



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**  
**CENTRO DE GEOCIÊNCIAS**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA**

---

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**VARIABILIDADE MORFO-SEDIMENTAR DAS PRAIAS ESTUARINAS DO AMOR E  
DOS ARTISTAS (ILHA DE CARATATEUA, PARÁ)**

**Dissertação apresentada por:**  
**DANIEL RAMÔA FARIAS**

---

**BELÉM/PA**  
**Junho/2006**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**  
**CENTRO DE GEOCIÊNCIAS**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA**

**VARIABILIDADE MORFO-SEDIMENTAR DAS PRAIAS ESTUARINAS DA ILHA DE  
CARATATEUA (PARÁ)**

DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR

**DANIEL RAMÔA FARIAS**

Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Geologia Marinha e Sedimentologia na área de Geologia.

Data de Aprovação:

**Comitê de Tese:**

---

**Prof. Dr. MAÂMAR EL-ROBRINI (ORIENTADOR)**

---

**Profa. Dra. CARMENA FERREIRA FRANÇA (UFPA)**

---

**Prof. Dr. PEDRO WALFIR MARTINS E SOUZA FILHO (UFPA)**

**Belém/Pará**

**Junho/2006**

*A meus filhos Daniel e Natália; meus pais e ao meu amor Vanessa.*

## **AGRADECIMENTOS**

Expresso meus agradecimentos às seguintes pessoas e instituições que contribuíram para a viabilização desta dissertação:

À **Deus, a Nosso Senhor Jesus Cristo e a Maria Santíssima**, por me permitirem a graça da vida e estarem em todos os momentos sempre presentes a meu lado, me protegendo, me fortalecendo e sempre me conduzindo.

À **Universidade Federal do Pará**, através do Centro de Geociências pela oportunidade de ter acesso a um ensino público, gratuito e de extrema qualidade;

Ao **Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica (CPGG)**, vinculado ao Centro de Geociências da Universidade Federal do Pará, pela possibilidade do desenvolvimento dessa Dissertação, assim como pela contribuição em minha qualificação profissional;

Ao **Laboratório de Geologia Marinha e Recursos Minerais Marinhos**, onde foram executadas as análises das amostras sedimentares;

Ao **Laboratório de Sedimentologia**, onde foram confeccionadas as lâminas de minerais pesados e análises das amostras sedimentares;

Ao Prof. Dr. **Maâmar El-Robrini**, meu orientador, por ter possibilitado a execução dessa Dissertação com liberdade plena, através de inúmeras oportunidades de pesquisa e trabalho, e por sua amizade ao longo desses anos;

Ao Prof. Msc. **Marcelo Augusto Moreno da Silva Alves**, pelas orientações acerca das confecções, análises e estatísticas dos Perfis, pela presença e apoio na elaboração dessa dissertação, pela colaboração nos trabalhos de campo e principalmente pela inestimável amizade desenvolvida no período da realização deste Curso de Pós-Graduação;

A Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> **Carmena Ferreira de França** pela participação na Banca Examinadora dessa Dissertação, com seus comentários e orientações, além de seu apoio na realização dos trabalhos de campo e de sua amizade iniciada desde a época da minha graduação;

Ao Prof. Dr. **Pedro Walfir Martins e Souza Filho** pela participação na Banca Examinadora dessa Dissertação, que através das suas observações e comentários, contribuiu de forma fundamental para a realização dessa Dissertação, além de sua amizade desenvolvida desde a minha especialização;

Aos Profs. Drs. **Paulo Sérgio de Sousa Gorayeb, Cândido Augusto Veloso Moura e José Augusto Martins Corrêa**, coordenadores do CPGG, durante a realização do curso;

Ao Prof. Dr. **Maurício da Silva Borges** pelos comentários, ensinamentos e acima de tudo pela amizade desenvolvida durante a realização desse curso;

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. **Odete Cardoso de Oliveira Santos** pela amizade e apoio constantes dispensados durante a realização dessa Dissertação;

Ao Prof. Msc. **Pedro Rocha da Silva** pelas orientações, comentários e principalmente pelo apoio e amizade sempre constantes durante a realização dessa Dissertação;

Ao Diretor do 2º Distrito de Meteorologia – 2º DISME – vinculado ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET – Srº **José Raimundo Abreu de Sousa** pela cessão dos dados de Pluviosidade e de Ventos;

À Prof<sup>a</sup> **Andréa Valente** pelo incentivo para a realização deste curso, assim como pelo apoio nas confecções dos mapas de localização da área e dos perfis;

Aos doutorandos **Antônio Emídio, Marivaldo e Elma** pelo incentivo, apoio, amizade e comentários dispensados durante a realização dessa dissertação;

Ao Profs. Msc. **Clay Anderson das Chagas e João Manoel da Silva Malheiro**, pelo incentivo e apoio na realização dessa dissertação;

Aos mestrandos **Ismaily, Charles, Débora, Dayane, Fabrício, Gil, Paulo, Cláudia, Aderson, Samara e Paula Lima** e aos alunos do Curso de Graduação em Oceanografia **Sheila, Tasso, Rafael, Gustavo, Elpídio e André**, pelo apoio e amizade desenvolvidos durante o curso;

Ao aluno do Curso de Graduação em Geologia, **Anderson Conceição Mendes** pelo apoio com as descrições e fotografias dos minerais pesados;

Às secretárias do CPGG **Nilza e Gladys**;

Aos funcionários do CG **Afonso, Esteves e Álvaro** pelo apoio e amizades desenvolvidas;

À equipe da Biblioteca formada por **Hedileuza Viana, Luciana Palheta, Maria de Jesus Reis, Meibe, Pamela, Maria Teixeira e Hélio Braga** coordenados por **Lúcia Imbiriba**;

Ao Senhor **Carl Kurtz**, por sua amizade e apoio incondicionais e sempre constantes, os quais foram imprescindíveis para a realização dessa Dissertação;

À **José Campos e Vanda Campos** por todo o apoio estrutural concedido;

À minha noiva, **Vanessa Albuquerque de Campos**, que jamais me deixou esmorecer, incentivando-me constantemente com seu amor, amizade, carinho e compreensão;

A meus irmãos **Claudinei e Luciana** pelo apoio concedido durante a realização dessa Dissertação;

Agradeço a meus pais **Francisco e Lucyara**, pelo amor, apoio, compreensão e por terem me possibilitado uma excelente formação educacional e como cidadão;

Aos meus maravilhosos filhos **Natália e Daniel**, que sempre contribuíram com inspiração, incentivo e amor em minha vida.

*“Amo a tranqüilidade das águas serenas do rio, que descem cantando pro mar.  
O doce ondulado das calmas maretas que batem na areia sem a machucar.  
(...) Sou rio e não mar.  
(...) Sou musgo da pedra que o vento arrancou jogando no mar e o mar destróçou.”*

***Yara Cecim***  
***Escritora paraense e minha tia.***

## SUMÁRIO

<b>DEDICATÓRIA</b>	<b>II</b>
<b>AGRADECIMENTOS</b>	<b>II</b>
<b>EPIÍGRAFE</b>	<b>VI</b>
<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</b>	<b>VIII</b>
<b>RESUMO</b>	<b>XII</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>XIV</b>
<b>1–INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1–APRESENTAÇÃO	1
1.2–LOCALIZAÇÃO	3
<b>2–OBJETIVOS</b>	<b>7</b>
2.1–OBJETIVO GERAL	7
2.2–OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
<b>3–METODOLOGIA</b>	<b>8</b>
3.1–LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO	8
3.2–LEVANTAMENTO DOS PERFIS TOPOGRÁFICOS	8
3.3–AMOSTRAGEM DOS SEDIMENTOS DAS PRAIAS	12
3.4–LABORATÓRIO: ANÁLISE DOS SEDIMENTOS ARENOSOS	12
3.5–MINERAIS PESADOS	14
3.6–MEDIÇÃO DE PARÂMETROS OCEANOGRÁFICOS	16
3.6.1–Ondas	16
3.6.2–Marés e correntes associadas	17
3.7–PROCESSAMENTO DIGITAL DE DADOS (PERFIS PRAIAIS E AMOSTRAS ARENOSAS)	18
<b>4–CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA</b>	<b>20</b>
4.1–ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	20
4.2–ASPECTOS GEOLÓGICOS	20
4.2.1–Grupo Barreiras	20
4.2.2–Sedimentos Pós-Barreiras	26
4.2.3–Sedimentos Quaternários	26
4.3–SOLOS E VEGETAÇÃO	26
4.4–ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS E METEOROLÓGICOS	28
4.5–ASPECTOS HIDROLÓGICOS E OCEANOGRÁFICOS	30
<b>5–AMBIENTE PRAIAL: DEFINIÇÕES, SEDIMENTAÇÃO E PROCESSOS MORFODINÂMICOS</b>	<b>32</b>
5.1–DEFINIÇÕES	32

5.2–PROCESSOS MORFODINÂMICOS	35
5.2.1–Modelo de Dean (1977)	37
5.2.2–Modelo de Wriqth e Short (1984)	39
5.2.3–Modelo de Masselink e Short (1993)	42
<b>6–VARIABILIDADE MORFOLÓGICA DAS PRAIAS ESTUARINAS DA ILHA DE CARATATEUA</b>	<b>44</b>
6.1–PRAIA DO AMOR	44
6.1.1–Perfil A	45
6.1.2–Perfil B	51
6.1.3–Perfil C	56
6.2–PRAIA DOS ARTISTAS	61
6.3.1–Modelo de Dean (1977)	67
6.3.2–Modelo de Wright & Short (1984)	67
6.3.3–Modelo de Masselink & Short (1993)	68
<b>7–VARIABILIDADE SEDIMENTAR DAS PRAIAS ESTUARINAS DA ILHA DE CARATATEUA</b>	<b>70</b>
7.1–FEIÇÕES SEDIMENTARES DEPOSICIONAIS	70
7.2–PARÂMETROS ESTATÍSTICOS	73
7.2.1–Praia do Amor	76
7.2.1.1–Média (Mz):	76
7.2.1.2–Selecionamento ( $\sigma$ )	78
7.2.1.3–Assimetria (Ski)	80
7.2.1.4–Curtose	82
7.2.2–Praia dos Artistas	84
7.2.2.1–Média (Mz)	84
7.2.1.2–Selecionamento ( $\sigma$ )	85
7.2.1.3–Assimetria (Ski)	86
7.2.1.4–Curtose	87
7.3–MINERAIS PESADOS	88
<b>8–DISCUSSÕES</b>	<b>94</b>
<b>9–CONCLUSÕES</b>	<b>103</b>
<b>10–RECOMENDAÇÕES</b>	<b>104</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>105</b>
<b>ANEXO</b>	<b>111</b>
<b>ANEXO 1 – LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS</b>	<b>112</b>
<b>ANEXO 2 – ANÁLISE VOLUMÉTRICA NO ISRP</b>	<b>116</b>

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da Ilha de Caratateua. As setas indicam as Praias dos Artistas (A) e do Amor (B). Ortofoto da CODEM/PA (Modificado de CODEM, 1998).	4
Figura 2 – Localização dos Distritos Administrativos de Belém, com ênfase no Distrito Administrativo de Outeiro (DAOOUT em vermelho). Modificado de CODEM (1998).	5
Figura 3 – Praia dos Artistas. Zona de Intermaré durante a maré baixa em Junho/2004 (Foto do autor).	6
Figura 4 – Praia do Amor. Zona de Intermaré durante a maré baixa em Fevereiro/2004 (Foto do autor).	6
Figura 5 – Método de levantamento topográfico da “ <i>Stadia</i> ” (Birkemeier, 1981). Este método utiliza um nível automático (A) e uma régua graduada escalonável (B). Praia dos Artistas em Junho/2004 (Foto do autor).	8
Figura 6 – Localização do Perfil A na praia do Amor (Adaptado de CODEM, 1998).	10
Figura 7 – Localização do Perfil B na praia do Amor (Adaptado de CODEM, 1998).	10
Figura 8 – Localização do Perfil C na praia do Amor (Adaptado de CODEM, 1998).	11
Figura 9 – Localização do Perfil D na praia do Amor (Adaptado de CODEM, 1998).	11
Figura 10 – Amostras de sedimentos arenosos ensacadas e etiquetadas (Foto do autor).	13
Figura 11 – Amostras de sedimentos arenosos lavadas em água destilada (Foto do autor).	13
Figura 12 – Balança utilizada para a pesagem dos sedimentos arenosos (Foto do autor).	13
Figura 13 – Peneirador e jogo de peneiras utilizados para a separação por vibração mecânica, das classes granulométricas dos sedimentos arenosos (Foto do autor).	13
Figura 14 – Separação de minerais pesados por densimetria. a) estrutura de apoio; b) vidro de relógio; c) funil de separação; d) minerais leves; e) líquido de separação (bromofórmio); f) suporte do funil; g) tubo de borracha; h) minerais pesados; i) presilha que não deixa (ou deixa) passar o líquido e a fração pesada; j) suporte do funil de filtração; k) funil de filtração; l) frasco de recepção (erlenmeyer) (Modificado de Mange e Maurer, 1992, <i>apud</i> Mendes, 2005).	15
Figura 15 – Altura e período das ondas na Praia dos Artistas. Medição de alturas significativas com a utilização das estimativas visuais segundo Muehe (1998) (A). Ondulações na maré baixa (B) e na maré cheia (B), Junho/2004. (Foto do autor). T= Período e Hb= Altura	17
Figura 16 – Células ativas dos programas <i>SAG</i> (A), <i>Grapher 5.0</i> (B) e <i>ISRP</i> (C).	19
Figura 17 – Mapa de Unidades Geomorfológicas da RMB (Compilado de Matta, 2002).	21
Figura 18 – Mapa Geológico da RMB (Compilado de Matta, 2002).	22
Figura 19 – Falésia esculpida no Grupo Barreiras que bordeja a Praia dos Artistas (Foto do autor).	24
Figura 20 – Litofácies do Grupo Barreiras na Praia dos Artistas, mostrando a Litofácies Conglomerática (A), Litofácies Arenosa (B), Litofácies Argilo-arenosa (C) e mangue petrificado (D). Junho/2004 (Foto do autor).	25
Figura 21 – Distribuição dos solos na RMB (Compilado de Matta, 2002).	27
Figura 22 – Média histórica dos índices pluviométricos registrados na Região Metropolitana de Belém, durante os períodos chuvoso (Novembro a Maio) e seco (Junho a Outubro) (INMET, 2004).	28
Figura 23 – Velocidade predominante dos ventos nos anos de coleta (INMET/2°DISME, 2004).	30
Figura 24 – Classificação das principais zonas do perfil praiial sob o ponto de vista hidrodinâmico (Extraído de Alves, 2002).	34

Figura 25 – Classificação das principais zonas do perfil praiial sob o ponto de vista morfológico (Extraído de Alves, 2002).	35
Figura 26 – Seqüência típica de configurações de um perfil de praia com detalhes da concavidade da praia. Em vermelho são as mudanças por erosão, e em azul as mudanças por acresção (Modificado de Sonu e Van Beek, 1971).	36
Figura 27 – Gráfico relacionando o parâmetro A da equação $h=Ax 0.67$ com o diâmetro de grão (d) versus velocidade de queda (Ws)(Dean, 1987).	38
Figura 28 – Modificado do Modelo de Wrigth e Short (1984).	41
Figura 29 – Modificado do Modelo de Masselink e Short (1993).	43
Figura 30–Perfis praiiais médios dos períodos seco (em azul) e chuvoso (em vermelho) para a Praia do Amor.	44
Figura 31–Berma praiial (A) e linha de maré alta (B) no limite zona de supramaré/intermaré superior, e um sistema de calha (C) e crista (D) na zona de intermaré média. Perfil A da Praia do Amor. Junho/2004 (Foto do Autor).	45
Figura 32– Envelope dos perfis no período Outubro/2003 a Outubro/2004 no Perfil A da Praia do Amor.	46
Figura 33–Zona de intermaré superior (A), zona de intermaré média (B) e sistema de crista (C) e calha (D) no Perfil A da Praia do Amor. Junho/2004 (Foto do Autor).	47
Figura 34 – Prisma praiial do Perfil A da Praia do Amor.	49
Figura 35 – Perfis máximo, médio e mínimo do Perfil A da Praia do Amor.	50
Figura 36–Sistema de crista e calha (A) no Perfil B da Praia do Amor. Notar a formação, na zona de intermaré, de marcas onduladas indicando fluxo de correntes (B), Junho/2004 (Foto do Autor).	51
Figura 37 – Envelope dos perfis no período Outubro/2003 a Outubro/2004 no Perfil B da Praia do Amor.	52
Figura 38 – Prisma praiial do Perfil B da Praia do Amor.	54
Figura 39 – Perfis máximo, médio e mínimo do Perfil B da Praia do Amor.	55
Figura 40–Sistema de crista e calha (A) juntando-se a um igarapé (B) no Perfil C (triângulo branco) na Praia do Amor. Notar que o fluxo da corrente (C) leva à formação de marcas onduladas (D), Junho/2004 (Foto do Autor).	56
Figura 41 – Envelope dos perfis no período Outubro/2003 a Outubro/2004 no Perfil C da Praia do Amor.	57
Figura 42–Prisma praiial do Perfil C da Praia do Amor.	59
Figura 43–Perfis máximo, médio e mínimo do Perfil B da Praia do Amor.	60
Figura 44–Perfis praiiais médios dos períodos seco (em azul) e chuvoso (em vermelho) para a Praia dos Artistas. Observar no perfil a falésia do Grupo Barreiras (em amarelo).	61
Figura 45–Falésia esculpida nos sedimentos do Grupo Barreiras bordeja a praia dos Artistas (A), sedimentos cascalhosos na linha de maré alta na zona de intermaré superior (B) e zona de intermaré média/inferior onde aflora o lençol freático. Praia dos Artistas. Junho/2004 (Foto do Autor).	61
Figura 46 – Envelope dos perfis no período Outubro/2003 a Outubro/2004 no Perfil D da Praia do Amor.	62
Figura 47–Falésia ativa às proximidades do Perfil D. Notar os blocos e fragmentos produzidos pela erosão das falésias na Praia dos Artistas. Junho/2004 (Foto do autor).	63
Figura 48–Prisma praiial do Perfil C da Praia do Amor.	65
Figura 49–Prisma praiial do Perfil C da Praia do Amor.	66

Figura 50 – Sistema de crista (A) e calha (B) localizado na zona de intermaré média da Praia do Amor. Observar estratificação plano-paralela (C) e marcas onduladas (D) que ocorrem no banco arenoso, Junho/2004 (Foto do Autor).	70
Figura 51 – Praia do Amor: Falésias esculpidas nos sedimentos areno-argilosos do Grupo Barreiras (A), que acumulam águas das chuvas por infiltração. Na praia, o lençol freático aflora (B), na zona de intermaré superior/média, onde há a formação de marcas de escoamento (“ <i>rill marks</i> ”) (C), Fevereiro/2004 (Foto do Autor).	71
Figura 52–Marcas onduladas localizadas na zona de intermaré média da praia do Amor, Junho/2004 (Foto do Autor).	72
Figura 53–Marcas onduladas de fluxo bidirecional localizada na zona de intermaré média da praia do Amor, Junho/2004 (Foto do Autor).	73
Figura 54–Valores da Média (Mz) na Praia do Amor no Perfil A.	77
Figura 55–Valores da Média (Mz) na Praia do Amor no Perfil B.	77
Figura 56–Valores da Média (Mz) na Praia do Amor do Perfil C.	78
Figura 57–Valores do selecionamento na Praia do Amor do Perfil A.	79
Figura 58–Valores do selecionamento na Praia do Amor do Perfil B.	79
Figura 59–Valores do selecionamento na Praia do Amor do Perfil C.	80
Figura 60–Valores da Assimetria na Praia do Amor no Perfil A.	81
Figura 61–Valores da Assimetria na Praia do Amor no Perfil B.	81
Figura 62–Valores da Assimetria na Praia do Amor no Perfil C.	82
Figura 63–Valores da Curtose na Praia do Amor no Perfil A.	83
Figura 64–Valores da Curtose na Praia do Amor do Perfil B.	83
Figura 65–Valores da Curtose na Praia do Amor no Perfil C.	84
Figura 66–Valores da Média (Mz) na Praia dos Artistas.	85
Figura 67–Valores do selecionamento na Praia dos Artistas.	86
Figura 68–Valores da Assimetria na Praia dos Artistas.	87
Figura 69–Valores da Curtose na Praia dos Artistas.	88
Figura 70–Assembléia dos Minerais Pesados presentes nos sedimentos arenosos das Falésias e das Praias do Amor e dos Artistas em seus sub-ambientes. LMA = Linha de Maré Alta, INT = Zona de Intermaré, LMB = Linha de Maré Baixa.	89
Figura 71–Minerais Pesados identificados nos sedimentos arenosos da Falésia localizada na margem direita da Praia do Amor (Foto de Anderson Conceição Mendes).	91
Figura 72–Minerais Pesados identificados nos sedimentos arenosos da Praia do Amor (Foto de Anderson Conceição Mendes).	92
Figura 73–Minerais Pesados identificados nos sedimentos arenosos da Praia dos Artistas (Foto de Anderson Conceição Mendes).	93
Figura 74–Nova orla da Praia do Amor inaugurada em 12 de Janeiro de 2006 (Imagens publicadas no Jornal O Liberal de 13 de Janeiro de 2006).	104

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estimativas de previsões harmônicas de maré para a Ilha de Caratateua, de acordo com as médias das previsões harmônicas de maré para a Ilha de Mosqueiro e Porto de Belém.	18
Tabela 2 – Coluna estratigráfica da área de estudo.	23
Tabela 3 – Direção e Velocidade média (m/s) dos ventos na Região Metropolitana de Belém, com destaque para os meses de coleta (em azul).	29
Tabela 4–Parâmetro velocidade de decantação dos sedimentos $\omega_s$ para a praia do Amor.	67
Tabela 5–Parâmetro velocidade de decantação dos sedimentos $\omega_s$ para a praia dos Artistas.	67
Tabela 6–Índices morfodinâmicos de Wright & Short (1984) para a praia do Amor.	68
Tabela 7–Índices morfodinâmicos de Wright & Short (1984) para a praia dos Artistas.	68
Tabela 8–Índices morfodinâmicos de Masselink & Short (1993) para a Praia do Amor.	69
Tabela 9–Índices morfodinâmicos de Masselink & Short (1993) para a Praia dos Artistas.	69
Tabela 10–Classificação de uma amostra baseada no tamanho médio do grão	74
Tabela 11–Grau de selecionamento de uma amostra à partir do desvio padrão.	74
Tabela 12–Grau de assimetria de uma amostra.	75
Tabela 13–Limite para classificação da curtose de uma amostra (Folk e Ward, 1957).	75

## RESUMO

As praias são ambientes muito dinâmicos e sensíveis, pois são formadas por material inconsolidado (areia e cascalho), que sofrem influência permanente de processos meteorológicos, hidrológicos, oceanográficos e antrôpicos, sendo estes responsáveis pelas transformações morfo-sedimentares.

Os estudos sobre a variabilidade morfo-sedimentar dos ambientes praias permitem, dentre outros aspectos, a identificação dos locais e dos períodos de maior/menor erosão e deposição existentes no ambiente praias, que servem também como proteção costeira para os ecossistemas adjacentes, atividades urbanas e como hábitat para várias espécies de animais e vegetais.

As praias arenosas estuarinas do Amor e dos Artistas são localizadas na ilha de Caratateua, a cerca de 30km de Belém, que está inserida na região estuarina do golfo Amazônico, sob a influência do clima Equatorial Amazônico, com pluviosidade anual bastante elevada – 2.700 a 3.000 mm – e com dois períodos bem definidos: um menos chuvoso (Junho a Novembro) e um mais chuvoso (Dezembro a Maio), com os meses de Junho e Novembro considerados como de transição. A maré é do tipo meso e macro, cuja variação no período de sizígia está entre 3,65 e 4,7 m.

As praias estuarinas do Amor e dos Artistas constituem-se de sedimentos arenosos holocênicos, assentados sobre o Grupo Barreiras e Pós-Barreiras como unidade geomorfológica de áreas de acumulação.

Para o monitoramento da morfologia e da sedimentologia, foram realizados perfis transversais à linha de costa das praias do Amor e dos Artistas em quatro etapas de campo de acordo com a sazonalidade local – Outubro de 2003/2004 (seco), Fevereiro de 2004 (chuvoso) e Junho de 2004 (de transição) – num intervalo de 12 meses, onde, na Praia do Amor, foram feitos três perfis em cada etapa e na Praia dos Artistas um perfil por etapa, totalizando 148 amostras de areia (37 por etapa – 10 por perfil na Praia do Amor e 7 por perfil na Praia dos Artistas).

Os resultados demonstram uma relativa variabilidade morfo-sedimentar praias, onde na praia do Amor o ambiente praias apresentou classificação de terraço de maré baixa com pequenas dunas e extensa zona de intermaré (210m), além da ocorrência de calhas, sangradouros e baixa declividade ( $\beta=0,95^\circ$ ). Já na praia dos Artistas, verificou-se características de ambiente praias reflectivo com falésias (~8m), estreita zona de intermaré (60m) e alta declividade ( $\beta=5,5^\circ$ ).

A praia do Amor foi classificada como Terraço de Maré Baixa no período seco (Outubro/2003-2004) e Correntes de Retorno e Barras Transversais no período chuvoso (Fevereiro/2004) e de transição (Junho/2004). A praia dos Artistas é classificada como praia intermediária, com dois estágios morfológicos: Terraço de maré baixa, durante o período seco (Outubro/2003-2004), enquanto que no período chuvoso (Fevereiro/2004), o estágio morfológico intermediário foi de Banco e Calha Longitudinal, que possui como característica marcante a presença de zona de intermaré superior íngreme e presença de bancos e calhas, que estão localizados na zona de intermaré inferior/inframaré.

## ABSTRACT

The beaches are dynamic and very sensitive, therefore they are formed by sand and gravel that, influenced by meteorologic, hydrologic, oceanographic and anthropic processes, being these responsible ones for the morpho-sedimentary transformations.

The studies on the morpho-sedimentary variability of the beaches allows the identification of the places and the periods of greater/minor erosion and deposition in the beaches, that also serve as coastal protection for adjacent ecosystems, urban activities and as habitat for several species of the biodiversity.

The estuarine sandy beaches of the Amor and the Artistas are located in the Caratateua island, situated about 30km of Belém, capital of the of Pará state.

The Caratateua island is included in the estuarine region of the Marajoara Gulf, under the influence of the Amazonian Equatorial climate (annual rainfall of 2,700 3,000 mm), and with dry (June to November) and wet (December to May) periods, and transitional period (June and November). The tidal amplitude rise to 3,65m - 4,7 m during the neap tides.

The study area is developed on the sediments of the Grupo Barreiras and Pós-Barreiras.

The monitoring of the morphology and the sedimentology of the transversal profiles of the Amor and the Artistas beaches have been carried during four field stages during 12 months, due to the regional sazonality (2003/2004 – dry, 2004 – rainy. June and, October February of 2004 - transistion). In the Beach of the Amor, three profiles in each stage were executed and one profile in the the Artistas Beach for stage, totalizing 148 sand samples (37 for stage - 10 for profile in the Beach of Amor and 7 for profile in the Beach of the Artistas).

The results shows that the beach of the Amor presented an classification of terrace of low tide with small dunes and extensive zone of intermaré (210m), beyond the occurrence of gutters and low declivity ( $\beta=0,95^\circ$ ). Nevertheless, in the beach of the Artistas, is characterized by an reflective beach environment with ~8m high cliffs, an narrow intertidal zone (60m) and high declivity ( $\beta=5,5^\circ$ ).

The Amor beach is classified as an Terrace of Low Tide during the dry period (October/2003-2004) and Transversal Chains of Return and Bars during the rainy period (February/2004) and transition (Juny/2004). The Artistas beach is classified as intermediate beach, with two morphologic periods of training: Terrace of low tide, during the dry period (October/2003-2004), while that in the rainy period (February/2004), the intermediate

morphologic period of training was of Bank and Longitudinal Gutter, with an presence of zone of intermaré above and banks and gutters, that are located in the zone of intermaré below/inframaré.

# 1-INTRODUÇÃO

## 1.1-APRESENTAÇÃO

As praias são ambientes muito dinâmicos e sensíveis, que expressam múltiplas funções, entre elas, proteção costeira para os ecossistemas adjacentes e as atividades urbanas, recreação, turismo e habitat para várias espécies animais e vegetais (Souza *et al*, 2005).

Na zona costeira do estado do Pará, ocorrem inúmeras praias arenosas oceânicas e estuarinas que, estando sujeitas a um dinamismo natural intenso, apresentam alterações em suas morfologias (Souza Filho, 2000; Alves, 2001; Silva, 2001; El-Robrini, 2001 e França, 2003).

A variabilidade morfológica e sedimentar de praias arenosas é controlada pela fisiografia da zona costeira e pelas características sazonais locais - intensidade das chuvas, das inundações e da energia das correntes de maré, ventos e ondas (Alves, 2001). Segundo Suguio (1992), as praias estão sujeitas à atuação da dinâmica costeira e ação antrópica, o que pode levar a algumas variações em suas morfologias, onde os estudos sobre a variabilidade morfo-sedimentar de praias permite o acompanhamento de sua dinâmica (ciclos de erosão e sedimentação), o que leva, por exemplo, a elucidação de causas ou de fatores determinantes que influenciam os processos costeiros na modificação do equilíbrio praias.

Weschenfelder e Zouain (2002) consideram que o estado morfológico praias depende de uma série de fatores interdependentes que condicionam o “equilíbrio morfológico-dinâmico” do sistema. Dentre esses fatores, o clima de ondas é o responsável pelas variações temporais da zona de arrebentação e pela variação espacial, ao interagir com a topografia e o tipo de sedimento (Tozzi e Calliari, 2000), pois, a interação entre a energia proveniente desses agentes, através de processos erosivos ou de acreção, modificam as características morfológicas de um sistema praias (Calliari e Klein, 1993).

Os estudos sobre a morfodinâmica costeira no estado do Pará foram iniciados a partir da segunda metade da década de 1990, pelo Grupo de Estudos Marinhos e Costeiros (GEMC-UFPA/CNPq), assim, realizaram-se vários trabalhos com este enfoque, como exemplos: Souza Filho (2000), Alves (2001) e Silva (2001), que conduziram estudos sobre a dinâmica morfo-sedimentar das praias arenosas da região de Bragança, baseando-se nas mudanças da morfologia dos perfis praias e nos parâmetros estatísticos dos sedimentos arenosos.

Em relação às praias estuarinas, Nordstrom & Roman (1996) as consideram como depósitos de sedimentos inconsolidados (areia, cascalho ou conchas) livremente retrabalhados por ondas e correntes associadas, comumente encontradas ao longo de linhas de costa onde a energia das ondas é adequada para erodir o material inconsolidado das formações costeiras. Dominando, também, em linhas de costa estuarina próximas a “*inlets*” oceânicos, onde os sedimentos são depositados e redistribuídos no estuário por ondas e correntes da maré enchente.

No setor continental estuarino do NE do Pará, El-Robrini (2001) realizou estudos sobre a variabilidade morfo-sedimentar das praias estuarinas da Ilha de Mosqueiro, e evidenciou que a mudança da morfologia da linha de costa ocorre sazonalmente, sendo influenciada pela interação de dois fatores: a variação das condições meteorológicas e climáticas e dos processos oceanográficos e hidrológicos. Essas mudanças ocorrem tanto vertical, como horizontalmente, ocasionando mudanças de curto período na linha de costa. França (2003) também estudou o comportamento morfológico de praias estuarinas na margem leste da Ilha do Marajó, onde identificou as mudanças de curto e médio período na morfologia costeira de Soure e Salvaterra.

Até o presente momento nenhum estudo acerca da dinâmica morfo-sedimentar das praias estuarinas da Ilha de Caratateua foi realizado, desta forma, esta dissertação vem contribuir à produção científica do CPGG.

O principal objetivo desta Dissertação é analisar a variabilidade morfo-sedimentar das praias estuarinas do Amor e dos Artistas.

O conteúdo desta Dissertação é dividido em 10 capítulos: (1) Introdução, subdividida em Apresentação, problemática do Tema, e Localização da área a nível regional e local; (2) objetivos, subdivididos em: Objetivos Geral e Específicos; (3) metodologia empregada; (4) caracterização geral da área, com destaque para informações de caráter geológico-geomorfológico, solos e vegetação, climatológicos, meteorológicos, hidrológicos e oceanográficos; (5) principais conceitos sobre o Ambiente Praial e os processos morfodinâmicos; (6) resultados obtidos sobre a variabilidade morfológica das praias estuarinas, com as mudanças de curto período, representadas pelas variações morfológicas nos perfis das Praias do Amor e dos Artistas, ao longo dos anos de 2003-2004; (7) variabilidade sedimentar ao longo dos perfis topográficos. Os resultados são associados à variabilidade morfológica dos perfis das praias, ao suprimento sedimentar, às flutuações sazonais entre os períodos chuvoso e seco e à assembléia de minerais pesados contidos nos sedimentos praias; (8) discussões acerca dos resultados;

(9) conclusões e (10) recomendações especiais.

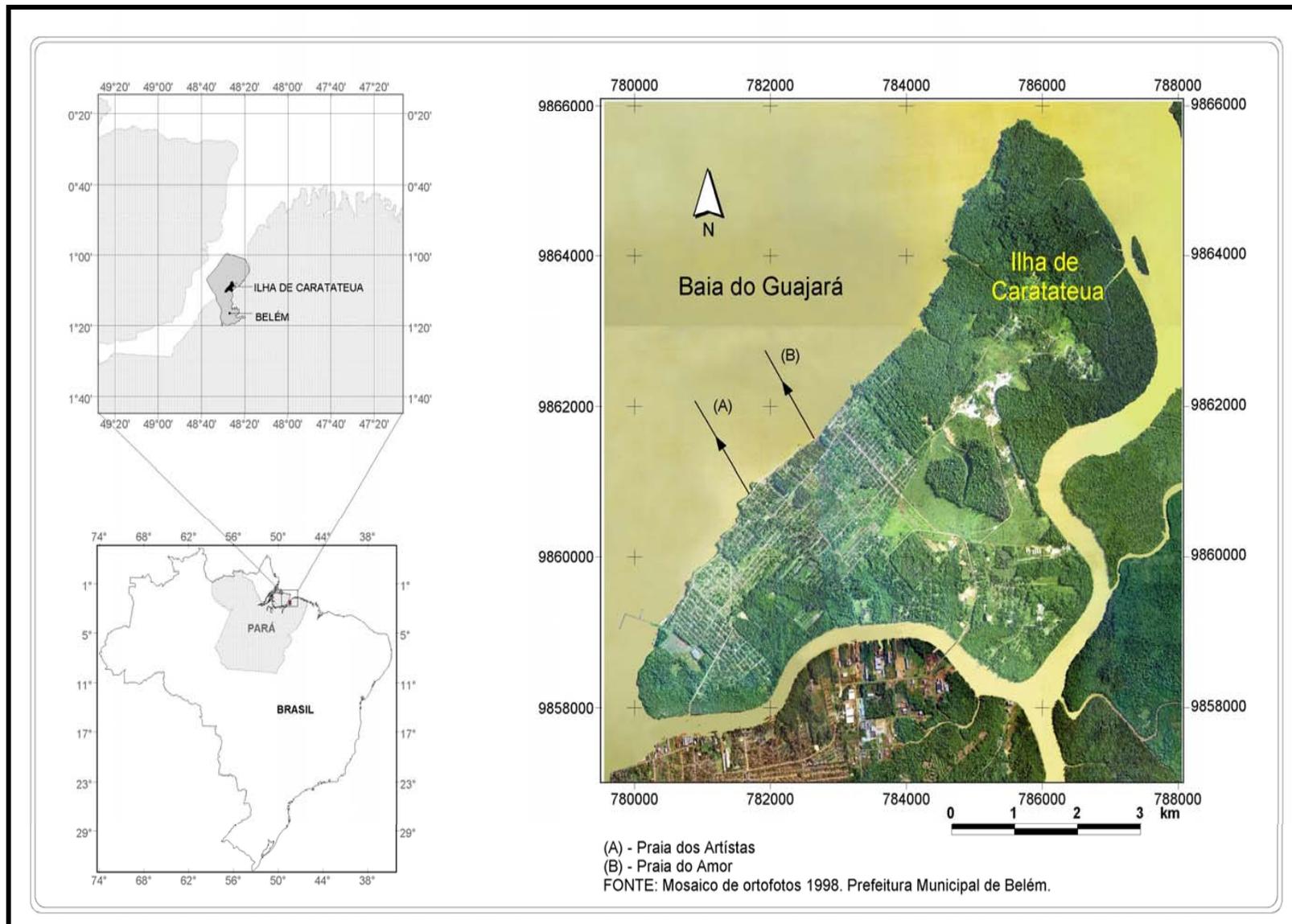
## 1.2-LOCALIZAÇÃO

A Ilha de Caratateua está localizada na margem direita da Baía do Guajará, separada do continente pelo Furo Maguari (Pinheiro, 1987), no Golfão Amazônico, entre as coordenadas de 1°10'S e 1°30'S, 45°35'W e 48°25'W (Figura 1), na Região Metropolitana de Belém (RMB), incluída no Distrito Administrativo do Outeiro – DAOUT – (Figura 2), ocupando cerca de 6% da área litorânea do Estado do Pará, a uma altitude média de 15 metros em relação ao nível do mar (CODEM, 1998).

Na ilha de Caratateua, foram estudadas duas praias:

- (1) Praia dos Artistas (Figura 3), com cerca de 300m de extensão, 60m de zona de intermaré e presença de Falésias e;

- (2) Praia do Amor (Figura 4), com aproximadamente 1km de extensão por cerca de 220m de zona de intermaré e ocorrência de berma praial e sistemas de crista e calha.



**Figura 1 – Localização da Ilha de Caratateua. As setas indicam as Praias dos Artistas (A) e do Amor (B). Ortofoto da CODEM/PA (Modificado de CODEM, 1998).**

## Localização dos Distritos Administrativos do Município de Belém

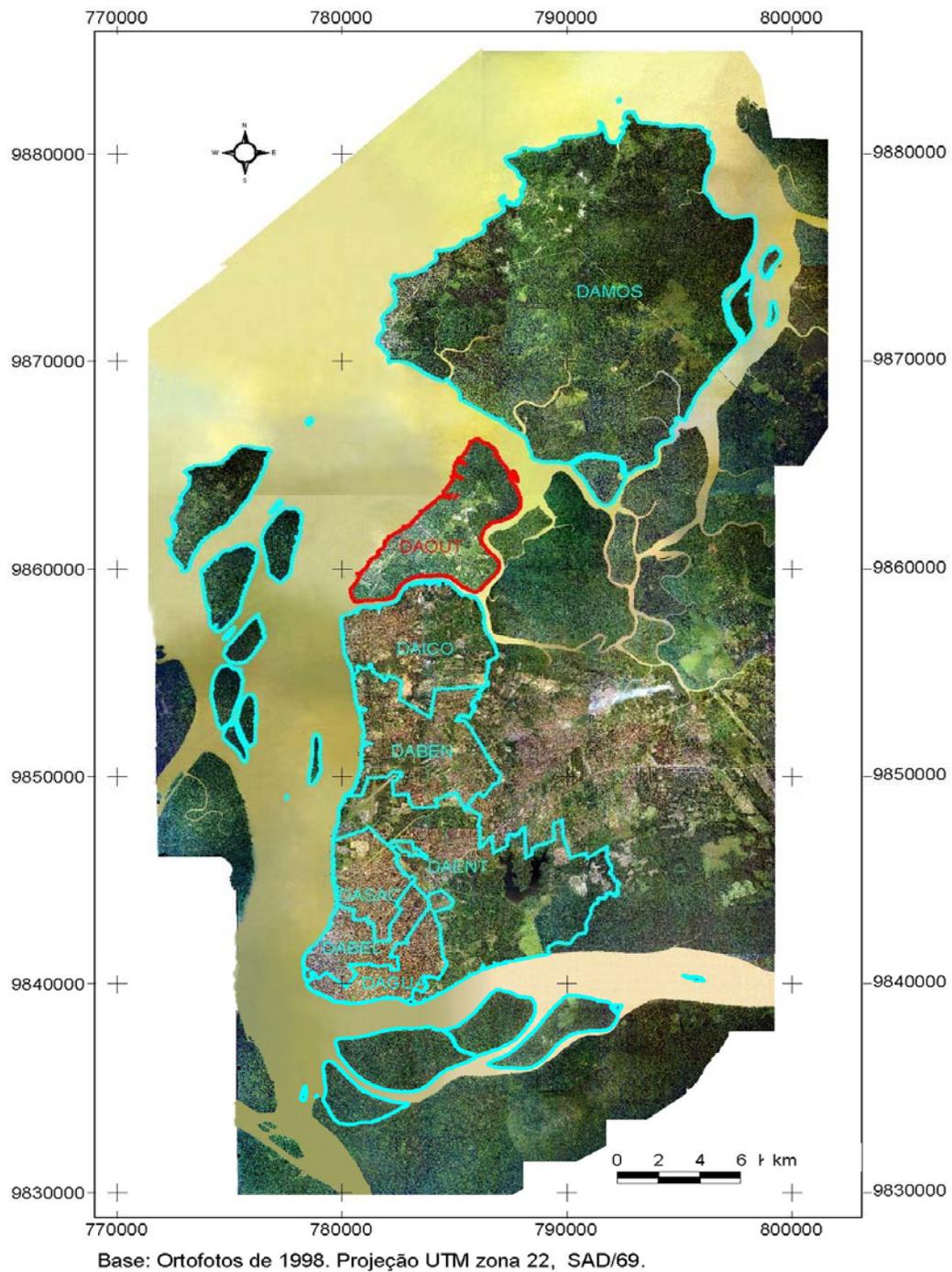


Figura 2 – Localização dos Distritos Administrativos de Belém, com ênfase no Distrito Administrativo de Outeiro (DAOUT em vermelho). Modificado de CODEM (1998).



**Figura 3 – Praia dos Artistas. Zona de Intermaré durante a maré baixa em Junho/2004 (Foto do autor).**



**Figura 4 – Praia do Amor. Zona de Intermaré durante a maré baixa em Fevereiro/2004 (Foto do autor).**

## **2–OBJETIVOS**

### **2.1–OBJETIVO GERAL**

Caracterizar a variabilidade morfo-sedimentar das praias do Amor e dos Artistas na ilha de Caratateua (Outeiro).

### **2.2–OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar a morfologia das praias do Amor e dos Artistas;
- Avaliar a distribuição e a variação dos sedimentos das Praias do Amor e dos Artistas, considerando os parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957) e parâmetros de decantação de sedimentos de Dean (1977);
- Aplicar os modelos morfodinâmicos de Wrigth & Short (1984) e Masselink & Short (1993), de praias arenosas oceânicas para as praias arenosas estuarinas do Amor e dos Artistas;
- Identificar os fatores condicionantes da dinâmica costeira e da variabilidade sedimentar;
- Identificar as possíveis contribuições dos sedimentos contidos nas falésias para as praias do Amor e dos Artistas.

### 3–METODOLOGIA

#### 3.1–LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre os aspectos fisiográficos, geológicos, oceanográficos e outros, da área em questão, bem como referente aos procedimentos de campo e laboratório, além de material cartográfico (imagens de satélite de sensores ópticos e de radar, fotografias aéreas, mapas planialtimétricos).

#### 3.2–LEVANTAMENTO DOS PERFIS TOPOGRÁFICOS

O levantamento do perfil praial foi elaborado através do método topográfico de "*Stadia*", aperfeiçoado para praias por Birkemeier (1981), onde foi utilizado um nível automático Nikon AX 1S, que é composto de uma mira telescópica, um tripé e uma régua graduada escalonável de 5m (Figura 5).



**Figura 5 – Método de levantamento topográfico da “*Stadia*” (Birkemeier, 1981). Este método utiliza um nível automático (A) e uma régua graduada escalonável (B). Praia dos Artistas em Junho/2004 (Foto do autor).**

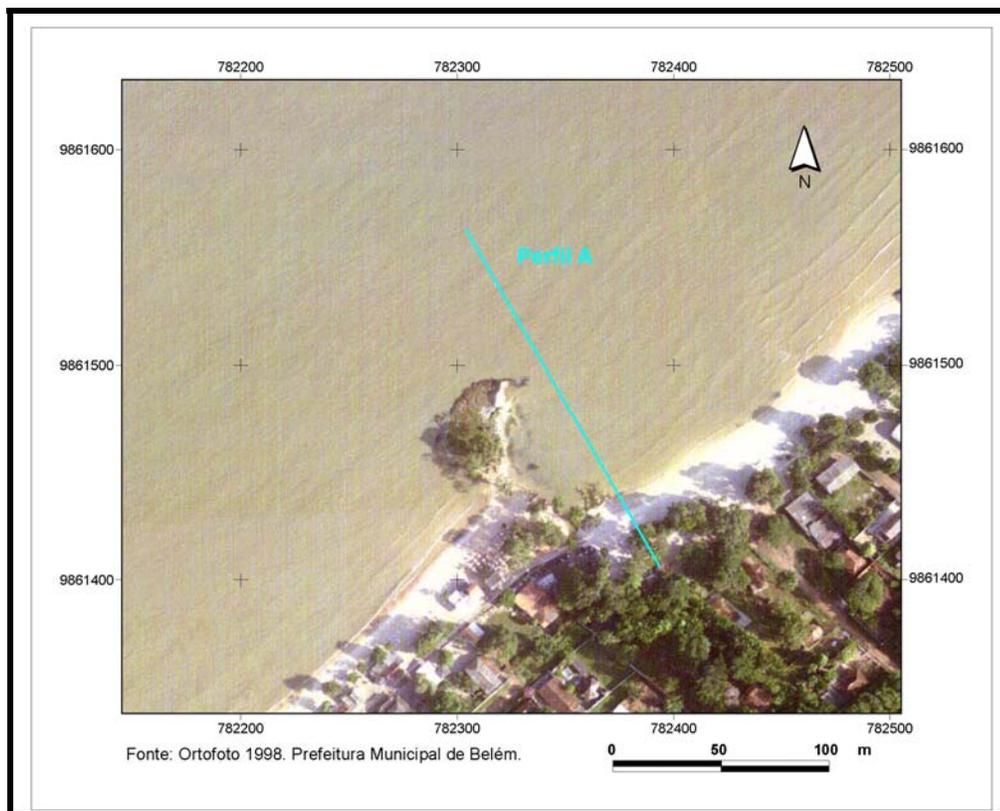
Foram realizadas 4 campanhas de levantamento topográfico, em condições de maré baixa de sizígia de lua nova, distribuídas em intervalos trimestrais, nos meses de Outubro/2003, Fevereiro/2004, Junho/2004 e Outubro/2004, em 4 pontos da Ilha de Caratateua: 3 pontos (Perfis A, B e C) na Praia do Amor e 1 ponto (Perfil D) na Praia dos Artistas, totalizando 16 perfis topográficos. Na Praia dos Artistas foi escolhido apenas um ponto para a perfilagem topográfica, pois, esta é completamente bordejada por falésias, e apenas este local escolhido, apresentou condições para o levantamento topográfico, já que as falésias desta praia são altas e íngremes, o que dificultou bastante os trabalhos, sendo que o levantamento topográfico da falésia também consta no perfil.

As etapas de campo foram iniciadas durante o término do período seco (Outubro/2003) e finalizaram novamente ao término do período seco (Outubro/2004). Os pontos iniciais dos perfis foram georreferenciados, mediante o uso de um GPS.

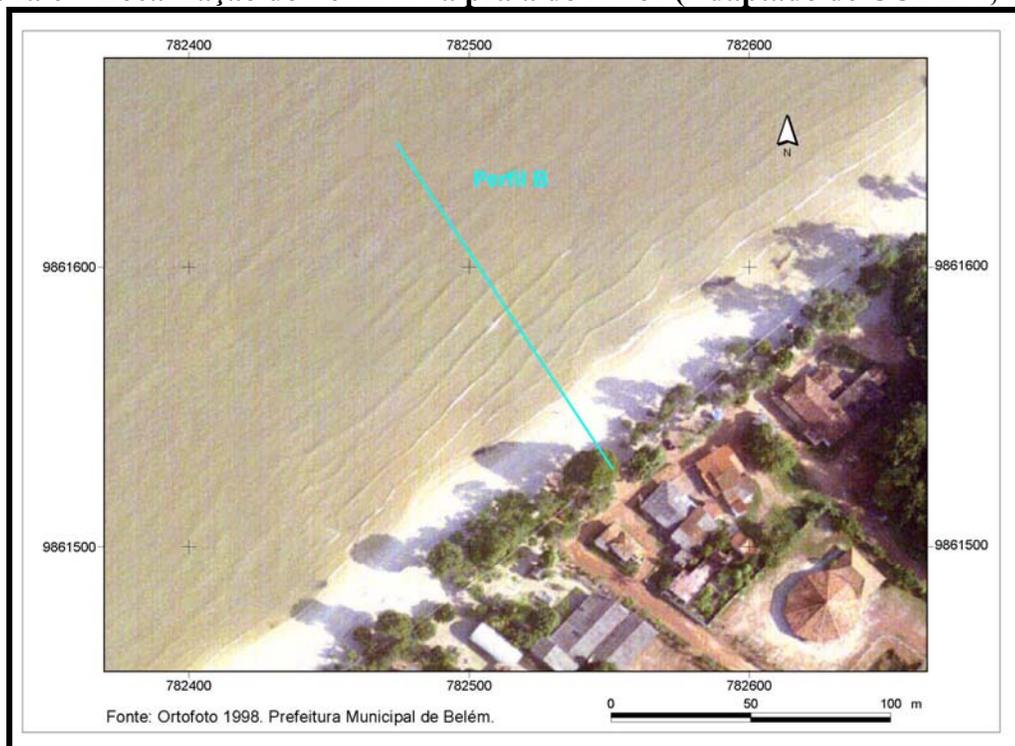
Nos locais previstos para o levantamento dos perfis, foi determinada a orientação dos mesmos por uma Bússola de "*Brunton*", sempre em uma direção transversal à linha de costa.

Para a uniformização das cotas levantadas dos diferentes perfis, tomou-se como nível de referência, a linha de maré alta de sizígia, para a qual, as leituras foram niveladas. Neste trabalho, utilizou-se a definição proposta por Masselink e Short (1993) para a descrição das zonas do perfil praiial.

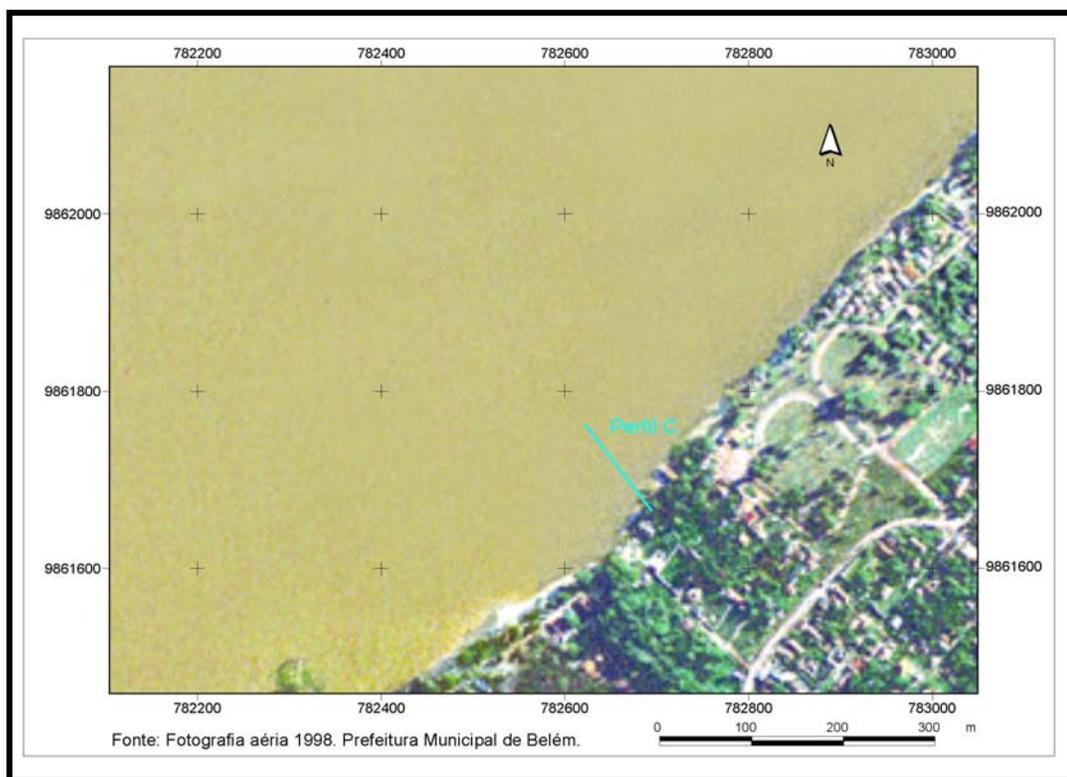
Na praia do Amor foram realizados três perfis denominados A, B e C (Figuras 6, 7 e 8), equidistantes 200m entre si e com uma zona de intermaré de 200m. Na praia dos Artistas, realizou-se um perfil denominado D (Figura 9), com cerca de 60m de zona de intermaré.



**Figura 6 – Localização do Perfil A na praia do Amor (Adaptado de CODEM, 1998).**



**Figura 7 – Localização do Perfil B na praia do Amor (Adaptado de CODEM, 1998).**



**Figura 8 – Localização do Perfil C na praia do Amor (Adaptado de CODEM, 1998).**



**Figura 9 – Localização do Perfil D na praia do Amor (Adaptado de CODEM, 1998).**

### 3.3–AMOSTRAGEM DOS SEDIMENTOS DAS PRAIAS

Foram realizadas coletas sistemáticas de sedimentos na zona de intermaré das praias, e na base exposta das falésias que as bordejam, simultaneamente à realização dos perfis, a uma distância de 20m entre uma coleta e outra, acompanhando o sentido dos perfis da Praia do Amor, e a uma distância de 6m entre uma coleta e outra acompanhando o sentido do perfil da Praia dos Artistas, à partir do campo de dunas nos perfis da Praia do Amor, e à partir da base das falésias no perfil da Praia dos Artistas, utilizando-se uma tampa de tubo PVC, para coletar os sedimentos superficiais, referentes à deposição semi-diurna mais recente, totalizando de 10 (Praia dos Artistas) a 11 (Praia do Amor) pontos em cada perfil.

Após a coleta, as amostras dos sedimentos arenosos foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente etiquetados (Figura 10) e transportados ao Laboratório de Geologia e Recursos Minerais Marinhos, do Centro de Geociências da UFPA, para a realização dos procedimentos analíticos.

### 3.4–LABORATÓRIO: ANÁLISE DOS SEDIMENTOS ARENOSOS

No laboratório, as amostras de sedimentos foram lavadas com água destilada (Figura 11) e secadas em estufa a 80°C. Logo após, as amostras foram quarteadas e divididas em alíquotas de 100g (Figura 12), para depois serem peneiradas a seco (Figura 13) durante 10 minutos e, depois, manualmente durante 1 minuto, utilizando-se peneiras com malhas no intervalo de 2 a 0.062 mm.



**Figura 10 – Amostras de sedimentos arenosos ensacadas e etiquetadas (Foto do autor).**



**Figura 11 – Amostras de sedimentos arenosos lavadas em água destilada (Foto do autor).**



**Figura 12 – Balança utilizada para a pesagem dos sedimentos arenosos (Foto do autor).**



**Figura 13 – Peneirador e jogo de peneiras utilizados para a separação por vibração mecânica, das classes granulométricas dos sedimentos arenosos (Foto do autor).**

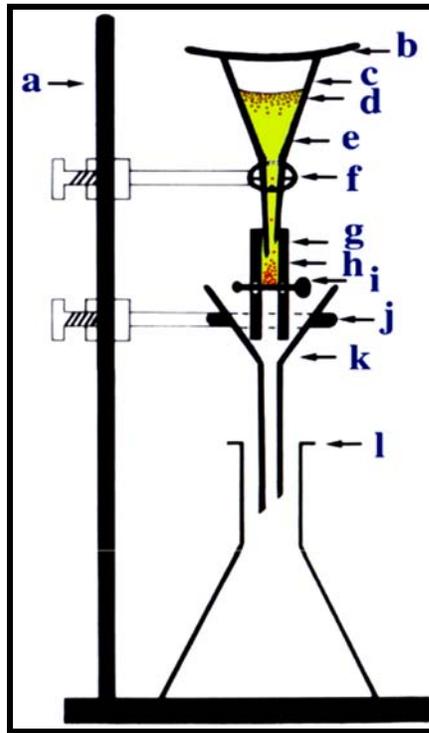
### 3.5–MINERAIS PESADOS

Foram realizadas 18 coletas de sedimentos arenosos para análise de minerais pesados, 6 amostras nas praias do Amor, 6 amostras na praia dos Artistas e 6 amostras na base exposta das falésias que as bordejam, com o objetivo de se verificar possíveis relações entre os sedimentos que compõem as praias com os sedimentos das falésias. Para isso, foi realizada análise da composição mineralógica dos minerais pesados, através da descrição da assembléia de minerais pesados presentes nos sedimentos arenosos da falésia e das praias do Amor e dos Artistas

Após o peneiramento das amostras, foi realizado o procedimento de separação densimétrica dos minerais para posterior identificação e contagem mineralógica (Figura 14). A metodologia aplicada no processamento das amostras foi a tradicionalmente usada nos estudos de minerais pesados, utilizando bromofórmio (CHBr<sub>3</sub>), cuja densidade específica é de 2.89 g/cm<sup>3</sup>, que propicia a decantação dos minerais densos deixando os leves em suspensão. As informações acerca da assembléia dos minerais pesados foram utilizadas para a identificação de possíveis contribuições dos sedimentos das falésias para os sedimentos arenosos das praias do Amor e dos Artistas.

Inicialmente, foram unidas as frações granulométricas retidas nas peneiras de malha com abertura 0,088 e 0,062 mm para comporem uma única fração denominada de fração fina (F= 0,062-0,125mm) porque, segundo Morton & Hallsworth (1994, 1999) *apud* Mendes (2005), é a fração mais apropriada para esse tipo de estudo por concentrar naturalmente os minerais pesados, e ser de fácil identificação ótica. O procedimento de separação densimétrica consistiu em montar um conjunto de equipamentos, onde a fração 0,062-0,125 mm foi colocada em funil de haste longa com extremidade inferior conectada a tubo de látex fechado por presilha (Figura 14). A fração arenosa foi então agitada até completa decantação dos minerais mais densos que o bromofórmio. O resíduo foi coletado em papel de filtro, lavado com álcool etílico, e seco ao ar.

Posteriormente, a fração fina dos minerais pesados foi utilizada para confecção de lâminas de emersão para determinação dos minerais sob o microscópio petrográfico. Inicialmente, o resíduo denso foi quarteado (para obter uma alíquota representativa) e fixado, com uma mistura de resina e endurecedor Araldite na razão 5/2 respectivamente (bálsamo do Canadá, cujo índice de refração é 1,540), pois esta proporção torna a montagem mais firme, não permitindo que os minerais se movimentem sobre a lâmina, e sobre este conjunto, colocou-se uma lamínula de vidro.



**Figura 14 – Separação de minerais pesados por densimetria. a) estrutura de apoio; b) vidro de relógio; c) funil de separação; d) minerais leves; e) líquido de separação (bromofórmio); f) suporte do funil; g) tubo de borracha; h) minerais pesados; i) presilha que não deixa (ou deixa) passar o líquido e a fração pesada; j) suporte do funil de filtração; k) funil de filtração; l) frasco de recepção (erlenmeyer) (Modificado de Mange e Maurer, 1992, *apud* Mendes, 2005).**

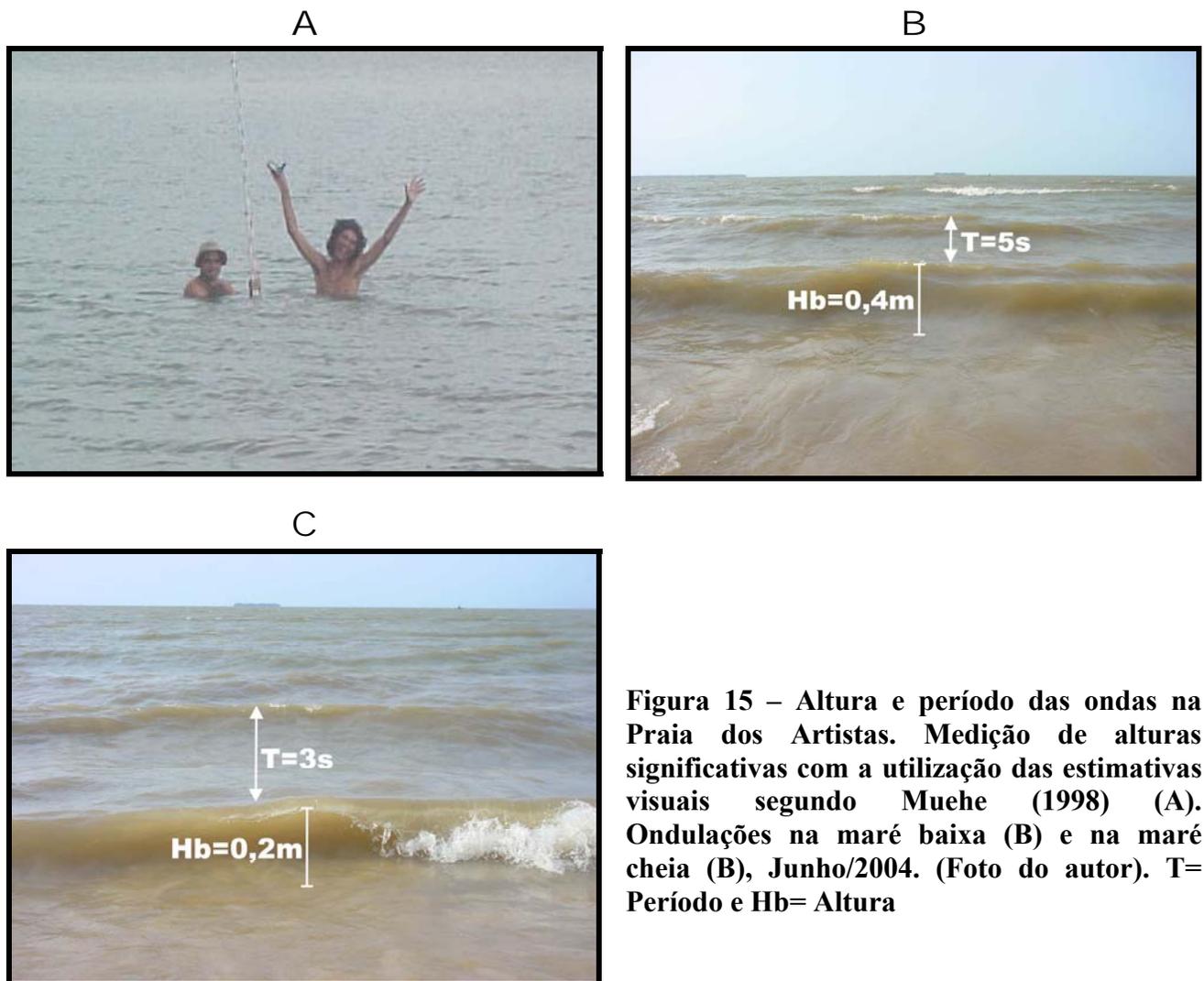
Após a confecção das lâminas, foram identificados os minerais pesados transparentes, não micáceos presentes, sendo em seguida feita a contagem mineralógica relativa, usando microscópio petrográfico. Esta contagem foi feita para estimar os percentuais dos diferentes minerais observados, sendo contado cerca de 100 grãos transparentes por amostra em diversos transectos, procurando-se abranger toda lâmina. Os minerais presentes que não caíram na contagem apresentam uma ocorrência inferior a 1% e foram considerados traços (Tr). Visando-se uma maior discriminação entre as amostras estudadas, foi utilizada a somatória das percentagens de zircão, turmalina e rutilo (ZTR). Além disso, também foram feitas contagens discriminando-se minerais opacos e transparentes e tipos de zircão.

### 3.6–MEDIÇÃO DE PARÂMETROS OCEANOGRÁFICOS

#### 3.6.1–Ondas

A altura significativa das ondas na zona de arrebentação ( $H_b/3$ ) foi medida segundo a metodologia descrita por Muehe (1998), observando-se diretamente suas alturas, calculadas pelas diferenças entre as passagens de uma crista e uma calha subseqüentes, para isso, utilizou-se uma mira falante (Figura 15-A), foi medido também o período das ondas, através da passagem de 11 cristas consecutivas correspondente a 1/10 do tempo total. O regime ou clima é definido pela distribuição das alturas, períodos e direções de propagações das ondas, durante um intervalo de tempo em uma dada localidade.

Não há diferenças significativas para o clima de ondas nas praias do Amor e dos Artistas, que apresentou durante a arrebentação da maré alta, alturas de até 0,5m. O período das ondas ( $T$ ) apresentou um intervalo de aproximadamente 8 segundos (Figura 15-B). Já durante a maré baixa, a superfície da água apresenta-se relativamente tranqüila, com pequenas ondulações que atingem no máximo 0,2m de altura com períodos de 3 segundos (Figura 15-C).



**Figura 15 – Altura e período das ondas na Praia dos Artistas. Medição de alturas significativas com a utilização das estimativas visuais segundo Muehe (1998) (A). Ondulações na maré baixa (B) e na maré cheia (B), Junho/2004. (Foto do autor). T= Período e Hb= Altura**

### 3.6.2–Marés e correntes associadas

Os dados sobre a amplitude das marés e seus horários de preamar e baixamar, para as praias da Ilha de Caratateua nas etapas de campo, foram obtidos à partir dos dados de previsões harmônicas de maré na seção Tábuas de Marés da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil, disponíveis no site <http://www.mar.mil.br/dhn/chm/tabuas/index.htm> (DHN, 2003, 2004) (Tabela 1). Estas informações demonstraram que as praias da Ilha de Caratateua sofrem uma variação média de marés de 2,75m durante a quadratura e 3,55m durante a sizígia, o que configura, então, um regime de mesomarés (Komar, 1976).

**Tabela 1 – Estimativas de previsões harmônicas de maré para a Ilha de Caratateua, de acordo com as médias das previsões harmônicas de maré para a Ilha de Mosqueiro e Porto de Belém.**

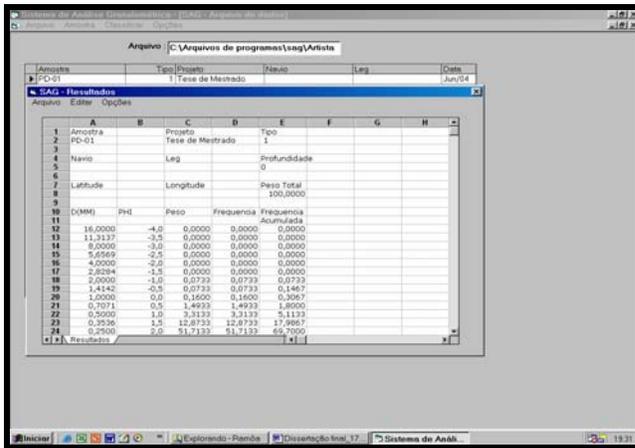
<b>Meses</b>	<b>Outubro/2003</b>	<b>Fevereiro/2004</b>	<b>Junho/2004</b>	<b>Outubro/2004</b>
<b>Amplitude das marés (m)</b>	3,55	3,35	2,75	3,25

**Fonte: Tábuas de Marés da DHN (DHN, 2003, 2004).**

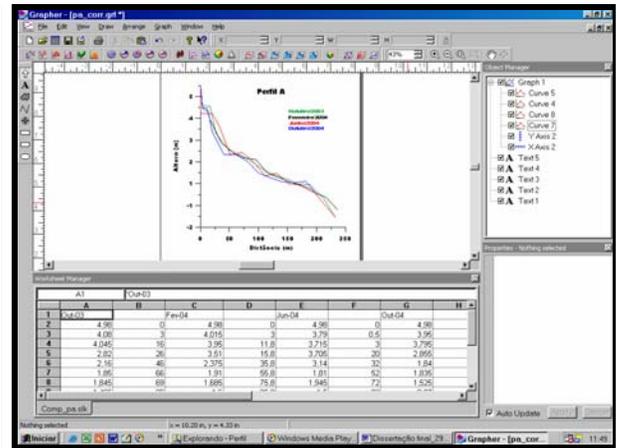
### 3.7-PROCESSAMENTO DIGITAL DE DADOS (PERFÍS PRAIAIS E AMOSTRAS ARENOSAS)

Utilizou-se o *software* "*Sistema de Análise Granulométrica*" (SAG-LAGEMAR/UFF) (Figura 16-A) para auxiliar na caracterização dos parâmetros estatísticos (média, selecionamento, assimetria e curtose) (Folk & Ward, 1957). Todos os dados relacionados aos sedimentos, foram extraídos dos resultados do processamento das informações das amostras após o peneiramento no Programa SAG. O *software* "*Grapher 5.0*" (Golden Software, 2005) (Figura 16-B) foi utilizado para a plotagem e visualização dos perfis topográficos consecutivos. O *software* "*Interactive Survey Reduction Program*" (ISRP) (Figura 16-C) (Birkemeier, 1985) foi utilizado para a verificação das alterações métricas verticais e horizontais na linha de praia e no volume sedimentar, entre os diferentes levantamentos em perfis consecutivos.

A



B



C

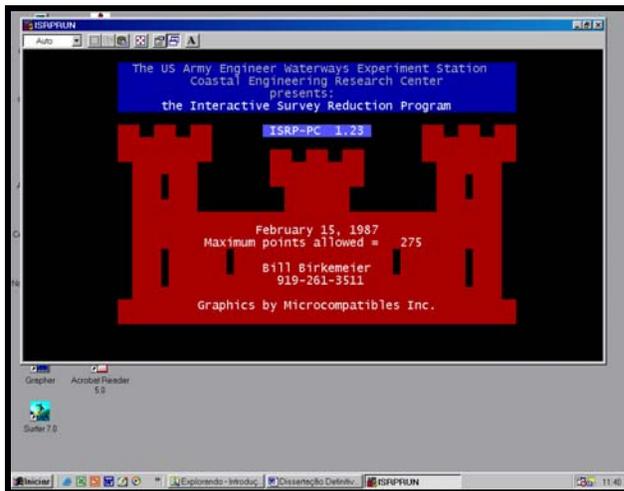


Figura 16 – Células ativas dos programas SAG (A), Grapher 5.0 (B) e ISRP (C).

## **4-CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA**

### **4.1-ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS**

Segundo SEICOM (1995), a Ilha de Caratateua é classificada como Área de Acumulação (Figura 17) com terraços constituídos por Pediplanos Pleistocênicos esculpidos sobre terrenos plio-pleistocênicos do Grupo Barreiras, muitas vezes laterizados. CODEM (1975) classifica a área dentro da unidade geomorfológica de Planícies Flúvio-Marinhas, onde situam-se manguezais, praias, rios e igarapés, com deposição de sedimentos modernos, além de zonas de várzea, em virtude dos constantes períodos alagados (CODEM, 1975).

### **4.2-ASPECTOS GEOLÓGICOS**

No nordeste do Estado do Pará, ocorrem unidades do Pré-Cambriano, Eo-Paleozóico e Cenozóico (Arai *et al.*, 1988; Rossetti, 1990; Costa *et al.*, 1991).

O Pré-Cambriano agrupa rochas do Complexo Maracaçumé, Formações Santa Luzia, Tromaí, Gurupi, Viseu e Igarapé de Areia e Granito Cantão, seguindo-se a Formação Piriá posicionada no Eo-Paleozóico.

O Cenozóico é representado pelas Formações do Pirabas (Oligo-Mioceno) e do Grupo Barreiras (Mio-Plioceno), que aflora na Ilha de Caratateua, formando as falésias vivas (Figura 18 e Tabela 2).

#### **4.2.1-Grupo Barreiras**

A denominação Grupo Barreiras (Bigarella, 1975) é atribuída a uma unidade litoestratigráfica de sedimentação em ambiente continental, composta de argilas variegadas e lentes arenosas localmente conglomeráticas, que se distribui desde o vale amazônico e através das costas norte, nordeste e leste do Brasil (Suguo, 1992).

Suguo *et al.* (1986), baseados em paleomagnetismo, atribuíram ao Grupo Barreira a idade compreendida entre o final do Terciário e início do Quaternário com a atuação intensa de constantes processos erosivos pré e pós-Barreiras.

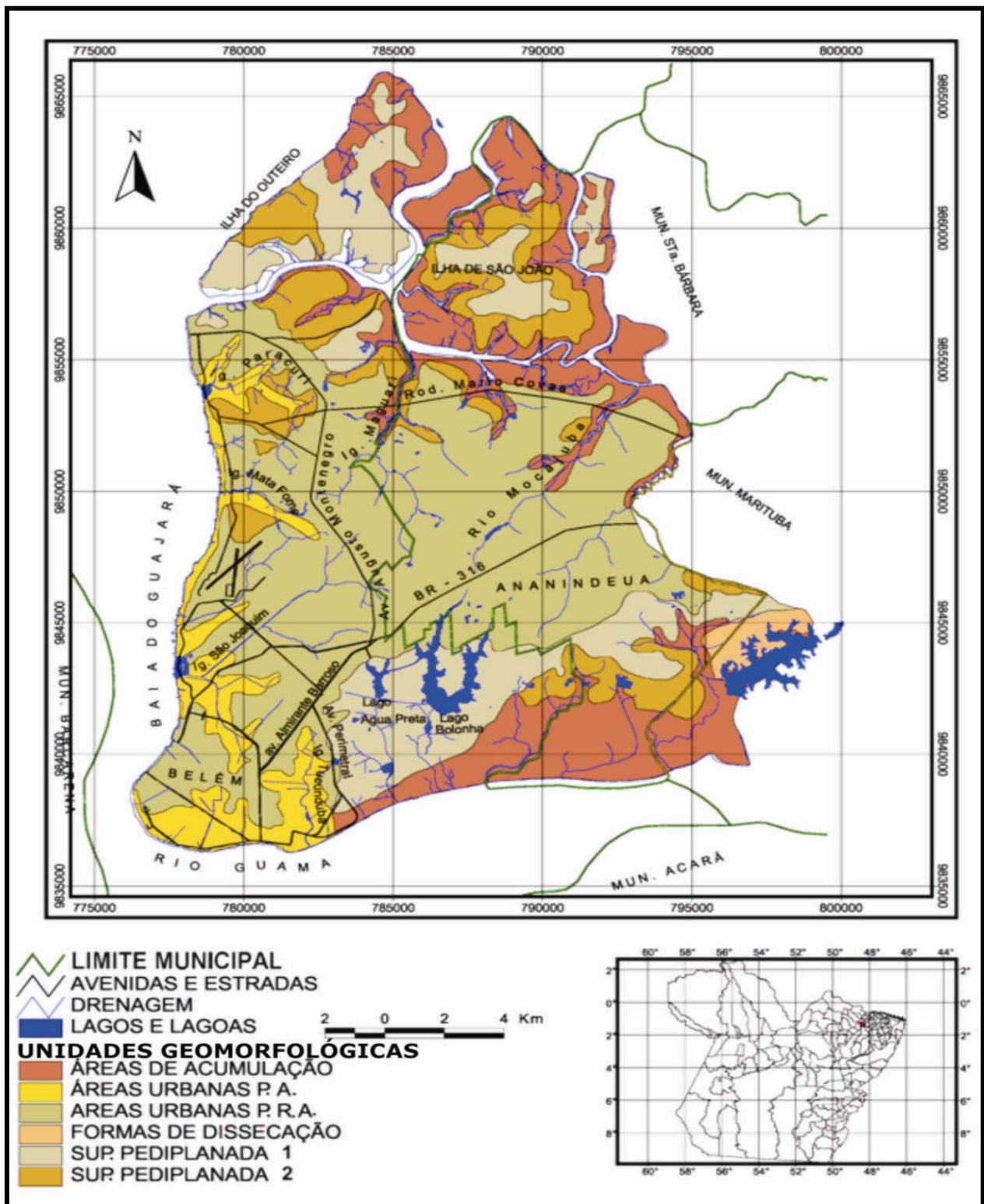


Figura 17 – Mapa de Unidades Geomorfológicas da RMB (Compilado de Matta, 2002).



Tabela 2 – Coluna estratigráfica da área de estudo.

<b>Era</b>	<b>Período</b>	<b>Época</b>	<b>Unidade Geológica</b>	<b>Descrição</b>
<b>Cenozóico</b>	<b>Quaternário</b>	<b>Holoceno</b>	<b>Sedimentos Recentes</b>	<b>Sedimentos inconsolidados constituídos por areias quartzosas, às vezes, contendo matéria orgânica, argilas, argilas orgânicas e siltes intercalados, distribuídos nos leitos dos igarapés.</b>
		<b>Pleistoceno</b>	<b>Formação Pós-Barreiras</b>	<b>Sedimentos inconsolidados areno-argilosos a argilo-arenosos, coloração amarelada a avermelhada, granulação variando de fina a média, com grânulos de quartzo e blocos de arenitos ferruginoso.</b>
	<b>Terciário</b>	<b>Plioceno</b>	<b>Grupo Barreiras</b>	<b>Sedimentos siliciclásticos representados por argilas, siltes, arenitos, leitos conglomeráticos, com baixo grau de compactação e coloração variegada. Podem apresentar nódulos e concreções ferruginosas.</b>
		<b>Mioceno</b>	<b>Formação Pirabas</b>	<b>Fácies Capanema: calcário, argila e areia com leitos alternados, sendo às vezes muito fossilífero. Fácies Baunilha Grande: argilas negras apresentando vegetais piritizados e carcinólitos. Fácies Castelo: calcários puros e compactos, com teores elevados de SiO<sub>2</sub> e MgO.</b>

Fonte: Extraído de Costa, 2003.



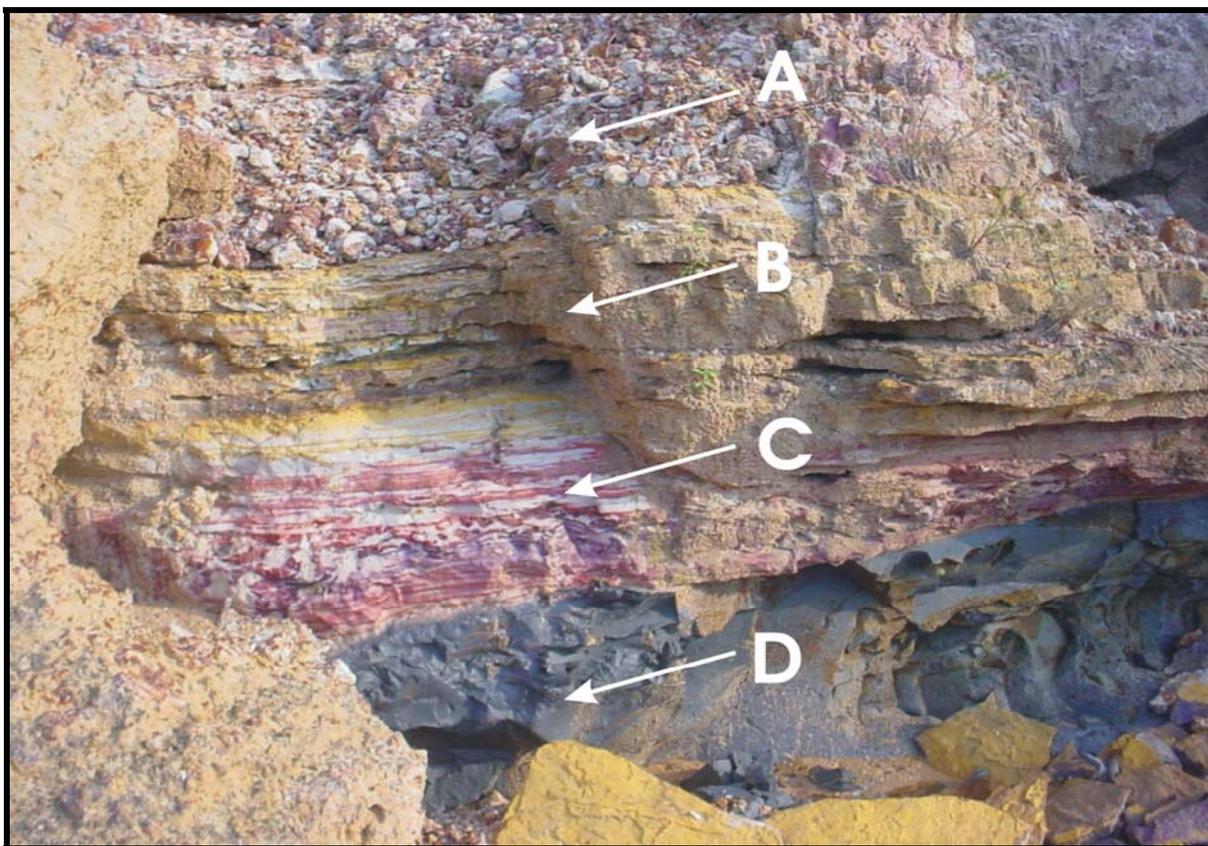
**Figura 19 – Falésia esculpida no Grupo Barreiras que bordejia a Praia dos Artistas (Foto do autor).**

Essas falésias correspondem aos pedimentos pleistocênicos que envolvem a margem direita do estuário do Pará, incluindo a Ilha de Caratateua (Franzinelli, 1976). Ponçano (1995) inclui as falésias da ilha de Caratateua no grupo de falésias atuais, localizadas no litoral pouco acima do nível do mar.

O Grupo Barreiras é constituído por uma seqüência de sedimentos siliciclásticos, que variam de argilas multicoloridas a sedimentos inconsolidados, argilo-arenosos e areno-argilosos, geralmente apresentando coloração amarelada, alaranjada e avermelhada, às vezes com leitos de material grosso a conglomerático. Observam-se ainda níveis descontínuos de um arenito ferruginoso (Grês do Pará) em blocos soltos, irregulares e de tamanhos variados (Góes *et al*, 1990).

Três litofácies definidas por Góes & Truckenbrodt (1980) da base para o topo foram incorporadas para o Grupo Barreiras: fácies argilo-arenosa, arenosa e conglomerática (Figura 20).

A fácies argilo-arenosa é composta litologicamente por interdigitações de camadas argilosas, argilo-arenosas, areno-argilosas e arenosas. As argilas apresentam coloração variada enquanto que os outros sedimentos exibem cores mosqueadas (Figura 20). Localmente, ocorrem lentes de areia, com granulometria fina a grossa e com estratificação cruzada.



**Figura 20 – Litofácies do Grupo Barreiras na Praia dos Artistas, mostrando a Litofácies Conglomerática (A), Litofácies Arenosa (B), Litofácies Argilo-arenosa (C) e mangue petrificado (D). Junho/2004 (Foto do autor).**

A fácies arenosa é composta litologicamente por arenitos amarelados, com granulometria predominantemente média e com lentes de microconglomerados na base. Normalmente, capeia a fácies argilo-arenosa, apresentando contato brusco. A fácies conglomerática é composta por um conglomerado polimítico, com abundante matriz de areia grossa argilosa (Rossetti, 1990).

Os sedimentos do Grupo Barreiras formam as falésias vivas que bordejam as praias da área de estudo (Figura 19), recobrendo cerca de 60% da área total da ilha de Caratateua na margem direita do estuário do Pará.

#### **4.2.2–Sedimentos Pós-Barreiras**

São de constituição areno-argilosa, composta principalmente por grãos de quartzo e frações de silte e argila, com leitos finos de seixos de arenitos ferruginosos (Silva, 1996). Normalmente são mal selecionados e com ausência de estruturas sedimentares. O contato com os sedimentos do Grupo Barreiras é marcado por um nível de paleopavimento composto por fragmentos lateríticos discóides (Rossetti, 1990). Os sedimentos Barreiras, por sua vez, também estão recobertos pelos sedimentos Pós-Barreiras (Quaternário) e por sedimentos aluvionares (Holoceno) da faixa costeira.

#### **4.2.3–Sedimentos Quaternários**

Os sedimentos quaternários são representados por pântanos, mangues, terraços marinhos, campos de dunas colonizadas, barras, praias e cordões litorâneos atuais, além de dunas costeiras. São compostos por areias, siltes e argilas intercaladas. Sua espessura é variada, podendo chegar, no máximo, a 50m (Costa *et al.*, 1991). É comum a ocorrência de argilas orgânicas, com restos vegetais, bioturbadas e intercaladas a siltes e areias finas, com espessuras milimétricas a centimétricas (Góes & Truckenbrodt, 1980).

### **4.3–SOLOS E VEGETAÇÃO**

A Ilha de Caratateua apresenta quatro unidades de solo: O Latossolo Amarelo Álico, o Podzólico Hidromórfico Álico, o Gleissolo Álico e os Solos Petroplínicos Álico (Figura 21).

Essas unidades mostram características distintas, segundo Mazzeo (1991), o Latossolo Amarelo é composto por uma mistura de óxidos hidratados de ferro e alumínio. A fração argila tem baixa capacidade de troca iônica devido a acumulação de alumínio nas camadas superficiais. O ferro, por ter menor teor, determina as cores. São solos com profundidade de até 2m. O Podzol Hidromórfico é de textura arenosa, firme, ácido, com acúmulo de húmus e sesquióxidos. A coloração é branca ou cinza claro e profundidade média de 150 cm.

Segundo Costa *et al.* (1991), os solos desenvolveram-se sobre crostas sílico-ferruginosas imaturas, derivadas da laterização dos sedimentos do Grupo Barreiras, as quais apresentam-se com coloração avermelhada e textura micro-porosa, formada por grãos de quartzo cimentados por hematita, goethita e caolinita (Horbe, 1995).

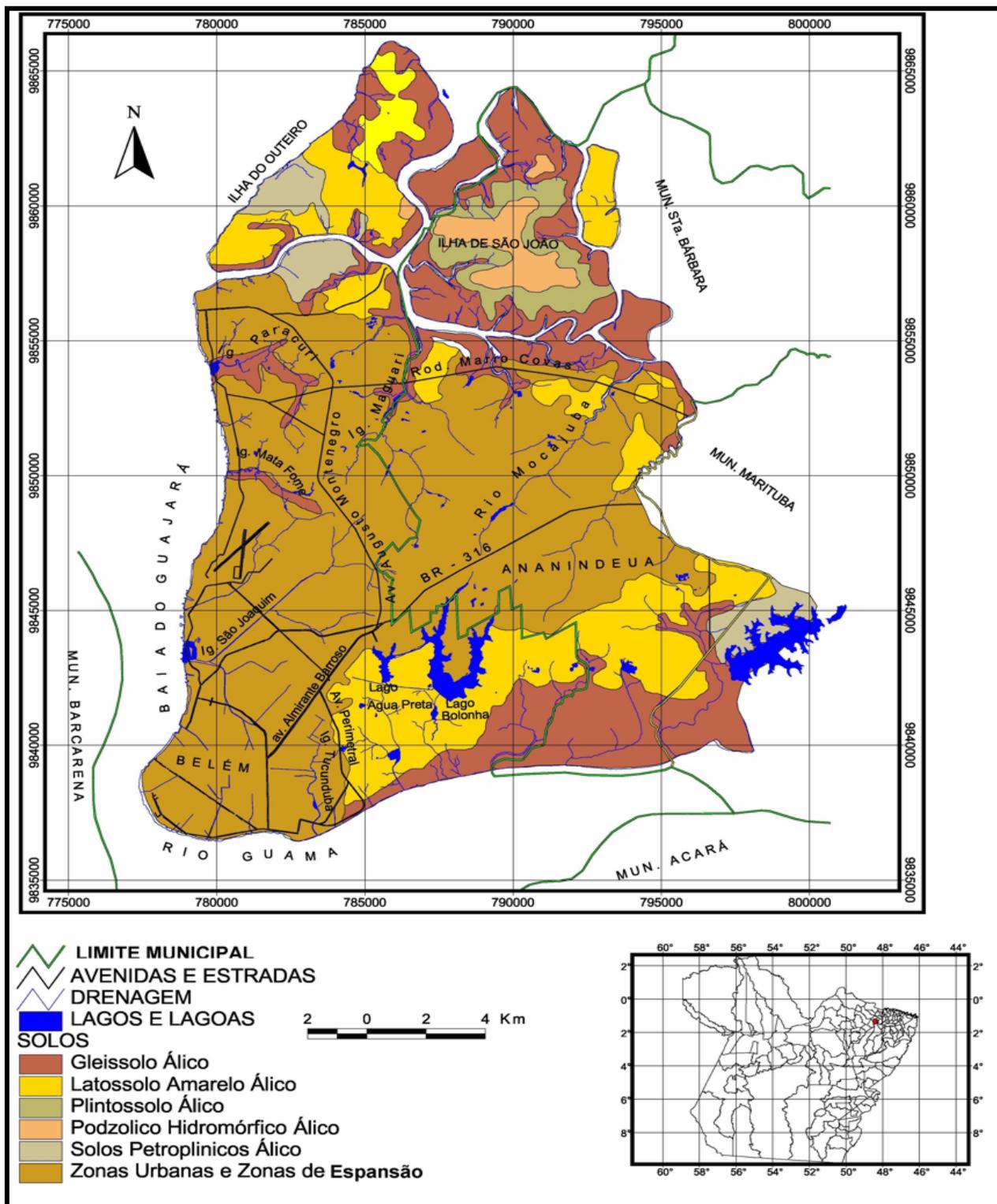


Figura 21 – Distribuição dos solos na RMB (Compilado de Matta, 2002).

Inserida na região estuarina da Baía do Guajará, banhada pelo rio Pará, “braço direito da foz do rio Amazonas” (Pinheiro, 1987), a Ilha de Caratateua apresenta vegetação típica das margens estuarinas amazônicas:-mata de várzea, na área inundável;

-mata de terra-firme, nas áreas distantes das margens;

-matas secundárias, nas áreas desmatadas.

A vegetação de várzea domina cerca de 60% da área estudada e está intimamente relacionada aos processos de colmatação natural provocada pelas inundações nos períodos de enchente em consequência de elevada concentração de material sólido em suspensão das águas estuarinas. Assim é que, pequenas variações geomorfológicas propiciam apreciáveis modificações neste tipo de vegetação (p. 43, Pinheiro *op cit.*).

#### 4.4-ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS E METEOROLÓGICOS

Segundo a classificação de Köppen, o clima da área estudada enquadra-se no tipo Af<sub>i</sub>, (Equatorial Úmido), sem estações definidas, com pequenas amplitudes térmicas, uma média anual de 28°C, elevados índices de umidade relativa do ar (81,8% a 91%) e precipitação pluviométrica anual com média de 2.800mm (INMET, 2004).

Farias (1994) apresenta dois períodos sazonais distintos: um chuvoso, que ocorre de Dezembro a Maio, onde precipitam cerca de 78% das chuvas e outro, seco, de Junho a Novembro, com o restante (22%) da precipitação (Figura 22).

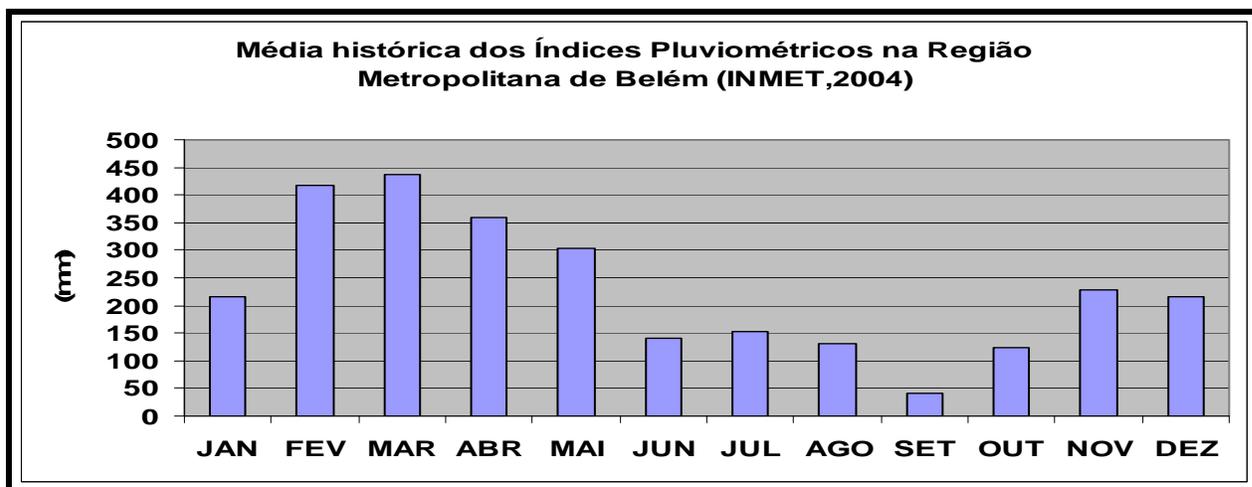


Figura 22 – Média histórica dos índices pluviométricos registrados na Região Metropolitana de Belém, durante os períodos chuvoso (Novembro a Maio) e seco (Junho a Outubro) (INMET, 2004).

A área sofre influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que migra sazonalmente de sua posição mais ao norte (12°), em Agosto-Setembro, para posições mais ao sul (4°), em Março-Abril, (INPE, 2005).

Estudos climatológicos mostram uma acentuada variação espacial e temporal da precipitação na costa atlântica. Na escala intra-sazonal, ocorre a influência da “Oscilação de Marsden-Julian” e da incidência de “ondas de leste”. Já na escala diurna, durante os horários da manhã, o máximo de precipitação contorna a costa sobre o oceano, enquanto que nos horários da tarde, esse máximo intensifica-se, desloca-se para o interior do continente. Essa variação espacial e temporal da precipitação é associada principalmente à circulação de brisas terrestre e marítima. A ZCIT é caracterizada nos oceanos pela confluência dos alísios e as máximas temperaturas de superfície do mar (TSM)(INPE, 2005).

Os ventos possuem papel importante na formação de ondas e na dinâmica da morfologia costeira, sendo responsáveis não só pelo processo de transporte dos grãos nos ambientes praias, como também pela geração de ondas, que ao atingirem a costa, atuam na deriva litorânea favorecendo o transporte ao longo da mesma, retrabalhando os sedimentos depositados na zona de intermaré, periodicamente exposta levando-os para as dunas (Fonzar, 1994).

De acordo com a média das velocidades dos ventos nos últimos quatro anos, fornecidos pelo INMET-2° DISME (2004) (Tabela 3), percebe-se que ocorre um aumento desta velocidade média durante o período mais seco do ano, e uma diminuição durante o período chuvoso. Observa-se ainda que os ventos são provenientes das direções E-NE.

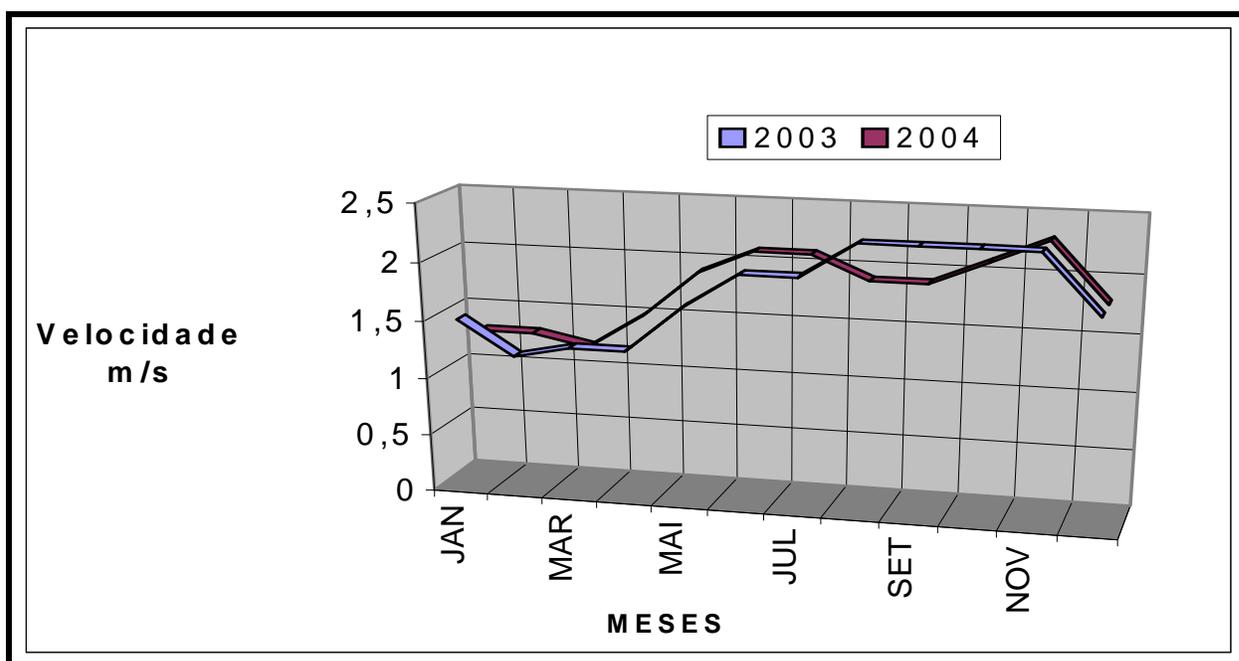
**Tabela 3 – Direção e Velocidade média (m/s) dos ventos na Região Metropolitana de Belém, com destaque para os meses de coleta (em azul).**

ANO S	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
<b>2001</b>	NE/1,3	C/1,3	NE/1,4	E/1,2	C/1,4	E/1,4	SE/1,5	SE/1,8	E/1,8	E/2,3	NE/2,1	E/1,8
<b>2002</b>	E/1,4	C/1,1	E/1,4	C/1,2	E/1,5	E/1,6	E/1,6	SE/1,8	NE/2,2	E2,1	NE/1,7	NE/1,5
<b>2003</b>	NE/1,5	E/1,2	E/1,3	E/1,3	E/1,7	E/2,0	E/2,0	NE/2,3	E/2,3	<b>E/2,3</b>	E/2,3	E/1,8
<b>2004</b>	NE/1,3	<b>E/1,3</b>	E/1,2	E/1,5	E/1,9	<b>E/2,1</b>	E/2,1	E/1,9	E/1,9	<b>NE/2,1</b>	NE/2,3	E/1,8

**Fonte: (INMET/2° DISME, 2004).**

Segundo o Serviço de Meteorologia do Ministério da Agricultura (Normais climatológicas de 1931/1960) a Ilha de Caratateua recebe influência dos ventos Alísios de nordeste e sudeste (58%) que, são originados por dois anticiclones subtropicais: o Anticiclone Tropical Atlântico (ATA) e o Anticiclone Tropical Atlântico Norte (ATAN).

Na linha do Equador, os ventos Alísios gerados por estes anticiclones, dão origem a ZCIT que, corresponde a uma área de extensão variável com pressões fracas e pouco constantes, ventos fracos de direções variáveis (Alves, 1999) (Figura 23).



**Figura 23 – Velocidade predominante dos ventos nos anos de coleta (INMET/2ºDISME, 2004).**

#### 4.5–ASPECTOS HIDROLÓGICOS E OCEANOGRÁFICOS

As ondas são extremamente importantes na configuração da topografia de costa e na deposição/transporte de sedimentos, e estão associadas geralmente à influência dos ventos e realizam selecionamento e redistribuição de sedimentos trazidos pelos rios, formando praias, bancos arenosos longitudinais, ilhas barreiras, pontais arenosos, etc. (Suguio, 1973).

Segundo Alves (1999), os ventos Alísios ENE são responsáveis pela formação das ondas no litoral paraense.

As marés exercem uma função extremamente importante no transporte de sedimentos no litoral paraense (Alves, *op cit.*). Segundo Franco (1978 *apud* Pinheiro, 1987), ao penetrar na região estuarina, as marés provenientes do Oceano Atlântico, tem sua amplitude aumentada devido a pouca profundidade do fundo marinho da costa brasileira.

França (2003) observou que, no período menos chuvoso as águas ficam salobras devido a maior influência das marés sobre essas águas que apresentam um regime de meso e macromarés na Ilha do Marajó, cuja variação das marés de sizígia está entre 3,6 e 4,7 m (DHN, 2003).

## **5–AMBIENTE PRAIAL: DEFINIÇÕES, SEDIMENTAÇÃO E PROCESSOS MORFODINÂMICOS**

### **5.1–DEFINIÇÕES**

Vários autores elaboraram conceitos para definir o termo praia, estes, porém, são muito diferenciados, sendo que todos conservam o caráter não coesivo dos sedimentos e a dominância de fatores hidrodinâmicos primários atuantes.

Segundo Shepard (1973), o termo praia deve ser aplicado à parte da costa com cobertura de areia ou cascalho, excluindo as costas lamosas, como as encontradas próximas a alguns deltas e costas rochosas, onde há pouca disposição de sedimentos, e ao contrário destas últimas, são muito mais instáveis.

Komar (1976) caracterizou a praia como uma acumulação de sedimentos inconsolidados, que se estendem da linha média de maré baixa, até onde haja alguma mudança fisiográfica, como campo de dunas ou falésias.

Davis Jr. (1978) considera a praia como uma zona de sedimentos inconsolidados, que se estende à partir do limite mais superior da ação das ondas, até o nível de maré baixa média. O seu limite, em direção ao continente, é marcado por uma mudança abrupta de sedimentos e/ou de declividade, podendo ser representada por dunas costeiras ou falésias.

Sugio (1992) descreve a praia como sendo uma zona perimetral de um corpo aquoso (lago, mar, oceano), composta de material inconsolidado, em geral arenoso, que se estende desde o nível de baixamar média para cima, até a linha de vegetação permanente (limite das ondas de tempestade), ou onde há mudanças na fisiografia, como campo de dunas ou falésias.

Segundo Tessler & Mahiques (2000), as praias são ambientes sedimentares costeiros, formados por clastos e componentes siliciclásticos de granulometria variada e condicionados pela interação dos sistemas de onda incidentes.

Para Muehe (2004), as praias são feições deposicionais no contato entre terra emersa e água, comumente constituídas por sedimentos arenosos, podendo também ser formadas por seixos e por sedimentos lamosos. Sua declividade da terra ao mar varia segundo a natureza dos materiais dominantes: maior nas praias de seixos rolados, e menor em sedimentos arenosos finos. Já no aspecto morfodinâmico, a praia se estende da porção subaérea, acima definida, para a zona submersa, constituindo, em conjunto, prisma sedimentar que se eleva em direção à costa e onde os sedimentos, mobilizados principalmente pelas ondas, se deslocam num vaivém em constante busca de equilíbrio.

As praias da Ilha de Caratateua são classificadas como praias estuarinas por estarem inseridas na zona estuarina da Baía do Guajará, com ocorrência de mesomarés semi-diurnas (Pinheiro, 1987). Segundo Nordstrom & Roman (1996), as praias estuarinas são definidas como depósitos de sedimentos inconsolidados (areia, cascalho ou conchas) livremente retrabalhados por ondas e correntes associadas. São comumente encontradas ao longo de linhas de costa onde a energia das ondas é adequada para erodir o material inconsolidado das formações costeiras. Também dominam em linhas de costa estuarina próximas a “*inlets*” oceânicos, onde os sedimentos são depositados e redistribuídos no estuário por ondas e correntes da maré enchente.

Definições mais recentes sobre o ambiente praias buscam os processos hidrodinâmicos atuantes, para a delimitação e caracterização do ambiente praias (Hoefel, 1998), sendo que até hoje em dia não existe uma nomenclatura padronizada para designar os subambientes praias, e mesmo seus limites. Tessler (em preparação *apud* Hoefel, *op cit.*) apresenta uma boa revisão sobre o assunto e observa só haver concordância em relação ao uso do termo pós-praias. No Brasil, há uma grande variedade de termos utilizados para designar as porções que constituem o perfil praias, ocasionando desta forma, muita discussão a respeito (Tessler & Mahiques, 2000).

Sendo as praias, ambientes tão variáveis espaço-temporalmente, a delimitação dos subambientes deve considerar também a ação dos agentes dos processos hidrodinâmicos dominantes, que acabam por promover modificações morfológicas nesses ambientes (Alves, 2001). Do ponto de vista hidrodinâmico, distinguem-se três zonas principais:

(a) Zona de arrebentação (Figura 24): é a zona na qual, as ondas ao se aproximarem de águas mais rasas, tendem a instabilizar-se até que a velocidade na crista da onda exceda a do grupo, ponto no qual, tende a quebrar. Aos pontos de quebra, comumente, associa-se a ocorrência de um banco arenoso seguido de uma cava;

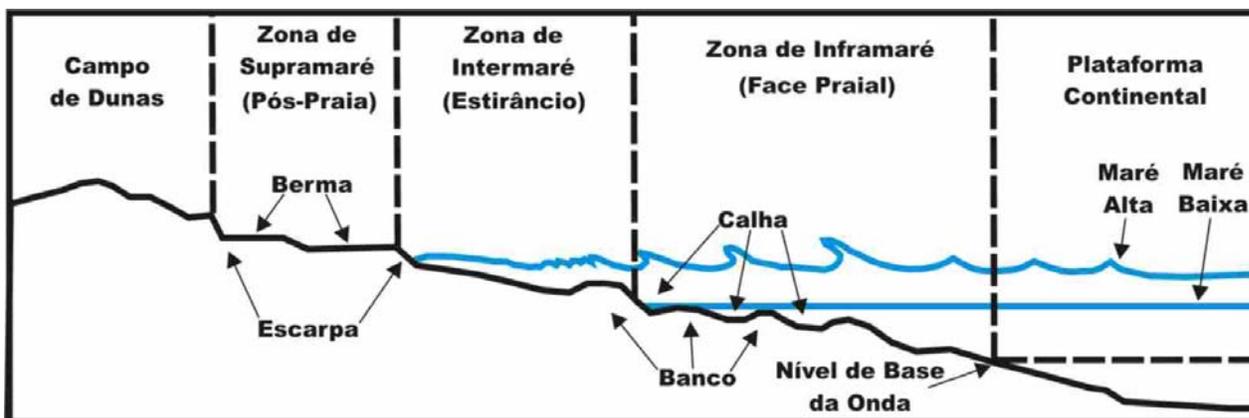
(b) Zona de surfe (Figura 24): esta zona depende diretamente do modo de dissipação energética das ondas incidentes, ou seja, do tipo de quebra. Em praias com baixa declividade, as ondas quebram-se formando vagalhões. Em praias muito íngremes, a zona de surfe tende a ser dominada por movimentos de frequência sub-harmônica. A menos que a arrebentação seja pontual ou muito estreita numa praia, é impossível dissociá-la da zona de surfe. Horikawa (1988 *apud* Hoefel, 1998) sugere que, num sentido amplo, os termos zona de arrebentação e zona de surfe sejam mesclados, utilizando a zona de surfe para designar ambas e;

(c) Zona de espraiamento (Figura 24): é identificada como sendo a região da praia delimitada entre a máxima e a mínima excursão das ondas sobre a zona de intermaré, onde atuam os processos de fluxo e refluxo (“*swash*” e “*backwash*”, respectivamente).



**Figura 24 – Classificação das principais zonas do perfil praiado sob o ponto de vista hidrodinâmico (Extraído de Alves, 2002).**

Do ponto de vista morfológico, distinguem-se as três zonas principais: (a) Zona de Supramaré ou Pós-praia (Figura 25): está limitado, em direção ao mar, pelo nível de maré alta de sizígia, onde observa-se uma escarpa de praia, e em direção ao continente por dunas costeiras. Quase sempre, as dunas apresentam uma porção plana (berma), com uma estratificação suave em direção ao continente. Em áreas de intensa erosão, o berma é inexistente; (b) Zona de Intermaré ou Estirâncio (Figura 25): é a face praiado, sendo limitada pelo nível de maré alta e baixa, correspondendo à zona de intermaré com configurações variadas. O limite entre o pós-praia e a zona de intermaré é uma feição chamada de crista de berma. A zona de intermaré é, freqüentemente, subdividida em três zonas: zona de intermaré superior (à partir do nível de maré alta de quadratura até o nível de maré alta de sizígia), zona de intermaré média (entre o nível de maré baixa e alta de quadratura), e zona de intermaré inferior (à partir do nível de maré baixa de sizígia até o nível de maré baixa de quadratura) e (c) Zona de Inframaré ou Face praiado (Figura 25): está situada entre a linha de maré baixa e o limite em direção ao mar, onde ocorre a ação das ondas no substrato. Esta zona é caracterizada por barras “*longshore*”, paralelas à linha de costa.



**Figura 25 – Classificação das principais zonas do perfil praiado sob o ponto de vista morfológico (Extraído de Alves, 2002).**

## 5.2-PROCESSOS MORFODINÂMICOS

Após ter sido objeto de estudo de geomorfólogos, através de métodos descritivos e dedutivos, as praias passaram a ser estudadas por oceanógrafos e geólogos marinhos, as quais, iniciaram uma nova fase de estudos do ambiente praiado, através da utilização de métodos e equipamentos específicos que proporcionaram um conhecimento mais preciso acerca das informações sobre este ambiente e seus processos costeiros, mas, que ainda estão longe de serem completamente entendidos (Horikawa, 1988 *apud* Hoefel, 1998).

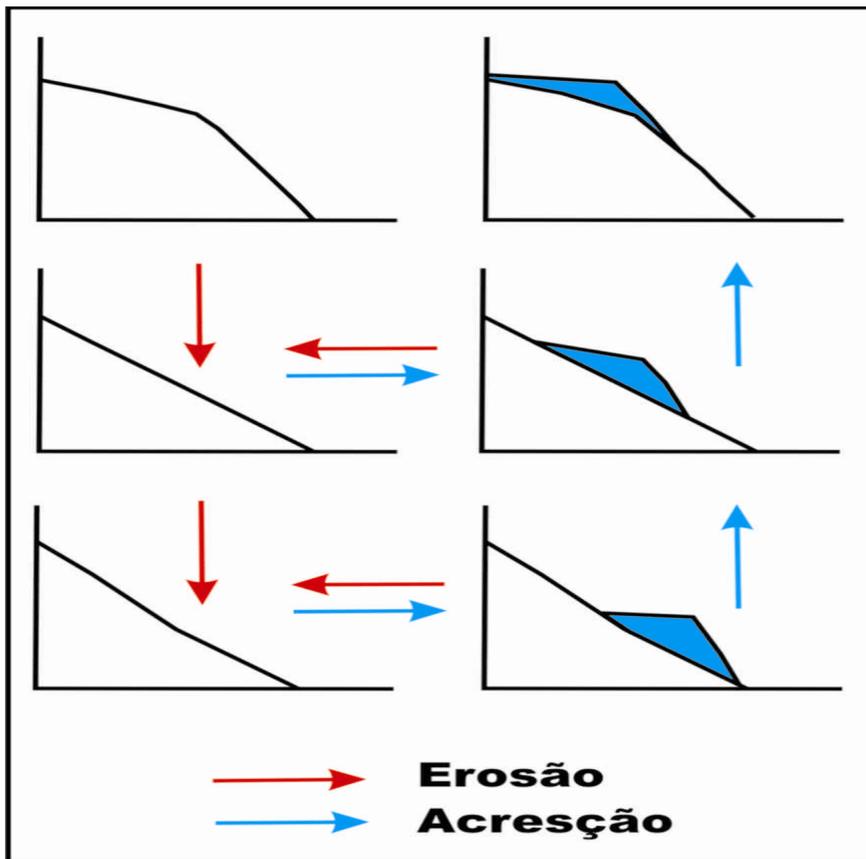
A Escola Australiana de Geomorfologia Costeira (Carter, 1988) ao final da década de 70, desenvolveu um modelo de classificação morfológica tridimensional, que, leva em conta variações longitudinais e transversais das praias, baseado em estudos de algumas praias australianas, que permitiram a identificação de seis estágios ou estados distintos associados a vários regimes de ondas: Dissipativo e Reflectivo como extremos e outros quatro intermediários (Wright e Short, 1984). Segundo esse modelo, a praia pode se mover através de uma seqüência temporal de estágios de forma a alcançar o equilíbrio.

De acordo com Masselink e Short (1993), a morfodinâmica refere-se à interação entre a atividade dinâmica de alguns processos físicos e as feições morfológicas desenvolvidas por estas atividades as quais, resultam basicamente da arrebentação das ondas.

A morfologia praiado relaciona-se com as características dos sedimentos, ondas imediatas e antecedentes, condições de maré e vento, e estágio da praia antecedente, e, durante um longo período de tempo, uma determinada praia tende a exibir um estágio recorrente modal ou mais freqüente dependente das condições ambientais (Alves, 2001).

Segundo Muehe (1998), o perfil transversal de uma praia vai depender do ganho ou perda de areia, de acordo com a energia das ondas, ou seja, de acordo com as alternâncias entre tempo bom (engordamento = ganho de sedimento) e tempestade (erosão = perda de sedimento). Nas zonas em que o regime de ondas se diferencia significativamente entre verão e inverno, a praia desenvolve perfis sazonais típicos de acumulação (perfil de verão) e erosão (perfil de inverno).

O ciclo de armazenagem e retirada de sedimentos na praia foi caracterizado por Sonu e Van Beek (1971), que definiram uma seqüência típica das configurações dos perfis praiiais, onde a convexidade da praia está ligada a um perfil mais construtivo e a concavidade a um perfil mais erosivo (Figura 26). Segundo estes autores, as propriedades geométricas, expressas em termos de largura da praia, estoque de sedimentos, e configuração do perfil, são governadas essencialmente pela distribuição do excesso do depósito sedimentar na superfície da praia. Esse depósito local, denominado de berma, aumenta durante processos de acreção, mas diminui em tamanho, e eventualmente desaparece, em eventos de erosão.



**Figura 26 – Seqüência típica de configurações de um perfil de praia com detalhes da concavidade da praia. Em vermelho são as mudanças por erosão, e em azul as mudanças por acreção (Modificado de Sonu e Van Beek, 1971).**

Segundo Nordstrom (1992) e Nordstrom e Jackson (1992), há dois padrões de mudança morfológica em praias estuarinas de mesomaré: (1) tipo A: caracteriza-se pela remoção de sedimentos da porção superior da praia e deposição na parte inferior, resultando num perfil côncavo para cima; e (2) tipo B: consiste no deslocamento vertical de todo o perfil praiial, acompanhado por pequena ou nenhuma mudança do gradiente praiial. Os tipos de mudança do perfil praiial estão relacionados a diferenças no estoque sedimentar, à energia das ondas e correntes de maré e às trocas sedimentares no sentido transversal e longitudinal à praia.

No Brasil, após ter sido iniciado em 1970 por Kowsmann, os estudos sobre a morfodinâmica praiial intensificaram-se rapidamente, dentre eles destacam-se: Muehe (1979), Bittencourt *et al.* (1987), Calliari e Klein (1993), Tozzi (1995), Bastos & Silva (1997), Muehe (1998), Pivel e Calliari (1998). No Pará, destacam-se os trabalhos desenvolvidos por Souza Filho (1998), Souza Filho (2000), Alves (2001), El-Robrini (2001), Silva (2001), Alves e El-Robrini (2003), França (2003), El-Robrini *et al.* (2004), Farias *et al.* (2004), Lima *et al.* (2004), entre outros.

### 5.2.1–Modelo de Dean (1977)

O modelo de Dean foi desenvolvido à partir da análise de 504 perfis ao longo de praias arenosas da costa do Golfo e costa leste dos EUA, dominadas por ondas.

Dean (1977) estendeu a sua aplicação para dentro da zona de arrebentação até a linha de costa, e através da análise destes perfis, encontrou que um perfil formado predominantemente por ondas irá ter a forma de perfil de equilíbrio através da fórmula (Equação 1):

---

$$\mathbf{h} = \mathbf{A}\mathbf{x}^{\mathbf{m}} \quad (1)$$

---

onde, **h** é a profundidade d'água (m), **A** é a constante empírica forma do perfil de equilíbrio, **x** é a distância da linha de costa (m) e **m** é o fator forma (0,67). A forma de perfil de equilíbrio mais utilizada é aquela que utiliza o parâmetro **m** como 0,67, mas análises de perfis de praia e antepraia tem demonstrado que outros valores podem ocorrer. Estudos de Wright *et al.* (1982) utilizaram o modelo de Dean (1977) para ajustar perfis das praias da Austrália.

À partir do modelo de Dean (*op cit.*), Moore (1982 *apud* Fachin, 1998) aplicou o método de mínimos quadrados em perfis de praias de diferentes granulometrias e desenvolveu um gráfico que relaciona o parâmetro A, o diâmetro do grão **d** e a velocidade de decantação das partículas  $\omega_s$ , (Figura 27). Esta correlação foi baseada na observação de que na zona de arrebentação, o decaimento da altura de onda não é linear.

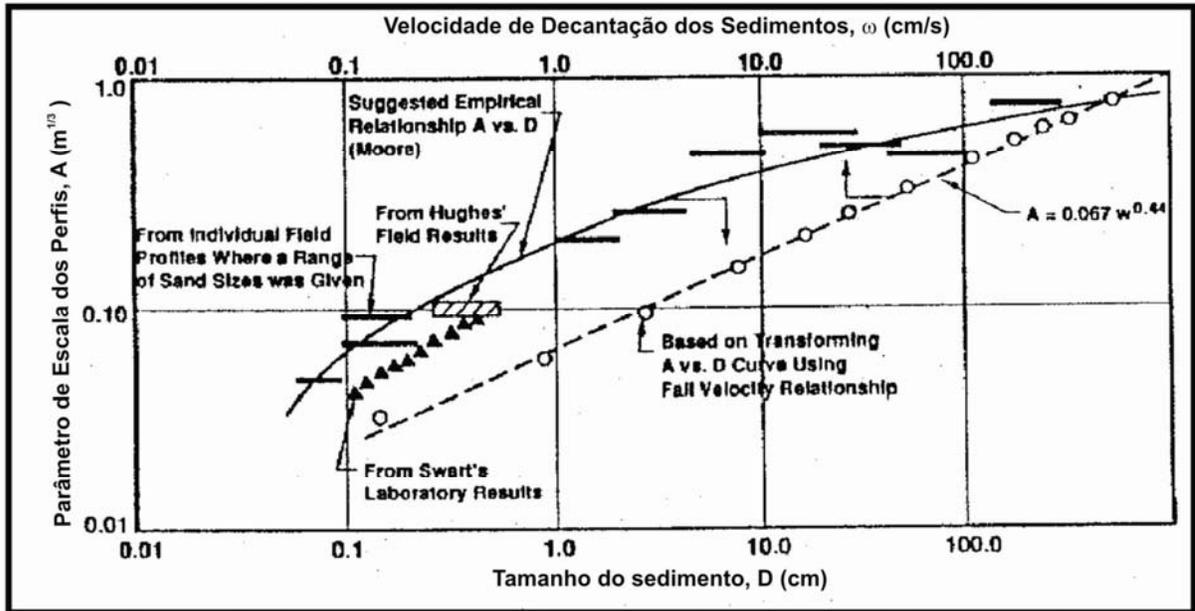


Figura 27 – Gráfico relacionando o parâmetro A da equação  $h = Ax^{0.67}$  com o diâmetro de grão (d) versus velocidade de queda ( $\omega_s$ ) (Dean, 1987).

A partir da Figura 27, é possível obter o tamanho de grão diretamente, tendo sido utilizado para diversas formulações (Dean, 1987 e 1991), como a relação empírica em que o parâmetro A é relacionado à velocidade de decantação dos sedimentos  $\omega_s$ , (Equação 2):

$$A = 0,067 \omega_s^{0,44} \quad (2)$$

A forma expressa o ajuste entre sedimentos e processos, de maneira a produzir um gradiente que minimize a o efeito da energia de ondas.

Houston (1996 *apud* Fachin, 1998) relacionou a velocidade de decantação dos sedimentos  $\omega_s$  ao diâmetro do sedimento  $d$ , através de uma equação para a velocidade de queda para areias de praia com diâmetros entre 0,15-0,85mm e temperaturas de 15 a 25°C, e desta forma, foi utilizado o parâmetro a seguir, através da Equação 3, para se calcular a velocidade de decantação dos sedimentos das praias estudadas:

---

$$\omega_s = 14d^{1,1} \quad (3)$$

---

Baseado nas duas equações acima, Houston (*op cit.*) encontrou que o parâmetro A (forma do perfil de equilíbrio), pode ser encontrado através da equação (Equação 4):

---

$$A = 0,21d^{0,48} \quad (4)$$

---

O modelo de perfil de equilíbrio de Dean (1977) tem sido amplamente aplicado de inúmeras maneiras, obtendo resultados variados além de servir de base para vários outros modelos de perfis de equilíbrio. Mas, uma de suas mais importantes atribuições é o fato de servir como perfil de entrada para modelos numéricos e analíticos de evolução praial.

### **5.2.2–Modelo de Wright e Short (1984)**

Os estudos pioneiros de Wright e Short (1984) culminaram com a publicação de um modelo evolutivo baseado na descrição de seis “estágios ou estados morfodinâmicos” praias observados em praias australianas. O modelo é fundamentado por dados coletados durante seis anos de observações. Porém, estas praias estudadas eram praias de micro-marés dominadas por ondas. Este modelo proposto por Wright e Short (1984), introduziu a classificação morfodinâmica de praias, para referir-se às assembléias deposicionais completas, processos de redistribuição de sedimentos e os registros de processos hidrodinâmicos associados a uma praia.

Wright & Short (1984) propõem neste modelo que o estado da praia é relacionado às características das ondas e sedimentos, via parâmetro de velocidade de decantação adimensional  $\Omega$  e através deste parâmetro, caracterizam o estágio das praias da seguinte forma (Equação 5) onde:

---

$$\Omega = \frac{H_b}{\omega_s \cdot T} \quad (5)$$

---

$H_b$  é a altura da onda na arrebentação,  $\omega_s$  é a velocidade de decantação dos sedimentos e  $T$  é o período da onda.

Segundo esses autores, à medida que as praias se ajustam a um estado de equilíbrio, em função das condições ambientais locais, as mesmas variam entre dois estágios morfodinâmicos extremos (Figura 28). Tipicamente, os extremos podem ser descritos desta forma: Dissipativo (D): Zonas de surfe muito bem desenvolvidas em decorrência da incidência de ondas de alta energia e/ou de granulometria geralmente fina em praias de declividade suave. A arrebentação é deslizante e a progressiva dissipação da energia da onda ao longo de uma larga porção do perfil promove a excitação de oscilações estacionárias de infragravidade (Figura 27); Reflectivo (R): Neste estado, as condições de energia são baixas, nota-se na porção superior do pós-praia, uma berma linear bem desenvolvida. A porção subaquosa do perfil é caracterizada por um relevo de alta declividade. Comumente, a granulometria é grossa, e dominam as ondas incidentes de energia moderada, que passam a exercer um papel erosivo sobre o perfil praiial (Figura 27). Além destes, ocorrem 4 outros estágios intermediários que são: Banco e Calha Longitudinais (BCL), Banco e Praia em Cúspide (BPC), Bancos Transversais (BT) e Terraço de Maré Baixa (TMB).

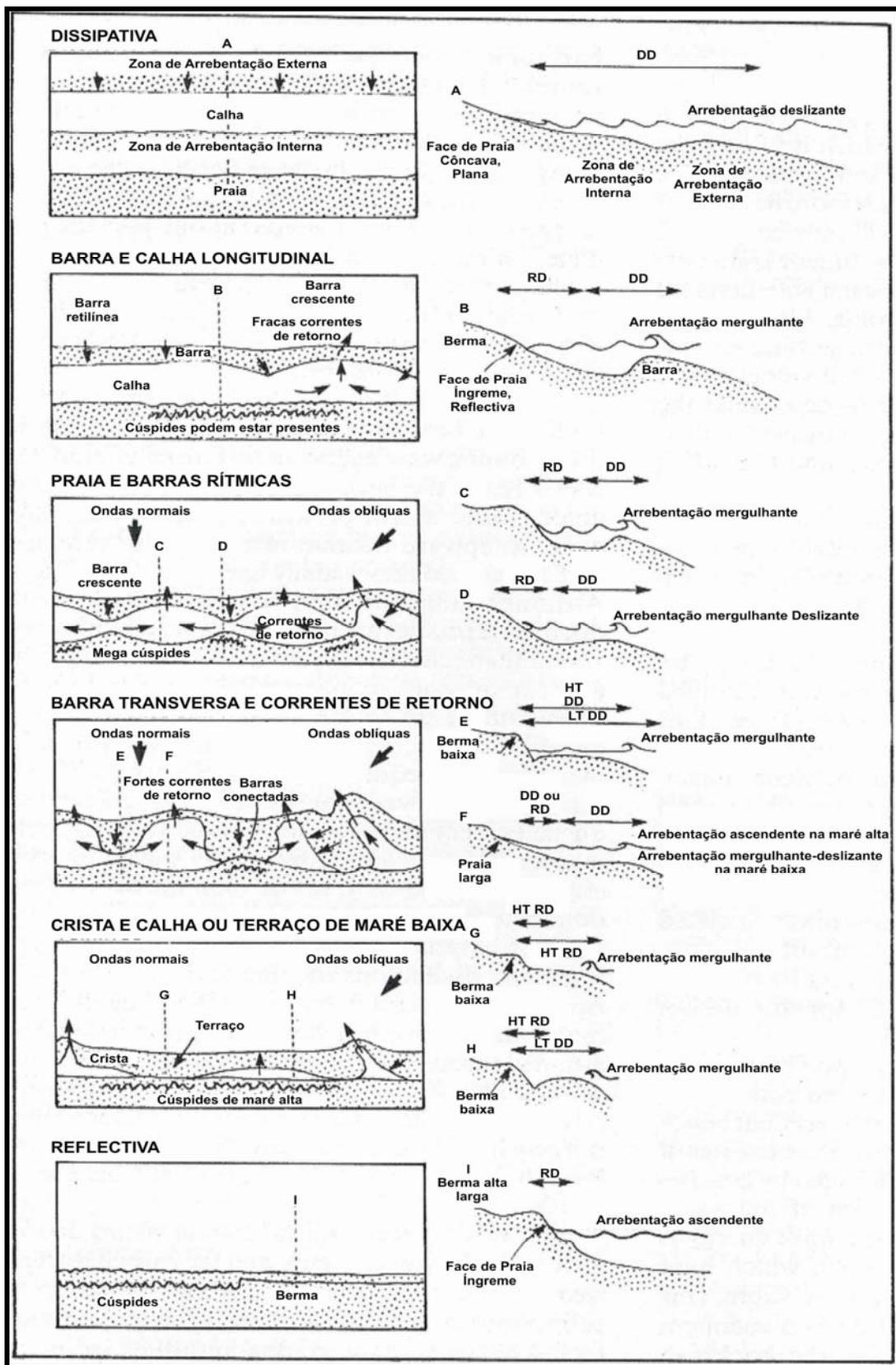


Figura 28 – Modificado do Modelo de Wrigth e Short (1984).

### 5.2.3–Modelo de Masselink e Short (1993)

Este modelo apresentado por Masselink e Short (1993), como continuação do trabalho Wright & Short (1984), combinou e ampliou as idéias anteriormente propostas por aqueles autores, e propuseram um modelo conceitual baseado no parâmetro  $\Omega$ , passando a considerar também, os efeitos relativos às marés na morfologia das praias, onde a variação relativa das marés **RTR** (“*relative tide range*”), é introduzido como um novo parâmetro. Este parâmetro é dado pela equação (Equação 6) onde:

---

$$\mathbf{RTR} = \frac{\mathbf{TR}}{\mathbf{H}_b} \quad (6)$$

---

**TR** é a amplitude das marés e **H<sub>b</sub>** é a altura da onda na arrebentação. Altos valores de RTR indicam domínio de maré, e baixos valores indicam dominância de ondas (Figura 29). Embora tenha caráter conceitual, este modelo representa um importante ponto de partida, para o desenvolvimento de trabalhos, que considerem a maré como fator importante na dinâmica de praias, e devem estabelecer mais informações sobre praias meso/macromarés. Os processos de “*swash*” e da zona de surfe dominam a parte superior do perfil, quando o valor de RTR se situa entre 3 e 7, porém, ondas do tipo “*shoaling waves*” dominam a porção inferior do perfil. Essas praias de macromarés têm energia de alta a moderada.

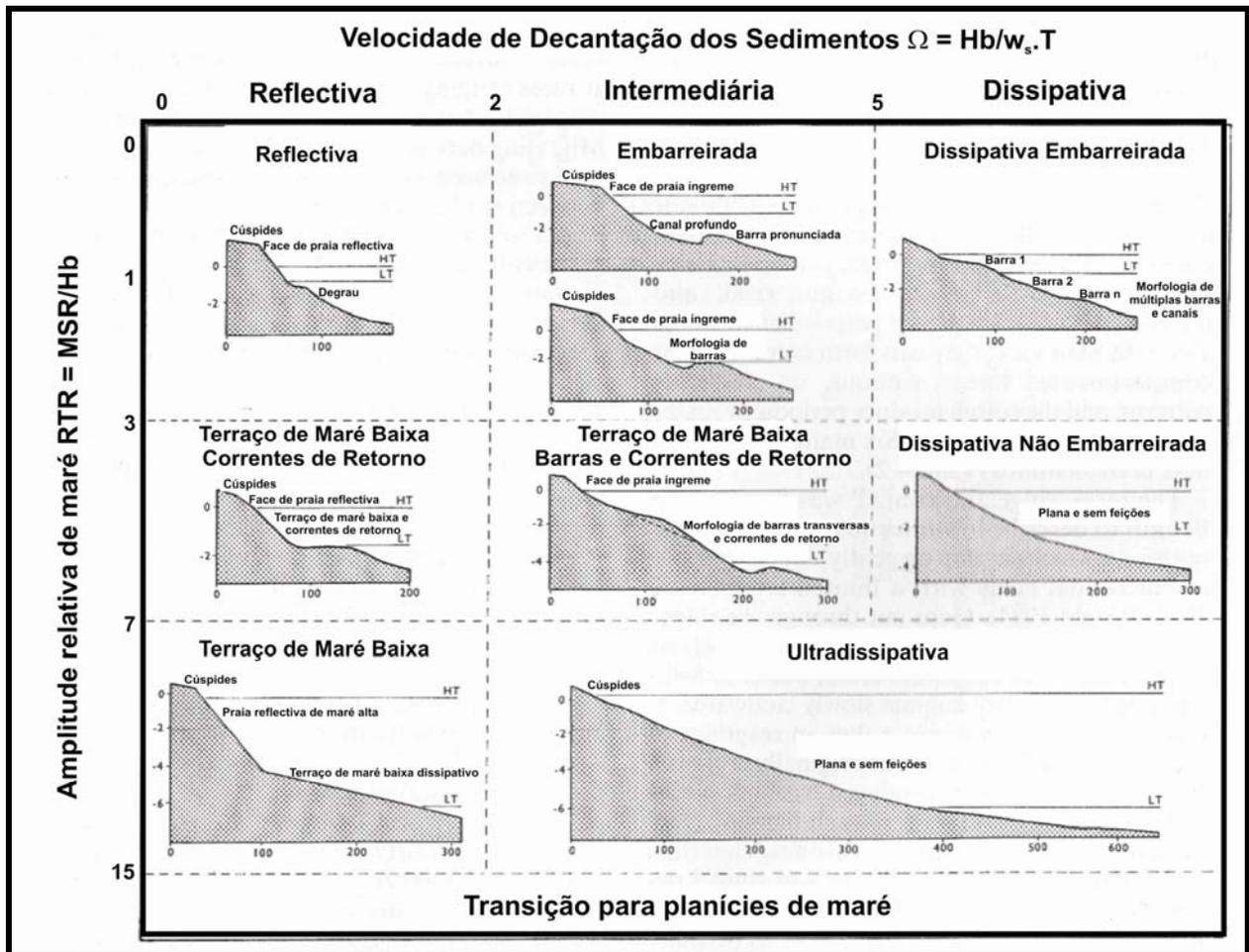


Figura 29 – Modificado do Modelo de Masselink e Short (1993).

## 6-VARIABILIDADE MORFOLÓGICA DAS PRAIAS ESTUARINAS DA ILHA DE CARATATEUA

Segundo Muehe (2004), o perfil transversal de uma praia vai depender do ganho ou perda de areia, de acordo com a energia das ondas, ou seja, de acordo com as alternâncias entre tempo bom (“*fair weather*”), onde há engordamento da praia (ganho de sedimento), tempestade (“*storm weather*”), e onde há erosão (perda de sedimento). Nas zonas em que o regime de ondas se diferencia significativamente entre verão e inverno, a praia desenvolve perfis sazonais típicos de acumulação (perfil de verão) e erosão (perfil de inverno). Com isso, atingindo a praia um equilíbrio às diferentes condições oceanográficas, ela desempenhará um papel de proteção da costa contra a erosão marinha.

O ciclo de armazenagem e retirada de sedimentos na praia foi caracterizado por Sonu e Van Beek (1971), que definiram uma seqüência típica das configurações dos perfis praias, onde a concavidade convexa da praia está ligada a um perfil mais construtivo e a concavidade côncava a um perfil mais erosivo (Figura 26).

Os resultados da variação morfológica dos perfis praias nas Praias do Amor (Figuras 30 a 43) e dos Artistas (Figuras 30 a 37) apresentaram uma grande variabilidade. A praia do Amor apresenta uma zona de intermaré de 220m, a praia dos Artistas apresenta uma zona de intermaré de 60m.

### 6.1-PRAIA DO AMOR

Na praia do Amor, foram realizados três perfis topográficos (A, B e C), dos quais foram extraídos os perfis médios dos períodos seco e chuvoso ( Figura 30).

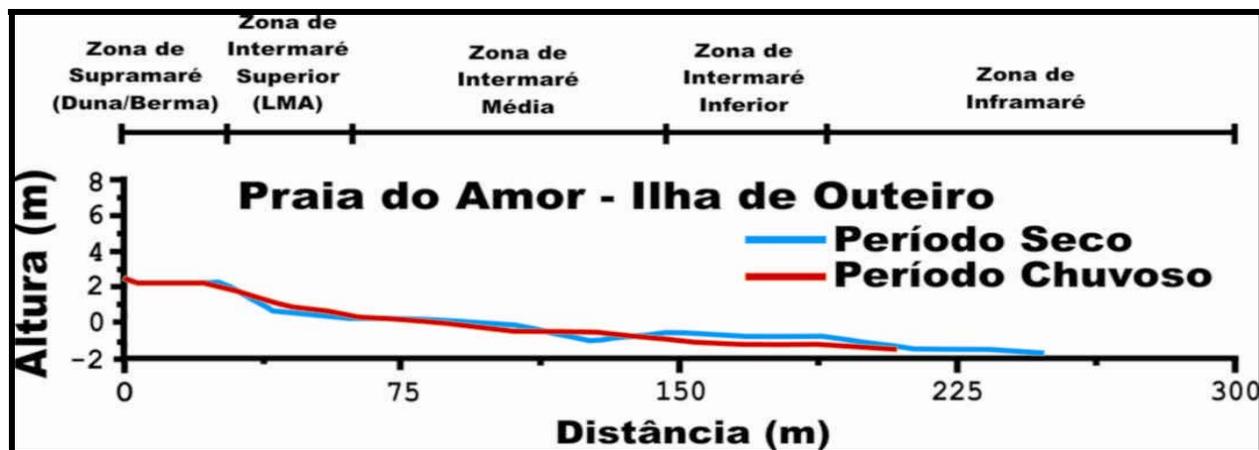
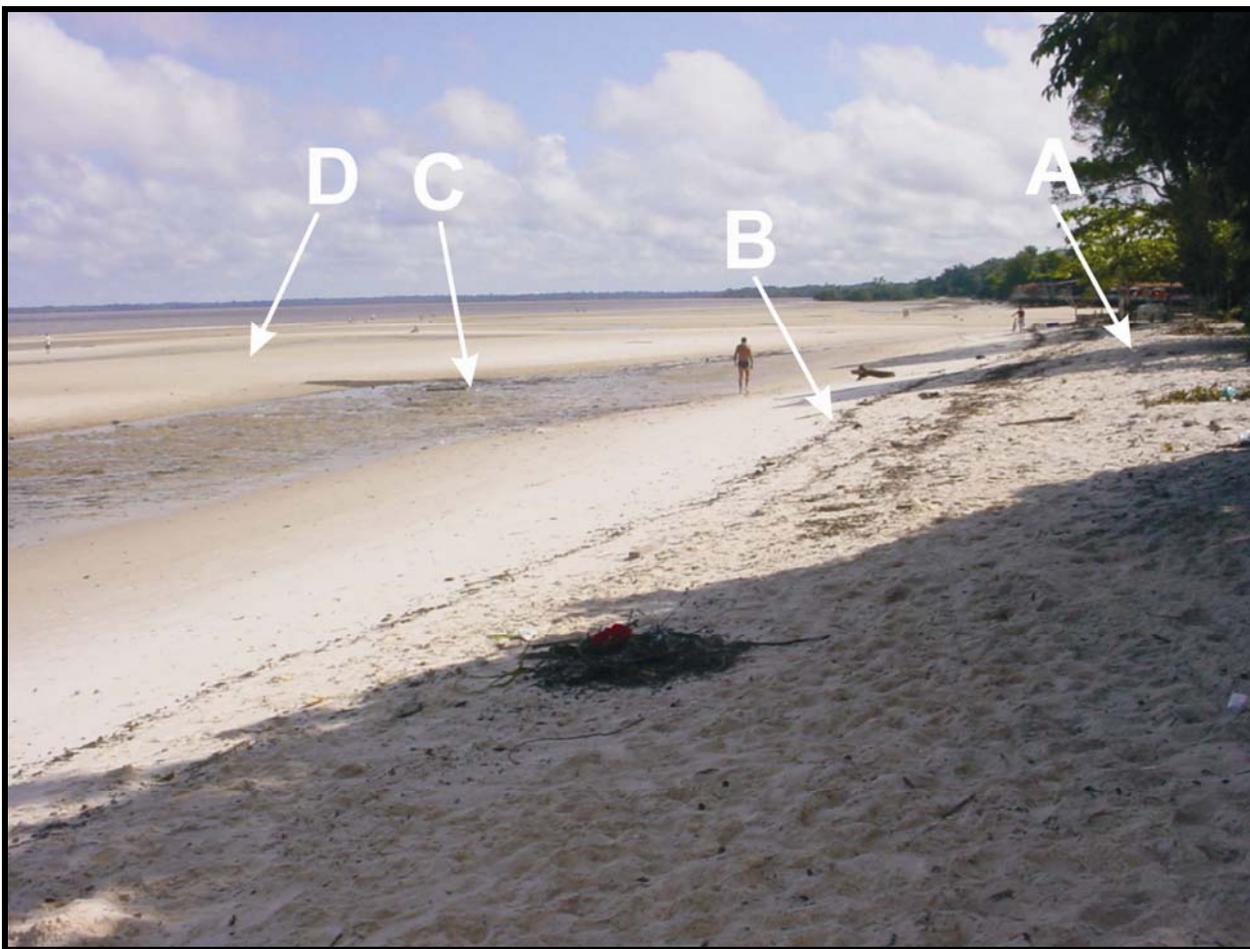


Figura 30–Perfis praias médios dos períodos seco (em azul) e chuvoso (em vermelho) para a Praia do Amor.

### 6.1.1–Perfil A

O perfil A mostra uma zona de supramaré caracterizada por uma berma praial de aproximadamente 25m (Figura 31). A zona de intermaré caracteriza-se por apresentar 210m de extensão, onde ocorre um banco arenoso e calhas de 20 a 30cm de profundidade, e seu gradiente médio é em torno 1:50 ( $\beta=1,15^\circ$ ) (Figuras 32 e 33).



**Figura 31–Berma praial (A) e linha de maré alta (B) no limite zona de supramaré/intermaré superior, e um sistema de calha (C) e crista (D) na zona de intermaré média. Perfil A da Praia do Amor. Junho/2004 (Foto do Autor).**

No período seco (10/2003), verificou-se uma crista bem proeminente a cerca de 15m do início do perfil, sendo que nos primeiros 10m do perfil, há uma berma praial bastante desenvolvida. Logo após esta crista, o perfil mostra uma ligeira escarpa, seguida de uma zona de intermaré bastante suave, e com a presença de um banco arenoso a cerca de 200m do início do perfil.

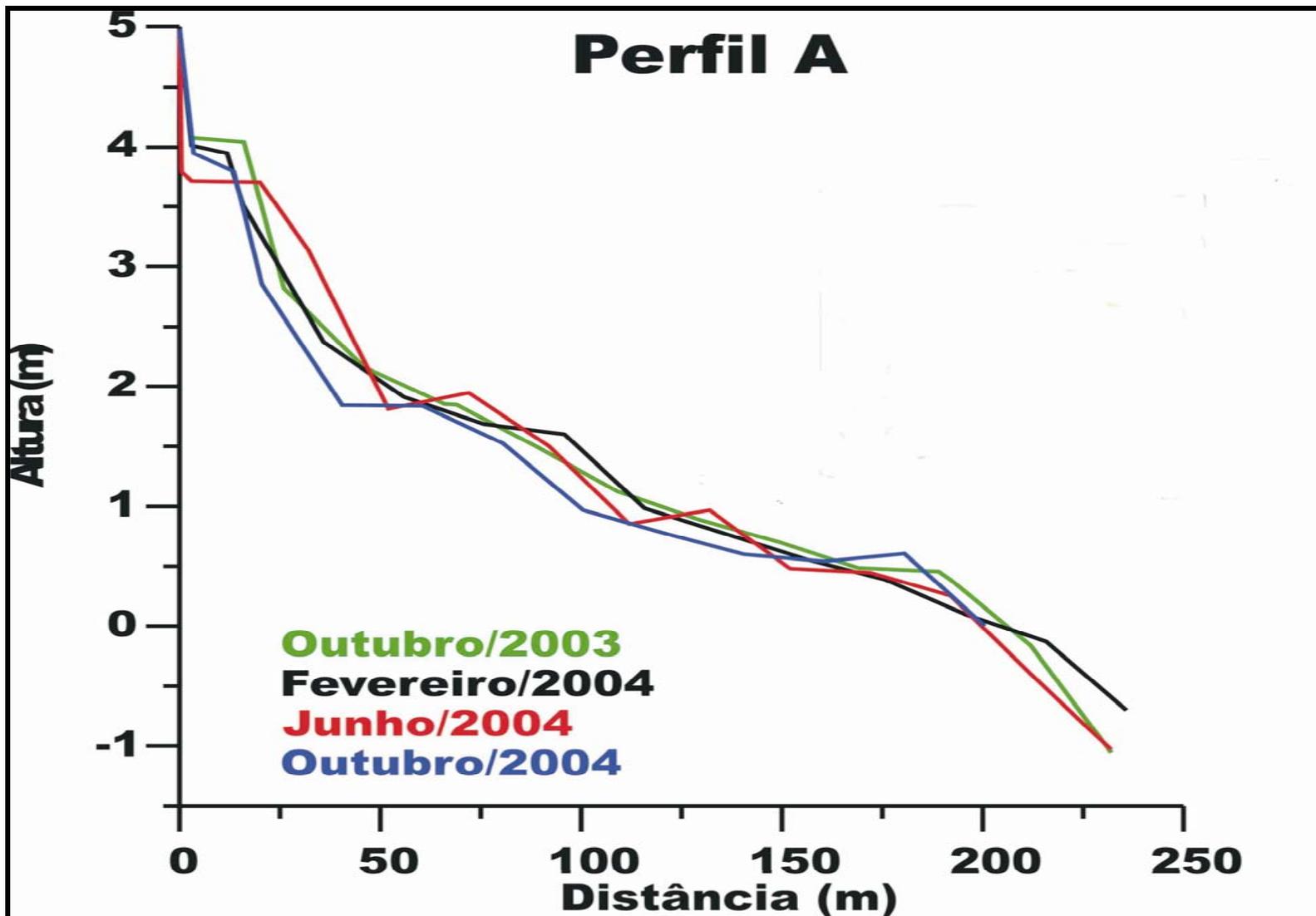
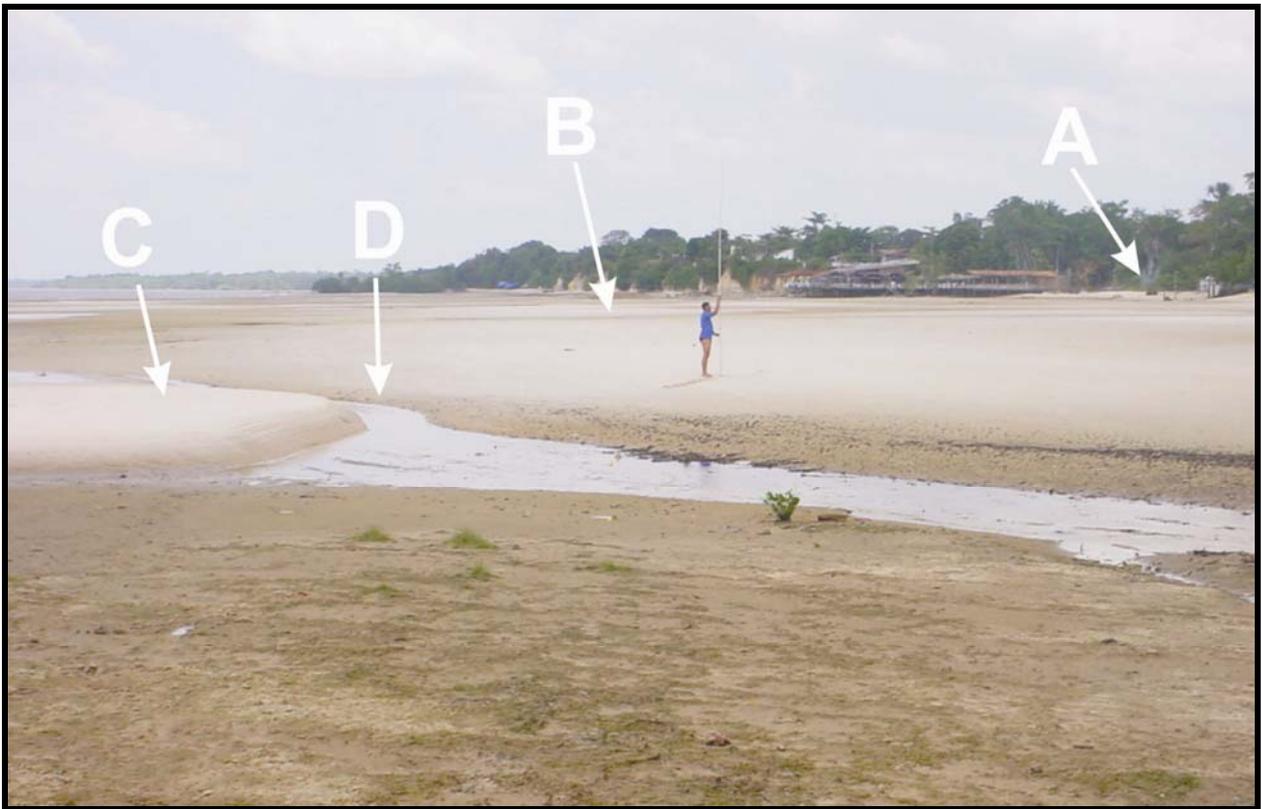


Figura 32– Envelope dos perfis no período Outubro/2003 a Outubro/2004 no Perfil A da Praia do Amor.



**Figura 33–Zona de intermaré superior (A), zona de intermaré média (B) e sistema de crista (C) e calha (D) no Perfil A da Praia do Amor. Junho/2004 (Foto do Autor).**

No período chuvoso (02/2004), o perfil apresentou um intenso recuo na escarpa de praia em cerca de 4m, esta erosão acarretou uma diminuição de volume sedimentar neste trecho de  $4,51\text{m}^3/\text{m}$ . Esse material erodido da escarpa depositou-se na zona de intermaré média, na forma de um banco arenoso a cerca de 112m do início do perfil, e apresentou, neste local, variação de volume sedimentar positiva, em torno de  $4,02\text{m}^3/\text{m}$ . A variação de volume sedimentar entre estes dois perfis (10/2003 e 02/2004) causou uma diminuição em torno de  $11,81\text{m}^3/\text{m}$ .

No período de transição (06/2004), o perfil apresentou uma recuperação da escarpa de praia no início do perfil, observando acumulação arenosa na base desta escarpa, o mesmo ocorrendo com a zona de intermaré superior, possibilitando, então, um aumento da variação do volume sedimentar de  $12,45\text{m}^3/\text{m}$ .

Observou-se, também, um avanço de dois bancos arenosos, na zona de intermaré média, em direção à zona de intermaré superior, aproximadamente, 85 e 140m do início do perfil, que ocasionaram aumento do volume sedimentar de  $2,91$  e  $1,61\text{m}^3/\text{m}$ , respectivamente, formando com essas deposições, as cristas arenosas que aparecem neste perfil.

Estas cristas fazem parte, também, do desenvolvimento de dois sistemas de crista e calha entre 120 e 160m, em relação ao início do perfil, cujas calhas ocasionaram diminuição do volume sedimentar de 5,85 e 1,46m<sup>3</sup>/m, respectivamente. A variação sedimentar entre os perfis (02/2004 e 06/2004) foi em torno de 5,33m<sup>3</sup>/m, aumentando seu volume.

No período seco (10/2004), o perfil apresentou um recuo da escarpa para 15m à partir do início do perfil, o que possibilitou uma diminuição do volume sedimentar de 23,32m<sup>3</sup>/m, observa-se, também, a manutenção do sistema de crista e calha observado no perfil anterior, porém, deslocado para cerca de 200m do início do perfil. Entre os perfis de 06/2004 e 10/2004, houve uma diminuição do volume sedimentar em torno de 30,61m<sup>3</sup>/m.

A variação morfológica observada entre os dois extremos do período de coleta, 10/2003 e 10/2004, mostrou que houve diminuição do balanço sedimentar em torno de 37,15m<sup>3</sup>/m.

As variações morfológicas verticais nos perfis concentraram-se basicamente no campo de dunas frontais e zona de intermaré, chegando a valores de 0,75m. O prisma praial, os perfis máximo, médio e mínimo do perfil A estão representados nas Figuras 34 e 35.

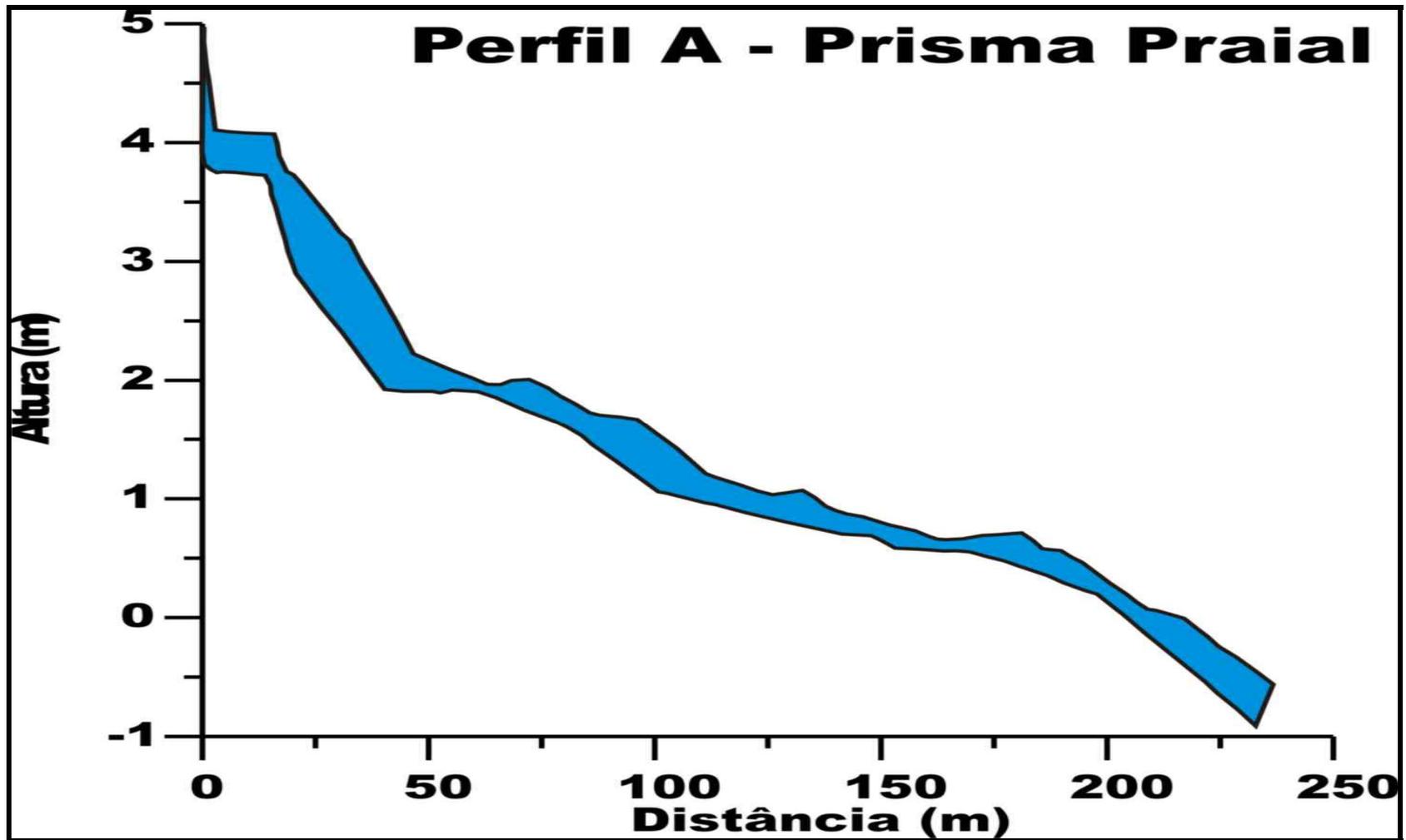


Figura 34 – Prisma praial do Perfil A da Praia do Amor.

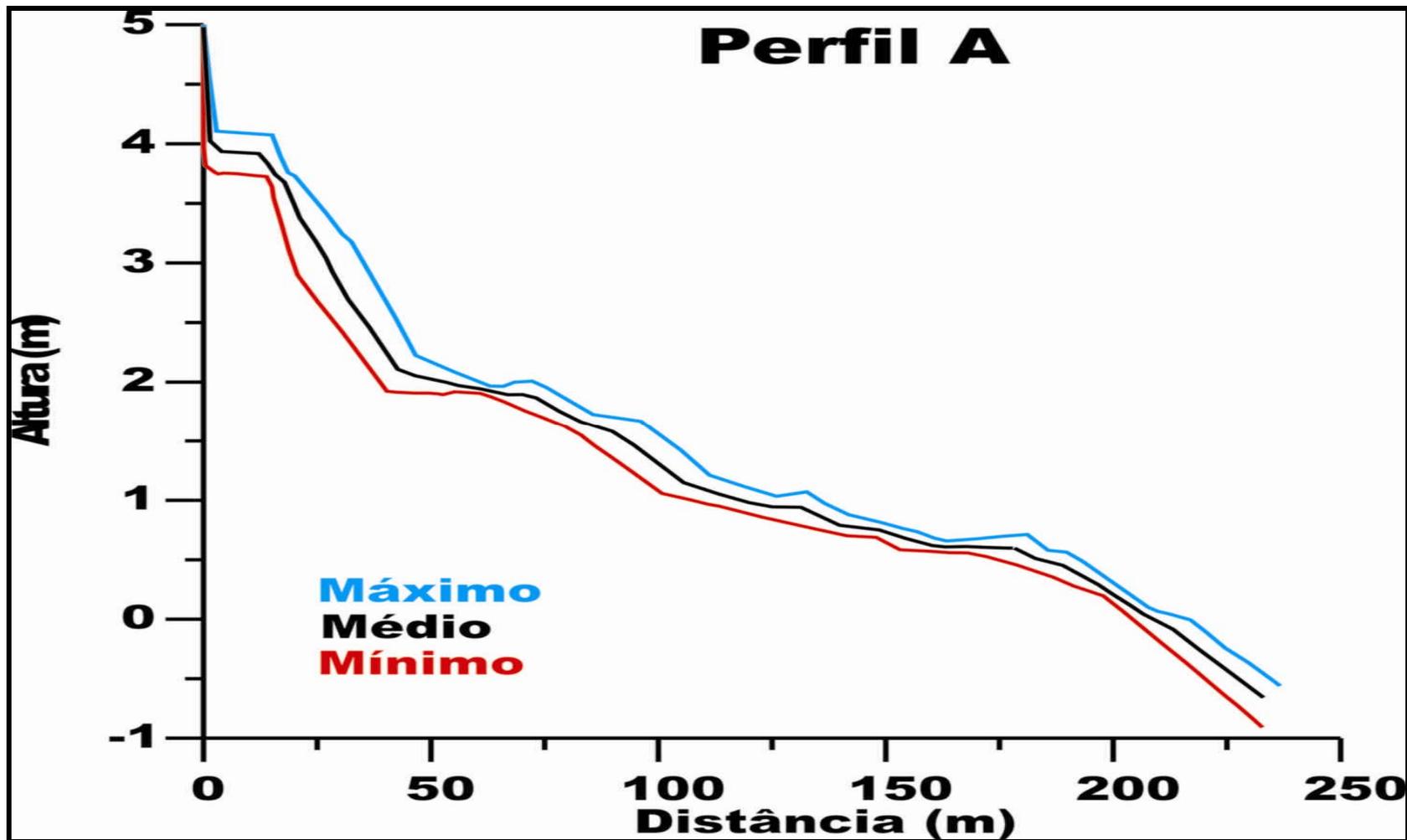
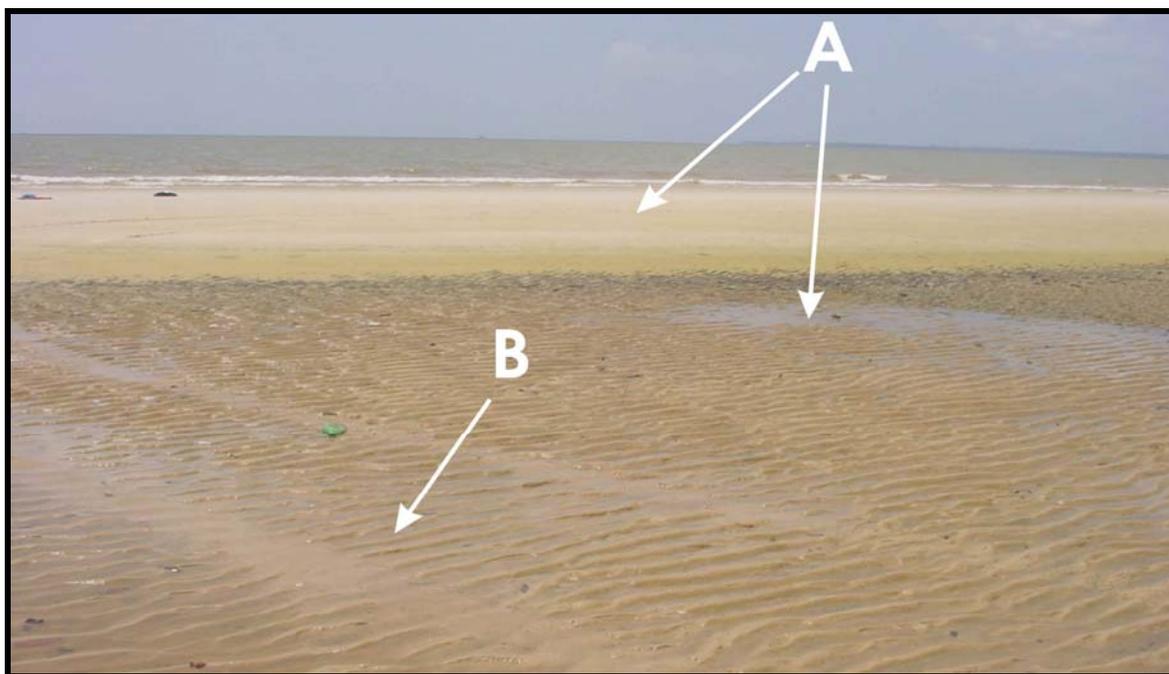


Figura 35 – Perfis máximo, médio e mínimo do Perfil A da Praia do Amor.

### 6.1.2–Perfil B

O perfil B apresenta uma estreita zona de supramaré caracterizada por uma berma praial de aproximadamente 27m de baixa declividade. A zona de intermaré caracteriza-se por apresentar 225m de extensão, onde ocorre um banco arenoso e calhas de 20 a 30cm de profundidade e seu gradiente é de 1:60 ( $\beta=0,95^\circ$ ), (Figuras 36 e 37).



**Figura 36–Sistema de crista e calha (A) no Perfil B da Praia do Amor. Notar a formação, na zona de intermaré, de marcas onduladas indicando fluxo de correntes (B), Junho/2004 (Foto do Autor).**

No período seco (10/2003), o perfil demonstrou um desenvolvimento da berma praial em torno de 23m e uma escarpa. Entre 100 e 140m observa-se um sistema de crista e calha ao longo da zona de intermaré média, limitado por um banco arenoso localizado entre 140 e 180m a partir do início do perfil na zona de supramaré.

No período chuvoso (02/2004), observou-se um recuo da escarpa praial em 3m, com diminuição do volume sedimentar em torno de  $2,06\text{m}^3/\text{m}$ , e um aplainamento do sistema de crista e calha, resultado da deposição de material erodido na zona de intermaré intermediária, com aumento do volume sedimentar em torno de  $2,97\text{m}^3/\text{m}$ . Houve diminuição do volume sedimentar entre estes dois períodos (10/2003 e 02/2004) em torno de  $42,04\text{m}^3/\text{m}$ .

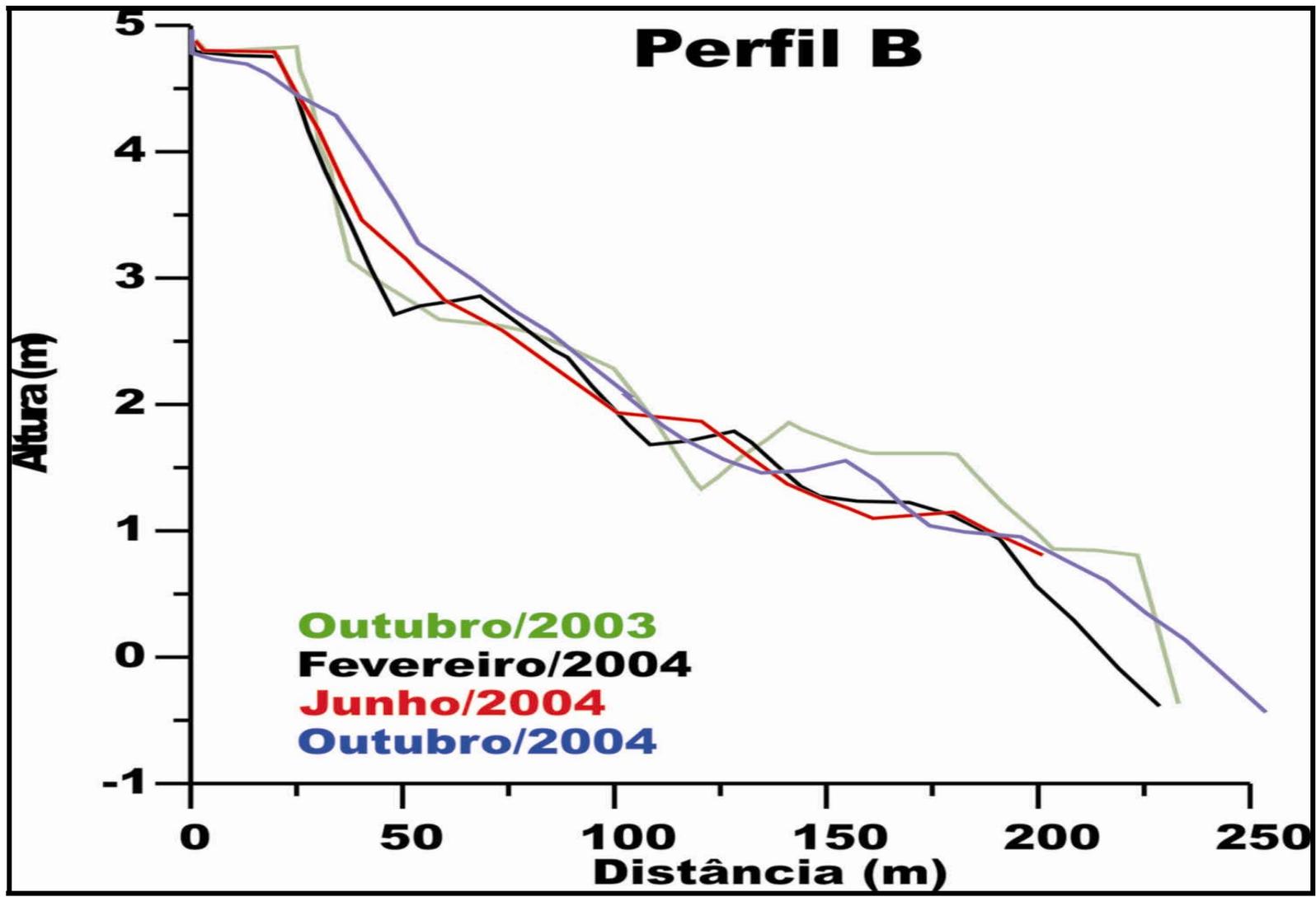


Figura 37 – Envelope dos perfis no período Outubro/2003 a Outubro/2004 no Perfil B da Praia do Amor.

No período de transição (06/2004), não houve recuperação de escarpa de praia, verificando-se apenas uma acumulação de material arenoso na zona de intermaré superior, às proximidades da escarpa. O sistema de crista e calha não foi observado neste perfil, pois a zona de intermaré apresentou-se plana, neste caso mostrando uma deposição nesta zona, na ordem de  $3,04\text{m}^3/\text{m}$ . A variação de volume sedimentar entre o perfil de Fevereiro/2004 e Junho/2004 apresentou aumento em torno de  $31,82\text{m}^3/\text{m}$ .

No perfil elaborado em 10/2004, verificou-se uma acumulação cada vez maior na zona de intermaré superior e a formação de um banco arenoso na zona de intermaré média, o que possibilitou um aumento do volume sedimentar de  $20,36\text{m}^3/\text{m}$ , a cerca de 100m do início do perfil. Houve uma diminuição do volume sedimentar entre os períodos (06/2004 e 10/2004) em torno de  $13,31\text{m}^3/\text{m}$ .

A variação morfológica observada entre os dois extremos do período de coleta (10/2003 e 10/2004), mostrou que houve uma diminuição do volume sedimentar em torno de  $3,10\text{m}^3/\text{m}$ .

As variações morfológicas verticais nos perfis se concentraram no campo de dunas frontais e zona de intermaré, com valores entre 0,75 e 1m. O prisma praial e os perfis máximo, médio e mínimo do perfil B são mostrados nas Figuras 38 e 39.

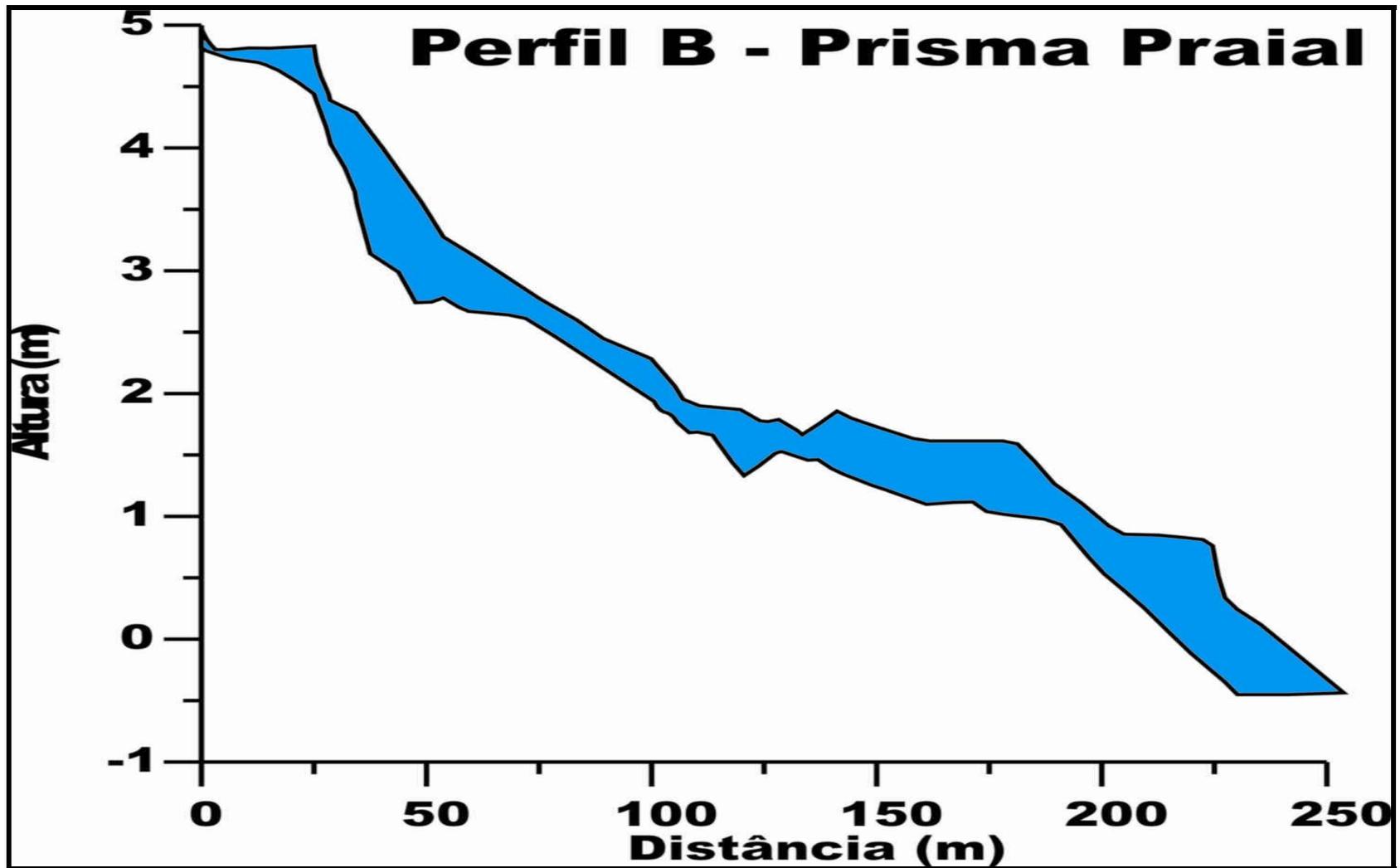


Figura 38 – Prisma praial do Perfil B da Praia do Amor.

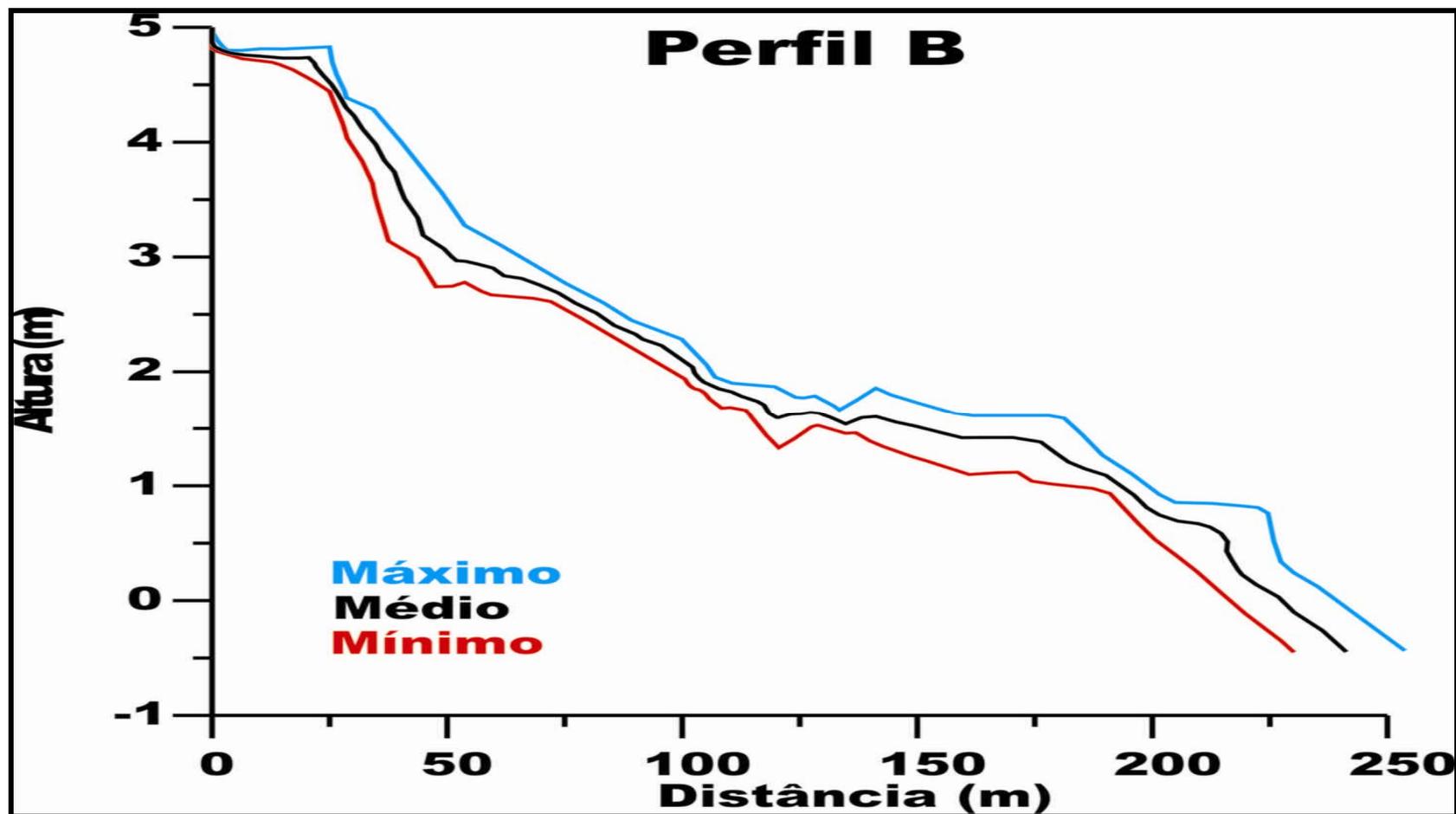
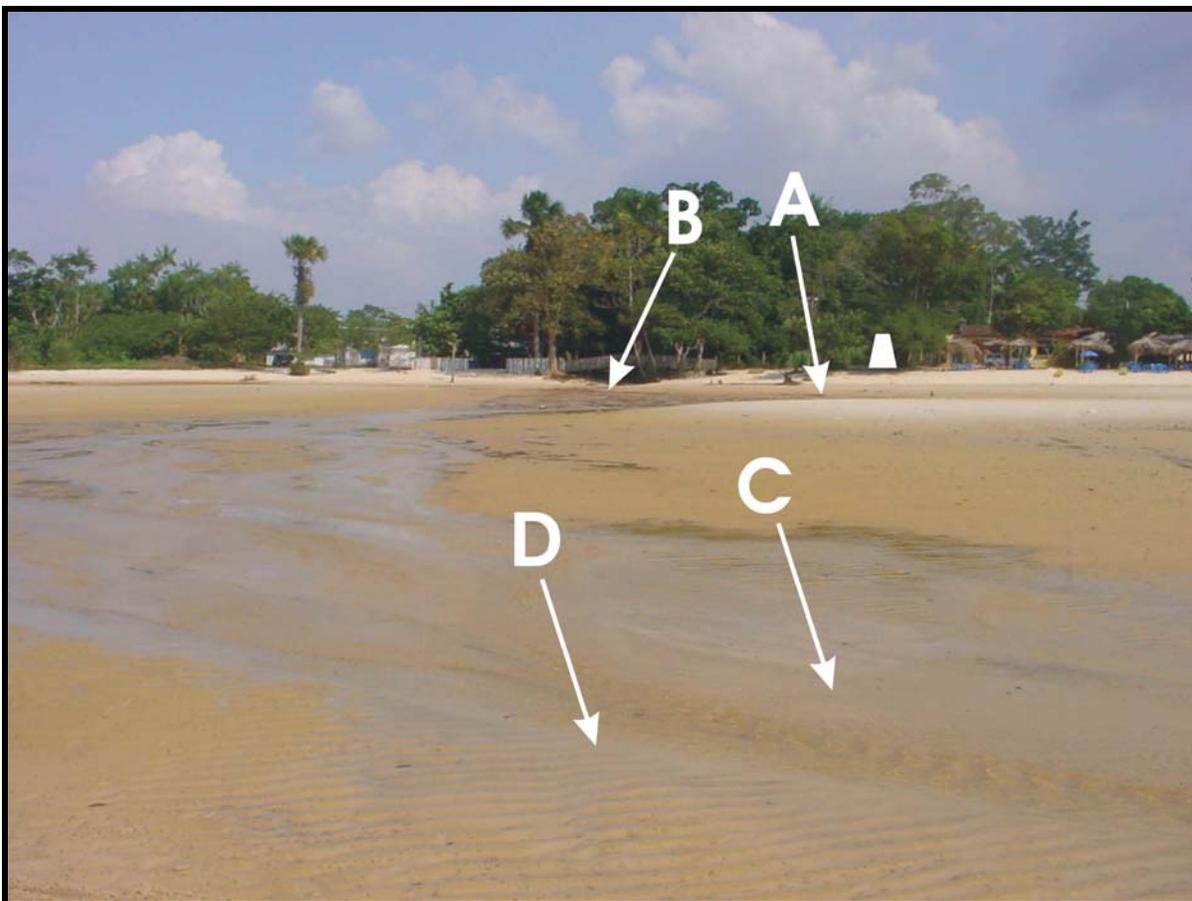


Figura 39 – Perfis máximo, médio e mínimo do Perfil B da Praia do Amor.

### 6.1.3–Perfil C

O perfil C apresenta uma estreita zona de supramaré caracterizada por uma berma praial de aproximadamente 20m de baixa declividade. A zona de intermaré caracteriza-se por apresentar 205m de extensão, onde ocorre um banco arenoso e calhas de 20 a 30cm de profundidade e de gradiente 1:78 ( $\text{tg}\beta=0,75^\circ$ ), é margeado em sua lateral direita por um igarapé (Figuras 40 e 41).



**Figura 40–Sistema de crista e calha (A) juntando-se a um igarapé (B) no Perfil C (triângulo branco) na Praia do Amor. Notar que o fluxo da corrente (C) leva à formação de marcas onduladas (D), Junho/2004 (Foto do Autor).**

No período seco (10/2003), o perfil demonstrou uma grande acumulação arenosa na zona de intermaré superior, material este que foi erodido durante o segundo perfil, que foi levantado em Fevereiro/2004, onde, observou-se um recuo da escarpa em torno de 7 metros, cuja variação de volume sedimentar mostrou diminuição neste segmento de  $8,32\text{m}^3/\text{m}$ .

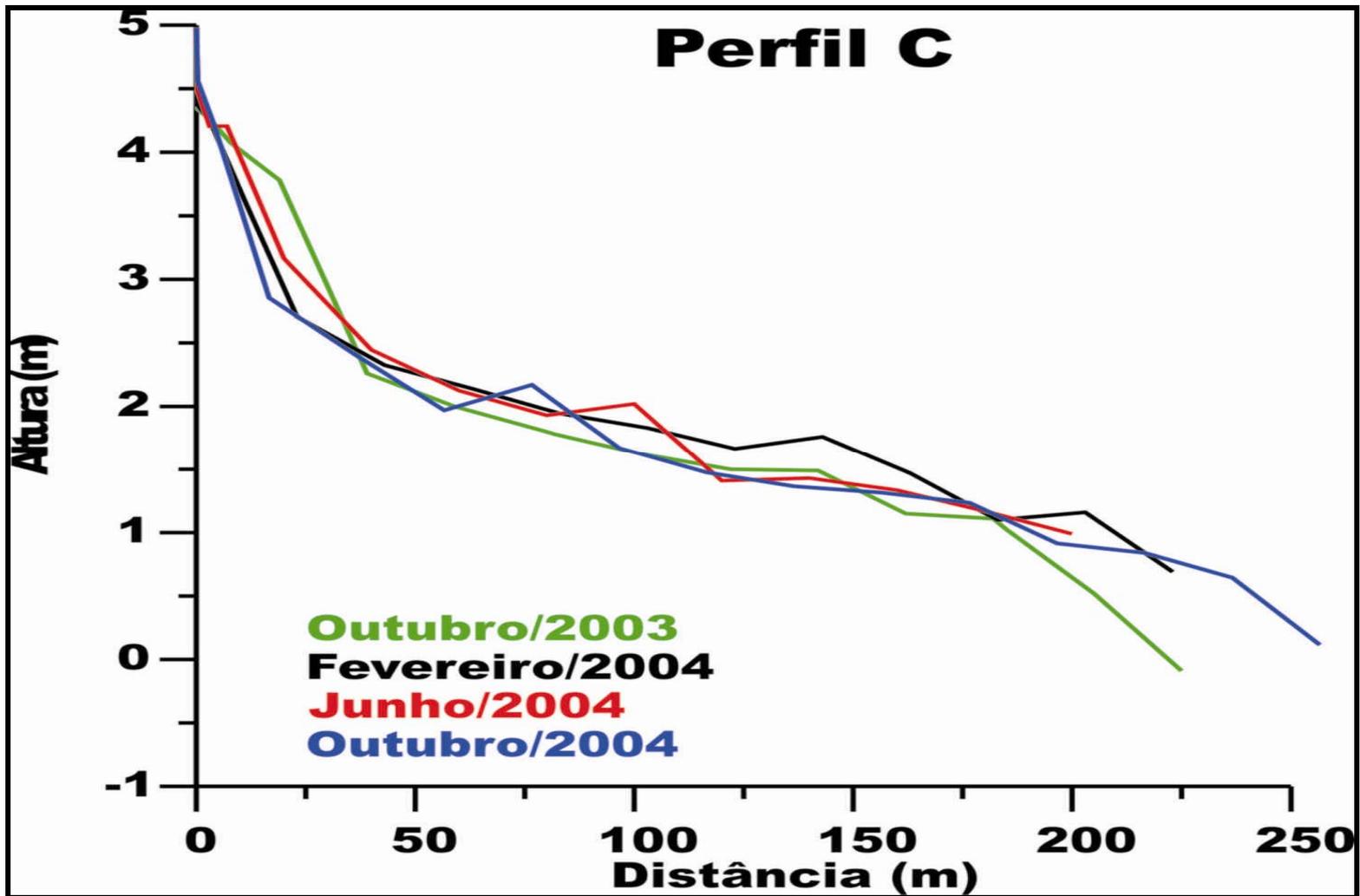


Figura 41 – Envelope dos perfis no período Outubro/2003 a Outubro/2004 no Perfil C da Praia do Amor.

Esse material erodido da zona de intermaré superior, depositou-se na zona de intermaré inferior, na forma de um banco arenoso de grande dimensão, localizado a 145m do início do perfil, que causou uma variação de volume sedimentar positiva em torno de  $48,14\text{m}^3/\text{m}$ . Houve diminuição do volume sedimentar entre os períodos de (10/2003 e 02/2004) de  $45,84\text{m}^3/\text{m}$ .

No período transicional (06/2004), observou-se a formação de uma berma logo no início do perfil, e também a recomposição de parte do material da zona de intermaré superior, com deposição arenosa neste trecho, que gerou um acúmulo de  $2,47\text{m}^3/\text{m}$ , além, do aparecimento de dois sistemas de crista e calha entre 86 e 170m, cujas calhas geraram variações negativas de 1,09 e  $14,57\text{m}^3/\text{m}$ , respectivamente. Houve aumento do volume sedimentar entre os períodos de 02/2004 e 06/2004 de  $14,62\text{m}^3/\text{m}$ .

No período seco (10/2004), observa-se uma intensa erosão na zona de intermaré superior, onde esse material erodido causou uma perda de material de cerca de  $15,11\text{m}^3/\text{m}$ . Parte deste material migrou para a zona de intermaré média, onde acumulou-se para formar um banco arenoso, de 85m de extensão, onde houve um ganho de material sedimentar de  $2,10\text{m}^3/\text{m}$ . A variação de volume sedimentar entre esses períodos (06/2004 e 10/2004) gerou uma diminuição em torno de  $38,99\text{m}^3/\text{m}$ .

A variação morfológica observada entre os dois extremos do período de coleta (10/2003 e 10/2004), mostrou que houve um aumento sedimentar em torno de  $19,12\text{m}^3/\text{m}$ . As variações verticais nos perfis se concentraram basicamente no campo de dunas frontais e zona de intermaré superior, com valores chegando entre 0,75 e 1,25m. O prisma praial, os perfis máximo, médio e mínimo do perfil C são mostrados nas Figuras 42 e 43.

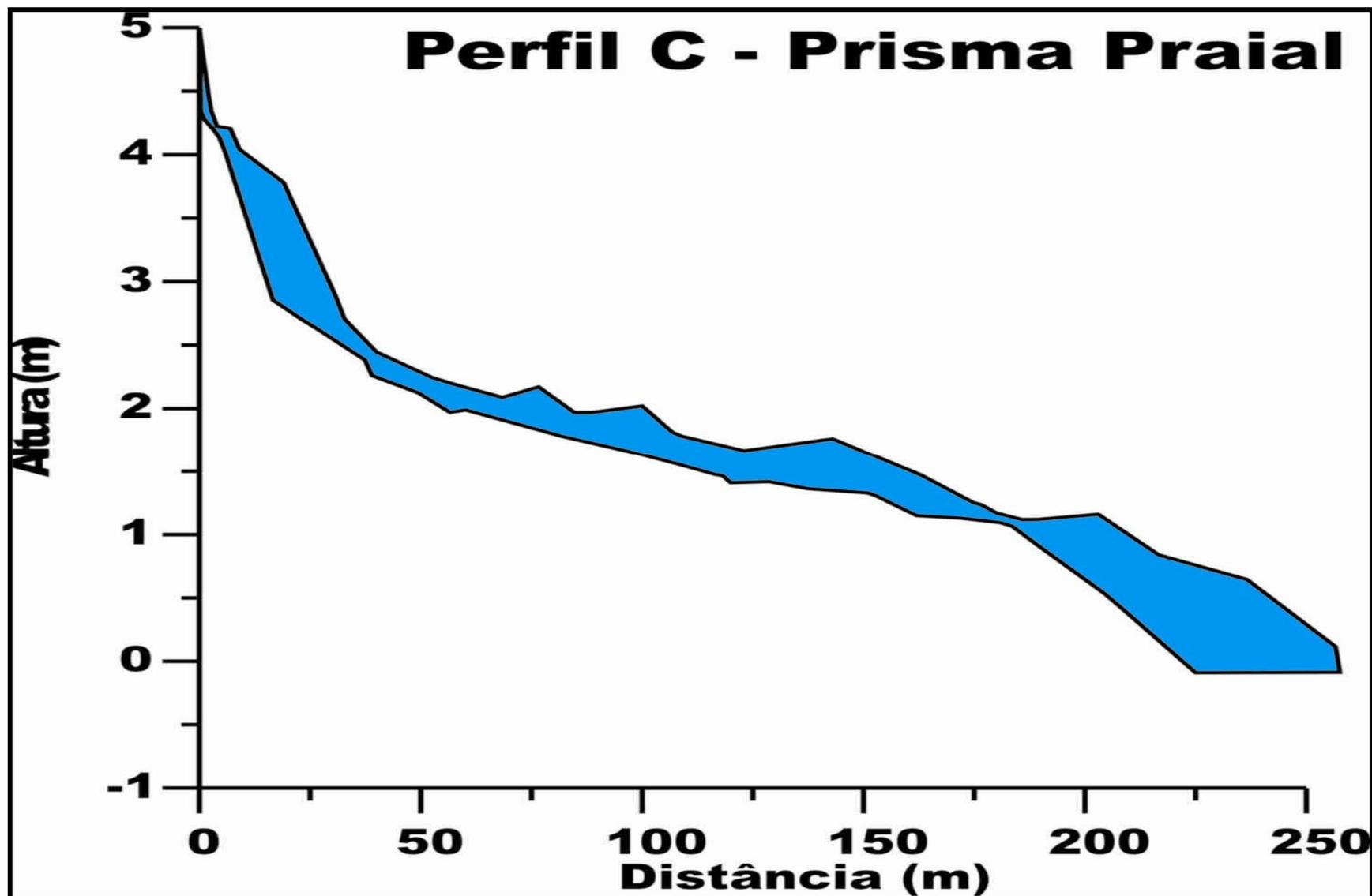


Figura 42–Prisma praial do Perfil C da Praia do Amor.

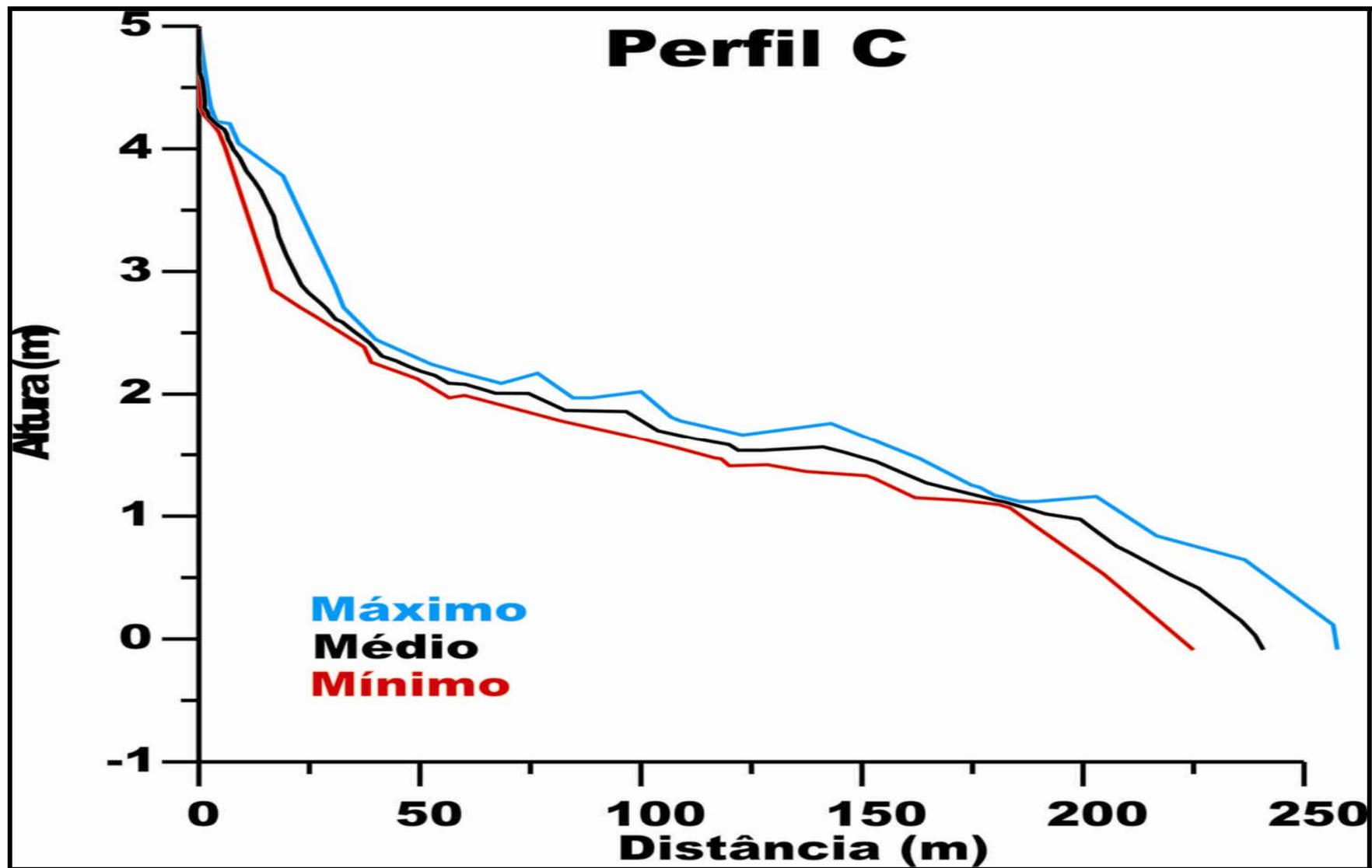


Figura 43–Perfis máximo, médio e mínimo do Perfil B da Praia do Amor.

## 6.2–PRAIA DOS ARTISTAS

Na praia do Amor foram realizados três perfis topográficos (A, B e C), dos quais foram extraídos os perfis médios dos períodos seco e chuvoso (Figura 44).

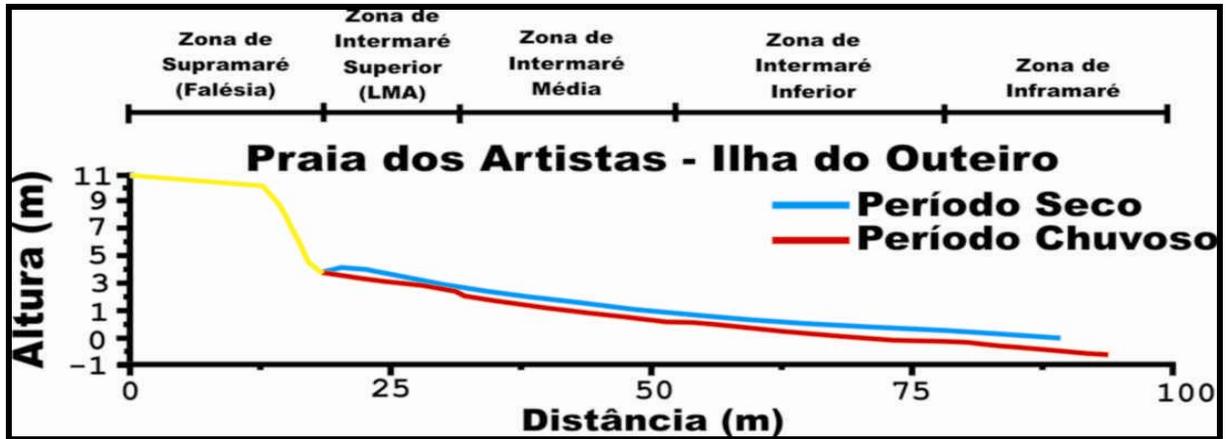


Figura 44—Perfis praias médios dos períodos seco (em azul) e chuvoso (em vermelho) para a Praia dos Artistas. Observar no perfil a falésia do Grupo Barreiras (em amarelo).

A praia dos Artistas tem as características de ambiente praias reflectivo, e apresenta uma zona de intermaré com declividade acentuada ( $\beta=5,5^\circ$ ) e zona de supramaré formada por falésias ativas (~8m) (Figuras 45 a 47).

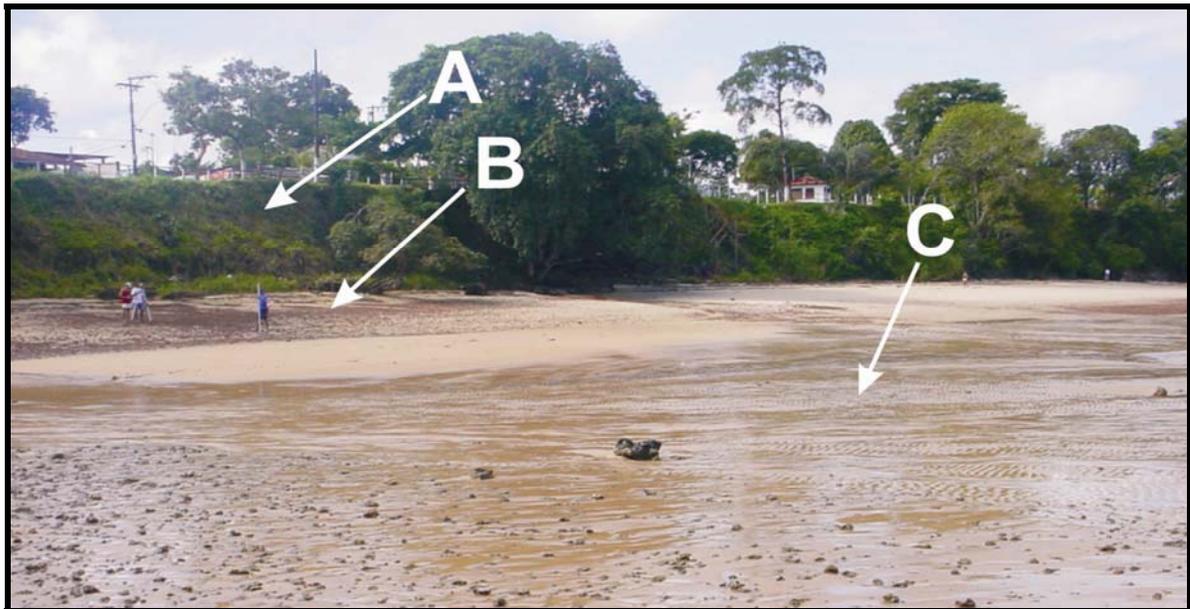


Figura 45—Falésia esculpida nos sedimentos do Grupo Barreiras bordejando a praia dos Artistas (A), sedimentos cascalhosos na linha de maré alta na zona de intermaré superior (B) e zona de intermaré média/inferior onde aflora o lençol freático. Praia dos Artistas. Junho/2004 (Foto do Autor).

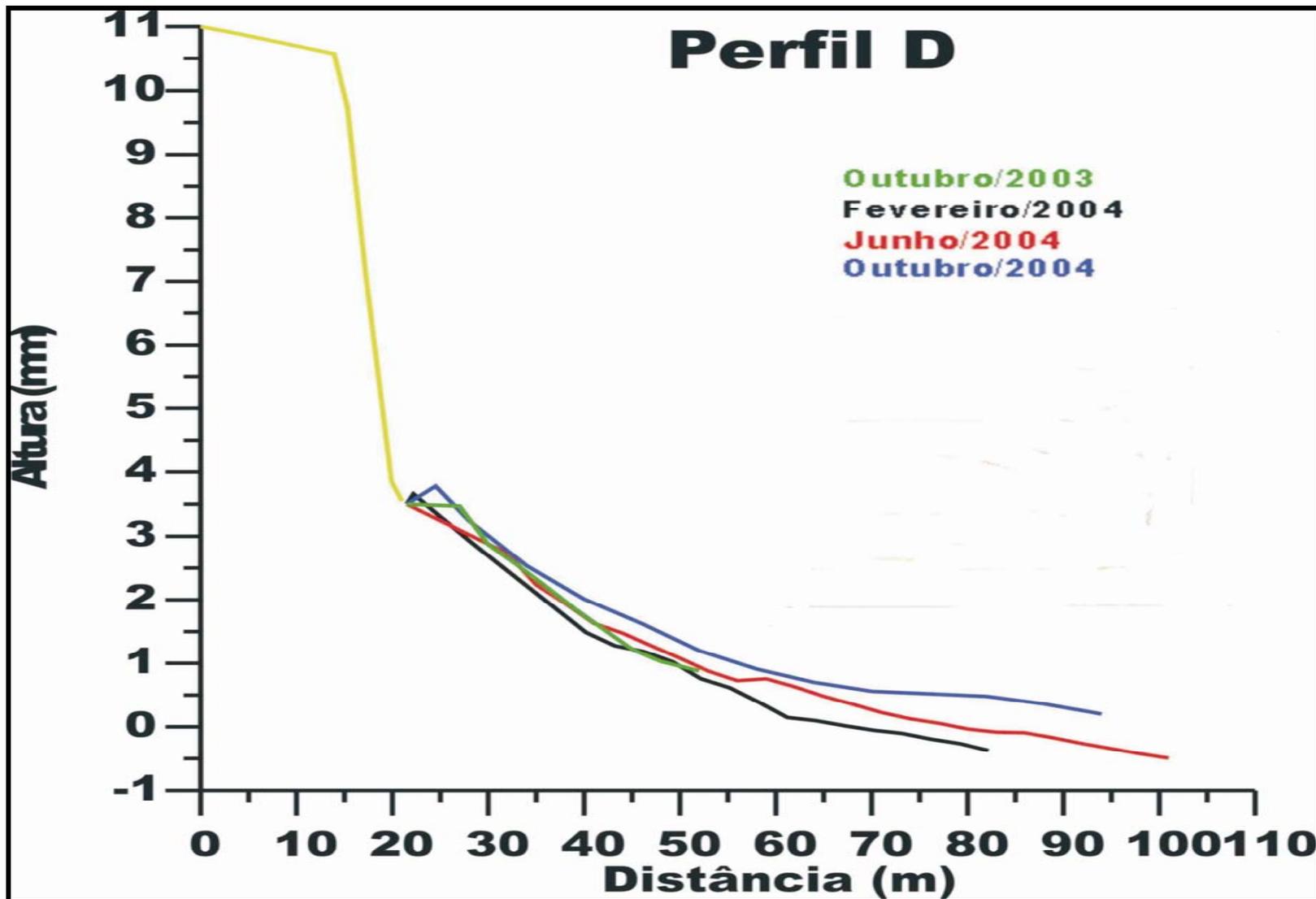


Figura 46 – Envelope dos perfis no período Outubro/2003 a Outubro/2004 no Perfil D da Praia do Amor.



**Figura 47–Falésia ativa às proximidades do Perfil D. Notar os blocos e fragmentos produzidos pela erosão das falésias na Praia dos Artistas. Junho/2004 (Foto do autor).**

No período seco (10/2003), o perfil mostrou a presença de uma berma praias proeminente seguida por um perfil íngreme, com zona de intermaré de alta declividade ( $\beta=5,5^\circ$ ), porém esta berma foi erodido durante o período chuvoso (02/2004), onde, observou-se um recuo da escarpa em torno de 2 metros, e o volume sedimentar diminuiu neste segmento, em  $4,54\text{m}^3/\text{m}$ .

Nos períodos de 10/2003 e 02/2004, esse processo erosivo ocasionado pela extração de areia da zona de intermaré, causou uma diminuição do volume sedimentar de  $9,58\text{m}^3/\text{m}$  entre estes dois períodos.

No período de transição (06/2004), apesar da ausência da berma praias, verificou-se a recomposição deste material arenoso, indicando um avanço do banco sobre a praia, que gerou um acúmulo na zona de intermaré média, da ordem de  $13,74\text{m}^3/\text{m}$ , mantendo porém a alta declividade. A variação de volume sedimentar entre os períodos de 02/2004 e 06/2004 apresentou um aumento de  $11,13\text{m}^3/\text{m}$ .

No período seco (10/2004), observa-se a formação da berma, logo após a base da falésia,

além de um aumento do material acumulado na zona de intermaré, correspondendo a um acúmulo de cerca de 25,99m<sup>3</sup>/m.

Esta grande movimentação de areia na zona de intermaré, mostrou, claramente, que nesta praia, ocorre acréscimo de material arenoso, onde a variação morfológica observada entre os dois extremos dos períodos de coleta (10/2003 e 10/2004), mostrou que houve um aumento do volume sedimentar em torno de 21,45m<sup>3</sup>/m.

O prisma praial, os perfis máximo, médio e mínimo do perfil C são mostrados nas Figuras 42 e 43.

A praia dos Artistas possibilita é comparável a praias de baías crenuladas (*crenulate-bay*) (Finkelstein, 1982 apud Hoefel 1998), que apresentam feições como presença consecutiva de dois promontórios, uma enseada e fim tangencial, que podem ser extrapolados para baías similares como a Baía do Guajará.

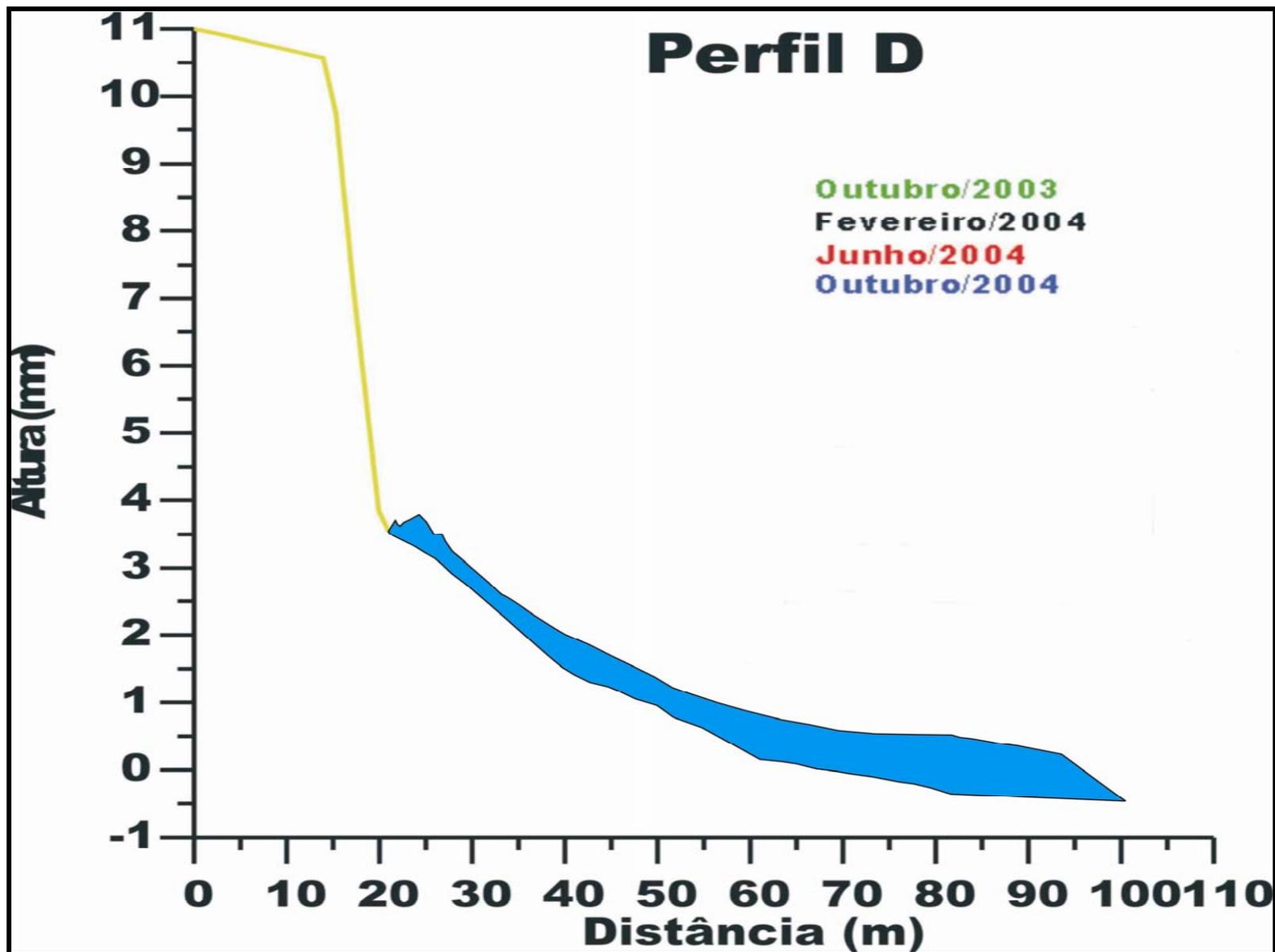


Figura 48–Prisma praial do Perfil C da Praia do Amor.

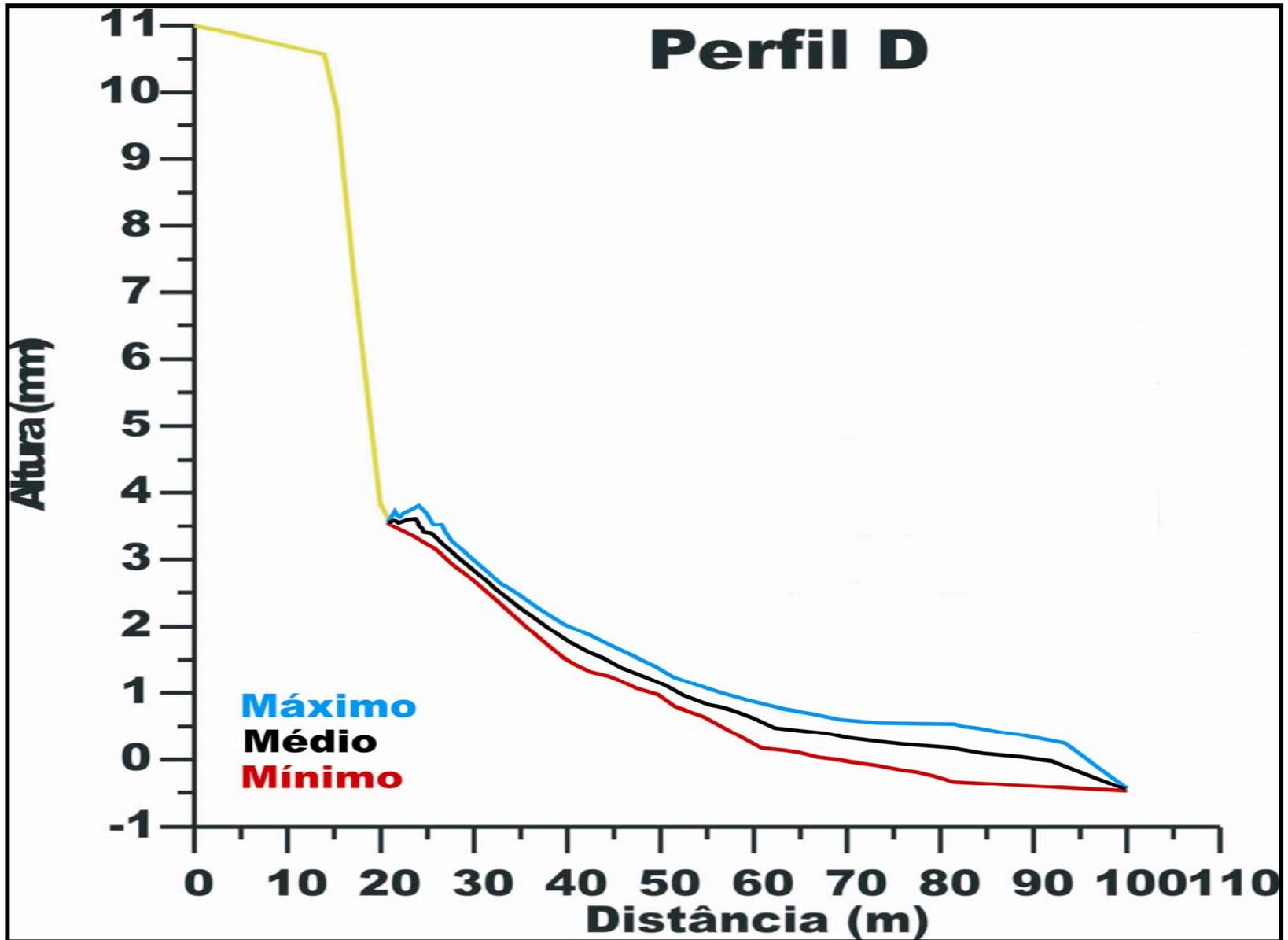


Figura 49–Prisma praial do Perfil C da Praia do Amor.

### 6.3–PARÂMETROS MORFODINÂMICOS

#### 6.3.1–Modelo de Dean (1977)

O parâmetro Velocidade de Decantação de Sedimentos  $\omega_s$  utilizado por Dean (1977), baseado na Equação 3, apresentou os seguintes resultados para as praias do Amor e dos Artistas (Tabelas 4 e 5).

**Tabela 4–Parâmetro velocidade de decantação dos sedimentos  $\omega_s$  para a praia do Amor.**

Meses	Tamanho médio do Grão (mm)	Velocidade de Decantação $\omega_s$ (cm/s)
<b>Out/2003</b>	0,275	3,38
<b>Fev/2004</b>	0,25	3,05
<b>Jun/2004</b>	0,2325	2,81
<b>Out/2004</b>	0,3	3,72

**Tabela 5–Parâmetro velocidade de decantação dos sedimentos  $\omega_s$  para a praia dos Artistas.**

Meses	Tamanho médio do Grão (mm)	Velocidade de Decantação $\omega_s$ (cm/s)
<b>Out/2003</b>	0,25	3,05
<b>Fev/2004</b>	0,175	2,05
<b>Jun/2004</b>	2	30
<b>Out/2004</b>	0,25	3,05

#### 6.3.2–Modelo de Wright & Short (1984)

O parâmetro  $\Omega$  de Wright & Short (1984), apresentou para a praia do Amor, valores que a posicionam no setor de praias intermediárias de Wright & Short (1984) (Tabela 6). Os valores observados estão variando entre 1,68 e 2,84, caracterizando, então, duas classificações morfodinâmicas: Terraço de Maré Baixa (valores 1,84 e 1,68 de Outubro/2003 e Outubro/2004, respectivamente) e Correntes de Retorno e Barras transversais (valores 2,62 e 2,84 de Fevereiro/2004 e Junho/2004, respectivamente).

**Tabela 6–Índices morfodinâmicos de Wright & Short (1984) para a praia do Amor.**

<b>Parâmetros</b>	<b>Out/2003</b>	<b>Fev/2004</b>	<b>Jun/2004</b>	<b>Out/2004</b>
<b>H<sub>b</sub></b>	0,5m	0,4m	0,4m	0,5m
<b>ω<sub>s</sub></b>	3,38	3,05	2,81	3,72
<b>T</b>	8 seg.	5 seg.	5 seg.	8 seg.
<b>Ω</b>	1,84	2,62	2,84	1,68
<b>Classificação Morfodinâmica</b>	Terraço de Maré Baixa	Correntes de Retorno e Barras transversais	Correntes de Retorno e Barras transversais	Terraço de Maré Baixa

O parâmetro  $\Omega$  de Wright & Short (1984), apresentou para a praia dos Artistas, valores que a posicionam, principalmente, no setor de praias intermediárias, porém ocorrendo um estágio reflectivo de Wright & Short (1984) (Tabela 7). Os valores observados estão variando entre 0,33 e 4,87, caracterizando, então, três classificações morfodinâmicas: Terraço de Maré Baixa (dois valores de 2,62 de Outubro/2003 e Outubro/2004), Banco e Calha Longitudinal (valor 4,87 de Fevereiro/2004) e Reflectiva (valor de 0,33 de Junho/2004).

**Tabela 7–Índices morfodinâmicos de Wright & Short (1984) para a praia dos Artistas.**

<b>Parâmetros</b>	<b>Out/2003</b>	<b>Fev/2004</b>	<b>Jun/2004</b>	<b>Out/2004</b>
<b>H<sub>b</sub></b>	0,4m	0,3m	0,3m	0,4m
<b>ω<sub>s</sub></b>	3,05	2,05	30	3,05
<b>T</b>	5 seg.	3 seg.	3 seg.	5 seg.
<b>Ω</b>	2,62	4,87	0,33	2,62
<b>Classificação Morfodinâmica</b>	Terraço de Maré Baixa	Banco e Calha Longitudinal	Reflectiva	Terraço de Maré Baixa

### **6.3.3–Modelo de Masselink & Short (1993)**

Os valores obtidos pelo modelo para praias de meso-macromarés de Masselink & Short (1993), caracterizaram a praia do Amor entre dois estágios: Reflectivo, onde apresentou os estágios Terraço de Maré Baixa (RTR = 7,1;  $\Omega$  = 1,84) em Outubro/2003, e Terraço de Maré Baixa e Correntes de Retorno (RTR = 6,5;  $\Omega$  = 1,68) em Outubro/2004, além dos estágios Intermediários de praia Ultradissipativa (RTR = 8,375;  $\Omega$  = 2,62) em Fevereiro/2004, e Barras e Correntes de Retorno de Maré Baixa (RTR = 6,875;  $\Omega$  = 2,84) em Junho/2004.

A Tabela 9 mostra os índices morfodinâmicos na Praia do Amor (Ilha de Caratateua).

**Tabela 8—Índices morfodinâmicos de Masselink & Short (1993) para a Praia do Amor.**

<b>Parâmetros</b>	<b>Out/2003</b>	<b>Fev/2004</b>	<b>Jun/2004</b>	<b>Out/2004</b>
<b>H<sub>b</sub></b>	0,5m	0,4m	0,4m	0,5m
<b>TR</b>	3,55	3,35	2,75	3,25
<b>Ω</b>	1,84	2,62	2,84	1,68
<b>RTR</b>	7,1	8,375	6,875	6,5
<b>Classificação Morfodinâmica</b>	Terraço de Maré Baixa	Ultradissipativa	Barras e Correntes de Retorno de Maré Baixa	Terraço de Maré Baixa e Correntes de Retorno

Os valores obtidos pelo modelo para praias de meso-macromarés de Masselink & Short (1993), caracterizaram a praia dos Artistas entre dois estágios: Intermediário com praia Ultradissipativa, que é o estágio mais recorrente, ocorrendo em Outubro de 2003 (RTR = 8,875; Ω = 2,62), Fevereiro/2004 (RTR = 11,16; Ω = 4,87) e em Outubro/2004 (RTR = 8,125; Ω = 2,62), além do estágio Intermediário de Terraço de Maré Baixa (RTR = 9,1 Ω = 0,33) em Junho/2004.

A Tabela 9 mostra os índices morfodinâmicos na Praia dos Artistas (Ilha de Caratateua).

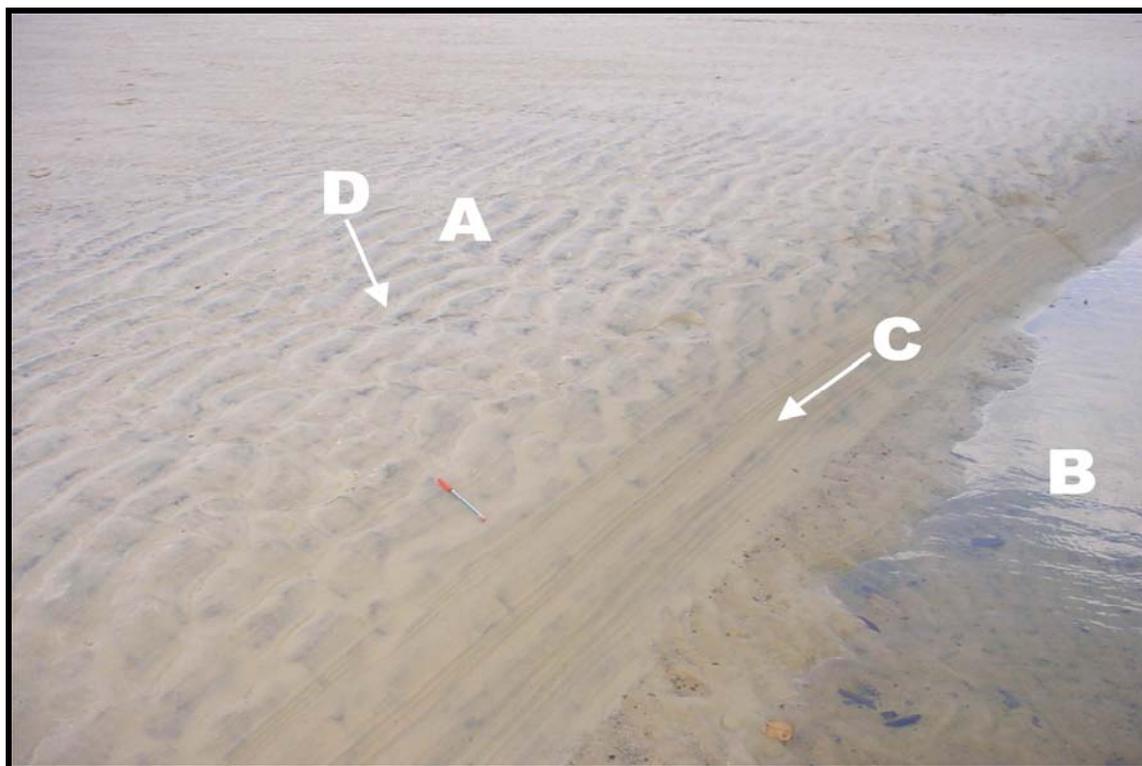
**Tabela 9—Índices morfodinâmicos de Masselink & Short (1993) para a Praia dos Artistas.**

<b>Parâmetros</b>	<b>Out/2003</b>	<b>Fev/2004</b>	<b>Jun/2004</b>	<b>Out/2004</b>
<b>H<sub>b</sub></b>	0,4m	0,3m	0,3m	0,4m
<b>TR</b>	3,55	3,35	2,75	3,25
<b>Ω</b>	2,62	4,87	0,33	2,62
<b>RTR</b>	8,875	11,16	9,1	8,125
<b>Classificação Morfodinâmica</b>	Ultradissipativa	Ultradissipativa	Terraço de Maré Baixa	Ultradissipativa

## 7-VARIABILIDADE SEDIMENTAR DAS PRAIAS ESTUARINAS DA ILHA DE CARATATEUA

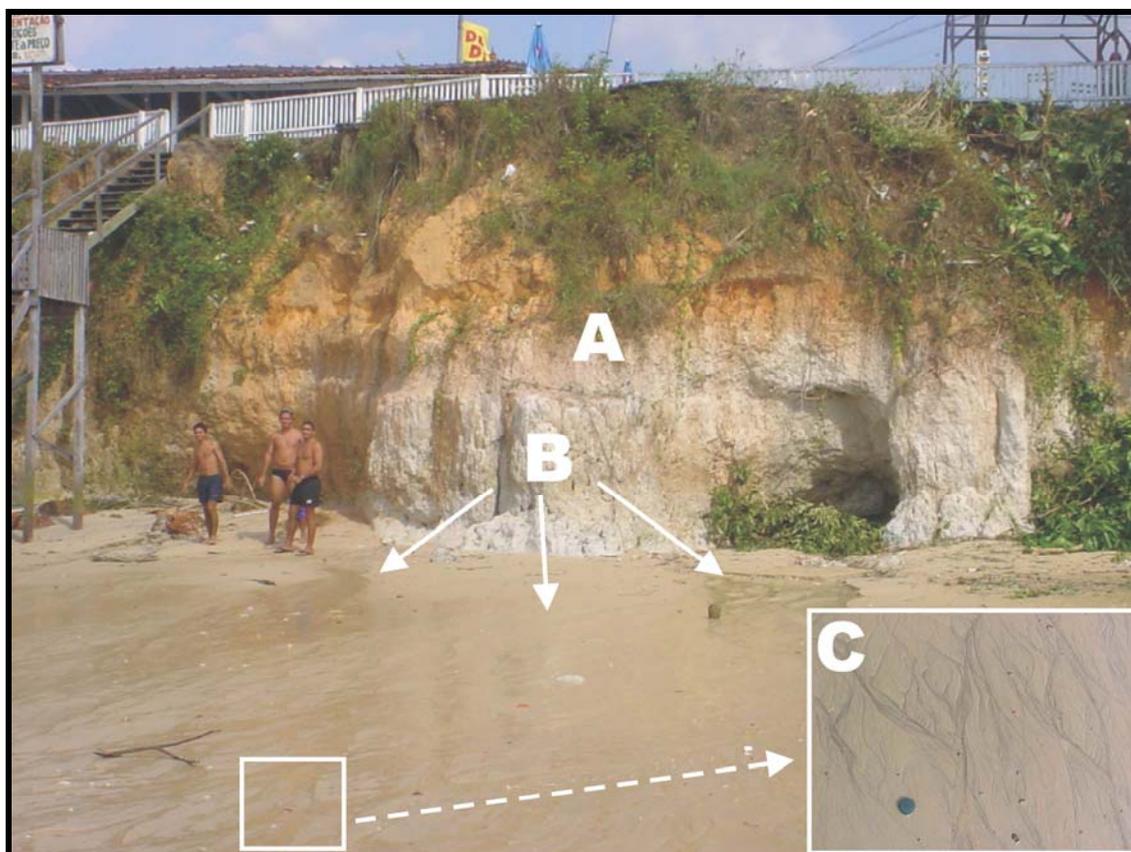
### 7.1-FEIÇÕES SEDIMENTARES DEPOSICIONAIS

As estruturas sedimentares desenvolvidas na praia do Amor, cuja granulometria varia de areia fina a média, e na praia dos Artistas, cuja granulometria varia de areia média a muito grossa, são resultantes da predominância de parâmetros de maré (amplitude e correntes associadas), ondas e ventos. Desta forma, a superfície praial exhibe várias feições deposicionais: bancos arenosos, calhas, marcas onduladas (“*ripple marks*”), marcas de espraiamento (“*swash marks*”), marcas de escorrimento (“*rill marks*”) e rastros de organismos, em resposta à ação destes agentes. Uma das feições características da praia, são os sistemas de crista e calha (“*ridge and runnel*”) (Figuras 50) que ocorrem na zona de intermaré média na praia do Amor. As calhas (“*runnels*”) estão dispostas paralelas à linha de costa. Uma feição característica tanto do leito dessas calhas, quanto da superfície das cristas do banco arenoso, são as marcas onduladas.



**Figura 50 – Sistema de crista (A) e calha (B) localizado na zona de intermaré média da Praia do Amor. Observar estratificação plano-paralela (C) e marcas onduladas (D) que ocorrem no banco arenoso, Junho/2004 (Foto do Autor).**

Durante o período chuvoso, os sedimentos areno-argilosos das falésias (Grupo Barreiras) (Figura 47), acumulam águas das chuvas por infiltração, desta forma, o nível do lençol freático (“*water table*”) sobe, e, quando está mais alto, vez por outra, aflora na zona de intermaré superior/média, por onde a água escoar, causando a formação de marcas de escoamento (“*rill marks*”) (Figura 51).



**Figura 51 – Praia do Amor: Falésias esculpidas nos sedimentos areno-argilosos do Grupo Barreiras (A), que acumulam águas das chuvas por infiltração. Na praia, o lençol freático aflora (B), na zona de intermaré superior/média, onde há a formação de marcas de escoamento (“*rill marks*”) (C), Fevereiro/2004 (Foto do Autor).**

As marcas onduladas são estruturas sedimentares importantes e fornecem informações à respeito do topo e base da camada sedimentar, bem como da direção e sentido da corrente e do nível de energia atuante. São de diversos tamanhos e formatos, dependendo do agente de transporte, do nível de energia, do tipo e do regime de fluxo. Na zona de intermaré média da praia do Amor, encontraram-se marcas de correntes em todos os levantamentos, e são produzidas pelos fluxos relacionados às marés e às ondas.

Apresentam linhas de crista reta (Figura 52), linguóide ou sinuosa, sendo que, as linhas de crista reta estão orientadas na direção NE-SW, perpendicular ao movimento, a migração destas camadas produz cristas com laminações plano-paralelas, e segundo um corte paralelo ao sentido da corrente, as cristas apresentam-se simétricas, indicando fluxo bidirecional de igual intensidade no movimento de ida e volta da corrente.



**Figura 52–Marcas onduladas localizadas na zona de intermaré média da praia do Amor, Junho/2004 (Foto do Autor).**

Em outras situações, observam-se marcas de correntes com linhas de crista sinuosa ou linguóide, que produzem cristas assimétricas com estratificações cruzadas, que podem indicar fluxo bidirecional, com intensidades diferentes entre os movimentos de ida e vinda das correntes, assim como podem indicar também apenas um fluxo unidirecional (Figura 53).



**Figura 53–Marcas onduladas de fluxo bidirecional localizada na zona de intermaré média da praia do Amor, Junho/2004 (Foto do Autor).**

## 7.2–PARÂMETROS ESTATÍSTICOS

As distribuições granulométricas das amostras sedimentares foram classificadas de acordo com os parâmetros desenvolvidos por Folk e Ward (1957), os quais possibilitam através de suas interpretações, a caracterização do ambiente deposicional das praias estudadas. Os parâmetros utilizados foram: média, selecionamento, assimetria e curtose. A mediana apresentou valores semelhantes aos da média e por essa razão, não foi apresentada. Os valores da média e do selecionamento são bastante utilizados nos trabalhos envolvendo sedimentologia, os demais também possuem grande relevância, mas, alguns autores abdicam de seus usos.

A média ( $M_z$ ) é o parâmetro granulométrico que indica a tendência central do tamanho médio dos grãos de um dado sedimento (Tabela 10), a mediana ( $M_d$ ), o diâmetro à partir do qual a distribuição pode ser dividida em duas metades ( $\phi$  a 50%), e a moda representa o diâmetro mais frequente. Segundo Sahu (1964), o tamanho médio do grão, fornece dados sobre a energia cinética média do agente de deposição, embora a mesma seja, também, dependente da distribuição do tamanho do grão dos materiais disponíveis na fonte.

**Tabela 10–Classificação de uma amostra baseada no tamanho médio do grão**

<b>Classificação</b>	<b>Diâmetro (<math>\phi</math>)</b>
Grânulos	-2 a -1
Areia muito grossa	-1 a 0
Areia grossa	0 a 1
Areia média	1 a 2
Areia fina	2 a 3
Areia muito fina	3 a 4
Silte	4 a 8
Argila	> 8

**Fonte: Wentworth (1922 *apud* Bentes, 1998).**

O selecionamento (desvio padrão) mede o grau de uniformidade (seleção) de um sedimento, indicando o grau de dispersão em torno da média (Tabela 11), as flutuações do nível energético do agente deposicional, além da sua capacidade de classificar os materiais mobilizados. Entretanto, se não houver uma disponibilidade da área fonte, em fornecer diferentes tamanhos de grão ao agente de deposição, as diferenças energéticas do meio não serão retratadas no material acumulado, demonstrando que a distribuição de tamanho dos materiais da área fonte influencia, de certo modo, o grau de seleção dos sedimentos depositados em um dado ambiente (Sahu, 1964). Friedman (1962) estabeleceu o intervalo de  $0,35\phi$  a  $0,50\phi$  para a faixa de distribuição das areias de praia bem selecionadas. Nordström (1977), por sua vez, caracterizou que valores de selecionamento no intervalo entre  $0,37\phi$  e  $0,48\phi$ , representam sedimentos de praias com níveis de energia alta a moderada.

**Tabela 11–Grau de selecionamento de uma amostra à partir do desvio padrão.**

<b>Classificação</b>	<b>Diâmetro (<math>\phi</math>)</b>
Muito bem selecionado	< 0,35
Bem selecionado	0,35 a 0,5
Moderadamente bem selecionado	0,5 a 0,71
Moderadamente selecionado	0,71 a 1,0
Mal selecionado	1,0 a 2,0
Muito mal selecionado	2,0 a 4,0
Extremamente mal selecionado	> 4,0

**Fonte: Folk e Ward (1957).**

A assimetria (Ski) de uma distribuição granulométrica traduz a posição da mediana (Md) em relação à média (Mz) (Tabela 12). Em sedimento, com predominância de material fino sobre o grosseiro, a assimetria é positiva, mostrando que o tamanho médio é menor que a mediana. A mais defendida utilização da assimetria como parâmetro estatístico sensível aos processos sedimentares é sua característica de apresentar predominância de valores negativos nos sedimentos da face praial (Mason e Folk, 1958; Duane, 1964; Folk, 1966; entre outros, *apud* Alves, 2002); Friedman, 1962. Todavia, vários são os autores que não encontraram resultados significativos nesse sentido Shepard & Young (1961); Bigarella e Popp (1966); entre outros (*apud* Alves *op cit*).

**Tabela 12–Grau de assimetria de uma amostra.**

<b>Classificação</b>	<b>Diâmetro (<math>\phi</math>)</b>
Muito negativa	-1,0 a -0,3
Negativa	-0,3 a -0,1
Simétrica	-0,1 a 0,1
Positiva	0,1 a 0,3
Muito Positiva	0,3 a 1,0

**Fonte: Folk e Ward (1957).**

A curtose relaciona medidas de selecionamento das porções central e extrema da curva de distribuição granulométrica (Tabela 13). Tem sido amplamente estudada e relacionada com sucesso ao nível de energia das ondas (Alves, 2001), ou ao nível de energia do ambiente deposicional, sendo inversamente proporcionais. Os valores altos de curtose indicam uma diminuição no nível de energia das ondas, e os valores baixos de curtose, indicam um aumento no nível de energia das ondas.

**Tabela 13–Limite para classificação da curtose de uma amostra (Folk e Ward, 1957).**

<b>Classificação</b>	<b>Diâmetro (<math>\phi</math>)</b>
Muito platicúrtica	< 0,67
Platicúrtica	0,67 a 0,90
Mesocúrtica	0,90 a 1,11
Leptocúrtica	1,11 a 1,50
Muito Leptocúrtica	1,50 a 3,0
Extremamente Leptocúrtica	> 3,0

**Fonte: Folk e Ward (1957).**

## **7.2.1–Praia do Amor**

### **7.2.1.1–Média (Mz):**

No período seco (10/2003), verificou-se a distribuição dos valores da Mz, em um intervalo entre 0,7φ e 3,2φ (Figuras 54 a 56), caracterizando heterogeneidade na distribuição de grãos, cujo valor médio foi de 1,95φ, onde na Linha de Maré Alta (LMA) atingiu 1,63φ, 1,5φ na Zona de Intermaré Média (ZIM) e 1,78φ na Zona de Intermaré Inferior (ZII) de médias, classificando-se como areia média (Figuras 54, 55 e 56) e (Tabela 10).

No período chuvoso (02/2004), a distribuição dos valores da Mz variou entre 1φ e 3,8φ (Figuras 54 a 56), mantendo a heterogeneidade, mas, demonstrando uma diminuição do tamanho médio dos grãos, cujo valor médio ficou em 2,4φ, onde na Linha de Maré Alta (LMA) atingiu 1,7φ, 1,61φ na Zona de Intermaré Média (ZIM) e 2,01φ na Zona de Intermaré Inferior (ZII) de médias, classificando-se como areia média (Figuras 54, 55 e 56) e (Tabela 10).

No período de transição (06/2004), manteve-se a heterogeneidade dentro de um outro intervalo 0,2φ e 2,8φ (Figuras 54 a 56), com um valor médio de 1,5φ, onde na Linha de Maré Alta (LMA) atingiu 1,73φ, 1,83φ na Zona de Intermaré Média (ZIM) e 1,85φ na Zona de Intermaré Inferior (ZII) de médias, classificando-se como areia média (Figuras 54, 55 e 56) e (Tabela 10).

Durante o período seco de 2004 (outubro), observou-se que os grãos mantiveram-se no mesmo intervalo apresentado nas análises da primeira etapa de coleta (período seco - outubro de 2003), apresentando uma variação entre 0,8φ e 2,9φ (Figuras 54 a 56), e um valor médio de 1,85φ, onde na Linha de Maré Alta (LMA) atingiu 1,66φ, 1,75φ na Zona de Intermaré Média (ZIM) e 1,96φ na Zona de Intermaré Inferior (ZII) de médias, classificando-se como areia média (Figuras 54, 55 e 56) e (Tabela 10).

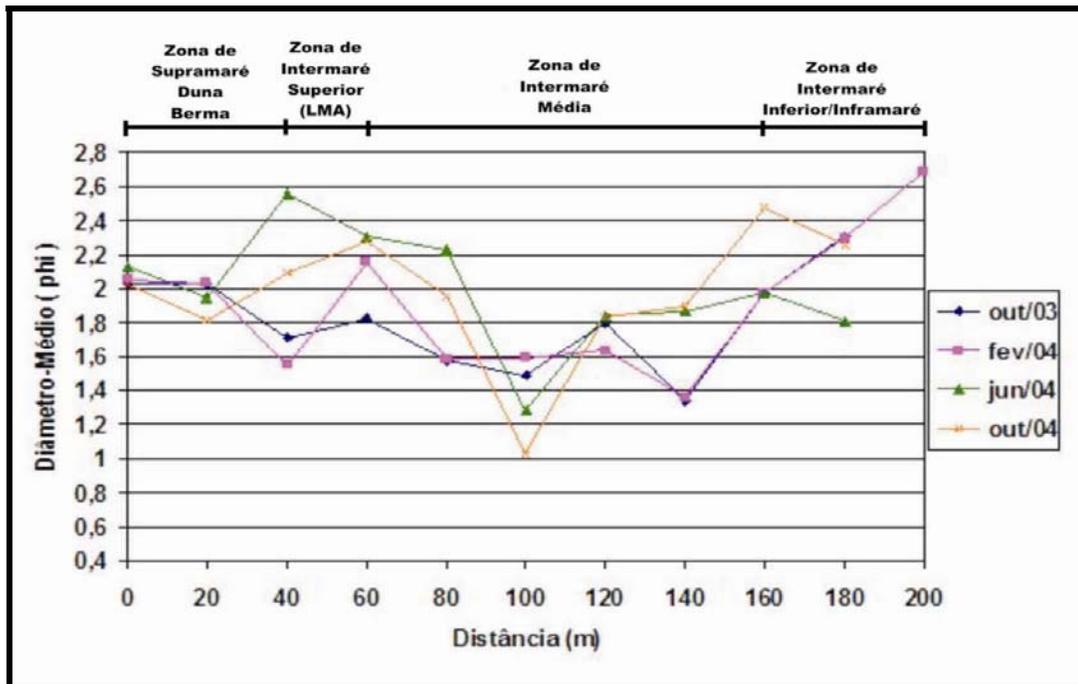


Figura 54–Valores da Média (Mz) na Praia do Amor no Perfil A.

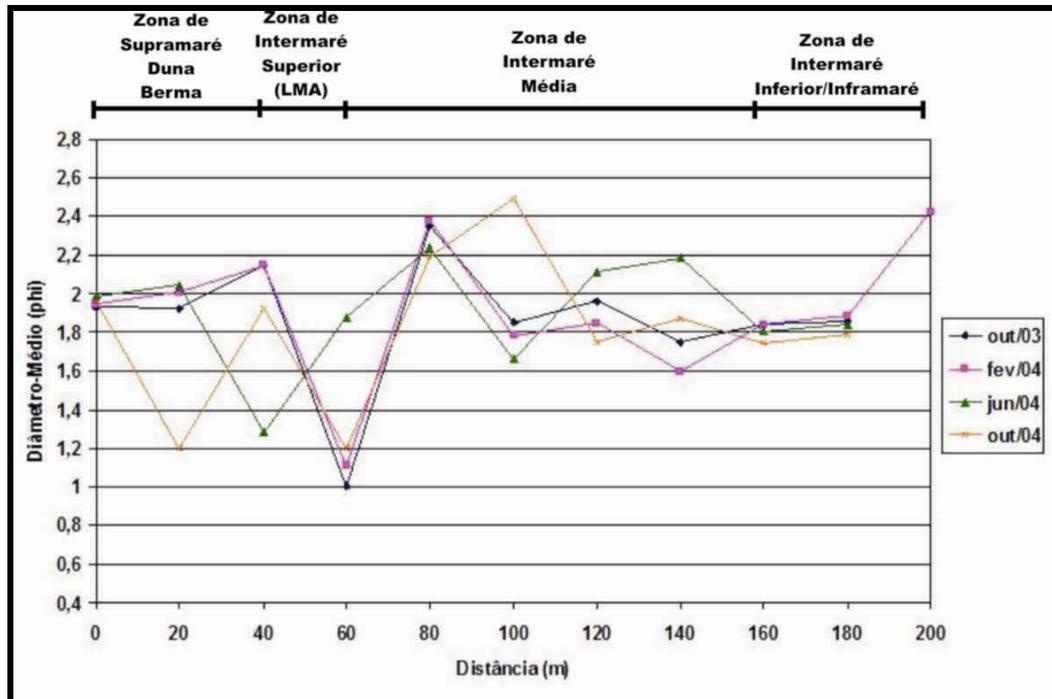
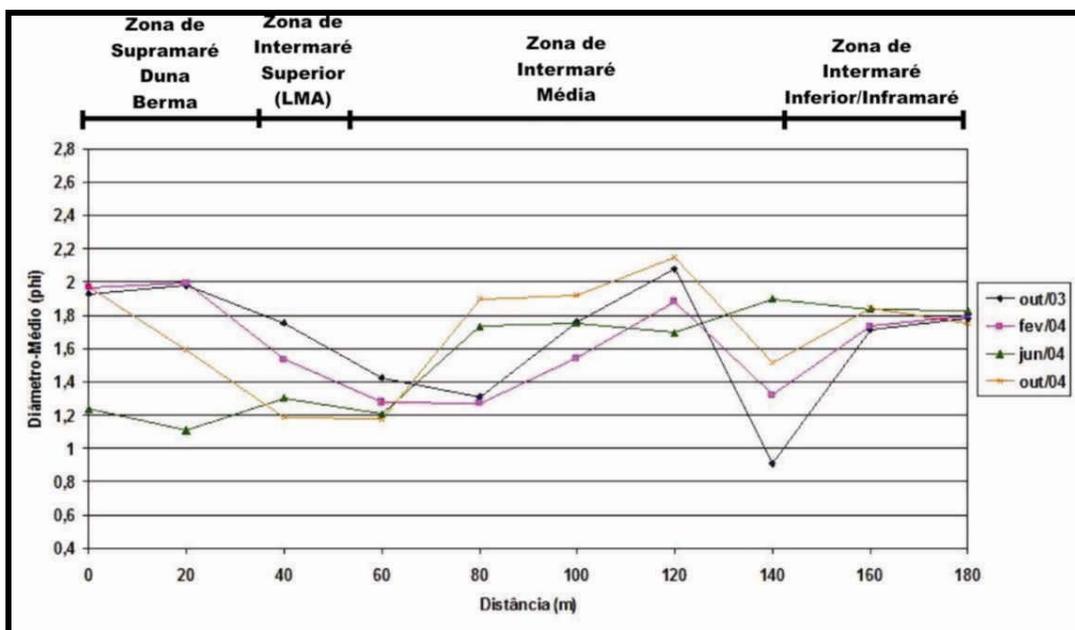


Figura 55–Valores da Média (Mz) na Praia do Amor no Perfil B.



**Figura 56–Valores da Média (Mz) na Praia do Amor do Perfil C.**

#### 7.2.1.2–Selecionamento ( $\sigma$ )

No período seco de 2003 (outubro), o selecionamento variou entre  $0,05\phi$  e  $1,3\phi$  (Figuras 57 a 59), com uma média de  $0,67\phi$ , onde na Linha de Maré Alta (LMA) atingiu  $0,72\phi$ ,  $0,84\phi$  na Zona de Intermaré Média (ZIM) e  $0,78\phi$  na Zona de Intermaré Inferior (ZII) de médias (Figuras 57, 58 e 59), sendo moderadamente bem selecionado (Tabela 11).

Para o período chuvoso de 2004 (fevereiro), o grau de selecionamento apresentou a média de  $0,57\phi$ , em um intervalo entre  $-0,1\phi$  e  $1,25\phi$ , onde na Linha de Maré Alta (LMA) atingiu  $0,79\phi$ ,  $0,88\phi$  na Zona de Intermaré Média (ZIM) e  $0,77\phi$  na Zona de Intermaré Inferior (ZII) de médias (Figuras 57, 58 e 59), conservando a sua característica moderadamente bem selecionada (Tabela 11).

No período de transição de 2004 (junho), o intervalo oscilou entre  $-0,1\phi$  e  $1,8\phi$  (Figuras 57 a 59), elevando a média desse parâmetro para  $0,85\phi$ , onde na Linha de Maré Alta (LMA) atingiu  $0,78\phi$ ,  $0,77\phi$  na Zona de Intermaré Média (ZIM) e  $0,73\phi$  na Zona de Intermaré Inferior (ZII) de médias (Figuras 57, 58 e 59), modificando sua classificação para moderadamente selecionado (Tabela 11).

No período seco de 2004 (outubro), o intervalo modificou-se, variando entre  $-0,3\phi$  e  $1,5\phi$  (Figuras 57 a 59), apresentando uma média desse parâmetro em  $0,6\phi$ , onde na Linha de Maré Alta (LMA) atingiu  $0,95\phi$ ,  $0,82\phi$  na Zona de Intermaré Média (ZIM) e  $0,73\phi$  na Zona de

Intermaré Inferior (ZII) de médias (Figuras 57, 58 e 59), retornando ao enquadramento de sua classificação em moderadamente bem selecionado (Tabela 11).

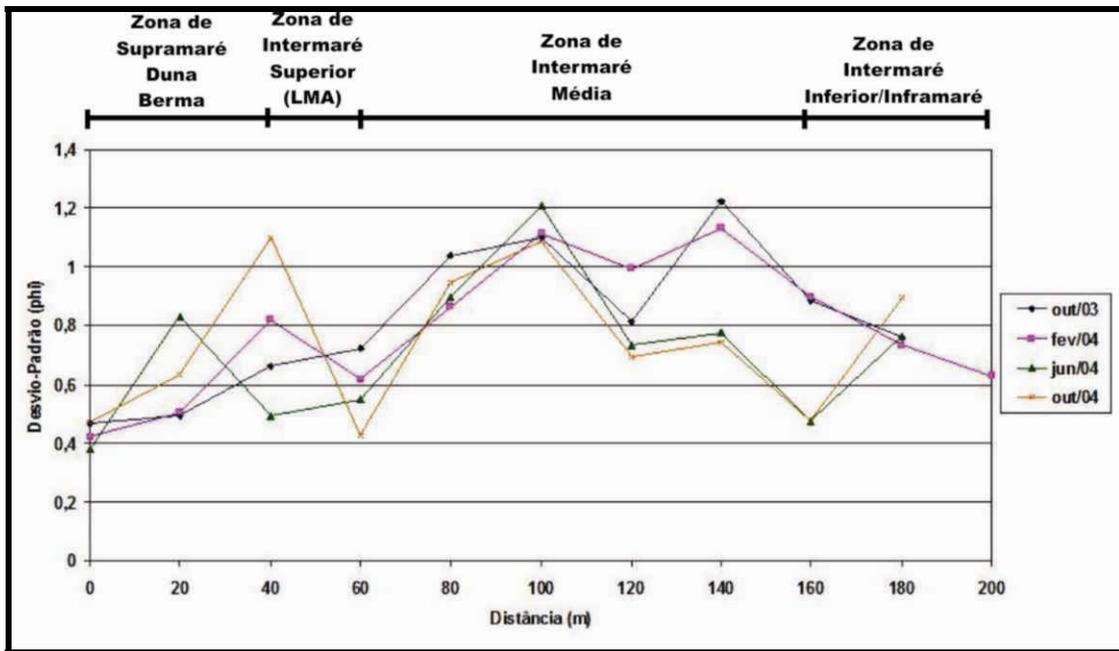


Figura 57–Valores do selecionamento na Praia do Amor do Perfil A.

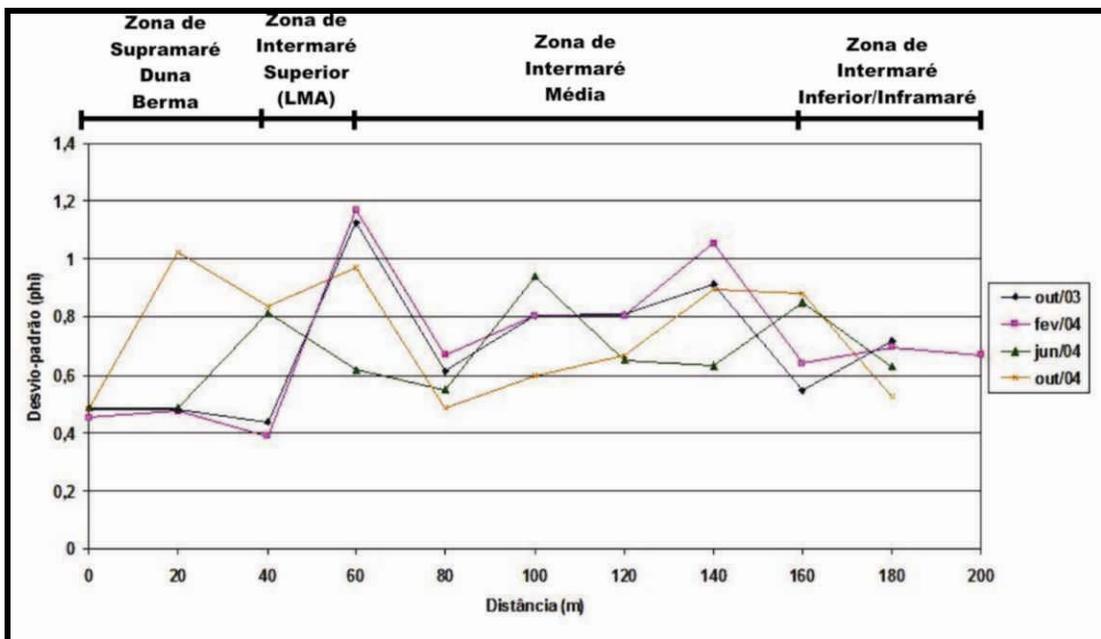
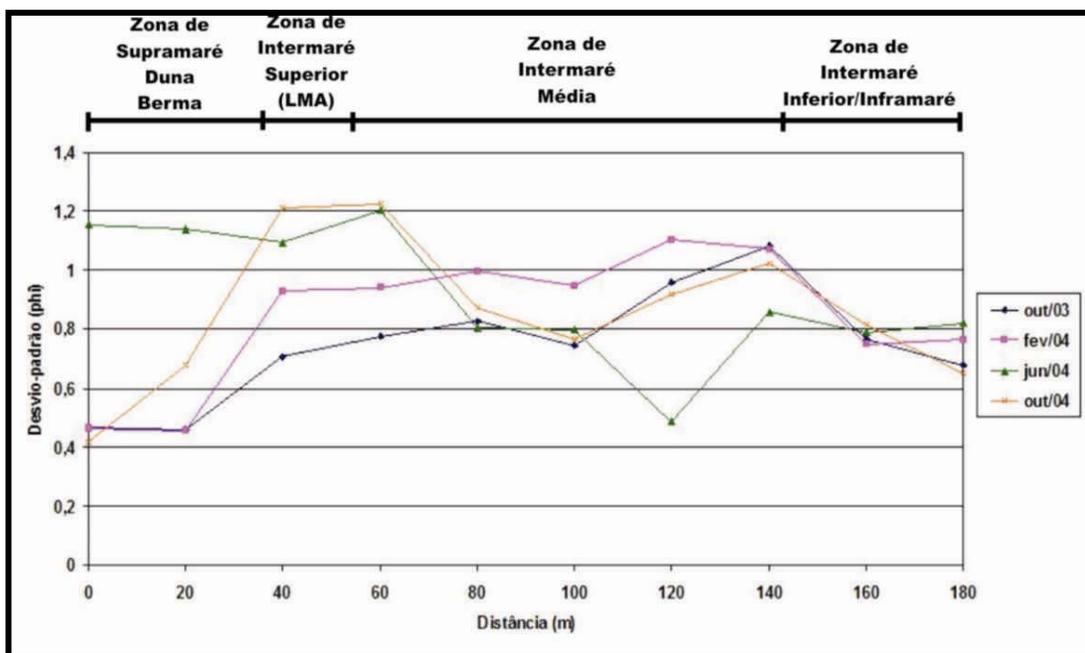


Figura 58–Valores do selecionamento na Praia do Amor do Perfil B.



**Figura 59**–Valores do selecionamento na Praia do Amor do Perfil C.

### 7.2.1.3–Assimetria (Ski)

No período seco de 2003 (outubro), a assimetria variou entre  $-0,35\phi$  e  $0,35\phi$  (Figuras 60 a 62), com uma média de  $0\phi$  (Tabela 12), onde na Linha de Maré Alta (LMA) atingiu  $-0,15\phi$ ,  $0\phi$  na Zona de Intermaré Média (ZIM) e  $-0,05\phi$  na Zona de Intermaré Inferior (ZII) de médias (Figuras 60,61 e 62).

Para o período chuvoso de 2004 (fevereiro), o grau de assimetria apresentou uma média de  $-0,12\phi$ , em um intervalo entre  $-0,45\phi$  e  $0,2\phi$ , onde na Linha de Maré Alta (LMA) atingiu  $-0,15\phi$ ,  $-0,16\phi$  na Zona de Intermaré Média (ZIM) e  $-0,15\phi$  na Zona de Intermaré Inferior (ZII) de médias (Figuras 60,61 e 62), apresentando assim assimetria negativa (Tabela 12).

No período de transição de 2004 (junho), o intervalo variou entre  $-0,85\phi$  e  $0,35\phi$  (Figuras 60 a 62), gerando uma média de  $-0,2\phi$ , onde na Linha de Maré Alta (LMA) atingiu  $-0,08\phi$ ,  $-0,23\phi$  na Zona de Intermaré Média (ZIM) e  $-0,26\phi$  na Zona de Intermaré Inferior (ZII) de médias (Figuras 60,61 e 62), mantendo assim assimetria negativa para o período (Tabela 12).

No período seco de 2004 (outubro), o intervalo modificou-se variando entre  $-0,75\phi$  e  $0,4\phi$  (Figuras 60 a 62), apresentando assim, uma média de  $-0,17\phi$ , onde na Linha de Maré Alta (LMA) atingiu  $-0,2\phi$ ,  $-0,05\phi$  na Zona de Intermaré Média (ZIM) e  $-0,1\phi$  na Zona de Intermaré Inferior (ZII) de médias (Figuras 60,61 e 62), classificando-o como assimetricamente negativa

(Tabela 12).

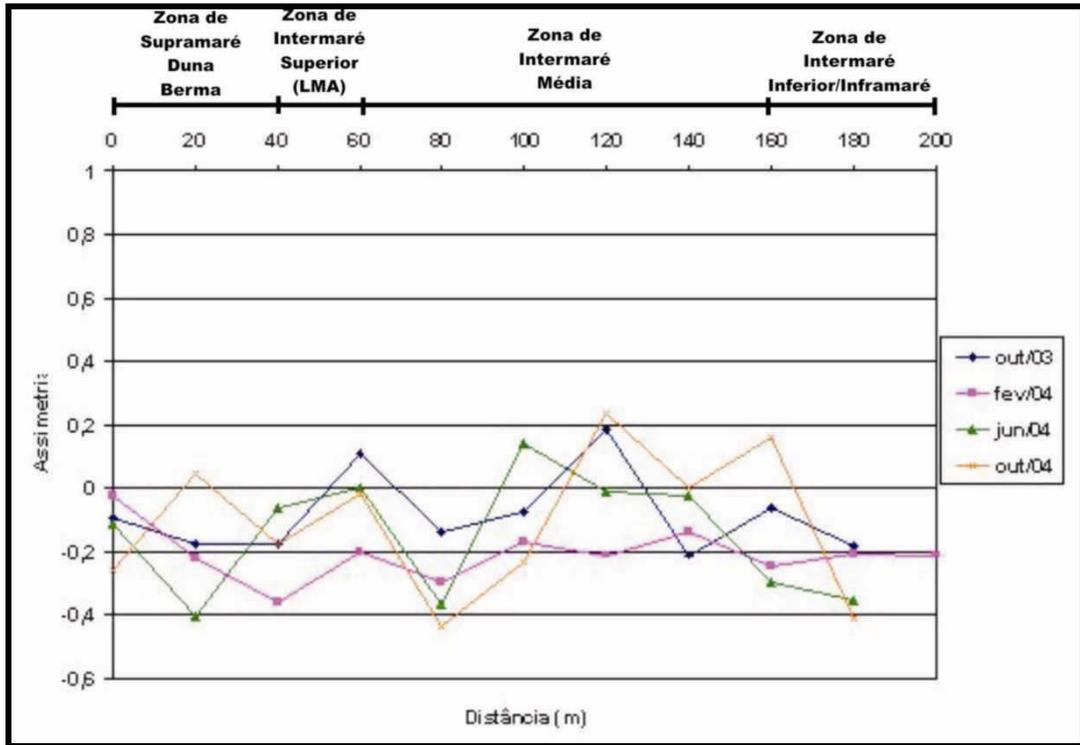


Figura 60–Valores da Assimetria na Praia do Amor no Perfil A.

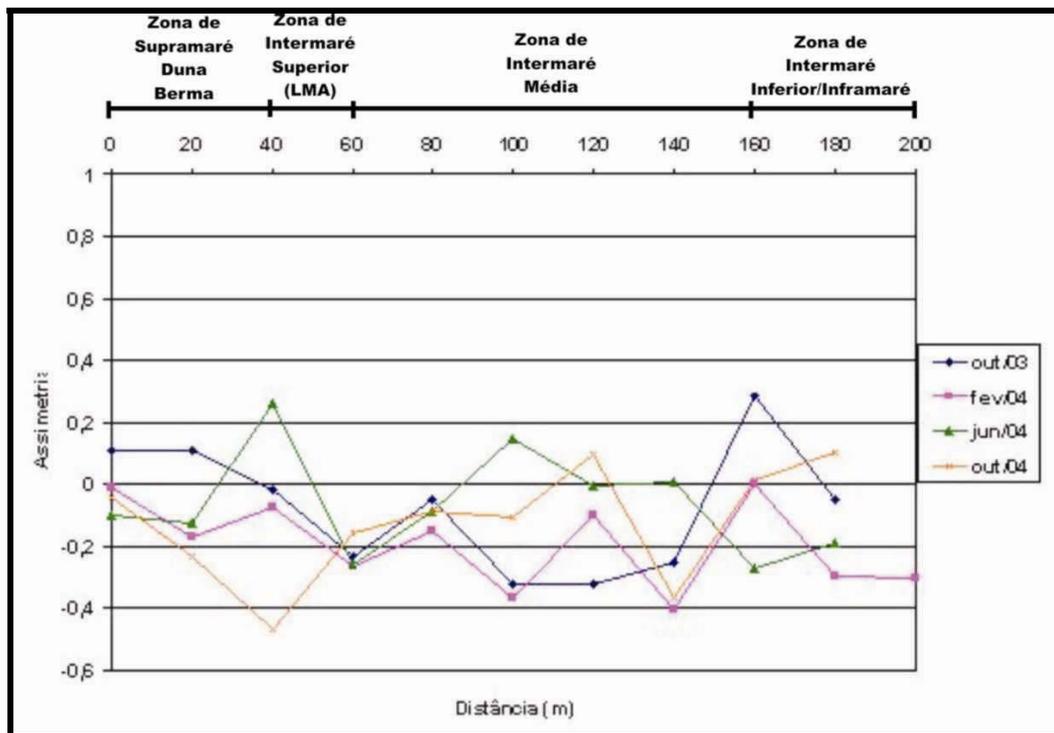
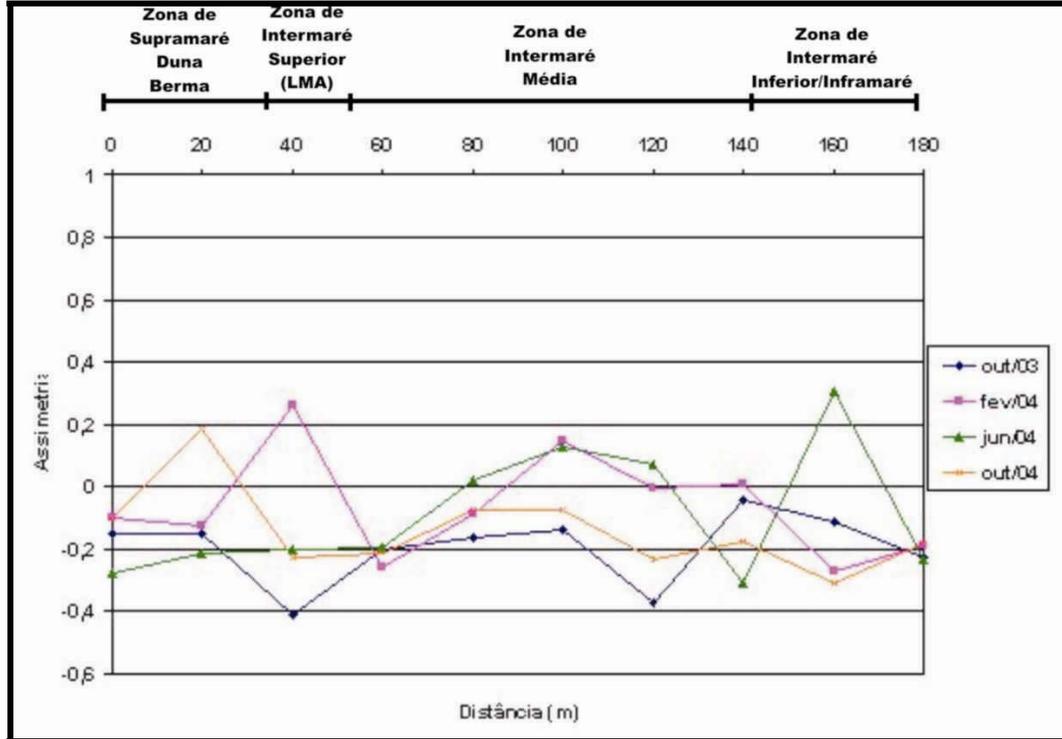


Figura 61–Valores da Assimetria na Praia do Amor no Perfil B.



**Figura 62–Valores da Assimetria na Praia do Amor no Perfil C.**

#### 7.2.1.4–Curtose

No período seco de 2003 (outubro), a curtose apresentou um intervalo que variou entre  $0,2\phi$  a  $3,8\phi$  (Figuras 63 a 65), alcançando uma média de  $2\phi$ , onde na Linha de Maré Alta (LMA) atingiu  $1,38\phi$ ,  $1,26\phi$  na Zona de Inter-maré Média (ZIM) e  $1,16\phi$  na Zona de Inter-maré Inferior (ZII) de médias (Figuras 63 a 65), classificando-a como muito leptocúrtica (Tabela 13).

No período chuvoso de 2004 (fevereiro), essa média diminuiu para  $1,15\phi$ , variando entre  $0,65\phi$  e  $1,65\phi$  (Figuras 63 a 65), onde na Linha de Maré Alta (LMA) atingiu  $1,01\phi$ ,  $1,1\phi$  na Zona de Inter-maré Média (ZIM) e  $1,28\phi$  na Zona de Inter-maré Inferior (ZII) de médias (Figuras 63 a 65), classificando-a como leptocúrtica (Tabela 13).

No período de transição (junho), a média deste parâmetro subiu para  $3,5\phi$ , variando entre  $-0,5\phi$  e  $7,5\phi$  (Figuras 63 a 65), onde na Linha de Maré Alta (LMA) atingiu  $2,23\phi$ ,  $1,16\phi$  na Zona de Inter-maré Média (ZIM) e  $1,1\phi$  na Zona de Inter-maré Inferior (ZII) de médias (Figuras 63 a 65), caracterizando-se como extremamente leptocúrtica (Tabela 13).

Para o período seco de 2004 (outubro), a média da curtose caiu para  $1,8\phi$ , com uma

variação intervalar entre  $0,3\phi$  e  $3,3\phi$  (Figuras 63 a 65), onde na Linha de Maré Alta (LMA) atingiu  $1,56\phi$ ,  $1,68\phi$  na Zona de Intermaré Média (ZIM) e  $1,31\phi$  na Zona de Intermaré Inferior (ZII) de médias (Figuras 63 a 65), classificando assim, neste período, a curtose como muito leptocúrtica (Tabela 13).

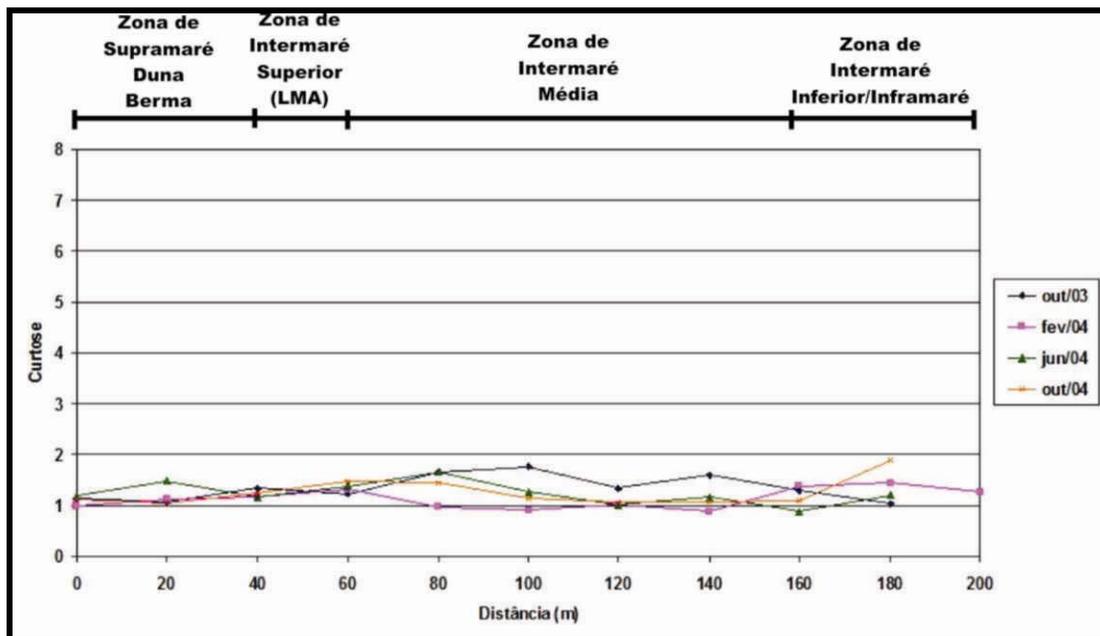


Figura 63–Valores da Curtose na Praia do Amor no Perfil A.

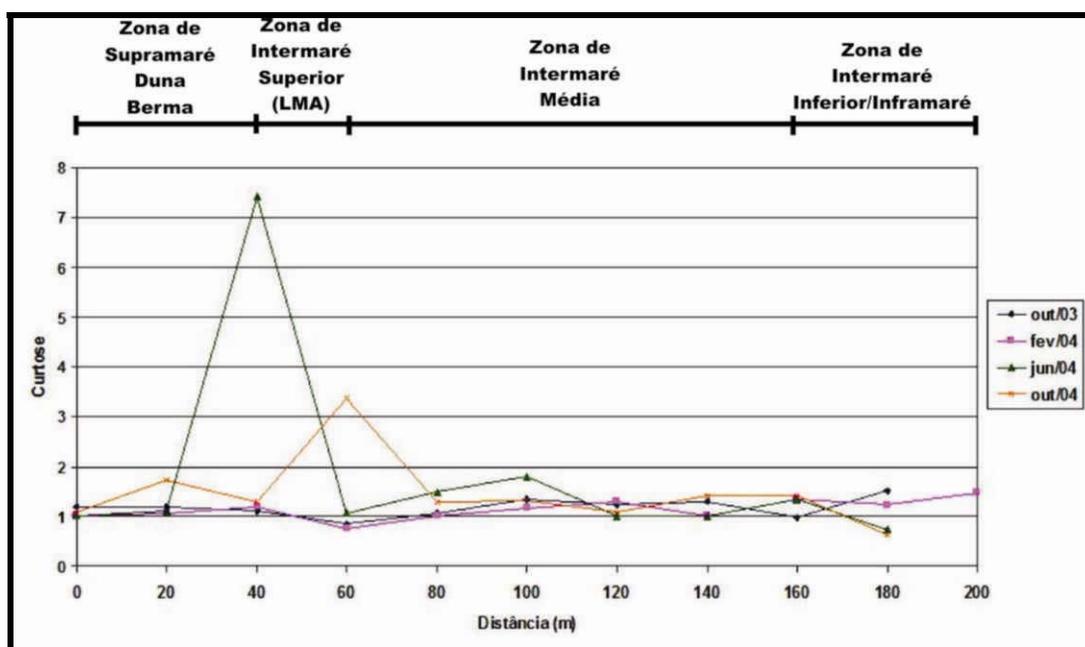
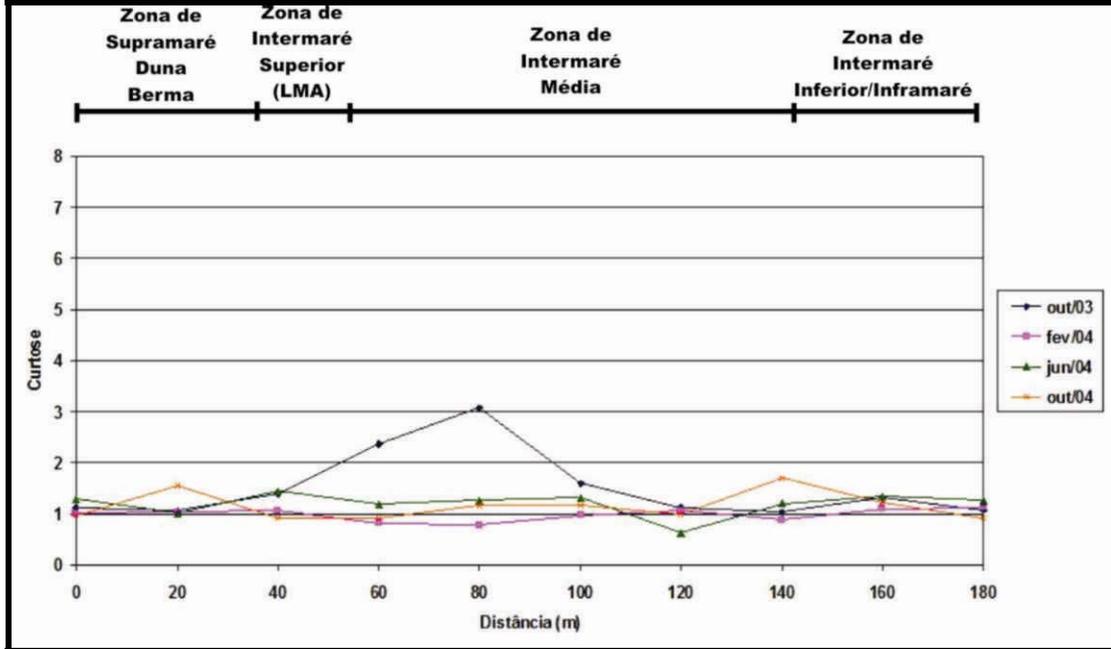


Figura 64–Valores da Curtose na Praia do Amor do Perfil B



**Figura 65–Valores da Curtose na Praia do Amor no Perfil C.**

### 7.2.2–Praia dos Artistas

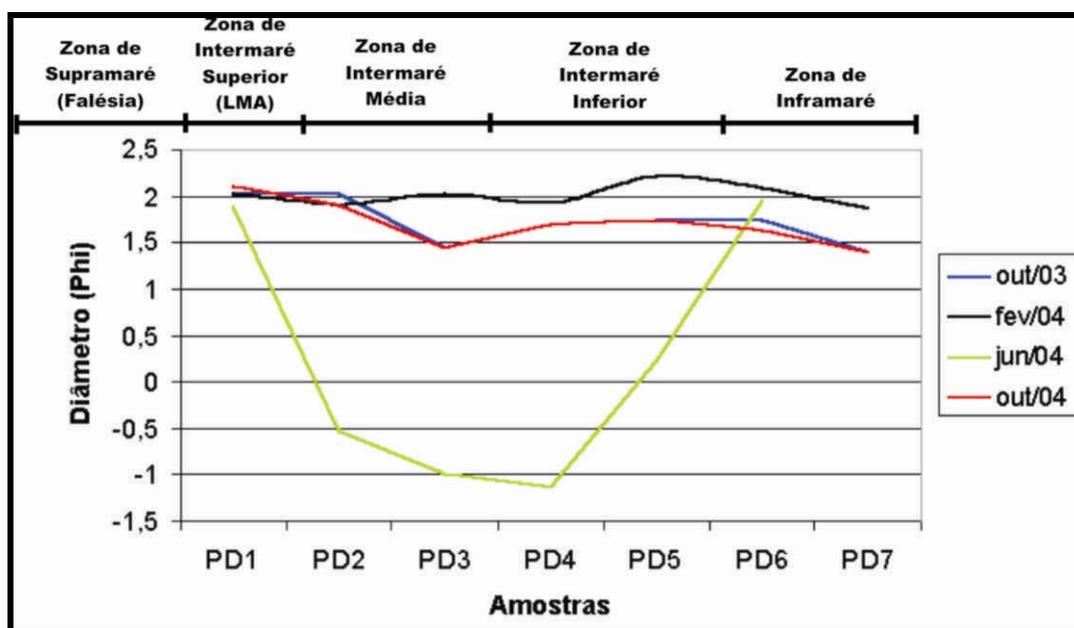
Na praia dos Artistas (Figura 62), as amostras PD1 e PD2 representam a zona de intermaré superior, as amostras PD3, PD4 e PD5 representam a zona de intermaré média e as amostras PD6 e PD7 representam a zona de intermaré inferior.

#### 7.2.2.1–Média (Mz)

No período seco (outubro), verificou-se a distribuição dos valores da Mz, em um intervalo entre  $1,4\phi$  e  $2,03\phi$  (Figura 66), caracterizando homogeneidade na distribuição de grãos nesse período, cujo valor médio foi de  $1,72\phi$ , onde na Linha de Maré Alta (LMA) atingiu  $2\phi$ ,  $1,75\phi$  na Zona de Inter-maré Média (ZIM) e  $1,6\phi$  na Zona de Inter-maré Inferior (ZII) de médias (Figura 66), classificando-se como areia média (Tabela 10).

No período chuvoso (fevereiro), a distribuição dos valores da Mz variou entre  $1,87\phi$  e  $2,2\phi$  (Figura 66), mantendo a homogeneidade, mas, demonstrando uma diminuição do tamanho médio dos grãos, cujo valor médio ficou em  $2\phi$ , onde na Linha de Maré Alta (LMA) atingiu  $2\phi$ ,  $2\phi$  na Zona de Inter-maré Média (ZIM) e  $2,1\phi$  na Zona de Inter-maré Inferior (ZII) de médias (Figura 66) classificando-se como areia média (Tabela 10), classificando-se como areia média (Tabela 10).

No período de transição (junho), observa-se que a distribuição dos grãos apresentou heterogeneidade dentro de um intervalo maior de classe granulométrica que variou entre  $-1,14\phi$  e  $1,93\phi$  (Figura 66), com um valor médio de  $0,22\phi$ , onde na Linha de Maré Alta (LMA) atingiu  $1\phi$ ,  $-0,05\phi$  na Zona de Inter-maré Média (ZIM) e  $0,25\phi$  na Zona de Inter-maré Inferior (ZII) de médias (Figura 66), classificando-se como areia grossa (Tabela 10).



**Figura 66–Valores da Média (Mz) na Praia dos Artistas.**

No período seco de 2004 (outubro), observou-se que os grãos mantiveram-se no mesmo intervalo apresentado nas análises da primeira etapa de coleta (período seco - outubro de 2003), apresentando uma variação entre  $1,4\phi$  e  $2,09\phi$  (Figura 66), e um valor médio de  $1,69\phi$ , onde na Linha de Maré Alta (LMA) atingiu  $2\phi$ ,  $1,75\phi$  na Zona de Inter-maré Média (ZIM) e  $1,6\phi$  na Zona de Inter-maré Inferior (ZII) de médias (Figura 66), mantendo sua classificação como areia média (Tabela 10).

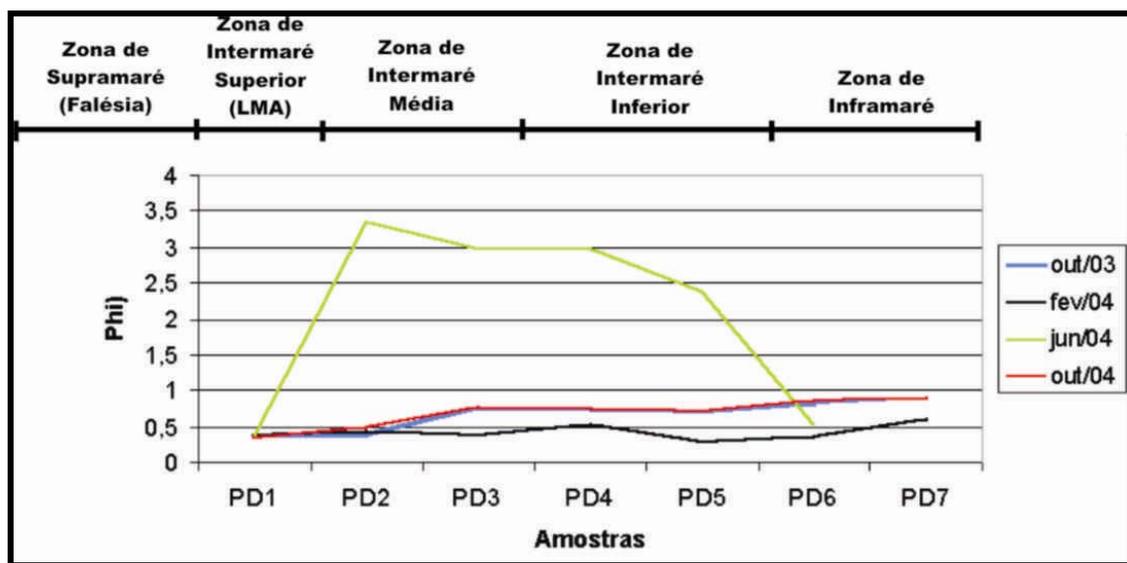
#### 7.2.1.2–Selecionamento ( $\sigma$ )

No período seco de 2003 (outubro), o selecionamento variou entre  $0,38\phi$  e  $0,90\phi$  (Figura 67), com uma média de  $0,68\phi$ , onde na Linha de Maré Alta (LMA) atingiu  $0,4\phi$ ,  $0,5\phi$  na Zona de Inter-maré Média (ZIM) e  $0,7\phi$  na Zona de Inter-maré Inferior (ZII) (Figura 67) de médias, sendo moderadamente bem selecionado (Tabela 11).

Para o período chuvoso de 2004 (fevereiro), o grau de selecionamento apresentou a média de  $0,42\phi$ , em um intervalo entre  $0,28\phi$  e  $0,59\phi$ , onde na Linha de Maré Alta (LMA) atingiu  $0,4\phi$ ,  $0,5\phi$  na Zona de Inter-maré Média (ZIM) e  $0,45\phi$  na Zona de Inter-maré Inferior (ZII) de médias (Figura 67), conservando a sua característica bem selecionada (Tabela 11).

No período de transição de 2004 (junho), o intervalo oscilou entre  $0,34\phi$  e  $3,35\phi$  (Figura 67), elevando a média desse parâmetro para  $2,09\phi$ , onde na Linha de Maré Alta (LMA) atingiu  $1,35\phi$ ,  $2,65\phi$  na Zona de Inter-maré Média (ZIM) e  $2,15\phi$  na Zona de Inter-maré Inferior (ZII) de médias (Figura 67), modificando sua classificação para muito mal selecionado (Tabela 11).

No período seco de 2004 (10/2004), o intervalo modificou-se, variando entre  $0,34\phi$  e  $0,9\phi$  (Figura 67), apresentando uma média desse parâmetro em  $0,68\phi$ , onde na Linha de Maré Alta (LMA) atingiu  $0,4\phi$ ,  $0,5\phi$  na Zona de Inter-maré Média (ZIM) e  $0,7\phi$  na Zona de Inter-maré Inferior (ZII) de médias (Figura 67), retornando ao enquadramento de sua classificação em moderadamente bem selecionado (Tabela 11).



**Figura 67–Valores do selecionamento na Praia dos Artistas**

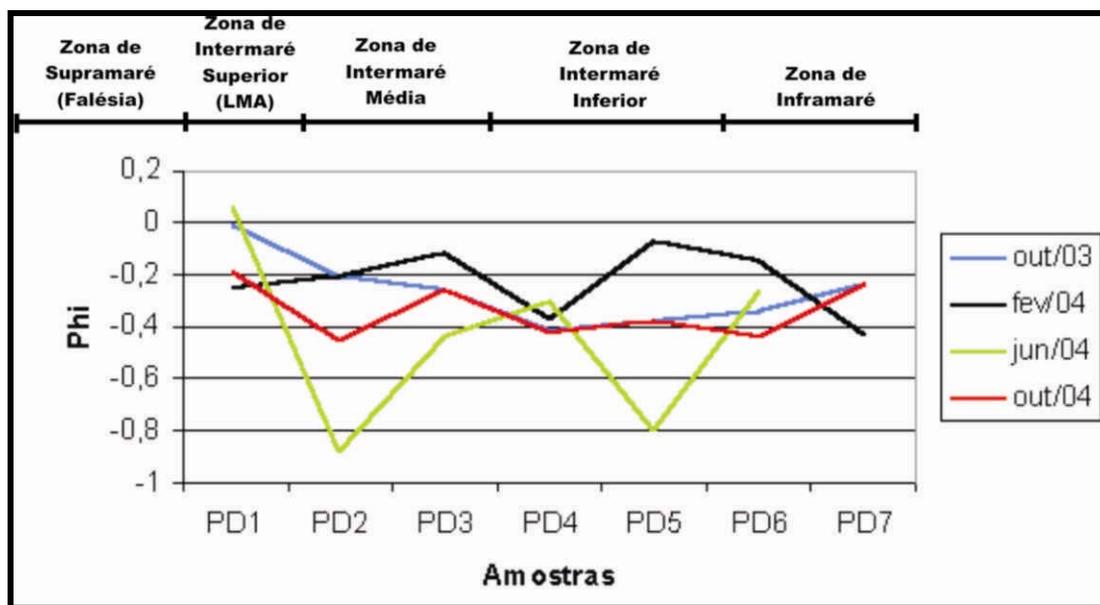
### 7.2.1.3–Assimetria (Ski)

No período seco de 2003 (outubro), a assimetria variou entre  $-0,42\phi$  e  $-0,01\phi$  (Figura 68), com uma média de  $-0,26\phi$ , onde na Linha de Maré Alta (LMA) atingiu  $-0,05\phi$ ,  $-0,2\phi$  na Zona de Inter-maré Média (ZIM) e  $-0,3\phi$  na Zona de Inter-maré Inferior (ZII) de médias (Figura 68), apresentando assim a classificação de assimetria negativa (Tabela 12).

Para o período chuvoso de 2004 (fevereiro), o grau de assimetria apresentou uma média de  $-0,23\phi$ , em um intervalo entre  $-0,43\phi$  e  $-0,07\phi$  (Figura 68), onde na Linha de Maré Alta (LMA) atingiu  $-0,15\phi$ ,  $-0,2\phi$  na Zona de Intermaré Média (ZIM) e  $-0,15\phi$  na Zona de Intermaré Inferior (ZII) de médias (Figura 68), apresentando assim assimetria negativa (Tabela 12).

No período de transição de 2004 (06/2004), o intervalo variou entre  $-0,87\phi$  e  $0,05\phi$  (Figura 68), gerando uma média de  $-0,44\phi$ , onde na Linha de Maré Alta (LMA) atingiu  $-0,3\phi$ ,  $-0,55\phi$  na Zona de Intermaré Média (ZIM) e  $-0,45\phi$  na Zona de Intermaré Inferior (ZII) de médias (Figura 68), mantendo assim assimetria muito negativa para o período (Tabela 12).

No período seco de 2004 (10/2004), o intervalo modificou-se variando entre  $-0,45\phi$  e  $-0,19\phi$  (Figura 68), apresentando assim, uma média de  $-0,34\phi$ , onde na Linha de Maré Alta (LMA) atingiu  $-0,3\phi$ ,  $-0,45\phi$  na Zona de Intermaré Média (ZIM) e  $-0,45\phi$  na Zona de Intermaré Inferior (ZII) de médias (Figura 68), classificando-o como assimetricamente muito negativa (Tabela 12).



**Figura 68–Valores da Assimetria na Praia dos Artistas.**

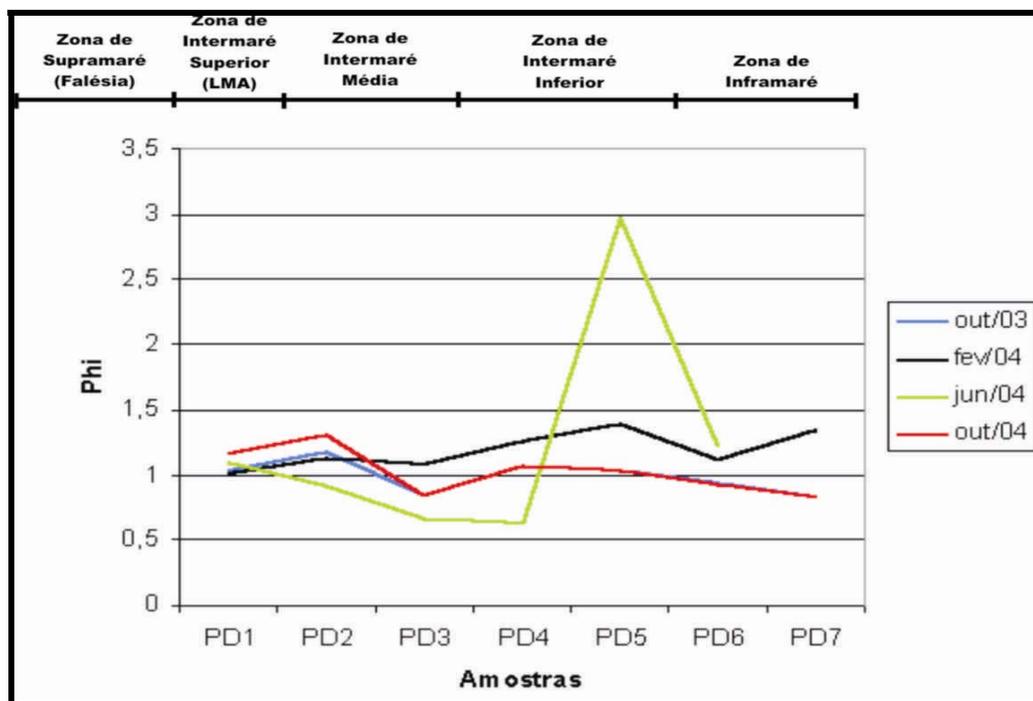
#### 7.2.1.4–Curtose

No período seco de 2003 (outubro), a curtose apresentou um intervalo que variou entre  $0,83\phi$  a  $1,17\phi$  (Figura 69), alcançando uma média de  $0,99\phi$ , onde na Linha de Maré Alta (LMA) atingiu  $1,05\phi$ ,  $1,0\phi$  na Zona de Intermaré Média (ZIM) e  $0,9\phi$  na Zona de Intermaré Inferior (ZII) de médias (Figura 69), classificando-a como mesocúrtica (Tabela 13).

No período chuvoso de 2004 (outubro), essa média diminuiu para  $1,18\phi$ , variando entre  $1\phi$  e  $1,38\phi$  (Figura 69), onde na Linha de Maré Alta (LMA) atingiu  $1,05\phi$ ,  $1,1\phi$  na Zona de Intermaré Média (ZIM) e  $1,1\phi$  na Zona de Intermaré Inferior (ZII) de médias (Figura 69), classificando-a como leptocúrtica (Tabela 13).

No período de transição (06/2004), a média deste parâmetro subiu para  $1,25\phi$ , variando entre  $0,62\phi$  e  $2,9\phi$  (Figura 69), onde na Linha de Maré Alta (LMA) atingiu  $1,05\phi$ ,  $0,8\phi$  na Zona de Intermaré Média (ZIM) e  $1,15\phi$  na Zona de Intermaré Inferior (ZII) de médias (Figura 69), caracterizando-se como leptocúrtica (Tabela 13).

Para o período seco de 2004 (outubro), a média da curtose caiu para  $1,02\phi$ , com uma variação intervalar entre  $0,8\phi$  e  $1,3\phi$  (Figura 69), onde na Linha de Maré Alta (LMA) atingiu  $1,2\phi$ ,  $1,05\phi$  na Zona de Intermaré Média (ZIM) e  $0,9\phi$  na Zona de Intermaré Inferior (ZII) de médias (Figura 69), classificando assim, neste período, a curtose como mesocúrtica (Tabela 13).



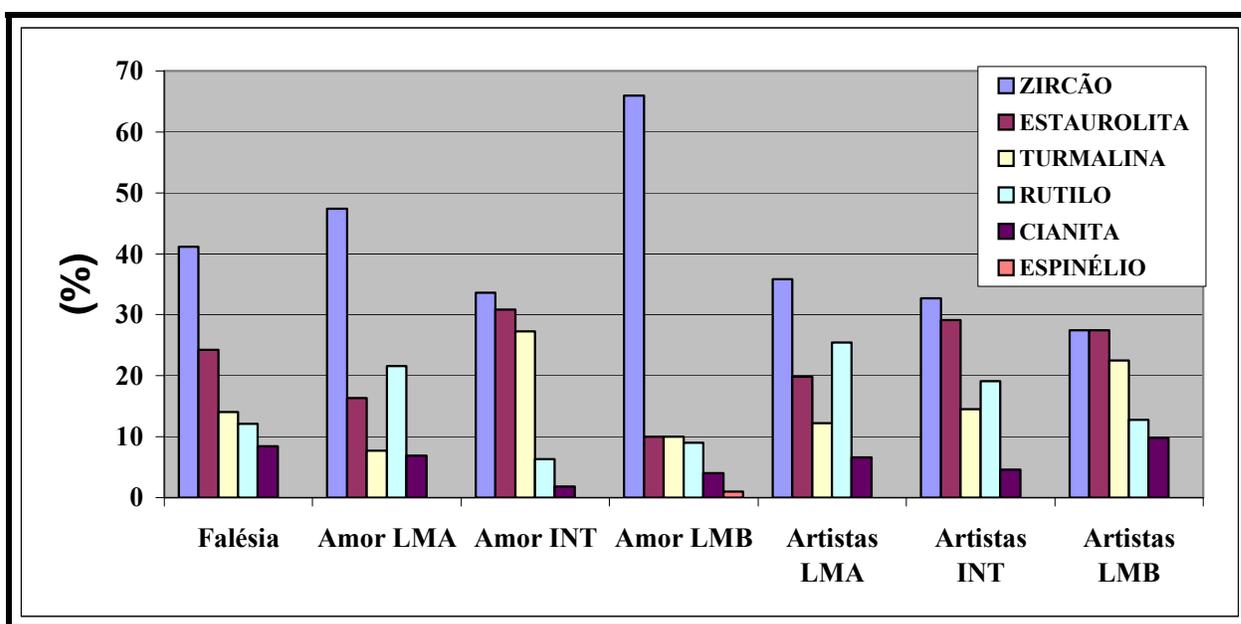
**Figura 69–Valores da Curtose na Praia dos Artistas.**

### 7.3–MINERAIS PESADOS

Através dos resultados obtidos com a assembléia de minerais pesados contidos nos sedimentos arenosos das Praias do Amor e dos Artistas e das Falésias, verificou-se uma semelhança no conteúdo mineralógico destes minerais pesados, onde notou-se a presença dos

seguintes elementos: Zircão, Estaurolita, Turmalina, Rutilo e Cianita. Esta análise foi realizada com a finalidade apenas comparativa, entre a composição sedimentar das Praias do Amor e dos Artistas e das Falésias que as bordejam, não sendo analisado nenhum outro aspecto da variação sedimentar.

O destaque principal nos resultados da assembléia de minerais pesados foi para a elevada concentração do mineral Zircão, que predominou em todas as amostras analisadas tanto nas praias como nas falésias, e para uma amostra que apresentou a ocorrência do mineral Espinélio na Linha de Maré Baixa da Praia do Amor. Os resultados em percentuais da Assembléia de Minerais Pesados realizados nos sedimentos são mostrados na Figura 70.



**Figura 70—Assembléia dos Minerais Pesados presentes nos sedimentos arenosos das Falésias e das Praias do Amor e dos Artistas em seus sub-ambientes. LMA = Linha de Maré Alta, INT = Zona de Intermaré, LMB = Linha de Maré Baixa.**

O mineral pesado de maior presença, tanto nos sedimentos das praias quanto nos sedimentos das Falésias, foi o Zircão, com mais de 40% de incidência, e desta forma, foi utilizado como índice de referência entre os minerais pesados presentes nos sedimentos das falésias e das Praias. Na Praia do Amor, houve uma concentração maior do Zircão na LMB com cerca de 65%, enquanto que na INT essa concentração foi menor, de cerca de 33%, na LMA ela atinge cerca de 48%. Na Praia dos Artistas, a concentração do Zircão também se destacou, mas os percentuais de minerais pesados ocorreram de maneira diferenciada da Praia do Amor. Na LMA, foi onde ocorreu a maior concentração de Zircão, com cerca de 35%, na INT com cerca de

15%, e na LMB foi de cerca de 28%.

A análise morfológica dos minerais pesados das falésias demonstrou que estes se apresentam ligeiramente maiores e menos desgastados que os minerais presentes nas praias. Em relação ao desgaste, isto pode ser bem observado, principalmente, nos minerais Zircão, Estauroлита e Rutilo (Figura 71), que ainda lembram a forma original do cristal, apresentando as suas superfícies prismáticas e triangulares, e suas faces com poucas marcas de desgaste e/ou corrosão (Figura 71). Os cristais de Cianita ainda lembram a forma original do cristal, mas seus cristais apresentam-se pouco fragmentados com bordas irregulares e angulosas (Figura 71).

A Turmalina foi o único mineral que apresentou suas superfícies bem arredondadas, mas ainda lembrando a forma prismática original do cristal (Figura 71).

Os minerais pesados presentes nos sedimentos da Praia do Amor apresentam-se menores e mais desgastados do que os observados nas Falésias, mostrando suas superfícies arredondadas, principalmente no caso dos cristais de Zircão (Figura 72), ocorrendo na maioria dos cristais analisados. Os minerais Cianita, Turmalina e Rutilo também ocorrem desta forma, porém, com um maior arredondamento dos cristais e com menor desgaste que os cristais de Zircão (Figura 72). A Estauroлита não apresenta superfícies arredondadas e seus cristais apresentam-se bem fragmentados com suas extremidades angulosas (Figura 72).

Assim como ocorre com os minerais pesados da Praia do Amor, os minerais pesados presentes nos sedimentos da Praia dos Artistas, também apresentam-se mais desgastados do que os observados nas Falésias. Mostram, na maioria das vezes, suas superfícies arredondadas, mas de forma diferente dos minerais pesados da Praia do Amor, pois, isso não ocorre só com os cristais de Zircão (Figura 73), mas também, pode ser muito bem observado com os cristais de Rutilo, que assumem formas circulares, e os de Turmalina que apresentam-se como cristais arredondados em suas extremidades (Figura 73). A Cianita e a Estauroлита não apresentam superfícies arredondadas, mas, seus cristais apresentam-se fragmentados e com extremidades irregulares e angulosas (Figura 73).



Figura 71–Minerais Pesados identificados nos sedimentos arenosos da Falésia localizada na margem direita da Praia do Amor (Foto de Anderson Conceição Mendes).

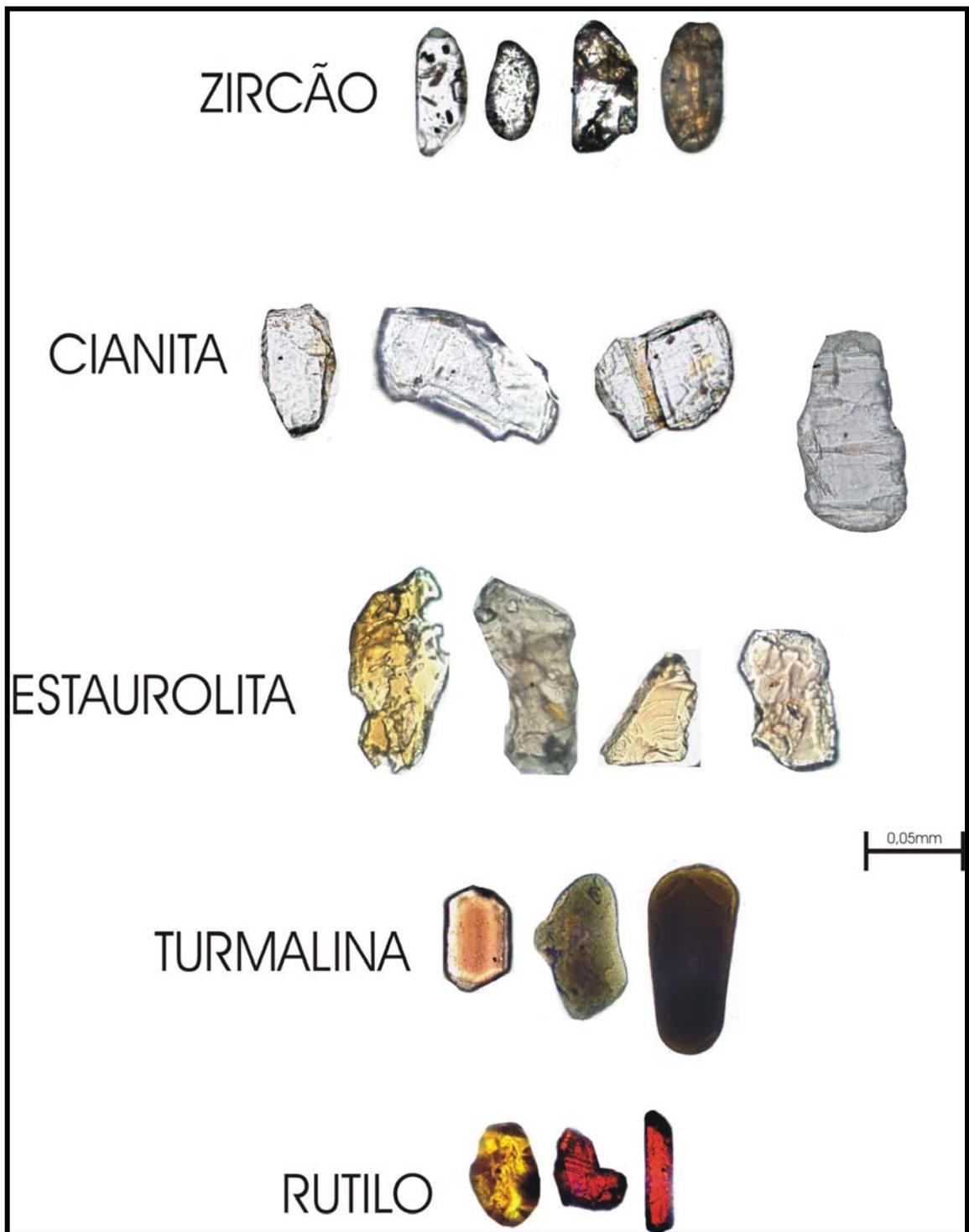


Figura 72–Minerais Pesados identificados nos sedimentos arenosos da Praia do Amor (Foto de Anderson Conceição Mendes).

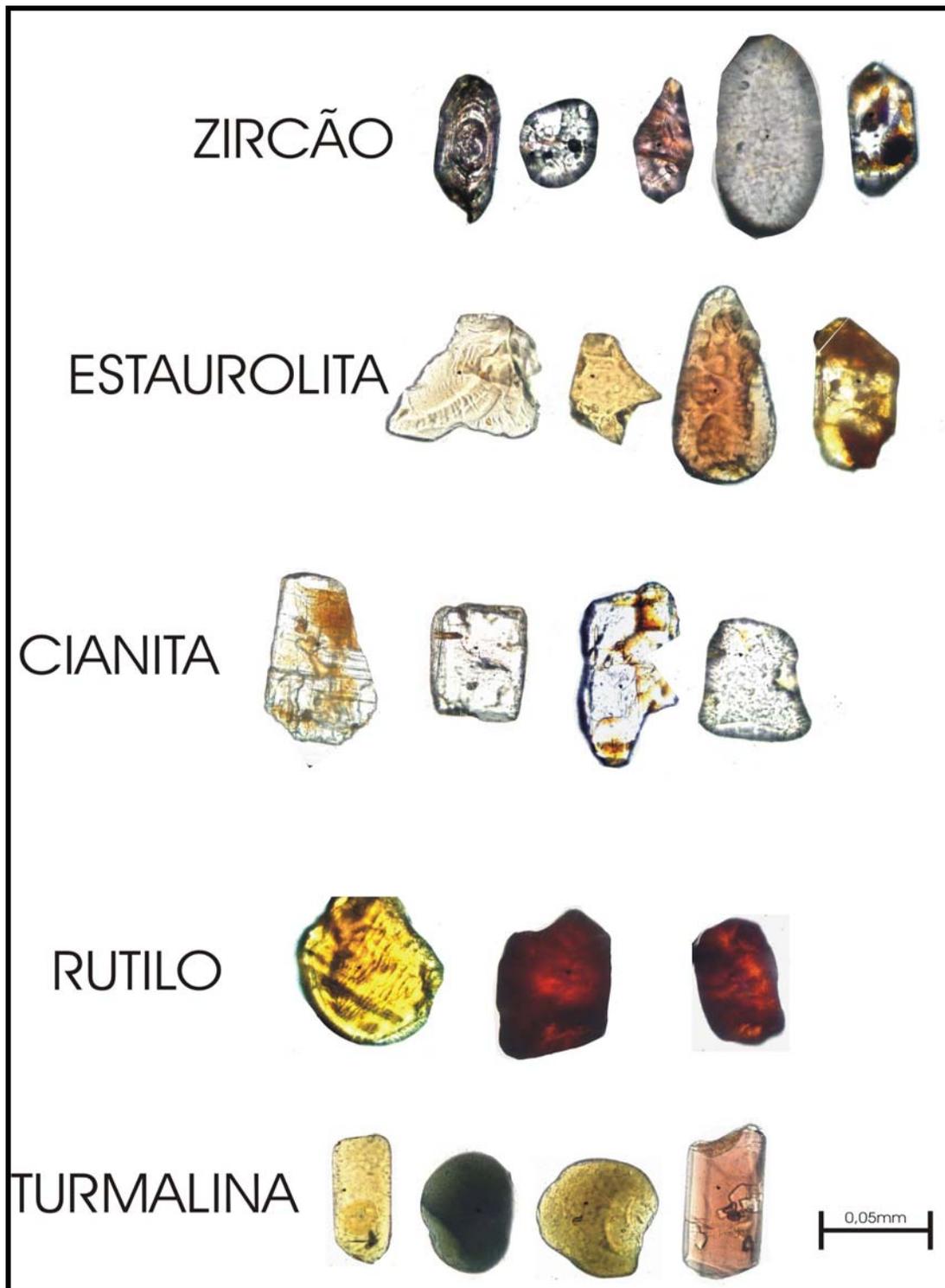


Figura 73–Minerais Pesados identificados nos sedimentos arenosos da Praia dos Artistas (Foto de Anderson Conceição Mendes).

## 8–DISCUSSÕES

Os resultados da morfologia dos perfis das Praias do Amor e dos Artistas, durante o período estudado, mostraram que as classificações das praias não são semelhantes e variaram durante o tempo, além de sugerirem uma relação entre as variações morfológicas das praias com as variações climáticas sazonais que predominam na região. El-Robrini (2001) já havia observado essas influências da sazonalidade nas praias estuarinas da Ilha de Mosqueiro. Devido as condições de proximidade geográfica com a Ilha do Mosqueiro, e estando influenciadas por semelhantes variações de sazonalidade climática (ventos e precipitações), oceanográfica (ondas, marés e correntes associadas) e hidrológica (descarga dos rios) que ocorrem na região, estas influências marcantes da sazonalidade, já eram esperadas para as praias estuarinas do Amor e dos Artistas na Ilha de Caratateua.

Observou-se que houve uma tendência sazonal das seguintes características morfológicas dos perfis praias: declividade, forma, presença e mudanças de bancos arenosos, que foram condicionadas pela variabilidade no comportamento hidrodinâmico de ondas e marés, ocorrendo uma predominância de perfis de acresção no período seco (Outubro/2003-2004), quando os ventos estiveram mais fortes (Tabela 3), favorecendo a ação de ondas de maior energia, enquanto que no período chuvoso (Fevereiro/2004), quando o índice pluviométrico foi maior (Figura 22) – aumentando o volume de água das chuvas em circulação no sistema costeiro – com maior volume de água, as marés possuíram as maiores amplitudes, e ocorreram os perfis erosivos, principalmente na parte superior dos perfis, que passaram a exibir uma morfologia mais côncava na zona de intermaré superior, apresentando um perfil mais erosivo, conforme descrito por Sonu e Van Beek (1971).

Segundo Nordstrom (1977) a influência da sazonalidade em perfis praias de zonas costeiras estuarinas, está relacionada à baixa variabilidade das ondas locais, porém, há a influência das duas condicionantes principais da hidrodinâmica na zona costeira local que são as marés e as ondas.

Neste caso, percebe-se a influência dos índices pluviométricos locais nas marés, pois, mesmo quando a amplitude das marés verificadas nas tábuas, que não levam em consideração os índices pluviométricos, foram menores, inclusive no período chuvoso, o nível de inundação da zona de intermaré foi maior. Com isso, torna-se evidente que quanto maiores os índices

pluviométricos, as amplitudes das marés também o serão, condicionando o poder erosivo das ondas que se tornam mais energéticas.

Devido à ação dessas marés de sizígia associadas ao maior volume de água causado pelas chuvas, que ocasionam maiores inundações na zona de intermaré, e que passam a atingir as partes mais superiores do perfil praial (zonas de intermaré superior/supramaré).

O regime dos ventos locais também é um fator importante neste contexto, pois, a velocidade média (2,3m/s) durante o período seco (Outubro/2003-2004), é maior do que nos outros períodos, pois, os ventos, além de auxiliarem na formação das ondas, remobilizam sedimentos através da atividade eólica, depositando-os nas escarpas de praia ou nas dunas frontais, configurando, assim, um perfil mais convexo na zona de intermaré superior, observado pelo acréscimo de sedimentos, configurando um perfil mais acrescivo (Figuras 30, 34, 38 e 42).

O período chuvoso (Fevereiro/2004) e de transição (Junho/2004), apresentaram um regime de ventos diferente, com ventos mais fracos (velocidades médias de 1,3m/s e 2,1m/s, respectivamente), formando, assim, ondas menores, que remobilizam menos sedimentos para a zona de intermaré superior, principalmente no período chuvoso (Fevereiro/2004) quando estes sedimentos da zona de intermaré estão sob influência do lençol freático, que neste período afloram na zona de intermaré (Figura 47).

Em relação aos perfis das praias do Amor e dos Artistas, constatou-se que, existem mudanças morfológicas significativas, onde os perfis das praias variaram entre o período de coleta (Outubro/2003 a Outubro/2004), logo, as mudanças morfológicas que ocorrem com os perfis das praias do Amor e dos Artistas, geram basicamente perfis mais convexos durante o período seco (Outubro/2003-2004), com predominância de areias médias, devido à maior ação dos ventos que mobilizam sedimentos de menor granulometria para a zona de intermaré superior. Com ventos mais fortes, a ação das ondas é maior, e estas causam erosão da zona de intermaré, ocorrendo, então, a lavagem dos grãos menores, que são separados dos maiores, pelos processos de “*swash*” e “*backwash*” que predominam na porção superior do perfil, causando um engrossamento relativo do depósito residual, fazendo com que os sedimentos possuem maior granulometria (Figuras 54, 55, 56 e 66).

No período seguinte, quando predominam as chuvas (Fevereiro/2004), e os ventos são mais fracos, o fator predominante é o hidrodinâmico (ondas e marés). As marés tornam-se mais efetivas, passam a predominar neste período, principalmente quando acontecem as marés de

sizígias mais próximas do equinócio de Março, e dessa forma, as ondas passam a alcançar com mais facilidade a porção superior do perfil, que desenvolve uma escarpa de erosão na zona de intermaré superior, diminuindo esta zona do perfil em cerca de 4m.

Com o processo erosivo, os sedimentos retirados da zona de supramaré/intermaré superior, migram para a zona de intermaré média, e sua distribuição dos sedimentos torna-se mais homogênea, caracterizando sedimentos arenosos de tamanho médio (Figuras 54, 55, 56 e 66).

No período de transição (Junho/2004), o registro dos processos equinociais de sizígia, ocorridos no período anterior, esteve bem evidenciado nos perfis, onde os mesmos apresentaram perda em sua berma praial (Figuras 32, 36, 40 e 46), apresentando-se bastante íngreme ( $\text{tg}\beta = 0,05$ ). Segundo Muehe (2004) maiores declividades no perfil representam perfis intermediários a reflectivos e sedimentos de granulometria mais grosseira, logo, neste período, ao final do evento erosivo, os sedimentos tornaram-se mais grossos, e apresentaram-se muito mal selecionados (Figuras 57, 58, 59 e 67), o que pode ser comprovado pela presença de cascalho nos sedimentos da zona de intermaré superior/média, que foram originados pela erosão das falésias. Este perfil se recupera, no período seco seguinte (Outubro/2004), quando os ventos aumentam sua energia e a atividade eólica é intensa, dessa forma, os perfis começam a apresentar uma nova acumulação arenosa, sob a forma de dunas embrionárias na base da escarpa (Figuras 32, 36, 40 e 46).

Os resultados obtidos pelos modelos de Dean (1977), Wright & Short (1984) e Masselink & Short (1993) estabelecidos para praias arenosas oceânicas, serviram de base para se entender o comportamento das praias estuarinas do Amor e dos Artistas, possibilitando comparações com os resultados obtidos por estes pesquisadores e as condições morfodinâmicas dessas praias.

O modelo de Dean (1977) serviu de base para a caracterização da velocidade de decantação dos sedimentos, pois se pode observar que a relação entre as mudanças na sazonalidade e as mudanças nas características dos sedimentos (parâmetros estatísticos), incluindo aí o seu comportamento hidrodinâmico, quando os sedimentos foram mobilizados por ondas e marés, serão refletidas na velocidade de decantação dos sedimentos.

No período seco (Outubro/2003-2004), quando os grãos adquiriram um tamanho médio entre 0,25 a 0,3mm, os sedimentos arenosos apresentaram uma classificação de areia média, e suas velocidades de decantação variaram de 3,05 a 3,72cm/s. No período chuvoso (Fevereiro/2004), quando ocorre o início do período de maior erosão nas falésias e há um engrossamento do depósito residual, os sedimentos arenosos ainda apresentam uma classificação de areia média a fina, onde o tamanho médio do grão que varia entre 0,175 e 0,25mm, apresentam uma velocidade de decantação entre 2,05 a 3,05cm/s. Nesta situação ainda há a influência do primeiro período seco (Outubro/2003), pois a maior intensidade de chuvas inicia-se apenas à partir de fevereiro (Figura 22). No período de transição (Junho/2004), os resultados obtidos foram discrepantes em relação aos outros períodos, visto que, neste período os sedimentos da praia do Amor apresentaram-se moderadamente selecionados, e os da praia dos Artistas apresentaram-se muito mal selecionados, onde se observa a ocorrência da fração cascalho arenoso na zona de intermaré. Esta relação deve-se ainda à influência exercida pelos meses mais chuvosos (Fevereiro, Março, Abril e Maio) (Figura 22) nos processos erosivos que condicionam a presença desses sedimentos mais grossos.

O parâmetro  $\Omega$  (Wright & Short, 1984) (Figura 28) apresentou para a praia do Amor, valores que a classificam morfodinamicamente em dois momentos: Terraço de Maré Baixa, no período seco (Outubro/2003-2004), quando um perfil praiial com berma desenvolvida e zona de intermaré superior com predomínio reflectivo na maré alta e com baixa declividade ou praia relativamente plana na maré baixa, onde as ondas mais energéticas quebram de forma mergulhante sobre a zona de arrebentação; além de Correntes de Retorno e Barras Transversais, que ocorrem no período chuvoso (Fevereiro/2004) e de transição (Junho/2004), quando um perfil praiial extenso com berma baixa desenvolvida e zona de intermaré com baixa declividade se formam, e as ondas quebram na maré alta de forma mergulhante sobre a zona de arrebentação. Para esta classificação, é necessário uma adaptação para praia estuarina, pois ficou evidente que, com a classificação morfodinâmica visual da praia, a mesma apresentou característica de Barra e Calha Transversais.

As classificações propostas por Masselink & Short (1993) para praias meso-macromarés (Figura 29), foram aplicáveis para as praias estuarinas do Amor e dos Artistas, conforme foi evidenciado pelos resultados encontrados, porém com necessidade de algumas adaptações, pois, alguns estágios calculados não corresponderam aos observados visualmente.

A praia do Amor apresenta os seguintes estágios: Reflectivo, com os sub-estágios Terraço de Maré Baixa, ocorrido no primeiro período seco (Outubro/2003), conforme descrito na classificação de Wright & Short (1984), mostrando a coincidência destas classificações, neste período, quando foi registrada a maior amplitude de maré (Tabela 1), ocorreu um alto valor da amplitude relativa de maré ( $RTR = 7,1$ ) (Tabela 8), nessa situação o perfil apresenta-se semelhante ao da classificação de Wright & Short (1984), com berma praial desenvolvida e zona de intermaré superior com predomínio reflectivo na maré alta e com praia plana na maré baixa, onde as ondas quebram de forma mergulhante sobre a zona de arrebentação. A outra classificação do estágio Reflectivo, é a de Terraço de Maré Baixa e Correntes de Retorno, ocorrido no segundo período seco (Outubro/2004), neste caso, esta classificação deve-se a uma amplitude de maré mais baixa (3,25m) ocorrida neste período em relação ao período seco anterior ( $RTR = 6,5$ ) (Tabelas 1 e 8). Nessa situação o perfil apresenta-se semelhante ao da classificação de Wright & Short, porém com a ausência de correntes de retorno, que não ocorrem nesta situação, ainda há a presença da berma praial desenvolvida e o predomínio reflectivo na maré alta e praia plana na maré baixa.

Ocorreram também dois estágios Intermediários, o primeiro foi o sub-estágio praia Ultradissipativa, no período chuvoso (Fevereiro/2004), quando ocorreu uma amplitude de maré em torno de 3,35m (Tabela 1), e a maior amplitude relativa de maré ( $RTR = 8,375$ ) (Tabela 8), esta classificação não se mostrou adequada para o período chuvoso, já que a praia apresenta em sua morfologia, a presença de berma praial desenvolvida e sistema de crista e calha, que não se adequa para esta classificação, já que o sub-estágio Ultradissipativo tem perfil plano, não possui feições morfológicas na zona de intermaré e apresenta cúspides praias na zona de intermaré superior, estas características não coincidem morfológicamente com o estágio de Correntes de Retorno e Barras Transversais de Wright & Short (1984), mostrando mais uma vez, a necessidade de adaptações para os estágios calculados. Já o sub-estágio Barras e Correntes de Retorno de Maré Baixa, ocorrido no período de transição (Junho/2004), quando foi registrada a menor amplitude de maré (2,75m) (Tabela 1) dentre os períodos de coleta, demonstrou semelhanças com a classificação de Wright & Short (1984), pois ambas indicaram a presença de barras arenosas observadas durante a maré baixa e uma zona de intermaré superior relativamente íngreme.

A praia dos Artistas é classificada segundo Wright & Short (1984), como praia intermediária, com dois estágios morfológicos: Terraço de maré baixa, durante o período seco (Outubro/2003-2004), quando a praia apresenta uma berma desenvolvida e as ondas quebram mergulhantes em sua base. O perfil mostra-se relativamente íngreme na zona de intermaré superior e de menor declividade na zona de intermaré inferior. Apresenta durante o período chuvoso (Fevereiro/2004), o estágio morfológico intermediário Banco e Calha Longitudinal, que possui como característica marcante, a presença de zona de intermaré superior íngreme e presença de bancos e calhas, localizados na zona de intermaré inferior/inframaré. A praia dos Artistas apresenta, porém, um estágio Reflectivo (Tabela 7), que ocorre no período de transição (Junho/2004), quando há o início da recuperação da berma praial e o perfil ainda apresenta-se bastante íngreme ( $tg\beta = 0,05$ ) devido a erosão das falésias, ocorrida no período chuvoso (Fevereiro/2004), ocorre o aparecimento de sedimentos arenosos mais grosseiros (Tabela 11).

Segundo a classificação de Masselink & Short (1993), o estágio Intermediário de praia Ultradissipativa é o estágio mais recorrente, tanto nos períodos secos (Outubro/2003-2004) quanto no período chuvoso (Fevereiro/2004), onde a praia tem um perfil plano e sem feições morfológicas maiores, diferenciando-se da classificação proposta por Wright & Short (1984) que para o período seco apresentou-se como estágio Intermediário de Terraço de Maré Baixa, que apresenta um perfil plano na maré baixa, e para o chuvoso que apresentou o estágio Banco e Calha Longitudinal, que apresenta um perfil íngreme durante a maré alta. Essas classificações são coerentes apenas por caracterizarem praias em estágio intermediário.

Para o período de transição (Junho/2004), o estágio Intermediário de Terraço de Maré Baixa de Masselink & Short (1993) difere do estágio de praia Reflectiva de Wright & Short (1984), porém, os mesmos tornam-se semelhantes apenas na porção superior do perfil, onde o estágio Terraço de Maré Baixa desenvolve um perfil reflectivo íngreme durante a maré alta.

Nas praias do Amor e dos Artistas observou-se que o comportamento dos parâmetros estatísticos (Média, Selecionamento, Assimetria e Curtose) manteve-se semelhante entre os períodos chuvoso (Fevereiro/2004) e seco (Outubro/2003-2004). No entanto, para o período de transição (06/2004), o comportamento destes parâmetros modificou-se sensivelmente.

Modificações, estas, associadas às diferenças de amplitude de maré, registrada entre os períodos, onde no período de transição (06/2004), registrou-se os menores índices, gerando um acúmulo sedimentar na sua zona de intermaré, confirmado através dos resultados positivos do cálculo de volume sedimentar.

A cobertura sedimentar apresenta diferenças na distribuição da granulometria, e é constituída predominantemente de areias médias, passando por areias finas a grossas, apresentando, vez por outra, cascalhos esparsos, apesar de existirem mudanças significativas no tamanho médio do grão, observa-se, neste caso, uma variação sazonal na distribuição dos sedimentos. Estas diferenças, porém, mostram uma mudança efetiva na classe granulométrica predominante, principalmente, durante o período de transição (06/2004), que no caso, se reflete na classe granulométrica cascalhos arenosos.

O comportamento do tamanho médio do grão (Mz), mostra que existe um controle sazonal de sua distribuição ao longo das praias do Amor e dos Artistas. No período seco (10/2003 e 10/2004), quando a ação das ondas é alta, a maior energia das ondas causa erosão, ocorrendo, então, a lavagem dos grãos menores, que são separados dos grãos maiores, pelos processos de “*swash*” e “*backwash*”, e conseqüentemente, causando um engrossamento relativo do depósito residual, fazendo com que os sedimentos adquiram valores menores de granulometria em Phi. No período chuvoso (02/2004), porém, sua distribuição é mais homogênea, devido ao fato de que, a ação das marés suplanta a ação das ondas. No período de transição (06/2004), a ação do conjunto onda-maré, fez com que os sedimentos fossem transportados para a zona de inframaré, pelas marés de sizígia, causando uma diminuição no tamanho médio do grão.

O selecionamento mostra que há uma semelhança no comportamento da sua distribuição, para todos os períodos, com exceção do período de transição (06/2004) na praia dos Artistas, que apresenta sedimentos muito mal selecionados. No período seco (10/2003), os sedimentos de ambas as praias, apresentaram como característica sedimentos moderadamente bem selecionados. No período chuvoso (02/2004), o comportamento é de moderadamente bem selecionado a bem selecionado. No período de transição (06/2004), os sedimentos da praia do Amor apresentam-se moderadamente selecionados, os da praias, porém, apresentam-se muito mal selecionados, devido justamente a presença de cascalho arenoso, na zona de intermaré.

Estes sedimentos muito mal selecionados, que ocorrem na praia dos Artistas, podem ser oriundos da maior energia a que está submetida esta praia. Já no período seco (10/2004), os sedimentos de ambas as praias, coincidem e apresentam-se moderadamente bem selecionados.

De uma maneira geral, o comportamento da assimetria, para as praias do Amor e dos Artistas, é semelhante e apresentam-se, principalmente com valores negativos. No período seco (10/2003), predominam valores simétricos (praia do Amor) e de assimetria negativa (praia dos Artistas). Para o período chuvoso de 2004 (02/2004), ambas as praias apresentam assimetria negativa. No período de transição de 2004 (06/2004), predominam valores de assimetria negativa (praia do Amor) e de assimetria muito negativa (praia dos Artistas). No período seco de 2004 (10/2004), os valores mostram-se assimetricamente negativos (praia do Amor) e de assimetria muito negativa (praia dos Artistas). Segundo Bittencourt et al. (1987), inexistente uma relação direta entre o sinal da assimetria e processos erosivos. Porém, conforme demonstrado por Duane (1964), os valores negativos de assimetria ocorrem, principalmente, nas áreas sujeitas à maior nível de energia atuante, que, no caso das praias da Ilha de Caratateua, são as zonas de intermaré média. Já os valores positivos, como nas zonas de intermaré superior, são as áreas onde ocorrem os processos deposicionais.

Os valores da curtose para as praias do Amor e dos Artistas apresentaram uma variação mínima entre os períodos seco (10/2003 e 10/2004), chuvoso (02/2004) e de transição (06/2004), com predominância de classificação leptocúrtica. No período seco (10/2003), a curtose apresentou um intervalo entre muito leptocúrtica (praia do Amor) e de mesocúrtica (praia dos Artistas). No período chuvoso (02/2004) ambas as praias apresentam uma classificação leptocúrtica. No período de transição (06/2004), este parâmetro para a praia do Amor é de extremamente leptocúrtica, e para a praia dos Artistas é de leptocúrtica. No período seco (10/2004), assim como o período seco anterior, apresentou um intervalo entre muito leptocúrtica (praia do Amor) e de mesocúrtica (praia dos Artistas). Os valores de curtose para ambas as praias mostraram-se bem semelhantes, neste caso, podendo, o fluxo das correntes de maré, ser o fator condicionante da menor energia, e conseqüentemente dos valores mais altos da curtose, visto que, nos períodos seco (10/2003 e 10/2004) e chuvoso (02/2004), os baixos valores de curtose indicam uma influência da energia mais alta das ondas e marés, que foram maiores nestes períodos, do que a amplitude média das marés, no período de transição (06/2004), que foi mais baixa.

Na praia dos Artistas, os processos erosivos atuantes nas falésias geram depósitos de seixos, areias grossas e muito grossas que são retrabalhados pelas ondas e redistribuídos ao longo da praia. Ondas mais energéticas tendem a mobilizar maiores quantidades de sedimentos. O aumento extremo dos valores da curtose neste período, explicaria a presença de sedimentos cascalhosos na praia dos Artistas, supostamente associados à diminuição da amplitude de maré e dos índices pluviométricos.

Os minerais pesados servem de indicadores da possível fonte de sedimentos de uma praia (Mendes, 2005). A análise da Assembléia de Minerais Pesados das praias do Amor e dos Artistas corroborou com os resultados da morfologia praial e dos parâmetros estatísticos dos sedimentos, os quais, indicaram que há a influência de sedimentos das Falésias para as Praias do Amor e dos Artistas. A análise da Assembléia de Minerais Pesados demonstrou que os minerais presentes na falésia apresentam-se ligeiramente maiores e menos desgastados, do que os minerais presentes nas praias. O mineral pesado de maior concentração foi o Zircão, sendo que na Praia do Amor ocorreu na LMB enquanto que na Praia dos Artistas ocorreu na LMA. As maiores concentrações de minerais pesados estão situadas em zonas de maior energia, como nas zonas de espraiamento, onde ocorrem os processos de “*swash*” e “*backwash*” das ondas, tanto na maré alta quanto na maré baixa, e onde há retrabalhamento dos sedimentos e remoção dos minerais leves para a deriva litorânea.

Estas formas apresentadas pelos cristais dos minerais pesados presentes nas Praias do Amor e dos Artistas, como o desgaste e o arredondamento, mostram que os mesmos passaram por processos de retrabalhamento, onde o choque entre os grãos causa uma espécie de “polimento” na superfície do mesmo, o que faz com que as superfícies angulosas dos cristais passem a se arredondar, e os cristais ao se chocarem uns com os outros, tenham a tendência de se fragmentarem em partículas menores.

Estas evidências relacionadas aos minerais pesados, acabam por sugerir um retrabalhamento destes pelos processos hidrodinâmicos (ondas, marés) e aerodinâmicos costeiros (ventos) que atuam na Ilha de Caratateua (Figuras 44, 45 e 46).

## 9–CONCLUSÕES

- (1) A variabilidade morfo-sedimentar das praias estuarinas da ilha de Caratateua (Amor e Artistas) obedeceu à sazonalidade climática e as condições oceanográficas predominantes no complexo estuarino da Baía do Marajó.
- (2) Os índices pluviométricos são muito importantes no condicionamento da altura relativa das marés, já que, o aumento do volume de água no sistema costeiro gera maiores inundações na zona de intermaré, passando a atingir as partes mais superiores do perfil praiial (zonas de intermaré superior/supramaré).
- (3) De acordo com o parâmetro  $\Omega$  de Wright & Short (1984) a praia estuarina do Amor foi classificada como praia Intermediária com dois sub-estágios, Terraço de Maré Baixa, no período seco e Correntes de Retorno e Barras Transversais, nos períodos chuvoso e de transição. A praia estuarina dos Artistas é classificada como praia Intermediária com sub-estágios Terraço de Maré Baixa, no período seco e Banco e Calha Longitudinal, no período chuvoso e classificada como Reflectiva no período de transição.
- (4) De acordo com o modelo para praias de meso-macromarés proposto por Masselink & Short (1993), a praia do Amor foi caracterizada entre dois estágios: Reflectivo (Terraço de Maré Baixa, e Terraço de Maré Baixa e Correntes de Retorno) e Intermediário (praia Ultradissipativa, Barras e Correntes de Retorno de Maré Baixa). Para a praia dos Artistas, um estágio Intermediário, com praia Ultradissipativa, que é o estágio mais recorrente, e Terraço de Maré Baixa.
- (5) Para a realização de estudos em praias estuarinas, torna-se necessário uma adaptação nas classificações pré-estabelecidas, pois ficou evidente que a classificação morfodinâmica visual da praia, diverge, na maioria das vezes, da calculada.
- (6) A cobertura sedimentar apresenta diferenças na distribuição da granulometria, e é constituída predominantemente de areias médias, passando por areias finas a grossas, apresentando, vez por outra, cascalhos esparsos.
- (7) Os minerais pesados presentes nas falésias apresentam-se ligeiramente maiores e menos desgastados, do que os minerais presentes nas praias.

## 10-RECOMENDAÇÕES

A análise dos resultados da pesquisa defrontou-se com dificuldades decorrentes da carência de informações sobre a ilha de Caratateua, de limitações técnicas e financeiras, bem como do tempo reduzido para o levantamento de determinados dados. Assim, recomenda-se a continuidade das pesquisas, onde se deve priorizar:

-Aumentar o número de perfis praias e o monitoramento, relacioná-los com dados de clima de ondas, direção e velocidade de correntes e ventos, para produzir uma abordagem morfodinâmica das praias e caracterizar melhor a variação morfológica e granulométrica, temporal e espacial;

-Estudar, junto a entidades públicas interessadas, profissionais especializados e comunidades locais, formas de manejo e educação ambiental para as praias, para a complementação de dados ao gerenciamento costeiro.

-Monitorar a readaptação da Praia do Amor após a construção da nova orla sobre a berma praial (Figura 74).



**Figura 74-Nova orla da Praia do Amor inaugurada em 12 de Janeiro de 2006 (Imagens publicadas no Jornal O Liberal de 13 de Janeiro de 2006).**

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACKERMAN, F.L., 1969. *Esboço para a Geologia entre a cidade de Belém – Rio Gurupi e Atlântico – Rio Guamá*. Imprensa Universitária do Pará, Belém.
- ALVES, M.A.M.S. & EL-ROBRINI, M., 2003. Morfodinâmica da Praia de Ajuruteua–NE do Pará. In: IX CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, II CONGRESSO DO QUATERNÁRIO DE PAÍSES DE LÍNGUAS IBÉRICAS, II CONGRESSO SOBRE PLANEJAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS COSTEIRAS DOS PAISES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA, Recife, 2003. CD-ROM.
- ALVES, M.A.M.S. & EL-ROBRINI, M., 2004. Morphodynamics of a Macrotidal Beach: Ajuruteua, Bragança – North Brazil. *Journal of Coastal Research*, 39. Special Issue. 8TH INTERNATIONAL COASTAL SYMPOSIA, SC, Brazil. (Situação: Aceito para publicação. Previsão: Setembro/2004).
- ALVES, M.A.M.S., 1999. *Caracterização sedimentológica e geomorfológica da plataforma e parte superior do talude continental do estado do Pará*. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. Belém-PA. 114p (Trabalho de Conclusão de Curso).
- ALVES, M.A.M.S., 2001. *Morfodinâmica e Sedimentologia da Praia de Ajuruteua–NE do Pará*. Belém: Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 104p. (Dissertação de Mestrado).
- ALVES, M.A.M.S., 2002. *Introdução à Morfodinâmica de Praias Arenosas de Meso-Macromarés*. Belém: Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 182p (Apostila do Curso de Graduação em Oceanografia).
- ALVES, M.A.M.S.; EL-ROBRINI, M.; SOUZA FILHO, P.W.M.; FARIAS, D.R. & FRANÇA, C.F., 2005. *Morfodinâmica das Praias de Meso-Macromarés da Zona Costeira do Estado do Pará*. In: X Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Vitória, 2005. CD-ROM.
- ANAIS., 2003. *Simpósio: Amazônia, cidades e geopolítica das águas*. 25 a 27 Junho. Belém-PA
- ARAI, M; VESUGUI, N.; ROSSETI, D. de F & GÓES, A.M., 1988. *Considerações sobre a idade do grupo Barreiras no nordeste do estado do Pará*. Congresso Brasileiro de Geologia, 35. Belém. Anais, SBG, V.2, p.738-752.
- BABA, J & KOMAR, P.D., 1981. *Measurements and analysis of settling velocities of natural quartz sand grains*. *Journal of sedimentary petrology*, 51: 631-640.
- BASTOS, A. C. e SILVA, C. G. 1997a. *Características morfodinâmicas do litoral entre Cabiúnas e Atafona, nordeste do estado do Rio de Janeiro*. In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 6. Curitiba, 1997. Resumos Expandidos. Curitiba. ABEQUA. P. 40-43.
- BENTES, A.M.L., 1998. *Estudo da variabilidade morfodinâmica de quatro praias situadas no setor centro-norte do Estado do Rio de Janeiro*. Dissertação de Mestrado. UFRJ/IGEO. 124p.
- BIGARELLA, J. J. 1975. The Barreiras group in northeastern Brazil. Separata de Anais da Academia Brasileira de Ciências. 47 (Sup): 365-393.
- BIRKMEIER, W.A., 1981. *Fast, Accurate Two-person Beach Surveys*. Fort Belvoir: Coastal Engineering Research Center.
- BIRKEMEIER, W.A., 1985. *Interactive survey reduction program. User's guide*. Mississippi 101p. (Instruction Report CERC 84-11).

- BITTENCOURT, A.C.S.P.; FARIAS, F.F. & ZANINI JR, A., 1987. *Reflexo das variações morfodinâmicas praias nas características texturais dos sedimentos da praia da Armação, Salvador, Bahia*. Revista Brasileira de Geociências, 17:276-282.
- CALLIARI, L.J & KLEIN, A.H.F., 1993. *Características morfodinâmicas e sedimentológicas das praias oceânicas entre Rio Grande e Chuí, RS*. Pesquisas em Geociências, 20 (1): 48-56.
- CARTER, R.W.G., 1988. *Coastal environments. An introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines*. London: Academic Press, 609 p.
- CARTER, R.G.W. & WOODROFFE, C.D., 1997. *Coastal Evolution: Late Quaternary Shoreline Morphodynamics*. Melbourne: Cambridge University Press, 517p.
- COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DA ÁREA METROPOLITANA DE BELÉM (CODEM), 1975. *Plano de desenvolvimento da grande Belém: metodologia, estudos básicos, prognósticos, desenvolvimento e sistema*. Belém, DNPM-CPRM. v.1.
- COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DA ÁREA METROPOLITANA DE BELÉM (CODEM), 1998. *Levantamento aerofotogramétrico da região metropolitana de Belém*. CD- ROM.
- COSTA, L.C.G., 2003. *Geomorfologia Costeira e Dinâmica Atual da Costa Atlântica do Nordeste Paraense: Regiões de Salinópolis e Bragança*. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. Belém-PA. 47p (Monografia de Especialização).
- COSTA, M.L., ANGÉLICA, R.S., AVELAR, J.O.G., 1991. *Outeiro e Mosqueiro: Exemplos de evolução laterítica imatura*. In: Simpósio de Geologia da Amazônia 3. Belém, 1991, SBG/NN. P.479-494.
- DAVIS JR, R.A., 1972. *Principles of Oceanography*. Sydney. Addison-Wesley publishing company. 423p.
- DAVIS JR, R.A., 1978. *Coastal sedimentary environments*. New York: Springer-Verlag. 420p.
- DEAN, R.G., 1977. *Equilibrium Beach Profiles: U.S. Atlantic and Gulfs Coasts*. *Ocean Engineering Report No. 12*, University of Delaware, Newark.
- DEAN, R.G., 1987. *Coastal sediment processes: Toward engineering solutions*. In: COASTAL SEDIMENTS '87, American Society Civil Engineers, p. 1-24.
- DEAN, R.G., 1991. *Equilibrium beach profiles: characteristics and applications*. *Journal of Coastal Research*, 7(1) 53-84.
- DIAS, L.M.M., 1995. *Balneabilidade das praias estuarinas da ilha de Mosqueiro (PA): uma visão Geoquímica Ambiental*. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. Belém-PA. Tese de Mestrado.131p.
- DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO (DHN), 2003. *Tábua de Marés para 2003*. <http://www.dhn.mar.mil.br/>.
- DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO (DHN), 2004. *Tábua de Marés para 2004*. <http://www.dhn.mar.mil.br/>.
- DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO (DHN), 2006. *Estágio de Qualificação em Montagem e Operação de Marégrafos Digitais e Analógicos (EST-QF-MGRAFO)*. Centro de Hidrografia da Marinha. Niterói. 20p.
- DISTRITO ADMINISTRATIVO DE OUTEIRO (DAOUT), 2004. *Relatório dos aspectos sócio-econômicos da ilha de Outeiro*. Agência Distrital do Outeiro. 28p.
- EL-ROBRINI, M., 1996. *O Programa Avaliação do Potencial Sustentável dos Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva – REVIZEE e a Primeira Campanha Oceanográfica na Região Norte*. In: Simpósio de Geologia da Amazônia. Belém. SBG. P:250-251.
- EL-ROBRINI, M.; SOUZA FILHO, P.W.M.; FRANÇA, C.F.; ALVES, M.A.M.S.; SILVA,

- M.G.L.; EL-ROBRINI, M.H.S. & FARIAS, D.R., 2004. Monitoramento da Morfodinâmica Praial da Costa Nordeste do Estado do Pará. In: Anais do I CONGRESSO BRASILEIRO DE OCEANOGRAFIA E XVI SEMANA NACIONAL DE OCEANOGRAFIA. Itajaí: AOCEANO. P: 307.
- EL-ROBRINI, M.H.S., 2001. *Estudo da variabilidade morfo-sedimentar sazonal de praias estuarinas - ilha de Mosqueiro*. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. Belém-PA. (Dissertação de Mestrado).
- FACHIN, S., 1998. *Caracterização do perfil de equilíbrio da antepraia da costa do Rio Grande do Sul*. Dissertação de Mestrado. URGs/Geociências. 114p.
- FARIAS, D.R., 1994. *Variação da acidez das águas das chuvas na área dos Lagos Bolonha e Água Preta (PA)*. Universidade federal do Pará. Departamento de Geografia. Trabalho de Conclusão de Curso. 58p.
- FARIAS, D.R.; ALVES, M.A.M.S.; DELFINO, I.B. & EL-ROBRINI, M., 2004. Variabilidade Morfo-Sedimentar das Praias Estuarinas da Ilha de Caratateua - PA. In: Anais do I CONGRESSO BRASILEIRO DE OCEANOGRAFIA E XVI SEMANA NACIONAL DE OCEANOGRAFIA. Itajaí: AOCEANO. p: 307.
- FARIAS, D.R. & SANTOS, L.J.S., 1999. *Estuários: definições, classificações, importância e características*. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. Belém-PA. (Monografia de Curso de Especialização e Oceanografia). 32p
- FOLK, R.L & WARD, W.C., 1957. *Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters*. Journal of sedimentary Petrology, 27 (1): 3-26.
- 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., 2003. *Morfologia e mudanças costeiras da margem leste da ilha de Marajó-PA*. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. Belém-PA. 144p. (Tese de Doutorado).
- FRANZINELLI, E., 1976. Contribuição à sedimentologia da baía do Marajó. Rel. Int. – SUDAM – DNOS – IDESP. Belém, Pará. 12p.
- FRIEDMAN, G.M. 1962. On sorting, sorting coefficients and grain size distribution of sandstones. *Journal of Sedimentary Petrology*, 13: 233-252.
- GIBBS, R.J.; MATTHEW, M.D. & LINK, D.A., 1971. *The relationship between size and sorting velocity*. Journal of sedimentary petrology. 41: 7-18.
- GÓES, A.M. & TRUCKENBRODT, W., 1980. *Caracterização faciológica e interpretação ambiental dos sedimentos Barreiras na região bragantina, nordeste do estado do Pará*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31. Camboriú. Anais. Camboriú: SBG. V.2, p.766-771.
- GÓES, A.M.; ROSSETTI, D.F.; NOGUEIRA, A.C.R.; TOLEDO, P.M., 1990. *Modelo deposicional preliminar da Formação Pirabas no nordeste do estado do Pará*. Separata de Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi, série Ciências da Terra, 2:3-15.
- GOLDEN SOFTWARE, Inc. 1994. *Surfer for Windows. Countouring and 3D surface mapping. Version 6.01 - User's guide*. Colorado 600p.
- GOLDEN SOFTWARE, Inc. 2005. *Grapher for Windows.. Version 5.03 - User's guide*. Colorado 600p.
- GUZA, R.T. & INMAM, D.L., 1975. *Edge waves and beach cusps*. Journal of Geophysical Research, 80 (21): 2997-3012.

- HOEFEL, F.G., 1998. *Morfodinâmica de praias arenosas oceânicas: uma revisão bibliográfica*. Itajaí, editora da UNIVALI. 91p.
- HORBE, A. M. C., 1995. *Evolução Mineralógica e Geoquímica Multi-Elementar de Perfis de Solo Sobre Lateritos e Gossans na Amazônia*. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. Belém-PA. ( Tese de Doutorado).
- IGREJA, H.L.S., 1991. *Aspectos tectono-sedimentares do Fanerozóico do NE do estado do Pará*. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. Belém-PA.192p ( Tese de Doutorado).
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE), 2005. *Zona de Convergência Intertropical*. Disponível em < [www.cptec.inpe.gov.br](http://www.cptec.inpe.gov.br)>. Acessado em 09 de agosto de 2005.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), 2002. *Atlas Geográfico*. Rio de Janeiro. FAE.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET), 2004. *Relatório de Ventos e de Índices Pluviométricos para a região metropolitana de Belém entre 2001 e 2004*. 2º DISME.
- KING, M.A., 1959. *Beachs and Coast*. Edward Arnold (Publishers) LTD. Londres.
- KOMAR, P.D., 1976. *Beach, process and sedimentation*. Englewood cliffs; New Jersey: Prentice-Hall. 429p
- KOMAR, P.D., 1983. *Handbook of coastal processes and erosion*. Florida, CRC Press. 297p.
- LIBERAL, O. 2006. *Edição de 13 de Janeiro, caderno de atualidades*.
- LIMA, F.P.S.; SOUZA FILHO, P.W.M.; ALVES, M.A.M.S.; VIÉGAS, L.G.F. & PAIVA, R.P.S., 2004. Padrão de Distribuição Sedimentar na Zona de Intermaré da Praia de Ajuruteua, Bragança, Pará. In: Anais do I CONGRESSO BRASILEIRO DE OCEANOGRAFIA E XVI SEMANA NACIONAL DE OCEANOGRAFIA. Itajaí: AOCEANO. p: 182.
- MCLAREN, P. 1981. *An interpretation of trends in grain size measures*. Journal of Sedimentary Petrology, 51 (2): 611-624.
- MASSELINK, G. & SHORT, A.D., 1993. *The effects of the tide range on beach morphodynamics and morphology: a conceptual beach model*. Journal of Coastal Research, 9 (3): 785-800.
- MATTA, M.A.S., 2002. *Fundamentos hidrogeológicos para a gestão integrada dos recursos hídricos da região de Belém/Ananindeua – Pará, Brasil*. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências. 292p.
- MAZZEO, T.E., 1991. *Avaliação ambiental das vias de drenagem da região metropolitana de Belém (PA) quanto a distribuição dos elementos: Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb e Zn*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 141p.
- MENDES, A.C., 2005. Análise de Minerais Pesados na Formação Ipixuna (Cretáceo Superior), Mina IRCC, Tomé-Açú, Sub-Bacia de Cameté. Universidade Federal do Pará. RELATÓRIO FINAL DE INICIAÇÃO CIENTIFICA (PIBIC/CNPq/UFGA). 91p.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA), 1996. *Perfil dos estados litorâneos do Brasil: subsídios a implantação do programa de gerenciamento costeiro*. Brasília, Ministério do Meio Ambiente. 302p. (Relatório Final).
- MUEHE, D. 1979. *Sedimentology and topography of a high energy coastal environment between Rio de Janeiro and Cabo Frio, Brazil*. Anais da Academia Brasileira de Ciências. 51 (3): 473-481.

- MUEHE, D., 1998. *Estado morfodinâmico praias no instante da observação: uma alternativa de identificação*. Revista brasileira de Oceanografia, 46 (2): 157-169.
- MUEHE, D., 2004. Definição de limites e tipologias morfodinâmico e evolutivo. In: Ministério do Meio Ambiente. Projeto Orla: Subsídios para um projeto de gestão. Brasília: MMA e MPO. p: 13-32.
- NORDSTROM, K.F. & JACKSON, N.L., 1992. *Effect of source width and tidal elevation on aeolian transport on an estuarine beach*. Sedimentary, 39: 769-788.
- NORDSTROM, K.F. & ROMAN, C.T., 1996. *Estuarine Shores: Evolution, Environments and Human Alterations*. Chichester, John Wiley & Sons. 486p.
- NORDSTROM, K.F., 1977. *The use of grain size statistics to distinguish high and moderate energy beach environments*. Journal of Sedimentary Petrology, 47: 1287-1294.
- NORDSTROM, K.F., 1992. *Estuarine Beaches*. Elsevier Science Publishers, London.
- PINHEIRO, R.V.L., 1987. *Estudo hidrodinâmico e sedimentológico do estuário Guajará-Belém*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências.
- PIVEL, M. A. G. e CALLIARI, L. J. 1998. *Caracterização preliminar das praias de Torres (RS) sobre um enfoque morfodinâmico*. In: Semana Nacional de Oceanografia, 11. Rio Grande, 1998. Anais. Rio Grande: AOCENO. P.276-282.
- PONÇANO, W.L., 1995 – *Sedimentação atual aplicada a portos no Brasil*. Tese de Doutorado – SP – Universidade de São Paulo. Instituto de Geociências, 278 p.
- RECOs, INSTITUTO DO MILÊNIO. 2005. *Meteorologia – região norte*. Disponível em: <http://2000.17.232.197/milênio/mmeoc1/meteon.htm>.
- ROSO, R.H., 2003. *Avaliação da aplicabilidade de conceitos da morfodinâmica de praia no planejamento de desembarques anfíbios*. Dissertação de Mestrado. UFRJ/IGEO. 186p.
- ROSSETTI, D.F., 1990. *Caracterização faciológica e diagenética da formação Barro Duro – Bacia de Barreirinhas*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências. 191p.
- SAHU, B.K., 1964. *Depositional mechanisms from the size analysis of clastic sediments*. Journal of Sedimentary Petrology, 34 (1): 73-83.
- SANTOS, V.F., 1996. *Estratigrafia holocênica morfodinâmica atual da planície costeira da ilha de Algodoal e de Marudá*. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 128 p. Tese de Mestrado.
- SECRETARIA DE INDÚSTRIA, COMÉRCIO E MINERAÇÃO (SEICOM), 1995. *Plano diretor de mineração em áreas urbanas da região metropolitana de Belém e adjacências: projeto de estudos do meio ambiente em sítios de extração de materiais de construção na região de Belém-Benevides*. Estado do Pará, relatório final. 157p
- SHEPARD, F.P., 1973. *Submarine Geology*. 3 Ed. New York; Harper e Row. 517p.
- SILVA, M.G.L., 2001. *Avaliação multitemporal da dinâmica costeira da praia do Pescador. Bragança (Norte do Brasil)*. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. Belém-PA. 103p. (Dissertação de Mestrado).
- SILVA, M.S., 1996 *Morfoestratigrafia e evolução holocênica da planície costeira de Salinópolis, nordeste do estado do Pará*. Universidade Federal do Pará. Belém. 113p. ‘Tese de Mestrado
- SONU, C.J. & VAN BEEK, J.L., 1971. *Systematic beach changes on the outer banks, North Carolina*. Journal of Geology. 79: 416-425.
- SOUZA, C.R.G.; SOUZA FILHO, P.W.M.; ESTEVES, L.S.; VITAL, H.; DILLEMBURG, S.R.; PATCHINELLAM, S.M. & ADDAD, J.E., 2005 Praias Arenosas e Erosão Costeira. In: SOUZA, C.R.G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A.M.S. & OLIVEIRA, P.E. (orgs).

- Quaternário do Brasil. Holos Editora. p: 130-152
- SOUZA FILHO, P.W.M. & EL-ROBRINI, M., 1998. *As variações de nível relativo do mar e estratigrafia de sequências da planície costeira bragantina, nordeste do Pará*. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, 10: 45-78.
- SOUZA FILHO, P.W.M., 1998. *Morfodinâmica e processos costeiros*. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. Belém-PA. 93p. (Curso de Especialização em Oceanografia).
- SOUZA FILHO, P.W.M., 2000. *Avaliação e aplicação de dados de sensores remotos no estudo de ambientes costeiros tropicais-úmido*. Bragança, norte do Brasil. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 219p.
- SUGUIO, K., 1973. *Introdução à sedimentologia*. São Paulo, Edgar Blucher e Edusp. 317p.
- SUGUIO, K., 1992. *Dicionário de Geologia Marinha*. São Paulo, Editora T.A. Queiroz 171p.
- SUGUIO, K., 1999. *Geologia do Quaternário e mudanças ambientais. Passado + Presente = Futuro?* São Paulo, Paulo's Editora. 366p.
- SUGUIO, K.; BIDEGAIN, J.C.; MORNER, N.A., 1986. *Dados preliminares sobre as idades paleomagnéticas do Grupo Barreiras e da Formação São Paulo*. Revista Brasileira de Geociências, 16:171-175.
- TESSLER, M.G & MAHIQUES, M.M., 2000. *Por uma terminologia brasileira para o ambiente praias*. In: Simpósio Brasileiro de Praias arenosas. Morfodinâmica, Riscos e Gestão, Itajaí/SC, editora da Univale, P.68-69.
- TOZZI, H. A. M. 1995. *Morfodinâmica da Praia do Cassino, RS*. Trabalho do Curso de Oceanologia. Fundação Universidade do Rio Grande. Furg. Rio Grande, Rio Grande do Sul. 56p.
- TOZZI, H.A.M. & CALLIARI, L.J., 2000. *Morfodinâmica da praia do Cassino, RS*. Pesquisas em Geociências, 27 (1): 29-42.
- TRENHAILE, A.S., 1997. *Coastal dynamics and landforms*. Oxford, Clarendon Press. 366p.
- WESCHENFELDER, J. & ZOUAIN, R.N.A., 2002. *Variabilidade morfodinâmica das praias oceânicas entre Imbé e Arroio do Sal, RS, Brasil*. Pesquisas em Geociências, 29 (1): 3-13p.
- WRIGTH, L.D. & SHORT, A.D., 1984. *Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis*. Marine Geology, 56: 93-118.
- WRIGTH, LD; NIELSEN, P; SHORT, A.D; GREEN, M.O., 1982. *Morphodynamics of a Macrotidal Beach*. Marine Geology, 50: 97-128.

## **ANEXO**

## **ANEXO 1 – LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS**

### Levantamento do Perfil praial A

10/03		02/04		06/04		10/04	
Altura	Distância	Altura	Distância	Altura	Distância	Altura	Distância
4,98	0	4,98	0	4,98	0	4,98	0
4,08	3	4,015	3	3,79	0,5	3,95	3,5
4,045	16	3,95	11,8	3,715	3	3,795	13,5
2,82	26	3,51	15,8	3,705	20	2,855	20,5
2,16	46	2,375	35,8	3,14	32	1,84	40,5
1,85	66	1,91	55,8	1,81	52	1,835	60,5
1,845	69	1,685	75,8	1,945	72	1,525	80,5
1,495	89	1,6	95,8	1,5	92	0,97	100,5
1,125	109	0,985	115,8	0,855	112	0,78	120,5
0,895	129	0,775	135,8	0,97	132	0,6	140,5
0,705	149	0,56	155,8	0,48	152	0,54	160,5
0,485	169	0,385	175,8	0,445	172	0,605	180,5
0,455	189	0,095	195,8	0,25	192	0	200,5
0,385	192	-0,13	215,8	-0,4	212		
-0,165	212	-0,7	235,8	-1,03	232		
-1,055	232						

### Levantamento do Perfil praial B

10/03		02/04		06/04		10/04	
Altura	Distância	Altura	Distância	Altura	Distância	Altura	Distância
4,98	0	4,98	0	4,98	0	4,98	0
4,81	0,3	4,79	0,3	4,74	0,3	4,71	0,3
4,71	3	4,715	3	4,71	3	4,67	4
4,72	23	4,705	20	4,69	20	4,6	14
4,48	26,5	4,14	27,5	3,5	40	4,24	34
3,18	37,5	2,81	47,5	2,9	60	3,31	54
2,78	57,5	2,945	67,5	2,55	80	2,87	74
2,69	77,5	2,5	87,5	2,1	100	2,455	94
2,665	80	1,855	107,5	2,03	120	1,93	114
2,42	100	1,97	127,5	1,6	140	1,65	134
1,54	120	1,48	147,5	1,33	160	1,755	154
2,01	140	1,445	167,5	1,35	180	1,295	174
1,79	160	1,25	187,5	1,06	200	1,18	194
1,79	180	0,6	207,5			0,91	214
1,69	183	-0,03	227,5			0,44	234
1,11	203					-0,12	254
1,07	223						
-0,03	233						

### Levantamento do Perfil praial C

10/03		02/04		06/04		10/04	
Altura	Distância	Altura	Distância	Altura	Distância	Altura	Distância
4,98	0	4,98	0	4,98	0	4,98	0
4,34	0,3	4,37	0,3	4,48	0,3	4,56	0,3
4,26	3	4,255	3	4,205	3	4,22	4
4,07	8	3,585	11,5	4,205	7	2,855	16,6
3,78	19	2,705	23	3,165	20	2,4	36,6
2,26	39	2,325	43	2,445	40	1,97	56,6
2	59	2,14	63	2,125	60	2,17	76,6
1,81	79	1,945	83	1,93	80	1,67	96,6
1,78	82	1,83	103	2,02	100	1,475	116,6
1,62	102	1,665	123	1,41	120	1,365	136,6
1,5	122	1,76	143	1,43	140	1,315	156,6
1,49	142	1,47	163	1,335	160	1,235	176,6
1,15	162	1,1	183	1,17	180	0,915	196,6
1,11	182	1,16	203	0,99	200	0,84	216,6
1,025	185	0,69	223			0,645	236,6
0,52	205					0,115	256,6
-0,09	225						

### Levantamento do Perfil praial D

10/03		02/04		06/04		10/04	
Altura	Distância	Altura	Distância	Altura	Distância	Altura	Distância
11	0	11	0	11	0	11	0
10,885	4	10,885	4	10,885	4	10,885	4
10,575	13,9	10,575	13,9	10,575	13,9	10,575	13,9
9,745	15,3	9,745	15,3	9,745	15,3	9,745	15,3
7,115	17,2	7,115	17,2	7,115	17,2	7,115	17,2
3,85	19,9	3,85	19,9	3,85	19,9	3,85	19,9
3,545	21	3,545	21	3,545	21	3,545	21
3,5	21,5	3,5	21,5	3,5	21,5	3,5	21,5
3,47	27	3,655	22,2	2,73	32	3,78	24,5
2,87	30	3,28	25,2	2,235	35	3,24	28
2,55	33	2,905	28,2	1,945	38	2,535	34
2,21	36	2,55	31,2	1,63	41	2,01	40
1,86	39	2,195	34,2	1,475	44	1,625	46
1,54	42	1,84	37,2	1,275	47	1,2	52
1,22	45	1,485	40,2	1,08	50	0,91	58
1,03	48	1,275	43,2	0,875	53	0,7	64
0,88	52	1,185	46,2	0,725	56	0,56	70
		1,025	49,2	0,755	59	0,52	76
		0,755	52,2	0,63	62	0,48	82
		0,615	55,2	0,48	65	0,36	88
		0,39	58,2	0,355	68	0,2	94
		0,145	61,2	0,225	71		
		0,095	64,2	0,125	74		
		0,015	67,2	0,055	77		
		-0,055	70,2	-0,035	80		
		-0,105	73,2	-0,085	83		
		-0,195	76,2	-0,095	86		
		-0,265	79,2	-0,175	89		
		-0,375	82,2	-0,265	92		
				-0,345	95		
				-0,425	98		
				-0,495	101		

## **ANEXO 2 – ANÁLISE VOLUMÉTRICA NO ISRP**

### Análise Volumétrica do Perfil A entre 10/2003 e 02/2004

Analysis of Perfil A Changes between:

Profile 1, Survey 1(031010) and Profile 1, Survey 2(040210)  
Starting Distance = .00 M, Ending Distance = 232.00 M

Cut/ Fill Cell	Distance to end M	Elevation of end pt M	Cell Volume M3/M	Cell Thickness M	Profile Cum.Vol. M3/M	Profile Gross Vol. M3/M
1	24.31	3.03	-4.51	-.19	-4.51	4.51
2	30.68	2.67	.35	.06	-4.16	4.86
3	78.89	1.67	-3.11	-.06	-7.27	7.97
4	112.59	1.08	4.02	.12	-3.25	11.99
5	207.22	-.03	-8.59	-.09	-11.84	20.58
END	232.00	-.82	5.51	.22	-6.33	26.09

Volume Change: Above Datum= -11.81 M3/M , Below Datum= 5.48 M3/M  
The Shoreline changed -1.76 M, from 206.00 M to 204.24 M

### Análise Volumétrica do Perfil A entre 02/2004 e 06/2004

Analysis of Perfil A Changes between:

Profile 1, Survey 2(040210) and Profile 1, Survey 3(040610)  
Starting Distance = .00 M, Ending Distance = 232.00 M

Cut/ Fill Cell	Distance to end M	Elevation of end pt M	Cell Volume M3/M	Cell Thickness M	Profile Cum.Vol. M3/M	Profile Gross Vol. M3/M
1	14.00	3.71	-4.49	-.32	-4.49	4.49
2	47.65	2.10	12.45	.37	7.96	16.93
3	59.93	1.86	-1.06	-.09	6.90	17.99
4	85.55	1.64	2.91	.11	9.81	20.90
5	122.46	.92	-5.85	-.16	3.95	26.76
6	143.21	.70	1.61	.08	5.56	28.36
7	168.18	.45	-1.46	-.06	4.10	29.82
8	197.28	.08	1.41	.05	5.51	31.23
END	232.00	-.81	-9.75	-.28	-4.23	40.97

Volume Change: Above Datum= 5.33 M3/M , Below Datum= -9.57 M3/M  
The Shoreline changed -4.55 M, from 204.24 M to 199.69 M

### Análise Volumétrica do Perfil A entre 06/2004 e 10/2004

Analysis of Perfil A Changes between:

Profile 1, Survey 3(040610) and Profile 1, Survey 4(041010)  
 Starting Distance = .00 M, Ending Distance = 200.50 M

Cut/ Fill Cell	Distance to end M	Elevation of end pt M	Cell Volume M3/M	Cell Thickness M	Profile Cum.Vol. M3/M	Profile Gross Vol. M3/M
1	14.14	3.71	3.81	.27	3.81	3.81
2	51.59	1.84	-23.32	-.62	-19.51	27.13
3	111.90	.86	-10.92	-.19	-30.43	38.05
4	148.02	.58	-5.44	-.15	-35.88	43.50
END	200.50	-.01	5.19	.10	-30.69	48.69

Volume Change: Above Datum= -30.61 M3/M

The Shoreline changed .81 M, from 199.69 M to 200.50 M

### Análise Volumétrica do Perfil A entre 10/2003 e 10/2004

Analysis of Perfil A Changes between:

Profile 1, Survey 1(031010) and Profile 1, Survey 4(041010)  
 Starting Distance = .00 M, Ending Distance = 200.50 M

Cut/ Fill Cell	Distance to end M	Elevation of end pt M	Cell Volume M3/M	Cell Thickness M	Profile Cum.Vol. M3/M	Profile Gross Vol. M3/M
1	163.20	.55	-36.85	-.23	-36.85	36.85
2	185.27	.46	1.83	.08	-35.02	38.68
END	200.50	.08	-1.56	-.10	-36.58	40.24

Volume Change: Above Datum= -37.15 M3/M

The Shoreline changed -5.50 M, from 206.00 M to 200.50 M

### Análise Volumétrica do Perfil B entre 10/2003 e 02/2004

Analysis of Profile Changes between:

Profile 2, Survey 1(031015) and Profile 2, Survey 2(040215)  
 Starting Distance = .00 M, Ending Distance = 227.50 M

Cut/ Fill Cell	Distance to end M	Elevation of end pt M	Cell Volume M3/M	Cell Thickness M	Profile Cum.Vol. M3/M	Profile Gross Vol. M3/M
1	31.79	3.85	-2.06	-.07	-2.06	2.06
2	43.84	3.05	1.77	.15	-.28	3.83
3	53.86	2.85	-.85	-.08	-1.13	4.68
4	80.20	2.66	2.97	.11	1.84	7.65
5	112.22	1.88	-5.39	-.17	-3.55	13.04
6	132.79	1.84	4.57	.22	1.02	17.61
END	227.50	.27	-40.67	-.43	-39.65	58.28

Volume Change: Above Datum= -42.04 M3/M

The Shoreline changed -6.18 M, from 232.73 M to 226.55 M

### Análise Volumétrica do Perfil B entre 02/2004 e 06/2004

Analysis of Profile Changes between:

Profile 2, Survey 2(040215) and Profile 2, Survey 3(040615)  
 Starting Distance = .00 M, Ending Distance = 227.50 M

Cut/ Fill Cell	Distance to end M	Elevation of end pt M	Cell Volume M3/M	Cell Thickness M	Profile Cum.Vol. M3/M	Profile Gross Vol. M3/M
1	20.95	4.63	-.25	-.01	-.25	.25
2	60.23	2.90	7.58	.19	7.33	7.83
3	99.62	2.11	-4.08	-.10	3.26	11.91
4	123.78	1.95	3.04	.13	6.29	14.95
5	145.80	1.52	-1.40	-.06	4.89	16.35
6	177.50	1.35	-2.12	-.07	2.78	18.47
7	185.66	1.27	.11	.01	2.88	18.57
END	227.50	.32	12.94	.33	15.83	31.52

Volume Change: Above Datum= 31.82 M3/M

The Shoreline changed 46.56 M, from 226.55 M to 273.10 M

### Análise Volumétrica do Perfil B entre 06/2004 e 10/2004

Analysis of Perfil B Changes between:

Profile 2, Survey 3(040610) and Profile 2, Survey 4(041010)  
Starting Distance = .00 M, Ending Distance = 254.00 M

Cut/ Fill Cell	Distance to end M	Elevation of end pt M	Cell Volume M3/M	Cell Thickness M	Profile Cum.Vol. M3/M	Profile Gross Vol. M3/M
1	24.77	4.41	-2.20	-.09	-2.20	2.20
2	108.68	2.07	20.36	.24	18.16	22.56
3	136.95	1.67	-3.19	-.11	14.97	25.75
4	171.96	1.34	6.71	.19	21.68	32.46
5	190.23	1.20	-.91	-.05	20.76	33.37
6	219.89	.77	1.08	.04	21.84	34.45
END	254.00	.08	-5.56	-.16	16.28	40.00

Volume Change: Above Datum= 13.31 M3/M

The Shoreline changed -23.39 M, from 273.10 M to 249.71 M

### Análise Volumétrica do Perfil B entre 10/2003 e 10/2004

Analysis of Perfil B Changes between:

Profile 2, Survey 1(031010) and Profile 2, Survey 4(041010)  
Starting Distance = .00 M, Ending Distance = 233.00 M

Cut/ Fill Cell	Distance to end M	Elevation of end pt M	Cell Volume M3/M	Cell Thickness M	Profile Cum.Vol. M3/M	Profile Gross Vol. M3/M
1	27.55	4.36	-3.50	-.13	-3.50	3.50
2	89.47	2.55	23.76	.38	20.26	27.27
3	106.90	2.12	-.99	-.06	19.27	28.26
4	128.16	1.73	2.99	.14	22.26	31.25
5	227.29	.60	-24.44	-.25	-2.18	55.69
END	233.00	.22	.81	.14	-1.37	56.50

Volume Change: Above Datum= 3.10 M3/M

The Shoreline changed 16.99 M, from 232.73 M to 249.71 M

### Análise Volumétrica do Perfil C entre 10/2003 e 02/2004

Analysis of Perfil C Changes between:

Profile 3, Survey 1(031010) and Profile 3, Survey 2(040210)  
Starting Distance = .00 M, Ending Distance = 225.00 M

Cut/ Fill Cell	Distance to end M	Elevation of end pt M	Cell Volume M3/M	Cell Thickness M	Profile Cum.Vol. M3/M	Profile Gross Vol. M3/M
1	32.75	2.73	-8.32	-.28	-8.32	8.32
END	225.00	.23	48.14	.25	39.82	56.46

Volume Change: Above Datum= 45.84 M3/M  
The Shoreline changed 22.38 M, from 222.05 M to 244.43 M

### Análise Volumétrica do Perfil C entre 02/2004 e 06/2004

Analysis of Perfil C Changes between:

Profile 3, Survey 2(040210) and Profile 3, Survey 3(040610)  
Starting Distance = .00 M, Ending Distance = 244.43 M

Cut/ Fill Cell	Distance to end M	Elevation of end pt M	Cell Volume M3/M	Cell Thickness M	Profile Cum.Vol. M3/M	Profile Gross Vol. M3/M
1	18.00	3.33	2.47	.17	2.47	2.47
2	40.00	2.45	-.88	-.04	1.59	3.35
3	53.67	2.23	.49	.04	2.08	3.84
4	83.17	1.94	-1.09	-.04	.99	4.92
5	107.43	1.79	2.08	.09	3.07	7.00
6	178.59	1.18	-14.57	-.20	-11.49	21.57
7	186.58	1.11	.17	.02	-11.33	21.74
8	213.37	.87	-2.63	-.10	-13.96	24.37
END	244.43	.30	8.34	.27	-5.62	32.71

Volume Change: Above Datum= 14.62 M3/M  
The Shoreline changed 65.57 M, from 244.43 M to 310.00 M

### Análise Volumétrica do Perfil C entre 06/2004 e 10/2004

Analysis of Perfil C Changes between:

Profile 3, Survey 3(040610) and Profile 3, Survey 4(041010)  
 Starting Distance = .00 M, Ending Distance = 260.94 M

Cut/ Fill Cell	Distance to end M	Elevation of end pt M	Cell Volume M3/M	Cell Thickness M	Profile Cum.Vol. M3/M	Profile Gross Vol. M3/M
1	4.12	4.20	.31	.07	.31	.31
2	66.13	2.07	-15.11	-.24	-14.80	15.41
3	85.25	1.95	2.10	.11	-12.70	17.51
4	118.15	1.47	-6.65	-.20	-19.34	24.16
5	127.12	1.42	.21	.02	-19.14	24.37
6	167.91	1.27	-1.68	-.04	-20.82	26.05
7	181.51	1.16	.25	.02	-20.57	26.30
END	260.94	.22	-6.93	-.09	-27.50	33.23

Volume Change: Above Datum= -38.99 M3/M

The Shoreline changed -49.06 M, from 310.00 M to 260.94 M

### Análise Volumétrica do Perfil C entre 10/2003 e 10/2004

Analysis of Perfil C Changes between:

Profile 3, Survey 1(031010) and Profile 3, Survey 4(041010)  
 Starting Distance = .00 M, Ending Distance = 225.00 M

Cut/ Fill Cell	Distance to end M	Elevation of end pt M	Cell Volume M3/M	Cell Thickness M	Profile Cum.Vol. M3/M	Profile Gross Vol. M3/M
1	3.93	4.22	.39	.10	.39	.39
2	37.38	2.38	-17.41	-.52	-17.02	17.80
3	49.40	2.12	.53	.04	-16.49	18.33
4	59.31	2.00	-.30	-.03	-16.79	18.63
5	100.49	1.63	6.44	.16	-10.36	25.06
6	151.55	1.33	-3.45	-.07	-13.81	28.52
END	225.00	.33	18.33	.25	4.52	46.85

Volume Change: Above Datum= 19.12 M3/M

The Shoreline changed 38.89 M, from 222.05 M to 260.94 M

### Análise Volumétrica do Perfil D entre 10/2003 e 02/2004

Analysis of Perfil D Changes between:

Profile 4, Survey 1(031010) and Profile 4, Survey 2(040210)  
Starting Distance = .00 M, Ending Distance = 75.47 M

Cut/ Fill Cell	Distance to end M	Elevation of end pt M	Cell Volume M3/M	Cell Thickness M	Profile Cum.Vol. M3/M	Profile Gross Vol. M3/M
1	23.53	3.49	.16	.01	.16	.16
2	45.01	1.22	-4.54	-.21	-4.38	4.70
3	49.96	.96	.19	.04	-4.19	4.89
END	75.47	-.09	-5.93	-.23	-10.12	10.82

Volume Change: Above Datum= -9.58 M3/M

The Shoreline changed -7.62 M, from 75.47 M to 67.84 M

### Análise Volumétrica do Perfil D entre 02/2004 e 06/2004

Analysis of Perfil D Changes between:

Profile 4, Survey 2(040210) and Profile 4, Survey 3(040610)  
Starting Distance = .00 M, Ending Distance = 82.20 M

Cut/ Fill Cell	Distance to end M	Elevation of end pt M	Cell Volume M3/M	Cell Thickness M	Profile Cum.Vol. M3/M	Profile Gross Vol. M3/M
1	26.19	3.16	-.48	-.10	-.48	.48
END	82.20	-.22	13.74	.25	13.25	14.22

Volume Change: Above Datum= 11.13 M3/M, Below Datum= 2.12 M3/M

The Shoreline changed 10.99 M, from 67.84 M to 78.83 M

### Análise Volumétrica do Perfil D entre 06/2004 e 10/2004

Analysis of Perfil D Changes between:

Profile 4, Survey 3(040610) and Profile 4, Survey 4(041010)  
Starting Distance = .00 M, Ending Distance = 101.00 M

Cut/ Fill Cell	Distance to end M	Elevation of end pt M	Cell Volume M3/M	Cell Thickness M	Profile Cum.Vol. M3/M	Profile Gross Vol. M3/M
END	101.00	-.24	25.99	.26	25.99	25.99

Volume Change: Above Datum= 21.31 M3/M

The Shoreline changed 22.67 M, from 78.83 M to 101.50 M

### Análise Volumétrica do Perfil D entre 10/2003 e 10/2004

Analysis of Perfil D Changes between:

-----  
 Profile 4, Survey 1(031010) and Profile 4, Survey 4(041010)  
 Starting Distance = .00 M, Ending Distance = 75.47 M

Cut/ Fill Cell	Distance to end M	Elevation of end pt M	Cell Volume M3/M	Cell Thickness M	Profile Cum.Vol. M3/M	Profile Gross Vol. M3/M
-----						
1	26.49	3.47	.74	.03	.74	.74
END	75.47	.26	13.74	.29	14.48	14.48
Volume Change: Above Datum=			21.45	M3/M		
The Shoreline changed			26.03	M,	from	75.47 M to 101.50 M

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ - UFPA  
CURSO DE POS – GRADUACAO EM GEOLOGIA & GEOQUIMICA – GEMC  
Campus Universitário do Guamá  
Caixa Postal 8617 66075-110 Belém

Belém, 21 de Agosto de 2006

Ilmo Sr.  
**Prof. Rômulo Simões Angélica**  
Coordenador em exercício do CPGG – CG – UFPA

Prezado Coordenador,

Estamos enviando a copia da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO intitulada: VARIABILIDADE MORFO-SEDIMENTAR DAS PRAIAS ESTUARINAS DA ILHA DE CARATATEUA (PARÁ) do DANIEL RAMÔA FARIAS, corrigida conforma solicitações e sugestões da banca examinadora.

Atenciosamente

Prof. Dr. Maamar El-Robrini