Pesquisas em Geociências

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

Comportamento morfodinâmico sazonal da Praia da Romana, Ilha dos Guarás (NE do Pará), como indicativo do transporte litorâneo da área

Leilanne A. Ranieri, Maâmar El-Robrini

Pesquisas em Geociências, 39 (3): 231-246, set./dez., 2012.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/37380>

Publicado por

Instituto de Geociências

Portal de Periódicos
UFRGS

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

Informações Adicionais

Email: pesquisas@ufrgs.br

Políticas: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

Submissão: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#onlineSubmissions>

Diretrizes: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#authorGuidelines>

Data de publicação - set./dez., 2012.

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

Comportamento morfodinâmico sazonal da Praia da Romana, Ilha dos Guarás (Nordeste do Pará), como indicativo do transporte litorâneo da área

Leilanne A. RANIERI¹ & Maâmar EL-ROBRINI²

¹Programa de Pós-graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará. Av. Augusto Corrêa, 1, CEP 66.075-110, Belém, PA. E-mail: leilanne.ranieri@gmail.com.

²Grupo de Estudos Marinhos e Costeiros (GEMC/CNPq), Universidade Federal do Pará. Av. Augusto Corrêa, 1, CEP 66.075-110, Belém, PA. E-mail: robrini@ufpa.br.

Recebido em 04/2011 Aceito para publicação em 07/2012
Versão online publicada em 28/02/2013 (www.pesquisasemgeociencias.ufpr.br)

Resumo – A Praia da Romana está situada na Foz do Rio Pará, o que lhe confere uma alta hidrodinâmica, com ventos (média anual de 4,6 m/s) e ondas (média anual de 1,5 m) vindos de NE, e meso-macromarés (3,4 m – março; 4,3 m – agosto) semidiurnas. Constatou-se que a praia é dissipativa, dominada por ondas no período menos chuvoso ($RTR < 3$) e por ondas e marés no período mais chuvoso ($> 3 RTR < 7$). As ondas apresentaram maior altura no período menos chuvoso (mínima de 1,49 m – setor leste; máxima de 1,62 m – setor central). O ângulo de incidência de ondas (α) foi maior no setor oeste durante todo o ciclo sazonal, sendo acrescido do período mais chuvoso (62° NE – janeiro e 80° NE – março) para o período menos chuvoso (85° NE – agosto). No setor central e oeste o ângulo não variou muito, sendo em média 20° NE e 25° NE, respectivamente. Houve acreção de sedimentos do período mais chuvoso ao menos chuvoso no setor oeste (Vv final: $409 \text{ m}^3/\text{m}$), e erosão nos setores central e leste (Vv final: $-306 \text{ m}^3/\text{m}$, $-339 \text{ m}^3/\text{m}$, respectivamente). O coeficiente de variação da linha de costa (CVYb), no setor oeste variou de 8,05% (março, período mais chuvoso) à 9,08% (agosto, período menos chuvoso). No setor central, este percentual foi decrescente: 8,30% (março) à 7,43% (agosto), assim como no setor leste: 16,43% em março à 13,33% em agosto. Houve um comportamento quase padrão ao longo do ciclo sazonal para análise granulométrica: valores da média e assimetria aumentando do setor leste para o setor oeste, e aumento no grau de seleção e curtose do setor oeste ao setor leste. A praia é recoberta por areias finas ($> 2 - 3 \phi$), preferencialmente bem selecionadas e muito bem selecionadas ($< 0,35 - < 0,50 \phi$), e o transporte de sedimentos é de leste para oeste.

Palavras-chave: morfodinâmica de praias, deriva litorânea, praias de macromarés.

Abstract – SEASONAL MORPHODYNAMIC BEHAVIOR OF ROMANA BEACH, GUARÁS ISLAND (NORTHEAST PARÁ), AS INDICATIVE OF COASTAL TRANSPORT IN THE AREA. The Romana Beach is situated at the mouth of the Pará River, which gives it a high hydrodynamics, with winds (annual average of 4,6 m/s) and waves (annual average of 1,5 m) coming from NE, and semidiurnal meso-macrotidal (3,4 m – march, 4,3 m – august). It was found that this beach is dissipative, dominated by waves in the dry season ($RTR < 3$), and by waves and tides in the rainy season ($> 3 RTR < 7$). The waves were higher than during the dry season (minimum of 1,49 m – eastern sector; maximum of 1,62 m – central sector). The angle of wave incidence (α) was higher in the west throughout the seasonal cycle, being increased by the rainy season (62° NE – January and 80° NE – March) for the dry season (85° NE – August). In the central and western sector the angle did not vary much, being on average 20° NE and 25° NE, respectively. There was accretion of sediments from the rainy season to dry season in the west sector (Vv end: $409 \text{ m}^3/\text{m}$), and erosion in central and eastern sectors (Vv end: $-306 \text{ m}^3/\text{m}$, $-339 \text{ m}^3/\text{m}$, respectively). The coefficient of variation of the shoreline (CVYb) in the western sector ranged from 8,05% (March, the rainy season) to 9,08% (August, the dry season). In the central sector, this percentage has been decreasing: 8,30% (March) to 7,43% (August), as well as in the eastern sector: 16,43% in March to 13,33% in August. There was an almost standard behavior over the seasonal cycle for grain-size analysis: mean and asymmetry increasing from east to the west, and an increase in standard deviation and kurtosis of the western sector to the eastern sector. The beach is covered with fine sand ($> 2 - 3 \phi$), preferably well selected and very well selected ($< 0.35 - < 0.50 \phi$), and sediment transport is East to West.

Keywords: morphodynamic of beaches, longitudinal current, megatidal beaches.

1. Introdução

As áreas costeiras estão entre os mais complexos e variáveis sistemas marinhos, porque suas dinâmicas estão sujeitas a efeitos derivados de uma

geometria complexa, onde a batimetria desempenha um papel crucial na propagação de ondas. Além disso, a ampla gama de processos hidrodinâmicos que afetam as zonas costeiras, tais como ondas, correntes e marés, entre outros, interage em

diferentes escalas espaciais e temporais, tornando essas zonas altamente variáveis (Alvarez-Ellacuria *et al.*, 2010). A praia é um desses ambientes muito dinâmicos e sensíveis, que expressam múltiplas funções, entre elas, proteção costeira para ecossistemas adjacentes (Souza *et al.*, 2005).

A respeito do ambiente praial, muito pouco é conhecido sobre sua dinâmica quando se trata de praias dominadas por meso-macromarés. De acordo com Levoy *et al.* (2000), a propagação de ondas e marés nessas praias implica em uma maior diversidade no transporte transversal de sedimentos do que nas praias de micromarés. Porém, no geral, o conhecimento atual sobre a resposta dos sedimentos nas praias de meso-macromarés ainda é muito restrita para permitir o esclarecimento das alterações morfodinâmicas. Espera-se que nessas praias os estados morfodinâmicos e a mobilidade dos sedimentos sejam alterados, principalmente, com a variação da maré.

Os efeitos das meso-macromarés sobre a praia dizem respeito, principalmente, ao deslocamento periódico da posição da face praial, da zona de *surf* e empolamento das ondas sobre o perfil praial (Calliari *et al.*, 2003). Segundo Braga (2007), praias de meso-macromarés caracterizam-se por apresentar baixas declividades, traçado retilíneo, apresentando, em determinadas situações, extremidades curvas onde ocorrem vez por outra canais de maré. As únicas irregularidades que interrompem a homogeneidade dessas praias são os canais, os quais configuram deltas de maré vazante e enchente.

No NE do Pará, as praias são dominadas pelo regime de meso-macromarés semidiurnas que induz a formação das correntes de marés e exerce um importante papel na circulação local, influenciando fortemente o transporte sedimentar litorâneo (Souza Filho & Paradella, 2002). Trabalhos referentes à morfodinâmica em praias de meso-macromarés do NE do Pará foram realizados por diversos autores, dentre os trabalhos pode-se citar os de Alves (2001), Braga (2007), Barbosa *et al.* (2007), Cordovil (2010) e Monteiro *et al.* (2009) na Praia de Ajuruteua, em Bragança, todos descrevendo-a como praia dissipativa, com presença de bancos arenosos paralelos à costa, e afetada por eventos de alta energia (principalmente marés de sizígia equinociais); e os estudos de Busman (2004), Gregório *et al.* (2005) e Guerreiro (2010) nas Praias do Atalaia, Farol Velho e Marieta, respectivamente, em Salinópolis, que também caracteri-

zaram estas praias como sendo dissipativas, com modificações expressivas de caráter sazonal: variações morfológicas principalmente na zona de estiramento, forte remobilização de areia e migração de cristas arenosas.

A Praia da Romana, na Ilha dos Guarás (PA), também se insere no NE do Pará. Trabalhos realizados nesta ilha foram desenvolvidos por Santos (2009) e Bezerra (2011); contudo apenas na Ponta de Mariteua e na Praia da Tijoca, adjacente à Praia da Romana. Esta última situa-se na foz do rio Pará e, devido a sua posição geográfica, representa uma área de alta hidrodinâmica. Apresenta morfologia de praia-barreira côncava, alimentada por cordões arenosos dinâmicos, progradantes em direção W, levantando a hipótese de que o transporte de sedimentos na área é de E-W. Visando averiguar esta hipótese, o objetivo principal deste trabalho foi analisar a sazonalidade das alterações morfodinâmicas ocorrente ao longo dos setores leste, central e oeste da Praia da Romana, com intuito de inferir o transporte de sedimentos da área.

2. Área de estudo

A Praia da Romana está localizada na Ilha dos Guarás (Mariteua), município de Curuçá, NE do Pará (Fig. 1). A Ilha dos Guarás enquadra-se na Reserva Extrativista Mãe Grande de Curuçá.

A ilha está inserida no domínio geomorfológico de planície costeira, com feições características do NE do Pará, tais como, extensos depósitos de lama de planície de maré, estuários e *cheniers*, manguezais, e planícies arenosas, formadas por dunas ativas e inativas, deltas de marés e praias-barreiras (Souza Filho, 1995), tal com a Praia da Romana.

O clima no NE do Pará é do tipo Am (Tropical Úmido), quente e úmido (Clima Equatorial Amazônico), de acordo com a classificação de Köppen (1948). A pluviosidade é elevada, a média anual gira em torno de 2.500 mm/ano, e a temperatura apresenta uma pequena variação anual, oscilando entre 18°C (mínima) e 33°C (máxima), com média de 27°C, sendo os valores mais elevados observados nos meses de agosto a outubro, com valor máximo de 42°C (El-Robrini *et al.*, 2006). Há um período menos chuvoso (junho a novembro) e outro mais chuvoso (dezembro a maio). Segundo Martorano *et al.* (1993), em fevereiro e abril ocorrem as maiores concentrações de chuvas.

O regime de ventos dominante no NE do Pará é representado pelos alísios de NE, cuja veloci-

Figura 1. Mapa de localização da Praia da Romana, município de Curuçá (NE do Pará).

dade média é de 3,9 m/s em março, período mais chuvoso, e 5,37 m/s, em agosto, período menos chuvoso, registrado na Praia da Romana em 2010. O NE do Pará sofre influência das ondas formadas a partir dos alísios, que apresentam em regra geral, alturas de 1-1,5 m (Mácola & El-Robrini, 2004), e do regime de meso-macromarés (amplitudes > 2 m – > 4 m, respectivamente) semi-diurnas. Na Praia da Romana, as macromarés são dominantes no período mais chuvoso (4,3 m em março de 2010), enquanto as meso-marés são dominantes no período menos chuvoso (3,4 m em agosto de 2010) (DHN, 2010).

As correntes de marés condicionam o transporte de sedimentos no NE do Pará (El-Robrini *et al.*, 1992) e são as principais responsáveis pela presença dos inúmeros bancos de areias que se dispõem perpendicularmente à costa na foz do rio Pará e em direção ao mar aberto na Ilha dos Guarás (Mácola & El-Robrini, 2004). Segundo a DHN (1994), a velocidade das correntes de marés, a altura da Baía de Curuçá/PA, alcança cerca de 210 a 306 cm/s na vazante.

3. Materiais e métodos

3.1. Aquisição de dados

Foram realizadas 4 campanhas, divididas em 3 períodos distintos: (a) de transição sazonal, no início do período mais chuvoso (31 de janeiro de 2010), correspondente às condições de menor energia hidrodinâmica; (b) em meio ao período mais chuvoso, em dia de maré equinocial (29 de março de 2010), cuja energia hidrodinâmica fica mais expressiva (fortes correntes de maré); (c) novamente no período mais chuvoso (28 de maio de 2010); e (d) no período menos chuvoso (27 de agosto de 2010), ambas em condições de menor energia hidrodinâmica.

Os trabalhos consistiram em medições topográficas e coletas de sedimentos feitas simultaneamente, durante a maré baixa de sizígia, através de 3 perfis transversais a linha de costa em cada setor da praia (oeste, central e leste), distantes entre si de 1 km, partindo-se em cada um da Linha de Maré Alta de Sizígia (LMA) até um pouco além da

Figura 2. Maquete da metodologia adotada com os devidos locais e regras de amostragem (LMA: linha de maré alta; LMM: linha média de maré; LMB: linha de maré baixa; P1: setor oeste; P2: setor central; P3: setor leste).

Linha de Maré Baixa de Sizígia (LMB). A distância linear entre os pontos de amostragem dentro de cada perfil foi de aproximadamente 20 m. As medições de hidrodinâmica (altura, período e ângulo de incidência de ondas) ocorreram no limite inferior de cada perfil topográfico, na zona de *surf*.

As coletas dos dados topográficos foram feitas apenas em março, maio e agosto de 2010. Já as medições de hidrodinâmica, foram feitas apenas em janeiro, março e agosto. Para o levantamento topográfico, aplicaram-se os procedimentos propostos por Birkemeier (1985) através dos equipamentos Estação Total e prisma refletor (mira do instrumento).

Para a apresentação e discussão dos aspectos morfo-sedimentares, os perfis praiais (perfis topográficos) foram divididos em zona de supramaré, intermaré e inframaré, conforme sugerido por Souza Filho *et al.* (2003) para praias de macromarés.

O levantamento topográfico foi iniciado com a leitura de um ponto fixo (base de concreto do farol da Praia da Romana), que serviu como RN (Nível de Referência). O ponto gráfico de partida de cada perfil foi obtido pela cota topográfica resultante do desnível com o RN.

A partir da LMA de cada perfil de praia, iniciou-se a coleta de sedimentos com o uso de uma tampa de tubo PVC de 5 cm para coletar a camada

sedimentar superficial correspondente a deposição semi-diurna mais recente. A cada 20 m linearmente realizou-se o mesmo procedimento, alternando esta distância apenas onde houve mudanças morfológicas no perfil praiial. O último ponto de coleta de cada perfil localizou-se após a LMA, objetivando-se amostrar os sedimentos mobilizados naquele momento pela deriva litorânea. O número de amostras adquiridas em cada perfil praiial apresentou pequena variação, entre 9 e 13 amostras.

Para a medição dos parâmetros de onda, utilizou-se a metodologia proposta por Muehe (2002), sendo que a altura das ondas (H) foi medida com o auxílio de uma régua graduável de 5 m (mira) segura por um observador que verificou a medida da interseção de onda sobre a régua. Um segundo observador, próximo ao operador da régua, foi responsável por anotar a informação e cronometrar o tempo da passagem de 11 cristas de ondas sucessivas cujas alturas foram medidas.

O resultado deste intervalo de tempo foi obtido para determinar o período de ondas (T), que representa a passagem de duas cristas de ondas sucessivas por um ponto fixo. O resultado do tempo da passagem das 11 cristas foi dividido por 10 para determinação do período médio.

Para o ângulo de incidência de ondas (α) mediu-se, com o auxílio de uma bússola de geólogo,

a direção de aproximação das ondas na altura da arrebentação e a direção do ângulo de mergulho da face praias no lugar da observação, para se obter a linha perpendicular do ponto de observação com a linha de costa. Posteriormente, extraiu-se a diferença das duas medidas.

Para apresentação e discussão dos resultados hidrodinâmicos utilizou-se a zonação adotada por Davis (1985): zona de arrebentação, zona de *surfe* zona de espraçamento.

3.2. Classificação granulométrica dos sedimentos

Visando à separação das diferentes frações granulométricas, as amostras de sedimentos adquiridas em campo foram submetidas a peneiramento a seco, utilizando-se peneiras com intervalos de $\frac{1}{2}$ phi. Os valores das frações obtidas deste tratamento foram inseridos no *SysGran* 3.0 (Carmargo, 1999), para calcular as características texturais dos sedimentos. Foram utilizadas neste programa as fórmulas descritas por Folk & Ward (1957) e a classificação de Wentworth (1922) para sedimentos arenosos, visando à obtenção dos seguintes parâmetros estatísticos: média, seleção, assimetria e curtose.

3.3. Classificação morfodinâmica

A superposição dos perfis topográficos possibilitou o cálculo dos parâmetros morfométricos: variação do volume sedimentar (Vv); declividade da face praias (β); largura da praia (Yb) e coeficiente de variação da linha de costa (CVYb) expressa em metros. Além destes, foi obtido o parâmetro Ws, correspondente à velocidade de decantação das partículas sedimentares. Para obtenção do volume sedimentar (Vv), expresso em m^3/m , utilizou-se o programa *Surfer 8 da Golden Software*, que verificou as mudanças de volume para distâncias comuns a duas superfícies. A declividade da face praias (β), expressa em graus, foi obtida através da fórmula 1:

$$\tan\beta = \text{oposto/adjacente} \quad (1)$$

Na fórmula 1, o cateto oposto corresponde à altura e o cateto adjacente à distância entre o máximo e o mínimo valor registrado do perfil praias. O coeficiente de variação da linha de costa (CVYb) foi obtido pela relação entre o índice de mobilidade da praia (σYb) e a largura da praia (Yb), como sugerido por Oliveira (2009) (fórmula 2).

$$CV\% = \sigma Yb / Yb \times 100 \quad (2)$$

A velocidade de decantação de partículas sedimentares (Ws) foi obtida a partir da relação gráfica da granulometria média, como estabelecido por Dean (1973) e sugerido por Muehe (2002). A classificação morfodinâmica utilizada foi baseada no modelo sequencial de evolução morfológica proposto por Wright & Short (1984) e Masselink & Short (1993). Através do parâmetro empírico adimensional ômega (Ω), Wright & Short (1984) relacionaram os estados morfodinâmicos de praia às variáveis envolvidas no nível de energia da praia (fórmula 3).

$$\Omega = Hb / Ws \times T \quad (3)$$

Hb é a altura de onda na arrebentação;

T é o período médio de ondas.

Considerando-se também os efeitos relativos às marés na morfologia das praias, utilizou-se o parâmetro RTR designado por Davis & Hayes (1984), e sugerido por Masselink & Short (1993) (fórmula 4).

$$RTR = MSR / Hb \quad (5)$$

RTR é o Parâmetro relativo à variação da maré (*Relative Tide Range Parameter*); MSR é a variação da maré. Este último foi obtido através de tabela de marés (www.mar.mil.br/dhn/chm/tabuas) da área de estudo.

4. Resultados

4.1. Morfologia da face praias

Houve acresção de sedimentos nos perfis do setor oeste (Fig. 3A), mês após mês de coleta de dados, sugerindo um balanço positivo no volume sedimentar (Fig. 3B) que variou de $49 m^3/m$ de março para maio à $409 m^3/m$ até agosto.

Já nos setores central (Fig. 4A) e leste (Fig. 5A), houve erosão dos perfis mês após mês, sugerindo um balanço negativo no volume sedimentar. No setor central (Fig. 4B), o volume variou de $-233 m^3/m$ de março para maio à $-306 m^3/m$ até agosto. No setor leste (Fig. 5B), a variação foi de $-297 m^3/m$ de março para maio à $-309 m^3/m$ até agosto.

Observou-se a presença de uma calha (*runnel*) paralela à linha de costa por quase toda extensão da Praia da Romana. O comportamento desta calha no setor oeste foi de migração em direção ao continente de março para agosto de 2010 (Fig. 3A). No setor central (Fig. 4A) e leste (Fig. 5A), a calha apresentou migração em direção ao mar de março para maio e em direção ao continente de maio para agosto de 2010.

Figura 3. Morfologia praial (A) e variação do volume sedimentar (B) no setor oeste da Praia da Romana nos meses de março, maio e agosto de 2010.

Figura 4. Morfologia praial (A) e variação do volume sedimentar (B) do setor central da Praia da Romana nos meses de março, maio e agosto de 2010.

Figura 5. Morfologia praial (A) e variação do volume sedimentar (B) do setor leste da Praia da Romana nos meses de março, maio e agosto de 2010.

A largura da praia (Y_b) no setor oeste apresentou o máximo de 246 m em março e o mínimo de 169 m em maio, implicando maior aumento no coeficiente de variação da linha de costa (CVYb), que passou de 8,05% em março para 11,72% em maio, e maior variação na declividade da face praial no setor oeste, sendo de 1,31° em março para 1,03° em maio. Em agosto, a Y_b medida foi de 218 m, o coeficiente de variação da linha de costa foi de 9,08% e a declividade da face praial foi a mais baixa registrada para o setor oeste (0,83°), devido a acreção sedimentar ocorrida no período menos chuvoso.

No setor central, a Y_b apresentou o máximo

de 250 m em maio e o mínimo de 113 m em março, implicando no maior decréscimo no CVYb, que passou de 8,30% em março para 7,07% em maio, e maior variação na declividade da face praial, sendo de 1,25° em março para 0,97° em maio. Este último resultado manteve-se em agosto, onde a Y_b medida foi de 238 m, e o CVYb de 7,43%.

No setor leste, a Y_b apresentou o máximo de 175 m em agosto, 161 m em maio e o mínimo de 142 m em março, implicando num decréscimo no CVYb de 16,43% em março e 13,33% em agosto, contudo o maior decréscimo no CVYb foi de março para maio (16,43% a 14,49%, respectivamente). A maior variação na declividade da face praial no

setor leste também foi de março para maio, sendo de $0,92^\circ$ em março para $1,31^\circ$ em maio e agosto.

4.2. Relação entre a morfologia e a granulometria

No setor oeste, sedimentos mais finos ocorreram na zona de supramaré (3,05 phi) em março (Fig. 6A) e agosto (Fig. 6C), e na zona de intermaré superior (2,84 phi) em maio (Fig. 6B). De março para agosto os sedimentos são mais grossos implicando em acreção na morfologia do perfil de agosto.

Nos setores central (Fig. 7) e leste (Fig. 8), os sedimentos ficaram mais finos em direção à zona de inframaré ($> 2,70$ phi – setor central; $> 2,60$ phi – setor leste) e mais grossos na zona de intermaré (2,90 a 2,60 phi – setor central; 2,80 a 2,40 phi – setor leste), indicando erosão de sedimentos

Figura 6. Morfologia e granulometria no setor oeste durante os meses de março (a), maio (b) e agosto (c) de 2010.

Figura 7. Morfologia e granulometria no setor central durante os meses de março (a), maio (b) e agosto (c) de 2010.

entre março e agosto e, por isso, perfis com menor volume sedimentar ao longo deste intervalo.

Em março, no setor central (Fig. 7A), a diminuição do diâmetro médio dos grãos na zona de intermaré (2,90 phi) coincidiu com a calha ocorrente paralela a linha de costa desde o setor leste e localizada próximo à LMA. No setor leste, em março (Fig. 8A), observou-se também este aumento do diâmetro médio dos grãos após a LMA (2,85 phi) devido a grande amplitude da calha neste mês. Em maio (Fig. 8B), sedimentos mais finos (2,90 phi) voltaram a ocorrer na zona de supramaré deste setor, onde existem dunas frontais permanentes. Em agosto, altos valores de diâmetro médio ocorreram na zona de supramaré dos setores oeste, central e leste (Fig. 6C, 7C e 8C); já na zona de inframaré, os valores decaem nos setores central (Fig. 7C) e leste (Fig. 8C), assim como em maio (Fig. 7B e 8B).

Figura 8. Morfologia e granulometria no setor leste durante os meses de março (a), maio (b) e agosto (c) de 2010.

4.3. Parâmetros estatísticos granulométricos

Houve um comportamento padrão ao longo dos meses de coleta de sedimentos: valores da média granulométrica e assimetria aumentando do setor leste para o setor oeste, e aumento no grau de seleção e curtose do setor oeste ao setor leste (Fig. 9, 10, 11 e 12). Exceções ocorreram apenas nos meses de maio e agosto, onde a curtose apresentou acréscimo do setor leste ao setor oeste em maio (Fig. 11D) e a assimetria do setor oeste ao setor leste em agosto (Fig. 12C).

A média granulométrica apresentou variação predominante de 2,5 a 3 phi, indicando a ocorrência quase absoluta de areia fina na Praia da Romana (Fig. 13). No setor leste, ocorreram as maiores variações granulométricas, pois valores abaixo de 2,5 phi foram obtidos na zona de intermaré em maio (amostras P3d e P3e) (Fig. 13I), e agosto (amostras P3d e P3g) (Fig. 13M).

O grau de seleção predominante dos sedimentos foi de bem selecionados (0,35 a 0,50 phi) e muito bem selecionados ($< 0,35$ phi), ocorrendo também nas zonas de supramaré e intermaré de agosto (amostras P1a, P2l e P3g), a classificação de moderadamente selecionados (0,5 a 1 phi) para os setores oeste, central e leste (Figuras 13J, 13L e 13M, respectivamente).

A classificação predominante da assimetria foi de distribuição aproximadamente simétrica (de -0,1 a 0,1), com variações para assimetria muito positiva (0,3 a 1) e até mesmo assimetria muito negativa (-1 a -0,3), na zona de supramaré do setor oeste (amostra P1a: -0,47), em agosto (Fig. 13J). No setor leste ocorreram as menores variações no grau de assimetria, pois com exceção da zona de supramaré em agosto (amostra P3a: 0,34) (Fig. 13M), a classificação da assimetria variou de negativa (-0,1 a -0,3) à aproximadamente simétrica.

O grau de curtose predominante foi de mesocúrtica (0,90 a 1,11) e leptocúrtica (1,11 a 1,5); contudo os valores deste parâmetro variaram de muito platicúrtica ($< 0,67$) a muito leptocúrtica (1,50 a 3,00). As maiores variações ocorreram em agosto, quando o maior valor registrado (2,42) ocorreu na zona de supramaré (amostra P3a) do setor leste (Fig. 13M) e o menor valor (0,59) nesta mesma zona (amostra P1a) do setor oeste (Fig. 13J).

4.4. Hidrodinâmica costeira

O ângulo de incidência de ondas (α) com a linha de costa (Tab. 1) verificado na Praia da Romana foi maior no setor oeste durante todo o ciclo hidrológico, sendo acrescido do período mais chuvoso (62° NE – janeiro e 80° NE – março) para o período menos chuvoso (85° NE – agosto).

No setor central e oeste o ângulo não variou muito, sendo em média 20° NE e 25° NE, respectivamente.

Tabela 1. Ângulo de incidência de ondas com a linha de costa.

	Setor Oeste	Setor Central	Setor Leste
Janeiro	62° NE	15° NE	20° NE
Março	80° NE	10° NE	30° NE
Agosto	85° NE	30° NE	20° NE

Ondas mais altas ocorreram no setor oeste (P1), tanto na maré vazante como na maré enchente, diminuindo em direção ao setor leste (P3). Em janeiro (Fig. 14A), as maiores alturas de ondas (H_b) ocorreram durante a maré enchente, enquanto que em março (Fig. 14B), com exceção do setor leste

Figura 9. Parâmetros estatísticos granulométricos: média (a), seleção (b) e assimetria (c) e curtose (d) em janeiro de 2010 (P1: setor oeste; P2: setor central; P3: setor leste).

Figura 10. Parâmetros estatísticos granulométricos: média (a), seleção (b) e assimetria (c) e curtose (d) em março de 2010 (P1: setor oeste; P2: setor central; P3: setor leste).

Figura 11. Parâmetros estatísticos granulométricos: média (a), seleção (b) e assimetria (c) e curtose (d) em maio de 2010 (P1: setor oeste; P2: setor central; P3: setor leste).

Figura 12. Parâmetros estatísticos granulométricos: média (a), seleção (b) e assimetria (c) e curtose (d) em agosto de 2010 (P1: setor oeste; P2: setor central; P3: Setor Leste).

Figura 13. Parâmetros estatísticos granulométricos das amostras de sedimentos. Primeiro ponto (P): zona de supamaré (P1a, P2a, P3a); pontos intermediários: zona de intermaré; último ponto: zona de inframaré. Janeiro (A, B, C), março (D, E, F), maio (G, H, I) e agosto (J, L, M) de 2010.

Figura 14. Altura de onda (Hb) registrada durante a maré vazante e enchente.

(P3), estas foram registradas durante a maré vazante. Em agosto (Fig. 14C), a altura média foi a mais elevada nas marés vazante (1,61 m: P1; 1,60 m: P2; 1,49 m: P3) e enchente (1,58 m: P1; 1,62 m: P2; 1,59 m: P3). Vale ressaltar que houve poucas variações nos valores de altura de ondas e a baixa precisão do método visual de observação.

Tabela 2. Período de ondas (T) medido em segundos durante a maré vazante e enchente.

Maré Vazante			
	Setor Oeste	Setor Central	Setor Leste
Janeiro	9,1	8,08	8,01
Março	5,46	7,5	7,18
Agosto	8,9	11,3	9,5
Maré Enchente			
	Setor Oeste	Setor Central	Setor Leste
Janeiro	5,9	6,65	8
Março	5,9	5,4	4,51
Agosto	6,6	9,4	10

O período de ondas (T) diminuiu do setor oeste para o setor leste durante a maré vazante em janeiro. Isto também foi observado durante esta fase da maré em março. Durante a maré enchente, diminui do setor leste ao setor oeste (em janeiro e agosto). Durante a maré vazante em março e agosto, o setor central foi o que registrou maior período de ondas e o setor oeste, o menor período (Tab. 2). Esta causa na variação do clima de ondas pode ter

relação com a maré, especialmente a enchente, a atração sobre as águas causada pela elevada força da maré acelera a propagação das ondas, ou seja, diminui o período (T), a exemplo do setor oeste, onde as correntes de enchente são mais fortes, alcançando até 1,49 m/s em janeiro (Ranieri, 2011).

Tabela 3. Estados morfodinâmicos de Wright & Short (1984) encontrados nos setores oeste, central e leste durante os meses de janeiro, março e agosto de 2010.

Ω			
Data	Setor Oeste	Setor Central	Setor Leste
31/01/2010	7,288	7,368	6,477
29/03/2010	8,527	7,606	9,366
27/08/2010	5,659	5,507	6,972

Tabela 4. Estados morfodinâmicos de Masselink & Short (1993) dos setores oeste, central e leste durante os meses de janeiro, março e agosto de 2010.

RTR			
Data	Setor Oeste	Setor Central	Setor Leste
31/01/2010	3,245	3,475	3,712
29/03/2010	2,966	3,308	3,440
27/08/2010	2,125	2,112	2,208

4.5. Estados morfodinâmicos

Prevaleceu o estado morfodinâmico dissipativo ($\Omega > 5,50$) para a Praia da Romana, ou seja, baixo gradiente da praia e areia fina caracterizado pela alta energia de onda e larga zona de surfe. Em março (marés equinociais) o estado morfodinâmico praiial foi o mais dissipativo (Tab. 3).

Para a variação relativa da maré (RTR), em agosto os três setores da praia apresentaram estado dissipativo dominado por ondas ($RTR < 3$). Já em março e janeiro, estado de praia dissipativa sem banco e correntes de retorno ($3 < RTR < 7$) (Tab. 4).

5. Discussão

A ramificação de um canal de maré que intercepta a Ilha dos Guarás transversalmente possibilitou o desenvolvimento de uma calha (*runnel*) paralela a linha de costa por quase toda extensão da Praia da Romana. A energia de ondas é responsável pelo retrabalhamento desta feição morfológica na face praiial. O comportamento da calha nos setores central e leste foi de migração em direção ao continente de maio para agosto de 2010, já no setor oeste esta migração foi mais antecipada, sendo a partir de março.

Robin *et al.* (2009), ao estudarem um banco de intermaré em Regnéville, Normandy (França), associaram as baixas taxas de migração do banco aos efeitos das macromarés. Para estes autores, as ondas geradas por ventos locais têm a capacidade de induzir mais energicamente a migração de barras em direção a terra em ambientes de micro-mesomarés.

No entanto, ambientes de macromarés induzem um curto período de exposição dos bancos para os processos hidrodinâmicos, limitando assim seu retrabalhamento. Estas características levam a taxas de migração mais fracas em comparação com ambientes de micro-mesomarés.

Durante o período mais chuvoso (quando a maré é mais efetiva), os sedimentos removidos da face praiial são depositados em direção à área submersa da praia, formando bancos longitudinais e canais (calha) paralelos a linha de costa. Com o passar do período mais chuvoso (ondas tão efetivas, quanto às marés), os sedimentos são levados novamente em direção a praia emersa.

Masselink & Short (1993), ao estudarem Cable Beach, na Austrália, também enfatizam que as areias removidas em direção ao mar durante o

período mais chuvoso tendem a migrar novamente em direção a zona de espraçamento no período menos chuvoso.

A morfologia de banco-calha ocorreu tanto no período mais chuvoso (março e maio), como no período menos chuvoso (agosto) na Praia da Romana.

Braga (2007) ao estudar a Praia de Ajuruteua, também no NE do Pará, constatou que esta morfologia é construída por eventos de alta energia de ondas (época menos chuvosa onde a ação de ondas é tão expressiva quanto à atuação da maré).

Sendo, então, o período menos chuvoso de acreção sedimentar e as condições de energia de ondas altas também neste período na Praia da Romana, diminuindo apenas a energia das correntes de marés, presume-se que a calha tenha sofrido, a princípio, migração em direção ao continente e, posteriormente, preenchimento total ou parcial com o passar do período menos chuvoso, ajustando-se à topografia.

Pode-se dizer que nesta praia, houve um ciclo de erosão durante o período de marés mais intensas (período mais chuvoso) e acreção quando as ondas são também importantes (período menos chuvoso), além de migração de calha-banco em direção ao continente. Contudo, mesmo em agosto, os setores central e leste apresentaram características erosivas. A acreção sedimentar ocorre até no período menos chuvoso, mas devido o sedimento ser levado sempre em direção W, as características erosivas acabam prevalecendo para estes dois setores durante o ano todo.

Baseado nesta situação, o elevado aporte sedimentar proveniente do transporte litorâneo de leste para oeste, a ação dos ventos locais também nesta direção e o ângulo de incidência de ondas sempre elevado no setor oeste (maior obliquidade de ondas), pode ter propiciado a este setor um comportamento antecipado de migração da calha em direção ao continente a partir de março (desde meados do período mais chuvoso).

Na ocorrência de morfologia de calha, os sedimentos ficaram mais finos e mais selecionados. Fato observado nos perfis de praia dos três setores, durante todos os meses de coletas de dados (janeiro, março, maio e agosto de 2010).

Nos setores oeste e central, onde se desenvolvem dunas embrionárias na linha de costa, a remoção dos sedimentos mais finos das dunas na zona de supramaré para as zonas adjacentes, no decorrer do período mais chuvoso (Fig. 6A, 6B, 7A e 7B), evidência um caráter erosivo neste período.

Outra evidência são os altos valores de diâmetro médio dos grãos nos setores central e leste após a LMA, na zona de inframaré em março (Fig. 7A e 8A). Durante a maré equinocial em março, a quantidade de sedimentos mais finos foi maior na zona de inframaré, decorrente da erosão da face praial. Em agosto, os sedimentos mais finos voltaram a aumentar na zona de supramaré dos três setores desta praia (Fig. 6C, 7C e 8C), pois o mês de agosto é característico de período de acreção sedimentar e de ventos mais fortes. Os altos valores de diâmetro médio dos grãos registrados na zona de supramaré dos três setores em agosto, podem indicar novamente a formação de dunas embrionárias.

Nos três setores da praia, houve predomínio de areia fina (> 2 a 3ϕ) bem selecionada ($0,35$ a $<0,50 \phi$) e muito bem selecionada ($< 0,35 \phi$) para todos os meses estudados. O mesmo comportamento do predomínio de areia fina ocorreu na praia de micromaré do Rio das Pacas, SC (Güttler *et al.*, 2007) e na praia de macromaré de Ajuruteua, PA (Braga, 2007) que também apresentaram baixa variabilidade granulométrica temporal e espacial. Isto indica que esta situação é independente da amplitude de maré e, por conseguinte, da extensão da face praial (estirâncio) e do estado morfodinâmico.

As maiores variações na granulometria da Praia da Romana ocorreram no setor leste, que apresentou percentuais mais significativos inclusive de areia média. Neste setor, a curva granulométrica estende-se para os sedimentos menos finos, principalmente na zona de intermaré, onde a quantidade de sedimentos mais finos da praia foi baixa (Fig. 13C, 13I e 13M), indicando perda desses sedimentos por correntes longitudinais, fluindo para direção W, em direção aos setores central e oeste.

Poucas alterações ocorreram no transporte e distribuição de sedimentos na Praia da Romana. Em regra geral, a média granulométrica aumentou do setor leste para o setor oeste (Fig. 9A, 10A, 11A e 12A), implicando também num aumento no grau de assimetria nesta ordem (Fig. 9C, 10C, 11C). O grau de seleção aumentou do setor oeste ao setor leste (Fig. 9B, 10B, 11B e 12B), assim como o grau de curtose (Fig. 9D, 10D e 12D). Quanto menor o grau de seleção, menor é a dispersão em relação à média granulométrica (Muehe, 2002). Portanto, o setor oeste foi o que apresentou melhor grau de selecionamento.

McLaren & Bowles (1985) sugeriram que a granulometria média, o grau de seleção e a assimetria das distribuições granulométricas seguem ten-

dências que identificam o transporte de sedimentos, reconhecendo os processos erosivos e deposicionais. Estes autores identificaram três casos resultantes destes processos: Caso A, na direção do transporte, os sedimentos podem ficar mais grossos, melhor selecionados e com assimetria mais positiva; Caso B, os sedimentos podem ficar mais finos, melhor selecionados e com assimetria mais negativa; e Caso C, sedimentos mais grossos, melhor selecionados e com assimetria mais positiva.

Segundo esta observação, o Caso B é o que melhor se enquadra para a área de estudo, indicando que o sentido do transporte de sedimentos é de leste para oeste. Ressalva ao parâmetro assimetria, que apenas em agosto (período menos chuvoso) ficou mais negativa em direção ao setor oeste. Contudo, oito foram as possibilidades de arranjo de características granulométricas testadas por McLaren & Bowles (1985) antes de aprimorarem a exatidão do seu modelo de tendência granulométrica. A possibilidade 2 (sedimentos mais finos, melhor selecionados e assimetria mais positiva em direção ao transporte de sedimentos) é uma outra situação que condiz com o que foi verificado na área de estudo, especificamente nos meses de coleta correspondentes ao período mais chuvoso.

Em março, não houve classificação inferior a bem selecionada ($>0,50 \phi$) para o grau de seleção, indicando um bom selecionamento dos grãos. A maior média ($3,053 \phi$) foi encontrada na zona de supramaré no setor oeste (Fig. 13A), em virtude da erosão dos sedimentos de dunas pelas marés de março, somado ao transporte eólico que fixa os sedimentos na vegetação de restinga na zona de supramaré do mesmo setor. Nos setores central e leste, os maiores valores da média ocorreram na zona de inframaré (Figura 13B e 13C). Por ser mês de marés equinociais, houve mais sedimentos finos envolvidos nesta zona de permanente mobilização de sedimentos.

Não houve variações significativas na face praial sobre o ângulo de incidência de ondas na costa durante a maré vazante e maré enchente (Tab. 1). Na praia as ondas incidem na direção NE.

Em janeiro, durante a maré enchente, os altos valores registrados de alturas de ondas (Fig. 14A) ocorreram devido à condição do clima ter se intensificado (tempo chuvoso) nas horas correspondentes à coleta de dados durante esta fase de maré. Já durante a maré enchente de março (Fig. 14B), os valores de altura de ondas foram menores que durante a maré vazante, devido ao elevado efeito da

maré sobreposto ao das ondas neste mês. Em agosto (Fig. 14C), as alturas de ondas nos três setores da praia foram as mais elevadas, devido no período menos chuvoso os ventos serem mais forte.

Nas últimas horas correspondentes a maré enchente em janeiro e março, o período de ondas diminui (Tab. 2). Esta diminuição ocorreu porque as correntes de marés intensificam-se com o passar das horas da fase de enchente, provocando maior força de atração sobre as águas e, consequentemente, aumento na velocidade de propagação de ondas e das correntes longitudinais.

Durante a maré vazante em março e agosto, a diminuição no período de ondas do setor oeste (Tab. 2) ocorreu devido ao ângulo de incidência de ondas com a linha de costa ter sido elevado, propiciando uma maior aceleração das cristas de ondas após a zona de arrebentação, já que as mesmas ao aproximarem de águas rasas, progressivamente se orientam paralelas a linha de costa (Schmiegelow, 2004).

A Praia da Romana apresenta estado morfodinâmico dissipativo, ou seja, baixo gradiente da praia caracterizado pela alta energia de onda e larga zona de *surf*. Braga (2007) constatou o mesmo estado morfodinâmico na Praia de Ajuruteua (PA) e enfatiza que praias dissipativas possuem maior estabilidade temporal devido ao baixo gradiente de declividade, o que as torna menos frágil frente aos processos costeiros.

No período mais chuvoso, o estado de praia dissipativo sem barras e correntes de retorno ocorreu na Praia da Romana. Este estado é produto da interação onda-maré. Ou seja, o efeito da maré foi mais significativo em janeiro e março.

Levoy *et al.* (2000) ao estudarem praias de macromarés da costa oeste de Cotentin, Península de Cherbourg em Normandy (França), resumiram o papel das ondas influenciando predominantemente no transporte *cross-shore*, e o das marés, no transporte *longshore* para modelagem morfológica.

Em março, os três setores da praia foram os mais dissipativos, devido o efeito erosivo das marés equinociais. Em agosto, mês de acreção sedimentar, o gradiente topográfico aumentou, por isso o decréscimo no parâmetro adimensional Ω .

6. Conclusões

Investigou-se o comportamento morfodinâmico da Praia da Romana durante a estação mais chuvosa e menos chuvosa do ano de 2010. A Praia

da Romana é uma praia dissipativa, contudo dominada por ondas no período menos chuvoso, e por ondas e marés no período mais chuvoso, com declives suaves de face praial que não alcançaram 2°.

Tanto no período mais chuvoso como no menos chuvoso, ocorreu uma calha ou canal (*runnel*) paralelo à linha de costa na zona de intermaré de praia nos setores oeste, central e leste. No período menos chuvoso, de acreção sedimentar, esta calha deveria ser preenchida por sedimentos que migram em direção ao continente. Contudo, isto não foi observado até agosto.

O setor leste da Praia da Romana foi o que apresentou características mais erosivas, pois o balanço sedimentar final, até agosto, foi o mais negativo e as variações na linha de costa foram maiores. O setor central representou um setor de transporte, e o setor oeste apresentou características deposicionais com balanço sedimentar final positivo (409 m³/m). Apesar de o setor oeste apresentar as maiores alturas de ondas (1,29 m a 1,61 m), isto não o desqualifica como um setor de deposição, pois as variações nas alturas das ondas foram muito pequenas. Além disso, a corrente longitudinal gerada na praia é mais em função das correntes de marés do que das ondas, visto que se trata de uma praia de meso-macromarés, cujo efeito das correntes geradas por estas tem dominância no NE do Pará.

A Praia da Romana exibiu comportamento estável quanto à distribuição sedimentar de janeiro a agosto de 2010, onde a mudança de estação chuvosa (janeiro, março e maio) para menos chuvosa (agosto) pouco alterou o padrão de transporte de sedimentos na praia. Verificou-se que os valores da média granulométrica e assimetria aumentaram do setor leste para o setor oeste, e os de seleção e curtose do setor oeste ao leste, permitindo confirmar o sentido do transporte de sedimentos (E-W).

Este padrão de circulação costeira ocorre devido o fato de que os ventos locais e, consequentemente, as ondas incidentes na Praia da Romana são de direção NE, gerando correntes longitudinais que fluem para W. Estas são acrescidas pelo efeito das fortes correntes de maré enchente que fluem neste mesmo sentido.

Agradecimentos - Aos membros do Grupo de Estudos Marinhos e Costeiros (GEMC) da Universidade Federal do Pará (UFPA) pela parceria na realização deste trabalho. Ao Programa de Pós-graduação em Geologia e Geoquímica (PPGG) da UFPA e à CAPES pelo financiamento da bolsa de estudos.

Referências

- Alves, M.A.M.S. 2001. *Morfodinâmica e Sedimentologia da Praia de Ajuruteua – NE do Pará*. Belém, 104p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará.
- Alvarez-Ellacuria, A., Orfila, A., Olabarrieta, M., Medina, R., Vizoso, G. & Tintoré, J.A. 2010. Nearshore Wave and Current Operational Forecasting System. *Journal of Coastal Research*, 26(3): 503-509.
- Barbosa, V.M., Gregório, A.M.S., Busman, D.V., Costa, R.A.A.M., Souza Filho, P.W.M. & Pereira, L.C.C. 2007. Estudo morfodinâmico durante uma maré equinocial de sizígia em uma praia de Macromaré do litoral amazônico (Praia de Ajuruteua-PA, Brasil). *Boletim Paranaense de Geociências*, 60: 31-43.
- Bezerra, I.S.A.A. 2011. *Comportamento morfosedimentar da Ponta de Mariteua, Ilha dos Guarás, Nordeste do Pará*. Belém, 120p. Monografia de Conclusão de Curso, Faculdade de Oceanografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará.
- Birkemeier, W. 1985. Field data on seaward limit of profile change. *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, 111(3): 598-602.
- 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, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará.
- Busman, D.V. 2004. *Valoração de Danos de Erosão na Praia do Farol Velho (Salinópolis), NE do Pará*. Belém, 55p. Monografia de Conclusão de Curso, Faculdade de Oceanografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará.
- Calliari, L.J., Muehe, D., Hoefel, F.G. & Toldo Jr, J. 2003. Morfodinâmica praial: uma breve revisão (Beach morphodynamics: a brief review). *Brazilian Journal of Oceanography*, 51: 63-78.
- Camargo, M.G. 1999. *SysGran para Windows versão 3.2: Sistema de análises granulométricas*. Pontal do Sul, Paraná.
- Cordovil, P.E. P. 2010. *Sedimentação e hidrodinâmica em uma praia de macromaré: Ajuruteua, Pará*. Belém, 42p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará.
- Davis, R.A. & Hayes, M.O. 1984. What is a wave dominated coast? *Marine Geology*, 60: 313-329.
- Davis, R. A. 1985. *Coastal Sedimentary Environments*. New York, Springer-Verlag, 716p.
- Dean, R.G. 1973. Heuristic model of sand transport in the surf zone. In: CONFERENCE OF ENGINEERING DYNAMICS IN THE SURF ZONE, 1, 1973, Sydney, *Proceedings...*, Sydney, p. 208-214.
- DHN. Departamento de Hidrografia e Navegação. 1994. Tábuas de Maré (Pará). In: DHN (Ed.). *Costa do Brasil e alguns portos estrangeiros*. Rio de Janeiro, DHN, p. 1-6.
- DHN. Departamento de Hidrografia e Navegação. 2010. Tábuas de Marés. Disponível em: <http://www.mar.mil.br/dhn/chm/tubuas/index.htm>. Acessado em: 8 jan. 2010.
- El-Robrini, M., Alves, M.A.M.S., Souza Filho, P.W.M., El-Robrini, M.H.S., Silva Júnior, O.G. & França, C.F. 2006. Atlas de erosão e progradação da zona costeira do Estado do Pará – Região Amazônica: Áreas oceânica e estuarina. In: Muehe, D. (Ed.). *Atlas de Erosão e Progradação da Zona Costeira Brasileira*. São Paulo, p. 1-34.
- El-Robrini, M., Farias Junior, L.E.C., Torres, A.M., Souza Filho, P.W.M. & Silva, M.S. 1992. Deposição e Assoreamento das rias do Nordeste do Estado do Pará/Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEO-LOGIA, 37, 1992, São Paulo. *Resumos Expandidos...*, São Paulo, SBG, p. 79.
- Folk, R.L & Ward, W.C. 1957. Brazas river bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27: 3-26.
- Gregório, A.M.S., Mendes, A.C. & Busman, D.V. 2005. Morfodinâmica da Praia do Atalaia, Salinópolis, NE do Pará. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 5, 2005, Guarapari, *Anais...*, Guarapari, ABEQUA. 1 CD-ROM.
- Guerreiro, J.S. 2010. *Análise morfosedimentar da praia da Marieta, Ilha do Marco, NE do Pará*. Belém, 102p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará.
- Güttler, F.N.; Plácido, A.P.F. & Ayala, L. 2007. Comportamento Morfológico da Praia do Rio das Pacas, Florianópolis – SC – Brasil. *PerCursos*, 8(2): 72-89.
- Köppen, W. 1948. *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. México, Fondo de Cultura Económica, 479p.
- Levoy, F.; Anthony, E. J.; Monfort, O. & Larssonneur, C. 2000. The morphodynamics of megatidal beaches in Normandy, France. *Marine Geology*, 171: 39-59.
- McLaren, P. & Bowles, D. 1985. The effects of sediment transport on grain-size distributions. *Journal of Sedimentary Petrology*, 55(4): 457-470.
- Mácola, G & El-Robrini, M. 2004. *Ilha dos Guarás (Mariteua) – Município de Curuçá (NE do Pará): Aspectos Físicos, Meteorológicos e Oceanográficos*. Belém, DNPM/CPRM, 35p.
- Martorano, L.G.; Pereira, L.C.; Cesar, E.G.M. & Pereira, I.C.B. 1993. *Estudos Climáticos do Estado do Pará, Classificação Climática (Köppen) e Deficiência Hídrica (Thorntwhite, Mather)*. Belém, SUDAM/EMBRAPA, 53p.
- Masselink, G. & Short, A.D. 1993. The effect of tide range of beach morphodynamics. A conceptual beach model. *Journal of Coastal Research*, 9: 785-800.
- 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-PA, Brasil. *Revista de Gestão Costeira Integrada / Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 9(2): 91-99.
- Muehe, D. 2002. Geomorfologia Costeira. In: Cunha S.B. & Guerra A. J. T. (Ed.). *Geomorfologia: Exercícios, Téc-*

- nica e Aplicação*. 2. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, p. 191-238.
- Oliveira, U.R. 2009. *Relações entre a Morfodinâmica e a Utilização em Trechos da Costa Oceânica da Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil*. Florianópolis, 140p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Ranieri, L.A. 2011. *Morfodinâmica e transporte de sedimentos na Praia da Romana, Ilha dos Guarás (Nordeste do Pará)*. Belém, 137p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará.
- Robin, N., Levoy, F. & Monfort, O. 2009. Short term morphodynamics of an intertidal bar on megatidal ebb delta. *Marine Geology*, 260:102-120.
- Santos, A.P.F. 2009. *Ocorrência de minerais pesados na Praia da Tijoca em Curuçá, NE do Pará*. Belém, 92p. Monografia de Conclusão de Curso, Faculdade de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará.
- Schmiegelow, J.M.M. 2004. *O Planeta Azul - Uma introdução às ciências marinhas*. Rio de Janeiro, Interciência, 202p.
- Souza, C.R.G.; Souza Filho, P.W.M.; Esteves, L.S.; Vital, H.; Dillenburg, S.R.; Patchineelam, S.M. & Addad, J.E. 2005. Praias arenosas e erosão costeira. In: Souza, C.R.G.; Suguio, K.; Oliveira, A.M.S. & Oliveira, P.E. (Ed.). *O Quaternário do Brasil*. Holos, Ribeirão Preto, p. 130-152.
- Souza Filho, P.W.M., Tozzi, H.A.M. & El-Robrini, M. 2003. Geomorphology, land-use and environmental hazards in Ajuruteua macrotidal sand beach, Northern Brazil. *Journal of Coastal Research*, 35: 580-589.
- Souza Filho, P.W.M. 1995. *A Planície Costeira Bragantina (NE do Pará): Influência das Variações do Nível do Mar na Morfoestratigrafia Costeira durante o Holoceno*. Belém, 123p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará.
- Souza Filho, P.W.M. & Paradella, W.R. 2002. Recognition of the main geobotanical features along the Bragança mangrove coast (Brazilian Amazon Region) from Landsat TM and RADARSAT-1 data. *Wetlands Ecology and Management*, 10(2): 123-132.
- Souza Filho, P.W.M & Paradella, W.R. 2003. Use of synthetic aperture radar for recognition of Coastal Geomorphological Features, land-use assessment and shoreline changes in Bragança coast, Pará, Northern Brazil. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 75(3): 341-356.
- Wentworth, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, 30: 377-392.
- Wright, L.D. & Short, A.D. 1984. Morphodynamics variability of surf zones and beaches: a synthesis. *Marine Geology*, 56: 93-118.