



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA**

---

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 480**

**MORFODINÂMICA DA PRAIA ESTUARINA DO CAJUÚNA,  
SOURE, MARAJÓ – PARÁ**

**Dissertação apresentada por:**

**LORENA AMARAL BITTENCOURT**

**Orientador: Prof. Dr. Maâmar El-Robrini (UFPA)**

---

**BELÉM  
2016**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP) Sistema e  
Bibliotecas da UFPA

---

Bittencourt, Lorena Amaral, 1990-  
Morfodinâmica da praia estuarina do Cajuúna, Soure, Marajó – Pará /  
Lorena Amaral Bittencourt. - 2015.

Orientador: Maâmar El-Robrini. Dissertação  
(Mestrado) - Universidade  
Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de  
Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém,  
2015.

1. Mudanças da costa - Marajó, Ilha do (PA).
2. Transporte de sedimentos. 3. Praias - Marajó, Ilha do (PA). I. Título.

CDD 22. ed. 551.457098115

---



**Universidade Federal do Pará**  
**Instituto de Geociências**  
**Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica**

**MORFODINÂMICA DA PRAIA ESTUARINA DO CAJUÚNA,  
SOURE, MARAJÓ – PARÁ**

**DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR**  
**LORENA AMARAL BITTENCOURT**

**Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de  
GEOLOGIA.**

**Data de Aprovação: 08 / 06 / 2016**

**Banca Examinadora:**

**Prof. Dr. Maâmar El-Robrini**  
**Orientador - UFPA**

**Prof. Dr. Afonso César R. Nogueira**  
**Membro - UFPA**

**Prof. Dr. George Satander Sá Freire**  
**Membro – UFC**

*Aos meus pais  
Raimundo Carlos Rodrigues Bittencourt  
e Tânia Maria Amaral Bittencourt  
Dedico*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus primeiramente, pois sem ele eu não seria nada.

Ao meu filho Luiz Carlos Bittencourt da Rosa, por me fortalecer a cada dia com o seu sorriso. Te amo!!!

Aos meus pais e minha irmã Jessica Bittencourt pelo apoio psicológico pela ajuda com o Luiz, pela confiança no meu trabalho. Obrigado por serem incansáveis.

Ao meu marido Gustavo Rosa por estar sempre ao meu lado dando apoio e cuidando da nossa família. Obrigada por tudo!

A minha sogra Norma Rosa pelo imenso incentivo e por suas orações.

Ao meu orientador por ter me dado esta oportunidade e pela sua infinita paciência comigo.

Aos meus amigos do GEMC (Shirlen Castro, Leilane Ranieri, Melissa Fonseca, Tatiara Lima, Piera Amoras, Paulo Victor, Robledo Guimarães, José Otávio, Edrício Rodrigues, Kleper Raiol, Marcus Coimbra, Luan Pureza, Jéssica Vasconcelos, Augusto Mendes, Alexandre Siqueira e Gabi Nascimento) pela colaboração com o meu trabalho, pelo apoio, pela amizade. Agradeço por poder contar com vocês.

As minhas amigas de mestrado Larissa Silva, Lidiane Araújo e Jaqueline Alcântara pelas boas conversas e apoio emocional.

A Dra. Eva Abufaiad por ter confiado em nosso grupo, por ter sido carinhosa e hospitaleira e ter nos dado acesso a praia do Cajuúna através de sua fazenda. Parabéns pelo seu trabalho, por cuidar e preservar o meio ambiente.

Aos professores Casseb, Pedro Walfir e Marcelo Rollnic, por serem atenciosos e terem colaborado com empréstimos de equipamentos para esta pesquisa.

A CAPES pelo apoio financeiro durante estes dois anos de trabalho.

Aos professores do PPGG, pela base teórica que obtive para o desenvolvimento da Dissertação. E a secretaria do PPGG, em especial a Cleida Freitas pela ajuda e apoio.

Ao ICMBio por ter me concedido a licença (43214) para a pesquisa, já que esta foi realizada na Reserva Extrativista de Soure.

Agradeço de coração a todo(a)s!

“Mas é preciso ter manha  
É preciso ter graça  
É preciso ter sonho sempre  
Quem traz na pele essa marca  
Possui a estranha mania  
De ter fé na vida.”

Milton Nascimento / Fernando Brant

## RESUMO

A praia do Cajuúna está localizada no município de Soure ( $0^{\circ}37' 41.971'' S - 48^{\circ} 28' 56.980'' W$  e  $0^{\circ} 38' 54.888'' S - 48^{\circ} 29' 6.867'' W$ ), na margem leste da ilha do Marajó no estado do Pará. Esta praia é recortada por canais de marés (um no meio e os dois nas extremidades), e é influenciada por parâmetros meteorológicos (ventos, chuvas, tempestades), hidrológicos (descarga hídrica e sólida do estuário do rio Pará) e hidrodinâmicos (ondas, correntes de maré). O objetivo desta dissertação é de identificar a morfodinâmica da praia estuarina do Cajuúna através de análises sazonais, podendo esclarecer questionamentos sobre quais feições morfológicas são características durante os períodos chuvoso e menos chuvoso; quais as variações texturais dos sedimentos; qual a maior forçante desta variação no transporte e distribuição dos sedimentos e com que intensidade e direção preferencial estes são transportados. Foram realizadas duas campanhas de campo: durante os períodos chuvoso de maré equinocial (01/04/2014) e menos chuvoso (23/11/2014). A praia se estende por 4 km, sua largura varia de 100 a 489 m, onde foram aplicados 7 perfis topográficos com equidistância de 300 m. A praia foi dividida em 3 setores: perfis A e B - setor 1, perfis C, D e E - setor 2, perfis F e G - setor 3. As amostras de sedimentos foram coletadas a partir de: (1) medição pontual do transporte longitudinal na zona de surfe (armadilhas) e (2) ao longo de perfis topográficos, adotando a zonação morfológica (Souza Filho et al., 2003). Ainda, dados de ondas e correntes adquiridos na zona de surfe. As amostras de sedimentos foram submetidas às análises e classificadas de acordo com o método de Folk e Ward (1957), Diagramas de Shepard (1954) e de Pejrup (1988). Além destes foram produzidos os parâmetros morfométricos: Variação de volume sedimentar ( $V_v$ ), Declividade da face praial ( $\beta$ ), Largura da praia ( $Y_b$ ), Coeficiente de variação da linha de costa ( $CVY_b$ ), Velocidade de decantação das partículas sedimentares ( $W_s$ ), Estado morfodinâmico praial ( $\Omega$ ) de Dean (1973) e a variação relativa da maré (RTR - *Relative Tide Range*) de Davies e Hayes (1984), sugerido por Masselink e Short (1993). Os resultados mostram que a praia do Cajuúna é composta por sedimentos que variam de areia fina ( $< 2 a 3 \Phi$ ) a muito fina ( $< 3 a 4 \Phi$ ), com bom grau de selecionamento (0,35 a 0,50  $\Phi$ ) de muito bem selecionado ( $< 0,35 \Phi$ ) a moderadamente selecionado (0,50 a 1,00  $\Phi$ ) no período menos chuvoso. A assimetria se manteve aproximadamente simétrica tendendo a valores positivos (0,10 a 0,30  $\Phi$ ), muito positivos (0,30 a 1,00  $\Phi$ ) e negativos (-0,30 a -0,10  $\Phi$ ) e a curtose predominante nos dois períodos foi a leptocúrtica (1,11 a 1,50  $\Phi$ ), variando para muito leptocúrtica (1,50 a 3,00  $\Phi$ ), mesocúrtica (0,90 a 1,11  $\Phi$ ) e platicúrtica (0,67 a 0,90  $\Phi$ ). Esta praia apresentou balanço positivo no volume sedimentar do período chuvoso (menor volume 134  $m^3/m$  e maior volume 955  $m^3/m$ ) para o menos chuvoso (menor volume 74  $m^3/m$  e maior volume 1.567  $m^3/m$ ), sendo crescente, havendo exceção no setor 2 onde ocorre o decréscimo no volume sedimentar (de 136  $m^3/m$  no período chuvoso para 74  $m^3/m$  no menos chuvoso). A praia do Cajuúna se mantém mais larga no período chuvoso; o coeficiente de variação da linha de costa também foi maior neste período; entretanto os setores 1 e 3 foram mais largos no período menos chuvoso (áreas abrigadas). Esta praia teve baixa declividade ( $<$

2,0°) nos dois períodos, relacionada com a presença de sedimentos finos. Prevaleceu o estado morfodinâmico ( $\Omega$ ) intermediário nos dois períodos; Terraço de Baixa Mar (TBM) no período chuvoso e variação entre Terraço de Baixa Mar e Banco de Praia de Cúspide (BPC) no período menos chuvoso. O RTR classificou a praia como intermediária nos períodos menos chuvoso e chuvoso, com interação onda-maré ( $RTR < 7$ ), ocorrendo variação no período menos chuvoso, uma classificação refletiva, dominada por onda, com  $RTR < 3$ . Na zona de surfe, a fração de areia fina ( $< 3$  a  $4 \Phi$ ) foi dominante nos períodos chuvoso (máximo de 74,27 g) e menos chuvoso (máximo de 562,61) durante as marés vazantes no setor 2; a fração silte se manteve alta (100g), chegando a ultrapassar a fração dominante no período menos chuvoso; e a argila teve a menor quantidade nos dois períodos (mínimo de 0,27g e máximo de 23,48g). O ângulo de incidência das ondas variou de NW (período chuvoso) para NE (período menos chuvoso). A maior altura de ondas foi registrada durante a maré vazante nos dois períodos (1,074 m no período chuvoso e 2,94 m no menos chuvoso). A velocidade dos ventos foi mais intensa durante a enchente no período chuvoso (8,4 m/s), e na vazante no menos chuvoso (10,3 m/s). A intensidade das correntes de maré foi maior durante a enchente nos períodos chuvoso (0,73 m/s) e menos chuvoso (0,35 m/s). Várias feições como cristas e calhas, paleomangue, dunas, esporão arenoso e canais ocorrem na praia do Cajuúna, são formadas e/ou modificadas sazonalmente pelas forçantes meteorológicas, hidrológicas e hidrodinâmicas. A compreensão da morfodinâmica da praia do Cajuúna é importante, tendo em vista a sua localização estratégica, acima das praias da região leste da ilha do Marajó, sofre influencia direta da foz do rio Pará e faz parte de uma Área de Proteção Ambiental (APA). Apesar da implementação de um Plano de Gerenciamento Costeiro (GERCO / PA), em alguns trechos da região Nordeste do Pará; até hoje, a Ilha do Marajó não apresenta uma metodologia bem definida para o prognóstico e monitoramento da erosão costeira. Diante disto, é necessário determinar como o aumento do nível do mar está afetando a margem Leste da Ilha do Marajó. Este estudo faz contribuição a Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA), no projeto “Adaptation to Sea Level Rise in the Amazon Delta” que objetiva a avaliação das consequências do aumento do nível do mar causados pela mudança climática global sobre os entornos da ilha do Marajó (margens Leste e Norte).

Palavras-chave: Morfodinâmica. Transporte de sedimentos. Ilha do Marajó. Praia de Cajuúna.



## ABSTRACT

The Cajuúna beach is located in the municipality of Soure ( $0^{\circ} 37' 41,971''$  S -  $48^{\circ} 28' 56,980''$  W and  $0^{\circ} 38' 54,888''$  S -  $48^{\circ} 29' 6,867''$  W), on the eastern shore of the Marajó island (Pará state). This beach is cut by tidal channels (one in the middle and two at the ends), and is influenced by meteorological parameters (wind, rain, thunderstorms), hydrological (water and solid discharge of Pará estuary) and hydrodynamic (waves, tidal currents). The aim of this work is to identify the morphodynamics of estuarine Cajuúna beach through seasonal analysis, may clarify questions about which morphological features are characteristic during the rainy and less rainy periods; which the textural changes of the sediments; which most forcing this change in the transport and distribution of sediments and with what intensity and preferred direction they are transported. There were two field campaigns: during the rainy periods of equinoctial tide (04/01/2014) and less rainy (11/23/2014). The beach stretches for 4 km, your length reaches about 100-489m, was applied 7 topographic profiles with equidistance of 300 m. The beach was divided into three sectors: profiles A and B - Sector 1, profiles, C, D and E - sector 2, F and G profiles - sector 3. The sediment samples were collected from: (1) timely measurement longitudinal transport in the surf zone (traps) and (2) over topographical profiles, adopting morphological zonation (Souza Filho et al., 2003). Still, waves and currents data acquired in the surf zone. The sediment samples were subjected to analysis and classified according to Folk and Ward's method (1957), Shepard diagrams (1954) and Pejrup (1988). Besides these were produced morphometric parameters: Sedimentary volume variation ( $V_v$ ), declivity of praiial face ( $\beta$ ), width of the beach ( $Y_b$ ), coefficient of shoreline change ( $CVY_b$ ), Speed decanting of sedimentary particles ( $W_s$ ) beach morphodynamic state ( $\Omega$ ) Dean (1973) and the relative variation of the tide ( $RTR - Relative\ Tide\ Range$ ) Davies and Hayes (1984), suggested by Masselink and Short (1993). The results show that the Cajuúna beach is composed of sediments ranging from fine sand ( $< 2$  to  $3 \Phi$ ) to very thin ( $< 3$  to  $4 \Phi$ ) with a good degree of selection ( $0.35$  to  $0.50 \Phi$ ) very well selected ( $< 0.35 \Phi$ ) to moderately selected (from  $0.50$  to  $1.00 \Phi$ ) in less rainy season. The asymmetry remained approximately symmetrical tending to positive values ( $0.10$  to  $0.30 \Phi$ ), very positive (from  $0.30$  to  $1.00 \Phi$ ) and negative ( $-0.30$  to  $-0.10 \Phi$ ) and kurtosis predominant in both periods was leptokurtic ( $1.11$  to  $1.50 \Phi$ ), hooting for very leptokurtic ( $1.50$  to  $3.00 \Phi$ ), mesokurtic ( $0.90$  to  $1.11 \Phi$ ) and platykurtic ( $0.67$  to  $0.90 \Phi$ ). This beach had a positive balance of the sediment volume during the rainy season (lower volume  $134 \text{ m}^3 / \text{m}$  higher volume  $955 \text{ m}^3 / \text{m}$ ) to the less rainy (lower volume  $74 \text{ m}^3 / \text{m}$  higher volume  $1,567 \text{ m}^3 / \text{m}$ ), and growing, with the exception in sector 2 which is the decrease in sediment volume ( $136 \text{ m}^3 / \text{m}$  in the rainy season to  $74 \text{ m}^3 / \text{m}$  in less rainy). The Cajuúna beach remains wider in the rainy season; the coefficient of variation of shoreline was also higher in this period; however the sectors 1 and 3 were larger in the less rainy season (sheltered areas). This beach had low slope ( $< 2.0^{\circ}$ ) in both periods, related to the presence of fine sediments. Prevailed morphodynamic state ( $\Omega$ ) intermediate in both periods; Terrace Low Sea (TLS) in the rainy season and variation between

Terrace Low Sea and Bank Cusp Beach (BCB) in less rainy season. The RTR classified as intermediate beach in less rainy and wet seasons, with wave-tide interaction ( $RTR < 7$ ), occurring variation in the least rainy season, a reflective classification, dominated by wave with  $RTR < 3$ . In the surf zone, the fine sand fraction ( $< 3$  to  $4 \Phi$ ) was dominant in rainy periods (up to 74.27g) and less rainy (maximum 562.61g) during ebb tides in the sector 2; the silt remained high fraction (100g), even surpassing the dominant fraction in the less rainy season; and the clay had the lowest amount in both periods (minimum of 0.27g and maximum 23,48g). The incidence angle of the waves varies from NW (rainy season) to NE (less rainy season). The largest wave height was recorded during the ebb tide in both periods (1,074 m - rainy season and 2.94 m - less rain). The wind speed was more intense during the flood in the rainy season (8.4 m/s), and the ebb in less rainy season (10.3 m/s). The intensity of tidal currents was higher during the flood in rainy seasons (0.73 m/s) and less rain (0.35 m/s). Various features such as ridges and troughs, paleomangrove soils, dunes, sand spit and canals occur in the Cajuúna beach are formed and / or seasonally modified by weather forcings, hydrological and hydrodynamic. Understanding the morphodynamics of the Cajuúna beach is important, due to his strategic location above the beaches of the eastern part of the Marajó island, suffers influence of the waters of Pará mouth, and is part of an Environmental Protection Area Despite the implementation of a Coastal Management Plan, in some parts of the Northeast region of Pará ; to date, the Marajó Island does not have a methodology and set to the prognosis and monitoring of coastal erosion . Given these shortcomings , it is necessary to determine how the rising sea level is affecting the eastern margin of Marajó Island . This study makes contribution the Organization of the Amazon Cooperation Treaty Organization, the project " Adaptation to Sea Level Rise in the Amazon Delta " which aims to assess the impact of rising sea level caused by global climate change on island environments Marajó (Eastern and Northern margins).

Key-words: Morphodynamics. Sediment transport. Marajó Island. Cajuúna Beach.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Zonação Morfológica da praia do Cajuúna: supramaré, intermaré e inframaré. A) Perfil praial adaptado da classificação de Souza Filho <i>et al.</i> de 2003. B) Praia do Cajuúna subdividida de acordo com a Zonação Morfológica (período chuvoso), Abril de 2014.....	5
Figura 2 -	Zonação hidrodinâmica da Praia do Cajuúna adaptada na classificação de Davis de 1985.....	6
Figura 3 -	Célula de circulação costeira.....	7
Figura 4 -	Comportamento das ondas ao se aproximarem da praia.....	8
Figura 5 -	Parâmetros de ondas.....	9
Figura 6 -	Forma dos tipos de quebra de onda.....	10
Figura 7 -	Estágios morfodinâmicos praias.....	16
Figura 8 -	Diagrama mostrando as principais forças que atuam no transporte e retrabalhamento de sedimentos da linha de costa.....	18
Figura 9 -	Mapa de localização da Praia do Cajuúna em Soure (ilha do Marajó-PA); em destaque os canais de maré do Cajuúna (ponto vermelho) e do Pesqueiro (ponto amarelo).....	20
Figura 10-	A) Vegetação de restinga predominante na praia do Cajuúna. B) Avanço dos cordões arenosos, causando ressecamento do mangue. Fotos tiradas em abril de 2014.....	21
Figura 11 -	Solo hidromórfico na Praia do Cajuúna. (A) Zona de Inframaré (B) Zona de Supramaré.....	22
Figura 12 -	A) Mapa Geológico do baixo rio Tocantins – Ilha do Marajó (destacada a área onde se localiza a praia do Cajuúna). B) Coluna estratigráfica da área de estudos.....	23
Figura 13 -	Dunas na praia do Cajuúna. A) Fixação de dunas pela vegetação. B) Duna formada a partir da vegetação. C) Duna escarpada com 1,5 m, recoberta por restinga.....	25

Figura 14 -	Barra – calha localizada no setor 2 da praia do Cajuúna (período chuvoso).....	26
Figura 15 -	Mapa climatológico da ilha do Marajó, de acordo com a classificação de Köppen.....	27
Figura 16 -	Chuva acumulada mensal, em destaque os meses em que foram feitas as coletas.....	27
Figura 17 -	Armadilha de transporte longitudinal utilizada na pesquisa.....	31
Figura 18 -	Fluxograma de aquisição de dados: praia do Cajuúna subdividida em 7 perfis topográficos (A a G) com equidistância de 300 m; Coleta de sedimentos ao longo dos perfis pelo método de zonação morfológica; Medição da velocidade dos ventos na linha de maré baixa e aplicação da armadilha de transporte longitudinal na zona de surfe; acoplamento do correntômetro próximo a armadilha.....	34
Figura 19 -	A) Medição topográfica do perfil transversal á linha de costa na praia do Cajuúna; B) estação total; C) Prisma refletor (foto em 04/2014).....	35
Figura 20 -	A) Estabelecimento do ponto fixo de ré (casa rosa) e B) do ponto fixo da estação total (Cajueiro).....	35
Figura 21 -	Mapa mostrando o alinhamento dos perfis topográficos durante os períodos chuvoso (pontos vermelhos) e menos chuvoso (pontos verdes)..	36
Figura 22 -	Mapa mostrando os pontos de amostragem de sedimentos durante os períodos chuvoso (pontos vermelhos) e menos chuvoso (pontos verdes)..	37
Figura 23 -	Armadilha de transporte de sedimentos longitudinal. Armação da armadilha (A), retirada das armadilhas da água (B) e (C) retirada das redes.....	38
Figura 24 -	Medida da altura das ondas (A) e medidas feitas com a bússola para obter o ângulo de incidência das ondas (B).....	39
Figura 25 -	Correntômetro acoplado a um tubo PVC na praia do Cajuúna.....	40
Figura 26 -	Correntômetro fundeado próximo á armadilha para verificar a intensidade da corrente que passa na armadilha.....	40

Figura 27 -	Procedimentos executados nas amostras dos perfis praiais. A) Amostras coletadas nos perfis de praia. B) Dessalinização da amostra. C) Estufa para secagem das amostras lavadas. D) Pesagem de 100g de amostras para desagregação. E) Desagregação da amostra através do agitador granulométrico. F) Pesagem das frações granulométricas.....	41
Figura 28 -	Procedimentos executados com amostras da zona de surfe. A) Amostras nas armadilhas. B) Retirada dos sedimentos da armadilha. C) Pesagem total da amostra após ter passado pela estufa.....	42
Figura 29 -	Etapas do peneiramento a úmido. A) Desagregação da amostra. B) Balanceamento da amostra para utilização da centrífuga. C) Centrífuga para separação de silte/argila. D) Amostra após o processamento.....	42
Figura 30 -	Diagrama de Shepard de 1954.....	45
Figura 31 -	Diagrama de Pejrup de 1988.....	46
Figura 32 -	Velocidade de decantação (cm/s) em função do diâmetro médio ( $\phi$ ).....	47
Figura 33 -	Mapa Geomorfológico da praia do Cajuúna.....	50
Figura 34 -	Canal de maré presente na parte central da praia do Cajuúna. A) Canal cheio durante o período chuvoso. B) Canal seco no período menos chuvoso (seta vermelha); neste período aflora o terraço de paleomangue, sendo soterrado no período chuvoso (seta verde).....	52
Figura 35 -	Superposição dos perfis topográficos da praia do Cajuúna nos períodos chuvoso e menos chuvoso.....	56
Figura 36 -	Blocos diagramas (A) mostrando a distribuição da média na praia durante o período chuvoso, e (B) elevação praial. Notar que os sedimentos mais finos localizam-se na zona de inframaré da praia, se deslocando até a zona de intermaré no setor 2 (perfis C e D). Os sedimentos mais finos (maior valor em $\phi$ ) estão concentrados nas áreas onde a elevação é bem inferior.....	58

Figura 37 -	Blocos diagramas (A) mostrando a distribuição da média na praia durante o período menos chuvoso, (B) elevação praial. No período menos chuvoso a distribuição da granulometria mais finas (maior valor em phi) se localizam nas zonas de supramaré. Os sedimentos finos deste período possuem diâmetro um pouco do maior do que os do período chuvoso.....	59
Figura 38 -	Mapas mostrando a variação dos parâmetros granulométricos na praia do Cajuúna. A) Média; B) Seleção; C) Assimetria e D) Curtose no período chuvoso.....	61
Figura 39 -	Mapas mostrando a variação dos parâmetros granulométricos na praia do Cajuúna. A) Média, B) Seleção, C) Assimetria e D) Curtose no período menos chuvoso.....	63
Figura 40 -	Altura e horário de medição de ondas (Hb) registrados na praia do Cajuúna. A) Registros de altura de ondas no período chuvoso; B) Registros de alturas do período menos chuvoso.....	65
Figura 41 -	Relação entre período de ondas (T) medido em segundos e altura de ondas (Hb); A) no período chuvoso e B) no período menos chuvoso nos setores na praia do Cajuúna.....	66
Figura 42 -	Intensidade e horário de medição das correntes (m/s) na praia do Cajuúna nos períodos chuvoso e menos chuvoso.....	68
Figura 43 -	Direção da deriva litorânea na zona costeira da ilha do Marajó.....	74
Figura 44 -	Intensidade (m/s) /direção (Enchente- leste e Vazante-oeste) das correntes de maré e velocidade dos ventos (m/s) durante os períodos chuvoso e menos chuvoso na Praia do Cajuúna.....	76
Figura 45 -	Distância percorrida pelas correntes de maré durante os períodos chuvoso e menos chuvoso nos setores 1 e 2.....	77
Figura 46 -	Fluxo total de sedimentos que passa pela armadilha de transporte longitudinal durante 3 minutos de operação e a quantidade de sedimentos aprisionados pela mesma durante o período chuvoso (A) e menos chuvoso (B).....	78

Figura 47 -	Distribuição quantitativa (g) e qualitativa (silte, argila e areia (%)) dos sedimentos da zona de surfe nos setores 1 e 2 da praia do Cajuúna durante os períodos chuvoso (A) e menos chuvoso (B).....	80
Figura 48 -	Estado morfodinâmico e variação relativa da maré na praia do Cajuúna nos setores 1 e 2 durante o período chuvoso (círculo vermelho) e menos chuvoso (círculo azul).....	82

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Número de amostras de sedimentos coletadas na praia do Cajuúna por perfil.....	37
Tabela 2 -	Hora e os níveis utilizados na armadilha.....	38
Tabela 3 -	Classificação granulométrica de Wentworth de 1922 para sedimentos lamosos e arenosos.....	42
Tabela 4 -	Classificação de Folk e Ward de 1957, quanto ao grau de seleção (A), assimetria (B) e curtose (C).....	44
Tabela 5 -	Relação de equilíbrio entre o estado da praia e $\Omega$ .....	48
Tabela 6 -	Parâmetros utilizados para a classificação da morfodinâmica praias.....	48
Tabela 7 -	Caracterização dos diferentes tipos de estágios morfodinâmicos a partir do Parâmetro Relativo da Maré.....	49
Tabela 8 -	Parâmetros morfométricos da praia do Cajuúna nos períodos chuvoso e menos chuvoso (setor 1).....	53
Tabela 9 -	Parâmetros morfométricos da praia do Cajuúna nos períodos chuvoso e menos chuvoso (setor 2).....	54
Tabela 10 -	Parâmetros morfométricos da praia do Cajuúna nos períodos chuvoso e menos chuvoso (setor 3).....	55
Tabela 11 -	Ângulo de incidência de ondas durante o período chuvoso e menos chuvoso na praia do Cajuúna.....	64
Tabela 12 -	Estados morfodinâmicos da praia do Cajuúna nos períodos chuvoso e menos chuvoso de acordo com o parâmetro $\Omega$ de Wright e Short de 1984.....	66
Tabela 13 -	Estados morfodinâmicos da praia do Cajuúna nos períodos chuvoso e menos chuvoso de acordo com o parâmetro RTR de Masselink e Short de 1993.....	66
Tabela 14 -	Quantidade de amostras por níveis na praia do Cajuúna referentes à maré vazante e enchente e o total de sedimentos coletados nos períodos menos chuvoso e chuvoso dados em gramas (g) durante 3 min de operação.....	67



Tabela 15 -	Velocidade dos ventos (m/s) na praia do Cajuúna medidas simultaneamente a coleta da armadilha de sedimentos longitudinal nos setores 1 e 2 nas marés enchente e vazante nos períodos chuvoso e menos chuvoso.....	68
Tabela 16 -	Fluxo de sedimentos nos níveis da armadilha sedimentar durante o período chuvoso, e menos chuvoso, nos setores 1 e 2 da praia do Cajuúna.....	69
Tabela 17 -	Relação inversamente proporcional da variação da largura com o coeficiente de variação da linha de costa da praia do Cajuúna.....	72

## SUMÁRIO

<b>DEDICATÓRIA</b> .....	iv
<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	v
<b>EPÍGRAFE</b> .....	vi
<b>RESUMO</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</b> .....	xi
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	xvi
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	3
2.1 OBJETIVO GERAL.....	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
<b>3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	4
3.1 AMBIENTE PRAIAL E SUAS DEFINIÇÕES.....	4
3.1.1 <b>Zonação morfológica</b> .....	4
3.1.2 <b>Zonação hidrodinâmica</b> .....	6
3.2 PROCESSOS ATUANTES NA ZONA PRAIAL.....	6
3.3 ONDAS.....	8
3.4 MARÉS.....	11
3.5 CORRENTES.....	12
3.6 VENTOS.....	13
3.7 MORFODINÂMICA PRAIAL.....	13
3.7.1 <b>Estados de equilíbrio morfodinâmico</b> .....	14

3.8 TRANSPORTE SEDIMENTAR EM PRAIAS ESTUARINAS.....	17
<b>4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>19</b>
4.1 ASPECTOS REGIONAIS.....	21
4.1.1 Cobertura vegetal.....	21
4.1.2 Tipos de solos.....	22
4.1.3 Geologia e estratigrafia.....	23
4.1.3.1 Geomorfologia.....	24
4.2 CLIMA E PARÂMETROS METEOROLÓGICOS.....	26
4.2.1 Clima.....	26
4.2.2 Parâmetros meteorológicos.....	27
4.2.3 Hidrografia.....	28
4.3 ASPECTOS OCEANOGRÁFICOS.....	29
4.3.1 Ondas.....	29
4.3.2 Marés: altura e correntes.....	29
<b>5 METODOLOGIA.....</b>	<b>30</b>
5.1 PREPARAÇÃO DE CAMPO.....	30
5.2 AQUISIÇÃO DE DADOS.....	33
5.2.1 Perfilagem topográfica praial.....	34
5.2.2 Método de armadilha de sedimentos na zona de surfe.....	38
5.2.3 Hidrodinâmica.....	39
5.2.3.1 Ondas.....	39
5.2.4 Corrente longitudinal.....	39
<b>6 ANÁLISE NO LABORATÓRIO.....</b>	<b>41</b>

6.1 CLASSIFICAÇÃO GRANULOMÉTRICA DOS SEDIMENTOS.....	41
6.1.1 Método de Folk e Ward de 1957.....	43
6.1.2 Diagrama de Shepard de 1954.....	45
6.1.3 Diagrama de Pejrup de 1988.....	45
6.2 CLASSIFICAÇÃO MORFODINÂMICA.....	46
6.2.1 Parâmetros morfodinâmicos.....	46
6.2.2 Estados morfodinâmicos.....	47
7 RESULTADOS: MORFODINÂMICA SAZONAL DA PRAIA ESTUARINA DO CAJUÚNA, SOURE (MARAJÓ – PARÁ).....	50
7.1 FEIÇÕES MORFOLÓGICAS.....	50
7.2 MORFODINÂMICA DA FACE PRAIAL.....	52
7.3 GRANULOMETRIA DA FACE PRAIAL.....	57
7.3.1 Relação entre morfologia e granulometria.....	57
7.3.2 Parâmetros estatísticos granulométricos.....	60
7.3.3 Textura sedimentar e hidrodinâmica.....	64
7.3.4 Hidrodinâmica costeira.....	64
7.3.5 Estados morfodinâmicos.....	66
7.3.6 Variação do transporte longitudinal de sedimentos.....	67
7.3.7 Hidrometeorologia.....	67
8 DISCUSSÃO.....	70
8.1 Feições morfológicas.....	70
8.2 Comportamento morfométrico da praia do Cajuúna.....	71
8.3 Comportamento granulométrico da praia do Cajuúna.....	73

8.4 Comportamento hidrodinâmico e fluxo sedimentar da praia do Cajuúna (Setores 1 e 2).....	74
8.5 Estado morfodinâmico da praia do Cajuúna e a sua interação onda – maré.....	81
9 CONCLUSÕES.....	83
REFERÊNCIAS.....	86
APÊNDICES.....	97
APÊNDICE A – PERFIL TOPOGRÁFICO DO SETOR 1.....	98
APÊNDICE B – PERFIL TOPOGRÁFICO DO SETOR 2.....	99
APÊNDICE C – PERFIL TOPOGRÁFICO DO SETOR 3.....	100
APÊNDICE D – CLASSIFICAÇÃO GRANULOMÉTRICA NO PERÍODO CHUVOSO.....	101
APÊNDICE E – CLASSIFICAÇÃO GRANULOMÉTRICA NO PERÍODO MENOS CHUVOSO.....	103
APÊNDICE F – COORDENADAS DAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO NOS PERÍODOS CHUVOSO E MENOS CHUVOSO.....	105
APÊNDICE G – COMPORTAMENTO DOS PARÂMETROS GRANULOMÉTRICOS DA PRAIA DO CAJUÚNA EM CADA ZONA DA PRAIA NO PERÍODO CHUVOSO, SETOR 1.....	106
APÊNDICE H – COMPORTAMENTO DOS PARÂMETROS GRANULOMÉTRICOS DA PRAIA DO CAJUÚNA EM CADA ZONA DA PRAIA NO PERÍODO CHUVOSO, SETOR 2.....	107
APÊNDICE I – COMPORTAMENTO DOS PARÂMETROS GRANULOMÉTRICOS DA PRAIA DO CAJUÚNA EM CADA ZONA DA PRAIA NO PERÍODO CHUVOSO, SETOR 3.....	108
APÊNDICE J – COMPORTAMENTO DOS PARÂMETROS GRANULOMÉTRICOS DA PRAIA DO CAJUÚNA EM CADA ZONA DA PRAIA NO PERÍODO MENOS CHUVOSO, SETOR 1.....	109

<b>APÊNDICE K – COMPORTAMENTO DOS PARÂMETROS GRANULOMÉTRICOS DA PRAIA DO CAJUÚNA EM CADA ZONA DA PRAIA NO PERÍODO MENOS CHUVOSO, SETOR 2.....</b>	<b>110</b>
<b>APÊNDICE L – COMPORTAMENTO DOS PARÂMETROS GRANULOMÉTRICOS DA PRAIA DO CAJUÚNA EM CADA ZONA DA PRAIA NO PERÍODO MENOS CHUVOSO, SETOR 3.....</b>	<b>111</b>
<b>APÊNDICE M – DIAGRAMA DE SHEPARD DE 1954, QUANTO À CLASSIFICAÇÃO SEDIMENTAR NOS SETORES DA PRAIA DO CAJUÚNA NO PERÍODO CHUVOSO.....</b>	<b>112</b>
<b>APÊNDICE N – DIAGRAMA DE SHEPARD DE 1954, QUANTO À CLASSIFICAÇÃO SEDIMENTAR NOS SETORES DA PRAIA DO CAJUÚNA NO PERÍODO MENOS CHUVOSO.....</b>	<b>113</b>
<b>APÊNDICE O – CONDIÇÃO HIDRODINÂMICA DOS SETORES DA PRAIA DO CAJUÚNA DE ACORDO COM O DIAGRAMA DE PEJRUP DE 1988 NO PERÍODO CHUVOSO.....</b>	<b>114</b>
<b>APÊNDICE P – CONDIÇÃO HIDRODINÂMICA DOS SETORES DA PRAIA DO CAJUÚNA DE ACORDO COM O DIAGRAMA DE PEJRUP DE 1988 NO PERÍODO MENOS CHUVOSO.....</b>	<b>115</b>
<b>APÊNDICE Q – FLUXO DE SEDIMENTOS OBTIDOS EM CADA NÍVEL NOS PERÍODOS CHUVOSO E MENOS CHUVOSO NOS SETORES 1 E 2 NA PRAIA DO CAJUÚNA DURANTE 3MIN.....</b>	<b>116</b>
<b>APÊNDICE R – GRANULOMETRIA DAS AMOSTRAS COLETADAS NA ZONA DE SURFE DA PRAIA DO CAJUÚNA NO SETOR 1, DURANTE O PERÍODO CHUVOSO.....</b>	<b>117</b>

**APÊNDICE S – GRANULOMETRIA DAS AMOSTRAS COLETADAS NA ZONA DE SURFE DA PRAIA DO CAJUÚNA NO SETOR 2, DURANTE O PERÍODO CHUVOSO.....118**

**APÊNDICE T – GRANULOMETRIA DAS AMOSTRAS COLETADAS NA ZONA DE SURFE DA PRAIA DO CAJUÚNA NO SETOR 1, DURANTE O PERÍODO MENOS CHUVOSO.....119**

**APÊNDICE U – GRANULOMETRIA DAS AMOSTRAS COLETADAS NA ZONA DE SURFE DA PRAIA DO CAJUÚNA NO SETOR 2, DURANTE O PERÍODO MENOS CHUVOSO.....120**

## 1 INTRODUÇÃO

As zonas costeiras (ZC's) são dinâmicas, nelas os fundos desempenham um papel importante na propagação de ondas; além disso, os processos hidro-morfodinâmicos (ondas, correntes e marés, chuvas, ventos, tempestades e descarga hídrica e sólida de estuários) interagem sazonalmente tornando estas zonas bastante variáveis (Alvarez-Ellacuria et al., 2010). O entendimento desses processos é necessário, tendo em vista que estes assumem um papel na conformação e estabilização da praia (Wright e Short, 1984).

Neste contexto tem-se a ZC amazônica que é um sistema estuarino, altamente dinâmico caracterizado pelo maior escape de sedimentos, nutrientes dissolvidos, e materiais orgânicos para o oceano Atlântico (DeMaster e Pope, 1996; Geyer et al., 1996; Pereira et al., 2012).

Na costa Leste da ilha do Marajó se insere a cidade de Soure. Na ZC de Soure existe uma diversidade de feições, resultante da atuação de processos geomorfológicos ligados às mudanças relativas do nível do mar, à neotectônica e à dinâmica costeira. As praias estuarinas apresentam sedimentos inconsolidados, livremente retrabalhados por processos hidrodinâmico, meteorológico e oceanográfico (Santos et al., 2011).

A praia do Cajuúna está inserida na planície arenosa, que pertence à planície costeira de Soure, sendo constituída por áreas de acumulação lamosa e arenosa, de baixo gradiente, sujeitas a processos gerados por marés e ondas (França et al., 2007).

Vários estudos de morfodinâmica de praias arenosas são realizados em contexto de subida do nível do mar com erosão de falésias, migração de depósitos arenosos praias, e/ou dunares sobre os manguezais (Sánchez-Arcilla e Cáceres, 2013; Gracia et al., 2013; Aagaard et al., 2013; Hong e Shen, 2012; Woodroffe e Murray-Wallace, 2012; Anthony et al., 2013). No Brasil estes estudos são realizados enquadrando principalmente o transporte e a erosão costeira, a influencia das marés, a periculosidade ao banho de praia e a formação de barras arenosas, dentre outros (Souza, 2012; Aguiar et al., 2013; Coelho et al., 2011; Ribeiro, 2014; Goulart e Calliari, 2013).

Na região Leste da ilha do Marajó podemos destacar algumas pesquisas na Baía de Marajó que abordam geomorfologia e deposição sedimentar, a atuação dos processos oceanográfico-físicos e hidrodinâmica; outra área que também se destaca é o rio Paracauari com estudos sobre o transporte sedimentar e a batimetria local (Martins, 2010; Baltazar et al., 2011; Menezes et al., 2013; Ferreira, 2013). Dentre as praias mais estudadas estão Pesqueiro e



Barra Velha com análises sobre mudanças sedimentares e caracterização granulométrica (Coelho. et al., 2013; Silva. et al., 2013; Alves et al., 2013).

O objetivo central deste trabalho é identificar a morfodinâmica da praia estuarina do Cajuúna, através de análises sazonais, que poderão esclarecer questionamentos sobre quais feições morfológicas são características durante os períodos chuvoso e menos chuvoso; quais são as variações texturais dos sedimentos; qual é a maior forçante desta variação no transporte e distribuição dos sedimentos e com que intensidade e em que direção preferencial os sedimentos são transportados.

Compreender a morfodinâmica da praia do Cajuúna é de extrema importância, devido a sua posição estratégica, localizada acima das praias da região Leste da Ilha do Marajó, é influenciada pela foz do rio Amazonas, além disso, por ser de difícil acesso, sofre pouca intervenção antrópica, desta forma, podemos adquirir dados confiáveis e inéditos, já que não temos estudos feitos especificamente nesta praia. Esta pesquisa irá contribuir muito para a região, que faz parte de uma Área de Proteção Ambiental (APA), e de certa forma carece de informações científicas.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

O trabalho tem como objetivo principal a caracterização morfodinâmica da praia estuarina do Cajuúna, Marajó. Através da identificação de feições topográficas do perfil praial e a relação deste com as forçantes hidrodinâmicas atuantes na região, descrevendo o comportamento sedimentar em cada subambiente praial.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a topografia praial, identificando as feições relevantes;
- Identificar as condições hidrodinâmicas locais (ondas, correntes e marés);
- Descrever o comportamento sedimentar *cross-shore* e *longshore*;
- Determinar as características sedimentares em cada subambiente praial.

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 AMBIENTE PRAIAL E SUAS DEFINIÇÕES

A praia é formada por partículas soltas que cobrem parte ou a totalidade de uma costa. Praias são originadas quando sedimentos, geralmente areias, são transportados para locais adequados à deposição. Esses locais incluem pontos calmos entre promontórios, costas abrigadas por ilhas, e regiões com ressacas moderadas ou grandes extensões de costas de alta energia (Garrison, 2011; Elliff et al., 2013).

As praias formam um arcabouço estrutural dinâmico, que se modela conforme a energia em que o ambiente está exposto.

Mudanças na forma do perfil praial estão estritamente condicionadas à interação onda – sedimento, desta forma, a energia das ondas provocam alterações na distribuição dos sedimentos na praia, modelando-a até atingir o seu equilíbrio (Pasolini, 2005; Okamoto, 2009).

Em praias o suprimento sedimentar junto aos processos erosivos produz o deslocamento da linha de costa para o continente, recuando os limites dos manguezais. Os processos meteorológicos (ventos, chuvas, tempestades), hidrológicos (descarga hídrica e sólida do estuário do rio Pará) e hidrodinâmicos (ondas, correntes de maré) acarretam o avanço dos cordões arenosos de praias e dunas sobre os manguezais, ocorrendo o ressecamento de mangue (França e Souza Filho 2003).

As praias possuem múltiplas funções como a proteção costeira para o ecossistema adjacente, habitat para várias espécies animais e vegetais, e atividades humanas ligadas a recreação, turismo, lazer, esporte (Souza et al., 2005, 2009; Souza, 2012).

##### 3.1.1 Zonação morfológica

A praia pode ser subdividida em zonas devido ocorrer diferença ao longo de um perfil transversal à linha de costa. Esse perfil apresenta como limite superior (no sentido do continente) geralmente a linha de vegetação permanente ou qualquer alteração (falésias, manguezais, etc), como limite inferior (no sentido do mar), o nível base de ação das ondas (Souza op. cit. 2005).

A nomenclatura e divisão do perfil praial adotado para a realização deste trabalho foi a zonação morfológica sugerida por Souza Filho *et al.* (2003) para a região nordeste do Pará e a zonação hidrodinâmica adotada por Davis (1985).

De acordo com Souza Filho *et al.* (2003), praias com regimes de macromarés compreende (Figura 1):

**Zona de Supramaré:** entre a parte superior do espraiamento da onda até o limite topográfico da praia em direção ao continente (dunas costeiras, por exemplo),

**Zona de Intermaré:** é a face praial, que ocorre desde o nível de maré alta de sizígia até o nível de maré baixa de sizígia, subdividindo-se em: *zona de intermaré superior*, limitada pelas linhas de maré alta de sizígia e de maré alta de quadratura; *zona de intermaré média*, limitada pelas linhas de maré alta de quadratura e linha de maré baixa de quadratura; e *zona de intermaré inferior*, limitada entre as linhas de maré baixa de quadratura e maré baixa de sizígia,

**Zona de Inframaré:** representa o limite inferior do perfil praial e ocorre após a linha de maré baixa de sizígia, estendendo-se costa afora.

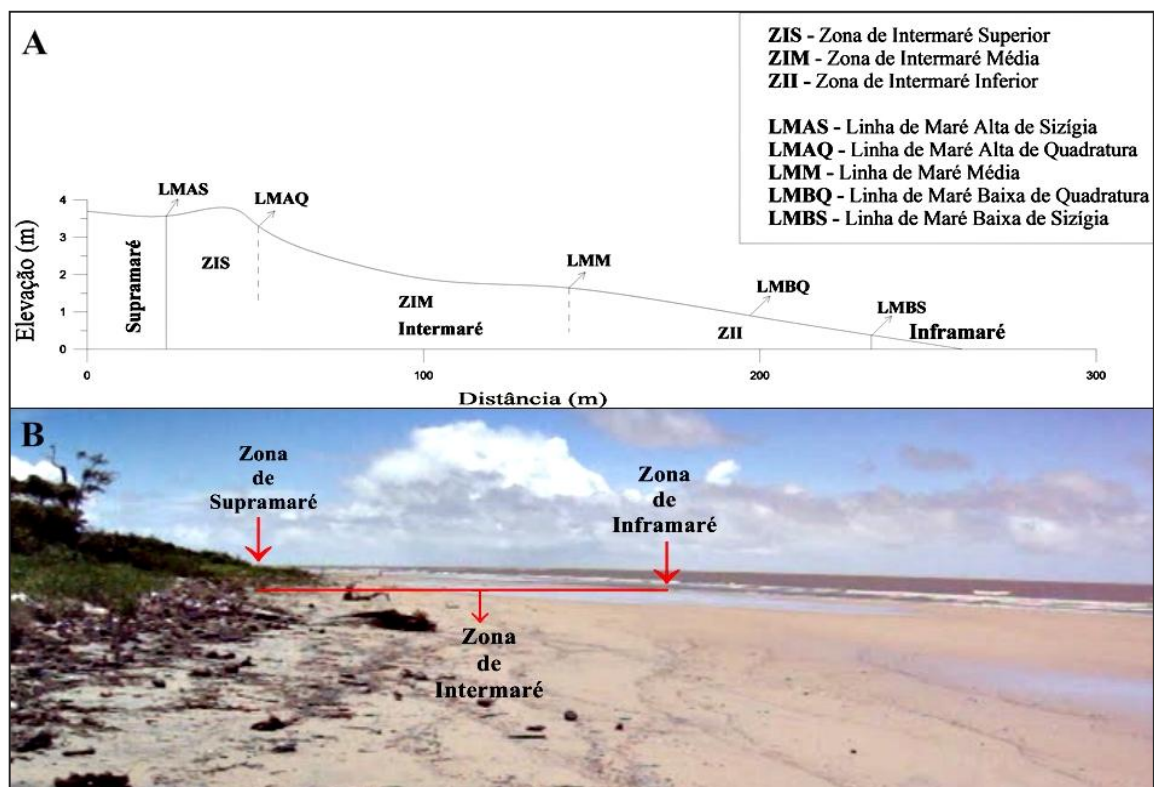


Figura 1- Zonação Morfológica da praia do Cajuúna: supramaré, intermaré e inframaré. A) Perfil praial adaptado da classificação de Souza Filho *et al.* de 2003. B) Praia do Cajuúna subdividida de acordo com a Zonação Morfológica (período chuvoso), Abril de 2014.

### 3.1.2 Zonação hidrodinâmica

Na zonação hidrodinâmica de acordo com Davis (1985), a praia pode ser subdividida em (Figura 2):

**Zona de Arrebentação (*Breaking zone*):** é aquela parte do perfil praiial caracterizada pela ocorrência do início do processo de quebra de ondas até a quebra mais próxima da costa;

**Zona de Surfe (*surf zone*):** está relacionada com o tipo de quebra, e depende, secundariamente, da amplitude de maré;

**Zona de Espraimento (*swash zone*):** área da praia delimitada entre a máxima e a mínima excursão dos vagalhões de ondas sobre a face praiial, onde observam-se processos de fluxo e refluxo dos vagalhões.

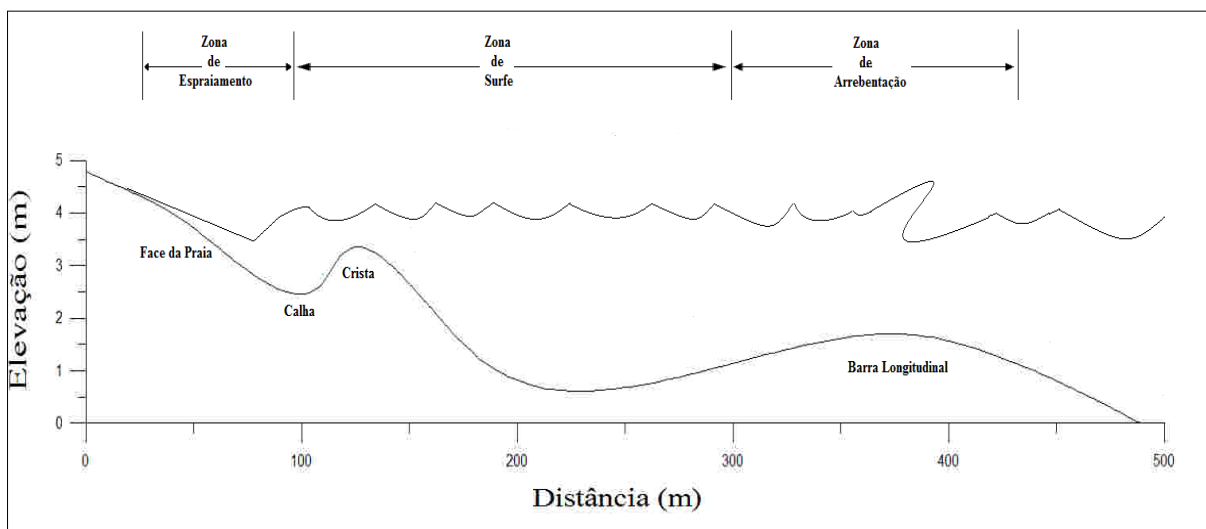


Figura 2- Zonação hidrodinâmica da Praia do Cajuúna adaptada na classificação de Davis de 1985.

### 3.2 PROCESSOS ATUANTES NA ZONA PRAIAL

As fontes mais prováveis dos sedimentos arenosos com destino à zona praiial são os cursos fluviais adjacentes, a erosão costeira atuante na área, e a plataforma continental interna, sendo esta última a principal fonte de sedimentos (Muehe, 2005). Para tal destino, são necessários mecanismos de transporte litorâneo, que de acordo com Fontoura (2004) podem ser subdivididos em eólico, longitudinal e transversal.

O transporte eólico é responsável pelo retrabalhamento de sedimentos depositados na face praiial em função do transporte transversal (Reineck & Singh, 1980). O vento constitui-se em um eficiente meio de transporte e de deposição de partículas, bem como um eficiente agente selecionador de grãos. Porém não se constitui em uma ferramenta eficiente para efetuar erosão significativa (Reineck & Singh *op. cit.*).

Este transporte ocorre quando a força do vento vence as forças de atrito entre as partículas de areia e o peso destas (Fonseca, 2011). Uma maior largura da praia resulta em uma maior fonte de areias para o transporte eólico (Vries et al., 2010; Fonseca *op cit.*).

No transporte transversal, os sedimentos migram em direção ao continente e ao mar dependendo das correntes litorâneas e do padrão de movimentos orbitais assimétricos de ondas em águas rasas, incluindo a arrebentação e a zona de surfe (Komar, 1976). O transporte de sedimentos em direção ao continente é mais efetivo com os sedimentos mais grossos, pois as maiores partículas são movidas somente durante a velocidade mais rápida do movimento orbital; e as areias mais finas e o silte tendem a se mover numa distância quase igual em ambas as direções (*onshore offshore*), com resultante do transporte em direção ao mar (Komar *op cit.*).

Já o transporte longitudinal de sedimentos ocorre entre a zona de arrebentação e a face praial, é um importante mecanismo dependente da obliquidade de incidência das ondas (Muehe, 2010). Por sua vez, o ângulo de obliquidade de incidência das ondas depende da direção do vento gerador e da morfologia do fundo, fazendo com que o transporte longitudinal de sedimentos possa ou não mudar de sentido, ajustando a praia, retirando areia de uma extremidade e a deposita em uma extremidade oposta (Muehe *op. cit.*).

Na região onde as ondas alcançam o fundo, as partículas são transportadas por arrasto. Na zona de surfe, devido à turbulência, o transporte se dá por suspensão, sendo facilmente transportado paralelamente à linha de costa pelas correntes longitudinais, ou em direção ao mar pelas correntes de retorno (Horikawa, 1972) (Figura 3).

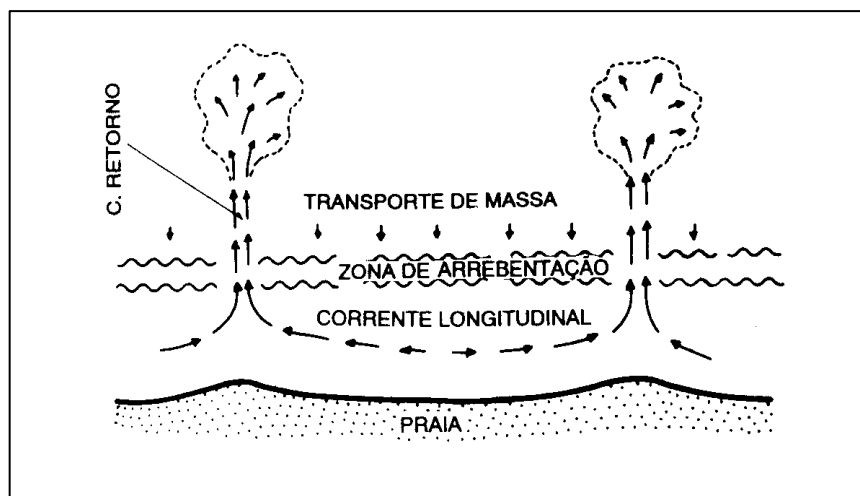


Figura 3- Célula de circulação costeira.

Fonte: Muehe (1994) adaptado por Faraco (2003).

As correntes têm seus padrões de circulação definidos em função do ângulo de incidência das ondas que chegam à praia. Se as ondas chegarem paralelamente à praia, formarão as correntes de retorno, que correm perpendiculares à praia (Villwock, 1987). Se as ondas incidirem obliquamente à praia, desenvolverão correntes de deriva litorânea, paralelas à praia. Ambas as correntes são importantes, pois promovem o transporte de sedimentos. As correntes de deriva têm o poder de transportar sedimentos ao longo das costas arenosas (Villwock *op. cit.*).

### 3.3 ONDAS

As ondas são manifestações de forças atuantes em um fluido, tendendo a deformá-lo contra a ação da gravidade e a tensão superficial, que unidas agem para manter a superfície do meio. Essa deformação requer alguma força para gerá-las, podendo ser ventos, perturbações meteorológicas, terremotos, atração gravitacional, etc. (Dean e Dalrymple, 1991; GIOC, 2000). De acordo com Passos (2010), ondas consistem em movimentos orbitais de água que diminuem rapidamente para baixo da superfície, até que o movimento seja desprezível, onde a profundidade da água se iguala a metade do comprimento de onda ( $\lambda$ ) (Figura 4):

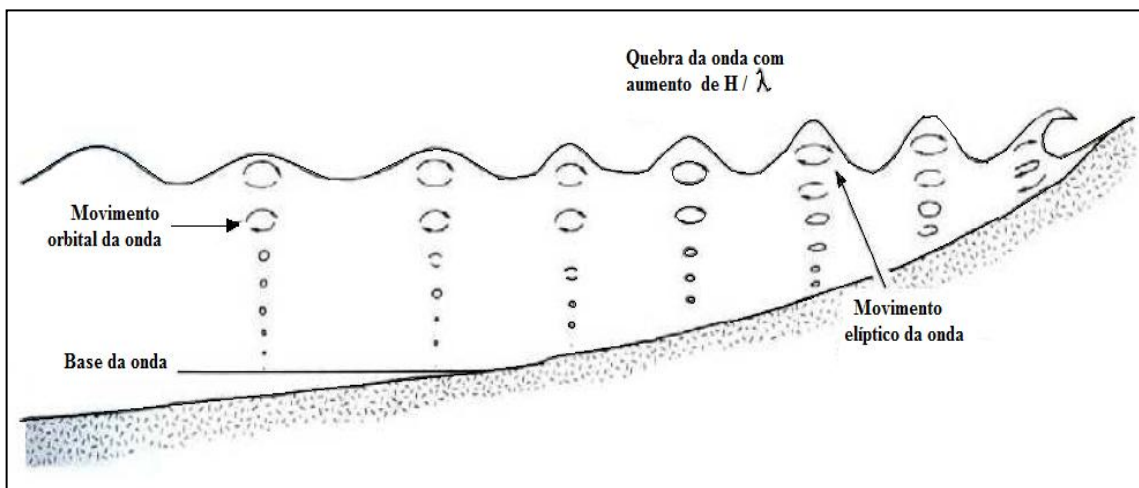


Figura 4- Comportamento das ondas ao se aproximarem da praia.  
Fonte: Carter (1988).

Dentre os parâmetros de onda descritos por Murty (2007) estão a amplitude, altura de onda, comprimento, período, celeridade, elevação e esbeltez (Figura 5).

Amplitude ( $a$ ): é a distância vertical entre o nível de água contínua para a crista da onda;

Altura de onda (H): corresponde à distância vertical entre calha e a crista da onda, ela é igual a duas vezes a amplitude da onda;

Comprimento (l): é a distância entre duas cristas ou duas cavas;

Período (T): é o intervalo de tempo entre as passagens de duas cristas sucessivas por um ponto fixo;

Celeridade (C): a velocidade a que uma forma de onda se move, é dada em função da relação  $l/T$ ;

Elevação (h): é a distância entre o leito e o nível da água em qualquer ponto da onda;

Esbeltez: é a relação entre altura e comprimento ( $H/l$ ).

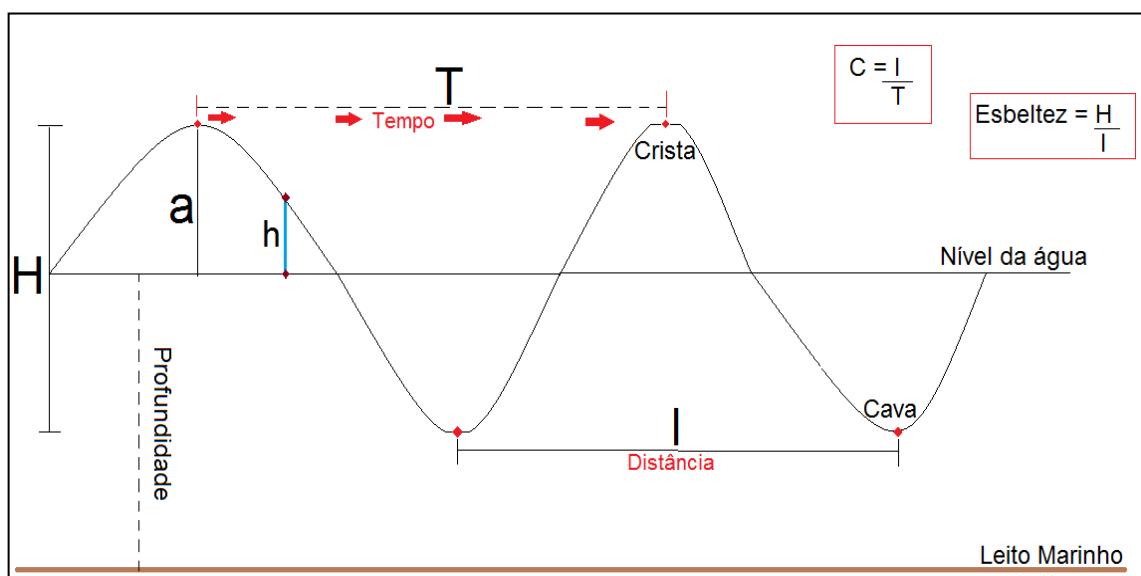


Figura 5- Parâmetros de ondas.

De acordo com Halouani et al. (2012), as ondas induzidas pelo vento, desde o oceano até a linha de costa estão sujeitas a uma série de processos de transformação, como empolamento, refração, difração e dissipação de sua energia. Estas ondas juntamente com o efeito das correntes de perto da costa, afetam o fundo do mar, podendo movimentar partículas arenosas, causando evolução no perfil de fundo e migração da linha de costa (Halouani *op.cit.*). Os tipos de ondas de arrebentação indicam o modo de dispersão de energia da onda (Carter, 1988). Existem quatro tipos de arrebentação de ondas (Galvin, 1968) (Figura 6).



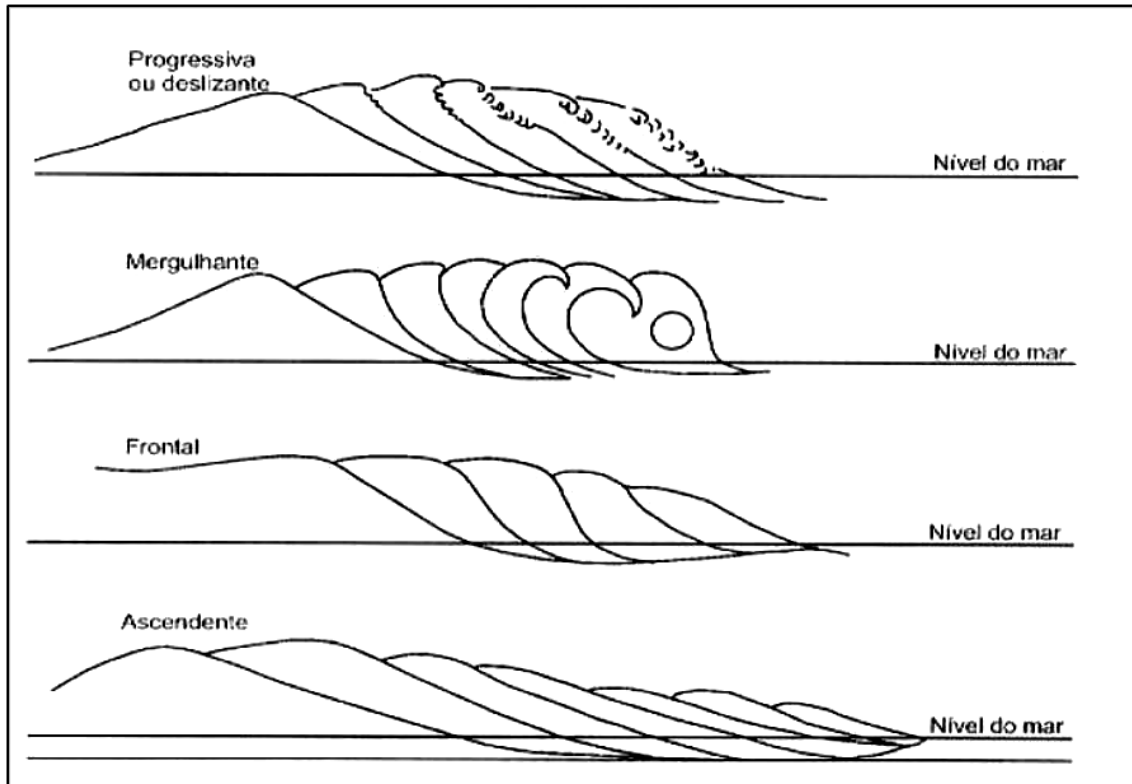


Figura 6- Forma dos tipos de quebra de onda.  
Fonte: Galvin (1968).

**Deslizante** (ou tombo): a arrebentação se caracteriza por uma dissipação gradativa da energia da onda. Ocorrem em praias planas ou de baixo declive com valores altos de comprimento e período, formando longas faixas de espuma,

**Mergulhante**: é o tipo mais clássico de arrebentação, onde a dissipação da energia da onda ocorre a uma curta distância. Ocorrem em praias com declive um pouco mais acentuado e está associada às ondulações de longo período geradas pelos ventos ao largo,

**Frontal**: esta arrebentação é semelhante à mergulhante, porém não chega à forma de túnel. A crista da onda colapsa, formando espuma sobre a face anterior da onda. Ocorre ao longo de costas com declives médios, e sob a influência de ventos de intensidade moderada,

**Ascendente**: a arrebentação é caracterizada pela aproximação de ondas de longo período e baixo perfil em costas de declive acentuado. A energia da onda é dissipada à medida que a onda desliza sobre a face praial, sem arrebentar.

Os fenômenos de *refração* e *difração* modificam os sentidos de propagação das ondas representados pelas suas ortogonais; a *refração* é responsável pelo alinhamento da zona de arrebentação, de tal modo que ela tende a ser paralela à praia, independente do sentido de

aproximação das ondas, nas águas mais profundas, ocorre mudança de direção de ondas devido à influência do fundo; a *difração* ocorre ao redor de obstáculos naturais, como ilhas e promontórios, é a energia de onda sendo transferida (Suguio, 2003). Na *reflexão*, quando os trens de onda encontram um obstáculo, geram em contraposição um novo trem de ondas que pode ser reintegrado ao oceano aberto ou ficar aprisionado junto à costa em forma de onda de ressonância (Suguio, *op. cit.*).

O estudo de ondas e suas características são relevantes na compreensão da formação de praia. Os processos responsáveis pelo comportamento das praias começam a atuar na base da antepraia (região dominada pelo processo de empinamento da onda até o início da arrebentação); dependendo do clima de ondas, esta camada se estende a profundidades de uma a duas dezenas de metros e tem a praia como limite mais interno (Calliari et al., 2003). As modificações na praia são, em parte, causadas pela troca bidirecional de sedimentos entre estes dois limites, através da zona de arrebentação (Calliari *op. cit.*).

De acordo com Calliari et al. (2003) o regime da zona de arrebentação depende do clima de ondas de águas profundas e do grau de modificação que as mesmas sofrem (diminuição ou aumento) antes de atingir o ponto de quebra. Mudanças temporais do estado da praia são influenciadas pelo regime ondulatório de águas profundas, ao passo que mudanças espaciais sofrem influência devido à modificação das ondas à medida que as mesmas se propagam para águas rasas (Calliari et al., 2003). Estas modificações são controladas pela litologia e configuração da costa. A variabilidade temporal e espacial é dependente do tipo e da disponibilidade do material que compõe a praia (Calliari *op. cit.*).

### 3.4 MARÉS

O fenômeno das marés é resultante da atração gravitacional exercida pelo sol na lua e nas massas oceânicas, e a variação do nível do mar por conta das mudanças climáticas globais, ocasionam, respectivamente, as oscilações periódicas da maré, assim como inundação e erosão em áreas litorâneas (Souza et al., 2005). A oscilação das marés interfere na morfologia da praia (Hoefel, 1998).

Quando o Sol e a Lua estão alinhados com a Terra, ocorrem as chamadas marés de Sízígia, durante o período de uma semana, equivalendo às fases de lua nova e lua cheia; quando este alinhamento formar um ângulo reto, ocorrerão as marés de Quadratura, correspondendo às fases de lua crescente e minguante (Nichols, 2009).

A amplitude de maré corresponde a distância vertical entre uma preamar (PM) e uma baixamar (BM) consecutiva, igual a  $h_{PM} - h_{BM}$  (Miguens, 1994). Essas amplitudes são mais altas durante os períodos de luas cheia e nova (maré cheia / preamar), do que as do período de lua crescente e minguante (Nichols *op. cit.*).

As costas possuem diferentes regimes de maré em função da latitude geográfica, processos meteorológicos, tamanho e forma da bacia oceânica. Estas podem ser classificadas em: *micromarés*, quando a amplitude de maré de sizígia é  $< 2$  m; *mesomarés*, quando a amplitude varia entre 2 e 4 m; ou *macromarés*, quando a amplitude é  $> 4$  m (Davies, 1964).

### 3.5 CORRENTES

A incidência de ondas na ZC pode resultar em duas distintas correntes: uma transversal é responsável pela troca de sedimentos entre as zonas imersa e emersa e outra longitudinal, que transporta sedimentos para diferentes setores na praia emersa e submersa (Carter, 1988; Komar 1991).

A corrente de maré pode ser considerada como o resultado da combinação de muitas ondas de maré, que pode variar de uma onda progressiva a uma onda estacionária com diferentes períodos, comprimentos, fases e direções (King, 1975). As correntes de maré têm caráter rotatório, em virtude da interação entre as forças astronômicas e a influência da rotação terrestre (Miguens, 1994). O efeito de Coriolis tende a desviar as correntes de maré para a direita no Hemisfério Norte e para a esquerda no Hemisfério Sul, concorrendo, juntamente com as forças astronômicas, para a gênese de correntes rotatórias (Miguens *op. cit.*).

O efeito das correntes de marés na coluna d'água e nas praias é resultante da variação vertical do nível da água e pode ser resumido: (1) maré retarda a taxa de transporte de sedimento e a mudança morfológica; (2) aumento na variação da maré resulta na redução global do gradiente da praia; (3) maré inibe a formação de barras "offshore"; (4) células de circulação próximas à costa, melhoram durante as condições de maré baixa; (5) variação da maré aumenta correntes de maré longitudinais (Masselink e Short, 1993).

### 3.6 VENTOS

Os ventos são formados pelo aquecimento irregular da atmosfera, uma vez que os raios solares não incidem uniformemente na superfície terrestre, e em virtude da não uniformidade da orientação dos raios solares e dos movimentos da terra (Campos, 1995). Ventos que sopram sobre os oceanos são responsáveis pela formação de ondas do mar perto da costa; os ventos podem ocasionar marés locais que se movem da superfície do oceano e conduzem correntes que podem resultar em ressurgência e subsidência (Short, 2012). Ao soprar sobre a praia o vento pode transportar areias para as dunas costeiras (Short *op. Cit.*). Desta forma, o vento é um fator responsável pela formação das ondas e marés, além de influenciar na modificação das costas (Woodroffe e Murray-Wallace, 2012).

Os ventos alísios são formados por anticiclones em convergência na faixa equatorial, resultando na Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), uma área de extensão variável que sofre deslocamento sazonal (Fonzar, 1994). Os principais ventos que atingem o litoral brasileiro são os alísios de Sudeste e Nordeste oriundos dos anticiclones subtropicais; o Anticiclone Tropical Atlântico (ATA) e o Anticiclone Tropical Atlântico Norte (ATAN) (Fonzar *op. cit.*).

O regime de ventos depende da dinâmica das massas de ar e pode ser quantificado por meio da Deriva Eólica Potencial (DEP) (Giannini et al., 2005). A DEP interage com a areia da praia e resulta na Deriva Eólica Efetiva (DEE), transporte de areia para o interior do sistema eólico. Por outro lado, a DEE depende da existência de areia incoesa em granulometria compatível com a competência do vento. Estes autores afirmam que nas ZC's, quanto mais reto for o ângulo  $\alpha$  (próximo de  $90^\circ$ ) entre o vento e a linha de costa, menor a distância que o sedimento eólico percorre antes de ser freado ou desviado pela vegetação, e mais próximo do mar começa a deposição.

### 3.7 MORFODINÂMICA PRAIAL

Diversos autores expressam sua visão a respeito da morfodinâmica. De acordo com Short e Jackson (2013), a morfodinâmica de praias refere-se às interações dinâmicas entre os processos de empinamento e quebra de onda. Estas interações tornam-se mais complexas com processos adicionais como marés e ventos, e as condições de contorno, como antecedentes morfológicos, geológicos, características dos sedimentos e biota.

As praias podem perder areia durante o período chuvoso, quando os estuários e canais de marés estão cheios e as ondas mais energéticas que as da estação menos chuvosa. Esta

situação resulta na formação de barras arenosas a centenas de metros costa afora, orientadas paralelamente a linha de costa. Já no período menos chuvoso, a massa de água na zona de espraiamento possui menor energia turbulenta, sendo que as areias removidas para trás da zona de arrebentação tendem a migrar novamente, agora em direção à zona de espraiamento (Masselink e Short, 1993).

A hidrodinâmica que existe na praia é o resultado da interação de ondas incidentes, refletidas ou parcialmente refletidas na face praial, oscilações ressonantes (ondas de borda, estacionárias ou progressivas), fluxos permanentes e aperiódicos resultantes da arrebentação e dos fluxos gerados por ondas e marés (Wright e Short, 1984). Estes movimentos da água exercem atrito nos sedimentos móveis da praia, causando gradientes espaciais e temporais em seu transporte (Wright e Short *op. cit.*). Estes gradientes ocasionam mudanças na morfologia, as quais induzem modificações no padrão hidrodinâmico. Ou seja, a morfologia e hidrodinâmica evoluem conjuntamente (Wright e Short, 1984).

### 3.7.1 Estados de equilíbrio morfodinâmico

Wright e Short (1984) classifica as praias em seis estados morfodinâmicos: dissipativo e refletivo e quatro estágios intermediários (Wright e Short, 1984) (figura 7):

*Estado dissipativo* é caracterizado pela alta energia de onda, com larga zona de surfe, composta por dois ou mais bancos. A praia apresenta baixo gradiente topográfico;

Os *estágios intermediários* podem ter tanto condições de praia dissipativa, durante as tempestades, como de praia refletiva, durante calmarias, mas representam a transição entre os dois (Oliveira 2009);

O *estado intermediário de banco e calha longitudinal (LBT) banco e praia rítmicos (RBB) ou cúspides*, desenvolve-se a partir de estados dissipativos, com a face praial sendo mais íngreme que no perfil dissipativo; a amplitude topográfica entre banco e calha é maior (2 - 3 m), onde as ondas, depois de arrebentarem formam-se novamente. As ondas de elevada esbeltez entram em colapso ao se aproximarem da face praial, enquanto que as de baixa esbeltez se espraiam; o espraiamento alcança uma extensão significativa e ocorre a formação frequente de cúspides;

O *estado intermediário bancos transversal e rip (TBR)* se desenvolve preferencialmente em sequências acrescionais quando as extremidades do banco, em forma de cúspides se soltam na face praial;

O *estado intermediário terraços de baixa-mar (TBM)* caracteriza-se por acúmulo suave de areia, ao nível de baixamar ou abaixo, possui características moderadamente dissipativas; que são limitadas por face praial íngreme e refletiva na preamar; podem ocorrer fracas correntes de retorno. Este estado morfodinâmico é como uma face relativamente íngreme, conectada do nível de baixamar a um terraço plano. Representa o momento em que o banco se conecta a face praial;

O *estado refletivo* tende a prevalecer em praias fortemente compartimentadas, em zonas protegidas entre promontórios, na presença de areias grossas ou após longos períodos de acreção. A reserva de areia encontra-se na parte subaérea da praia, com pouca areia depositada na parte submarina. Tal fato faz com que mesmo em condições de energia reduzida, induzam erosão subaérea.

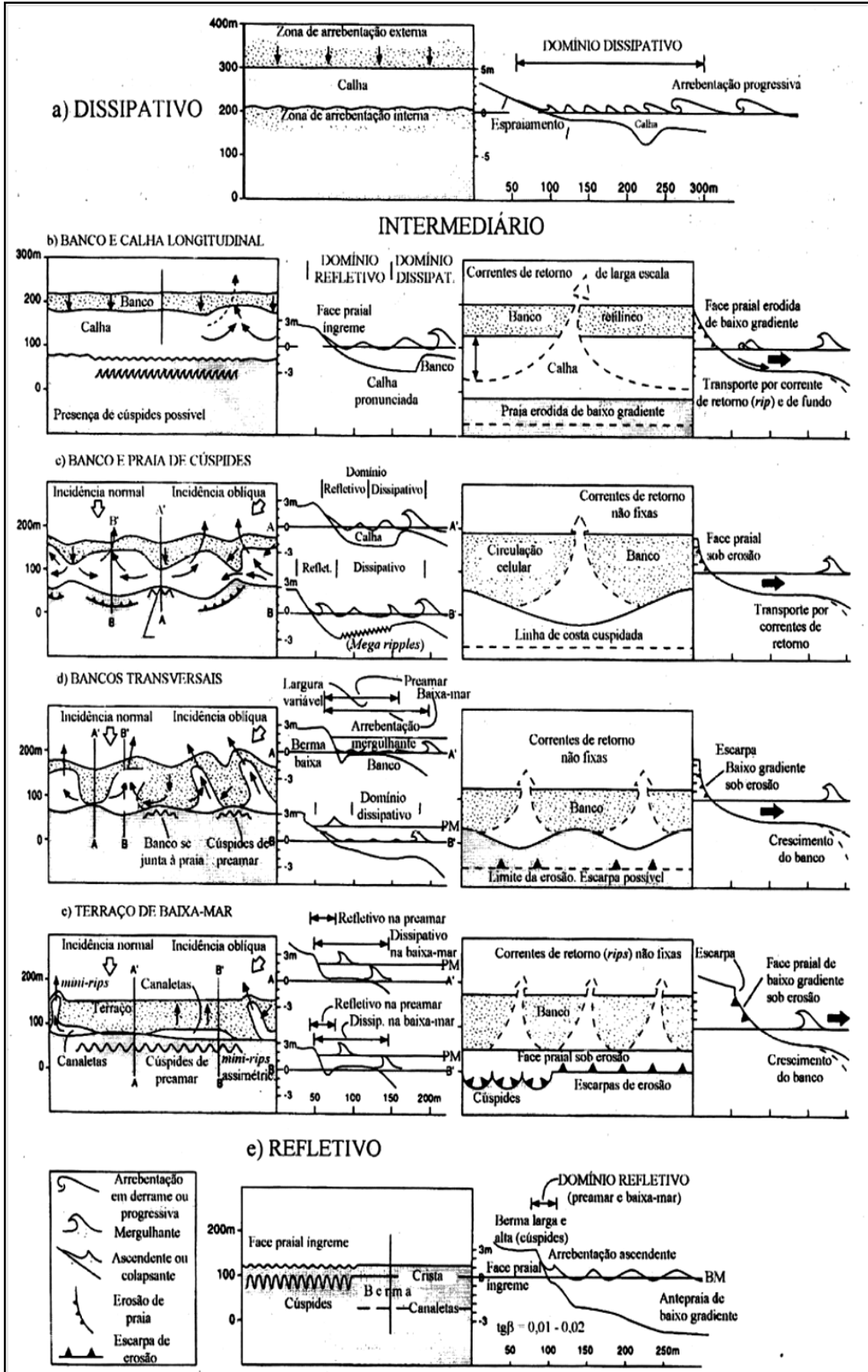


Figura 7- Estágios morfodinâmicos praiais.  
Fonte: Wright e Short (1984).

### 3.8 TRANSPORTE SEDIMENTAR EM PRAIAS ESTUARINAS

Como o vento não é frequentemente perpendicular à linha da costa, ondas geradas pelo vento normalmente correm até a praia em um ângulo oblíquo, com uma parte da energia paralela à costa puxando a água em uma curva parabólica. Este componente de transporte longitudinal está localizado na zona de espraiamento (Berman, 2011) (Figura 8). As correntes de deriva litorânea mobilizam sedimentos desta forma, a água serve como um meio para o transporte de sedimentos, enquanto o vento fornece energia para o transporte. Em qualquer ponto na praia, erosão e acreção estão ocorrendo, junto com o transporte de sedimentos para dentro e para fora da área paralela à linha da costa (Berman *op. cit.*).

Existem dois tipos de perfil, os de verão e os de inverno. A razão para a diferença é que no inverno as tempestades trazem ondas maiores com transporte de sedimentos transversais à costa construindo em seguida uma barra arenosa na zona de arrebenção. Estas, por sua vez, impedem que as ondas maiores cheguem à praia, evitando significativamente a erosão. No inverno o perfil é mais íngreme, no verão ocorre o contrário, pois o deslocamento de material é em direção à costa fazendo o declive do perfil ser mais suave (Gíslason, 2011).

Nas praias estuarinas com uma corrente significativa variando em relação à altura da onda, a face praial será retrabalhada, tanto pela zona de espraiamento quanto pela zona de arrebenção sob energia de onda baixa a moderada durante a ascensão e queda das marés (Saini et al., 2012).

Os principais fatores que decidem o padrão de fornecimento de sedimentos para o transporte sedimentar incluem (Dronkers, 1986):

*-O fluxo do rio relacionado com a entrada de sedimentos e de um fluxo de seção transversal afetado por diferenças de densidade.* Estas diferenças de densidade tendem a aumentar as correntes de enchente nas partes mais profundas e tendem a diminuir as correntes de inundação perto da superfície e nas partes rasas da seção transversal. O inverso vale para as correntes de vazante.

*-As características dos sedimentos.* Na carga de suspensão grosseira o sedimento é fortemente limitado pela velocidade das correntes e adapta-se a alterações em sua velocidade rapidamente. Para sedimentos finos, a saturação da carga suspensa ocorre raramente.

*-As ondas geradas por ventos.* Em planície de maré e na re-suspensão de sedimentos é um fenômeno significativo, em combinação posteriormente com o transporte das marés pode causar um fluxo substancial de sedimentos em direção ao mar.

*-A distribuição de velocidade das correntes e variação durante um ciclo de maré.* Estes dois elementos são os principais responsáveis por fluxos de sedimentos residuais. A variação das



marés tem as características de propagação de ondas de maré na plataforma continental (amplificação, distorção); a propagação da maré dentro da baía, geralmente consiste de um sistema geométrico complexo formado por canais sinuosos e planícies de maré.

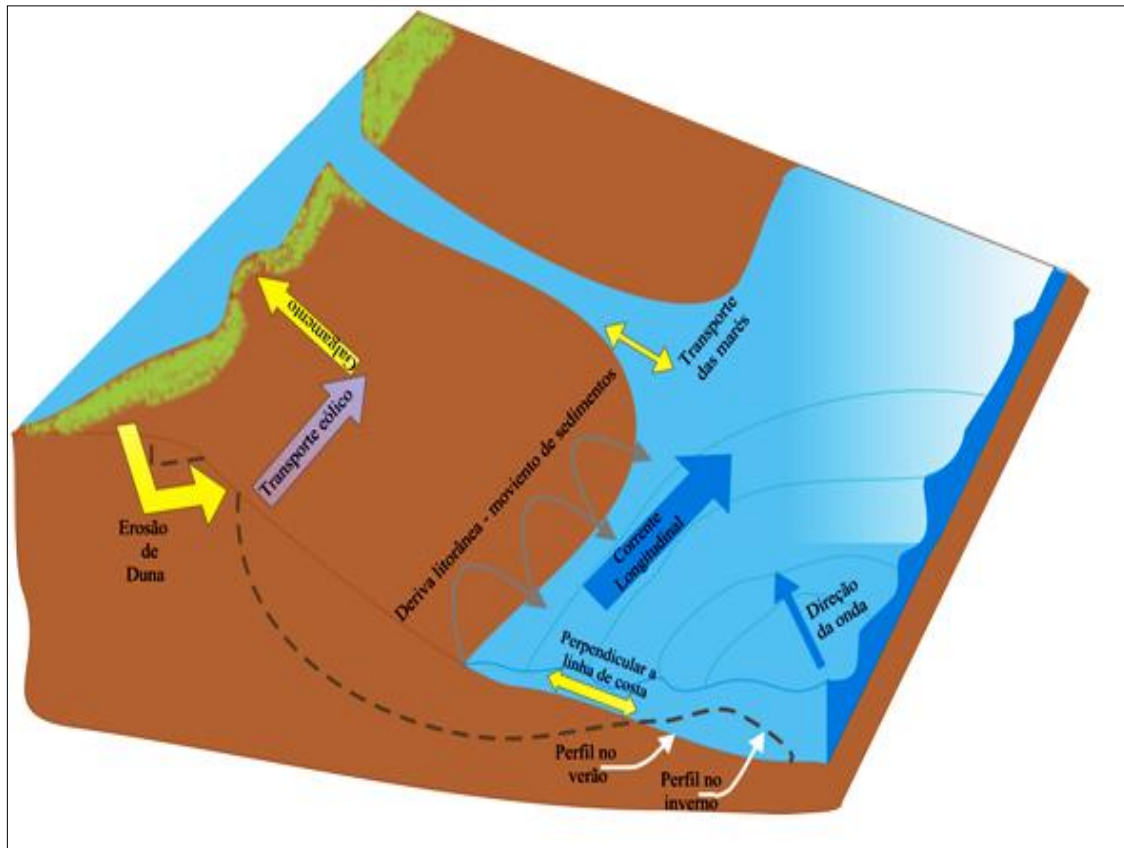


Figura 8- Diagrama mostrando as principais forças que atuam no transporte e retrabalhamento de sedimentos da linha de costa.

Fonte: Baseado em Berman (2011).

#### 4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A ilha do Marajó localiza-se no Norte do estado do Pará, na foz do rio Amazonas com uma superfície de 49.000 km<sup>2</sup>, e tem como limites: o Oceano Atlântico (Norte), o rio Pará (Sul) e o rio Amazonas (Oeste). É influenciada por clima tropical úmido (Af), com precipitação média no mês mais seco maior ou igual 60 mm/mês, e clima tropical úmido de monção (Am), com precipitação excessiva durante alguns meses (Miranda, 2010). A temperatura média anual do ar é de 27 °C, com valores mais baixos em florestas. As variações anuais e mensais de temperatura são pequenas, variando de 25 a 29 °C, entretanto ocorrem variações diárias entre os máximos e mínimos de 31,0 a 24,3°C respectivamente (Miranda *op. cit.*).

A evolução sedimentar, durante o Holoceno, da porção leste do Marajó está relacionada a processos que atuaram em toda a costa do Pará, controlados pelas flutuações do nível do mar (França et al., 2007). Dentre estes processos destacam-se a transgressão marinha do Holoceno inferior (7.000-6.000 anos A.P.) resultando no desenvolvimento de bosques de mangue; a regressão marinha, que marcou o Holoceno médio (6.000-3.000 anos A.P.), reduziu a área de dominância dos manguezais, permitindo a expansão de pântanos de água doce ou igapós; e por fim, o Holoceno tardio (2.350 anos A.P.), outra fase transgressiva, propiciou a substituição dos antigos ambientes de água doce por manguezais com gêneros botânicos mais diversificados (Behling & Costa, 2001; Senna e Absy, 2002).

Na Planície Costeira de Soure, ocorrem cordões arenosos com largas zonas de intermaré, margeando as planícies de maré, com direção preferencial Norte-Sul (França 2003). Possuem contornos retilíneos, que podem estar associados ao controle da sedimentação por falhas N-S, NW-SE e ENE-WSW, com gradientes topográficos diminuídos, devido os processos hidrodinâmicos estuarinos, favorecendo a inundação por maré (França *op. cit.*).

A maré tem característica semidiurna, sofrendo forte influência do vento e da chuva, com amplitude máxima de 3,7m. Na Baía do Marajó a corrente de maré é de até 3,5 nós, que perdura por até 2 horas após a inversão da maré (DHN, 2013).

A praia do Cajuúna está localizada no município de Soure (0°37' 41.971" S – 48° 28' 56.980" W e 0° 38' 54.888" S – 48° 29' 6.867" W), na margem Leste da Ilha do Marajó. A área é delimitada pelo canal do Cajuúna ao norte e canal do Pesqueiro ao Sul (Figura 9).

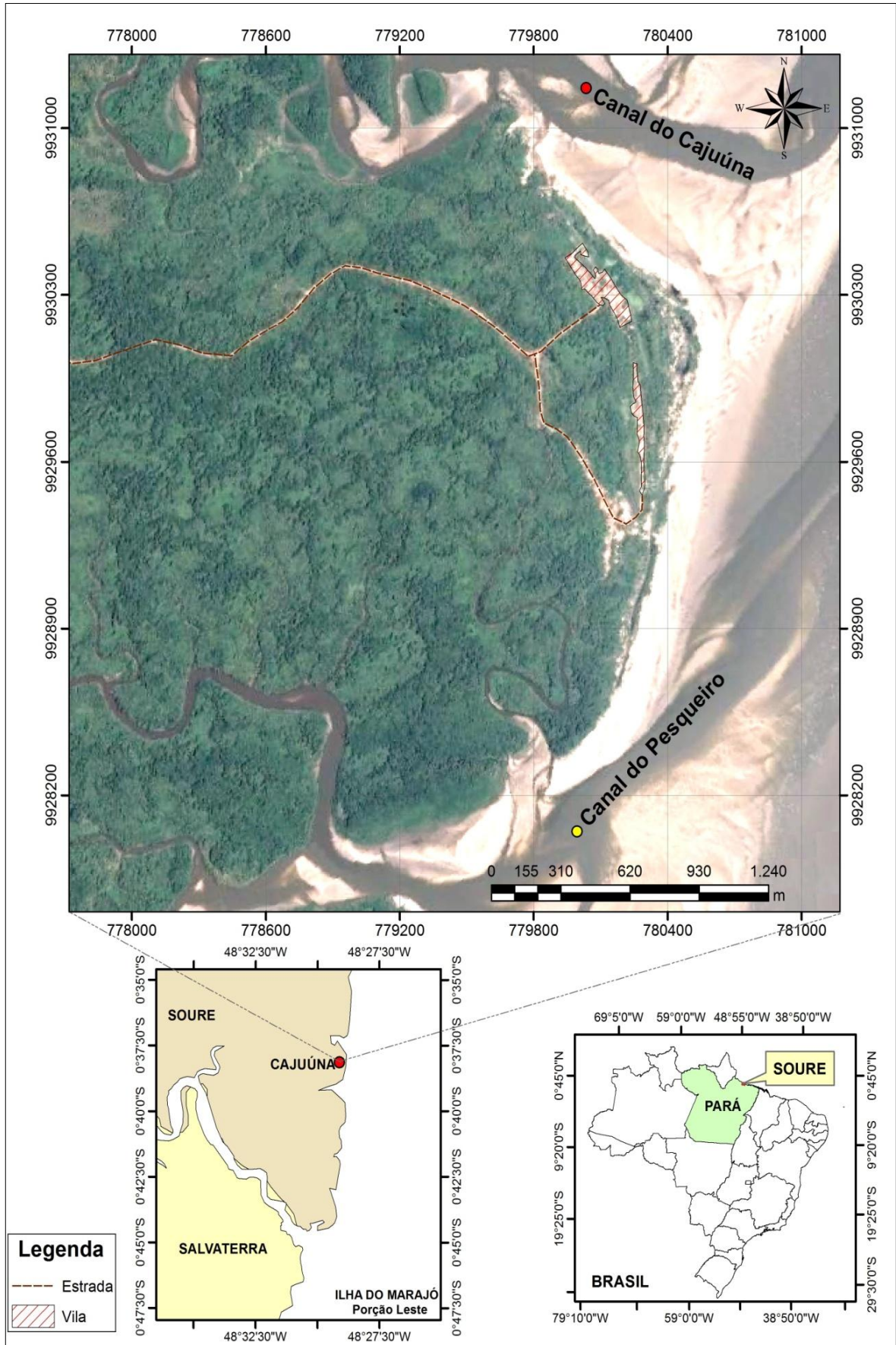


Figura 9- Mapa de localização da Praia do Cajuúna em Soure (ilha do Marajó-PA); em destaque os canais de maré do Cajuúna (ponto vermelho) e do Pesqueiro (ponto amarelo).

## 4.1 ASPECTOS REGIONAIS

### 4.1.1 Cobertura vegetal

O desenvolvimento da vegetação em Soure identifica dois períodos distintos de acordo com França (2010), o primeiro, revelando a expansão da vegetação herbácea, caracterizada pela presença das famílias Cyperaceae, Poaceae e Fabaceae sendo possível observar uma forte influência continental; depois ocorreu uma fase mais intensa na expansão dos manguezais, com predomínio de *Rhizophora* e *Avicennia*, indicando aumento na contribuição de matéria orgânica de origem aquática (fitoplanctônica) (Figura 10).

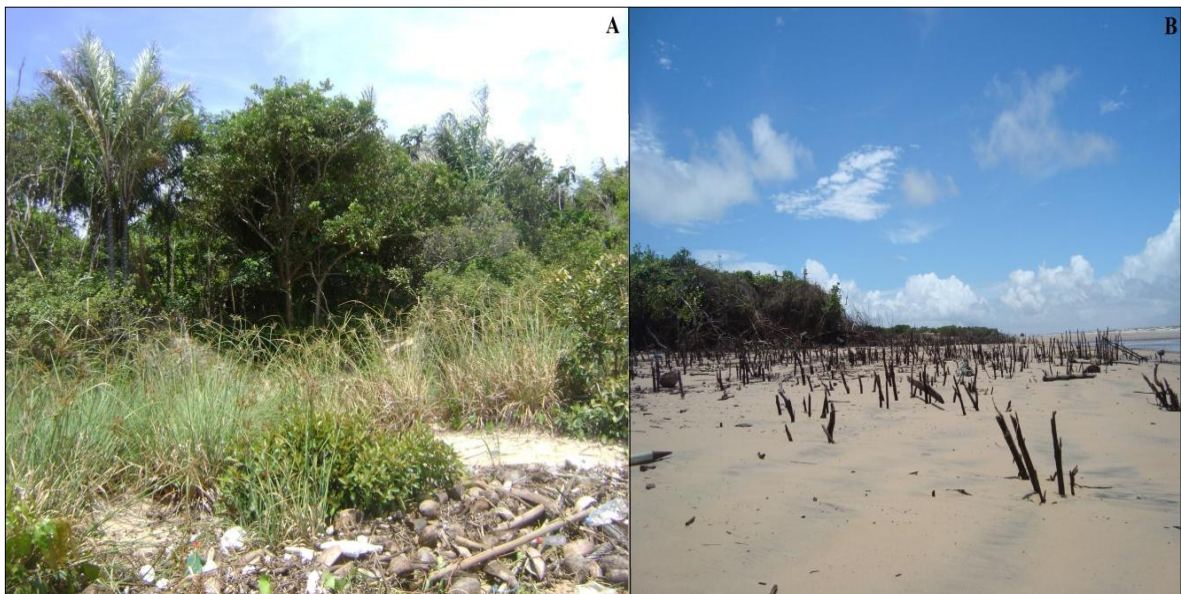


Figura 10- A) Vegetação de restinga predominante na praia do Cajuúna. B) Avanço dos cordões arenosos, causando ressecamento do mangue. Fotos tiradas em abril de 2014.

De acordo com Castro (2010), a parte leste da ilha do Marajó é dominada por campo limpo e campo natural (campo sujo). Os campos limpos constituem-se de plantas herbáceas, arbustos e manchas isoladas com vegetação densa. Os campos naturais ou sujos contêm vegetação herbácea, com árvores espalhadas em áreas mais elevadas, assim como ilhas e matas de campões. Parte dessas áreas de campos é susceptível a inundação durante o período chuvoso.

As espécies mais comuns são do tipo *Rhizophora* sp., *Avicennia* sp., *Lagunculária* sp. e *Conocarpus* sp. em coexistência com *Montrichardia* sp. e as demais espécies de várzea (*Protium* sp, etc). Nos cordões arenosos dunares encontram-se as espécies de vegetação de restinga como: *Paspalum vaginatum* Sw. (“capim-de- praia”), *Ipomea pes-caprae* Rott.,

*Psidium guajava* L. (“goiabeira”), *Byrsonima crassifolia* (L.) H.B.K. (“murucido - campo”) e *Chrysobalanus icaco* L. (“ajuru”) (França e Souza Filho, 2006).

Atualmente, na praia do Cajuúna tem apenas uma pequena faixa de manguezal, próximo ao canal do Pesqueiro, predominando nas outras áreas da praia a restinga, juntamente com a várzea.

#### 4.1.2 Tipos de solos

Ocorrem os seguintes tipos de solo em Soure: Latossolo Amarelo, típico de relevo plano suave ondulado e bem drenado, os Neossolos com relevo plano e mal drenado, os Aluviais de relevo plano e bem drenado e por fim os solos Salinos (solonchacks) de relevo plano e mal drenado (Furtado et al., 2009). Os de maior expressão são os hidromórficos indiscriminados - com horizontes superficiais orgânicos e orgânicos minerais, grande variação em espessura, com matéria orgânica total ou parcialmente decomposta, é pouco evoluído e medianamente profundo, pouco poroso, ácido, com baixa capacidade de troca de cátions e saturação de bases; e hidromórficos gleyzados - desenvolvidos sobre sedimentos recentes, fortemente ácidos, podendo apresentar-se neutros e alcalinos, de textura argilosa e, às vezes com considerável conteúdo de silte (Correa et al., 1974) (Figura 11). Os solos halomórficos ocorrem com pouca expressão, representados por solos indiscriminados de mangue (Bemerguy et al., 2003).

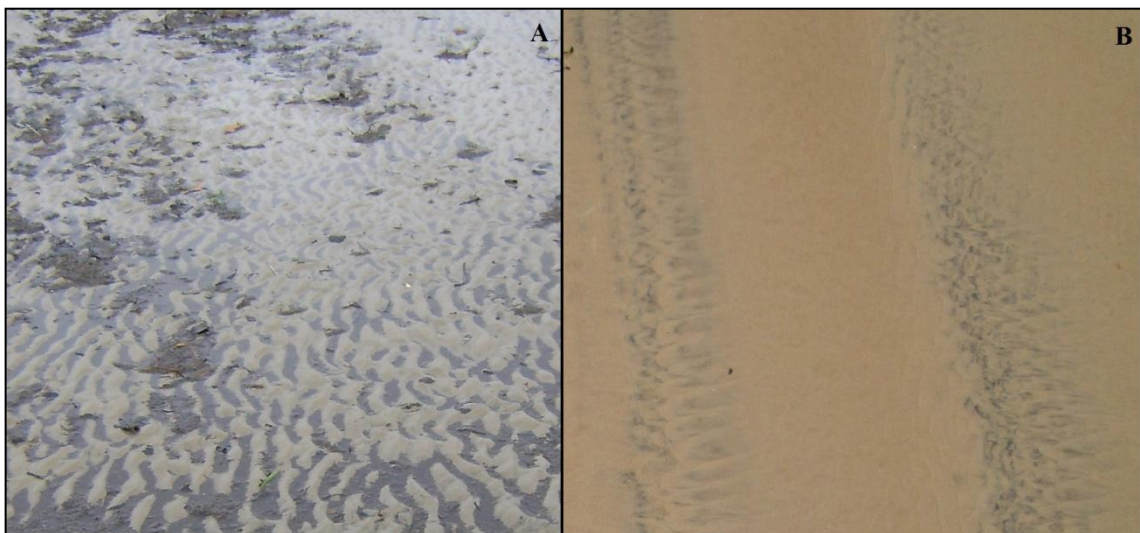


Figura 11- Solo hidromórfico na Praia do Cajuúna. (A) Zona de Inframaré (B) Zona de Supramaré.

#### 4.1.3 Geologia e estratigrafia

A parte leste da ilha do Marajó está inserida na Plataforma Pará (PP), que corresponde a uma extensa área tectonicamente estável entre as bacias paleozóicas do Amazonas e do Parnaíba, limitada pelos arcos de Gurupá e Tocantins. Essa plataforma apresenta pequenas fossas com profundidades na ordem de 3.500 m (Rezende e Ferradaes, 1971).

Em superfície, a ilha do Marajó contém, em sua margem oriental (município de Soure) um cinturão de depósitos miocênicos (Formação Barreiras - constituída de arenitos maciços a estratificados, argilitos laminados a maciços e pelitos com acamamentos heterolíticos); e sedimentos Plio-Pleistoceno (Pós – Barreiras - representados por arenitos finos a médios, maciços amarelados) (Arai et al. 1988; Rossetti et al. 1989; Rossetti, 2000; Rossetti, 2001; Rossetti et al. 2007).

Após a deposição dos sedimentos Pós-Barreiras formaram-se acumulações sedimentares pelíticas e psamíticas ligadas à evolução atual dos sistemas de drenagem e do litoral (Arai *op. cit.*; Rossetti et al. *op. cit.*; Rossetti *op. cit.*; Rossetti *op.cit.*; Rossetti et al. *op.cit.*). A praia do Cajuúna está assentada sobre os sedimentos da Formação Pós – Barreiras e sedimentos recentes (Figura 12).

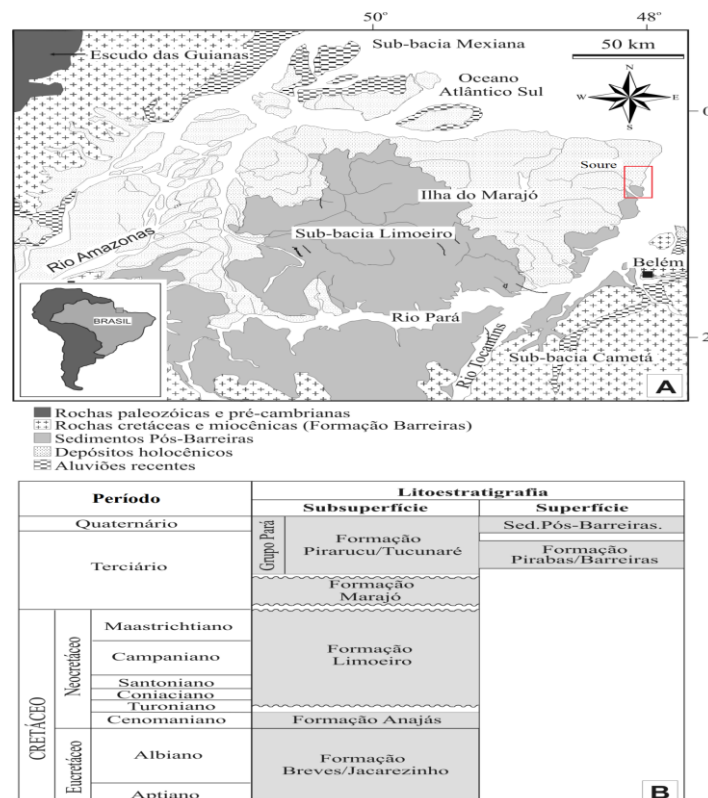


Figura 12- A) Mapa Geológico do baixo rio Tocantins – Ilha do Marajó (destacada a área onde se localiza a praia do Cajuúna). B) Coluna estratigráfica da área de estudos. Fonte: Mantelli e Rossetti (2009).

#### 4.1.3.1 Geomorfologia

A superfície plana da ilha do Marajó é topograficamente mais baixa na parte leste, que na parte oeste, favorecendo as inundações durante o período chuvoso (Behling et al., 2004; Francisquini, 2011).

A planície costeira de Soure possui disposição N-S, com a borda leste retilínea, controlada por possíveis falhas normais NW-SE, e recortada por desembocaduras com orientação preferencial NW-SE. Nesta planície de maré ocorrem manguezal, cordões de praias e dunas (Souza Filho, 1995; 2000; Costa et al., 2002; França e Souza Filho 2006).

A área de estudo está inserida na Planície Costeira, e é constituída por sedimentos lamosos e arenosos; ocupa a parte centro-oriental da margem Leste da ilha do Marajó, com cerca de 377,18 km<sup>2</sup>. Esta planície atinge cotas topográficas < 5 m e se estende para a parte interna da ilha o alcance máximo da influência das marés, no limite com o planalto costeiro (El-Robrini, 2012).

- As *planícies de maré* em Soure estendem-se longitudinalmente, alargando-se para norte, são planícies lamosas de intermaré. Limita-se a oeste com o planalto costeiro e com a planície lamosa de supramaré, a leste com os cordões de dunas e praias, e ao sul com o rio Paracauari. As principais drenagens são representadas pelos canais do Uruci, Araruna, Glória, Barco, Pesqueiro e Cajuúna.

- Os *cordões arenosos antigos* ou *cheniers* na planície costeira de Soure tem área de 5,2 km<sup>2</sup>, dispõem-se paralela ou quase paralelamente à linha de costa atual, distando entre 0,2 a 1,5 km da mesma, e possuem comprimentos variados e formas lineares ou curvadas. Apresentam direção preferencial N-S e NW-SE (França e Souza Filho, op. cit.).

- Os *canais de maré* do Cajuúna e Pesqueiro em Soure exibem largura máxima entre 112 e 468 m, e direções preferenciais NW-SE e N-S (Silva, 1996; Souza Filho, 1995; França e Souza Filho, 2006).

- Os *deltas de maré vazante* caracterizam-se pela presença de dois ou mais braços rasos, separados por bancos arenosos de foz de canal, que ficam expostos na maré baixa. A sedimentação arenosa pode originar grandes bancos que se estendem na direção do oceano. Os canais do Cajuúna e Pesqueiro desenvolvem deltas de maré vazante, com sentido preferencial S-N e W-E (França e Souza Filho, 2006).

- As *dunas costeiras* encontram-se com cristas paralelas á costa em Soure, e formadas em áreas de vegetação densa. São dunas baixas, longitudinais e recobertas por vegetação de restinga (França e Souza Filho, 2006) (Figura 13).



Figura 13- Dunas na praia do Cajúuna. A) Fixação de dunas pela vegetação. B) Duna formada a partir da vegetação. C) Duna escarpada com 1,5 m, recoberta por restinga.

- As *praias* na área de estudo estendem-se pelo extremo oriental da planície costeira, sob a dinâmica das águas estuarinas do rio Pará e do Paracauari. A praia do Cajuúna possui orientação espacial N-S, forma extensos cordões entre 1,7 a 4,5 km, com forma retilínea a convexa, pertence a uma costa de baixo gradiente, seccionada por grandes canais de maré, zona de estirâncio com larguras que variam de 180 a 500 m, e barras - calhas desenvolvidos (Figura 14).





Figura 14- Barra – calha localizada no setor 2 da praia do Cajuúna (período chuvoso).

## 4.2 CLIMA E PARÂMETROS METEORÓLOGICOS

### 4.2.1 Clima

As condições climatológicas na ilha do Marajó estão associadas ao tipo de vegetação, havendo diferença entre a parte ocidental da ilha (florestas) e a parte oriental (campos) (Lima et. al., 2005; Nascimento, 2013).

Na parte leste da ilha, onde está inserida a área de estudo, o clima é tropical úmido de monção, do subtipo “Am” (Figura 15) com temperatura média anual de 27,3 °C e pluviosidade anual superior a 3.000 mm (Martorano et al. 1993). Segundo Lima et. al. (2005) o período de dezembro a maio é a estação mais chuvosa, com maiores índices entre fevereiro e abril, e junho a novembro o período menos chuvoso, com menores índices entre setembro e novembro (Figura 16).



Figura 15- Mapa climatológico da ilha do Marajó de acordo com a classificação de Köppen.  
Fonte: Miranda (2010).

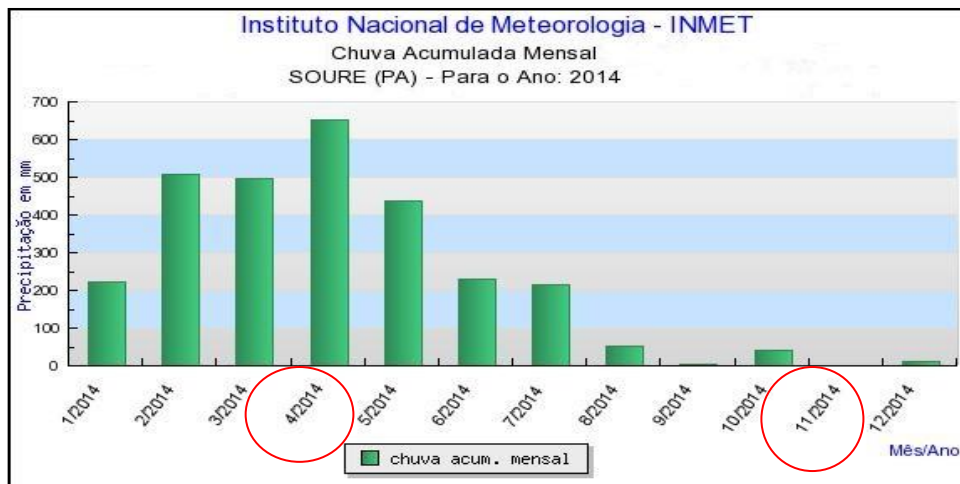


Figura 16- Chuva acumulada mensal, em destaque os meses em que foram feitas as coletas.  
Fonte: INMET (2014).

#### 4.2.2 Parâmetros meteorológicos

A temperatura média do ar é de 27,3 °C, com umidade relativa do ar muito alta o ano todo, mantendo-se sempre acima dos 80 % (Lima et al., 2005; Nascimento, 2013).

Os ventos na ilha do Marajó sopram na direção preferencial NE, com velocidade média de 7 m/s, que varia sazonalmente devido a migração da Zona de Convergência Inter Tropical (ZCIT) (Lima et al., 2005). Os ventos podem também variar na intensidade de acordo com os setores (ocidental e oriental), devido às diferenças na topografia e vegetação

presente nas áreas (Lima et al., 2005). As florestas fazem função de barreiras aos ventos litorâneos de NE que chegam à costa oriental, favorecendo uma queda na velocidade (Lima et al., 2005).

As oscilações, durante o ano, da ZCIT e a ação dos ventos alísios têm um papel importante no controle das chuvas da região (Lopes, 2009). As precipitações são mais abundantes entre o verão e o outono, quando a ZCIT avança em direção interior do continente (Lopes *op. cit.*). Quando o inverno se aproxima, a ZCIT se desloca em direção ao hemisfério norte fazendo com que a região passe por um período menos chuvoso (Lopes, 2009).

Uma variável que pode interferir na atuação da ZCIT é a Temperatura Superficial da Água (TSM) no Atlântico Equatorial. Pequenas anomalias na TSM provocam mudanças no padrão de circulação atmosférico, influenciando as precipitações na margem Leste da Ilha do Marajó. Isso ocorre geralmente em anos de El Niño (Gamba 2009).

#### 4.2.3 Hidrografia

Na ilha do Marajó a hidrografia é constituída de dois setores. O setor ocidental com “furos” e igarapés, que se interligam durante o período das cheias; neste setor destacam-se três bacias, a do rio Anajás, rio Pracúba e rio Canaticú. E o setor oriental, no qual está inserido o município de Soure, com bacias dos rios Arari, Paracauari, Camará e Afuá (Miranda, 2010).

A praia do Cajuúna é enquadrada entre os canais de maré de Cajuúna e Pesqueiro, e as águas estuarinas da Baía do Marajó, abertas para o oceano Atlântico. A baía de Marajó localiza-se na parte oriental do Golfão Amazônico; inicia-se a partir da confluência da baía do Capim com o rio Pará, entre os municípios de Ponta de Pedras (ilha do Marajó) e Barcarena, e se estende até o oceano Atlântico (IBGE, 1987). Em decorrência de sua posição geográfica, a baía do Marajó recebe baixa contribuição das águas do rio Amazonas, fato este que concorre para a penetração mais efetiva da cunha salina, proveniente do oceano Atlântico (Lima et al. 2001). Isso aumenta o teor de cloretos dissolvidos, de modo que a salinidade das águas e dos sedimentos está entre as mais elevadas do golfão (Lima et al. *op. cit.*).

O canal do Cajuúna desaguava, em 1986, em uma única foz de direção SW-NE; em 1995, este canal passou a desaguar em dois “inlet” na foz, uma no sentido SW-NE e outra W-E. Esta última foi resultado da migração da margem direita por cerca de 615 m para Sul, equivalente a 68 m/ano, o que rompeu o delta de maré vazante na sua extremidade Sul, dividindo-o em dois segmentos: - ao Norte permaneceu isolado do continente, durante a maré

baixa, com ramificações para NE; e ao Sul ficou ligado à praia do Cajuúna, na maré baixa, e se alongou para E (França e Souza Filho, 2003).

Entretanto, o canal do Pesqueiro, em 1986, vertia no sentido SW-NE com a construção de delta com orientação S-N; em 1995, este canal apresentou inflexão para Norte, deslocando sua foz cerca de 179 m a uma taxa de 19 m/ano, porém manteve a posição desta foz no sentido SW-NE. O deslocamento relacionou-se ao crescimento longitudinal do delta para norte que, ao mesmo tempo, mudou sua forma, tornando-se mais estreito e recurvado para NW (França e Souza Filho *op. cit.*).

### 4.3 ASPECTOS OCEANOGRÁFICOS

#### 4.3.1 Ondas

O litoral Norte do Brasil é influenciado por ondas com alturas de <1-1,5m em mar aberto, formada por ventos alísios, entretanto anomalias geradas por ciclones extra tropicais podem gerar ondas até 3m (Innocentini et al., 2000).

#### 4.3.2 Marés: altura e correntes

A ilha do Marajó é influenciada por macromarés semi-diurnas com amplitudes variando de 4 a 6 m em Soure. Com o domínio de macromaré semi-diurna, a variação das marés de sizígia alcança amplitude de 4,3 m. A amplitude e duração das marés, bem como a intensidade das correntes é função da quantidade de chuva, da intensidade dos ventos reinantes e das variações das direções das correntes nos canais, igarapés, rios e bancos (DHN, 1976; Corrêa, 2005). A altura máxima de maré foi de 5,3 m durante o período chuvoso e 4,3m durante o menos chuvoso (DHN, 2014).

Na costa paraense, as correntes de marés, e secundariamente, as correntes litorâneas, são responsáveis pelo transporte de sedimentos da plataforma continental para o litoral. Na área de estudo estas podem alcançar velocidade média igual a 130 cm/s, com maiores intensidades durante a estação menos chuvosa (Ferreira, 2010).

## 5 METODOLOGIA

A metodologia foi subdividida em 3 etapas: (1) preparação de campo no Laboratório de Geologia Marinha, (2) aquisição de dados durante duas campanhas: nos períodos chuvoso (01/04/2014) e menos chuvoso (23/11/2014), (3) análise laboratorial, consistiu no tratamento das amostras coletadas em campo.

### 5.1 PREPARAÇÃO DE CAMPO

De acordo com Fontoura (2004), o método de armadilhas portáteis é uma técnica de medição pontual que utiliza um conjunto de redes de captura de sedimentos. Estas armadilhas (redes de captura) podem medir a distribuição vertical e longitudinal da taxa de transporte de sedimentos na zona de surfe, gerando análise quantitativa e qualitativa dos mesmos (figura 17).

No Brasil, este método foi utilizado em praias na região Sul, Sudeste, Nordeste e Norte para medição da taxa de transporte de sedimentos litorâneos, porém nunca foi utilizado na ilha do Marajó (Fontoura, 2004; Soares, 2005; Albuquerque, 2008; Ranieri, 2011; Bittencourt, 2013).

Conforme idealizado por Kraus e Dean (1987) a armadilha é uma torre vertical na qual são dispostas janelas (armadilhas) com abertura de 15 x 9 cm revestidas por um tecido de poliéster em forma de coador, para permitir a passagem da água e reter os sedimentos. Kraus (1987) estabeleceu valores e especificações da armadilha: Nas janelas, podem ser fixadas 10 redes com malha de abertura de 63 micrômetros, coincidindo com o limite inferior do tamanho dos sedimentos não coesivos (areia muito fina). As redes 1 a 6, de baixo para cima, têm comprimento de 60 cm, as redes 7 e 8 têm comprimento de 70 cm, e as redes 9 e 10 tem comprimento de 110 cm, sendo estes últimos os de maiores comprimento, pois após a zona de arrebatamento os maiores fluxos são observados próximos à superfície; o tamanho da torre (armação das redes) é de 1,80 m. Fontoura (2004) aprimorou a armadilha, dessa forma, as redes foram montadas com as bocas de captura afastadas 4 cm do corpo do suporte, diminuindo a interferência com o fluxo perturbado e a erosão que ocorre próximo às pernas do suporte, cujo comprimento foi de 3,80 cm.

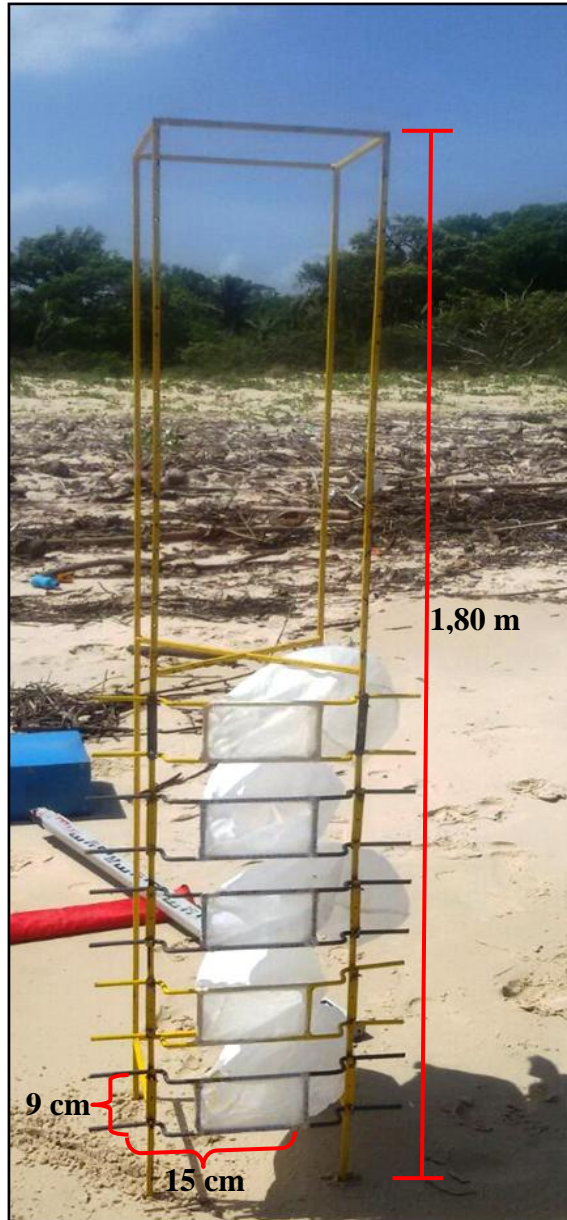


Figura 17- Armadilha de transporte longitudinal utilizada na pesquisa.

Komar (1978), Wang et al. (1998) consideram como transporte de fundo todo o sedimento transportado na camada que se inicia do fundo até a cota de 0,10 m, acima dele. O fluxo de sedimentos que passa pela armadilha é dado por um conjunto de equações utilizadas para estimar o cálculo do transporte de sedimentos conforme a equação (1) (Wang et al., 1998):

$$\Delta F_i = \left( \frac{F_{i+1}}{Z_{i+1}} + \frac{F_{i-1}}{Z_{i-1}} \right) \Delta Z_i \quad (1)$$

Onde  $\Delta F_i$  é a quantidade de sedimentos que flui no espaço entre 2 armadilhas adjacentes,  $F_{i+1}$  e  $F_{i-1}$  são as quantidades medidas pelas 2 armadilhas (superior e inferior), enquanto que  $Z_{i+1}$  e  $Z_{i-1}$  representam a dimensão vertical da boca da armadilha superior e inferior, respectivamente (Fontoura 2004).

O fluxo total  $I$  que passa através de uma armadilha é calculado pela equação (2). O fluxo total de sedimentos que passa através de uma estação de medição é dado pela soma dos fluxos individuais ( $F_i$ ), que passam por cada armadilha, somados aos fluxos nos espaços entre cada duas armadilhas adjacentes ( $\Delta F_i$ ).

$$I = \sum_{i=1}^N (F_i) + \sum_{i=1}^{N-1} (\Delta F_i) \text{ (Kg/h/m}^2\text{)} \quad (2)$$

Segundo Kraus (1987) e Fontoura (2004), as principais vantagens oferecidas pelo conjunto de armadilhas são:

- Medições de valor absoluto, com os sedimentos sendo capturados, pesados e analisados;
- Taxas de transporte estabelecidas para intervalos de minutos, podendo ser diretamente relacionadas às ondas e correntes responsáveis pelo seu movimento;
- Medição da distribuição vertical da taxa de transporte, permitindo distinguir entre o transporte por arraste de fundo e em suspensão;
- Amostras com peso acima de 5 g podem ser pesadas no campo, permitindo um rápido cálculo e interpretação dos resultados;
- Uso simultâneo em diferentes pontos do perfil praial estudado, permitindo a determinação da distribuição lateral da taxa de transporte longitudinal;
- Baixo custo, fácil construção e manutenção simples;
- Rústicos e portáteis podem ser utilizados em ambientes agressivos e transportados e instalados com facilidade;
- Permitem elevado número de medições por unidade de tempo, principalmente quando comparado com métodos tradicionais como: traçadores e métodos acumulativos.

Como desvantagens são conhecidas:

- Erosão do fundo nas proximidades da armadilha mais baixa, podem produzir alterações artificiais no fluxo de sedimentos junto ao fundo;
- Alteração na velocidade local do fluxo pela interferência física do equipamento alterando as taxas de transporte medidas;

- Necessidade de um tempo de coleta muito pequeno que em dadas circunstâncias pode comprometer a representatividade da amostra;
- Utilização apenas em condições atmosféricas normais, não sendo possível seu uso durante a ocorrência de eventos extremos.

## 5.2 AQUISIÇÃO DE DADOS

A localização dos perfis topográficos praias foi pré-definida através de GPS e do programa Google. Foram definidos 7 perfis topográficos com equidistância de 300m. A coleta de sedimentos seguiu a zonação proposta por Souza Filho et al. (2003), ao longo dos perfis, e foram feitas medições pontuais de transporte longitudinal na zona de surfe (armadilhas) e aquisição de ondas, correntes e de ventos locais. Foram realizadas duas campanhas de campo, uma durante o período chuvoso de maré equinocial (01/04/2014) e outra no período menos chuvoso (23/11/2014).

O método de armadilhas portáteis foi aplicado na zona de surfe da praia do Cajuúna, durante as marés de enchente e vazante, em dois pontos (A, D) no setor 1 e 2 da praia. O intuito foi de obter o fluxo dos sedimentos que entram e saem na praia, através de estimativas feitas a partir da quantidade de sedimentos aprisionados pela armadilha durante o transporte longitudinal e a densidade de sedimentos mobilizados na coluna d'água. Neste método foram coletadas amostras de sedimentos verificando o peso total, além de realizar análise granulométrica.

As coletas de sedimentos na face praias foram feitas ao longo dos 7 perfis transversais iniciando na zona de supramaré e se estendendo até a zona de inframaré.

Foram realizadas medições da intensidade da corrente longitudinal, altura, período e ângulo de incidência de ondas. Estas medidas foram feitas no limite inferior dos pontos A e D (inframaré) juntamente com a armadilha. Utilizou-se dados relativos à tábua de marés da área de estudo para cada dia de experimento ([www.mar.mil.br/dhn/chm/tabuas/index.htm](http://www.mar.mil.br/dhn/chm/tabuas/index.htm)). A coleta de sedimentos na praia foi desempenhada durante a maré baixa de sizígia, o método de armadilhas foi aplicado durante as marés enchente e vazante, assim como as medições de ondas e correntes (Figura 18).



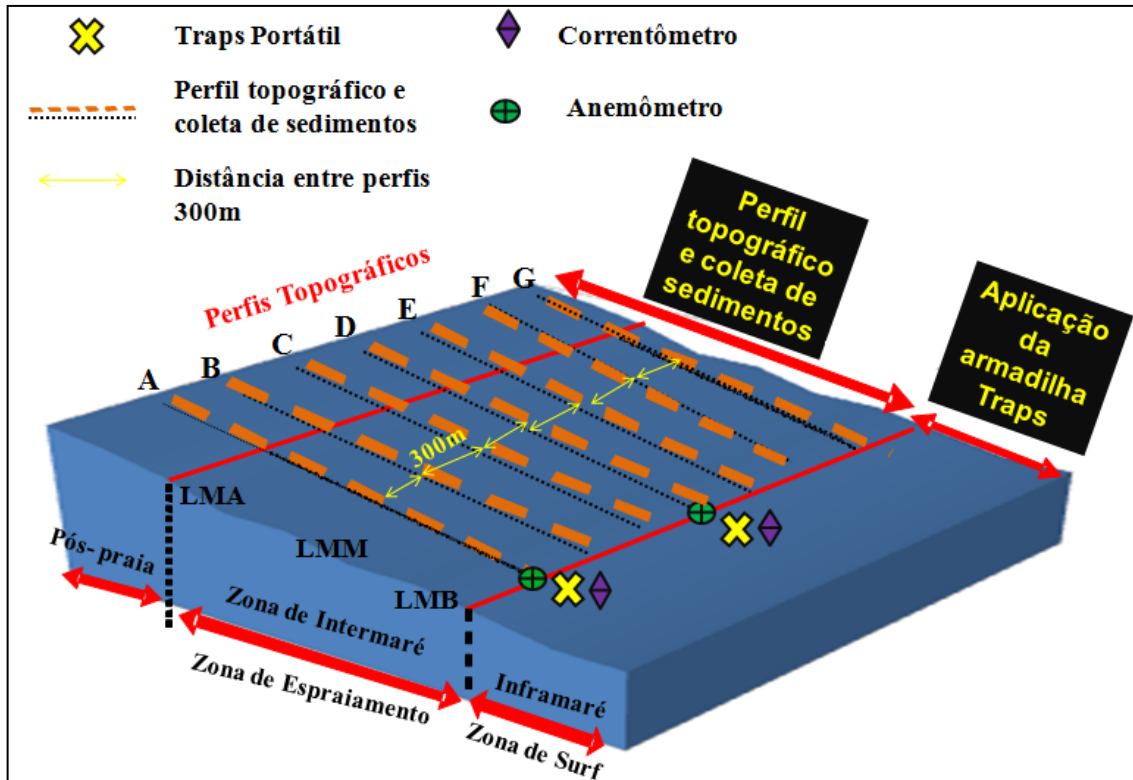


Figura 18- Fluxograma de aquisição de dados: praia do Cajuúna subdividida em 7 perfis topográficos (A a G) com equidistância de 300 m; Coleta de sedimentos ao longo dos perfis pelo método de zonação morfológica; Medição da velocidade dos ventos na linha de maré baixa e aplicação da armadilha de transporte longitudinal na zona de surfe; acoplamento do correntômetro próximo a armadilha.

### 5.2.1 Perfilagem topográfica praial

O perfil topográfico praial quantificou o balanço sedimentar nos setores (Perfis A á G) e zonas (supramaré, intermaré, inframaré) da praia do Cajuúna. Assim, foram coletados sedimentos simultaneamente ao perfil e anotadas as coordenadas de todas as amostras no decorrer de cada perfil através de um *GPS Garmin MAP 76CSX* (Figura 19 A). A medição topográfica foi realizada, mediante uso de *Estação Total TOPCON GPT 3007W* (Figura 19 B) e prisma refletor (mira do instrumento) (Figura 19 C), adotando-se os métodos de Birkemeier (1985).



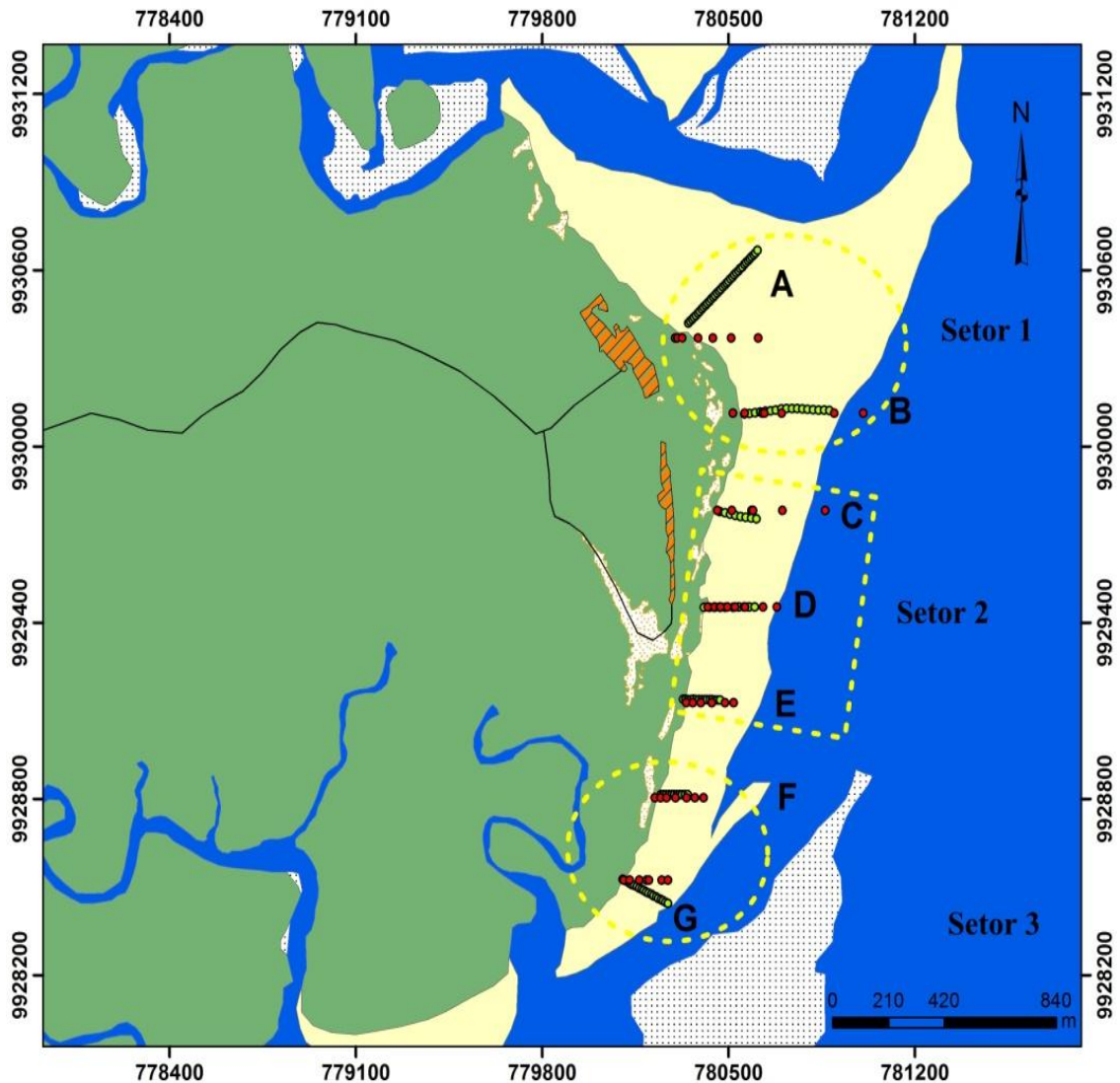
Figura 19- A) Medição topográfica do perfil transversal á linha de costa na praia do Cajuúna; B) estação total; C) Prisma refletor (foto em 04/2014).

O levantamento topográfico foi iniciado com a leitura ré de um ponto fixo (casa rosa) (Figura 20 A), assim como houve um ponto fixo para a estação total (Cajueiro) (Figura 20 B). Estes pontos foram escolhidos devido à maior estabilidade de permanência destes artifícios no local durante todo o período de realização do trabalho. Neste trabalho, as medidas utilizadas foram as de coordenadas: N, E (North e East – Norte e Leste em UTM) e Z (Cota topográfica). O ponto gráfico de partida de cada perfil foi obtido pela cota topográfica resultante do desnível com o RN (Nível de Referência) – ponto fixo. Para representação gráfica dos perfis topográficos, utilizou-se o programa *Grapher 5* da *Golden Software* (Figura 21).



Figura 20- A) Estabelecimento do ponto fixo de ré (casa rosa) e B) do ponto fixo da estação total (Cajueiro).

## Praia do Cajuúna Perfis Topográficos



### Legenda

- |                   |               |                      |
|-------------------|---------------|----------------------|
| • Perfil Abril    | Amarelo Praia | Hachurado Vila       |
| • Perfil Novembro | Branco Dunas  | Verde Vegetação      |
| — Estrada         | Azul Água     | Cinza Cordão Arenoso |
| --- Setores       |               |                      |

Figura 21- Mapa mostrando o alinhamento dos perfis topográficos durante os períodos chuvoso (pontos vermelhos) e menos chuvoso (pontos verdes).

Para a coleta de sedimentos foi utilizada uma tampa de tubo PVC de 5 cm para coletar a camada sedimentar superficial correspondente a deposição semi-diurna mais recente. Não

foi estabelecido um padrão de distância entre as amostras. Após a coleta as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e identificadas com etiquetas (Tabela 1).

Tabela 1 - Número de amostras de sedimentos coletadas na praia do Cajuúna por perfil.

Perfil	A	B	C	D	E	F	G	Total
Período chuvoso	7	8	4	8	7	8	8	50
Período menos chuvoso	7	10	3	5	5	5	6	41

A Figura 22 mostra o mapa amostral das coletas de sedimentos feitas na praia do Cajuúna durante os períodos chuvoso (pontos vermelhos) e menos chuvoso (pontos verdes).

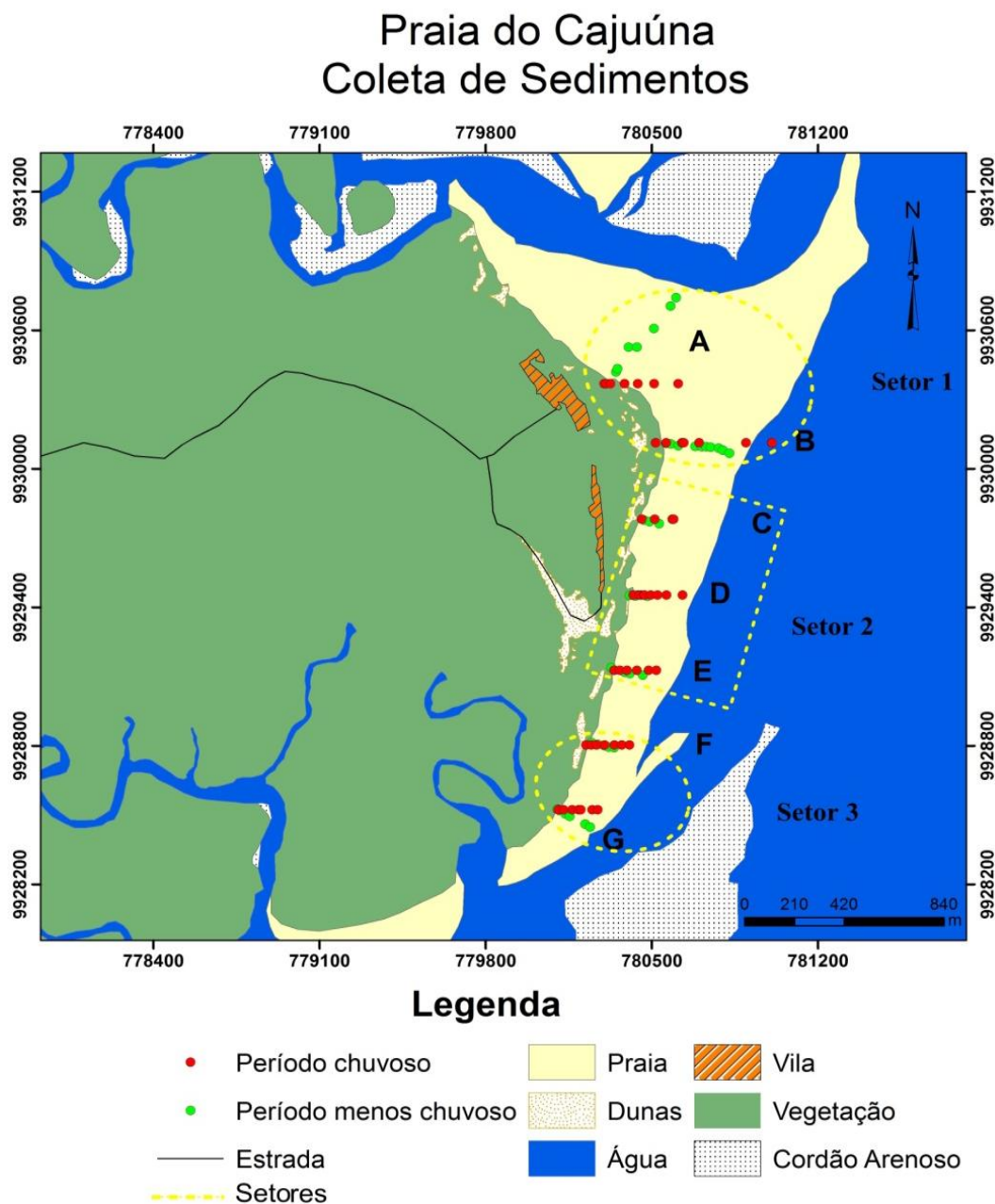


Figura 22- Mapa mostrando os pontos de amostragem de sedimentos durante os períodos chuvoso (pontos vermelhos) e menos chuvoso (pontos verdes).

### 5.2.2 Método de armadilha de sedimentos na zona de surfe

Inicialmente foi feita medição da altura de onda para identificar o limite máximo de redes da torre metálica a ser colocado da base ao topo. Assim como a medida da intensidade da corrente longitudinal, para melhor posicionar a torre incluindo a identificação da direção da mesma (Leste ou Oeste). Em campo, o conjunto de armadilhas foi fixado ao suporte que ficou posicionado contra a corrente, com a base completamente enterrada no fundo até que a abertura da primeira rede tocasse o solo (nível 1), o operador se posicionou na parte traseira da armadilha, entre esta e a praia, o tempo de operação foi de 3 minutos (Figura 23).

Este método foi utilizado em 2 setores estratégicos da praia do Cajuúna, correspondentes à direção dos perfis topográficos A (setor 1) situado no delta de maré vazante do canal do Cajuúna, em uma área mais abrigada; e D (setor 2) localizado em uma área mais exposta a ação das ondas.

As amostras foram identificadas da seguinte forma: para o setor 1, **PV** (primeiro ponto na maré vazante) e **PE** (primeiro ponto na maré enchente); para o setor 2, **SV** (segundo ponto na maré vazante) e **SE** (segundo ponto na maré enchente) (Tabela 2).

Tabela 2: Hora e os níveis utilizados na armadilha.

Pontos	Período chuvoso		Período menos chuvoso	
	Hora	Níveis	Hora	Níveis
PV	12:15	5	17:20	4
PE	18:17	3	11:09	5
SV	13:57	5	14:27	3
SE	17:33	3	12:21	5



Figura 23- Armadilha de transporte de sedimentos longitudinal. Armação da armadilha (A), retirada das armadilhas da água (B) e (C) retirada das redes.

### 5.2.3 Hidrodinâmica

#### 5.2.3.1 Ondas

O parâmetro onda foi analisado através de observações visuais:

- Altura (H): medida entre a zona de arrebentação e a face praial com auxílio de uma régua graduável de 5 m (mira). Foram medidas as alturas e cronometrado o tempo da passagem de 11 cristas de ondas sucessivas (Figura 24 A).
- O período de ondas (T): Intervalo de tempo da passagem das 11 cristas, medida em segundos, representando a passagem de 2 cristas de ondas sucessivas por um ponto fixo. O resultado do tempo da passagem das 11 cristas foi dividido por 10 (determinação do período médio),
- O ângulo de incidência de ondas ( $\alpha$ ): Ângulo que as ondas produzem após a arrebentação na face praial. É resultado da diferença entre a direção de inclinação da face praial (direção do ângulo de mergulho) e direção de aproximação das ondas na altura da arrebentação. Essas direções foram medidas mediante o uso de bússola (*Brunton Pocket Transit DQL-08*) (Figura 24 B).



Figura 24- Medida da altura das ondas (A) e medidas feitas com a bússola para obter o ângulo de incidência das ondas (B).

#### 5.2.4 Corrente longitudinal

A direção das correntes longitudinais foram medidas mediante uso de bóia de deriva entre o ponto de quebra de onda e a linha de praia de acordo com Fontoura (2004), também foi utilizado o correntômetro de modelo *AEM USB* da marca *JFE ALEC* (Figura 25) para aquisição da distância alcançada e intensidade das correntes.



Figura 25- Correntômetro acoplado a um tubo PVC na praia do Cajuúna.

O correntômetro foi instalado na praia do Cajuúna 10 min antes, próximo ao local de coleta da armadilha, sendo programado para registrar dados a cada 10 seg (Figura 26). Foram feitas 4 medições correspondentes ao setor 1 e setor 2 (maré enchente e vazante).



Figura 26- Correntômetro fundeado próximo á armadilha para verificar a intensidade da corrente que passa na armadilha.

## 6 ANÁLISE NO LABORATÓRIO

As amostras de sedimentos foram analisadas no Laboratório de Geologia Marinha da Universidade Federal do Pará.

### 6.1 CLASSIFICAÇÃO GRANULOMÉTRICA DOS SEDIMENTOS

As amostras do perfil praiial foram previamente lavadas para dessalinização. Foi utilizado o método de peneiramento segundo Muehe (2002). Nas amostras do perfil praiial foram selecionadas alíquotas de 100g, seca em estufa em temperatura de 60°. Em seguida, foram peneiradas em intervalo de 1 phi, segundo Suguio (1973). Por fim, as diferentes frações encontradas no processo de peneiramento foram pesadas (Figura 27).



Figura 27- Procedimentos executados nas amostras dos perfis praiiais. A) Amostras coletadas nos perfis de praia. B) Dessalinização da amostra. C) Estufa para secagem das amostras lavadas. D) Pesagem de 100g de amostras para desagregação. E) Desagregação da amostra através do agitador granulométrico. F) Pesagem das frações granulométricas.

As amostras de sedimentos das armadilhas na zona de surfe contendo silte e argila foram lavadas e secadas seguindo o mesmo procedimento anterior, contudo, com o tempo de lavagem e de secagem mais extenso (Figura 28). A separação de silte e argila ocorreu através de decantação com centrífuga a uma velocidade de 1200 RPM e tempo de 2 min. Foram utilizadas balança de alta precisão (miligramas) para obter o peso total da coleta (Figura 29).





Figura 28- Procedimentos executados com amostras da zona de surfe. A) Amostras nas armadilhas. B) Retirada dos sedimentos da armadilha. C) Pesagem total da amostra após ter passado pela estufa.



Figura 29- Etapas do peneiramento a úmido. A) Desagregação da amostra. B) Balanceamento da amostra para utilização da centrífuga. C) Centrífuga para separação de silte/argila. D) Amostra após o processamento.

Após a pesagem destes valores, as frações granulométricas obtidas pelo peneiramento a seco foram inseridas no programa Sygran 3.0, para calcular as características texturais dos sedimentos dos perfis da praia. Para isto, foi utilizado o método de Folk e Ward (1957) e a classificação de Wentworth (1922) (Tabela 3) além da classificação de Shepard (1954) e o parâmetro hidrodinâmico de Pejrup (1988). As amostras das armadilhas foram processadas em ambiente *Excel 2010*.

Tabela 3 - Classificação granulométrica de Wentworth de 1922 para sedimentos lamosos e arenosos.

<b>Classificação</b>	<b>PHI (<math>\Phi</math>)</b>	<b>Mm</b>
<b>Areia muito grossa</b>	< -1 a 0	< 2 a 1
<b>Areia grossa</b>	< 0 a 1	< 1 a 0,5
<b>Areia média</b>	< 1 a 2	< 0,5 a 0,25
<b>Areia fina</b>	< 2 a 3	< 0,25 a 0,125
<b>Areia muito fina</b>	< 3 a 4	< 0,125 a 0,0625
<b>Silte grosso</b>	< 4 a 5	< 0,0625 a 0,03125
<b>Silte médio</b>	< 5 a 6	< 0,03125 a 0,0156
<b>Silte fino</b>	< 6 a 7	< 0,0156 a 0,0078
<b>Silte muito fino</b>	< 7 a 8	< 0,0078 a 0,0039
<b>Argila</b>	< 8	< 0,0039

Fonte: Wentworth (1922).

A equivalência entre o  $\phi$  ( $\Phi$ ) corresponde à unidade de medida do diâmetro da partícula do sedimento e o milímetro (mm) sendo representada pela fórmula proposta por Krumbein (1936):

$$\Phi = - \log_2 (\text{mm}) \quad (3)$$

### 6.1.1 Método de Folk e Ward de 1957

O método de Folk e Ward (1957) consiste na elaboração de um gráfico onde o eixo das coordenadas (X) apresenta a escala dos percentuais e o eixo das abscissas (Y) os valores em  $\phi$  ( $\Phi$ ) dos tamanhos granulométricos. Neste método, são utilizados os seguintes parâmetros estatísticos para distribuição granulométrica: média, mediana, desvio padrão, assimetria e curtose.

**-Média ( $M_z$ ):** Representa o diâmetro médio de grão, não se baseia em um único tamanho de grão ou classe de tamanho. É a medida de tendência central mais importante, pois é determinada pela fonte de sedimento, pelo agente transportador e pelo local de deposição (equação 5);

**-Mediana ( $M_d$ ):** É o valor correspondente à maior frequência de ocorrência de um dado tamanho granulométrico (equação 4);

**-Grau de Seleção ou Desvio Padrão ( $\sigma$ ):** É a variação central dos tamanhos de grão a partir da média aritmética. Determina o grau de dispersão das classes granulométricas em relação à média, ou seja, o selecionamento da amostra. Reflete a capacidade dos agentes geológicos em selecionar com maior ou menor habilidade um determinado sedimento (equação 6);

**-Assimetria ( $SkI$ ):** É a tendência de uma curva em deslocar-se para um dos lados em relação à média. Média deslocada para a direita, a curva apresenta uma cauda maior para o extremo dos finos (assimetria positiva); média deslocada para a esquerda curva apresenta cauda maior para o lado dos grosseiros (assimetria negativa ) (equação 7);

**-Curtose ( $KG$ ):** Medida de esbeltez da curva de distribuição (Muehe, 2002). É usada para medir a taxa de seleção nos extremos da distribuição comparada com a seleção da parte central (equação 8). Estão apresentadas as equações utilizadas para calcular cada parâmetro estatístico:

$$M_d = \Phi_{50} \text{ (Mediana)} \quad (4)$$

$$Mz = \frac{\Phi_{16} + \Phi_{50} + \Phi_{84}}{3} \quad (\text{Média}) \quad (5)$$

$$\sigma = \frac{\Phi_{84} - \Phi_{16}}{4} + \frac{\Phi_{95} - \Phi_5}{6,6} \quad (\text{Desvio padrão}) \quad (6)$$

$$SkI = \frac{\Phi_{16} + \Phi_{84} - 2\Phi_{50}}{2(\Phi_{84} - \Phi_{16})} + \frac{\Phi_5 + \Phi_{95} - 2\Phi_{50}}{2(\Phi_{95} - \Phi_5)} \quad (\text{Assimetria}) \quad (7)$$

$$KG = \frac{\Phi_{95} - \Phi_5}{2,44(\Phi_{75} - \Phi_{25})} \quad (\text{Curtose}) \quad (8)$$

Os intervalos em *phi* para a classificação dos parâmetros estatísticos granulométricos (Tabela 4) propostos por Folk e Ward (1957):

Tabela 4: Classificação de Folk e Ward de 1957, quanto ao grau de seleção (A), assimetria (B) e curtose (C).

<b>Grau de seleção</b>	<b>Intervalo (<i>phi</i>)</b>
Muito bem selecionado	< 0,35
Bem selecionado	0,35 – 0,50
Moderadamente selecionado	0,50 – 1,00
Mal selecionado	1,00 – 2,00
Muito mal selecionado	2,00 – 4,00
Extremamente mal selecionado	> 4,00
	(A)
<b>Assimetria (Ski)</b>	<b>Intervalos</b>
Assimetria muito negativa	- 1,00 a 0,30
Assimetria negativa	- 0,30 a - 0,10
Aproximadamente simétrica	- 0,10 a 0,10
Assimetria positiva	0,10 a 0,30
Assimetria muito positiva	0,30 a 1,00
	(B)
<b>Curtose (K<sub>G</sub>)</b>	<b>Intervalos</b>
Muito platicúrtica	< 0,67
Platicúrtica	0,67 – 0,90
Mesocúrtica	0,90 – 1,11
Leptocúrtica	1,11 – 1,50
Muito leptocúrtica	1,50 – 3,00
Extremamente leptocúrtica	> 3,00
	(C)

Fonte: Almeida (2006)

### 6.1.2 Diagrama de Shepard de 1954

A classificação é baseada em um diagrama triangular com seus 3 componentes principais dispostos em cada vértice do triângulo: areia, silte e argila (Figura 30):

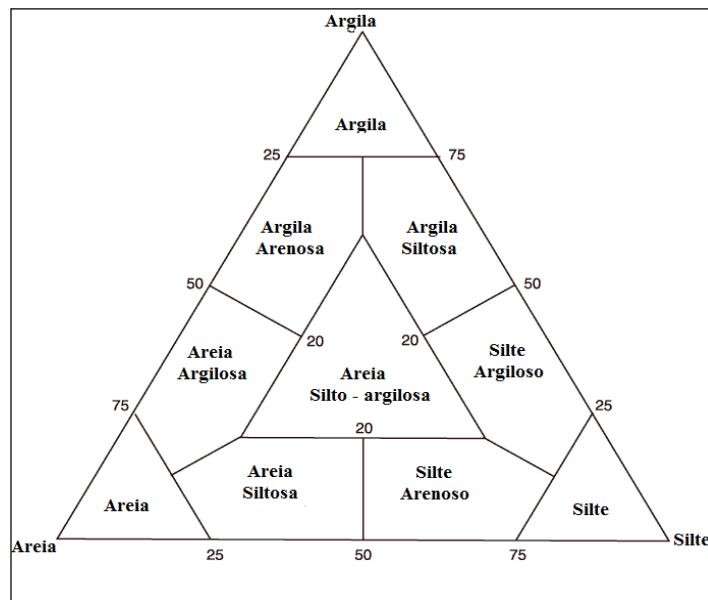


Figura 30- Diagrama de Shepard de 1954.

Fonte: Dias (2004).

### 6.1.3 Diagrama de Pejrup de 1988

Avalia as condições hidrodinâmicas dos locais em que foram coletadas as amostras de sedimentos, tendo areia como o elemento principal da classificação. Porém, considera-se a razão silte / argila, para a qual adiciona linhas baseadas em razões distintas dessas 2 classes elementares. Obtém-se assim, 4 grupos hidrodinâmicos (I a IV) cada um possui uma zonação, designada pelas letras “A” a “D” onde “A” corresponde aos maiores níveis energéticos. Assim, obtemos 16 classes texturais identificadas por uma letra e um número romano. A classe A-IV representa o regime energético mais intenso, e a classe D-I ao mais calmo (Figura 31).

Sedimentos estuarinos com conteúdo de argila superior a 80 % são raramente encontrados. A linha que corresponde a 20 % de argila representa ambientes de mais alta energia. A seção I indica condições hidrodinâmicas muito calmas, raramente encontradas em ambiente estuarino, e as seções II a IV indicam aumento gradual de energia.

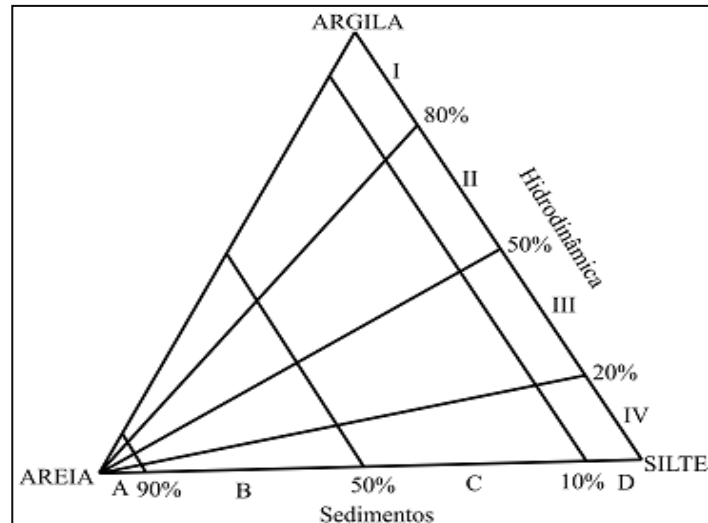


Figura 31- Diagrama de Pejrup de 1988.  
Fonte: Pejrup (1988).

## 6.2 CLASSIFICAÇÃO MORFODINÂMICA

### 6.2.1 Parâmetros morfodinâmicos

Foram utilizados os seguintes parâmetros morfométricos de acordo com a superposição dos perfis:

- **Varição do Volume Sedimentar (Vv)** - As variações do volume sedimentar ( $m^3/m$ ) foram calculadas entre 2 superfícies subaéreas e variações acumuladas de volume, a partir dos primeiros dados de levantamento topográfico. Através do valor da área, temos o volume de areia por m linear de praia, expresso em  $m^3$ . Tendo-se 2 perfis, paralelos entre si, pode-se calcular o volume do trecho, compreendido entre os perfis, somando as áreas dos 2 perfis e multiplicando pela metade da distância entre os mesmos.

- **Declividade da Face Praial ( $\beta$ )** - A declividade da face praial, expressa em graus, foi obtida através da equação 9:

$$\text{Tan}\beta = \text{oposto/adjacente} \quad (9)$$

O dado oposto corresponde à altura e o dado adjacente corresponde à distância entre o máximo e o mínimo valor registrado do perfil praial.

- **Coefficiente de Variação da Linha de Costa (CVYb)** - O coeficiente de variação da linha de costa foi obtido pela relação entre o índice de mobilidade da praia e a largura da praia (Yb), como sugerido por Oliveira (2009), segundo a equação 10:

$$CV\% = \sigma Y_b / Y_b \times 100 \quad (10)$$

- **Velocidade de Decantação ( $W_s$ )** - A velocidade de decantação de partículas sedimentares foi obtida a partir da granulometria média expressa em  $\phi$  (Figura 32), como estabelecido por Dean (1973) e sugerido por Muehe (2002). Segundo este último autor, a determinação da velocidade de decantação é apropriada para o estudo de sistemas processo-resposta em que são estabelecidas relações de causa e efeito entre hidrodinâmica, granulometria e topografia, como é o caso da variabilidade do perfil transversal, subaéreo e submarino de uma praia, em função de ondas e da granulometria dos sedimentos.

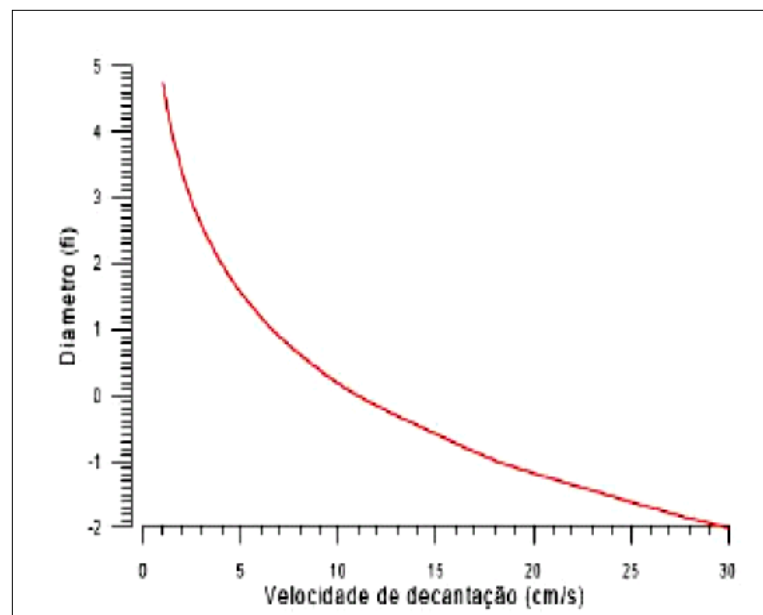


Figura 32- Velocidade de decantação (cm/s) em função do diâmetro médio ( $\phi$ ).  
Fonte: Sabaini (2005).

### 6.2.2 Estados morfodinâmicos

A classificação morfodinâmica utilizada foi baseada no modelo sequencial de evolução morfológica proposta por Wright e Short (1984). Através do parâmetro empírico adimensional ômega ( $\Omega$ ), os autores relacionaram os estados morfodinâmicos de praia às variáveis envolvidas no nível de energia da praia:

$$\Omega = H_b / W_s * T \quad (11)$$

$H_b$  é a altura de onda na arrebentação;

$W_s$  é a velocidade de decantação;

$T$  é o período médio de ondas.

Os valores de  $\Omega$  (tabela 5), inferiores a 1, caracterizam praias como reflectivas (baixa energia de onda); com intervalo entre 1 e 6, praias intermediárias; e superiores a 6 caracterizam praias dissipativas (alta energia de onda) (tabela 6) (Peixoto, 2005).

Tabela 5 - Relação de equilíbrio entre o estado da praia e  $\Omega$ .

Estado da Praia	$\Omega$	$\sigma$
Refletivo	<1,5	-
TMB	2,4	0,19
BTR	3,15	0,64
BPR	3,50	0,76
BLC	4,7	0,93
Dissipativo	>5,50	-

Fonte: Wright e Short (1984).

Tabela 6 - Parâmetros utilizados para a classificação da morfodinâmica praias.

Tipos de praia / Parâmetros	Reflectiva	Intermediária	Dissipativa
$\Omega$	<1	1 a 6	>6
Tipo de arrebentação	Ascendente ou Mergulhante	Mergulhante e / ou deslizante	Deslizante
Número de ondas na zona de surfe	1	1 a 3	>3
Correntes de retorno	Ausentes e/ou Efêmeras	Comuns	Raras
Declividade (°)	>4	2 a 6	<2
Cúspides praias	Pequenas	Mega cúspides	Raras
Areias	Médias e/ou Grossas	Finas e/ou médias	Finas
$\sum Y_b$ (m)	Baixo (<10)	Alto (>10)	Baixo (<10)
CVYb% (m)	Baixo (<10)	Moderado (10 a 50)	Alto (>50)

Fonte: Torronteguy (2002)

Levando em consideração os efeitos relativos da maré na morfologia da praia, pode-se utilizar a expressão estabelecida por Davis e Hayes (1984), sugerida por Masselink e Short (1993):

$$RTR = MSR / H_b \quad (12)$$

*RTR* é a variação relativa da maré (*Relative Tide Range*);

*MSR* é a variação da maré;

*H<sub>b</sub>* é a altura de onda na arrebentação.

Com esse índice todas as praias podem ser classificadas como dominadas por ondas ( $RTR < 3$ ) ou modificados por maré ( $3 < RTR < 15$ ). Quando  $RTR > 15$  as praias tornam-se dominadas por maré e sucessivamente começam a evoluir para planícies de maré (Masselink e Short; 1993) (Tabela 7).

Tabela 7 – Caracterização dos diferentes tipos de estágios morfodinâmicos a partir do Parâmetro Relativo da Maré.

<b>Amplitude relativa da maré</b>	<b>Grupo</b>	<b>Tipos de praia</b>
RTR <3	Onda dominante	1. Reflectivo 2. Intermediário
3 < RTR < 15 *(2) RTR < 7 *(5) RTR < 15	Interação onda-maré	3. Dissipativa 4. Terraço de baixa-mar 5. Banco/corrente de baixa-mar 6. Ultradissipativa
RTR > 15	Maré dominante	7. Transicional (praia para planície de maré)

Fonte: Albuquerque *et al.* (2009). Adaptado de Masselink e Short 1993.



## 7 RESULTADOS: MORFODINÂMICA SAZONAL DA PRAIA ESTUARINA DO CAJUÚNA, SOURE (MARAJÓ – PARÁ)

### 7.1 FEIÇÕES MORFOLÓGICAS

As planícies de maré são unidades morfológicas que se formam em locais de declive suave, recortadas e dominadas por maré, em estuários ou em costas abertas, com geometria alongada e paralela à linha de costa. A praia do Cajuúna possui extensão de 4 km atinge um estirâncio entre 100 a 489 m, nela identificou-se as seguintes sub-unidades (Figura 33):

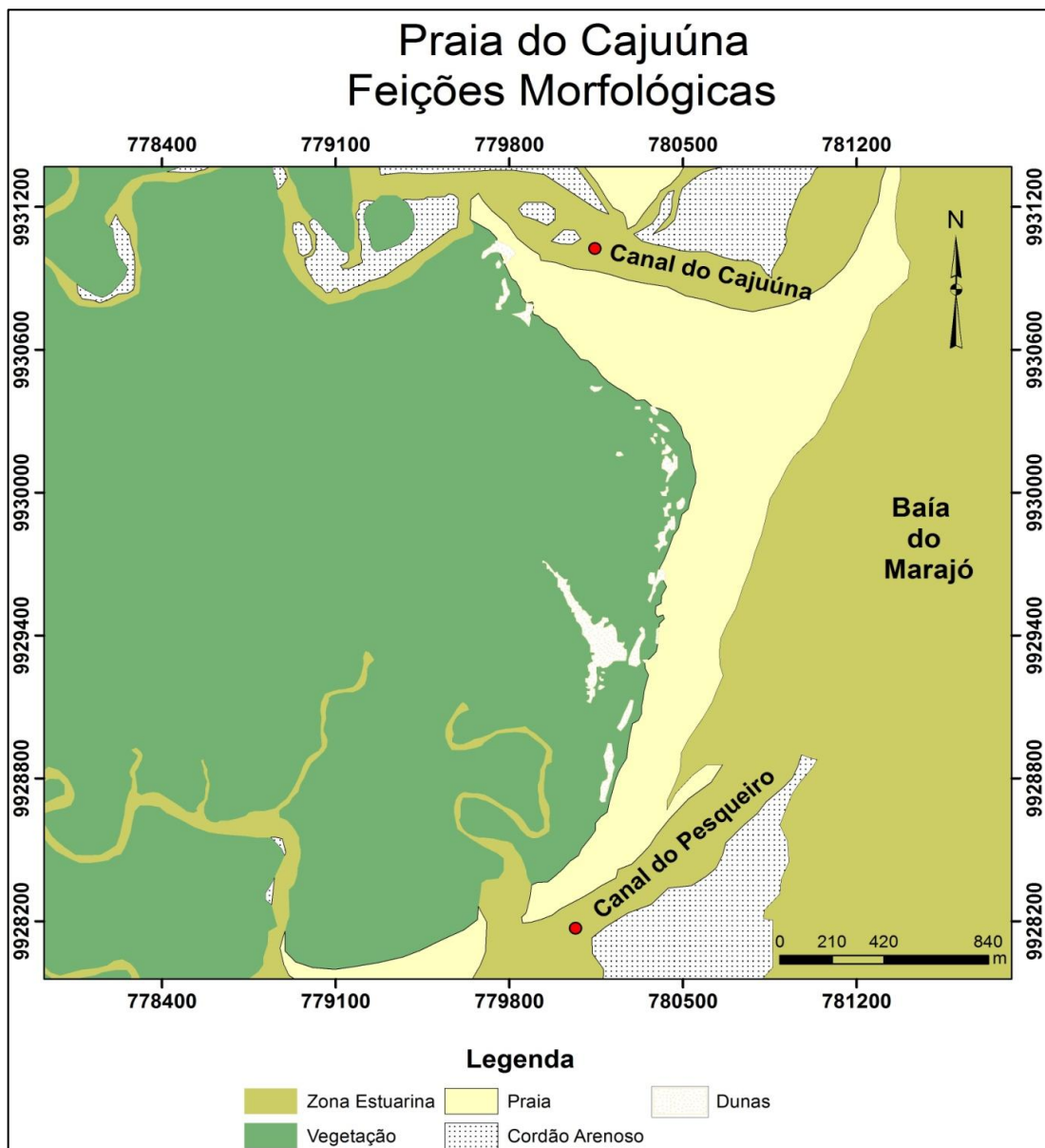


Figura 33- Mapa Geomorfológico da praia do Cajuúna.

- Cordões arenosos antigos ou chernies: formam cristas lineares situadas na parte interna dos manguezais de intermaré. Sua origem está ligada ao retrabalhamento de sedimentos

areno-lamosos mal selecionados, transportados para a costa sob forma de barras longitudinais. Os cheniers podem fornecer algum registro do nível do mar pretérito e das mudanças ambientais no decorrer do Holoceno (Souza Filho, 2000; França e Souza Filho, 2006).

-Dunas costeiras são comuns em áreas de ventos fortes e de grande suprimento sedimentar arenoso, de origem marinha ou fluvial, trazidos para as praias pelas ondas ou redistribuídos ao longo da costa pela corrente litorânea. Uma vez depositadas nas praias, as areias são expostas ao ar e ressecadas, durante a maré baixa, permitindo o retrabalhamento pelo vento que as seleciona, transporta e deposita acima da zona de pós-praia (Carter, 1988). Na praia do Cajuúna são encontradas dunas escarpadas de maior porte (2m) nos setores 1 e 2 da praia, e diminuem gradativamente de tamanho no setor 3. No período menos chuvoso ocorrem dunas embrionárias em frente ao cordão de dunas.

-As barras arenosas evoluem através do crescimento e progradação de flechas arenosas a partir de extremidades da costa, e do crescimento e emersão de barras arenosas *offshore*, que migram na direção do continente. Esses cordões arenosos geram setores protegidos, favorecendo a sedimentação lamosa e crescimento de manguezais entre a barreira e o continente (Silva, 1996). As praias formam cristas arenosas que se estendem desde o nível da maré alta de sizígia, limitando-se com a base das dunas ou falésias, até o nível de maré baixa de sizígia.

-A praia do Cajuúna é recortada por dois canais de marés em suas extremidades (canal do Cajuúna a Oeste e canal do Pesqueiro a Leste). Estes canais por sua vez formam deltas de marés vazantes que variam sazonalmente e influenciam a dinâmica da praia principalmente nos setores 1 e 3 (abrigados nos deltas) formando barras arenosas. Além destas feições a praia do Cajuúna é recortada no setor 2 por uma pequena ramificação de canal que permanece cheio durante todo o período chuvoso e vaza completamente apenas na maré vazante no período menos chuvoso. Outra ramificação de canal menor que esta, se localiza no setor 1 (surgindo a partir do pós-praia - perfil A) apenas no período chuvoso. A ramificação do canal no setor 2 propicia a formação de calha longitudinal na praia do Cajuúna. Ela se estende do setor 2 até o setor 3 tanto no período menos chuvoso como no chuvoso (Figura 34). Já a ramificação no setor 1 apenas no período chuvoso forma uma calha longitudinal relativamente pequena se comparada com a calha do setor 2.

Durante os eventos de menor energia, como no período menos chuvoso, ocorre a migração dos sedimentos de fora da costa para a praia, com formação de sistemas de crista e calha (*ridge and runnel*). Durante eventos de maior energia (tempestades), como no período chuvoso, os sedimentos da praia migram costa afora, com preenchimento das calhas e

aplainamento da zona de intermaré (Pedreros *et al.*, 1996; Michel e Howa, 1999; Alves, 2001; MMA 2006).

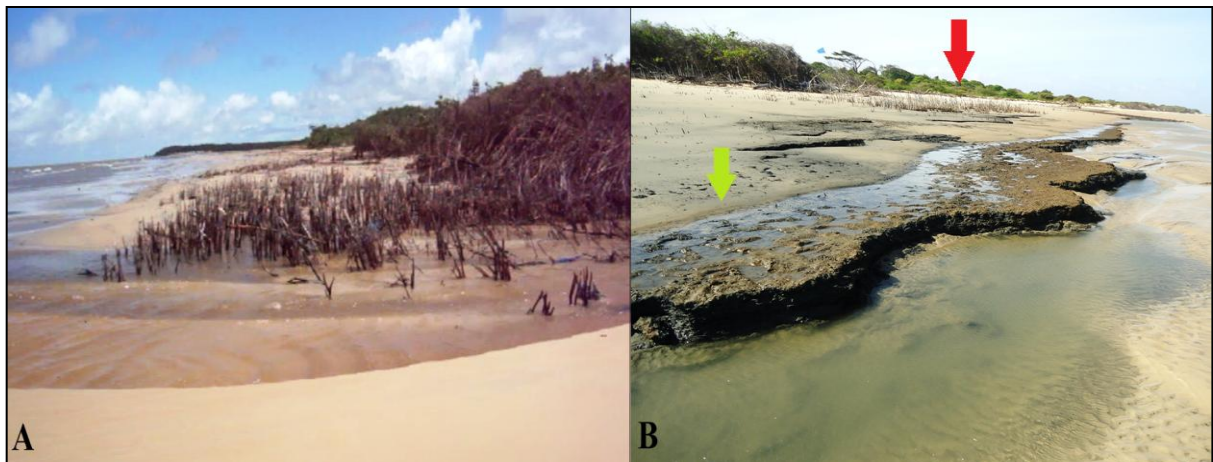


Figura 34- Canal de maré presente na parte central da praia do Cajuúna. A) Canal cheio durante o período chuvoso. B) Canal seco no período menos chuvoso (seta vermelha); neste período aflora o terraço de paleomangue, sendo soterrado no período chuvoso (seta verde).

-Terraço de paleomangue, encontra-se soterrado no período chuvoso, podendo ser visto apenas no período menos chuvoso. Os limites dos manguezais de Soure com os cordões de dunas e praias, no trecho entre os canais do Cajuúna e Paracauari (extensão de 14 km), mostram retrogradação, controladas pela dinâmica das águas estuarinas da Baía de Marajó (França e Souza Filho 2003).

-Os deltas na praia do Cajuúna formam marcas onduladas em várias escalas e *sand waves*.

## 7.2 MORFODINÂMICA DA FACE PRAIAL

A praia do Cajuúna no período chuvoso tem tendência erosiva nas zonas de intermaré dos setores 1, 2 e 3 e no período menos chuvoso esta erosão estaria concentrada nas zonas de intermaré inferior e inframaré apenas nos setores 2 e 3.

No Setor 1 a praia apresentou-se crescente do período chuvoso para o período menos chuvoso, sugerindo um balanço positivo no volume sedimentar que variou de 637 m<sup>3</sup>/m para 956 m<sup>3</sup>/m (perfil A) e 955 m<sup>3</sup>/m para 1.567 m<sup>3</sup>/m (perfil B). Neste setor, ocorreu um sistema barra-canal paralelamente à costa. No perfil A, apenas no período menos chuvoso, e no perfil B, migrando em direção à baía do Marajó do período chuvoso para o menos chuvoso.

A largura da praia (Yb) se comportou de forma distinta. O perfil A alcançou o máximo de 360m (período menos chuvoso) e o mínimo de 312m (chuvoso), implicando em um decréscimo no coeficiente de variação da linha de costa (CVYb), que passou de 10,88% (período chuvoso) para 9,43% (menos chuvoso), e variação na declividade da face praial, de 0,88° no período menos chuvoso para 0,45° no chuvoso. Por outro lado, no perfil B, a largura da praia teve o máximo de 489m no período chuvoso e o mínimo de 320m no menos chuvoso, ocorrendo um maior aumento do coeficiente de variação da linha de costa (CVYb), que passou de 24,44% no período chuvoso para 37,34% no menos chuvoso, e com variação na declividade da face praial de 0,56° no período chuvoso para 0,33° menos chuvoso (Tabela 8) (Figura 35).

Tabela 8 – Parâmetros morfométricos da praia do Cajúna nos períodos chuvoso e menos chuvoso (setor 1).

<b>SETOR 1</b>			
<b>Parâmetros Morfodinâmicos</b>	<b>Período</b>	<b>Perfil A</b>	<b>Perfil B</b>
Variação do Volume Sedimentar (Vv)	Chuvoso	637m <sup>3</sup> /m	955 m <sup>3</sup> /m
	Menos chuvoso	956 m <sup>3</sup> /m	1.567 m <sup>3</sup> /m
Largura da Praia (Yb)	Chuvoso	312 m	489 m
	Menos chuvoso	360 m	320 m
Coeficiente da Variação da linha de costa (CVYb)	Chuvoso	10,88%	24,44%
	Menos chuvoso	9,43%	37,34%
Declividade da praia (°)	Chuvoso	0,45°	0,56°
	Menos chuvoso	0,88°	0,33°

No setor 2 a praia do Cajuúna apresentou áreas crescentes (perfis C e D) com balanço positivo do volume sedimentar e decrescente (perfil E), do período chuvoso para o menos chuvoso. A variação crescente de volume sedimentar foi de 409 m<sup>3</sup>/m no período chuvoso para 629 m<sup>3</sup>/m no menos chuvoso para o perfil C; e 479 m<sup>3</sup>/m (período chuvoso) para 820 m<sup>3</sup>/m (menos chuvoso) no perfil D. No perfil E a variação foi de 136 m<sup>3</sup>/m do período chuvoso para 74 m<sup>3</sup>/m no menos chuvoso.

Neste setor houve ocorrência de barra arenosa com algumas particularidades. No perfil C a barra arenosa está presente nos dois períodos na zona de inframaré. No perfil D ocorre no período chuvoso e no menos chuvoso; neste último, com pequenas declinações formando um sistema barra-calha. O perfil E também formou um sistema barra-calha durante o período menos chuvoso e se manteve plano durante o período chuvoso.

Quanto à largura da praia (Yb), apresentou-se máxima no período chuvoso e mínima no período menos chuvoso. Os valores máximos de largura nos perfis C 405 m, D 260m e E

178m (período chuvoso); e os valores mínimos foram: C 140 m, D 180m e E 140m (menos chuvoso). Isto implicou em um maior aumento no coeficiente de variação da linha de costa (CVYb), que passou de 46,27% no período chuvoso para 133,85% no menos chuvoso (perfil C); 21,76% no período chuvoso para 31,43% no menos chuvoso (perfil D) e 15,10% período chuvoso para 19,19% no menos chuvoso (perfil E). Ocorreu variação na declividade da face praial. O perfil C variou de 0,31° (período chuvoso) para 1,07° (menos chuvoso); no perfil D a variação foi de 0,81° (período chuvoso) para 0,66° (menos chuvoso) e o perfil E de 0,56° (período chuvoso) para 1,12° (menos chuvoso) (Tabela 9) (Figura 35).

Tabela 9 – Parâmetros morfométricos da praia do Cajúuna nos períodos chuvoso e menos chuvoso (setor 2).

<b>SETOR 2</b>				
<b>Parâmetros Morfodinâmicos</b>	<b>Períodos</b>	<b>Perfil C</b>	<b>Perfil D</b>	<b>Perfil E</b>
Variação do Volume Sedimentar (Vv)	Chuvoso	409 m <sup>3</sup> /m	479 m <sup>3</sup> /m	136 m <sup>3</sup> /m
	Menos Chuvoso	629 m <sup>3</sup> /m	820 m <sup>3</sup> /m	74 m <sup>3</sup> /m
Largura da Praia (Yb)	Chuvoso	405 m	260 m	178 m
	Menos Chuvoso	140 m	180 m	140 m
Coeficiente da Variação da linha de costa (CVYb)	Chuvoso	46,27%	21,76%	15,10%
	Menos Chuvoso	133,85%	31,43%	19,19%
Declividade da praia (°)	Chuvoso	0,31°	0,81°	0,56°
	Menos Chuvoso	1,07°	0,66°	1,12°

No setor 3 a praia apresentou-se crescente do período chuvoso para o menos chuvoso, sugerindo um balanço positivo no volume sedimentar. O perfil F variou de 134 m<sup>3</sup>/m no período chuvoso para 142 m<sup>3</sup>/m no menos chuvoso e o perfil G de 278 m<sup>3</sup>/m no período chuvoso para 325 m<sup>3</sup>/m no menos chuvoso. Nesta área a praia apresenta comportamento semelhante ao setor anterior com relação à morfologia, se mostrando com pouca variação no declive no período chuvoso e com presença de calhas e barras arenosas com decréscimo de elevação partindo desta barra até a zona de inframaré.

Quanto à largura da praia (Yb) o setor apresentou características distintas. No perfil F a largura máxima foi de 182m (período chuvoso) e a mínima de 100m (menos chuvoso), implicando em um aumento no coeficiente de variação da linha de costa (CVYb), que passou de 31,86% (período chuvoso) para 57,98% (menos chuvoso) e uma variação na declividade da face praial de 0,51° (período chuvoso) para 1,34° (menos chuvoso). Ao contrario deste, o perfil G apresentou largura máxima de 190m no período menos chuvoso e o mínimo de 166 m no chuvoso, havendo decréscimo no coeficiente de variação da linha de costa (CVYb), que passou de 10,22% (período chuvoso) para 8,93% (menos chuvoso), e variação na declividade

da face praial de  $0,98^\circ$  (período chuvoso) para  $0,62^\circ$  (menos chuvoso) (Tabela 10) (Figura 35).

Tabela 10 – Parâmetros morfométricos da praia do Cajúuna nos períodos chuvoso e menos chuvoso (setor 3).

<b>SETOR 3</b>			
<b>Parâmetros Morfodinâmicos</b>	<b>Período</b>	<b>Perfil F</b>	<b>Perfil G</b>
Variação do Volume Sedimentar (Vv)	Chuvoso	134 m <sup>3</sup> /m	278 m <sup>3</sup> /m
	Menos Chuvoso	142 m <sup>3</sup> /m	325 m <sup>3</sup> /m
Largura da Praia (Yb)	Chuvoso	182 m	166 m
	Menos Chuvoso	100 m	190 m
Coeficiente da Variação da linha de costa (CVYb)	Chuvoso	31,86%	10,22%
	Menos Chuvoso	57,98%	8,93%
Declividade da praia (°)	Chuvoso	0,51°	0,98°
	Menos Chuvoso	1,34°	0,62°

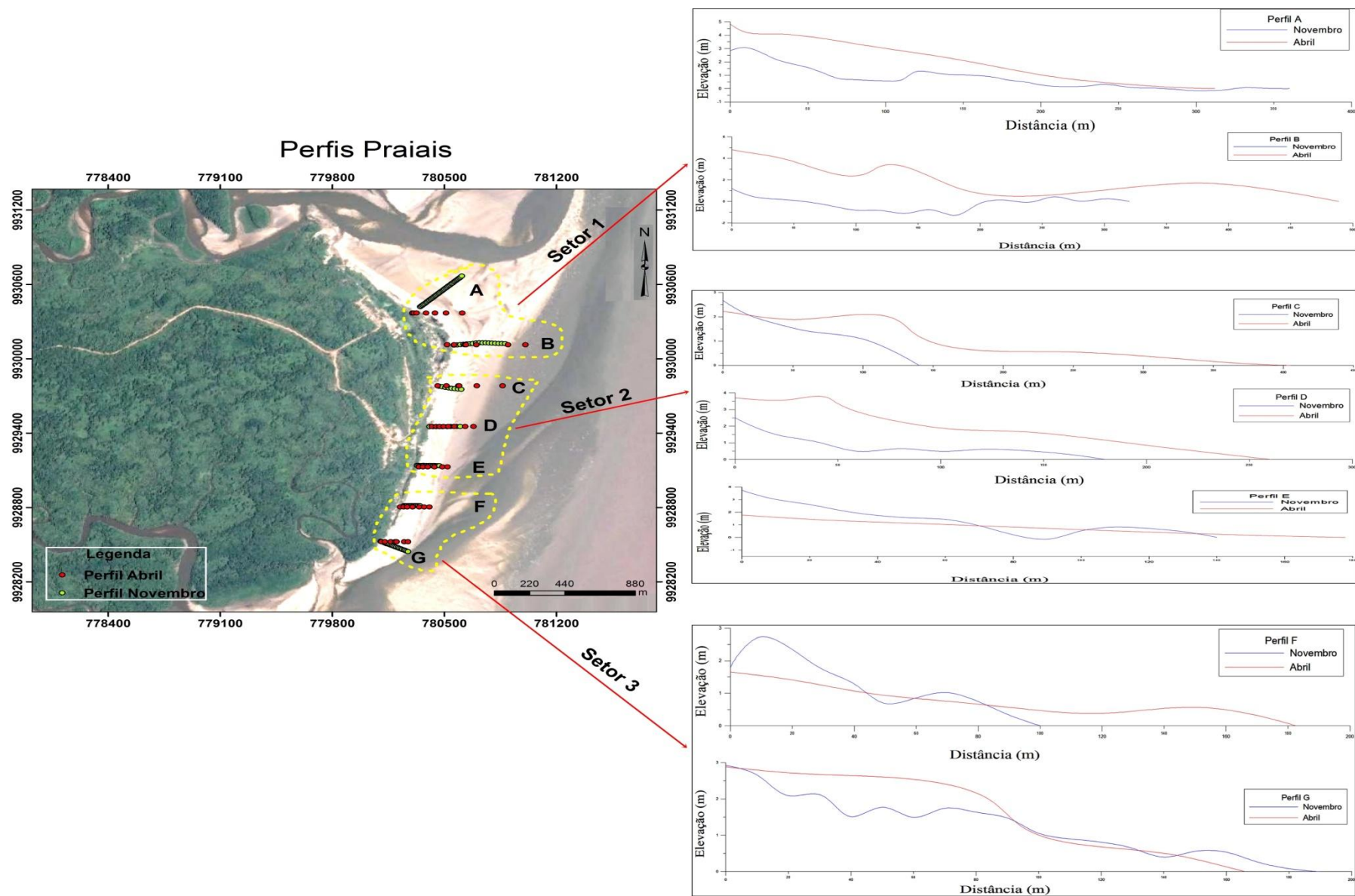


Figura 35- Superposição dos perfis topográficos da praia do Cajuína nos períodos chuvoso e menos chuvoso.

## 7.3 GRANULOMETRIA DA FACE PRAIAL

### 7.3.1 Relação entre morfologia e granulometria

No setor 1, na linha de maré alta (LMA) (2,867  $\Phi$ ) e de intermaré inferior (3,057  $\Phi$ ), no período chuvoso, concentrou-se o máximo valor de diâmetro médio do grão (sedimentos mais finos). No período menos chuvoso o máximo valor de diâmetro médio do grão ocorreu na zona de Intermaré superior (3,376  $\Phi$ ) e na zona de Inframaré (3,663  $\Phi$ ). A migração de sedimentos finos ocorre também da zona de Intermaré inferior (~250 m) para a zona de Inframaré (~360m) do período menos chuvoso para o chuvoso. Este setor também apresenta migração dos sedimentos mais finos da zona de Inframaré (3,075  $\Phi$ ) a uma distância de 489 m (período chuvoso) para a zona de Intermaré superior (3,066  $\Phi$ ) a 150m (menos chuvoso).

O setor 2 se comportou de maneira semelhante, com sedimentos mais finos migrando da zona de Inframaré (3,336  $\Phi$ ) no período chuvoso, para a zona de Supramaré (2,907  $\Phi$ ) no menos chuvoso. Neste setor, o máximo valor de diâmetro médio do grão também se concentrou na zona de inframaré (3,095  $\Phi$ ) no período chuvoso, e no período menos chuvoso na zona de Supramaré (2,857  $\Phi$ ).

No setor 3 na zona de Intermaré inferior (3,21 $\Phi$ ) a 140m, e na zona de inframaré, na linha d'água (3,097  $\Phi$ ) a 182m no período chuvoso se concentrou o máximo valor de diâmetro médio do grão não mostrando comportamento padrão. Já no período menos chuvoso esta distribuição se manteve na zona de inframaré (2,876  $\Phi$ ) só que a 100m. O máximo valor de diâmetro médio do grão também se manteve na zona de Inframaré (3,08  $\Phi$ ) a uma distância de 166m no período chuvoso, e no período menos chuvoso, este valor esteve presente na zona de supramaré (2,864  $\Phi$ ) a 15m e na zona de Intermaré superior (2,862  $\Phi$ ) a 50m (Figura 36 e 37).

De modo geral, na praia do Cajúuna, no período chuvoso ocorreu em todos os setores da praia granulometria fina a muito fina. Já no período menos chuvoso ocorre uma variação na granulometria, sedimentos finos, muito finos e médios no setor 1, e areia fina a partir do setor 2.



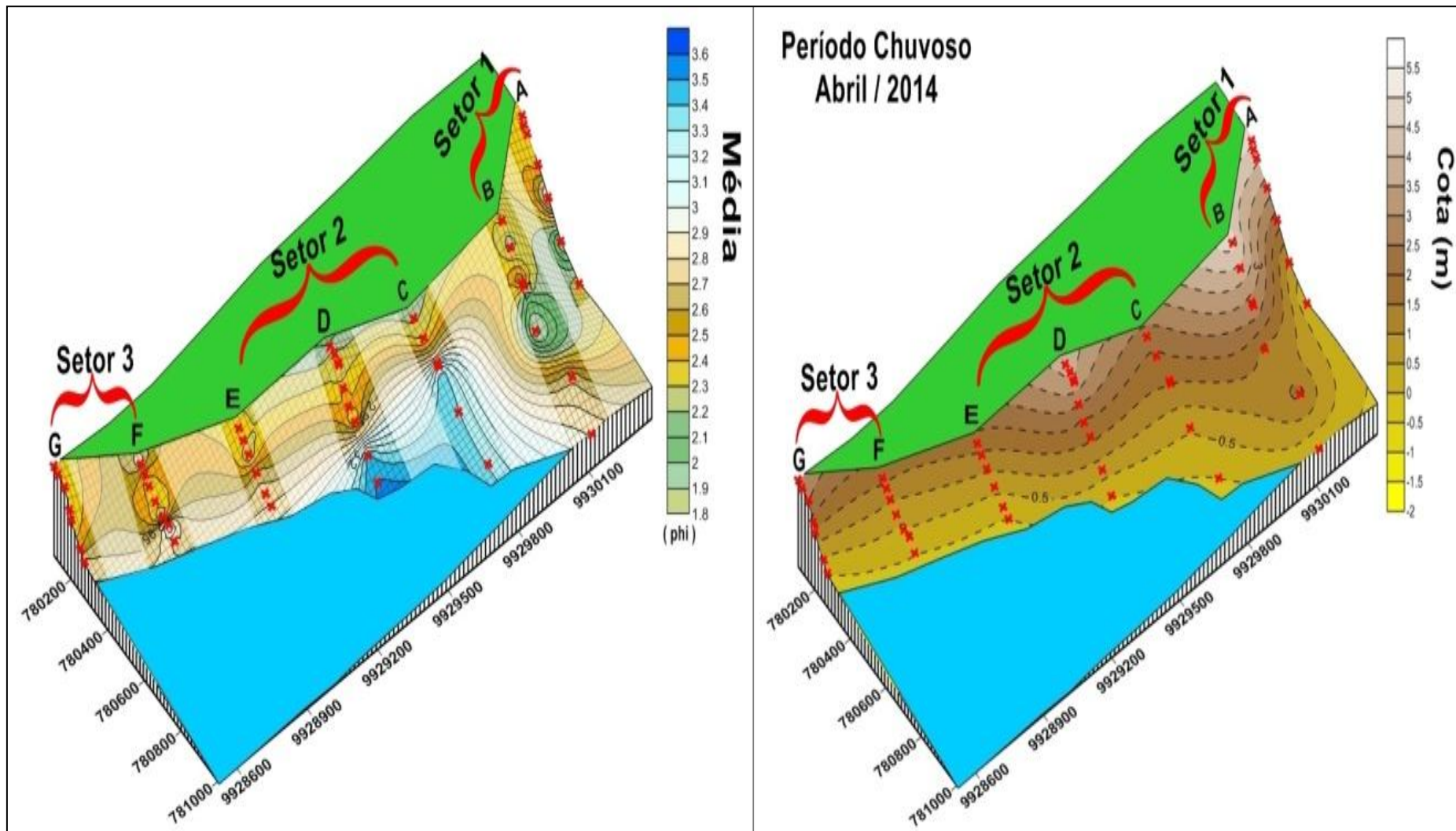


Figura 36- Blocos diagramas (A) mostrando a distribuição da média na praia durante o período chuvoso, e (B) elevação praial. Notar que os sedimentos mais finos localizam-se na zona de inframaré da praia, se deslocando até a zona de intermaré no setor 2 (perfis C e D) . Os sedimentos mais finos (maior valor em phi) estão concentrados nas áreas onde a elevação é bem inferior.

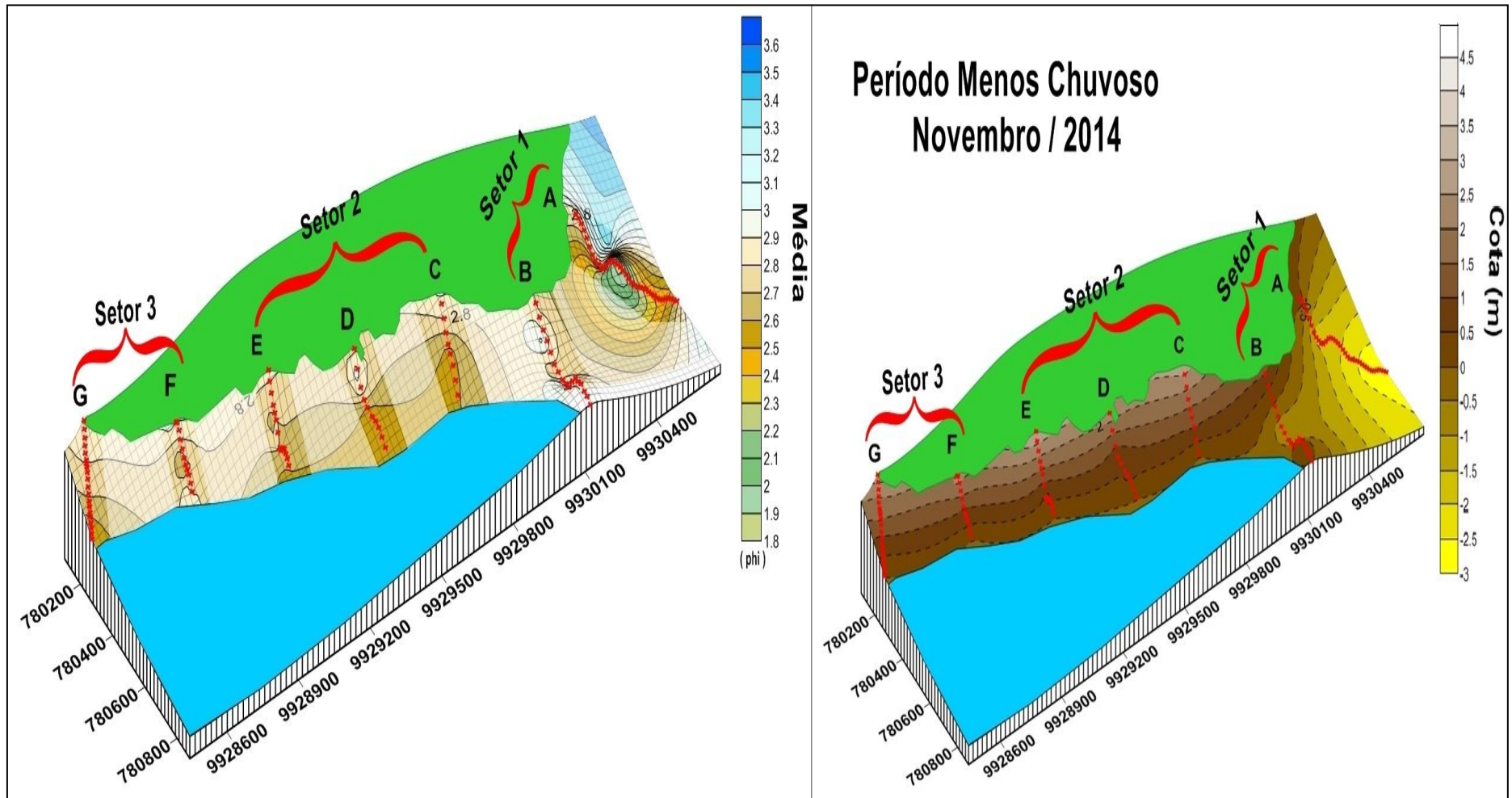


Figura 37- Blocos diagramas (A) mostrando a distribuição da média na praia durante o período menos chuvoso, (B) elevação praial. No período menos chuvoso a distribuição da granulometria mais finas (maior valor em phi) se localizam nas zonas de supamaré. Os sedimentos finos deste período possuem diâmetro um pouco do maior do que os do período chuvoso.

### 7.3.2 Parâmetros estatísticos granulométricos

Na praia do Cajuúna ocorre o predomínio da fração areia tanto no período chuvoso quanto no menos chuvoso de acordo com o diagrama de Shepard (1954). O diâmetro médio destes sedimentos variou de areias finas a muito finas nos dois períodos.

A seleção, nos setores variou de bem selecionados a muito bem selecionados (0,49 a 0,22  $\Phi$ ); em algumas zonas com sedimentos moderadamente selecionados (0,59  $\Phi$ ) na zona de intermaré média, intermaré inferior (0,69  $\Phi$ ) e zona de Supramaré (0,67  $\Phi$ ). A assimetria foi bastante variável, com ocorrência maior de aproximadamente simétrica (variando de -0,004 a 0,09  $\Phi$ ) indo de positiva (0,14 a 0,29  $\Phi$ ) a muito positiva (0,30 a 0,36  $\Phi$ ) e negativa (-0,28 a -0,10  $\Phi$ ). A curtose predominante na praia foi a leptocúrtica (1,0 a 1,4  $\Phi$ ) e mesocúrtica (0,9 a 1,1  $\Phi$ ); apresentando também curtose muito leptocúrtica (1,5 a 1,9  $\Phi$ ) e platicúrtica apenas na zona de inframaré (0,86  $\Phi$ ) e de supramaré (0,6  $\Phi$ ). A figura 38 e os anexos (**G**, **H** e **I**) mostram respectivamente os mapas com a distribuição dos parâmetros granulométricos na praia do Cajuúna e os gráficos com a variação destes parâmetros em cada zona da praia no período chuvoso.

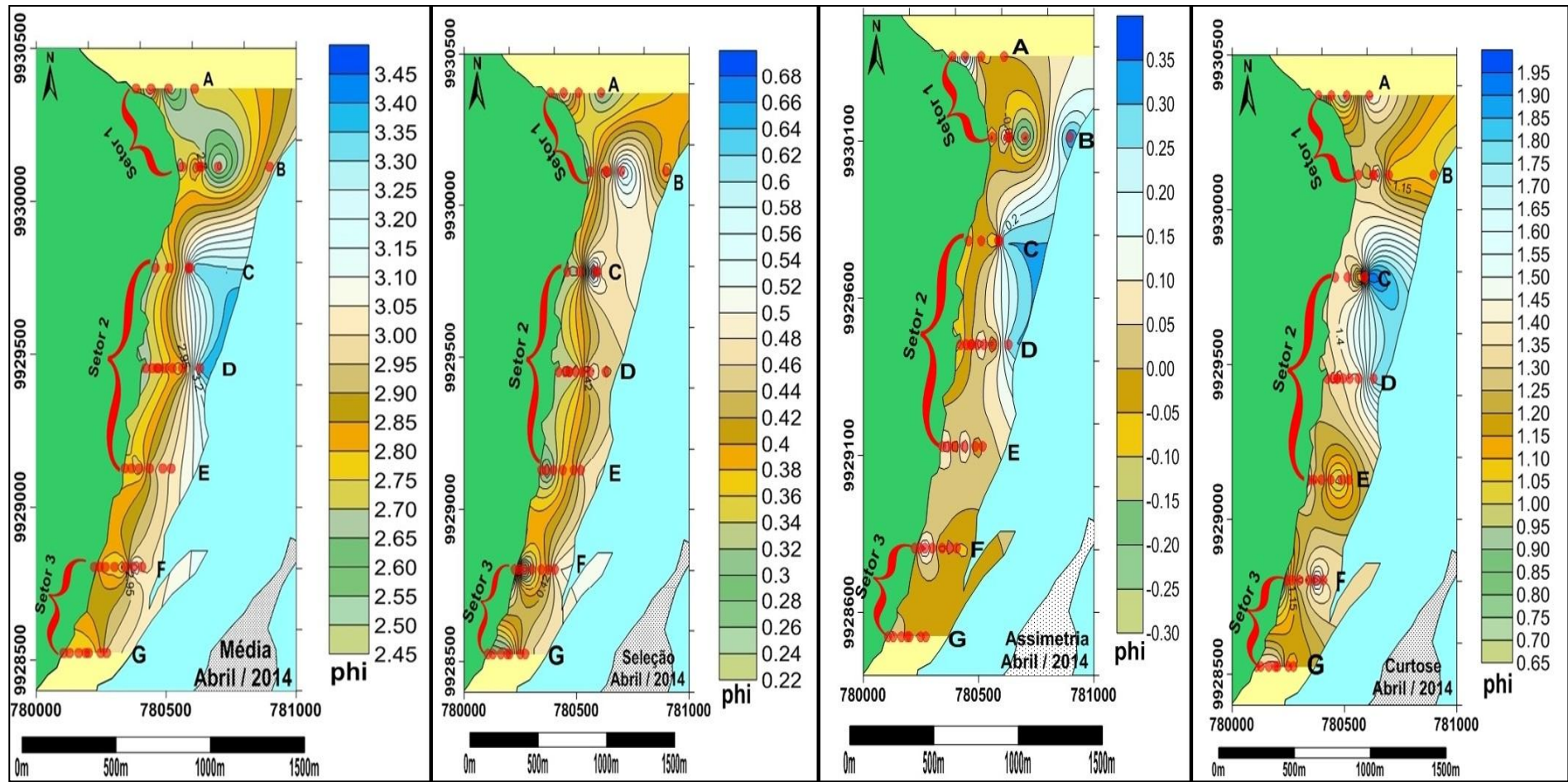


Figura 38- Mapas mostrando a variação dos parâmetros granulométricos na praia do Cajuína. A) Média; B) Seleção; C) Assimetria e D) Curtose no período chuvoso.

Na praia do Cajuúna, a média, com a predominância de areia fina (2,5 a 2,9  $\Phi$ ), variou no período menos chuvoso como no chuvoso; mas, com menos ocorrência de areia muito fina nas zonas de intermaré (3,3  $\Phi$ -intermaré Superior e na zona de inframaré 3,6  $\Phi$ ), e com areia média apenas na zona de intermaré Média no setor 1(1,7  $\Phi$ ). A seleção na praia durante o período menos chuvoso foi bastante instável variando de moderadamente selecionado (0,51 a 0,80  $\Phi$ ); a bem selecionado (0,35 a 0,45  $\Phi$ ) ocorrendo um perfil no setor 3 com sedimentos exclusivamente com esse grau de seleção; e por fim, variaram para muito bem selecionados (0,23 a 0,33  $\Phi$ ). A assimetria variou bastante na praia assim como no período chuvoso; obtendo a classificação aproximadamente simétrica (-0,07 a 0,05  $\Phi$ ), positiva (0,1 a 0,2  $\Phi$ ), muito positiva (0,3 a 0,4  $\Phi$ ) e algumas zonas com assimetria negativa (-0,1 a -0,2  $\Phi$ ). A curtose predominante na praia foi a leptocúrtica (1,1 a 1,4  $\Phi$ ) e a muito leptocúrtica (1,5 a 1,8  $\Phi$ ) havendo curtose mesocúrtica (0,9 a 1,1  $\Phi$ ) e curtose platicúrtica (0,7  $\Phi$ ) na zona de intermaré (Figura 39 e os anexos **J**, **K** e **L**).

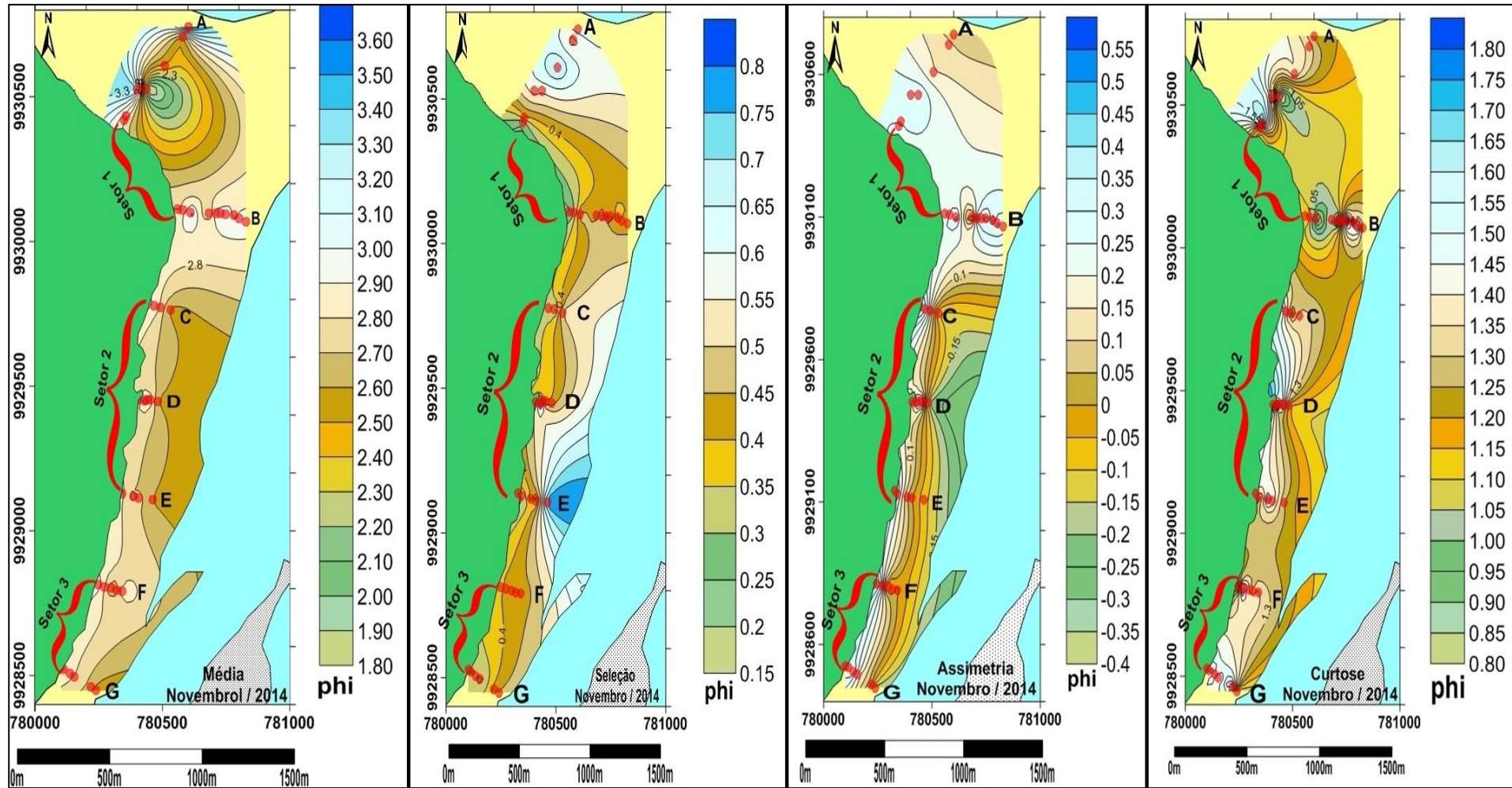


Figura 39- Mapas mostrando a variação dos parâmetros granulométricos na praia do Cajuúna. A) Média, B) Seleção, C) Assimetria e D) Curtose no período menos chuvoso.

### 7.3.3 Textura sedimentar e hidrodinâmica

Tanto no período chuvoso, quanto no menos chuvoso o tipo de textura de sedimento encontrado na praia foi areia de acordo com o digrama de Shepard (1954) (Anexos **M** e **N**). De acordo com o diagrama de Pejrup (1988), a praia do Cajuúna se enquadra na seção IV-A/Hidrodinâmica muito Alta (período chuvoso), com exceção do setor 2 que esteve presente também na seção IV-B Hidrodinâmica muito Alta com decréscimo na concentração de areia (~85% areia) (Anexo **O**). Entretanto, durante o período menos chuvoso, a praia permaneceu na seção IV-A, com o setor 1 e 2 se enquadrando também na seção IV-B (Anexo **P**).

### 7.3.4 Hidrodinâmica costeira

As ondas incidem na praia do Cajuúna a NW no período chuvoso e a NE no menos chuvoso. O sentido da maré enchente é para leste e o da maré vazante é para oeste nos dois períodos sazonais.

Na praia do Cajuúna o ângulo de incidência de ondas ( $\alpha$ ) foi maior no período chuvoso, no setor 2 (70°NW), durante a maré vazante e a enchente. O menor valor foi 20° NW no setor 1, durante a maré vazante. No período menos chuvoso o máximo valor do ângulo de incidência das ondas foi 85° NE, no setor 1, durante a maré enchente e o menor valor de 30° NE nos setores 1 (maré vazante) e 2 (maré enchente e vazante) (Tabela 11).

Tabela 11- Ângulo de incidência de ondas durante o período chuvoso e menos chuvoso na praia do Cajuúna.

	Ângulo de Incidência das Ondas	
	Período Chuvoso	Período menos Chuvoso
<b>Setor 1 Maré Vazante (PV)</b>	20°NW	30°NE
<b>Setor 1 Maré Enchente (PE)</b>	25°NW	85°NE
<b>Setor 2 Maré Vazante (SV)</b>	70°NW	30°NE
<b>Setor 2 Maré Enchente (SE)</b>	70°NW	30°NE

No período chuvoso o setor 1 possui maior variação na altura média das ondas. Houve um decréscimo da média de altura da maré vazante para a enchente, isto pode ter ocorrido devido à coleta deste dado ter sido feito durante o início da maré vazante influenciando desta forma na média das alturas de ondas 1,074 m para 0,85m na maré enchente (Figura 40 A).

O setor 2 não apresentou variação significativa (de 0,82m para 0,85m na maré enchente). No período menos chuvoso o setor 1 têm uma variação mínima na altura média das ondas, diminuindo da maré enchente para a vazante; já no setor 2 esta variação da média das alturas de ondas foi bem mais significativa de 2,94m/enchente para 1,23m/vazante (Figura 40 B). As menores alturas de ondas foram registradas, durante as marés vazantes, no período chuvoso no setor 2 (com 0,82m) e no menos chuvoso setor 1 (com 0,83m).

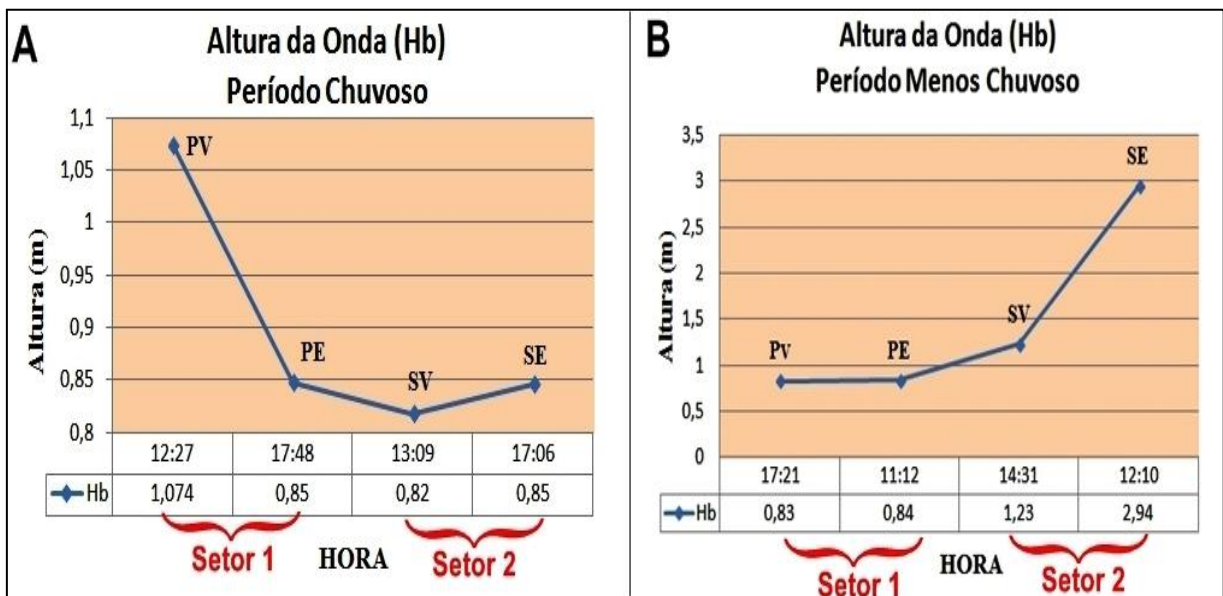


Figura 40- Altura e horário de medição de ondas (Hb) registrados na praia do Cajuúna. A) Registros de altura de ondas no período chuvoso; B) Registros de alturas do período menos chuvoso.

Na estação chuvosa, o período de ondas (T) aumenta do setor 1 (11,3s) para o setor 2 (12,3s), na maré vazante; e mantêm o mesmo valor nos dois setores (11,3s) na maré enchente (Figura 41 A e B). Já na estação menos chuvosa, durante a maré vazante nos dois setores, foram registrados os maiores períodos de ondas, que se mantiveram com o mesmo valor (18,0s); ocorrendo uma pequena variação durante a maré enchente, aumentando do setor 2 (17,0s) para o setor 1 (18,0s, maior registro de ondas durante a maré enchente).



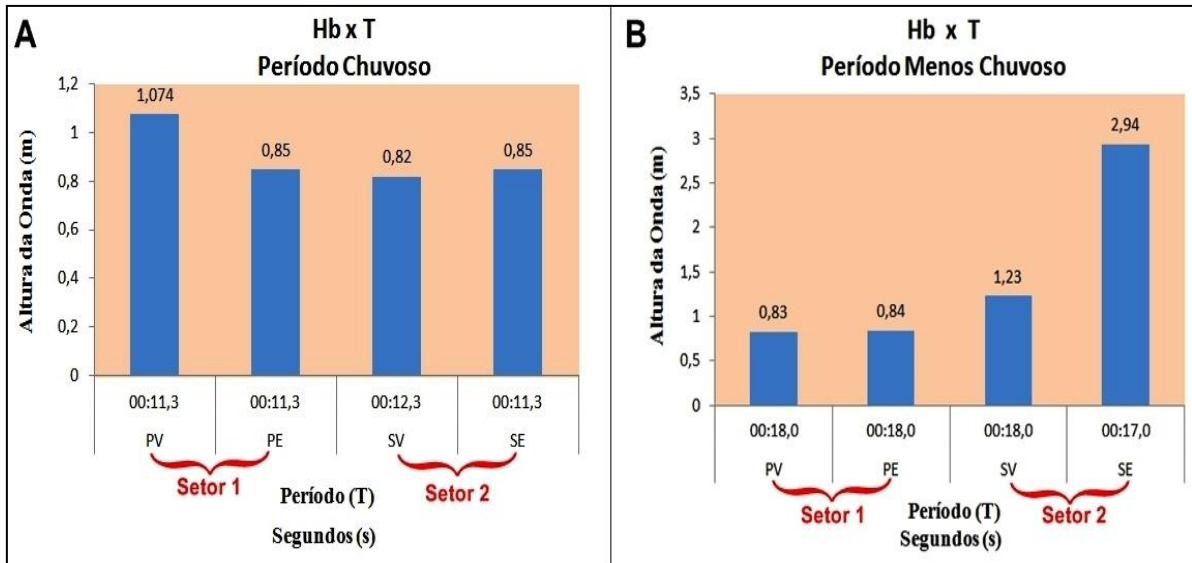


Figura 41- Relação entre período de ondas (T) medido em segundos e altura de ondas (Hb); A) no período chuvoso e B) no período menos chuvoso nos setores na praia do Cajuúna.

### 7.3.5 Estados morfodinâmicos

Na praia do Cajuúna prevaleceu o estado morfodinâmico ( $\Omega$ ) intermediário tanto no período menos chuvoso como no chuvoso. Dentre os estados intermediários prevaleceu o Terraço de Baixa Mar (TBM) no setor 1, e no setor 2 apresentou variação entre Terraço de Baixa Mar (período chuvoso) e Banco de Praia de Cúspide ou Banco e Calha Longitudinal (BPC) (menos chuvoso) (Tabela 12):

Tabela 12 – Estados morfodinâmicos da praia do Cajuúna nos períodos chuvoso e menos chuvoso de acordo com o parâmetro  $\Omega$  de Wright e Short de 1984.

$\Omega$		
Setores	Período Chuvoso	Período Menos Chuvoso
<b>1</b>	<b>3,050 (TBM)</b>	<b>1,673 (TBM)</b>
<b>2</b>	<b>2,494 (TBM)</b>	<b>4,308 (BPC)</b>

O RTR classificou os setores da praia como intermediária tanto no período menos chuvoso como no chuvoso ( $RTR < 7$ ). Ocorrendo apenas no setor 2, no período menos chuvoso, uma classificação refletiva ( $RTR < 3$ ) (Tabela 13):

Tabela 13 – Estados morfodinâmicos da praia do Cajuúna nos períodos chuvoso e menos chuvoso de acordo com o parâmetro RTR de Masselink e Short de 1993.

RTR		
Setores	Período Chuvoso	Período menos Chuvoso
<b>1</b>	<b>5,631</b>	<b>5,751</b>
<b>2</b>	<b>6,426</b>	<b>2,767</b>

### 7.3.6 Variação do transporte longitudinal de sedimentos

As maiores quantidades de sedimentos transportados, na zona de surfe, se concentram próximo à interface água/sedimento, tanto no período chuvoso quanto no menos chuvoso. No período chuvoso, no setor 2; durante a maré vazante, foi capturado 61,67g. Enquanto que, no período menos chuvoso neste mesmo setor foi capturado 451g de sedimentos. Durante a maré vazante, os sedimentos se concentram na coluna d'água (Tabela 14):

Tabela 14 – Quantidade de amostras por níveis na praia do Cajuúna referentes à maré vazante e enchente e o total de sedimentos coletados nos períodos menos chuvoso e chuvoso dados em gramas (g) durante 3 min de operação.

	Período Chuvoso						Período Menos Chuvoso					
	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5	Total	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5	Total
Setor 1 Maré Vazante	34,05	12,58	5,43	2,71	1,89	56,66	8,06	25,33	20,26	13,89	X	67,54
Setor 1 Maré Enchente	3,88	3,27	3,09	X	X	10,24	59,06	17,62	17,55	17,12	17,09	128,44
Setor 2 Maré Vazante	61,67	7,77	9,24	4,28	2,84	85,8	451,48	116,92	118,24	X	X	686,64
Setor 2 Maré Enchente	4,27	3,67	3,5	X	X	11,44	86,45	19,54	46,02	8,82	30,33	191,16

Durante o período chuvoso quanto mais se aproxima da superfície, menor é a quantidade de sedimentos transportados, em todos os setores. Durante o período menos chuvoso este comportamento não é visualizado.

### 7.3.7 Hidrometeorologia

A velocidade dos ventos foi mais intensa durante a maré enchente no período chuvoso, tanto no setor 1 como no setor 2. Já no período menos chuvoso, a intensidade dos ventos foi maior durante a maré vazante nos setores 1 e 2 (Tabela 15).

Tabela 15 – Velocidade dos ventos (m/s) na praia do Cajuúna medidas simultaneamente a coleta da armadilha de sedimentos longitudinal nos setores 1 e 2 nas marés enchente e vazante nos períodos chuvoso e menos chuvoso.

		Período Chuvoso	Período Menos Chuvoso
<b>Setor 1</b>	<b>PV</b>	1,7 m/s	8,1 m/s
	<b>PE</b>	8,4 m/s	5,5 m/s
<b>Setor 2</b>	<b>SV</b>	2,8 m/s	10,3 m/s
	<b>SE</b>	7,6 m/s	6,3 m/s

A intensidade da corrente foi maior durante a maré enchente tanto no período chuvoso quanto no período menos chuvoso, nos dois setores da praia. A maior intensidade obtida foi de 0,73 m/s, no período chuvoso, durante a maré enchente no setor 2 e a menor intensidade foi de 0,15 m/s, no período menos chuvoso, durante a maré vazante, no setor 1 (Figura 42).

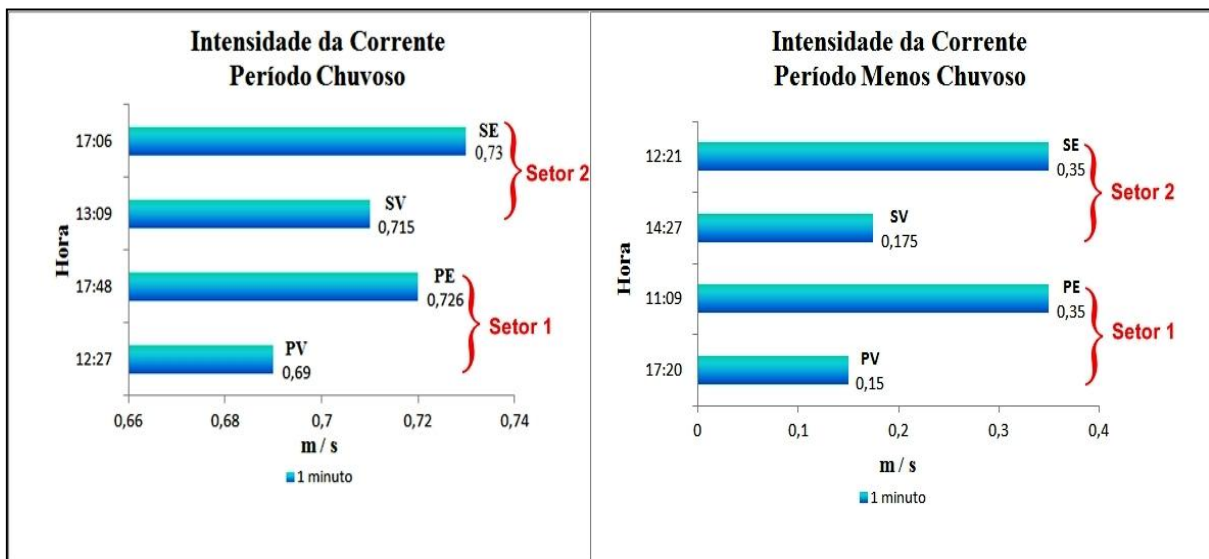


Figura 42- Intensidade e horário de medição das correntes (m/s) na praia do Cajuúna nos períodos chuvoso e menos chuvoso.

O transporte por arrasto na interface água/fundo é intenso durante a enchente (setor 1 – 13,93 ghm<sup>3</sup> e setor 2 – 4,31 ghm<sup>3</sup>) e vazante (setor 1 – 34,51 ghm<sup>3</sup> e setor 2 – 62,85 ghm<sup>3</sup>) no período chuvoso nos dois setores na praia do Cajuúna. Há semelhança deste comportamento no período menos chuvoso durante a enchente (setor 1 – 59,93 ghm<sup>3</sup> e setor 2 – 87,86 ghm<sup>3</sup>), entretanto durante a vazante no setor 1 (7,63 ghm<sup>3</sup>) a intensidade é maior na coluna d'água (25,40 ghm<sup>3</sup> - nível 2).

O fluxo de sedimentos foi maior durante a maré vazante (período chuvoso). Entretanto, este fluxo é maior durante a maré enchente (menos chuvoso), se não levar em

consideração uma discrepância ocorrida no setor 2 durante a vazante (458,24 g/h/m<sup>3</sup>). Nos dois períodos, o fluxo sedimentar no setor 1 é menor que no setor 2 tanto na maré enchente quanto na vazante (Tabela 16, Anexo Q).

Tabela 16 – Fluxo de sedimentos nos níveis da armadilha sedimentar durante o período chuvoso, e menos chuvoso, nos setores 1 e 2 da praia do Cajuúna.

NÍVEL	FLUXO DE SEDIMENTOS (g / h / m <sup>3</sup> )							
	PERÍODO CHUVOSO				PERÍODO MENOS CHUVOSO			
	ENCHENTE		VAZANTE		ENCHENTE		VAZANTE	
	SETOR 1	SETOR 2	SETOR 1	SETOR 2	SETOR 1	SETOR 2	SETOR 1	SETOR 2
1	3,93	4,31	34,51	62,85	59,93	87,86	7,63	458,24
2	3,31	3,71	12,76	7,75	17,59	18,82	25,40	1116,43
3	3,09	3,5	5,52	9,38	17,53	46,83	20,39	118,24
4	X	X	2,77	4,35	17,10	8,27	13,89	X
5	X	X	1,89	2,84	17,01	30,33	X	X

O balanço sedimentar na zona de surfe é negativo no período chuvoso nos dois setores ao tirarmos a diferença da entrada e saída dos sedimentos. Fazendo um balanço sedimentar comprova-se que a carga sedimentar é bem maior durante o período menos chuvoso, este por sua vez é caracterizado como um período de acresção sedimentar.

Na zona de surfe, a menor quantidade foi de argila em todos os períodos e setores da praia, com o mínimo de 0,31g no período chuvoso e 0,27g no período menos chuvoso. A fração silte se manteve alta (1,42g) ultrapassando a fração areia fina (0,4g) no período chuvoso no setor 1 durante a vazante na superfície d'água (nível 5), e no setor 2 também durante a vazante, na coluna d'água (nível 4, areia fina (1,9g), silte (2,22g)). Já no período menos chuvoso a fração silte ultrapassa (4,26g) a fração areia (3,72g) apenas no setor 1 no nível 1 durante a maré vazante (Anexos R, S, T e U).

## 8 DISCUSSÃO

### 8.1 Feições morfológicas

Na praia do Cajuúna cristas e calhas ocorrem tanto no período menos chuvoso como no chuvoso. Outras praias do Nordeste paraense também apresentam essas características, como exemplo, a praia de Ajuruteua no município de Bragança; a praia da Romana no município de Curuçá; a praia do Crispim no município de Marapanim e a praia da Corvina no município de Salinópolis. (Braga, 2007; Ranieri, 2011; Bittencourt, 2013; Ranieri, 2014).

A migração de sedimentos pode ser notada através do comportamento sazonal das calhas longitudinais que migram do período chuvoso (na zona de intermaré na praia do Cajuúna) para o menos chuvoso (na zona de supramaré ou na zona de intermaré superior).

Os sedimentos da praia do Cajuúna migram da seguinte forma: No setor 1 há remoção dos sedimentos mais finos da zona de supramaré (período chuvoso) para a zona de intermaré (período menos chuvoso). Esta migração de sedimentos finos corresponde a uma pequena subida de elevação topográfica. No setor 2, os sedimentos finos migram da zona de inframaré para a zona de supramaré do período chuvoso para o menos chuvoso. Já no setor 3 esta migração ocorre da zona de intermaré inferior (período chuvoso) para a a zona de supramaré antes da linha de maré alta .

Na praia do Cajuúna dunas escarpadas de grande porte durante o período chuvoso, indicam saída de sedimentos do pós-praia. Estas feições já haviam sido observadas por França e Souza Filho (2006) quando relacionavam os processos ligados a fase erosiva das praias em Soure, onde incluíram remoção de dunas ou formação de escarpas dunares (com até 3 m de altura).

O transporte eólico por saltação na estação chuvosa entra em controvérsia com o padrão de muitos autores que consideram a estação menos chuvosa mais propícia a este tipo de transporte, levando em consideração a intensidade dos ventos mais fortes na estação menos chuvosa.

## 8.2 Comportamento morfométrico da praia do Cajuúna

A variação do volume de sedimentos na praia do Cajuúna tem balanço positivo crescente do período chuvoso para o menos chuvoso, havendo exceção apenas no setor 2 com balanço positivo porém com decréscimo de volume. Este comportamento erosivo pode estar relacionado ao local juntamente com o ângulo de incidência de ondas e o sentido da deriva litorânea, fazendo com que os sedimentos sejam retirados desta área e remobilizados para outras. O canal de maré que também pode estar contribuindo para a desagregação e remobilização de sedimentos para as áreas adjacentes.

O caráter acrescional da praia do Cajuúna é semelhante ao encontrado em praias da região. Nessas praias ocorre erosão nos meses de fevereiro a abril/2001- período chuvoso, o estoque sedimentar é reduzido; já no período menos chuvoso ocorre maiores volumes sedimentares, marcando uma fase acrescional.

A praia do Cajuúna se manteve mais larga no setor 2, durante o período chuvoso, fato este relacionado à maré equinocial de sizígia. Isto ocorre devido estas marés apresentarem as maiores enchentes chegando até o pós-praia atingindo o topo das dunas; assim como as maiores vazantes, fazendo com que a face praial se torne mais larga devido a uma maior retração da maré, mais que no período menos chuvoso. Por outro lado, as áreas abrigadas que se encontram próximas aos canais do Pesqueiro e Cajuúna, nos setores 1 e 3, são mais largas no período menos chuvoso, pois sofrem influência direta desses canais. No período chuvoso os canais de maré se encontram mais cheios devido a maior descarga, provocando a redução da largura; já no período menos chuvoso, os canais são mais secos, tornando a praia mais larga nestas áreas.

Quanto ao coeficiente de variação da linha de costa, na praia do Cajuúna ocorreu uma relação inversamente proporcional com a variação da largura em todos os setores. Ou seja, quanto menor a largura da praia maior o coeficiente de variação da linha de costa. Na praia do Cajuúna, ocorre um aumento neste coeficiente do período chuvoso para o menos chuvoso; exceto nas áreas abrigadas, devido às larguras serem menores no período chuvoso e maiores no menos chuvoso (Tabela 17).

Tabela 17 – Relação inversamente proporcional da variação da largura com o coeficiente de variação da linha de costa da praia do Cajuúna.

PERFIL	Período Chuvoso		Período Menos Chuvoso		Aumento do <b>CVYb</b> do período chuvoso para o menos chuvoso conforme diminuição do <b>Yb</b> .
	<b>Yb</b>	<b>CVYb</b>	<b>Yb</b>	<b>CVYb</b>	
A	312 m	10,88%	360 m	9,43%	
B	489 m	24,44%	320 m	37,34%	
C	405 m	46,27%	140 m	133,85%	
D	260 m	21,76%	180 m	31,43%	
E	178 m	15,10%	140 m	19,19%	
F	182 m	31,86%	100 m	57,98%	
G	166 m	10,22%	190 m	8,93%	

De acordo com Short e Hesp (1982), valores elevados destes parâmetros (**Yb** e **CVYb**) caracterizam uma praia móvel, suscetível à períodos de erosão/acresção. Na praia do Cajuúna os maiores valores estão nas áreas expostas, parte central da praia; e os menores valores estão nas áreas mais abrigadas.

De acordo com França (2003), as praias do setor insular estuarino do Pará, localizadas na planície costeira apresentam baixa declividade. Na praia do Cajuúna, a baixa declividade está ligada principalmente com o diâmetro dos grãos de sedimentos. Segundo Short (1999), sedimentos finos irão produzir ambientes com menor declividade (entre 1° e 3°) na zona de espraiamento, enquanto que praias com sedimentos médios e grossos produzirão ambientes com maior grau de inclinação (>3°). Silva (2010) faz uma relação da declividade da praia com a largura (**Yb**), de modo que com o aumento da declividade há diminuição da largura; o que ocorre nos setores 2 e 3 da praia do Cajuúna.

A praia do Cajuúna apresenta principalmente grau de seleção que varia de muito bem selecionado a bem selecionado. Oliveira *et al.* (2014) faz uma relação entre a declividade da praia, o diâmetro do grão e o grau de selecionamento das amostras; onde, praias com diâmetro médio do grão tipo areia fina, geralmente são bem selecionadas e a face praial possui pouco declive.

### 8.3 Comportamento granulométrico da praia do Cajuúna

A praia do Cajuúna é um ambiente de alta hidrodinâmica com acúmulo de sedimentos finos, tanto no período chuvoso quanto no menos chuvoso. Isto pode estar relacionado: aos deltas de maré vazante presentes nas extremidades da praia que funcionam como armadilhas de sedimentos, propiciando o suprimento e a deposição dos mesmos.

Outra explicação para permanência de sedimentos finos na praia do Cajuúna, é a área fonte de sedimentos oriundos em especial da baía do Marajó; e, a localização da praia ser próxima à foz do rio Amazonas. Quando o sedimento é transportado por rios que drenam áreas das encostas, os sedimentos que alcançarão a ZC serão finos. (Masselink e Short, 1993).

Foi descrito por Braga *et al.* (2007), na região nordeste do Pará, uma relação entre a média e a seleção no período menos chuvoso. Na zona de intermaré superior os sedimentos são mais bem selecionados que as demais pois, há uma concentração maior de areias finas devido aos movimentos de *swash* e *backwash*.

A alta energia da praia e a presença de calha no período menos chuvoso contribuem para que os sedimentos sejam moderadamente selecionados, refletindo maior granulometria com o aumento do nível de energia. Neste período as ondas são mais energéticas devido a maior intensidade dos ventos. Estes por sua vez, selecionam os sedimentos, geram migração e acumulação de sedimentos nas dunas frontais.

Já no período chuvoso ocorre a mistura dos processos atuantes na praia que induzem um aumento no valor de seleção indicando na praia do Cajuúna um grau moderado, possivelmente, nestas zonas, ocorre a homogeneização dos processos atuantes. No período chuvoso as correntes de marés, com o intenso transporte eólico, selecionam os sedimentos.

As variações nos valores da altura de ondas, aliado a fontes de sedimentos distintas pode ser um dos fatores determinantes na distribuição de assimetria variada na praia do Cajuúna, como foi proposto por Bittencourt (1992). Este autor observou que a variabilidade muito baixa nos valores da assimetria, refletem a intensidade e a variabilidade muito baixa das ondas que a atingem; e que a considerável variação nos valores da assimetria reflete as maiores intensidade e variabilidade das ondas que atuam.

A granulometria dos sedimentos também pode ser relacionada no período chuvoso, a erosão das dunas e a uma maior tendência de sedimentos fluviais, e no menos chuvoso, ao transporte eólico e retorno dos sedimentos finos que foram levados pelos canais de maré ou depositados nos deltas.

A curtose está relacionada com sucesso ao nível de energia das ondas ou ao nível de energia do ambiente deposicional, sendo inversamente proporcionais (Alves, 2001); ou seja,



alta curtose (leptocúrtica) reflete baixa energia e a baixa curtose (platicúrtica) reflete alta energia.

Os sedimentos da praia do Cajuúna apresentam um bom grau de selecionamento, com a presença quase unânime de sedimentos finos e muito finos, e a predominância de curtose leptocúrtica nos períodos chuvoso e menos chuvoso. A interação dos fatores como ondas, correntes fluviais e de maré, durante os períodos chuvoso e menos chuvoso, no setor 1, caracteriza este setor como mais energético, indicado pelos valores de curtose platicúrtica. A deposição de sedimentos finos é mais propícia em ambientes de baixa energia, deste modo o diâmetro dos grãos, a seleção e a curtose estão interligados.

Durante o período chuvoso, a zona de supreamaré do setor 3, foi caracterizada como uma zona energética, indicada por valores de curtose platicúrtica. Isto se deve provavelmente, a interação da maré com as dunas escarpadas nesta zona, provocando erosão e retirada dos sedimentos finos, caracterizando uma zona de ganho energético.

#### 8.4 Comportamento hidrodinâmico e fluxo sedimentar da praia do Cajuúna (Setores 1 e 2).

A maré vazante coincide com o sentido da deriva litorânea no período menos chuvoso (em direção oeste), os sedimentos do esporão arenoso no setor 1 da praia do Cajuúna são depositados durante a maré vazante. No período chuvoso a deriva litorânea coincide com a maré enchente (em direção leste) levando sedimentos para dentro da Baía do Marajó. Estudos sedimentológicos e hidrodinâmicos na ZC do estado do Pará feitos anteriormente por El-Robrini et al. (2006) apontam o sentido da deriva (Figura 43).



Figura 43- Direção da deriva litorânea na zona costeira da ilha do Marajó.  
Fonte: El-Robrini et al. (2006).

Por ser uma região mais abrigada, o setor 1 não sofre uma ação de ondas tão forte, como ocorrem no setor 2, que é mais exposta.

Na praia do Cajuúna, o período de ondas está diretamente relacionado com a intensidade das correntes e com o ângulo de incidência das ondas com a linha de costa. O período de ondas na praia do Cajuúna no período chuvoso se manteve relativamente baixo se comparado ao período menos chuvoso; de maneira inversa, a intensidade da corrente se manteve mais alta no período chuvoso que no menos chuvoso e por sua vez o ângulo de incidência de ondas com valores mais altos no período chuvoso que no menos chuvoso. O aumento da velocidade de propagação das ondas e das correntes longitudinais faz com que ocorra diminuição no período de ondas devido as correntes de maré se intensificar com o passar das horas provocando uma maior força de atração sobre as águas.

Próximo às águas rasas, as cristas de ondas possuem uma maior aceleração, se orientando paralelas à linha de costa. Ocorre diminuição no período de ondas, e o ângulo de incidência das ondas com a linha de costa aumenta (Schmiegelow, 2004).

Durante as marés enchentes, nos períodos chuvoso e menos chuvoso ocorrem as maiores intensidades e distâncias percorridas pelas correntes de maré. Há um maior aporte de sedimentos durante a maré vazante na zona de surfe. Assim, esta corrente, é o principal agente no trânsito de sedimentos, que são trazidos durante a maré vazante da Baía do Marajó (Figura 44 e 45).

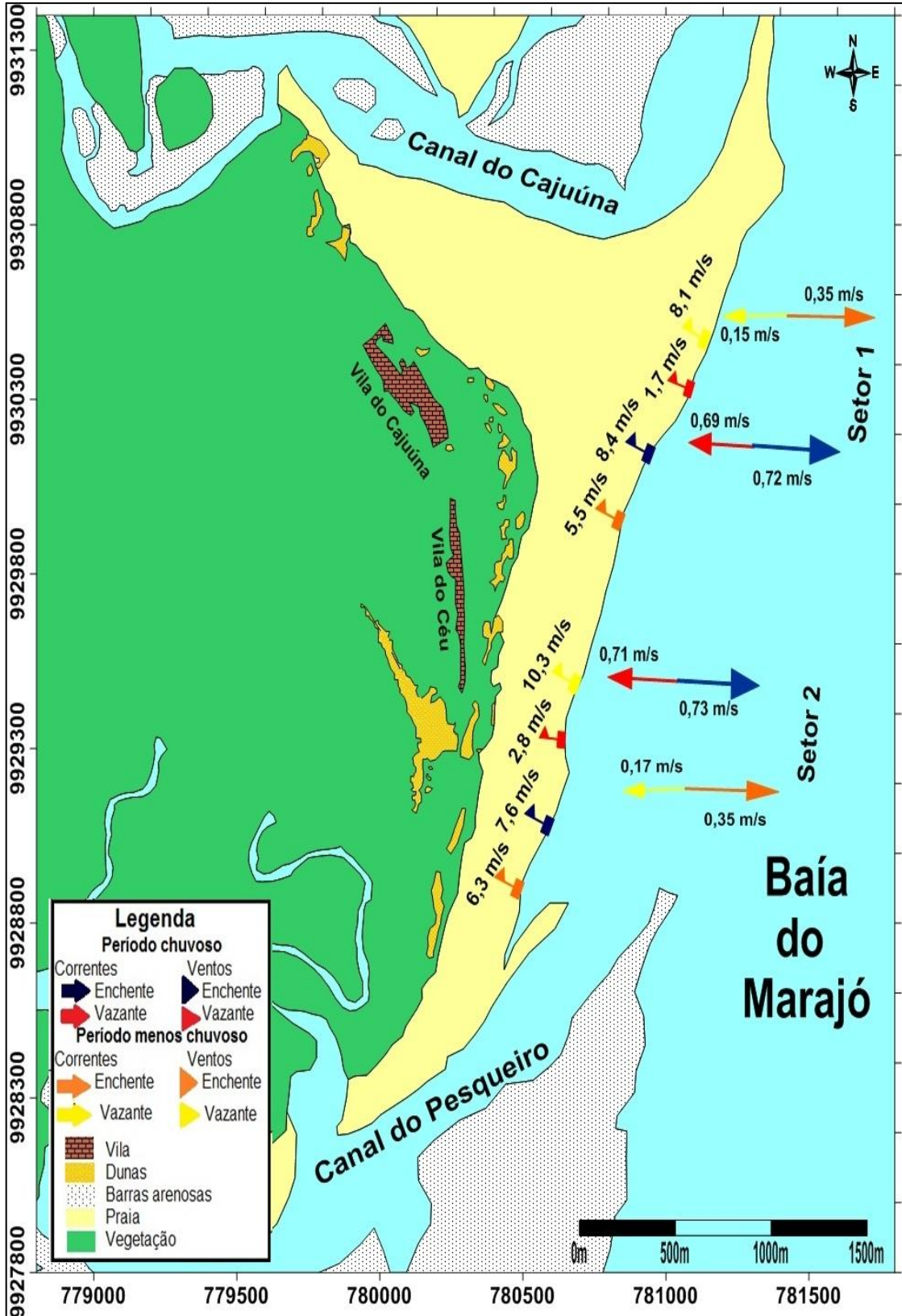


Figura 44- Intensidade (m/s) /direção (Enchente- leste e Vazante-oeste) das correntes de maré e velocidade dos ventos (m/s) durante os períodos chuvoso e menos chuvoso na Praia do Cajuína.

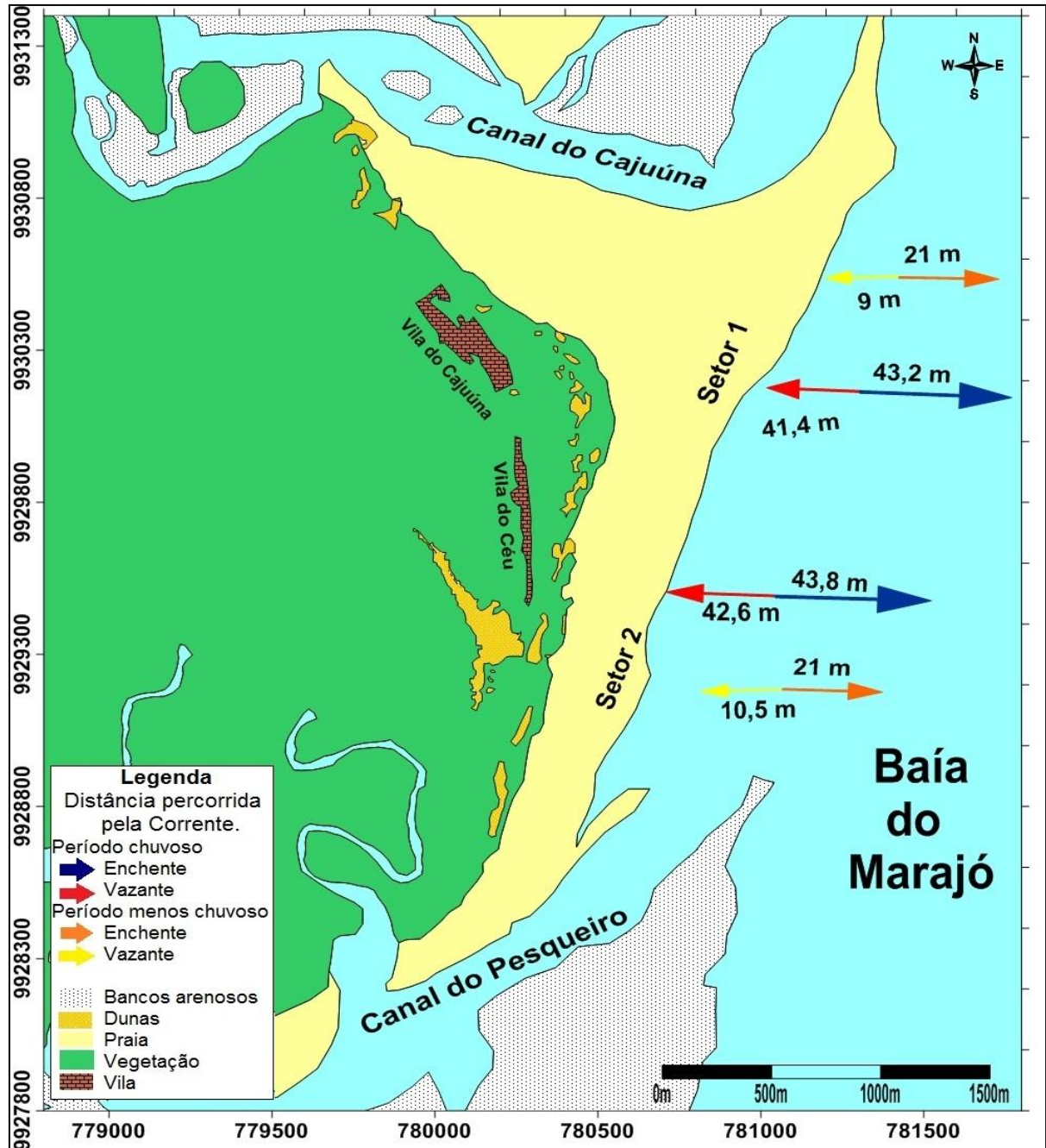


Figura 45- Distância percorrida pelas correntes de maré durante os períodos chuvoso e menos chuvoso nos setores 1 e 2.

O maior fluxo de sedimentos predominou durante a maré vazante nos dois períodos (exceto no setor 1/ período menos chuvoso) apesar da corrente de maré enchente ser mais intensa e percorrer maiores distâncias. Isto ocorre porque os rios carregam maior volume de sedimentos que os processos costeiros (Figura 46).

Ocorre uma discrepância na quantidade de sedimentos durante o período menos chuvoso, na maré vazante do setor 2, causada pelo mau manuseio do equipamento durante a coleta, ou, por estar em uma área mais exposta da praia, sujeita a turbulência.

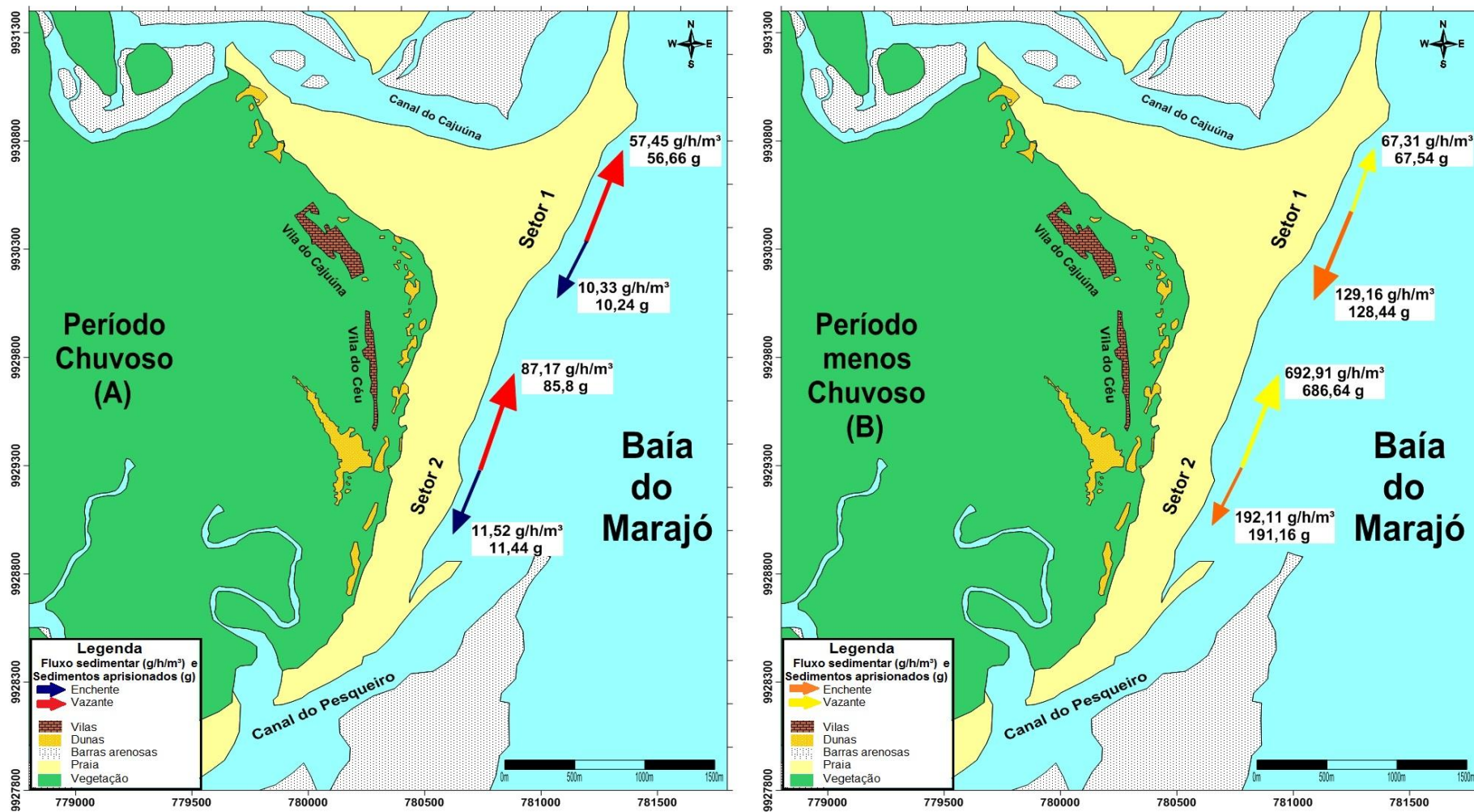


Figura 46- Fluxo total de sedimentos que passa pela armadilha de transporte longitudinal durante 3 minutos de operação e a quantidade de sedimentos aprisionados pela mesma durante o período chuvoso (A) e menos chuvoso (B).

Na praia do Cajuúna, a zona de surfe apresenta nos períodos chuvoso e menos chuvoso a predominância de areia fina, devido a influência das correntes de maré da baía do Marajó. Ocorre também quantidade significativa de silte, provavelmente oriundos da pluma de sedimentos trazidos pelo Rio Amazonas, assim como, a fração argila. Segundo Corrêa (2005), a fração silte concentra-se mais na porção central e norte do estuário da Baía do Marajó, ocupando fundo de canais e saídas de rios. As argilas caracterizam o fundo do estuário na sua parte norte, resultante do encontro da água doce com a água salgada do mar (Figura 47).

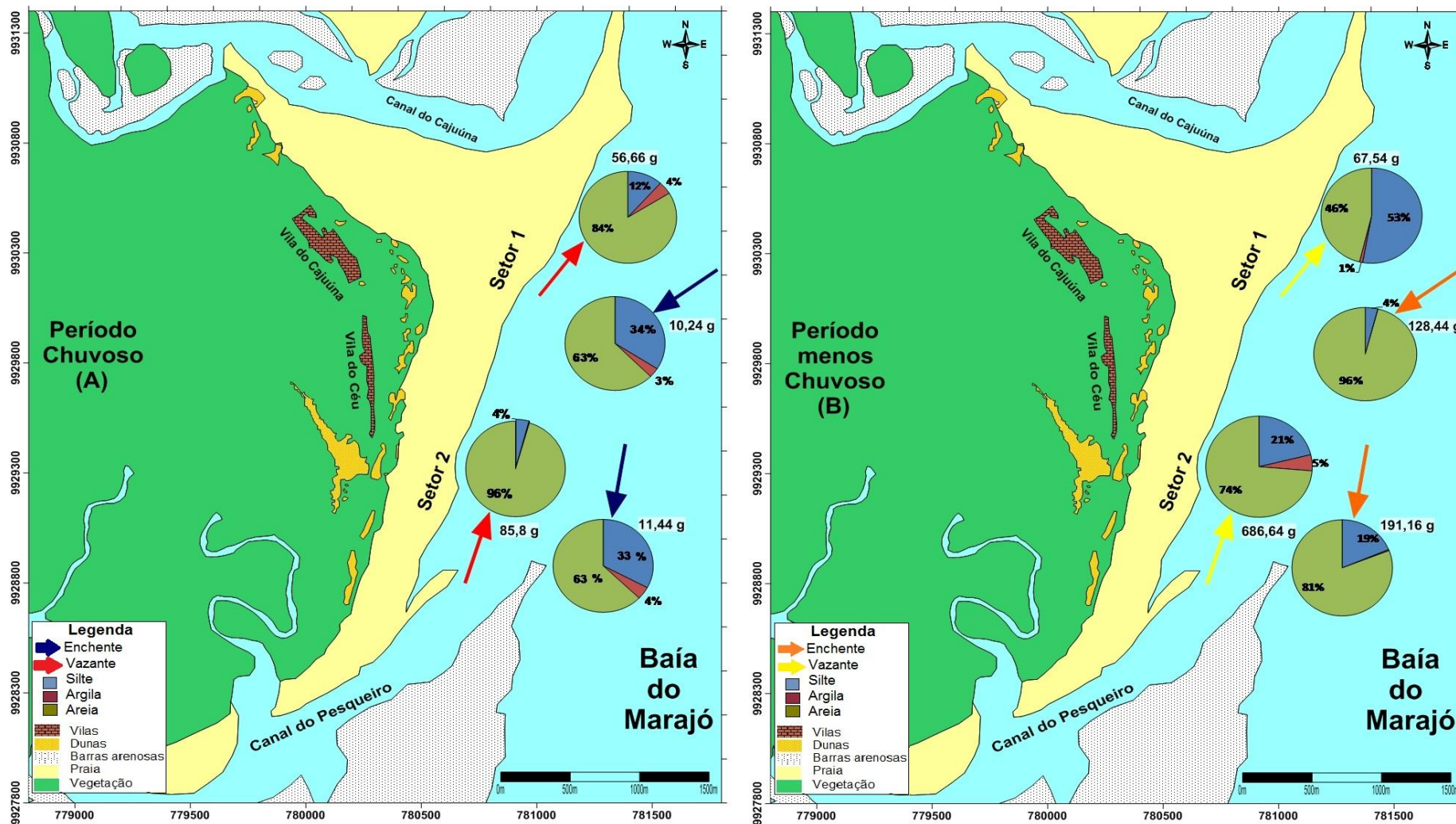


Figura 47- Distribuição quantitativa (g) e qualitativa (silte, argila e areia (%)) dos sedimentos da zona de surfe nos setores 1 e 2 da praia do Cajuúna durante os períodos chuvoso (A) e menos chuvoso (B).

### **8.5 Estado morfodinâmico da praia do Cajuúna e a sua interação onda – maré**

A praia do Cajuúna é uma praia intermediária, na estação chuvosa predomina o estado Terraço de Baixa Mar (TBM). Na estação menos chuvosa ocorrem dois estados morfodinâmicos; o Terraço de Baixa Mar no setor 1, e banco e calha longitudinal ou banco de praia de cúspide no setor 2. De acordo com Alves et al. (2005), as praias do setor insular estuarino localizadas na planície costeira do município de Soure, apresentam classificações de praias Refletivas, Dissipativas e Intermediárias (Terraço de Maré Baixa, Banco e Calha Longitudinal e Correntes de Retorno e Barras Transversais).

A Variação Relativa da Maré (RTR) na praia do Cajuúna foi classificada como intermediária com interação onda-maré durante o período chuvoso, e no setor 1 durante o período menos chuvoso. Entretanto no setor 2 foi classificado como intermediário com onda dominante, isto pode estar ocorrendo porque, durante o período menos chuvoso, há uma interação maior das ondas com a praia devido este setor está em um local mais exposto, as ondas acabam prevalecendo sobre as marés nesta área. Este mesmo setor mostrou diferença quanto ao estado morfodinâmico praias, que por estar em um local de maior exposição acaba possuindo características distintas dos demais setores (Figura 48).



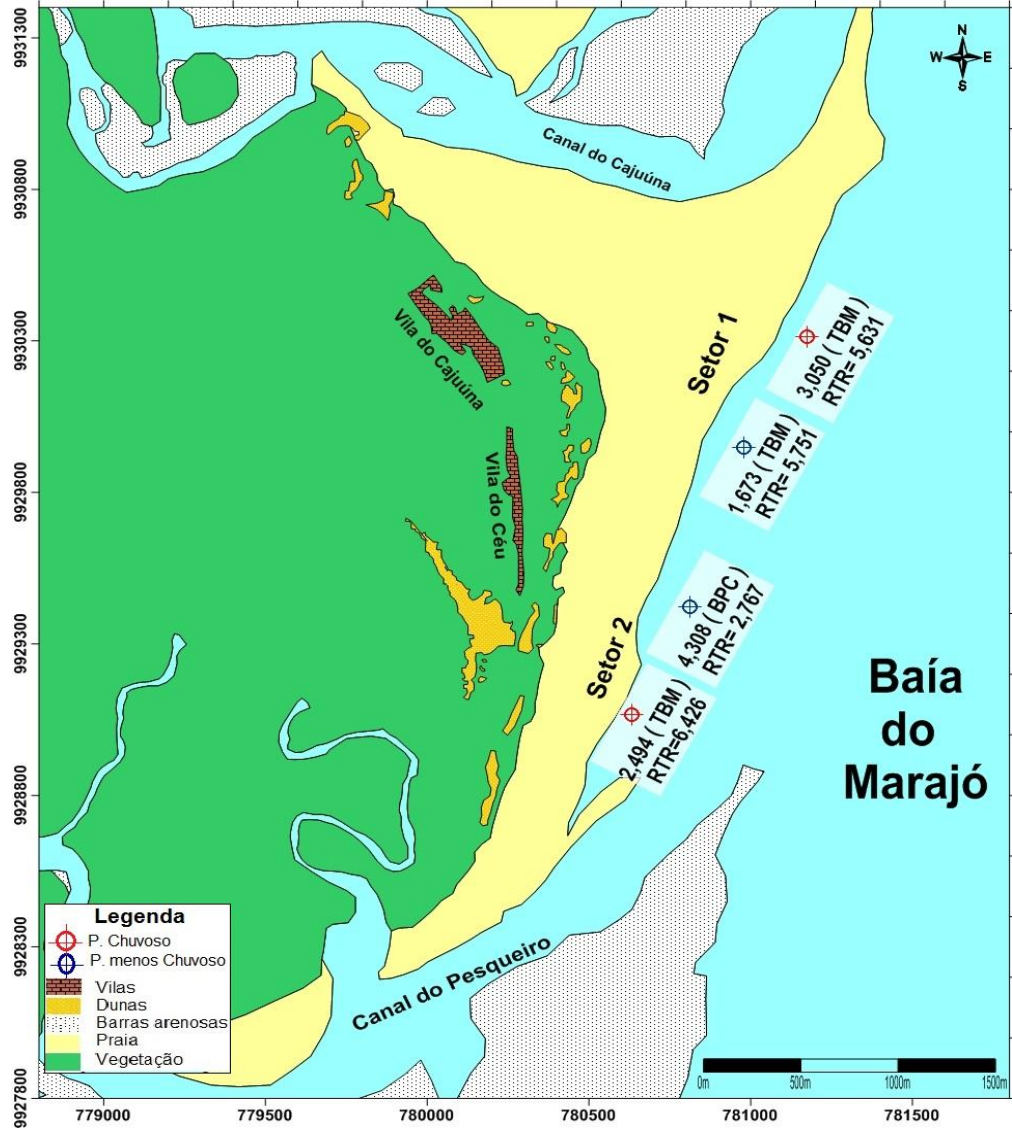


Figura 48- Estado morfodinâmico e variação relativa da maré na praia do Cajuúna nos setores 1 e 2 durante o período chuvoso (círculo vermelho) e menos chuvoso (círculo azul).

## CONCLUSÕES

- A praia do Cajuúna localizada na planície costeira de Soure é classificada como praia com o estado morfodinâmico ( $\Omega$ ) intermediário nos dois períodos. Dentre os estados intermediários prevaleceu o Terraço de Baixa Mar (TBM) no período chuvoso e variação entre Terraço de Baixa Mar e Banco de Praia de Cúspide (BPC) no menos chuvoso.
- É uma praia com interação onda-maré durante o período chuvoso, e uma variação durante o menos chuvoso, desta forma em sua porção mais abrigada possui a interação onda-maré e em sua área mais exposta segundo a variação relativa da maré (RTR) é dominada por ondas.
- A praia do Cajuúna é recortada por dois canais de marés em suas extremidades (Canal do Cajuúna no setor 1 e do Pesqueiro no setor 3). Estes canais formam deltas de marés vazantes que variam sazonalmente e influenciam a dinâmica da praia principalmente nos setores 1 e 3 com barras arenosas associadas. Os deltas na praia do Cajuúna formam marcas onduladas em várias escalas e *sand waves*.
- Além destas feições, a praia do Cajuúna, no setor 2 apresenta uma pequena ramificação de canal que permanece cheio durante todo o período chuvoso e vaza completamente apenas na maré vazante do período menos chuvoso. Outra ramificação de canal menor existe no setor 1, surgindo a partir do pós-praia apenas no período chuvoso.
- A ramificação do canal encontrado no setor 2 propicia a formação de uma calha longitudinal na praia do Cajuúna. Ela se estende do setor 2 até o setor 3 (final da praia) tanto no período menos chuvoso como no chuvoso. Já a ramificação no setor 1 apenas no período chuvoso forma uma calha longitudinal relativamente pequena se comparada com a calha do setor 2.
- Os sedimentos são depositados principalmente durante a maré vazante formando na praia do Cajuúna um esporão arenoso em sua porção oeste.
- Os sedimentos na praia do Cajuúna possuem grau de selecionamento de muito bem selecionado a moderadamente selecionado (principalmente no período menos chuvoso). A assimetria se manteve aproximadamente simétrica tendendo a valores positivos, muito positivos e negativos e a curtose predominante nos dois períodos foi a leptocúrtica, com variação para muito leptocúrtica, mesocúrtica e platicúrtica.
- Esta praia apresentou balanço positivo no volume sedimentar, mostrando-se crescente do período chuvoso para o menos chuvoso, havendo exceção apenas em uma área onde ocorre o decréscimo no volume sedimentar; se mantêm mais larga no período chuvoso o que

implicou um aumento no coeficiente de variação da linha de costa. Houve ainda ocorrência de dois setores mais largos no menos chuvoso, estes localizados nas zonas abrigadas da praia nos setores 1 e 3. Esta praia mostrou baixa declividade nos dois períodos o que está relacionado diretamente com a presença dos sedimentos finos.

- Quanto à granulometria dos sedimentos coletados pela armadilha a menor quantidade apresentada foi de argila em todos os períodos e setores da praia do Cajuúna. A fração silte se manteve alta em alguns casos ultrapassando a fração areia fina ( $< 3 \text{ a } 4 \Phi$ ) no período chuvoso.
- O ângulo de incidência das ondas variou de NW (período chuvoso) para NE (menos chuvoso). As maiores alturas de ondas foram registradas durante a maré vazante nos dois períodos.
- Na praia do Cajuúna o período de ondas está diretamente relacionado com a intensidade das correntes e com o ângulo de incidência das ondas com a linha de costa. O período de ondas na praia do Cajuúna no período chuvoso se manteve relativamente baixo se comparado ao período menos chuvoso; de maneira inversa, a intensidade da corrente se manteve mais alta no período chuvoso que no menos chuvoso.
- A variação no sentido do ângulo de incidência das ondas está relacionada com as enchentes e vazantes dos canais de maré que acabam desviando o sentido da deriva litorânea como uma espécie de força de empuxo.
- A velocidade dos ventos foi mais intensa durante a maré enchente no período chuvoso, e no menos chuvoso esta intensidade foi maior durante a maré vazante.
- A intensidade e a distância percorrida das correntes de maré enchente são predominantes na praia do Cajuúna, nos dois períodos sazonais; entretanto, no fluxo sedimentar há um maior aporte durante a maré vazante, desta forma a corrente de maré vazante associada a deriva litorânea (período menos chuvoso – NE) é a principal forçante no trânsito de sedimentos, que são trazidos durante a maré vazante da Baía do Marajó.
- Por sua localização, sujeita a fatores meteorológicos (ventos, chuvas, tempestades), hidrológicos (descarga hídrica e sólida do estuário do rio Pará) e hidrodinâmicos (ondas, correntes de maré), a praia do Cajuúna é uma área bem complexa não podendo se estabelecer um padrão absoluto para o transporte ou as fontes de sedimentos já que é um ambiente bastante dinâmico.
- Este estudo faz contribuição a Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA). Está inserido no projeto “Adaptation to Sea Level Rise in the Amazon Delta” que

objetiva a avaliação das consequências do aumento do nível do mar, conjuntamente com os outros efeitos amazônicos (subida do nível do rio Amazonas) e meteorológicos (eventos extremos), causados pela mudança climática global sobre os entornos da ilha do Marajó (margens Leste e Norte). Os dados sobre estes processos são fundamentais, uma vez que identificam os melhores exemplos de adaptação, no sentido de contribuir junto com as comunidades instaladas nos entornos das margens Leste e Norte desta ilha, fazendo frente a estes impactos recentes.

## REFERÊNCIAS

- Aagaard T., Greenwood B., HUGHES M. 2013. Sediment transport on dissipative, intermediate and reflective beaches. *Earth-Science Reviews*, 124, Sep. :32-50.
- Aguiar P.F., El-Robrini M., Sá Freire G. S., Carvalho R.G. 2013. Morfodinâmica de Praias Dominadas por Mesomares na Planície Arenosa de Almofala, NW do Ceará (Brasil). *Pesquisas em Geociências*, **40**(1):61-73.
- Albuquerque M.G., Calliari L.J., Corrêa I.C.S., Pinheiro L.S. 2009. Morfodinâmica da Praia do Futuro, Fortaleza-CE: uma síntese de dois anos de estudo. *Quaternary and Environmental Geosciences*, **01** (2):49 – 57.
- Albuquerque M.G. 2008. *Morfodinâmica da Praia do Futuro, Fortaleza-CE*. MS Dissertation, Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande, 147 p.
- Almeida E.R.S de. 2006. *Estado morfodinâmico da praia central de Matarazés, ES*. GR Monograph, Centro de Ciências Humanas e Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 54p.
- Alvarez-Ellacuria A., Orfila A., Olabarrieta M., Medina R., Vizoso G., Tintoré J. 2010. A Nearshore Wave and Current Operational Forecasting System. *Journal of Coastal Research*, **263**:503-509.
- Alves M.A.M.S., Coelho J.R., Mendes R.M.L., Kawamoto M.S. 2013. Variabilidade morfológica do perfil da praia estuarina Barra Velha, Pará. *In: 13º Simpósio de Geologia da Amazônia, Anais*, v. 13, p. 850 – 853.
- Alves M.A.M.S., El-Robrini M., Souza Filho P.W.M., Farias D.R., França C.F. de. 2005. Morfodinâmica das praias de meso-macromares da zona costeira do estado do Pará. *In: XV Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Vitória (Brasil)*. CD-ROM.
- Alves M.A.M.S. 2001. *Morfodinâmica e Sedimentologia da Praia de Ajuruteua – NE do Pará*. MS Dissertation, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 104p.
- Anthony J.E., Gardel A., Proisy C., Fromard F., Gensac E., Peron C., Walcker R., Lesourd S. 2013. The Role of Fluvial Sediment Supply and River-Mouth Hydrology in the Dynamics of the Muddy, Amazon Dominated Amapá-Guianas Coast, South America: A Three-Point Research Agenda. *J. S. Am. Earth Sci.*, **44**(No Spécial):18-24.
- Arai M., Uesugui N., Rossetti D.F., Góes A.M. 1988. Considerações sobre a idade do Grupo Barreiras no Nordeste do Estado do Pará. *In: Congresso Brasileiro de Geologia, Anais*, v. 35, p. 738 – 752.
- Baltazar L.R.S., Menezes M.O.B., Rollnic M. 2011. Contributions to the Understanding of Physical Oceanographic Processes of the Marajó Bay - PA, North Brazil. *Journal of Coastal Research*, **64** (Special Issue): 1443-1447.
- Behling H., Cohen M.C.L., Lara R.N.J. 2004. Late Holocene mangrove dynamics of Marajó Island in Amazonia, northern Brazil. *Vegetation History and Archaeobotany*, Heidelberg, **13**:73 – 80.

Behling H., Costa, M.L. 2001. Holocene vegetational and coastal environmental changes from the lago Crispim record in northeastern Pará State, eastern Amazonia. *Review of Palaeobotany and Palinology*, **114**: 145-155.

Berman G. 2011. *Longshore sediment transport*. Woods Hole Sea Grant Program and Barnstable County's Cape Cod Cooperative Extension Cape Code, Massachusetts, 46 p.

Bermerguy R., Rocha F., Costa J., Borges M., Silva Junior O. 2003. Cartografia digital aplicada á integração dos elementos geomorfológicos da Ilha do Marajó. *In: X Simpósio Brasileiro de Geografia Aplicada*.

Birkemeier W. 1985. Field data on seaward limit of profile change. *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, **111** (3):598 – 602.

Bittencourt A.C.S.P. 1992. A questão da predominância ou não de valores negativos de assimetria das distribuições granulométricas para os depósitos da face da praia- uma polêmica revisitada. *Revista Brasileira de Geociências*, **22** (1):107–111.

Bittencourt L.A. 2013. *Dinâmica e comportamento sedimentar da Praia do Crispim/PA*. GR Monograph, Faculdade de Oceanografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 99p.

Braga F.P.S., Souza Filho P.W.M., Alves M.A.M.S., Pereira L.C.C. 2007. Morfologia e sedimentologia da praia de macromaré de Ajuruteua, Amazônia, Norte do Brasil. *Boletim Paraense de Geociências*, **60-61**:11 – 30.

Calliari L.J., Muehe D., Hoefel F.G., Toldo Jr.,E. 2003. Morfodinâmica praias: uma breve revisão. *Revista Brasileira de Oceanografia*, **51**:63-78.

Campos E. J. D. 1995. Estudos da circulação oceânica do Atlântico tropical e na região oeste do Atlântico subtropical sul. PhD Thesis, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo. 114p.

Carter R.W.G. (eds.). 1988. *Coastal environments – an introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastline*. Cambridge, Academic Press, 611p.

Castro D.F. 2010. Sedimentologia, estratigrafia, palinologia, diatomáceas e geoquímica de depósitos Quaternários na margem leste da Ilha de Marajó, Pará, Brasil. PhD Thesis, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 214p.

Coelho J.R., Silva Alves M.M.S., Kawamoto M.S., Mendes R.M.L. 2013. Caracterização das Mudanças Sedimentares Ocorridas na Praia Da Barra Velha (Soure – Ilha do Marajó) Durante o Período de 2005 a 2007. *In: 13º Simpósio de Geologia da Amazônia, Anais*, Belém, v. 13, p. 843-845.

Coelho V.H.R., Targino D.F., Reis C.M.M. 2011. Morfodinâmica Costeira e a Periculosidade ao Banho na Praia do Bessa, João Pessoa (PB). *Revista Cadernos do Logepa*, **6** (2):161-179.

Correa P.R.S., Peres R.N., Vieira L.S. 1974. Solos. *In: Brasil. Folha Belém SA 22*. Rio de Janeiro. DNPM (Levantamento de Recursos Naturais), **5**: 1-53.

- Corrêa I.C.S. 2005. Aplicação do diagrama de Pejrup na interpretação da sedimentação e da dinâmica do estuário da Baía de Marajó - PA. *Pesquisas em Geociências*. Instituto de Geociências, UFRGS. Porto Alegre, RS - Brasil. **32** (2):109 – 118.
- Costa J.B.S., Hasuy Y., Bemerguy R.L., Soares Júnior A.V., Villegas J.M.C. 2002. Tectonic and paleogeography of the Marajó Basin, Northern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **74** (3):1 – 13.
- Davies J.L. 1964. A Morphologic approach to the world's shorelines. *Geomorphology*, **8**:127-142.
- Davis R.A. & Hayes M.O. 1984. What is a wave dominated coast?. *Marine Geology*, **60**:313 – 329.
- Davis R.A. (eds.). 1985. *Coastal sedimentary environments*. New York, Springer-Verlag, 716 p.
- Dean R.G. 1973. Heuristic model of sand transport in the surf zone. *In: Conference of Engineering Dynamics in the Surf Zone, Sydney, Proceedings, v.1, p. 208-214.*
- Dean R.G. & Dalrymple R.A. (eds). 1991. *Water wave mechanics for engineers and scientists*. Singapore, 2, World Scientific, 351p.
- DeMaster D.J., Pope R.H. 1996. Nutrient Dynamics in Amazon Shelf Waters:Results from Amassed. *Continental Shelf Research*, **16** (3):263–289.
- DHN. (eds.). 2013. Roteiro: Costa Norte – da Baía do Oiapoque ao Cabo Calcanhar, Rios Amazonas, Jari e Trombetas, Rio Pará – 11. ed. 4 reimp. Atual, Niterói, 232p.
- DHN. 1976. Roteiro - Costa Norte - Brasil. Diretoria de Hidrografia e Navegação, Rio de Janeiro. **DH 1-9**, cap. II, p.: 43-125.
- Dias J.A. (eds.). 2004. *A análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos (uma introdução a oceanografia geológica)*, Versão Preliminar, Universidade do Algarve , Faro, 80p.
- Dronkers J. 1986. Tidal asymmetry and estuarine morphology. *Netherlands Journal of Sea Research* **20** (2/3): 17-131.
- Elliff C.I., Motta N.S., Scricco I.M., Barros M.O. 2013. Classificação morfodinâmica da praia do Gonzaga, Santos, São Paulo, Brasil. *Cadernos de Geociências*, **10** (2):133 - 138.
- El-Robrini M. 2012. Ilha do Marajó: caracterização física. Projeto Gestão Integrada e Sustentável dos Recursos Hídricos Transfronteiriços na Bacia do Rio Amazonas, Considerando a Variabilidade e Mudança Climática OTCA/GEF/PNUMA. *Relatório parcial II*, Belém, Brasil.
- 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. (coord.). Atlas de erosão e progradação da Zona Costeira Brasileira*. São Paulo, p. 1-34.

- Faraco K.R. 2003. *Comportamento morfodinâmico e sedimentológico da praia dos Ingleses – ilha de Santa Catarina, SC, durante o período de 1996 – 2001*. MS Dissertation, Programa de Pós – Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 132p.
- Ferreira G.P. 2013. *Caracterização hidrodinâmica e do transporte de sedimentos na região fluvio-estuarina do rio Paracauari – Ilha de Marajó – Pará*. MS Dissertation, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 102p.
- FERREIRA G. P. 2010. *Circulação em canais de maré na Ilha de Marajó/PA*. TCC, Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Oceanografia, Belém. 48p.
- 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.
- Fonseca J. E. R. 2011. *A dimensão dos sedimentos na caracterização das praias*. MS Dissertation, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro. 158p.
- Fontoura J.A.S. 2004. Hidrodinâmica costeira e quantificação do transporte longitudinal de sedimentos não-coesivos na zona de surfe das praias adjacentes aos molhes da barra do Rio Grande, RS, Brasil. PhD Thesis, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 273p.
- Fonzar B.C. 1994. A Circulação atmosférica na América do Sul, os grandes sistemas planetários e subsistemas regionais que atingem o continente: localização e trajetória. *Caderno de Geociências*, **11** :11 - 33.
- França C.F de., Pimentel M.A.S da., Prost M.T.R.C da. 2010. Geomorfologia e paisagem: contribuições à classificação de unidades de paisagem da região oriental da Ilha de Marajó, norte do Brasil. *In: VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física, Tema 5 - Geografia Física e Cultura: geopatrimônio e geoturismo*, p. 1-10.
- França C.F., Souza Filho P.W.M., El-Robrini M. 2007. Análise Faciológica e Estratigráfica da Planície Costeira de Soure (Margem Leste da Ilha de Marajó-PA), no Trecho Compreendido entre o Canal do Cajuúna e o Estuário Paracauari. *Acta Amazonica*, **37** (2):261-268.
- França C.F. & Souza Filho P.W.M. 2006. Compartimentação morfológica da Margem Leste da Ilha do Marajó: Zona Costeira dos municípios de Soure e Salvaterra – Estado do Pará. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, **7** (1):33 – 42.
- França C.F. 2003. Análise morfológica da porção oriental dos municípios de Soure e Salvaterra, Ilha do Marajó-PA. PhD Thesis. Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 144p.
- França C.F. de. & Souza Filho P.W.M. 2003. Analysis of morphological changes of coastal average period on the eastern of the Marajo island (PA) in landsat image. *Revista Brasileira de Geociências* (in Portuguese) **33**: 12p.



- Francisquini M.I. 2011. *Reconstrução da vegetação e do clima em alta resolução no Holoceno na Ilha do Marajó, com o uso de indicadores biológicos e isotópicos*. MS Dissertation, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 163p.
- Furtado A.M.M., França C.F., Pimentel M.A.S. 2009. Relação relevo-solo-vegetação da Ilha de Marajó. *In: XI Simpósio Nacional de Geografia Física Aplicada*.
- Galvin C. J. 1968. Breaker type classification on three laboratory beaches. *Journal of Geophysical Research*, **73**:3651 - 3659.
- Gamba C. T. C. 2009. Contribuição ao estudo da vegetação da porção leste da Ilha do Marajó. PhD Thesis, Programa de Pós – Graduação em Geografia Física, Universidade de São Paulo, São Paulo. 84p.
- Garrison T. (eds.). 2011. *Essentials of Oceanography*. Orange Coast College, University of Southern California, 435 p.
- Geyer W.R., Beardsley R.C., Lentz S.J., Candela J., Limeburner R., Johns W.E., Castro B.M., Soares I.D. 1996. Physical Oceanography of the Amazon Shelf. *Continental Shelf Research*, **16** (5/6):575–616.
- Giannini P.C.F., *et al.* 2005. Dunas e paleodunas eólicas costeiras e interiores. *In: Souza C.R.G., Suguio K., Oliveira A.M.S., Oliveira P.E (Eds.). Quaternário do Brasil*, 235-257p.
- Gíslason F. 2011. *Along-shore sediment transport at the coast of Vík í Mýrdal*. MS Dissertation, Faculty of Civil Engineering, University of Iceland, Iceland, 96 p.
- Goulart E.S & Calliari L.J. 2013. Medium-term morphodynamic behavior of a multiple sand bar beach. *Journal of Coastal Research, Special Issue*, **65**: 1774 – 1779.
- Gràcia V., García M., Grifoll M., Arcilla A.S. 2013 b. Breaching of a Barrier Under Extreme Events. The Role of Morphodynamic Simulations. *J. Coastal Res.*, **65**:951–956.
- Grupo de Ingeniería Oceanográfica y de Costas (GIOC). Sistema de Modelado costero, SMC: Documento de Referencia – Dinámica. Espanha: Universidad de Cantabria y Dirección General de Costas, Ministerio de Meio Ambiente, 2000.
- Halouani N., Fathallah S., Gueddari M. 2012. Beach and nearshore morphodynamic changes of the Tabarka coast, Northwest of Tunisia. *Environ Earth Sci*, **66**:1059 – 1069.
- Hoefel F.G. 1998. Morfodinâmica de praias arenosas oceânicas. Uma revisão bibliográfica. *Ed. Univali*, 79p.
- Hong B., Shen J. 2012. Response of Estuarine Salinity and Transport Processes to Potential Future Sea-Level Rise in Chesapeake Bay. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **104-105**(1):33-45.
- Horikawa K. (Eds.). 1972. *Coastal engineering: an introduction to ocean engineering*. Halsted Press Book, Toronto e New York, 402 p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1987. Folha SA.22-X-D. Rio de Janeiro, Escala 1:250.000. MIR-84 (Belém).

Innocentini V., Cunha Prado SCS., Pereira C.S., Arantes Oliveira F., Brandão I.N. 2000. Marulhos no litoral Norte do Brasil gerados por furacões: caso de 24 de outubro de 1999. *In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, Anais*, v.11, 128p.

King C.A.M. (eds.). 1975. *Introduction to Physical and Biological Oceanography*. Londres, Edward Arnold, 382p.

Komar P.D. & Li M.Z. 1991. Beach placers at the mouth of the Columbia River, Oregon and Washington. *Marine Mining*, **10**: 171 – 187.

Komar P.D. 1978. Relative quantities of suspension versus bed-load transport on beaches. *Journal of Sedimentary Petrology*, **48** (3):921 – 932.

Komar P.D. 1976. Selective longshore transport rates of different grain-size fraction within a beach. *Journal of Sedimentary Petrology*, **47**: 1444 – 1453.

Kraus N.C. 1987. Application of portable traps for obtaining point measurements of sediment transport rates in the surf zone. *Journal of Coastal Research*, **3** (2):139 – 152.

Kraus N.C. & Dean J.L. 1987. Longshore sediment transport rate distributions measured by trap. *In: American Society of Civil Engineers, Coastal Sediments*, v.87, p. 881.

Krumbein, W. C. 1936. The application of logarithmic moments to size frequency distribution of sediments. *Journal of Sed. Petrology*, **6**: 35-47.

Lima A. M. M., Oliveira L. L., Fontinhas R. L., Lima R. J. S. 2005. Ilha do Marajó: revisão histórica, hidroclimatologia, bacias hidrográficas e propostas de gestão. *HOLOS Environments*, **5** (1):65.

Lima R.R., Tourinho M.M., Costa J.P.C. 2001. Várzeas flúvio-marinhas da Amazônia brasileira; características e possibilidades agropecuárias. *FCAP, Serviço de Documentação e Informação*, Belém.

Lopes, M. N. G. 2009. *Aspectos regionais da variabilidade de precipitação no Estado do Pará: estudo observacional e modelagem climática em alta resolução*. MS Dissertation, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Pará, Belém. 80p.

Mantelli L.R. & Rossetti D.F. 2009. Significado tectônico de lineamentos de drenagem no sudoeste da Ilha do Marajó. *Revista Brasileira de Geociências*, **39** (1):42 – 54.

Marinha do Brasil. Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN). Tábua de marés, 2014. Disponível em: <http://dhn.mar.mil.br> (acesso em março 2014).

Martins S.E.M. 2010. *Geomorfologia e Sedimentologia dos Depósitos Sedimentares Recentes da Porção Superior do Estuário do Rio Pará (Baía de Marajó, Amazônia)*. MS Dissertation, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 122p.

- Martorano L.G., Pereira L.C., César E.G.M., Pereira I.C.B., Santos E.C.D. dos, Santos F.A.C. dos, Moraes W.F.M., Nery F. de A.S., Rodrigues T.E., Rolim P.A.M. 1993. Estudos climáticos do estado do Pará, Classificação Climática (KÖPPEN) e Deficiência Hídrica (THORNTHWAITE, MATHER). *Sudam/Embrapa*, Belém, 53 p.
- Masselink G. & Short A.D. 1993. The effect of tide range on beach morphodynamics and morphology – a conceptual beach model. *Journal of Coast Research*, **9**:785-800.
- Menezes M.O.B., Freitas P.P., Baltazar L.R.S., Rollnic M., Pinheiro L. 2013. Estuarines processes in macro-tides of Amazon estuaries: A study of hydrodynamics and hydrometeorology in the Marajó Bay (Pará – Brazil). *Journal of Coastal Research, Special Issue*, **65**:1176 – 1181.
- Michel D. & Howa H.L. 1999. Short term morphodynamic response of a ridge and runnel system on a mesotidal sandy beach. *Journal of Coastal Research*, **15** (2):429 – 437.
- Miguens A.P. (eds.). 1994. Navegação: A Ciência e a Arte. Vol. I: Navegação costeira, estimada e em águas restritas. Diretoria de Hidrografia e Navegação - Marinha do Brasil. In: Milone G. *Estatística: geral e aplicada*. São Paulo, Pioneira Thomson Learning, 2004.
- Ministério do Meio Ambiente. 2006. Erosão e progradação do litoral brasileiro. In: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, ISBN 85-7738-028-9, CDU 504.06 (81:210.5), Brasília, 476p.
- Miranda M.C.C. 2010. Sedimentologia, isótopos estáveis e palinologia de depósitos quaternários no leste da Ilha do Marajó, estado do Pará. PhD Thesis, Universidade de São Paulo, São Paulo, 233 p.
- Muehe D. 2010. Mudanças do clima e efeitos possíveis sobre as praias. In: Anais da 62ª Reunião Anual da SBPC - Natal, RN, *Anais*, v. 62.
- Muehe D. 2005. Aspectos gerais da erosão costeira no Brasil. *Mercator - Revista de Geografia da UFC*, **7**:97 – 110.
- Muehe D. (Eds.). 2002. Geomorfologia costeira. In: CUNHA, S.B.; GUERRA, A.J.T. *Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicação*, Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, p. 191-238.
- Muehe D. 1994. Geomorfologia costeira In: GUERRA, A.J.T. et al. *Geomorfologia, uma atualização de bases e conceitos*. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 253 – 308.
- Murty T.S., Nirupama N., Rao A.D., Nistor I. (eds.). 2007. Methodologies for tsunami detection. In: Murty T.S. et al., *The Indian Ocean tsunami*, p.259-272.
- Nascimento I.B.A. 2013. *Aplicação de modelo hidrodinâmico 2DH em canais de maré da costa leste da Ilha do Marajó-Pará*. MS Dissertation, Instituto de Estudos Costeiros (IECOS), Universidade Federal do Pará, Bragança, 127p.
- Nichols, G. 2 (ed.). 2009. *Sedimentology and Stratigraphy* .[s.l.]: Wiley-blackwell. 419 p.
- Oliveira U.R., Barletta R.C., Horn Filho N.O. 2014. Distribuição espacial das características morfodinâmicas das praias arenosas da costa oceânica da Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil. *Pesquisas em Geociências*, **41** (2): 89 – 103.

- Oliveira U.R. 2009. *Relações entre a morfodinâmica e a utilização em trechos da costa oceânica da Ilha de Santa Catarina, SC. Brasil*. PhD Thesis, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 140p.
- Okamoto N. 2009. *Transporte de sedimentos e estado morfodinâmico da praia da curva de Jurema, Vitória – ES*. GR Monograph, Centro de Ciências Humanas e Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 94p.
- Pasolini A. 2005. *Análise morfodinâmica da praia de Maratáizes frente a um possível processo de engordamento artificial*. GR Monograph, Centro de Ciências Humanas e Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 60p.
- Passos R.C.S. 2010. *Modelagem morfodinâmica do transporte de sedimento de fundo em ambientes costeiros*. MS Dissertation, Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 106p.
- Pedrerros 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**: 35 – 49.
- Peixoto J.R.V. 2005. *Análise morfossedimentar da praia do Santinho e sua relação com a estrutura e dinâmica da vegetação “pioneira” da duna frontal, ilha de Santa Catarina, SC, Brasil*. MS Dissertation, Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, 78p.
- Pereira L.C.C., Silva N.S., Costa R.M., Asp N.E., Costa K.G., Vila-Concejo A. 2012. Seasonal Changes in Oceanographic Processes at an Equatorial Macrotidal beach in Northern Brazil. *Continental Shelf Research*, **43**:95–106.
- Pejrup M. (eds.). 1988. The triangular diagram used for classification of estuarine sediments: a new approach. In: Boer, P.L. van Gelder A. & Nio S.D. *Tide-influenced Sedimentary Environments and Facies*. D.Reidel, Dordrecht, p.289-300.
- Ranieri L.A. 2014. *Morfodinâmica costeira e o uso da orla oceânica de Salinópolis (Nordeste do Pará, Brasil)*. PhD Thesis, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 216p.
- Ranieri L.A. 2011. *Morfodinâmica e transporte de sedimentos na praia da Romana, Ilha dos Guarás (noroeste do Pará)*. MS Dissertation, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 121p.
- Reineck H.E. & Sing I.B. (eds.). 1980. *Depositional Sedimentary Environments*. New York, Springer-Verlag, 549 p.
- Rezende W. & Ferradaes J. 1971. Integração geológica regional da bacia sedimentar da Foz do Amazonas. *Petrobras: Departamento de Exploração*. Relatório Interno, Belém, 27 p.
- Ribeiro R.S. 2014. *Caracterização morfodinâmica de praias do Estado de Santa Catarina com vistas à avaliação de perigo ao banhista*. MS Dissertation, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 128p.

- Rossetti D.F., Valeriano M.M., Thales M. 2007. An abandoned estuary within Marajó Island: implications for Late Quaternary Paleogeography of Northern Brazil. *Estuaries and Coasts*, New York, **30** (5):813 – 826.
- Rossetti D.F. 2001. Late Cenozoic sedimentary evolution in northeastern Pará, Brazil, within the context of sea level changes. *Journal of South American Earth Sciences*, Columbia, **14**: 77 – 89.
- Rossetti D.F. 2000. Influence of low amplitude/high frequency relative sea-level changes in a wave-dominated estuary (Miocene), São Luiz basin, northern Brazil. *Sedimentary Geology*, Amsterdam, **133**:295-324.
- Rossetti D.F., Truckenbrodt W., Góes A.M. 1989. Estudo paleoambiental e estratigráfico dos sedimentos Barreiras e Pós-Barreiras na região Bragantina, nordeste do Pará. *Boletim Paraense Emílio Goeldi*, Belém.
- Sabaini R.S. 2005. *Morfodinâmica praial, segurança ao banho e perfil do banhista da praia de Camburi, Vitória-ES*. GR Monograph, Centro de Ciências Humanas e Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 71 p.
- Saini S., Jackson N.L., Nordstrom K.F. 2012. Characteristics of sediment in transport in the swash zone of a steep estuarine foreshore. *Sedimentology*, **59**: 1001 – 1013.
- Sánchez-Arcilla A. & Cáceres I. 2013. The evolution of mobile bed tests. A step towards the future of coastal engineering. *In: Proceedings of 2013 IAHR Congress*. Beijing, p. 1-12.
- Santos D.C., Nascimento Junior W.R., Souza Filho P.W.M. 2011. Mapeamento de ambientes da planície costeira de Soure (Ilha de Marajó), a partir de imagens Ikonos: uma abordagem de classificação orientada a objeto. *In: XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário ABEQUA III Encontro do Quaternário Sulamericano XIII ABEQUA Congress - The South American Quaternary: Challenges and Perspectives*, 13: 1 – 5.
- Schmiegelow J.M.M. (Coordenador). 2004. *O Planeta Azul - Uma introdução às ciências marinhas*. Interciência, Rio de Janeiro, 202 p.
- Senna, C., Absy, M.L. 2002. Registros palinológicos de manguezais do Quaternário da costa norte da América do Sul. *In: Workshop ECOLAB, 6. Trabalhos completos*. Belém. 1 CD-ROM.
- Shepard F.P. 1954. Nomenclature based on sand-silt-clay Ratios. *Journal of Sedimentary Petrology*, **24** (3):151–138.
- Short A.D. 2012. Beach morphodynamics in Australia 1970s – 2010. *Geographical Research*, **50** (2):141 – 153.
- Short A.D. (eds.). 1999. Beaches. *In: Short, A.D. (Coordenador), Handbook of beach and shore face morphodynamics*, Chichester, John Wiley & Sons, p. 1-19
- Short A.D. & Hesp P.A. 1982. Wave beach and dune interactions in southeastern Australia. *Marine Geology*, **48**:259 – 284.

Short A.D. & Jackson D.W.T. (eds.). 2013. Beach Morphodynamics. *In: John F. Shroder. Treatise on Geomorphology*, San Diego, Academic Press, 10:106-129.

Silva A.F. 2010. *Comportamento morfodinâmico e sedimentar das praias adjacentes ao promotório de Itapirubá, SC, Brasil*. MS Dissertation, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 131p.

Silva M.S. 1996. *Morfoestratigrafia e evolução holocênica da Planície Costeira de Salinópolis, Nordeste do Estado do Pará*. MS Dissertation, Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Universidade Federal do Pará, Belém.

Silva P.V.M., Silva M.S.F., Ferreira T.S.L., El-Robrini M. 2013. Variação Granulométrica da Praia do Pesqueiro – Soure, Ilha de Marajó – Pa. *In: 13º Simpósio de Geologia da Amazônia, Anais*, v. 13, p. 857-859.

Soares S.B. 2005. *Avaliação experimental da taxa longitudinal de transporte de sedimentos e sua previsão usando formulações globais na zona de surfe da Praia de Camburí, Vitória-ES*. MS Dissertation, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, 113 p.

Souza C.R.G. 2012. Praias Arenosas Oceânicas do Estado de São Paulo (Brasil): Síntese dos Conhecimentos sobre Morfodinâmica, Sedimentologia, Transporte Costeiro e Erosão Costeira. *Revista do Departamento de Geografia – USP*, (Especial 30 Anos) 307-371.

Souza, C.R de G. 2009. A erosão nas praias do estado de São Paulo: causas, consequências, indicadores de monitoramento e risco. *In: V.L.R. Bononi & N.A. Santos Júnior (orgs.). Memórias do Conselho Científico da Secretaria do Meio Ambiente: A Síntese de Um Ano de Conhecimento Científico Acumulado*. Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

Souza C.R de G., Souza Filho P.W.M., Esteves S.L., Vital H., Dillenburg S.R., Patchineelam S.M. & Addad J.E. 2005. Praias Arenosas e Erosão Costeira. *In: C.R. de G. Souza, K. Suguio, A.M. Santos & P.E. Oliveira (eds.), Quaternário do Brasil*, Holos Editora, Ribeirão Preto, SP, Brasil. 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. 2000. Avaliação e aplicação de dados de sensores remotos no estudo de ambientes costeiros tropicais úmidos, Bragança, Norte do Brasil. PhD Thesis, Curso de PósGraduação em Geologia e Geoquímica, Universidade Federal do Pará, Belém.

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*. MS Dissertation, Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Universidade Federal do Pará, Belém.

Suguio K. (eds.). 2003. *Geologia Sedimentar*, Edgard Blucher LTDA, São Paulo.

Suguio K. (eds.).1973. *Introdução a sedimentologia*, Edgard Blucher, São Paulo, 342 p.

Torronteguy M.C. 2002. *Sistema praial Joaquina -Morro das Pedras e praias adjacentes da costa leste da Ilha de Santa Catarina: Aspectos morfodinâmicos, sedimentológicos e fatores condicionantes*. MS Dissertation, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 158p.

Villwock J. A. 1987. Processos costeiros e a formação das praias arenosas e campos de dunas ao longo da costa sul e sudeste brasileira. *In: II Simpósio sobre ecossistemas da costa Sul e Sudeste, ACIESP*, v.1, p.380-98.

Vries S.D., Schipper M.D., Stive M., E Ranasinghe R. 2010. Sediment exchange between the sub-aqueous and sub-aerial coastal zones. *Coastal Engineering*, **32**:1 - 9.

Wang P. Kraus N.C., Davis R.A. 1998. Total longshore sediment transport rate in the surf zone: Field measurements and empirical predictions. *Journal of Coastal Research*, **14** (1):269 – 282.

Wentworth C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, **30**: 377 – 392.

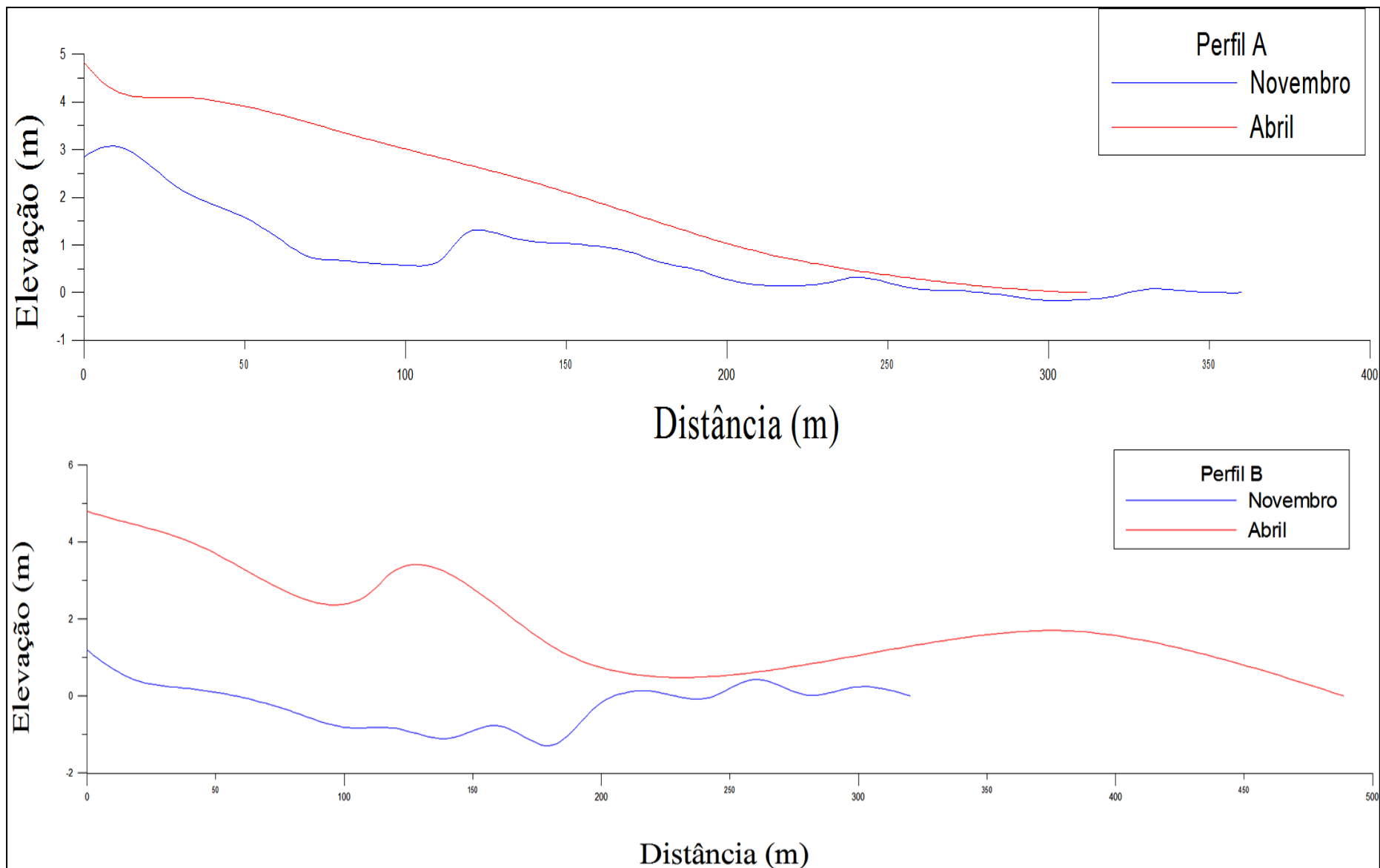
Woodroffe C.D. & Murray-Wallace C.V. 2012. Sea-Level Rise and Coastal Change: The Past as a Guide to the Future. *Quaternary Science Reviews*, **54**:4-11.

Wright L.D. & Short A.D. 1984. Morphodynamics variability of surf zones and beaches: a synthesis. *Marine Geology*, **56**:93-118.

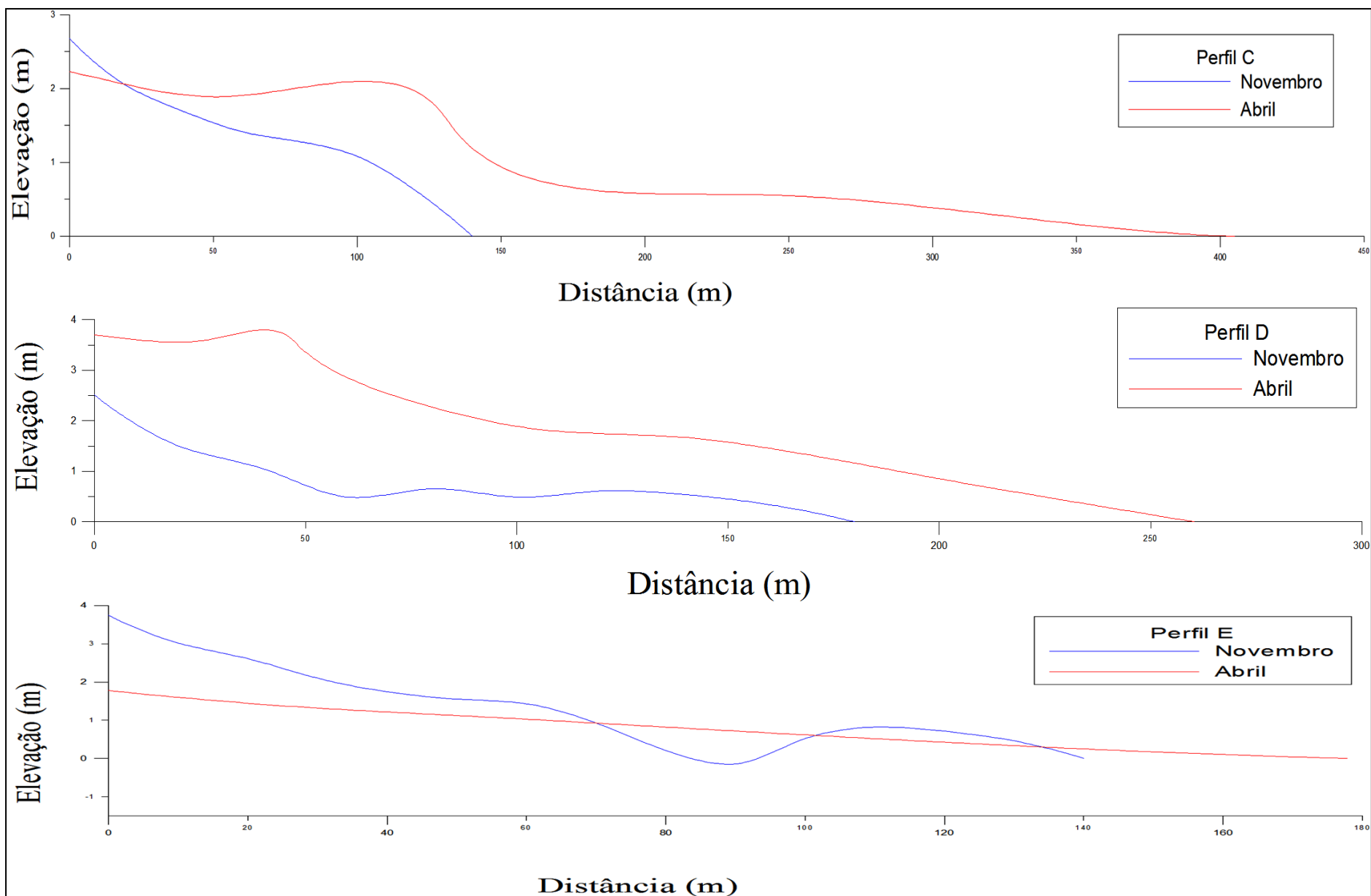
# APÊNDICES



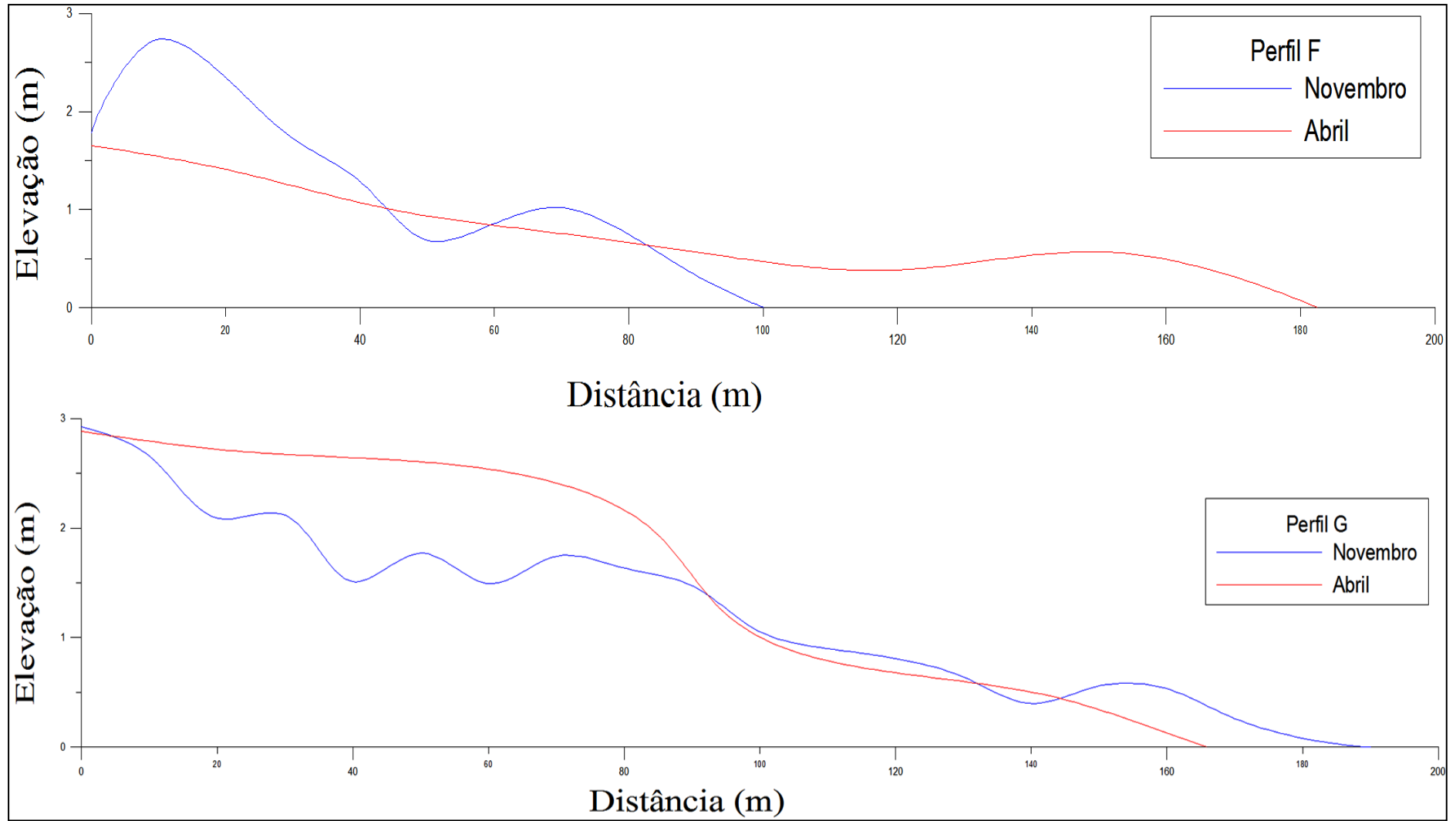
## APÊNDICE A – PERFIL TOPOGRÁFICO DO SETOR 1



## APÊNDICE B – PERFIL TOPOGRÁFICO DO SETOR 2



### APÊNDICE C- PERFIL TOPOGRÁFICO DO SETOR 3



## APÊNDICE D - CLASSIFICAÇÃO GRANULOMÉTRICA NO PERÍODO CHUVOSO

(continua)

Amostra	Média	Classificação	Mediana	Seleção	Classificação	Assimetria	Classificação	Curtose	Classificação
<b>A1</b>	2.762	Areia fina	2.762	0.2565	Muito bem selecionado	0.04641	Aproximadamente simétrica	1.309	Leptocúrtica
<b>A2</b>	2.867	Areia fina	2.822	0.2947	Muito bem selecionado	0.2675	Positiva	1.083	Mesocúrtica
<b>A3</b>	2.768	Areia fina	2.768	0.2415	Muito bem selecionado	0.09789	Aproximadamente simétrica	1.217	Leptocúrtica
<b>A4</b>	2.757	Areia fina	2.753	0.3555	Bem selecionado	-0.01309	Aproximadamente simétrica	1.48	Leptocúrtica
<b>A5</b>	3.057	Areia muito fina	2.965	0.494	Bem selecionado	0.3674	Muito positiva	1.015	Mesocúrtica
<b>A6</b>	2.482	Areia fina	2.484	0.3792	Bem selecionado	-0.08355	Aproximadamente simétrica	0.865	Platicúrtica
<b>A7</b>	2.744	Areia fina	2.744	0.2942	Muito bem selecionado	0.0005295	Aproximadamente simétrica	1.47	Leptocúrtica
<b>B1</b>	2.756	Areia fina	2.756	0.2716	Muito bem selecionado	0.0278	Aproximadamente simétrica	1.378	Leptocúrtica
<b>B2</b>	2.656	Areia fina	2.694	0.3261	Muito bem selecionado	-0.1369	Negativa	1.267	Leptocúrtica
<b>B3</b>	2.965	Areia fina	2.899	0.4864	Bem selecionado	0.208	Positiva	1.202	Leptocúrtica
<b>B4</b>	2.692	Areia fina	2.728	0.3754	Bem selecionado	-0.1098	Negativa	1.52	Muito leptocúrtica
<b>B5</b>	2.462	Areia fina	2.59	0.5952	Moderadamente selecionado	-0.2849	Negativa	1.044	Mesocúrtica
<b>B6</b>	2.932	Areia fina	2.865	0.3649	Bem selecionado	0.3587	Muito positiva	1.066	Mesocúrtica
<b>B7</b>	3.044	Areia muito fina	3.028	0.4409	Bem selecionado	0.1447	Positiva	0.9738	Mesocúrtica
<b>B8</b>	3.075	Areia muito fina	3.084	0.464	Bem selecionado	0.1861	Positiva	1.304	Leptocúrtica
<b>C1</b>	2.691	Areia fina	2.717	0.3236	Muito bem selecionado	-0.07095	Aproximadamente simétrica	1.358	Leptocúrtica
<b>C2</b>	2.745	Areia fina	2.745	0.3054	Muito bem selecionado	0.0008104	Aproximadamente simétrica	1.416	Leptocúrtica
<b>C3</b>	3.039	Areia muito fina	3.188	0.6953	Moderadamente selecionado	-0.1498	Negativa	0.9375	Mesocúrtica
<b>C4</b>	3.336	Areia muito fina	3.272	0.4622	Bem selecionado	0.3086	Muito positiva	1.989	Muito leptocúrtica
<b>D1</b>	2.649	Areia fina	2.689	0.3349	Muito bem selecionado	-0.1176	Negativa	1.256	Leptocúrtica
<b>D2</b>	2.743	Areia fina	2.745	0.313	Muito bem selecionado	-0.004512	Aproximadamente simétrica	1.399	Leptocúrtica
<b>D3</b>	2.747	Areia fina	2.747	0.2977	Muito bem selecionado	0.001271	Aproximadamente simétrica	1.385	Leptocúrtica
<b>D4</b>	2.636	Areia fina	2.685	0.3672	Bem selecionado	-0.1231	Negativa	1.215	Leptocúrtica
<b>D5</b>	2.815	Areia fina	2.789	0.3112	Muito bem selecionado	0.1488	Positiva	1.383	Leptocúrtica

(conclusão)

Amostra	Média	Classificação	Mediana	Seleção	Classificação	Assimetria	Classificação	Curtose	Classificação
<b>D6</b>	2.811	Areia fina	2.775	0.364	Bem selecionado	0.09535	Aproximadamente simétrica	1.406	Leptocúrtica
<b>D7</b>	2.744	Areia fina	2.759	0.4936	Bem selecionado	-0.1004	Negativa	1.348	Leptocúrtica
<b>D8</b>	3.373	Areia muito fina	3.307	0.4312	Bem selecionado	0.2932	Positiva	1.788	Muito leptocúrtica
<b>E1</b>	2.781	Areia fina	2.765	0.33	Muito bem selecionado	0.07352	Aproximadamente simétrica	1.43	Leptocúrtica
<b>E2</b>	2.781	Areia fina	2.781	0.2376	Muito bem selecionado	0.1787	Positiva	1.148	Leptocúrtica
<b>E3</b>	2.675	Areia fina	2.707	0.3247	Muito bem selecionado	-0.1062	Negativa	1.302	Leptocúrtica
<b>E4</b>	2.935	Areia fina	2.883	0.3863	Bem selecionado	0.1888	Positiva	1.02	Mesocúrtica
<b>E5</b>	2.971	Areia fina	2.958	0.3963	Bem selecionado	-0.07229	Aproximadamente simétrica	0.9673	Mesocúrtica
<b>E6</b>	3.005	Areia muito fina	3.001	0.4613	Bem selecionado	0.01929	Aproximadamente simétrica	1.133	Leptocúrtica
<b>E7</b>	3.095	Areia muito fina	3.12	0.4297	Bem selecionado	0.09691	Aproximadamente simétrica	1.188	Leptocúrtica
<b>F1</b>	2.985	Areia fina	3.103	0.6746	Moderadamente selecionado	-0.1596	Negativa	0.6882	Platicúrtica
<b>F2</b>	2.779	Areia fina	2.779	0.2308	Muito bem selecionado	0.1766	Positiva	1.14	Leptocúrtica
<b>F3</b>	2.772	Areia fina	2.772	0.2253	Muito bem selecionado	0.1653	Positiva	1.102	Mesocúrtica
<b>F4</b>	2.807	Areia fina	2.779	0.3381	Muito bem selecionado	0.07114	Aproximadamente simétrica	1.359	Leptocúrtica
<b>F5</b>	2.646	Areia fina	2.696	0.39	Bem selecionado	-0.1043	Negativa	1.194	Leptocúrtica
<b>F6</b>	3.21	Areia muito fina	3.233	0.4022	Bem selecionado	0.0625	Aproximadamente simétrica	1.681	Muito leptocúrtica
<b>F7</b>	2.973	Areia fina	2.96	0.4989	Bem selecionado	-0.0651	Aproximadamente simétrica	1.347	Leptocúrtica
<b>F8</b>	3.097	Areia muito fina	3.132	0.414	Bem selecionado	0.01998	Aproximadamente simétrica	1.101	Mesocúrtica
<b>G1</b>	2.774	Areia fina	2.774	0.271	Muito bem selecionado	0.06804	Aproximadamente simétrica	1.335	Leptocúrtica
<b>G2</b>	2.772	Areia fina	2.772	0.2753	Muito bem selecionado	0.05846	Aproximadamente simétrica	1.353	Leptocúrtica
<b>G3</b>	2.768	Areia fina	2.767	0.2944	Muito bem selecionado	0.01722	Aproximadamente simétrica	1.379	Leptocúrtica
<b>G4</b>	2.743	Areia fina	2.743	0.2737	Muito bem selecionado	-0.01885	Aproximadamente simétrica	1.372	Leptocúrtica
<b>G5</b>	2.749	Areia fina	2.749	0.2945	Muito bem selecionado	-0.008988	Aproximadamente simétrica	1.423	Leptocúrtica
<b>G6</b>	2.835	Areia fina	2.812	0.4295	Bem selecionado	0.008048	Aproximadamente simétrica	1.062	Mesocúrtica
<b>G7</b>	2.981	Areia fina	2.981	0.4567	Bem selecionado	-0.03869	Aproximadamente simétrica	1.142	Leptocúrtica
<b>G8</b>	3.08	Areia muito fina	3.112	0.3806	Bem selecionado	0.01837	Aproximadamente simétrica	1.074	Mesocúrtica

## APÊNDICE E – CLASSIFICAÇÃO GRANULOMÉTRICA NO PERÍODO MENOS CHUVOSO

(continua)

Amostra	Média	Classificação	Mediana	Seleção	Classificação	Assimetria	Classificação	Curtose	Classificação
A1	2.806	Areia fina	2.794	0.2486	Muito bem selecionado	0.2099	Positiva	1.119	Leptocúrtica
A2	2.846	Areia fina	2.784	0.3961	Bem selecionado	0.2974	Positiva	1.78	Muito leptocúrtica
A3	3.376	Areia muito fina	3.293	0.5762	Moderadamente selecionado	0.2776	Positiva	1.43	Leptocúrtica
A4	1.712	Areia média	1.608	0.5506	Moderadamente selecionado	0.3015	Muito positiva	0.749	Platicúrtica
A5	2.514	Areia fina	2.523	0.7136	Moderadamente selecionado	0.1498	Positiva	1.405	Leptocúrtica
A6	2.501	Areia fina	2.501	0.5135	Moderadamente selecionado	0.1184	Positiva	1.329	Leptocúrtica
A7	3.663	Areia muito fina	3.631	0.64	Moderadamente selecionado	0.05793	Aproximadamente simétrica	1.228	Leptocúrtica
B1	2.804	Areia fina	2.795	0.2441	Muito bem selecionado	0.2047	Positiva	1.126	Leptocúrtica
B2	2.806	Areia fina	2.792	0.2606	Muito bem selecionado	0.2365	Positiva	1.202	Leptocúrtica
B3	3.066	Areia muito fina	2.928	0.4904	Bem selecionado	0.3602	Muito positiva	0.7703	Platicúrtica
B4	2.636	Areia fina	2.686	0.4081	Bem selecionado	-0.07843	Aproximadamente simétrica	1.13	Leptocúrtica
B5	3.026	Areia muito fina	2.823	0.5602	Moderadamente selecionado	0.3879	Muito positiva	0.7538	Platicúrtica
B6	2.901	Areia fina	2.842	0.3271	Muito bem selecionado	0.3027	Muito positiva	0.9907	Mesocúrtica
B7	2.981	Areia fina	2.794	0.5087	Moderadamente selecionado	0.4363	Muito positiva	1.846	Muito leptocúrtica
B8	2.871	Areia fina	2.825	0.3205	Muito bem selecionado	0.1943	Positiva	1.115	Leptocúrtica
B9	2.929	Areia fina	2.809	0.4389	Bem selecionado	0.3955	Muito positiva	1.703	Muito leptocúrtica
B10	2.936	Areia fina	2.869	0.4241	Bem selecionado	0.3244	Muito positiva	1.211	Leptocúrtica
C1	2.907	Areia fina	2.827	0.3652	Bem selecionado	0.4183	Muito positiva	1.47	Leptocúrtica
C2	2.78	Areia fina	2.78	0.2334	Muito bem selecionado	0.1768	Positiva	1.141	Leptocúrtica
C3	2.566	Areia fina	2.635	0.5208	Moderadamente selecionado	-0.1077	Negativa	1.347	Leptocúrtica
D1	2.716	Areia fina	2.737	0.3912	Bem selecionado	0.05037	Aproximadamente simétrica	1.767	Muito leptocúrtica
D2	3.005	Areia muito fina	2.829	0.7991	Moderadamente selecionado	0.3542	Muito positiva	0.9775	Mesocúrtica
D3	2.885	Areia fina	2.821	0.413	Bem selecionado	0.2447	Positiva	1.525	Muito leptocúrtica

(Conclusão)									
Amostra	Média	Classificação	Mediana	Seleção	Classificação	Assimetria	Classificação	Curtose	Classificação
<b>D4</b>	2.873	Areia fina	2.801	0.3835	Bem selecionado	0.3504	Muito positiva	1.652	Muito leptocúrtica
<b>D5</b>	2.576	Areia fina	2.646	0.4343	Bem selecionado	-0.2207	Negativa	1.145	Leptocúrtica
<b>E1</b>	2.857	Areia fina	2.807	0.3254	Muito bem selecionado	0.3576	Muito positiva	1.388	Leptocúrtica
<b>E2</b>	2.834	Areia fina	2.807	0.2643	Muito bem selecionado	0.2586	Positiva	1.15	Leptocúrtica
<b>E3</b>	2.638	Areia fina	2.683	0.44	Bem selecionado	0.04332	Aproximadamente simétrica	1.567	Muito leptocúrtica
<b>E4</b>	2.76	Areia fina	2.76	0.2788	Muito bem selecionado	0.003064	Aproximadamente simétrica	1.419	Leptocúrtica
<b>E5</b>	2.588	Areia fina	2.626	0.8024	Moderadamente selecionado	-0.07515	Aproximadamente simétrica	1.242	Leptocúrtica
<b>F1</b>	2.963	Areia fina	2.864	0.3999	Bem selecionado	0.4201	Muito positiva	1.045	Mesocúrtica
<b>F2</b>	2.841	Areia fina	2.781	0.3983	Bem selecionado	0.2902	Positiva	1.808	Muito leptocúrtica
<b>F3</b>	2.553	Areia fina	2.622	0.4484	Bem selecionado	-0.2073	Negativa	1.103	Mesocúrtica
<b>F4</b>	2.63	Areia fina	2.679	0.4336	Bem selecionado	0.005266	Aproximadamente simétrica	1.412	Leptocúrtica
<b>F5</b>	2.876	Areia fina	2.829	0.4063	Bem selecionado	0.0143	Aproximadamente simétrica	1.347	Leptocúrtica
<b>G1</b>	2.864	Areia fina	2.807	0.3392	Muito bem selecionado	0.412	Muito positiva	1.601	Muito leptocúrtica
<b>G2</b>	2.798	Areia fina	2.791	0.2426	Muito bem selecionado	0.1938	Positiva	1.119	Leptocúrtica
<b>G3</b>	2.862	Areia fina	2.799	0.3513	Bem selecionado	0.428	Muito positiva	1.652	Muito leptocúrtica
<b>G4</b>	2.782	Areia fina	2.782	0.266	Muito bem selecionado	0.1749	Positiva	1.345	Leptocúrtica
<b>G5</b>	2.668	Areia fina	2.707	0.4187	Bem selecionado	0.03286	Aproximadamente simétrica	1.691	Muito leptocúrtica
<b>G6</b>	2.531	Areia fina	2.589	0.4531	Bem selecionado	-0.1791	Negativa	1.039	Mesocúrtica

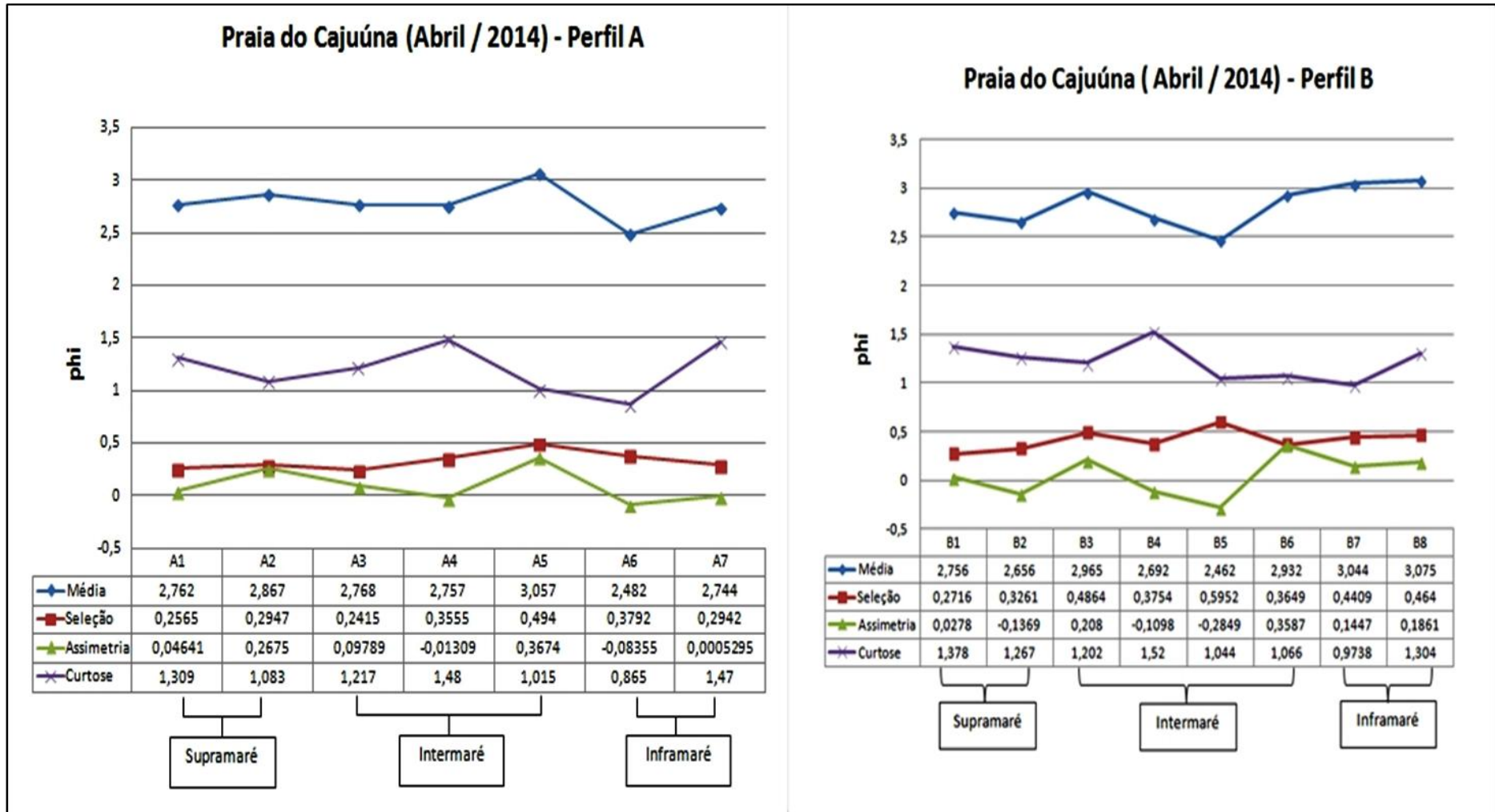
## APÊNDICE F - COORDENADAS DAS AMOSTRAS DE SEDIMENTO NO PERÍODO CHUVOSO E MENOS CHUVOSO

PERÍODO CHUVOSO		
Amostra	X	Y
A1	780299	9930369
A2	780309	9930369
A3	780326	9930369
A4	780385	9930369
A5	780441	9930369
A6	780510	9930369
A7	780611	9930369
B1	780517	9930113
B2	780561	9930113
B3	780627	9930113
B4	780635	9930113
B5	780699	9930113
B6	780898	9930113
B7	781006	9930113
B8	781026	9930109
C1	780459	9929783
C2	780512	9929783
C3	780587	9929783
C4	780592	9929783
D1	780421	9929454
D2	780448	9929454
D3	780468	9929454
D4	780470	9929454
D5	780495	9929454
D6	780525	9929454
D7	780562	9929454
D8	780629	9929454
E1	780342	9929128
E2	780366	9929128
E3	780396	9929128
E4	780438	9929128
E5	780487	9929128
E6	780519	9929128
E7	780536	9929127
F1	780223	9928804
F2	780245	9928804
F3	780267	9928804
F4	780301	9928804
F5	780342	9928804
F6	780374	9928804
F7	780406	9928804
F8	780424	9928798
G1	780107	9928524
G2	780128	9928524
G3	780164	9928524
G4	780192	9928524
G5	780201	9928524
G6	780250	9928524
G7	780272	9928524
G8	780295	9928512

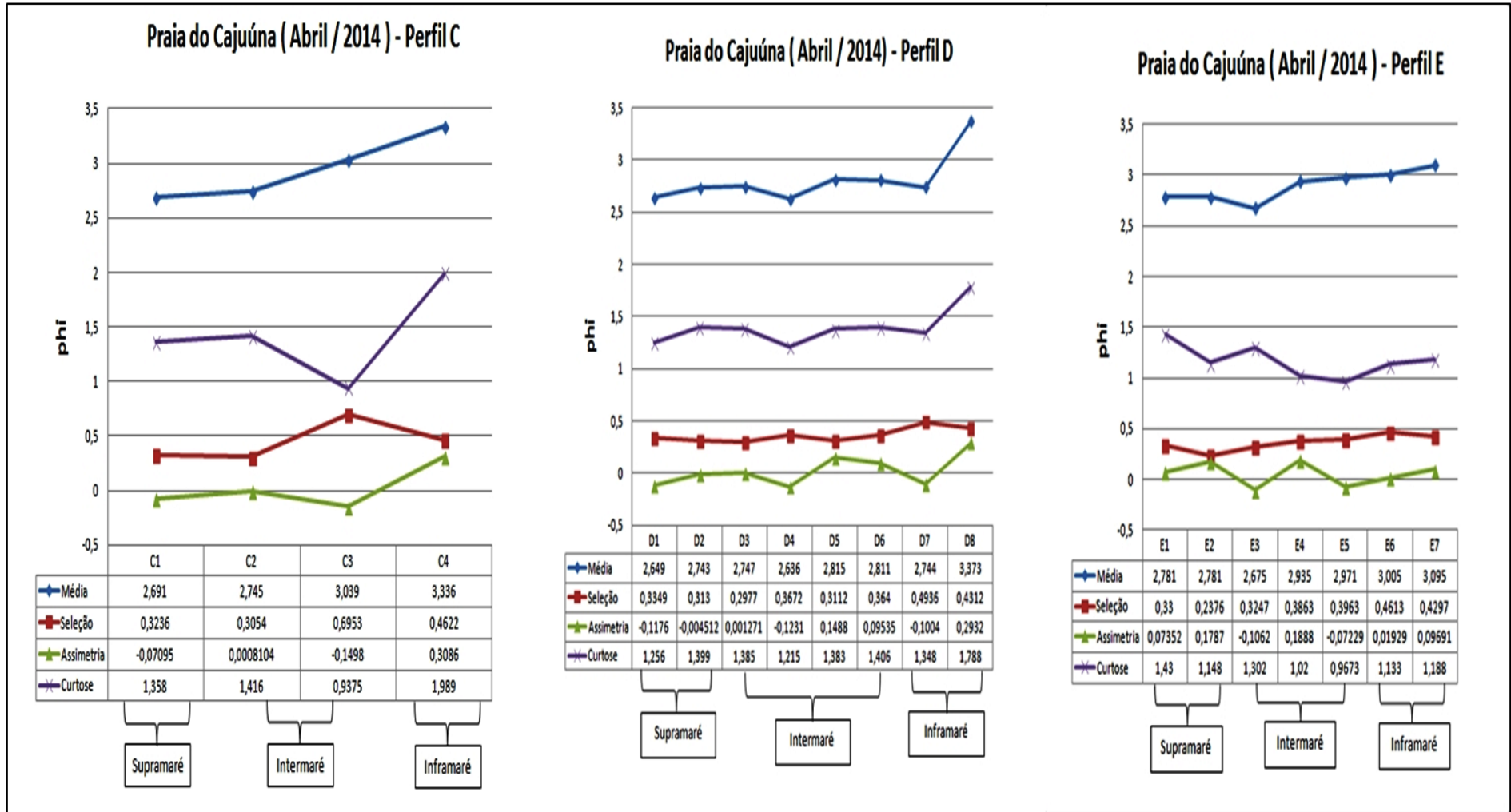
PERÍODO MENOS CHUVOSO		
Amostra	X	Y
A1	780349	9930419
A2	780356	9930434
A3	780402	9930527
A4	780437	9930527
A5	780509	9930608
A6	780579	9930705
A7	780602	9930741
B1	780559	9930110
B2	780580	9930108
B3	780611	9930100
B4	780683	9930098
B5	780710	9930096
B6	780728	9930096
B7	780747	9930094
B8	780781	9930090
B9	780800	9930080
B10	780827	9930068
C1	780467	9929778
C2	780491	9929772
C3	780531	9929762
D1	780408	9929452
D2	780429	9929450
D3	780439	9929454
D4	780453	9929454
D5	780482	9929448
E1	780329	9929139
E2	780342	9929127
E3	780386	9929119
E4	780407	9929113
E5	780462	9929107
F1	780246	9928814
F2	780272	9928807
F3	780299	9928802
F4	780318	9928795
F5	780341	9928792
G1	780102	9928526
G2	780112	9928520
G3	780136	9928506
G4	780154	9928495
G5	780219	9928461
G6	780240	9928448



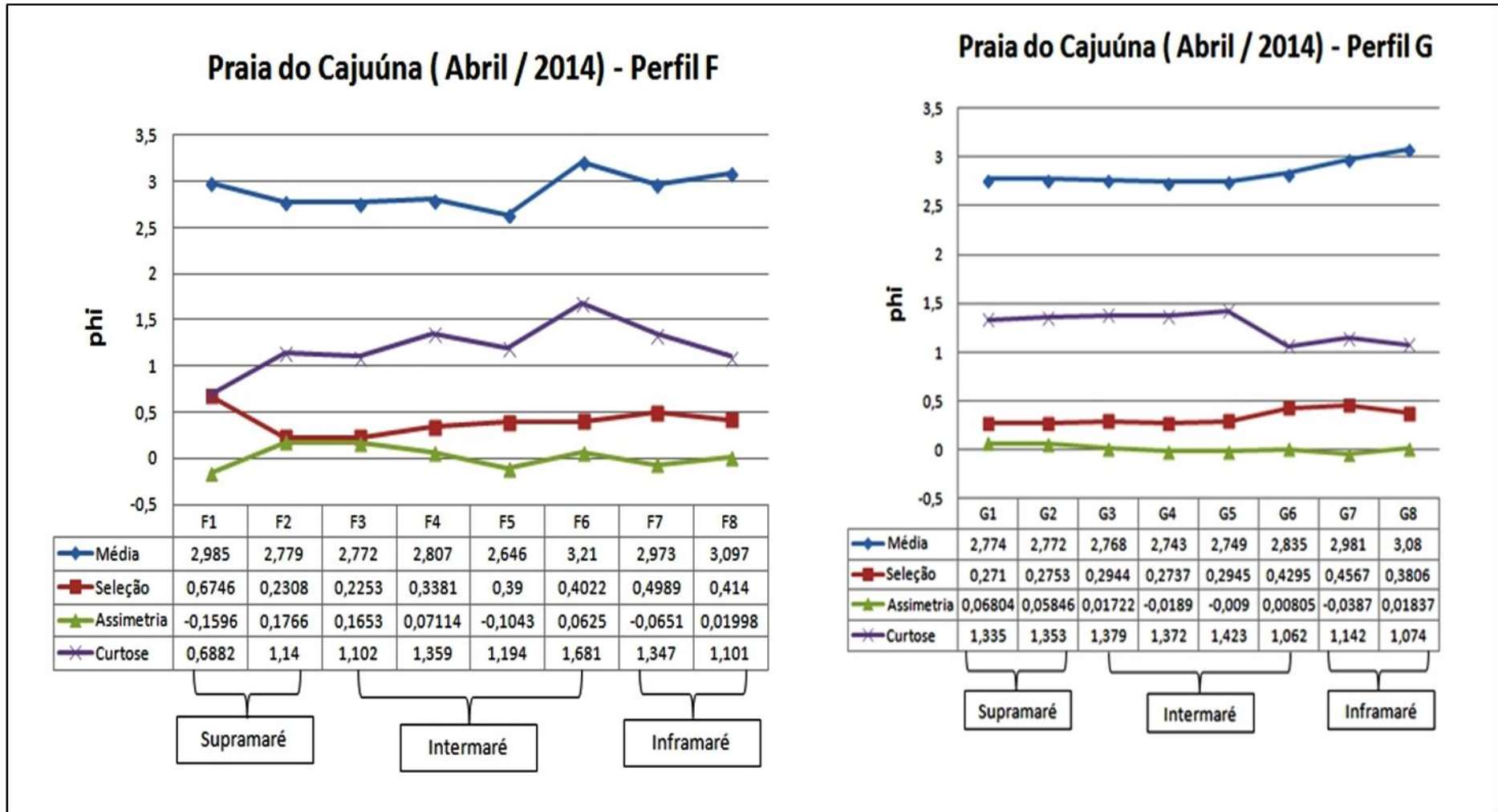
**APÊNDICE G – COMPORTAMENTO DOS PARÂMETROS GRANULOMÉTRICOS DA PRAIA DO CAJUÚNA EM CADA ZONA DA PRAIA NO PERÍODO CHUVOSO, SETOR 1**



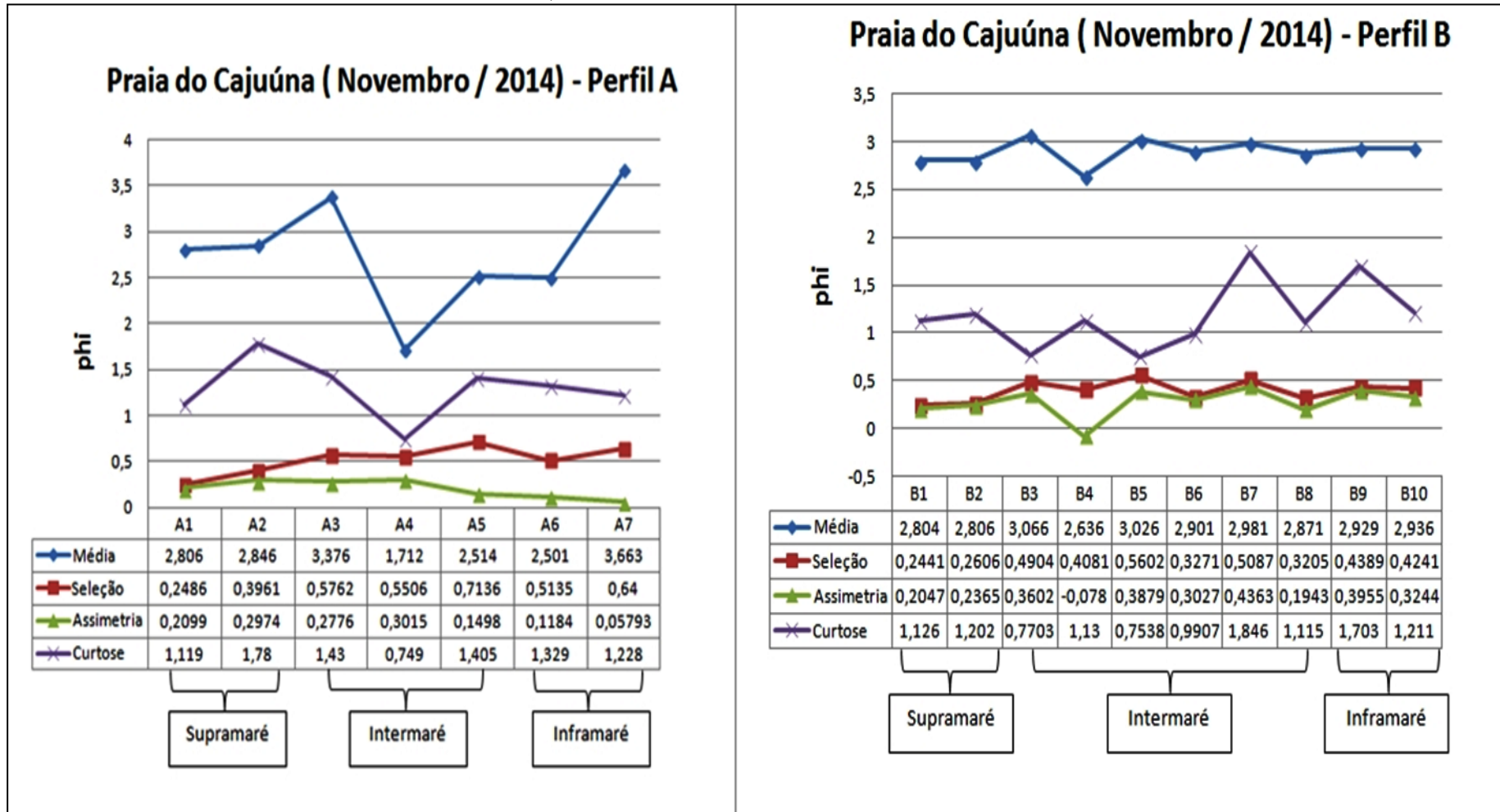
**APÊNDICE H – COMPORTAMENTO DOS PARÂMETROS GRANULOMÉTRICOS DA PRAIA DO CAJUÚNA EM CADA ZONA DA PRAIA NO PERÍODO CHUVOSO, SETOR 2.**



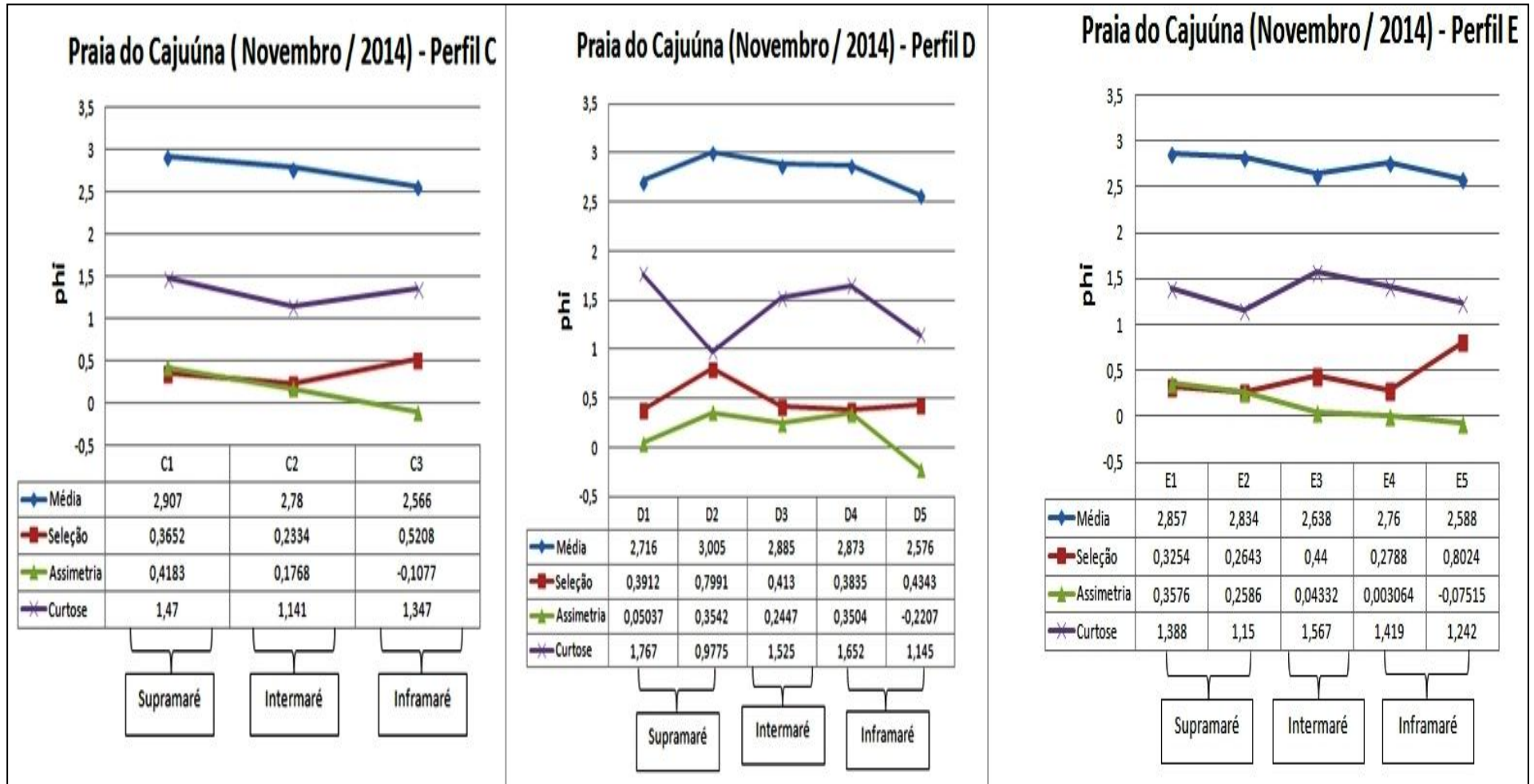
**APÊNDICE I – COMPORTAMENTO DOS PARÂMETROS GRANULOMÉTRICOS DA PRAIA DO CAJUÚNA EM CADA ZONA DA PRAIA NO PERÍODO CHUVOSO, SETOR 3.**



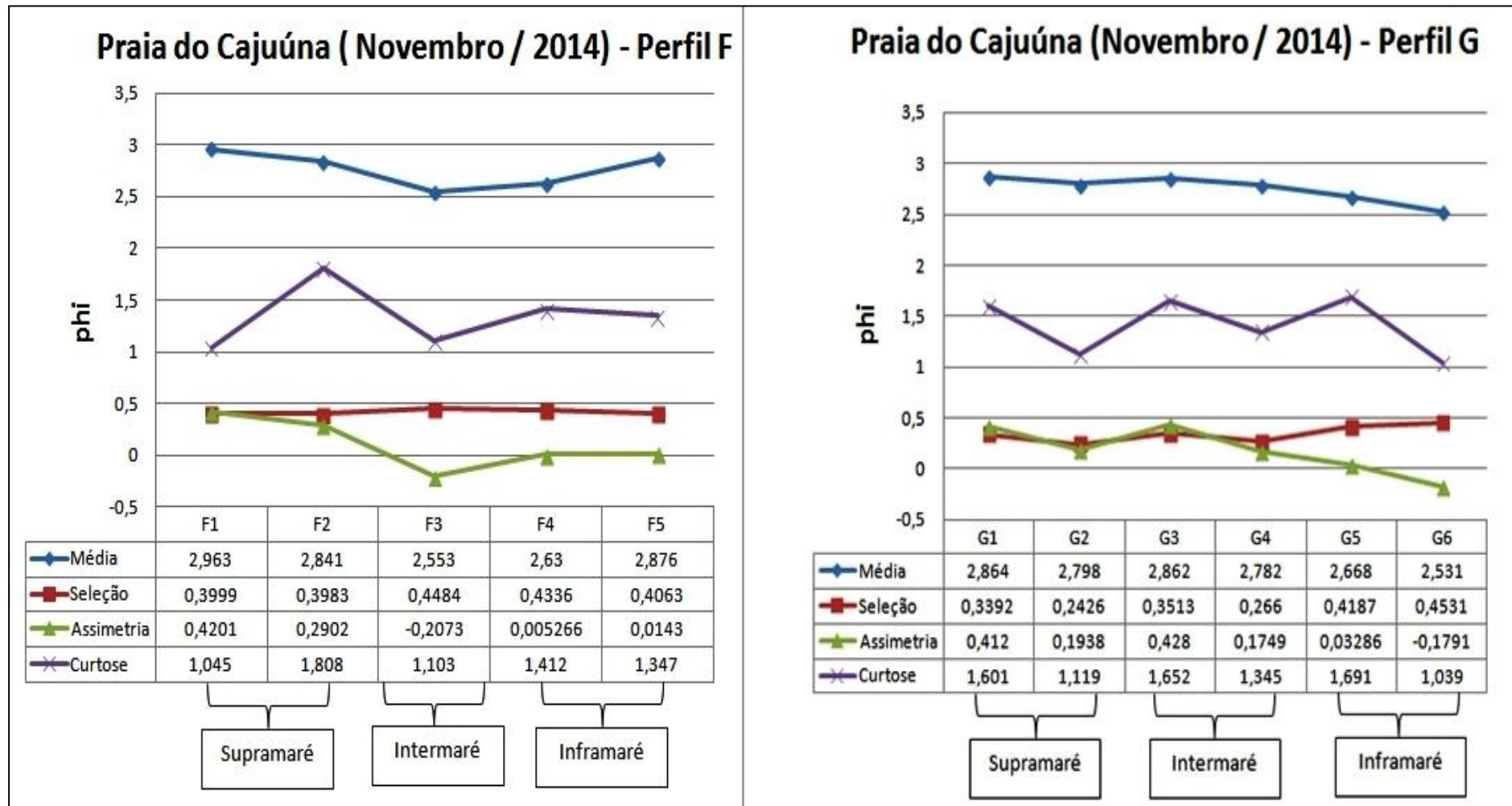
**APÊNDICE J – COMPORTAMENTO DOS PARÂMETROS GRANULOMÉTRICOS DA PRAIA DO CAJUÚNA EM CADA ZONA DA PRAIA NO PERÍODO MENOS CHUVOSO, SETOR 1.**



**APÊNDICE K – COMPORTAMENTO DOS PARÂMETROS GRANULOMÉTRICOS DA PRAIA DO CAJUÚNA EM CADA ZONA DA PRAIA NO PERÍODO MENOS CHUVOSO, SETOR 2**

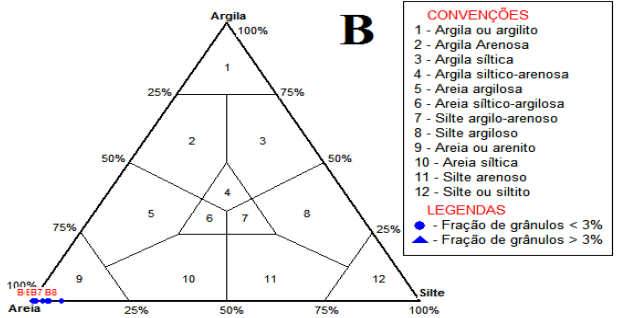
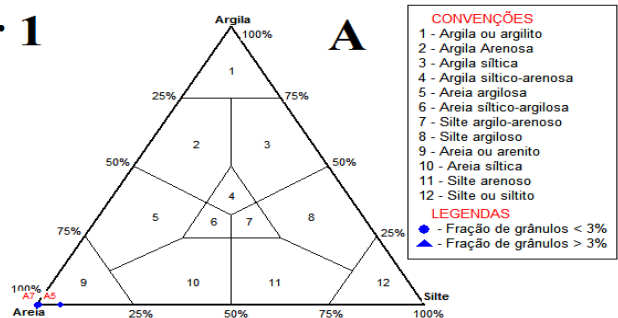


**APÊNDICE L – COMPORTAMENTO DOS PARÂMETROS GRANULOMÉTRICOS DA PRAIA DO CAJUÚNA EM CADA ZONA DA PRAIA NO PERÍODO MENOS CHUVOSO, SETOR 3.**

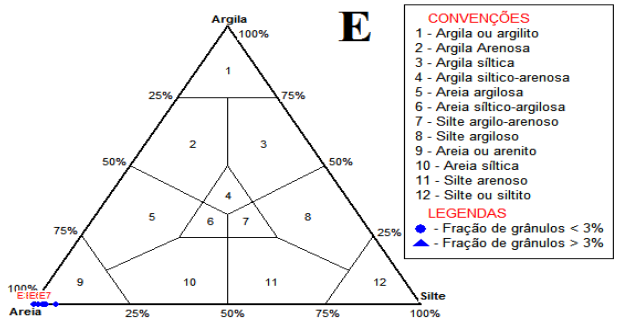
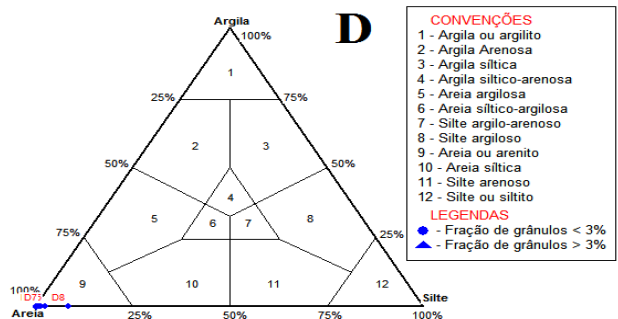
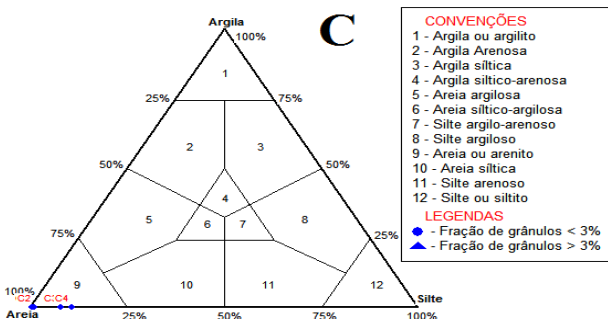


**APÊNDICE M – DIAGRAMA DE SHEPARD DE 1954, QUANTO À CLASSIFICAÇÃO SEDIMENTAR NOS SETORES DA PRAIA DO CAJUÚNA NO PERÍODO CHUVOSO.**

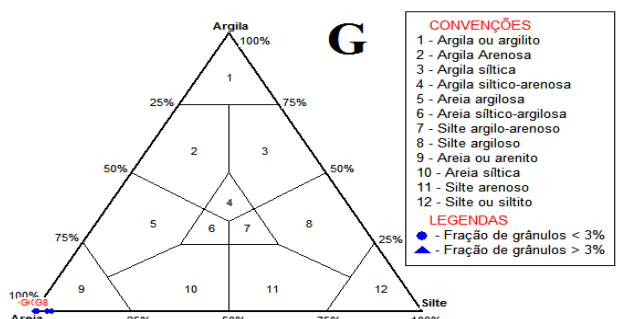
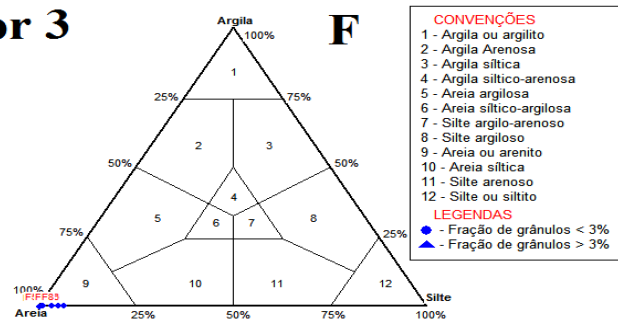
**Setor 1**  
**Período Chuvoso**



**Setor 2**

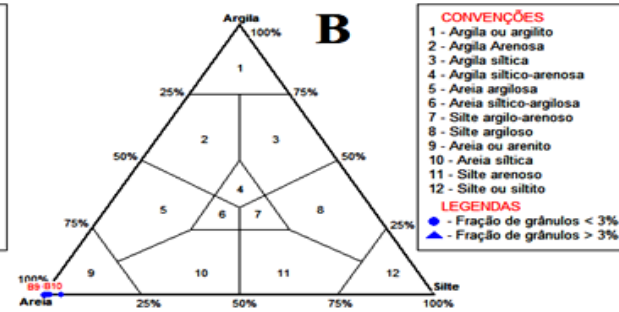
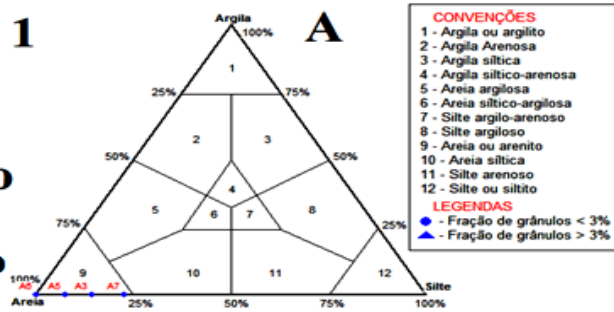


**Setor 3**

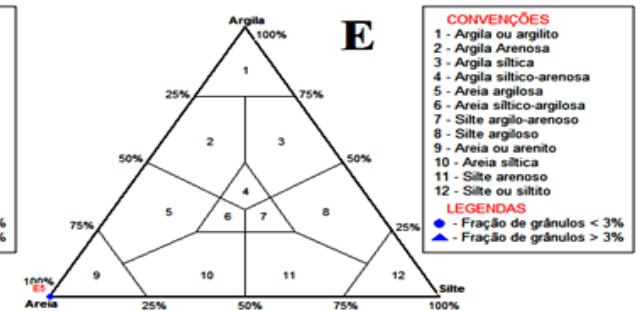
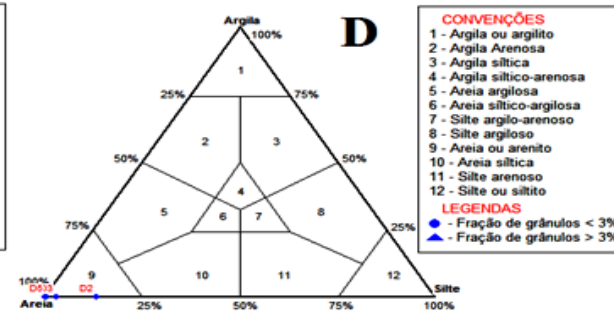
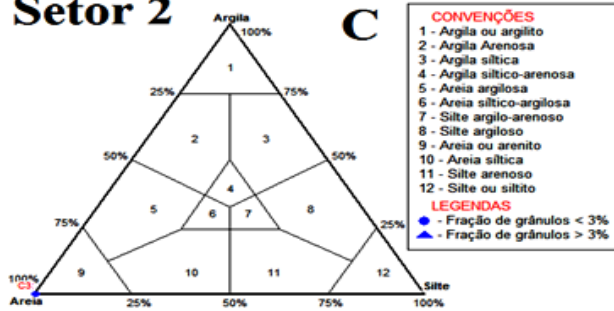


APÊNDICE N – DIAGRAMA DE SHEPARD DE 1954, QUANTO À CLASSIFICAÇÃO SEDIMENTAR NOS SETORES DA PRAIA DO CAJUÚNA NO PERÍODO MENOS CHUVOSO.

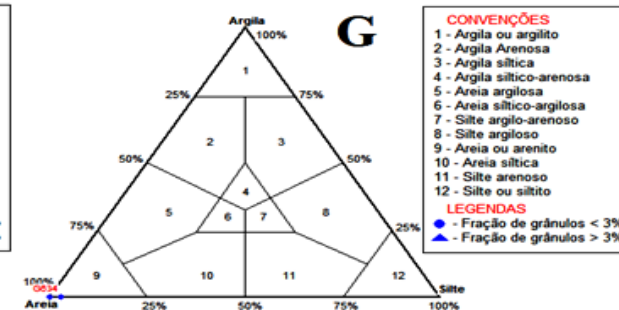
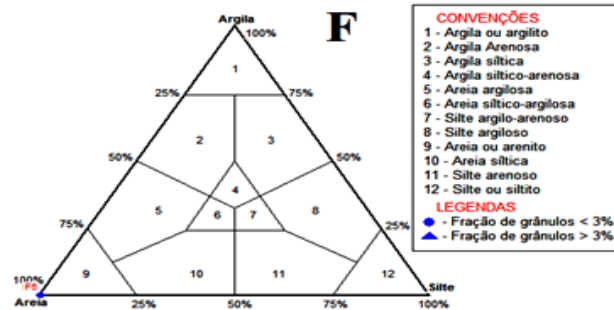
**Setor 1**  
**Período menos Chuvoso**



**Setor 2**



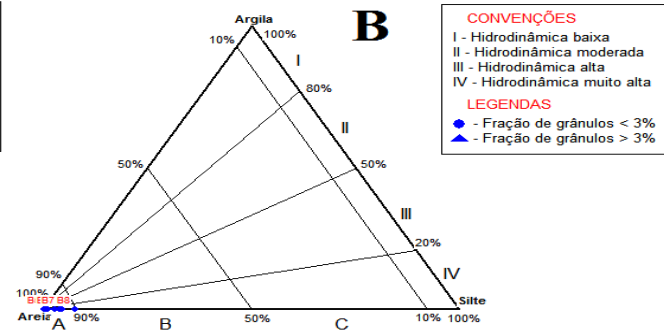
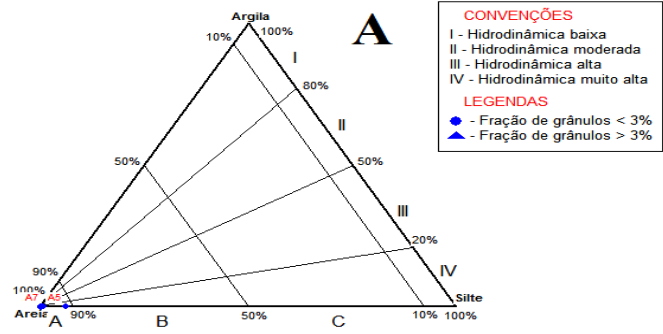
**Setor 3**



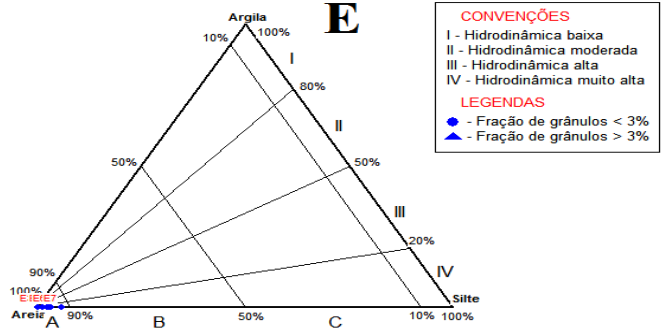
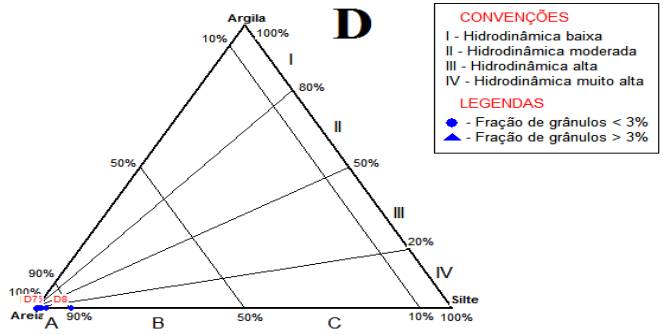
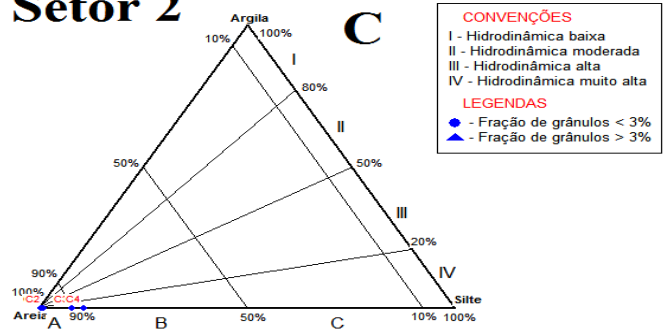


APÊNDICE O – CONDIÇÃO HIDRODINÂMICA DOS SETORES DA PRAIA DO CAJUÚNA DE ACORDO COM O DIAGRAMA DE PEJRUP DE 1988 NO PERÍODO CHUVOSO.

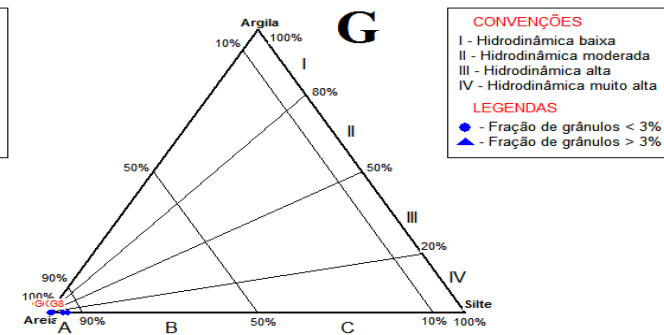
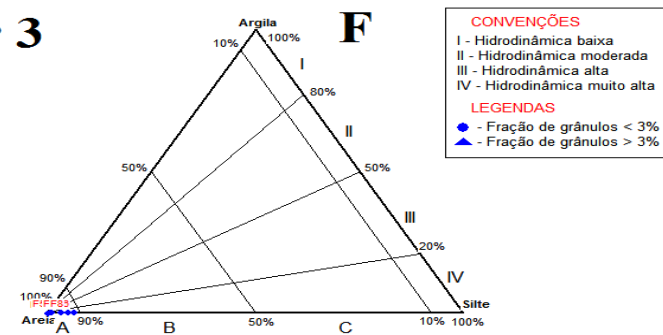
**Setor 1**  
**Período chuvoso**



**Setor 2**

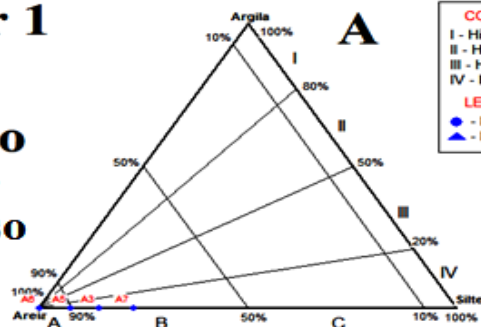


**Setor 3**



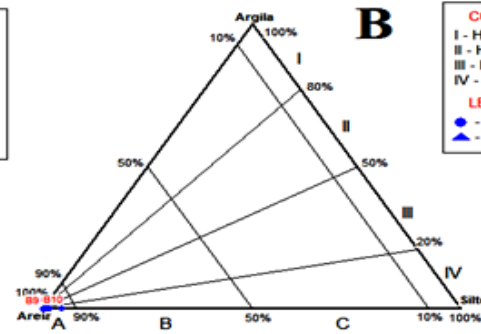
APÊNDICE P – CONDIÇÃO HIDRODINÂMICA DOS SETORES DA PRAIA DO CAJUÚNA DE ACORDO COM O DIAGRAMA DE PEJRUP DE 1988 NO PERÍODO MENOS CHUVOSO.

**Setor 1**  
**Período menos Chuvoso**



**CONVENÇÕES**  
I - Hidrodinâmica baixa  
II - Hidrodinâmica moderada  
III - Hidrodinâmica alta  
IV - Hidrodinâmica muito alta

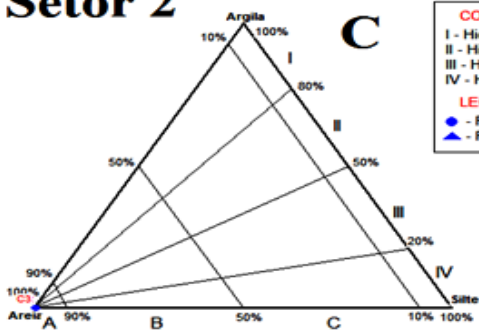
**LEGENDAS**  
● - Fração de grânulos < 3%  
▲ - Fração de grânulos > 3%



**CONVENÇÕES**  
I - Hidrodinâmica baixa  
II - Hidrodinâmica moderada  
III - Hidrodinâmica alta  
IV - Hidrodinâmica muito alta

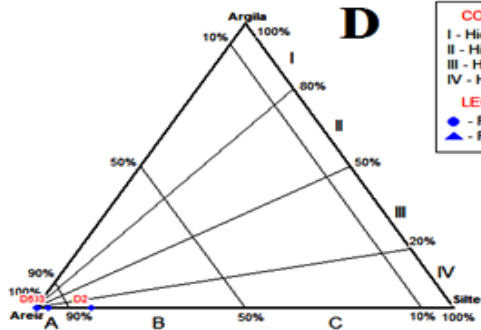
**LEGENDAS**  
● - Fração de grânulos < 3%  
▲ - Fração de grânulos > 3%

**Setor 2**



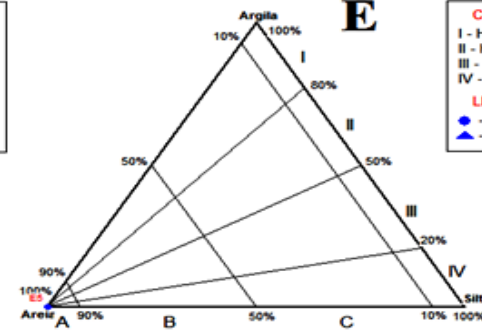
**CONVENÇÕES**  
I - Hidrodinâmica baixa  
II - Hidrodinâmica moderada  
III - Hidrodinâmica alta  
IV - Hidrodinâmica muito alta

**LEGENDAS**  
● - Fração de grânulos < 3%  
▲ - Fração de grânulos > 3%



**CONVENÇÕES**  
I - Hidrodinâmica baixa  
II - Hidrodinâmica moderada  
III - Hidrodinâmica alta  
IV - Hidrodinâmica muito alta

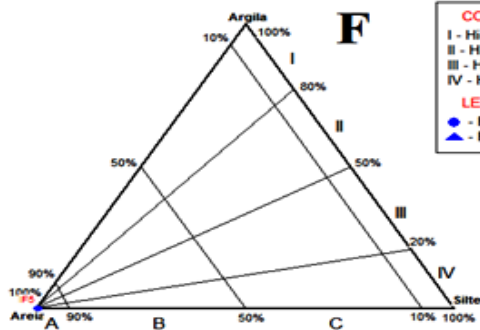
**LEGENDAS**  
● - Fração de grânulos < 3%  
▲ - Fração de grânulos > 3%



**CONVENÇÕES**  
I - Hidrodinâmica baixa  
II - Hidrodinâmica moderada  
III - Hidrodinâmica alta  
IV - Hidrodinâmica muito alta

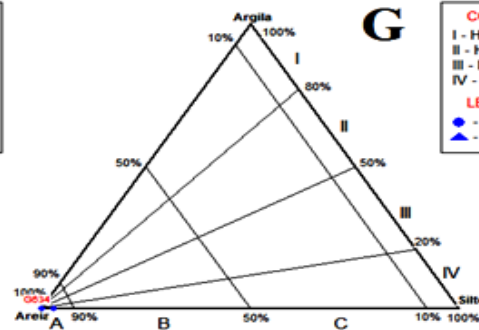
**LEGENDAS**  
● - Fração de grânulos < 3%  
▲ - Fração de grânulos > 3%

**Setor 3**



**CONVENÇÕES**  
I - Hidrodinâmica baixa  
II - Hidrodinâmica moderada  
III - Hidrodinâmica alta  
IV - Hidrodinâmica muito alta

**LEGENDAS**  
● - Fração de grânulos < 3%  
▲ - Fração de grânulos > 3%

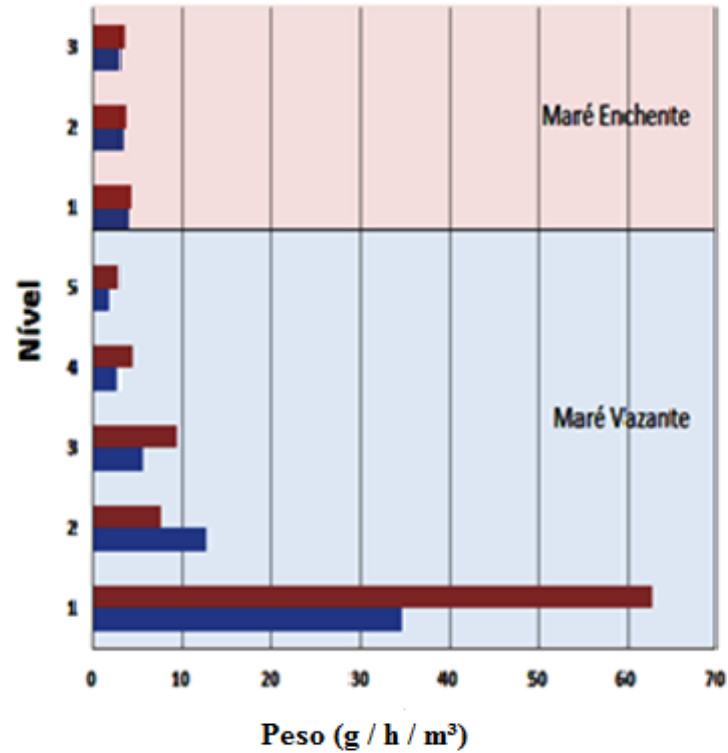


**CONVENÇÕES**  
I - Hidrodinâmica baixa  
II - Hidrodinâmica moderada  
III - Hidrodinâmica alta  
IV - Hidrodinâmica muito alta

**LEGENDAS**  
● - Fração de grânulos < 3%  
▲ - Fração de grânulos > 3%

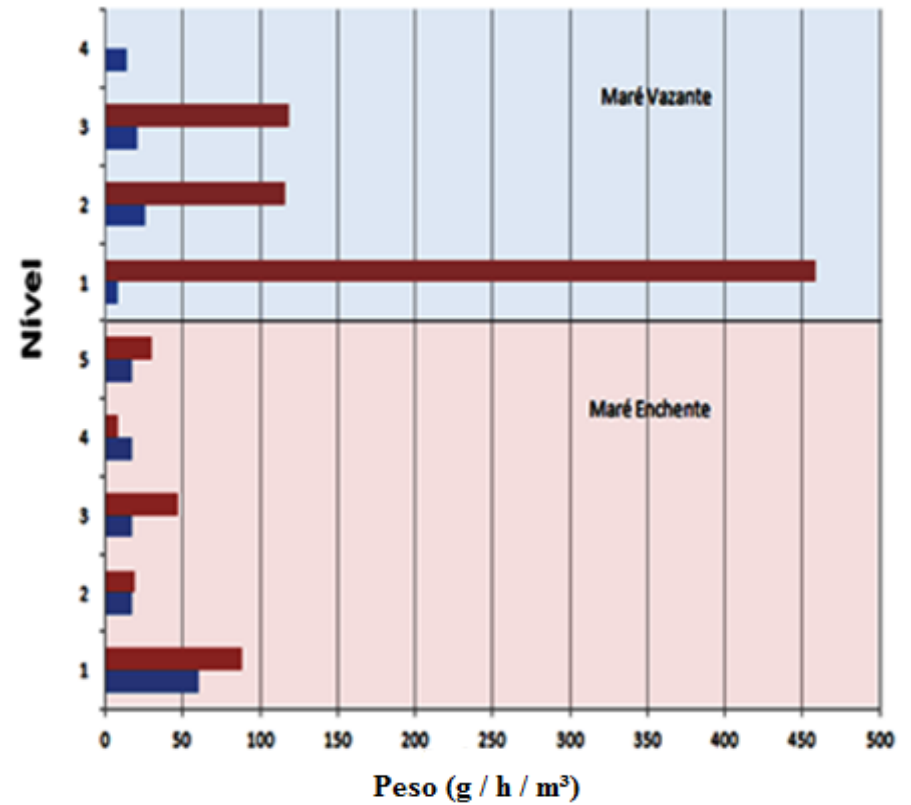
**APÊNDICE Q – FLUXO DE SEDIMENTOS OBTIDOS EM CADA NÍVEL NOS PERÍODOS CHUVOSO E MENOS CHUVOSO NOS SETORES 1 E 2 NA PRAIA DO CAJÚNA DURANTE 3MIN.**

**Período Chuvoso**



	1	2	3	4	5	1	2	3
■ Setor 2	62,85	7,75	9,38	4,35	2,84	4,31	3,71	3,5
■ Setor 1	34,51	12,76	5,52	2,77	1,89	3,93	3,31	3,09

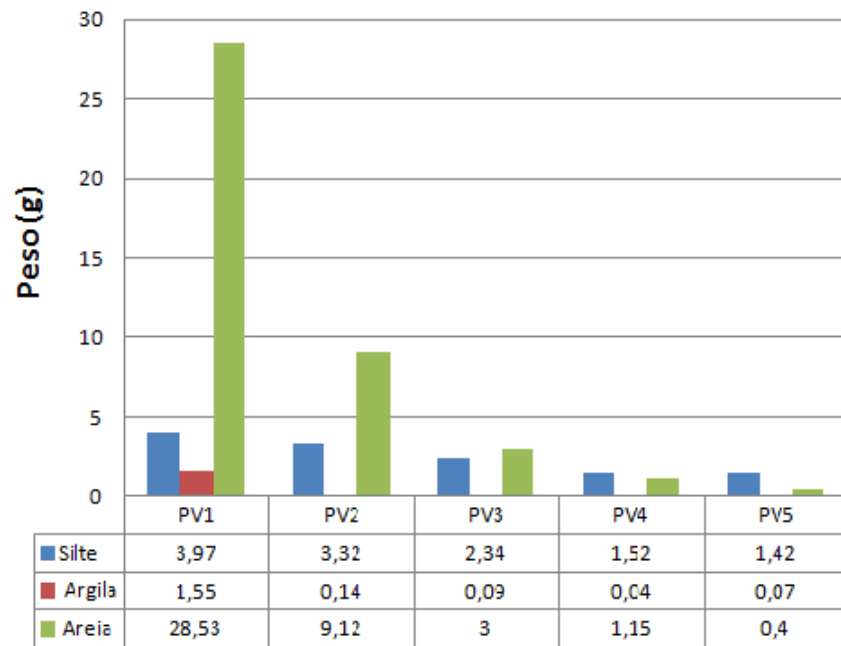
**Período Menos Chuvoso**



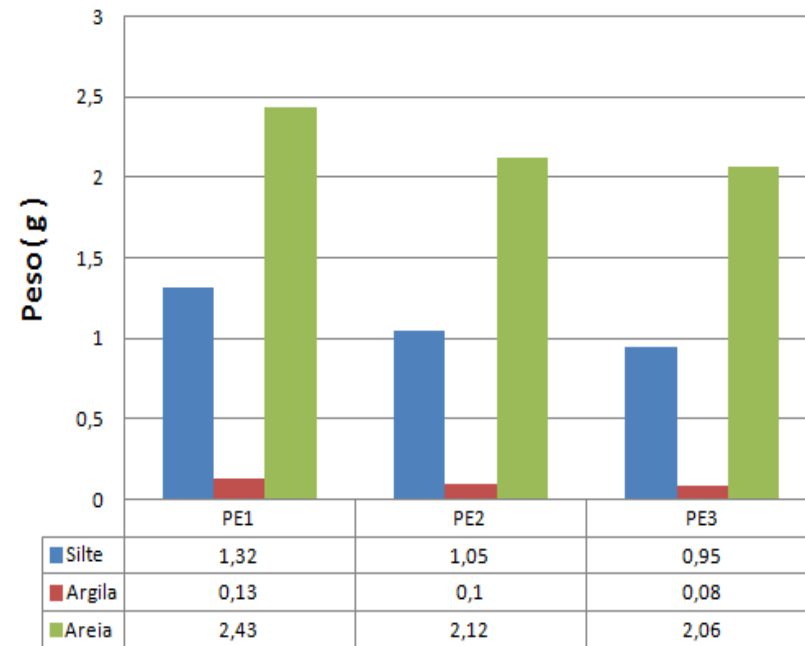
	1	2	3	4	5	1	2	3	4
■ Setor 2	87,86	18,82	46,83	8,27	90,33	458,24	116,43	118,24	
■ Setor 1	59,93	17,59	17,53	17,10	17,01	7,63	25,40	20,39	13,89

**APÊNDICE R – GRANULOMETRIA DAS AMOSTRAS COLETADAS NA ZONA DE SURFE DA PRAIA DO CAJUÚNA NO SETOR 1, DURANTE O PERÍODO CHUVOSO.**

**Praia do Cajuúna**  
**Primeiro Ponto - Maré Vazante (PV)**  
**Abril / 2014**

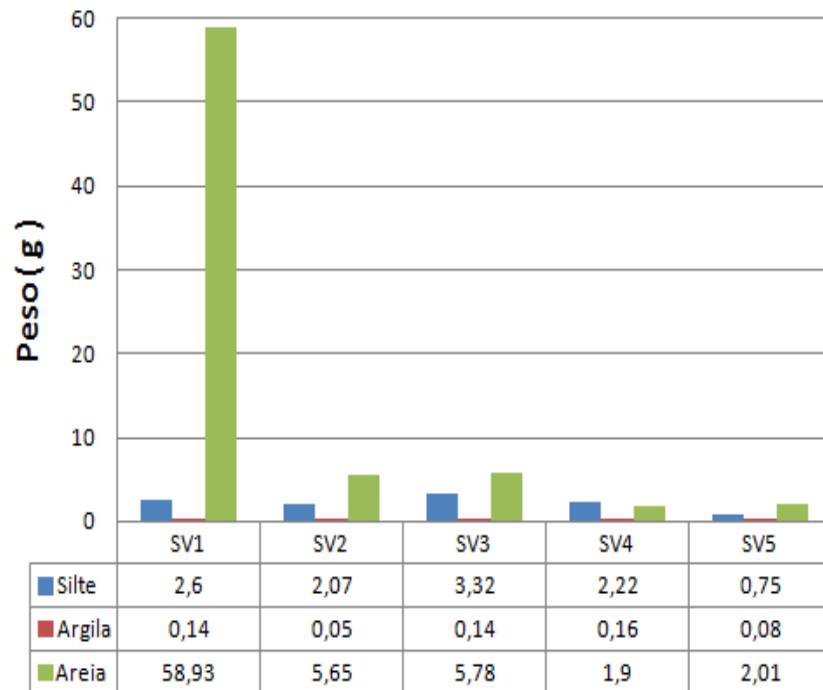


**Praia do Cajuúna**  
**Primeiro Ponto - Maré Enchente (PE)**  
**Abril / 2014**

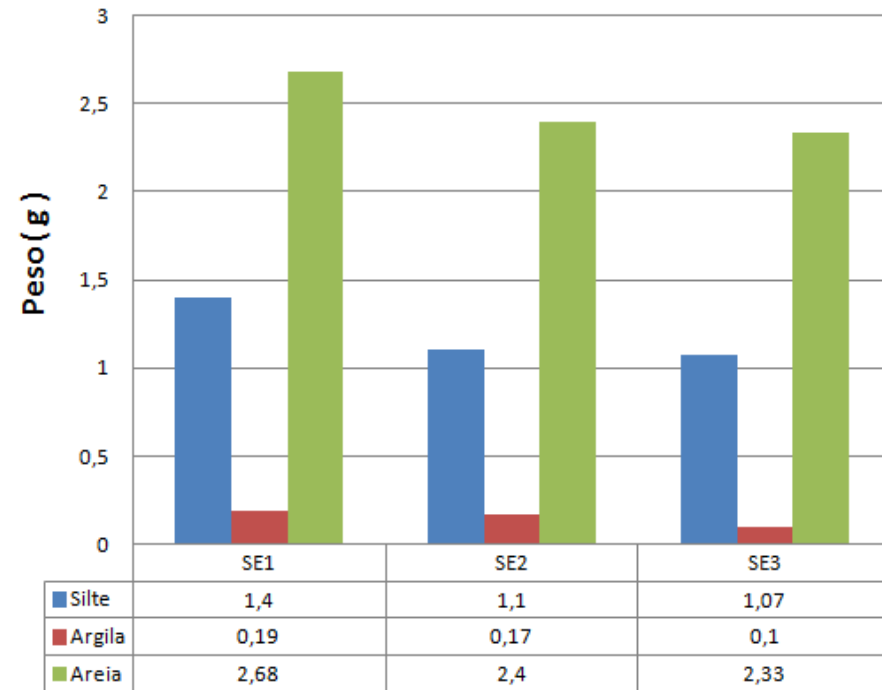


**APÊNDICE S – GRANULOMETRIA DAS AMOSTRAS COLETADAS NA ZONA DE SURFE DA PRAIA DO CAJUÚNA NO SETOR 2, DURANTE O PERÍODO CHUVOSO.**

**Praia do Cajuúna  
Segundo Ponto - Maré Vazante (SV)  
Abril / 2014**

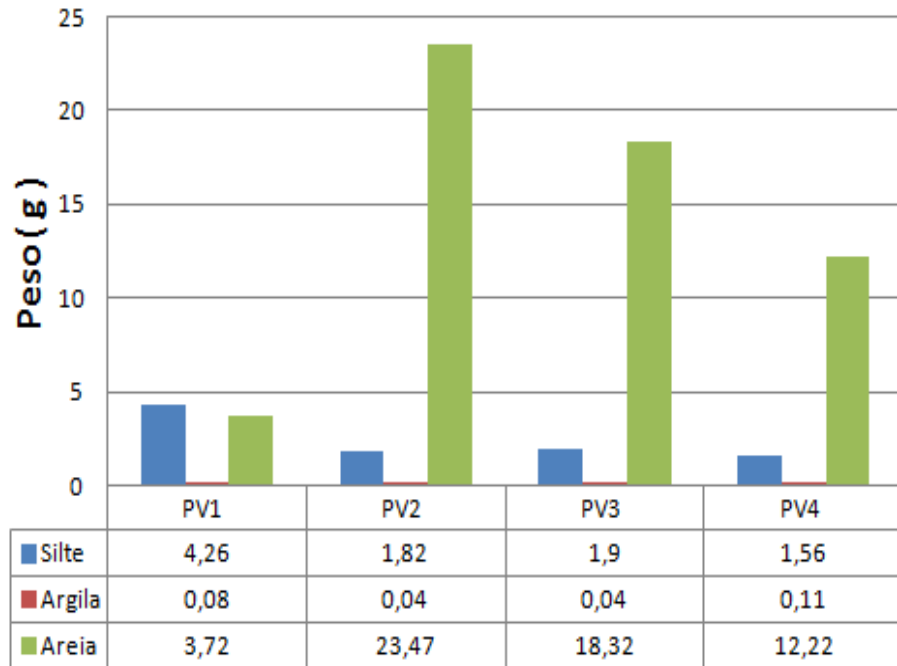


**Praia do Cajuúna  
Segundo Ponto - Maré Enchente (SE)  
Abril / 2014**

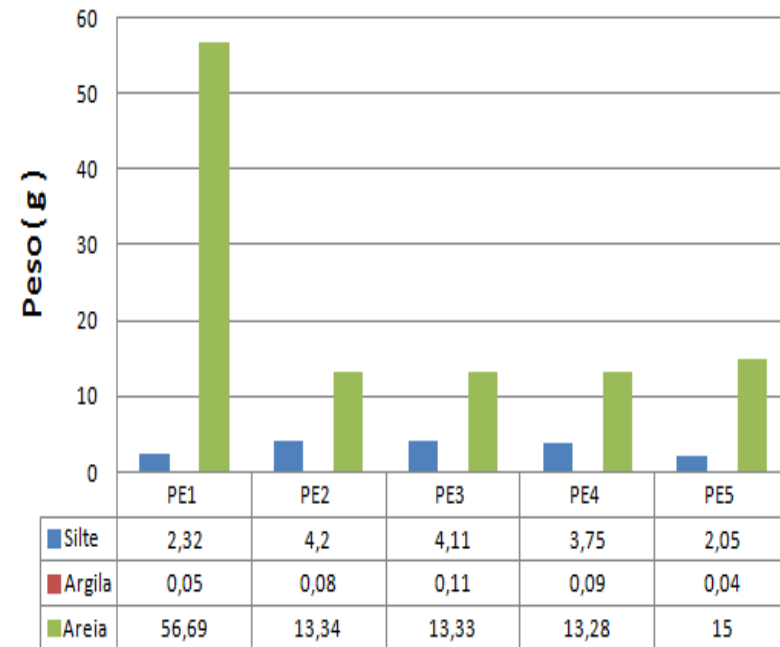


**APÊNDICE T – GRANULOMETRIA DAS AMOSTRAS COLETADAS NA ZONA DE SURFE DA PRAIA DO CAJUÚNA NO SETOR 1, DURANTE O PERÍODO MENOS CHUVOSO.**

**Praia do Cajuúna  
Primeiro Ponto - Maré Vazante(PV)  
Novembro / 2014**

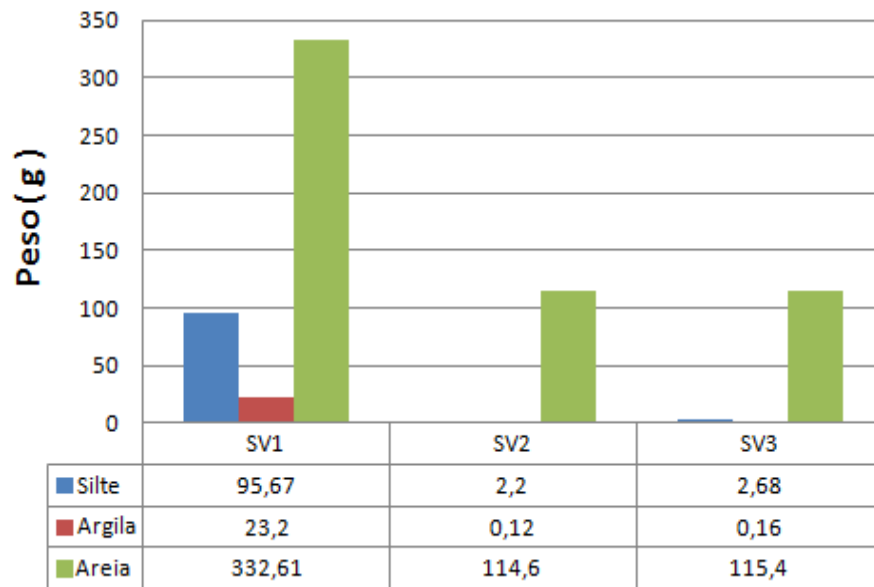


**Praia do Cajuúna  
Primeiro Ponto - Maré Enchente (PE)  
Novembro / 2014**



**APÊNDICE U – GRANULOMETRIA DAS AMOSTRAS COLETADAS NA ZONA DE SURFE DA PRAIA DO CAJUÚNA NO SETOR 2, DURANTE O PERÍODO MENOS CHUVOSO.**

**Praia do Cajuúna  
Segundo Ponto - Maré Vazante (SV)  
Novembro / 2014**



**Praia do Cajuúna  
Segundo Ponto - Maré Enchente (SE)  
Novembro / 2014**

