

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

Lucimary Albuquerque da Silva

**SEDIMENTOLOGIA DO CANAL DE
SANTA CRUZ – ILHA DE
ITAMARACÁ - PE**

Dissertação de Mestrado

2004

LUCIMARY ALBUQUERQUE DA SILVA

Geógrafo, Universidade Federal de Pernambuco, 1998.
Especialista em Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco. 2000.

**SEDIMENTOLOGIA DO CANAL DE SANTA CRUZ –
ILHA DE ITAMARACÁ - PE**

Dissertação que apresentou à Pós-Graduação em Geociências do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, orientado pelo Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso e co-orientado pelo Prof. Dr. Eldemar de Albuquerque Menor, em preenchimento parcial dos requisitos para obter do Grau de Mestre em Geociências, área de concentração em Geologia Sedimentar e Ambiental, defendida e aprovada em 30 de junho de 2004.

**RECIFE, PE
2004**

Silva, Lucimary Albuquerque da
Sedimentologia do Canal de Santa Cruz – Ilha de
Itamaracá - PE / Lucimary Albuquerque da Silva. –
Recife : O Autor, 2004.
98 folhas : il., tab., fig., tab., quadros.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal
de Pernambuco. CTG. Geociências, 2004.

Inclui bibliografia e anexos.

1. Sedimentologia – Canal de Santa Cruz –
Itamaracá (PE). 2. Fácies sedimentares – Canal de
Santa Cruz (PE) – Identificação e distribuição. 3.
Sistema estuarino – Canal de Santa Cruz (PE) –
Caracterização. I. Título.

551.3.051
551.7

CDU (2.ed.)
CDD (21.ed.)

UFPE
BC2004-494

SEDIMENTOLOGIA DO CANAL DE SANTA CRUZ – ILHA DE ITAMARACÁ-PE

LUCIMARY ALBUQUERQUE DA SILVA

Aprovada:

Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso (orientador) 30/06/2004

Prof. Dr. Eldemar de Albuquerque Menor 30/06/2004

Prof. Dr. George Satander Sá Freire 30/06/2004

AGRADECIMENTOS

A dificuldade em relacionar todos aqueles que contribuíram para a conclusão desse trabalho é enorme. O receio de esquecer alguém, e este ficar aborrecido ou injustiçado torna o que deveria ser mais fácil uma tarefa embaraçosa. Por isso, agradeço a todas as pessoas e instituições que contribuíram para realização desse trabalho.

Ao Prof. Valdir Manso que, além de orientar este trabalho em todas as suas etapas, ouviu minhas lamentações e problemas. Fazendo o possível para que o trabalho fosse concluído com sucesso. E por conceder-me um espaço em seu laboratório para meus estudos.

Ao meu co-orientador Prof.. Eldemar Menor, que além de suas sugestões corrigiu com paciência erros ortográficos.

Aos Profs. do programa de Pós-graduação em Geociências e em especial, ao Prof. Virgíno Newman, pelo empréstimo das bacias que serviram para reter as lamas, e a Profa. Lúcia Mafra pelo apoio que sempre me dispensou..

A Wallace, meu marido que me fez o roteiro do programa para análise estatística das amostras e pela paciência nos momentos de angústia.

Aos meus colegas Jandira e Alberto pela amizade e festinha surpresa após a defesa e a Rochana pelas conversas e sugestões.

Ao barqueiro Laércio, a Danilo Godoy e a Francisco pelo apoio na coleta das amostras e pela amizade.

Aos meus amigos que me acompanharam durante o curso, Jeane, Marcelo e Fernando, que me proporcionam momentos de descontração.

Aos meus amigos Antenor e Sílvio pelo empréstimo das impressoras e a Elizete pelo Abstrat.

A Enjolras e seu Batista da CPRM, que me auxiliaram na confecção dos mapas.

A minha amiga Floresbela Profa. do Departamento de Farmácia da UFPE, pelo empréstimo do laboratório, quando a centrífuga do LGGM estava quebrada.

A Profa. Ana Lúcia e ao aluno Fabão do Departamento de Cartografia por terem me orientado na utilização do programa Autocad para a confecção dos mapas.

A Luiz Alberto pelos acertos no meu computador e por agüentar todas as minhas aporrinhasões.

A Miguel Arrais pelas conversas descontraídas e pelas caronas até quase em casa.

A Walmiza Araújo pelas dúvidas tiradas em relação ao programa e pós-graduação e a todo sistema legal a ele relacionado.

Ao Programa de Pós-graduação em Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, pela infra-estrutura e apoio técnico.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

E, finalmente a todos que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho.

Muito obrigada.

RESUMO

O Canal de Santa Cruz está localizado a na costa do Estado de Pernambuco, com área aproximada de 36,3 Km², largura máxima de 1,5 km, separando a Ilha de Itamaracá do continente. Estudos sedimentológicos, a partir de sedimentos de fundo são apresentados nesse trabalho, objetivando definir a distribuição dos sedimentos no assoalho do canal. A partir dessas informações, foi preparado o mapa faciológico desse ambiente. Foram coletadas 66 amostras, distribuídas em 22 perfis, geralmente contendo uma amostra no centro e duas nas margens de cada perfil. A partir da análise granulométrica as amostragens foram classificadas pelo diagrama de Shepard (1954) pelos parâmetros estatísticos (média, desvio padrão, assimetria e curtose) dos tamanhos dos grãos na escala de ϕ (-log₂d_{mm}). As areias são os sedimentos que ocupam quase totalmente a área estudada, sendo as areias finas concentradas nas margens e as grossas no centro do canal. As lamas ocorrem nas proximidades de Itapissuma, onde o canal é mais largo, e onde se dá o encontro das águas da maré que entram pelas duas aberturas do canal reduzindo sua hidrodinâmica. Historicamente, houve uma pequena diminuição na granulometria dos sedimentos do eixo do canal, provavelmente devido à devastação da vegetação nativa, que servem de agentes de retenção de partículas fias, ou ainda devido à exploração de depósitos de areia em áreas vizinhas, diminuindo o fluxo de areia grossa para o canal.

Palavras-chave: sedimentos, mapa faciológico, granulometria, manguezais, Canal de Santa Cruz.

ABSTRACT

The Canal de Santa Cruz is located on Pernambuco coast, with approximately 36.3 Km² of area, maximum width of 1.5 Km, separating Itamaraca island from the continent. Studies concerning sedimentology of this duct, made with sediments from deep, are presented in this work, with the goal of defining the distribution of the sediments in the bottom of this duct. From such type of informations, a facies map has been done. 66 samples were collected, distributed in 22 cuts, often containing one sample in the middle and two in the edge of each cut. From granulometric analysis, the samples were classified by using Shepard's diagram (1954), through statistical parameters (mean, standard deviation, skewness and kurtosis) of grain-size in the scale of ϕ (-log₂ d_{mm}). The sediments are mainly made of sand, in about the whole studied area, with the thin sand located mainly at the edge, while the thick sand is located in the middle of the duct. The types of the mud occur close to Itapissuma, where the duct is wider, and where the meeting of waters from tide takes place. Such waters get in the openings of the duct, reducing its hydrodynamics. Historically, there was a short reduction in the grain-size of the sediments from the duct axis, probably due to the devastation of native vegetation, which plays the role of filtering the small particles, or due to the exploration of sand deposits in the neighborhood, diminishing the flux of thick grains of sand to the duct.

Keywords: sediments, facies map, granulometry, mangrove, Canal de Santa Cruz.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO	2
1.1 Objetivos	2
1.2 Revisão Bibliográfica	3

CAPÍTULO 2

2 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA DE ESTUDO	6
2.1 Localização e Descrição da Área	6
2.2 Clima	8
2.3 Biota	8
2.3.1 Fauna	8
2.3.2 Flora	9
2.4 Hidrografia	11
2.4.1 A Bacia Botafogo	11
2.4.2 A Bacia Igarassu	12
2.5 Parâmetros Físico-Químicos	14
2.5.1 Salinidade	14
2.5.2 Temperatura da Água	14
2.5.3 Oxigênio Dissolvido	14
2.5.4 pH	14
2.6 Ocupação Humana	15

CAPÍTULO 3

3 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO	17
3.1 Aspectos Geológicos	18
3.1.1 Embasamento Cristalino	18
3.1.2 Sedimentos Cretáceos	18
3.1.2.1 Formação Beberibe	18

3.1.2.2 Formação Gramame	20
3.1.2.3 Formação Maria Farinha	21
3.1.3 Sedimentos Plio-Pleistocênicos	22
3.1.3.1 Formação Barreiras	22
3.2 Geologia do Quaternário Costeiro	23
3.2.1 Transgressão e Regressão Marinha	23
3.2.2 Terraços Marinhos	24
3.2.3. Terraços Marinhos Pleistocênicos	24
3.2.4. Terraços Marinhos Holocênicos	25
3.2.5 Depósitos Flúvio-Marinhos e Flúvio-lagunares	25
3.2.6 Recifes Algálicos	26
3.2.7 Depósitos Atuais de Praia	26
 CAPÍTULO 4	
4 CARACTERIZAÇÃO GERAL DE SISTEMAS ESTUARINOS	29
4.1 Importância dos Estuários	31
4.2 Classificação Segundo a Geomorfologia	32
4.2.1 Vales de rios Afogados (Estuários de Planície costeira)	33
4.2.2 Estuários Tipo Fjordes	35
4.2.3 Estuários em Forma de Barra	36
4.2.4 Outros Tipos de Estuários	36
4.3 Classificação Segundo a Amplitude de Maré	38
4.3.1 Estuários Dominados Por Ondas	38
4.3.2 Estuários Dominados por Marés	40
4.4 Classificação pela Estrutura Salina e pelos Parâmetros Estratigráficos	43
4.5.1 Estuários Típicos ou Normais	44
4.5.2 Estuários Hipersalinos	45
4.5.3 Estuários Fechados	45
4.5 O Ecossistema manguezal	46
4.5.1 Requisitos para Ocorrência de Manguezais	46
4.5.2 Flora	47

4.5.3 Fauna	49
4.5.4 Importância do Ecossistema manguezal	51
4.6 Distribuição dos Estuários e dos Manguezais no Brasil	51
4.6.1 Estuários de Pernambuco	54
4.6.1 Estuário dos Rios Goiana e Megaó	55
4.6.2 Estuário do Rio Itapessoca	58
4.6.3 Estuário do Rio Jaguaribe	58
4.6.4 Estuário do Rio Timbó	58
4.6.5 Estuário do Rio Paratibe	58
4.6.6 Estuário dos Rios Beberibe e Capibaribe	59
4.6.7 Estuário dos Rios Jaboatão e Pirapama	59
4.6.8 Estuário dos Rios Sirinhaém e Maracaípe	59
4.6.9 Estuário do Rio Formoso	60
4.6.10 Estuário dos Rios Ilhetas e Mamucabas	60
4.6.11 Estuário do Rio Una	60
4.6.12 Estuário do Canal de Santa Cruz	61
4.7 A Ação Antrópica	61

CAPÍTULO 5

5 MATERIAIS E MÉTODOS	64
5.1 Pesquisa Bibliográfica e Cartográfica	64
5.2 Coleta das Amostras	64
5.3 Tratamento das Amostras	66
5.4 Classificação das Amostras	69
5.5 Tratamento dos Dados	70
5.5.1 Frequência, Distribuição e Estatística dos Sedimentos.	70
5.5.2 Parâmetros Estatísticos	72
5.5.2.1 Tendência Central	72
5.5.2.2 Desvio Padrão	72
5.5.2.3 Assimetria	74
5.5.2.4 Curtose	74

CAPÍTULO 6	
6 SEDIMENTOLOGIA	76
6.1 Classificação das Amostras	77
6.2 Aspectos Texturais	81
6.2.1 Fácie Cascalho-arenoso	81
6.2.2 Fácie Areia	81
6.2.3 Fácie Areia-lamosa e Lama-arenosa	82
6.2 Desvio Padrão	82
6.3 Assimetria	83
6.4 Curtose	88
6.5 Comparações	89
CAPÍTULO 7	
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	92
7.1 Conclusões	92
7.2 Recomendações	93
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Mapa de Localização do Canal de Santa Cruz	7
Figura 2.2	<i>Butorides striatus</i> (socó) encontrado na Ilha de Itamaracá ...	9
Figura 2.3	Vegetação de mangue na margem do Canal de Santa Cruz	9
Figura 3.1	Coluna estratigráfica da Bacia Pernambuco-Paraíba	17
Figura 3.2	Mapa Geológico da Área de Estudo	19
Figura 3.3	Formação Barreiras na porção sul da Ilha de Itamaracá ...	23
Figura 3.4	Vista da Coroa do Avião, depósito atual de praia, com recobrimento vegetal.	27
Figura 4.1	Classificação evolutiva dos principais meios de sedimentação costeira, onde um estuário se desenvolve durante uma transgressão e desaparece durante uma progradação.	30
Figura 4.2	Representação esquemática dos principais tipos de estuários (<i>inlets</i>).	33
Figura 4.3	(A) – Foz do Rio São Francisco – (B) – Rio Potengi (RN margem esquerda	34
Figura 4.4	4A - Fjord Lock Etive (Escócia) – 4B – Fjord Milford Soud (Nova Zelândia)	35
Figura 4.5	Complexo estuarino de Cananaia-Iguape (SP)	36
Figura 4.6	Baía de São Francisco, por onde passa a Falha de San Andreas - Califórnia – USA	37
Figura 4.7	Representação esquemática de ondas de acordo com Lobo (1979)	39
Figura 4.8	Desenho esquemático da órbita da Terra provocando os períodos da maré.	40
Figura 4.9	Delta estuarino do Rio Amazonas – apresenta geometria afunilada	42
Figura 4.10	Esquemas gráficos dos tipos de estuários de acordo com a distribuição da salinidade	45
Figura 4.11	<i>Rizophora mangle</i> – A- Extração de tanino – B- Raízes aéreas	48
Figura 4.12	<i>Avicennia schaueriana</i> – desenvolvimento de uma muda	48
Figura 4.13	<i>Laguncularia racemosa</i> – A – Desmatamento – B – Folhas e flores	49
Figura 4.14	Aparência da <i>conocarpus erecta</i>	49
Figura 4.15	A – Carangueijo Uça (<i>Ucides cordatus</i>), B – Garça branca grande (<i>Ardea alba</i>)	50
Figura 4.16	Esquema de cadeia trófica e relação da produção alimentar necessários para nutrir os consumidores imediatamente acima	50

Figura 4.17	Localização dos estuários e dos manguezais no Brasil.	52
Figura 4.18	Representação da localização das treze áreas estuarinas de Pernambuco protegidas por Lei.	57
Figura 4.19	Foz do rio Sirinhaém	60
Figura 5.1	Mapa de localização dos pontos	60
Figura 5.2	Embarcação utilizada para coleta de amostras	66
Figura 5.3	Fluxograma do método empregado para análise granulométrica	68
Figura 5.4	Diagrama triangular de classificação de sedimentos de acordo com Shepard (1954)	69
Figura 5.5	Histograma e plígno de frequência	70
Figura 5.6	Curvas de freqüências	71
Figura 5.7	Curva de frequencia acumulada	71
Figura 5.8	Gráficos representativos de curtose	75
Figura 6.1	Diagrama triangular de classificação das amostras	77
Figura 6.2	Mapa de distribuição granulométrica	78
Figura 6.3	Diagrama triangular para as amostras da fração areia em função da proporção de areia grossa, média e fina.	79
Figura 6.4	Mapa de fácies textural	80
Figura 6.5	Diagrama triangular de Shepard para classificação das amostras em função das quantidades de silte e argila para as amostras com mais de 25% de lama	81
Figura 6.6	Gráfico das acumuladas do perfil 18	82
Figura 6.7	Gráfico das acumuladas do perfil 20	83
Figura 6.8	Mapa de desvio padrão	84
Figura 6.9	Gráfico representativo de assimetria – perfil 18	85
Figura 6.10	Gráfico representativo de assimetria – perfil 20	86
Figura 6.11	Mapa de assimetria	87
Figura 6.12	Gráfico representativo de curtose – perfil 06	88
Figura 6.13	Gráfico representativo de curtose – perfil 22	89

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 3.1	Evolução geocronológica dos terraços marinhos e suas características	24
Quadro 4.1	Divisão dos estuários de acordo com a salinidade e distribuição dos organismos	43
Quadro 4.2	Alguns dados dos principais estuários de Pernambuco	56
Tabela 5.1	Parâmetros de grau de seleção das amostras	73
Tabela 5.2	Relação entre o intervalo de assimetria e o grau de assimetria correspondente	74
Tabela 5.3	Classificação de uma curva de acordo com sua curtose	75

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas estuarinos, de modo geral, vêm sendo muito estudados devido a sua grande importância ecológica e econômica, principalmente por apresentarem uma grande diversidade de características na sua dinâmica. Fatores químicos, físicos, geológicos, sedimentológicos, biológicos, hidrológicos e outros, são investigados por diversos especialistas. Isto se reflete nas inúmeras referências encontradas sobre o assunto, interessando diferentes enfoques do conhecimento científico.

A importância dos estuários está relacionada com sua produtividade biológica e importância econômica no que diz respeito à sua exploração. Os sistemas de classificação, concebidos segundo a geomorfologia, parâmetros de circulação das águas, e pela estrutura salina, são fundamentais para a delimitação das áreas de influência desses ambientes.

Algumas características particulares dos sistemas estuarinos (clima quente úmido, solo areno-lamoso, salinidade variando entre 5 a 30 , e precipitação pluviométrica acima de 1.500 mm/ano) contribuem para a formação de um tipo particular de vegetação, o manguezal, que encontra nessas áreas condições necessárias para o seu desenvolvimento. Os manguezais ocorrem em costas de regiões tropicais e subtropicais. A preservação desses ecossistemas é necessária por causa do seu papel na reprodução da biota flúvio-marinha.

A distribuição geográfica de estuários no Globo, no Brasil, e principalmente no Estado de Pernambuco, estão descritas nesse trabalho, enfatizando-se o estuário do Canal de Santa Cruz – Ilha de Itamaracá. O modo como ação antrópica intervém no estuário, determina seu estado de conservação ou degradação.

1.1 Objetivos

O objetivo geral é a identificação de fácies sedimentares que compõem o fundo do Canal de Santa Cruz.

Os objetivos específicos são: Apresentação da distribuição superficial dos sedimentos e sua relação com o piso do canal.

1.2 Revisão Bibliográfica

O primeiro trabalho encontrado sobre o canal é referente ao fitoplancton estudado por Eskinazi-Leça (1974), que em seu estudo quantitativo e qualitativo do microfitoplâncton encontrado na área, e determinou que este não apresenta uma variação anual acentuada, sendo as diatomáceas o grupo mais importante, sobretudo as *Coscionodiscus centralis*, *Biddulphia regia* e *Rhizosolenia setigera*. As cianofíceas e os dinoflagelados desempenham um papel secundário. Nessa mesma linha, Passavante (1979) diz que a produção primária é elevada, sobretudo o nanoplâncton, podendo sustentar uma alta produção secundária. Montes (1996), concluiu que os principais fatores que modificam a composição florística e densidade do fitoplâncton local é o ciclo da maré.

Os parâmetros físico-químicos das águas do Canal de Santa Cruz foi caracterizado por Cavalcanti (1976), onde concluiu que o mesmo não pode ser considerado como um estuário típico, e sim como um corpo de água costeiro sujeito à influência terrígena, que contribui para o enriquecimento de nutrientes da área. O CONDEPE & CPRH (1982) identificaram agentes poluentes nessas águas, apontando as consequências físico-biológicas sobre o ecossistema local, propondo alternativas capazes de combater e recuperar as áreas atingidas pela poluição.

A hidrodinâmica foi estudada por Medeiros & Kjerfve (1993), concluindo que a maré local é semidiurna com amplitude similar nas duas desembocaduras, e que morfológicamente, apresentam batimetria distintas, respondendo diferentemente às variações das marés. Enquanto Broce (1994) estudou as condições dinâmicas entre a desembocadura sul do Canal de Santa Cruz e as águas costeiras adjacentes, em relação às trocas de material total em suspensão e do carbono orgânico. Concluiu que o transporte desse material é governado pela dinâmica da maré, variando sazonalmente.

Estudos geológicos foram realizados por Rodrigues (1983) que tratou das ocorrências carbonáticas da Formação Gramame, diferenciadas em microfácies visando à elaboração de um modelo ambiental Cretáceo. Enquanto Manso et al (1992) fizeram um apanhado geológico, geomorfológico, e hidrológico sobre a Ilha de Itamaracá e regiões adjacentes, mostrando as suas principais características.

Moura et al (2002) confeccionaram um mapa das áreas estuarinas do canal, através de imagens de satélite SPOT (de 20/07/1998), melhorando a análise e o planejamento para uso do solo e o monitoramento ambiental.

Quanto a sedimentologia o primeiro estudo realizado no canal foi o de Lira (1975), discorre que no litoral pernambucano ocorrem dois tipos de recobrimento de fundo: de areia fluvial quartzosa e de areia biodetrítica, e que o Canal de Santa Cruz está sujeito a condições geoquímicas variáveis. Assinalou que seus sedimentos se distribuem de acordo com sua granulometria, em função da hidrodinâmica local. Mais recentemente Barros (2003) fez um levantamento granulométrico da barra sul do Canal de Santa Cruz e plataforma continental adjacente à sua desembocadura, concluindo que esse local é composto basicamente por areia.

CAPÍTULO 2

CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA DE ESTUDO

2 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA DE ESTUDO

2.1 Localização e Descrição da Área

A Ilha de Itamaracá situa-se no litoral norte de Pernambuco, a 55 km do Recife, capital do estado, entre as latitudes 7° 35' S e 7° 55' S e longitudes 34° 48' W, 34° 52' W (Figura 2.1). O Canal de Santa Cruz é um braço de mar que contorna a Ilha de Itamaracá, separando-a do continente. Segundo o CONDEPE e CPRH (1982), o estuário ocupa uma área de 877 Km², com uma extensão de 22 km e largura máxima de 1,5 km. Sua profundidade varia entre 4 a 5 metros, aproximadamente. Com maiores profundidades na parte norte. A penetração de água oceânica se dá ao Norte pela Barra de Catuama e ao Sul pela Barra Sul, onde se encontra a Coroa do Avião. Desembocam no Canal um conjunto de rios e riachos, sendo os principais rios: Itapessoca, Carrapicho, Itapirema, Arataca, Riacho Jardim, Palmeira, Botafogo, Cumbe, Catuá, Itapicuru, Tabatinga, Conga, Bonança, Utinga e Igarassu.

Em seu piso ocorrem sedimentos arenosos e lamosos, o que contribui para o desenvolvimento de manguezais representados no canal pelas espécies *Rhizophora* (mangue vermelho ou verdadeiro), *Conocarpus* (mangue de botão), *Laguncularia* (mangue manso ou siriúba), *Avicennia* (mangue canoé). No referente à micro-flora, predominam as diatomáceas (algas), qualitativamente e quantitativamente. A presença de diatomáceas indica que o ambiente pode ser considerado como ainda não poluído ou com índice de poluição baixa, favorecendo o desenvolvimento das espécies do canal. Além disso, o canal apresenta alta produtividade de nutrientes, favorecendo a aquicultura, representado por viveiros de produção de peixes e crustáceos, principalmente na Ilha de Itamaracá.

O Canal de Santa Cruz apresenta características de estuário presentes apenas em regiões tropicais e subtropicais do Globo, os chamados manguezais, um dos ecossistemas mais importantes do mundo.

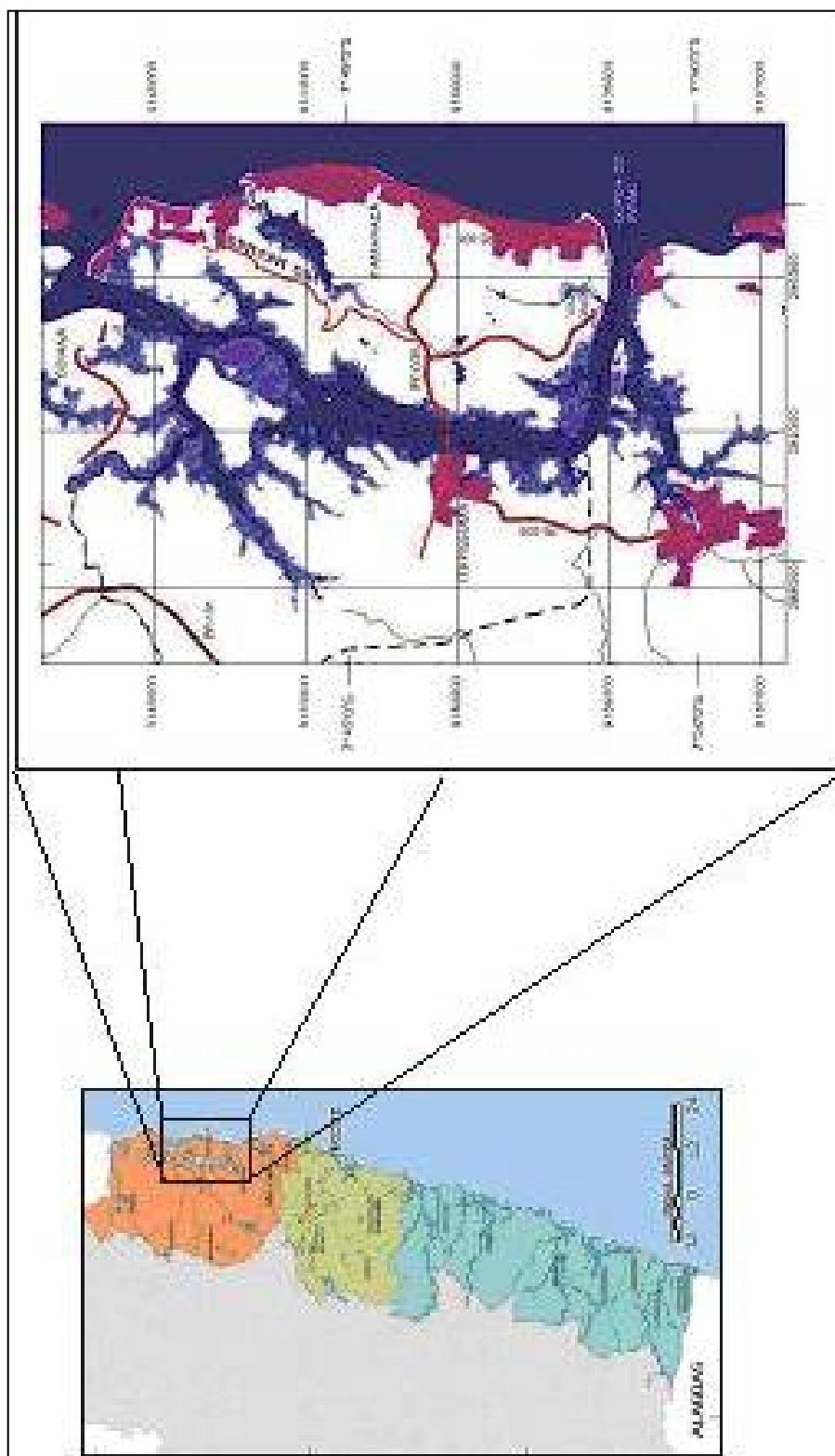


Figura 2.1 – Mapa de Localização do Canal de Santa Cruz

2.2 Clima

Sua posição geográfica lhe imprime um clima tropical típico, com altas temperaturas e umidade constante que, segundo a classificação de Köppen, é do tipo As`: clima quente e úmido (com temperaturas superiores a 18° C), estação seca no verão e chuvas de inverno antecipadas para o outono.

Esse tipo de clima é encontrado ao longo do litoral, sob influência permanentemente do fluxo do ar “caallariano”. As precipitações dominantes são as ocorridas no inverno, produzidas, sobretudo, pelas emissões da Frente Polar Ártica -FPA, enquanto os suprimentos do outono resultam das oscilações da Convergência Intertropical - CIT (Coutinho, 1991). A estação seca ocorre entre os meses de setembro a fevereiro, e a estação chuvosa entre março a agosto. A precipitação média é superior a 100 mm/m, podendo atingir 400 mm/m. A taxa de evaporação é inferior a de precipitação, havendo um balanço anual positivo. A temperatura máxima chega a 34° C, e a mínima 20° C (Montes, 1996).

2.3 Biota

2.3.1 Fauna

A área destaca-se pela alta produtividade, oferecendo amplas possibilidades para aquicultura. Segundo Passavante (1979), a espécie mais abundante no Canal de Santa Cruz é a sardinha bandeira (*Opisthonema oglium*, Le Sueur 1817), com 76,3% do total do pescado capturado, e que se alimentam, principalmente, de organismos planctônicos.

A ictiofauna está representada por espécies eurialinas, na sua maioria de origem marinho-polialina, como por exemplo: o condondo (*Dormitator maculatus*) e o baiacu (*Colomesus psittacus*). As espécies exclusivamente estuarinas são: tibiro (*Oligopeites palometa*) e o carapeba (*Eugerres brasiliensis*).

É de grande importância à presença de crustáceos e moluscos nos manguezais do Canal de Santa Cruz, sobretudo os decápodes, que constituem os invertebrados mais característicos desse ecossistema. Eles exercem um importante papel nos níveis tróficos da cadeia alimentar. O fundo do canal é de natureza predominantemente arenosa, e nele são encontradas espécies que habitam fundos duros.

Completando a paisagem, pode-se observar algumas espécies de pássaros que dependem diretamente do ecossistema regional, dentre as quais podemos citar os socós (*Butorides striatus*) (Figura 2.2) e as garças (branca grande – *Ardea alba* e branca pequena – *Egretta thula*).



Figura 2.2 – *Butorides striatus* (socó), encontrado na Ilha de Itamaracá, principalmente as margens do Canal de Santa Cruz. Foto: Internet (socó)

2.3.2 Flora

As contribuições pluviométricas, os rios e riachos que deságuam no Canal, em contato com o ambiente salino propiciam o aparecimento de uma vasta vegetação de manguezais, que abriga espécies faunísticas de expressão econômica.

A vegetação local consiste de três tipos: vestígios da Floresta Atlântica, campos de plantação (de cana-de-açúcar e de coco), e o mangue (Figura 2.3), que é o mais expressivo, ocupando uma área de aproximadamente 36 km² às margens do Canal de Santa Cruz e ao longo dos rios que nele deságuam. O mangue local é representado pelas espécies *Rizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, *Avicennia tomentosa*, *Avicennia nitida* e *Conocarpus erectus* (Medeiros & Kjerfve, 1993).



Figura 2.3 – Vegetação de mangue na margem do Canal de Santa Cruz

Segundo o CONDEPE & CPRH (1982) a *Rhizophora mangle* que alcança até 19 m. de altura e 30 cm. de diâmetro habitam as áreas mais próximas do mar aberto e, é a espécie que melhor caracteriza o manguezal, e sua madeira é de relativa durabilidade, sendo utilizada como lenha ou em construções leves. Esta planta possui uma casca lisa e clara que, ao ser raspada, mostra a cor vermelha, é rica em tanino, daí o seu nome popular "mangue vermelho". O sistema radicular é formado por rizóforos que partem do tronco e dos ramos do arbusto, formando arcos que atingem o solo permitindo-lhe maior sustentação. Possui lenticelas nas raízes (orifício que permitem a troca de gases entre a planta e o meio ambiente). As estruturas reprodutivas são chamadas propágulos e amadurecem presas à planta-mãe quando, então, caem como lanças apontadas para baixo, fixando-se no solo durante a maré baixa.

Os exemplares de *Avicennia* atingem altura de até 11 m, com 20 cm de diâmetro. Acha-se em zonas intermediárias mais rasas que a espécie anterior. Sua madeira é leve e pouco resistente, porém sua casca é lisa e possui um alto teor de tanino. Apesar de ser castanho-claro, quando raspada superficialmente, apresenta cor amarelada. Possui folhas esbranquiçadas por baixo devido à presença de minúsculas escamas. Suas raízes desenvolvem-se horizontalmente, poucos centímetros abaixo da superfície, e delas partem os pneumatóforos, ramificações verticais que atingem o ambiente aéreo expondo-se como "palitos" para fora do solo. Estas estruturas são importantes para as trocas gasosas entre a planta e o meio.

A *Laguncularia* alcança 12 m de altura por 30 cm de diâmetro. É uma espécie bastante resistente e também utilizada em construção e como lenha. Suas folhas possuem o pecíolo avermelhado e duas glândulas na parte superior, junto à lâmina da folha. Esta característica proporciona a fácil identificação deste gênero em campo. O seu sistema radicular também se forma perpendicular à superfície do solo, desenvolvendo pneumatóforos. No caso desta planta, estas estruturas são menores e mais grossas que na *Avicennia*. Preferem águas menos profundas com pouca salinidade.

O *Conocarpus erectus* É a que se encontra mais para o interior onde a salinidade é menor. Atinge 10 m de altura por 30 cm de diâmetro, é mais durável, e por isso usado em construção ou como lenha de grande poder calorífico. Possui, como principal característica, folhas com o pecíolo alado e duas glândulas na base. Suas flores formam inflorescências (muitas flores juntas) e seus frutos, infrutescência (muitos frutos juntos).

Quanto à microflora, predominam as diatomáceas (algas) em todos os meses do ano. Porém, a ausência de diatomáceas polisapróbias (sua presença indica a alta taxa de

contaminação) aponta um ambiente não poluído ou com baixo índice de poluição, favorecendo o desenvolvimento de espécies aquáticas.

2.4 Hidrografia

Além da água do mar, seis pequenos rios contribuem para a sua hidrologia, são eles: Catuama, Carrapicho, Arataca, Botafogo, Congo e Igarassu. Seu sistema ocupa uma área em torno de 824 km². As profundidades dentro do canal são em torno de 1-5 m na maré baixa Nos locais de comunicação com o mar, a profundidade pode chegar a 17 m, sendo essas áreas mais sensíveis às marés. Dentro do sistema hídrico do Canal de Santa Cruz destacam-se as bacias do rio Botafogo e do rio Igarassu.

2.4.1 A Bacia Botafogo

A bacia do rio Botafogo, que deságua ao norte do Canal, é formada pela junção de diversos cursos de água. Seu principal formador é o rio Catucá, que percorre aproximadamente 50 km. Sua vazão é insuficiente para a captação d'água das indústrias ali instaladas, assim como para efeito de diluição dos efluentes líquidos lançados, acarretando maior contribuição de agentes poluentes no Canal de Santa Cruz.

Segundo o CONDEPE & CPRM (1982), sua bacia hidrográfica é dividida em três trechos, levando em consideração os usos preponderantes de suas águas:

1º Trecho – Classe 1

- a) o rio Catucá, com todos os seus afluentes, desde sua nascente até a montante da Usina São José, após receber o rio Cumbe.
- b) o riacho Jardim, com seus afluentes, desde sua nascente até a jusante da junção do riacho Guandu.
- c) o rio Itapirema, com todos seus afluentes, desde suas nascentes até o deságüe do córrego Ambaré.

Este trecho apresenta água de boa qualidade, o uso do solo é praticamente nulo, não contando com o fator poluição. É considerado como reserva de futuros mananciais de reabastecimento de água da Região Metropolitana do Recife (RMR).

2º Trecho – Classe 2

O rio Arataca e trecho final do rio Itapirema, desde os encontros com o córrego Ambaré e com o riacho Jardim até o seu deságüe no rio Botafogo.

Neste trecho, apesar da água de boa qualidade, já se detecta níveis de poluição, devido à instalação de destilaria de aguardente e indústria de beneficiamento de fibras de coco na bacia hidrográfica.

3º Trecho – Classe 2

Todo o rio Botafogo, com seus afluentes, desde os deságües do rio Cumbe e Arataca, até sua foz no Canal de Santa Cruz.

Neste trecho o rio se apresenta “morto”, com altos índices de poluição, resultante de lançamentos de resíduos de indústrias agro-canavieiras, de produtos químicos e de beneficiadores de fibra de coco.

2.4.2 A Bacia Igarassu

O rio Igarassu tem um comprimento de aproximadamente 10 km, onde seu principal afluente é o rio Utinga. A foz está ao sul do Canal de Santa Cruz, onde se formam depósitos de manguezais nas suas margens. Sua bacia foi dividida pela CPRH em dois trechos, considerando usos atuais e futuros:

1º Trecho – Classe 1

- a) o rio Utinga, com todos os seus afluentes, desde sua nascente até a junção com o rio Bonança.
- b) o rio Bonança, com todos seus afluentes, desde sua nascente até a junção com o rio Utinga.
- c) o rio Tabatinga, desde sua nascente, com todos os seus afluentes, até um ponto situado a 500 m a oeste da rodovia BR-101.
- d) o rio Congo com todos os seus afluentes, desde sua nascente até um ponto situado a 500 m a oeste da BR-101.

No que diz respeito ao uso do solo, este trecho apresenta-se com alguma vegetação nativa e com ausência de indústrias. É considerado como área de mananciais d'água para abastecimento da RMR.

2º Trecho – Classe 3

O rio Igarassu, com todos os seus afluentes, cujos trechos não foram enquadrados anteriormente, até sua foz no Canal de Santa Cruz.

Neste trecho ocorre uma ocupação mais acentuada do solo, com um núcleo urbano de porte, a cidade de Igarassu com seu distrito industrial e indústrias isoladas, além de

pequenas concentrações urbanas que vêm crescendo, que lançam ao rio poluentes domésticos e industriais. Apesar disso apresenta águas transparentes durante quase todo o ano.

Segundo o Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA (1983), considerando a classificação de águas doces, salobras e salinas essenciais à defesa de seus níveis de qualidade, avaliados por parâmetros indicadores específicos (coliformes fecais, odor, turbidez, pH, óleos e graxas etc.) de modo a assegurar seus usos preponderantes, seu controle de poluição e seu uso sustentável, resolve no Art. 1º- São classificados, segundo seus usos preponderantes, em nove classes, as águas doces, salobras e salinas do Território Nacional que:

Classe 1 - águas destinadas

- a) ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado;
- b) a proteção de comunidades aquáticas;
- c) a recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho);
- d) a irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas sem remoção de película;
- e) a criação natural e/ou intensiva (aqüicultura) de espécies destinadas a alimentação humana.

Classe 2 - águas destinadas

- a) Ao abastecimento doméstico, após o tratamento convencional;
- b) a proteção das comunidades aquáticas;
- c) a recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho);
- d) a irrigação de hortaliças e plantas frutíferas;
- e) a criação natural e/ou intensiva (aqüicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

Classe 3 – águas destinadas

- a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
- b) a irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) a dessedentação de animais.

2.5 Parâmetros Físico-Químicos

2.5.1 Salinidade

A salinidade da área apresenta grande dependência do ciclo de maré, do aporte fluvial e do índice pluviométrico. Devido à baixa profundidade e a alta taxa de evaporação, a salinidade concentra-se em torno de 30, mantendo-se dentro de padrões marinhos (Vasconcelos Filho et al, 1998).

2.5.2 Temperatura da Água

O Canal de Santa Cruz não apresenta uma estratificação térmica, porém sua temperatura varia de acordo com os períodos chuvoso e seco, e com a maré. Segundo Montes (1996), durante o período seco a média anual é aproximadamente de 30,5° C na preamar e 28,3° C na baixa mar. E, no período chuvoso, a média é de 28,4° C na preamar e 27,5° C na baixa mar.

2.5.3 Oxigênio Dissolvido

Segundo Cavalcanti (1976) o oxigênio e o dióxido de carbono são considerados os gases mais importantes dissolvidos na água do mar. Os gases dissolvidos são controlados pela: temperatura, salinidade, atividades biológica, correntes e os processos de mistura, e também pelo teor de material em suspensão nos estuários.

O mesmo autor diz que, devido a pouca profundidade e as correntes de marés no Canal de Santa Cruz, os teores de oxigênio dissolvido mostram pequenas variações entre as camadas superficial e profunda, assim como entre as preamaras e as baixa-marés não ocorrem diferenças acentuadas. Sazonalmente, as maiores concentrações aparecem nos meses de julho e agosto (máxima de 5,42 mg/L).

5.5.4 pH

Na água do mar os valores de pH variam de 7,5 a 8,4. Altos valores são encontrados na superfície ou próximos a ela. O pH decresce consideravelmente em regiões onde há um grande consumo de oxigênio por processos biológicos e, como consequência, o teor de dióxido de carbono é alto. Isso se aplica em regiões estuarinas onde o volume do material em suspensão contribui para a fertilização da água, causando um decréscimo no teor de oxigênio dissolvido (Ketchum, 1967, in: Cavalcanti, 1976).

A distribuição do pH entre a superfície e o fundo do Canal de Santa Cruz é homogênea. Pequenas diferenças são encontradas entre a preamar e a baixa-mar. Sua extensão apresenta uma certa uniformidade, com valores um pouco mais elevados na barra Norte, e um pouco mais baixos na desembocadura do rio Congo.

2.6 Ocupação Humana

A ocupação urbana e a especulação imobiliária na RMR são mais intensas no litoral. Na área de influência do Canal de Santa Cruz, essa expansão é observada, sobretudo, nas porções onde predominam as atividades rurais, provocando uma contínua modificação na paisagem. Há um avanço de moradias, tanto como resultado da política habitacional do governo como da iniciativa privada, na maioria dos casos sem processos de esgotamento sanitário, constituindo fonte de poluentes.

As indústrias localizadas ao longo dos canais que abastecem o Canal de Santa Cruz, segundo o CONDEPE & CPRH (1982), despejam seus resíduos diretamente nos cursos d'água, sem tratamento prévio, o que contribui para a poluição da área.

Segundo Montes (1996), a pesca e a agricultura constituem as principais atividades econômicas da região. A agricultura é basicamente composta por plantio de cana-de-açúcar, coqueiros e frutas tropicais.

A atividade pesqueira foi durante muito tempo a principal atividade econômica no local. Com o aumento da população, do lançamento de esgotos e da pesca predatória, vem sofrendo continuamente um decréscimo na sua produtividade, levando os pescadores a exercerem outras atividades, tais como: construção civil, pintura de parede, passeio pelo canal. Os mais jovens, “mais instruídos”, trabalham nas indústrias locais ou no setor de serviços, ou emigram para o Recife e outras capitais. Entretanto, os que ainda praticam essa atividade, não estão equipados para exploração em alto mar, limitando-se ao uso do canal, onde, de modo geral, a maior parte da produção é destinada ao consumo próprio.

CAPÍTULO 3

GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO

3 GEOLOGIA E GEOMORFORLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO

O litoral pernambucano tem uma extensão de 187 km, com uma linha de praia mais ou menos contínua e separada em duas bacias pelo Lineamento Pernambuco (que é uma falha transcorrente), diferenciando-se por critérios geofísicos e geotectônicos: a Bacia Paraíba (norte) tem-se um predomínio da superfície de tabuleiros e planície costeira; a Bacia Pernambuco (sul) ocorre uma presença marcante do domínio colinoso em substituição a superfície de tabuleiros.

A Bacia Pernambuco é de idade Aptiana, teve seu desenvolvimento na evolução da Margem Continental Brasileira com a abertura do Oceano Atlântico enquanto a Bacia Paraíba de idade Campaniana (Figura 3.1) se desenvolveu sob condições de baixo tectonismo, teve sua formação retardada devido à resistência encontrada na zona de cisalhamento, quando da geração das bacias sedimentares marginais (Alheiros, 1998).

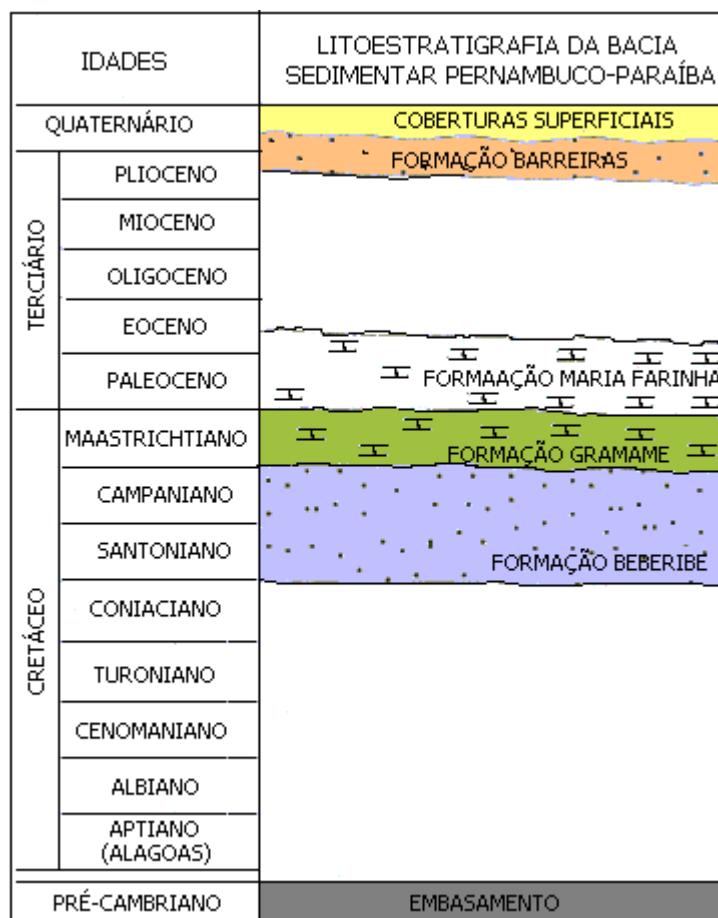


Figura 3.1 - Coluna estratigráfica da Bacia Pernambuco-Paraíba (Modificado de Gomes et al. 2001).

Recobrindo indistintamente rochas pré-cambrianas e sedimentares formadoras das bacias cretáceas encontram-se os sedimentos terciários das Formações Maria Farinha e

Barreiras, bem como os sedimentos quaternários que formam a Planície Costeira Pernambucana. Neste grupo encontram-se os Terraços Marinhos Pleistocênicos e Holocênicos, os depósitos flúvio-lagunares e os depósitos de mangue (Coutinho et al., 1998).

3.1 Aspectos Geológicos (Figura 3.2)

3.1.1 Embasamento Cristalino

Segundo Manso et al. (1992), o embasamento cristalino é constituído por dois tipos litológicos distintos: rochas graníticas e rochas metassedimentares. Essas rochas são constituídas, principalmente, por granitos, migmatitos, gnaisses e xistos.

3.1.2 Sedimentos Cretáceos

3.1.2.1 Formação Beberibe

Segundo Gomes et al (2001), quem primeiro utilizou essa denominação foi Kegel, em 1957, para designar o afloramento fossilífero das camadas microclásticas que ocorrem no vale do rio Beberibe. Hoje, ela engloba toda a seqüência clástica basal do Grupo Paraíba. Mabesoone & Alheiros (1991), a discriminaram como sendo uma seqüência essencialmente arenosa, com uma espessura média de 200 metros, em geral sem fósseis, constituídas de arenitos friáveis mal selecionados com componentes argilosas, cores variando de cinzento a creme. Na sua base podem aparecer leitos conglomeráticos, intercalados com níveis de argila. No topo predominam arenitos médios a finos, intercalados por camadas siltico-argilosas, com restos fossilíferos. Em subsuperfície foi identificada uma passagem lateral, em geral caracterizada por interdigitação e, com menor freqüência, por gradação, para um arenito mais duro, com cimento carbonático e fragmentos de organismos não identificados.

Segundo Manso et al (1992), esta unidade foi anteriormente mapeada apenas próximo ao vale do rio Beberibe, sendo posteriormente detectada nos vales dos rios Barro Branco, Paratibe, Botafogo, Itapissuma e no Canal de Santa Cruz.

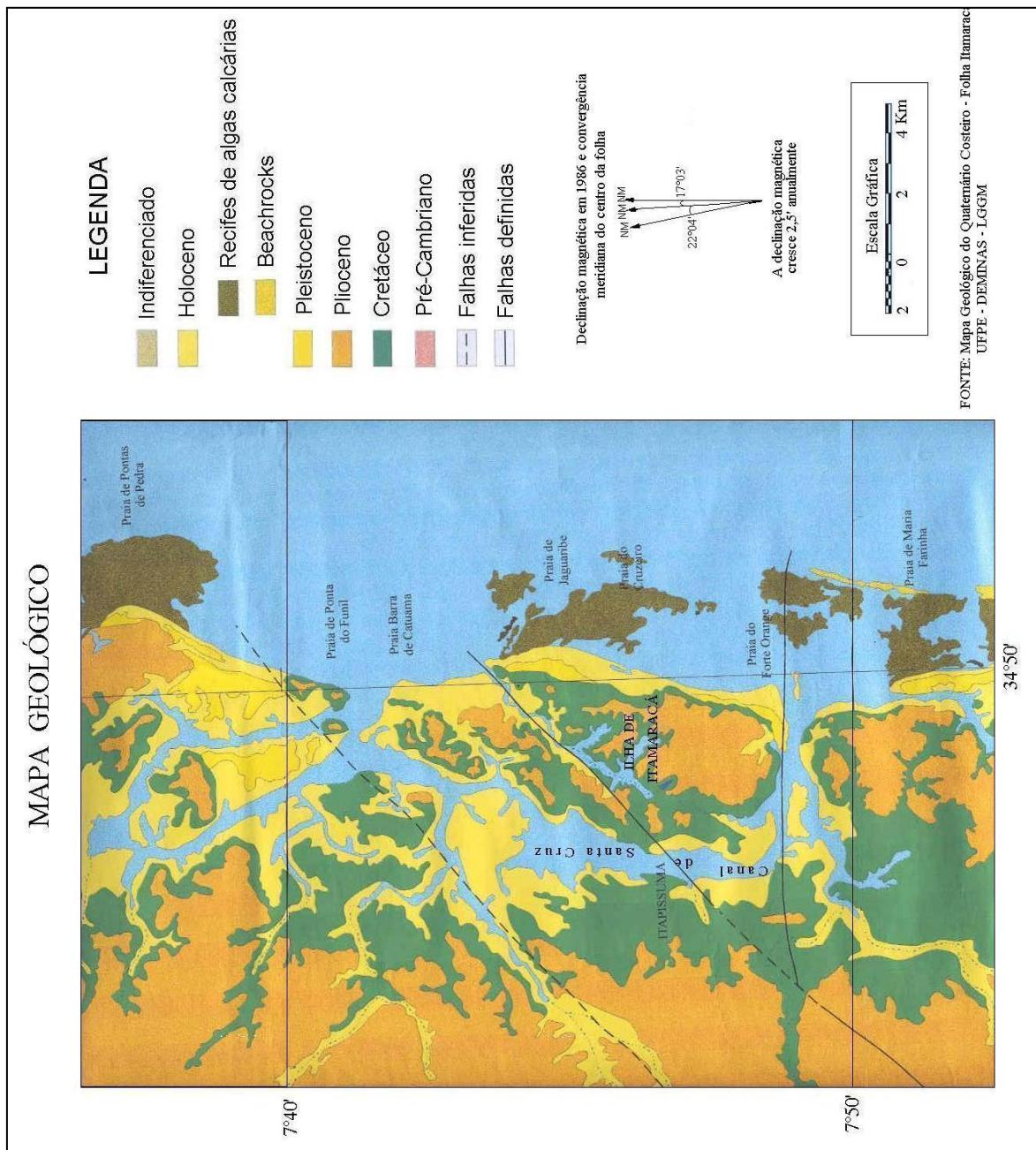


Figura 3.2 – Mapa geológico da Área de Estudo

No município de Itapissuma, na subida para Chã do Chadrão, a ocorrência da Formação Beberibe foi observada em uma retirada de areia para a construção civil, que formavam duas jazidas de areia. Na primeira, localizada no topo, o arenito é friável e de cor branca. Na segunda, exposta na parte mais basal, observa-se um arenito conglomerático com níveis de laterização, formando uma camada com diagênese média e forte. Estas mesmas características são encontradas aproximadamente a 500 metros após a ALCOA, no riacho das Pacas e no Canal de Santa Cruz, onde se apresentam arenitos esbranquiçados calcíferos com matriz caolínica. E, também em afloramentos, na estrada que leva à Ilha de Itapessoca.

3.1.2.2 Formação Gramame

Denominação utilizada pela primeira vez por Oliveira (1940, *in* Gomes et al, 2001), para designar as ocorrências de calcários margosos que afloram no vale do rio Gramame, Paraíba. Essa formação mostra um caráter transgressor sobre os arenitos Beberibe e, no topo, passa sem interrupção para os calcários Marinha Farinha. Segundo Mabesoone & Alheiros (1991), apresenta-se dividida em três fácies: por calcarenitos e calcários arenosos, muito fossilíferos, na base, interdigitando-se com fosforitos e, no topo, calcários biomicríticos argilosos, com uma fácie supramesolitoral, uma fosfática e uma marinha plena.

Seu pacote sedimentar pode atingir 55m, apresentando dois terços de calcários argilosos acinzentados da fácie marinha plena, incluindo argila em finas camadas, em geral bioturbadas, intercalados com margas e argilas mais puras. Uma seqüência dolomítica aparece na base que microscopicamente apresenta-se como foraminíferos-biomicríticos argilosos.

As fáceis basais apresentam calcarenito e calcários arenosos de coloração creme, são biomicríticos muito fossilíferos, por exemplo, com conchas espessas bastante quebradas. Já as fáceis fosfáticas aparecem como calcários arenosos, argilosos e fosfatizados, também muito fossilíferos, porém com tamanhos menores.

A abundância da fauna caracteriza-se pela presença de gastrópodes, cefalópodes, crustáceos, equinodermas, dentes e escamas de peixes, típicos de ambiente marinho relativamente calmo, de águas quentes e pouco profundas.

Manso el al. (1992) observaram a presença dessa formação na Ilha de Itamaracá entendendo-se por toda ala oeste e, circundando os morros da Formação Barreiras.

Aproximadamente a 300 metros da estrada principal e se dirigindo pela via que leva até Vila Velha, pode-se observar um afloramento bastante intemperizado com composição mal preservada, com granulometria fina a média, na porção mais superior do pacote sedimentar, intercalado com níveis de marga. A transição entre Cretáceo-Terciário é observada em dois afloramentos: O primeiro na praia de Jaguaribe, onde: (a) Na base, tem-se uma marga de cor cinza com marcas bioturbadas; (b) Acima do pacote zonal, tem-se um calcário arenoso-argiloso, creme-amarelado, com fósseis e nódulos de calcário; (c) No pacote subsequente aparece uma areia fina e silte de cor cinza, com fósseis, e (d) culminando com a Formação Maria Farinha, no topo. O segundo, observado na pedreira do cimento Poty, com seqüência carbonática da Formação Gramame na base, e da Formação Marina Farinha, no topo. Em geral, trata-se de uma alternância de margas calcárias e calcários margosos de cor cinza a esverdeada com grau variável de bioturbações.

3.1.2.3 Formação Maria Farinha

Essa formação encontra-se no Período Terciário e, seu conteúdo fossilífero é típico da Paleoceno em quase todos seus leitos sedimentares. A seqüência litológica indica um ambiente marinho regressivo. Dados sísmicos indicam que essa formação ocorre também na plataforma continental (Feijó, 1994).

Segundo Sampaio (1994), a seqüência deposicional consiste em quatro tipos de sedimentos calcários:

1. Calcários litográficos até sublitográficos (calcário vidro) – são os inferiores, homogêneos, aparentemente recristalizados e sem fósseis;
2. Calcários detríticos finos e puros, nos níveis inferiores a médios - são biomicríticos (10% de fósseis);
3. Calcários bastante dolomitizados – surgem nos níveis médios e superiores, apresentando matriz microcristalina;
4. Calcários detríticos argilosos e argilas calcárias – são biomicríticos e micríticos fossilíferos, dos níveis superiores, com alguma dolomita.

Em Itamaracá, ocorrem dois afloramentos importantes: no Pontal de Jaguaribe e na praia do Fortim. No Pontal de Jaguaribe corresponde a um calcário maciço sem macrofósseis, com textura sacaroidal e pontos de minerais metálicos. Na praia do Fortim

apresenta-se como um calcário cinza, formando um morro de 200 metros de extensão, alongado aproximadamente na direção N-S, com duas direções de fraturas: 20° Az e 55° Az (Manso et al., 1992).

3.1.3 Sedimentos Plio-pleistocênicos

3.1.3.1 Formação Barreiras

Anteriormente chamado de Grupo Barreiras, é hoje reconhecido como Formação, após estudos mais detalhados. Estende-se pela faixa costeira, paralelamente ao litoral, comumente recobrindo os sedimentos recentes – a Leste, e os terrenos Pré-Cambrianos – a Oeste (SUDENE, 1973).

Apresenta estratificações quase horizontais, constituídas por sedimentos de várias naturezas, desde areias até argilas de coloração variada, incluindo por vezes leitos de seixos rolados. Em camadas inferiores são encontradas argilas de coloração arroxeadas e cinzenta, e sob as camadas superiores, algumas vezes, verifica-se presença de concreções de ferro.

Nas áreas próximas aos limites com áreas do Pré-Cambriano, nota-se a presença de um delgado recobrimento sobre o embasamento cristalino, de natureza semelhante ao sedimento Barreiras. Essa cobertura denominada correntemente de “chás” é mais extensa e contínua ao norte, e está presente apenas no topo das elevações desse setor.

Suas características mais marcantes na Ilha de Itamaracá são as areias quartzo-feldspáticas claras, incoerentes, de granulação fina a média, intercaladas a argilas cinza-esverdeada. Segundo Manso et al (1992), da base para o topo, são encontrados: (a) arenito conglomerático com estratificação cruzada acanalada, cor amarela; (b) argila variegada esverdeada preenchendo fundo de canal; (c) arenito médio vermelho maciço. É comum, em alguns pontos, a presença de fraturas e falhas de pequeno rejeito. Em Itamaracá, há um afloramento deste tipo, na estrada que leva à Coroa do Avião (Figura 3.3).



Figura 3.3 – Formação Barreiras na porção sul da Ilha de Itamaracá, próximo ao Forte Orange.

3.2 Geologia do Quaternário Costeiro

O Período Quaternário, também chamado de Antropozóico e Psicozóico, compreende o período da história geológica ocorrida desde os fins do Terciário até os dias de hoje. É dividida em duas Eras: Pleistoceno e Holoceno. Esse período da história geológica é o mais estudado, e consequentemente mais conhecido, devido à atenção que os geólogos lhe dedicam.

A era Quaternária é marcada pelo começo das grandes glaciações e constantes transgressões e regressões do mar. Outra característica é o aparecimento, entre os mamíferos, dos primeiros “*Hominídeos*”, fato que realmente marca o início da era Antropozóica, comprovada pela preservação de seus instrumentos de trabalho e por descobertas de grandes quantidades de ossadas humanas, principalmente na África.

Os depósitos holocênicos são os mais recentes, entre eles encontram-se aluviões argilosos, areias de praia na costa, arenitos ou recifes de arenitos (*beach-rocks*), depósitos de mangue e sedimentos de terraços fluviais.

3.2.1 Transgressões e Regressões Marinhas

O clima global já variou muito ao longo dos últimos três milhões de anos, causando oscilações entre períodos glaciais e interglaciais. Quando a temperatura da Terra esfria muito a água é retida através do seu congelamento, principalmente nas calotas polares, causando o recuo do mar, a chamada regressão marinha, aumentando a superfície das terras emergentes, que podem ou não estar cobertas de gelo. Quando a temperatura da Terra esquenta

muito, há o derretimento progressivo das calotas polares, a água desse gelo derretido acaba retornando ao mar, elevando o seu nível médio. Consequentemente, o mar avança sobre os continentes alagando áreas baixas e afogando rios, etc. É a chamada Transgressão marinha. Esse vai e vem do nível médio do mar transforma a configuração da zona costeira.

3.2.2 Terraços Marinhos

Segundo Dominguez et al (1990), os terraços marinhos aparecem em toda a costa pernambucana, em dois níveis. Os mais altos ocupam altitudes de 7 a 11 metros acima da preamar atual. Cordões semelhantes a estes foram datados na Bahia como sendo do Pleistoceno, deduzindo-se que os de Pernambuco seriam contemporâneos. Já os terraços mais baixos apresentam-se em altitudes variando de 1 a 5 metros acima da preamar atual, são mais externos em relação aos primeiros, dispondendo continuamente ao longo da costa. Diversas datações na costa brasileira colocam os terraços marinhos mais baixos como de Idade Holocênica. Esses dois eventos estão associados à penúltima e à última transgressão marinha, respectivamente, apresentando algumas características marcantes (Quadro 3.1).

QUADRO 3.1 - Evolução geocronológica dos terraços marinhos e suas características

QUATERNÁRIO	Terraços Marinhos Holoceno	<ul style="list-style-type: none"> • Paralelos à costa; • Formas mais ou menos contínuas; • Largura média de 0,5-1km; • Constituídos por areias quartzosas; • Superfícies de antigas linhas de cordões litorâneos;
	Terraços Marinhos Pleistoceno	<ul style="list-style-type: none"> • Constituídos por areias quartzosas; • Apresentam-se descontínuas, de formas alongadas ou irregulares; • Mais ou menos paralelos à linha de costa; • Largura entre 0,5 e 1km e, com altitude de 3-8m; • Separação das ilhas.

3.2.3 Terraços Marinhos Pleistocênicos

Os terraços marinhos Pleistocênicos (120.000 anos A. P.), possuem feições arenosas constituídas de areias quartzosas, e apresentam na sua superfície alinhamentos de cordões litorâneos não contínuos. Em geral afloram sob a forma de pequenas manchas,

descontinuamente dispostas ao longo da porção interna da costa. Segundo Chaves (1990), não há presença de conchas e de moluscos, devido à dissolução dos ácidos húmicos.

Os terraços marinhos Pleistocênicos são observados na Ilha de Itapessoca, onde podem ser reconhecidas duas linhas de terraços com formas irregulares, e 2-5 quilômetros de largura, separados por um braço do rio Itapessoca. Porém, grande parte destes terraços está ocupada pela exploração imobiliária, ou obtida de retirada de material para construção civil.

3.2.4 Terraços Marinhos Holocênicos

Os terraços marinhos Holocênicos (5.100 anos A. P.) são constituídos por areias quartzosas. Em geral, são representados por alinhamentos de cordões litorâneos conservados, contínuos, pouco espaçados e paralelos entre si, formando faixas alongadas de larguras variadas. Podem conter conchas de moluscos em bom estado de conservação e, ocasionalmente, apresentam-se retrabalhados pela ação eólica (Morais, 2000).

Aparecem ao sul da Ilha de Itamaracá, com altitudes médias de 1–3 metros. Um fator marcante desses depósitos é a presença, em sua superfície, de antigos cordões litorâneos, pouco espessos. Assim como os terraços Pleistocênicos, seus depósitos encontram-se intensamente explorados pela ocupação humana.

3.2.5 Depósitos Flúvio-Marinho e Flúvio-lagunares

Os depósitos de mangue apresentam substrato lamacente, fauna e flora típicas, e são sistemas de água semifechados, cujos fatores físicos resultam das mistura da água doce dos sistemas fluviais e a água salgada do mar. Existe uma estreita relação entre a sucessão vegetal no espaço geográfico e os processos de deposição. As alterações nos processos sedimentares, associados a processos geomorfológicos, provocam modificações da linha costeira e flutuações do aporte fluvial, e costumam afetar a flora consideravelmente.

Segundo Lima Filho et al (1991), ocorrem em áreas rebaixadas e apresentam, em geral, sedimentos de areias finas, ou siltíco-argilosas, com boa quantidade de matéria orgânica. São encontrados em todo o litoral pernambucano em áreas protegidas da ação frontal das ondas, sendo bastante comuns em toda área do Canal de Santa Cruz, assim como em sua vizinhança, nos rios que lá desembocam. Morfologicamente, os manguezais são

limitados pelas planícies costeiras inferiores, que formam a área de transição entre o oceano e os níveis elevados que si situam mais para o interior.

Os sedimentos flúvio-lagunares, de acordo com Lima Filho et al. (1991), são encontrados em zonas baixas que separam os terraços pleistocênicos dos holocênicos e dos sedimentos da Formação Barreiras. Sendo constituídos por sedimentos argilo-arenosos com diferentes graus de compactação. Manso et al (1992) dizem que estes sedimentos ocorrem preenchendo a porção interna da planície costeira. Seus solos são bons para o plantio.

3.2.6 Recifes Algálicos

Apresentam-se como linhas recifais sobre o embasamento de arenito, compondo corpos alongados paralelos à costa, sendo interrompidas nas vizinhanças das desembocaduras dos rios, ou barras. Existem recifes mortos e vivos de corais e algas calcárias, capeando substrato litificado, podendo ser colonizados por prados de fanerograma marinha. Apenas uma pequena zona é ocupada por blocos ou nódulos de algas calcárias livres (Manso et al. 1992).

Seus corais incrustantes são estabelecidos em embasamentos areníticos totalmente recobertos. As áreas expostas apresentam uma superfície aplainada, muito pobre de vida; já as submersas possuem uma densa cobertura algal, com predomínio da *Chlophycea* e *Pheophycea*.

3.2.7 Depósitos Atuais de Praia

Apresenta-se em área estreita, constituída de areias quartzosas bem selecionadas, sofrendo contínuo retrabalhamento do mar. Um exemplo desse tipo de depósito é observado na Coroa do Avião (Figura 3.4), na desembocadura sul do Canal de Santa Cruz.



Figura 3.4 – Vista da Coroa do Avião, depósito atual de praia, com recobrimento vegetal.

CAPÍTULO 4

CARACTERIZAÇÃO DE SISTEMAS ESTUARINOS

4 CARACTERIZAÇÃO GERAL DE SISTEMAS ESTUARINOS

A palavra estuário deriva do latim *aestuarium*, que significa área baixa com influência das marés. São várias as formas utilizadas para definir um estuário: Guerra (1993) diz que “*Estuários são porções finais dos rios que, geograficamente, podem ser definidos como uma região costeira parcialmente fechada, onde a água doce do rio se encontra com a salgada do mar. Estendem-se desde o montante até a desembocadura do rio, desde que este não seja um delta*”. Porém a definição mais clássica e a mais aceita é a proposta por Pritchard (1955) e Cameron e Pritchard (1963): “*Estuário é um corpo de água costeiro semifechado, com uma livre ligação com o oceano aberto, no interior do qual a água do mar é mensuravelmente diluída pela água doce oriunda da drenagem continental*”.

No entanto, Dalrymple et al. (1992, *in* Miranda et al. 2002), dizem que de acordo com a sedimentação e a importância dos processos gerados pelas ondas “*Estuário é a parte voltada para o mar de um sistema de vales inundados, os quais recebem sedimentos de fontes fluviais e marinhas, contendo fácies influenciadas pela maré, onda e processos fluviais. Considera-se que o estuário se estende desde o limite interno das fácies de maré, até o limite oceânico das fácies costeiras na entrada*”.

Kjerfve (1987) ainda dividiu os estuários em três zonas distintas: “*Zona de Maré de um rio (ZR) – parte fluvial com salinidade praticamente igual a zero, mais sujeita à influência da maré; Zona de Mistura (ZM) - região onde ocorre a mistura da água doce da drenagem continental com a água do mar; Zona Costeira (ZC) – região costeira adjacente, que se estende até a frente de pluma estuarina que delimita a Camada Limite Costeira (CLC).*”

Segundo Russell (1967) os estuários surgem ou desaparecem durante as transgressões e regressões marinhas, respectivamente, e possivelmente já ocorreram em vários períodos geológicos. Porém, esses eventos seriam mais freqüentes e evidentes no Quaternário. Quando ocorre uma Transgressão Marinha a ação oceânica é mais proeminente, suas águas invadem as desembocaduras dos rios, dando origem aos estuários. Quando ocorre uma Regressão marinha há o predomínio da ação fluvial sobre a oceânica, o que favorece o desenvolvimento dos deltas (Figura 4.1).

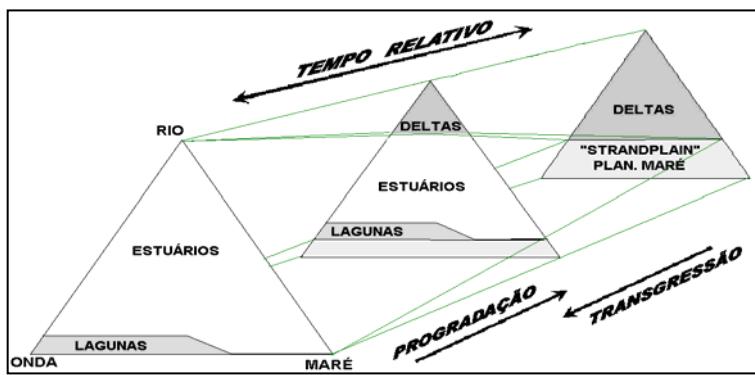


Figura 4.1 - Classificação evolutiva dos principais meios de sedimentação costeira, onde um estuário se desenvolve durante uma transgressão e desaparece durante uma progradação (Boyd et al., 1992)

Observa-se nessas áreas dois fatores importantes: as oscilações das marés e o ritmo e fluxo de água doce que, juntos, depositam sedimentos tanto continental como marinhos. Os nutrientes terrestres trazidos pelos rios se misturam com aqueles do fluxo das marés, resultando em áreas muito férteis e produtivas.

Os estuários são encontrados ao redor de todo o globo, em qualquer tipo de clima. As melhores condições para o seu desenvolvimento são encontradas nas planícies costeiras, em médias latitudes. Podem ser classificados por sua: geomorfologia, parâmetros de circulação das águas, estruturação salina e parâmetros estratigráficos.

Os sistemas estuarinos, de modo geral, vêm sendo muito estudados devido a sua grande importância ecológica e econômica, principalmente por apresentarem uma grande diversidade de características na sua dinâmica. Fatores químicos, físicos, geológicos, sedimentológicos, biológicos, hidrológicos e outros, são estudados por diversos especialistas. Isto se reflete nas inúmeras referências encontradas sobre o assunto.

A importância dos estuários está relacionada com sua produtividade biológica e econômica no que diz respeito à sua exploração. Os sistemas de classificação, concebidos segundo a geomorfologia, parâmetros de circulação das águas, e pela estrutura salina, são fundamentais para a delimitação das áreas de influência desses ambientes.

Alguns sistemas estuarinos que ocorrem em regiões tropicais e subtropicais, apresentam características particulares, tais como: clima quente úmido, solo arenoso-lodoso, salinidade variando entre 5 a 30 ppm, e precipitação pluviométrica acima de 1.500 mm/ano, que contribuem para a formação de um tipo particular de vegetação, o mangue, que encontra

nessas áreas condições necessárias para o seu desenvolvimento. A preservação dos ecossistemas manguezal é necessário por causa do seu importante papel na reprodução da biota flúvio-marinha.

A distribuição geográfica no Globo, no Brasil, e principalmente no Estado de Pernambuco, estão descritas nesse trabalho, enfatizando-se o estuário do Canal de Santa Cruz – Ilha de Itamaracá. O modo como ação antrópica intervém no estuário, determina seu estado de conservação ou degradação.

4.1 Importância dos Estuários

Os estuários são zonas ecologicamente importantes por apresentarem características favoráveis para o abrigo e desenvolvimento de inúmeros organismos. Esses organismos passam neles pelo menos um ciclo de suas vidas, de forma que tais ambientes servem como berçário para muitas espécies aquáticas. A água doce do rio transporta grande quantidade de nutrientes e matéria orgânica para os estuários, propiciando condições para o desenvolvimento dos produtos primários e uma cadeia alimentar ativa. Por isso, esses ambientes constituem um dos principais fornecedores de alimentos para organismos bentônicos, epi-bentônicos e pelágicos, sendo de grande importância na cadeia alimentar marinha. Além disso, fornecem proteção natural contra predadores da ictiofauna juvenil.

As zonas pouco profundas nos estuários são consequência da descarga do rio que transporta, em suspensão, grande quantidade de materiais finos, assim como ao tipo de substrato e da deposição marinha. Essas áreas são, em geral, ricas em matéria orgânica, e são também habitat de espécies bentônicas e aves.

O tempo de residência (ou retenção) da água no interior dos estuários cria condições para que muitas espécies aí se desenvolvam. Qualquer ocorrência de perturbação nesse ecossistema provoca uma reação em cadeia que repercutirá noutros sistemas, ligados a ele direta ou indiretamente. É ao mesmo tempo a causa da sua riqueza e da sua fraqueza. Ele é definido como o tempo necessário para que as águas doces fluviais cheguem ao mar, e pode ser calculado como a razão entre o volume de água doce existente no interior do estuário e o caudal do rio, requerendo para isso o conhecimento da distribuição espacial da salinidade. Esse cálculo deve ser utilizado apenas como indicativo, pois a salinidade pode variar de acordo com a oscilação das marés e com a precipitação pluviométrica. Como consequência,

quanto maior o tempo de residência da água no interior do estuário maior a sua produtividade tornando-o, também, mais sensível à descarga de poluentes.

Por ser um ecossistema rico e produtivo, é de grande importância na cadeia alimentar, sendo utilizado como fonte de produtos alimentícios para o homem, que nele pesca e coleta tanto para consumo próprio como para a comercialização de: peixes, moluscos, crustáceos, etc. Dependendo de sua profundidade, o estuário serve também como canal de navegação para pequenas embarcações que transportam contingentes humanos e produtos.

Além disso, o Homem, ao longo do tempo, procurou se fixar às margens dos rios, lagos e outras fontes de água, sendo notório que a maior parte da população mundial habita estas áreas. Essa ocupação se deu de forma desorganizada, gerando uma perda gradativa e incalculável da fauna e da flora, através da poluição (por despejo de esgoto, resíduos sólidos, etc), desmatamento, aterros, pesca e caça predatórias, etc., causando desequilíbrio ecológico nessas áreas. Na maioria dos casos, esses ambientes são incapazes de se recuperarem totalmente. O custo, humano e financeiro, para uma recuperação ambiental dessas áreas, ainda que parcial, é muito mais oneroso que aquele para mantê-las preservadas.

4.2 Classificação Segundo a Geomorfologia

A configuração de um estuário está relacionada com sua origem e localização no Globo. Tendo em vista essas características, Pritchard (1967) classificou os estuários segundo a sua geomorfologia (figura 2) como: (a) Vales de rios afogados; (b) Estuários tipo Fjord; (c) Em forma de barra e; (d) Estuários produzidos por processos tectônicos.

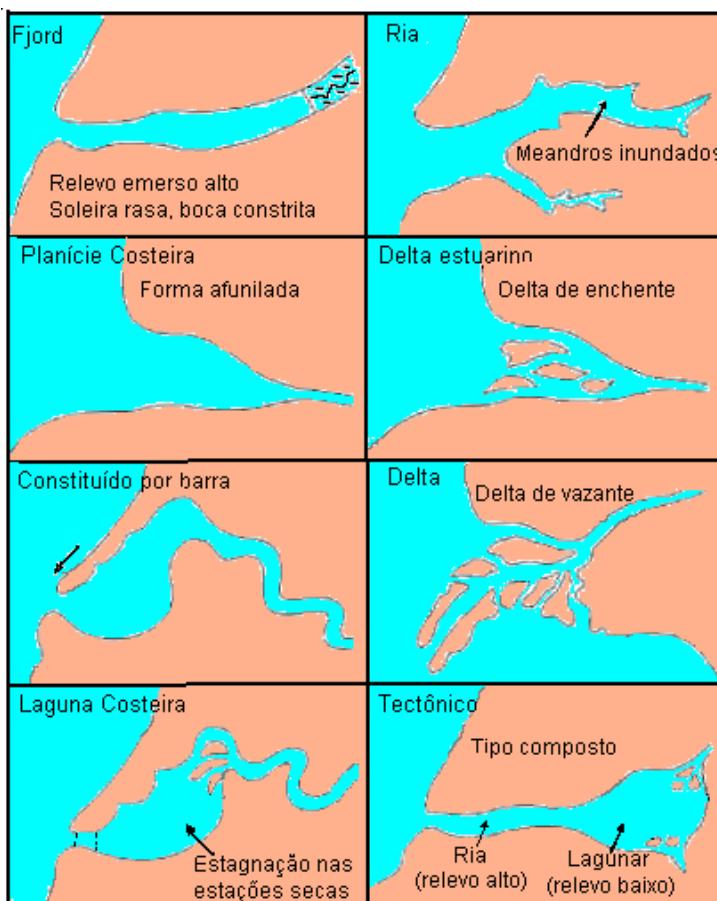


Figura 4.2 – Representação esquemática dos principais tipos de estuários (*inlets*) (adaptado de Fairbridge, 1980. *in:* Miranda et al 2002).

4.2.1 Vales de Rios Afogados (estuários de planície costeira)

Antes de falarmos sobre esse tipo de estuário faz-se necessária uma referência à regressão e à transgressão marinha. O abaixamento do nível médio do mar, a chamada regressão marinha é, sobretudo ocasionado pelo congelamento de águas nas calotas polares. Esse fenômeno modifica a paisagem continental, dando origem a depósitos suspensos de praias (terraços litorâneos), provocando variações nos níveis de bases dos rios, e fazendo com que suas desembocaduras se desloquem para plataforma (Guerra, 1993). Quando ocorre a transgressão marinha, o contrário acontece: há um aumento do nível médio do mar, devido à elevação da temperatura global e consequente descongelamento das calotas polares. Nesse caso, as águas marinhas invadem os vales de rios.

Este tipo de estuário teve formação disseminada durante a Transgressão Flandiana, onde vales escavados foram anteriormente inundados. A sedimentação não tinha o mesmo ritmo que as inundações, de modo que sua topografia era muito parecida com a dos vales dos

rios atuais. A profundidade máxima nesses ambientes fica em torno de 30 metros. Esse tipo de estuário localiza-se nas secções transversais dos vales subaéreos, aprofundando-se para sua embocadura, podendo ser modificado pelo fluxo e intensidade da descarga do rio e pela altura da maré. Seu contorno e sua secção transversal são com freqüência triangulares.

A proporção profundidade-largura é em geral considerável, embora isso dependa do tipo de rocha que o vale corta. Extensos charcos de lama e presença de sais ocorrem com freqüência, e é comum que o canal central seja sinuoso. Todo o estuário apresenta-se com fundo que varia de acordo com a espessura dos depósitos de sedimentos recentes, onde a lama se deposita nas margens (onde o fluxo é mais lento), e a areia na embocadura. O aumento na secção transversal para a embocadura é exponencial, e isso reflete o longo período de ajuste entre o equilíbrio da sedimentação e a erosão, por correntes de marés.

Estuários de planície costeira são em geral restritos a latitudes temperadas, muito embora os rios fluam já a um longo tempo, e o montante de descarga de sedimentos seja relativamente pequeno, comparado com o volume do prisma da maré (o volume entre o nível alto e baixo da água).

São exemplos desse tipo de estuário: Chesapeake Bay e Delaware Bay, na costa leste dos Estados Unidos; o estuário do Rio São Francisco (Figura 4.3A), Rio de Contas e Rio Potengi (Figura 4.3B), no litoral brasileiro.



Figuras 4.3 (A)- Foz do Rio São Francisco – (B)- Rio Potengi (RN) margem esquerda (Foto Internet)

4.2.2 Estuários Tipo Fjord

Os fjords foram formados em áreas recobertas pelas geleiras durante o Pleistoceno, hoje invadidas pelas águas do mar. Apresentam-se em altas latitudes, em regiões montanhosas. Suas aberturas foram escavadas durante um nível do mar mais elevado que o atual. A pressão e o acúmulo de gelo aprofundam e alargam os vales de rios pré-existentes, e os blocos de rochas desprendem das extremidades e do peitoril das elevações, particularmente na desembocadura e na intersecção dos fjords. O seu fundo pode ser muito raso, podendo ser restrito apenas na abertura de comunicação com o mar; na Noruega há registro de profundidade de soleira com 4,5 metros. Porém, Pickard (1956) mediou várias características físicas das aberturas e profundidades (40 a 150 metros) das soleiras. Do peitoril para o interior as profundidades variam de 400 a 800 metros. E, segundo Guerra (1993), avançam cerca de 30 a 40 quilômetros para o interior do continente. Porém, alguns fjords podem chegar a 100 quilômetros de comprimento. Seu corte transversal é quase retangular, apresentando forma de leito em U.

Fjords geralmente apresentam fundo rochoso e os depósitos de sedimentos, em geral, se encontram em sua cabeceira. As descargas dos rios são pequenas, comparadas com o volume total desses ambientes. São exemplos de fjords: Loch Etive (Escócia; Figura 4.4A), Sogne Fjord (Noruega); Milford Sound (Nova Zelândia; Figura 4.4B). Fjords são comuns também no Alasca e no Chile.



Figura 4.4 – 4A Fjord Loch Etive (Escócia) - 4B – Fjord Milford Sound (Nova Zelândia)

4.2.3 Estuários em Forma de Barra

Esses estuários foram formados por afogamento dos vales de rios durante a inundação subsequente à Idade do Gelo. Seus sedimentos recentes guardam características e informações das inundações passadas. É normal que esse tipo de ambiente estuário seja interrompido, servindo de barreira contra a ação das ondas nas praias. Eles são bem desenvolvidos, onde há variações de marés muito restritas e um grande volume de sedimentos disponíveis. Como consequência, os estuários em forma de barra estão associados a depósitos costeiros, apresentando-se com poucos metros de profundidade. É comum a presença de lagos extensos e rasos, associados. Eles são encontrados mais facilmente em regiões tropicais, ou em áreas com depósitos de sedimentos costeiros ativos. São exemplos: Estuário Vellar (Índia); Complexo estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape (São Paulo; Figura 4.5).



Figura 4.5: Complexo estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape (SP)

4.2.4 Outros Tipos de Estuário

Segundo Pritchard (1967), os estuários também podem ser formados por falhas tectônicas, por subsidência local, e por excesso de suprimento de água doce que transporta uma grande quantidade de sedimentos, originando as *rias*. São encontrados em margens ativas, onde são formadas baías como, por exemplo, a de São Francisco (Califórnia–USA; Figura 4.6).

As rias formam-se por elevação do continente onde estava o vale interior do rio quando este é inundado com a elevação eustática do nível relativo do mar, ocupando os espaços antes dominados por glaciares (Miranda et al., 2002). Esses estuários são típicos de regiões montanhosas de alta latitude.



Figura 4.6 - Baía de São Francisco, por onde passa a Falha de San Andreas, Califórnia – USA. (Foto Internet)

4.3 Classificação Segundo a Amplitude de Maré

Os estuários são áreas dinâmicas e constantemente alagadas, sofrendo influências, ora das águas do mar ora das águas continentais. Dependendo da configuração e localização, sofrem mais influência de um ou de outro tipo de água, e são classificados como: a) estuários dominados por ondas; b) estuários dominados por marés. É importante considerar que a predominância de um processo não é função da altura absoluta das ondas ou da amplitude absoluta da maré e, sim, da prevalência de um processo sobre o outro.

4.3.1 Estuários Dominados por Ondas

As ondas ou vagas são oscilações periódicas da superfície do mar, cujo tempo que leva para produzir um mesmo movimento em um determinado ponto é muito breve, inferior a 30 segundos. Podem ser formadas pelo vento (*ondas forçadas*), pela oscilação do nível do mar (*ondas livres, maresia ou ondulação ao largo*) e, são também produzidas no fundo (*vagas de fundo ou sísmicas*).

As ondas de superfície, as mais comuns, são causadas pelo vento que ao deslizar sobre a superfície do mar produz um atrito, formando elevações separadas entre si por cavados de iguais intensidades. À medida que o vento sopra em maior velocidade, aumenta a altura da onda.

Em uma série de ondas sucessivas temos: (Figura 4.7).

- *Comprimento da onda (l)* – que é a distância entre uma crista e outra;
- *Amplitude* – o comprimento entre o ponto mais alto e o mais baixo da onda;
- *Período (t)* – tempo decorrido entre a passagem de duas ondas sucessivas em relação a um determinado ponto;
- *Velocidade de propagação (v)* – velocidade aparente do deslocamento das ondas, que é o coeficiente da divisão do comprimento pelo período: $v = \frac{l}{t}$;
- *Altura das ondas (h)* – distância entre a crista e o cavado.

A altura e o período das ondas aumentam de forma desigual pela ação do vento a partir da proximidade da praia e/ou quando encontram fundos rasos; a altura da onda aumenta proporcionalmente mais depressa que o comprimento, tornando a onda mais convexa. Quando a relação altura/comprimento é de 0,14, a água rebenta violentamente, e nas cristas formam-se os “*carneiros*”.

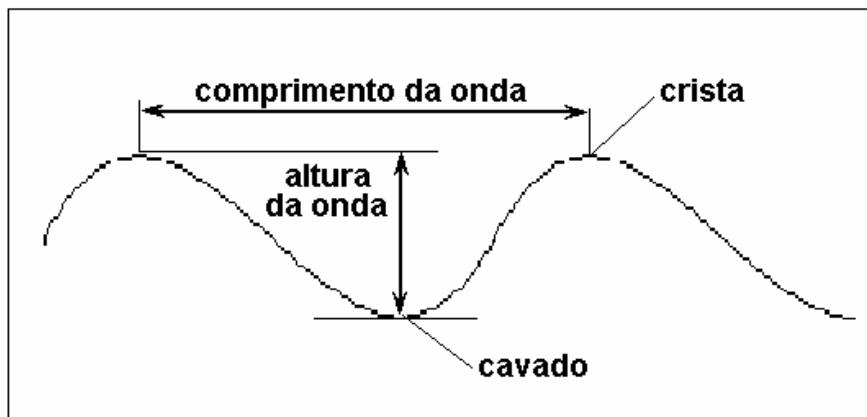


Figura 4.7 - Representação esquemática de ondas de acordo com Lobo (1979).

A distribuição de energia de ondas na entrada dos estuários forma barreiras ou cordões litorâneos emergidos ou submersos. Segundo Muehe (1994), os cordões litorâneos podem se apresentar com ou sem conexão à terra firme por uma das extremidades, ou ter as duas extremidades ligadas à terra firme, o que impede as ondas e as correntes de marés de entrar nos estuários. Portanto, é baixa a energia na parte interior da barreira.

Pela diminuição da declividade do leito do rio e pelo aumento da secção na qual sua água escoa, a energia do rio decresce até o mar. Por isso, os estuários dominados por ondas se caracterizam por uma alta energia na desembocadura, por um mínimo bastante pronunciado na parte central, e por uma boa energia fluvial em seu fundo.

A distribuição da energia leva a uma disposição granulométrica de grosso-fino-grosso nas suas fácies, desde a sua abertura até a desembocadura. Na abertura, o corpo arenoso marinho apresenta as características de praia. E, na antepraia, se observam leques aluviais.

Durante uma transgressão, o retrocesso da barreira provoca sua erosão pelas ondas, em praias retrogradantes. A parte central das barreiras, os depósitos transgressivos do rio e do delta de desembocadura, são sobrepostos por sedimentos orgânicos finos, seguidos por sedimentos mais grossos, depositados pela progradação do delta estuarino. A seqüência resultante é simétrica. Um bom exemplo de estuário dominado por onda é o da foz do Rio Amazonas.

4.3.2 Estuários Dominados por Marés

As marés são oscilações periódicas do nível do mar. O movimento ascendente chama-se *preamar* e o de descida *baixa-mar*; a diferença entre esses constitui a amplitude de maré. Em geral, a maré apresenta dois fluxos em um intervalo de 24 horas e 50 minutos, que correspondem à duração de um dia lunar.

As marés são causadas pela atração de dois corpos celestes, o Sol e a Lua em relação à Terra (Figura 4.8). A Lua e a Terra se atraem mutuamente e, se não fosse a força centrífuga chocar-se-iam entre si. Nos centros desses dois corpos, a forças de atração e a centrífuga se equilibram, não ocorrendo o mesmo nas superfícies. Na zona da Terra que se encontra mais próxima da Lua, a força de atração é maior que a centrífuga, e na zona mais afastada menor. Segundo Lobo (1979), se a Terra estivesse envolvida em uma camada contínua de água, na zona sua mais próxima da Lua se formaria uma espécie de montanha, porque as partículas da água seriam atraídas com maior força do que repelidas pela força centrífuga. A atração do Sol produz um efeito semelhante, sendo a sua distância em relação a Terra, compensada pela sua grande massa.

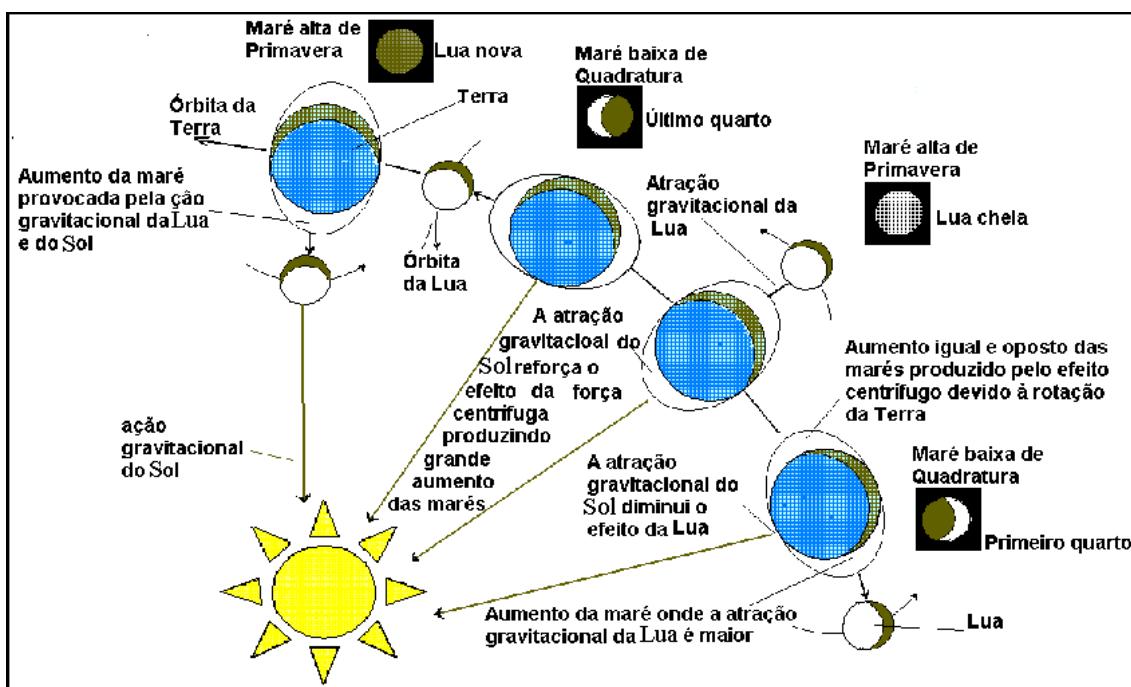


Figura 4.8 – Desenho esquemático de posição orbitais da Terra provocando os períodos da maré.

Durante os períodos de lua-cheia e lua-nova os efeitos do Sol e da Lua somam-se, de modo a provocar as chamadas marés vivas ou marés de sizígia. Nos períodos da lua-quarto-

crescente e da quarto-minguante, a ação do Sol é contrária à da Lua, provocando marés pequenas, denominadas *marés mortas* ou *marés de quadratura*. De acordo com Miranda (1984), esse efeito é praticamente desprezível se levarmos em conta as pequenas dimensões da maioria dos estuários, embora se faça necessária uma diferenciação entre o que se chama de maré independente e a co-oscilação da maré. A maré independente é o fenômeno da maré decorrente da atração gravitacional do Sol e da Lua, que atuam indiretamente sobre as águas no estuário, enquanto que a co-oscilação da maré é causada pela oscilação da maré oceânica atuando na entrada do estuário, sendo a sua contribuição mais importante para gerar os movimentos periódicos num estuário.

Marés de Sizígia – Ocorrem nas luas cheia e nova, provocando uma variação de maré muito significativa.

Marés de Quadratura – Ocorrem nas luas quarto-crescente e quarto-minguante, quando a variação de maré é muito pequena.

Correntes de Maré – São observadas nos portos e estuários que, coincidindo com o fluxo e refluxo da maré, originam duas correntes, por vezes muito fortes, uma para o interior do estuário ou porto (fluxo), e outra para o exterior (refluxo). Segundo Lobo (1979), a maré é como uma onda de grande comprimento. Porém com exceção de oceanos profundos, as partículas fluídas chocam-se com o fundo e não podem concluir suas trajetórias (como acontece com as ondas normais), produzindo-se um arraste real da água. Nos estuários, portos e baías, os obstáculos impedem o livre movimento giratório, produzindo as correntes de fluxo e refluxo.

Boothroyd (1978) usa a classificação de linhas de costa sugerida por Davies (1964), que se baseia nos seguintes limites de marés: micromaré = marés $< 2\text{m}$; mesomaré = marés entre 2 e 4m; macromaré = $> 4\text{m}$.

A maioria dos atuais exemplos (Figura 4.9) de estuários dominados por marés está inserida em zonas de macromarés e apresentam formato de funil. Entretanto, alguns se encontram em zonas de mesomarés, que têm baixa energia das ondas. Nessas áreas, a energia da maré domina a entrada dos canais e forma barras alargadas, que bloqueiam a energia das ondas, se estas existirem. Por outro lado, sua forma alargada provoca aceleração das correntes de maré para dentro do estuário, até o ponto onde a fricção contra o fundo e as bordas neutralize essa energia (limite de influência das marés). A ausência de barreiras permite uma melhor penetração das correntes de marés e a energia da água fluvial decresce à medida que

chega à foz. O mínimo de energia é menos nítido que nos estuários dominados por ondas. Por isso, a disposição granulométrica de grosso-fino-grosso dos sedimentos é menos perceptível que nos estuários expostos às ondas.



Figura 4.9 – Delta estuarino do Rio Amazonas – apresenta geometria afunilada (Foto Internet)

Na entrada do estuário se encontram barras alargadas paralelas à direção da corrente, constituídas por areias médias a grossas com estratificação oblíqua. Nas zonas de energia máxima das correntes de maré, corpos de areia fina com laminationes horizontais caracterizam um fluxo de alta energia. Sendo esse ambiente largo, a área apresenta canais anastomosados.

Na região de menor energia, o canal de maré apresenta uma evolução morfológica em três trechos: canal reto inferior – canal em meandros – canal reto superior.

Trecho com canal reto inferior - é um trecho dominado pelas correntes de maré, onde os sedimentos são transportados até acima, e por onde passam águas abaixo das áreas de baixa energia.

Trecho com canal em meandro – localizado entre o trecho inferior e o superior; é submetido a influências mistas, do mar e do rio. Apresenta a energia mínima do sistema e se caracteriza por depósitos “*pont-bar*” com granulometria fina. Nessas zonas os meandros parecem ser pontos característicos de estuários dominados por marés.

Trecho com canal reto superior – dominado pelo rio, onde sedimentos são transportados até onde há sua influência, passando diretamente ao sistema fluvial.

4.4 Classificação Pela Estruturação Salina e Pelos Parâmetros Estratigráficos.

A salinidade é um fator importante para a definição de estuários, posto que neles ocorre mistura de massas de água com salinidades diferentes. Um estuário limita-se entre as zonas de salinidade que variam entre $< 0,5 - 40$. Os fatores que dominam a distribuição da salinidade e os padrões de circulação são: a geomorfologia, o aporte de água doce, e a amplitude de maré. É a salinidade que determina a distribuição dos organismos (vegetais e animais) dentro da massa d'água estuarina. Porém, é menos importante para os organismos que se encontram no interior dos sedimentos.

MacLusky (1981) dividiu os estuários em regiões levando em consideração a sua salinidade, e como se distribuem os organismos nessas áreas. (Quadro 4.1).

Quadro 4.1: Divisão dos estuários de acordo com a salinidade e distribuição dos organismos.

Divisões do Estuário	Salinidade(s) /ppm	Zona	Classificação Ecológica, Distribuição dos Organismos no Estuário		
Rio	$s < 0,5$	Limnética	Limnético Oligohalino Mixohalino Verdadeiramente Estuarino Estenohalino Marinho Eurihalino Marinho Migradores Marinho	Limnético Oligohalino Mixohalino Verdadeiramente Estuarino Estenohalino Marinho Eurihalino Marinho Migradores Marinho	Limnético Oligohalino Mixohalino Verdadeiramente Estuarino Estenohalino Marinho Eurihalino Marinho Migradores Marinho
Montante	$0,5 \leq s < 5$	Oligohalina			
Região Superior	$5 \leq s < 18$	Mesohalina			
Região Intermediária	$18 \leq s < 25$	Polihalina			
Região Inferior	$25 \leq s < 30$	Polihalina			
Embocadura	$30 \leq s < 40$	Euhalina			

Modificada a partir dos dados de McLusky (1981).

Observação: o tracejo indica até onde os organismos podem ser encontrados.

A diluição da água marinha em água doce corresponde a diferentes gradientes de densidade, que determinam os padrões de estratificação vertical e o sistema de circulação estuarinos. O balanço hidrológico permite avaliar a importância dessa circulação.

Baseado nisso, Day (1981) classificou os estuários em três categorias: (a) Típicos ou Normais; (b) Hipersalinos e; (c) Fechados.

4.4.1 Estuários Típicos ou Normais

A maioria dos casos se encaixa nesse tipo. Nele, a salinidade aumenta de montante para jusante. Há uma nítida tendência para a circulação predominante se realizar em direção ao mar ao longo de um ciclo completo de maré (Figura 4.10).

De acordo com o grau de estratificação salina os estuários típicos podem ser subdivididos em: (I) Estuário em Cunha Salina; (II) Estuário Altamente Estratificado; (III) Estuário Parcialmente Estratificado; (IV) Estuário Verticalmente Estratificado.

I) *Estuário em Cunha Salina* – Identificado por uma corrente de água salgada junto ao fundo e uma corrente de água doce à superfície, não havendo mistura das águas.

São típicos de regiões de micromarés e de lugares em que predominam condições de grande descarga fluvial.

II) *Estuários Altamente Estratificados* – Identificados pela existência de uma corrente de água salgada junto ao fundo, e uma corrente de água doce à superfície e, entre estas, uma camada de água com características intermediárias, separadas por haloclinas bem definidas. Pertence a essa categoria a maioria dos fjords.

III) *Estuários Parcialmente Estratificados* – Caracterizados por gradiente vertical salino que apresenta graus variados de mistura ou estratificação entre as camadas de água superficial e de fundo, mostrando sentidos opostos de direção da corrente.

IV) *Estuários Verticalmente Homogêneos* – Caracterizados por salinidade decrescente de jusante para montante, sem a presença de um gradiente vertical de estratificação das águas. A inexistência de um gradiente vertical salino é devido à mistura que ocorre nos estuários pouco profundos, sob a influência de fortes correntes provocadas pelas marés.

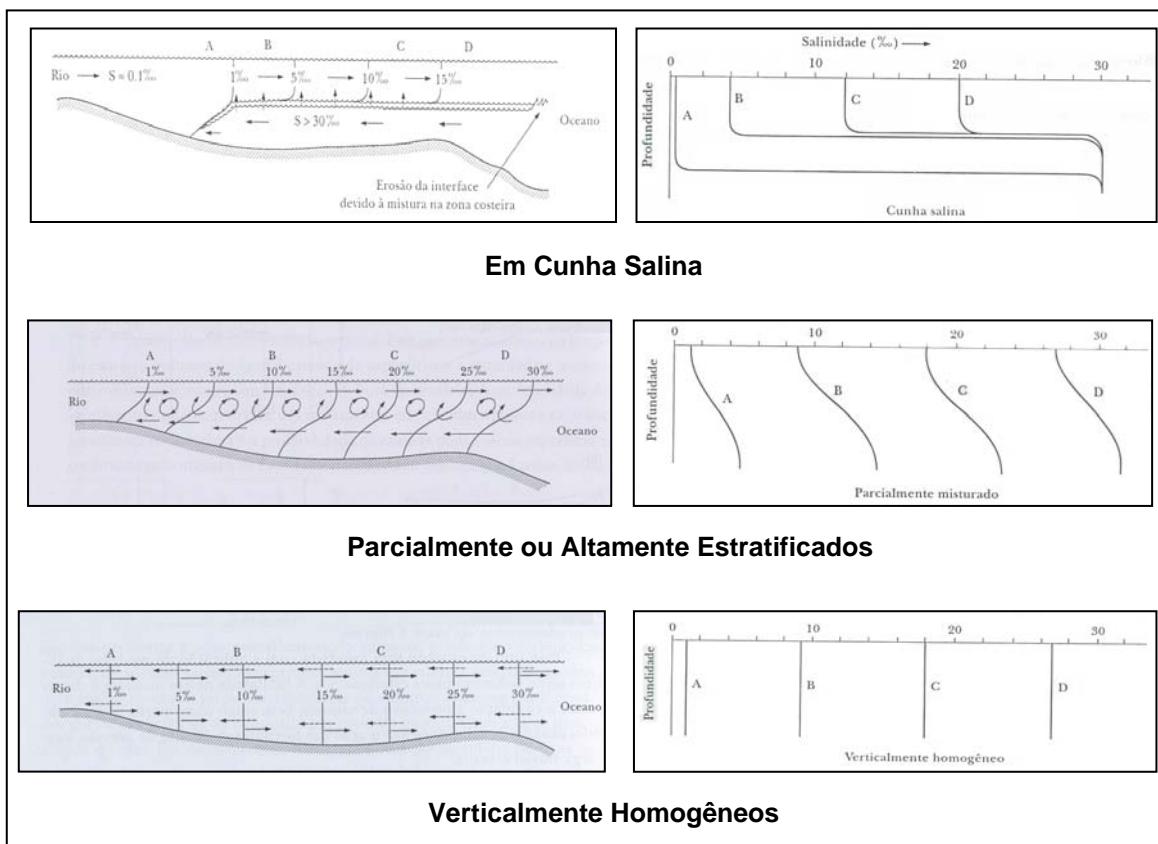


Figura 4.10 – Esquemas gráficos dos tipos de estuário de acordo com a distribuição da salinidade

4.4.2 Estuários Hipersalinos

São aqueles que possuem um gradiente invertido ou negativo, ou seja, a salinidade aumenta de jusante para montante. Nas áreas interiores o nível médio das águas é menos elevado em relação à água do mar, e o predomínio do fluxo das águas é de jusante para montante.

4.4.3 Estuários Fechados

São aqueles temporariamente fechados por uma barra de areia que se deposita na embocadura. A amplitude de maré é nula durante este período, e não existem correntes de maré. A circulação depende da corrente de água doce residual e da ação dos ventos na superfície das águas. A salinidade pode variar, estando diretamente relacionada com: a evaporação e a passagem por difusão através da barra arenosa; o caudal fluvial; e com o índice de precipitação. Esses fatores podem tornar o estuário hipersalino ou hiposalino.

4.6 O Ecossistema Manguezal

Os mangues são conhecidos desde o ano de 325 a.C. através do relatório do General Nearco, que acompanhou Alexandre Magno em suas campanhas do Delta do Índico ao Golfo Pérsico. Nesse relatório há registros de árvores com 14 metros de altura, apresentando flores brancas que “cresciam no mar”, e troncos suportados por raízes com aspecto de candelabro. No Brasil, o historiador português Gabriel Soares de Souza descreveu manguezais brasileiros, cujo texto foi impresso em 1587, e é considerada uma das referências mais antigas sobre esses ecossistemas.

Manguezal e mangue são muitas vezes confundidos como sendo a mesma coisa. Faz-se necessário saber que não o são, pois manguezal é um ecossistema de transição entre os ambientes terrestre, marinho e fluvial que comportam um enorme número de espécies animais flúvio-marinhos, e possui uma vegetação típica de “mangue”. De acordo com Magalhães (1979), *“manguezal é um terreno lamacento à beira dos rios e lagos, nos quais chega a água do mar. E, mangue é o nome comum de numerosas plantas arbustivas e arbóreas do Brasil”*.

As principais características desse ecossistema são os extensos substratos lodosos intermarés, caracterizados pela presença de caranguejos e moluscos, e pelo crescimento de algas rodofíceas sobre as raízes aéreas, ao lado de cracas, ostras e outras conchas. As lagunas e canais são habitados por um fito e zooplâncton quantitativamente ricos, sobretudo peixes, siris e camarões. O ecossistema é influenciado por diferenças de salinidade das águas, variando desde uma salinidade francamente marinha às gradações de águas salobras, através de diluições com água doce.

4.5.1 Requisitos para Ocorrência de Manguezais

Não é em qualquer estuário que pode haver a ocorrência de manguezal. Para que ele se forme é necessário uma série de fatores combinados. Assim sendo, é inicialmente preciso que a área seja relativamente plana, possibilitando a deposição dos sedimentos transportados pelos rios, que se dá pela diminuição de energia e pelo aprisionamento dos sedimentos finos transportados em suspensão pela vegetação. Essa mesma área tem que estar protegida da ação frontal das ondas, de tal forma a impedir que afetem a deposição dos sedimentos. É também

um fator determinante que haja o encontro das águas fluviais e marinhas, possibilitando um grau de salinidade favorável para o desenvolvimento do manguezal.

O teor de salinidade varia de 5 a 30 dependendo das variações das vazões dos rios e do fluxo e refluxo da maré. Uma hipersalinidade neste ecossistema afeta o desenvolvimento, a reprodução, e a produção líquida do mangue. À medida que aumenta a distância da influência do oceano, a salinidade diminui, até não apresentar mais características de estuário.

O clima propício é o quente úmido das zonas tropicais e subtropicais, com temperatura acima de 20º C, com precipitação pluviométrica acima de 1.500 mm/ano, sem prolongados períodos de seca. Lacerda (1994) diz que “*o fornecimento de água e a circulação da mesma no estuário, provêm e dependem basicamente da variação do volume das chuvas e da evaporação da água*”.

O sedimento deve ser areno-lodoso com muita matéria orgânica, apresentando um baixo teor de oxigenação; em alguns lugares, logo após as camadas mais superficiais, é possível que esse teor chegue a zero.

4.5.2 Flora

Nos manguezais encontra-se pouca variedade de espécie de árvores, mas grande número de indivíduos por espécie. Na costa brasileira, há quatro espécies dominantes:

Rizophora mangle (mangue vermelho), caracterizado pelas raízes aéreas (rizóforas). Os embriões jovens ficam presos na árvore-mãe durante algum tempo, até ficar com capacidade de se fixar e se desenvolver. Depois de um certo desenvolvimento a nova planta se desprende do fruto e, como um dardo, mergulha no solo lodoso, onde prossegue sua evolução. O córtex é rico em um importante polissacarídeo, o tanino, de coloração avermelhada, é um poderoso adstringente usado pelas indústrias como matéria-prima na curtição de couro, e remédios para diarréia e hemorragias. A sua madeira é empregada em dormentes, postes, vigamentos, tacos, e como lenha (Figura 4.11).



Figura 4.11 - *Rizophora mangle* – A – Extração de tanino. B – Raízes aéreas.

Avicennia schaueriana (mangue siriúba) é a mais alta das árvores dos mangues. Cresce em grupos isolados, nos níveis mais elevados do manguezal. As raízes são pneumatóforas e relativamente compridas (Figura 4.12).



Figura 4.12 – *Avicennia schaueriana*, desenvolvimento de uma muda.

A *Laguncularia racemosa* (mangue branco) apresenta cobertura por lenticelas – pequeno agrupamento de tecidos específicos para a troca de gases entre a planta e o meio externo. O fruto, em forma de bilha d'água, desprende-se facilmente. As raízes radiais apresentam ou não pneumatóforos. (Figura 4.13)

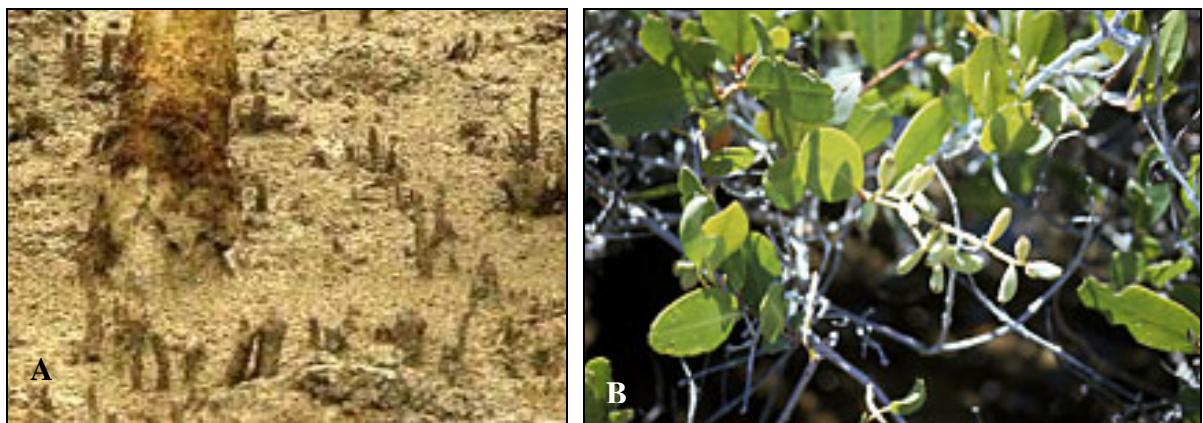


Figura 4.13 - A *Laguncularia racemosa*. A – Desmatamento. B – Folhas e flores

A *Conocarpus erecta* (mangue de botão) se fixa nas terras mais elevadas e secas atrás do manguezal propriamente dito. Como local natural de ocorrência, pode ser encontrada na zona sob influência da água do mar de certas costas rochosas. A árvore pode alcançar 15-20 m de altura. Sendo composto de muitos frutos individuais pequenos e redondos de cor castanho-púrpura (Figura 4.14), semelhantes a escamas que contém uma semente. A casca é áspera e grossa de cor cinzenta ou castanha.



Figura 4.14 – Aparência da *Conocarpus erecta*

4.5.3 Fauna

No manguezal existem animais chamados de habitantes ou de visitantes. A maior parte da fauna vem do ambiente marinho, sendo encontrada grande quantidade de moluscos (ostras, sururus), e crustáceos, tais como, siris, caranguejos, além de camarões e peixes. (Figura 4.15 A)



Figura 4.15 – A - Caranguejo Uça (*Ucides cordatus*); B – Garça branca grande (*Ardea Alba*)

Do ambiente terrestre vêm as aves, mamíferos, anfíbios, répteis e alguns insetos, que utilizam o manguezal preferencialmente como o local de acasalamento, nidificação e como fonte potencial de alimento (Figura 4.15-B).

Em todos os ecossistemas, cada espécie é essencial para a montagem da cadeia alimentar (Figura 4.16). No manguezal isso é evidente. Nele o sedimento é fino, quase sempre lodoso, trazido pelos rios e pelo mar. As folhas, os frutos, flores e galhos que caem das árvores do manguezal, servem de alimento para alguns animais que vivem nesse ambiente. As sobras são trabalhadas por organismos como o “*teredo*”, que é uma espécie de molusco que perfura galhos e troncos de árvores caídas, e por alguns insetos e caranguejos. A decomposição desse material particulado, feita por bactérias e fungos, resulta em nutrientes para as algas que se desenvolvem na coluna de água do estuário.

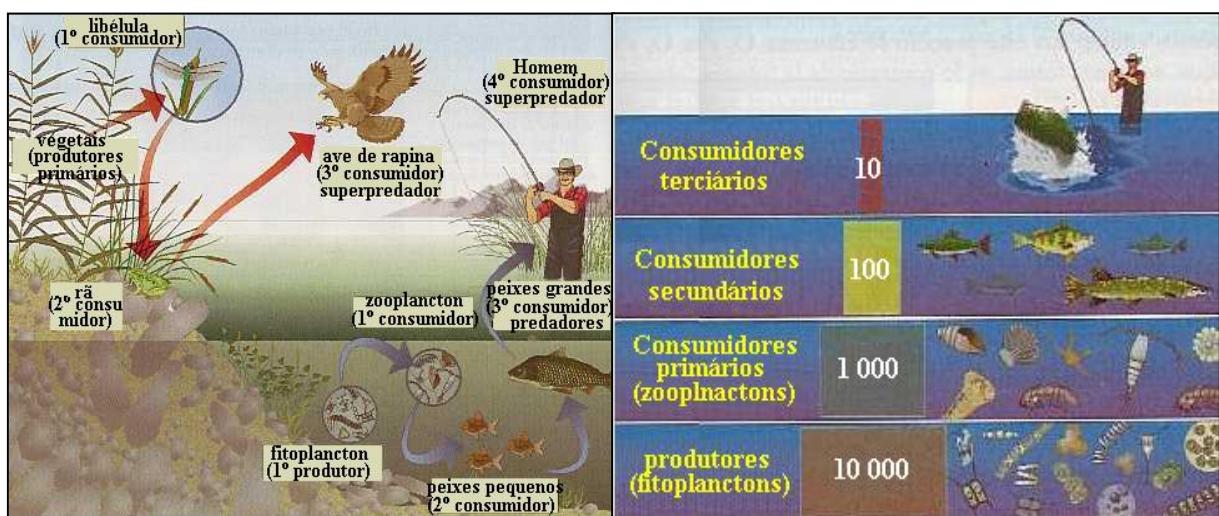


Figura 4.16 – Esquema da cadeia trófica e relação de produção alimentar necessários para nutrir os consumidores imediatamente acima.

4.5.4 Importância do Ecossistema Manguezal

O ecossistema manguezal suporta uma infinidade de seres que se adaptam às suas condições específicas. Por isso ela desempenha um papel muito importante para a procriação de várias espécies, servindo como maternidade, berçário e área de alimentação.

Por ser um ambiente aquático e rico em matéria orgânica, nutrientes, e em fitoplânctons, troca esse arsenal com o mar, que lhe fornece Carbonato de Cálcio e Oxigênio. Essa permuta ocorre com o auxílio das marés da seguinte forma: na preamar a maré traz até o manguezal seus compostos (oxigênio e nutrientes) e na baixa-mar os leva de volta ao mar, onde são distribuídos através das correntes.

É no manguezal que pescadores vêm confinando peixes, crustáceos e moluscos, pela impossibilidade de concorrerem com grandes empresas de pescado. Assim, vêm abandonando os seus locais originais de pesca e alimentos, passando a trabalhar nestes novos ambientes. Neles vêm conseguindo recolher alimentos, tanto como meio de subsistência, quanto como de comercialização. A maturidade do manguezal é determinada pelo valor econômico dos organismos que neles vivem, pois quanto mais maduro mais elevado é o seu valor de comercialização, e a população ribeirinha se beneficia.

Além dessas funções os manguezais contribuem para a sobrevivência de aves, répteis e mamíferos, muitos deles integrados às listas de espécies ameaçadas de extinção. O mangue protege o litoral da erosão. Retém os sedimentos, evitando o assoreamento do estuário.

4.6 Distribuição dos Estuários e dos Manguezais no Brasil

O Brasil apresenta uma costa com aproximadamente 8.000 km de extensão, o que torna possível encontrar inúmeros exemplos de ecossistemas estuarinos diferentes entre si, tanto nas características geo-biológicas como nas diferentes formas de ocupação humana. Segundo Scheaffer-Novelli et al (1989), o Delta do rio Amazonas sofre pressões humanas relativamente fracas, com práticas rudimentares de pesca e extrativismo, devido ao pouco adensamento humano. Porém no outro extremo do Brasil, há lagunas e estuários intensamente utilizados e urbanizados, principalmente na Baía de Santos, Guanabara, de Todos os Santos e Lagoa dos Patos (Figura 4.17).

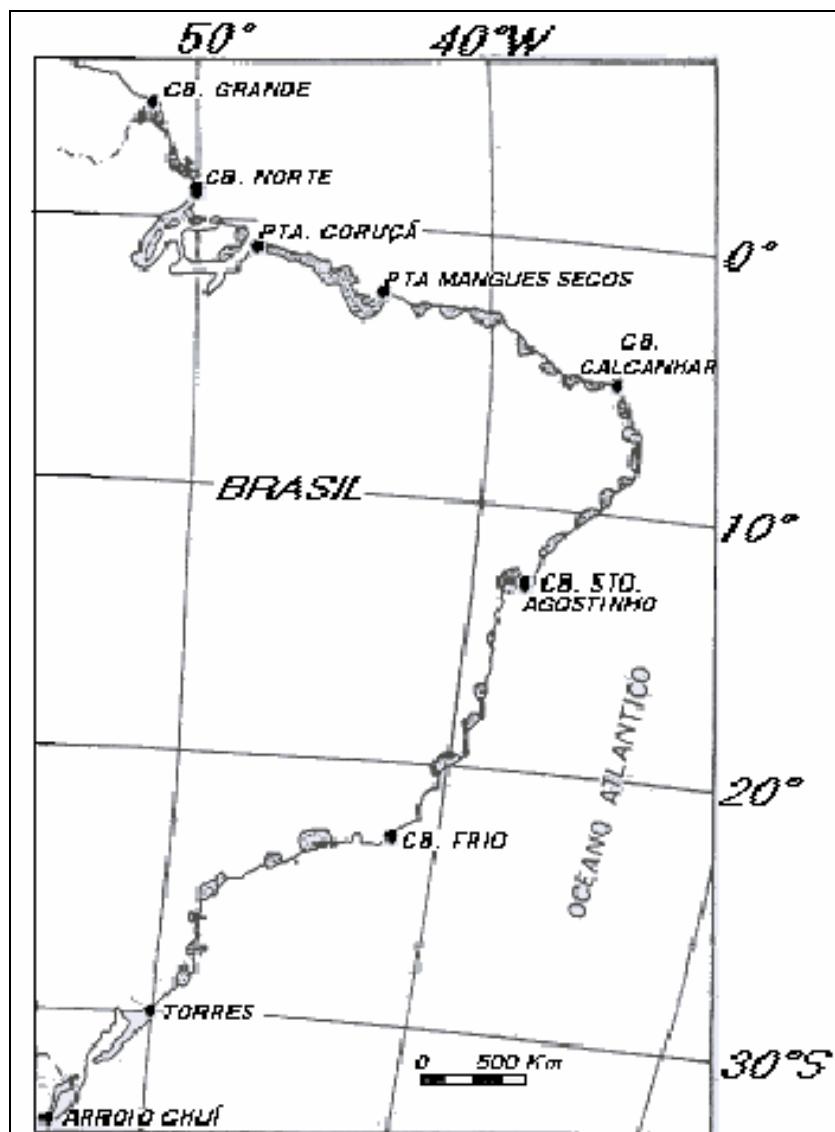


Figura 4.17 – Localização dos estuários e dos manguezais no Brasil. Scheaffer-Novelli et al (1989).

O extremo Norte encontra-se na porção do país equatorial, áreas onde a temperatura é mais elevada. Grandes aportes de água doce, principalmente do rio Amazonas, carregam consideráveis quantidades de nutrientes. Sendo a taxa pluviométrica elevada (3.000 mm/a), as condições físico-químicas da água são de menor salinidade que em outras áreas do país, favorecendo o melhor desenvolvimento de certas espécies, sobretudo as de mangues.

Na região Nordeste, os rios são menos expressivos que os do Norte, uma vez que chove pouco em suas cabeceiras. Entretanto, nas suas desembocaduras a precipitação pluviométrica aumenta (1.200 mm/a) assim como a temperatura média (em torno de 30°C), fazendo com que a fauna e flora apresentem um bom desenvolvimento.

No Sudeste do país os rios apresentam grandes taxas de poluição, devido ao adensamento urbano regional. A situação se agrava devido à constatação de alguns acidentes ambientais, causados por derramamento de óleo e/ou vazamento de produtos químicos em rios, causando grandes estragos na Natureza e afetando a população em geral.

A distribuição dos manguezais no Brasil confunde-se com a dos estuários, englobando uma grande diversidade de mangues. Essa diversidade se expressa por diferentes formas de ocupação e intervenção antrópica, além de diferenciadas condições climáticas, geológicas, e de morfologia costeira. Ocorrem desde o Oiapoque ($04^{\circ} 30' N$), no extremo setentrional, onde as condições são de costa alagada, clima quente e úmido, e alta taxa pluviométrica, chegando até Laguna ($28^{\circ} 30' S$) em Santa Catarina, onde o clima é subtemperado, e de taxa pluviométrica média.

O conjunto dos manguezais reconhecido na literatura ocupa 25.000 Km^2 no território brasileiro, segundo Saenger et al (1983), muito embora Herz (1991) indique que essa área seja inferior a 10.000 km^2 . Essas formações caracterizam um complexo e delicado ecossistema, associado a costas de baixa energia, onde diversas fisiografias podem abrigá-lo: estuários, lagunas, baías e enseadas (Schaeffer-Novelli et al 1989), cujas morfologias comportem proteção suficiente ao seu estabelecimento.

Segundo Schaeffer-Novelli (1989) são oito as unidades de manguezais do litoral brasileiro, apresentando-se da seguinte forma:

Unidade I - ($04^{\circ}30'N-01^{\circ}42'N$), do Oiapoque ao Cabo Norte, no litoral do Amapá. Este trecho é caracterizado por manguezais dominados pela siriúba (*Avicennia*), com indivíduos medindo de 15 a 20 m de altura.

Unidade II – ($01^{\circ}42'N - 00^{\circ}36'S$), do Cabo Norte à Ponta Coruçá, no litoral do Pará (Golfão Amazônico). A origem flúvio-marinha das formações costeiras, sob influência das águas do Amazonas, resulta em uma redução da extensão das áreas de manguezal, estando estes limitados às partes mais externas do delta. As *Avicennia* estão associadas aos substratos ligeiramente mais elevados, enquanto que as *Rhizophora* ocorrem nos ambientes mais salino.

Unidade III - ($00^{\circ}36'S - 02^{\circ}15'S$), de Ponta Coruçá à Ponta Mangues Secos, no litoral do Maranhão. Neste segmento, as *Rhizophora* atingem 20 m de altura e dominam as franjas dos bosques, sendo que *Avicennia* e *Laguncularia* ocupam as porções mais elevadas dos terrenos.

Unidade IV - (02°15'S - 05°08'S) da Ponta Mangues Secos ao Cabo Calcanhar, no Rio Grande do Norte. Os manguezais são pouco desenvolvidos neste segmento, tanto em extensão como estruturalmente, estando associados aos estuários dos rios perenes.

Unidade V - (05°08'S - 13°00'S), do Cabo Calcanhar ao Recôncavo Baiano. Com os manguezais associados aos estuários, os gêneros vegetais *Rhizophora* e *Laguncularia* aparecem como pioneiros. Nas partes mais internas, *Avicennia* e *Laguncularia* formam bosques mistos com mais de 10 m de altura.

Unidade VI - (13°00'S - 23°00'S), do Recôncavo Baiano a Cabo Frio. Manguezais relativamente extensos são comumente encontrados por trás de restingas. Os três gêneros de mangue são encontrados ora formando bosques monoespecíficos, ora compondo cobertura vegetal mista.

Unidade VII - (23°00'S - 29°20'S), de Cabo Frio a Torres. Esta é uma das unidades mais bem estudadas sob o ponto de vista da cobertura vegetal dos manguezais. Os bosques apresentam um gradiente em termos estruturais, com os indivíduos mais altos margeando estuários, canais, e à jusante de alguns rios. *Rhizophora*, *Laguncularia* e *Avicennia*, são encontradas formando bosques mistos ou monoespecíficos. O limite latitudinal para as espécies vegetais que compõem o mangue ocorre no litoral do Estado de Santa Catarina, aos 27°53' de latitude Sul para *Rhizophora mangle* e aos 28°30' para *Avicennia schaueriana* e *Laguncularia racemosa*.

Unidade VIII - (29°20'S - 33°45'S), de Torres ao Chuí. Este trecho do litoral é formado por extensos depósitos praiais, associados a cordões de dunas e pontais arenosos. Ao longo da linha de costa são encontradas formações lagunares, isoladas do Oceano Atlântico por barreiras múltiplas, resultantes de sucessivos eventos transgressivos e regressivos.

4.7 Os Estuários de Pernambuco

O litoral pernambucano é um dos menores do país, com aproximadamente 187 Km de extensão. Delimita-se desde a divisa com a Paraíba no rio Goiana, passando pelo Canal de Santa Cruz, pelos rios Timbó, Doce, Jaboatão e Sirinhaém, até chegar aos rios Formoso e Una já próximo ao Estado de Alagoas. Suas áreas estuarinas representam um recurso natural escasso devido às condições fisiográficas do Estado. De acordo com o CONDEPE &

CPRH (1982), as áreas de influência flúvio-marinha de Pernambuco dependem das condições hidrográficas continentais do Agreste e do Litoral.

Seus ecossistemas estuarinos representam recursos de alto valor para as comunidades carentes, pois apresentam um manancial pesqueiro único no território, com condições físico-geográficas favoráveis ao desenvolvimento da biota. Porém, o próprio CONDEPE & CPRH (1982) reconhecem que esse ecossistema vem apresentando sinais de desequilíbrio ecológico, devido a grandes cargas poluidoras lançadas nas águas ao longo de todo o percurso de seus rios. O contínuo incremento dos agentes poluidores, principalmente provenientes de usinas de açúcar e destilarias, é agravado pelo adensamento urbano, pois drenam as áreas mais habitadas do Estado, integrando a chamada Região Metropolitana do Recife. Nessas áreas, a população despeja seus esgotos e lixo diretamente nos rios, e também é onde se encontra a maior parte das atividades industriais.

Os dejetos lançados nos rios, sem nenhum controle, causam desequilíbrio entre a fauna e a flora, afetando sua cadeia trófica, levando à diminuição ou extinção de espécies. Essas condições se refletem na vida das populações que habitam próximas aos estuários e que se mantêm da pesca, turismo, etc.

As áreas de proteção ambiental de Pernambuco foram estabelecidas pela Lei 9.931 de 11 de dezembro de 1986; o Órgão responsável foi o CPRH, que define como Reserva Biológica as Áreas de Proteção Ambiental, localizadas nos estuários que se seguem, representados na figura 4.18, de acordo com a sua localização no Estado.(Quadro 2).

4.7.1 Estuários dos Rios Goiana e Megaó

Localizado no extremo norte do Estado, no Município de Goiana, é formado pelos rios: Goiana, Megaó, Capibaribe Mirim, Tracunhaém e Barra de Goiana, cobrindo uma área de 4.776 ha. Seu estado de conservação ainda se mantém preservado, embora a poluição hídrica de origem industrial e doméstica, além do corte e aterros de manguezais para a implantação de projetos de carcinocultura, represente uma ameaça à sua preservação.

Quadro 4.2 – Alguns Dados dos Principais Estuários de Pernambuco

Estuários	Área (ha)	Rios Principais	Municípios	Conservação
Rios Goiana e Megaó	4.776	Goiana, Megaó, Capibiribe Mirim	Goiana	Mantem-se
Rio Itapessoca	3.998	Itapessoca	Goiana - Tejucupapo	Sinais de degradação
Rio Jaguaribe	212	Jaguaribe	Itamaracá	Ameaçada por viveiros e pesca predatória
Complexo Estuarino do Canal de Santa Cruz	5.292	Igarassu, Botafogo, Maniquara, Arataca	Itamaracá - Itapssuma - Igarassu - Goiana	Conservado
Rio Timbó	1.397	Timbó, Arroio Desterro	Paulista-Abreu e Lima – Igarassu	Mantem-se
Rio Paratibe	—	Paratibe , Fragoso	Paulista-Olinda	Descaracterizado
Rio Beberibe	—	Beberibe	Olinda - Recife	Sem chance de recuperação
Rio Capibaribe	—	Capibaribe, Pina, Jordão, Tejipió, Jiquiá	Recife	Sem chance de recuperação
Rios Jaboatão e Perapama	1.284	Jaboatão e Pirapama	Cabo - Jaboatão dos Guararapes	Parcialmente conservado
Rios Sirinhaém e Maracaípe	3.335	Sirinhaém e Maracaípe	Ipojuca – Sirinhaém	Bem conservado
Rio Formoso	2.724	Formso, Dos Passos, Ariquindá	Sirinhaém - Rio Formoso	Bem conservado
Rios Mamucabas e Ilhetas	402	Mamucabas e Ilhetas	Tamandaré – Barreiros	Bem conservado
Rio Una	553	Uma	Barreiros - S. José da Coroa Grande	Comprometida



Figura 4.18– Representação da localização das treze áreas estuarinas de Pernambuco protegidas por Lei (mapa base: CPRH, 1982).

4.7.2 Estuário do Rio Itapessoca

Situado ao sul do Município de Goiana - PE, distrito de Tejucupapo, com área de 3.998 ha, deságua próximo à Ilha de Itamaracá. Até meados dos anos 80, apresentava-se bastante preservado. No entanto, existem sinais de degradação em virtude da instalação de indústrias e do desmatamento da vegetação de mangue.

4.7.3 Estuário do Rio Jaguaribe

Localizado no Município da Ilha Itamaracá, possui uma área de 212 ha. Corta 9 Km da ilha tendo às suas margens uma grande diversidade de fauna e flora. A construção de viveiros para criação de peixes e a pesca predatória são as principais ameaças ao ecossistema.

4.7.4 Estuário do Rio Timbó

Localizado nos Municípios de Paulista, Abreu e Lima e Igarassu, com área de 1.397 ha, é formado pelos rios Timbó e pelo Arroio Desterro, sendo considerado um dos mais férteis da região. O Rio Timbó abrange toda a extensão do canal de Nova Cruz, com forte ligação com o mar através dos fluxos de maré. É considerada uma área rica em nutrientes, propícia ao cultivo de peixes, crustáceos e moluscos. O desenvolvimento da vegetação de mangues assegura a retenção do material fino, rico em matéria orgânica. O estuário do rio Timbó encontra-se incluído no programa metropolitano de Expansão de Atividades de Turismo. Obedecendo este programa, foi elaborado um plano de proposições urbanísticas. Por se tratar de uma zona cuja produtividade primária apresenta altos índice, encontrando-se praticamente sem poluição, qualquer proposta para a área deve ser estudada, no sentido de analisar os impactos ambientais. As indústrias potencialmente poluidoras da área são: Alba do Nordeste S/A., Industrias Químicas, General Eletreic do Nordeste e Cia de Cimento Portland Poty.

4.7.5 Estuário do Rio Paratibe

Encontra-se nos Municípios de Paulista e Olinda, sendo uma bacia de pequeno porte que desagua na praia do Janga. Apresenta-se bastante descaracterizado, devido à ocupação

acelerada da área por loteamentos e conjuntos habitacionais, que estão elevando o seu nível de poluição.

4.7.6 Estuários dos Rios Beberibe e Capibaribe

Localizam-se nos municípios de Olinda e Recife. Ao longo da história perderam espaço para expansão urbana, sofrendo constantes desmatamentos, aterros, movimentação de terras, tornando-os quase que totalmente descaracterizados, sem chances de recuperação. As áreas antes ocupadas por extensos manguezais estão hoje completamente urbanizadas, como é o caso da Ilha do Leite, no Recife. Ainda restam algumas áreas remanescentes da vegetação de mangue, principalmente nos estuários dos rios Jordão, Jiquiá, Tejipió e Pina.

4.7.7 Estuários dos Rios Jaboatão e Pirapama

Encontra-se nos municípios do Cabo e Jaboatão dos Guararapes, somando 1.284 ha. de área. Apresenta-se parcialmente conservado. A poluição hídrica de origem doméstica e industrial, os cortes e aterros da vegetação para a instalação de marinas e loteamentos, comprometem o ecossistema.

4.7.8 Estuários dos Rios Sirinhaém e Maracaípe

Estão encravados nos Municípios de Ipojuca e Serinhaém (figura 4.19), ocupando uma área de 3.335 ha. bastante exuberante. Contribuem para a formação da região estuarina os rios Siribó, Trapiche, Arrumador e o Riacho Duas Irmãs, além da Lagoa Ilha da Ave e o rio Maracaípe. A diversidade da flora é expressa pela presença de extensas áreas cobertas por mangues vermelhos, com árvores de grande porte. As diversas espécies de peixes e crustáceos representam a fonte de renda para a maioria da população local.



Figura 4.19 – Foz do rio Sirinhaém

4.7.9 Estuário do Rio Formoso

Encontra-se nos municípios de Sirinhaém e Fio Formoso ocupando uma área de 2.724 ha., sendo formado pela contribuição dos rios litorâneos dos Passos, Lemenho, Ariquindá e Formoso. Além de extenso está bem preservado. A diversidade de sua fauna representa o sustento da população local. Contudo a integridade do seu ecossistema vem sendo ameaçada pela pesca predatória, em especial aquela realizada com bombas, redes de malha fina, e a redinha para a captura do caranguejo. As principais espécies encontradas na região são mariscos, mexilhão, aratu, guaiamum, caranguejos, siris, camarão, além de peixes como o curimã, camorim, mero, carapeba, moréia, xaréu, arraia, pescada e sardinha.

4.7.10 Estuários dos Rios Ilhetas e Mamucabas

Com área de 402 ha, localizam-se nos municípios de Tamandaré e Barreiros. O estuário do rio Ilhetas está delimitado por uma restinga, a praia de Mamucabinhas, com cerca de 3 Km de extensão, até a sua foz, na Ponta das Ilhetas. A região destaca-se pela grande beleza cênica. Encontra-se rodeada pela vegetação remanescente das Matas da Gia e do Conde.

4.7.11 Estuário do Rio Una

Encontra-se nos Municípios de Barreiros e São José da Coroa Grande, ocupando uma área de 553 ha. Seu manguezal ainda se encontra conservado. Algumas das belezas naturais da região são: a restinga que protege o estuário das grandes marés, a Praia do Porto e a Ilha de

Piranjá. A poluição hídrica causada pela indústria sucroalcooleira (lançamento do vinhoto, resíduo altamente poluente) ainda compromete a sua qualidade ambiental.

Dentre os estuários de Pernambuco destaca-se o do Canal de Santa Cruz.

4.7.12 Estuário do Canal de Santa Cruz

O estuário do Canal de Santa Cruz é um dos mais importantes do Estado de Pernambuco e objeto de estudo desse trabalho, por isso suas características foram citadas anteriormente no capítulo 2.

4.8 A Ação Antrópica

Cerca de dois terços da população das grandes cidades do mundo ocupam áreas próximas às regiões estuarinas. No Brasil, cerca de 60% da população vive nesse tipo de área, e por isso elas estão bastante descaracterizadas.

Os estuários e os manguezais são ecossistemas muito frágeis. Qualquer pequena ruptura que ocorra em suas estruturas, causando-lhes danos terríveis e difíceis de serem sanados, tanto para a fauna e flora quanto, por extensão, para o Homem. Apesar disto, inconscientemente ou conscientemente, o Homem os destroem paulatinamente, cortando suas árvores para utilizar como madeira nas construções, ou simplesmente para implantação de aterro na área devastada, de tal forma a edificar casas em terreno mais sólido do que eram construídas as palafitas dos pescadores. Quando os mangues tendem a se recuperar a população dessas áreas costuma impedir essa regeneração, ao persistir no corte das árvores.

É através dos contínuos despejos de esgoto sem tratamento, lançados nos rios que alimentam os manguezais, que se agrava a poluição nessas áreas, destruindo a fauna e a flora que nelas vicejam. Quanto à pesca, o homem não respeita os ciclos biológicos, e na maioria das vezes colhem animais muito pequenos, ou sacrificam as fêmeas ainda em época de reprodução. Isso ocorre devido à facilidade de captura desses pequenos animais, pois nesta época ingressam no manguezal para aí se reproduzirem, ficando muito expostos à ação, ou melhor, à depredação humana.

O Homem não dá a devida importância que o manguezal tem. Rico em fitoplâncton, ele é um excelente ambiente para a reprodução de muitos organismos, dentre os quais várias espécies marinhas que vivem na plataforma continental. Se essa área sofre uma contínua degradação, muitas pessoas serão diretamente afetadas, principalmente as que dele sobrevivem e sustentam suas famílias.

Outro fator que sempre destrói esse ambiente e outras áreas costeiras são os derramamentos acidentais de óleos. Esses acidentes deixam, mais do que outros, marcas visíveis quase que imediatamente, pois quando acontecem as correntes, e sobretudo as marés, levam o óleo para dentro do manguezal, acarretando perda de oxigênio e asfixiando milhares de espécies, tanto em quantidade como em diversidade. A natureza leva de dez a quinze anos para se recuperar de impactos como esses.

A construção de barragens diminui o fluxo d'água prejudicando a quantidade de matéria orgânica e sedimentos trazidos pelos rios, afetando as condições naturais do manguezal.

CAPÍTULO 5

MATERIAIS E MÉTODOS

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Pesquisa Bibliográfica e Cartográfica

Para a fundamentação teórica e metodológica do trabalho foi necessária uma pesquisa bibliográfica do material disponível sobre o Canal de Santa Cruz e áreas adjacentes, assim como trabalhos relacionados com o tema proposto. A carta base que serviu para a confecção a maioria dos mapas foi a de Nucleação Norte, na escala 1:20 000 impresso e digitalizado da FIDEM (2001).

5.2 Coleta das Amostras.

As amostras sedimentos superficiais de fundo foram obtidas através de amostrador pontual de superfície do tipo Van-Veen (busca-fundo), com capacidade de cinco litros esse material foi identificados através de plaquetas numeradas e acondicionado em sacos plásticos. Os pontos de coletas foram georeferenciados pelo Sistema de Posicionamento Global – GPS (modelo Garmin 12), As amostras coletadas foram submetidas a estudos texturais e granulométricos no Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha (LGGM) do Departamento de Engenharia de Minas de Universidade Federal de Pernambuco –UFPE.

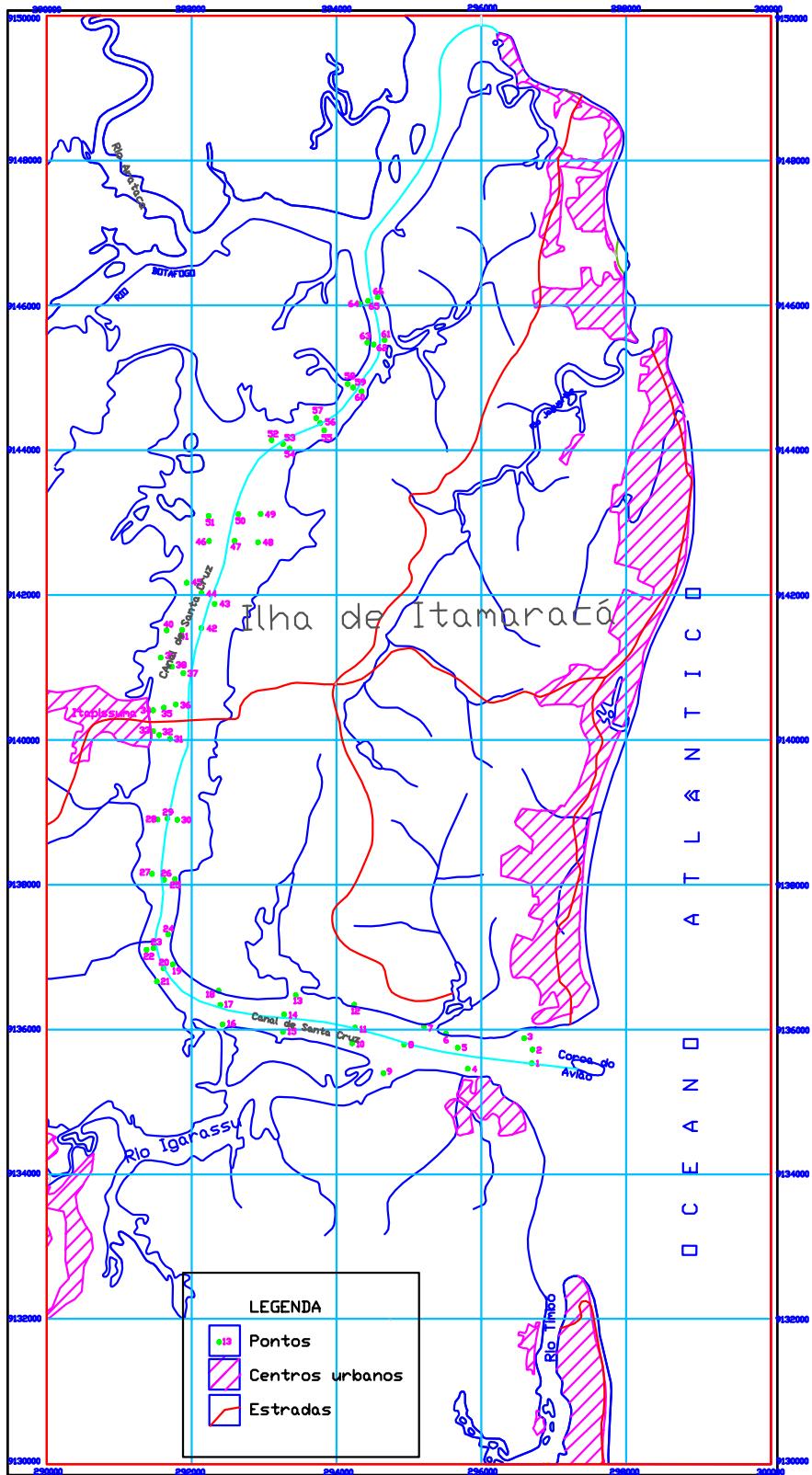
Foram realizados 22 perfis, cada perfil com três amostragens; uma no canal central e duas nas suas margens, perfazendo um total de 66 amostras (Figura 5.1). Procurou-se chegar o mais próximo das bordas, na medida das possibilidades do tipo de embarcação utilizada (Figura 5.2), pois certas partes do Canal de Santa Cruz, mesmo na maré cheia não são profundos o suficiente, correndo-se o risco de encalhar ou danificar a embarcação ou danificar redes de pesca.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÉNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÉNCIAS
MESTRADO EM GEODIAGNÓSTICO SEDIMENTAR E AMBIENTAL

Produzido e Editado por:
Lucimary Albuquerque da Silva
Orientação Valdir do Amaral Vaz Manso

ESCALA -1 : 50.000

MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS AMOSTRADOS



Mapa Base: Mapa Geológico da CPRM



Figura 5.2 – Embarcação utilizada para coleta de amostras.

5.3 Tratamento das Amostras

Todas as amostras coletadas foram submetidas às seguintes etapas laboratoriais (Figura 5.3):

- 1 Pré-secagem a temperatura ambiente em recipiente de alumínio, reservando-se uma pequena porção (aproximadamente 10-15 g de sedimento úmido) para eventual análise química;
- 2 Secagem a temperatura de 60°C em estufa;
- 3 Quarteamento manual e pesagem de 100 g, em balança semi-analítica, com erro aproximado de 0,050 g. Parte da amostragem foi preservada como contra amostra, para casos de eventual erro de processamento, ou para reutilização em outros programas de pesquisas.
- 4 Depois da primeira pesagem, as amostras foram peneiradas a úmido, em água corrente, para a primeira separação das frações granulométricas. Nesse processo utilizam-se duas peneiras: uma com abertura de malha de 2 mm e outra com abertura de 0,063 mm. O material que ficar retido na primeira peneira são as partículas de tamanho cascalho, o que fica na de abertura de 0,063 mm são as areias, e o que passar são as frações menores que 0,063 mm os chamados silte e a argila. Estas

últimas foram postas para decantar para a separação na centrifuga, segundo processo descrito no item 9.

- 5 Após a lavagem as areias e os cascalhos foram postos a secar na estufa em beckeres e em placas de Petri, respectivamente, a uma temperatura de 60°C;
- 6 Após secagem, as amostras foram novamente pesadas, agora separando-se as frações cascalho e areia, para definir o percentual de cada parte, inclusive o de silte e argila, obtido por diferença;
- 7 Tendo-se pesado as frações, a areia é colocada em um jogo de peneiras com aberturas de: 1,00 mm, 0,500 mm, 0,250 mm e 0,125 mm, e um fundo onde são retidas as partículas do tamanho entre 0,125 e 0,063 mm. As amostras de areia são agitadas em rotap (agitador de peneiras), durante 15 minutos. As partículas retidas correspondem às frações areia muito grossa (acima de 1,00 mm), areia grossa (entre 1,00 e 0,500 mm), areia média (entre 0,500 e 0,250 mm), areia fina (entre 0,250 e 0,125 mm) e areia muito fina (entre 0,125 e 0,063 mm).
- 8 Com as frações areia separadas, pesa-se cada fração, as quais são acondicionadas em sacos plásticos e devidamente identificadas;
- 9 Nas amostras em que o percentual de silte e argila são muito altos e que não podem ser definidos visualmente:
 - a) A água do peneiramento úmido é deixada em repouso para decantação do material fino;
 - b) Após decantação são colocadas em beckers e postas para secar na estufa (60° C);
 - c) Essas partículas por serem muito finas, agregam-se entre si, e é necessário pulverizá-las em almofariz de forma tal que apenas desagreguem as partículas, mais que se misturem o silte com a argila;
 - d) Toma-se 2 g para a separação e verificação do percentual do silte e da argila;
 - e) Faz-se a flocação do material com 25 mL de pirofosfato de sódio;
 - f) Aquece-se a polpa até o ponto de fervura;
 - g) Leva-se à centrífuga durante 5 minutos a 1.500 rpm;
 - h) Após a retirada do material da centrífuga, faz-se a drenagem do líquido.
 - i) Põe-se novamente na estufa e pesa-se o restante do material, após secagem. O que sobrou foi o silte.
 - j) Pesa-se o silte e calcula-se a porcentagem da argila por diferença.

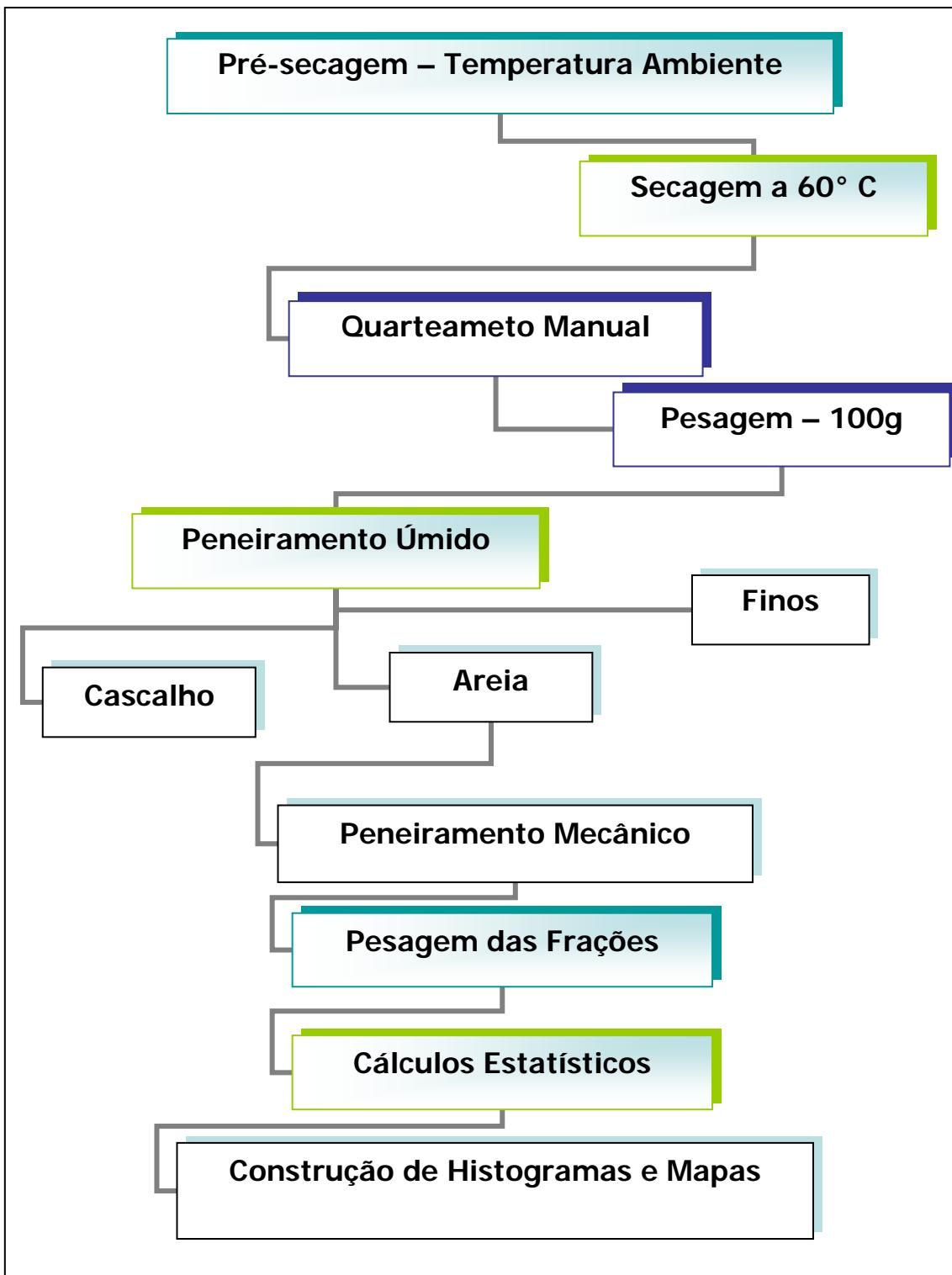


Figura 5.3 – Fluxograma do método empregado para análise granulométrica.

5.4 Classificação das Amostras

As amostras foram classificadas de acordo com suas proporções de cascalho, areia e lama (silte + argila) segundo o diagrama triangular de classificação de Shepard (1954) (figura 5.4). Nesse diagrama os vértices correspondem a areia, cascalho e lama a 100%, os lados a misturas binárias, e os pontos no interior do diagrama a misturas ternárias. Como a maioria das amostras foi classificada como areia, fez-se um novo diagrama ternário para a fração areia dessas amostras, onde os vértices representam: areia grossa (2 mm a 0,5 mm), areia média (0,5 mm a 0,25 mm) e areia fina (0,25 mm a 0,063 mm). Para as amostras com mais de 25% de lama foram realizadas a separação de silte e argila e um terceiro diagrama foi construído para essas duas fases mais a areia, desprezando-se o cascalho. Os diagramas triangulares foram construídos usando-se o programa ORIGIN 7.0.

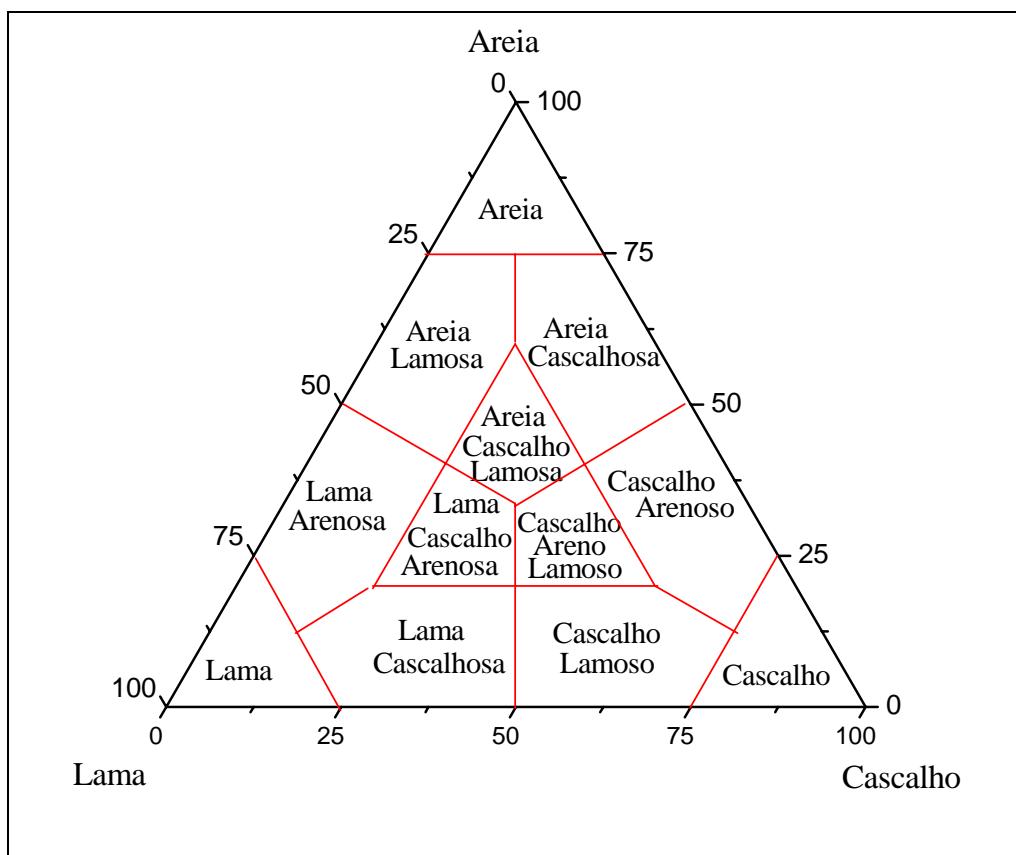


Figura 5.4: Diagrama triangular de classificação de sedimentos de acordo com Shepard (1954).

5.5 Tratamento de Dados

5.5.1 Freqüência, Distribuição e Estatística de Sedimentos.

Define-se freqüência de um valor de uma variável (qualitativa ou quantitativa) como sendo o número de vezes que esse valor se repete no conjunto de dados experimentais. Sejam:

F_i = freqüência do i -ésimo valor observado

n = número total de valores

k = número de diferentes valores

$$\text{tem-se: } \sum_i^K f_i = n$$

Chama-se de distribuição de freqüência a associação das freqüências aos respectivos valores observados. A freqüência relativa de um valor observado é:

$$P_i = \frac{f_i}{n} \quad \text{logo} \quad \sum_i^K p_i = 1$$

A distribuição das freqüências é representada graficamente através de histogramas, polígonos de freqüência e curvas de freqüência. (Figura 5.5 e 5.6). É comum, em análise sedimentológica, o uso de curvas de freqüência acumuladas (Figura 5.7).

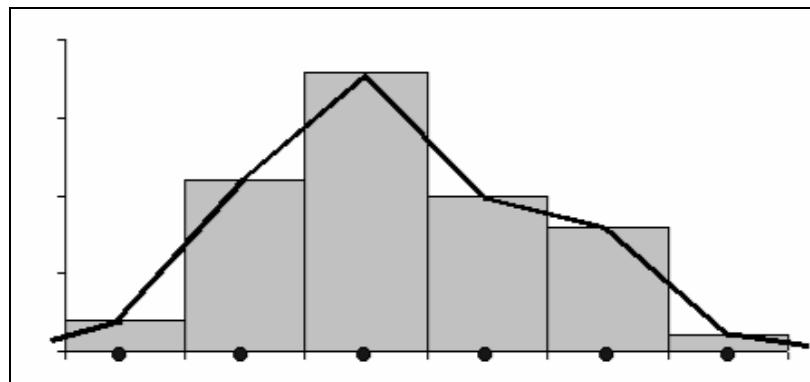
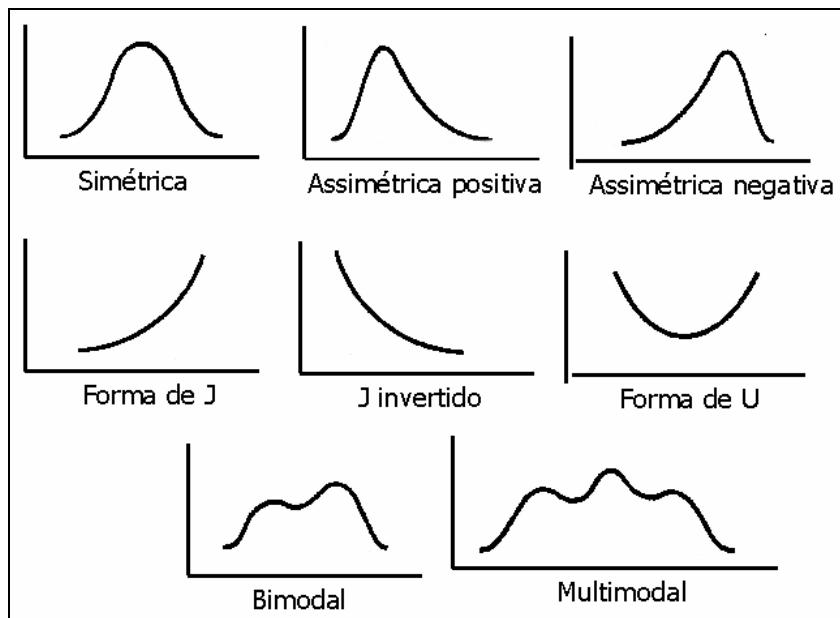


Figura 5.5 – Histograma e polígono de freqüência



Figuras 5.6 – Curvas de freqüências.

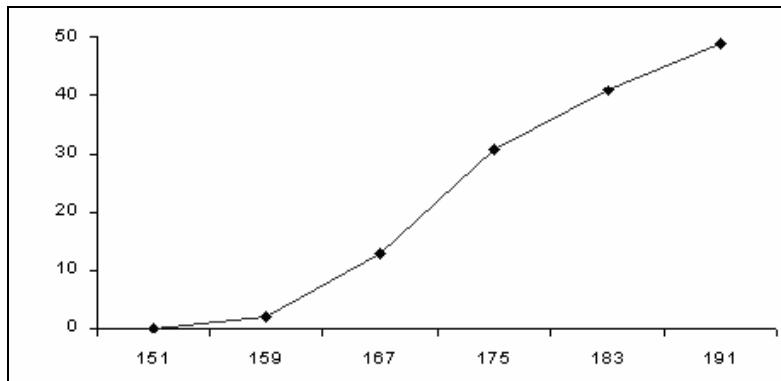


Figura 5.7 – Curva de freqüência acumulada.

Devido à impossibilidade prática de contar os grãos de uma amostra, em análise granulométrica as freqüências são expressas em pesos das frações ao invés de número de grãos, e em freqüência percentual relativa e não em freqüência absoluta. Embora não se questione as vantagens práticas desse método, a utilização dos pesos como freqüência não é exata, uma vez que frações mais grosseiras têm um peso maior mesmo com um número menor de grãos, ou seja, a relação peso-número não é constante com a das frações. Além disso, a ausência das freqüências numéricas não permite o cálculo dos parâmetros estatísticos segundo suas definições matemáticas, obrigando-nos a estimá-los por extração em curvas de freqüência acumulada, como veremos adiante.

5.5.2 Parâmetros Estatísticos

Os dados foram tratados para se obter parâmetros estatísticos dos diâmetros dos grãos: mediana, média, desvio padrão, assimetria e curtose gráfica.

Para se obter os parâmetros, a curva da massa acumulada em função de ϕ ($-\log_2$ do diâmetro em milímetros) foi interpolada para se obter os percentis $\phi_5, \phi_{16}, \phi_{25}, \phi_{50}, \phi_{75}, \phi_{86}, \phi_{95}$, com os quais se calculou os parâmetros usando-se as expressões propostas por Folk e Ward (In: Suguio, 1973). O software MATLAB 6.5 R 13 foi usado para a realização desses cálculos.

5.5.2.1 Tendência Central

Segundo Suguio (1973), as medidas de tendência central são, provavelmente, os parâmetros estatísticos mais importantes. Em geral, seus valores caracterizam a classe granulométrica mais freqüente, exceto em curvas assimétricas. Essas medidas são: as médias, a mediana e a moda. Em sedimentologia as mais usadas são o diâmetro médio e a mediana. A mediana corresponde a 50% da distribuição sobre os gráficos de freqüência acumulada, que separa a amostra em duas metades iguais em peso sem levar em consideração as distribuições granulométricas de ambos os lados dos 50%, representadas pelas fórmulas abaixo.

$Mediana = \phi_{50}$	$Diâmetro Médio = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{86}}{3}$
-----------------------	--

5.5.2 Desvio Padrão

O valor médio representa apenas o ponto central e não indica nada sobre o espalhamento dos dados em ambos os lados da mediana, tornando necessário medidas do grau de dispersão dos dados em torno da tendência central. Tais medidas são os desvio médio, desvio-padrão etc. Esses desvios, do ponto de vista geológico, significam a tendência de distribuição dos grãos em torno do valor médio. Em uma curva normal cerca de 2/3 da amostra ficam situados dentro dos valores dados pelo desvio-padrão. O desvio-padrão é importante porque indica o grau de seleção das amostras. Entretanto,

como os valores das frações granulométricas não são pesos absolutos e sim o peso da massa, o cálculo de desvio-padrão matemático tem que ser ajustado. Folk e Ward sugeriram a utilização de um desvio-padrão gráfico, expresso na fórmula abaixo.

$$\text{Desvio Padrão} = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6,6}$$

De acordo com os valores obtidos dessa relação pode-se obter o grau de seleção das amostras de acordo com os limites apresentados na tabela 5.1.

Tabela 5.1

Parâmetros de grau de seleção das amostras. (Folk e Ward 1957, In: Suguiio, 1973)

Limites	Grau de Seleção
< 0,35	Muito bem selecionado
0,35 a 0,50	Bem selecionado
0,50 a 1,00	Moderadamente selecionado
1,00 a 2,00	Pobremente selecionado
2,00 a 4,00	Muito pobremente selecionado
> 4,00	Extremamente mal selecionado

5.5.2.3 Assimetria

Duas curvas podem ter a mesma granulometria média e o mesmo grau de dispersão, mas podem ter os graus de assimetria diferentes. Por isso é necessário se ter uma medida de tendência dos dados ao se dispersarem de um ou do outro lado da média. Esse parâmetro é denominado grau de assimetria que podem assumir valores negativos ou positivos. O grau de assimetria é indicado pelo afastamento do diâmetro médio da mediana. Quando o diâmetro médio e a mediana coincidem há uma distribuição simétrica. Se houver um desvio para valores maiores em ϕ (partículas mais

finas) a assimetria será positiva e, se o desvio for para valores de ϕ menores (partículas mais grossas) a assimetria será negativa. Podemos tomar como exemplo os três primeiros gráficos da figura 5.5. O grau de assimetria de uma amostra é dado pelos parâmetros expressos na tabela 5.2.

$$\text{Assimetria} = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - \phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_5 + \phi_{95} - \phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$$

Tabela 5.2

Relação entre o intervalo de assimetria e o grau de assimetria correspondente.

Intervalo de Assimetria	Grau de Assimetria
-1,00 e -0,30	Assimetria muito negativa
-0,30 e -0,10	Assimetria negativa
-0,10 e +0,10	Aproximadamente simétrica
+0,10 e 0,30	Assimetria positiva
+0,30 e +1,00	Assimetria muito positiva

5.5.2.4 Curtose

A curtose reflete o grau de agudez dos picos nas curvas de distribuição de freqüência, e sua medida indica a razão do espalhamento médio das caudas e na parte central da distribuição no desvio-padrão. Seu valor é dado através da equação abaixo, e para classificar uma curva segundo os valores de curtose usam-se limites expressos na tabela 5.3.

$$\text{Curtose} = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2,44(\phi_{75} - \phi_{25})}$$

Tabela 5.3
Classificação de uma curva de acordo com sua curtose

Intervalo de Curtose	Classificação
< 0,67	Muito platicúrtica
0,67 a 0,90	Plasticúrtica
0,90 a 1,11	Mesocúrtica
1,11 a 1,50	Leptocúrtica
1,50 a 3,00	Muito leptocúrtica
> 3	Extremamente leptocúrtica

As curvas de distribuição normal são denominados mesocúrticas, as de configuração esbelta são as denominadas leptocúrticas, e as de configuração achatada platicúrtica. (Figura 5.8)



Figura 5.8 – Gráficos representativos de curtoses.

CAPÍTULO 6

SEDIMENTOLOGIA

6 SEDIMENTOLOGIA

6.1 Classificação das Amostras

De acordo com o diagrama triangular de Shepard (1945), as amostras coletadas no Canal de Santa Cruz estão classificadas como: cerca de 71% de areias, 15,1% areia lamosa e 10,6% lama arenosa e apenas 4% de cascalho (Figura 6.1).

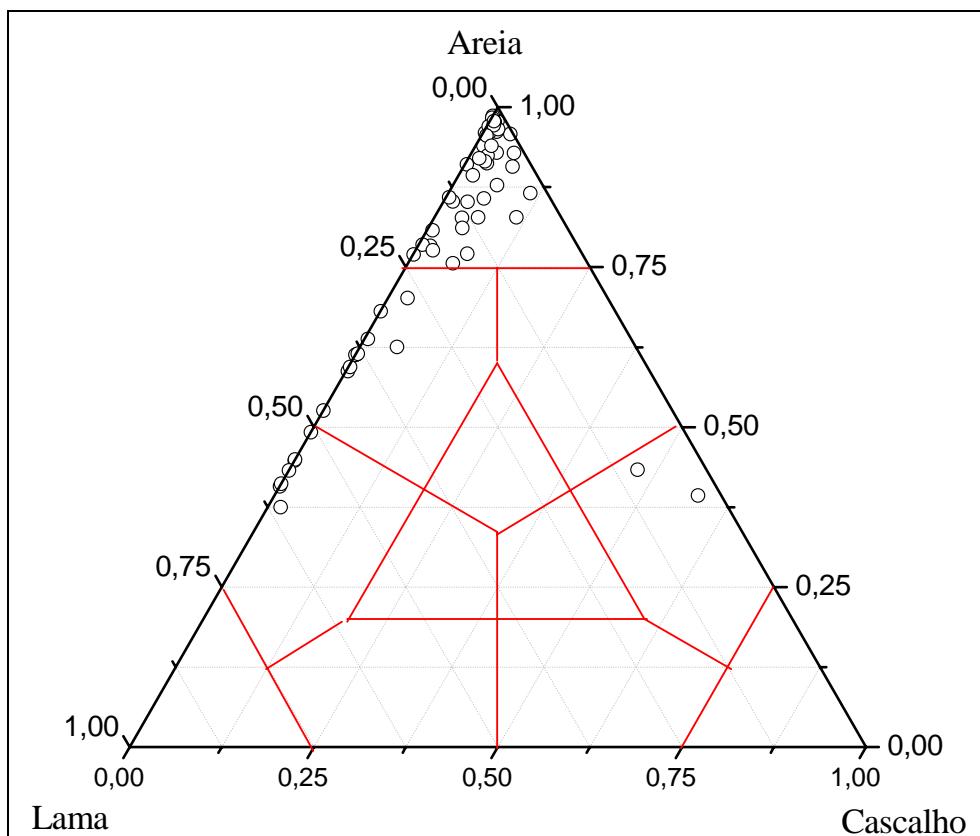
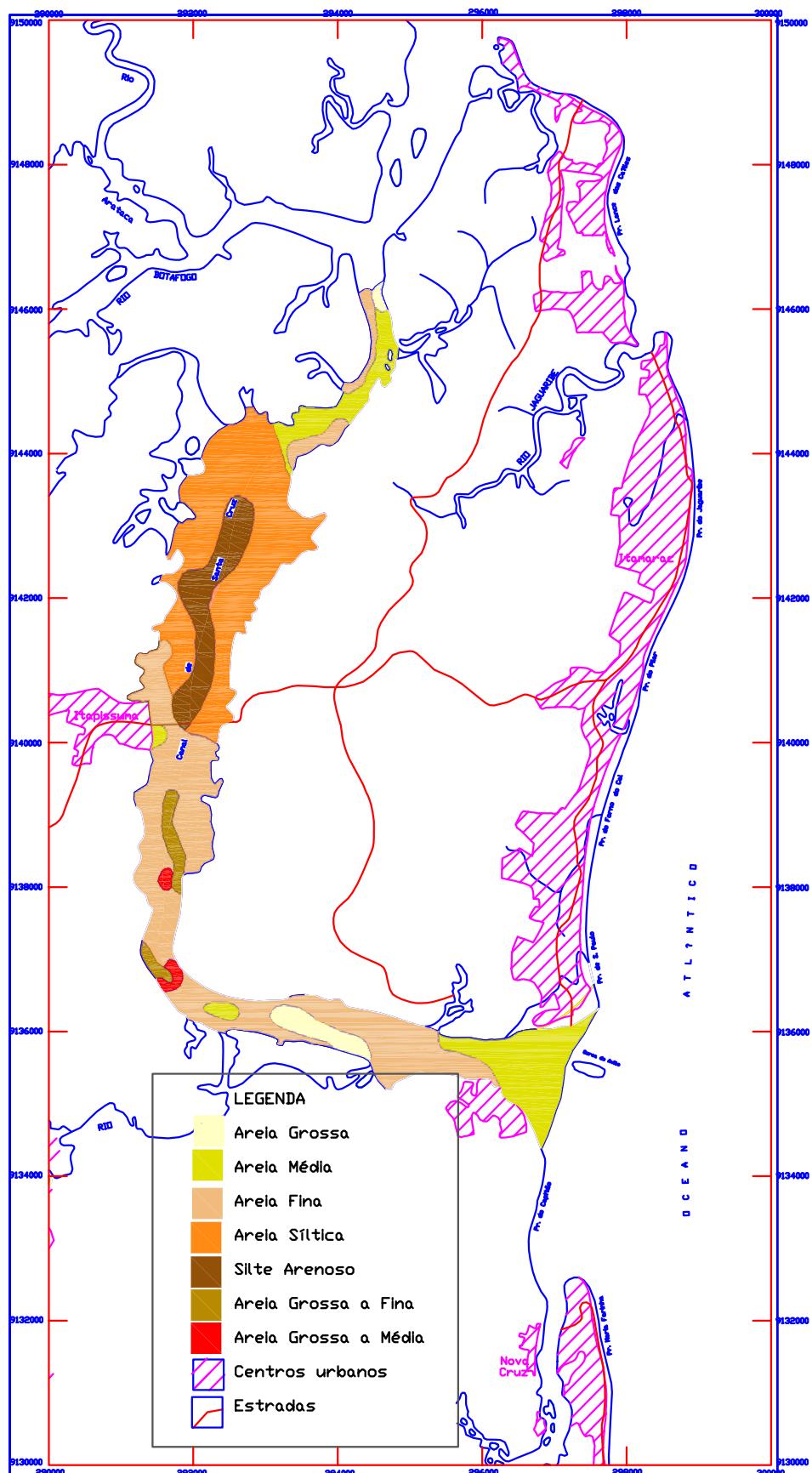


Figura 6.1-Diagrama triangular de classificação das amostras

Observando o mapa de distribuição granulométrica (Figura 6.2) notamos que as frações areia se apresentam em toda a área a sul do município de Itapissuma, correspondendo a 67,2% da área coberta pela pesquisa, 20,3% da área com lama-arenosa e 12,5% com areia-lamosa (ANEXOS – Tabela 1).

MAPA DE DIÂMETRO MÉDIO



Mapa Base: Mapa Geológico da CPRM

Tendo em vista que aproximadamente 71% das amostras estão na fração areia, um segundo diagrama com essa fração foi confeccionado. A partir das cinco divisões da fração areia, reunindo-se algumas delas, obtivemos: areia grossa (areia muito grossa + areia grossa), areia média, areia fina (areia fina + areia muito fina), quantificadas na tabela 2 (ANEXOS), e distribuídas no gráfico triangular da figura 6.3. Essa distribuição está configurada na figura 6.4.

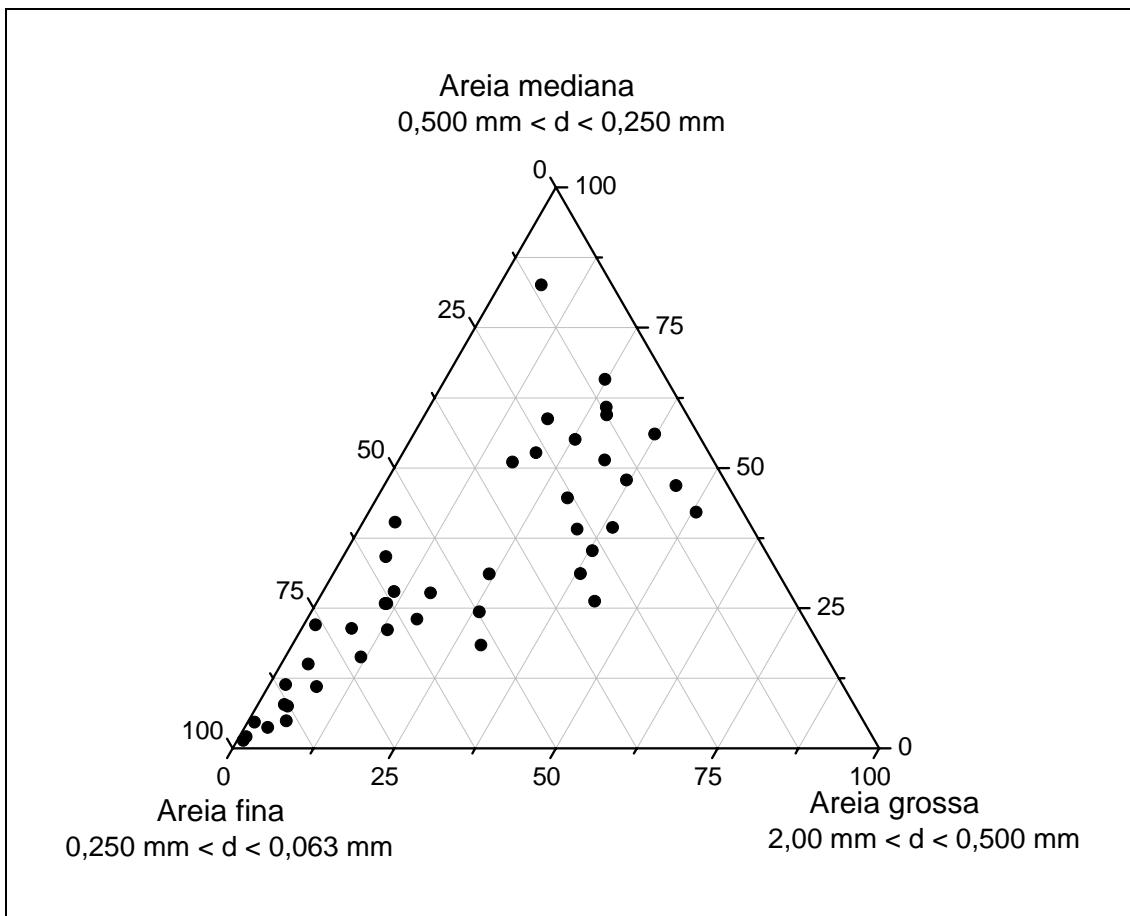
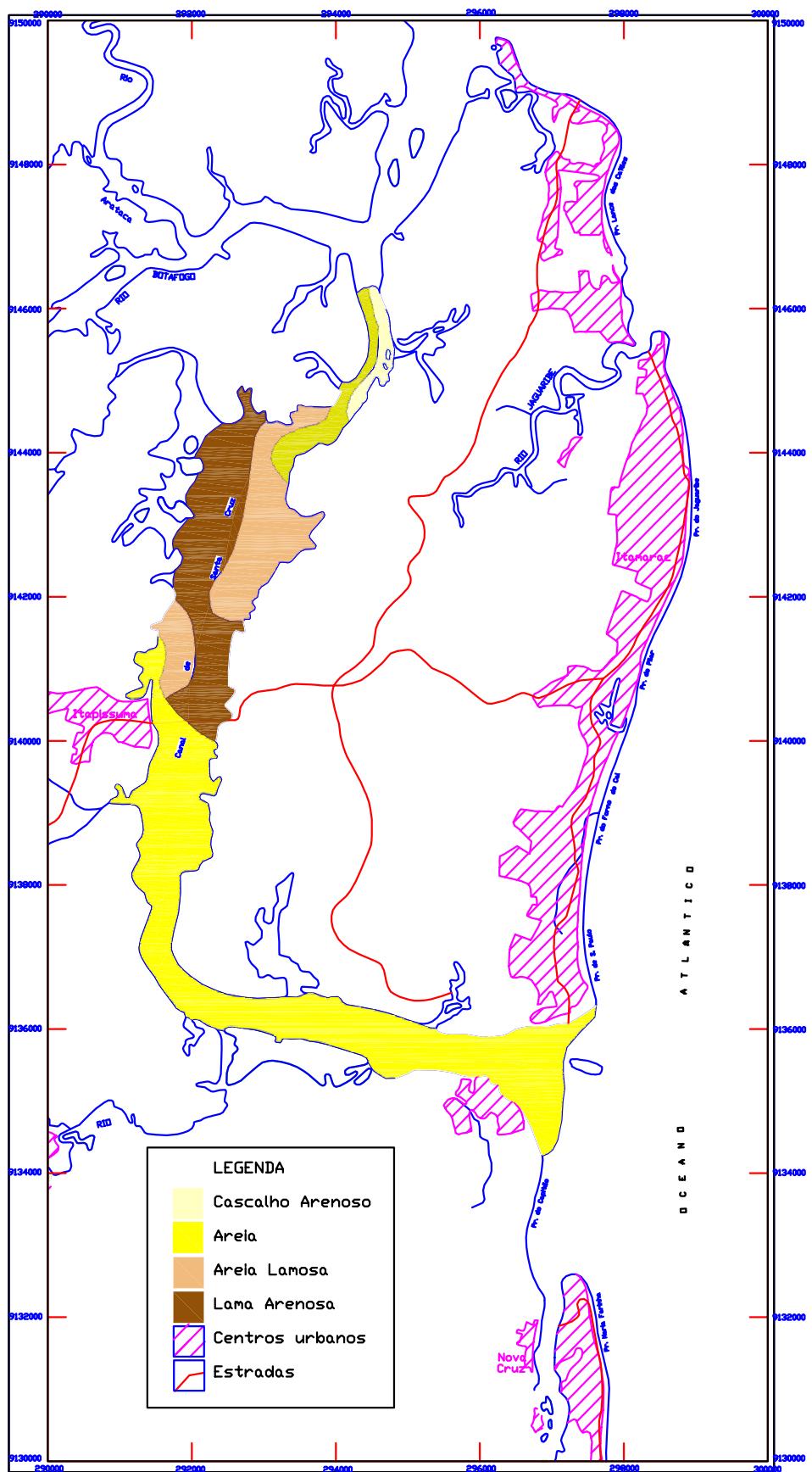


Figura 6.3 - Diagrama triangular para as amostras da fração areia em função da proporção de areia grossa, media e fina (adaptado de Shepard, 1954).

Como 17 amostras, cerca de 25% do total, apresentaram mais de 25% de lama, fez um terceiro diagrama triangular para saber qual a disposição dessas amostras (Figura 6.5). Esse diagrama foi construído com a porcentagem do silte, da argila e da fração de areia. A linha que aparece dentro do gráfico divide as amostras em dois grupos: silte arenoso (superior) e areia siltítica (inferior).

MAPA DE FÁCIES TEXTURAIS



Mapa Base: Mapa Geológico da CPRM

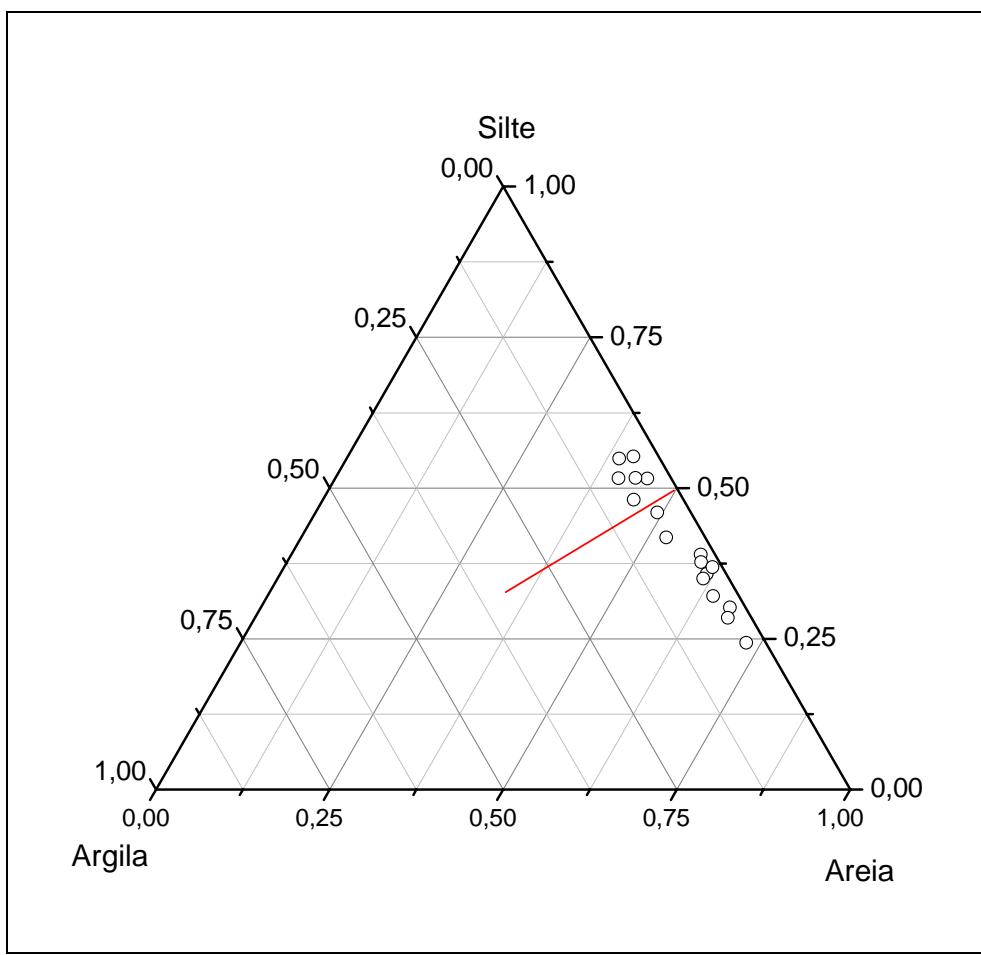


Figura 6.5 - Diagrama triangular para classificação das amostras em função das quantidades de silte e argila para as amostras com mais de 25% de lama (adaptado de Shepard, 1954).

6.2 Aspectos Texturais

6.2.1 – Fácies Cascalho-Arenosa

Ocorrem apenas no extremo norte da área de estudo. São basicamente constituídas por cascalhos que chegam no máximo a 60 %. É composta essencialmente por quartzo com pouca presença de sedimentos bioclásticos.

6.2.2 – Fácies Areia

Esta fácies é a de maior incidência no Canal de Santa Cruz. É encontrada desde a desembocadura sul, próximo à Coroa do Avião, até as imediações da ponte que liga a Ilha de Itamaracá ao continente, e também na parte norte da área de estudo. É fundamentalmente composta por quartzo e em menor proporção por material biodetrítico (algas, foraminíferos, briozoários e outros). Em geral os sedimentos

quartzosos estão relacionados a componentes de origem continental, enquanto os bioclásticos à influência marinha.

6.2.3 – Fácies Areia-Lamosa e Lama-Arenosa

É encontrada apenas no setor norte, onde canal é mais largo. Essa fácie apresenta de 25-60% de lama (silte e argila). De acordo com Lira (1975) esses depósitos são constituídos, predominantemente, por caulinita e pequenas quantidades de illita.

6.3 Desvio Padrão

Através dos pesos acumulados das frações granulométricas (tabela 3, ANEXOS) obtém-se o gráfico de grau de seleção das amostras, índice que indica a origem dos sedimentos e/ou meio de transporte, e a ordem de grandeza dos percursos percorridos pelos grãos que compõem a amostragem.

Ao analisar os gráficos das curvas acumuladas dos anexos podemos notar que o grau de seleção das amostras está entre pobreamente selecionados (19 amostras) a moderadamente selecionados (43 amostras). O gráfico das três amostras do perfil 18 é representativo de amostras pobreamente selecionadas (Figura 6.6). Enquanto que no caso do perfil 20 as amostras 58 e 59 são moderadamente selecionadas (Figura 6.7), enquanto a 60 é pobreamente selecionada. Outros perfis podem ser conferidos nos anexos.

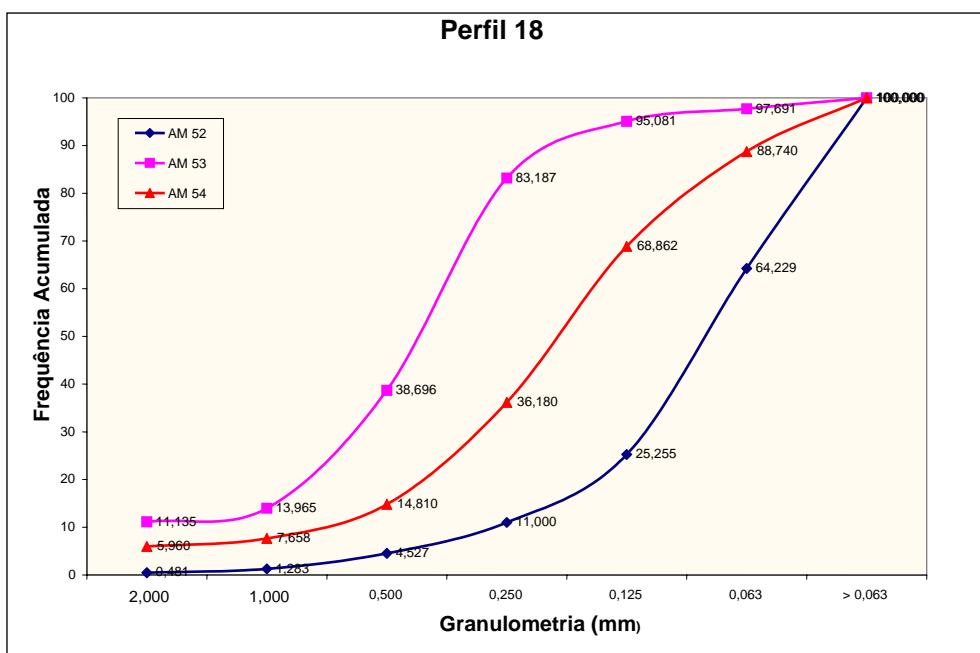


Figura 6.6 – Gráfico das acumuladas do perfil 18.

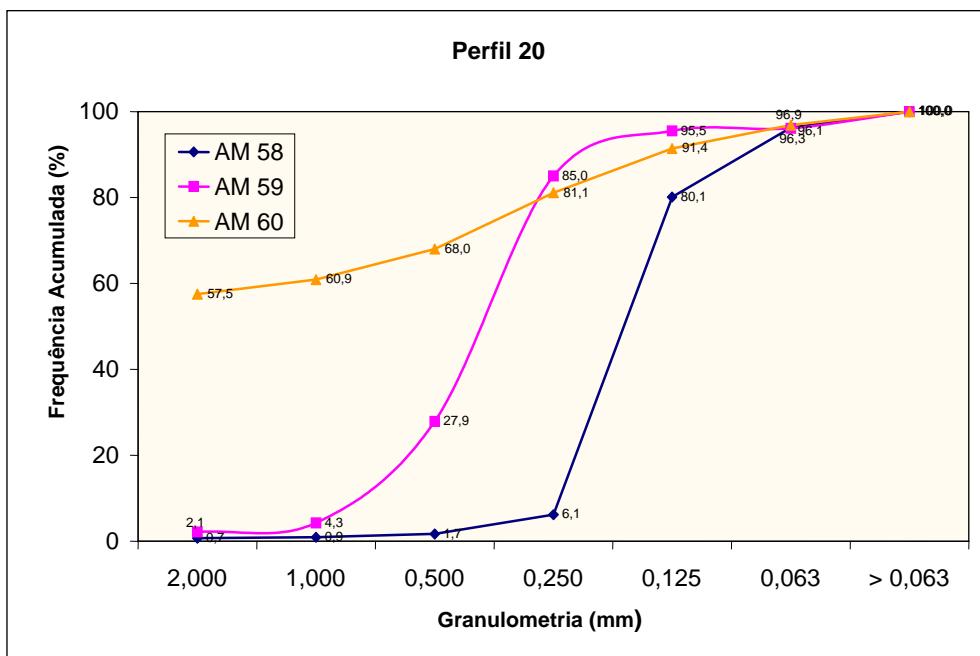


Figura 6.7 – Gráfico das acumuladas do perfil 20.

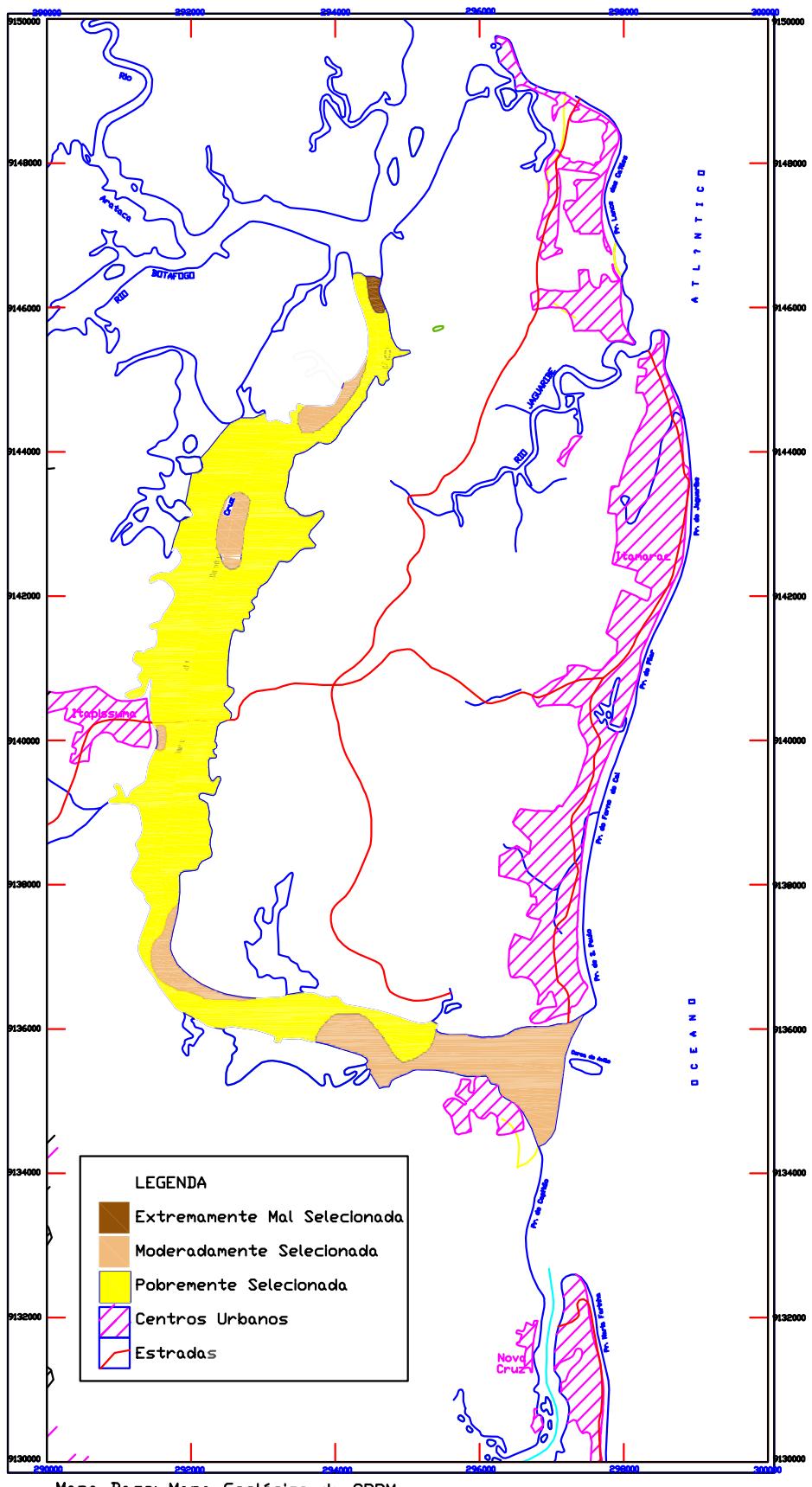
Na figura 6.8 notamos que os sedimentos pobremente selecionados ocupam quase que a totalidade da área do Canal de Santa Cruz. Em um pequeno trecho ao extremo norte da área de estudo os sedimentos são extremamente mal selecionados. Isso pode significar que o fluxo atuante no Canal de Santa Cruz não tem força suficiente para selecionar o material que lá chega e/ou a pouca distância que o sedimento percorre até chegar ao canal. Os sedimentos moderadamente selecionados situam-se preferencialmente na desembocadura sul do canal, e ainda em alguns pontos isolados, explicado pelo contato direto com o ação das ondas, que são mais atuantes no processo de seleção sedimentar.

6.5 Assimetria

Das amostras estudadas 34,84% apresentam assimetria negativa, 27,27% são aproximadamente assimétricas, 15,15% têm assimetria muito positiva, e apenas 3,03% mostram assimetria muito positiva.

Aquelas aproximadamente simétricas predominam nas proximidades da desembocadura do rio Igarassu até a Coroa do Avião. Enquanto a assimetria negativa predomina no meandro sul. Nas proximidades de Itapissuma aparecem as de assimetria negativa e assimetria muito negativa, que se estendem mais ao norte desse município até o perfil 18. A partir daí, tem-se novamente amostras aproximadamente simétricas e de assimetria positiva a muito positiva.

MAPA DE DESVIO PADRÃO



Flávia 6.8 - Mapa de Desvio Padrão

As amostras aproximadamente simétricas predominam nas proximidades da desembocadura do rio Igarassu até a Coroa do Avião. Enquanto a assimetria negativa predomina no meandro sul. Nas proximidades de Itapissuma aparecem as de assimetria negativa e assimetria muito negativa que se estendem mais ao norte desse município até o perfil 18. A partir daí, tem-se novamente amostras aproximadamente simétricas e de assimetria positiva a muito positiva. Na figura 6.9 representa-se o perfil 12, onde cada amostra apresenta uma assimetria distinta: a amostra 34 tem assimetria positiva, pois as frações se apresentam mais ou menos bem distribuídas; a 35 possui assimetria negativa, pois há uma tendência das frações a se deslocarem para os materiais mais grossos, porém não abruptamente; já a 36 tem uma assimetria muito negativa, pois o material tende a se concentrar nas frações mais finas, e em apenas uma delas.

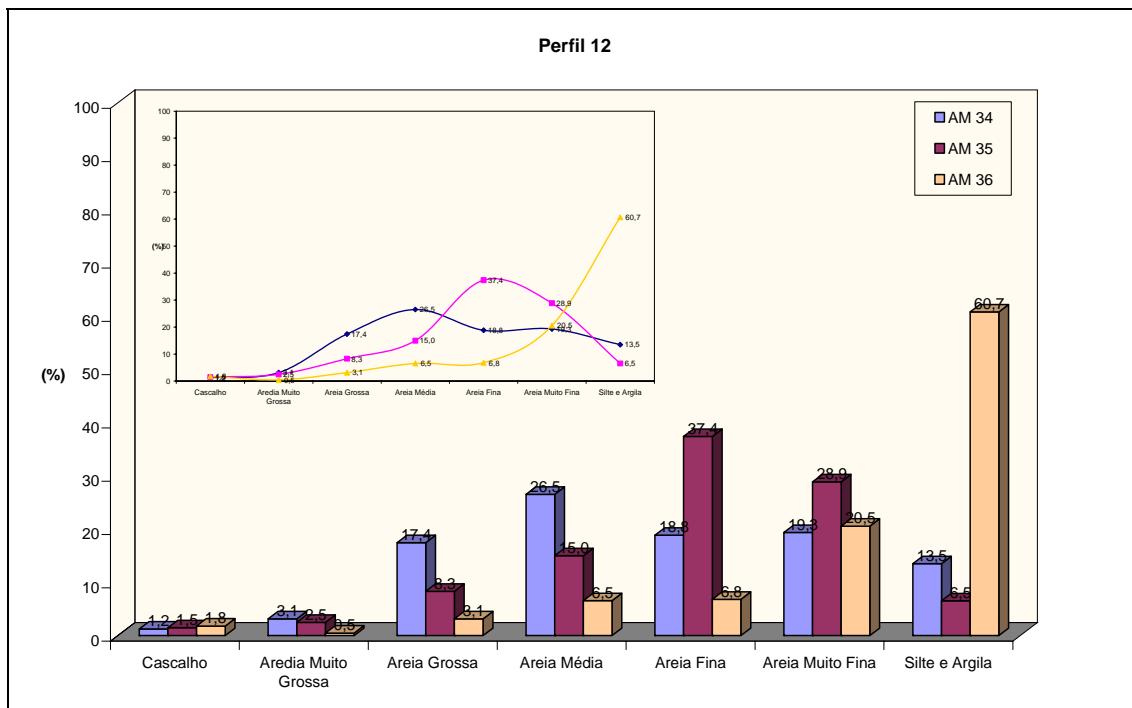


Figura 6.9 – Gráfico representativo da assimetria -perfil 18.

Na figura 6.10, onde se representa o perfil 20, a curva da amostra 58 apresenta-se em forma de sino, com um pequeno deslocamento para a esquerda e uma cauda voltada para o material grosso, dando-lhe caráter de assimetria positiva. A amostra 59 foi classificada como aproximadamente simétrica, pois suas frações se encontram mais ou menos bem distribuídas de um lado e do outro da fração mediana, dando ao seu gráfico a feição de sino. Já amostra 60 apresenta feições contrárias da amostra 36 da

figura 6.9, sendo sua assimetria muito positiva uma vez que mais de 50% do material tende a se concentrar na porção de granulometria mais grossa e praticamente em uma só dessas frações.

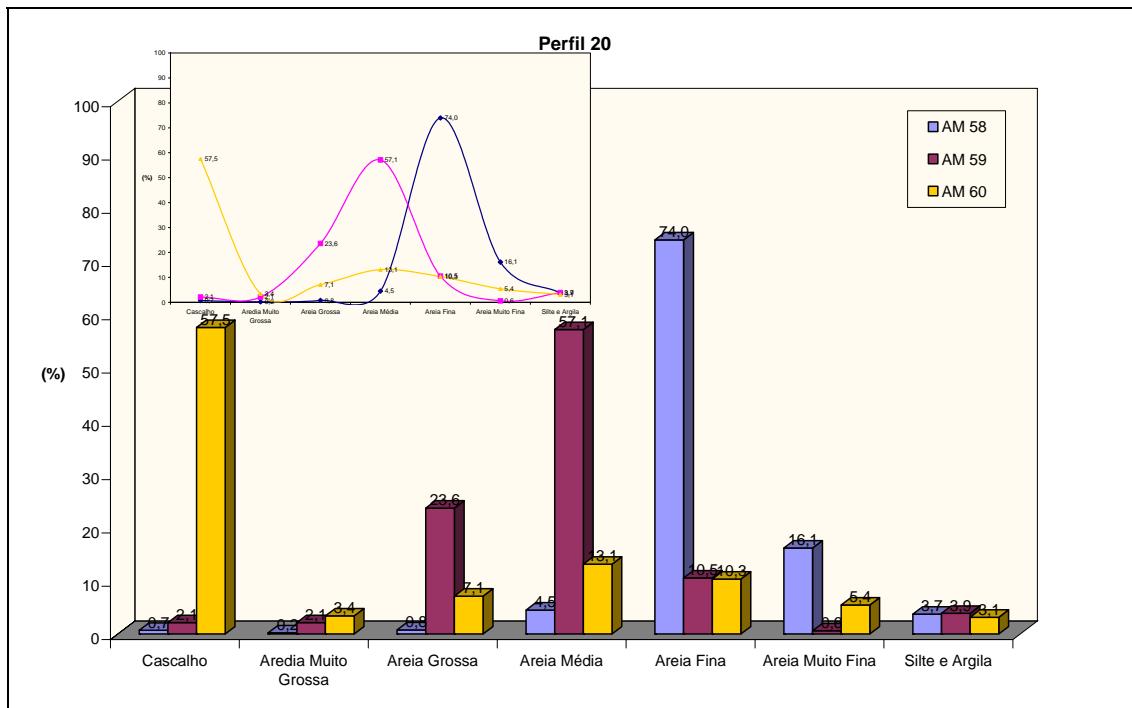


Figura 6.10 – Gráfico representativo da assimetria – perfil 20.

As ocorrências de amostras aproximadamente simétricas e com assimetria negativa se dão mais ou menos nas áreas com granulometria média a fina. As com assimetria muito negativa aparecem onde os sedimentos são constituídos por lamas (Figura 6.11). Os gráficos representando a assimetria de todas as amostras estão no anexo 1.

MAPA DE ASSIMETRIA

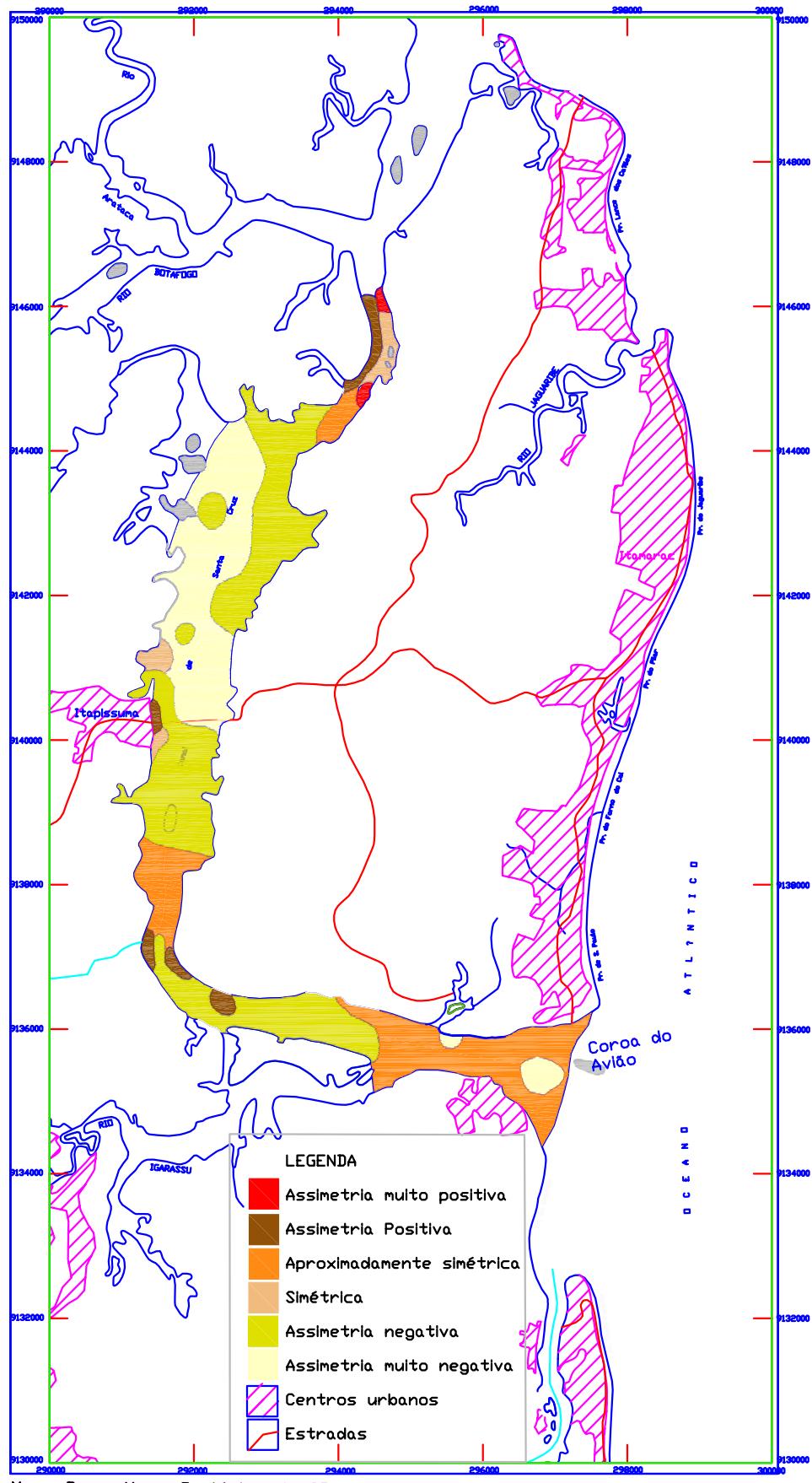


Figura 6.11 – Mapa de Assimetria

6.5 Curtose

No Canal de Santa Cruz aparecem quatro tipos de curvas de distribuição: as leptocúrticas, as mesocúrticas, as platicúrticas e as muito leptocúrticas.

As amostras leptocúrticas se concentram nas áreas onde estão os sedimentos das frações areia média e areia fina. Corresponde a aproximadamente 45% das amostras. Estão distribuídas em três blocos: (1) ao sul – na abertura do canal, na transição com o oceano Atlântico; (2) no meandro sul até as proximidades da ponte que liga Itapissuma a Itamaracá; (3) bem ao norte da área de estudo, onde o canal de estreita.

As amostras muito leptocúrticas aparecem em dois pequenos trechos um ao norte e outro ao sul, em áreas com depósitos de areia fina. Representam apenas 6,06% das amostras. As mesocúrticas aparecem principalmente nas áreas onde os sedimentos correspondem à fração lama, incidindo em depósitos de areia fina. São aproximadamente 28,8% das amostras estudadas. Predominam ao norte da ponte. Continente-Ilha de Itamaracá.

O gráfico do perfil 6 (figura 6.12) a amostra 16 é mesocúrtiva, e sua distribuição é normal, ou seja, a amostra é mal selecionada. A 17 é leptocúrtiva, pois a distribuição se concentra em uma fração. A 18 é muito leptocúrtica, pois sua distribuição é muito concentrada em uma única fração.

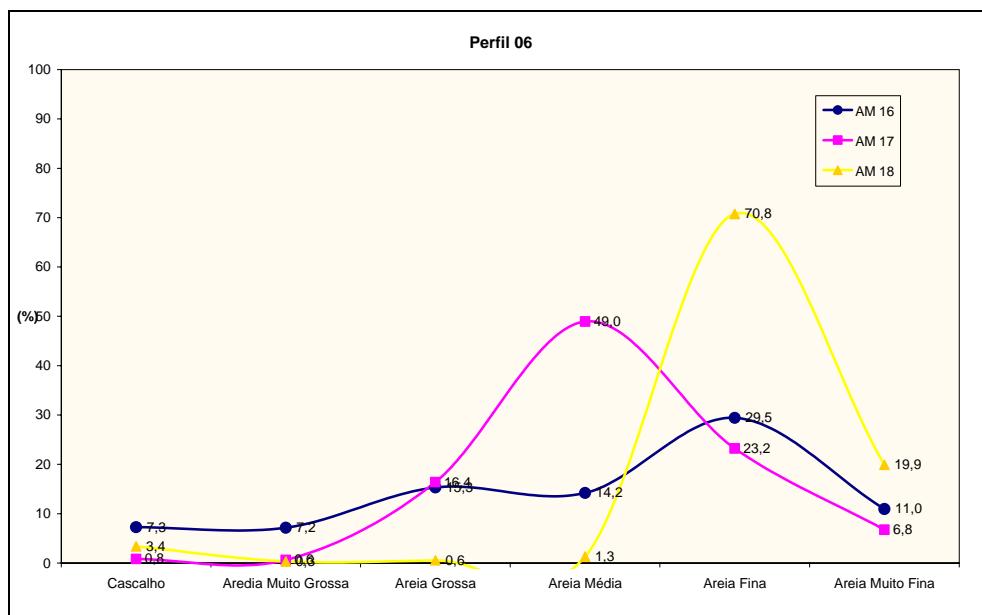


Figura 6.12 – Gráfico representativo de curtose – perfil 06

As amostras platicúrticas também ocorrem na parte norte do canal, no setor com presença de lama, e no extremo norte da área de estudo, onde há ocorrência de areia

média e cascalhosa. Representam cerca de 13,6% das amostras coletadas. No gráfico do perfil 22 (Figura 6.13) a amostras. A amostra 64 é muito leptocúrtica, e as 65 e 66 são platicúrticas, pois exibem configurações achatadas, perceptíveis se comparadas com o gráfico anterior (Figura 6.12).

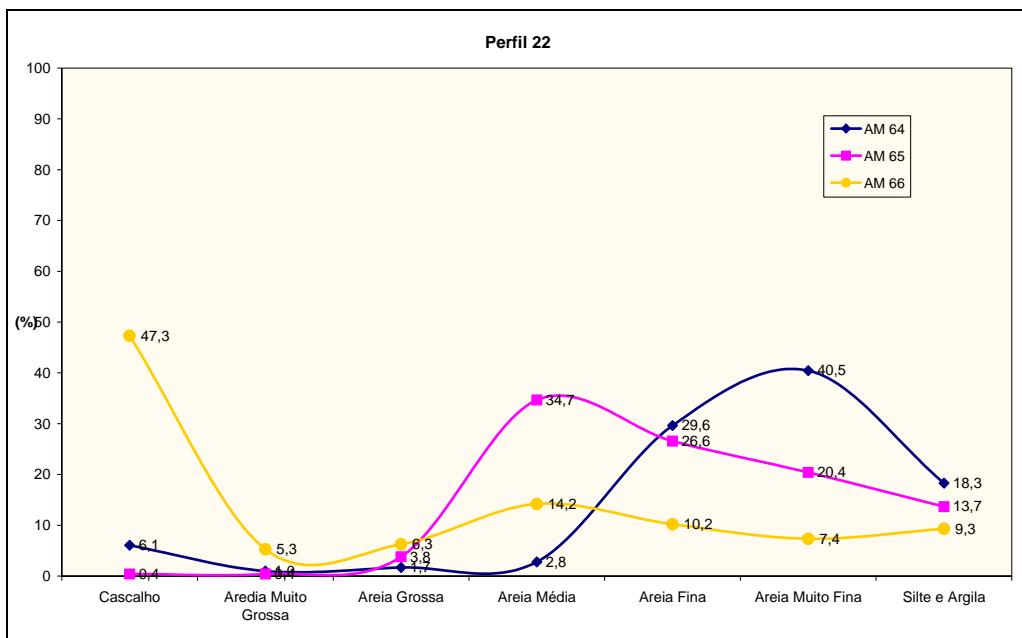


Figura 6.13 – Gráficos representativos de curtose - Perfil 22.

6.6 Comparações

Comparando os resultados das análises estatísticas sobre a granulometria das amostras coletadas na área de estudo, podem ser destacados dois padrões.

O primeiro domina em toda área sul, até a ponte que liga Itapissuma a ilha de Itamaracá. Ele é basicamente constituída por areia, mais especificamente por areia média, próximo a Coroa do Avião; areia grossa em um pequeno trecho acima da desembocadura do rio Igarassu, onde os sedimentos são moderadamente selecionados e aproximadamente simétricos. Alguns pontos isolados com areia misturada onde não foi possível determinar sua classe, mas são assimetricamente muito negativas. E, constituída principalmente por areia fina no resto dessa área, são pobemente selecionadas e apresentam simetria negativa. Esse mesmo padrão pode ser observado no extremo norte da área de estudo, onde o canal é mais estreito, com predominância de areia média.

O segundo padrão é observado ao norte da ponte citada, no local onde o canal é um pouco mais alargado, nessa área encontram as frações as lamas (silte arenoso e areia siltítica), tem assimetria negativa a muito negativa e são pobemente selecionadas.

Esses padrões, provavelmente se devem a hidrodinâmica local. As marés entram pelas aberturas norte e sul, se encontram na parte mais alargada do canal (norte de Itapissuma) e perdem energia, como consequência os depósitos superficiais encontrados são de granulometria mais finas. Nesse local também é onde se encontram os maiores depósitos de mangues da área, o que pode contribuir para a retenção desse tipo de material. Igualmente a topografia é aí diversificada com trechos acidentados e trechos planos. Na parte sul, a configuração de fundo é mais suave e mais simples, facilitando o transporte do material.

CAPÍTULO 7

CONSIDERAÇÕES FINAIS

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

7.1 Conclusões

As análises dos sedimentos de fundo da área de estudo permitiram caracterizar dois padrões de deposição: um, onde se depositam os materiais lamosos, e um segundo onde se acumulam às areias finas e médias.

Os depósitos de lama se concentram na área onde o canal de Santa Cruz é mais largo, ao norte da ponte que une a ilha de Itamaracá ao continente. É constituído por duas feições: areia siltítica e silte arenoso. Esse último acha-se no meio do canal e é envolvido pela areia siltítica. Apresentam assimetria negativa a muito negativa, curtose mesocúrtica e ocorrência de curtose platicúrtica próximo à margem. Apresentam-se pobemente selecionadas com ocorrência de moderadamente selecionada na parte central dessa área.

Os depósitos de areia fina a média com poucas ocorrências de areia cascalhosa, localizam-se em toda área sul da referida ponte e no extremo norte da área de estudo. Distribuem-se da ponte até a desembocadura sul: areia fina com focos de areia misturadas (misturas que não há predomínio de uma fração sobre a outra, de areia grossa, média e fina), passando novamente a areia fina, com um depósito de areia grossa, passando novamente a fina até chegar a Coroa do Avião com depósitos de areia média. No extremo norte da área, os sedimentos de areia fina se encontram nas margens, próximos a depostos de mangues e as areias médias no restante da área. Há uma seqüência de assimetria negativa e aproximadamente simetria, da ponte até a desembocadura do canal, com algumas ocorrências de assimetria positiva. Da mesma forma se composta a curtose uma seqüência de leptocúrtica mesocúrtica até chegar a Coroa do Avião. As amostras são de moderadamente selecionada a pobemente selecionada.

Lira (1975) concluiu que a maior parte do depósito eram constituídos de areia média a grossa, porém nessas áreas foram encontrados depósitos de areia média a fina. E, onde ele encontrou areia fina, seu correspondente foi encontrado areia siltítica. Essa mudança de comportamento, provavelmente foi ocasionada devido ao desmatamento dos mangues em torno da área de estudo para implantação de viveiros e criatórios de camarão. A vegetação de mangue retém os sedimentos finos através de suas raízes. A sua devastação faz com que os sedimentos fiquem soltos e sejam transportados para o canal. Outro motivo para essa mudança

de comportamento estaria relacionado com a retirada de areia das áreas que margeiam o canal de Santa Cruz para construção civil e consequente impermeabilização ao longo dos rios que lá desembocam, acarretando na diminuição de sedimentos mais grossos que seguiriam para o canal, modificando um pouco a granulometria dos depósitos de fundo do canal.

O aporte das águas das marés é maior que as das fluviais, apesar de lá desaguarem um conjunto de pequenos rios, que devido a sua pouca extensão não promovem grandes quantidades de água para o canal.

7.2 Recomendações

Como o Canal de Santa Cruz apresenta um fundo raso (2-5 metros), embora alcance em alguns pontos 7 metros de profundidade e, até mesmo 17 metros na desembocadura norte. Nessas condições mesmo com a maré cheia, há extensas áreas onde a navegação com barco a motor é precária. Apesar da amostragem ter sido satisfatória, recomenda-se realizá-los em barcos de menor calado, preferencialmente a remo, naquelas áreas mais rasas, que correspondem às margens do canal.

Como a abertura norte do canal é pouco estudada, recomenda-se a amostragem de seus sedimentos superficiais para comparação com as da abertura sul. Igualmente para melhor definição dos padrões de circulação, recomenda-se a obtenção de dados hidrodinâmicos em locais estratégicos (desembocaduras dos principais rios e aberturas norte e sul do canal).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – CPRH, Cavalcanti. F. B. (texto), *Perfis ambientais – áreas estuarinas.* <http://www.cprh.pe.gov.br/sec-perfamb/secund-perfamb-estuarinas.html>. Acesso em: 21/04/2003.
- Alheiros, M. M., 1998. *Riscos de Escorregamento na Região Metropolitana do Recife.* Tese de Doutorado, Salvador: Instituto de Geociências, UFBA.
- Barros, L. C., 2003. *Estudos sedimentológicos na plataforma continental interna adjacente às desembocaduras sul do Canal de Santa Cruz e o rio Timbó, norte do estado de Pernambuco.* Recife, Dissertação de Mestrado em Geociências, Centro de Tecnologia e Geociênicas, UFPE, 85 p.
- Boothroyd, J. C. 1978. *Mesotidal inlets in Estuaries.* In: Coastal sedimentary environments. R. A. Davis Jr., (Edit.), New York, Springer-Verlag. Cap. 6, p. 287-360.
- Boyd, R.; Dabrymple, R. W.; Zaitlin, B. A., 1992. *Estuarine facies models: conceptual basis and stratigraphic implications.* Journal of Sedimentary Petrology. 62:1030-1043.
- Broce, D. A. S., 1994. *Importação e exportação de carbono orgânico sob forma particulada através da Barra Sul do Canal de Santa Cruz, Itamaracá – PE, Brasil.* Recife, Dissertação de Mestrado, Dept. de Oceanografia. UFPE. 82 p.
- CAMERON, W. M., PRITCHARD, D. W., 1963. Estuaries. In MIRANDA, L. B., CASTRO, B. M., KJERFVE, B. 2002. *Princípios de oceanografia física de estuários.* São Paulo. Edusp. P. 34.
- Cavalcanti, L. B., 1976. *Caracterização do Canal de Santa Cruz (Pernambuco – Brasil) em função dos parâmetros físico-químicos e pigmentos fotossintéticos.* Recife, Tese de Livre Docente, Dept. de Oceanografia. UFPE, 115 p.
- Chaves, M. S. 1999. *Variações do nível relativo do mar e sua relação com a formação das planícies costeiras no nordeste do Brasil.* Recife, Dissertação de Mestrado em Geociências, Centro de Tecnologia e Geociências. UFPE. 91 p.
- Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, 1986. Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986. *Classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional.* D.O.U de 30/07/1986.
- Coutinho, A. M.A., 1991. *Fundamentos de Climatologia.* Recife, UFPE, Dep. de Cien. Geográficas, Núcleo de apoio ao ensino da Geografia. Notas e Comunicações de Geografia, série B, textos didáticos nº 10, 44p.
- Davies, J. L., 1964. *A morphogenic approach to world sholines.* Z. Geomorphol., 8: 27-42.
- Day, J. H., 1981. *Estuarine ecology with particular reference to southern Africa.* Roterdan: A. A. Balkema edit, 441 p.

- Dominguez, J. M. L., Bittencourt, A. C. S. P., Leão, Z. M. A. N., Azevedo, A. E. G., 1990. *Geologia do Quaternário Costeiro do Estado de Pernambuco*. Rev. Brasileira de Geociências. 20:208-215.
- Dyer, K. R., 1973. *Estuaries: a physical introduction*. London: John Wiley & Sons.
- Eskinazi-Leça, E. 1974. *Composição e distribuição do microfitoplâncton na região do Canal de Santa Cruz (Pernambuco – Brasil)*. Tese de Livre docente, Inst. de Biociências da UFPE. 127 p.
- Feijó, F. 1994. *Bacia de Pernambuco-Paraíba*. Rio de Janeiro, Geoci. PETROBRÁS, 8 (1):143-147 –jan./mar.
- Fundação de Desenvolvimento Municipal – FIDEM, 2001. *Região Metropolitana do Recife – Carta de Nucleação Norte*. Escala: 1:20 000.
- Gomes, H. A. 2001. *Geologia e Recursos Minerais do Estado de Pernambuco*. (Org. Hermanilton Azevedo Gomes). Serviço Geológico do Brasil - CPRM, Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Recife, 127 p.
- Guerra, A. T., 1993. *Dicionário geológico geomorfológico*. Rio de Janeiro, IBGE, 446p.
- Herz, R., 1991. *Os manguezais do Brasil*. São Paulo: IOUSP-CIRM, 223 p.
- Instituto de Desenvolvimento de Pernambuco CONDEPE, Companhia Pernambucana de Controle da Poluição Ambiental - CPRH. 1982. *Estudo para controle ambiental nas áreas estuarinas de Pernambuco canal de Santa Cruz*. Recife, CONDEPE, 118p.
- Kjerfve, B, 1987. *Estuarine Geomorphology and Physical Oceanography*. New York, Estuarine Ecology, p. 47-78.
- Lacerda, L. D., 1984. *Manguezais: florestas de beira-mar*. Ciência Hoje, 13:62-69.
- Lima Filho, M. F., Correa, A. A., Mabesoone, J. M., Silva, J. C., 1991. *Origem da Planície do Recife*. Recife, Deptº de Geologia – Estudos de Pesquisa, 19: 157-176
- Lira, L., 1975. *Geologia do Canal de Santa Cruz e Praia submarina adjacente a Ilha de Itamaracá – PE*. Porto Alegre. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências UFGS. 107 p.
- Lobo, F., 1979. *Os oceanos*. Rio de Janeiro. Salvat, 143 p.
- Mabesoone, J. M., Alheiros, M. M, 1991. *Notas explicativas dos mapas*. Recife, UFPE. In Revisão geológica da faixa sedimentar costeira de Pernambuco, Paraíba e parte do Rio Grande do Norte. Série B: Estudos e Pesquisas, 10: 21-31.
- Macedo, S. J. 1977. *Cultivo de tainha em viveiros situados na Ilha de Itamaracá, PE, relacionado com as condições hidrológicas do Canal de Santa Cruz*. São Paulo, USP, Tese de Doutorado, Instituto de Biociências, 137p.
- McLusky, D.S., 1981. *The estuarine ecosystem*. Blackie. 215 p.
- Magalhães, A., 1979. *Encyclopédia brasileira globo*. 17. Porto Alegre: Globo. v. 7.

- Mandadore, A., 1973. *Colorama enciclopédia universal ilustrada*. São Paulo, Cia Melhoramentos, v. 8.
- Manso, V. A. V., Lima Filho, M. F., Oliveira, A. T, 1992. *Macrozoneamento costeiro do Litoral de Pernambuco – Folha Itamaracá – SB.25-Y-C-VII*. Relatório técnico. Recife. Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha –LGGM. Dept. de Engenharia de Minas-DEMINAS-UFPE/CPRH.
- Manso, V. A. V., Corrêa, I. C., Baitelli, R., 1997. *Sedimentologia da Plataforma Continental entre Aracaju (SE) e Maceió (AL)*. Anais Acad. Bras. Ci., 69 (4):506-520.
- Manso, V.A.V., *Mapa geológico do Quaternário costeiro do Estado de Pernambuco*. Folha Itamaracá. Recife. UFPE. Deptº de Eng. de Minas. Folha Recife.
- Marins, M. H. A., 1997. *Caracterização morfodinâmica do litoral da Ilha de Itamaracá – PE*. Recife, Dissertação de Mestrado em Geociências. UFPE. Centro de Tecnologia e Geociências, 111p.
- Medeiros, C., Kjerfve, B., 1993. *Hydrology of a Tropical Estuarine System: Itamaracá, Brazil*. Estuarine, Coastal Shelf Science. 36: 495-515.
- Miranda, L. B., 1984. *Cinemática e dinâmica de estuários e regiões costeiras adjacentes*. São Paulo, s. n. 360p.
- Miranda. L. B., Castro, B. M., Kjerfve, B., 2002. *Princípios de Oceanografia Física de Estuários*. São Paulo, Edusp, 414 p.
- Montes, M. J. F., 1996. *Variação nictemeral do fitoplâncton e parâmetros hidrológicos no Canal de Santa Cruz, Ilha de Itamaracá, PE*. Recife, UFPE, Centro de Tecnologia. E Geociências. Dissertação de Mestrado em Oceanografia Biológica, 174p.
- Moura, A. R. U., Sá, L. T. L., Lima, G. M., Alves, F. P., 2002. *Utilização de Técnicas de Sensoriamento Remoto na Identificação de Áreas Estuarinas do Canal de Santa Cruz e Rio Jaguaribe – Pernambuco*. Florianópolis, COBRAC 2002, Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, UFSC, <file:///A:Utiliza%E7%E3o%20de%20T%E9...> Acesso em 21/04/2003.
- Morais, M. Z. C., 2000. *Utilização do grau de desenvolvimento urbano (GDU) como instrumento de gestão ambiental: uso e ocupação de zona costeira da Ilha de Itamaracá*. Recife, UFPE, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Dissertação de Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais. 133p.
- Muehe, D., 1994. *Geomorfologia Costeira*. In: A. T. Guerra e S. B. Cunha (edit), Rio de Janeiro, Bertrand Brasil. cap. 6, 191-238.
- Passavante, J. Z. de O., 1979. *Produção primária do fitoplancton do Canal de Santa Cruz (Itamaracá-Pernambuco)*. São Paulo, Tese em Oceanografia biológica. Instituto Oceanográfico, USP, 188p.
- Pickard, G. L., 1956. *Physical features of British Columbia inlets*. Toronto: Trans. Roy. Soc., 50:47-58.
- Pritchard, D. W., 1955. *Estuarine Circulation Patterns*. Proc. Am. Soc. Civ. Eng., 81:1-11.

- Pritchard, D. W., 1967. *What is an Estuary: physical viewpoint*. Washington, In: Estuaries G. H. Lueff (Edit.), AAAS, 83:3-5.
- Rodrigues, F. F., 1983. *Estudo faciológico do Calcário Gramame na Ilha de Itamaracá, PE*. Recife, Dissertação de Mestrado em Geociências, UFPE, Centro de Tecnologia e Geociências. 90 p.
- Russell, R. J., 1967. *Origins of Estuaries*. Washington, In: Estuaries, G. H. Lauff, AAAS, 83:93-99
- Schaeffer-Novelli, Y., 1995. *Manguezal: ecossistema entre a terra e o mar*. São Paulo. Caribbean Ecological Research, 64 p.
- Schaeffer-Novelli, Y., 1989: *Perfil dos ecossistemas litorâneos brasileiros, com especial ênfase sobre o sistema manguezal*. São Paulo, Publ. Especial do Inst. Oceanogr., 7:1-16.
- Seanger, P.; Hegerl, E. J.; Davie, J. D. S., 1983. *Global status of mangrove ecosystems*. Gland, Commission on Ecology papers n. 3 IUCN, Switzerland, The Environmentalist 3, Suppl. n. 3.
- Shepard, F. P., 1954. *Nomenclature based on sand-silt-clay rations*. Journal os Sedimentology Petrology, 24 (3):151-158.
- Suguiio, Kenitiro, 1973. *Introdução à Sedimentologia*. São Paulo, Edgard Blücher.. Cap.3. Determinação das propriedades das rochas sedimentares em laboratório. P 26-175.
- Vasconcelos Filho, A. L., Silva, K. C, Acioli, F. D., 1998. *Hábitos alimentares de Sphoeroides testudineus (LINNEAUS, 1758) (TELEOSTEI: TETRAODONDIDAE), no Canal de Santa Cruz – Itamaracá – PE*. Recife. Trab. Oceanograf. UFPE, 26 (1):145-157.

ANEXOS

Tabela 1 - Classificação das amostras segundo o diagrama de triangulação de Shepard.

AMOSTRAS	AREIA	CASCALHO ARENOSA	LAMA ARENOSA	AREIA LAMOSA
1	X			
2	-			
3	X			
4	X			
5	-			
6	X			
7	X			
8	X			
9	X			
10	X			
11	X			
12	X			
13	-			
14	X			
15	X			
16	X			
17	X			
18	X			
19	X			
20	X			
21	X			
22	X			
23	X			
24	X			
25	X			
26	X			
27	X			
28	X			
29	X			
30	X			
31	X			
32	X			
33	X			
34	X			
35	X			
36			X	
37				X
38				X
39	X			
40				X
41				X
42			X	
43				X
44			X	
45			X	
46			X	
47			X	

48				X
49				X
50			X	
51	-			
52				X
53	X			
54	X			
55	X			
56	X			
57				X
58	X			
59	X			
60		X		
61	X			
62	X			
63				X
64	X			
65	X			
66		X		

Tabela 2 - Porcentagem de areia grossa, média e fina na fração areia das amostras classificadas como areia no diagrama triangular de Shepard.

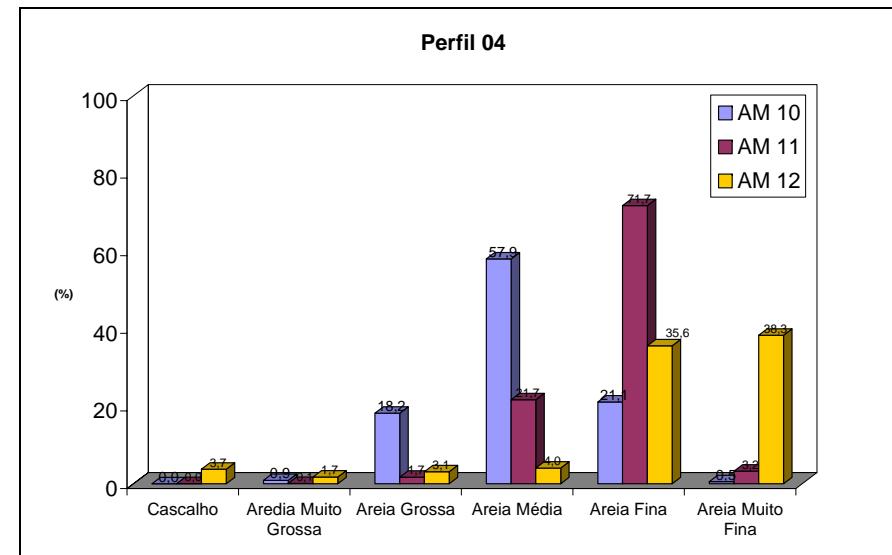
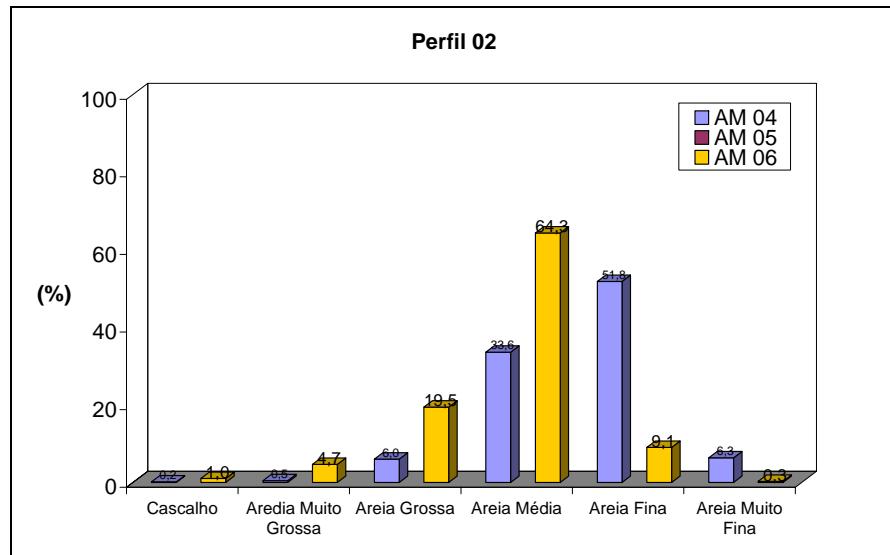
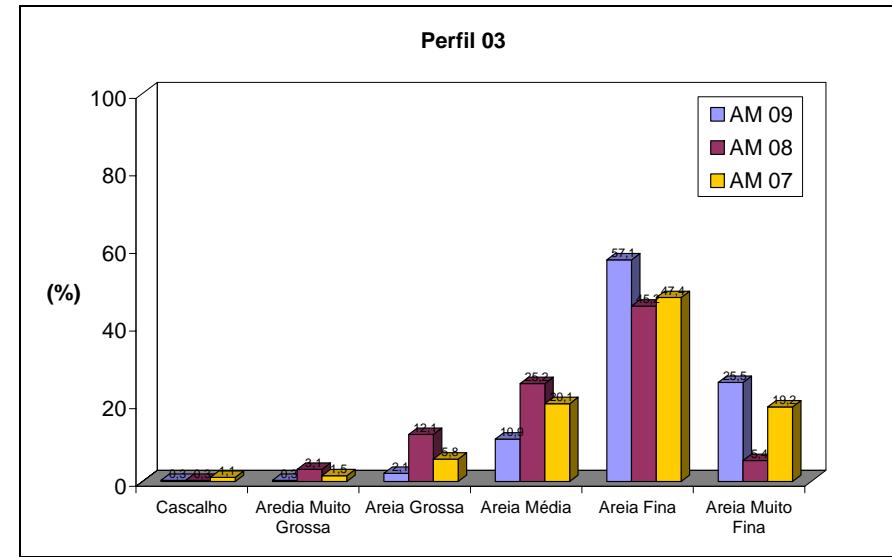
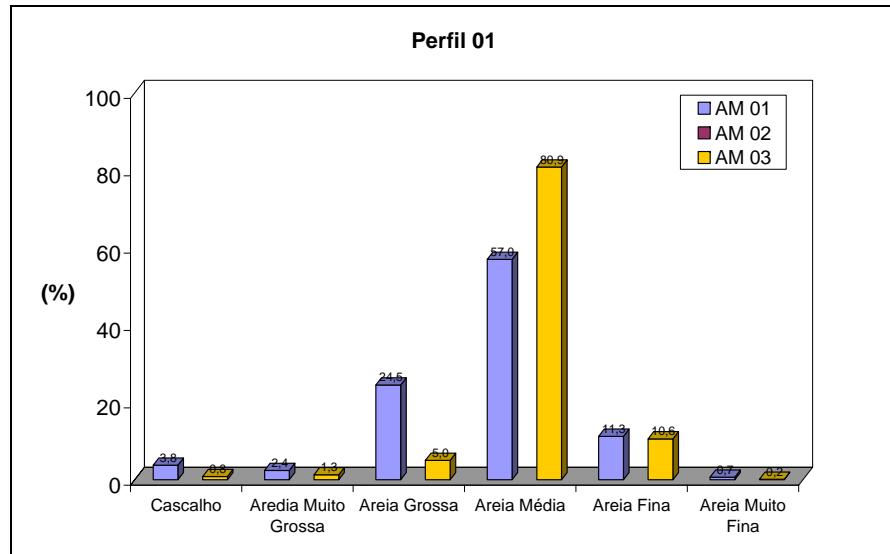
AMOSTRA	AREIA GROSSA	AREIA MEDIA	AREIA FINA
1	28,11	59,46	12,43
3	6,45	82,60	10,95
4	6,59	34,19	59,22
6	24,68	65,78	9,54
7	7,73	21,35	70,91
8	16,74	27,71	55,55
9	2,49	11,39	86,12
10	19,34	58,73	21,92
11	1,79	22,02	76,18
12	5,86	4,89	89,25
14	50,63	42,11	7,26
15	10,94	25,80	63,24
16	29,17	18,43	52,40
17	17,76	51,02	31,22
18	0,95	1,41	97,64
19	45,13	46,81	8,05
20	4,19	15,01	80,80
21	37,00	47,87	15,13
22	33,75	39,11	27,14
23	25,97	24,37	49,67
24	1,09	2,06	96,85
25	42,89	26,22	30,89
26	39,04	39,40	21,56
27	7,44	11,04	81,52
28	4,09	7,83	88,08
29	38,02	35,26	26,72
30	13,40	21,14	65,46
31	4,76	7,53	87,70
32	25,43	55,05	19,52
33	38,20	31,17	30,63
34	24,13	31,09	44,78
35	11,73	16,28	71,99
39	17,02	23,02	59,95
53	31,84	51,40	16,76
54	10,69	25,81	63,49
55	11,03	27,92	61,05
56	37,29	56,02	6,69
58	1,02	4,69	94,29
59	27,41	60,79	11,81
61	29,46	44,63	25,91
62	20,59	52,72	26,69
64	3,57	3,71	92,71
65	4,94	40,35	54,71

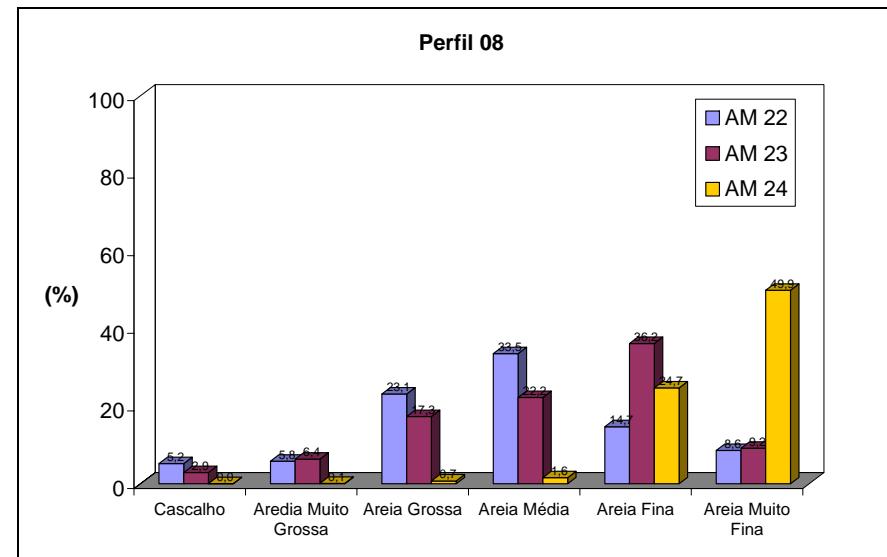
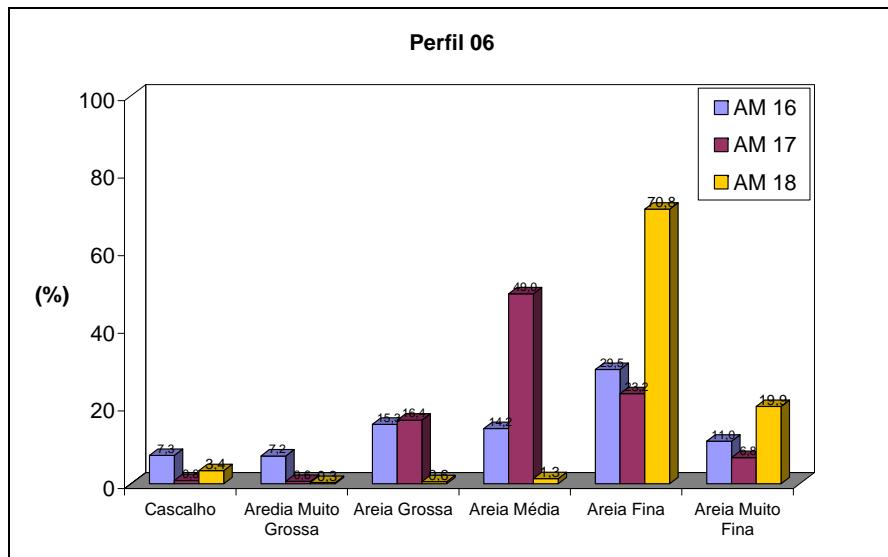
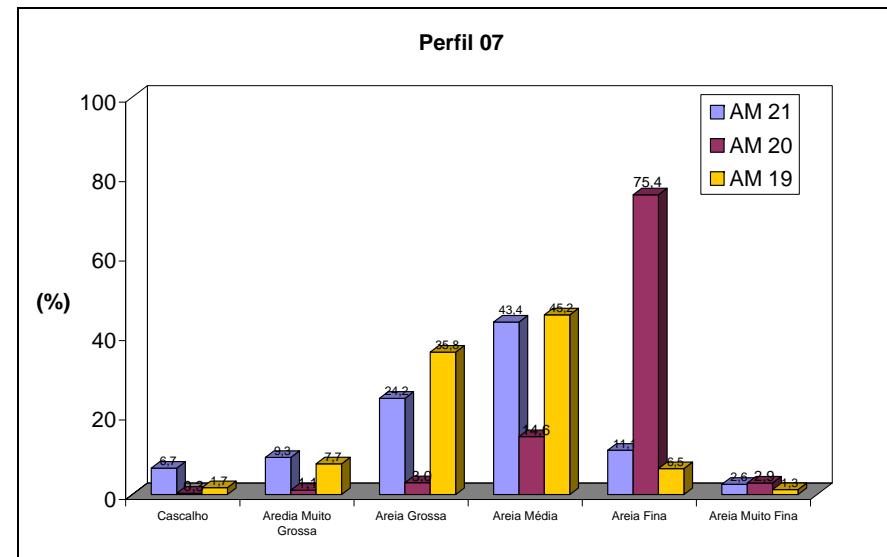
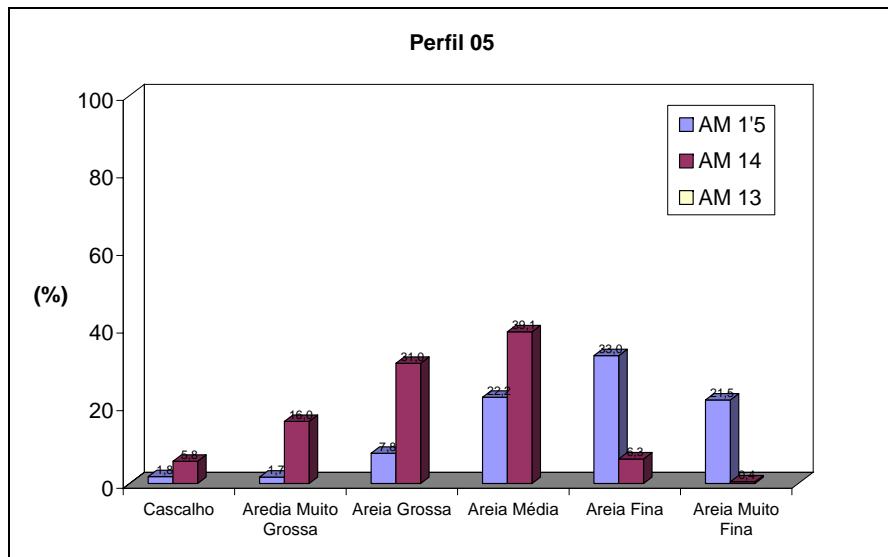
As frações majoritárias (quando houver) estão em negrito.

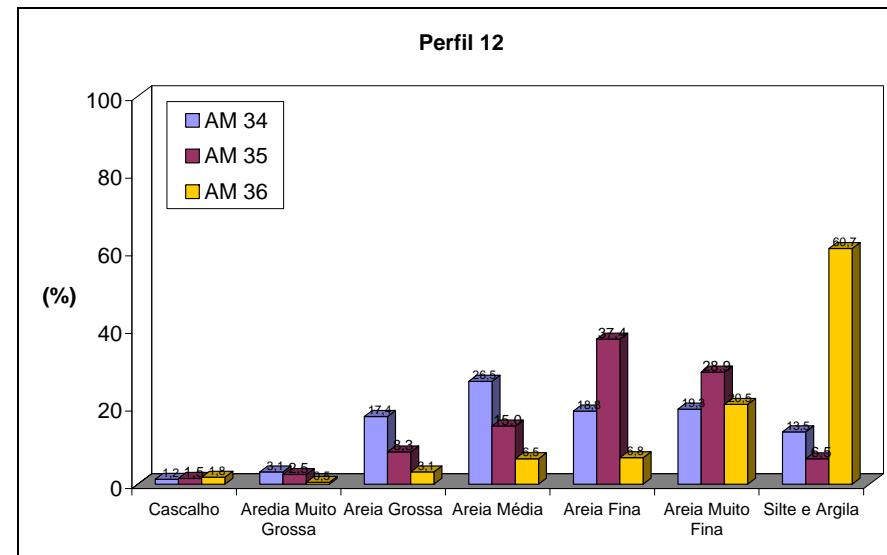
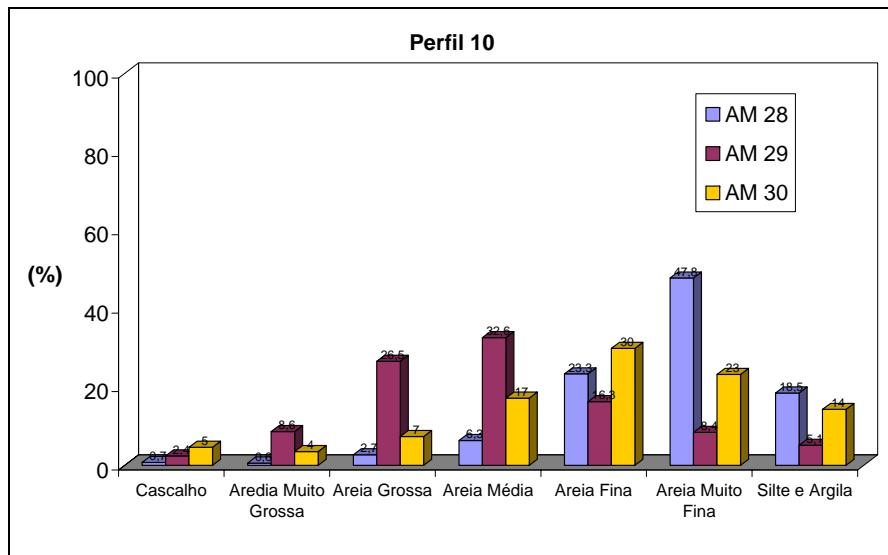
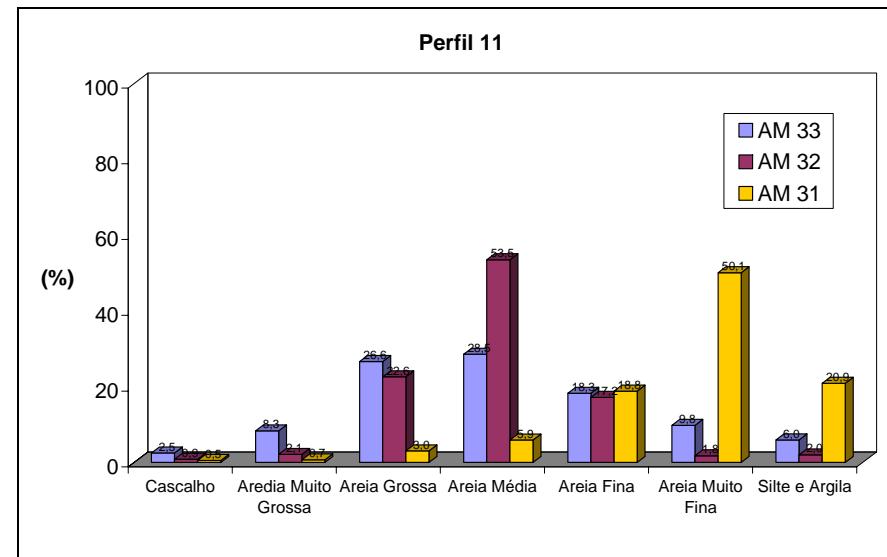
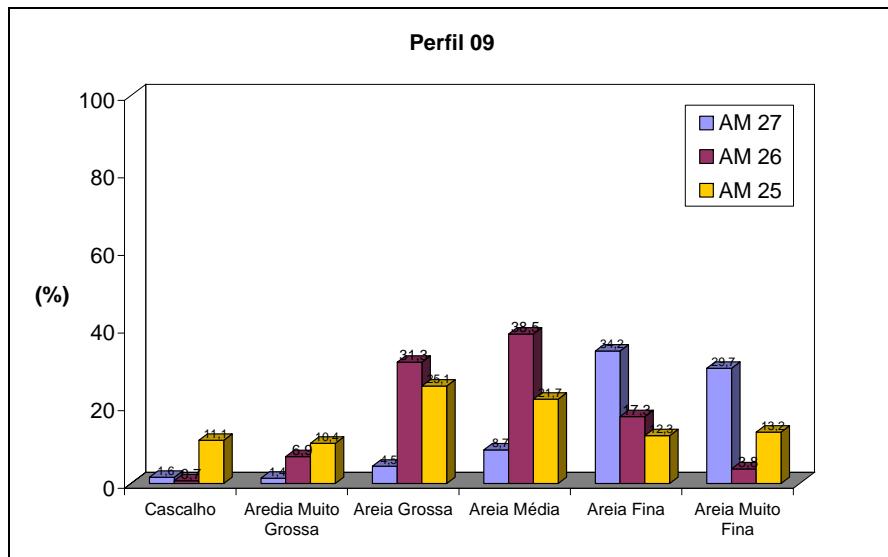
Tabela 3- Peso acumulado das frações em 100,00 g de amostra.

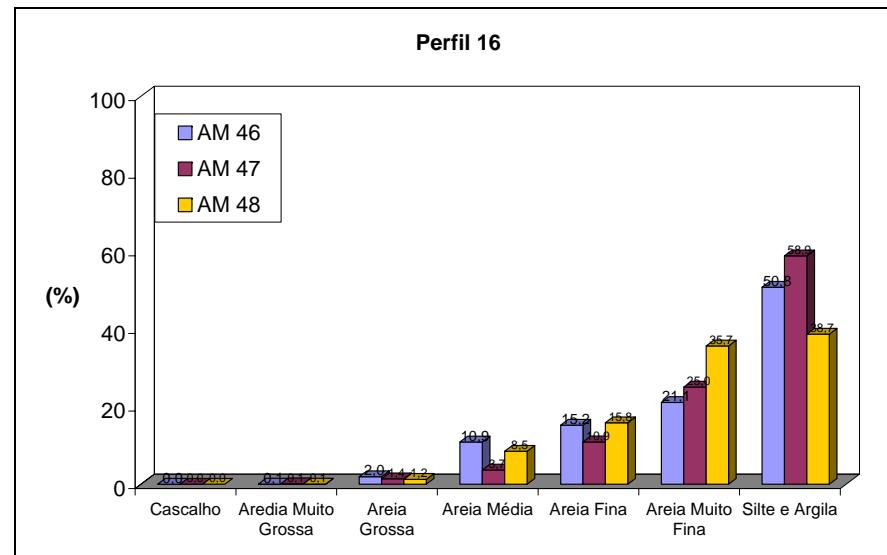
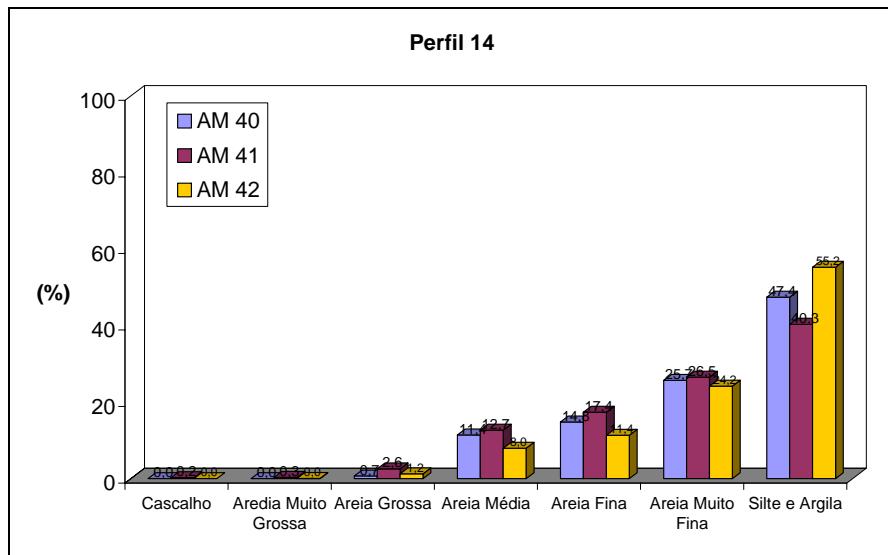
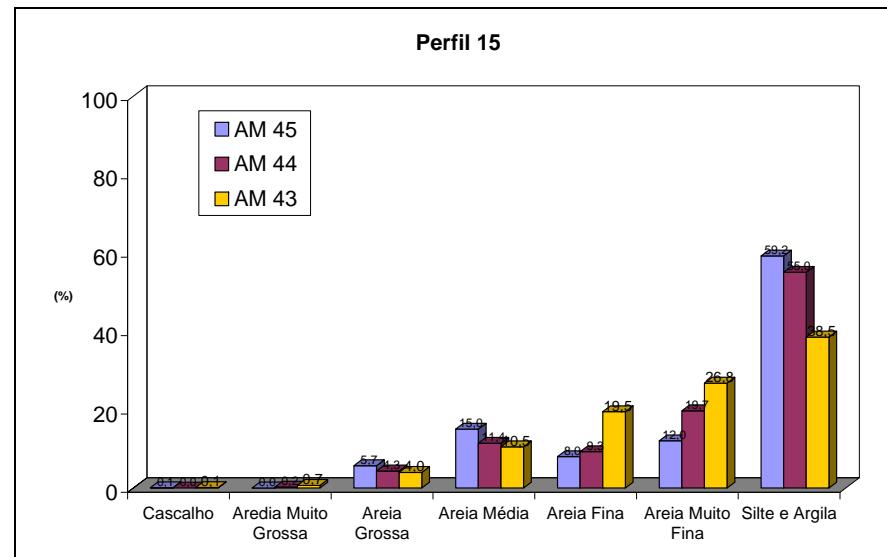
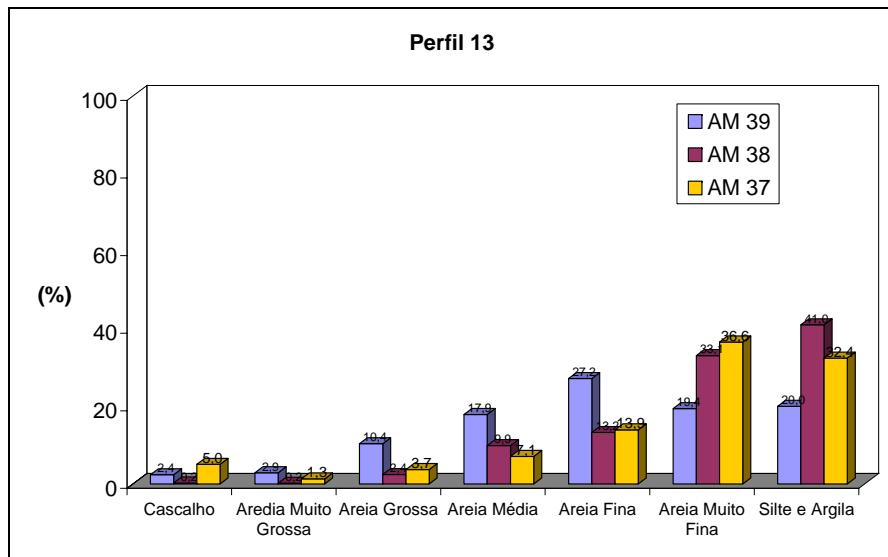
Amostras	Cascalho	Areia muito grossa	Areia grossa	Areia média	Areia fina	Areia muito Fina
1	3,790	6,208	30,728	87,704	98,958	99,614
3	0,825	2,109	7,141	88,019	98,593	98,745
4	0,155	0,611	6,634	40,217	92,043	98,387
6	1,042	5,720	25,173	89,486	98,537	98,817
7	1,068	2,561	8,334	28,407	75,821	95,064
8	0,272	3,397	15,520	40,752	85,978	91,364
9	0,279	0,553	2,671	13,602	70,713	96,252
10	0,014	0,901	19,096	77,033	98,123	98,660
11	0,040	0,117	1,804	23,473	95,389	98,389
12	3,747	5,493	8,598	12,639	48,189	86,460
14	5,755	21,765	52,754	91,839	98,171	98,609
15	1,772	3,432	11,215	33,449	66,424	97,936
16	7,295	14,462	29,790	44,005	73,455	84,413
17	0,830	1,464	17,869	66,823	90,055	96,809
18	3,392	3,726	4,277	5,586	76,362	96,287
19	1,734	9,479	45,326	90,541	97,068	98,318
20	0,308	1,384	4,366	18,920	94,359	97,276
21	6,664	16,001	40,227	83,650	94,798	97,370
22	5,211	11,028	34,157	67,703	82,404	90,983
23	2,903	9,279	26,615	48,855	85,011	94,168
24	0,044	0,152	0,887	2,470	27,171	77,038
25	11,134	21,522	46,648	68,363	80,708	93,939
26	0,714	7,628	38,884	77,402	94,660	98,434
27	1,621	2,978	7,450	16,100	50,271	79,975
28	0,746	1,343	4,051	10,378	33,727	81,538
29	2,409	11,033	37,580	70,192	86,449	94,865
30	4,616	8,134	15,480	32,624	62,498	85,714
31	0,546	1,239	4,286	10,204	29,020	79,092
32	0,857	2,975	25,562	79,045	96,233	98,002
33	2,507	10,839	37,475	66,012	84,266	94,048
34	1,245	4,383	21,815	48,328	67,172	86,507
35	1,470	3,954	12,262	27,245	64,625	93,480
36	1,776	2,236	5,377	11,923	18,728	39,269
37	5,036	6,330	10,016	17,088	31,016	67,572
38	0,240	0,420	2,824	12,688	25,933	58,995
39	2,360	5,228	15,580	33,457	60,621	80,011
40	0,000	0,000	0,689	12,103	26,895	52,592
41	0,246	0,571	3,122	15,809	33,164	59,665
42	0,000	0,049	1,296	9,252	20,603	44,782
43	0,112	0,784	4,765	15,270	34,731	61,486
44	0,000	0,235	4,583	16,009	25,260	44,969
45	0,070	0,081	5,769	20,781	28,763	40,793
46	0,012	0,064	2,014	12,904	28,136	49,224

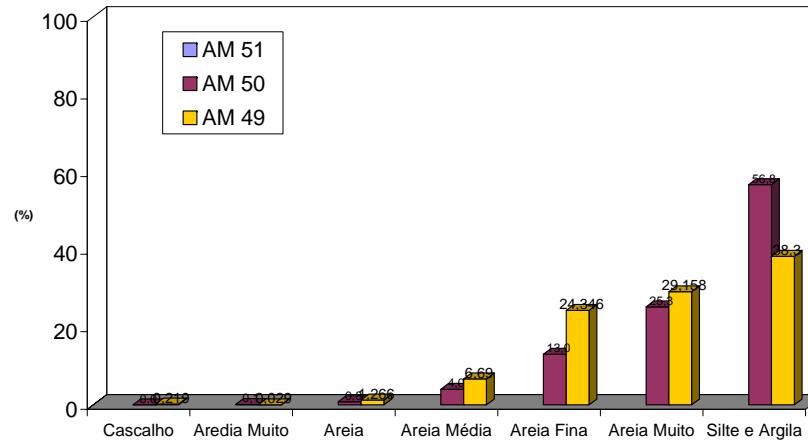
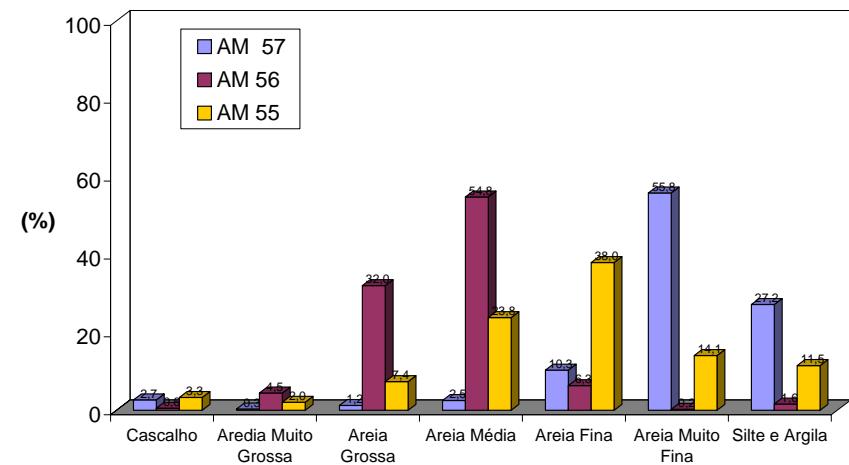
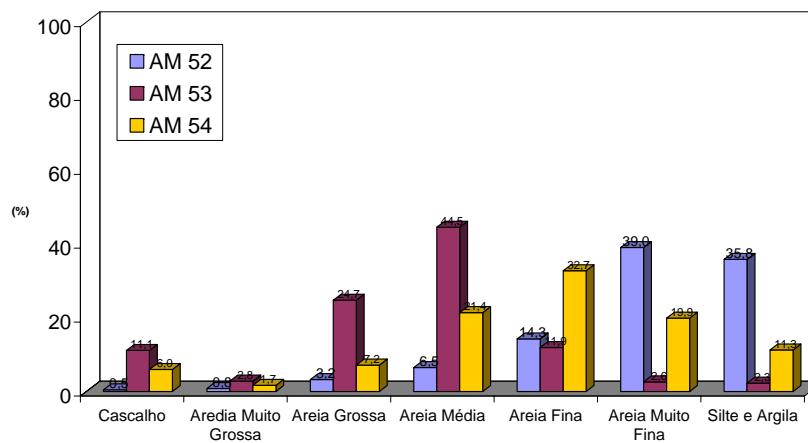
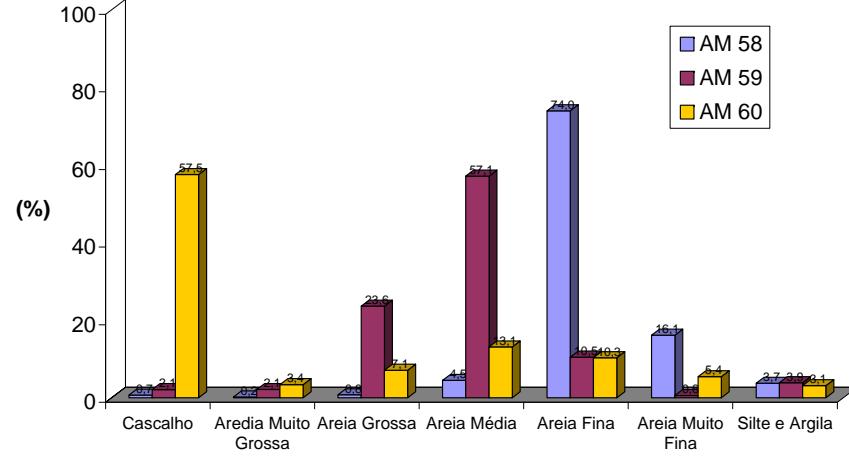
47	0,017	0,147	1,541	5,208	16,108	41,146
48	0,007	0,059	1,306	9,809	25,642	61,298
49	0,219	0,248	1,514	8,204	32,550	61,708
50	0,042	0,142	0,936	4,938	17,976	43,242
52	0,481	1,283	4,527	11,000	25,255	64,229
53	11,135	13,965	38,696	83,187	95,081	97,691
54	5,960	7,658	14,810	36,180	68,862	88,740
55	3,282	5,328	12,679	36,474	74,437	88,507
56	0,554	5,004	37,027	91,815	98,159	98,404
57	2,693	3,020	4,243	6,739	17,041	72,839
58	0,691	0,902	1,663	6,149	80,118	96,259
59	2,127	4,261	27,888	85,019	95,522	96,119
60	57,522	60,911	68,011	81,119	91,432	96,865
61	5,994	10,702	31,872	71,073	87,845	93,831
62	1,909	4,223	20,316	67,447	86,516	91,282
63	0,024	0,126	0,478	2,704	14,502	68,136
64	6,075	7,074	8,778	11,585	41,233	81,695
65	0,408	0,836	4,656	39,33	65,91	86,327
66	47,314	52,612	58,882	73,105	83,324	90,677



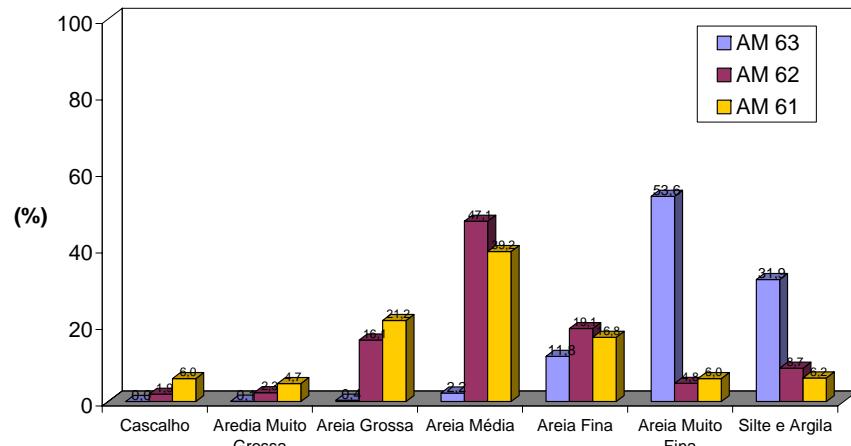






Perfil 17**Perfil 19****Perfil 18****Perfil 20**

Perfil 21



Perfil 22

