

## ESTUDO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DOS SEDIMENTOS DURANTE UMA MARÉ EQUINOCCIAL DE SIZÍGIA NA PRAIA DE AJURUTEUA-PA (BRASIL)

Aderson Manoel da Silva Gregório<sup>1\*</sup>; Vitalina Magalhães Barbosa<sup>1\*</sup>; Débora Vieira Busman<sup>1\*</sup>;  
Lucilene de Araujo Albuquerque<sup>1\*</sup>; Igor Augusto Melém Carneiro<sup>1\*</sup>; Luci Cajueiro Carneiro Pereira<sup>2\*</sup>.

<sup>1</sup>Estudante de Graduação em Oceanografia da Universidade Federal do Pará. E-mail: [adersongregorio@hotmail.com](mailto:adersongregorio@hotmail.com)

<sup>2</sup>Ph.D em Ciências del Mar, Área de Oceanografia Física do Programa de Post-Grado en Ciencias del Mar.

E-mail: [cajueiro@ufpa.br](mailto:cajueiro@ufpa.br)

\* Laboratório de Biologia Pesqueira e Manejo de Recursos Aquáticos, Núcleo de Estudos Costeiros, Campus Universitário de Bragança-UFPA, Alameda Leandro Ribeiro, s/n, Bragança, Pará, Brasil. CEP: 68600-000.

### RESUMO

Este estudo foi realizado durante um evento de maré equinocial de sizígia, entre os dias 16 e 22 de março de 2003, em uma praia de macromaré no litoral amazônico (praia de Ajuruteua-PA). Foram coletadas amostras diárias de sedimento, em três "transects" perpendiculares à linha de praia, com o objetivo de determinar se houve ou não variação nas propriedades físicas dos sedimentos, durante o período em estudo. Os resultados estatísticos indicaram que os sedimentos predominantes são classificados como areia fina, bem selecionados, simétricos e leptocúrticos. Entre os dias 18 e 20 de março (marés > 5,5m), a percentagem de areia fina aumentou, tornando ainda mais selecionada a distribuição dos mesmos. Isto ocorreu devido à contribuição de sedimentos das dunas frontais, quando erodidas mais fortemente durante o evento. A morfometria também variou, entretanto predominaram os sedimentos de baixa esfericidade, subangulosos e brilhosos. Com estes resultados, se pode concluir que apesar de mínimas, existiu variações nas propriedades físicas dos sedimentos da praia de Ajuruteua durante o evento de maré equinocial de sizígia.

### ABSTRACT

This study was carried out during an equinoctial spring tide event, from 16 to 22 March of 2003, in a macrotidal beach in the Amazonian littoral (Ajuruteua-PA beach). Daily, sediment samples were collected in three beaches perpendicular transects with objective to determine the possible physical property sediment changes during the studied period. The results showed that the studied beach is constituted by fine, well sorted, symmetric and leptokurtic sand-grains. During the spring tide event (18 to 20 March), the sediments became finest and better sorted, presenting a light distribution improvement among grain-size classes. This fact occurred due to frontal dunes sediment contributions, which were strongly eroded during this tidal event. Morphometric aspects also varied. However, low esphericity, subangular and shine sediments were predominant. Our results showed that Ajuruteua's beach was submitted to variations on sediment physical properties during the equinoctial spring tide event although these variations were not very strong.

Palavras-Chave: granulometria, morfoscopia, maré equinocial, macromaré.

### 1. INTRODUÇÃO

Embora não exista uma definição "universalmente" aceita, o termo "praia" é geralmente definido como um depósito de sedimentos não coesivos e inconsolidados sobre a zona costeira, dominado primariamente por ondas, limitado internamente pelos níveis máximos da ação de ondas de tempestades, ou onde há mudança abrupta de sedimentos, declividade (como zonas de dunas ou falésias) e externamente pelo início da zona de arrebentação ou no nível de maré mais baixa de sizígia, quando o corpo d'água é sujeito a flutuações de macromarés (Komar, 1976).

A costa paraense apresenta configuração extremamente recortada e está submetida a processos hidrodinâmicos (ação de ondas e marés) bastante singulares e ainda pouco conhecidos do ponto de vista científico. Dada a dinâmica dos processos formadores da paisagem litorânea, as modificações morfológicas geralmente são regra.

Por ser extremamente sensível às modificações de origem natural e/ou antrópica, o ambiente praiado normalmente apresenta alterações temporais e espaciais que podem desequilibrar seriamente suas funções, estrutura e estabilidade, principalmente quando relacionadas, ao padrão de circulação das correntes de maré e de deriva litorânea.

Conhecer melhor a distribuição espaço/temporal e a variação textural dos sedimentos, em resposta a uma maré equinocial de sizígia em uma praia de macromaré na região costeira amazônica (Ajuruteua – PA), permitirá compreender melhor os processos físicos atuantes na região.

### 2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

A zona costeira paraense estende-se na direção NW-SE e inclui planícies de inundação, planícies de maré e planícies costeiras, caracterizando-a como costa baixa do tipo estuarino, entalhada por baías que penetram em uma superfície de interflúvios modelada em rochas sedimentares Terciárias – Quaternárias (Bermeguy *et al.*, 1992). Há evidências morfológicas e sedimentológicas de que o litoral paraense está em submersão (Texeira e El-Robrini, 1992). As principais características da zona costeira paraense são as profundas endentações que adentram até 45 km no continente, definindo um litoral de "rias", que são vales fluviais invadidos em parte ou totalmente pela água do mar. As "rias" apresentam-se com larguras, nas partes mais abertas, de até 20 km e profundidades inferiores a 5 m, com poucas exceções nos canais principais de algumas delas. A grande maioria possui direção NE-

SW, acompanhando a direção das correntes de maré da região (El Robrini *et al.*, 1992).

A praia de Ajuruteua está inserida na planície costeira bragantina (NE do estado do Pará), que abrange a faixa costeira do município de Bragança. Possui, aproximadamente, 2,5 km de extensão e 400 m de largura (Alves, 2001).

A temperatura média anual, na região estudada, está em torno de 27,7° C, registrando-se médias mínimas e máximas entre 25,1° C e 31,0° C, respectivamente. O período entre julho e dezembro é caracterizado como o mais quente do ano. A precipitação anual, em média, possui valor de 2.594,6 mm. O período entre setembro e novembro é considerado o mais seco do ano, por outro lado os meses de fevereiro, março e abril compreendem o trimestre mais chuvoso. A média anual de dias chuvosos é de, aproximadamente, 243 dias. A umidade relativa do ar, em média, fica em torno de 83%, sendo os meses chuvosos os mais úmidos. Ao ano, a região fica exposta à insolação por um período aproximado de 2.200 horas. O clima da área é equatorial quente e úmido do tipo Amw' (de acordo com o sistema Köppen de classificação) e está caracterizado por uma estação muito chuvosa entre os meses de dezembro e maio e uma estação seca para os demais meses do ano (SUDAM, 1995).

Na região predominam os ventos alísios de NE, com velocidades médias de 7,9 m/s, principalmente, entre os meses de dezembro e maio. Esses ventos são geralmente precedidos de calmaria e, quase sempre, acompanhados de rajadas violentas e chuvas intensas. Entre os meses de junho e novembro, predominam os ventos E, com intensidades moderadas (Silva, 1996).

Com respeito a hidrodinâmica, na região, predominam as macromarés semidiurnas, com amplitudes de 4 a 6 m. As correntes de maré atingem, em geral, velocidades máximas de 2,1 nós (6 horas antes da preamar nas marés de sizígia) e mínimas de 1,9 nós (4 horas depois da preamar nas marés de quadratura) (Souza-Filho, 1995).

### 3. METODOLOGIA

Amostras superficiais de sedimento foram coletadas em três "transects" perpendiculares à linha de praia, durante um evento de maré equinocial de sizígia (16 a 22 de março de 2003). Em cada "transect", amostras foram coletadas na duna frontal, pós-praia, estirâncio e antepraia.

A escolha dos "transects" foi realizada de forma estratégica, ou seja, em áreas sujeitas a diferentes dinâmicas erosivas.

⇒ Perfil 1 (P1): área de baixa ação erosiva.

⇒ Perfil 2 (P2): área de moderada ação erosiva.

⇒ Perfil 3 (P3): área de alta ação erosiva.

O material coletado foi devidamente etiquetado e conduzido para o Laboratório de Análises Sedimentológicas da Universidade Federal do Pará - UFPA.

No laboratório, as amostras foram inicialmente homogeneizadas manualmente e postas para secagem na estufa a temperatura de 90 °C por 48 horas. Em seguida, pesou-se 100 gramas do material com o auxílio de uma balança de precisão. Posteriormente, usando-se peneiras de 2,000 e 0,062 mm, foi realizado o peneiramento úmido em água corrente, objetivando separar o sedimento em cascalho (>2,000 mm), areia (< 2,000 e > 0,062 mm) e lama (< 0,062 mm).

Com a fração areia, foi realizada a análise granulométrica com o auxílio de um *rot up* e peneiras geológicas de 1,000, 0,500, 0,350, 0,250, 0,180, 0,125, 0,088 e 0,062 mm.

Todas as frações foram pesadas. A análise estatística foi realizada através do *software* Sysgran 2.4.

Para a análise morfoscópica foram separados 50 grãos de 0,250 mm (areia média), de cada amostra, e analisados em uma lupa binocular. Para os resultados de esfericidade e arredondamento foram utilizadas as tabelas de Powers *apud* Scholle (1979), enquanto que a textura superficial foi analisada segundo Suguio (1973) e Selley (1982).

### 4. RESULTADOS

Ressalta-se que as variações granulométricas ocorridas durante o período em estudo foram mínimas, não ocasionando mudanças nas classes dos parâmetros estatísticos (média, desvio padrão, assimetria e curtose). Porém, mesmo sendo pequenas, estas variações permitem inferir algumas conclusões e visualizações dos efeitos da maré equinocial de sizígia, objetivo deste trabalho.

No total, foram analisadas 160 amostras, das quais 99,86% corresponderam a sedimentos arenosos e 0,14% a sedimentos pelíticos. Todas as amostras apresentaram distribuição unimodal, resultado do predomínio da fração areia fina. Em geral, os sedimentos na praia de Ajuruteua são compostos, predominantemente, por areias finas, bem selecionadas, simétricas e leptocúrticas.

No perfil P1, 99,89% dos sedimentos foram constituídos pela fração areia, enquanto que 0,11% por lama. De acordo com a análise estatística para este perfil existe a predominância da fração areia fina, bem selecionada, simétrica e mesocúrtica.

No perfil P2 e P3, a fração arenosa correspondeu a 99,90% e 99,81% e a pelítica 0,10% e 0,19%, respectivamente. Em ambos os perfis, segundo as análises estatísticas, predominaram areias finas, bem selecionadas, simétricas e leptocúrticas.

Ao logo dos dias monitorados foi possível registrar variação nos parâmetros estatísticos. Nas figuras 1, 2 e 3 é possível uma melhor visualização destas variações.

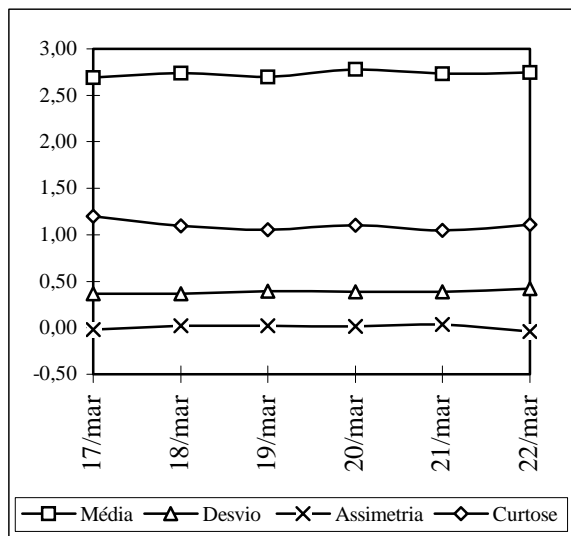


Figura 01 – Comportamento da média, desvio padrão, assimetria e curtose no perfil P1. Os valores estão apresentados em phi.

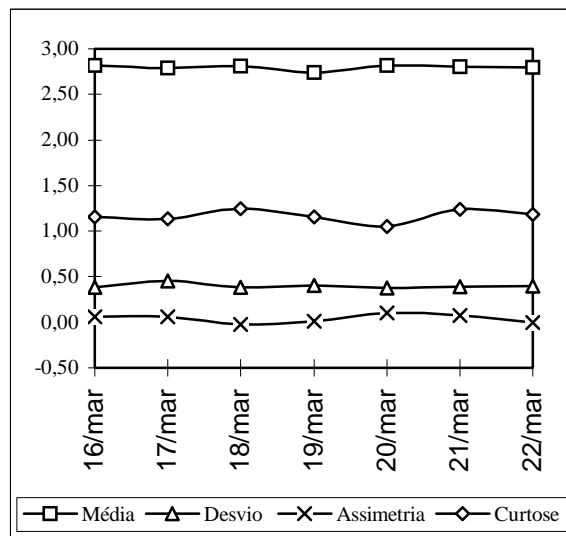


Figura 03 – Comportamento da média, desvio padrão, assimetria e curtose no perfil P3. Os valores estão apresentados em phi.

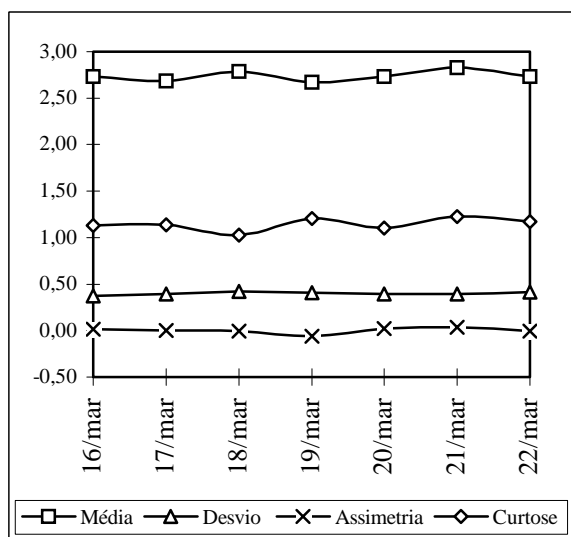


Figura 02 – Comportamento da média, desvio padrão, assimetria e curtose no perfil P2. Os valores estão apresentados em phi.

A média não apresentou valores variáveis a ponto de mudar a classe granulométrica. No entanto, todos os sedimentos coletados nos dias de maiores amplitudes de maré (entre 18 e 21 de março) registraram valores da média, um pouco mais elevados tendendo a fração muito fina. Nos demais dias, início e fim da sizígia, os valores não variaram.

Para o desvio padrão, os valores aumentaram suavemente entre os dias 18 e 22 de março (perfil P1); entre 16 e 18 de março (perfil P2); e entre 20 e 22 de março (perfil P3). Durante todo o período em estudo predominaram os sedimentos bem selecionados.

De uma maneira geral, a assimetria variou de muito negativa a simétrica, ao longo dos perfis, entre os dias 18 e 21 de março.

Para todos os perfis foram observadas variações nos valores da curtose entre os dias 18 e 21. Os valores indicaram curtose leptocúrtica a mesocúrtica.

A análise morfoscópica mostrou que nos perfis P1 e P3 predominaram os grãos com baixa esfericidade, enquanto que no P2 predominaram os grãos de alta esfericidade.

Foram observadas variações morfométricas dos grãos coletados ao longo do período em estudo, principalmente entre os dias 18 a 21/03. Para a textura superficial, os grãos subangulosos foram mais frequentes no P1 e P3, enquanto que no P2 predominaram os subarredondados. Em todos os perfis predominaram grãos brilhantes, com ocorrência secundária de não-desgastados e foscos. Poucos sedimentos com textura superficial picotada foram observados. Na tabela 1 são apresentados os dados referentes à análise morfoscópica nos três perfis estudados.

Tabela 01 – Características morfoscópias\* dos sedimentos da praia de Ajuruteua-PA.

ESFERICIDADE							
	16/03	17/03	18/03	19/03	20/03	21/03	22/03
P1	XX	B	A/B	B	B	A	B/A
P2	B	B	A	A	A	A	B
P3	B	B	B	B	B	B	B
grau de arredondamento							
	16/03	17/03	18/03	19/03	20/03	21/03	22/03
P1	XX	SAR/SAN	AN	MA/AR	SAN	MA	SAR
P2	MA	AR	MA	SAR	AR	SAN	AN
P3	SAN	SAN	SAN	SAN	AR	SAN	SAN
textura superficial							
	16/03	17/03	18/03	19/03	20/03	21/03	22/03
P1	XX	BR	BR	BR	BR	BR	BR
P2	BR	BR	ND	BR	ND	BR	BR
P3	BR	BR	BR	BR	ND	BR	BR

\*A = Alta Esfericidade; B = Baixa Esfericidade; MA = Muito Anguloso; AN = Anguloso; SAN = Subanguloso; SAR = Subarredondado; AR = Arredondado; BR = Brilhoso; ND = Não Desgastado. XX não foi coletado sedimento.

## 5. DISCUSSÕES

A variação observada nos valores da média, ocorreu exatamente no período de máxima amplitude da maré, altura superior a 5,5 m. Este fato indicou que durante este período, os sedimentos tenderam a ser mais finos devido, provavelmente, ao aporte de sedimento dos campos de dunas, como consequência da forte erosão registrada também durante este período. Alves (2001) cita que na praia de Ajuruteua durante o período chuvoso (nas marés de sizígia), a erosão e retrabalhamento das dunas frontais pela ação conjunta entre ondas e marés ocasionaram transporte dos sedimentos muito bem selecionados e finos para a zona de estirâncio, diminuindo o tamanho médio do grão ao longo do perfil da praia.

Os valores médios do desvio padrão revelam ainda que a praia de Ajuruteua é caracterizada como de alta energia, segundo Nordstrom (1997) *apud* Alves (2001).

O comportamento leptocúrtico pode ser atribuído à distribuição unimodal dos sedimentos, na qual prevaleceu a classe areia fina. A variação da distribuição leptocúrtica para mesocúrtica foi consequência também, da erosão nas dunas frontais, que por sua vez contribuiu com altas percentagens de fração muito fina.

A predominância dos grãos brilhosos provavelmente ocorreu, devido ao fato que 82,5% das amostras foram coletadas na zona de estirâncio. Os resultados, então, corroboram os descritos por Lindholm (1987), o qual cita que os grãos brilhosos resultam de transporte cujo agente tenha sido a água, pois este fluido, em função de sua viscosidade, lubrifica a superfície dos grãos e reduz o impacto entre os mesmos. Ressalta-se ainda que nas amostras coletadas nas dunas frontais predominaram os grãos foscos, em decorrência da colisão entre os mesmos durante o transporte eólico. No entanto, por os grãos foscos serem pouco frequentes em relação ao número total de amostras (cerca de 20:160), estes resultados não causaram variações consideráveis. Os grãos foscos e não desgastados encontrados no estirâncio e na antepraia, provavelmente foram transportados do campo de dunas, em consequência a forte erosão registrada durante o período de coleta. Por outro lado, a predomi-

nância de grãos subangulosos a subarredondados indica que os sedimentos da praia de Ajuruteua são provavelmente maduros, a caminho da supermaturação.

## 6. CONCLUSÕES

A praia de Ajuruteua é constituída predominantemente por sedimentos quartzosos, unimodais, compostos por areias finas, bem selecionadas, simétricas e leptocúrticas. Os grãos são de baixa esfericidade, subangulosos e brilhantes.

Foram observadas variações nas propriedades físicas dos sedimentos ao longo do período estudado, início e final da sizígi, em relação aos dias de maiores amplitudes da maré, devido principalmente, a erosão das dunas frontais.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, M. A. M. S. (2001). Morfodinâmica e Sedimentologia da Praia de Ajuruteua – NE do Pará. Universidade Federal do Pará – Centro de Geociências. Belém – Pará. Dissertação de Mestrado. 113 p.
- Bermeguy, R. L.; Borges, M. S.; Costa, J. B. S. (1992). Geomorfologia da Região do Salgado, NE do Estado do Pará. 37º Cong. Bras. de Geo. – SBG/SP, São Paulo. Anais... p. 269 – 270.
- El-Robrini, M.; Faria Jr., L. E. C.; Torres, A. M.; Souza Filho, P. W. M.; Silva, M. S. (1992). Despoisição e Assoreamento de Rias do Nordeste do Estado do Pará/Brasil. 37º Cong. Bras. de Geo. – SBG/SP, São Paulo. Anais... p. 79 – 80.
- Komar, P. D. (1976). Beach Process and Sedimentation. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey. 429 p.
- Lindholm, R., (1987). A Practical Approach to Sedimentology. Allen & Unwin, Inc., London, U. K. 276 p.
- Scholle, P. A. (1979). Constituents, Textures, Cements and Porosities of Sandstones Associated Rocks. Tulsa, Oklahoma, 201p.
- Selley, R. C. (1982). An Introduction to Sedimentology. 2 ed. London (etc): Academic Press INC, 1982. 417p.
- Silva, M. S. (1996). Morfoestratigrafia e Evolução Holocênica da Planície Costeira de Salinópolis, Nordeste do Estado do Pará. Universidade Federal do Pará – Centro de Geociências, Belém. Dissertação de Mestrado. 145 p.
- Souza Filho, P. M. W. (1995). A Planície Costeira Bragantina (NE do Pará): Influência das Variações do Nível do Mar na Morfoestratigrafia Costeira durante o Holoceno. Universidade Federal do Pará – Centro de Geociências. Belém – Pará. Dissertação de Mestrado. 123 p.
- Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia – SUDAM. (1995). Atlas Climatológico da Amazônia Brasileira. Superintendência da Amazônia / PHCA. Belém. 125 p.
- Suguio K. (1973). Introdução à Sedimentologia. São Paulo: Ed. Edigard Blucher. 317p.
- Teixeira, N. P.; El-Robrini, M., 1992. Salinópolis, Ajuruteua e Algodoal: Mofificações na Paisagem Litorânea do Nordeste do Estado do Pará/Brasil. . 37º Cong. Bras. de Geo. – SBG/SP, São Paulo. Anais... p. 81 – 82.