

Universidade Federal do Pará
Centro de Geociências
Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

**"ANÁLISE MORFOESTRATIGRÁFICA DO ESTUÁRIO DO RIO
MARAPANIM – NE DO PARÁ"**

TESE APRESENTADA POR

CLÉA ARAÚJO DA SILVA

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

Data de Aprovação : 20 / 12 / 98

Comitê de Tese:


.....
MAÂMAR EL-ROBRINI (Orientador)


.....
MARIA THEREZA RIBEIRO DA COSTA PROST


.....
MOYSES GONZALEZ TESSLER

BELÉM

Ao Ian e Amílcar, que me acompanham nesta caminhada rumo ao aprimoramento do fundamento da vida: o Amor.

AGRADECIMENTOS

A execução deste trabalho foi possível graças ao apoio de instituições e pessoas, aos quais expresso meu sinceros agradecimentos.

À DEUS por estar sempre presente no meu caminho e me dar consciência da real razão da minha existência.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de pesquisa.

À Universidade Federal do Pará (UFPA), através do Centro de Geociências, onde foi possível a utilização dos laboratórios de sedimentologia e de tratamento de amostras (Litoteca) e, do Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, pelo apoio financeiro.

Ao Centro de Hidroclimatologia e Sensoriamento Remoto da Amazônia da Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (CHSRA/SUDAM), onde as cenas de satélite foram adquiridas.

À biblioteca do Centro de Pesquisa em Recurso Minerais (CPRM) pelo empréstimo de fotografias aéreas.

Aos pesquisadores do Departamento de Ecologia do Museu Paraense Emílio Goeldi (DEL/MPEG): Amilcar Carvalho Mendes, José Francisco Berredo Reis e Silva, Maria Tereza Prost pela cessão de cenas de radar e satélite, fotografias, testemunhos, além de valiosas sugestões e discussões ao longo deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Maâmar El-Robrini pela orientação deste trabalho.

Aos geólogos Pedro Walfir M.e Souza Filho, Paulo Houry e Amilcar C. Mendes, pela inestimável ajuda nas etapas de campo, abertura de testemunhos, discussões, sugestões, leitura de capítulos e, o mais importante, pela imensa amizade, que foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho.

À geóloga Valdenira Santos pela cessão de fotografias e testemunhos que abrangem o setor norte da área enfocada neste trabalho.

Aos amigos Jamer e Andréa pela imensa ajuda nos serviços de informática.

Ao Técnico do Centro de Geociências Afonso Quaresma e às pessoas de localidades às margens do Rio Marapanim: Josué (Algadoal), Nilton e Nazareno (Marudá), “Seu” Brasil (Matapiquara), que foram essenciais na etapa de campo.

Aos companheiros pesquisadores que fizeram parte do Programa de Pesquisa de Ensino em Ciências do Mar (PROMAR/DGL/UFPA), pela grande oportunidade de aprendizado e experiência em pesquisa e, principalmente, pela vivência das palavras: confiança, igualdade, trabalho, perseverança, dignidade e gratidão.

E, finalmente, às mulheres da minha vida, sem as quais nada disso seria possível: América (avó materna), Conceição (mãe), Odete (anjo da guarda) e “Dona” Conceição (sogra).

*"Nascer, morrer, renascer ainda e progredir
sempre, essa é a lei."*

Allan Kardec

SUMÁRIO

| | |
|--|-------------|
| DEDICATÓRIA | <i>i</i> |
| AGRADECIMENTOS | <i>ii</i> |
| EPÍGRAFE | <i>iii</i> |
| LISTA DE ILUSTRAÇÕES | <i>viii</i> |
| RESUMO | 1 |
| ABSTRACT | 3 |
| 1. INTRODUÇÃO | 5 |
| 2. ATIVIDADES E METODOLOGIA | 7 |
| 2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS..... | 7 |
| 2.2. ELABORAÇÃO DA CARTA TEMÁTICA..... | 7 |
| 2.3. TRABALHOS DE CAMPO..... | 8 |
| 2.4. PROCEDIMENTOS DE LABORATÓRIO..... | 11 |
| 2.4.1. Processamento de testemunhos..... | 11 |
| 2.4.2. Fotografias do Testemunho..... | 11 |
| 2.4.3. Descrição Macroscópica dos Testemunhos..... | 11 |
| 2.4.4. Análise Granulométrica..... | 12 |
| 3. ÁREA DE ESTUDO | 13 |
| 3.1. LOCALIZAÇÃO E ACESSO..... | 13 |
| 3.2. CLIMA..... | 14 |
| 3.3. VEGETAÇÃO..... | 15 |
| 3.3.1. Florestas Secundárias..... | 16 |
| 3.3.1.1. Capoeira..... | 16 |
| 3.3.2. Formações Pioneiras..... | 16 |
| 3.3.2.1. Vegetação de Mangue..... | 16 |
| 3.3.2.1.1. Ryzophora mangle..... | 17 |
| 3.3.2.1.2. Laguncularia racemosa..... | 17 |
| 3.3.2.1.3. Avicennia germinans..... | 18 |
| 3.3.2.1.4. Spartina sp..... | 18 |
| 3.3.2.2. Vegetação de Praias e Dunas..... | 19 |
| 3.3.2.3. Vegetação de Pântanos..... | 19 |
| 3.3.2.3.1. Alagados por Água Salobra..... | 19 |
| 3.3.2.3.2. Alagados por Água Doce..... | 20 |
| 3.3.2.4. Vegetação de Lagos..... | 20 |
| 3.4. CONDIÇÕES OCEANOGRÁFICAS..... | 22 |
| 3.4.1. Ventos..... | 22 |
| 3.4.2. Ondas..... | 23 |
| 3.4.3. Marés..... | 23 |
| 3.4.3.1. Maré Dinâmica..... | 23 |
| 3.4.3.2. Maré Salina..... | 25 |
| 3.4.4. Correntes..... | 27 |
| 4. CENÁRIO REGIONAL | 28 |
| 4.1. GEOMORFOLOGIA..... | 28 |
| 4.2. ESTRATIGRAFIA..... | 29 |
| 4.2.1. Formação Pirabas..... | 30 |

| | |
|--|----|
| 4.2.2. Formação Barreiras | 30 |
| 4.2.3. Pós-Barreiras | 32 |
| 4.2.4. Sedimentos Quaternários | 32 |
| 4.3. ARCABOUÇO ESTRUTURAL | 32 |
| 5. SISTEMA ESTUARINO | 34 |
| 5.1. INTRODUÇÃO..... | 34 |
| 5.2. CLASSIFICAÇÃO..... | 36 |
| 5.2.1. Modo de Formação da Bacia | 36 |
| 5.2.1.1. Sistema Drenados de Vale..... | 36 |
| 5.2.1.2. Fjords..... | 36 |
| 5.2.1.3. Estuário com Ilha Barreira..... | 36 |
| 5.2.1.4. Estuário Produzidos por Processo Tectônicos..... | 36 |
| 5.2.2. Processo Físicos Dominantes | 37 |
| 5.2.2.1. Estuários Dominados por Ondas..... | 39 |
| 5.2.2.2. Estuários Dominados por Maré..... | 39 |
| 5.2.3. Características Morfológicas e Sedimentológicas | 39 |
| 5.2.3.1. Estuário Lagunares..... | 41 |
| 5.2.3.2. Estuários de Foz Aberta..... | 41 |
| 5.2.3.3. Estuários Parcialmente Fechados..... | 41 |
| 5.2.3.4. Estuários de Maré..... | 41 |
| 5.2.4. Intensidade da Mistura entre as Massas de Águas Doce e Salina | 41 |
| 5.2.4.1. Estuários do Tipo A..... | 42 |
| 5.2.4.2. Estuários do Tipo B..... | 43 |
| 5.2.4.3. Estuários do Tipo C..... | 43 |
| 5.2.4.4. Estuários do Tipo D..... | 43 |
| 5.2.5. Conclusões | 43 |
| 5.3. CONFIGURAÇÃO DOS CANAIS ESTUARINOS E DISTRIBUIÇÃO DOS DEPÓSITOS SEDIMENTARES | 44 |
| 6. GEOMORFOLOGIA | 47 |
| 6.1. INTRODUÇÃO..... | 47 |
| 6.2. COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA..... | 49 |
| 6.2.1. Planalto Costeiro | 49 |
| 6.2.1.1. Falésia..... | 49 |
| 6.2.2. Planície Costeira | 49 |
| 6.2.2.1. Planície de Crista de Praia (“Strand Plain”)..... | 52 |
| 6.2.2.1.1. Planície de Crista de Praia Interna..... | 52 |
| 6.2.2.1.2. Planície de Crista de Praia Externa..... | 52 |
| 6.2.2.2. Paleoduna..... | 52 |
| 6.2.2.3. Duna Costeira Atual..... | 54 |
| 6.2.2.3.1. Duna Costeira Fixa..... | 54 |
| 6.2.2.3.2. Duna Costeira Móvel..... | 55 |
| 6.2.2.4. Pântano Salino (“Salt Marsh”)..... | 55 |
| 6.2.2.4.1. Pântano Salino Interno..... | 56 |
| 6.2.2.4.2. Pântano Salino Externo..... | 56 |
| 6.2.2.5. Planície de Maré..... | 58 |
| 6.2.2.5.1. Planície de Maré Lamosa (“Mangrove Swamp”)..... | 58 |

| | |
|--|-----------|
| 6.2.2.5.2. Planície de Maré Arenosa (“Tidal Shoal”)..... | 58 |
| 6.2.2.6. Praia Flecha-Barreira (“Recurved Spit”) | 60 |
| 6.2.2.6.1. Pós-Praia..... | 61 |
| 6.2.2.6.2. Ante-Praia..... | 61 |
| 6.2.2.6.3. Face Praial..... | 61 |
| 6.2.2.7. Lago..... | 63 |
| 6.2.2.8. Paleo Córrego de Maré..... | 63 |
| 6.2.3. Planície Estuarina..... | 63 |
| 6.2.3.1. Canal Estuarino..... | 63 |
| 6.2.3.1.1. Funil Estuarino..... | 65 |
| 6.2.3.1.2. Segmento Meandrante Sinuoso..... | 68 |
| 6.2.3.1.3. Segmento Meandrante em Cúspide..... | 69 |
| 6.2.3.1.4. Canal de Curso Superior..... | 71 |
| 6.2.3.2. Canais de Maré (“Tidal Creek”) | 71 |
| 6.2.3.3. Planície de Inundação..... | 72 |
| 6.2.3.3.1. Pântano Salino (“Salt Marsh”) | 72 |
| 6.2.3.3.2. Pântano de Água Doce (“Fresh Water Marsh”) | 72 |
| 6.2.4. Planície Aluvial..... | 74 |
| 6.2.4.1. Canal Meandrante..... | 75 |
| 6.2.4.1.1. Meandro Abandonado..... | 75 |
| 6.2.4.2. Depósitos de Canal (“Channel Deposits”) | 76 |
| 6.2.4.2.1. Depósitos de Fundo de Canal (“Channel Lag Deposits”) | 76 |
| 6.2.4.3. Depósitos de Margem de Canal (“Overbank Deposits”) | 76 |
| 6.2.4.3.1. Dique Marginal (“Levee”) | 77 |
| 6.2.4.3.2. Depósitos de Recobrimento (“Crevasse-Splay Deposits”) | 77 |
| 6.2.4.3.3. Planície de Inundação..... | 77 |
| 6.2.4.4. Depósitos de Preenchimento de Canal (“Channel-Fill Deposits”) | 78 |
| 6.3. CONCLUSÕES..... | 79 |
| 7. ESTRATIGRAFIA..... | 81 |
| 7.1. INTRODUÇÃO..... | 81 |
| 7.2. UNIDADES MORFOESTRATIGRÁFICAS..... | 86 |
| 7.2.1. Unidade Planície de Inundação..... | 86 |
| 7.2.2. Unidade Dique Marginal | 86 |
| 7.2.3. Unidade Meandro Abandonado..... | 86 |
| 7.2.4. Unidade Pântano de Água Doce..... | 88 |
| 7.2.5. Unidade Planície de Maré Lamosa..... | 88 |
| 7.2.6. Unidade Barra de Maré Arenosa..... | 91 |
| 7.2.7. Unidade Barra de Maré Lamosa..... | 91 |
| 7.2.8. Unidade Barra em Pontal..... | 94 |
| 7.2.9. Unidade Planície de Crista de Praia..... | 97 |
| 7.2.10. Unidade Paleoduna..... | 97 |
| 7.2.11. Unidade Dunas Atuais..... | 101 |
| 7.2.12. Unidade Praia Flecha-Barreira..... | 101 |
| 7.2.13. Unidade Planície de Maré Arenosa..... | 102 |
| 7.2.14. Unidade Pântano Salino..... | 102 |
| 7.3. FÁCIES ESTRATIGRÁFICOS..... | 106 |

| | |
|---|------------|
| 7.3.1. Fácies Areia e Lama de Barra em Pontal..... | 106 |
| 7.3.2. Fácies Areia Marinha..... | 107 |
| 7.3.3. Fácies Areia e Lama Estuarina..... | 108 |
| 7.3.4. Fácies Lama Estuarina..... | 109 |
| 7.3.5. Fácies Areia Fluvial..... | 110 |
| 7.3.6. Fácies Areia Mosqueada..... | 110 |
| 7.4. CONCLUSÕES..... | 112 |
| 7.4.1. Planície Costeira..... | 113 |
| 7.4.2. Planície Estuarina..... | 115 |
| 7.4.2.1. Funil Estuarino..... | 115 |
| 7.4.2.2. Segmento Meandrante Sinuoso..... | 117 |
| 7.4.2.3. Segmento Meandrante em Cúspide..... | 117 |
| 7.4.2.4. Canal de Curso Superior..... | 117 |
| 7.4.3. Planície Aluvial..... | 119 |
| 8. MODELO DEPOSICIONAL DO ESTUÁRIO DO RIO MARAPANIM..... | 120 |
| 9. EVOLUÇÃO HOLOCÊNICA DO ESTUÁRIO DO RIO MARAPANIM..... | 125 |
| 10. CONCLUSÕES..... | 127 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 129 |

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| Figuras | Página |
|--|--------|
| Figura 2.1. Sistema de amostragem a vibração..... | 10 |
| Figura 2.2. Sistema de recuperação de testemunho..... | 10 |
| Figura 3.1. Mapa de localização do Estuário do Rio Marapanim..... | 13 |
| Figura 3.2. Distribuição dos índices pluviométricos..... | 14 |
| Figura 3.3. Distribuição da vegetação nas margens do Estuário..... | 15 |
| Figura 3.4. Vista dos manguezais soterrados..... | 17 |
| Figura 3.5. <i>Laguncularia racemosa</i> e <i>Spartina</i> | 18 |
| Figura 3.6. <i>Avicennia germinans</i> na parte interna do estuário..... | 19 |
| Figura 3.7. Espécies arbustivas de pequenos porte típicas de dunas..... | 20 |
| Figura 3.8. Vegetação típica de pântanos alagados por água salobra..... | 21 |
| Figura 3.9. Vegetação típica de pântanos alagados por água doce..... | 21 |
| Figura 3.10. Distribuição dos principais fluxos, com destaque para os ventos alísios.. | 22 |
| Figura 3.11. Registros maregráficos mostrando os tipos de maré..... | 24 |
| Figura 3.12. Distribuição das marés no mundo e classificação segundo a amplitude... | 25 |
| Figura 3.13. Distribuição da salinidade ao longo do Estuário do Rio Marapanim..... | 26 |
| Figura 3.14. Regime das correntes atuantes no Nordeste do Pará..... | 27 |
| Figura 4.1. Mapa geológico do Nordeste do Pará | 29 |
| Figura 4.2. Lajedo do Fácies calcário maciço (Formação Pirabas)..... | 31 |
| Figura 4.3. Associação faciológica dos sedimentos Barreiras e Pós-Barreiras..... | 31 |
| Figura 4.4. Mapa tectônico do Nordeste do Pará durante o Mioceno | 33 |
| Figura 5.1. Representação das definições de PRITCHARD e DALRYMPLE..... | 35 |
| Figura 5.2. Classificação de estuário com base no modo de formação da bacia..... | 37 |
| Figura 5.3. Estuário dominados por ondas e maré segundo DALRYMPLE et al..... | 38 |
| Figura 5.4. Classificação baseada em parâmetros morfológicos, sedimentológicos.... | 40 |
| Figura 5.5. Classificação segundo o padrão de circulação estuarina..... | 42 |
| Figura 5.6. Padrão morfológico definidos para os estuários do norte da Austrália..... | 46 |
| Figura 6.1. Principais domínios geomorfológicos e suas respectivas unidades..... | 47 |
| Figura 6.2. Domínios geomorfológicos identificados para o Est.do Rio Marapanim... | 48 |
| Figura 6.3. Falésia ativa, exposta à ação direta das correntes de maré..... | 50 |
| Figura 6.4. Terraço da Formação Barreiras observado na margem do canal..... | 50 |
| Figura 6.5. Principais unidades morfológicas identificadas na Planície Costeira..... | 51 |
| Figura 6.6. (A)Fotografia aérea destacando a unidade planície de cristas de praia..... | 53 |
| Figura 6.7. Vista de um trecho da estrada seccionando a unidade de Paleoduna..... | 54 |
| Figura 6.8. Cordões de dunas fixas por vegetação arbustiva..... | 55 |
| Figura 6.9. Em primeiro plano, duna móvel migrando sobre a unidade de duna fixa... | 56 |
| Figura 6.10. Em primeiro plano, a Unidade de Pântano Salino Interno..... | 57 |
| Figura 6.11. Em primeiro plano, a Unidade de Pântano Salino Externo..... | 57 |
| Figura 6.12. A ação erosiva das correntes de maré sobre a planície de maré lamosa... | 59 |
| Figura 6.13. Vista aérea da Unidade Planície de Maré Arenosa | 59 |
| Figura 6.14. Terminação recurvada da Unidade Praia Flecha-Barreira..... | 60 |
| Figura 6.15. Perfil da Praia da Princesa (Ilha de Maiandeuá)..... | 62 |
| Figura 6.16. Unidades Morfológicas da Planície Estuarina..... | 64 |
| Figura 6.17. Quadro comparativo entre a compartimentação morfológica adotada | |

| | |
|---|-----|
| para o Rio South Alligator (Austrália) e adequada para o estuário do Rio Marapanim | 65 |
| Figura 6.18. Variação da profundidade do canal estuarino | 66 |
| Figura 6.19. Vista da Barra arenosa de maré, emersa na maré vazante..... | 67 |
| Figura 6.20. Parte frontal de barra de maré vegetada | 68 |
| Figura 6.21. Barra lamosa em pontal | 70 |
| Figura 6.22. Dique marginal, em primeiro plano e planície de maré lamosa..... | 70 |
| Figura 6.23. Meandro abandonado (“cutoff”) formando ilha vegetada..... | 71 |
| Figura 6.24. Fotografia aérea onde destaca-se pântano salino associado | 73 |
| Figura 6.25. Em primeiro plano, pântano de água doce, na estação seca..... | 73 |
| Figura 6.26. Unidades Morfológicas da planície aluvial (Setor Sul)..... | 74 |
| Figura 6.27. Bloco diagrama apresentando os principais ambientes deposicionais do sistema fluvial meandrante..... | 76 |
| Figura 6.28. Pântano de água doce, localmente denominado de “campos”..... | 78 |
| Figura 7.1. Mapa de localização dos pontos amostrados..... | 82 |
| Figura 7.2. Principais características das unidades morfoestratigráficas..... | 84 |
| Figura 7.3. Principais características dos fácies estratigráficos..... | 85 |
| Figura 7.4. Testemunho MVC-05 e perfil descritivo mostrando lama | 87 |
| Figura 7.5. Testemunho MVC-13 e perfil da unidade pântano de água doce..... | 89 |
| Figura 7.6. Testemunho MVC-11 e perfil da unidade planície de maré lamosa..... | 90 |
| Figura 7.7. Testemunho MVC-17 e perfil da unidade Barra de maré arenosa..... | 92 |
| Figura 7.8. Testemunho MVC-10 e perfil da unidade Barra de maré lamosa..... | 93 |
| Figura 7.9. Testemunho MVC-15 e perfil da unidade planície de maré lamosa..... | 95 |
| Figura 7.10. Testemunho MVC-09 e perfil da unidade barra em pontal lamosa..... | 96 |
| Figura 7.11. Testemunho AVC-02 e perfil da unid. Plan. de crista de praia interna.... | 98 |
| Figura 7.12. Testemunho AVC-21 e perfil da unid. Planície de cristas de praia externa | 99 |
| Figura 7.13. Testemunho AVC-1A e perfil descritivo da unidade paleoduna..... | 100 |
| Figura 7.14. Unidade dunas atuais com estratificação cruzada tabular tangencial..... | 101 |
| Figura 7.15. Testemunho AVC-1B e perfil da unidade Praia flecha-barreira..... | 103 |
| Figura 7.16. Testemunho AVC-09 e perfil da unidade planície de maré arenosa..... | 104 |
| Figura 7.17. Testemunho PVC-06 e perfil da unidade pântano salino..... | 105 |
| Figura 7.18. Testemunho MVC-08 e perfil mostrando lama oxidada no topo..... | 106 |
| Figura 7.19. Testemunho AVC-11 e perfil da unidade planície de maré..... | 107 |
| Figura 7.20. Testemunho MVC-10 e perfil do fácies areia e lama estuarino..... | 108 |
| Figura 7.21. Testemunho MVC-04 e perfil da unidade planície de inundação no topo | 109 |
| Figura 7.22. Testemunho MVC-19 e perfil do fácies areia maciça da F. Barreiras..... | 111 |
| Figura 7.23. Seções cortando unidades morfoestratigráficas e fácies estratigráficos... | 112 |
| Figura 7.24. Perfil estratigráfico cortando as unidades e fácies da Planície Costeira... | 114 |
| Figura 7.25. Perfil estratigráfico cortando as unidades e fácies do funil estuarino..... | 116 |
| Figura 7.26. Perfil cortando as unidades e fácies do Seg. meandrante sinuoso..... | 118 |
| Figura 7.27. Perfil cortando as unidades e fácies do canal de curso superior..... | 119 |
| Figura 7.28. Perfil cortando as unidade e fácies da Planície Aluvial..... | 119 |
| Figura 8.1. Coluna estratigráfica composta para o Estuário do Rio Marapanim..... | 122 |
| Figura 8.2. Bloco diagrama cortando o funil estuarino (Planície Estuarina)..... | 123 |
| Figura 8.3. Bloco diagrama cortando o segmento meandrante sinuoso..... | 123 |
| Figura 8.4. Bloco diagrama cortando o segmento meandrante em cúspide..... | 124 |
| Figura 8.5. Bloco diagrama cortando o canal de curso superior..... | 124 |

RESUMO

O Estuário do Rio Marapanim está estabelecido sobre os sedimentos terciário-quaternários da Formação Barreiras e Pós-Barreiras, inserido no litoral de “rias” do nordeste do Estado do Pará, o qual foi submetido à transgressão marinha, a partir do Pleistoceno Superior, que afogou paleolinhas de costa e no máximo da Transgressão Holocênica atingiu o Planalto Costeiro.

Este setor da costa sofre influência da maré dinâmica que atinge amplitude máxima de 5,3m (macromarés) e da maré salina que apresenta salinidade média entre a enchente e vazante, para os períodos de baixa e alta descarga fluvial com valores de 8‰ e 0‰ (Marudazinho), 24‰ e 3‰ (Marapanim), respectivamente. Entretanto, na parte externa do funil estuarino (Marudá), a salinidade apresenta valor constante de 35‰, não ocorrendo influência significativa da descarga fluvial na foz do estuário.

A geomorfologia da área está compartimentada em 3 domínios geomorfológicos: **(1) Planície Costeira** com as unidades de Planície de Cristas de Praia, Paleoduna, Duna costeira Atual (Fixa e Móvel), Pântano Salino (Interno e Externo), Planície de Maré (Arenosa e Lamosa), Praia Flecha-Barreira, Lago e Paleo-Córrego de Maré; **(2) Planície Estuarina** com as unidades de Canal Estuarino (compartimentado em Funil Estuarino, Segmento Meandrante Sinuoso, Segmento Meandrante em Cúspide e Canal de Curso Superior), Canal de Maré e Planície de Inundação (Pântano Salino e Pântano de Água Doce) e; **(3) Planície Aluvial** com as unidades de Canal Meandrante (Meandro Abandonado), Depósito de Canal (Depósito de Fundo de Canal), Depósito de Margem de Canal (Dique Marginal, Depósito de Recobrimento e Planície de Inundação) e Depósito de Preenchimento de Canal.

Com base na estratigrafia subsuperficial aliada às características sedimentológicas e geometria superficial foram identificadas 14 unidades morfoestratigráficas: Planície de Inundação, Dique Marginal, Meandro Abandonado, Pântano de Água Doce, Planície de Maré Lamosa, Barra de Maré Arenosa e Lamosa (Vegetada), Barra em Pontal Lamosa, Planície de Cristas de Praia, Paleoduna, Dunas Atuais, Praia Flecha-Barreira, Planície Arenosa e Pântano Salino. E, através de análise subsuperficial (testemunhagem à vibração), associada à análise sedimentológica identificou-se 6 fácies estratigráficas: areia e lama de barra em pontal, areia marinha, areia e lama estuarina, lama estuarina, areia fluvial e areia mosqueada.

A partir de dados levantados, à respeito da morfologia e estratigrafia dos depósitos encontrados na área, foi possível identificar 3 seqüências estratigráficas: **Seqüência Marinha Transgressiva Basal (S1)** com ambiente Fluvial, Parálico e de Face Praial; **Seqüência Marinha Regressiva (S2)** com canal meandrante influenciado por maré (ambiente fluvial), Pântano de Água Doce, Planície de Maré, Pântano Salino e Planície de Crista de Praia e; **Seqüência Marinha Transgressiva Atual (S3)** com Ambiente Estuarino (Barra de Maré e Barra em Pontal) e Litorâneo (Praia Flecha-Barreira, Planície de Cristas de Praia e Duna Atual).

A evolução do Estuário do Rio Marapanim foi controlada pelas oscilações do nível do mar, durante o Holoceno, que se manifestaram em ciclos progradacionais e retrogradacionais, o qual no máximo da Transgressão Holocênica provocou erosão do Planalto costeiro. Em condições de nível de mar estável houve regressão do mar o que propiciou a progradação lamosa sobre depósitos arenosos marinhos. Atualmente, observa-se a transgressão de depósitos arenosos sobre a planície lamosa, propiciando o preenchimento parcial da foz do estuário por barras arenosas.

ABSTRACT

The estuary of Marapanim River is developed on tertiary-quaternary sediments of Barreiras and Pós-Barreiras Formation. It is inserted on "Littoral of Rias" of Pará northeast, which from High Pleistocene was submitted to marine transgression that drowned coastal paleolines and, in the maximum of Holocene Transgression, reached the coastal plateau.

This portion of coast is strongly influenced by dynamic macrotides (5,3m) and salt wedge with mean salinity of 8‰ (high tide – Marudazinho) and 3‰ (low tide – Marapanim). So that, on outer funnel (Marudá) the salinity is 35‰, representing no influence of mouth river discharge.

Geomorphology of the area is subdivided in three morphologic domains: (1) **Coastal Plain**, constituted by strand plain, paleodune, coastal dune, salt marsh, tidal flat (sand flat and mangrove swamp), recurved spit, lake and paleo tidal creek; (2) **Estuarine Plain**, constituted by estuarine channel (subdivided in estuarine funnel segment, sinuous meandering segment, cuspidate meandering segment and upstream channel), tidal creek and floodplain (salt marsh and fresh water marsh) and; (3) **Alluvial Plain** constituted by meandering channel (chute cutoff), channel deposits (channel lag deposits), overbank deposits (natural levee, crevasse-splay deposits and floodplain) and channel-fill deposits.

Fourteen morphostratigraphic units was identified: floodplain, levee, chute cutoff, fresh water marsh, mudflat, channel bar, point bar, strand plain, paleodune, coastal dune, recurved spit, sand flat and salt marsh. Six stratigraphic facies are also present: point bar sand and mud, marine sands, estuarine sand and mud, estuarine muds, fluvial sands and motled sand.

Stratigraphical analysis permitted recognize stratigraphic sequences: Basal Marine Transgressive (S1) with fluvial, salt marsh and shoreface environments; Marine Regressive (S2) with fluvial, fresh water marsh, tidal flat, salt marsh and strand plain environments and; Recent Marine Transgressive (S3) with estuarine (channel bar and point bar) and littoral environments (recurved spit, strand plain and coastal dune).

Geological evolution of the estuary of Marapanim River is associated with sea level oscillations that occurred during progradation and regressive cycles on Later Holocene, which in the maximum of the Holocenic Transgression eroded the highland (coastal plateau). In stillstand sea level conditions occurred marine regressive and mud flat progradation over marine sand

deposits. In present time, sand sheets are deposited over mud flat providing partial filling in the mouth of estuary by sand bars.

1. INTRODUÇÃO

Os estuários apresentam larga distribuição no mundo inteiro, ocorrendo notadamente em regiões subtropicais e temperadas, associadas às mais diferentes condições climáticas e hidrodinâmicas (marés, ondas, descarga hídrica...). Muito embora o número de exemplos de estuários observados no registro geológico ainda seja pequeno, há fortes evidências que eles tenham sido uma feição comum ao longo do tempo geológico, haja visto que os cursos fluviais e o oceano interagem desde o Pré-Cambriano até os dias atuais (PERILLO, 1995).

Os estuários são considerados um dos mais importantes sistemas costeiros, funcionando como autênticos celeiros de nutrientes, fundamentais para as cadeias alimentares estabelecidas na região costeira e plataforma continental adjacente. Além disso, dada suas características hidrodinâmicas e morfológicas, os estuários apresentam enorme potencial para instalações portuárias e recreativas. Não é por acaso que cerca de 2/3 das megacidades do planeta localizam-se em ou próximo às regiões estuarinas.

O litoral paraense destaca-se por apresentar um grande número de sistemas estuarinos, responsáveis pelo estabelecimento de uma configuração extremamente recortada, que inclusive levou BARBOSA & PINTO (1973) a definir este setor costeiro como “Litoral de Rias”. Neste contexto, está inserido o Estuário do Rio Marapanim, sistema fortemente influenciado por macromarés, onde ocorre uma variedade de domínios geomorfológicos (Planície Costeira, Planície Estuarina e Planície Aluvial), associados aos ambientes deposicionais litorâneo, estuarino e fluvial.

A despeito da enorme representatividade e importância dos estuários no contexto costeiro norte do Brasil, há uma carência considerável de conhecimento científico no que concerne ao mapeamento geológico-geomorfológico de detalhe a à evolução recente desses sistemas estuarinos. Os poucos trabalhos a nível de detalhe, restringem-se àqueles realizados em diferentes setores da planícies costeira paraense por SOUZA FILHO (1995), SILVA (1996) e SANTOS (1996).

Com a pretensão de contribuir para suprir parte desta lacuna no Quaternário da costa paraense, esta dissertação apresenta como objetivo principal a caracterização morfoestratigráfica das seqüências sedimentares holocênicas que ocorrem no âmbito do Estuário do Rio Marapanim, buscando estabelecer um quadro evolutivo para este sistema em função das possíveis oscilações do nível relativo do mar durante o Holoceno.

Além do caráter científico deste trabalho, os dados aqui apresentados constituem-se em subsídios técnicos que podem contribuir para a correta gestão do meio físico da costa paraense. Como tal, podem e devem ser utilizados pelos órgãos responsáveis pela gerenciamento costeiro do Estado do Pará.

2. ATIVIDADES E METODOLOGIA

2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Os equipamentos e técnicas metodológicas utilizadas no presente trabalho, foram selecionadas em decorrência de seu bom resultado em estudos semelhantes.

Os testemunhos foram coletados em duas campanhas de campo, realizadas em período chuvoso (Abril/1996) e seco (Agosto/1996). Utilizou-se, para isso, técnicas de testemunhagem vibratória atingindo até 6m de profundidade (“vibracore System”), além de dragagem ao longo do canal utilizando-se draga do tipo “mandíbula”. Em laboratório, os testemunhos foram fotografados, processados e analisados a partir de descrições macroscópicas detalhadas.

A metodologia aplicada ao processamento das amostras coletadas através de draga, envolveu alguns métodos tradicionalmente utilizados nos estudos sedimentológicos (análise granulométrica), cujos detalhes são encontrados em literatura especializada.

Os trabalhos de laboratório e gabinete foram efetuadas na litoteca e no laboratório de Sedimentologia (Departamento de Geologia), Biblioteca do Centro de Geociências e no Centro de Hidroclimatologia e Sensoriamento Remoto da Amazônia (CHSRA/SUDAM).

2.2. ELABORAÇÃO DA CARTA TEMÁTICA

Os mapas temáticos (Morfológico, Vegetação e de Pontos de coleta) foram elaborados a partir da interpretação de fotografias aéreas, cenas de satélite LANDSAT e imagens de radar.

As cenas de satélite TM do LANDSAT-5 foram adquiridas junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e pertencem ao acervo do CHSRA/SUDAM.

A imagem de satélite em fita “streamer”, formada pelas bandas 3, 4 e 5, referentes a órbita 223 e ponto 60D, quadrante W, obtida em 22 de julho de 1988. Essa imagem foi processada digitalmente em escala 1:50.000, através do sistema de tratamento de imagens (SITIM), versão 340, instalado nos equipamentos do CHSRA/SUDAM. A composição colorida 5R4G3B, formada pela associação da banda 5 (canal do infravermelho médio), a cor vermelha (Red-R), a banda 4 (canal do infravermelho próximo), a cor verde (Green-G) e a banda 3 (canal do visível vermelho), a cor azul (blue-B) foi obtida através do sistema REMBRANT acoplado ao monitor de vídeo. Foram obtidas fotografias ampliadas em papel fotográfico e slides cobrindo toda a área, e diapositivos que foram analisados e interpretados com o auxílio do aparelho de

transferência ótica PROCOM-2, que permitiu, além da ampliação, a elaboração do mapa-base e superposição de diferentes mapas temáticos.

As fotografias aéreas verticais em escala 1:70.000, obtidas em 1978, pertencem ao acervo da Biblioteca da Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais (CPRM).

Foram analisadas imagens de radar de abertura sintética banda X e C. A primeira, em escala 1:100.000, obtida em 1971/1972 com Radar Gems 1000, no âmbito do Projeto RADAM, e pertencente ao acervo da Biblioteca do Centro de Geociências da Universidade Federal do Para. A segunda, em escala 1:200.000, obtida em 1992, foi gentilmente cedida pelo Prof. Dr. Jean Paul Rudant (Université Paris IV, França).

O mapa base foi montado a partir de fotointerpretação das fotografias aéreas verticais, segundo o método proposto por SOARES & FIORI (1976), no qual são analisados os elementos texturais de relevo, drenagem, zonas fotolitológicas e logística da área. A partir da carta base, foi feito um prévio estabelecimento dos pontos que seriam amostrados.

No levantamento de campo realizou-se identificação da vegetação e a “realidade-terreno” tomando como base as unidades (geológicas e morfológicas), definidas inicialmente, assim como os produtos dos sensores remotos (cenas de satélite e radar).

O produto do levantamento de campo permitiu a elaboração da carta temática em escala 1:50.000, onde foi possível cartografar e distribuir espacialmente os sistemas deposicionais, as unidades morfológicas e a vegetação. Estes dados foram processados digitalmente através do Sistema Geográfico de Informações (SGI), o qual permitiu adquirir, armazenar, combinar e analisar as informações codificadas especialmente.

2.3. TRABALHOS DE CAMPO

Foram realizadas duas etapas de campo, levando em consideração a sazonalidade (períodos chuvoso e seco), onde desenvolveu-se as seguintes atividades: observação da distribuição da vegetação, medição de parâmetros físico-químicos, amostragem subsuperficial de sedimentos através de testemunhadores a vibração e, de fundo de canal através de draga.

Os pontos de amostragem foram previamente estabelecidos, de acordo com a necessidade de caracterização de determinada unidade. Para a localização dos pontos de amostragem utilizou-se o sistema de posicionamento global por satélite (GPS).

Foram selecionados um total de 19 (dezenove) pontos para testemunhagem a vibração, alocados mediante “transects” em diversas unidades morfosedimentares do estuário do Rio Marapanim, excetuando alguns setores, cujos testemunhos foram descritos por SANTOS (1996). Ressalte-se que, também, foram utilizados testemunhos coletados em campanhas realizadas por pesquisadores do Museu Paraense Emílio Goeldi.

Utilizou-se para amostragem, o sistema “vibracore”, que consiste de um motor a gasolina, que transmite vibrações a 7000 rpm a um cabeçote de aço, firmemente acoplado a um tubo de alumínio, com aproximadamente 6m de comprimento e diâmetro de 7,5cm (Figura 2.1). O princípio desta operação baseia-se no fato que as vibrações transmitidas ao tubo de alumínio pelo cabeçote de aço, desagregam a areia e fluidizam a argila, que aderem a parede do tubo, permitindo que o mesmo seja facilmente inserido no sedimento (MENDES, 1994).

Para a coleta do testemunho, utilizou-se um sistema de tripé, constituído por talha, torre, bases de madeira e corda (Figura 2.2). Ressalte-se que, alguns tubos não penetram em seu comprimento máximo (6m), devido, principalmente, ao substrato arenoso do embasamento terciário encontrar-se a pouca profundidade, fazendo com que fosse necessário serrar a porção excedente do tubo, bem próximo ao topo da seqüência amostrada, completando-se com água e vedação com tampa plástica e fita isolante para criar vácuo e, assim, evitar a perda de material por sucção durante a recuperação do testemunho. Após a retirada, o testemunho foi limpo, lacrado, identificado (número de ponto, metragem e indicação de topo e base) e cortado em intervalos de 1,50m para facilitar o transporte.

Para a coleta de sedimentos por dragagem, foram selecionados um total de vinte pontos, nos quais tentou-se alcançar o fundo do canal para a coleta de material arenoso superficial. A draga era arremessada na água até atingir o fundo do canal, em seguida recuperada com a devida anotação da profundidade da coleta. Finalmente, coletava-se aproximadamente 1kg de amostra, a qual era acondicionada em sacos plásticos e identificada (número do ponto).



Figura 2.1 - Sistema de amostragem a vibração utilizado na coleta de testemunhos: A. cabeçote de aço; B. motor à gasolina e C. tubo de alumínio.



Figura 2.2 - Sistema de recuperação de testemunho: A. torre; B. talha; C. corda e D. tubo de alumínio.

2.4. PROCEDIMENTOS DE LABORATÓRIO

2.4.1. Processamento de Testemunhos

Para esta etapa, utilizou-se as técnicas propostas por FIGUEIREDO JR. (1990), através de equipamentos básicos tais como: calha de madeira para prender o testemunho, serra circular elétrica, serra manual de arco e trena.

Na litoteca os testemunhos foram marcados e cortados em intervalos de 50cm de comprimento em duas seções longitudinais, sendo a primeira destinada para descrição, fotografia e amostragem e a outra, preservada para arquivo.

2.4.2. Fotografias do Testemunho

Primeiramente montou-se todos os intervalos lado a lado para serem feitas fotografias do testemunho inteiro, devidamente identificado com relação a sua numeração, indicação do topo através de seta e uma escala em centímetros. Para realçar detalhes como estruturas primárias, biogênicas, contatos, concentração de matéria orgânica ou restos de vegetais, foram tiradas fotografias do intervalo correspondente.

Providenciou-se para que as fotografias fossem feitas logo após a abertura do testemunho para evitar rachaduras produzidas por ressecamento e mudanças de cor decorrentes da oxidação dos sedimentos.

2.4.3. Descrição Macroscópica dos Testemunhos

A descrição macroscópica foi o primeiro passo para analisar em detalhe as seqüências sedimentares, suas estruturas e textura dos sedimentos. Essa análise possibilitou a caracterização das unidades morfoestratigráficas e fácies estratigráficas dos diferentes ambientes e sub-ambientes sedimentares amostrados. Para tal, utilizou-se a ficha-modelo modificado de BOYLES et al. (1986), a qual permite a organização de uma serie de informações tais como: cor, tipo de sedimentos, granulometria, estruturas sedimentares físicas e biogênicas, comprimento e localização do testemunho, porções amostradas e analisadas em laboratório, etc.

Primeiramente, observou-se a cor dos sedimentos, pois esta é indicadora de relativos graus de oxidação, alteração do sedimento, bioturbação, mudança na composição e da presença de matéria orgânica. Durante a descrição dos testemunhos evitou-se a iluminação artificial, que,

segundo FIGUEIREDO JR. (1990) altera a percepção das cores. Utilizou-se, também, a carta de cores (Rock Color Chart, 1984) e uma tabela comparativa de tamanho de grãos.

2.4.4. Análise Granulométrica

O estudo da distribuição granulométrica foi realizada em amostras predominantemente arenosas, utilizando-se métodos clássicos descritos por SUGUIO (1973).

A análise granulométrica foi efetuada em intervalos do testemunho, coletados nas diversas unidades e amostras superficiais do fundo do canal estuarino, com o objetivo de determinar quantitativamente as diversas frações granulométricas, bem como para obtenção dos parâmetros estatísticos necessários para a caracterização textural dos sedimentos.

O primeiro passo foi fazer o quarteamento da amostra total e retirar 100 a 120g de sedimento. Posteriormente, foi feito o tratamento com peróxido de hidrogênio (H_2O_2), 130 volumes, para eliminação da matéria orgânica. O sobrenadante foi desprezado e a amostra foi lavada três vezes com água destilada. Em seguida, o material foi levado à secagem total, em estufa à 50°C. O registro do peso inicial e final permitiu o cálculo do teor da matéria orgânica nos sedimentos arenosos.

A separação entre as frações areia e silte/argila foi feita por peneiramento úmido, usando a peneira de 0,062mm. Os sedimentos retidos nessa peneira foram levados a estufa para secagem à 50°C. A fração fina foi separada por centrifugação, mediante 1000 rpm durante dois minutos, onde o precipitado corresponderia ao silte, e o sobrenadante, a argila.

Após a secagem, o material retido na peneira foi submetido ao peneiramento a seco, com peneiras empilhadas a intervalos de 0,5 ϕ . Foram utilizadas as peneiras (abertura em mm): 2,0; 1,41; 1,0; 0,710; 0,500; 0,354; 0,250; 0,176; 0,125; 0,088 e 0,062. A coluna de peneiras foi submetida a ação de peneirador automático, durante 15 minutos e o material retido em cada uma foi pesado, obtendo-se, assim, diretamente as percentagens relativas de abundância.

3. ÁREA DE ESTUDO

3.1. LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A área estudada situa-se na costa nordeste do Estado do Pará, abrange o Estuário do Rio Marapanim, encontra-se limitada pelas coordenadas geográficas $00^{\circ}33'00''\text{S}$, $00^{\circ}39'35''\text{S}$ e $01^{\circ}30'00''\text{S}$ e meridianos $47^{\circ}32'30''\text{W}$, $47^{\circ}39'40''\text{W}$ e $47^{\circ}46'00''\text{W}$, estando enquadrada na Folha SA.23-V-A-IV (Marapanim), em escala 1:100.000 (Figura 3.1).

O acesso é feito, a partir de Belém, pela Rodovia Federal BR-316 até o Município de Castanhal. A partir daí, prossegue-se pela Rodovia Estadual PA-136 até a localidade de Cristo Alves, onde acessa-se a PA-318 passando pelas cidades de Marapanim e Marudá, às margens do Estuário do Rio Marapanim. Para o deslocamento ao longo do canal estuarino e pequenos canais de maré foram utilizados embarcações de baixo calado e canoas à remo.

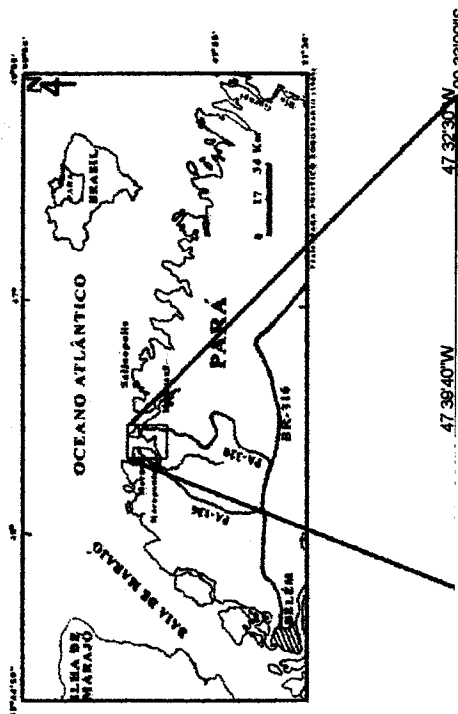


Figura 3.1 - Mapa de Localização do Estuário do Rio Marapanim

3. ÁREA DE ESTUDO

3.1. LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A área estudada situa-se na costa nordeste do Estado do Pará, abrange o Estuário do Rio Marapanim, encontra-se limitada pelas coordenadas geográficas 00°33'00''S, 00°39'35''S e 01°30'00''S e meridianos 47°32'30''W, 47°39'40''W e 47°46'00''W, estando enquadrada na Folha SA.23-V-A-IV (Marapanim), em escala 1:100.000 (Figura 3.1).

O acesso é feito, a partir de Belém, pela Rodovia Federal BR-316 até o Município de Castanhal. A partir daí, prossegue-se pela Rodovia Estadual PA-136 até a localidade de Cristo Alves, onde acessa-se a PA-318 passando pelas cidades de Marapanim e Marudá, às margens do Estuário do Rio Marapanim. Para o deslocamento ao longo do canal estuarino e pequenos canais de maré foram utilizados embarcações de baixo calado e canoas à remo.

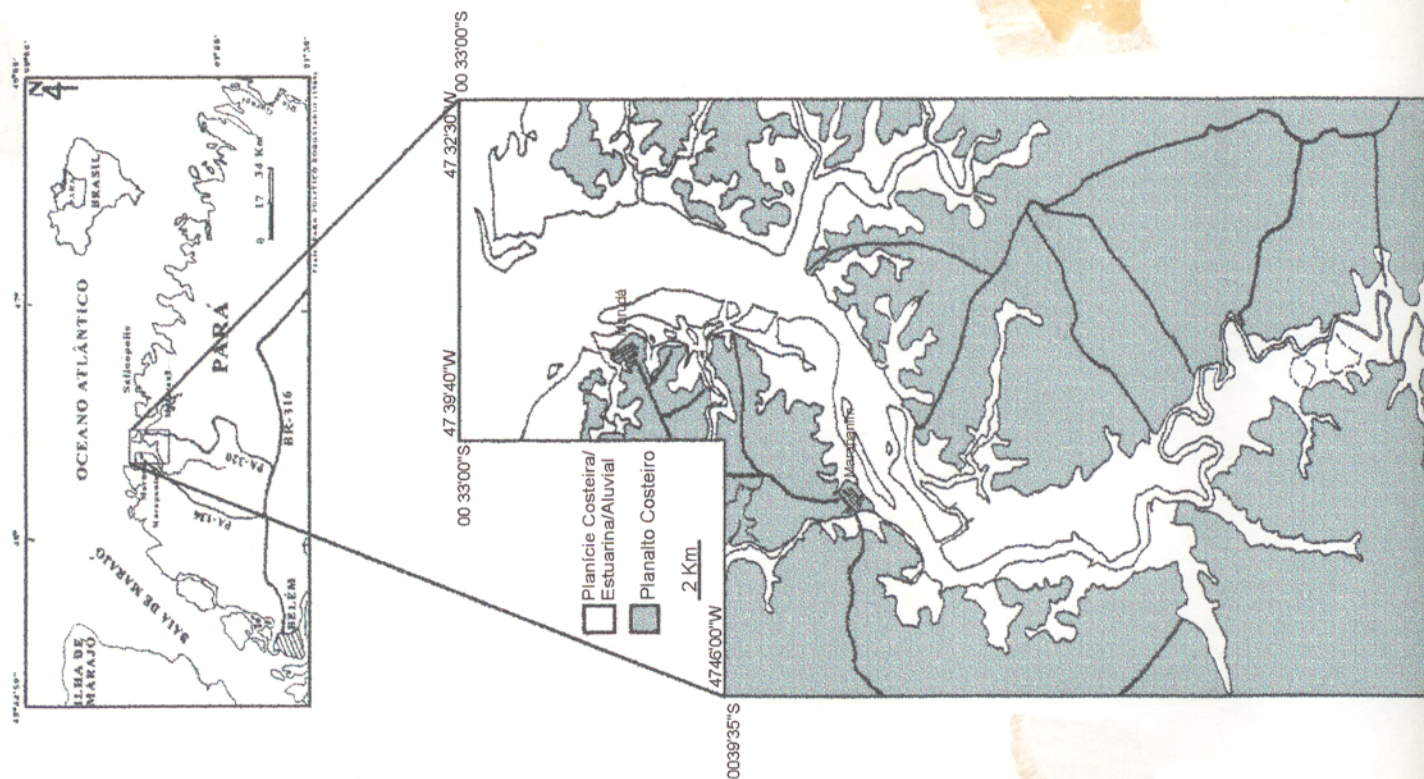


Figura 3.1 - Mapa de Localização do Estuário do Rio Marapanim

3.2. CLIMA

O nordeste do Estado do Pará está submetido a um clima tropical chuvoso, caracterizado por temperatura média mensal superior a 18°C (MARTORANO et al., 1993). A região está sob a influência do tipo climático Am (segundo a Classificação de Köppen), o qual apresenta características de clima de monção, ou seja, moderada estação seca e precipitação excessiva durante alguns meses, com médias mensais inferiores a 60mm. Nesse tipo climático é possível distinguir duas estações: uma mais chuvosa, ocorrendo de dezembro a maio, e outra, menos chuvosa, de junho a dezembro. Considera-se como um clima intermediário entre os tipos Af e Aw, caracterizado pelo sub tipo Am2, cuja a precipitação pluviométrica média anual varia entre 2500mm e 3000mm (Figura 3.2).

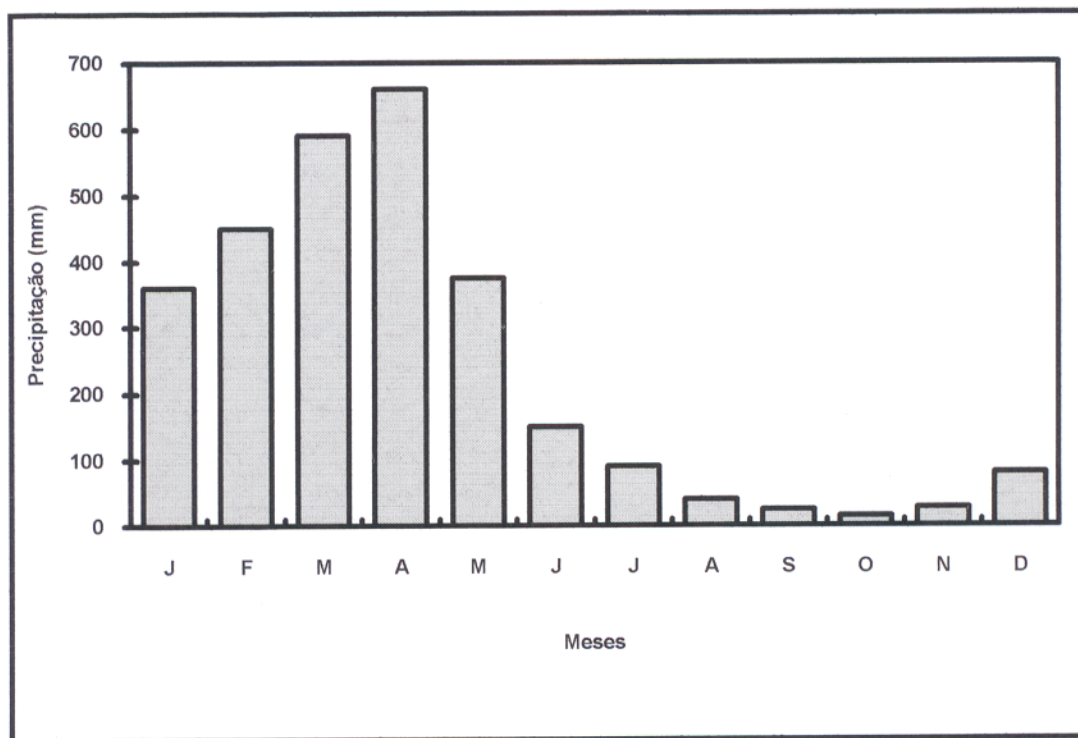


Figura 3.2 - Distribuição dos índices pluviométricos entre 1982-1987, tomados na estação de Salinópolis (SANTOS et.al, 1992).

3.3. VEGETAÇÃO

A vegetação desta região está inserida no contexto das **florestas secundárias** (COSTA et al., 1977) representadas pela vegetação de capoeira e das **formações pioneiras** (GÓES FILHO et al., 1973), caracterizadas pela vegetação de mangue, campos naturais e praias e dunas. Porém, através de observações de campo e tabelas fornecidas por pesquisadores do Museu Paraense Emílio Goeldi (Salustiano Vilar da Costa Neto e Maria de Nazaré Barbosa), permitiram individualizar, para as formações pioneiras, quatro unidades botânicas: vegetações de mangue, pântanos salino e de água doce, praias e dunas e de lago (Figura 3.3).

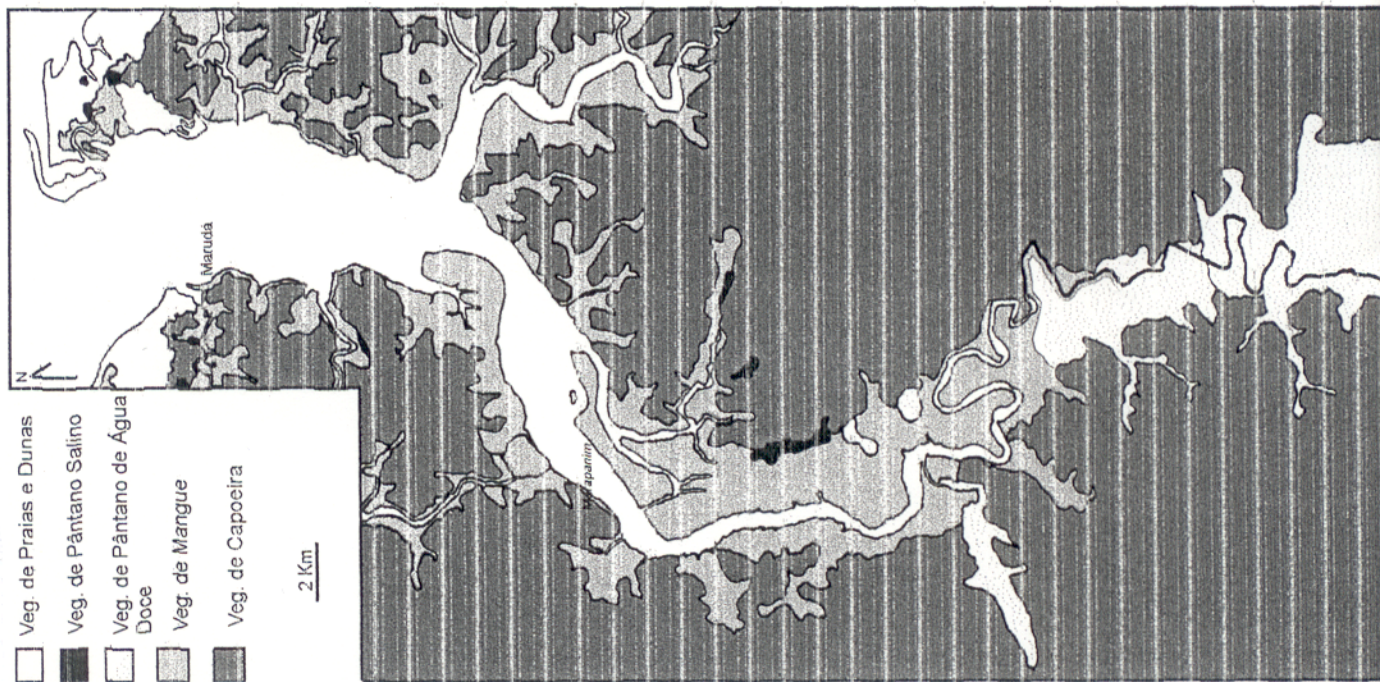


Figura 3.3 - Distribuição da Vegetação nas margens do Estuário do Rio Marapanim.

O estudo da distribuição geográfica das florestas secundárias (COSTA et al. 1998) e das florestas primárias (GÖTTSCHEWITSCH 1998) em áreas de dunas e praias é fundamental para a conservação da biodiversidade. O presente trabalho tem como objetivo principal descrever a distribuição espacial das florestas secundárias em áreas de dunas e praias, com base em dados de campo e de satélite. Os dados de campo foram coletados em 1998, em uma área de 100 ha, localizada no litoral de São Paulo. Os dados de satélite foram coletados em 1999, em uma área de 100 ha, localizada no litoral de São Paulo. Os resultados mostram que as florestas secundárias são mais abundantes em áreas de dunas e praias, em comparação com áreas de mata ciliar. Isso pode ser devido à maior disponibilidade de nutrientes e água em áreas de dunas e praias, o que favorece o crescimento das árvores. Além disso, as áreas de dunas e praias são menos afetadas por atividades humanas, o que também contribui para a preservação das florestas secundárias.



Figura 1. Distribuição espacial das florestas secundárias em áreas de dunas e praias.

3.3.1. Florestas Secundárias

3.3.1.1. Capoeira

A floresta primitiva, antes representativa do planalto costeiro, encontra-se reduzida a pequenas áreas dando lugar à extensas capoeiras, com predominância de espécies como *Vismia spp* (lacre), *Byrsonima Crispa* (muruci do mato), *Cecropia spp* (imbaúba) e grande variedade de palmáceas como *Maximiliana regia* (inajá) e *Astrocaryum vulgare* (tucumã), entre outras. São observadas em terrenos topograficamente mais altos, que constituem o Planalto Costeiro desenvolvidos em sedimentos do Grupo Barreiras e Pós-Barreiras.

3.3.2. Formações Pioneiras

São representativas de terrenos quaternários, onde a cobertura vegetal está intimamente associada às feições morfoestratigráficas dos diferentes ambientes deposicionais e suas condições físico-químicas.

3.3.2.1. Vegetação de Mangue

O desenvolvimento dos manguezais está relacionado à dinâmica das águas costeiras e à redução da salinidade em decorrência da mistura entre as águas doce e salina. Deste modo, o manguezal constitui-se num tipo de vegetação que não tolera temperaturas baixas e encontra-se confinado a um habitat estuarino (HERZ, 1991).

Constantemente, observa-se, um zoneamento de espécies nos manguezais, o qual seria controlado pela salinidade, característica dos terrenos colonizados, micromodelado topográfico, regimes de marés, diferença de granulometria dos sedimentos e potencial oxiredutor (DAVIES, 1977). Esse zoneamento é observado a partir dos limites das águas salinas em direção à cotas topográficas mais altas, onde são observadas espécies de maior porte.

Cabe ressaltar que, em algumas áreas, os manguezais foram progressivamente soterrados por sedimentos arenosos e, em outras, ocorre o inverso, com a instalação de vegetação de mangue à frente desses depósitos arenosos, isolando-os na planície lamosa (Figuras 3.4). As principais espécies encontradas na área são: *Laguncularia racemosa*, *Ryzophora mangle*, *Avicennia germinans* e *Spartina sp.*.



Figura 3.4 - Vista, em primeiro plano, de manguezais soterrados pelas areias da planície de maré.

3.3.2.1.1. *Ryzophora mangle* (mangue vermelho ou mangal)

Caracteriza-se pelo padrão entrelaçado das raízes subaéreas, o que permite à essa espécie a fixação em ambiente constituído por sedimentos lamosos (Figura 3.5). Ocorre, principalmente no funil estuarino, provavelmente devido a sua facilidade em adaptar-se a teores de salinidade mais elevados. Apresenta-se como árvores de pequeno a médio porte, tornando-se mais desenvolvida em direção ao continente, próximo à fronteira com os bosques de *Avicennia*; em direção ao segmento meandrante dá lugar à *Avicennia*.

3.3.2.1.2. *Laguncularia racemosa* (mangue branco ou tinteiro)

Não possui raízes aéreas mas apresenta expansões das raízes nutritivas com pneumatóforos (SCHAEFFER-NOVELLI & CINTRON, 1986). Na hierarquia do zoneamento de vegetação observado na área, esta espécie quase sempre é encontrada em associação com *Spartina* e/ou *Ryzophora*, em setores periodicamente inundados pelas marés.



Figura 3.5 - Ao fundo, *Laguncularia racemosa*, de pequeno porte e em primeiro plano, *Spartina sp.*, associada com *Laguncularia racemosa* (mangue jovem).

3.3.2.1.3. *Avicennia germinans* (mangue preto ou siriúba)

Apresenta dois tipos de raízes: uma raiz horizontal muito ramificada, responsável pela sustentação e várias outras verticais e subaéreas (pneumatóforos) responsáveis pela filtração dos nutrientes (SCHAEFFER-NOVELLI & CINTRON, 1986). Esta espécie, por ser menos resistente à salinidade, é encontrada quase sempre em áreas topograficamente mais altas, formando um zoneamento ou, ainda, no setor meandrante do canal estuarino, onde a salinidade apresenta-se mais baixa (Figura 3.6).

3.3.2.1.4. *Spartina sp.*

É observada na porção frontal, ou seja, está ligada à zonas de progradação. É responsável pela captura de sedimentos pelíticos, sobre os quais se instalarão a vegetação de mangue (*Laguncularia*, *Ryzophora*, etc...).



Figura 3.6 - *Avicennia germinans*, espécie menos resistente à salinidade, encontrada na parte interna do estuário.

3.3.2.2. Vegetação de Praias e Dunas (restinga)

Esta vegetação é observada na porção norte da área e tem como função principal a fixação dos sedimentos arenosos das praias, dunas e região interdunas (Figura 3.7). É constituída por espécies arbustivas de pequeno porte, onde predominam o *Anacardium occidentale* (caju), *Chrysobalanus icaco* (ajurú), *Byrsonima crassifolia* (muruci), associados com *gramineae* e *cyperaceal*.

3.3.2.3. Vegetação de Pântanos

Localmente, chamados de campos naturais, apresentam-se em dois ambientes característicos: pântanos alagados por água salobra e doce.

3.3.2.3.1. Alagados por Água Salobra

Ocorrem em áreas sob influência de córregos de maré e são vegetados predominantemente por: **Aizoaceae** (*Sesuvium portulacastrum* L.), **Amaryllidaceae** (*Bomarea edulis* Herb.), **Cyperaceae** (*Eleocharis caribae* Blake, *Fimbristilis spadicea* Vahl), **Gramineae** (*Paspalum vaginatum* Swartz) e **Pteridaceae** (*Acrostichum aureum* L.), entre outras (Figura 3.8).

3.3.2.3.2. Alagados por Água Doce

Observados em áreas que margeiam cursos fluviais (setor sul) e apresentam vegetação características destas áreas, como: **Cyperaceae** (*Fimbristylis capillaris* Kunth e *Fimbristylis sp.*), **Gentianaceae** (*Nymphoides indica* L. O. Ktze.) e **Lycopodiaceae** (*Lycopodium cernuum* L.) (Figura 3.9).

3.3.2.4. Vegetação de Lagos

Caracterizada por vegetação típica de zonas periodicamente inundadas por águas pluviais, sendo representada principalmente por *Montrichardia arborescens* (aninga) e espécies flutuantes como *Pistia* (aguapé ou mururés), entre outras. Observada no setor norte da área estudada (Ilha de Maiandeua).



Figura 3.7 - Espécies arbustivas de pequeno porte típicas de dunas (Praia da Princesa - Ilha de Maiandeua).



Figura 3.8 - Vegetação típica de pântanos alagados por água salobra, onde se observam espécies da família **Gramineae** e **Pteridaceae** (Setor nordeste da área). Foto cedida por V. Santos.



Figura 3.9 - Vegetação de **Cyperaceae**, típicas de pântanos alagados por de água doce (Vila Alegre - setor leste).

3.4. CONDIÇÕES OCEANOGRÁFICAS

3.4.1. Ventos

Segundo Picaut apud GEYER et al. (1991), os ventos alísios de NE cruzam a plataforma norte em direção a oeste com velocidade de 5 a 10m/s, gerando “trends” de ondas incidentes que associadas a morfologia de fundo geram as correntes de deriva litorânea para noroeste. Estes ventos sopram continuamente durante todo o ano, atingindo um máximo de dezembro a março, quando somam-se aos alísios de SE (Figura 3.10). São responsáveis pelo transporte de sedimentos da plataforma interna em direção à costa.

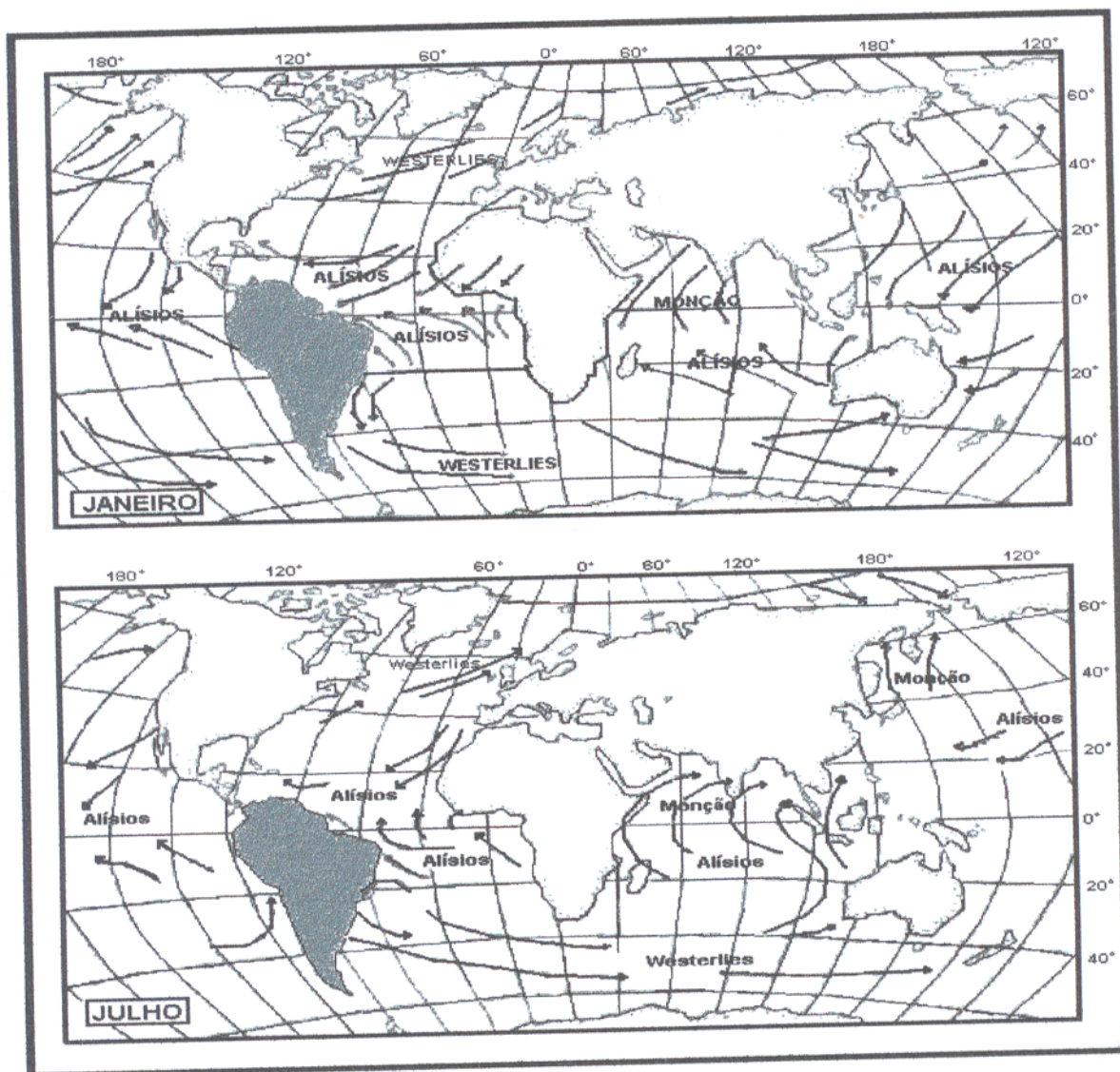


Figura 3.10 - Distribuição dos principais fluxos, com destaque para os ventos alísios que atuam no norte do Brasil (Estienne & Godard apud FONZAR, 1994).

3.4.2. Ondas

Apesar da forte imposição das correntes de marés, as ondas geradas através de ventos representam um importante agente na dinâmica do Estuário do Rio Marapanim, propiciando a mistura das águas e a ressuspensão constante dos sedimentos de fundo e das margens provocando, por vezes, processos erosivos nas mesmas. Vale ressaltar que não existem dados acerca das características (comprimento, altura, frequência, esbeltez, etc.) das ondas incidentes.

3.4.3. Marés

3.4.3.1. Maré Dinâmica

É definida por Franco apud PINHEIRO (1987) como a variação periódica do nível da água do mar, acompanhada constantemente por correntes horizontais, resultantes da influência de forças astronômicas, principalmente a força de atração exercida sobre a massa oceânica pela Lua e o Sol, responsáveis pelo surgimento das marés. Essa força envolve, entre outros fatores, a rotação da Terra e do Sol, as características das órbitas elípticas da Terra e da Lua, as diferentes altitudes dos planos de órbitas e as mudanças de declinação do Sol e da Lua, através de suas órbitas. Assim sendo, sua relação com a Lua é importante como se constata pelos intervalos periódicos de cerca de 6 horas e 12 minutos que separam cada preamar da baixamar, correspondendo a aproximadamente $\frac{1}{4}$ do dia lunar para as marés semi-diurnas. As maiores marés mensais coincidem com as posições de lua nova e cheia, ou seja, quando o Sol e a Lua estão em conjunção ou oposição (marés de sizígia), enquanto que aquelas de menor amplitude acompanham as posições de quarto minguante e crescente, ou seja, quando o Sol e a Lua estão formando ângulo de 90° entre si (maré de quadratura).

As marés produzem forças que empilham ondas de longo período nas bacias oceânicas. As propriedades das ondas são influenciadas pela forma e dimensão das bacias, conduzindo a uma ampla variedade de sistemas de maré (NIO & YANG, 1989).

As marés podem ser classificadas como: diurnas, semi-diurnas e mistas. As marés diurnas são caracterizadas por uma maré alta e outra baixa durante um dia lunar, sendo o período da maré de 24 horas e 50 minutos; nas marés semi-diurnas ocorrem duas preamares e duas baixamares durante um dia lunar, com período de maré de 12 horas e 25 minutos; as marés mistas têm características de marés diurnas e semi-diurnas associadas (DAVIES, 1977) (Figura 3.11).

Segundo DAVIES (1977) as marés, também, podem ser classificadas em macro-marés, as quais apresentam amplitudes maiores que 4m; meso-marés, com variações entre 2 e 4m; e micro-marés, com amplitudes menores que 2m (Figura 3.12).

As marés que ocorrem no nordeste do Estado do Pará são de natureza semi-diurna, com amplitude máxima de 5,5m (dados obtidos no Fundeadouro de Salinópolis), amplitude média de 4,8m no período de sizigia e 2,5m no período de quadratura (DHN, 1994).

Com base em observações e relatos de pescadores obtidos em várias etapas de campo, pode-se afirmar que a maré dinâmica faz sentir seu efeito a 70 km rio acima.

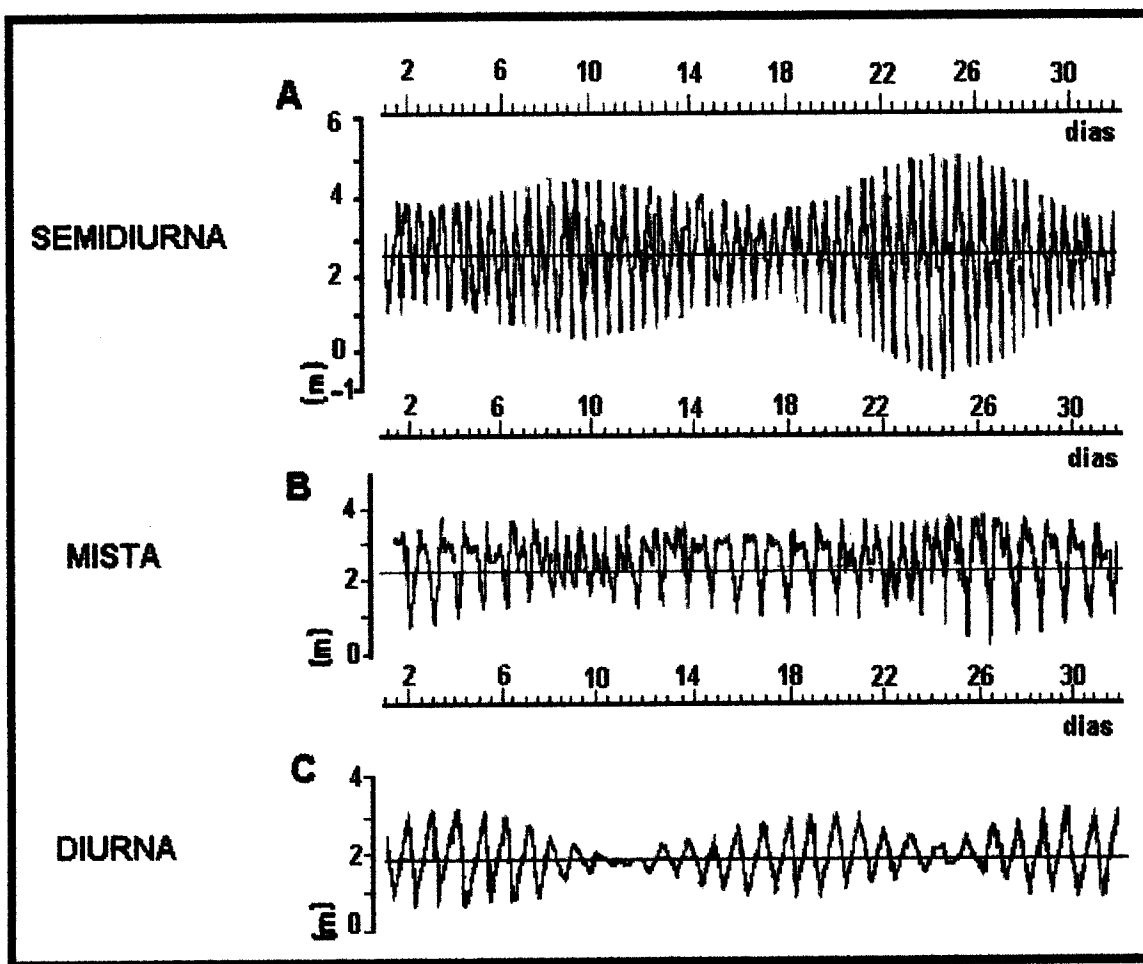


Figura 3.11 - Registros maregráficos mostrando os tipos de maré segundo o período de um ciclo de maré durante um dia lunar (NIO & YANG, 1989).

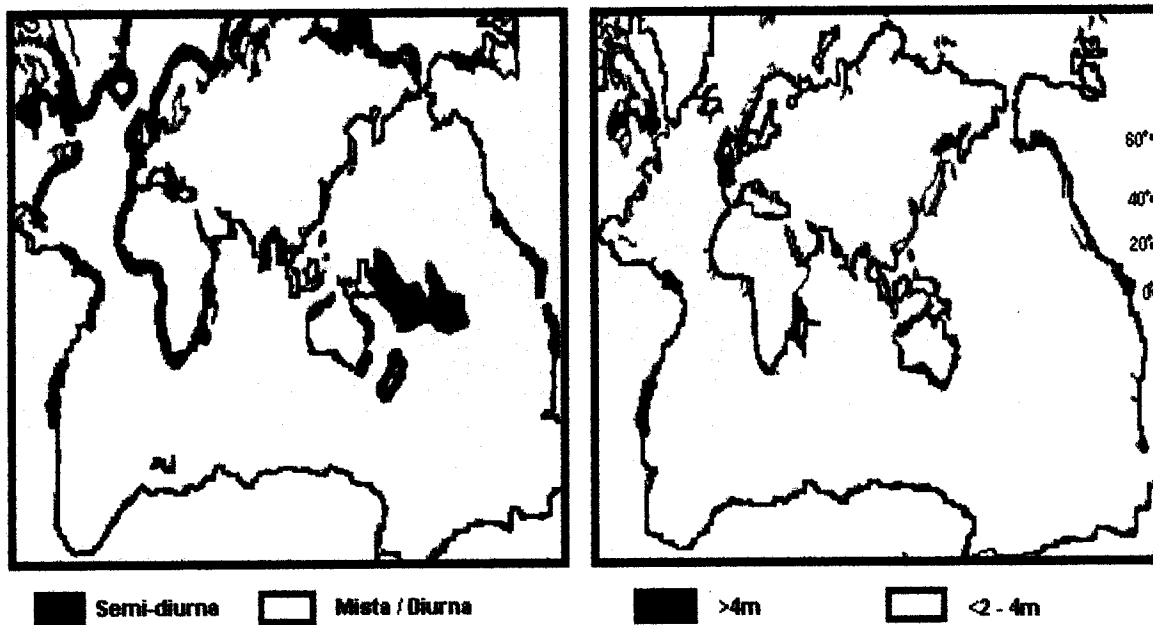


Figura 3.12 - Distribuição das marés no mundo e classificação de acordo com sua amplitude (DAVIES, 1977).

3.4.3.2. Maré Salina

A maré salina se constitui na penetração da água marinha, no estuário em direção oposta ao fluxo fluvial. A ordem de grandeza e o mecanismo dessa penetração são fatores que definem o tipo de estuário e refletem diretamente o padrão de circulação do mesmo (SCHUBEL, 1971). Normalmente, é considerada mais importante que a maré dinâmica, devido ser a responsável direta pelos principais processos físico-químicos, biológicos e oceanográficos nos estuários.

Segundo OTTMANN (1968) os principais fatores que interagem na penetração da maré salina são as oscilações das marés, morfologia do estuário, vazão fluvial, evaporação e a precipitação pluviométrica na bacia estuarina. No estuário do Rio Marapanim existem poucos dados quantitativos sobre esses fatores.

Segundo BERREDO et al. (1997), no período de baixa descarga fluvial (Dezembro) a salinidade média entre a enchente e a vazante, observado no setor meandrante (Marudazinho), apresenta-se em torno de 8‰, enquanto que nas proximidades do funil estuarino (Marapanim) fica em torno de 24‰. Por outro lado, no período de maior descarga fluvial (Abril) esses valores

caem para 0‰ (Marudazinho) e 3‰ (Marapanim). Entretanto, no setor mais externo (funil estuarino - Marudá), a salinidade se mantém em torno de 35‰ tanto no período chuvoso quanto de estiagem, não havendo, portanto, influência significativa da descarga fluvial nesse setor estuarino (Figura 3.13).

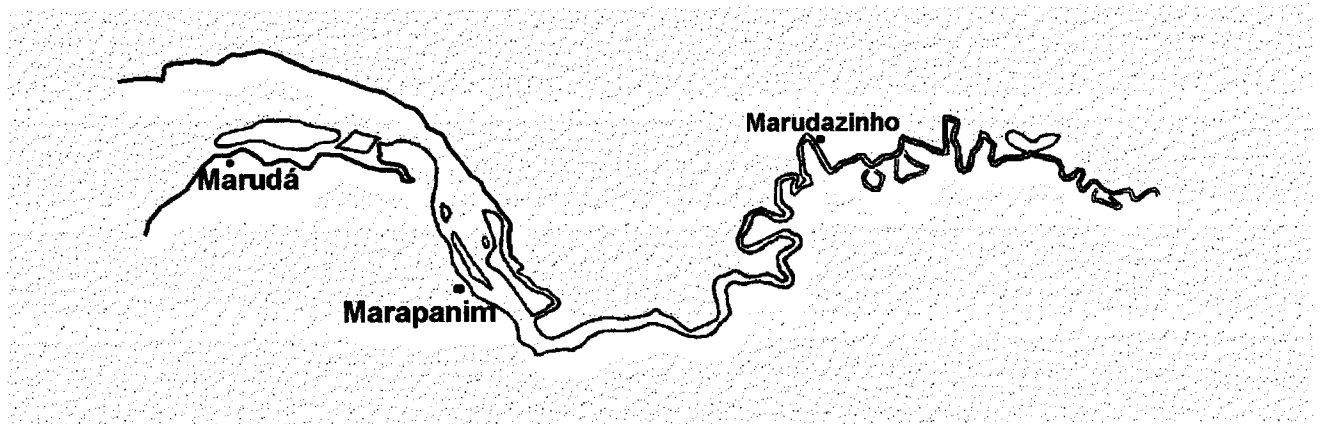
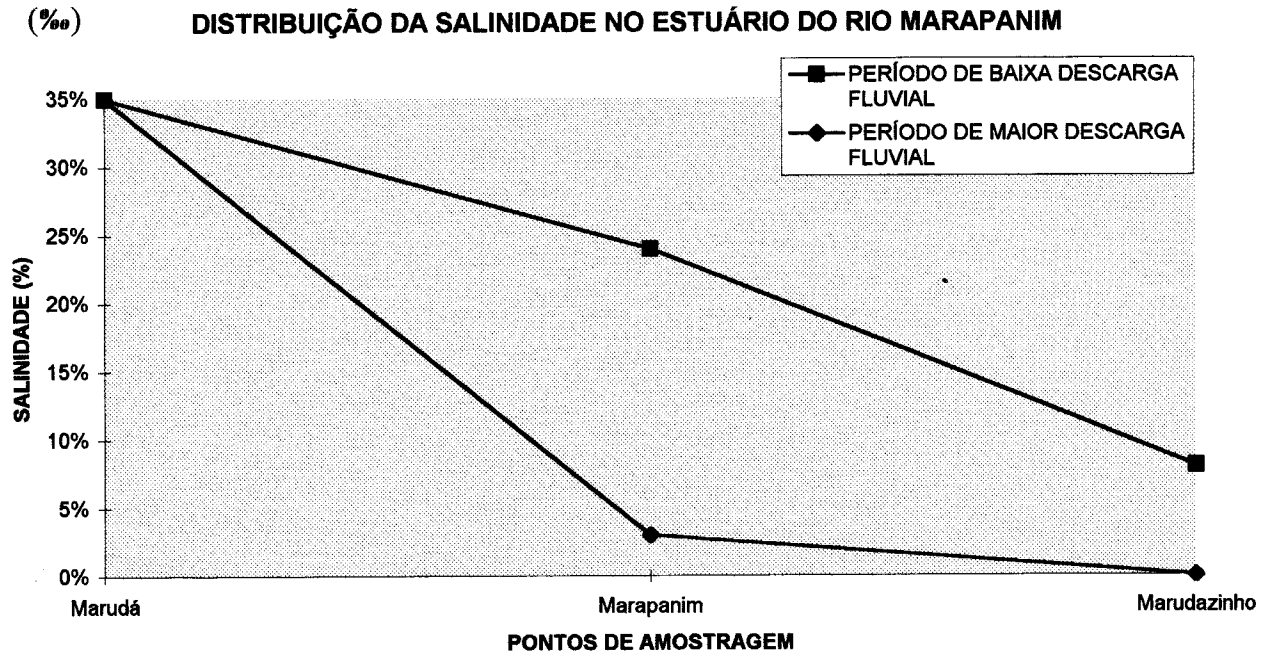


Figura 3.13 - Distribuição da salinidade ao longo do Estuário do Rio Marapanim, durante os períodos de menor e maior descarga fluvial.

3.4.4. Correntes

As correntes induzidas pela maré são as mais atuantes na costa nordeste do Pará. São produzidas pelos movimentos verticais, ligados ao aumento e diminuição da amplitude de maré, acompanhada pelos movimentos horizontais (Figura 3.14). Os valores máximos de velocidade das correntes de maré são registradas durante o período de sizígia, 5 horas após a preamar, quando atingem 2,8 nós (1,43 m/s), enquanto que a velocidade mínima ocorre 1 hora antes da preamar, não ultrapassando a 2,2 nós. Nas marés de quadratura, a velocidade máxima é de 1,48 nós e a mínima de 1,16 nós (DHN, 1994). Segundo EL-ROBRINI et.al (1992) essas correntes são responsáveis pelo transporte dos sedimentos no litoral e pela formação de bancos arenosos perpendiculares a linha de costa.

Na área em questão, as correntes induzidas pelo fluxo do Rio Marapanim são restritas ao setor meandrante, observando-se que no funil estuarino sua influência é pequena quando comparada às correntes induzidas pela maré.

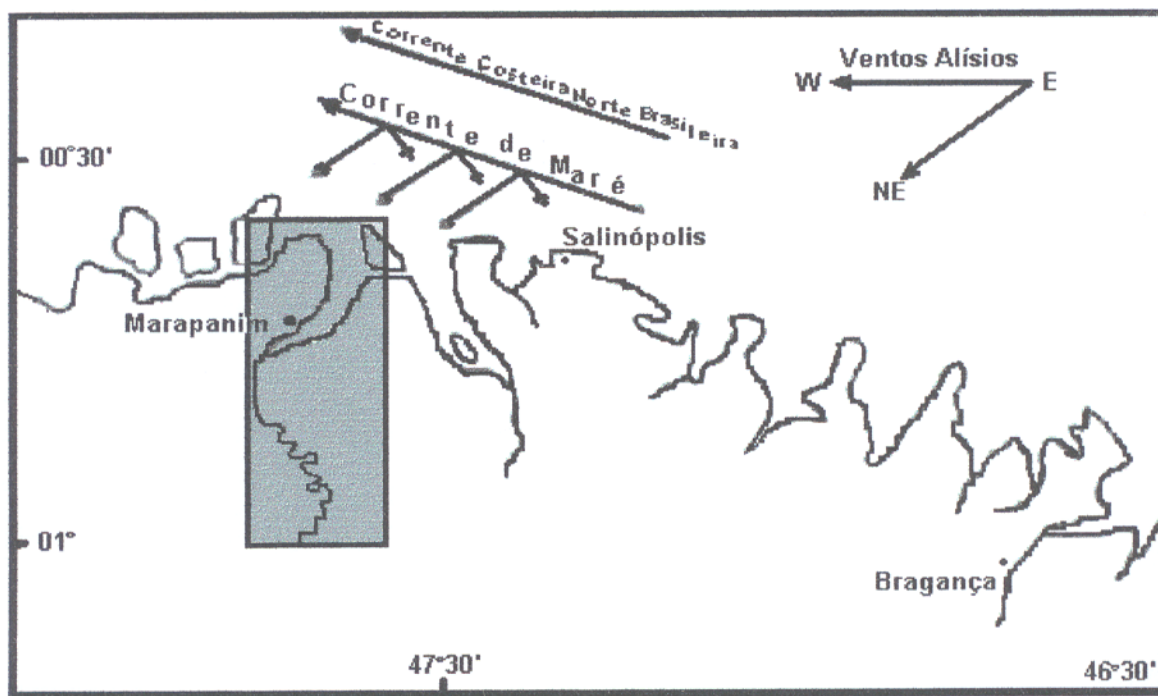


Figura 3.14 – Regime das correntes atuantes no Nordeste do Pará.

4. CENÁRIO REGIONAL

4.1. GEOMORFOLOGIA

Segundo FRANZINELLI (1982, 1992), o setor do litoral paraense compreendido entre a Baía de Marajó e a Baía de Pirabas se constitui em uma costa embaiada, de submersão contínua, transgressiva alta. Esse autor, dividiu este setor em dois segmentos à saber: **a oeste da Baía de Pirabas**, onde o Planalto Costeiro é recortado pelas baías, constituindo falésias ativas que alcançam o Oceano Atlântico; **a leste da Baía de Pirabas**, onde o Planalto Costeiro está recuado, constituindo falésias baixas e inativas e as baías são vistas recortando a ampla planície costeira, onde desenvolvem-se extensas áreas de planície de maré e manguezais.

Para COSTA et al. (1977), o nordeste do Estado do Pará apresenta um relevo subdividido em três unidades geomorfológicas: a) **Maciço Residual**, os quais configuram “inselbergs”, que atingem cerca de 200m de altura e encontram-se esculpido em metassedimentos do Grupo Gurupi; b) **Zona dos Platôs**, constituída por platôs de bordas escarpadas e ravinadas, esculpido em sedimentos das formações Barreiras e/ou Itapecuru e; e) **Peneplano**, correlacionável a unidade geomorfológica Baixo Planalto Costeiro de SENNA et al. (1991), constituindo-se de planaltos de relevo colinoso e baixa amplitude, sustentados por conglomerados da Formação Barreiras.

Para a morfologia sustentada pelos sedimentos quaternários existem algumas denominações correlacionáveis, como por exemplo a Unidade Morfoestrutural Litoral de “Rias” (BARBOSA & PINTO, 1973), Unidade Planície Aluvionar (COSTA et al., 1977) e as Unidades Geomorfológicas Planície Costeira Baixa (Manguezais) e Planície Arenosa (Praias, Dunas) (SENNA et al., 1991; SENNA, 1993). SANTOS (1996) definiu para as Planícies Costeiras de Algodal e Marudá, setor norte da área estudada neste trabalho, a seguinte compartimentação geomorfológica: sistemas de relevo de Planalto Costeiro e Planície Costeira. A primeira engloba as unidades de relevo de Falésias e Plataforma de Abrasão, e a segunda, o Canal Estuarino, Cordões Praia-Duna, Planícies de Maré, Praias, Dunas, Pântanos Salinos e Cheniers.

4.2. ESTRATIGRAFIA

As rochas cristalinas do Pré-Cambriano não são aflorantes no setor a oeste da Baía de Pirabas, mas ocorrem nas proximidades do litoral, no setor à leste dessa baía, adjacente a Planície Costeira de Bragança (Figura 4.1).

As unidades estratigráficas mais freqüentes neste setor da costa são as formações Pirabas e Barreiras, além de sedimentos Pós-Barreiras.

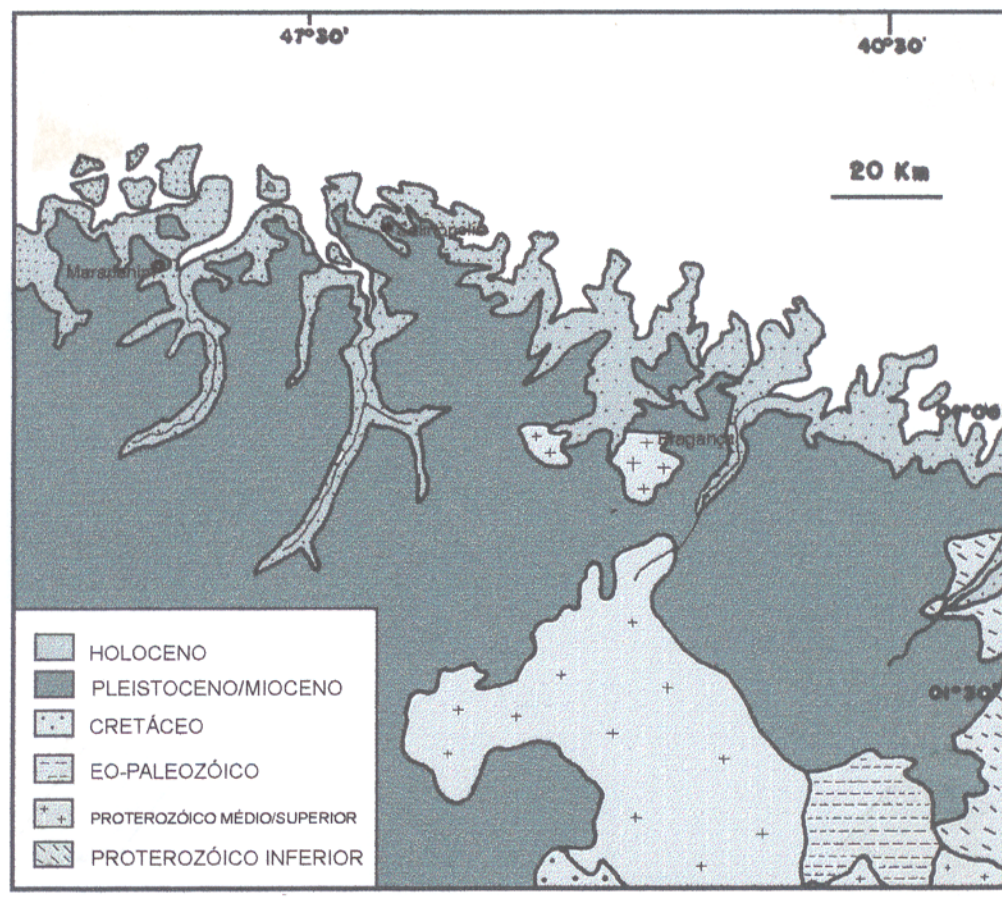


Figura 4.1 - Mapa geológico do Nordeste do Pará (Modificado de COSTA et al., 1977).

4.2.1. Formação Pirabas

As rochas da Formação Pirabas constituem-se de calcários marinhos, bioclásticos, micríticos, dolomicríticos e margas, datados do Mioceno Inferior (FERREIRA, 1980), depositados em ambiente marinho raso, de águas calmas a ligeiramente agitadas. Formam faixas descontínuas ao longo do litoral, com suas melhores exposições ocorrendo no Município de São João de Pirabas, mais precisamente nas ilhas de Fortalezinha e das Minas; no Município de Maracanã, nas localidades de Aricuru e Quarenta do Mocooca; no Município de Primavera, nas adjacências das cidades de Japerica e Primavera e ainda, no Município de Salinópolis, nas praias do Maçarico e Atalaia. Recentemente pesquisadores do Departamento de Ecologia do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), registraram a ocorrência desse tipo litológico no estuário do Rio Marapanim, a aproximadamente 20 km da foz, às proximidades da Vila de Guarajubal (Município de Marapanim). Encontra-se exposto em forma de lajedo bastante compacto, com cerca de 2m de espessura e 20m de extensão exposto somente durante a maré-baixa. Apresenta coloração cinza escura na porção interna gradando para amarelada em porções alteradas. A fauna é típica deste fácies, sendo correlacionável àquela descrita nos calcários maciços encontrados inicialmente na Ponta do Castelo (COSTA et al., 1991) e, posteriormente, descritos no Quarenta do Mocooca (Figura 4.2).

4.2.2. Formação Barreiras

Estes sedimentos ocorrem de forma expressiva na área, constituindo falésias e um relevo colinoso, levemente ondulado. Assentam-se sobre a Formação Pirabas e são sobrepostos pelos sedimentos Pós-Barreiras. Foram datados por ARAI et al. (1988; 1994) que atribuíram idade do Mioceno Inferior para esses depósitos.

Constituem conglomerados polimíticos com intercalações de sedimentos arenosos e argilosos. ROSSETTI et al. (1989) identificaram doze fácies sedimentares, os quais foram distribuídos em três associações, as quais teriam sido depositadas em ambiente de sistema de leques aluviais, planícies de areia (e/ou canais fluviais) e planícies de lama (e/ou mangues), com influência marinha na porção mais distal do sistema (Figura 4.3).



Figura 4.2 - Lajedo do Fácies Calcário Maciço (Formação Pirabas). Foto cedida por pesquisadores do DEL/MPEG.

| B A R R E I R A S | | | | PÓS-BARREIRAS |
|-------------------|--|---|---|---|
| Associação | A | B | C | D |
| Litologia | Sedimentos conglomeráticos polimíticos geralmente maciços. Localmente c/estratificação inclinada e granocrescência ascendente. | Sedimentos arenosos, próximo à associação A, variando p/intercalações de areia e argila em direção a C. Apresentam diversos tipos de estruturas e, localmente, restos vegetais fósseis. | Sedimentos predominantemente argilosos, c/laminação plano-paralela e maciços. Comumente são recobertos por detritos contendo seixos argilosos. Presença de restos vegetais fósseis. | Sedimentos arenos-argilosos sem estruturação ou c/estruturas de dissipação de dunas eólicas, em direção à porção litorânea da área. |
| Fácies | Cm | Sm, Sw, Sc, Sa, St, SG, Ss, Al | Al, Am, Ma | AA, BS |
| Ambiente | Sistemas de leques aluviais - planícies de areia (e/ou canais fluviais) - planície de lama (e/ou mangues) | Sistemas de leques aluviais - planícies de areia (e/ou canais fluviais) - planície de lama (e/ou mangues) | Sistemas de leques aluviais - planícies de areia (e/ou canais fluviais) - planície de lama (e/ou mangues) | Subaéreo c/processos de dissipação de dunas eólicas e fluxos gravitacionais |

Figura 4.3 - Associação faciológica dos sedimentos Barreiras e Pós-Barreiras na Região Nordeste do Pará, proposta por ROSSETTI et al. (1989).

4.2.3. Pós-Barreiras

Os depósitos sedimentares do Pós-Barreiras são separados da Formação Barreiras por uma discordância erosiva (SÁ, 1969). Vários autores admitem que esses sedimentos são de idade pleistocênica, porém ROSSETTI et al. (1989) atribuem idade holocênica a parte desses sedimentos. Constituem-se por sedimentos areno-argilosos, mal selecionados, depositados após um período significativo de não deposição.

4.2.4. Sedimentos Quaternários

Apesar de pouco espessos, ocupam grandes áreas na região costeira, sendo representados por depósitos costeiros, estuarinos e aluviais, os quais serão descritos em detalhes nos próximos capítulos.

4.3. ARCABOUÇO ESTRUTURAL

ALMARAZ (1977) com base em informações fornecidas por métodos geofísicos, considerou a Plataforma Bragatina como estável (Figura 4.4), sendo controlada pelo embasamento Pré-Cambriano que permaneceu emerso até o Terciário Inferior quando se individualizou, a partir do Arco Ferrer-Urbano Santos. Com isto, ocorreu uma subsidência (Mioceno Inferior) e a deposição dos sedimentos da Formação Pirabas e Barreiras.

A zona costeira do Pará é topograficamente baixa, apresentando-se com direção E-W, onde as baías de Maracanã e Marapanim encontram-se orientadas segundo as direções N30W e N10E, respectivamente.

Segundo COSTA et al. (1991) a alternância de trechos de rios fortemente sinuosos e trechos de sinuosidade baixa, evidenciam um sistema de basculamento de blocos a nível regional, onde os trechos de sinuosidade baixa corresponderiam a setores soerguidos e os de sinuosidade elevada a setores rebaixados. CUNHA (1991) define que, as áreas estruturalmente mais altas interagem com a hidrografia, ocasionando o desenvolvimento de amplas curvaturas, mudança na direção dos cursos dos rios, terraços erosivos, estreitamento das planícies de inundação e diminuição do índice de sinuosidade.

Segundo BORGES et al. (1994) as drenagens instaladas na Planície Costeira do Pará, estariam controladas por falhas e fraturas de direção NE-SW, NW-SE e E-W, as quais são interpretadas por COSTA et al. (1991) no âmbito da tectônica cenozóica, como falhas

transformantes e normais geradas a partir do Terciário Superior. BEMERGUI & COSTA (1991) advogam que, lineamentos estruturais na região norte seriam antigas linhas estruturais herdadas do Pré-Cambriano e reativadas durante eventos extensionais ocorridos no Mesozóico.

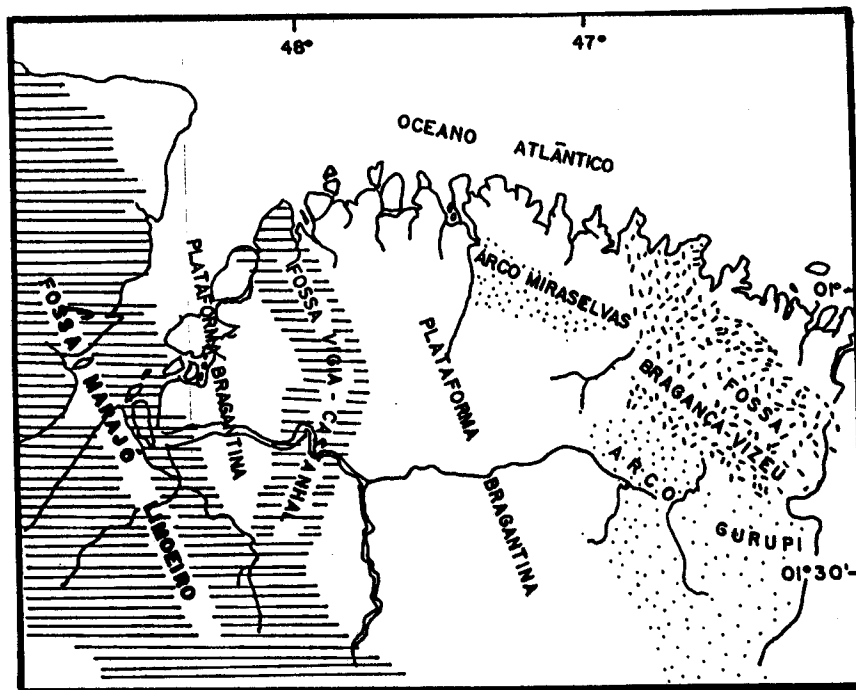


Figura 4.4 - Mapa Tectônico do Nordeste do Pará durante o Mioceno (ALMARAZ, 1977).

5. SISTEMA ESTUARINO

5.1. INTRODUÇÃO

Os sistemas estuarinos vêm sendo amplamente estudados no mundo todo, sendo os mais conhecidos os sistemas do Ord River (WRIGHT et al., 1975), South Alligator River, na Austrália (WOODROFFE et al., 1986 e 1989); Severn River, na Inglaterra (ALLEN, 1990); Cobequid Bay-Salmon River (DALRYMPLE et al., 1990 e DALRYMPLE et al., 1991) e Gironde Estuary, na França (ALLEN & POSAMENTIER, 1993). Contudo, poucos apresentam amplas áreas colonizadas por manguezais, como é observado em regiões tropicais quentes e úmidas.

A conceituação do sistema estuarino é bastante controversa, recebendo inúmeras definições baseadas em uma série de características específicas, tais como salinidade, processos físicos atuantes (ondas e/ou marés), modo de formação da bacia, padrão de circulação estuarina ou mecanismo físico deposicional dominante. Uma das mais aceitas é a definição de Pritchard apud REINSON (1992): “estuário é um corpo de água costeiro, semi fechado, que tem livre conexão com o oceano aberto e no qual a água salina do mar é diluída com a água doce derivada da drenagem continental”.

DALRYMPLE et al. (1992) admitem que para uma correta definição do sistema estuarino torna-se necessário considerar não apenas fatores restritos como a salinidade ou a influência da maré, visto que este sistema é uma zona de interação entre correntes fluviais, marés e ondas. Assim sendo, os referidos autores advogam como definição mais completa para estuário como “uma porção litorânea de um sistema drenado por um vale, que recebe sedimentos de origem marinha e fluvial e que contém fácies influenciados por marés, ondas e processos fluviais”. A extensão de um estuário se faz, para o interior, pelo limite continental das fácies de maré, e como limite externo, presença de fácies costeiras em sua desembocadura. A partir desse pressuposto, DALRYMPLE et al. (1992) consideram que o estuário ocuparia uma área desde a desembocadura do rio, com salinidade variando entre 30-35%, até a parte interna (rio acima) onde a salinidade da água atingisse cerca de 0,1% (Figura 5.1).

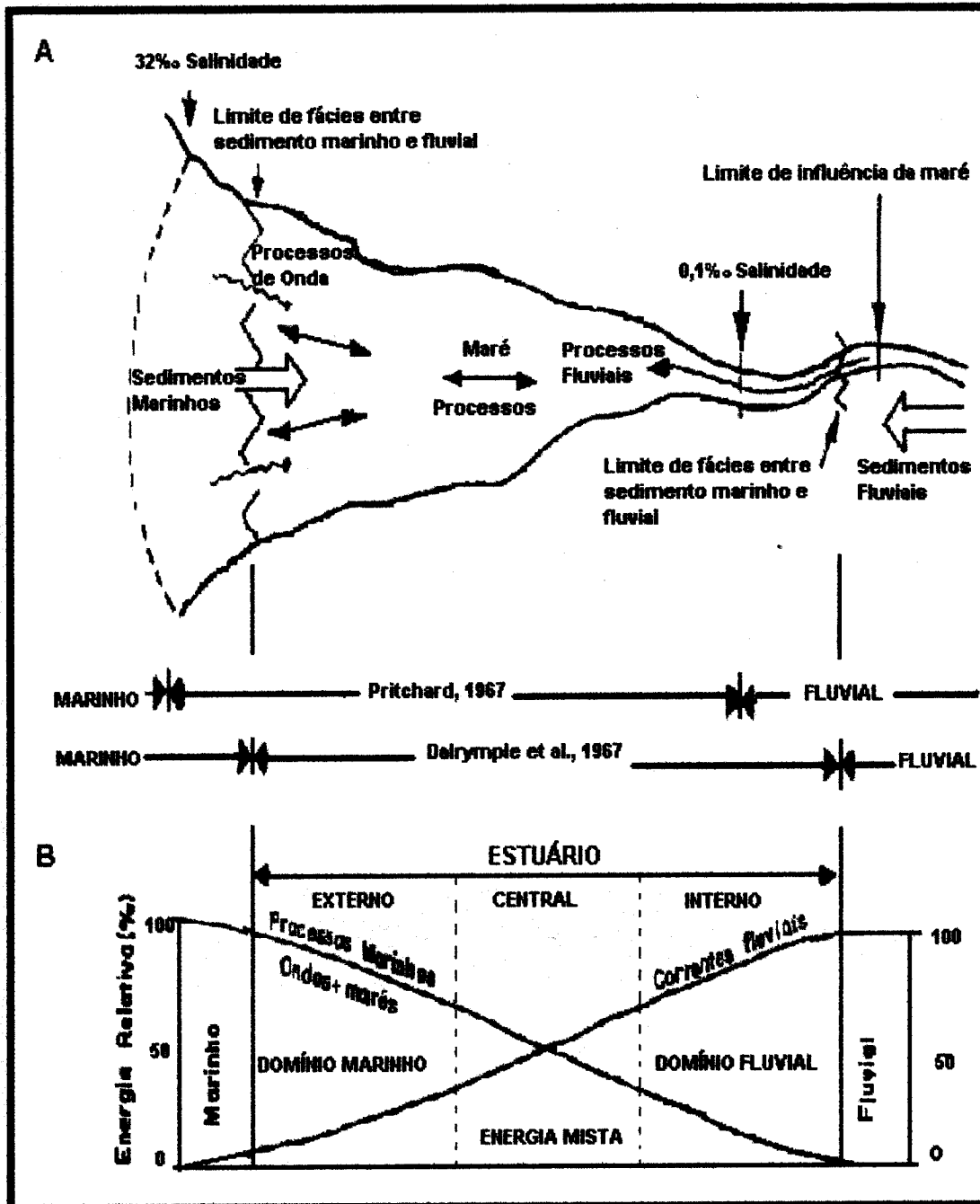


Figura 5.1 - Representação esquemática das definições de PRITCHARD (1967) e DALRYMPLE et al. (1992) para estuário. (A) Observar que o limite do estuário é marcado pela salinidade 0.1% em direção ao continente e 32% em direção ao mar. Porém, para os fácies, esses limites são excedidos tanto em direção ao continente como em direção ao mar. (B) - Distribuição esquemática dos processos físicos atuantes em estuários, resultando em uma zonação de fácies em três zonas.

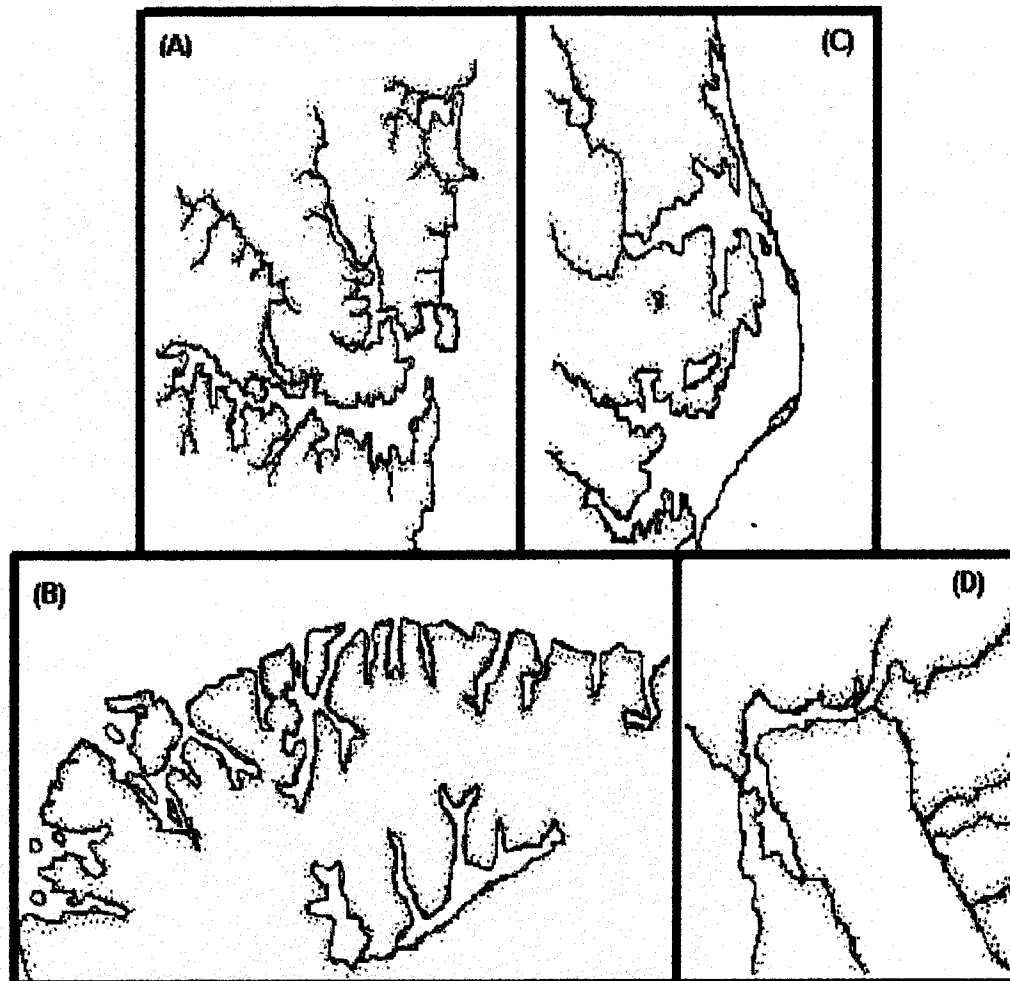


Figura 5.2 - Classificação de estuários de acordo com o modo de formação da bacia, segundo PRITCHARD (1967) e Dyer apud DAVIS (1983): (A) sistema drenado de vales; (B) fjord; (C) estuário com ilha barreira e (D) estuário produzido por processos tectônicos.

5.2.2. Processos Físicos Dominantes

Com base neste critério, DALRYMPLE et al. (1992) individualizaram dois tipos principais de estuários (Figura 5.3):

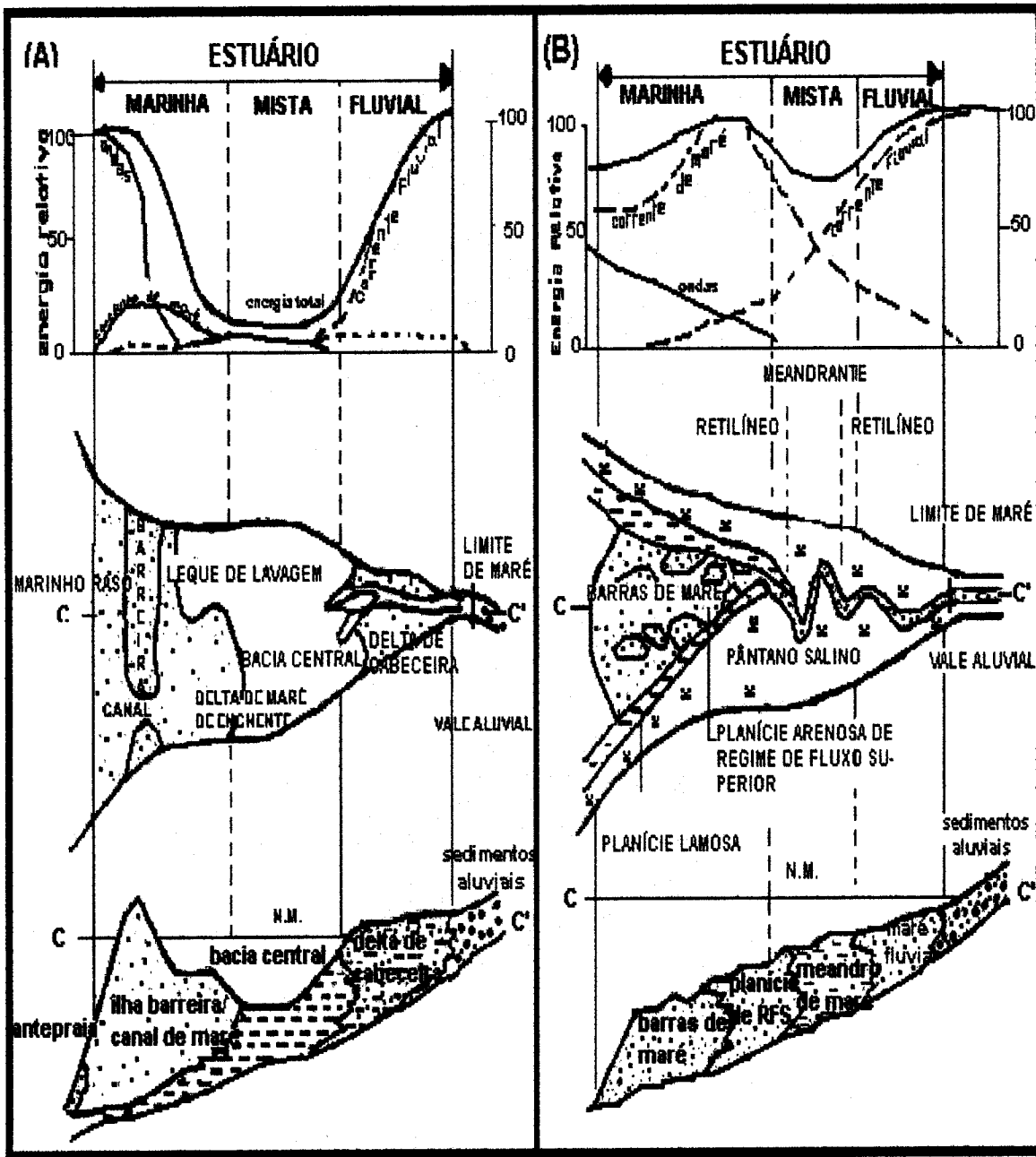


Figura 5.3 - Estuários dominados por ondas (A) e dominados por maré (B), de acordo com o mecanismo físico deposicional no sistema segundo a Classificação de DALRYMPLE et al. (1992). (RFS - Regime de Fluxo Superior).

5.2.2.1. Estuários Dominados por Ondas

Apresentam-se divididos em três zonas bem definidas:

- um corpo marinho composto por depósitos de ilha barreira, leque de lavagem, canal de maré e delta de maré;
- uma bacia central onde depositam-se os sedimentos finamente granulados e;
- um delta de cabeceira de baía que está submetido à influência da maré e/ou da água salina.

5.2.2.2. Estuários Dominados por Maré

Neste sistema, mais precisamente na porção marinha, desenvolvem-se barras arenosas alongadas segundo a direção das correntes marinhas e amplas planícies de maré arenosas, que possuem um canal de baixa sinuosidade, sendo seguidas por uma zona de meandros apertados e, finalmente, uma zona interior dominada por processos fluviais. Os estuários dominados por maré recebem sedimentos provenientes dos rios, na cabeceira do estuário e da plataforma adjacente. A energia das correntes de maré excede a energia das ondas na foz, onde barras de areia alongadas se desenvolvem e dissipam a energia das ondas, variando o decréscimo da energia estuário acima. Além disso, a forma afunilada da foz proporciona que a maré de enchente seja progressivamente contida estuário adentro, chegando a zero no limite da maré, enquanto que a energia fluvial decresce em direção ao mar (DALRYMPLE et al., 1992).

5.2.3. Características Morfológicas e Sedimentológicas

Classificação com base nestas características foi apresentada por REINSON (1992), individualizando quatro tipos principais de estuários: a) Estuários Lagunares, b) de Foz Aberta, c) Parcialmente Fechado e d) de Maré. Os estuários *a* e *d* corresponderiam àqueles dominados por onda e maré descritos por DALRYMPLE et al. (1992), respectivamente (Figura 5.4).





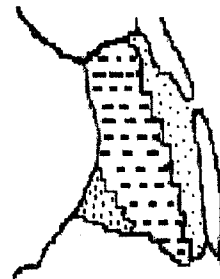
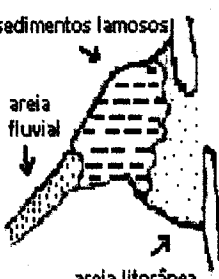
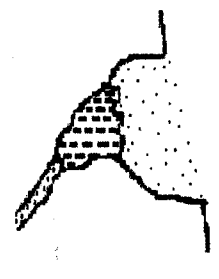


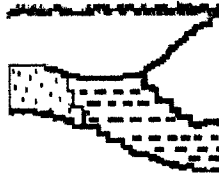

| | | DOMINADO POR ONDA | | DOMINADO POR MARÉ | |
|--------------------------------------|---|---|--|---|--|
| | | LAGUNAR | PARCIALMENTE FECHADO | DE FOZ ABERTA | DE MARÉ |
| CONFIGURAÇÃO MORFOLÓGICA | PARALELO A LINHA DE COSTA |  |  |  |  |
| | FAIXA DE MARÉ | MICROMARÉ | MICRO A MESOMARÉ | MESO A MACROMARÉ | MACROMARÉ (extremas faixas de maré) |
| PADRÃO DE CIRCULAÇÃO | PARCIALMENTE MISTURADO | PARCIALMENTE MISTURADO A BEM ESTRATIFICADO | | HOMOGÊNEO (verticalmente e lateralmente) | |
| PADRÃO DE DISTRIBUIÇÃO DE SEDIMENTOS |  |  |  |  | |
| | SEÇÃO AXIAL | N.M. |  |  |  |

Figura 5.4 - Classificação do estuários baseada em parâmetros morfológicos, sedimentológicos e oceanográficos, segundo REINSON (1992).

5.2.3.1. Estuários Lagunares

São geralmente pequenos, rasos e quase inteiramente isolados por uma ilha barreira. Apresentam um pequeno prisma de maré, com pouca entrada de água doce, se comparado a outro tipo estuarino, sendo característico de áreas costeiras microtidais. São parcialmente estratificados a bem misturados, dependendo da magnitude da variação sazonal na entrada da água doce. Nesse tipo de estuário, devido a sua baixa profundidade, os ventos desempenham um importante papel no processo de mistura das águas.

5.2.3.2. Estuários de Foz Aberta

Apresentam larga abertura em sua foz, nenhum obstáculo à entrada de águas marinhas, e um prisma de maré intermediário com média a alta entrada de água doce. Está associado à costas de meso ou macromarés ou, ainda, à áreas de micromarés onde a entrada de água fluvial é alta o suficiente para afetar o prisma de maré. A circulação das águas varia entre parcial a altamente estratificada, onde os ventos são menos expressivos no processo de mistura das águas.

5.2.3.3. Estuários Parcialmente Fechados

Este tipo de estuário é transicional entre o lagunar e de foz aberta. A entrada da água doce é suficiente para formar um padrão de circulação parcial a altamente estratificada, mas as variações sazonais na entrada de água doce e os ventos parecem afetar a circulação nesse tipo de estuário mais do que no tipo de foz aberta.

5.2.3.4. Estuários de Maré

Apresentam um grande prisma de maré, ocorrem em áreas dominadas por regimes de macromarés.

5.2.4. Intensidade da Mistura entre as Massas de Águas Doce e Salina

Uma maior ou menor intensidade da mistura entre as massas de água produz um gradiente de densidade no estuário, condicionando um padrão típico de circulação estuarina. Nesse contexto, PRITCHARD & CARTER (1971) propuseram a seguinte classificação (Figura 5.5):

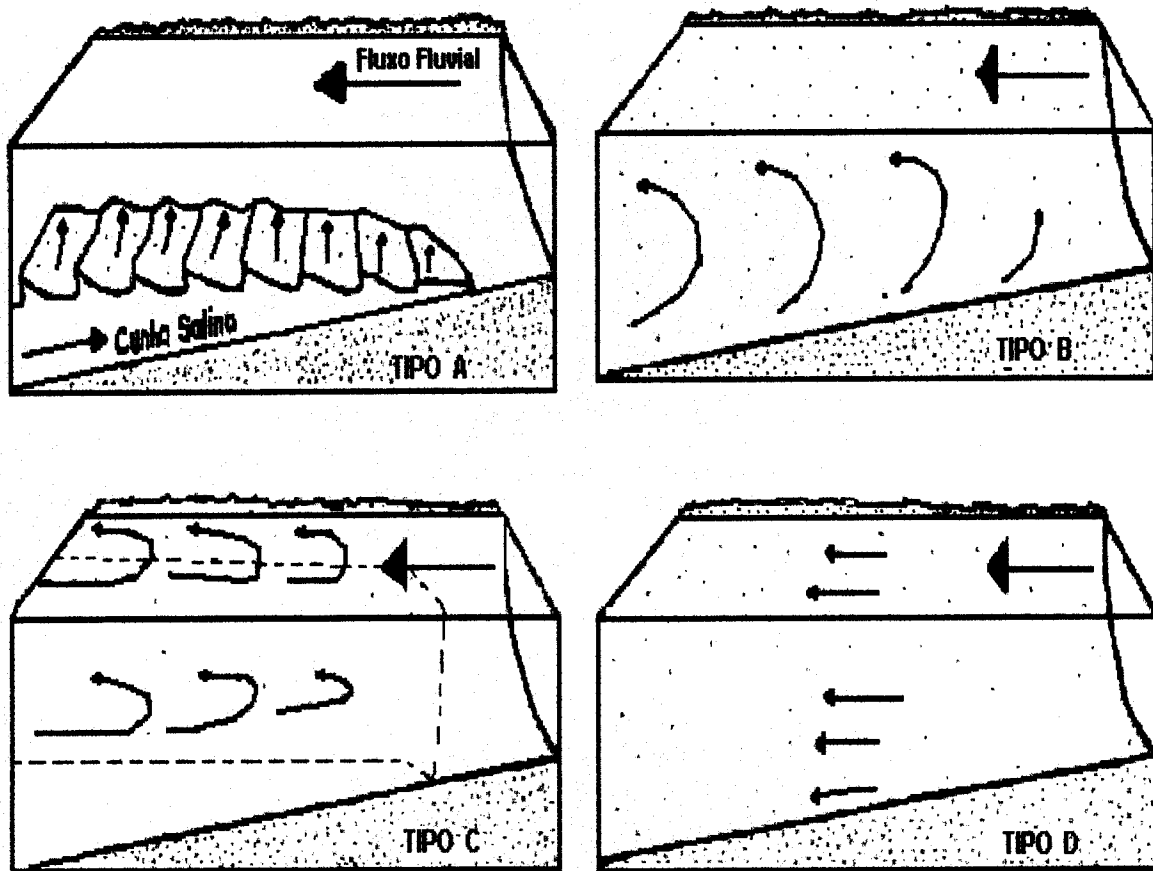


Figura 5.5 - Classificação de estuários baseada no padrão de circulação estuarina, produzido em função da interação entre as massas de água doce (fluvial) e salina (marinha), segundo PRITCHARD & CARTER (1971).

5.2.4.1. Estuários do Tipo A

São dominados por correntes fluviais e ocorrem em costas com regime de micromaré. O sistema é definido por uma cunha d'água salina proveniente do oceano, que se move em direção ao continente, e sobre a qual o fluxo de água doce forma uma pluma. Devido a diferença de

densidade entre estas, ocorre uma estratificação bem definida entre as duas massas de água, havendo mistura apenas na interface, pelo processo de advecção vertical;

5.2.4.2. Estuários do Tipo B

Ocorre em costas com regime de mesomaré, com mistura parcial entre os corpos de água salina e doce, através do efeito de turbulência de maré. Tais efeitos, destroem a interface da cunha salina, produzindo um gradiente de salinidade que faz-se do leito do rio para a superfície da água, por mecanismos de advecção e difusão;

5.2.4.3. Estuários do Tipo C

Ocorrem em costas com regime de macromaré. Apresentam-se verticalmente homogêneos, devido às correntes marinhas que destroem completamente a interface das águas doce e salina ao longo da seção estuarina. Nesses estuários dominam os processos de advecção lateral e longitudinal, além de difusão lateral. Os efeitos de rotação da Terra produzem um gradiente de salinidade lateral;

5.2.4.4. Estuários do Tipo D

Definem um membro teórico, que mostra homogeneidade lateral e vertical da salinidade, devido a atuação de fortes correntes marinhas.

5.2.5. Conclusões

Com base na classificação de DALRYMPLE et al. (1992) e de REINSON (1992), o estuário do Rio Marapanim é considerado como um estuário dominado por marés ou de maré, respectivamente. Para a utilização do termo estuário de maré justifica-se que, apesar da amplitude da maré em torno de 5m ser considerada por alguns autores como macromaré baixa, observa-se que as correntes de maré exercem um papel fundamental neste setor da costa paraense.

Com base no padrão de circulação considerou-se o Estuário do Rio Marapanim com características entre os Tipos C e D, propostos por PRITCHARD & CARTER (1971), onde o primeiro é verticalmente homogêneo, com gradiente de salinidade lateral, e o segundo mostra uma homogeneidade lateral e vertical. Destaca-se porém que esta suposição foi feita baseada em

tratar-se de um estuário dominado por macro-marés; sendo que não dispomos de malha geoquímica lateral e vertical e, tão somente, amostragens pontuais.

5.3. CONFIGURAÇÃO DOS CANAIS ESTUARINOS E DISTRIBUIÇÃO DOS DEPÓSITOS SEDIMENTARES

Nos estuários onde predomina o regime de macromaré, as correntes de maré exercem um papel fundamental, seja na distribuição e deposição dos sedimentos nas porções mais externas do estuário ou na definição do gradiente de mistura entre as águas (ELLIOT, 1986).

Os sedimentos carreados para o sistema estuarino são provenientes tanto do continente, trazidos pelos rios, quanto da plataforma adjacente, transportados por correntes de maré. A distribuição granulométrica se dá segundo o padrão granodecrescente ascendente, ou seja, os sedimentos mais grosseiros são depositados na foz e nas porções mais internas do estuário, enquanto que os sedimentos mais finos ocorrem nas margens do estuário, definindo planícies lamosas e pântanos (REINSON, 1992).

DALRYMPLE et al. (1992) consideram que a morfologia e a distribuição dos fácies sedimentares está intimamente ligada à fatores hidrodinâmicos, ou seja, são zonas onde predominam as correntes de maré e as correntes fluviais, havendo, também, a interação de ambas. A partir deste modelo observa-se que ocorre uma compartimentação em setores, onde há o predomínio de um ou outro ou uma interrelação entre eles (Figura 5.1).

- Zona Externa

Apresenta-se em forma de funil, onde há predominância de processos marinhos (correntes de maré e, secundariamente, ondas). Nessas áreas encontram-se barras arenosas que provocam a dissipação da onda oceânica, fazendo com que a energia desta decresça para as porções internas do estuário.

- Zona Central

Caracterizada por apresentar forma “reta-meandrante-reta” (WOODROFFE et al., 1989), onde o nível energético é relativamente baixo, havendo a interação entre a energia marinha e as correntes fluviais. A porção reta, mais extensa, é dominada por maré e o transporte de sedimentos em direção ao interior do estuário se realiza quando da atuação de fortes correntes de maré de enchente, as quais são responsáveis pela formação de barras em pontal e de meio de canal. A porção reta mais interna, é dominada por correntes fluviais, formando barras similares

às descritas acima. O segmento central meandrante, geralmente apresenta barras em pontal. Pode ocorrer, ainda, às proximidades da nascente do rio, o delta de cabeceira de baía (“bay-head delta”).

- Zona Interna

Dominada por correntes fluviais, onde a energia decresce em direção ao oceano.

WOODROFFE et al. (1986) definiram um padrão morfológico para estuários do norte da Austrália, dominados por maré, onde quatro zonas com seus respectivos fácies sedimentares foram definidas (Figura 5.6):

- Funil Estuarino

Corresponde à zona mais externa, onde ocorrem barras de maré;

- Segmento Meandrante Sinuoso

Nesta zona desenvolvem-se meandros regulares, semelhantes aos meandros fluviais, barras em pontal regulares e geralmente recobertas por mangues;

- Segmento Meandrante em Cúspide

Apresenta curvas irregulares e ocorrência de barras de meio canal e barras laterais;

- Canal de Curso Superior

Representa o segmento final, onde alternam-se porções retilíneas e curvilíneas, bem como barras laterais e em pontal. Ocorrem ainda diques marginais e estreitas faixas de mangues.

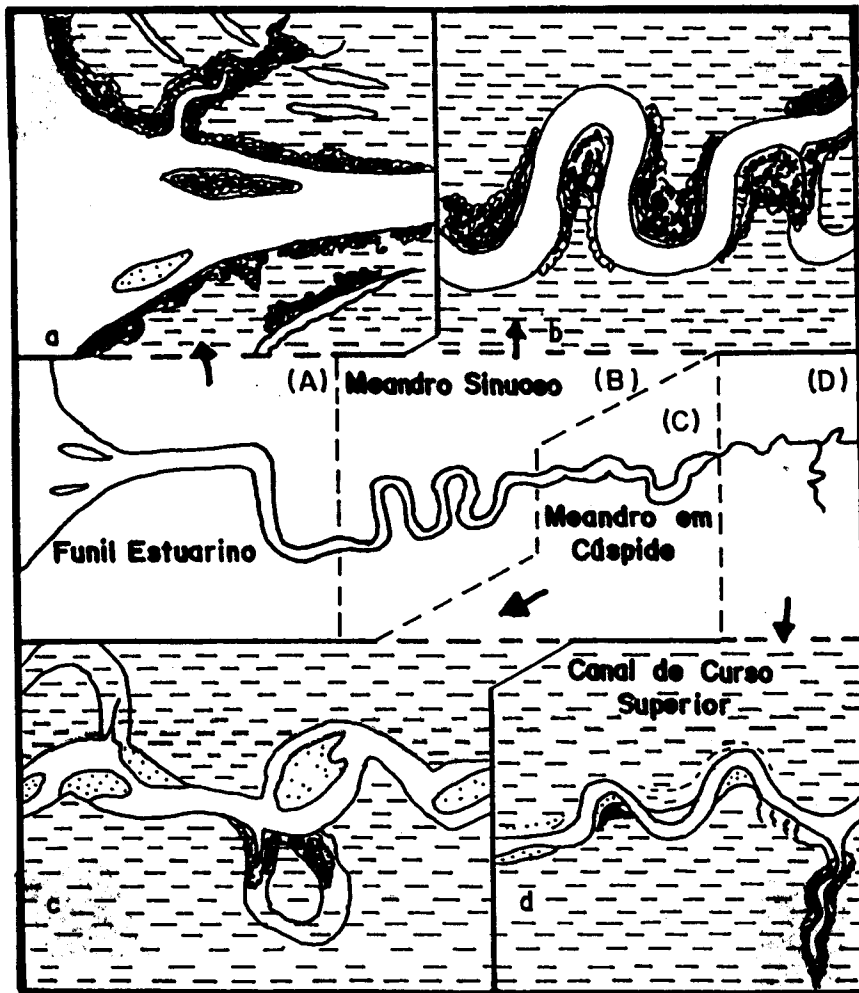


Figura 5.6 - Padrão morfológico definido para os estuários do norte da Austrália, proposto por WOODROFFE et al. (1986), caracterizando quatro segmentos: (A) funil estuarino; (B) segmento meandrante sinuoso; (C) segmentos meandrante em cúspide e (D) canal de curso superior.

6. GEOMORFOLOGIA

6.1. INTRODUÇÃO

Este setor, da costa nordeste do Pará, foi compartimentado em quatro domínios geomorfológicos, levando-se em consideração suas características morfológicas, sedimentológicas, estratigráficas, topográficas, vegetação típica, bem como, os processos físicos dominantes (Figura 6.2). Os critérios adotados assemelham-se àqueles utilizados inicialmente por WOODROFFE et al. (1986; 1989) para a zona costeira da Austrália e por SOUZA FILHO (1995), SILVA (1996) e SANTOS (1996) para setores da Planície Costeira do Nordeste do Estado do Pará (Bragança, Salinópolis, Ilha de Algodóal e Marudá). Os domínios identificados foram denominados como Planalto Costeiro, Planície Costeira, Planície Estuarina e Planície Aluvial (Figura 6.1). Sendo que, para traçar o limite entre os dois últimos utilizou-se o limite superior que a maré salina alcança no canal (Figura 3.13).

| DOMÍNIOS GEOMORFOLÓGICOS | UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS |
|---------------------------------|---|
| PLANALTO COSTEIRO | FALÉSIAS |
| PLANÍCIE COSTEIRA | PLANÍCIE DE CRISTAS DE PRAIA PALEODUNA DUNA COSTEIRA ATUAL (Fixa e Móvel) PÂNTANO SALINO (Interno e Externo) PLANÍCIE DE MARÉ (Arenosa e Lamosa) PRAIA FLECHA-BARREIRA LAGO PALEO CÓRREGO DE MARÉ |
| PLANÍCIE ESTUARINA | CANAL ESTUARINO (Funil Estuarino, Segmento Meandrante Sinuoso, Segmento Meandrante em Cúspide, Canal de Cursos Superior) CANAL DE MARÉ PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO (Pântano Salino e Pântano de Água Doce) |
| PLANÍCIE ALUVIAL | CANAL MEANDRANTE (Meandro Abandonado) DEPÓSITO DE CANAL (Depósito de Fundo de Canal) DEPÓSITO DE MARGEM DE CANAL (Dique Marginal, Depósito de Recobrimento e Planície de Inundação) DEPÓSITO DE PREENCHIMENTO DE CANAL |

Figura 6.1 - Principais Domínios Geomorfológicos e suas respectivas unidades ocorrentes na área estudada.

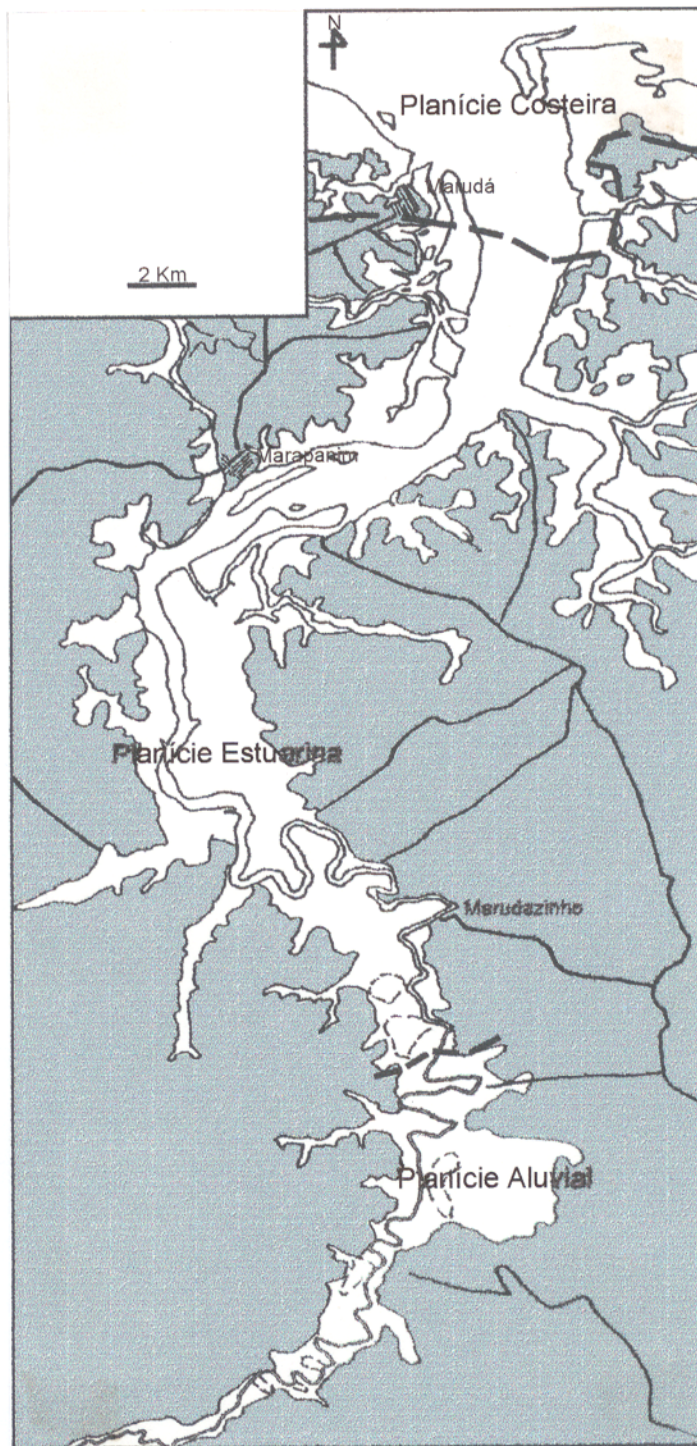


Figura 6.2 - Domínios Geomorfológicos identificados para o Estuário do Rio Marapanim.

6.2. COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA

6.2.1. Planalto Costeiro

6.2.1.1. Falésia

Apresenta-se como superfície plana formando tabuleiros, com vertentes retilíneas e íngremes e podendo mostrar uma superfície suavemente ondulada, formando colinas que atingem cerca de 24m de altura. Está sustentada pelos sedimentos Mio-Pleistocênicos da Formação Barreiras e dos sedimentos Pós-Barreiras, onde as florestas secundárias são predominantes. Esta unidade, quando em contato com a planície costeira, apresenta-se em forma de falésias. São vistas na linha de costa atual como falésias ativas que chegam a atingir em torno de 18m de altura (Figura 6.3), sendo que estas cotas diminuem em direção à parte interna da planície costeira, onde encontram-se falésias recuadas (inativas), protegidas por depósitos da planície costeira. Nas planícies estuarina e aluvial apresentam-se margeando depósitos de manguezais, pântanos salinos e de água doce, formando terraços que, quando afloram na margem do canal estuarino atingem cerca de 10m de altura (Figura 6.4).

As plataformas de abrasão estão associadas aos processos erosivos atuantes, principalmente nas falésias ativas. Tais processos provocam o escavamento da base das falésias até o desmoronamento da sua parte frontal, depositando blocos decimétricos a métricos de arenitos lateritizados em sua base, os quais muitas vezes funcionam como barreiras protetoras para esta unidade.

6.2.2. Planície Costeira

Corresponde aos depósitos arenosos e argilosos pleistocênicos e holocênicos. É limitada, à sul, pelo Planalto Costeiro e a Planície Estuarina e, à norte, pelo Oceano Atlântico. Foram identificadas oito unidades morfológicas: Planície de Cristas de Praia, Paleoduna, Duna Costeira Atual, Pântano Salino, Planície de Maré, Praia Flecha-Barreira, Lago e Paleo Córrego de Maré (Figura 6.5).

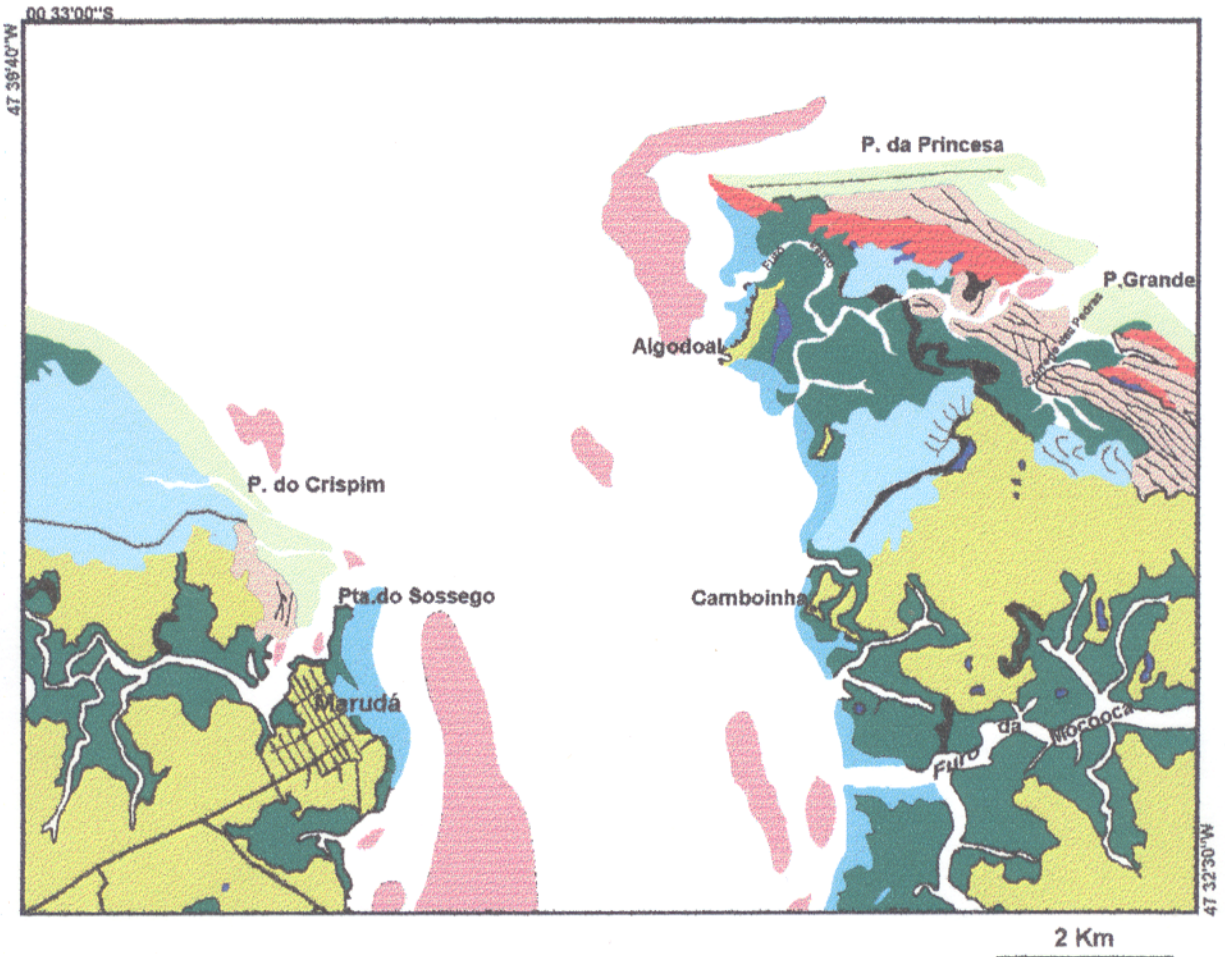
Destaca-se que este domínio geomorfológico foi objeto de dissertação de mestrado de SANTOS (1996), onde este autor definiu sete unidades (Canal Estuarino, Cordões Praia-Duna, Planície de Maré, Praias, Dunas, Pântanos Salinos e Cheniers), que serão rediscutidas neste capítulo.



Figura 6.3 - Falésia ativa, exposta à ação direta das correntes de maré que provocam o solapamento de sua base, desmoronamento e deposição de blocos ferruginosos, formando plataformas de abrasão dispostas sobre a planície de maré lamosa (Marudá).



Figura 6.4 - Terraço da Formação Barreiras observado na margem do canal meandrante sob o domínio fluvial (Matapiquara).



LEGENDA













- | | |
|---|---|
|  Praia flecha-barreira |  Planície de cristas de praia |
|  Barra arenosa de maré |  Paleoduna |
|  Pântano salino |  Duna |
|  Planície arenosa |  Lago |
|  Manguezal |  Canal estuarino e córrego de maré |
|  F. Barreiras |  Paleocanal |

Figura 6.5 - Principais unidades morfológicas identificadas na Planície Costeira.

6.2.2.1. Planície de Crista de Praia (“Strand Plain”)

É formada pela acreção de barras longitudinais sucessivas à face praiial através da ação das correntes paralelas à costa. Essa planície apresenta superfícies de truncamento que podem representar mudanças nas direções de incidência das correntes. Os espaçamentos entre as cristas são pequenos e propícios à instalação de lagos (PENLAN & SUTER, 1989; DOMINGUEZ et al., 1992).

Com base na posição topográfica em relação ao nível do mar atual, caracterizou-se duas sub-unidades:

6.2.2.1.1. Planície de Cristas de Praia Interna

Localizada na Ilha de Maiandeuá, a aproximadamente 8m acima do nível atual do mar, ocupando uma área de 3 km². As cristas são vegetadas por arbustos e nas calhas instalam-se lagoas. Apresenta contatos, interno, com falésias inativas da Formação Barreiras, lateral, com paleodunas e externo, com dunas recentes e planícies de maré lamosas (Figura 6.6).

6.2.2.1.2. Planície de Cristas de Praia Externa

Encontra-se topograficamente a poucos metros do nível atual do mar, formando cordões lineares, que atingem até 2m de altura, alinhados segundo a direção NW-SE, observados em contato interno com dunas recentes e externo, com a unidade praia flecha-barreira. Localmente, são observados, pequenos cordões dunares sobrepondo esta sub-unidade.

6.2.2.2. Paleoduna

É observada na parte interna da planície costeira, limitada pelo planalto costeiro, planície de maré lamosa, planície de cristas de praia e duna. Encontra-se topograficamente entre a cota de 10 e 15m, ocorrendo na Ilha de Maiandeuá e próximo à Praia do Crispim, onde ocupa uma área de aproximadamente 6km² (Figura 6.7). Apresenta um relevo arrasado, onde a estruturação primária foi completamente destruída por processos pedogenéticos e de deflação, além de instalação de vegetação arbustiva típica.



A



B

Figura 6.6 - (A) Fotografia aérea onde se observa a unidade de planície de cristas de praia. (B) Em detalhe, observar planície de cristas de praia interna com cristas vegetadas por arbustos (famílias *Anacardiaceae*, *Chrysobalanaceae*, entre outros) e calhas por vegetação herbácea (famílias *Cyperaceae*, *Eriocaulaceae*, entre outros). Foto cedida por Valdenira Santos.



Figura 6.7 - Vista de um trecho da estrada Marapanim-Crispim seccionando a unidade de Paleoduna a qual encontra-se densamente vegetada.

6.2.2.3. Duna Costeira Atual

É observada ao longo da costa, na Ilha de Maiandeuá, onde ocupa uma área de 1km², associada à planície de cristas de praia e praia flecha-barreira.

Segundo SANTOS (1996), as dunas atuais podem estar fixas pela vegetação ou migrarem em direção ao continente.

6.2.2.3.1. Duna Costeira Fixa

Esta unidade encontra-se fixada pela vegetação de cipó, ervas e arbustos (Famílias **Dilleniaceae**, **Bromeliaceae** e **Chrysobaoanaceae**, entre outros), encontram-se alinhadas segundo a direção NE-SW, ou seja, oblíqua à linha de costa, apresentam altura máxima de 12m e são atingidas pela maré alta, que provoca o solapamento da base destas. Localmente podem ocorrer na zona de pós-praia, com amplitudes em torno de 1m (Figura 6.8).

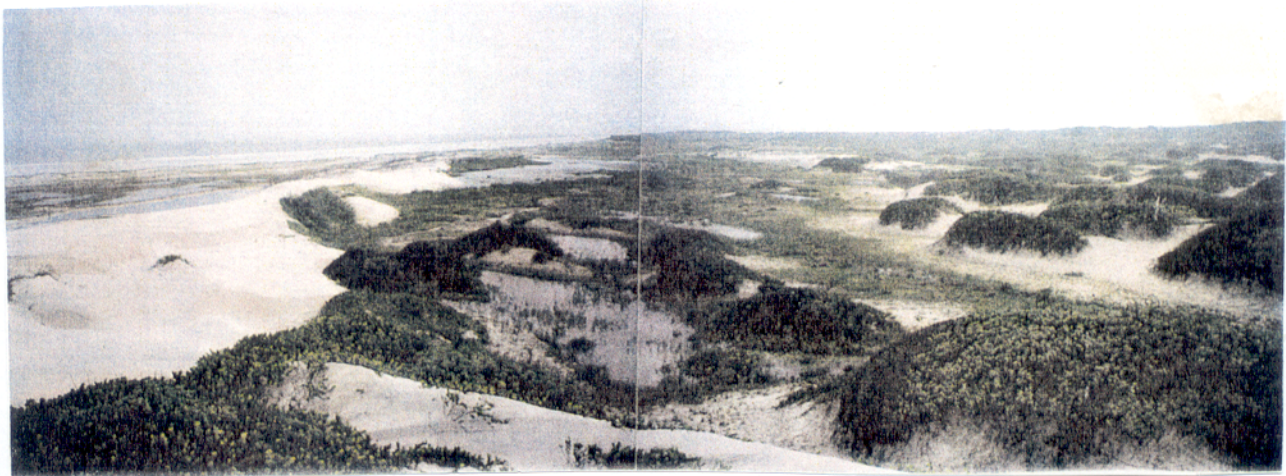


Figura 6.8 - Cordões de dunas fixas por vegetação arbustiva (Praia da Princesa - Ilha de Maiandeuá). Cedida por pesquisadores do DEL-MPEG.

6.2.2.3.2. Duna Costeira Móvel

É gerada pelo transporte eólico de areia proveniente da zona de estirâncio (Unidade Praia Flecha-Barreira) durante a baixa-mar. Representadas por dunas barcanas isoladas, com aproximadamente 1m de amplitude ou por cordões de dunas transversais que chegam a atingir 6m de altura (Figura 6.9). Esta sub-unidade prograda sobre as dunas fixas e unidades de lago, paleoduna e planície de cristas de praia.

6.2.2.4. Pântano Salino (“Salt Marsh”)

Está associado aos córregos de maré colmatados e colonizados por espécies características de pântanos salinos tropicais (*Eleocharis caribae* Blake, *Acrostichum aureum* L., entre outros). De acordo com o período de inundação sofrido pelas marés e a posição topográfica, os pântanos salinos foram agrupados em duas sub-unidades:



Figura 6.9 - Em primeiro plano, duna móvel com altura de 5m, migrando sobre a unidade de duna fixa, ao fundo. Observar que a base dessa unidade sofre o retrabalhamento pelas ondas na preamar.

6.2.2.4.1. Pântano Salino Interno

Encontra-se associado aos córregos de maré colmatados e alagados somente no período chuvoso, tornando-se seco no período de estiagem quando a evaporação torna-se maior que a precipitação, causando, portanto, uma hipersalinidade nessas áreas. São observados às proximidades da via que acessa a Praia do Crispim, estando limitado internamente pelo Planalto Costeiro e externamente pelas planícies de maré lamosas (Figura 6.10).

6.2.2.4.2. Pântano Salino Externo

Ocorre na Ilha de Maiandeua e às proximidades de Marudá, limitados internamente por paleodunas e externamente pela planície de maré lamosa. Em alguns casos, também, está associado à canais de maré, porém, encontrando-se em nível topográfico mais baixo, sofrendo influência diária da maré (Figura 6.11).



Figura 6.10 - Em primeiro plano, a unidade de Pântano Salino Interno, amplamente vegetado e, ao fundo, vegetação de capoeira, característica do Planalto Costeiro (Ilha de Maiandeuá).



Figura 6.11 - Em primeiro plano, a Unidade de Pântano Salino Externo, localizado às margens de um canal de maré, em contato com a Unidade de Planície de Maré Lamosa (Marudá). Cedida por Valdenira Santos.

6.2.2.5. Planície de Maré

É a unidade mais expressiva dentro da Planície Costeira. Desenvolve-se em áreas protegidas da ação de ondas, estando sob a influência de macromaré semi-diurna e interagindo com falésias inativas, ou ocorrendo ao longo das margens dos córregos de maré e em áreas protegidas por praias flechas-barreiras.

Com base na variação das marés, essa unidade está compartimentada em três zonas: **zona de supramaré**, inundada somente durante as marés de sizígia; **zona de intermaré**, localizada entre o nível de maré baixa e alta média, ficando submersa, pelo menos, duas vezes ao dia e **zona de inframaré**, sempre submersa (FRASER, 1989; DAVIS JR., 1983). Associado à essas zonas, destacam-se duas unidades: Planície de Maré Lamosa e Planície de Maré Arenosa.

6.2.2.5.1. Planície de Maré Lamosa (“Mangrove Swamp”)

Constituída essencialmente por sedimentos lamosos e colonizada por vegetação típica de manguezal (*Rhizophora*, *Laguncularia* e *Spartina*). Localizam-se entre o nível de maré baixa e alta a média, sendo atingida diariamente pelas marés, constituindo portanto, manguezais de intermaré. Atingem, neste setor, cerca de 2km de largura e as espécies vegetais apresentam-se de médio a grande porte, com instalação de mangue jovem (*Spartina*) em sua parte frontal progradante (Figura 6.12).

6.2.2.5.2. Planície de Maré Arenosa (“Tidal Shoal”)

Constitui o leito do funil estuarino e apresenta-se parcialmente exposto durante a maré baixa. São extensos depósitos que margeam as unidades de planície de maré lamosa, paleoduna, praia flecha-barreira, falésias do Planalto Costeiro, integrando a zona de intermaré e inframaré.

Na zona de intermaré, encontram-se, por vezes, isolados entre a unidade planície de maré lamosa, atingindo cerca de 240m de largura e 1.500m de extensão, associados à áreas protegidas (Figura 6.13).

Na zona de inframaré, SANTOS (1996) identificou algumas feições tais como: **cristas de correntes de maré** alongadas segundo a direção das correntes de maré e superpostas por “**megaripples**” que se posicionam perpendiculares às cristas.



Figura 6.12 - A ação erosiva das correntes de maré sobre os manguezais que bordejam o Furo da Mocooca, provocam o tombamento de espécies de grande porte.



Figura 6.13 - (A) Vista aérea da Unidade Planície de Maré Arenosa disposta linearmente à linha de costa, em contato interno com espécies arbóreas da Unidade de Planície de Maré Lamosa (Manguezais) e externo com espécies jovens desta Unidade. (B) Em detalhe, vista frontal onde a planície arenosa encontra-se parcialmente recoberta pela maré alta.

6.2.2.6. Praia Flecha-Barreira (“Recurved Spit”)

Esta unidade encontra-se limitada internamente por Planície de Maré Lamosa, Dunas Costeiras Atuais, Paleodunas, Planície de Cristas de Praia e, externamente, pela Planície de Maré Arenosa, a qual margeia esta unidade (Figura 6.14).



Figura 6.14 - Imagem de satélite onde se destaca terminação recurvada da unidade Praia Flecha-Barreira.

Similar ao que ocorre na Planície Costeira de Salinópolis (SILVA, 1996), as praias flechas-barreiras de Algodal e Crispim, encontram-se na área de maior energia do litoral, limitando-se pela baixa-mar e maré de sizígia. Representam cordões alongados, com direção E-W e NW-SE, com terminação recurvada, estando limitada, na Ilha de Maiandeua, pelo córrego de maré “Rio das Pedras” e canal de maré de Marapanim.

Essas feições funcionam como barreira, gerando zonas protegidas, propícias para o desenvolvimento de planícies de maré (lamosa e arenosa), as quais estão sendo recobertas por

essa unidade. Associado a esta, identificou-se três zonas (pós-praia, estirâncio e ante-praia) de acordo com a sua posição em relação ao nível atual do mar (Figura 6.15).

6.2.2.6.1. Pós-Praia (“back shore”)

Representa a zona superior, acima do nível médio de alcance das marés e ondas, e exposta a maior parte do tempo à ação dos ventos. Limita-se em direção ao continente pela base das dunas costeiras atuais e planície de maré lamosa (manguezais). Segundo SANTOS (1996) no berma encontram-se dunas embrionárias de até 1m de altura, gradando em direção ao continente para uma área plana com vegetação arbustiva (Figura 6.15A).

6.2.2.6.2. Ante-Praia (“fore shore”)

Constitui a porção levemente inclinada, limitada pelo nível superior de maré alta que alcança o berma e o nível de baixa mar, caracterizando uma zona de grande energia onde atuam as marés, ondas e correntes. Na baixa-mar, é observado o sistema de cristas e calhas (“ridges” e “runnels”), onde as cristas apresentam formas tabulares e as calhas encontram-se situadas nos flancos das cristas, voltados para o continente, por onde as águas correm durante a maré vazante (Figura 6.15B). Nesta zona foram observadas estruturas superficiais, tais como marcas de escoamento bifurcadas (“rill marks”) e marcas onduladas, que são produtos de escoamento de lâminas de água que fluem sobre o sedimento durante a maré vazante.

6.2.2.6.3. Face Praial (“shore face”)

Representa a porção submersa, limitada pelo nível de maré baixa e pela linha de base das ondas. Correspondem à extensas barras arenosas, com aproximadamente 2km de extensão (Figura 6.15C).



A

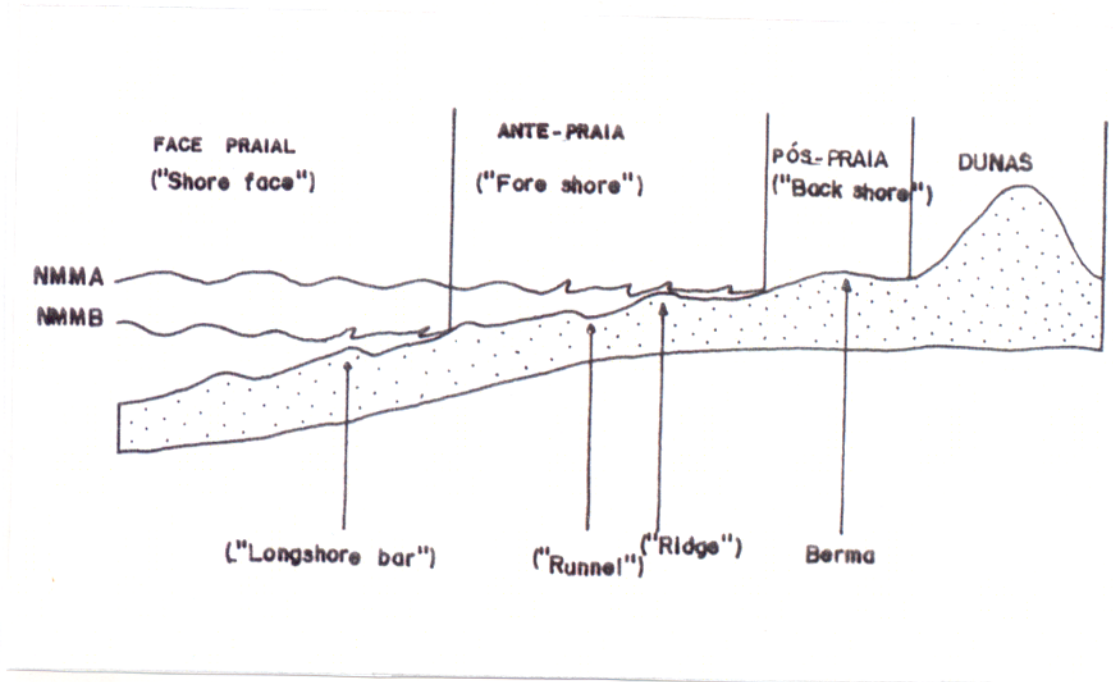


Figura 6.15 - Perfil da Praia da Princesa (Ilha de Maiandeu), onde se observa em: A - praia, dunas embrionárias dispostas no berma; B - Ante-praia, sistema de cristas e calhas, de marcas de escoamento bifurcadas e marcas onduladas e C - Face praial, correspondendo a amplas barras arenosas.



B



C

Pós-
além
de a

... (mirrored text from the reverse side of the page)

6.2.2.7. Lago

É um corpo hídrico mantido, principalmente, por águas provenientes das chuvas e do lençol freático. Encontra-se associado às unidades de Paleoduna, Duna Costeira Atual, Planície de Cristas de Praia, Planície de Maré Lamosa e Planalto Costeiro. Esses lagos apresentam uma profundidade média de 10m. Na estação seca, ocorre uma diminuição do nível d'água, porém, os lagos não secam totalmente.

6.2.2.8. Paleo Córrego de Maré

Constitui antigo córrego de maré que, atualmente, encontra-se colmatado e vegetado por espécies das Famílias **Cyperaceae**, **Gramineae**, **Pteridaceae**, entre outros. Está geralmente associado à pântanos salinos e encontra-se margeado por planície de maré lamosa e o planalto costeiro.

6.2.3. Planície Estuarina

É limitada a norte pela Planície Costeira, onde os processos marinhos são dominantes, e a sul, pela Planície Aluvial, no limite superior da maré salina. Encontra-se margeada pelo Planalto Costeiro na sua porção proximal, ocupa uma área superficial de 180km² e está dividida em três unidades morfológicas: Canal Estuarino, Canal de Maré e Planície de Inundação (Figura 6.16).

6.2.3.1. Canal Estuarino

A morfologia desta unidade varia, da porção distal para a proximal, refletindo a influência das marés dinâmica e salina ao longo do canal estuarino. O estuário do Rio Marapanim foi compartimentado em quatro padrões morfológicos, similares àqueles propostos por WOODROFFE et al. (1986; 1989) para o Rio Alligator na Austrália (Figura 6.17).

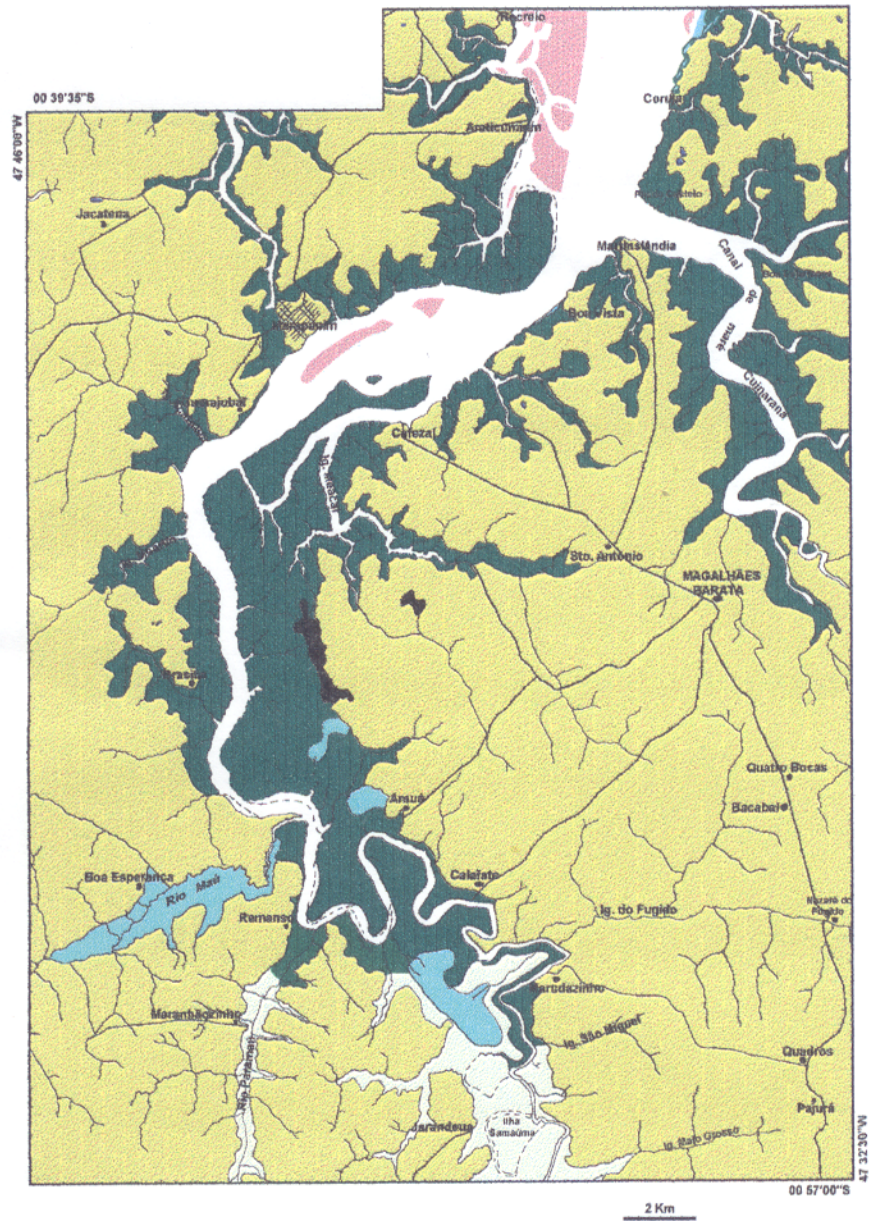








Figura 6.16 – Unidades Morfológicas da Planície Estuarina.

LEGENDA

-  Planície de Inundação
-  Barra Arenosa de Maré
-  Pântano Salino
-  Pântano da Água Doce
-  Planície de Maré Lamosa
-  Planalto Costeiro

CONVENÇÃO

-  Cidades
-  Estradas

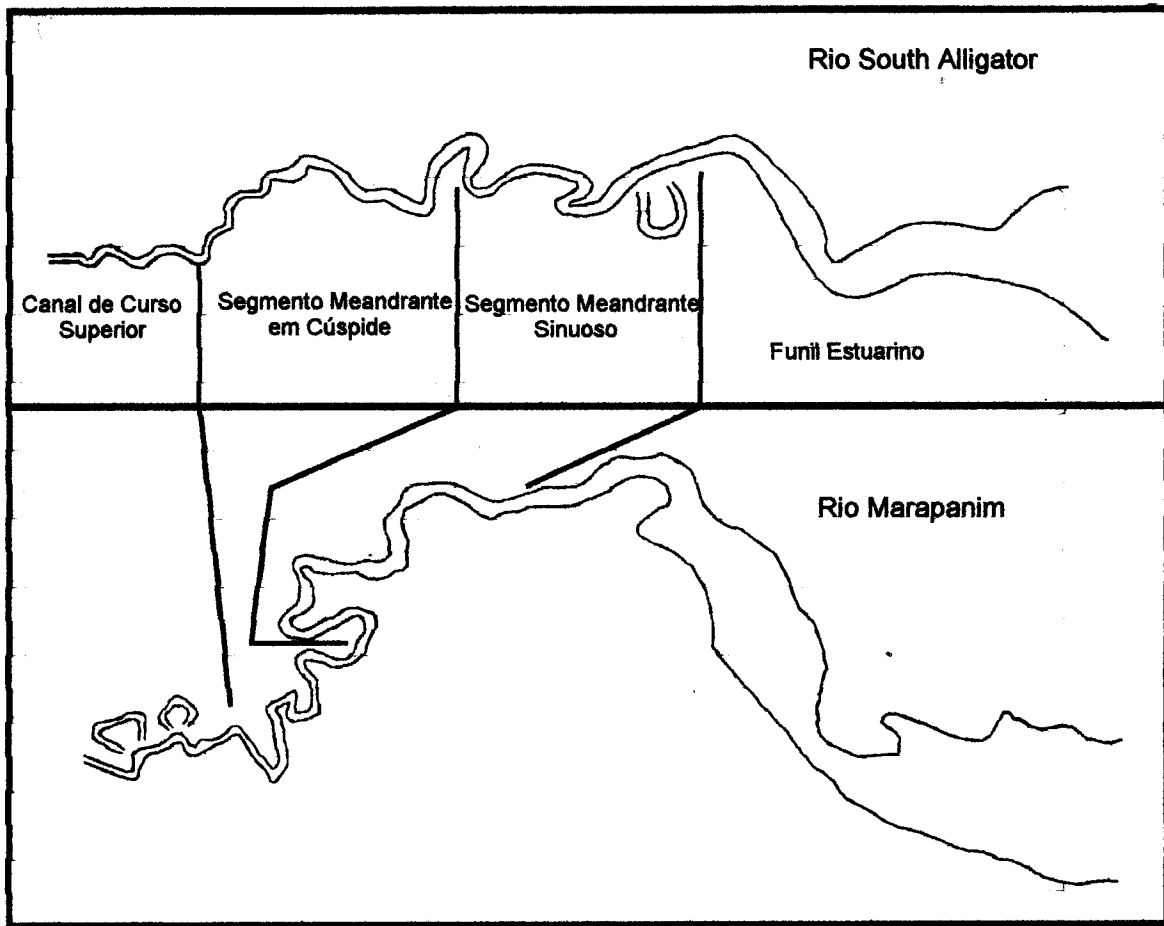


Figura 6.17 - Quadro comparativo entre a compartimentação morfológica adotada para o Rio South Alligator - Austrália (WOODROFFE et al., 1986) e adequada para o estuário do Rio Marapanim.

6.2.3.1.1. Funil Estuarino

Corresponde à zona mais distal do estuário, ou seja, sua foz, caracterizada por uma ampla abertura (8km de largura) em direção ao Oceano Atlântico, afinando-se (3km) em direção ao continente, onde observa-se curva típica com configuração em “dog-leg”, a aproximadamente 15km da foz. Nesse setor, a profundidade varia de 6m, (em frente à Marudá) e 9m (em frente à Marapanim) e salinidade de 35‰ (em frente à Marudá) e 24‰ (em frente à Marapanim), na estação seca (Figura 6.18). Associada a esta morfologia ocorrem depósitos de planície de maré lamosa e barra de maré (arenosa e lamosa).

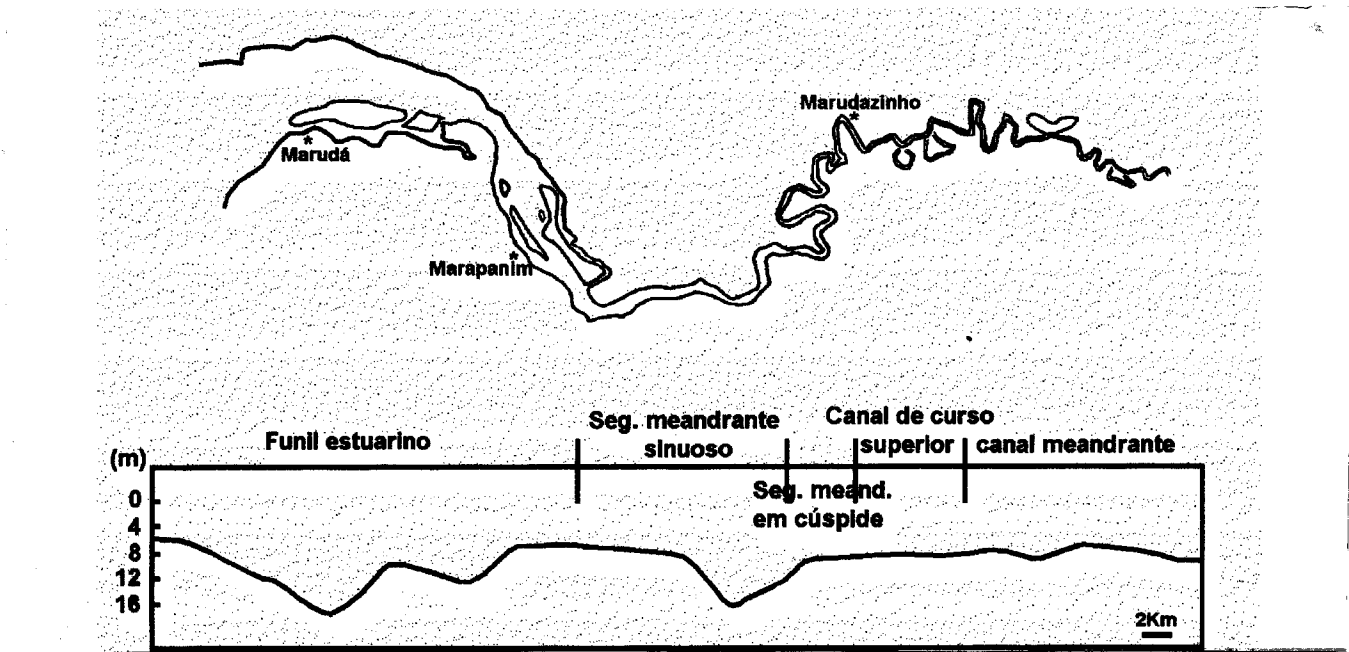


Figura 6.18 - Variação da profundidade do canal estuarino ao longo dos diferentes padrões morfológicos.

a) Planície de Maré Lamosa

Ocorre margeando o funil estuarino e córregos de maré que recortam a planície estuarina. São limitados, internamente, pelo Planalto Costeiro e externamente, por barras de maré arenosas. As espécies identificadas foram a *Laguncularia racemosa* e a *Rhizophora mangle*, que encontram-se neste setor por serem mais resistentes a maiores variações dos teores de salinidade tais como os encontrados neste setor; *Avicennia germinans*, ocorre em setores mais interno do funil estuarino ou em zonas de erosão, onde, provavelmente, as duas espécies anteriormente mencionadas já foram destruídas.

b) Barra Arenosa de Maré

Constitui corpos longitudinais, alongados segundo o fluxo da maré, atingindo, no máximo, 6km de comprimento e 1km de largura. Apresenta uma seqüência heterogênea, areno-argilosa, na base, gradando em direção ao topo para sedimentos arenosos (Recreio) e argilosos, em direção ao interior do funil estuarino (Marapanim); evidenciando uma diminuição na energia das correntes de maré, em direção ao interior do estuário. Essas barras, não são vegetadas e encontram-se emersas na maré vazante. Encontram-se no lado esquerdo do canal estuarino, estando limitadas pelo canal de maré de enchente, o qual não tem energia suficiente para distribuir a grande carga de sedimentos dispostas em sua margem, enquanto que, no lado direito do estuário, encontra-se o canal de maré vazante que, associado às correntes fluviais, não permite o crescimento dessas barras (Figura 6.19).

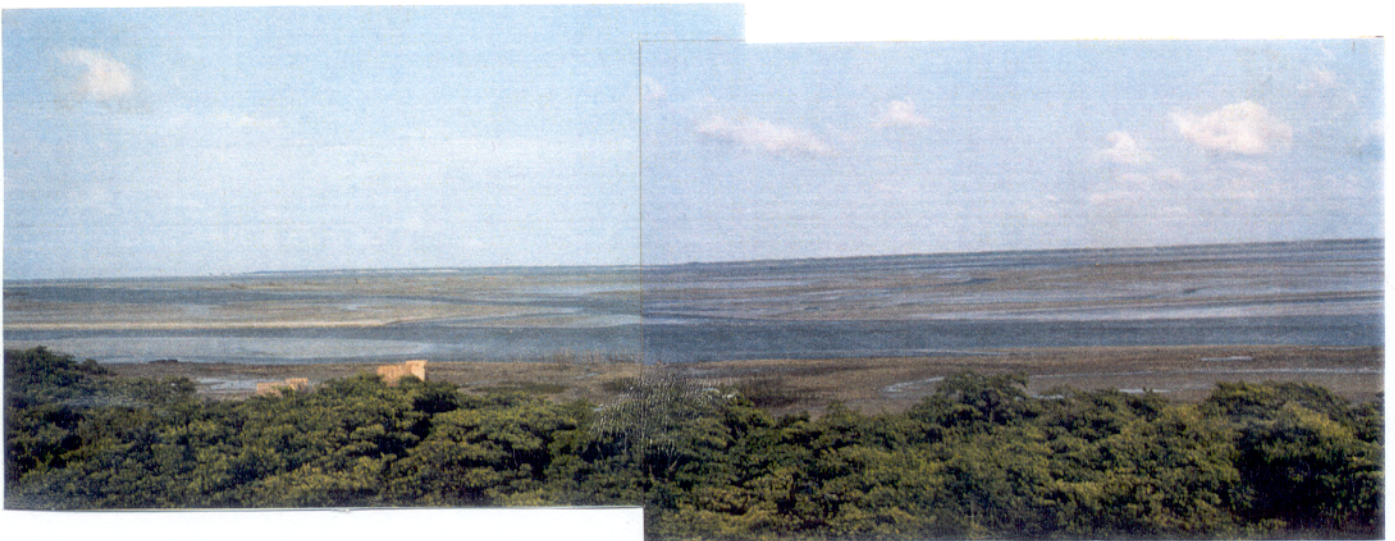


Figura 6.19 - Vista da Barra arenosa de maré, emersa na maré vazante (em frente a Marudá) .

c) Barra Lamosa de Maré (Ilhas de Manguezais)

Esta unidade é observada na parte mais interna do funil estuarino, formando ilhas (Ilha dos Bombeiros) (Figura 6.20). Está associada à curva em “dog-leg”, localizada no lado oposto a entrada do canal de maré de Cuiarana e em frente a localidade de Cafezal. São constituídas por seqüências arenosas, na base e lamosas, no topo. São tipicamente vegetadas e mostram uma zonação de espécies vegetais, onde na parte mais interna e topograficamente mais alta ocorre a predominância de *Avicennia*, gradando para *Ryzophora* em direção a parte mais externa e, conseqüentemente, mais baixa topograficamente; por vezes, na parte mais frontal, instalam-se *Spartina* considerada a precursora do manguezal, evidenciando nitidamente o caráter progradacional.



Figura 6.20 - Parte frontal da barra de maré vegetada por *Avicennia* (parte interna) e *Ryzophora* (parte externa) (Ilha dos Bombeiros).

6.2.3.1.2. Segmento Meandrante Sinuoso

Corresponde ao setor estuarino onde ocorrem meandros com sinuosidade regular, formando curvas amplas, com diâmetro em torno de 2km. Nesse setor, a profundidade média é de 7m e, em suas margens, por vezes, afloram terraços do Planalto Costeiro (Formação

Barreiras). Os depósitos relacionados a este segmento são, principalmente, de planície de maré lamosa, barra em pontal e dique marginal.

a) Planície de Maré Lamosa

Ocupam uma área menor, se comparado, àquela do funil estuarino, tem como espécie predominante a *Avicennia* de porte arbóreo. São cortadas por dois cursos fluviais secundários que apresentam forma reta e desaguam na planície estuarina.

b) Barra em Pontal Lamosa

Encontram-se, principalmente, na parte côncava dos meandros, onde apresentam acreção semicircular e atingem cerca de 1km de diâmetro. Limitam-se, na parte interna, pela planície de maré lamosa. São predominantemente lamosas e não vegetadas, apresentam mergulho suave em direção ao canal estuarino e são cortadas por pequenos canais radiais (Figura 6.21).

c) Dique Marginal (“Levee”)

São áreas elevadas, lineares que encontram-se na margem do canal meandrante sinuoso e em cúspide, atingindo cerca de 80 cm acima dos depósitos de planície de maré lamosa que encontram-se em área mais baixa, margeando esses depósitos. São vegetados pela espécie *Aturia* (Figura 6.22A).

6.2.3.1.3. Segmento Meandrante em Cúspide

Os meandros, neste setor, apresentam formas angulosas na sua parte interna, são irregulares, com curvas menores (aproximadamente 800m de diâmetro), se comparadas às do segmento sinuoso. Neste setor, a profundidade atinge cerca de 15m, a salinidade varia de 8‰ (no verão) a 0‰ (no inverno). As barras em pontal são discretas e/ou ausentes; a planície de maré lamosa apresenta características similares àquelas do segmento sinuoso e os diques marginais apresentam-se vegetados por *Aningas* (Figura 6.22B).



Figura 6.21 - Barra lamosa em pontal (parcialmente coberta na maré de enchente), margeando bosque de *Avicennias* (próximo à Marudazinho).



A



Figura 6.22 - Dique marginal, em primeiro plano e manguezais vegetados por *Avicennias* de porte arbóreo, ao fundo. A- vegetado por *Aturia* (segmento meandrante sinuoso) e B - por *Aninga* (segmento meandrante em cúspide).

Figura 1 - Vista da paisagem com o rio e a vegetação ciliar na margem de encheimento, mostrando a presença de espécies de árvores e arbustos.



Figura 2 - Vista da paisagem com o rio e a vegetação ciliar na margem de encheimento, mostrando a presença de espécies de árvores e arbustos. A - por

6.2.3.1.4. Canal de Curso Superior

Corresponde ao segmento mais proximal do canal estuarino, apresenta forma retilínea, com curvas localizadas onde desenvolvem-se formas de meandros abandonados (“Cutoff”) (Figura 6.23). Neste trecho, atinge cerca de 7m de profundidade, a salinidade varia de (verão) e (inverno), a influência das correntes fluviais são dominantes em relação às correntes de maré. São observados diques marginais vegetados por aningas, ou ainda, franja de vegetação secundária.

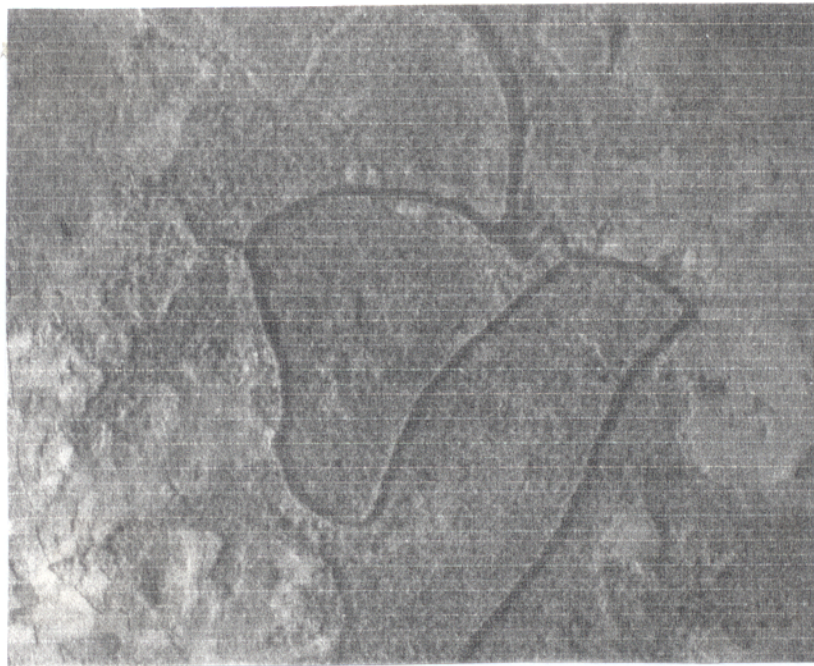


Figura 6.23 - Meandro abandonado (“cutoff”) formando ilha vegetada por vegetação secundária (fotografia aérea).

6.2.3.2. Canais de Maré (“Tidal Creek”)

Constituem canais secundários, influenciados pela maré. Apresentam-se cortando planícies de maré lamosas e são responsáveis pelo fornecimento de sedimentos e oxigenação à essas áreas.

São observados ao longo das planícies Costeira e Estuarina, apresentam formas sinuosas bifurcadas, rasos, chegando a atingir no máximo 5km de comprimento e 800m de largura. O

fundo é predominantemente arenoso, quando localizado na parte mais externa da planície estuarina, tornando-se lamoso em direção a parte interna desta. Os principais córregos são os de Araticum, Marudá, Seco e Velho. Ao longo destes, observam-se barras de canal e terraços lamosos, onde se instalam vegetação típica de manguezais.

6.2.3.3. Planície de Inundação

É a área inundada pelos canais de maré e cursos fluviais. Estão limitadas na parte interna, pelo Planalto Costeiro e, na parte externa, pela planície de maré lamosa. Associada à essas áreas encontram-se pântanos salinos e de água doce.

6.2.3.3.1. Pântano Salino

Similar aos pântanos descritos na planície costeira, porém, neste setor, apresentam-se mais amplos, chegando a atingir 1km².

Localizados às proximidades das localidades de Cajuá, Paraíso, e Araquaim, quase sempre adjacente ao Planalto Costeiro e associados à canais colmatados. Encontram-se vegetados pelas espécies *Eleocharis caribae* Blake, *Fimbristilis spadicea* Vahl, *Acrostichum aureum* L., *Sesuvium portulacastrum* L., entre outras (Figura 6.24).

6.2.3.3.2. Pântano de Água Doce (“Fresh Water Marsh”)

Justifica-se a utilização do termo “freshwater marsh” ao invés de “swamp”, apesar de ambos encontrarem-se em ambiente saturado, por este último estar associado à vegetação arbórea, enquanto que o primeiro, estaria associado exclusivamente à vegetação de pequeno porte (gramíneas, juncos, ervas), tal como é observado nesta planície.

Estão associados à planície de inundação influenciada por cursos fluviais que desaguam nos setores sinuoso e cúspide do canal meandrante (rios Maú e Paramaú), os quais encontram-se localmente colmatados, represando parte do fluxo aquoso. Apresenta espécies das Famílias **Juncaceae** e **Cyperaceae**. Encontram-se inundados, nos meses Dezembro a Maio (estação chuvosa), devido à grande quantidade de chuva e ao transbordamento do canal; nos meses de Junho a Dezembro (estação seca) tornam-se típicos campos naturais (Figura 6.25).

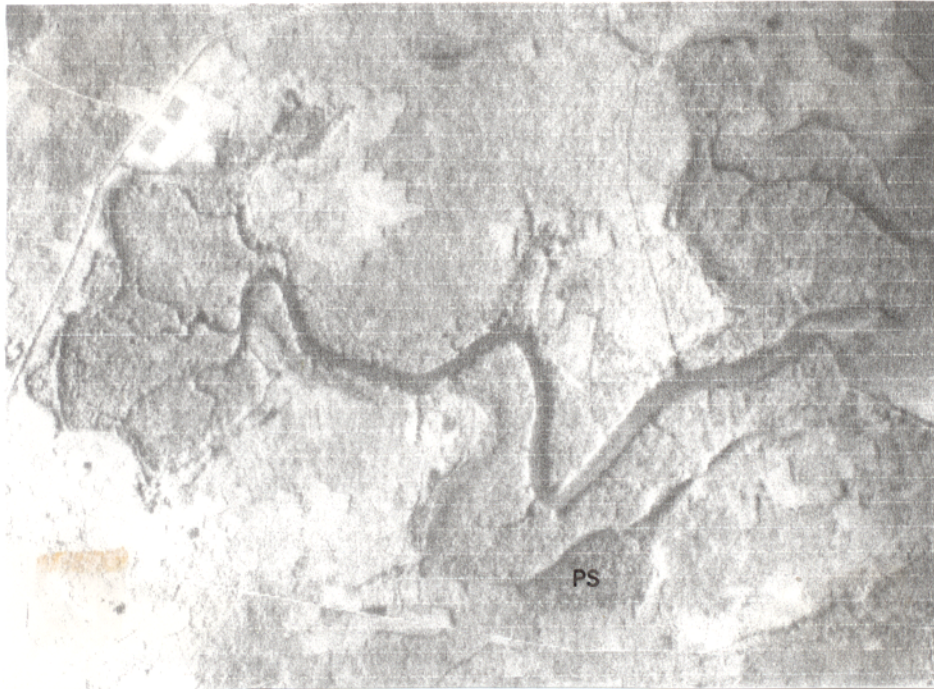


Figura 6.24 - Fotografia aérea destacando pântano salino associado a antigos canais de maré.



Figura 6.25 - Em primeiro plano, Pântano de água doce, na estação seca, localizado na margem do Rio Paramaú (Boa Esperança). Ao fundo, contato com o Planalto Costeiro, evidenciado pela vegetação de capoeira.

6.2.4. Planície Aluvial

É uma área periodicamente inundada pelas águas provenientes do transbordamento do canal meandrante. Esta zona é drenada pelo Rio Marapanim, o qual está instalado nos sedimentos areno-argilosos da Formação Barreiras. Encontra-se limitada pela Planície Estuarina, limite da maré salina, atingindo uma área de 40Km².

Dentro do sistema fluvial de curso meandrante, diversas feições características foram reconhecidas: Canal Meandrante, Depósitos de Canal, Depósitos de Margem de Canal e Depósitos de Preenchimento de Canal (Figura 6.26).

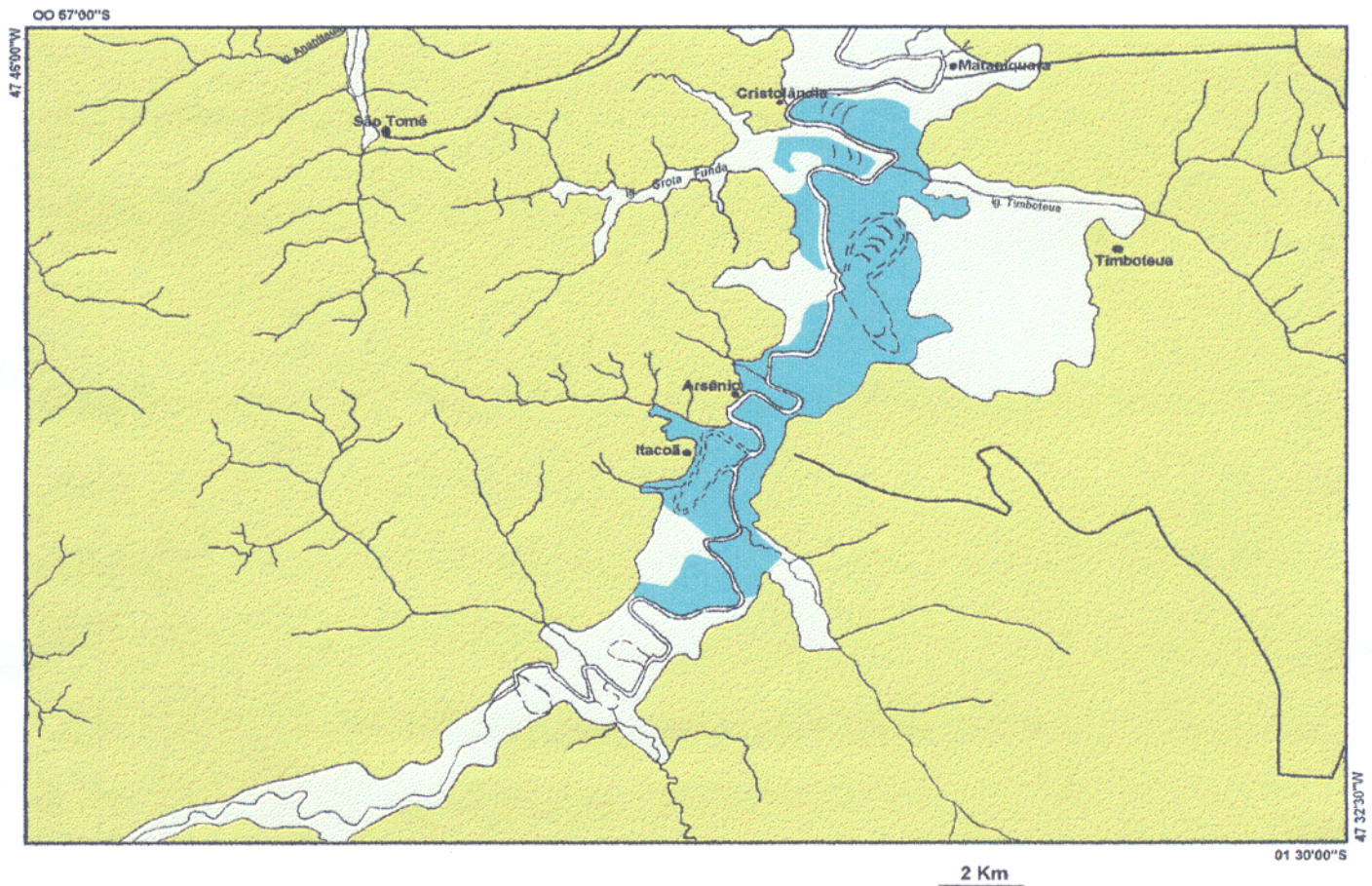


Figura 6.26 – Unidades Morfológicas da planície aluvial (Setor Sul).

O sistema de drenagem do Estado de Mato Grosso do Sul é formado por diversas unidades de planejamento do território, sendo as principais: o Pântano de Água Doce, a Planície de Inundação e o Planalto Costeiro. A Planície de Inundação é a unidade de planejamento do território que apresenta as maiores áreas de inundação, sendo formada por áreas de várzea e áreas de várzea seca. O Pântano de Água Doce é a unidade de planejamento do território que apresenta as maiores áreas de água doce, sendo formada por áreas de várzea e áreas de várzea seca. O Planalto Costeiro é a unidade de planejamento do território que apresenta as maiores áreas de planície, sendo formada por áreas de várzea e áreas de várzea seca.

LEGENDA

CONVENÇÃO



- Pântano de Água Doce
- Planície de Inundação
- Planalto Costeiro

- Cidades
- Estradas

6.2.4.1. Canal Meandrante

Apresenta forma sinuosa, devido a processos de escavação da margem côncava, ponto de maior velocidade da corrente e de deposição na margem convexa, ponto de menor velocidade. O canal atinge largura máxima de 60m, profundidade máxima de 16m, padrão morfológico retilíneo, segundo as direções E-W, N-S, NW-SE e NE-SW; a esse último está associado margens íngremes, onde se observa barrancos de sedimentos da Formação Barreiras, os quais atingem cerca de 10m de altura. São comuns, ainda, formas anômalas em arco e cotovelo. Seus principais afluentes são os igarapés Mato Grosso, Grôta Funda e Timboteua, os quais apresentam formas retilíneas a sinuosas.

6.2.4.1.1. Meandros Abandonados

São formas associadas a um antigo curso de rio que não mais possui ligação direta com o curso atual. Resultam da evolução dos meandros que cortam o pendúculo através do solapamento basal na margem côncava (Figura 6.27).

A migração contínua do canal deixam cicatrizes que mostram o modo como o canal foi abandonado. Na área, observou-se os **“Chute Cutoff”** que ocorrem devido ao desenvolvimento de um novo canal deixando parte da curva do meandro abandonada. Porém, o mais comum nesta planície são os **“Neck Cutoff”**, que se constitui no abandono do meandro inteiro. Associado a esses encontram-se algumas feições como: a) **Colo de Meandro** que representa o pendúculo que separa os dois braços de um meandro, o qual sofre a ação erosiva pelos dois lados, tendendo a ser cortado; b) **Banco de Solapamento** que corresponde à margem côncava e abrupta do rio, onde ocorre a erosão por solapamento basal, conservando a verticalidade das margens; c) **“Scroll Bars”** e **“Swales”** que correspondem a cristas e depressões lineares, respectivamente, estas feições se alteram, com configuração semi-circular, observada na parte interna do meandro, formando uma superfície ondulada. Essas feições representam a migração de barras em pontal, tendo como consequência a acreção da margem e, conseqüentemente, a colmatação do canal; é comum a instalação de lagos (**“oxbow lakes”**) nessas depressões (Figura 6.27).

6.2.4.2. Depósitos de Canal (“Channel Deposits”)

O sistema meandrante acumula geralmente dois tipos distintos de depósitos: os depósitos de fundo de canal e os depósitos de barra em pontal. Contudo, este último não foi observado nessa planície.

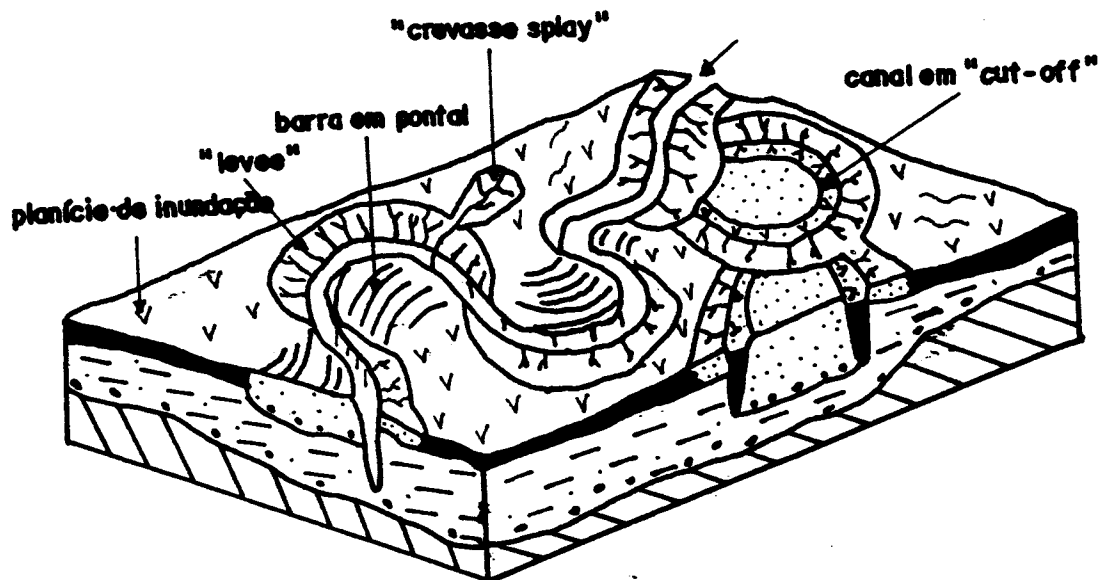


Figura 6.27 - Observar bloco diagrama, onde apresenta os principais ambientes deposicionais do sistema fluvial meandrante (Modificado de Allen, 1970).

6.2.4.2.1. Depósitos de Fundo de Canal (“Channel Lag Deposits”)

São depósitos de calha de canal, constituído de material arenoso com granulometria variando de média a grossa.

6.2.4.3. Depósitos de Margem de Canal (“Overbank Deposits”)

No período de alta descarga (inverno) ocorre o transbordamento do canal, propiciando a deposição de sedimentos em suas margens. Foram identificadas as seguintes sub-unidades: Diques Marginas, Depósitos de Recobrimento e Planície de Inundação.

6.2.4.3.1. Dique Marginal (“Natural Levee”)

Constituem saliências lineares, bordejando os canais fluviais, que atingem uma largura de 3m, depositados a 70cm acima da Planície de Inundação. São bem desenvolvidos sobre os lados côncavo do canal, ao passo que no lado convexo são discretos ou, até mesmo ausentes.

Esta sub-unidade funciona como barreira, sendo rompida nos períodos de cheias, quando ocorrem o transbordamento das margens inundando a planície de inundação, que encontra-se topograficamente mais baixa.

A deposição nos diques ocorre quando a corrente fluvial, ao transpor as margens, é freada, abandonando parte de sua carga permitindo a edificação do dique marginal. Segundo DAVIS JR. (1983), a altura máxima do dique é indicativo do nível mais alto alcançado pelas água durante as enchentes e sua espessura varia de acordo com a intensidade do fluxo da corrente fluvial.

6.2.4.3.2. Depósito de Recobrimento (“Crevasse-Splay Deposits”)

É o rompimento, localizado, dos diques por correntes mais fortes, permitindo que, as águas carregadas de sedimentos que estavam sendo transportados pela corrente, somadas aos provenientes da erosão do dique marginal, sejam depositados desde o dique em direção a planície de inundação na forma de leque, ou seja, espalhado. É comum ocorrer nas margens côncavas dos meandros.

6.2.4.3.3. Planície de Inundação

Corresponde à área mais baixa da planície aluvial funcionando como uma bacia plana, pobremente drenada, localizada nas adjacências dos meandros ativos e abandonados. Essas bacias atuam como áreas de decantação, onde os sedimentos mais finos são depositados nos períodos de cheia. Encontram-se associados a esta, pântanos de água doce e lagoas.

a) Pântanos de Água Doce (“Freshwater Marsh”)

Abrange uma área extensa atingindo cerca de 700m de largura, principalmente na margem direita do canal. Encontra-se limitada internamente pelo Planalto Costeiro e externamente por diques marginais ou mesmo pelo canal meandrante (Figura 6.28).

São áreas abastecidas pelas águas doces provenientes do rio e das chuvas, na estação de inverno. Estas áreas são vegetadas por espécies das Famílias **Juncaceae**, **Cyperaceae**, entre outras. No verão, ocorre a exposição destas áreas, desenvolvendo gretas de contração.

b) Lagoa (“Pond”)

São pequenos acúmulos de água de baixa profundidade, os quais são mantidos somente pelas águas das chuvas, margeadas por pântanos, confundindo-se a estes nos períodos secos.

6.2.4.4. Depósitos de Preenchimento de Canal (“Channel-Fill Deposits”)

ALLEN (1965) designa estes depósitos como uma combinação de depósitos de margem e de canal. Uma vez que, o estrangulamento de um meandro ocorre com a deposição gradativa do material do leito do rio na forma de barras em pontal e devido a baixa energia que passam a ter, pois o fluxo principal já percorre outro canal.



Figura 6.28 - Pântano de água doce, localmente denominado de “campos”, com vegetação típica destas áreas - período chuvoso (Arsênio - setor sul). Observar ao fundo, vegetação secundária sobre o planalto costeiro.

6.3. CONCLUSÕES

Os manguezais observados no estuário do Rio Marapanim são tipicamente de intermaré, ao contrário do que ocorre à leste, mais precisamente em Bragança, onde SOUZA FILHO (1995), também, identificou manguezais de supramaré. Os manguezais encontrados na planície costeira, desenvolvem feições retrogradacionais por encontrarem-se sujeitos a ação das correntes de maré, enquanto que os encontrados na parte mais interna progradam através de frentes acrescionárias, sendo inicialmente colonizadas por espécies de *Spartina* e posteriormente por mangue.

Os sedimentos lamosos são depositados no estofo da maré, quando da diminuição da velocidade das correntes e, também, com o auxílio da *Spartina*, vegetação hidromórfica, que instala-se inicialmente, propiciando microambientes mais salinos, onde ocorrem o processo de floculação de sedimentos argilosos e posterior instalação de espécies como *Ryzophora* e *Laguncularia* (SOUZA FILHO & EL-ROBRINI, em impressão).

Os pântanos foram classificados em salinos e de água doce com base no tipo de vegetação encontrado, pois estes refletem as condições de salinidade. Os pântanos salinos internos estão associados a córregos de maré mais antigos ou, mesmo, a córregos parcialmente colmatados na sua parte mais interna. Os pântanos externos recebem influência diária das marés e encontram-se margeados por córregos ativos. Os pântanos de água doce, foram observados a partir do setor meandrante em cuspide, associados a cursos fluviais secundários que desaguam neste setor. A sedimentação nos pântanos salinos provém de sedimentos provenientes da planície de maré que são trazidos por córregos de maré. Enquanto, nos pântanos de água doce a contribuição é dos cursos fluviais que durante as cheias, transbordam suas margens depositando parte de sua carga em suspensão (sedimentos finos) que decanta nestas áreas baixas.

SANTOS (1996) com base nos aspectos morfológicos, denominou como “cheniers”, os corpos arenosos isolados pela planície de maré lamosa. Os depósitos de “cheniers”, segundo Anthony apud SOUZA FILHO & EL-ROBRINI (em impressão), estão associados à feições sazonais que marcam períodos erosionais, que interrompem a progradação lamosa da linha de costa e causam uma variação episódica no suprimento sedimentar, ou seja, é um termo aplicado à cristas de areia de origem plataformal, que foram depositadas em um evento associado ao aumento de energia no ambiente litorâneo, reforçando a ação das ondas e correntes de maré, que removem os sedimentos pelíticos e depositam areias. Essas encontram-se sobrepostas a

depósitos lamosos de planície de maré ou pântanos, mas encontrando-se atualmente isolados da linha de costa por uma progradação lamosa recente. A seqüência típica deste tipo de depósito seria constituída, na parte superior, por depósitos de dunas, com areias finas a muito finas, bem selecionadas, com estratificação cruzada, seguidos de areia fina com conchas e feições de bioturbação, com estratificação horizontal passando a inclinada, característico de leque de lavagem, na base geralmente depósitos típicos de pântanos ou mangues, constituindo um pacote lamoso com topo marcado por feição de bioturbação preenchidas por areias finas. No entanto, através do testemunho coletado neste depósito (MVC-14), observou-se uma seqüência areno-argilosa no topo passando a arenosa na base, sem estruturação aparente, ou seja, ligada a um processo cíclico que ocorre na planície de maré com períodos de deposição de sedimentos lamosos e arenosos.

Segundo SANTOS (1996) a gênese da planície de cristas de praia seria o resultado da acreção costeira, através da migração de barras longitudinais sob condições de fraca influência de ondas e grande influxo sedimentar.

O termo praia de enseada ou “pochet beach”, utilizado por SANTOS (op. cit), não pode ser considerado apropriado para o funil estuarino, por encontrar-se em áreas protegidas da ação de ondas, com contato interno, lateral, e , por vezes, margeado, pela planície de maré lamosa, não formando um perfil de praia e sim um perfil com granodecrescência ascendente, típico de planície de maré.

Justifica-se a utilização de unidades morfológicas de lago e lagoa, pelo fato dos lagos terem como principal fonte de abastecimento o lençol freático, ou seja, não secam totalmente na estação seca. As lagoas são mantidas pelas águas das chuvas e, no período entre Junho - Dezembro, tornam-se secas, propiciando a instalação de vegetação de pântanos.

As praias flechas-barreiras desenvolvem-se a partir do crescimento e progradação lateral das barras arenosas observadas ao longo da linha de costa.

As areias das barras arenosas de maré, encontradas na foz do estuário tem sua proveniência ligada, segundo FARIA JR., et al. (1987) e EL-ROBRINI et al. (1992), ao retrabalhamento de antigos depósitos de origem fluvial na foz de paleo-canais submersos, na plataforma interna adjacente à foz atual.

7. ESTRATIGRAFIA

7.1. INTRODUÇÃO

O estudo da sequência sedimentar holocênica do estuário do Rio Marapanim aplicou o conceito de unidade morfoestratigráfica e fácies estratigráfico adotados por WOODROFFE et al. (1986, 1989) para o estuário do Rio Alligator (Austrália) e recentemente utilizados por SOUZA FILHO (1995), SILVA (1996) e SANTOS (1996) para setores (Planície Costeira de Bragança, Salinópolis e Algodual/Marudá) da costa nordeste do Estado do Pará.

O conceito de unidade morfoestratigráfica é aplicado à depósitos que podem ser definidos pela sua estratigrafia subsuperficial associada às suas características sedimentológicas, bem como pela sua geometria superficial. O conceito estratigráfico é apropriado para o estudo de depósitos sedimentares subsuperficiais através de análise sedimentológica (composição, textura, cor, etc...) que propicia a análise faciológica dos depósitos e possíveis interpretações à respeito de seu ambiente deposicional.

Nas planícies costeiras, estuarina e aluvial, foram definidas 14 unidades morfoestratigráficas e 6 fácies estratigráficas, a partir da interpretação de testemunhos obtidos através de testemunhagem à vibração (Figura 7.1). As unidades morfoestratigráficas foram descritas a partir da planície aluvial em direção à planície costeira, bem como, as fácies estratigráficas foram descritos da base para o topo.

As figuras 7.2 e 7.3 mostram de forma resumida as principais características das unidades morfoestratigráficas e das fácies estratigráficas, respectivamente.

Destaca-se que a estratigrafia da Planície Costeira de Algodual e Marudá, estudada por SANTOS (1996), será citada e discutida neste capítulo visando um melhor entendimento à respeito da evolução deste estuário.

| Unidades Morfo-Estratigráficas | Espessura (m) | Características dos Sedimentos | Morfologia | Vegetação |
|-------------------------------------|---------------|--|--|---|
| Planície de Inundação | > 1 | Lama oxidada, cinza claro a cinza oliva claro, com restos de raízes e matéria orgânica | Área planas, baixas, limitadas por dique marginal e pelo planalto costeiro | Cyperaceae |
| Dique Marginal | ~ 0,70 | Areia fina a muito fina, preto oliva a cinza amarronzado, com matéria orgânica | Áreas elevadas, lineares, às margens do canal meandrante | <i>Atuaria e Aninga</i> |
| Meandro Abandonado | 5,50 | Lama cinza esverdeada escura, com matéria orgânica, fragmentos de vegetais e bioturbações | Áreas alagadas associadas a evolução de meandros | Cyperaceae |
| Pântano de Água Doce | de 1 a 5 | Lama cinza claro médio a cinza médio escuro, com restos de vegetais, lentes de matéria orgânica | Planície de inundação de cursos fluviais ou associado a depressões de meandros abandonados | Cyperaceae, Gentianaceae e Lycopodiaceae |
| Planície de Maré Lamosa | de 3 a 5 | Lama cinza oliva, com fragmentos de vegetais, concentração de matéria orgânica ("coffee ground") | Planície de intermaré | Ryzophora mangle, Laguncularia racemosa, Avicennia germinans e Spartina sp. |
| Barra de Maré Arenosa | 2,50 | Areia fina, cinza roseada a cinza escura, com acamamento "flaser", "wavy", carapaça de pelecípoda e bioturbação | Barras longitudinais desenvolvidas no funil estuarino e na foz de córregos de maré | |
| Barra de Maré Lamosa (Vegetada) | 4,70 | Lama cinza oliva, oxidada, com restos de vegetais, matéria orgânica e acamamento "flaser" | São ilhas desenvolvidas a partir de barras lamosas encontradas na parte interna do funil estuarino | Ryzophora mangle, Laguncularia racemosa, Avicennia germinans e Spartina sp. |
| Barra em Pontal Lamosa | >3 | Lama cinza escura médio, com fragmentos de vegetais, concentrações de matéria orgânica, acamamento "insen", "wavy" e estratificação heterolítica. | Forma semicircular desenvolvida na parte côncava dos meandros (segmento meandrante sinuoso) | |
| Planície de Crista de Praia Interna | >2,70 | -Areia fina, laranja acinzentado, com acamamento "wavy" e laminações plano-paralelas | Planícies com cristas praias | Espécies arbustiva de pequeno porte e herbáceas. |
| Planície de Crista de Praia Externa | >1,70 | - Areia fina, cinza rosado e cinza muito claro, com laminação plano-paralela e estratificação cruzada "swash", com argila e matéria orgânica entre os estratos | | |
| Paleoduna | >1,50 | Areia fina, marrom amarelado pálido, com restos de raízes, matéria orgânica e bioturbação | Relevo arrasado, intensamente vegetado | Espécies arbustivas de pequeno porte e herbáceas nas zonas interdunas |
| Dunas Atuais | ~18 | Areia fina, muito bem selecionada, com estratificação cruzada tabular tangencial de médio porte. | As dunas fixas por vegetação ocorrem oblíquas à linha de costa e | Arbustiva e Herbácea |

Figura 7.2 - Principais Características das Unidades Morfoestratigráficas.

| | | restos de raízes, matéria orgânica e bioturbação | vegetado | pequeno porte e herbáceas nas zonas interdunas |
|------------------------------|-------|---|---|--|
| Dunas Atuais | ~18 | Areia fina, muito bem selecionada, com estratificação cruzada tabular tangencial de médio porte | As dunas fixas por vegetação ocorrem obliquas à linha de costa e frontais. As dunas ativas transversais e barcanóides | Arbustiva e Herbácea |
| Praia Flecha-Barreira | >3 | Areia fina, bem selecionada, cinza amarelado, bioturbado, com marcas de raízes, estratificação cruzada tangencial e estruturas onduladas | Extensas áreas levemente inclinadas em direção ao mar, recortadas por sistema de calha e crista ("ridge" e "runnel") | |
| Planície Arenosa | >3,50 | Areia fina, cinza médio claro a cinza médio, com fragmentos de conchas, bioturbação, acamamento "linsen" e marcas onduladas | Área plana às margens do estuário (estreitos e alongados), preenchendo o funil estuarino | |
| Pântano Salino | >2,50 | Camada superficial rica em matéria orgânica ("coffee ground"), seguida por camada de areia fina, lamosa, cinza média e por matéria orgânica, marrom amarelado dusky, com restos de vegetais | Ocorre associado a um córrego de maré colmatado | Aizoaceae, Amaryllidaceae, Cyperaceae, Gramineae e Pteridaceae |

| Fácies Estratigráficas | Profundidade (m) | Características dos Sedimentos | Ambiente Sedimentar |
|--|-------------------------|---|---|
| Areia e Lama de Barra em Pontal | 1,50 | Areia e lama intercalados, formando pacotes arenosos inclinados recobertos por lama caracterizando uma estratificação heterolítica | Canal estuarino e/ou de maré |
| Areia Marinha | 1 - 3 | Areia fina, siltosa, cinza muito claro, com fragmentos de raízes, concentrações de matéria orgânica e bioturbação | Depósitos de face praial superior ("shoreface") |
| Areia e Lama Estuarina | 1,60 - 4,50 | Areia fina a muito fina intercalada por lama, cinza muito claro a cinza oliva, com acamamento "flaser", "wavy" e "linsen", estratificação plano paralela e concentrações de matéria orgânica. | Sedimentos de planície de maré |
| Lama Estuarina | 1,70 | Lama cinza oliva claro a cinza esverdeado, rico em matéria orgânica, com restos de vegetais e bioturbação | Sedimentos de preenchimento de canal estuarino (margem de canal) |
| Areia Fluvial | 4,23 - 5,36 | Areia, quartzosa, angulosa, granulometria média, mal selecionada, cinza amarronzada a cinza rosado, com matéria orgânica e nódulos argila mosqueada | Fundo de canal fluvial |
| Areia Mosqueada | - | Areia média a grossa, laranja amarelado escuro, maciça, com concreções lateríticas | Sedimentos da Formação Barreira (Leques aluviais), que constituem o embasamento da área |

7.3 – Principais características dos fácies estratigráficas.

7.2. UNIDADES MORFOESTRATIGRÁFICAS

7.2.1. Unidade Planície de Inundação

Esta unidade faz parte do domínio geomorfológico Planície Aluvial e apresenta um pacote com 1m de espessura, disposto sobre o planalto costeiro.

É constituída por lama oxidada, sem estruturação aparente, de coloração cinza claro (N7) a cinza oliva claro (5Y 5/6), com marcas e fragmentos de raízes, além de concentrações milimétricas de matéria orgânica.

7.2.2. Unidade Dique Marginal (“Levee”)

Integra os domínios geomorfológicos Planície Aluvial e Planície Estuarina, com cerca de 70 cm de espessura. Apresenta contato basal, na Planície Estuarina com a unidade Planície de Maré Lamosa e na Planície Aluvial com a unidade Planície de Inundação.

É constituída por areia fina a muito fina, siltosa, de coloração preto oliva (5Y 2/1) a cinza amarronzado (5YR 4/1), sem estruturação aparente, com concentrações pontuais de matéria orgânica.

7.2.3. Unidade Meandro Abandonado

Está associada aos domínios Planície Aluvial e Planície Estuarina (Segmento de Curso Superior), onde atinge 5,50m de espessura.

É constituída no topo (0-60cm) por lama, de coloração cinza esverdeada escura (5GY 4/1), sem estruturação aparente, com concentrações pontuais de matéria orgânica. Entre 60 e 150 cm, observa-se laminações milimétricas de matéria orgânica de coloração negra. No intervalo entre 150 e 360 cm, a coloração torna-se cinza médio azulado (5B 5/1) a cinza oliva (5Y 4/1), com acamamento do tipo “linsen”, além de fragmentos de vegetais e bioturbações. Entre 360 e 530cm, observa-se lama intercalada por areia muito fina, aumentando a espessura destas em direção à base, onde volta a ocorrer acamamentos em “linsen”, “flaser” e “wavy”, além de laminações de areia e matéria orgânica dispostas de forma inclinada, com alto ângulo, caracterizando uma estratificação heterolítica inclinada. A partir de 530 até 552 cm ocorre um contato brusco com areia fina a média de coloração cinza-rosado (5YR 8/1), com porções

lamosas, concentrações de matéria orgânica e fragmento de vegetais, sendo interpretados como fácies estratigráfico areia fluvial (MVC-05) (Figura 7.4).

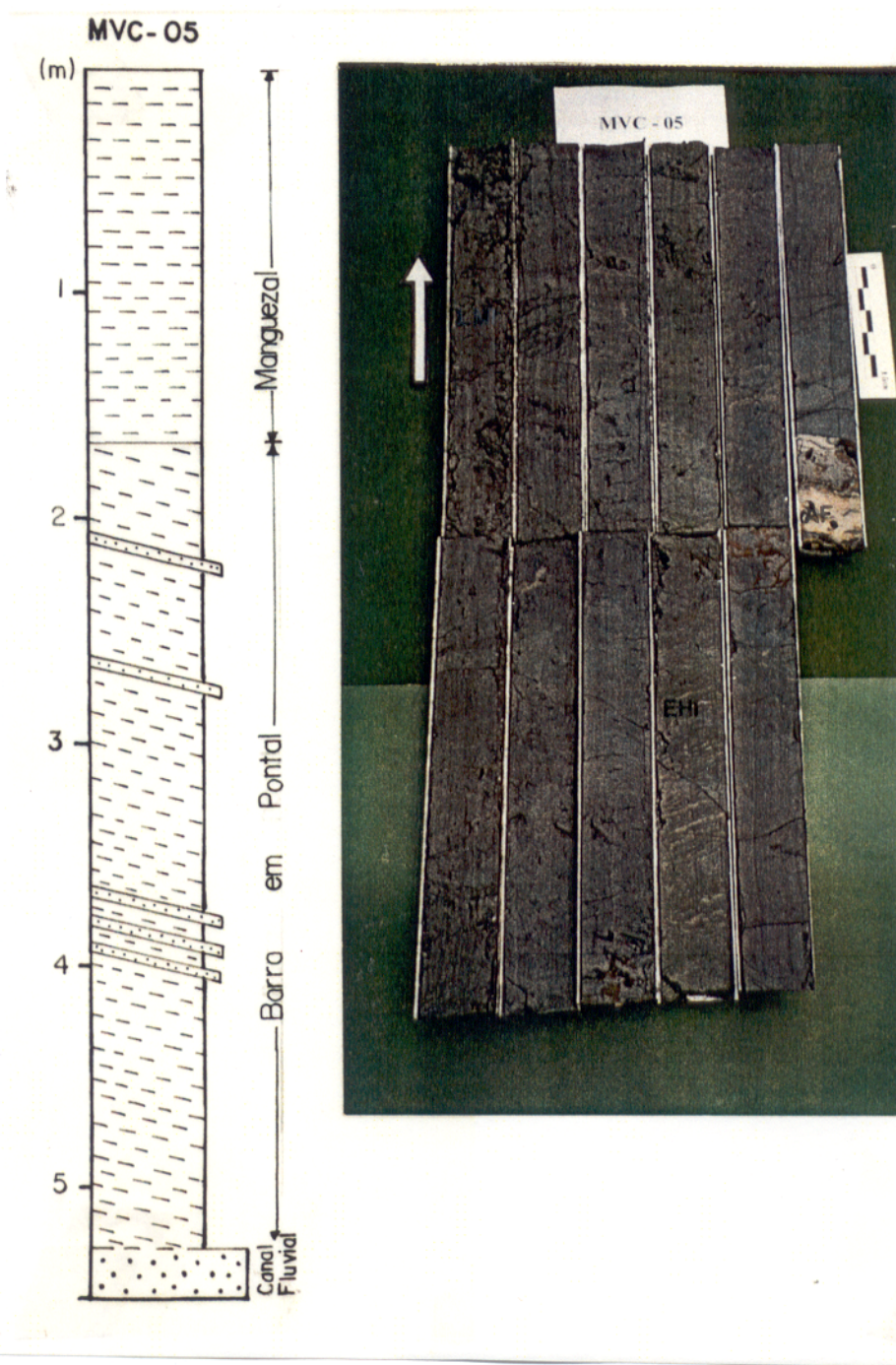


Figura 7.4 – Testemunho MVC-05 e perfil descritivo mostrando lama sem estruturação aparente (LM) no topo, seguida de estratificação inclinada heterolítica inclinada (EHI) de barra em pontal. Na base, ocorre areia com matéria orgânica de canal fluvial (AF). (Ver localização na Figura 7.1).

7.2.4. Unidade Pântano de Água Doce

Encontra-se associada à Planície Aluvial e próximo a cursos fluviais secundários que desaguan na Planície Estuarina. A espessura deste depósito varia de 1m (Planície Aluvial) a 5m (Planície Estuarina).

É constituída nos primeiros 40cm por lama, de coloração cinza claro médio (N6) a cinza médio escuro (N4), com restos de vegetais que chegam a formar camada entre o intervalo 40-60cm, com coloração marrom dusky (5YR 2/2). No intervalo entre 60 a 90cm volta a ocorrer lama, cinza médio (N5) a cinza amarronzado (5YR 4/1), com restos de vegetais e lentes de matéria orgânica. Entre 90 e 117cm, ocorre camada de restos de vegetais, com textura lenhosa, de coloração marrom amarelado moderado (10YR 5/4). Entre 117 e 170 cm, associado a lama de coloração cinza amarronzada (5YR 4/1), ocorre restos vegetais e matéria orgânica de coloração preto acinzentado (N2). A partir de 170 até 415 a lama torna-se cinza oliva claro (5Y 6/1) com restos de vegetais em decomposição, de coloração laranja amarelado escuro (10YR 6/6) e matéria orgânica. Entre 415 e 456cm, a lama apresenta coloração cinza amarronzada (5YR 4/1), com lentes descontínuas de matéria orgânica e de restos de vegetais de coloração marrom dusky (5YR 2/2) (MVC-13) (Figura 7.5).

Esta unidade está sobreposta em discordância erosiva com sedimentos arenosos de granulometria média a grossa, argilosos, de coloração cinza amarronzado (5Y 4/1), com restos de vegetais, provavelmente do fácies estratigráfico areia fluvial (PVC-02).

7.2.5. Unidade Planície de Maré Lamosa

Integra a Planície Estuarina, onde atinge 5m de espessura e a Planície Costeira, com 3m.

Apresenta a partir do topo (0-283cm) lama, de coloração cinza oliva (5Y 4/1), com fragmentos de restos de vegetais, concentrações de matéria orgânica. Entre 283 e 378cm, a lama torna-se cinza amarronzada (5 YR 4/1), com matéria orgânica e restos de vegetais. Na base (378-410cm) ocorre camada de matéria orgânica, de coloração marrom dusky (5YR 2/2), formando “coffee ground”; nos últimos 4cm observa-se fragmentos de vegetais de textura lenhosa (MVC-11) (Figura 7.6).

Esta unidade repousa sobre os fácies estratigráficas areia e lama de barra em pontal (MVC-08), areia fluvial (MVC-07), areia e lama estuarina (MVC-04 e MVC-10) e areia mosqueada (AVC-06).

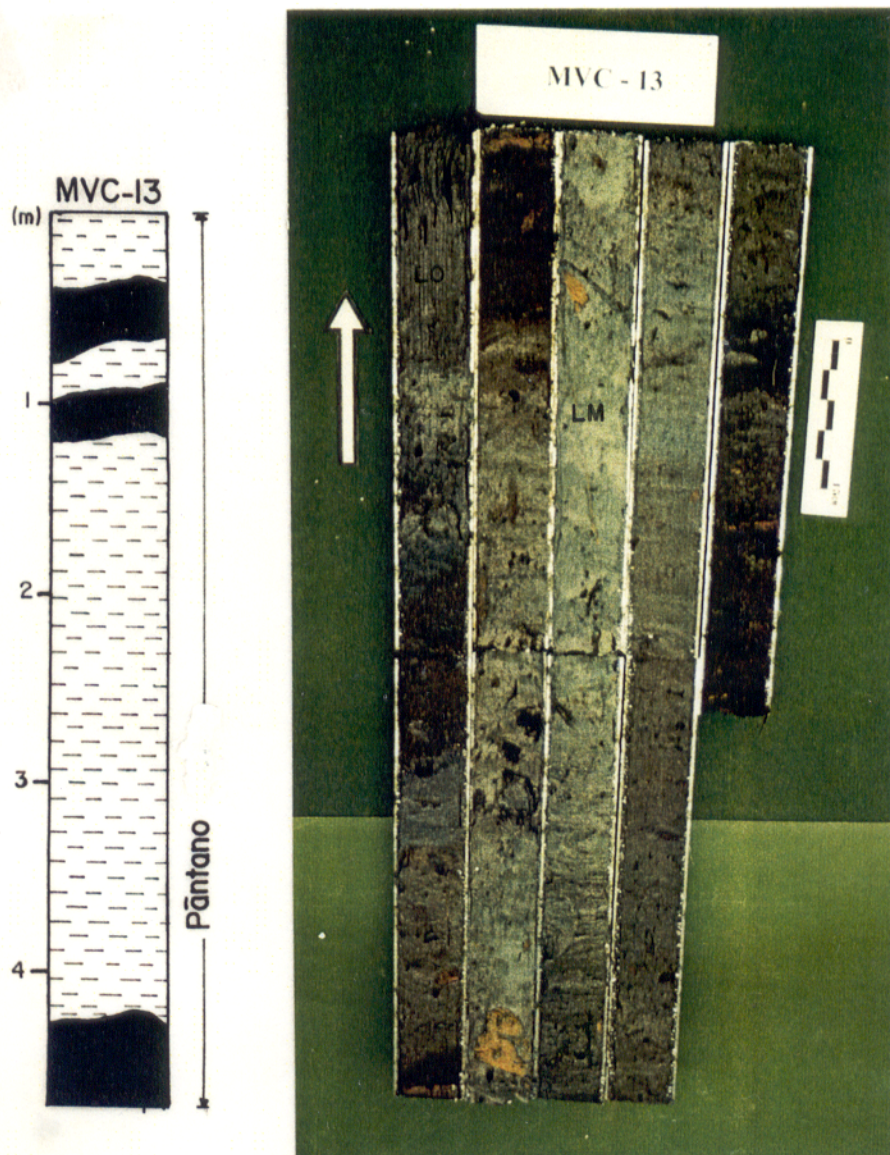


Figura 7.5 – Testemunho MVC-13 e perfil descritivo da unidade morfoestratigráfica pântano de água doce mostrando lama orgânica (LO) no topo, seguida de lama sem estruturação aparente (LM) e lama orgânica na base (LO). (Ver localização na Figura 7.1).

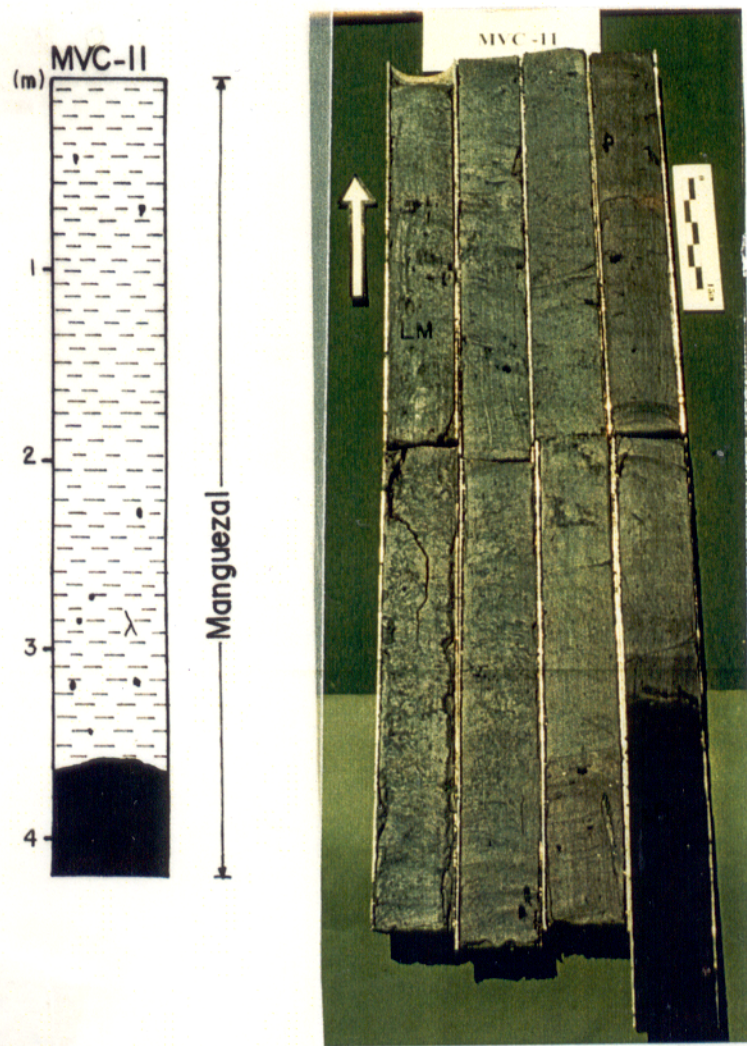


Figura 7.6 – Testemunho MVC-11 e perfil descritivo da unidade morfoestratigráfica planície de maré lamosa mostrando lama sem estruturação aparente no topo (LM) lama orgânica na base (LO). (Ver localização na Figura 7.1).

7.2.6. Unidade Barra de Maré Arenosa

Está inserida nos Domínios Geomorfológicos Planície Estuarina e Planície Costeira, com 2,50 m de espessura. Constituem barras arenosas que ocorrem principalmente no funil estuarino e em canais de maré.

Apresentam, no topo (0-100cm), areia fina, de coloração cinza roseado (5YR 8/1), com acamamento “flaser” bifurcado. Entre 100 e 150cm, areia fina intercala por lama, de coloração cinza escura (N3) a cinza escuro médio (N4), acamamento ondulado (“wavy”) de lama e matéria orgânica e bioturbação. Entre 150 e 246 cm, a areia fina apresenta coloração cinza clara (N7), com lentes de matéria orgânica, fragmentos de carapaças de pelecípodas e estratos de lama e matéria orgânica inclinados formando uma estratificação heterolítica inclinada (MVC-16, MVC 17) (Figura 7.7).

Esta unidade sobrepõe o fácies areia e lama de barra em pontal .

7.2.7. Unidade Barra de Maré Lamosa

Está inserida no Domínio Geomorfológico Planície Estuarina, com espessura máxima de 4,70m. São barras vegetadas que formam ilhas dispostas na parte mais interna do funil estuarino.

Apresentam a partir do topo (0-60cm), lama de coloração cinza oliva (5Y 4/1), com porções oxidadas, de coloração variando de marrom amarelado moderado (10YR 5/4) a laranja amarelado escuro (10YR 6/6), com restos de vegetais. Entre 60 a 470cm ocorre lama, de coloração cinza oliva claro (5Y 6/1), com camadas e nódulos de restos de raízes e folhas, de textura fibrosa, além de concentrações pontuais de matéria orgânica em “coffee ground”. Entre 470 a 500cm ocorre lama intercalada por areia fina a muito fina, de coloração cinza claro médio (N6) a cinza claro (N7), com acamamento “flaser”. Entre 500 a 550cm, ocorre areia fina a muito fina de coloração cinza clara (N7), com acamamento “flaser” e estratos lamosos inclinados caracterizando estratificação heterolítica inclinada (Figura 7.8).

Encontram-se sobrepostas ao fácies estratigráfico areia e lama estuarina (MVC-10).

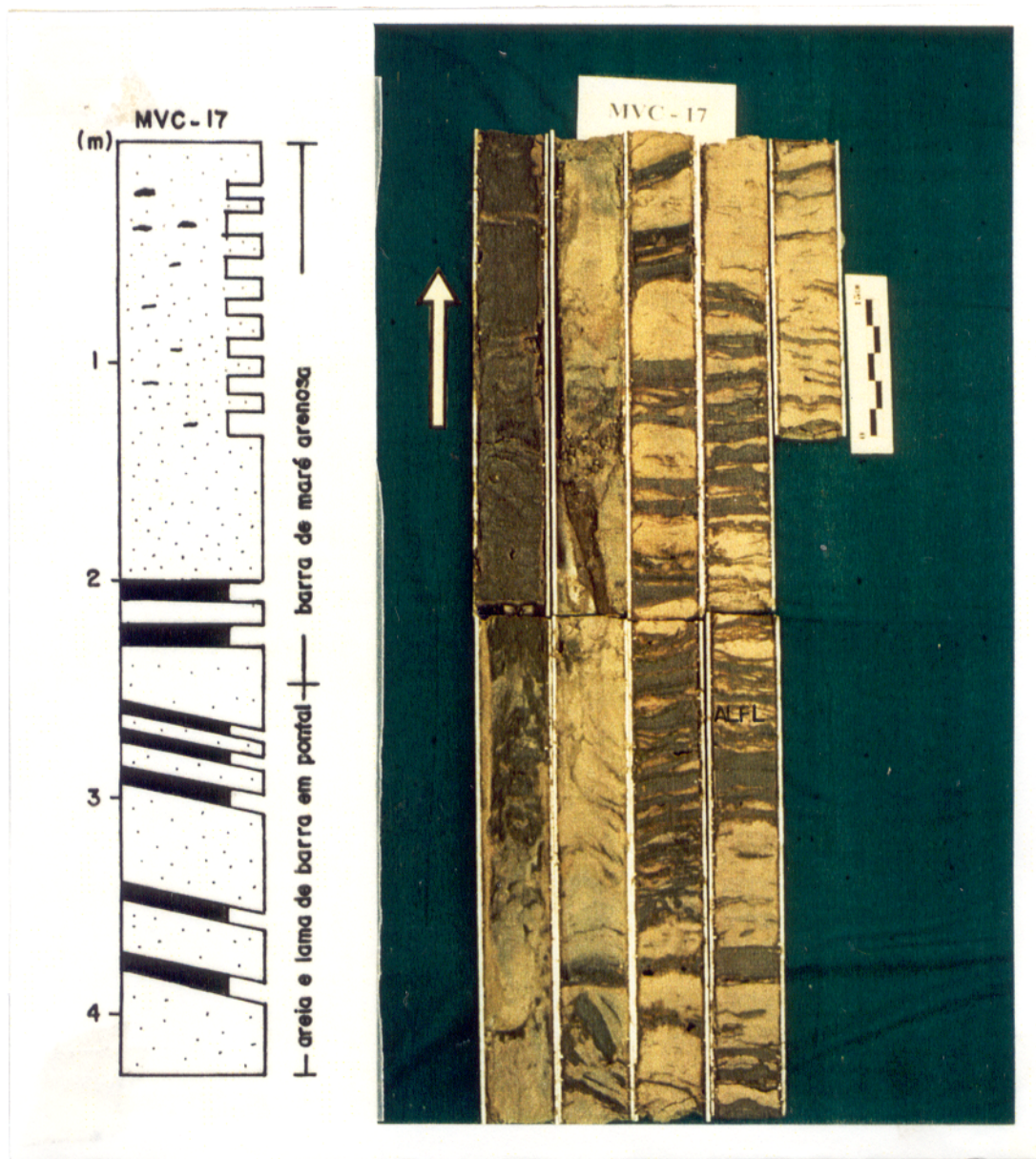


Figura 7.7 – Testemunho MVC-17 e perfil descritivo mostrando a unidade morfoestratigráfica barra de maré arenosa sobreposta ao fácies areia e lama de barra em pontal com estruturas “flaser e “linsen” (ALFL). (Ver localização na figura 7.1).

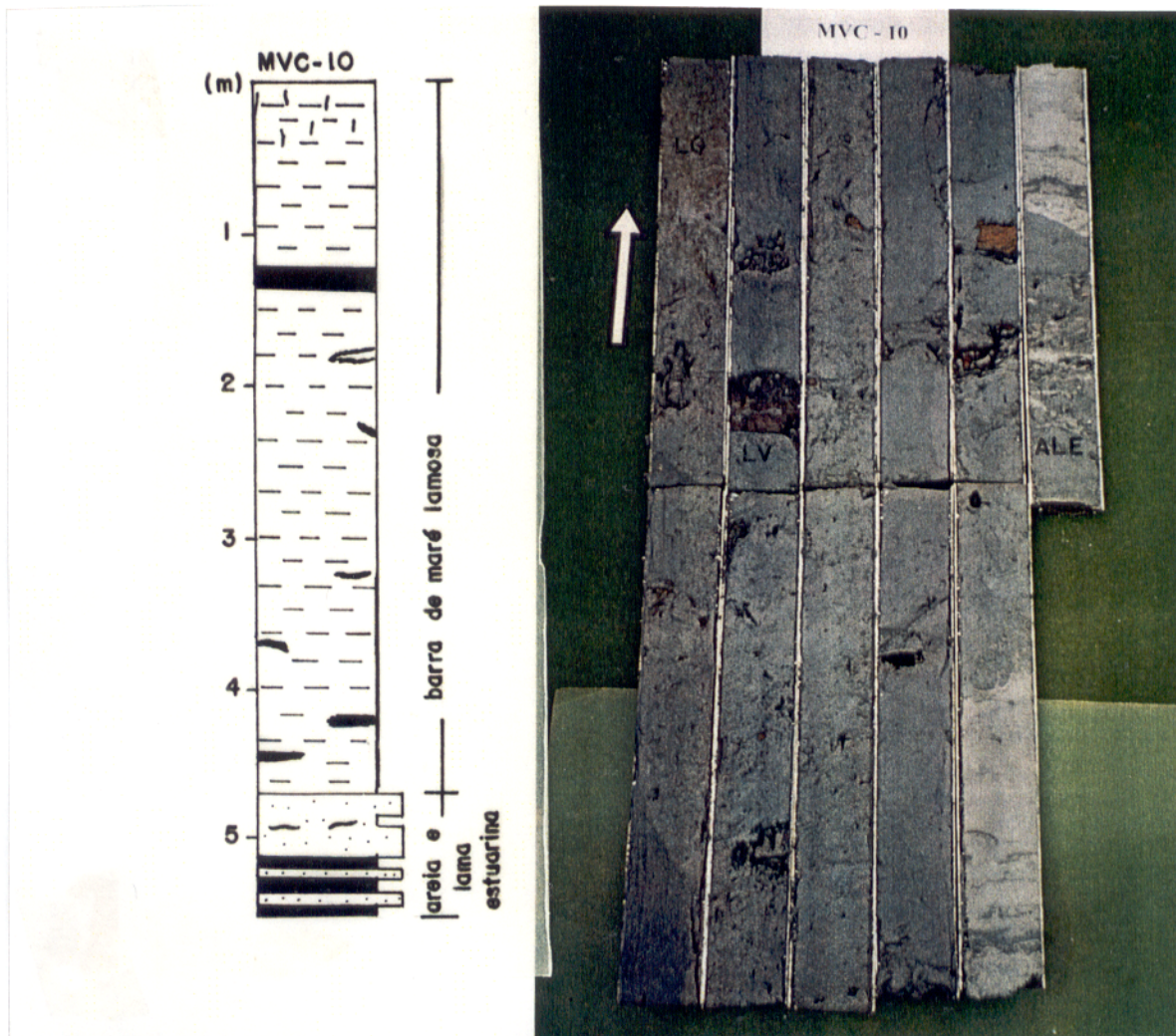


Figura 7.8 – Testemunho MVC-10 e perfil descritivo mostrando lama oxidada no topo (LO) sobreposta a lama com restos de vegetais (LV) da unidade morfoestratigráfica barra de maré lamosa. Na base ocorre o fácies areia e lama estuarina (ALE). (Ver localização na figura 7.1).

7.2.8. Unidade Barra em Pontal

Integra o Domínio Geomorfológico Planície Estuarina. São observadas Barras em Pontal Arenosas e Lamosas. As Barras Arenosas ocorrem no funil estuarino, onde atingem 3m de espessura e as Barras Lamosas, ocorrem no segmento meandrante sinuoso, com 3,57m de espessura.

As barras em pontal arenosas apresentam no topo (0-40cm) areia fina intercalada por lama, de coloração cinza esverdeado escuro (5GY 4/1), com acamamento “linsen” isolado e interligado passando a camada arenosa com concentração de matéria orgânica e acamamento “flaser”. Entre 40 e 100cm ocorre camada de areia fina, de coloração cinza muito claro (N8) com acamamento “flaser” bifurcado. Entre 100 e 326cm volta a ocorrer areia fina, de coloração cinza esverdeado escuro (5GY 4/1), com lentes lamosas, formando acamamento “flaser” bifurcado, “wavy” e estratos lamosos inclinados formando estratificação heterolítica, com matéria orgânica entre os estratos lamosos (MVC-15 e MVC-08) (Figura 7.9).

As Barras em Pontal Lamosas apresentam no topo (0-130cm) lama, de coloração cinza escura médio (N4), com fragmentos de restos de vegetais e concentrações de matéria orgânica. Entre 130 e 340cm, lama intercalada por areia muito fina, com acamamento “linsen”, “wavy” e estratificação cruzada de alto ângulo (35°) caracterizando uma estratificação heterolítica inclinada. Esta unidade está sobreposta à cama de 63cm de lama, de coloração cinza oliva (5Y 4/1), com concentrações pontuais de matéria orgânica e areia muito fina (MVC-09) do fácies areia e lama estuarina (Figura 7.10).

As Barras em Pontal Arenosas e Lamosas estão sotopostas à unidade morfoestratigráfica planície de maré lamosa e sobrepostas ao fácies estratigráfico areia fluvial (MVC-15) e areia e lama estuarina (MVC-09).

7.2.8. Unidade Barra em Pontal

Integra o Domínio Geomorfológico Planície Estuarina. São observadas Barras em Pontal Arenosas e Lamosas. As Barras Arenosas ocorrem no funil estuarino, onde atingem 3m de espessura e as Barras Lamosas, ocorrem no segmento meandrante sinuoso, com 3,57m de espessura.

As barras em pontal arenosas apresentam no topo (0-40cm) areia fina intercalada por lama, de coloração cinza esverdeado escuro (5GY 4/1), com acamamento “linsen” isolado e interligado passando a camada arenosa com concentração de matéria orgânica e acamamento “flaser”. Entre 40 e 100cm ocorre camada de areia fina, de coloração cinza muito claro (N8) com acamamento “flaser” bifurcado. Entre 100 e 326cm volta a ocorrer areia fina, de coloração cinza esverdeado escuro (5GY 4/1), com lentes lamosas, formando acamamento “flaser” bifurcado, “wavy” e estratos lamosos inclinados formando estratificação heterolítica, com matéria orgânica entre os estratos lamosos (MVC-15 e MVC-08) (Figura 7.7).

As Barras em Pontal Lamosas apresentam no topo (0-130cm) lama, de coloração cinza escura médio (N4), com fragmentos de restos de vegetais e concentrações de matéria orgânica. Entre 130 e 340cm, lama intercalada por areia muito fina, com acamamento “linsen”, “wavy” e estratificação cruzada de alto ângulo (35°) caracterizando uma estratificação heterolítica inclinada. Esta unidade está sobreposta à cama de 63cm de lama, de coloração cinza oliva (5Y 4/1), com concentrações pontuais de matéria orgânica e areia muito fina (MVC-09) do fácies areia e lama estuarina (Figura 7.8).

As Barras em Pontal Arenosas e Lamosas estão sotopostas à unidade morfoestratigráfica planície de maré lamosa e sobrepostas ao fácies estratigráfico areia fluvial (MVC-15) e areia e lama estuarina (MVC-09).

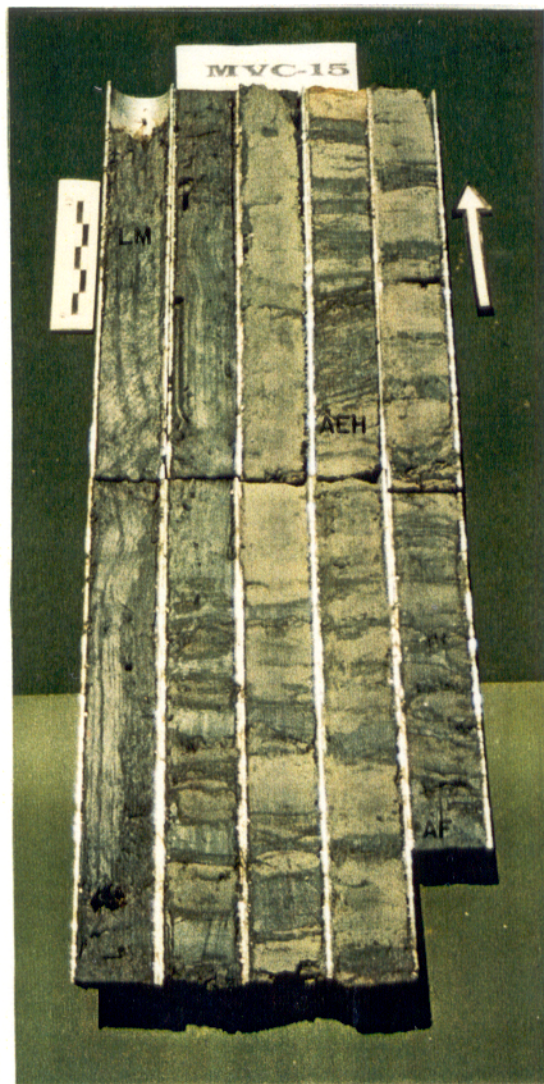
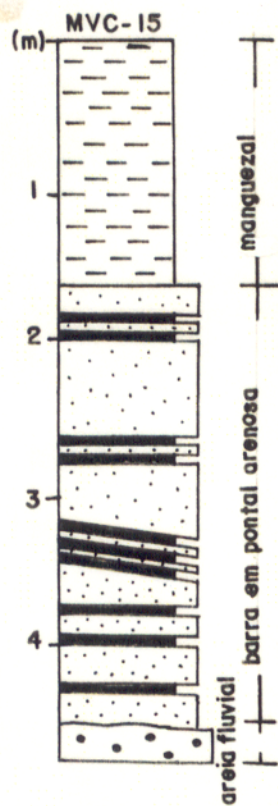


Figura 7.9 – Testemunho MVC-15 e perfil descritivo mostrando a unidade morfoestratigráfica planície de maré lamosa com lama sem estruturação aparente (LM) no topo, seguida de areia com estratificação heterolítica com matéria orgânica entre os estratos (AEH). Na base ocorre areia fluvial (AF). (Ver localização na figura 7.1).

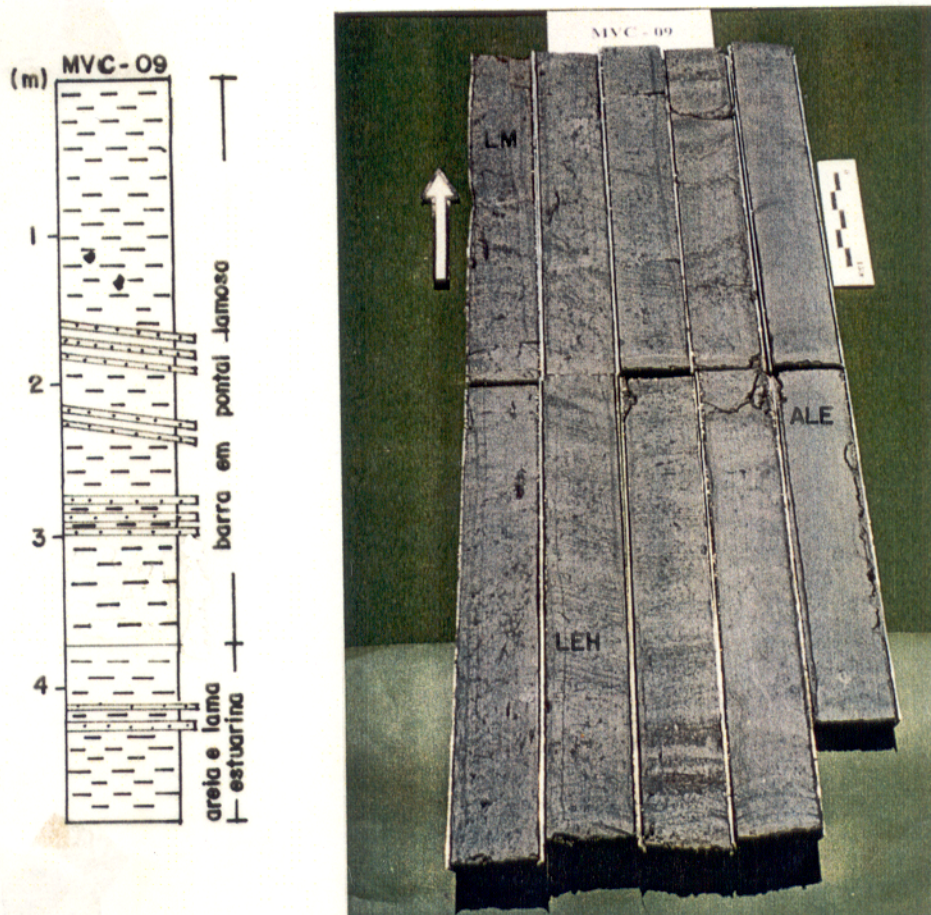


Figura 7.10 – Testemunho MVC-09 e perfil descritivo da unidade morfoestratigráfica barra em pontal lamosa com lama sem estruturação aparente no topo (LM) passando à lama com estratificação heterolítica inclinada (LEH). Na base ocorre o fácies areia e lama estuarina (ALE). (Ver localização na Figura 7.1).

7.2.9. Unidade Planície de Crista de Praia

Integra o Domínio Geomorfológico Planície Costeira. Esta unidade, em contato com a Formação Barreiras, apresenta um pacote com cerca de 2,70m de espessura (Unidade Geomorfológica Planície de Crista de Praia Interna) e, em contato com a unidade geomorfológica Praia Flecha-Barreira, atinge a espessura de 1,70m (Unidade Geomorfológica Planície de Crista de Praia Externa).

A unidade Planície de Crista de Praia Interna apresenta no topo (0-68cm) areia fina, de coloração marrom amarelado pálido (10YR 6/2), com marcas de raízes. No intervalo entre 68 e 106cm, ocorre areia fina, de coloração laranja acinzentado (10YR 7/4), com acamamento “wavy” e laminações plano-paralelas. Na base (194-270cm), observa-se contato brusco com areia fina, com seixos de lateritos do fácies areia mosqueada da Formação Barreiras (MVC-10, AVC-03, AVC-17) (Figura 7.9).

A Unidade Planície de Crista de Praia Externa constitui-se no topo (0-40cm) por areia fina, de coloração cinza rosado (5YR 8/1), sem estruturação aparente. Entre 40 e 90cm ocorre uma mudança na coloração passando a cinza muito claro (N8), com laminação plano-paralela e estratificação cruzada “swash”, com argila e/ou matéria orgânica entre os estratos (AVC-21, AVC-26, AVC-25) (Figura 7.12).

7.2.10. Unidade Paleoduna

Integra a Planície Costeira e apresenta um pacote com espessura superior a 1,50m.

É constituída no topo (0-45cm) por areia fina, de coloração marrom amarelado pálido (10YR 6/2), com restos de raízes, matéria orgânica e bioturbação. Em direção à base, ocorre areia média, de coloração marrom pálido (5YR 5/2) com estratificação plano-paralela destacada pela coloração alterada dos sedimentos (Figura 7.13). Este último intervalo foi interpretado por SANTOS (1996) como sendo a zona de interdunas.

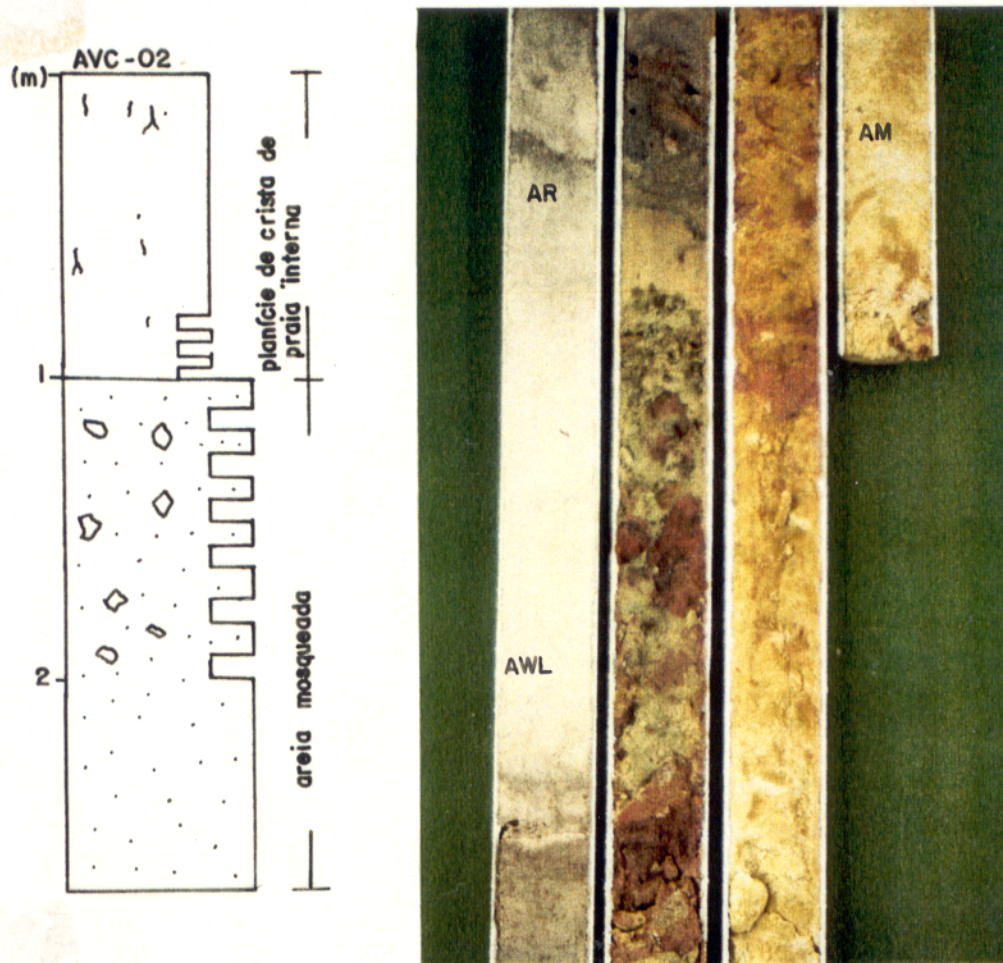


Figura 7.11 – Testemunho AVC-02 e perfil descritivo da unidades morfoestratigráfica planície de crista de praia interna mostrando areia com raízes no topo (AR), passando a areia com acamamento “wavy” e laminações plano-paralelas (AWL). Na base, ocorre areia mosqueada da Formação Barreiras (AM). (Ver localização na figura 7.1). Foto cedida por V.Santos.

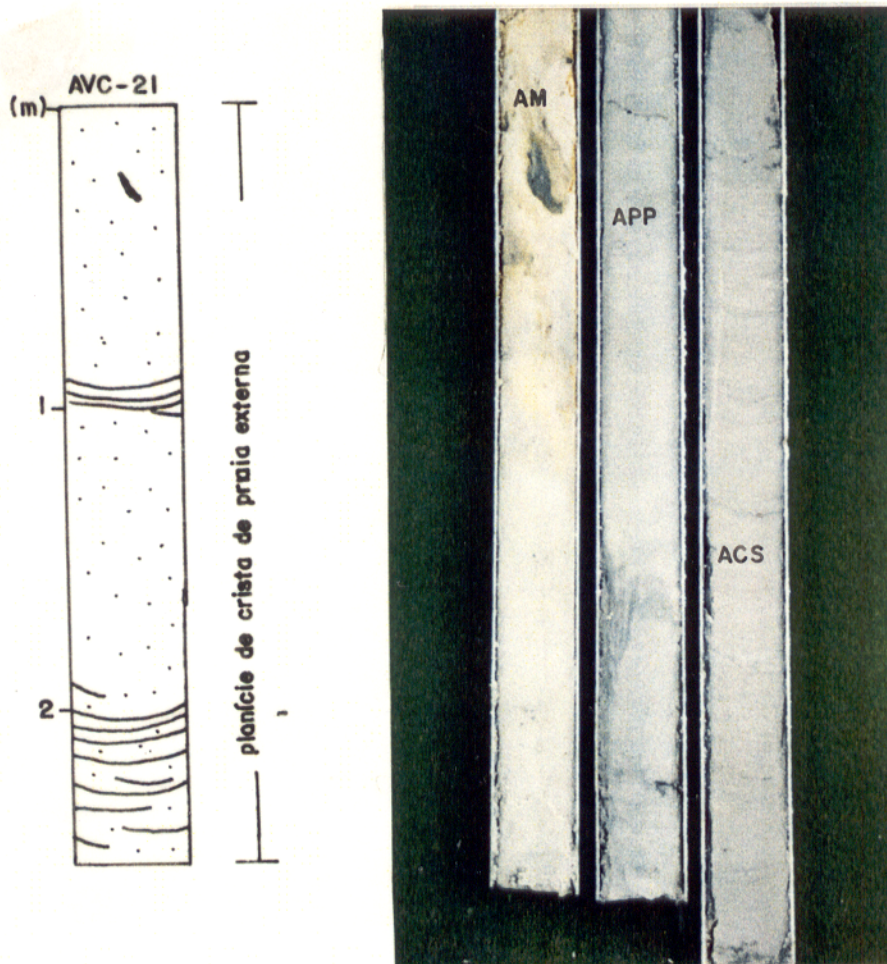


Figura 7.12 – Testemunho AVC-21 e perfil descritivo da unidade morfoestratigráfica planície de cristas de praia externa com areia sem estruturação aparente (AM) no topo, seguida de areia com estratificação plano-paralela (APP) e cruzada “swash”(ACS). (Ver localização na figura 7.1). Foto cedida por V.Santos.

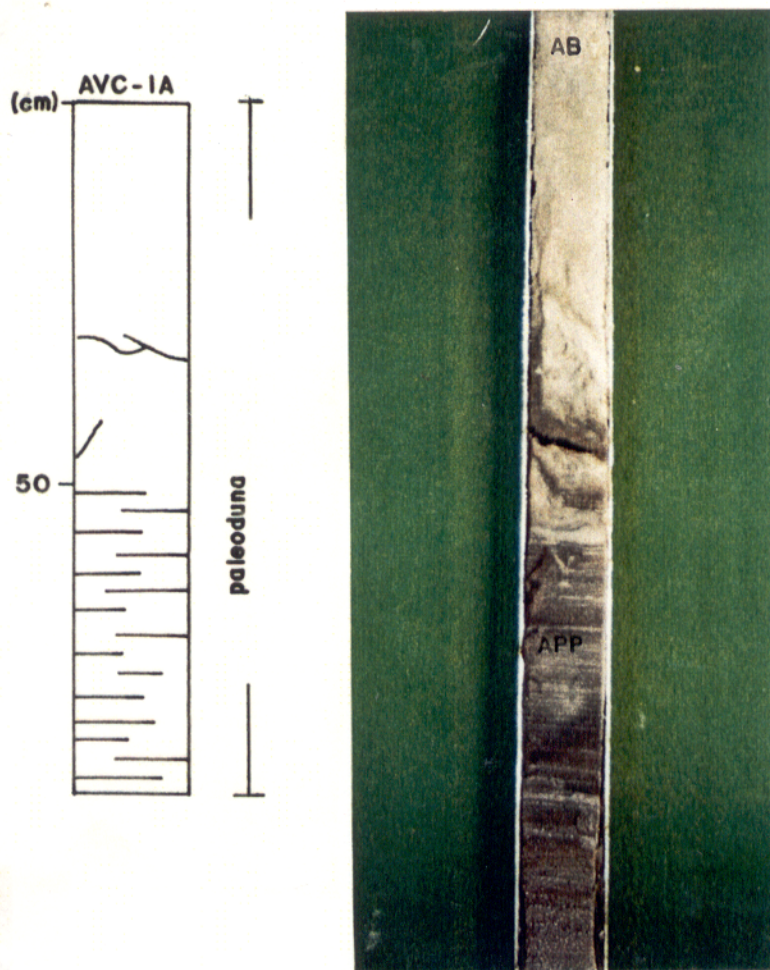


Figura 7.13 – Testemunho AVC-1A e perfil descritivo da unidade morfoestratigráfica paleoduna com areia bioturbada (AB) no topo, passando a areia com estratificação plano-paralela (APP) na base. (Ver localização na Figura 7.1). Foto cedida por V.Santos.

7.2.11. Unidade Dunas Atuais

Integra a Planície Costeira, onde atinge cerca de 18m de espessura.

Apresentam estratos de areia fina, muito bem selecionada, de coloração branca (N9), com estratificação cruzada tabular tangencial de médio porte, entre estes ocorre ondulações arenosas provocadas pelo vento e bioturbação (Figura 7.14). Esta unidade está sobrepostas às unidades de Praia Flecha-Barreira, Planície de Crista de Praia e Paleoduna.



Figura 7.14 – Unidade morfoestratigráfica dunas atuais onde observa-se areia com estratificação cruzada tabular tangencial de médio porte (ACTT).

7.2.12. Unidade Praia Flecha-Barreira

Integra a Planície Costeira e apresenta espessura superior a 3m.

Constitui-se, no topo, por areia fina, quartzosa, bem selecionada, com coloração cinza amarelado (5YR 5/6), por vezes ocorrem bioturbação e marcas de raízes (AVC-16, AVC-18 e AVC-17). Em direção à base, a coloração torna-se cinza rosado (5YR 8/1) com estratificação cruzada tangencial e estruturas onduladas (Figura 7.15).

Esta unidade encontra-se sobreposta à unidade Cristas de Praia Externa (AVC-17 e AVC-1B).

7.2.13. Unidade Planície de Maré Arenosa

Integra a Planície Costeira e a Planície Estuarina (parte externa do funil estuarino). Constitui um pacote com espessura superior a 3,50m.

Apresenta, no topo, areia fina, quartzosa, bem selecionada, de coloração cinza médio claro (N6) a cinza médio (N5), com fragmentos de conchas, intensa bioturbação, acamamento “linsen” e em direção a base, ocorrem marcas onduladas (AVC-09) (Figura 7.16).

7.2.14. Unidade Pântano Salino

Integra a Planície Estuarina e a Planície Costeira e possui espessura superior a 2,50m.

É constituída nos primeiros 25cm por areia fina, argilosa, de coloração cinza amarronzada (5YR 4/1) a marrom amarelado dusky (10YR 2/2), rica em matéria orgânica, com concentrações em “coffee ground”. Entre 25 e 70cm ocorre areia fina, argilosa, de coloração cinza média (N5), sem estruturação aparente. No intervalo entre 70 e 130cm, observa-se camada de matéria orgânica (“coffee ground”), em contato brusco com o intervalo 130-250cm constituído por areia média, de coloração cinza amarronzada claro (5YR 6/1), com restos de vegetais. Esta sequência é típica de preenchimento de canal de maré, onde posteriormente instalou-se o pântano salino (PVC-06) (Figura 7.17).

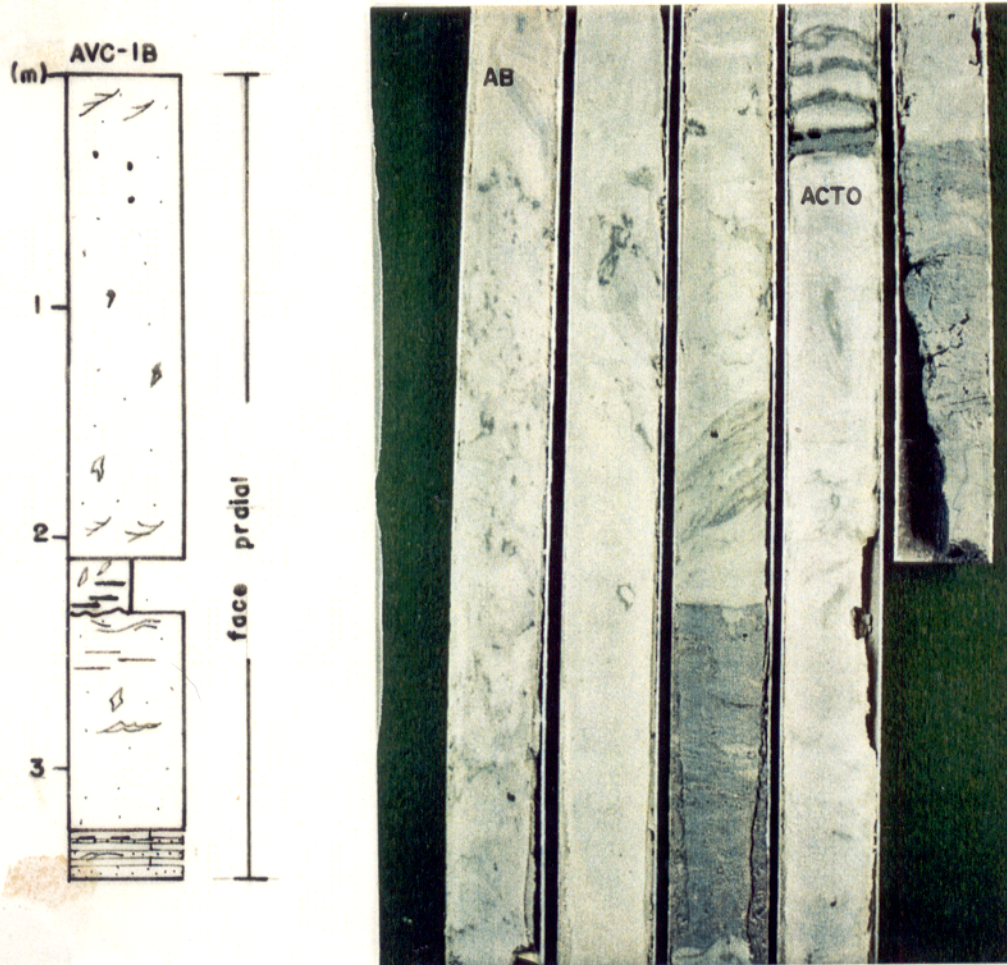


Figura 7.15 – Testemunho AVC-1B e perfil descritivo da unidade morfoestratigráfica praia flecha-barreira com areia bioturbada (AB) no topo, passando a areia com estratificação cruzada tangencial e estruturas onduladas (ACTO) na base. (Ver localização na Fig.7.1). Foto cedida por V. Santos.

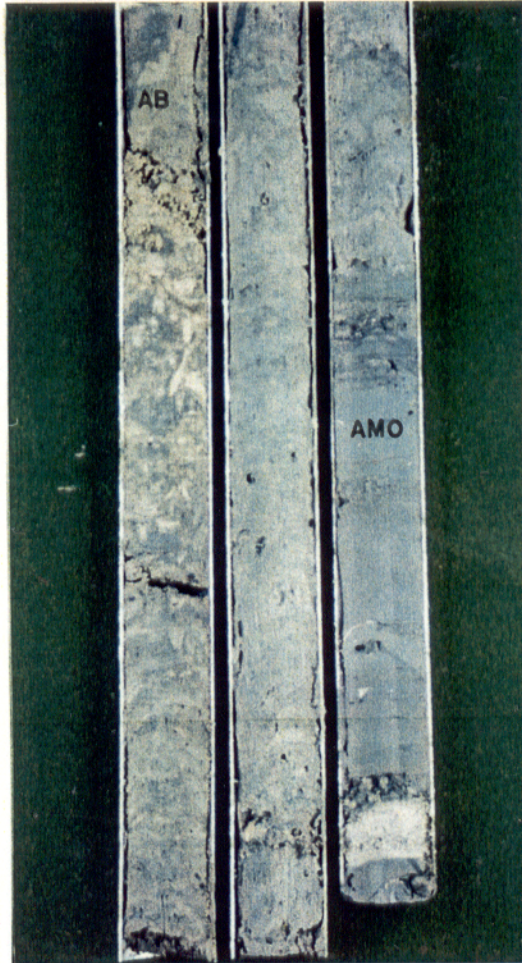
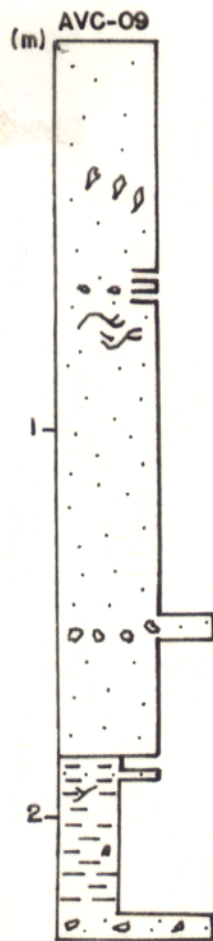


Figura 7.16 – Testemunho AVC-09 e perfil descritivo da unidade planície de maré arenosa com areia bioturbada (AB) no topo, passando a areia com marcas onduladas (AMO) na base. (Ver localização na figura 7.1). Foto cedida por V.Santos.

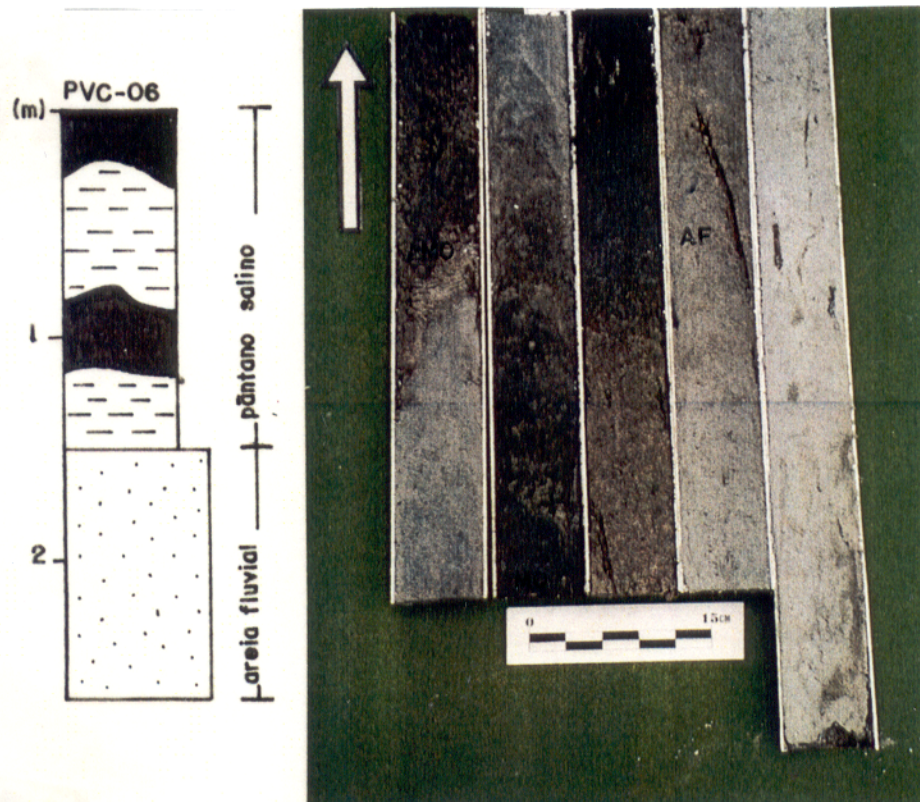


Figura 7.17 – Testemunho PVC-06 e perfil descritivo da unidade morfoestratigráfica pântano salino com material areno-argiloso com matéria orgânica (AMO) no topo, seguida de camada de matéria orgânica (MO). Na base ocorre areia média com restos de vegetais (AF) do fácies areia fluvial. (Ver localização na figura 7.1).

7.3. FÁCIES ESTRATIGRÁFICAS

7.3.1. Fácies Areia e Lama de Barra em Pontal

Encontra-se a aproximadamente 1,50m de profundidade, com espessura máxima de 3,80m.

É constituído pela intercalação de areia e lama, que formam pacotes (“bundles”) arenosos inclinados, recobertos por lama, constituindo uma estratificação heterolítica inclinada, representativa da migração lateral de barras em pontal (Figura 7.18).

Este fácies está recoberto pelos depósitos lamosos da unidade Planície de Maré Lamosa (MVC-08 e MVC-15) e sobrepõe o fácies areia fluvial (MVC-15, MVC-17 e MVC-05).

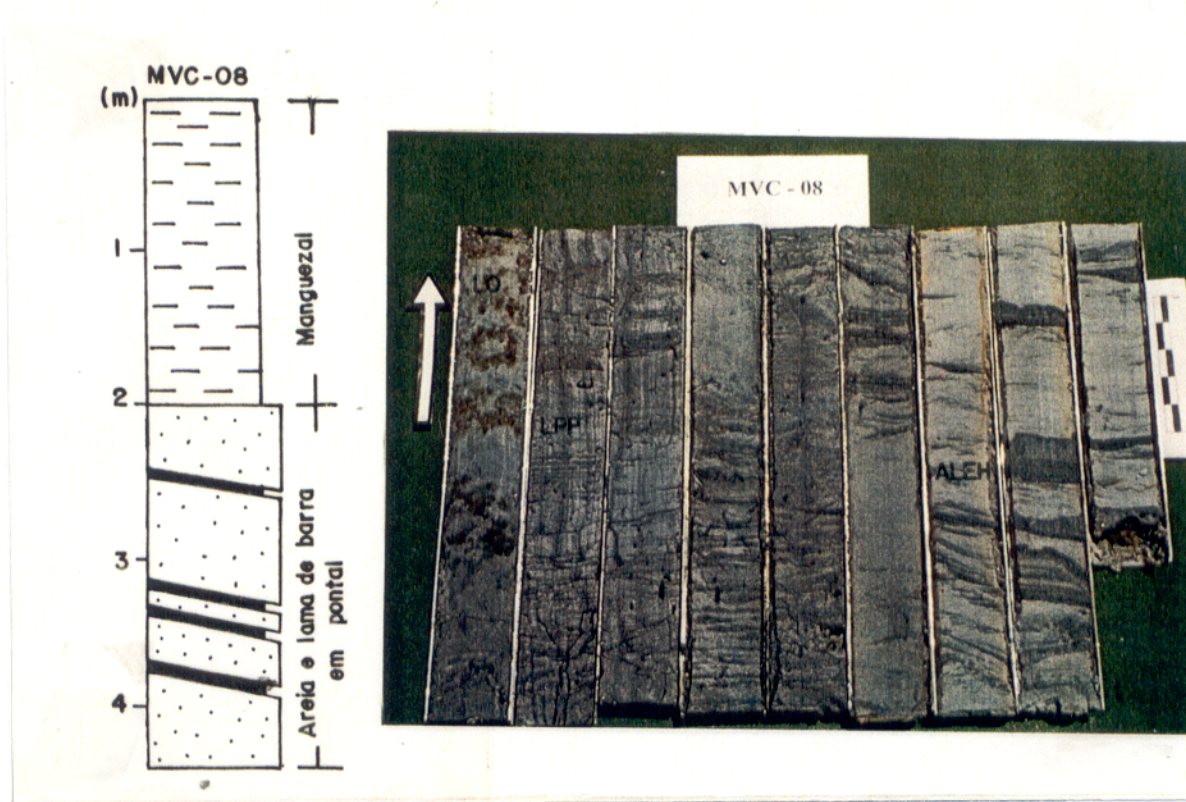


Figura 7.18 – Testemunho MVC-08 e perfil descritivo mostrando lama oxidada (LO) no topo, passando a lama com estratificação plano-paralela (LPP) e areia e lama com estratificação heterolítica inclinada (ALEH). (Ver localização na figura 7.1).

7.3.2. Fácies Areia Marinha

Encontra-se a aproximadamente 3m (Planície Costeira) e 1m (Planície Estuarina) de profundidade, com espessura máxima de 2,5m.

Constitui-se por areia fina, siltosa, moderadamente selecionada, de coloração cinza muito claro (N8), com concentrações de matéria orgânica, fragmentos de conchas, além de bioturbação (Figura 7.19).

Este fácies encontra-se sobreposto ao fácies areia e lama estuarina e sotoposto pelas unidades morfoestratigráficas Planície de Maré (AVC-11), barra arenosa de maré (MVC-16) e Planície Crista de Praia (AVC-04).

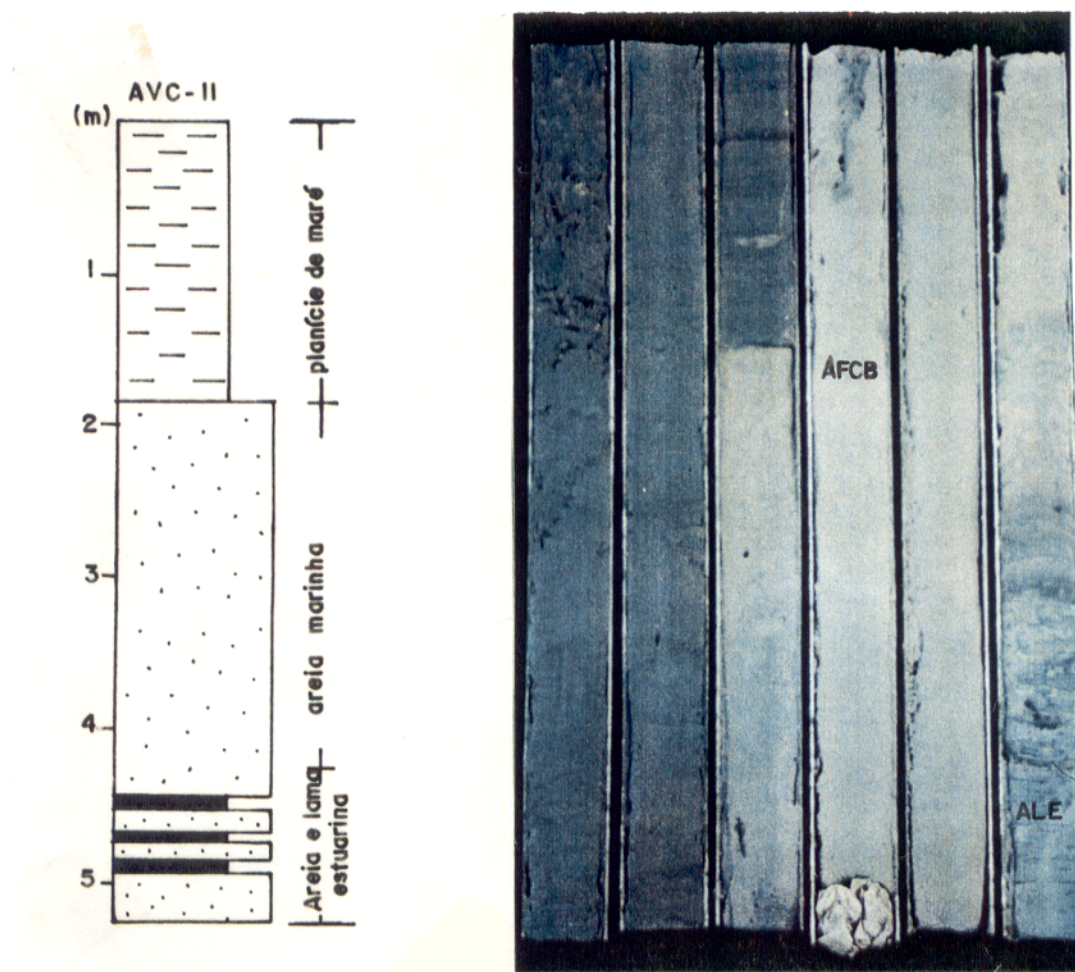


Figura 7.19 – Testemunho AVC-11 e perfil descritivo mostrando, no topo, a unidade morfoestratigráfica planície de maré, passando à areia com fragmentos de conchas e bioturbação (AFCB) do fácies areia marinha e na base, ocorre o fácies areia e lama estuarina (ALE). (Ver localização na figura 7.1). Foto cedida por V.Santos.

7.3.3. Areia e Lama Estuarina

É identificado ao longo de todo o estuário, a uma profundidade que varia de 1,60 a 4,50m, com espessura máxima de 1m (MVC-10).

São areias finas a muito finas intercaladas por lama, com coloração cinza claro (N7), com acamamento “flaser” e “linsen”, estratificação plano-paralela, além de concentrações de matéria orgânica (Figura 7.20).

Está sotoposta às unidade Barra em Pontal Lamosa (MVC-09), Planície de Maré Lamosa (MVC-10) e Fácies Areia Marinha (AVC-08).

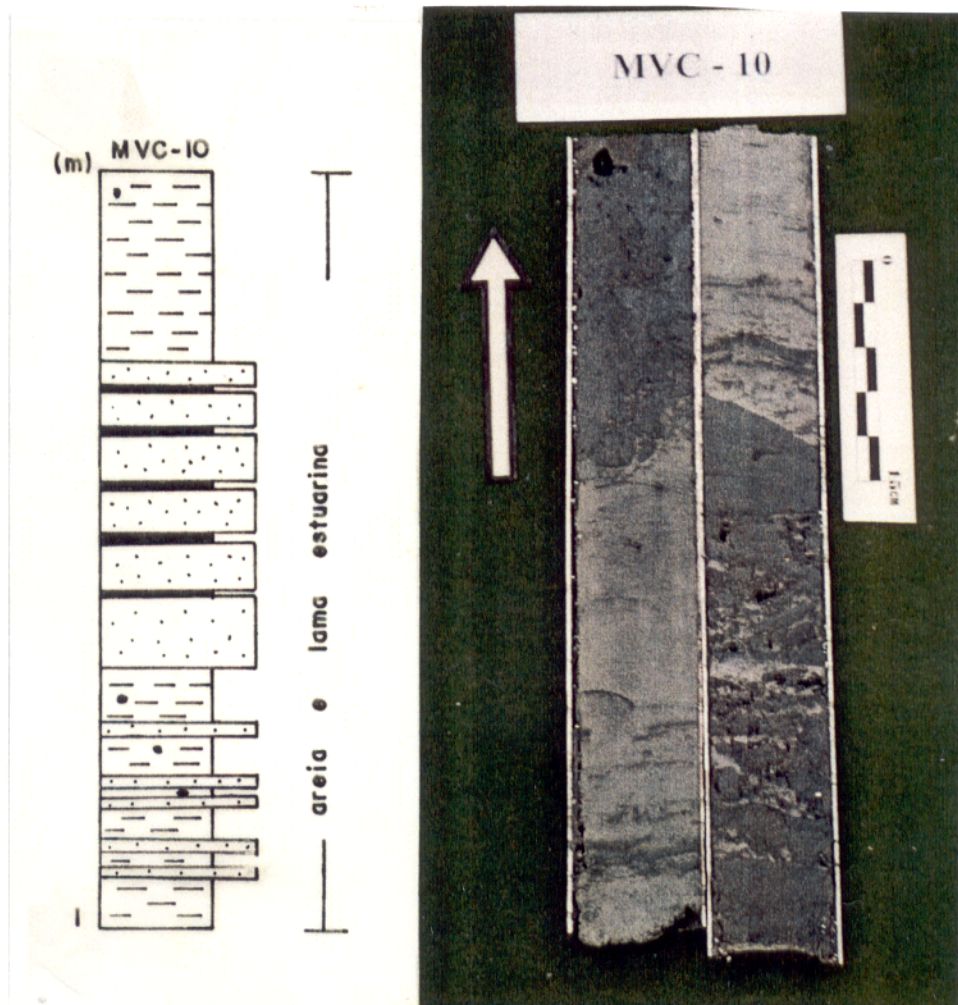


Figura 7.20 – Testemunho MVC-10 e perfil descritivo do fácies estratigráfico areia e lama estuarino com acamamento “flaser” e “linsen”, estratificação plano-paralela e matéria orgânica. (Ver localização na figura 7.1).

7.3.4. Fácies Lama Estuarina

Encontra-se a aproximadamente 1,70m de profundidade, com espessura superior a 4m (MVC-06).

Constitui-se por lama, rica em matéria orgânica, de coloração cinza oliva claro (5Y 6/1) a cinza esverdeado (5G 6/1), com restos de vegetais e bioturbação (Figura 7.21).

Está sobreposto pela unidade morfoestratigráfica Planície de Inundação e apresenta contato basal com o fácies estratigráfico areia fluvial (MVC-04). Estão geralmente associados a meandros abandonados, representando uma antiga margem estuarina.

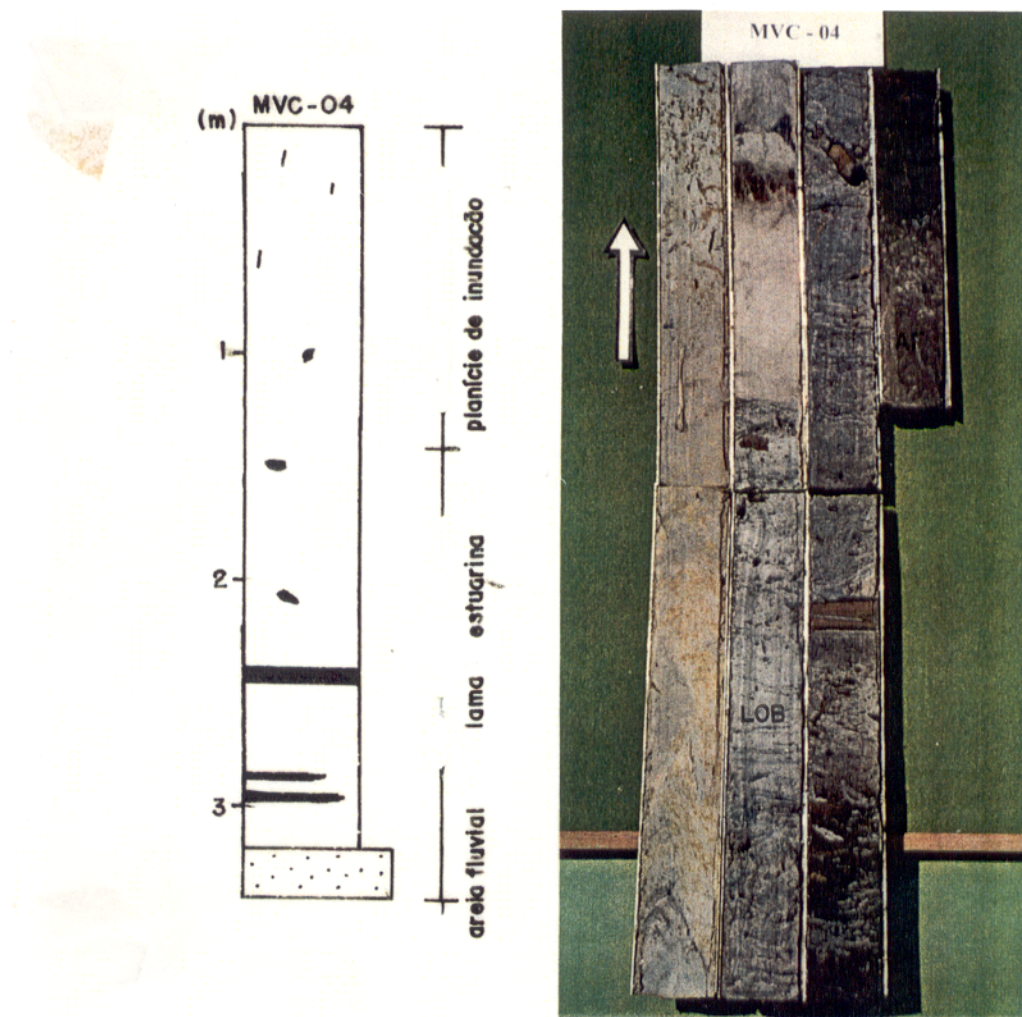


Figura 7.21 – Testemunho MVC-04 e perfil descritivo mostrando a unidade morfoestratigráfica planície de inundação no topo, passando à lama com matéria orgânica, bioturbada (LOB) do fácies lama estuarina. Na base observa-se areia fluvial (AF). (Ver localização na figura 7.1).

7.3.5. Fácies Areia Fluvial

Ocorre na base dos testemunhos MVC-07 e MVC-05 (Planície Estuarina) e é observada a aproximadamente 4,23 e 5,36 m de profundidade, com espessura máxima de 50cm.

É formada por areias, quartzosas, angulosas, de granulometria média, mal selecionada, com coloração cinza amarronzado (5YR 4/1) a cinza rosado (5YR 8/1), com matéria orgânica e nódulos de argila mosqueada (Figura 7.4).

Encontra-se sob a unidade Planície de Maré Lamosa e Barra em Pontal e são interpretados como depósitos de fundo de canal fluvial, que foram preenchidos por areia e lama estuarina.

7.3.6. Fácies Areia Mosqueada

Ocorre no contato com o Domínio Geomorfológico Planalto Costeiro, apresenta espessura superior a 2m (MVC-19).

Constitui-se por areia média, de coloração marrom amarelado moderado (10YR 5/4), maciça, com concreções ferruginosas de dimensão milimétrica, de coloração marrom amarelado moderado (10YR 5/4) (MVC-19).

Esta fácies encontra-se sobreposto pela Unidade Planície de Maré Lamosa e interpretou-se este, como sendo pertencente à Formação Barreiras, que constitui o embasamento do Estuário do Rio Marapanim (Figura 7.22).

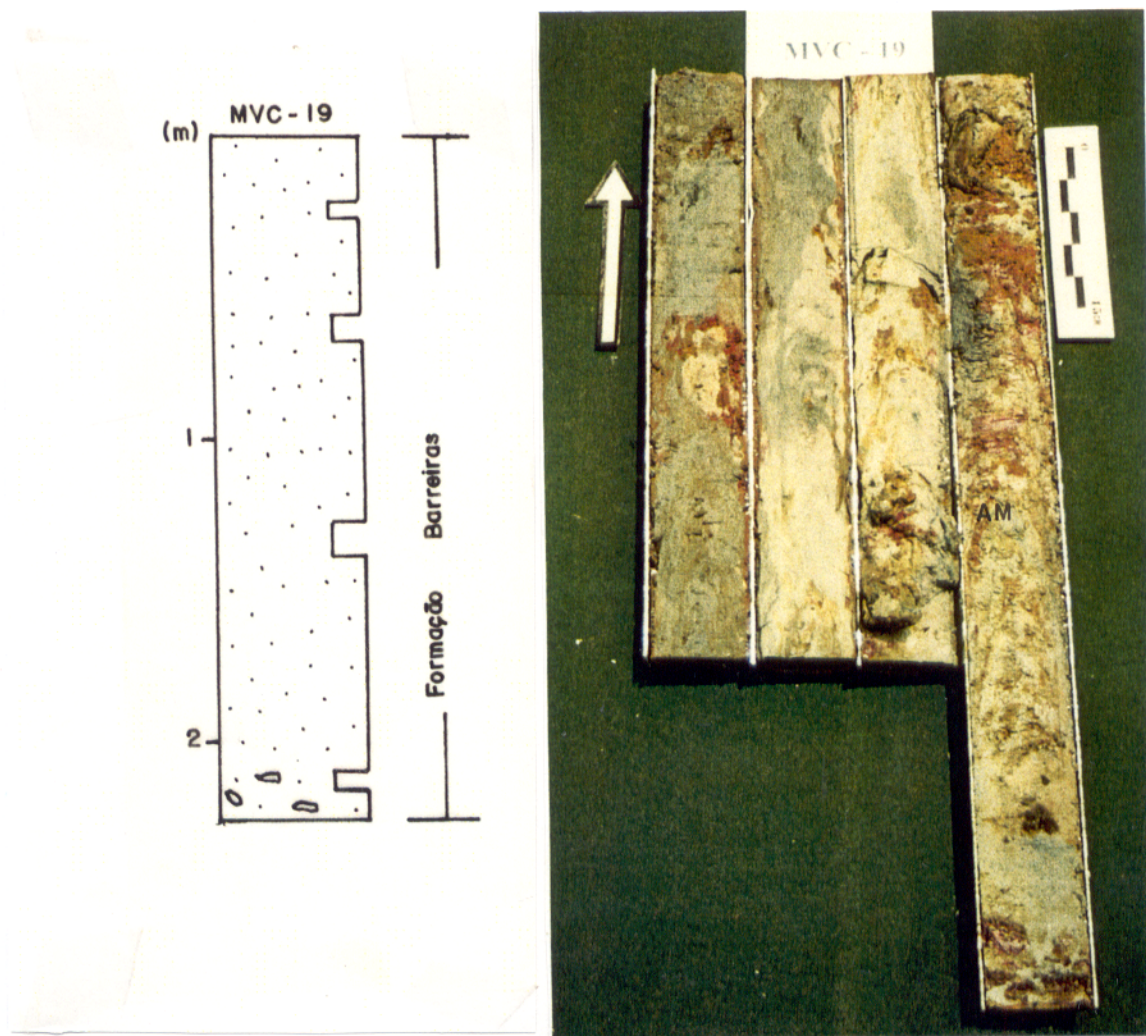


Figura 7.22 – Testemunho MVC-19 e perfil descritivo mostrando areia maciça (AM) da Formação Barreiras. (Ver localização na Figura 7.1).

7.4. CONCLUSÕES

A interpretação do modelo de sedimentação holocênica para a planície costeira, planície estuarina e planície aluvial é baseada na descrição e análise de testemunhos que são visualizados em 10 (dez) seções estratigráficas, onde é possível observar a distribuição espacial e correlação lateral e vertical entre as unidades morfoestratigráficas e os fácies estratigráficas descritos anteriormente (Figura 7.23).

Destaca-se que a posição altimétrica dos testemunhos foi uma aproximação feita em campo, com base no nível de maré alta.

Definiu-se, a partir das seções, três sequências deposicionais: Sequência Marinha Transgressiva Basal (S1), Sequência Marinha Regressiva ou de Mar Estável (S2) e Sequência Marinha Transgressiva Atual (S3), correlatas àquelas identificadas por SOUZA FILHO (1995) na Planície Costeira Bragantina.

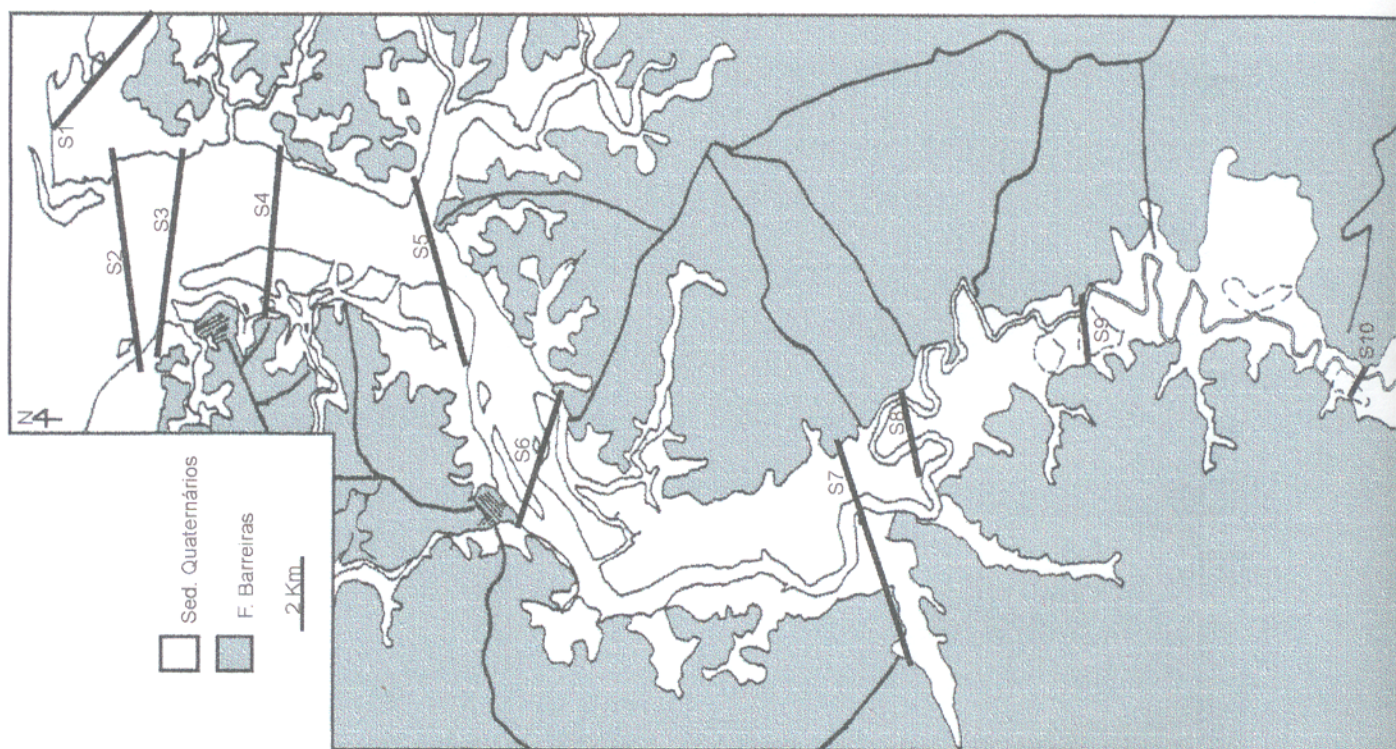


Figura 7.23 - Seções estratigráficas cortando unidades morfoestratigráficas e fácies estratigráficas.

7.4.1. Planície Costeira

Foram realizadas 03 (três) seções na Planície Costeira (Figura 7.22), as quais apresentam na base, o fácies estratigráfico areia e lama estuarina com evidências de influência de onda e corrente de maré representadas pelo acamamento “wavy”, “linsen” e “flaser”, passando ao fácies areia marinha, com estratificação cruzada incipiente. Segundo SANTOS (1996) o fácies areia marinha é resultado de uma rápida sedimentação de areia proveniente da Plataforma Continental Interna, com insuficiência de suprimento argiloso para o desenvolvimento de estruturas típicas de “shoreface”. Estes fácies foram depositados durante a Transgressão Holocênica, caracterizando a sequência transgressiva basal (S1). Na Planície Costeira, esta sequência apresenta espessura superior a 1,50m e ocorre a uma profundidade de 1m (seção 03) e 3m (seção 02) (Figura 7.24 A e B).

As unidades morfoestratigráficas Cristas de Praia Interna e Pântano Salino Externo estariam associadas a uma fase marinha regressiva ou de mar estável (S2), na qual houve uma progradação da linha de costa. Associados a esta, ocorre o preenchimento de cursos d’água posteriormente colonizados por vegetação típica de pântanos salinos.

A sequência marinha transgressiva atual (S3) é evidenciada pelo avanço das unidades morfoestratigráficas Praia Flecha-Barreira, Planície Crista de Praia e Dunas Atuais sobre as unidades de Paleodunas e Planície de Maré Lamosa.

Segundo EL-ROBRINI et.al (1992) a ação das correntes de maré e das ondas, associadas aos ventos alíseos de NE e E propiciam a formação de extensas planícies arenosas, com suprimento sedimentar proveniente do retrabalhamento de depósitos relictos localizados na Plataforma Continental Interna.

Nas últimas décadas, algumas mudanças foram confirmadas através de análise multitemporal (fotografias aéreas, cenas de satélite e radar). SANTOS (1996) evidenciou a incorporação de cordões litorâneos ao continente (período entre 1977 e 1988), atingindo uma taxa de acreção de 4m/ano. Neste mesmo período, observou-se um crescimento de 300m da Planície de Crista de Praia Externa do Crispim e a migração de dunas recentes, com uma taxa de 18m/ano sobre as Paleodunas.

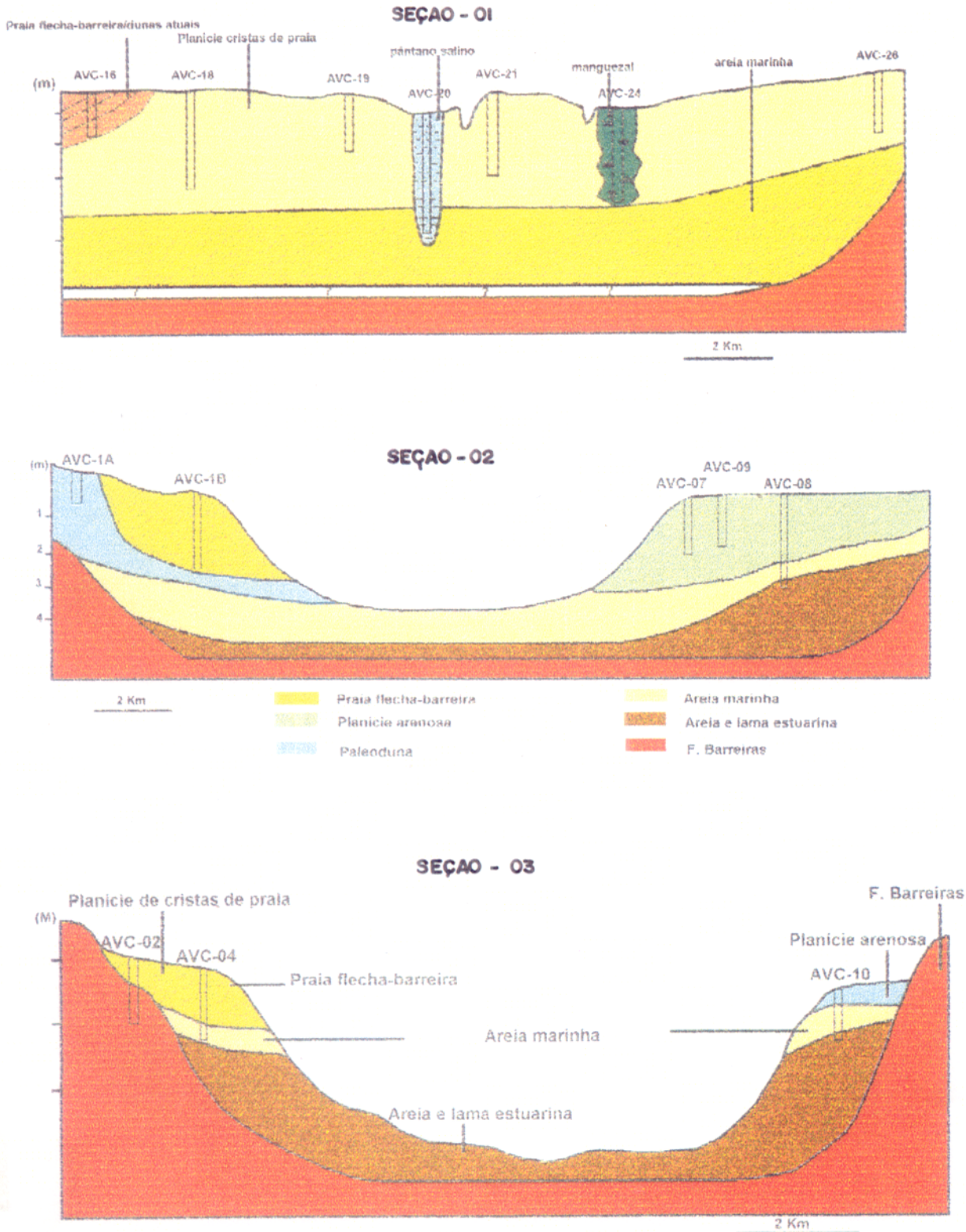


Figura 7.24 – Perfil estratigráfico cortando as unidades morfoestratigráficas e fácies estratigráficas da Planície Costeira de Marudá e Algodão.

7.4.2. Planície Estuarina

7.4.2.1. Funil Estuarino

Foram realizadas três seções cortando o vale estuarino, margeado por falésias da Formação Barreiras e Planície lamosa de intermaré cortados por canais de maré que, por vezes, encontram-se colmatados devido a progradação lamosa (Figuras 7.25).

A seção 04 mostra a porção mais externa do funil estuarino, onde o fácies areia marinha (S1) é alcançado a 1,50m de profundidade, com espessura de 2m, apresentando marcas de onda e fragmentos de carapaça de pelecípodos (MVC-16). Este fácies encontra-se sobreposto por unidades morfoestratigráficas de barra de maré e planície arenosa representativas de uma sequência marinha transgressiva atual (S3) (7.25 A).

SANTOS (1996) verificou, entre 1977 e 1988, a incorporação de barras arenosas de maré às margens do funil estuarino, dando origem a línguas arenosas que ocorrem, de forma isoladas, nas proximidades de Camboinha. Além de progradação lamosa que deu origem a Ponta do Sossego e, ao mesmo tempo, erosão nos manguezais na entrada do Furo da Mocooca que recuou cerca de 600m.

Este setor é influenciado por correntes de maré que provocam erosão nas margens, onde observa-se um recuo das falésias de 13 a 15m/anos (SANTOS, 1996). SILVA (1995) admitiu um recuo de 150m em 10 anos para as falésias do Recreio e Marudá.

Na seção 05, observa-se o fácies areia fluvial a 4,50m de profundidade, sobreposto pelo fácies areia e lama de barra em pontal, com 3m de espessura e, no topo, planície lamosa com 2m de espessura (7.25 B).

Na seção 06, encontra-se na base o fácies areia e lama estuarina (S1) alcançando a profundidade máxima de 4,60m, sobrepostas pelas unidades morfoestratigráficas: planície de maré lamosa (S3) com 4,60m de espessura e barra arenosa de maré (S3) com 2m de espessura (7.25C).

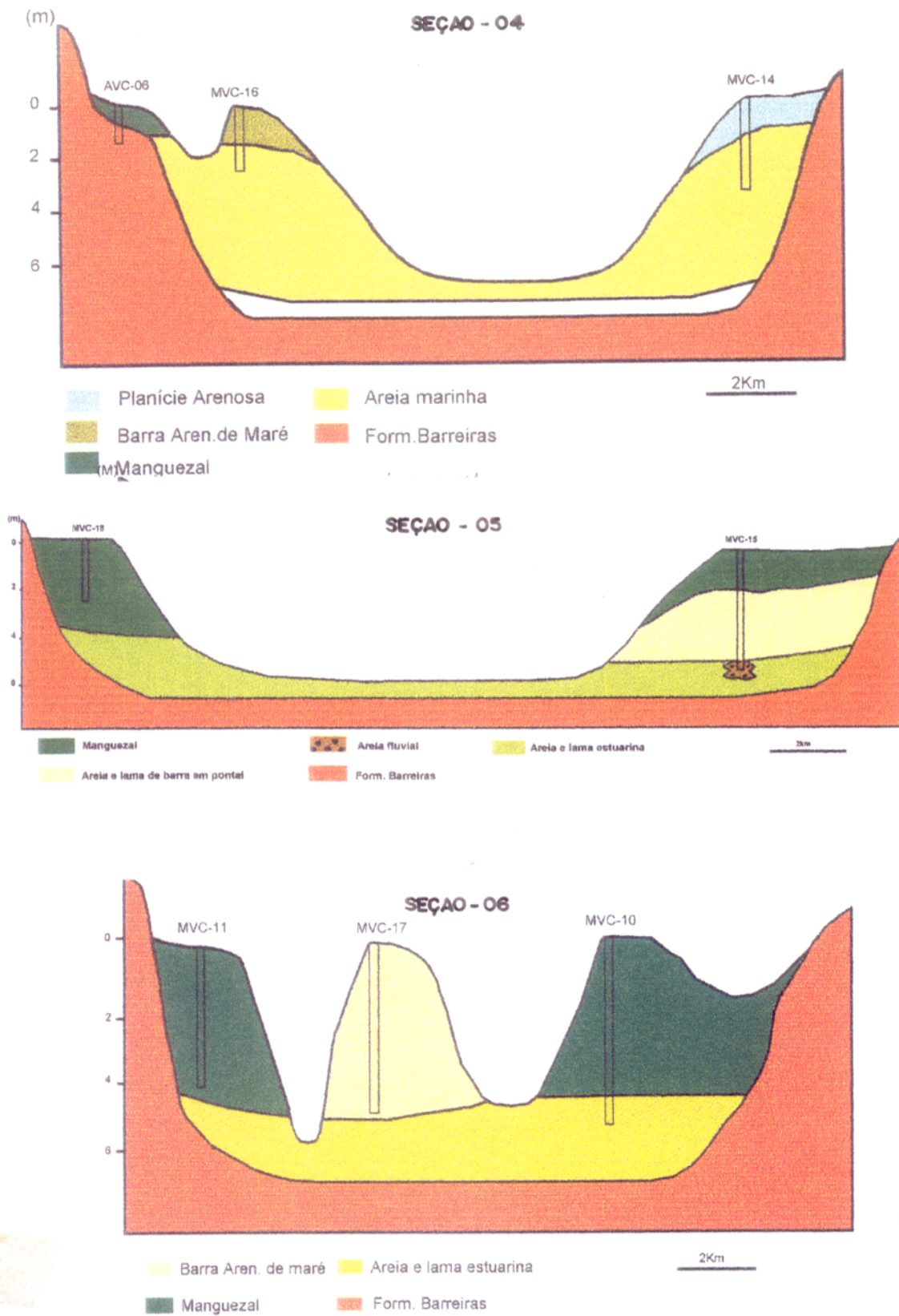


Figura 7.25 – Perfil estratigráfico cortando as unidades morfoestratigráficas e fácies estratigráficas do Funil Estuarino (Planície Estuarina).

7.4.2.2. Segmento Meandrante Sinuoso

Neste setor são comuns barras lamosas em pontal e pântanos de água doce associados aos cursos fluviais Maú e Paramaú que desaguam neste setor. A planície de maré lamosa é vegetada, predominantemente, pela espécie *Avicennia germinans*.

A seção 07 apresenta, na base, areia fluvial (1,50m de profundidade), sobreposta pela unidade pântano de água doce com 4,50m de espessura, caracterizando o preenchimento de um antigo curso d'água (Figura 7.26 A).

A seção 08 apresenta, na base, areia e lama estuarina, alcançada a uma profundidade de 3,40m, sobreposta por barra em pontal lamosa com 3,50m de espessura. O fácies areia fluvial é alcançado, nesta seção, a uma profundidade de 5m e é sobreposto pela unidade planície de maré lamosa que atinge cerca de 4,70m de espessura e está recoberto por dique marginal, que atinge cerca de 70cm de espessura (Figura 7.26 B).

7.4.2.3. Segmento Meandrante em Cúspide

Apresenta sua margem direita encaixada nos sedimentos da Formação Barreiras, chegando a apresentar barrancos, enquanto em sua margem esquerda observa-se ampla área de planície de inundação, ocupada por pântanos de água doce. O manguezal ocorre em estreitas franjas, com *Avicennias* dispostas de forma esparçada.

Não foi possível a amostragem neste setor, o que permitiria uma melhor caracterização deste.

7.4.2.4. Canal de Curso Superior

É marcado pela ocorrência de meandros abandonados e a ausência de manguezais.

A seção 09 foi realizada cortando um meandro abandonado, onde observou-se areia fluvial sobreposta por lama estuarina, interpretada como uma antiga planície de maré lamosa coberta pela planície de inundação durante a última regressão marinha (S2). Observou-se, na margem atual, areia fluvial sobreposta por barra em pontal o que evidencia uma constante migração do canal (Figura 7.27).

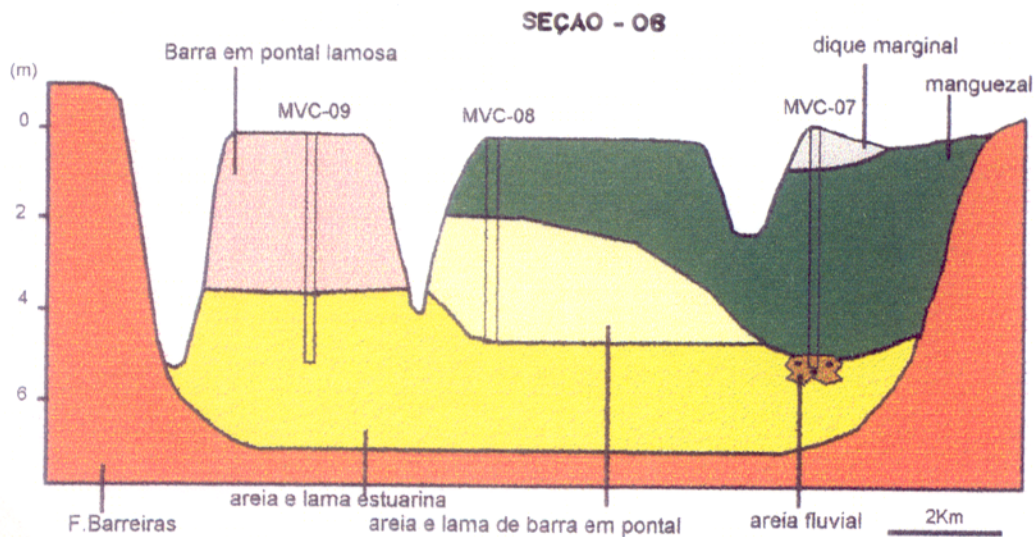
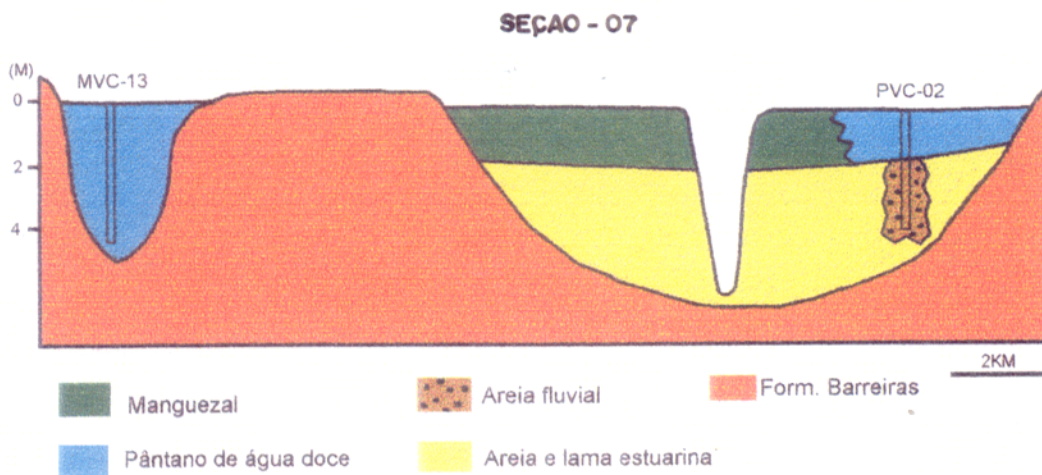


Figura 7.26 - Perfil estratigráfico cortando as unidades morfoestratigráficas e fácies estratigráficas do Segmento Meandrante Sinuoso (Planície Estuarina).

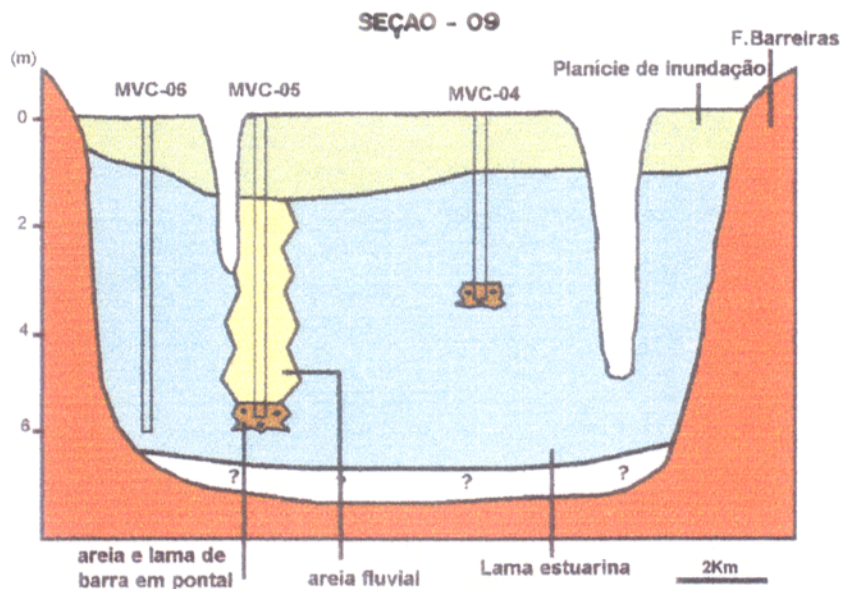


Figura 7.27 - Perfil estratigráfico cortando as unidades morfoestratigráficas e fácies estratigráficas do Canal de Curso Superior (Planície Estuarina).

7.4.3. Planície Aluvial

Os meandros abandonados, também, são comuns neste setor e estão associados a amplos pântanos de água doce, que atingem uma profundidade superior a 1m (seção 10) (Figura 7.28).

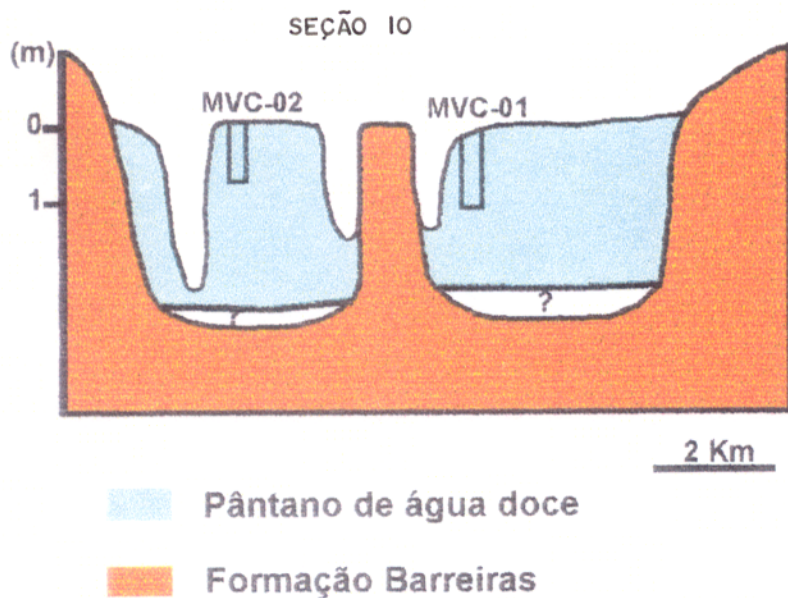


Figura 7.28 - Perfil estratigráfico cortando as unidades morfoestratigráficas e fácies estratigráficas da Planície Aluvial.

8. MODELO DEPOSICIONAL DO ESTUÁRIO DO RIO MARAPANIM

O modelo deposicional proposto para este estuário baseia-se na correlação lateral e vertical das unidades morfoestratigráficas e fácies estratigráficas, visualizados na coluna estratigráfica (Figura 8.1) e blocos diagramas (8.2, 8.3, 8.4 e 8.5) compostos para vários setores, onde é possível a visualização de sua distribuição espacial, geometria e relação entre as unidades e fácies.

O Estuário do Rio Marapanim está instalado em sedimentos da Formação Barreiras e resulta da ação de eventos cíclicos transgressivos e regressivos do mar desde o final do Pleistoceno Superior até o Recente. Associado a estes eventos foram identificadas três sequências estratigráficas distintas (Marinha Transgressiva Basal, Marinha Regressiva e Marinha Transgressiva Atual) para as Planícies Costeiras de Bragança e Salinópolis, as quais são estendidas para este setor da costa.

A Sequência Marinha Transgressiva Basal (S1) é representada pelas fácies areia fluvial (fluvial), unidade pântano salino (paludal) e fácies areia marinha (face praial). O canal fluvial sofreu afogamento, durante a subida do nível do mar, ocasionando o preenchimento deste por sedimentos paludais representados por pântanos salinos.

A Sequência Marinha Regressiva ou de Mar Estável (S2) resultou na progradação da linha de costa representada pelos ambientes: fluvial, planície de maré e planície de cristas de praia.

O ambiente fluvial apresenta canal meandrante com meandros abandonados, com uma ampla planície de inundação, onde instalaram-se pântanos de água doce.

A planície de maré lamosa, onde desenvolvem-se manguezais, e a planície arenosa bordejam o canal estuarino e estão sob ação das marés e correntes fluviais e secundariamente por ondas. Os pântanos salinos margeiam córregos de maré que cortam a planície de maré e, são atingidos pelas marés de enchente.

A Sequência Marinha Transgressiva Atual (S3) é predominantemente arenosa, cujos sedimentos são trazidos por correntes de maré da plataforma continental, as quais se depositam nas margens e no canal estuarino. As unidades representativas desta sequência são: barras em pontal e de maré, dunas, planície de cristas de praia e praia flecha-barreira.

Na Planície Costeira, as praias flecha-barreiras, dunas atuais, lagos, planície de cristas de praia externa, encontram-se migrando em direção às unidades de paleoduna, planície de crista de praia interna e planície de maré.

A origem da unidade praia flecha-barreira estaria associada ao crescimento e emersão de barras arenosas, as quais foram mapeadas por EL-ROBRINI & SOUZA FILHO (1993). A planície de cristas de praia é formada por barras de maré que colaram na costa e através da migração de sistema de cristas e calhas em direção a uma porção mais elevada da praia (FRASER, 1989). SANTOS (1996) através de análise multi-temporal de fotografias aéreas e imagens de satélite de diferentes décadas, verificou o crescimento e migração das unidades de praia flecha-barreiras e planície cristas de praia.

As dunas migram sobre os lagos, paleodunas e planícies lamosas, segundo a direção dos ventos alíseos de NE, os quais transportam material das unidades praia flecha-barreira e planície cristas de praia externa.

O Estuário do Rio Marapanim apresenta barras arenosas que preenchem parcialmente o funil estuarino e, segundo a Classificação de HARRIS (1988) enquadra-se no Estágio Evolutivo Tipo B, onde o crescimento de barras de desembocadura e a migração do segmento meandrante em direção ao oceano indicam o estágio de maturidade deste sistema.

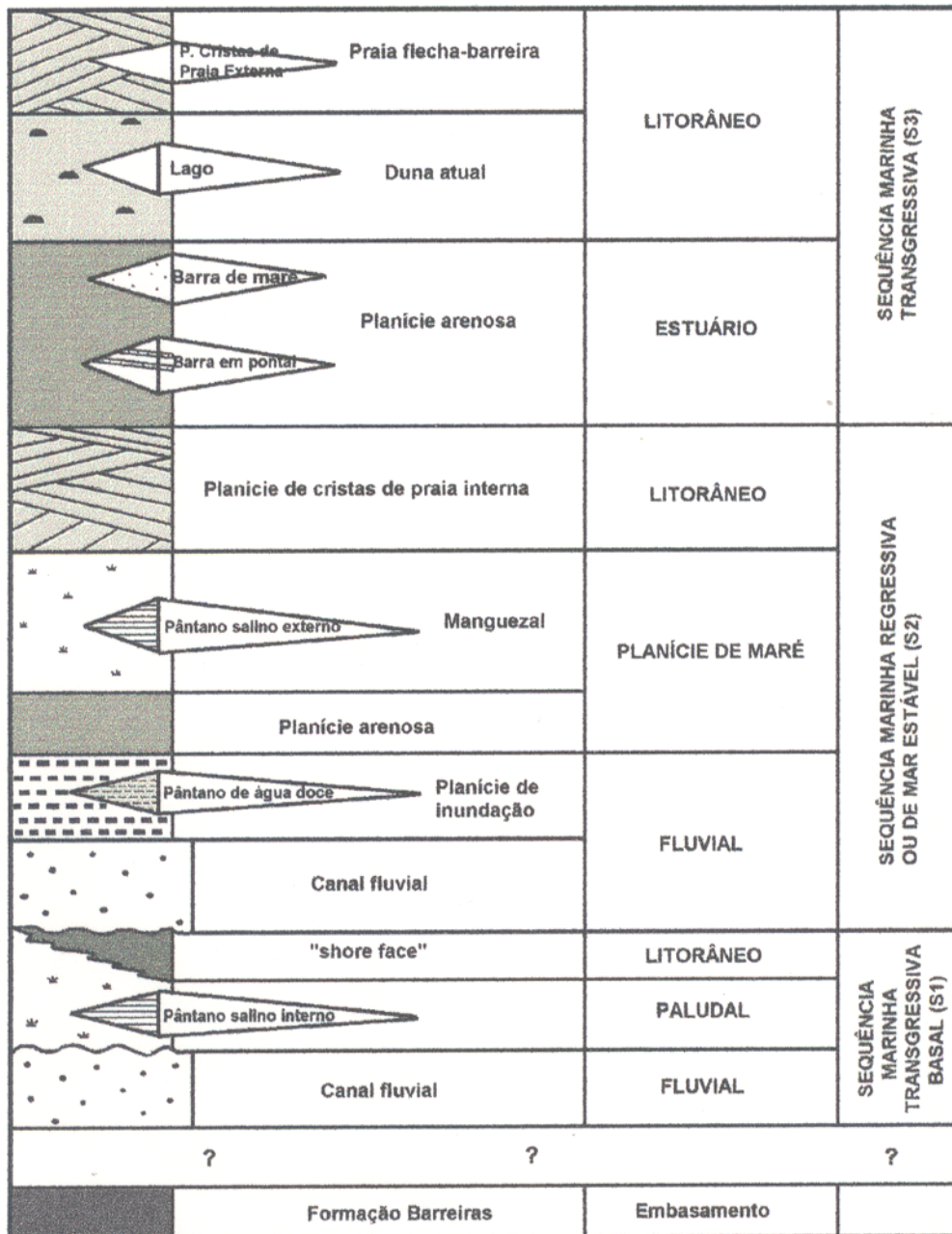


Figura 8.1 – Coluna estratigráfica composta para o Estuário do Rio Marapanim.

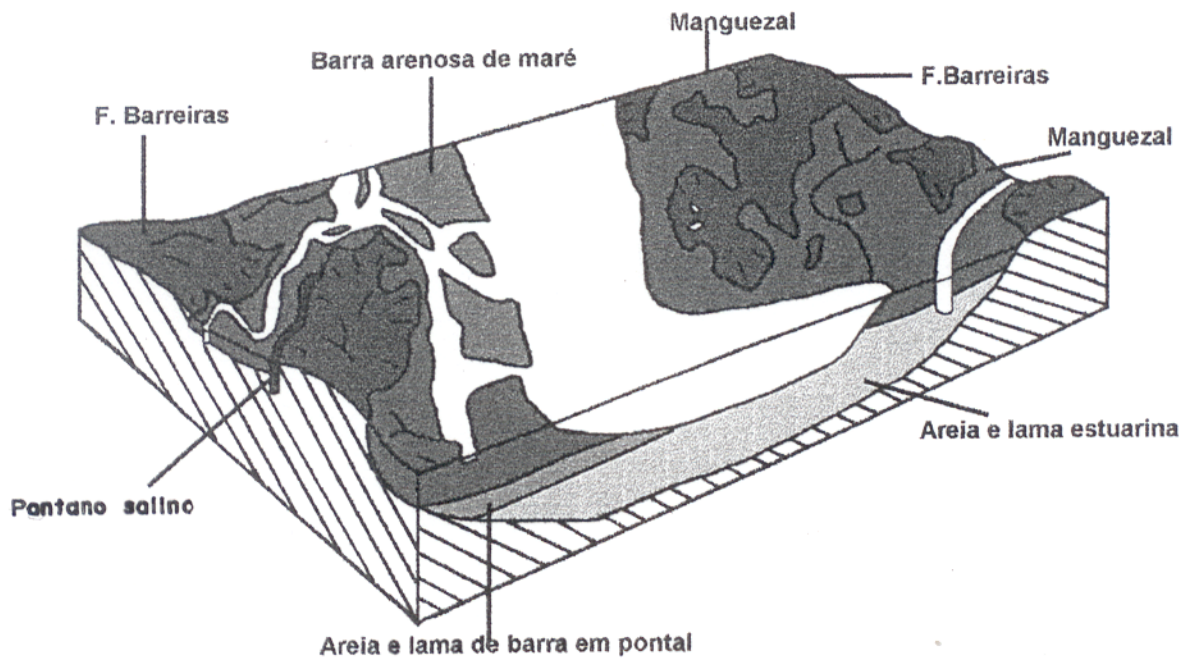


Figura 8.2 - Bloco diagrama cortando o Funil Estuarino (Planície Estuarina), onde observa-se as unidades morfoestratigráficas e fácies estratigráficas associados.

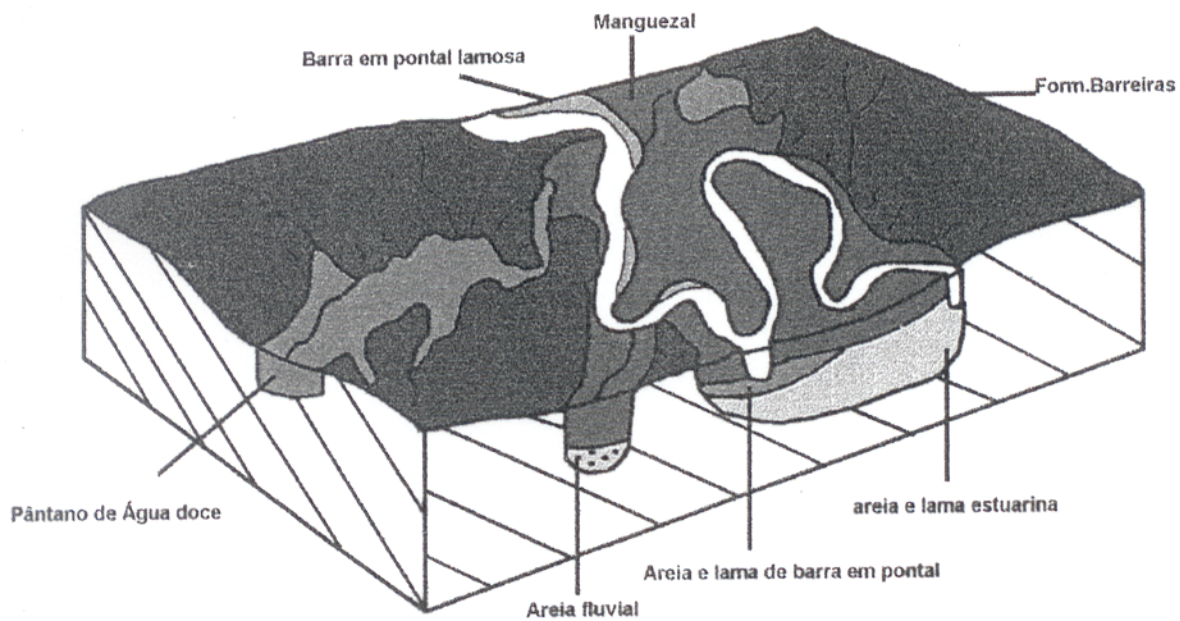


Figura 8.3 – Bloco diagrama cortando o Segmento Meandrante Sinuoso (Planície Estuarina), onde observa-se as unidades morfoestratigráficas e fácies estratigráficas associados.

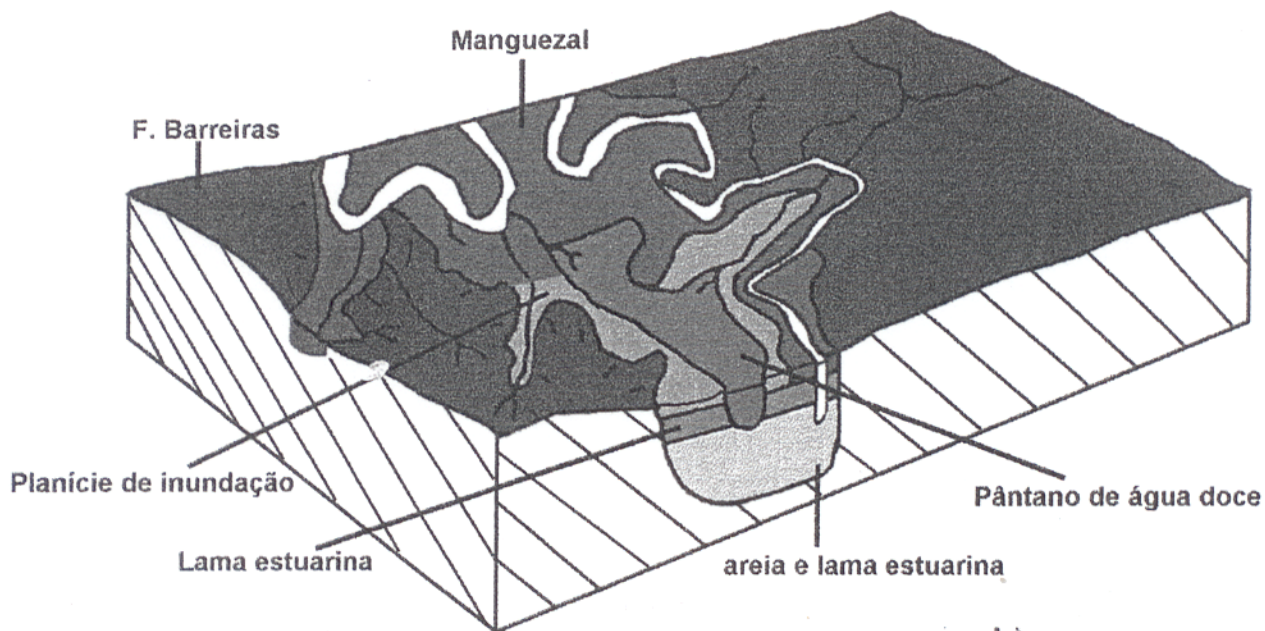


Figura 8.4 - Bloco diagrama cortando o Segmento Meandrante em Cúspide (Planície Estuarina), onde observa-se as unidades morfoestratigráficas e fácies estratigráficas associados.

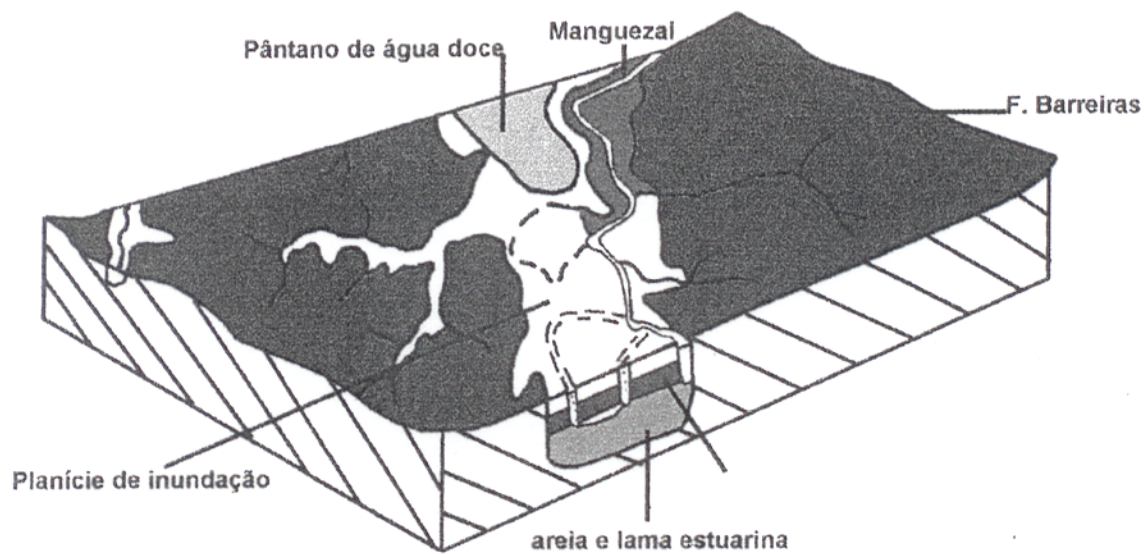


Figura 8.5 – Bloco diagrama cortando o Canal de Curso Superior (Planície Estuarina), onde observa-se as unidades morfoestratigráficas e fácies estratigráficas associados.

9. EVOLUÇÃO HOLOCÊNICA DO ESTUÁRIO DO RIO MARAPANIM

A Planície Costeira do Nordeste do Pará apresenta evidências morfológicas e estratigráficas, que sugerem a influência das oscilações do nível do mar na migração da linha de costa, durante o Holoceno. Assim, as principais evidências são os “cheniers” encontrados a 1km da linha de costa, na Planície Costeira de Bragança; as extensas planícies de cristas de praia e as paleodunas de Algodual e; os registros de paleolitorais e depósitos submarinos de origem fluvial encontrados na plataforma.

No máximo da Última Transgressão Holocênica (~5.100 A.P.), com a subida do nível relativo do mar, ocorreu o afogamento da planície costeira, migrando em direção ao continente, retrabalhando o planalto costeiro, gerando falésias e aumentando o leito do rio. A planície costeira ocupada por lençóis arenosos transgressivos, representados pelo fácies areia marinha, foi recoberta tendo seus canais preenchidos, evidenciados por pântanos salinos internos encontrados na planície costeira atual.

Este evento transgressivo é correlacionável ao nível de mar alto holocênico, representativo do nível de mar mais alto atingido e bem caracterizado, no leste e sudeste do Brasil, como Transgressão Holocênica (5.100 anos A.P.), a qual proporcionou o afogamento de canais fluviais originando estuários (SUGUIO et al., 1985; MARTIN & SUGUIO, 1989).

Em Fase Regressiva ou de Mar Estável, ocorreu uma progradação lamosa e arenosa representada pelos fácies lama / areia e lama estuarina e areia e lama de barra em pontal e manguezais. Na planície costeira, ocorreu a deposição do sistema de cristas e calhas adjacente às falésias, representada pela unidade morfoestratigráfica de planície de cristas de praia, a qual encontra-se a aproximadamente 2km da linha de costa atual, em uma cota topográfica de aproximadamente 8m.

Atualmente, ocorre a migração de sistemas de praia flecha-barreira e de dunas sobre os depósitos lamosos da planície de maré e siliciclásticos da planície de cristas de praia e paleodunas, desenvolvidos durante a fase de progradação da linha de costa sob condições de nível de mar estável. Além de barras de maré que preenchem o funil estuarino, as correntes de maré contribuem na erosão das falésias e na migração de barras de maré.

Atualmente, o Estuário do Rio Marapanim, juntamente com outros setores da costa nordeste do Pará: Bragança e Salinópolis (SOUZA FILHO, 1995 e SILVA, 1996) e costa do Rio Grande do Sul (TOMAZELLI & VILLWOCK, 1995) está sob condições transgressivas.

A ausência de datação absoluta e estudos mais sistemáticos torna difícil a precisão com relação aos pulsos transgressivos e regressivos ocorridos durante o Holoceno, a partir da última grande transgressão marinha, que originou o Estuário do Rio Marapanim. Porém, admite-se que a evolução da planície costeira adjacente a este estuário, resulta da progradação da linha de costa, sob condições de mar estável, intercalada por eventos retrogradacionais relacionados a pulsos transgressivos de curta duração.

10. CONCLUSÕES

Com base nos dados expostos e discussões levantadas durante esta dissertação, foram consideradas as seguintes conclusões:

O Estuário do rio Marapanim, esculpido em sedimentos da Formação Barreiras, é um exemplo típico de um sistema estuarino dominado por macro-marés (>5m).

Morfologicamente, foram definidos três domínios geomorfológicos: Planície Costeira, Planície Estuarina e Planície Aluvial.

A Planície Costeira é representada pelas unidades planície de cristas de praia, paleoduna, duna costeira atual, pântano salino, planície de maré (arenosa e lamosa), praia flecha-barreira, lago e paleo córrego de maré;

A Planície Estuarina abrange o canal estuarino, canal de maré e planície de inundação, onde instalam-se pântano salino e pântano de água doce.

O canal estuarino foi compartimentado em quatro segmentos distintos, estabelecidos em função de sua morfologia que varia da porção distal para a proximal, refletindo a influência das marés dinâmica e salina. Estes padrões, similares aos propostos por WOODROFFE et al. (1986) para o Rio Alligator na Austrália, constituem: o funil estuarino, com depósitos de planície de maré lamosa, barras arenosas de maré e barras lamosas de maré colonizadas por manguezais (ilhas); no segmento meandrante sinuoso ocorrem planície de maré lamosa, barra em pontal e dique marginal; no segmento meandrante em cúspide ocorrem planície de maré lamosa e dique marginal e; no canal de curso superior ocorrem meandros abandonados.

A Planície Aluvial é representada por canal meandrante com meandros abandonados, constituído por depósitos de fundo de canal, depósitos de margem de canal (dique marginal, depósitos de recobrimento e pântanos de água doce associados a planície de inundação) e depósitos de preenchimento de canal.

A estratigrafia do estuário do Rio Marapanim é constituída por 14 unidades morfoestratigráficas (planície de inundação, dique marginal, meandro abandonado, pântano de água doce, planície de maré lamosa, barra de maré arenosa, barra de maré lamosa, barra em pontal lamosa, planície de crista de praia, paleoduna, dunas atuais, praia flecha-barreira, planície arenosa e pântano salino) e 6 fácies estratigráficas (areia e lama de barra em pontal, areia marinha, areia e lama estuarina, lama estuarina, areia fluvial e areia mosqueada).

A partir da correlação vertical e lateral definiu-se 3 sequências denominadas de Sequência Marinha Transgressiva Basal (S1), Sequência Marinha Regressiva ou de Mar Estável (S2) e Sequência Marinha Transgressiva Atual (S3).

A Sequência Marinha Transgressiva Basal (S1) é constituída pelos ambientes: fluvial, parálico e de face praial. O ambiente fluvial é representado pelo fácies areia fluvial, encontrado a aproximadamente 5m de profundidade. O ambiente parálico é representado por pântanos salinos internos, os quais eram cursos de água que foram preenchidos com a subida do nível do mar. O ambiente praial é representado pelo fácies areia marinha encontrados na planície costeira e funil estuarino.

A Sequência Marinha Regressiva ou de Mar Estável (S2) destaca a progradação de sedimentos lamosos e arenosos responsáveis pelo recuo de falésias. São representantes os ambientes: fluvial com canal meandrante com influência de maré, com margens ocupadas por amplas planícies de inundação, onde instalaram-se pântanos de água doce; planície de maré representada por barras em pontal lamosas e arenosas, além de planícies lamosas colonizadas por manguezais; ambiente litorâneo com planície de cristas de praia interna, depositadas com a estabilização do mar, sobre o planalto costeiro a 2km da linha de costa, encontrando-se em cota topográfica de aproximadamente 8m.

A Sequência Marinha Transgressiva Atual (S3) é representada por barras arenosas de maré e barras em pontal arenosas, que preenchem parcialmente o estuário do Rio Marapanim. Na planície costeira, as unidades de dunas atuais, praia flecha-barreira e planície de cristas de praia estão migrando em direção ao interior do continente, recobrando os sedimentos lamosos da Sequência Marinha Regressiva (S2).

A evolução deste estuário está associada a progradação da linha de costa, sob condições de mar estável durante o Holoceno, intercalada por eventos retrogradacionais da linha de costa relacionados a pulsos transgressivos de curta duração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, G. P. & POSAMENTIER, H.W. 1993. Sequence stratigraphy and facies model of an incised valley fill: the Gironde Estuary, France. **Journal of Sedimentary Petrology**, 63(3):378-391.
- ALLEN, J.R.L. 1965. A review of the origin and characteristics of recent alluvial sediments. **Sedimentology**, 5(2):89-191.
- ALLEN, J.R.L. 1970. Studies in sedimentation a comparison of fining-upwards cyclothems, with special reference to coarse-member composition and interpretation. **Journal of Sedimentary Petrology**, 40(1):298-323.
- ALLEN, J.R.L. 1990. The Severn Estuary in southwest Britain: its retreat under marine transgression and fine sediment regime. **Sedimentary Geology**, 66:13-28.
- ALMARAZ, C.U. 1977. **Aspectos geoquímicos e ambientais dos calcários da Formação Pirabas - Estado do Pará**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências, 198p. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências, UFRGS, 1977.
- ARAI, M. et al. 1988. Considerações sobre a idade do Grupo Barreiras no nordeste do Estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35, Belém, 1988. **Anais**. Belém, SBG. V.2, p.738-752.
- ARAI, M. et al. 1994. Novos dados sobre a estratigrafia e ambiente deposicional dos sedimentos Barreiras, NE do Pará. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 4., Belém, 1994. **Anais**. SBG. Núcleo Norte, p.185-187.
- BARBOSA, G.V. & PINTO, M.N. 1973. Geomorfologia da Folha SA-23 (São Luiz) e parte da Folha SA-24 (Fortaleza). In: BRASIL. Projeto RADAM BRASIL. **Folha SA-23 São Luis e parte da Folha SA-24 Fortaleza**; geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da Terra. Rio de Janeiro. Capítulo 1, p.3-37 (Levantamento de Recursos Naturais, 3).
- BEMERGUY, R.L. & COSTA, J.B.S. 1991. Considerações sobre a evolução do sistema de drenagem da Amazônia e sua relação com o arcabouço tectônico-estrutural. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, 3:77-98.
- BERREDO, J.F. et al. 1997. Hidroquímica do estuário do Rio Marapanim, Nordeste do Estado do Pará - Brasil. In: WORKSHOP DO PROGRAMA INSTITUCIONAL DE ESTUDOS COSTEIROS. 1., Salinópolis, 1997. **Anais**. Salinópolis, MCT/CNPq/MPEG. p. 25-26.

- BORGES, M.S. et al. 1994. Aspectos morfotectônicos da região de Curuçá – NE do Estado do Pará. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 4., Belém, 1994. **Anais**. SBG. Núcleo Norte, p.43-44.
- BOYLES, J.M. et al., 1986. A logging from for graphic description of core and outcrop. **Journal of Sedimentary Petrology**, 56(4):567-568.
- COSTA, J.B.S. et al. 1991. Aspectos da tectônica cenozóica na Região do Salgado, Litoral nordeste do Estado do Pará. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 3., Belém, 1991. **Anais**. Belém, SBG-Núcleo Norte, p.156-165.
- COSTA, J.L. da et al. 1977. **Projeto Gurupi; Relatório Final**. Belém, v.1, 258p.
- CUNHA, F.M.B. 1991. Morfologia e tectonismo do Rio Amazonas. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 3., Belém, 1991. **Anais**. Belém, SBG. p.193-211.
- DALRYMPLE, R.W. et al. 1990. Dynamics and facies model of a macrotidal sand-bar complex, Cobequid Bay - Salmon River estuary (Bay of Fundy). **Sedimentology**, 37:577-612.
- DALRYMPLE, R.W. et al. 1991. Temporal and spatial patterns of rhythmite deposition on mudflats in the macrotidal Cobequid Bay - Salmon River estuary, Bay of Fundy, Canadá. In: SMITH, D.G. et al. Eds. **Clastic tidal sedimentology**. Canadian Society of Petroleum Geologists. P.137-170. (Memoir, 16).
- DALRYMPLE, R.W. et al. 1992. Estuarine facies models: conceptual basis and stratigraphic implications. **Journal of Sedimentary Petrology**, 62(6): 1130-1146.
- DAVIES, J.L. 1977. **Geophysical variation in coastal development**. New York, Hafner Publishing Company. 204p.
- DAVIS Jr., R.A. 1983. **Depositional systems. A genetic approach to sedimentary geology**. Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall. 669p.
- DEPARTAMENTO DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO (DHN). 1994. **Tábuas de Marés para 1994. Costa do Brasil e alguns portos estrangeiros**. Rio de Janeiro, DHN. P.1-6.
- DOMINGUES, J.M.L. et al. 1992. Controls on Quaternary coastal evolution of the east-northeastern coast of Brazil: roles of sea level history, trade winds and climate. **Sedimentary Geology**, 80: 213-232.
- EL-ROBRINI, M. 1993. **Projeto Oceanografia da Folha Marapanim: batimetria, sedimentologia, hidrodinâmica e parâmetros físico-químicos das águas**. Relatório Interno, IDESP. 16.

- EL-ROBRINI, M. et al. 1992. Estudo sedimentológico das areias litorâneas do NE do Pará e NW do Maranhão. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO QUATERNÁRIO, 4., São Paulo, 1992. **Resumos**. São Paulo, SBG. V.1, p.79-80.
- EL-ROBRINI, M. & SOUZA FILHO, P.W.M. 1993. Evidence of Quaternary sea levels on the Northern Continental Shelf. In: SIMPÓSIO AMASSEDS, Niterói, 1993. **Resumos**. Niterói, UFF.p.16.
- ELLIOTT, T. 1986. Siliciclastic shorelines. In: READING, H.G. ed. **Sedimentary environments and facies**. Oxford, Blackwell Scientific Publication. P.155-188.
- FARIA JR., L.E. do C. et al. 1987. A dinâmica sedimentar da praia do Maçarico/Salinópolis e sua importância para a geologia da Região Costeira do Estado do Pará. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO QUATERNÁRIO, 1., Porto Alegre, 1987. **Anais**. Porto Alegre, ABEQUA, p. 343-356.
- FERREIRA, C.S. 1980. Correlação da Formação Pirabas (Mioceno Inferior) N e NE do Brasil, com as formações Chipola e Tampa da Península da Flórida, USA. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE PALEONTOLOGIA, 1., Buenos Aires, 1978. **Atas**. Buenos Aires. V.3, p.49-55.
- FIGUEIREDO JR., A.G. 1990. **Normas de controle de qualidade para processamento de testemunhos inconsolidados**. Projeto sedimentos de talude, Contrato PETROBRÁS/UFF no.3-570-794-0-90, 27p.
- 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. **Cad. Geociências**. 11:11-33.
- FRANZINELLI, E. 1982. Contribuição à geologia da costa do Estado do Pará (entre as baías de Curuçá e Maiaú). In: SIMPÓSIO MAT. BRAS., 4., Manaus. 1982. **Atas**. Manaus. P.305-322.
- FRANZINELLI, EL. 1992. Evolution of the geomorphology of the coast of the State of Pará, Brazil. In: PROST, MT. **Évolution des littoraux de Guyane et de la Zone Caraibe Méridionale pendant le Quaternaire**. Paris. ORSTOM. P.203-230.
- FRASER, G.S. 1989. **Clastic Depositional Sequences: Processes of Evolution and Principles of Interpretation**. New Jersey, Prentice-hall. 459p.
- GEYER, W.R.et al. 1991. The physical oceanography of the Amazon outflow. **Oceanography**, 4(1):8-14.
- GÓES FILHO, L. et al. 1973. Vegetação. In: BRASIL. Projeto RADAM. **Folha SA-23 (Folha São Luis) e parte da Folha SA-24 (Folha Fortaleza)**. MME/DNPM, v.3, p.71-72.

- HARRIS, P.T. 1988. Large-scale bedforms as indicators of mutually avasive sand transport and the sequential infilling of wide-mouthed estuaries. **Sedimentary Geology**, 57:273-298.
- HERZ, R. 1991. **Manguezais do Brasil**. São Paulo. EDUSP. 54p.
- MARTIN, L. & SUGUIO, K. 1989. Excursion route along the brazilian coast between Santos (State of São Paulo) and Campos (State of Rio de Janeiro). In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GLOBAL CHANGES IN SOUTH AMERICA DURING THE QUATERNARY, São Paulo, 1989. **Guia de Excursão**, São Paulo, INQUA. 136p. (Special publication, 2).
- MARTORANO, L.G. et al. 1993. **Estudos climáticos do Estado do Pará, classificação climática (Köppen) e deficiência hídrica (Thornthwhite, Mather)**. Belém, SUDAM/EMBRAPA, SNLCS, 53p.
- MENDES, A.C. 1994. **Estudo sedimentológico e estratigráficos dos sedimentos holocênicos da costa do Amapá - setor entre a Ilha de Maracá e Cabo Orange**. Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 276p. Tese (Mestrado em Geologia) - Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Centro de Geociências, UFPA, 1994.
- NIO, S.D. & YANG, C.S. 1989. **Recognition of tidally influenced facies and environment**. *Intergeos*. Cap. 02.p.6-23. Neetherland Short Course Note Series 01.
- OTTMANN, F. 1968. L'Étude des problèmes estuariens. **Revue de Géographic Physique et de Géologie Dynamique** (2), V.X., fasc.4, p.329-353.
- PENLAN, S. & SUTER, J. 1989. The geomorphology of the Mississipi River chenier plain. **Marine Geology**, 90 (4):231-258.
- PERILLO, G.M.E. 1995. **Geomorphology and sedimentology of estuaries**. Elsevier Science B.V. 471p.
- PINHEIRO, R.V.L. 1987. **Estudo hidrodinâmico e sedimentológico do Estuário Guajará**. Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências, 152p. Tese (Mestrado em Geologia) - Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, UFPA, 1987.
- PRITCHARD, D.W. 1967. What is an estuary? Physical viewpoint. In: LAUFF, G.H. **Estuaries**. **American Association for the advancement of Science**, 83. P.3-5.
- PRITCHARD, D.W. & CARTER, H. H. 1971. Classification of estuaries. In: SCHUBEL, J.R. ed. **Estuarine environment: estuaries and estuarine sedimentation**. Washington D.C., American Geological Institute. Cap. II, p.9-11.

- REINSON, G.E. 1992. Transgressive barrier island and estuarine systems. In: WALKER, R.G. & JAMES, N.P., eds. **Facies Models. Response to sea level changes**. Ontario, Geological Association of Canada, Love Printing Service Ltda. P. 179-194.
- ROCK-COLOR CHART COMMITTEE. 1984. **Rock-color chart**. Netherlands. Huyskes-Enschade.
- ROSSETTI, D.F. et al. 1989. Estudo paleoambiental e estratigráfico dos sedimentos Barreiras e Pós-Barreiras na Região Bragantina, Nordeste do Pará. **Bol. Mus. Par. Emílio Goeldi, Série Ciências da Terra**, 2: 17-29.
- SÁ, J.H.S. 1969. Contribuição a geologia e os sedimentos terciários e quaternários da Região Bragantina. **Boletim do Instituto de Geologia do Rio de Janeiro**, 3:21-36.
- SANTOS, O.C. de O. et al. 1992. Clima. In: PROGRAMA NACIONAL DE GERENCIAMENTO COSTEIRO. **Macrozoneamento Costeiro do Estado do Pará**. Belém, IBAMA/SECTAM/IDESP. P. 68-76 (Relatório Técnico).
- SANTOS, V.F.dos. 1996. **Estratigrafia holocênica e morfodinâmica atual da planície costeira da ilha de Algodão e Marudá**. Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências, 139p. Tese (Mestrado em Geologia) - Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, UFPA, 1996.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y & CINTRON, G. 1986. **Guia para estudo de áreas de manguezal; estrutura, função e flora**. São Paulo, Caribbean Ecological Research. 150p.
- SCHUBEL, J.R. 1971. Classification of estuaries. In: SCHUBEL, J.R., ed. **Estuarine environment: estuaries and estuarine sedimentation**. Washington D.C., American Geological Institute. CapII, p.2-8.
- SENNA, C.S.F. et al. 1991. Geomorfologia. In: SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE & IBAMA. **Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro. Macrozoneamento Costeiro do Estado do Pará**. Belém, SECTAM/IBAMA/CRN. p.59-67. Relatório Técnico/91.
- SENNA, C.S.F. 1993. Caracterização geomorfológica da APA de Algodão-Maiandeuá. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DO QUATERNÁRIO DA AMAZÔNIA, Manaus-AM, **Resumos**, Manaus, PICG, p.91-94.
- SILVA, C.A. da. 1995. **Caracterização geológica-geomorfológica das margens da baía do Marapanim – NE do Pará**. Belém, UFPA - Centro de Geociências (Trabalho de Conclusão de Curso). 46p.
- SILVA, M.S. da. 1996. **Morfoestratigrafia e evolução da planície costeira de Salinópolis. NE do Estado do Pará**. Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências, 142p.

- Tese (Mestrado em Geologia) - Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, UFPA, 1996.
- SOARES , P.C. & FIORI, A.P. 1976. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. **Notícia Geomorfológica**, 16(32). P.71-104.
- SOUZA FILHO, P.W.M. e. 1995. **Influência das variações do nível do mar na morfoestratigrafia da Planície Costeira Bragantina (NE do Pará) durante o Holoceno**. Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências, 122p. Tese (Mestrado em Geologia) - Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, UFPA, 1995.
- SOUZA FILHO, P.W.M. & EL-ROBRINI, M. (*em impressão*). **Morfologia, processos de sedimentação e litofácies dos ambientes morfosedimentares da Planície Costeira Bragantina - Nordeste do Pará (Brasil)**.
- SUGUIO, K. 1973. **Introdução a sedimentologia**. São Paulo. Edgard Blucher, 342p.
- SUGUIO, K. et al. 1985. Flutuações do Nível Relativo do Mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. **Revista Brasileira de Geociências**, 15(4):273-286.
- TOMAZELLI, L.K. & VILLWOCK, J.A. 1995. Geological evolution of Rio Grande do Sul coastal plain during the Quaternary. In: LOICZ Scientific Meeting, São Paulo, **Program and Abstracts**:11-13.
- WOODROFFE, C.D. et al. 1986. **Geomorphological dynamics and evolution of the South Alligator tidal river and plains, northern territory**. Australian National University. North Australia Research Unit (mangrove monograph, 3). 190p.
- WOODROFFE, C.D. et al. 1989. Depositional model of a macrotidal estuary and floodplain, South Alligator River, Northern Australia. **Sedimentology**, 36:737-756.
- WRIGHT. L.D. et al. 1975. Sediment transport and deposition in a macrotidal river channel, Ord River, western Australia. In: CRONIN, L.E., ed. **Estuarine Research**. New York, Academic Press, v.11, p.309-322.