

Influência da Macromaré em Praias da Ilha de Algodão (Costa Atlântica Paraense - Amazônia Oriental/Brasil)

Influence of the macrotide on the beaches of Algodão Island (Paraense Atlantic Coast - Eastern Amazon/ Brazil)

Paulo Victor Magno Silva¹  & Maamar EL-Robrini² 

¹Grupo de Estudos Marinhos e Costeiros (GEMC), Universidade Federal do Pará. Belém Pará, Brasil. E-mail: pvmagnosilva@gmail.com

²Faculdade de Oceanografia, Grupo de Estudos Marinhos e Costeiros (GEMC), Universidade Federal do Pará. robrini@ufpa.br

Resumo: Este artigo analisa a morfodinâmica e os processos de acreção e erosão das praias insulares da Princesa e de Fortalezinha. A metodologia foi baseada em dados topográficos, amostragem de sedimentos superficiais e oceanográficos da face praial (outubro/2012 - período seco e março/2013 - chuvosa). As praias exibiram baixa declividade ($< 2^\circ$) na estação seca, características de praias intermediárias, Ω entre 4,322 e 4,579 na praia da Princesa e de Ω 4,074 a 4,668 na praia de Fortalezinha. No período chuvoso, foram caracterizadas como dissipativas 5,088 a 6,763 e 5,790 a 6,174, respectivamente. Os ventos têm direção preferida de E nas estações secas (6,4-7,3 m/s) e NE na chuvosa (4,6-5,2 m/s). O regime de macromaré é semi-diurno (2,7 a 5,6 m), com ondas (0,66 a 0,82 m) dominantes do tipo deslizante de baixo período, e direção NE. A corrente de deriva litorânea tem direção preferencial de NW, com variações durante o ciclo de maré. Estas praias são influenciadas pelas drenagens adjacentes (rios e canais de maré). No período chuvoso, o índice de chuvas nas cabeceiras dos rios eleva a vazão dos rios Marapanim e Maracanã e influencia a elevação na exportação de sedimentos continentais (silte e argila) para a região costeira, sendo incorporados à deriva litorânea e depositados nas praias nos momentos de baixa energia.

Palavras-chave: morfo-sedimentação, prisma praial, macromaré, Costa Equatorial.

Abstract: This article analyzes the morphodynamics and processes of accretion and erosion on the island beaches of Princesa and Fortalezinha. The methodology was based on topographic, surface sediment sampling, and oceanographic data from the beach face (October 2012 - dry season and March 2013 - rainy season). The beaches showed a low slope ($< 2^\circ$) in the dry season, characteristics of intermediate beaches, Ω between 4.322 and 4.579 at Princesa beach, and Ω 4.074 to 4.668 at Fortalezinha beach. In the rainy season, they were characterized as dissipative, 5.088 to 6.763 and 5.790 to 6.174, respectively. The winds have a preferred direction of E in the dry season (6.4-7.3 m/s) and NE in the rainy season (4.6-5.2 m/s). The macrotidal regime is

semi-diurnal (2.7 to 5.6 m), with dominant waves (0.66 to 0.82 m) of the low-period sliding type, and NE direction. The littoral drift has a preferential NW direction, with variations during the tidal cycle. These beaches are influenced by the adjacent drainage systems (rivers and tidal channels). During the rainy season, the amount of rainfall at the headwaters of the rivers increases the flow of the Marapanim and Maracanã rivers. It influences the increased export of continental sediments (silt and clay) to the coastal region, which are incorporated into the coastal drift and deposited on the beaches at times of low energy.

Keywords: morpho-sedimentation, beach prism, macrotidal, Equatorial Coast.

1. Introdução

Praias desenvolvidas em ilhas são ambientes dinâmicos, moldadas constantemente por ondas, marés (amplitude e correntes), tempestades, suprimento sedimentar e subida do nível do mar. Mudanças na posição da linha de costa (LC) (erosão e/ou acreção) ocorrem em resposta a variações no nível do mar, balanço de sedimentos e condições hidrodinâmicas (Lira *et al.*, 2016), em diferentes escalas temporais e espaciais. De acordo com Scott *et al.* (2011), a morfologia praial varia no tempo com a mudança da energia hidrodinâmica (ondas e marés), enquanto a morfologia modal da praia muda espacialmente em resposta à variabilidade nas condições ambientais (ondas, marés, sedimentos, geologia, entre outros). As ilhas barreira são altamente dinâmicas e são frequentemente transformadas, em função de diversas forçantes (Velasquez-Montoya *et al.*, 2021). Durante o período de baixa energia, a largura da praia e o volume das dunas aumentam e durante a estação de alta energia e/ou eventos extremos, as dunas de areia vegetadas atuam como barreiras naturais (Feagin *et al.*, 2019). Ojeda *et al.* (2017) apontam que este ciclo natural pode ser afetado em cenários futuros com o aumento da atividade de tempestades e a elevação do nível do mar (Devoy, 2021) associados às mudanças climáticas.

Na Costa Atlântica Paraense (CAP), há poucos trabalhos de morfodinâmica em praias influenciadas por macromarés, e ondas de moderada energia, desenvolvidos em ilhas oceânicas: Guarás (Ranieri & El-Robrini, 2012); Marieta (Guereiro *et al.*, 2013); Marajó (El Robrini *et al.*, 2024; De Sousa & Ranieri, 2023); Atalaia (Ranieri & El-Robrini, 2016).

A CAP possui características geomorfológicas peculiares, complexas, com ambientes costeiros dinâmicos, caracterizados por sedimentos retrabalhados por processos fluviais e oceanográficos (marés e ondas) (Pereira *et al.*, 2014; El-Robrini *et al.*, 2018). A singularidade da LC da CAP se deve às características dos processos climáticos e oceanográficos neste litoral de reentrâncias (El-Robrini *et al.*, 2018), tais como: a dominância de regime de macro-maré semi-diurna (amplitude máxima de 5,6 m e correntes de 63 - 71 cm/s), a assimetria da maré (maior duração na vazante), a vazão dos rios/estuários (50 - 100 m³/s), a moderada energia das ondas (0,63 - 0,84 m) devido a bancos e barras arenosas e a ocorrência de ventos alísios (máximo de 6,8 m/s, com direção nordeste). Segundo Silva (2014), correntes de maré e ondas são as principais variáveis da morfologia e do transporte sedimentar costeiro sazonal em praias insulares na região. A ilha de Algodão-Maiandeuá é banhada pelos estuários dos rios Marapanim (oeste) e Maracanã (leste), o que concede a esta área características particulares em sua dinâmica sedimentar. Estas condições estimularam o desenvolvimento deste artigo único (morfodinâmica) nas praias arenosas insulares da Princesa e Fortalezinha (ilha de Algodão/Maiandeuá), expostas à influência da macro-maré.

2. Área, materiais e métodos

2.1 Localização da área

Localizada na CAP, a ilha de Algodão ou Maiandeuá (município de Maracanã), possui área total de 19 km² (9929500 a 9936225 sul e 211650 a 218200 oeste, na zona 23M) (Fig. 1), distante de 170 km de Belém e limitada ao norte pelo oceano Atlântico, ao sul pelo furo de Mocooca, que conecta os estuários dos rios Maracanã (a Leste) e Marapanim (a oeste). O decreto-lei nº 5.621 (27/11/1990), institui a ilha de Algodão-Maiandeuá como uma área de proteção ambiental (APA) (Canto *et al.*, 2020). A ilha pode ser acessada pelo: (1) município de Marapanim, mediante uso de transporte terrestre, que vai até o distrito de Marudá e o fluvial vai até a Vila de Algodão, no porto da Ponta do Mamede, (2) município de Maracanã, via transporte terrestre até a comunidade do Quarenta do Mocooca, e o fluvial vai até a Vila de Mocooca.

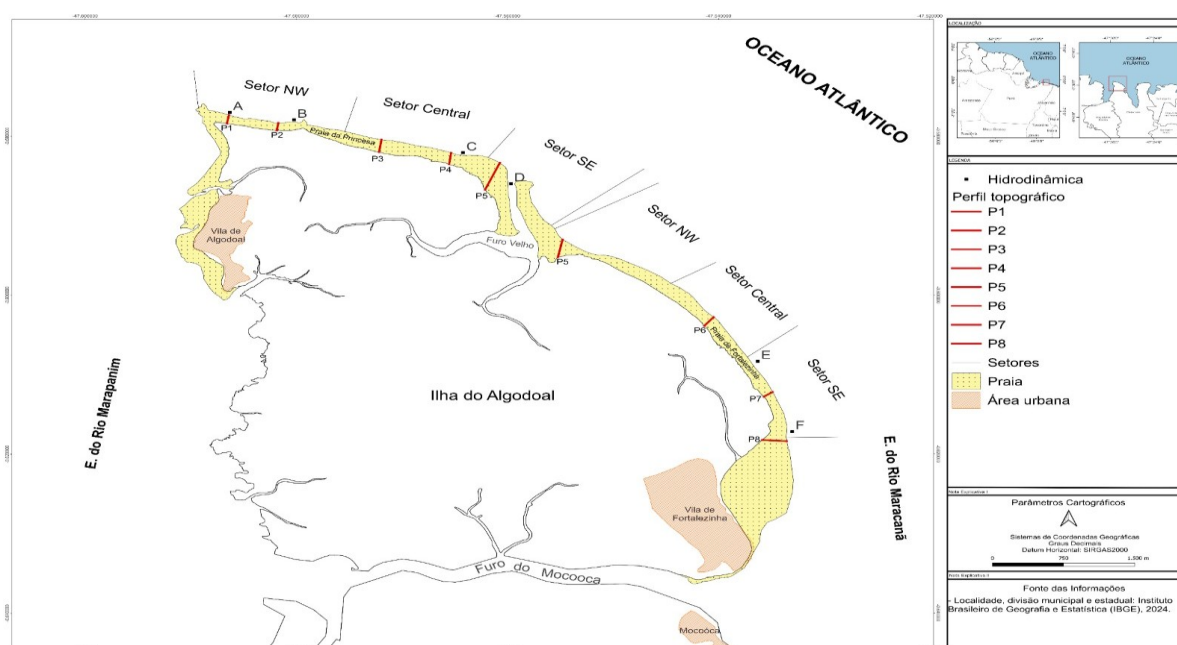


Figura 1. Localização das praias da Princesa e Fortalezinha, com os setores, pontos A, B, C, D, E, F de medição dos parâmetros hidrodinâmicos e perfis topográficos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8. Fonte: os autores.

Figure 1. Location of the Princesa and Fortalezinha beaches, with sectors, A, B, C, D, E, F points, for measuring hydrodynamic parameters and topographic profiles 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8. Source: the authors.

A CAP se insere em região climática equatorial húmida (Dubreuil *et al.*, 2017), com dois períodos principais, o seco (junho a novembro) e o chuvoso bem acentuado com fortes chuvas (dezembro a maio). A temperatura do ar anual oscila entre 20,4 e 32,8°C, a precipitação média varia de 2.500 a 2.900 mm e a umidade relativa do ar entre 80 e 91% (INMET, 2025). A CAP caracteriza-se como sendo um grande complexo do estuário médio com águas bem misturadas ou "well mixed", com macro-maré, com amplitude máxima (preamar) e mínima (baixamar), respectivamente de 5,5 e 0,3 m (DHN, 2025). As correntes de maré são as principais responsáveis pelo transporte dos sedimentos no litoral e pela formação de bancos arenosos perpendiculares a LC (El-Robrini *et al.*, 2018). Durante o período chuvoso, as correntes de maré vazante são mais intensas, entretanto, as de enchente são menores, já no seco, acontece o contrário, mais intenso na enchente e menos intenso na vazante. De acordo com Guerreiro *et al.* (2020), durante o verão amazônico

predominam ondas *windsea* (junho a setembro) com maior densidade espectral de potência (PSD) em 0,17 Hz e variações na direção de norte/nordeste, nordeste e sudeste. Enquanto no outono tropical (outubro a dezembro), ocorrem ondas de *swell* (0,07 Hz) e *windsea* (0,13 Hz), com direções preferencialmente de N/NE; e no inverno (janeiro a abril) variações de N/NE, NE e SE e S. Em geral, as ondas têm maior energia na parte NE da Ilha de Algodoal do que nas partes mais abrigadas, pois aproximam-se da costa com a mesma direção dos ventos alísios de NE. No período chuvoso, as ondas têm altura > 1 m e durante a preamar, entretanto, no seco, a altura de ondas é menor, com 0,71 m.

A ilha de Algodoal é constituída por: (1) um planalto costeiro ou tabuleiro pré-litorâneo com altura entre 0,8 a 6 m, que se configura em falésias ativas, inativas e plataformas de abrasão associadas e (2) planície costeira, formada por planície lamosa (manguezal), planície de maré (canais de maré), planície arenosa (*cheniers*, dunas, cordões de praia-duna, praias), ocorrem lagoas interdunares (lagoa da Princesa) e intermitentes (lagoa Nazaré).

As praias da Princesa e Fortalezinha têm 3,8 e 3,7 km de extensão, respectivamente, e são separadas por um canal de maré (Furo Velho) (Fig. 1). Em toda esta extensão ocorrem dunas incipientes, com altura superior a 3 m e dunas estabelecidas, que chegam a ter mais de 25 m de altura na praia da Princesa. Na praia de Fortalezinha, as dunas possuem menor porte (3 m).

2.2 Métodos e Materiais

Foram realizadas duas campanhas para coleta de dados (15-19/10/2012 – período seco e 13-16/03/2013 – chuvosa), visando a realização de medições da topografia praial e análise granulométrica. As praias da Princesa e Fortalezinha foram escolhidas por serem muito procuradas da Ilha de Alogodoal (Fig. 1). Os perfis topográficos foram levantados (nível topográfico Nikon) pelo método de Birkemier (1981) adaptado para praias, e realizados em condições de baixa-mar de sizígia, desde a base das dunas (*stoss slope*) até a linha de baixa-mar de cada perfil. A equidistância dos perfis foi de 850 m nas praias da Princesa (perfis 1, 2, 3 e 4) e Fortalezinha (perfis 5, 6, 7 e 8). Para facilitar a análise, cada praia foi subdividida em setores NW, central e SE (Fig. 1).

A coleta de sedimentos superficiais foi realizada concomitantemente ao longo dos perfis topográficos, obedecendo a um espaçamento mínimo de 40 m, mediante uso de um amostrador de sedimentos superficiais em PVC, e totalizou 98 amostras (53 amostras: secas e 45: chuvosas). No laboratório, as amostras de sedimentos foram submetidas a tratamentos, que consistiram em: lavagem de amostras para eliminação de sais solúveis, (ii) secagem em estufa a 50°C e (iii) análises granulométricas por peneiramento mecânico das amostras, mediante uso de peneiras com intervalos de $\frac{1}{2}$ phi, sob frequência de agitação 4, durante 10 min. A massa de classes granulométricas foi tratada no programa Sysgran 3.0 (Camargo, 2006) para adquirir as estatísticas granulométricas (média, mediana, desvio padrão, assimetria e curtose).

As medições de direção e velocidade dos ventos foram realizadas em um ponto fixo (início dos perfis topográficos), utilizando o anemômetro digital modelo AD-250, e ocorreram no intervalo de 5 min, num tempo total de 20 min, constando ao todo 5 medições. A velocidade foi medida num tempo de 10 seg anotando-se o maior valor a cada 5 min, e a partir destes valores, foi obtida a média de 5 medições. O estudo sazonal de onda (altura média e período) e correntes costeiras foi realizado entre a zona de arrebentação e a face praial nos 3 setores de cada praia, nas marés de vazante e enchente (Fig. 1). Para medição dos parâmetros de onda, utilizou-se a metodologia de Muehe (1998), onde a altura das ondas (H_b) foi obtida através da diferença de altura entre a crista e calha da onda. O período

de ondas (T) foi o resultado do intervalo de tempo entre a passagem de 11 ondas consecutivas, que foi dividido por 10 (período médio). O ângulo de incidência de ondas (α) foi obtido através da direção da inclinação da face praial (direção do ângulo de mergulho da face praial) e da direção de aproximação das ondas na altura da arrebentação. A medição da corrente local foi realizada em cada setor das praias, utilizando uma boia de deriva (Fontoura, 2004).

2.2.1 Classificação morfodinâmica

A superposição dos perfis topográficos possibilitou o cálculo dos parâmetros morfométricos: variação do volume sedimentar (Vv), declividade da face praial (β), largura da praia (Yb), variação da largura da praia (DpYb), coeficiente de variação da LC (CVYb), e velocidade de decantação das partículas sedimentares (Ws). Os parâmetros morfométricos e adimensionais sugeridos por Short & Hesp (1982) foram calculados com a intenção de relacioná-los aos estados morfodinâmicos propostos por Wright & Short (1984), Masselink & Short (1993) que utilizam principalmente da velocidade de decantação adimensional (Ω) de Dean (1973), fornecendo a informação do estado morfodinâmico da praia, expresso pela equação: $\Omega = H_b / (W_s T)$, onde H_b corresponde à altura significativa da onda na arrebentação; W_s , à velocidade de decantação dos sedimentos da face praial e T ao período das ondas.

Com base no parâmetro ômega os autores estabeleceram seis estados morfodinâmicos distintos do perfil praial, que são representados pelos estados extremos reflectivo e dissipativo e por quatro estágios intermediários, com características reflectivas e dissipativas. Já que a área está submetida a um regime de macromaré, na classificação morfodinâmica foi utilizado também o parâmetro relativo da maré (Masselink, 1994), expresso pela equação: RTR (*Relative Tide Range* ou Parâmetro Relativo da Maré) = (TR/H_b) , onde (TR) é a variação da amplitude das marés de sizígia e (H_b) é a altura das ondas na zona de arrebentação (H_b), essa classificação é amplamente aplicada para áreas, onde ocorrem mesomarés e macromarés, a exemplo da área estudada.

3. Resultados

3.1.1. Praia da Princesa

A praia da Princesa com orientação NE-SW, tem extensão de 3,8 km, largura de 200-420 m na baixa-mar de sizígia e inclinação suave em direção ao oceano entre 0,73-1,28°. No período seco, predominou um sistema calha-barra no estirâncio (zona de intermarés), em toda sua extensão, característico de praias dissipativas, segundo Short (1991, 1999). No período chuvoso, este sistema calha-barra se tornou mais sutil, com duas calhas e duas barras na zona de intermaré do setor central, com migração em direção à linha de maré baixa de sizígia (Figs. 1 e 2), resultante dos processos de alta energia. No mesmo período, a praia se estendeu da linha de maré baixa de sizígia até as dunas frontais, com média de 270 m de largura, e coeficiente de variação de LC (CVYb) no setor NW de 6,15 a 7,44% e no setor SE de 25,51 a 35,36%, apontando este último, onde ocorreu a maior variação na LC nesta praia. As dunas frontais tornaram-se escarpadas (Fig. 3a) e a zona de intermaré foi a que teve mais perda de sedimentos, tornando-se mais íngreme, expondo um terraço lamoso (paleomangue) durante o período chuvoso (Figura 3b) no setor central da praia. Durante este período, os sedimentos removidos da face praial são depositados em direção à área submersa da praia, formando barras longitudinais e canais paralelos à LC. Segundo Ranieri (2011), ao passar do período chuvoso, os sedimentos são novamente trazidos em direção à praia emersa.

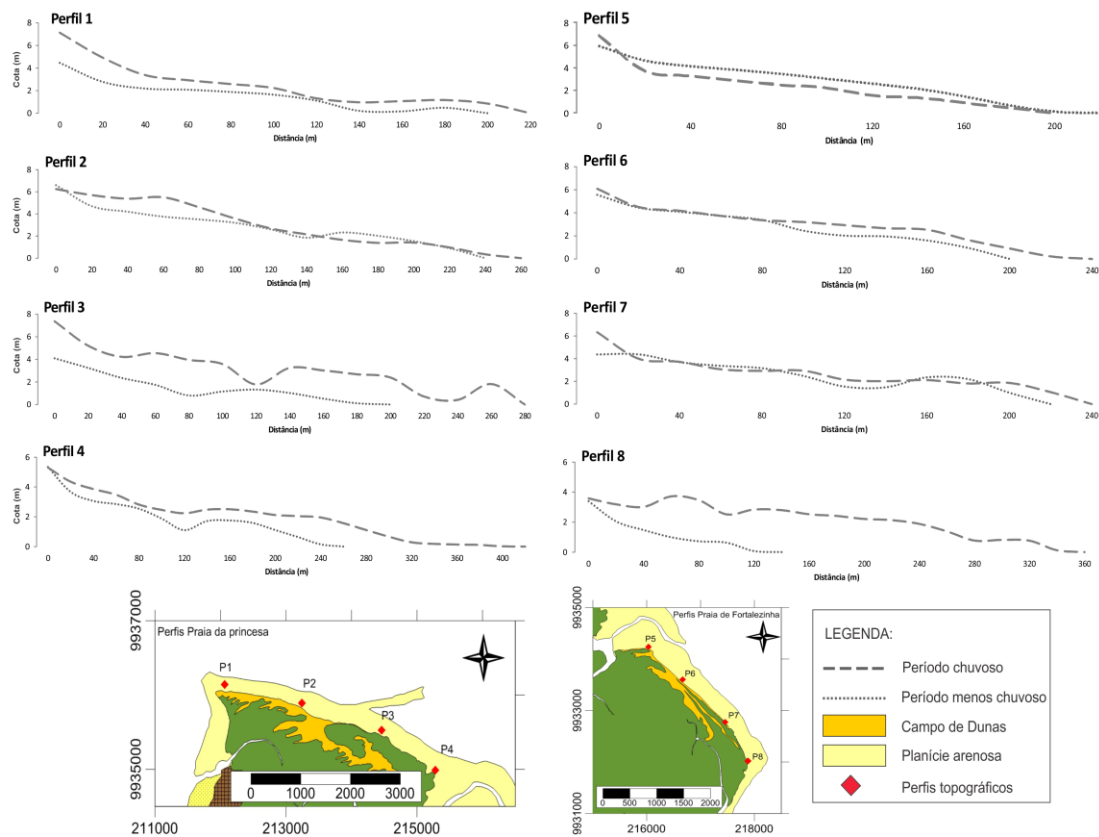


Figura 2. Sobreposição dos perfis topográficos nas praias da Princesa (Perfil 1, 2, 3, e 4) e de Fortalezinha (Perfil 5, 6, 7 e 8). Fonte: os autores.

Figure 2. Overlapping of topographic profiles on Princessa and Fortalezinha beaches. Source: the authors.

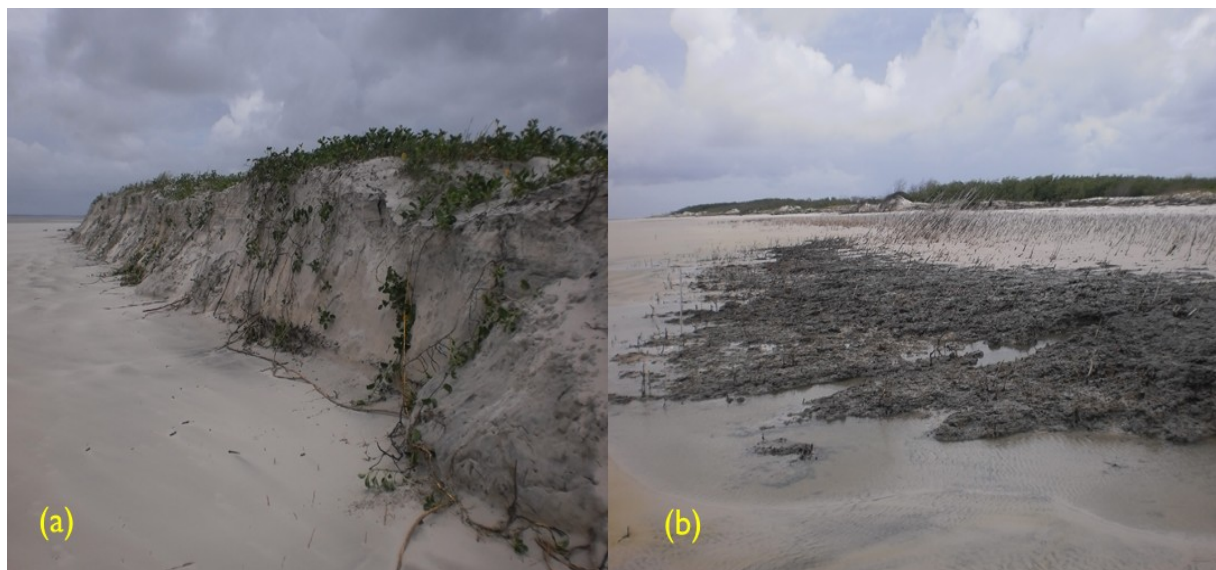


Figura 3. (a) Dunas escarpadas, com a linha de maré alta e (b) Terraço de paleomangue exposto na praia da Princesa no Setor central. Fonte: os autores.

Figure 3. (a) Steep dunes, with the high tide line and (b) Paleomangrove terrace exposed on the Princess Beach in the Central Sector. Source: the author.

3.1.2. Praia de Fortalezinha

A praia de Fortalezinha com 3,7 km de extensão e orientação NW-SE, a largura varia de 140-200 m (período seco) a 200-300 m (período chuvoso), com declive suave em direção ao mar entre 0,51-1,38°, típico de praias dissipativas. O coeficiente de variação de LC (CVYb) variou entre 7,44 e 67,64%, o setor SE da praia apresentou a maior variação entre as praias estudadas (14,14 e 67,64%) entre os períodos seco e chuvoso, devido ao engordamento sofrido no chuvoso, em que a ponta da Fortalezinha (Setor SE – Perfil 8) teve aumento de 220 m, atingindo uma largura máxima da praia de 360 m (Fig. 2).

3.2. Variações granulométricas

Na praia da Princesa, a granulometria dos sedimentos da praia teve modificações do período seco para o chuvoso, com aumento do tamanho médio dos grãos na zona de supramaré, indicando leve erosão, enquanto nas zonas de intermaré e inframaré, houve diminuição do tamanho médio dos grãos (Fig. 4). Na parte SE da praia, adjacente ao Furo Velho, houve aumento de sedimentos lamosos (silte e argila) principalmente nas zonas de intermaré e inframaré, corroborando com a idéia de que a acresção sofrida esteja ligada ao aporte de sedimentos finos provenientes deste canal de maré. O aumento de sedimentos finos na zona de intermarés, que é a zona de constante mobilização sedimentar, pode estar relacionado à erosão das dunas frontais; esses sedimentos (areia muito fina) são remobilizados para a zona de intermarés pelas ondas. Segundo Pedreros *et al.* (1996), durante o período de menor energia, como no seco, ocorre migração transversal à praia (offshore/onshore) dos sedimentos, com formação de crista e calha (ridge e runnel). Durante o evento de maior energia (chuvoso), aumenta a migração transversal dos sedimentos, proporcionando um preenchimento da calha e um aplainamento da zona de intermaré.

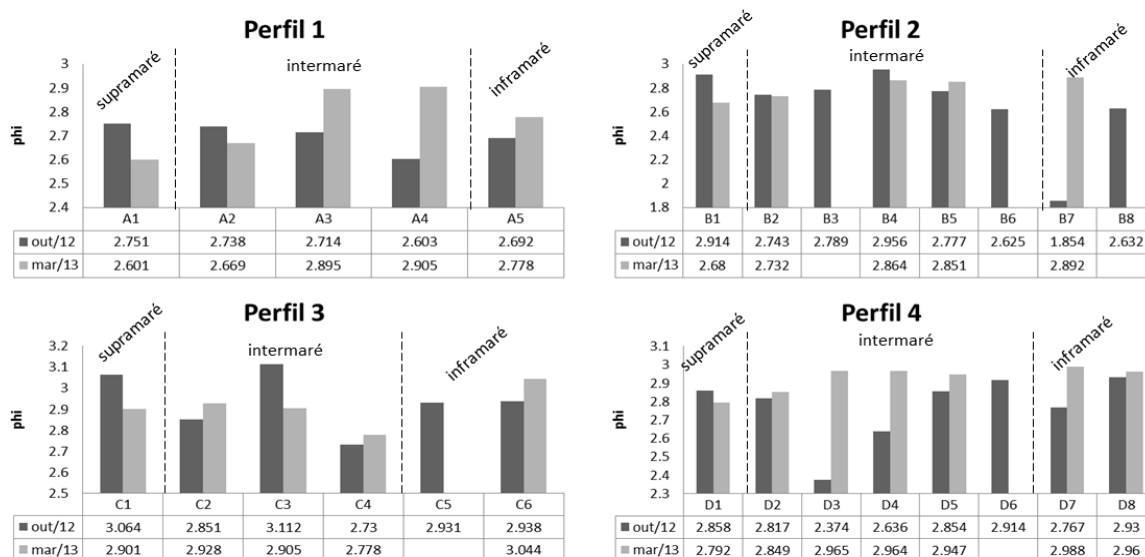


Figura 4. Variação sazonal granulométrica das amostras coletadas na praia da Princesa. Fontes: os autores.

Figure 4. Seasonal variation in sediment granulometry at Princesa beach. Source: the authors.

A praia de Fortalezinha é recoberta por sedimentos predominantemente compostos por areia fina durante os dois períodos (Fig. 5), com variações surtidas principalmente na linha de maré alta e na zona de intermaré, onde houve aumento de sedimentos mais finos (areia

fina). Esta configuração está relacionada com a diminuição na energia da praia, que favorece a deposição de sedimentos mais finos (silte e argila) no estirâncio (zona de intermarés), possibilitando o transporte de sedimentos desta zona para as dunas frontais pelo vento durante a baixamar. Esse processo é bem mais acentuado no período seco, devido às zonas de intermaré e supramaré serem expostas por um período maior à radiação solar, que facilita o processo de transporte dos sedimentos pelos ventos em direção ao pós-praia.

O aumento de sedimentos finos no período chuvoso pode estar ligado também a um maior aporte de sedimentos continentais. Para o setor SE da praia, o aumento de sedimentos lamosos (silte e argila) pode estar relacionado com a maior carga sedimentar do estuário do rio Maracanã neste período, o que acabaria por exportar maior quantidade de partículas finas para a praia.

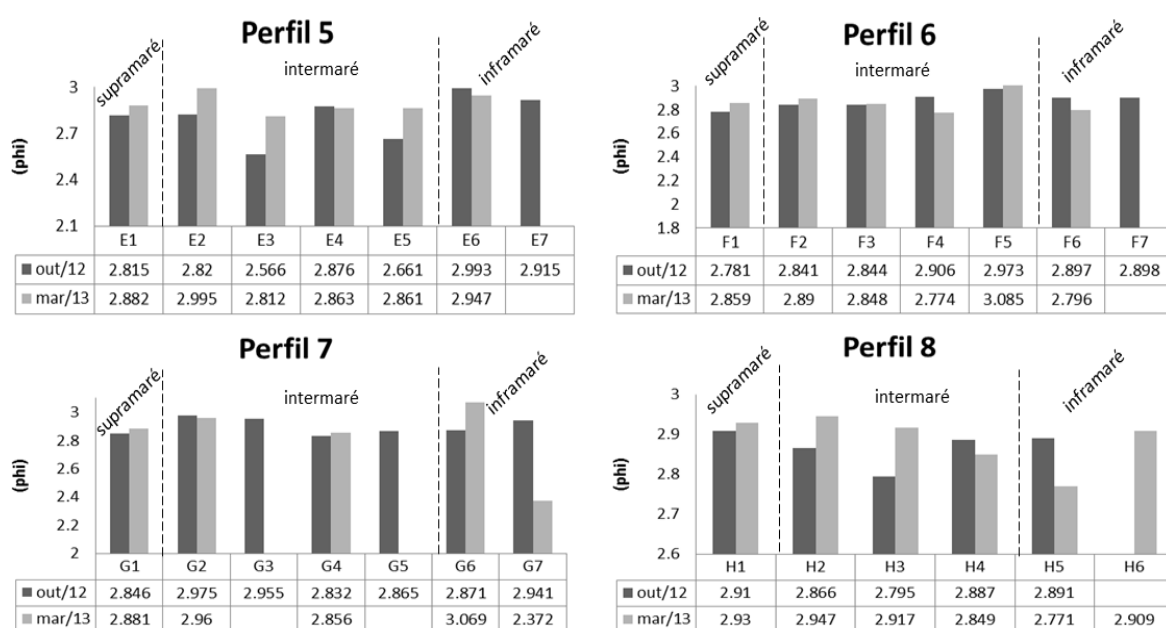


Figura 5. Variação sazonal granulométrica das amostras coletadas na praia de Fortalezinha. Fonte: os autores.

Figure 5. Seasonal variation in sediment granulometry at Fortalezinha beach. Source: the authors.

3.3. Balanço sedimentar

No setor NW da praia da Princesa, houve diminuição do volume sedimentar de 387 m³/m do período seco para o chuvoso, caracterizando um balanço sedimentar negativo (Fig. 6), acarretando aumento na declividade e largura da praia. Já o setor NW houve balanço sedimentar negativo, com perda de 229,6 m³/m do volume linear, que foi corroborado com os dados de declividade e largura da praia, indicando erosão entre os períodos. No setor SE, o balanço sedimentar foi positivo, com ganho de 287,6 m³/m (Fig. 6), favorecendo a acreção sedimentar, sendo o canal de maré (Furo Velho) o principal exportador de sedimentos para este setor durante o período chuvoso. Neste período, quando o aporte de água continental é maior, o canal serve como uma “barreira hidrodinâmica”, aprisionando os sedimentos neste setor, que acaba por sofrer acreção sedimentar.

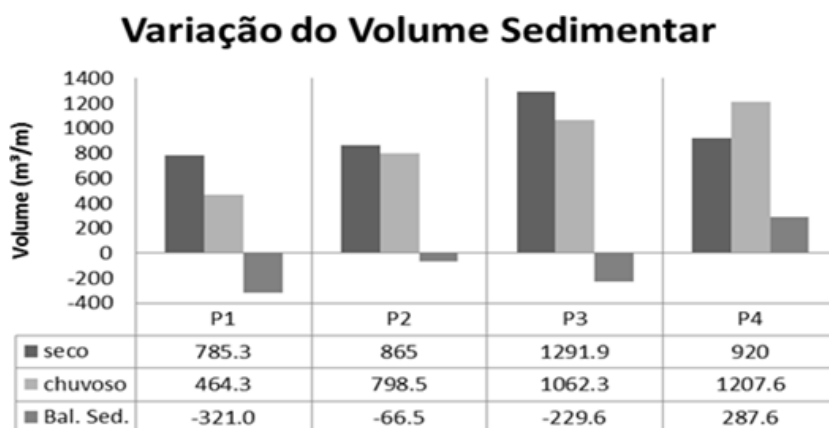


Figura 6: Variação do volume sedimentar sazonal na praia da Princesa, nos períodos secos e chuvosos.
Fonte: os autores.

Figure 6: Seasonal variation in sediment volume at Princesa beach, in the dry and rainy periods. Source: the authors.

A praia Fortalezinha experimentou balanço sedimentar positivo de 1.074,7 m³/m entre os períodos seco e chuvoso (Fig. 7); entretanto, no setor SE da praia ocorreu erosão das dunas frontais e do estirâncio, ocasionando perda de volume de 91,9 m³/m de sedimentos. O engordamento da praia de Fortalezinha no período chuvoso apresenta um padrão bastante atípico para a CAP. Este padrão diferenciado do setor SE da praia, leva a acreditar que o aumento do volume de sedimentos e consequentemente da largura da praia está ligada com a ação da maré e com o maior aporte continental de sedimentos no período chuvoso, que são trazidos ao litoral através das drenagens adjacentes.

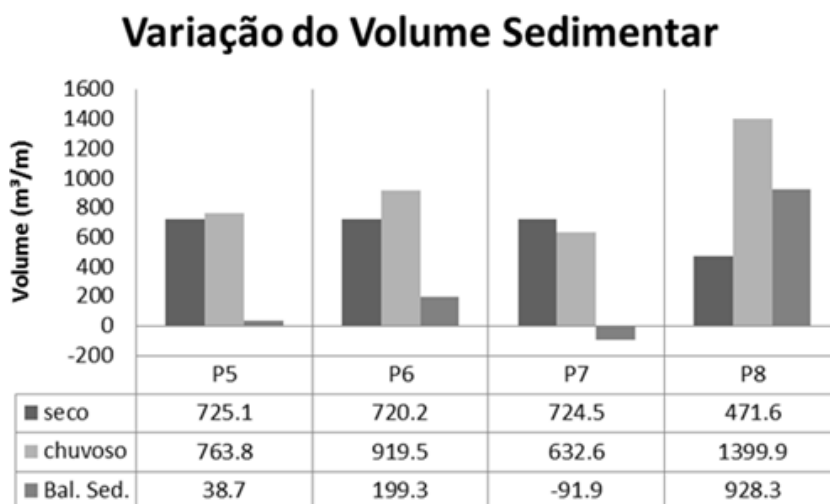


Figura 7: Variação do volume sedimentar sazonal na praia de Fortalezinha, nos períodos seco e chuvoso.
Fonte: os autores.

Figure 7: Variation of seasonal sediment volume at Fortalezinha beach, in the dry and rainy periods. Source: the authors.

3.4. Direção e intensidade dos ventos

No período seco, os ventos são mais intensos, com velocidade média de 6,4 m/s e máxima de 8,3 m/s na praia da Princesa e média de 7,3 m/s na praia de Fortalezinha, com máxima de 8,7 m/s (Fig. 8a). Foram predominantes os ventos de L e NE nas duas praias no início da maré vazante. No período chuvoso, predominaram ventos de NE, com velocidade média de 4,6 m/s, e máxima de 6,8 m/s. Na praia de Fortalezinha, os ventos atingiram uma velocidade média de 5,2 m/s e máxima de 6,9 m/s (Fig. 8b).

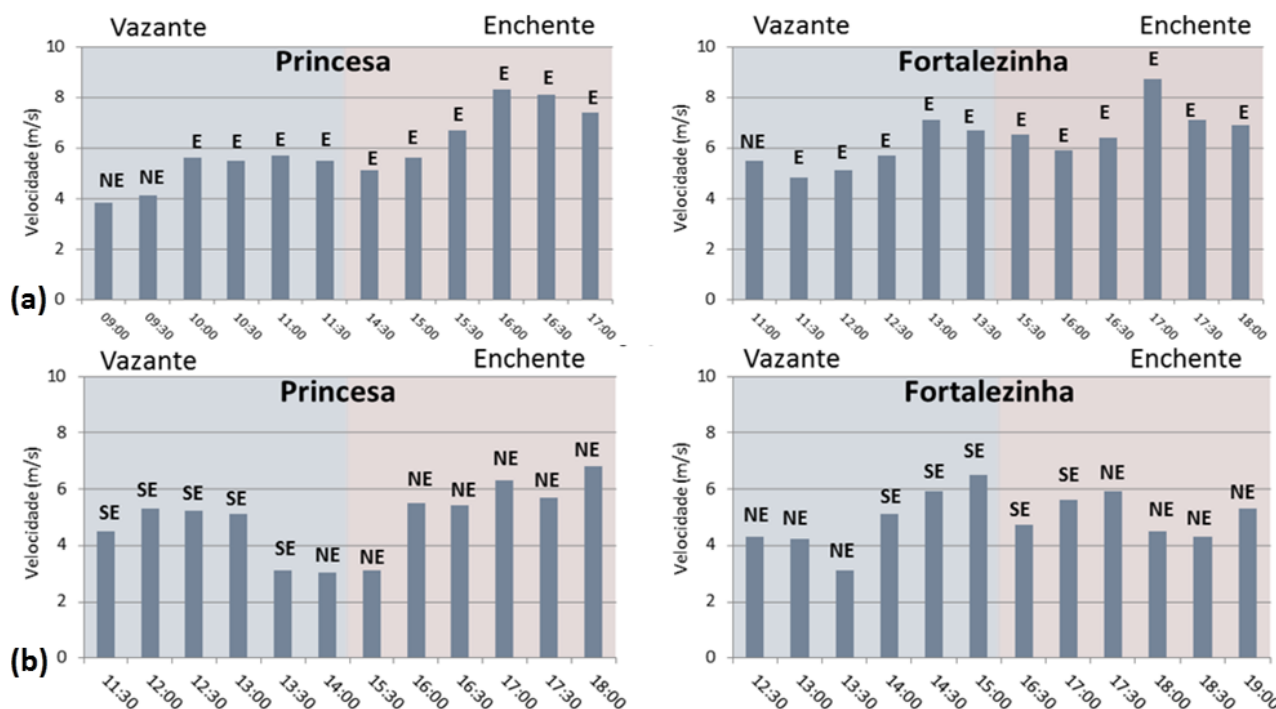


Figura 8. Intensidade e direção dos ventos, nas praias da Princesa e Fortalezinha para os períodos seco (a) chuvoso (b). Fonte: os autores.

Figure 8. Intensity and direction of the winds, in the Princess and Fortalezinha beaches. (a) dry period and (b) rainy. Source: authors.

3.5. Ondas e correntes

Na praia da Princesa, as ondas alcançaram altura entre 0,66 a 0,68 m. Durante um ciclo de maré (preamar e baixamar), as maiores ondas ocorrem na enchente nos dois períodos estudados (Tabela 1). No período seco, o ângulo de incidência das ondas diminuiu de 4,1° no setor NW para 7,2° no SE na praia da Princesa. Na praia da Princesa, os ângulos variaram entre 4,2° e 6,5°, com registro do maior ângulo no setor W da praia.

Entretanto, a média da altura das ondas nas praias foi de 0,84 m no setor NW da praia de Fortalezinha. No período seco, as ondas maiores (0,67 e 0,71 m) ocorreram na praia de Fortalezinha,

Tabela 1. Altura das ondas (m) em um ciclo de maré (enchente e vazante), nos períodos seco e chuvoso. Fonte: os autores.

Table 1. Wave height in a tidal cycle (flood and ebb), in the dry and rainy periods. Source: the authors.

Praias	Setores	Período seco		Período chuvoso	
		Maré vazante	Maré enchente	Maré vazante	Maré enchente
Praia da Princesa	NW	0,65	0,71	0,76	0,87
	Central	0,64	0,68	0,69	0,85
	SE	0,65	0,69	0,79	0,83
Praia de Fortalezinha	NW	0,69	0,73	0,78	0,89
	Central	0,67	0,71	0,75	0,86
	SE	0,83	0,87	0,74	0,83

Entretanto, na praia de Fortalezinha, o ângulo de incidência obtido ficou em torno de 4,9° a 7,6°, tendo o setor SE como o setor com maior ângulo de incidência de ondas no período seco (Tabela 2). No período chuvoso, houve diminuição do ângulo de incidência, exceto no setor NW da praia de Fortalezinha, com aumento de 0,3° no ângulo. Em Fortalezinha, as ondas variaram entre 5,1° e 7,4°, com maior ângulo no setor SE da praia (Tabela 2). Durante o período seco, o período das ondas foi de 7,19 seg na vazante. No período chuvoso, os maiores períodos de onda ocorreram também na vazante, com período de onda de até 6,32 seg (Tabela 2).

Tabela 2. Ângulo de incidência das ondas nas praias de Fortalezinha e Princesa nos períodos seco e chuvoso. Fonte: os autores.

Table 2. Wave incidence angle on the Fortalezinha and Princesa beaches during the dry and rainy periods. Source: the authors.

Ângulo de incidência (°)	Princesa			Fortalezinha		
	Setor NW	Setor Central	Setor SE	Setor NW	Setor Central	Setor SE
Seco	7.	5.	4.	4.	6.	7.
	2	4	1	9	1	6
Chuvoso	6.	5.	4.	5.	5.	7.
	7	1	2	1	7	4

As correntes de maré na zona de surfe das praias da Princesa e Fortalezinha tiveram sentido preferencial NW nos períodos secos e chuvosos. Em um ciclo de maré, a corrente teve sentido SE/NW durante a maré enchente e NW-SE durante a vazante, para os dois períodos. A Tabela 3 mostra as médias de cada período de maré (enchente e vazante) dos dados de correntes, realizados pontualmente em cada praia.

As correntes mais intensas ocorrem durante a enchente, atingindo intensidade média de 71,4 e 63 cm/s nas praias da Princesa e Fortalezinha, respectivamente.

Tabela 3. Velocidade média (cm/s) das correntes nas fases de maré enchente e vazante, nas praias da Princesa e Fortalezinha, nos períodos seco e chuvoso. Fonte: os autores.

Table 3. Average speed (cm/s) of the currents in the flood and ebb phases on the Princesa and Fortalezinha beaches during the dry and rainy periods. Source: the authors.

Praias	Período seco		Período chuvoso	
	Maré Vazante	Maré enchente	Maré vazante	Maré Enchente
Princesa	42,1	53,7	49,4	71,4
Fortalezinha	57,1	59,6	43,8	63,2

3.4. Estados morfodinâmicos

Segundo o modelo de Wright & Short (1984), que utiliza o parâmetro empírico adimensional Ω , as praias estudadas apresentaram dois estados morfodinâmicos distintos, de acordo com a energia de onda. Durante o período seco, as praias tiveram características de praias intermediárias, com Ω entre 4,322 e 4,579 na praia da Princesa e de 4,074 e 4,668 na praia de Fortalezinha. As praias da Princesa e Fortalezinha, tiveram respectivamente valores de Ω , variando de 5,088 a 6,763 e 5,790 a 6,174.

Os valores médios de RTR na praia da Princesa tiveram média de 7,1 a 6,4 nos períodos secos e chuvosos, respectivamente. Entretanto, na praia de Fortalezinha, o RTR foi de 6,8 (seco) e 6,2 (chuvoso). A praia da Princesa está submetida a um estado de praia ultradissipativa ($7 < RTR < 15$ e $2 < \Omega < 5$) durante o período seco e passa para o estado dissipativo sem barras ($3 < RTR < 7$ e $\Omega > 5$) durante o chuvoso (Fig. 9). A praia de Fortalezinha apresentou estado morfodinâmico característico de praia intermediária com sistema de calha-barra de baixamar ($3 < RTR < 7$ e $2 < \Omega < 5$) no período seco. No chuvoso, a praia foi caracterizada como dissipativa e sem barras ($3 < RTR < 7$ e $\Omega > 5$) (Fig. 9).



Figura 9. Estados morfodinâmicos das praias da Princesa (losango) e Fortalezinha (círculo), utilizando o modelo conceitual de praia, onde o estado da praia é função da relação entre o parâmetro Ω e o RTR.

Fonte: Masselink & Short (1993). Fonte: os autores.

Figure 9. Morphodynamic states of the Princesa (diamond) and Fortalezinha (circle) beaches, using the beach conceptual model, where the beach state is a function of the relation between the parameter Ω and the RTR. Source: Masselink and Short (1993). Source: the authors.

4. Discussão dos resultados

As praias insulares da Princesa e Fortalezinha voltadas para o oceano Atlântico são bordejadas por dois grandes estuários (Marapanim e Maracanã), e separadas pelo Furo Velho. Entretanto, suas orientações são diferentes, o que lhe proporciona diferentes padrões de sedimentação, regidas pela ação diferenciada das ondas e de correntes litorâneas sobre a face praial. Estas praias se encaixam na definição *Barrier-beach ridges*, descritas por Souza-Filho & El-Robrini (2000) para a praia de macromaré, onde são subdivididas em (i) pós-praia ou supramaré, zona constituída por dunas vegetadas e berma praial; (ii) zona de intermaré subdividida de acordo com a variação da maré; e (iii) inframaré, zona mais baixa.

Na praia de Ajuruteua (CAP), Braga (2007) associou estas mesmas mudanças morfológicas a eventos de alta energia, principalmente às macromares associadas às ondas na face praial durante o período chuvoso. No setor NW na praia da Princesa, a diminuição do volume sedimentar acarretou um aumento na declividade e largura da praia. Já o setor SE (P3) teve um balanço sedimentar positivo, com perda de 287,6 m³/m do volume linear, que foi corroborado com os dados de declividade e largura da praia, indicando erosão entre os períodos estudados. No setor SE da praia da Princesa o coeficiente de variação de LC (CVYb) foi onde ocorreu a maior variação na LC. O balanço sedimentar positivo neste setor favoreceu a acreção, tendo o Furo Velho como principal exportador de sedimentos para este setor durante o período chuvoso. Neste período, quando o aporte de água continental é maior, o canal serve como uma “barreira hidrodinâmica”, aprisionando os sedimentos neste setor, que tendem a sofrer acreção.

Na parte SE da praia, adjacente ao Furo Velho, houve aumento de sedimentos lamosos (silte e argila) principalmente nas zonas de intermaré e inframaré, corroborando a ideia de que a acreção sofrida esteja ligada ao aporte de sedimentos finos provenientes deste canal de maré. O aumento da concentração de sedimentos finos na zona de intermarés, que é a zona de constante mobilização sedimentar, pode estar relacionado à erosão das dunas frontais, esses sedimentos (areia muito fina), são remobilizados para zona de intermarés por ondas. Em geral, durante o período de menor energia (seco), ocorre migração transversal à praia (*offshore/onshore*) dos sedimentos, formando crista e calha (*ridge e runnel*). Durante o evento de maior energia (chuvoso), a migração transversal dos sedimentos tende a aumentar, proporcionando preenchimento da calha e aplainamento da zona de intermaré.

Durante o período de estiagem na praia de Fortalezinha, o sistema calha-barra não evidente no setor NW desta praia, conferindo a este setor, características erosivas e típicas de praias intermediárias. Um sistema de calha-barra bem desenvolvido ocorre apenas na linha de intermaré inferior do setor SE desta praia. No período chuvoso, as calhas e barras foram ausentes no setor NW, demonstrando o caráter erosivo. Já no setor SE esse sistema foi bem desenvolvido, onde foi identificado ainda um berma praial bem evidente, conferindo a este setor características de praia dissipativa.

O engordamento da praia de Fortalezinha no período chuvoso apresenta um padrão bastante atípico para a CAP. Junior & França (2016), Oliveira *et al.* (2014), Ranieri & El-Robrini (2012; 2016), El Robrini *et al.* (2018) em estudos na CAP, apontam que as praias deste litoral sofrem acreção durante o período seco e erosão no chuvoso. Este padrão diferenciado do setor SE da praia, leva a acreditar que o aumento do volume de sedimentos e consequentemente da largura da praia esteja associado aos efeitos da maré e com o maior aporte continental de sedimentos no período chuvoso.

A configuração granulométrica da praia de Fortalezinha está relacionada com a diminuição na energia da praia, que favorece a deposição de sedimentos mais finos (silte e argila) no estirâncio (zona de intermarés), possibilitando o transporte de sedimentos desta

zona para as dunas frontais pelo vento durante a baixa-mar. Esse processo é acentuado no período seco devido às zonas de intermarés e supramaré serem expostas por um período maior à radiação solar, que facilita o processo de transporte dos sedimentos pelos ventos em direção ao pós-praia.

O aumento de sedimentos finos no período chuvoso pode estar ligado também a um maior aporte de sedimentos continentais. Para o setor SE da praia, o aumento de sedimentos lamosos (silte e argila) pode estar relacionado com a maior carga sedimentar do estuário do rio Maracanã neste período, o que acabaria por exportar maior quantidade de partículas finas para a praia.

Os ventos tiveram uma redução da intensidade do período seco para o chuvoso, com mudança na direção. Durante a maré enchente, os ventos foram na direção NE, entretanto, durante a vazante, sua direção passou a ser na direção SE. Dentre as praias, Fortalezinha foi influenciada por ventos mais intensos. Apesar dos ventos em março apresentarem menor velocidade, este foi o mês mais chuvoso de 2013, com precipitação > 500 mm em comparação com outubro, que foi o mês mais seco de 2012, com precipitação total < 50 mm (INMET, 2025).

A corrente costeira é bidirecional na área, com sentido SE-NW durante a maré enchente e NW-SE durante a vazante nos dois períodos. As correntes mais intensas ocorrem durante a enchente, podendo estar ligadas à atuação predominante dos ventos alísios de NE. Situação similar foi descrita por Pereira *et al.* (2014), que atribuíram velocidades das correntes de 53,7 e 59,6 cm/s, respectivamente, nas praias da Princesa e Fortalezinha, durante a maré enchente em outubro, e diminuição da descarga fluvial no final do período seco. As correntes costeiras tiveram maior intensidade durante o chuvoso, e as ondas geram uma corrente longitudinal mais intensa.

As ondas nas duas praias variaram sazonalmente em altura e ângulo de incidência, entretanto, todas apresentaram direção NE. Apesar do parâmetro Ω caracterizar as praias como intermediárias, os parâmetros morfométricos (declividade, variação da largura da praia e coeficiente de variação de LC, sugeridos por Short & Hesp (1982), foram característicos de praia dissipativa.

As praias da Princesa e Fortalezinha foram caracterizadas como dissipativas no período chuvoso, apenas o setor NE da Princesa apresentou características intermediárias, devido à ausência de sistema calha-barragem a zona de arrebentação localizou-se próximo à linha de praia.

Esse padrão dissipativo das praias da CAP (El-Robrini *et al.*, 2018), foi descrito também por Ranieri & El-Robrini (2016), Ranieri *et al.* (2012), na praia da Romana em Curuçá e por Alves & El-Robrini (2006), Monteiro *et al.* (2009), Braga (2007), ambos na praia de Ajuruteua, durante o período chuvoso. Short (2003) caracteriza as praias dissipativas como sendo compostas predominantemente por areias finas, ondas deslizantes de curto período. Estas características foram observadas nos períodos chuvoso e seco nas duas praias.

Outro modelo utilizado para aferir o estado morfodinâmico de praias foi 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 da Princesa caracterizaram a praia como dominada pela interação de ondas e maré, tendo a maré como agente transformador. A praia de Fortalezinha também está submetida à interação de ondas e marés.

Masselink & Short (1993) destacam que a influência da maré sobre a praia consiste na alteração da posição do varrido (*swash*), do ponto de quebra e da profundidade da antepraia, que consequentemente afeta a altura das ondas. Assim, as marés representam um nível adicional de complexidade à morfodinâmica de praias, por meio da introdução de

componentes temporais (ao longo do ciclo de maré) e espaciais (perpendicular à costa) às variações morfodinâmicas (Masselink & Turner, 1999; Short, 1999).

Para uma melhor abordagem sobre o estado morfodinâmico, foi utilizado o modelo conceitual de Masselink (1994), que integra o parâmetro RTR com o Ω de (Dean, 1973), para caracterizar o estado morfodinâmico em que as praias se encontram. Segundo o mesmo autor, as praias ultradissipativas possuem baixa declividade com longa zona de surf e ondas deslizantes, podendo ou não conter barras durante o período seco; tais características estão presentes na praia da Princesa ($7 < RTR < 15$ e $2 < \Omega < 5$) no seco.

5. Conclusões

A mudança sazonal da dinâmica costeira influencia diretamente na configuração da morfologia praial, que leva a uma gama de variações morfológicas nas praias que dependem principalmente da pluviosidade amazônica e do regime de macromaré. Os ventos atuam na direção preferencial de E (período seco) e NE (chuvoso), sendo mais intensos no seco. As ondas dominantes são do tipo deslizante de baixo período e provenientes de NE, com maior altura no chuvoso. O sentido preferencial da corrente longitudinal foi NW, com variações durante o ciclo de maré, SE-NW na enchente e NW-SE na vazante, tendo maior intensidade durante a enchente da maré, sendo maior durante o período chuvoso.

As praias possuem baixa declividade e extensa face praial composta predominantemente por areia fina e bem selecionada, com aumento de grãos finos no período chuvoso em alguns setores. O balanço sedimentar foi diferente comparando as duas praias, sendo negativo na praia da Princesa e positivo na praia de Fortalezinha, que está ligado a diferentes níveis de exposição em que as duas praias estão submetidas e, consequentemente, com diferentes níveis hidrodinâmicos na planície costeira. As praias têm comportamentos morfodinâmicos intermediários dominados por ondas (período seco) e dissipativos dominados por ondas e marés (chuvoso). Quanto ao RTR, as praias se encontram submetidas a processos oriundos da interação entre ondas e marés tanto no período seco como no chuvoso. O modelo conceitual de praias caracterizou a praia da Princesa como ultradissipativa, com canais longitudinais no período seco, já no chuvoso, esta praia foi classificada como dissipativa sem barras no setor NW e com barras no setor SE. A praia de Fortalezinha passou de praia intermediária com sistema de calha-barra de baixa-mar para praia dissipativa sem barras durante este período.

O estado morfodinâmico nestas praias é influenciado em grande escala temporal pelas condições climáticas e oceanográficas, e em uma escala mais curta de tempo da fase da maré (enchente e vazante), uma vez que as ondas que atingem a face praial são moduladas pelos bancos/barras de areia, durante a baixa-mar.

Agradecimentos: Os autores expressam sua gratidão ao Grupo de Estudos Marinhos e Costeiros pelo apoio, com a logística, equipamentos e infraestrutura de laboratório. Agradecemos também aos avaliadores, pelas críticas e sugestões, que contribuíram para melhorar a qualidade deste artigo.

Contribuições dos autores: Coleta de dados, Análise de dados, Redação - Preparação do rascunho original, P.V.M.S.; Conceitualização, Metodologia, Estudo de campo, Revisão e Edição, M.E.R.

Conflitos de interesse: Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Referências

- Alves, M.M.S. & El-Robrini, M. 2006. Morphodynamics of a Macrotidal Beach: Ajuruteua. Bragança North Brazil. *Journal of Coastal Research*, SI 39: 949-951. <https://www.jstor.org/stable/25741717>
- Birkemeier, W.A. 1981. *Fast Accurate Two-person Beach Surveys*. U.S. Army, Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Center, Vicksburg, Mississippi. 22p.
- Braga, F.P.S. 2007. *Morfologia e sedimentologia da praia de macromaré de Ajuruteua, Pará: um estudo para definição de índices de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo*. Belém, 116p. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Universidade Federal do Pará.
- Camargo, M.G. 2006. Sysgran: um Sistema de Código Aberto Para análises Granulométricas do Sedimento para Windows. *Revista Brasileira de Geociências*, 36(2): 371-378. <https://doi.org/10.25249/0375-7536.2006362371378>
- Canto, O.; Sobrinho, M.V.; Vasconcellos, A.M.A. 2020. Conflitos socioambientais e limites da gestão compartilhada em Unidade de Conservação na zona costeira amazônica. *Redes (St. Cruz Sul, Online)*, v.25, Ed. Especial: 1528-1552. ISSN 1982-6745.
- 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: 208-214.
- De Sousa, B.P. & Ranieri, L.A. 2023. Morfodinâmica de praias estuarinas da costa leste da Ilha do Marajó, Amazônia Oriental. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 24 (3): 1-14. <https://doi.org/10.20502/rbg.v24i3.2350>
- Devoy, R.J.N. 2022. Sea-Level Rise: Causes, Impacts and Scenarios for Change. *Treatise on Geomorphology* (Second Edition), Editor: Shroder, J.F. Academic Press: 777-810. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818234-5.00110-3>
- DHN, 2024. Diretoria de Hidrografia e Navegação. *Tábua de maré*, www.dhn.mar.mil.br (acesso em 12/05/2025).
- Dubreuil, V.; Fante, K.P.; Plachon, O.; Sant'Anna Neto, J.L. 2017. Les types de climats annuels au Brésil: une application de la classification de Köppen de 1961 à 2015. *EchoGéo*, v. 3, n° 41: 1-27.
- El-Robrini, M.; Ranieiri, L.A.; Silva, P.V.M.; Guerreiro, J.S.; Alves, M.A.M. Da S.; Oliveira, R.R.S. De; Silva, M. Do S.F.; Amora, P.B.C.; El Robrini, M.H.S. 2018. Panorama da Erosão Costeira no Pará. In: Muehe, D. (Org.). *Panorama da Erosão Costeira no Brasil*: 65-166. ISBN: 978-85--7738-394-8.
- El-Robrini, M.; Magno, P.V.; Coimbra, M.V.R. 2023. Morphodynamics and Sediment Transport in Amazon Mid Tide Beaches: the Case of Vila do Conde (Barcarena/Pará). *Caderno de Geografia*, 33(75): 1300-1328. <https://doi.org/10.5752/p.2318-2962.2023v33n75p1300>
- El-Robrini, M.; Magno, P.V.; Ranieiri, L.A.; Guerreiro, J.S. 2024. Seasonal and macrotidal influence on the morphodynamics of estuarine beaches (Marajó island - Eastern Amazon - Brazil). *Quaternary and Environmental Geosciences*, 15: 20-34. <https://doi.org/10.5380/qeg.v15io.94228>
- Feagin, R.A.; Furman, M.; Salgado, K.; Martinez, M.L.; Innocenti, R.A.; Eubanks, K.; Figlus, J.; Huff, T.P.; Sigren, J.; Silva, R. 2019. The role of beach and sand dune vegetation in mediating wave **run-up** erosion. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 219: 97-106. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.01.018>
- 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, Brasil, Porto Alegre. 273 p. Tese de Doutorado, Pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Guerreiro, J.S.; Ranieri, L.A.; El-Robrini, M.; Vila-Concejo, A. 2013. Seasonal changes of a dynamic macrotidal beach: Case study of Marieta beach (Amazon Coast/Brazil). *Journal of Coastal Research*, 65: 1780-1784. <https://doi.org/10.2112/SI65-301.1>
- Guerreiro, J.; Souza, E.; El-Robrini, M. 2020. Variability of wave spectra conditions in the Amazon Barrier Coast. *Journal of Coastal Research*, SI 95: 1411-1415. <https://doi.org/10.2112/SI95-273.1>
- INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Estação Automática de Bragança. *Precipitação total para os anos de 2012, 2013*. [HTTP://www.inmet.gov.br/](http://www.inmet.gov.br/).(acesso em 12/03/2025).
- Júnior, J.L.A.F. & França, C.A. 2016. Caracterização Morfológica e Dinâmica da Orla Grande, Ilha de Mosqueiro, Belém. *Boletim Amazônico de Geografia*, 3(6): 92-109.

Lei Estadual nº 5.621, 27/11/1990 - Dispõe sobre a criação de Área de Proteção Ambiental de Algodual – Maiandeuá no Município de Maracanã. Disponível em: https://documentacao.socioambiental.org/ato_normativo/UC/5147_20201003_013739.pdf. Acesso em 07 de Julho de 2025.

Lira, C.P.; Silva, A.N.; Taborda, R.; Andrade, C.F.de. 2016. Coastline evolution of Portuguese low-lying sandy coast in the last 50 years: an integrated approach. *Earth Syst. Sci. Data*, 8: 265-278. <https://doi.org/10.5194/essd-8-265-2016>

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: 785-800. <https://www.jstor.org/stable/4298129>

Masselink, G. & Turner, I.L. 1999. The effect of tides on beach morphodynamics. In: Short, A.D. (Ed.), *Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics*. Wiley, Chichester: 204-229. ISBN 9780471965701.

Masselink, G. 1994. Morphodynamics of macrotidal beaches: examples from central Queensland, Australia. 272p. PhD Thesis, Coastal Studies Unit, University of Sydney,

Monteiro, M.C.; Pereira, L.C.C.; Guimarães, D.O.; Costa, R.M. 2009. Ocupação Territorial e Variações Morfológicas em uma Praia de Macromaré do Litoral Amazônico, Ajuruteua, Brasil. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 9: 91-99.

Muehe, D. 1998. Estado morfodinâmico praias no instante da observação: uma alternativa de identificação. São Paulo, *Revista Brasileira de Oceanografia*, 46 (2): 157-169. <https://doi.org/10.1590/S1413-77391998000200005>

Ojeda, E.; Appendini, C.M.; Mendoza, E.T. 2017. Storm-wave trends in Mexican waters of the Gulf of Mexico and Caribbean Sea, Nat. *Hazards Earth Syst. Sci.*, 17: 1305-1317. <https://doi.org/10.5194/nhess-17-1305-2017>

Oliveira, S.M.O.; Pereira, L.C.C.; Vila-Concejo, A. 2014. Processos morfodinâmicos em uma praia de macromaré no litoral Amazônico. *Quaternary and Environmental Geosciences*, 5(2): 125-136. <https://doi.org/10.5380/abequa.v5i2.36418>

Pereira, L.C.C.; Pinto, K.S.T.; Vila-Concejo, A. 2014. Morphodynamic variations of a macrotidal beach (Atalaia) on the Brazilian Amazon Coast. *Journal of Coastal Research*, SI 70: 681-686. <https://doi.org/10.2112/SI70-115.1>

Pedrerós, R.; Howa, H.L.; Michel, D. 1996. Application of grain size trend analysis for the determination of sediment transport pathways in intertidal areas. *Marine Geology*, 135(1-4): 35-49. [https://doi.org/10.1016/S0025-3227\(96\)00042-4](https://doi.org/10.1016/S0025-3227(96)00042-4)

Ranieri, L.A.; Rosário, R.P.; Tritinger, A.S.; El-Robrini, M. 2022. Coastal dynamics on equatorial beaches of Amazonian coast during extreme tide events. *Pesquisas em Geociências*, 49(1): 1-16. <https://doi.org/10.22456/1807-9806.116073>

Ranieri, L.A. & El-Robrini, M. 2016. Quantificação de sedimentos transportados por correntes nas praias oceânicas de Salinópolis, Nordeste do Pará, Brasil. *Geociências*, 35: 457-471.

Ranieri, L.A. & El-Robrini, M. 2012. Comportamento morfodinâmico sazonal da Praia da Romana, Ilha dos Guarás (Nordeste do Pará), como indicativo do transporte litorâneo da área. *Pesquisas em Geociências*, 39(3): 231-246. <https://doi.org/10.22456/1807-9806.37380>

Scott, T.; Masselink, G.; Russell, P. 2011. Morphodynamic characteristics and classification of beaches in England and Wales. *Marine Geology*, 286 (1-4): 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2011.04.004>.

Short, A.D. & Hesp, P.A. 1982. Wave, beach and dune interactions in southeastern Australia. *Marine Geology*, 48(3-4): 259-284. [https://doi.org/10.1016/0025-3227\(82\)90100-1](https://doi.org/10.1016/0025-3227(82)90100-1)

Short, A.D. 1999. Beaches. In: Short, A.D. (ed.). *Handbook of beach and shoreface morphodynamics*. Chichester, UK: John Wiley & Sons: 1-19. ISBN: 978-0-471-96570-1.

Short, A.D. 2003. Australia beach systems – the morphodynamics of wave through tide-dominated beach dune systems. *Journal of Coastal Research*, 35: 7-20. <https://www.jstor.org/stable/40928744>

Short, A.D. 1991. Macro-meso tidal beach morphodynamics: an overview. *Journal of Coastal Research*, 7: 417-436. <https://www.jstor.org/stable/4297847>

Silva, P.V.M. 2014. *Estudo da Morfodinâmica Sazonal e Quantificação de Transporte Sedimentar Costeiro nas Praias de Fortalezinha e Princesa, Algodão/Maiandeuá (Nordeste do Estado do Pará)*, 98p. Belém, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Universidade Federal do Pará.

Velasquez-Montoya, L.; Sciaudone, E.J.; Harrison, R.B.; Overton, M. 2021. Land cover changes on a barrier island: Yearly changes, storm effects, and recovery periods. *Applied Geography*, 135: 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2021.102557>

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