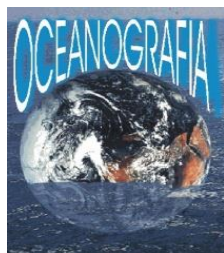




Universidade Federal do Pará



Faculdade de Oceanografia



Instituto de Geociências

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

HELANIR FURTADO DA SILVA

OCEANOGRAFIA DE ESTUÁRIOS AMAZÔNICOS: RIO CURUÇÁ (CURUÇÁ-PA)

GEOCIÊNCIAS
U F P A

BELÉM-PARÁ

Outubro-2013

HELANIR FURTADO DA SILVA

OCEANOGRÁFIA DE ESTUÁRIOS AMAZÔNICOS:
RIO CURUÇÁ (CURUÇÁ-PA)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Oceanografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará – UFPA, em cumprimento às exigências para obtenção do grau em Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof. Msc. Marcelo Augusto Moreno da Silva Alves.

Belém

2013

HELANIR FURTADO DA SILVA

OCEANOGRÁFIA DE ESTUÁRIOS AMAZÔNICOS:
RIO CURUÇÁ (CURUÇÁ-PA)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Oceanografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará – UFPA, em cumprimento às exigências para obtenção do grau em Bacharel em Oceanografia.

Data de aprovação: ____/____/____

Conceito: _____

Banca examinadora:

Prof. Marcelo Augusto Moreno da Silva Alves – Orientador
Mestrado em Geologia e Geoquímica
Universidade Federal do Pará

Prof. Igor Charles Castor Alves – Membro
Mestrado em Geologia e Geoquímica
Universidade Federal do Pará

Prof^a. Gilmara Maureline Teles da Silva de Oliveira – Membro
Mestrado em Planejamento e Gestão do Desenvolvimento Regional
Universidade Federal do Pará

Dedico este trabalho a minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pai de todas as coisas, pai de todas as vidas, meu guia e conselheiro nos momentos de felicidade e de dificuldade de minha existência.

À Universidade Federal do Pará e ao Instituto de Geociências pela ajuda recebida.

Ao meu orientador, Professor Marcelo Augusto Moreno da Silva Alves, que sempre esteve disposto a me auxiliar, apoiar, ensinar e compreender, contribuindo assim, para a minha formação pessoal e profissional. Muito Obrigada!

À todos os professores de graduação do Instituto de Geociências pelos ensinamentos transmitidos ao longo do período do curso.

Ao Elthon Fontes, pelo suporte técnico na confecção de mapas, que disponibilizou seu tempo e paciência. Muito obrigada.

Aos colegas do Laboratório de Geologia de Ambientes Aquáticos (LGAA): Ana Carolina Rabelo, Érika Teixeira, Rosa Mendes, Paula Bentes, Arnon Silva, Marillyse Vieira, Renato Nunes e Masharu Kawamoto pela ajuda durante a realização da coleta e tratamento dos dados em laboratório.

Aos amigos que fiz ao longo da graduação: Ana Flávia Moraes, Daniele Ratis, Brenda Sena, Eliana Perdigão, Rafael Aquino, Rafaela Barros, Rafaella Costa, Thais Borba, entre muitos outros. Obrigada por todo companheirismo e amizade nessa fase de nossas vidas.

À Edna Maria Furtado da Silva e José Marinaldo da Silva, meus pais, que são a base para essa conquista, os quais me possibilitaram uma vida repleta de amor, carinho, respeito, dedicação e perseverança, mostrando o caminho certo a seguir e por todo incentivo para alcançar meus objetivos, além de me possibilitar o bem mais precioso a qualquer ser humano, a educação. Sou eternamente agradecida.

Aos meus irmãos, Heraldo, Haroldo e Josiel, e as minhas cunhadas Giselle, Katiane e Pollyana, por todo apoio e pelos momentos de alegria e companheirismo.

Por fim, a todos que direto ou indiretamente contribuíram para concretização deste sonho.

**“O único homem que está isento de
erros, é aquele que não arrisca acertar”**

Albert Einstein

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo caracterizar o estuário do rio Curuçá (Curuçá-PA) através dos parâmetros físicos, químicos, sedimentar e batimétrico. O estuário do rio Curuçá situa-se no nordeste do Pará, possui um clima considerado muito úmido com temperatura média variando em torno de 27°C, pequena amplitude térmica, apresenta precipitações anuais abundantes que ultrapassam os 2.000 mm, sendo os meses mais chuvosos de janeiro a junho e menos chuvosos de julho a dezembro; apresentando macromarés semi-diurnas com amplitudes de 5,7m. Os dados gerados foram integrados de forma a caracterizar parâmetros oceanográficos físicos e químicos deste estuário. A realização da coleta ocorreu no período chuvoso (março/2013), em dois pontos fixos estratégicos, onde foi observada a variação da maré, análise das correntes superficiais de marés e as características físico-químicas, além do levantamento batimétrico e sedimentar ao longo do estuário. Os resultados obtidos no estuário do rio Curuçá mostraram que durante o período de observação o comportamento da curva de maré do rio Curuçá mostrou que a mesma se configura como maré do tipo macromaré semidiurna apresentando valores entre 4,71m à -0,05m. A corrente superficial apresentou valores de 0,86m/s na maré vazante e 0,12m/s no estófo de maré baixa, sendo que a média foi de 0,49m/s. Os sedimentos superficiais classificados a partir do parâmetro média apresentaram como fração granulométrica predominante areia muito fina, o selecionamento foi classificado em muito pobremente selecionadas, pobremente selecionadas, bem selecionadas, muito bem selecionadas e moderadamente selecionadas apresentando assimetria muito positiva, aproximadamente simétrica, negativa e muito negativa. A curtose foi classificada como leptocúrtica, platicúrtica, leptocúrtica e mesocúrtica. De acordo com o diagrama de Shepard os sedimentos das 17 amostras em sua maioria foram classificados em arenito e de acordo com o diagrama de Pejrup o ambiente possui hidrodinâmicas de moderada a alta. No estuário foi observado valores de temperatura entre 28,78°C a 30,84°C, o pH 7,57 a 8,12, condutividade 30201,4µS/cm a 31951,6µS/cm e salinidade 19,06psu a 19,82psu, oxigênio dissolvido 4,32ml/L a 4,87ml/L e sólidos totais dissolvidos 15100ppm a 15976,6 ppm.

Palavras-chaves: Rio Curuçá. Estuário. Oceanografia Geológica.

ABSTRACT

This study present aimed to characterize and evaluate the Curuçá River estuary (Curuçá city -PA) through physical, chemical, bathymetric and sedimentological parameters. The Curuçá's estuary is located in northeastern of Pará, has a climate considered very humid with temperatures ranging around 27°C, small temperature variation, with annual rainfall abundant that exceed 2.000mm, the wettest months are January to June and the less rainy months from July to December; presenting macrotides semidiurnal extend by 5.7m. The data generated were integrated to characterize physical and chemical oceanographic parameters of the estuary. The sample collect occurred during the rainy season (march/2013), in two fixed strategic points where we observed the change of the tide, analysis of surface currents and tides of the physic-chemical properties, beyond the bathymetric survey and sediment along the estuary. The results obtained in the Curuçá's estuary showed that during the observation period the behavior of the curve tidal on Curuçá river showed that it is configured as the type macrotides semidiurnal tide with values between 4.71m to -0.05m. The surface current showed values of 0.86m/s at low tide and 0.12m/s in the stuff of low tide, and the average was 0.49m/s. The surface sediments classify by the average parameter presented as particle size fraction predominantly very fine sand, the selection was ranked in: very poorly selected, poorly selected, well selected, very well selected and moderately selected, presenting very positive asymmetry, roughly symmetric, negative and very negative. The kurtosis was classified as leptokurtic, platykurtic, leptokurtic and mesokurtic. According to the diagram Sherpard's the sediments of 17 samples were mostly classified into sandstone and according to the diagram Pejrup the hydrodynamic environment has moderate to high. In the estuary was observed values of temperature between 28.78°C to 30.84°C, pH from 7.57 to 8.12, conductivity from 30201.4µs/cm at 31951.6 µs/cm and salinity 19.06 to 19 82, dissolved oxygen 4.32ml/L to 4.87ml/L and total dissolved solids 15100ppm to 15976.6ppm.

Keywords: Estuary-Curuçá (PA). Estuarine Oceanography-Curuçá (PA). Geology-Curuçá (PA).

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 - Mapa de localização da área de estudo	19
Figura 02 - Mapa de localização dos setores da Zona Costeira do Estado do Pará	20
Figura 03 - Mapa geológico da Costa Atlântica do Salgado Paraense	23
Figura 04 - Coluna estratigráfica da Região Nordeste do estado do Pará	24
Figura 05 - Configuração tectônica simplificada do norte do Brasil com a localização da Bacia Bragança-Viseu	25
Figura 06 - Mapa geomorfológico da Costa Atlântica do Salgado Paraense ...	29
Figura 07 - Relacionamento da maré com a corrente de maré em uma maré idealizada, consistindo de uma onda de maré progressiva simples	36
Figura 08 - Temperatura Média Anual do ar (°c)	40
Figura 09 - Médias mensais de temperatura para a estação climática de Salinópolis	40
Figura 10 - Precipitação Total Anual (mm)	41
Figura 11 - Médias pluviométricas mensais para a estação climática de Salinópolis	42
Figura 12 - Predominância da direção de vento para a mesorregião bragantina	43
Figura 13 - Relacionamento da maré com a corrente de maré em uma maré idealizada, consistindo de uma onda de maré progressiva simples	45
Figura 14 - Registro maregráfico da Ilha dos Guarás para o mês de março/2013 (período chuvoso)	47
Figura 15 - Compartimentação dos setores de um estuário segundo os fatores hidrodinâmicos	50
Figura 16 - Tipos fisiográficos estuarinos	52
Figura 17 - Representação esquemática dos tipos de estuário de acordo com o grau de estratificação salina	55
Figura 18 - Descrição de um estuário proposta por Pritchard (1967) e por Dalrymple et al., (1992)	57
Figura 19 - Padrão morfológico definido para os estuários do norte da Austrália	58
Figura 20 - Embarcação utilizada na coleta de dados oceanográficos	65
Figura 21 - Mapa de localização dos pontos de coleta de dados abióticos no estuário do rio Curuçá (Curuçá-PA)	66
Figura 22 - Seção Tábuas de Marés para consultas via internet	67
Figura 23 - Régua graduada instalada em frente ao trapiche da Fazenda São Paulo para a leitura e medição de dados maregráficos	68
Figura 24 - Molinete Fluviométrico JCTM Modelo MLN-7	69
Figura 25 - Levantamento Batimétrico com Ecossonda Humminbird Piranha Max 180	72
Figura 26 - Malha batimétrica nas seções levantadas no rio Curuçá (Curuçá-Pa)	73
Figura 27 - Coleta de sedimentos superficiais. A- Utilização do amostrador Van Veen; B-Utilização do amostrador Ekman-Birge	74
Figura 28 - Mapa de localização dos pontos de coleta de sedimentos no estuário do rio Curuçá (Curuçá-PA)	75

Figura 29 - Diagrama Triangular para sedimentos finos (areia, silte e argila). Modificado de Folk (1954)	77
Figura 30 - Célula ativa do Programa SysGran	78
Figura 31 - Procedimentos de análise de amostras de sedimentos	80
Figura 32 - Sonda Multiparâmetros Hanna HI 9828	82
Figura 33 - Célula ativa do Software Hanna HI 929828. Modelo de salvamento de lotes armazenados	83
Figura 34 - Condições de maré no rio Curuçá no dia 09/03/2013. Vista do Trapiche da Fazenda São Paulo	85
Figura 35 - Registro de maré no rio Curuçá no dia 09/03/2013	86
Figura 36 - Variações de velocidade nas correntes de maré durante um ciclo de maré de sizígia no rio Curuçá no período chuvoso	87
Figura 37 - Percentuais de faixas de profundidade do estuário do rio Curuçá .	88
Figura 38 - Imagem, Mapa Batimétrico e Modelo Digital de Terreno do rio Curuçá no trecho estudado	89
Figura 39 - Percentuais de faixas de profundidade da seção 1 do estuário do rio Curuçá	90
Figura 40 - Mapa Batimétrico do Setor I representado pelo estuário inferior do rio Curuçá (Curuçá-PA)	91
Figura 41- Perfil batimétrico levantado no rio Curuçá. Perfil 1 - Linha batimétrica 299-321	92
Figura 42- Percentuais de faixas de profundidade da seção 2 do estuário do rio Curuçá	92
Figura 43 - Mapa Batimétrico do Setor II representado pelo estuário médio do rio Curuçá	93
Figura 44 - Perfil batimétrico levantado no rio Curuçá. Perfil 2 - Linha batimétrica 563-589	94
Figura 45 - Percentuais de faixas de profundidade da seção 3 do estuário do rio Curuçá	95
Figura 46 - Mapa Batimétrico do Setor III representado pelo estuário médio do rio Curuçá	96
Figura 47 - Perfil batimétrico levantado no rio Curuçá. Perfil 3 - Linha batimétrica 900-914	97
Figura 48 - Diagrama de Shepard (1954), quanto à classificação sedimentar das amostras analisadas	99
Figura 49 - Mapa de distribuição dos sedimentos no estuário do rio Curuçá- PA	100
Figura 50 - Parâmetro Média das amostras coletadas no rio Curuçá-PA	102
Figura 51 - Parâmetro Selecionamento das amostras coletadas no rio Curuçá-PA	103
Figura 52 - Parâmetro Assimetria das amostras coletadas no rio Curuçá-PA .	104
Figura 53 - Parâmetro Curtose das amostras coletadas no rio Curuçá-PA	105
Figura 54 - Diagrama de Pejrup (1988) para os sedimentos analisados	105
Figura 55 - Valores de temperatura (°C) no rio Curuçá (período chuvoso)	106
Figura 56 - Valores de pH no Rio Curuçá (período chuvoso)	108
Figura 57 - Valores de condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) no rio Curuçá (período chuvoso)	109
Figura 58 - Valores de salinidade no rio Curuçá (período chuvoso)	110
Figura 59 - Valores de oxigênio dissolvido (mg/L) no rio Curuçá	111
Figura 60 - Valores de Sólidos Totais Dissolvidos (ppm) no rio Curuçá	112

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AM2	- Clima Tropical Monçônico
ATA	- Anticiclone Tropical Atlântico
ATAN	- Anticiclone Tropical Atlântico Norte
AWA'A'	- Clima Tropical (chuvas no verão)
BM	- Baixamar
CLC	- Camada Limite Costeira
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
CTC	- Capacidade de Troca Catiônica
DHN	- Diretoria de Hidrografia e Navegação
E	- Leste
ENE	- Leste-nordeste
IDESP	- Instituto do Desenvolvimento Econômico-Social
LA	- Latossolo Amarelo
MHWN	- Altura Média das Preamares de Quadratura
MHWS	- Altura Média das Preamares de Sizígia
MLWN	- Altura Média das Baixa-mares de Quadratura
MLWS	- Altura Média das Baixa-mares de Sizígia
N	- Norte
NE	- Nordeste
NR	- Nível de Redução
NW	- Noroeste
pH	- Potencial Hidrogeniônico
PM	- Preamar
PT	- Plintossolos
PV	- Podzólico Vermelho-amarelo
S	- Sul
SE	- Sudeste
SW	- Sudoeste
W	- Oeste
WNW	- Oeste-noroeste
WSW	- Oeste-sudoeste
ZC	- Zona Costeira
ZCIT	- Zona de Convergência Intertropical
ZM	- Zona de Mistura
ZR	- Zona de Maré de Rio

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	17
2.1	GERAL	17
2.2	ESPECÍFICOS	17
3	CARACTERIZAÇÃO GERAIS DA ÁREA DE ESTUDO	18
3.1	LOCALIZAÇÃO E ACESSO	18
3.2	ASPECTOS GEOLÓGICOS	21
3.3	ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	26
3.3.1	Planalto Rebaixado da Amazônia (Planalto Costeiro)	27
3.3.2	Planície Flúvio-Marinha	28
3.4	SOLOS	34
3.5	VEGETAÇÃO	37
3.6	ASPECTOS CLIMÁTICOS E CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS ...	39
3.6.1	Clima	41
3.6.2	Vento	42
3.7	CONDIÇÕES OCEANOGRÁFICAS	44
3.7.1	Marés e Correntes Associadas	44
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	48
4.1	ESTUÁRIOS	48
4.1.1	Classificação	51
4.1.1.1	Classificação Segundo a Geomorfologia	51
4.1.1.2	Classificação Segundo a Estratificação Salina	55
4.2	PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	59
4.2.1	Temperatura	59
4.2.2	Potencial Hidrogeniônico	60
4.2.3	Condutividade Elétrica	61
4.2.4	Salinidade	61
4.2.5	Oxigênio Dissolvido	62
4.2.6	Sólidos Totais Dissolvidos	63
5	MATÉRIAS E MÉTODOS	65
5.1	METODOLOGIA	65
5.1.1	Marés	63
5.1.2	Correntes e Vazão	69
5.1.3	Batimetria	71
5.1.4	Sedimentos Superficiais	74
5.1.5	Parâmetros Físico-Químicos	81
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	84
6.1	MARÉ	84
6.1.1	Correntes	86
6.1.1.1	Batimetria	88
6.1.1.2	Sedimentos Superficiais	97
6.2	PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	106
6.2.1	Temperatura	106
6.2.2	pH	107
6.2.3	Condutividade Elétrica	109
6.2.4	Salinidade	110
6.2.5	Oxigênio Dissolvido	111
6.2.6	Sólidos Totais Dissolvidos	112

7	CONCLUSÃO	113
	REFERÊNCIAS	115

1 INTRODUÇÃO

A região costeira do Brasil se caracteriza por apresentar um mosaico de ecossistemas de grande importância ambiental. Ao longo da faixa litorânea brasileira podem ser encontradas ilhas, baías, costões rochosos, falésias, praias, dunas, estuários e outros ambientes de importância ecológica. Caracterizados por apresentar uma biodiversidade de espécies animais e vegetais adaptados às condições geológicas e climáticas da região.

A zona costeira do norte do Brasil é considerada uma região privilegiada por apresentar uma grande e complexa rede hidrográfica, tendo como estuário principal o rio Amazonas. Os estuários são formados pelos rios e outros cursos de água menores, que desembocam no mar. Segundo Day et al. (1989), esse tipo de ecossistema tem como principal característica uma grande variabilidade espacial e temporal das propriedades físicas e químicas da água.

De acordo com Herz (1991), os estuários da litoral norte do Brasil são considerados entre os mais preservados da costa brasileira. São ecossistemas extremamente complexos e dinâmicos, bastante influenciadas pelas correntes, marés, ventos, variações sazonais, descarga hídrica e sólida das drenagens regionais. Os ecossistemas estuarinos constituem locais de refúgio, reprodução e crescimento de várias espécies animais (AVELINE, 1980).

Em decorrência da sua elevada importância sócio-ambiental e, conseqüentemente, da necessidade de compreensão desse complexo sistema, diversos estudos são realizados nos estuários do litoral paraense, abordando diversas subáreas (química, física, geologia e biologia) da oceanografia. Adicionalmente, as principais linhas de pesquisas nesse ambiente encontram-se focadas no estudo dos ciclos dos nutrientes, das interações com a biota, com sedimentos em suspensão e de fundo, da influência de escoamento superficial e da dinâmica natural (MELO, 1998).

A zona costeira do Estado do Pará apresenta três setores com características fisiográficas diferenciadas: (1) Setor Costa Atlântica do Salgado Paraense; (2) Setor Insular Estuarino da Ilha do Marajó; e (3) Setor Continental Estuarino, sendo no setor 1 que o estuário do rio Curuçá está inserido.

Apesar da enorme representatividade e importância do rio Curuçá no contexto da região nordeste do Pará, há uma ausência de conhecimento científico quando comparados com os conhecimentos já existentes para os ecossistemas similares de outras regiões como sul e sudeste do Brasil. Alguns estudos podem ser citados, tais como: Dittmar e Lara (2001) que analisaram as forças motrizes que atuam sobre a dinâmica dos nutrientes inorgânicos e da matéria orgânica no manguezal do estuário Caeté (PA); Cohen et al. (2004) que discutiram, através de um modelo de elevação digital, o grau de inundação e elevação das marés e a frequência do manguezal relacionando-os aos dados existente da físico-química e fósforo nas águas de um canal no norte do Brasil; Delfino (2006) que abordou a geoquímica dos sedimentos superficiais de fundo do estuário do rio Maracanã, NE do Pará; Abreu (2007) e Barbosa (2007) que discutiram os aspectos gerais da circulação hidrodinâmica no estuário do rio Caeté (PA) e do rio Maracanã (PA), respectivamente, utilizando a modelagem para validar dados de corrente, maré e amplitude de maré coletados na área de estudo; Pereira (2006) desenvolveu um estudo para caracterização hidrogeoquímica do estuário do rio Curuçá (Município de Curuçá - NE do Pará) e consequentemente verificou as possíveis alterações relacionadas com a proximidade das localidades de Curuçá e Abade; e Lima (2011) que estudou a variação sazonal das águas do estuário do rio Curuçá (PA) a partir de análises: da variação da maré, da velocidade das correntes e dos parâmetros físico-químicos. Podemos destacar ainda, que a área de estudo esta sujeita a receber o futuro empreendimento conhecido como “Terminal Offshore do Espadarte”, que esta trazendo grande preocupação na questão ambiental, principalmente nas áreas de abrangência, devido apresentar valor econômico, social e cultural.

Segundo Senna (1995), o litoral paraense abrange uma área equivalente à 1.200km de extensão, correspondendo a 7% do total da linha de costa do Brasil, que também corresponde a 20% dos manguezais brasileiros. Essa região possui aproximadamente 3 milhões de habitantes, a maior densidade demográfica do estado ($32\text{hab}/\text{km}^2$), uma produção atual que se estima deva ser de mais de 1.00.000t de peixes, crustáceos e moluscos. A dinâmica desses ecossistemas e dos seus recursos naturais atualmente ainda são pouco conhecidas, quando comparados com outras regiões do Brasil.

O município de Curuçá limita-se ao Norte com o oceano Atlântico, ao Sul com o município de Terra Alta, a Leste com o município de Marapanim e a Oeste de São Caetano de Odivelas. Essa área apresenta clima equatorial Amazônico tipo Am2 da classificação de Köppen. Caracterizado pelas temperaturas elevadas, com temperatura média de 27°C, pequena amplitude térmica, apresenta precipitações anuais abundantes que ultrapassam os 2.000mm, sendo os meses mais chuvosos de janeiro a junho e menos chuvosos de julho a dezembro (IDESP, 2002).

Atualmente a cobertura florestal do município é predominantemente de Florestas Secundárias, consequência dos desmatamentos ocorridos com grande intensidade e extensão, cujo objetivo foi a remoção da floresta primitiva para o plantio de espécies agrícolas de subsistência.

O presente estudo visa caracterizar a oceanografia do estuário do rio Curuçá (PA), a partir de levantamentos a cerca dos parâmetros oceanográficos, tais como: análise da variação da maré, estudo da velocidade das correntes, granulometria dos sedimentos de fundo, parâmetros físico-químicos de qualidade da água.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Determinar aspectos oceanográficos do estuário do rio Curuçá (Curuçá-PA) com base em dados oceanográficos abióticos (sedimento, batimetria, marés e correntes) e parâmetros físico-químicos de qualidade de água.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar a morfologia de fundo do estuário do rio Curuçá;
- Identificar o material sedimentar de fundo coletado em trechos do estuário do rio Curuçá;
- Descrever o comportamento da maré no estuário do rio Curuçá;
- Descrever o comportamento de alguns parâmetros físico-químicos (Temperatura, pH, Condutividade Elétrica, Sólidos Totais dissolvidos e Salinidade) relacionados à qualidade de água do estuário do rio Curuçá em um ciclo de maré;
- Descrever o comportamento das correntes superficiais do rio Curuçá.

3 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSO

O estuário do rio Curuçá (PA), localiza-se na Mesorregião do Nordeste Paraense e na Microrregião do Salgado, entre as coordenadas de 47°45' e 48°00' Oeste, e 00°30' e 01°15' Sul (Figura 1).

A sede do município dista aproximadamente 150 km do município de Belém (capital estadual), possuindo as seguintes coordenadas geográficas: 0°43'44"S e 47°50'53"W.

O município limita-se ao Norte com o Oceano Atlântico, ao Sul com o município de Terra Alta, a Leste com o município de Marapanim e a Oeste de São Caetano de Odivelas (IDESP 2002).

A zona costeira do Estado do Pará apresenta três setores com características fisiográficas diferenciadas: (1) Setor Costa Atlântica do Salgado Paraense; (2) Setor Insular Estuarino da Ilha do Marajó; e (3) Setor Continental Estuarino, sendo no setor 1 que o estuário do rio Curuçá está inserido (Figura 2).

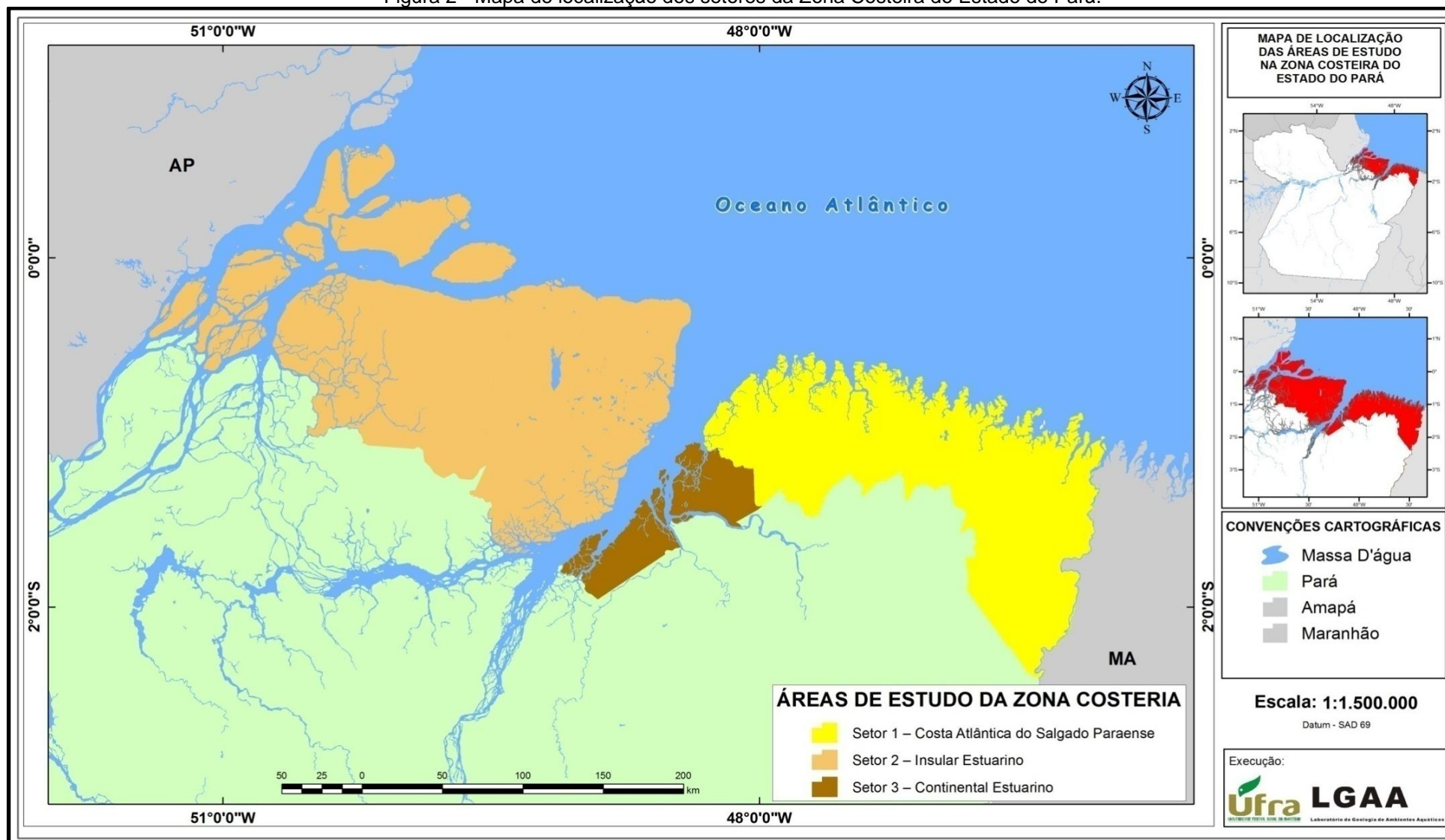
A área de estudo se tornou uma Unidade de Conservação, através do decreto de 13 de dezembro de 2002, que criou a Reserva Extrativista Mãe Grande de Curuçá com os objetivos de assegurar o uso sustentável e a conservação dos recursos naturais renováveis, protegendo os meios de vida e a cultura da população extrativista local. A economia do município esta baseada no comércio local, agricultura e a pesca (principal atividade regional).

O principal acesso à área é feito a partir de Belém pela rodovia federal BR-316 até o município de Castanhal, a partir da qual se segue pela rodovia estadual PA-136 passando pelo município de Terra Alta.

Figura 1- Mapa de localização da área de estudo.



Figura 2 - Mapa de localização dos setores da Zona Costeira do Estado do Pará.



3.2 ASPECTOS GEOLÓGICOS

A região da Costa Atlântica do Salgado Paraense apresenta unidades correspondentes ao Pré-Cambriano, Eo-Paleozóico e Cenozóico (ARAI et al., 1988; ROSSETTI, 1989; COSTA et al., 1991), onde o Pré-Cambriano é formado por rochas do complexo do Maracaçumé, Formações Santa Luiza, Tromaí, Gurupi, Viseu e Igarapé de Areia e Granito Cantão, seguindo-se a Formação Piriá localizada no Eo-Paleozóico. O Cenozóico é constituído pela Formação Pirabas (Oligo-Mioceno) e do Grupo Barreiras (Mio-Plioceno).

A litoestratigrafia cenozóica na região do nordeste do estado do Pará apresenta em sua composição rochas ígneas, metamórficas e sedimentares, com idades que variam do pré-cambriano até o recente. As rochas pré-cambrianas se restringem a porção continental adjacente, localizando-se sua ocorrência na zona costeira do estado do Pará.

O município de Curuçá está compreendido na área de abrangência do Nordeste Paraense, que integra uma área sedimentar sobreposta ao embasamento cristalino, é caracterizada pela presença de sequências de idade Terciária e Quaternária, sendo as próprias estruturas cristalinas pré-cambrianas as áreas-fonte de grande parte dos sedimentos que para aí foram alocados (Rossetti, 1989). Já a outra porção é resultado de deposição marinha, sobretudo, restos fósseis de organismos do antigo mar epicontinental de Pirabas, existente entre o Oligoceno e o Mioceno (Terciário).

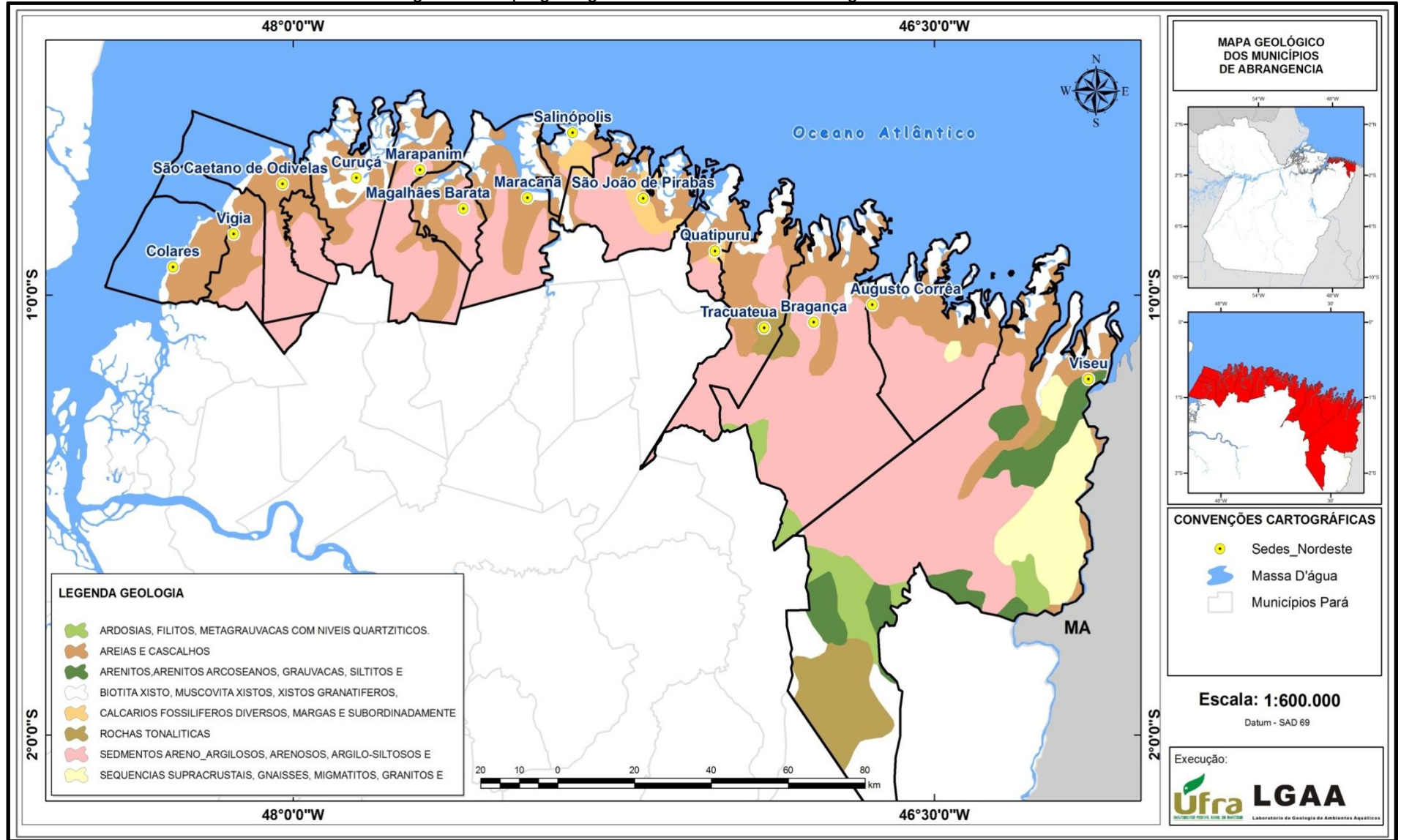
O cenozóico Terciário é marcado primeiramente pela sedimentação da formação Pirabas do Mioceno inferior, formadas por deposições em sua maioria transgressivas, constituídas por calcários marinhos, bioclastitos, dolocrimitos, biohermitos e margas que interpõem-se com folhetos cinza esverdeados a negros, sendo encontrados arenitos nas camadas superficiais (MAURY, 1925). No entanto, Góes et al. (1990) definiram sete fácies: biocalcirudito, biocalcarenito não estratificado, biocalcarenito estratificado, marga, folhelho, biohermito e calcirudito, onde os mesmos foram depositados em uma plataforma carbonática marinha de águas rasa e secundariamente em lagunas e mangues em uma fase transgressiva.

Após a deposição dominante transgressiva imediatamente ocorreu a fase regressiva causando o processo de instalação do grupo Barreiras, que pode ser subdividido em treze litofácies abrangendo o grupo Barreiras e Pós-Barreiras no nordeste do estado do Pará (ROSSETTI et al., 1989), segundo Góes e Truckenbrodt (1980), Góes (1981) e Rossetti et al. (1989), essas litofácies são constituídas pelo modelo deposicional de leques aluviais, planícies de areia e planície de lama de influência marinha com rápidas inundações em clima árido e semi-árido.

Rossetti (2001) elenca como fatores da evolução sedimentar do Nordeste Paraense ao longo do Cenozóico Superior a reativação de falhas normais e do tipo strike-slips, combinados com flutuações do nível relativo do mar. No nordeste paraense as unidades litoestratigráficas aflorantes são compostas por rochas ígneas, metamórficas e sedimentares, com idades que variam do pré-cambriano até o recente. Na zona costeira do estado do Pará observa-se a ocorrência das rochas pré-cambrianas que se restringem à parte continental adjacente (Figura 3).

A geologia do município se apresenta, em grande parte, formada por sedimentos da Formação Barreiras de idade Terciária, principalmente, constituindo as partes mais internas de seu território e pelos sedimentos inconsolidados datados do Quaternário Atual e Subatual, localizados na zona litorânea. Da referida estrutura resulta a pobreza morfológica, que inclui áreas de planície de inundações, terraços e esporádicos restos de tabuleiros, inseridos em duas unidades morfoestruturais do relevo regional: Planalto Rebaixado da Amazônia (da zona Bragantina) e Planície Flúvio-Marinha (litoral de “Rias”) (SECTAM, 2003).

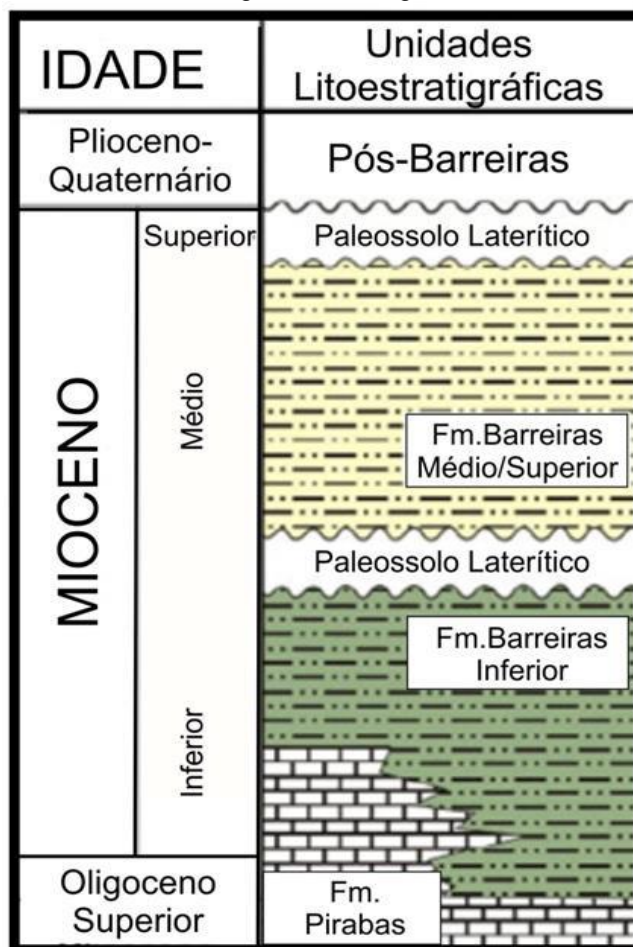
Figura 3 - Mapa geológico da Costa Atlântica do Salgado Paraense.



O Pós-Barreiras depositam-se sobre o sedimento do grupo Barreiras sendo separados por uma discordância erosiva (SÁ, 1969). Apesar de sua idade ser motivo de divergências, o grupo Pós-Barreiras é considerado frequentemente como sendo pertencente ao Pleistoceno, tendo parte de seus sedimentos holocênicos constituindo – se de sedimentos areno-argilosos, mal selecionados, depositados a partir de movimentos gravitacionais (ROSSETTI et al., 1989). Segundo Costa et al. (1992), os depósitos pleistocênicos incluem juntamente com o Arenito Pilões, fácies cujas a estruturas sugerem a presença de um paleolitoral, com barras arenosas, planícies de maré e pântanos de supramaré.

O Cenozóico Quaternário é constituído por areias e argilas pleistocênicas do Pós-Barreiras e pelos depósitos da planície aluvionar, estuarina e costeira dos sedimentos recentes (Figura 4).

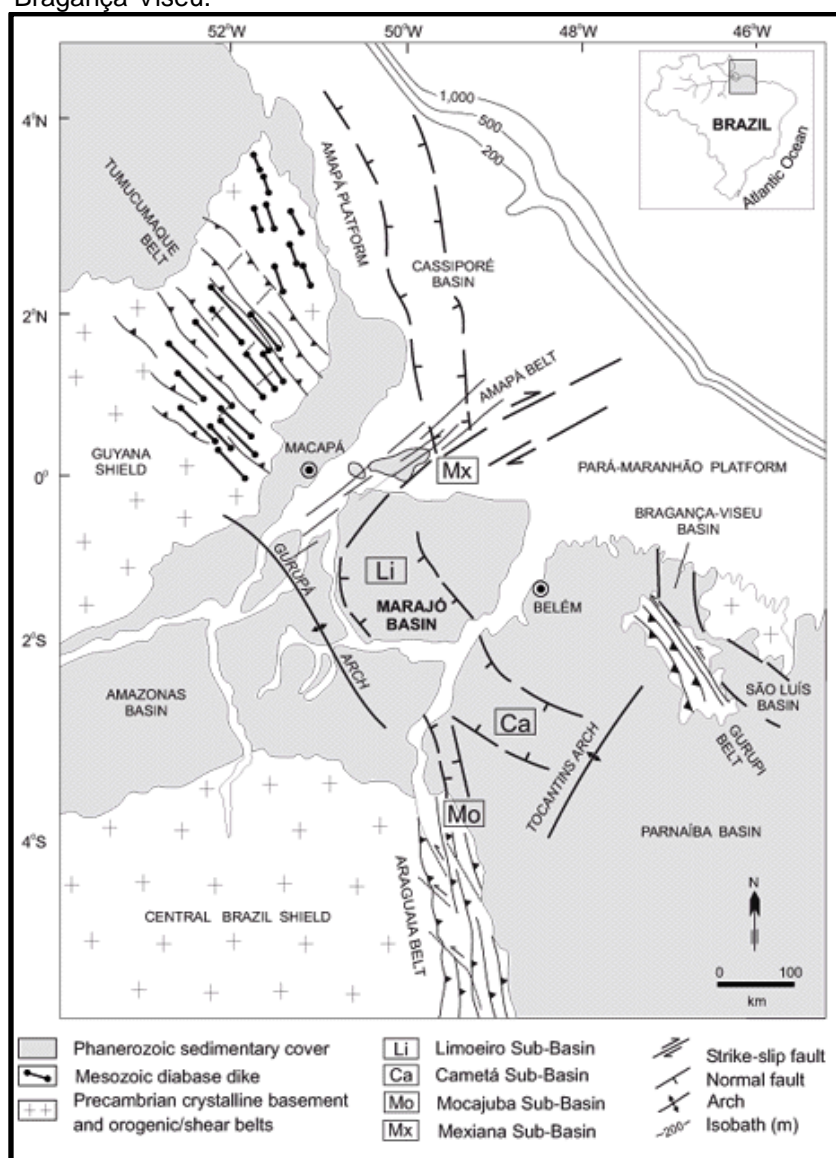
Figura 4 – Coluna estratigráfica da Região Nordeste do estado do Pará.



Fonte: Modificado de Carvalho (2007)

A Bacia Bragança-Viseu (Figura 5) é representada por uma cavidade tectônica alongando-se por falhas normais de direção NW – SE (ARANHA et al., 1990). Uma das principais características da Bacia é a ocorrência de direções preferências WNW – ESE das rochas pré-cambrianas, formando o cinturão de cisalhamento de Gurupi e, NW – SE a tira cisalhamento Tentugal (COSTA et al., 1988). A Bacia Bragança-Viseu durante o período paleozóico esteve sujeita a uma tectônica distensiva de direção NW- SE, criando falhas de direção N- S e NE- SW e falhas transferentes de direção NW- SE relacionadas à abertura do Oceano Atlântico (COSTA et al., 1991).

Figura 5 - Configuração tectônica simplificada do norte do Brasil com a localização da Bacia Bragança-Viseu.



Fonte: Costa et al. (2002)

A partir do Jurássico com a abertura do Atlântico Equatorial ocorreu à formação do mesozóico com o aparecimento de falhas normais NW- SE e falhas transferentes de direção NE- SW, com o alongamento do eixo NE – SW de acordo com Costa et al (1991). O controle da tectônica cenozóica é estabelecido pela placa Sul Americana para W, onde ocorre a formação das falhas transcorrentes de direção E – W com movimentos dextrais e falhas normais NW- SE (COSTA et al., 1991).

3.3 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

A maioria das formas de relevo da área faz parte do Planalto Rebaixado da Amazônia e estão elaborados tanto nas rochas do grupo Barreiras como em depósitos pleistocênicos do Pós-Barreiras.

A Planície Flúvio-Marinha ocorre a norte do município de Curuçá, e desenvolve-se com certa orientação (NE-SW), adentrando o relevo continental nas direções NW-SE e N-S. Ocorrem os sistemas de Planície Costeira. Terraços Marinhos e Mangues (BORGES et al., 1994).

Segundo Franzinelli (1982), o litoral do nordeste do estado paraense apresenta cerca de dois tipos de costa conhecidas como: (1) costa transgressiva alta e (2) costa transgressiva baixa, conhecida também como costa de submersão, que vem sofrendo um processo de subsidência que provavelmente está relacionado a eventos neotectônicos de reativação de falhamentos normais.

A costa de submersão é referida no presente trabalho como uma costa com embaiamentos, transgressiva e dominada por marés. Franzinelli (1992) compartimenta a costa em dois setores:

1) **a oeste da Baía de Pirabas:** onde as baías costeiras recortam as falésias ativas do planalto costeiro;

2) **a leste da Baía de Pirabas:** onde o planalto costeiro recua em direção ao sul, formando falésias mortas e as baías recortam a planície costeira.

Segundo Costa et al (1977), o relevo da Zona Costeira Estuarina Paraense, com exceção da ilha de Marajó, apresenta três unidades geomorfológicas diferentes divididas em:

1) Maciço Residual: apresentando inselbergs devido apresentar as maiores alturas com cerca de 200m, desenvolvidos sobre metassedimentos do Grupo Gurupi;

2) Zona de Platôs: encontrada no Grupo Barreiras apresentando uma sequência de Platôs de margens escarpadas e ravinadas e;

3) Planalto Rebaixado da Zona Bragantina: que é caracterizado pela geomorfologia do Baixo Planalto Costeiro sustentada por um conglomerado do Grupo Barreiras, apresentando baixa altitude (BARBOSA; PINTO, 1973).

A Bacia Bragança-Viseu assim como toda ZCEP contem uma topografia suave, não apresentando valores altimétricos consideráveis, possuindo os maiores valores entre 30 a 60 metros em relação ao nível do mar. Assim a geomorfologia paraense que apresenta em seu relevo de litoral “falsas rias”, conhecido também como Planície Flúvio-Marinha vem sendo mantida sua terminologia de Planalto Rebaixado da Amazônia, caracterizando o Planalto Costeiro (COSTA et al., 1991), onde se situa o município de Bragança.

Por meio de análise de mapas geomorfológicos foi possível observar as unidades geomorfológicas como: 1) de Planalto Rebaixado da Amazônia (Planalto Costeiro); 2) Planície Flúvio-Marinha (Planície Aluvial, Planície Estuarina e Planície Costeira e seus subambientes associados) (Figura 6).

3.3.1 Planalto Rebaixado da Amazônia (Planalto Costeiro)

O Planalto Rebaixado da Amazônia, também conhecido como Planalto do Baixo Amazonas apresenta uma superfície plana e arrasada (formando níveis de baixos platôs) correspondendo a relevos considerados ondulados, cuja topografia é bastante modesta com ausência de valores altimétricos expressivos (COSTA et al., 1991). No nordeste do estado do Pará o planalto costeiro está disposto na direção E-W e ENE-WSW. Formando um relevo aplainado com suaves ondulações, referindo-se ao mais baixo dos níveis regionais de terras-firmes da Amazônia brasileira (AB' SABER, 1967).

Segundo Alves et al (2005) e Alves et al (2011) os efeitos da erosão costeira no litoral do estado paraense mostram a relação entre as falésias do planalto costeiro e a sedimentologia das praias adjacentes. Tanto as falésias ativas e inativas ocorrem nos tabuleiros das formações cretáceas e terciárias da parte oriental da costa do Pará e constituem as bordas do planalto costeiro.

Esta unidade ocorre em maior parte nos municípios de Salinópolis, Marapanim e Viseu, na forma de relevo ondulado, apresentando uma superfície plana e arrasada, suavemente ondulada e intensamente dissecada. Fazendo parte do domínio morfoclimático dos planaltos amazônicos rebaixados ou dissecados, constituídos por sedimentos do Grupo Barreiras/Pós – Barreiras areno-argilosos onde a cobertura vegetal é do tipo floresta secundária (SILVA Jr, 1998).

3.3.2 Planície Flúvio-Marinha

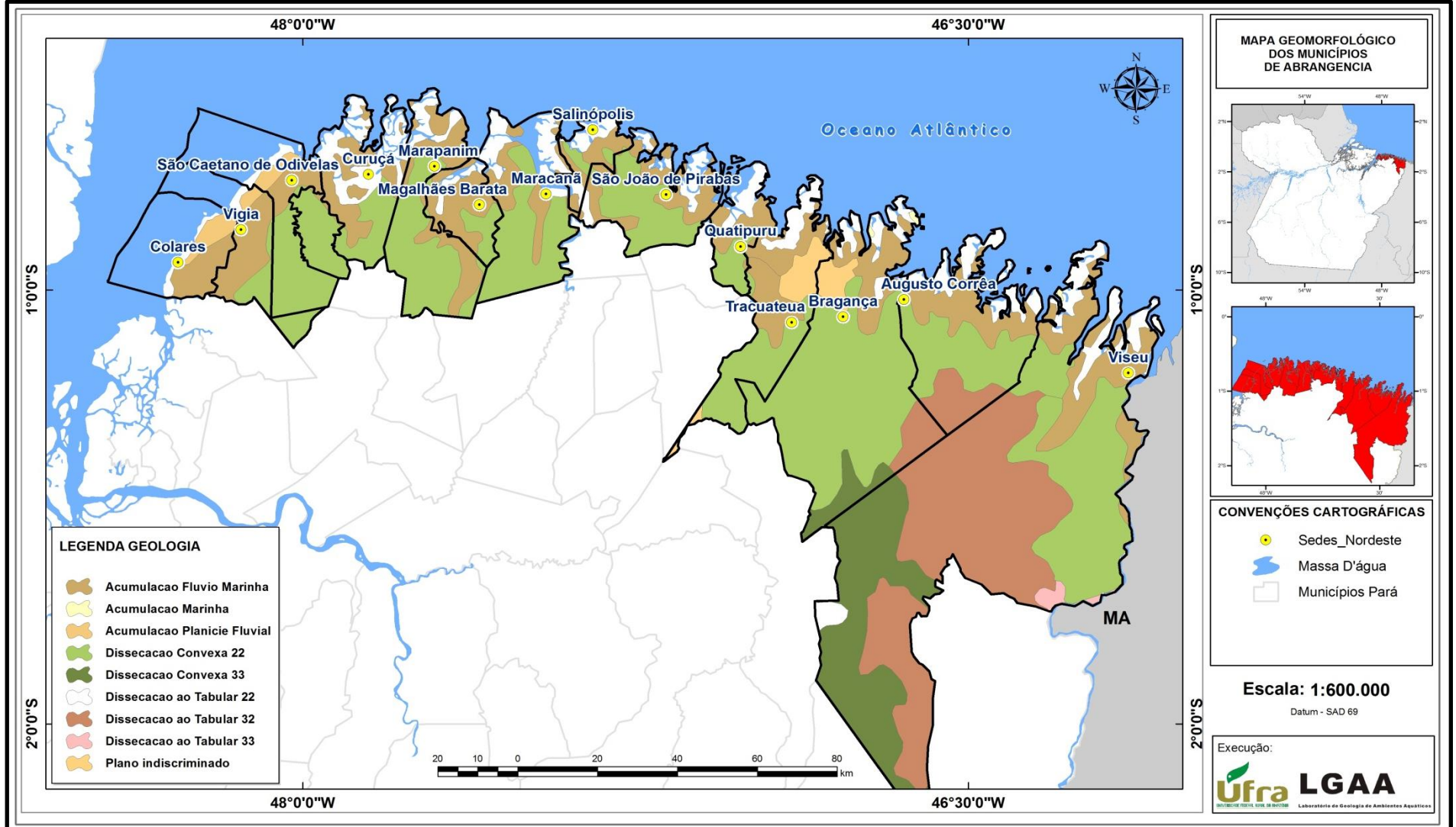
A Planície Flúvio-Marinha na faixa oceânica NE do estado do Pará atinge cerca de 40km para Bragança (EL-ROBRINI, 2001; FRANÇA, 2003). Sendo dividida em três unidades geomorfológicas: (a) Planície Aluvial; (b) Planície Estuarina e; (c) Planície Costeira.

a) Planície Aluvial

Estende-se ao limite de maré na planície estuarina contendo três unidades conhecidas como: canal fluvial, diques marginais e planície de inundação.

- **Canal Fluvial:** apresenta canais meandantes e retilíneos com anomalias em caixa e cotovelo, com presença de depósitos de barras longitudinais e barras em pontal, localizado no planalto costeiro;
- **Planície de Inundação:** apresenta seu limite por diques marginais (*levees*) e pelo planalto costeiro, colonizadas por campos herbáceos, tendo como principal vegetação a de *Eleucharias sp.* inundados somente no período de grandes cheias, quando há o transbordamento dos canais e os sedimentos mais finos são depositados nessa área;
- **Diques Marginais:** são considerados elevações longitudinais construídas a aproximadamente 50cm acima da planície de inundação adjacente ao canal fluvial, sendo vegetados por mangue e *Eleucharias sp.* rompidos durante o período de grandes cheias, no momento do transbordamento.

Figura 6 – Mapa geomorfológico da Costa Atlântica do Salgado Paraense.



b) Planície Estuarina

Apresenta seu limite ao sul pela planície aluvial no limite superior a influência de marés e a norte pela zona onde a o domínio dos processos marinhos. Sendo margeada pela planície costeira em sua porção distal e pelo planalto costeiro. Apresenta três unidades morfológicas:

- **Canal Estuarino:** varia da porção distal para a proximal, refletindo progressivamente a influência das marés ao longo do canal estuarino. É dividido em quatro padrões morfológicos distintos:
 - **Funil Estuarino:** representa a foz do estuário apresentando um alargamento em direção ao mar. É rodeado por depósitos de ambientes de manguezais, pela planície arenosa e localmente pelo planalto costeiro;
 - **Segmento Retilíneo:** bordejado por terraços de abrasão localizados nos depósitos de manguezais, submersos durante a maré cheia, sendo dominado por fortes correntes de marés onde seus sedimentos acabam sendo transportados em direção a montante;
 - **Segmento Meandrante:** Apresenta limites com falésias formadas em sedimentos do planalto costeiro, no qual se desenvolve a planície de inundação, podendo ser habitada por manguezais e gramíneas. Desenvolvendo superfícies erosivas nas margens côncavas dos meandros, no entanto, nas margens convexas ocorrem depósitos arenosos de barras em pontal;
 - **Canal de Curso Superior:** localiza-se no planalto costeiro, apresentando alternância de segmentos retos e sinuosos. Franjas de manguezal podem rodear o canal, onde em pontal e longitudinal são frequentes.

- **Canais de Maré:** recortam a planície costeira apresentando formado meandrante. Sendo bifurcados, rasos, estreitos e com substrato lamoso, já em sua porção mais em direção ao mar os mesmos são mais largos com substrato arenoso, onde em suas margens podem ocorrer frequentes barras em pontal;

- **Planície de Inundação:** Está distribuída ao longo de todos os segmentos, onde são observados depósitos areno-lamosos e lamosos. No canal do curso superior, a planície de inundação é formada por sedimentos pelíticos fitotubardos ricos em matéria orgânica. Às margens desse segmento podem ocorrer estreitas franjas de manguezal, seguidas por gramíneas e palmeiras que habitam a planície de inundação e desaparecendo ao entrar em contato com o planalto costeiro.

c) Planície Costeira

A região da Planície costeira apresenta uma imensa extensão na Zona Costeira Estuarina Paraense, ocorrendo desde planícies de maré até os cordões duna-praia influenciada pelos processos oceanográficos. Fazem parte desta: (a) os subambientes de manguezais; (b) planícies arenosas, dunas costeiras ativas e inativas, deltas de maré enchente e vazante, praias-barreiras e; (c) cheniers (SOUZA FILHO, 1995).

- **Manguezais:** Este ecossistema preenche uma área de 9.000km² distribuídos nos estados do Amapá, Maranhão e Pará, que corresponde cerca de 70% da totalidade dos manguezais do Brasil. Os manguezais possuem uma imensa produtividade primária, servindo de berçário natural para várias espécies, sendo que a Costa Atlântica do Salgado Paraense apresenta uma extensa região de florestas de manguezais. Ocorrem na planície costeira desde o nível médio de maré alta de sizígia até as porções mais inferiores que ficam embaixo d'água, podem ser divididos em: manguezais de supramaré, intermaré e inframaré (SOUZA FILHO, 1995). Esse ecossistema é rodeado por praias, estando presentes na parte interna dos cheniers e dos depósitos arenosos das praias-barreiras, apresentam sedimentos lamosos que ocorrem de forma distinta na região, apresentando-se como área densamente recobertas por vegetações características desse ecossistema, que constituem cerca de 20km de largura, a baía de Pirabas até a baía do Gurupi apresenta uma planície costeira de 30km² de largura com os manguezais abrangendo um total de 1.333,97km².

- **Dunas costeiras:** As dunas são o resultado do retrabalhamento dos sedimentos arenosos da zona de intermaré, que são transportados pela ação dos ventos no período de maré baixa em direção aos manguezais. Estão distribuídas em toda linha de costa separando as praias dos manguezais, sendo constituídas por areias que variam de selecionadas a bem selecionadas, com ocorrência de minerais pesados em sua porção inferior, tendo estratificação cruzada tabular (ALVES, 2001; SOUZA FILHO; EL-ROBRINI, 1997). Esses depósitos possuem formato linear predominantemente, podendo apresentar formato piramidal. Sua direção é transversal a do vento estando cobertas parcialmente ou totalmente pelos vegetais.

- **Deltas de Maré:** Os deltas de maré são formados por barras arenosas coalescentes, normais à costa, ficando expostas durante o período de maré baixa sendo recortadas por canais de maré rasos. Este sistema possui diversas formas de leito, estando entre elas marcas onduladas em várias escalas e *sandwaves*, sua constituição é formada por sedimentos bem selecionados (areia), podendo apresentar fragmentos de rocha. Essas barras arenosas ocorrem nos limites de canais de maré configurando correntes de maré vazantes mais energéticas do que as correntes de maré enchente (ALVES, 2001).

- **Praias (Barreiras):** O sistema praia-barreira é constituído principalmente por cordões arenosos lineares (SOUZA FILHO, 1995; 2001). São áreas com maior dinâmica da planície costeira, caracterizam-se por apresentar elevações arenosas estendendo-se desde o cordão de dunas vegetais até a linha média de maré baixa de sizígia, sendo dominadas por processos de macromaré semidiurna.

- **Cheniers:** São antigos cordões duna-praia isoladas dentro da planície lamosa, e constituem-se de depósitos arenosos finos, esbranquiçados, de geometria linear e curvada em contato com os manguezais. Segundo Souza Filho (1995), sua formação é condicionada às oscilações do nível do mar, com o recuo da linha de costa, em regime de transgressão, associada à programação dos depósitos lamosos.

A Planície Costeira do município de Curuçá abrange principalmente as seguintes unidades:

a) Manguezais

Os manguezais são caracterizados por terrenos baixos quase horizontais, constituídos por sedimentos lamosos ricos em matéria orgânica com intensa bioturbação e fitoturbação, sofrendo influência das marés (SILVA Jr. EEL-ROBRINI, 2001). Desenvolvem-se nas baías estuarinas e recortadas por córregos e canais de maré. São bordejados por praias e estão presentes também na porção interna, junto aos *cheniers* e os depósitos arenosos das praias-barreira (*barrier-beach ridge*).

b) Dunas costeiras, deltas de maré e praias-barreiras

As dunas podem ser observadas distribuídas na Ilha dos Guarás, e separando as praias dos manguezais. Caracterizadas pela forma linear, às vezes piramidal, e são transversais à direção principal do vento. São constituídas por areias finas a muito finas, localizados principalmente na parte inferior. Podem ser recobertas total ou parcialmente por vegetação.

Os deltas de maré podem ser observados na Ilha dos Guarás. Eles ocorrem nos limites dos canais de maré, e configuram deltas de maré vazante, com barras e canais associados. São barras arenosas coalescentes, normais à costa, expostas durante a maré baixa, e recortadas por canais de marés rasos. São constituídas por areias finas a muito finas, bem selecionadas, contendo fragmentos de conchas. Este sistema possui uma variedade de formas de leito, entre elas, marcas onduladas em várias escalas e *sandwaves*.

As Pontas da Romana e de Tijoca são exemplos de praias-barreiras, provavelmente formadas por um conjunto de barras coalescentes, que podem indicar um processo de progradação. As praias barreiras são constituídas essencialmente pelos cordões arenosos lineares, constituídos, principalmente, de areias quartzosas unimodais finas, de coloração cinza clara a esbranquiçada, bem selecionadas, com fragmentos de conchas, plantas e outros organismos. Normalmente são as áreas mais dinâmicas da planície costeira, e configuram elevações arenosas, que se estendem desde o cordão de dunas vegetadas até a linha média de maré baixa de sizígia. São dominadas pelos processos de macromaré semidiurna, e margeiam as áreas de manguezais interiores.

c) **Cheniers**

Os cheniers podem ser observados normalmente isolados no meio do Manguezal nas Ilhas do Ipomanga e Guarás. São paleo-cordões praias (alcança altura máxima de 2 metros) e duna-praia repousando sobre depósitos lamosos de manguezais, isolados dos processos costeiros por planície lamosa subsequente, implicando geneticamente que a progradação da planície lamosa foi interrompida pela formação do chenier. São recobertos por vegetação do tipo arbustivo (SILVA Jr. e EL-ROBRINI, 2001).

3.4 SOLOS

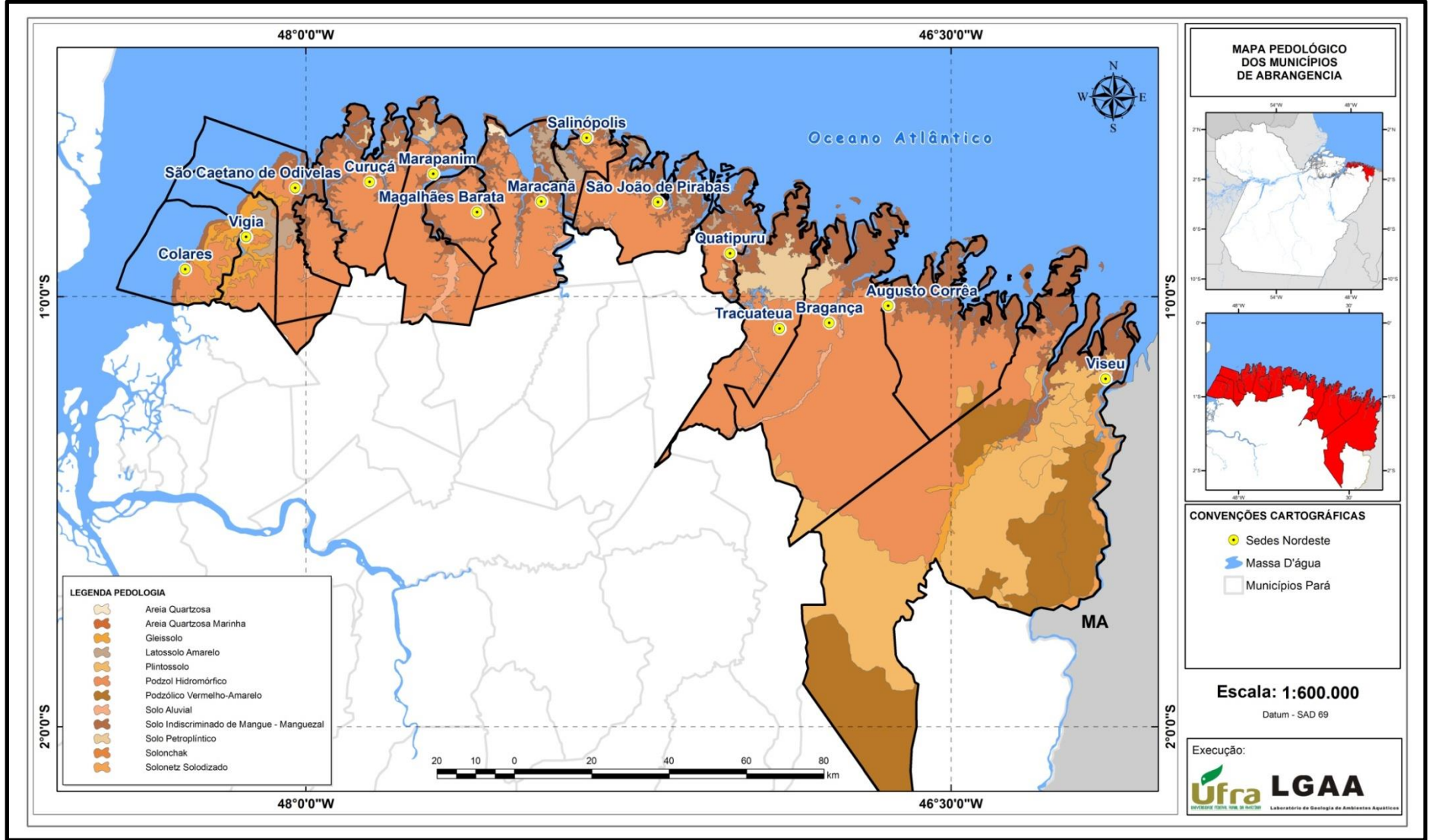
A região nordeste paraense apresenta cerca de seis diferentes tipos de solos: Latossolo Amarelo, Podzólico Amarelo, Planossolo Solódico, *Solonchak*; Glei Pouco Úmido e Areias Quartzosas (SILVA et al., 1992). Sendo que na região de estudo os solos estão representados nas formas de: (a) solos de Terra Firme; (b) Solos localizados em áreas litorâneas e; (c) solos de várzea. Todos com baixo nível de fertilidade e parcialmente lixiviados, no entanto, apresentando características físicas boas, de acordo com GERCO (1996) (Figura 7).

a) Solos de Terra Firme

São constituídos pelos Podzólico Vermelho-Amarelo, Concrecionário, Laterítico, Plintossolo e Latossolo Amarelo. Os Podzólico Vermelho-Amarelado (PV), é facilmente encontrado no território brasileiro (OLIVEIRA et al., 1992; RESENDE et al., 1995) encontrando-se bem distribuídos pelo Brasil, havendo uma certa ordenação já que os eutróficos são ligados aos climas mais secos e os distróficos sendo encontrados em climas mais úmidos como o da Amazônia e na região costeira do país (OLIVEIRA et al., 1992). O PV origina-se predominantemente nas zonas úmidas costeiras e na Amazônia. Como a Costa Atlântica do Salgado Paraense apresenta ambientes de suave ondulação, relevo plano, depressões, terraços e áreas de várzea, são encontrados os Plintossolos (PT) que se apresentam em lugares de escoamento lento e encharcamento periódico. São solos caracterizados por serem distróficos, ácidos e com baixa capacidade de troca catiônica (CTC), sua drenagem gira em torno de moderada a imperfeita devido ao grau de coesão e capacidade do horizonte plíntico e petroplintita.

O latossolo amarelo (LA) é considerado solos de grandes profundidades, ácidos, porosos e permeáveis com uma textura variando de média a muito argilosa. Apresentam boa agregação com baixa ou nenhuma acumulação de argila iluvial. Os solos classificados como latossolos de modo geral apresentam baixa suscetibilidade ao processo de erosão (VIEIRA, 1988; OLIVEIRA et al., 1992; RESENDE et al., 1995).

Figura 7 – Mapa pedológico da Costa Atlântica do Salgado Paraense.



b) Solos localizados em Áreas Litorâneas

São constituídos por solos indiscriminados do ecossistema de manguezal apresentando baixa profundidade com estruturas predominantemente maciças, além de estarem ligadas as péssimas condições de drenagem.

c) Solos de Várzea

São formados pelos solos Aluviais e solos Hidromórficos indiscriminados. O solo Aluvial está presentes nas margens dos rios, várzeas, terraços e deltas aparecendo com predomínio na Planície Amazônica, na Planície do rio Paraguai, no oeste do Mato Grosso, nos deltas dos rios Paraíba do Sul, Doce e São Francisco, segundo a EMBRAPA (1981).

São considerados solos de baixa evolução sendo formados a partir de depósitos aluviais, possuem cores que variam de amarelada a acinzentadas com texturas argilosas, sendo considerados bem drenados. O solo Aluvial de maneira geral não apresentam altos riscos de erosão por fazerem parte de uma topografia plana.

Esses solos são parcialmente lixiviados e com baixa fertilidade natural, apresentando, entretanto, boas características físicas (GERCO, 1996).

3.5 VEGETAÇÃO

Na região nordeste paraense por causa dos desmatamentos a vegetação original de Terra Firme foi substituída pela Floresta Secundária, passando por vários estágios de regeneração. Representada pela vegetação de capoeira a floresta secundária (GÓES FILHO et al., 1973), apresenta vegetação de mangue, campos naturais, praias e dunas.

A vegetação de manguezal está distribuída em toda área costeira se estendendo em direção ao continente ao longo dos canais do ecossistema estuarino. Confinado em ambiente estuarino a vegetação do mangue não resiste a baixas temperaturas, sendo que seu desenvolvimento está ligado à dinâmica das águas costeiras e a baixa salinidade, que ocorrem através da dissolução da água oceânica com a do rio (HERZ, 1991), sendo formada apenas por comunidades típicas. Os gêneros que dominam este tipo de ecossistema são: *Rhizophora mangle*, *Avicenia germinans* e *Lagunculária racemosa*.

Sendo dominante na área de estudo a vegetação de *Rhizophora mangle* é conhecida vulgarmente como mangue vermelho ou mangal, apresentando árvores de pequeno e médio porte sendo encontradas com maior desenvolvimento em direção ao continente, suas raízes são entrelaçadas e subaéreas, o que possibilita a essa espécie fixarem-se em ambientes de sedimentos lamosos e encharcados. São encontradas predominantemente no funil estuarino.

A vegetação de *Avicenia germinans* é conhecida popularmente como mangue preto ou siriúba, caracteriza-se por apresentar dois tipos de raízes: sendo uma posicionada horizontalmente e ramificada responsável pela sustentação do vegetal e várias outras verticais responsáveis pela filtração dos nutrientes (SCHAERFER-NOVELLI; CINTRON, 1986), por não apresentar resistência a grandes salinidades são encontradas apenas em ambientes que apresentam baixa salinidade.

A *Lagunculária racemosa* é conhecida como mangue branco ou tinteiro é encontrado basicamente em setores cobertos pela maré, sua principal característica é a ausência de raízes aéreas e presença de raízes do tipo nucléicas com pneumatóforos (SCHAERFER-NOVELLI; CINTRON, 1986). Fazendo parte de quase todo o litoral a vegetação de restinga, apresenta-se em locais de grandes quantidades de sais misturados ao solo, possuem como características principais dessas áreas as vegetações de herbáceas e arbustivas que podem ficar em baixo d'água durante o período de maré cheia. A vegetação herbácea é representada pelas ervas que suportam viver em áreas alagadas periodicamente suportando assim a variação entre águas doces e salobras, a exemplo temos os pântanos salinos. As áreas arbustivas se originam em dunas e *cheniers*, sendo exemplos *Chrysoba anusicaco* L. (ajiru), *Anacardium occidentale* L. (caju) e *Brysonma crassifolia* H. B. K. (muruci).

Atualmente a cobertura florestal do município é predominantemente de Florestas Secundárias, consequência dos desmatamentos ocorridos com grande intensidade e extensão, cujo objetivo foi a remoção da floresta primitiva para o plantio de espécies agrícolas de subsistência. Destaca-se também, a presença das florestas de mangue ou manguezais que ocupam as porções litorâneas e semilitorâneas.

Os rios da região de estudo possuem características de canais de marés, com amplas desembocaduras que sofrem grande influência marinha. A partir destas condições, formam-se extensas planícies lamosas colonizadas por bosques de mangues (SENNA e SARMENTO, 1996). Na porção interior dos estuários a vegetação é típica de manguezal, sendo que o litoral paraense abriga os maiores e bem preservados bosques de manguezais do Brasil (PROST et al., 2001).

A partir do levantamento florístico realizado nessa área nos anos de 1992 a 1994, foi evidenciada a presença de quatro espécies: *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Avicennia schaueriana* e *Laguncularia racemosa* (CARVALHO et al., 1994).

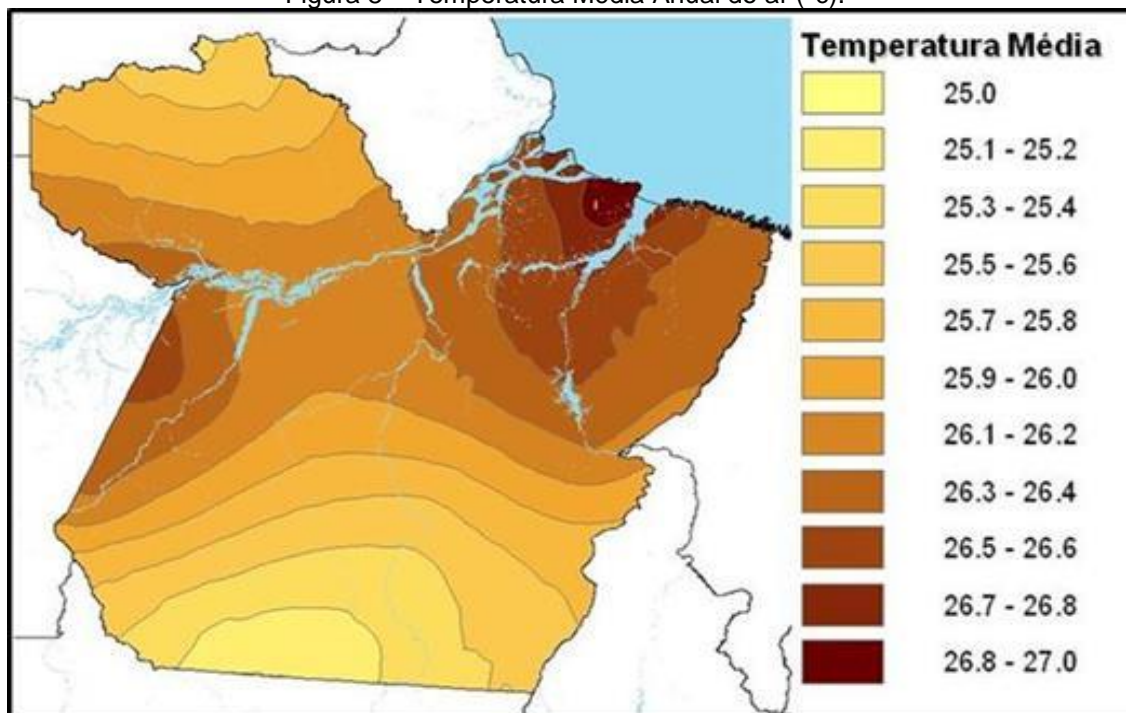
3.6 ASPECTOS CLIMÁTICOS E CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS

Os principais aspectos climáticos do nordeste do estado do Pará não possuem muitas diferenças se comparados aos de outros pontos da região amazônica. Segundo COSTA et al. (1996) o município de Curuçá é influenciado por um clima muito úmido, megatérmico com insuficiência de água durante os períodos de julho a dezembro, pertencendo a um clima do tipo AWA'A'.

De acordo Köppen nessa região o clima é considerado equatorial quente úmido do tipo Am2, com evidência para dois períodos distintos: o menos chuvoso que se entende durante os meses de julho a dezembro, e o chuvoso que abrange os meses de dezembro a junho. Essa distribuição se dá devido a Zona de Convergência Intertropical sobre a região.

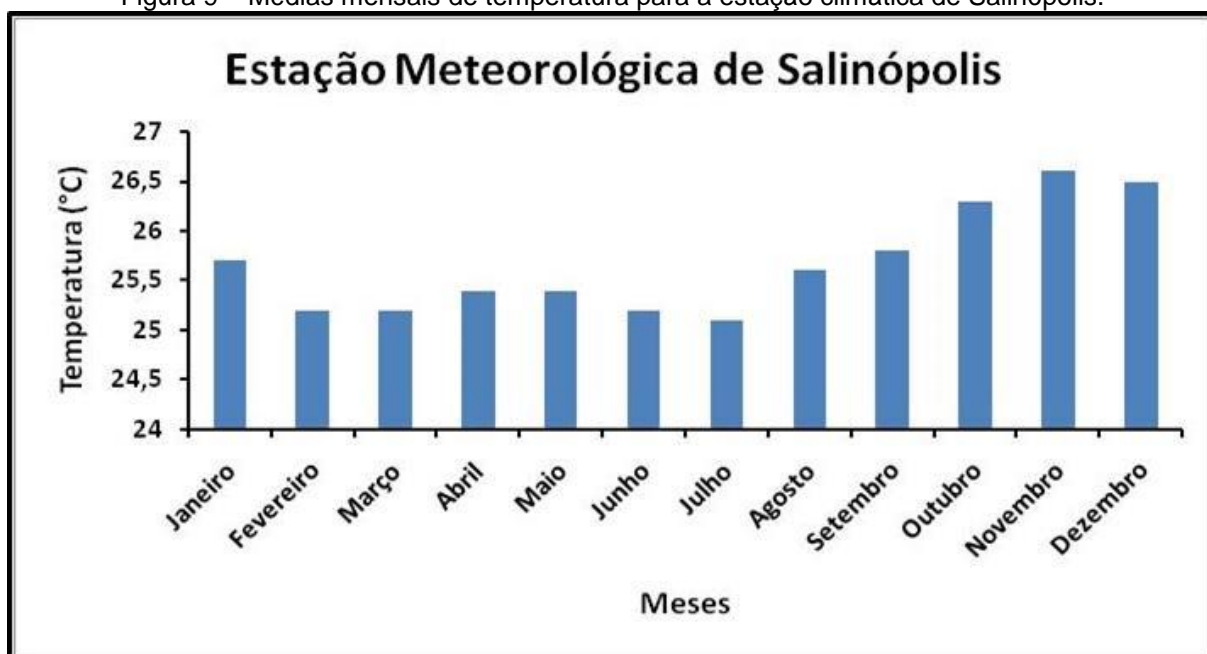
Ocorre uma baixa variação anual de temperatura, onde a média durante o ano e calculada na região gira em torno de 27^oC, com a média mínima entre 18^oC e a média máxima entre 33^oC, sendo os maiores valores, observados nos meses de agosto a outubro com valores que giram em torno de 42^oC (Figura 8 e 9).

Figura 8 – Temperatura Média Anual do ar (°c).



Fonte: Rocha et al. (2010)

Figura 9 – Médias mensais de temperatura para a estação climática de Salinópolis.

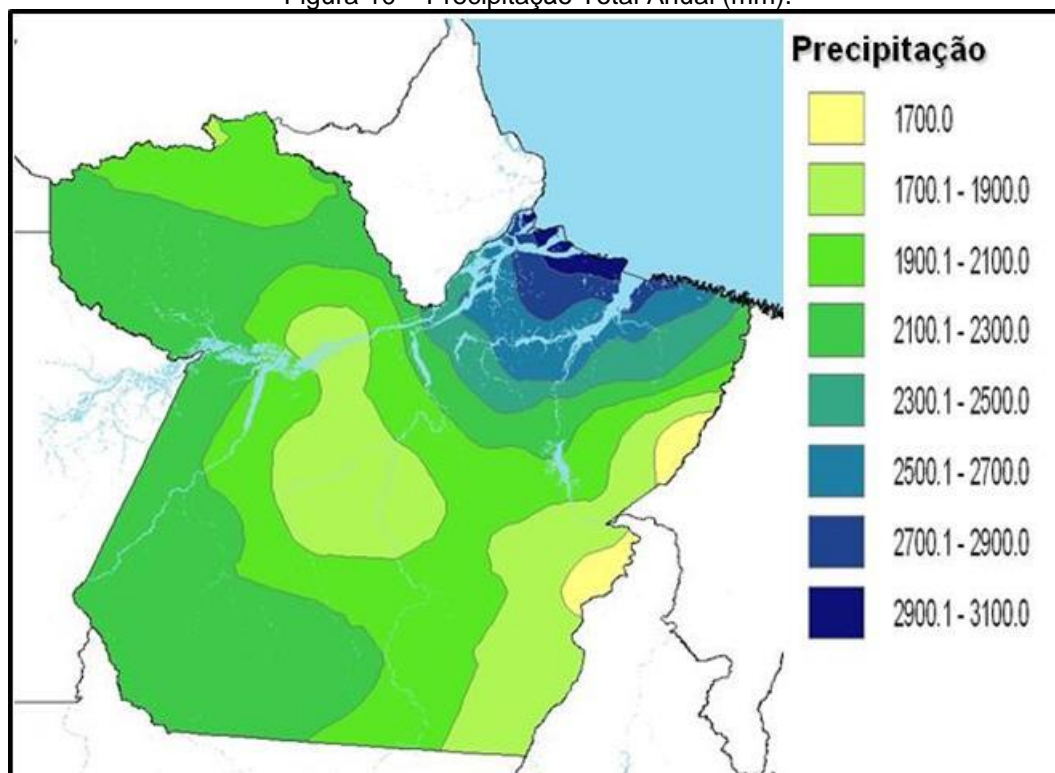


Fonte: INMET(1992);

Esta região apresenta uma umidade relativa do ar que varia entre 86 a 91%, enquanto, que a precipitação pluviométrica gira em torno de 2.400 a 3.000mm/ano (COSTA; COHEN, 2001). Tal distribuição deve-se principalmente, ao deslocamento sazonal da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre a região (Figura 10 e 11).

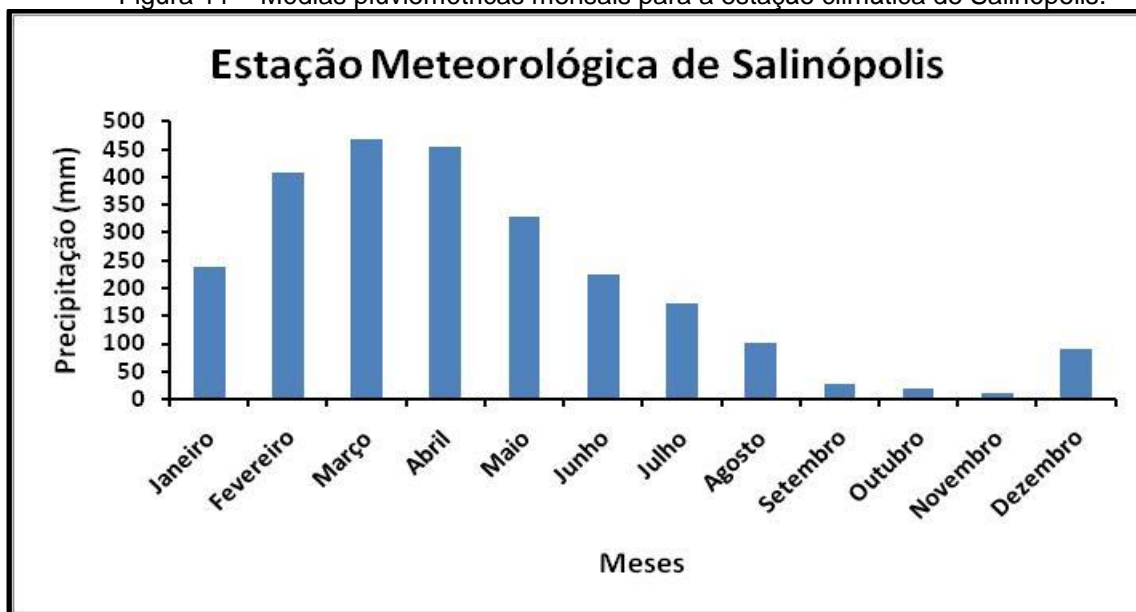
O clima do município é caracterizado como equatorial, com período intenso de chuvas que vai de janeiro a junho (inverno), nos meses de julho a setembro ocorre chuvas esparsas e há o predomínio de tempo seco e sem chuvas de outubro a dezembro (BEZERRA, 1995), por temperaturas elevadas, com médias de 27°C, pequena amplitude térmica, precipitações abundantes que ultrapassam os 2.000 mm anuais, sendo os meses mais chuvosos de janeiro a junho e os menos chuvosos de julho a dezembro e a umidade relativa do ar de 85%, classificado como Am2, segundo a classificação de Köppen (MARTORANO, 1993).

Figura 10 – Precipitação Total Anual (mm).



Fonte: Rocha et al. (2010)

Figura 11 – Médias pluviométricas mensais para a estação climática de Salinópolis.



Fonte: INMET (1992);

3.6.2 Ventos

Os ventos exercem papel fundamental na dinâmica dos ecossistemas costeiros, já que os mesmos têm origem as ondas, que ao atingirem a linha de costa acabam misturando os sedimentos depositados nas zonas de intermaré. A velocidade apresentada em torno da superfície é de aproximadamente 7km/h (MÁCOLA; EL- ROBRINI, 2004).

Os principais ventos que atingem a Costa Atlântica do Salgado Paraense são os ventos denominados alísios, com direção preferencial NE, variando para N e E. Estes ventos são formados através de dois anticiclones subtropicais: o Anticiclone Tropical Atlântico (ATA) e o Anticiclone Tropical Atlântico Norte (ATAN).

Ao se encontrarem na linha do Equador os ventos alísios formam a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), apresentando uma área de extensão variável, com baixas pressões e poucos contrastes, ventos fracos de direções diferentes.

Segundo a Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN, 1986), esta zona sofre movimentação sazonal atingindo diretamente o litoral paraense no período chuvoso com velocidade de 7,9m/s. Os valores de velocidade dos ventos circundam entre 6,56 a 5,03m/s, apresentando uma velocidade média de 5,92m/s (REDECELPA, 1998).

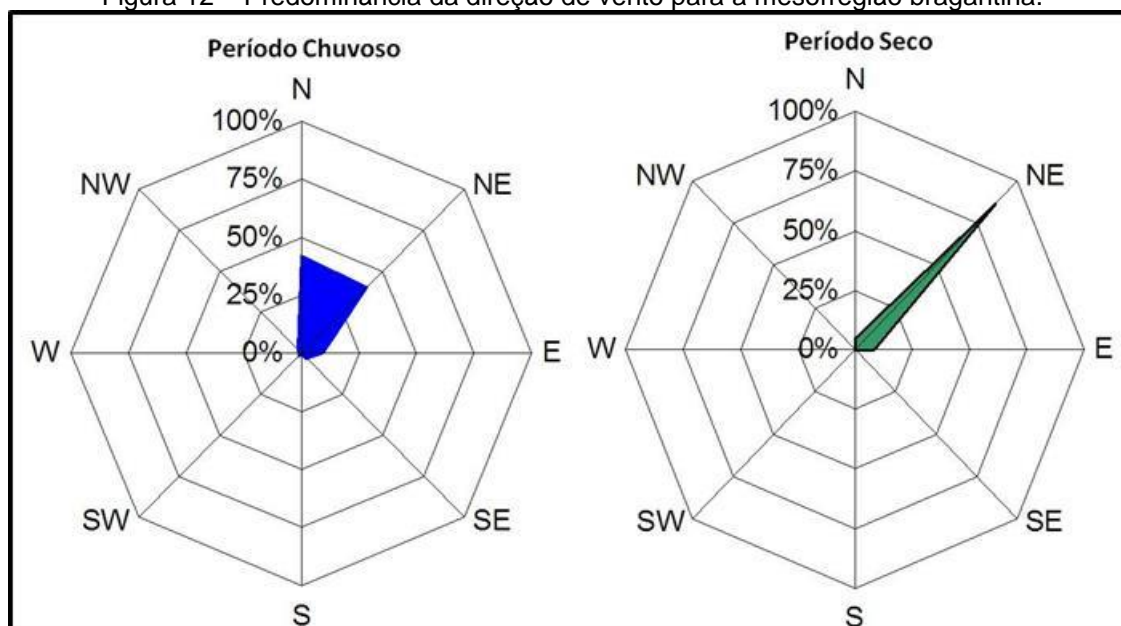
A direção predominante dos ventos durante o período chuvoso é de NNE com 82% dos registros, sendo 42% de direção N e 40% de direção NE. No período seco a direção predominante do vento é de direção NE com 87% dos registros (Figura 12).

De acordo com Pavê (2003), os ecossistemas costeiros amazônicos estão submetidos à conjunção de 3 tipos de forças: a atmosférica, a oceânica e a amazônica. De suma importância para o setor nordeste da costa paraense, a forçante atmosférica depende das migrações N/S da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que é responsável pelo regime dos alísios e das precipitações, além de determinar a alternância das estações climáticas e a hidrologia dos rios locais.

O regime de ventos que domina a Costa Atlântica do Salgado Paraense é representado pelos alísios de NE. Os ventos de alísios de NE atuam continuamente, durante o ano inteiro, com máximo de dezembro a março, quando se somam aos alísios de SE. Segundo Gayer (1996), estes são os responsáveis pelo transporte de sedimentos da plataforma continental interna em direção a costa.

A velocidade média dos ventos é de 3,9 m/s durante o período mais chuvoso (março), e 5,37 m/s durante o período menos chuvoso (agosto), de acordo com as medições feitas na praia da Romana em 2010.

Figura 12 – Predominância da direção de vento para a mesorregião bragantina.



Fonte: Silva Jr. et al. (2004)

3.7 CONDIÇÕES OCEANOGRÁFICAS

3.7.1 Marés e Correntes de Maré

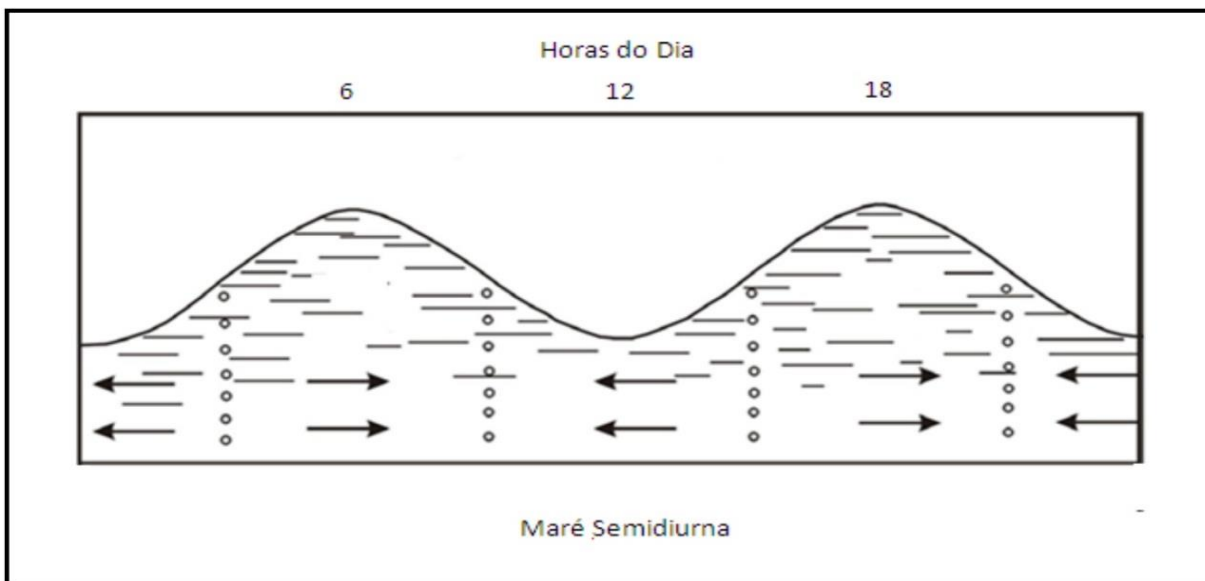
Segundo Martins (2005) as marés são caracterizadas por preamares (PM) e baixamares (BM), apresentando padrão normal de marés a ocorrência de duas PM e duas BM no período de um dia lunar (24h50m). Este tipo de maré é chamado de semidiurna. A maré semidiurna, é caracterizada por apresentar duas PM e duas BM no período de um dia lunar, sendo o intervalo de tempo entre uma PM e uma BM consecutiva de aproximadamente 6 horas. As maiores amplitudes coincidem em regra geral, com as datas das posições de Lua Cheia e de Lua Nova (maré de Sízígia), entretanto, as menores amplitudes coincidem com aquelas de Quarto Minguante e Crescente (maré de Quadratura).

A maior parte dos estuários do mundo sofre influência das correntes de marés, que atuam como mecanismo de diluição entre o corpo de água doce procedente dos rios e o corpo de água salgada proveniente do ambiente marinho, além de transporta e depositar sedimentos. Segundo Corrêa (2005), a amplitude, duração e intensidade das correntes de maré estão diretamente ligadas à quantidade de chuva, intensidade dos ventos e as variações de direções das correntes das marés nos igarapés, canais, rios e bancos.

A região Costeira Norte Brasileira possui uma dinâmica atual caracterizada pelas ações incisivas das descargas dos rios e das correntes de maré, gerando uma morfologia tipicamente estuarina com associação de manguezais e planícies de maré (MARTINS apud PINHEIRO, 1987).

A região norte apresenta um regime de marés bastante dinâmico, sendo denominado um regime de meso/macromarés por causa de suas amplitudes. Devido aos seus dois ciclos diários as marés acabam sendo denominadas como marés semidiurnas, que é o principal elemento hidrodinâmico da região norte (DHN, 2011a) (Figura 13).

Figura 13 – Relacionamento da maré com a corrente de maré em uma maré idealizada, consistindo de uma onda de maré progressiva simples.



Fonte: Modificado de Gross (1987)

O litoral paraense tem como principal corrente a de maré e secundariamente as correntes litorâneas que são resultantes da chegada das ondas na costa, sendo responsável pelo transporte sedimentar da plataforma continental para o litoral.

No litoral do Pará as correntes de maré agem durante todo ano, predominando na circulação da plataforma continental, até próximo ao litoral, onde encontramos as correntes de maré reversas que agem perpendicularmente a linha de costa, com velocidades máximas superiores a 1,5 nós. A velocidade das correntes de maré pode alcançar máximas de 2,1 nós (6 horas antes da preamar nas marés de sizígia) e 1,9 nós (4 horas após a preamar, nas marés de quadratura). No município de Curuçá, a média das preamares de sizígia (MHWS) e de quadratura (MHWN) varia em torno dos valores máximos de 4,96m e 3,9m (FEMAR, 1997), sendo que a média das baixas-marés de sizígia (MLWS) e quadratura (MLWN) gira em torno de 0,43m e 1,49m.

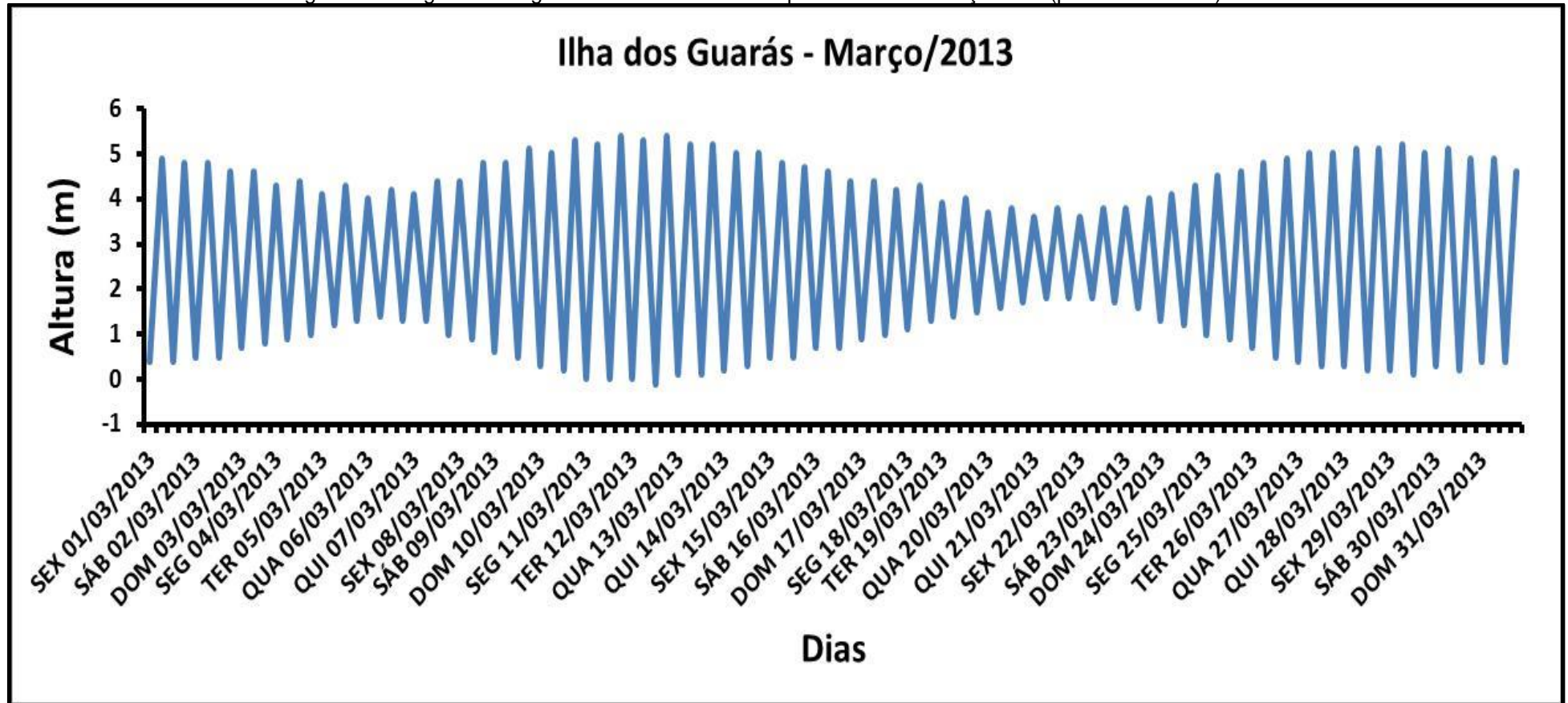
Além das correntes de marés, o litoral norte apresenta influência das ondas, que são geradas a partir dos ventos alísios possuindo uma amplitude máxima de 1,5m em mar aberto, no entanto, segundo Mácola e El-Robrini (2004), em trabalhos técnicos mostram a presença episódica de ondas oceânicas formadas por Ciclones Tropicais do Atlântico Norte que atingiram períodos de 20s e amplitude de 3m no litoral norte.

A região nordeste paraense, sendo recortada por baías estuarinas, dominadas por um regime de macromarés, semidiurnas, com amplitude máxima e torno de 5,7m, onde a amplitude média das marés de sizígia é de 4,9m e a amplitude média das marés de quadratura é de 2,8m (DHN, 1998).

As principais correntes que atuantes na região são as correntes de maré, relacionadas à variação das marés, atingindo velocidades máximas de 2,1 nós (6 h antes da preamar nas marés de sizígia) e mínima de 1,9 nós (4h depois da preamar nas marés de quadratura), com direções E-NW e NE (DHN, 1986); e correntes litorâneas, resultantes da chegada de ondas, geradas pela ação dos ventos de alísios de direção E-NE, com velocidades médias de 7,9m/s predominantes nos meses de dezembro a maio. Durante os meses de junho a novembro, os ventos predominam na direção leste, com intensidades em torno de 7m/s (DHN, 1986).

Segundo Mácola e El-Robrini (2004), no rio Curuçá, a altura máxima de maré possui um alcance de cerca de 4m, e pode atingir valores superiores nas marés equinociais de sizígia. As fortes correntes atingem velocidades que variam de 1,9 a 2,1nós, sendo as principais responsáveis pela presença dos inúmeros bancos de areia, os quais se dispõem perpendicularmente à costa. De acordo com a DHN (2013) a estação maregráfica Ilha dos Guarás apresentou amplitude máxima de maré no período chuvoso em situação de maré de sizígia de 5,5m no dia 12 de março de 2013 (Figura 14).

Figura 14 - Registro maregráfico da Ilha dos Guarás para o mês de março/2013 (período chuvoso).



Fonte: DHN (2013)

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 ESTUÁRIOS

A palavra estuário deriva do latim *aestuarium*, referindo-se a um meio fortemente dinâmico com constantes mudanças naturais. Os estuários podem ser encontrados em todo o planeta e em qualquer condição de maré e clima, apresentando melhores condições de desenvolvimento nas planícies costeiras, em latitudes médias.

Os ecossistemas estuarinos por apresentarem grandes diversidades em suas propriedades dinâmicas e uma imensa importância biológica e socioeconômica, acabaram tornando-se motivo para estudos em todo o planeta. Os diversos estudos realizados em torno dos estuários implicaram em uma série de modificações em relação a sua definição e classificação. Os estuários são geralmente classificados de acordo com as características geomorfológicas, distribuição de densidade, processos físicos como marés e/ ou ondas, formação da bacia e os mecanismos físicos deposicionais dominantes.

Os estuários podem receber várias definições de acordo com o ponto de vista de cada autor. Entretanto, uma das definições mais utilizadas atualmente é a de Pritchard (1981), que define um estuário como sendo um “corpo de água semi-fechado, com livre ligação com o oceano aberto, estendendo-se rio acima até o limite da influência da maré, sendo que em seu interior a água do mar é mensuravelmente diluída pela água doce oriunda da drenagem continental”.

Segundo Miranda e Castro (2002), a elevação e/ ou redução do nível dos oceanos podem causar grandes alterações no comportamento hidrodinâmico dos estuários. Os estuários possuem limites variáveis no qual as propriedades hidroquímicas tendem a valores extremos, marinhos a jusante e fluvial a montante, nas zonas sujeitas a maré as delimitações se tornam mais difíceis de serem delimitadas devido ao escoamento na fronteira com o mar ser alternado.

Os estuários são subdivididos em três partes: estuário inferior ou de comunicação com o mar aberto; estuário intermediário, ocorrendo fortes misturas de água doce e salgada; e estuário superior ou fluvial, onde ocorre o predomínio de água doce, estando sujeito diariamente às variações de marés, de acordo com Fairbridge (1980).

Kjerfve (1987) ao definir estuário como sendo “um ambiente costeiro que apresenta conexão restrita com o oceano adjacente”, levou em consideração que o estuário pode ser subdividido em três zonas distintas:

Zona de maré do rio (ZR) – que corresponde à parte fluvial praticamente igual a zero, estando, entretanto sujeita à influência de maré;

Zona de Mistura (ZM) - região correspondente à mistura da água doce continental de drenagem com a água do mar;

Zona Costeira (ZC) – região costeira adjacente que é delimitada pela pluma estuarina delimitando a camada limite costeira (CLC).

Os estuários são considerados ecossistemas altamente produtivos devido suas altas concentrações de nutrientes, estimulando assim sua produção primária. Sua vulnerabilidade e complexidade estão relacionadas às alterações de qualidade de água, já que as trocas das mesmas e filtragem de corpos estranhos estão ligadas a uma série de processos de natureza físico-química, biológica e geológica. Os estuários são considerados ambientes naturais de mamíferos, aves e peixes, caracterizados como berçário de milhares de animais, além de terem um papel importante na migração de peixes comerciais (KETCHUM, 1983).

Possuem interações entre correntes fluviais, marés e ondas, que recebe sedimentos das descargas flúvio-marinha com etapas sedimentares que são geradas pelas ondas, marés e processos fluviais (DARLYMPLE et al., 1992). Ainda segundo esses autores os estuários ocupam uma área que vai desde a desembocadura do rio, com uma salinidade girando em torno de 35 até a parte interna onde a salinidade apresenta um valor de 0,1.

Esse modelo foi dividido em (Figura 15): (a) Estuário Inferior; (b) Estuário Médio e; (c) Estuário Superior.

a) Estuário Inferior (Setor Marinho)

Caracterizam-se por apresentar barras arenosas causando a dissipação das ondas oceânicas, resultando com que a energia destas decresça para o interior estuarino. Apresenta um formato afunilado com predomínio dos processos marinhos.

b) Estuário Médio (Setor Misto)

Apresentam um formato “reto-meandrante-reto” (WOODROFFE et al., 1989), com interações ocorrendo entre a energia oceânica e as correntes dos rios. A porção reta externa é dominada por maré, onde os sedimentos são transportados para o interior do estuário quando a maré esta cheia, sendo responsáveis pela formação das barras. Já a porção reta interna é tomada por correntes fluviais, apresentando barras similares aos da reta externa. O meandro é caracterizado por apresentar barras em pontal.

c) Estuário Superior (Setor Fluvial)

Caracteriza-se por apresentar predomínio das correntes dos rios com decréscimo de energia em direção ao oceano.

Figura 15 - Compartimentação dos setores de um estuário segundo os fatores hidrodinâmicos.



Fonte: Modificado de Darlymple et al. (1992 apud ALVES, 2012)

4.1.1 Classificação

Os estuários por serem considerados ambientes de transição entre o oceano e o continente, possuem variações nas condições topográficas, climáticas e hidrográficas diversificadas, no qual foi necessário criar critérios, que tornam possível a previsão das principais características de circulação e processo de mistura desses ambientes com a finalidade de comparar os diferentes tipos de estuários. Segundo Miranda e Castro (2002), as classificações mais usadas atualmente estão baseadas na geomorfologia e na estratificação salina.

4.1.1.1 Classificação Segundo a Geomorfologia

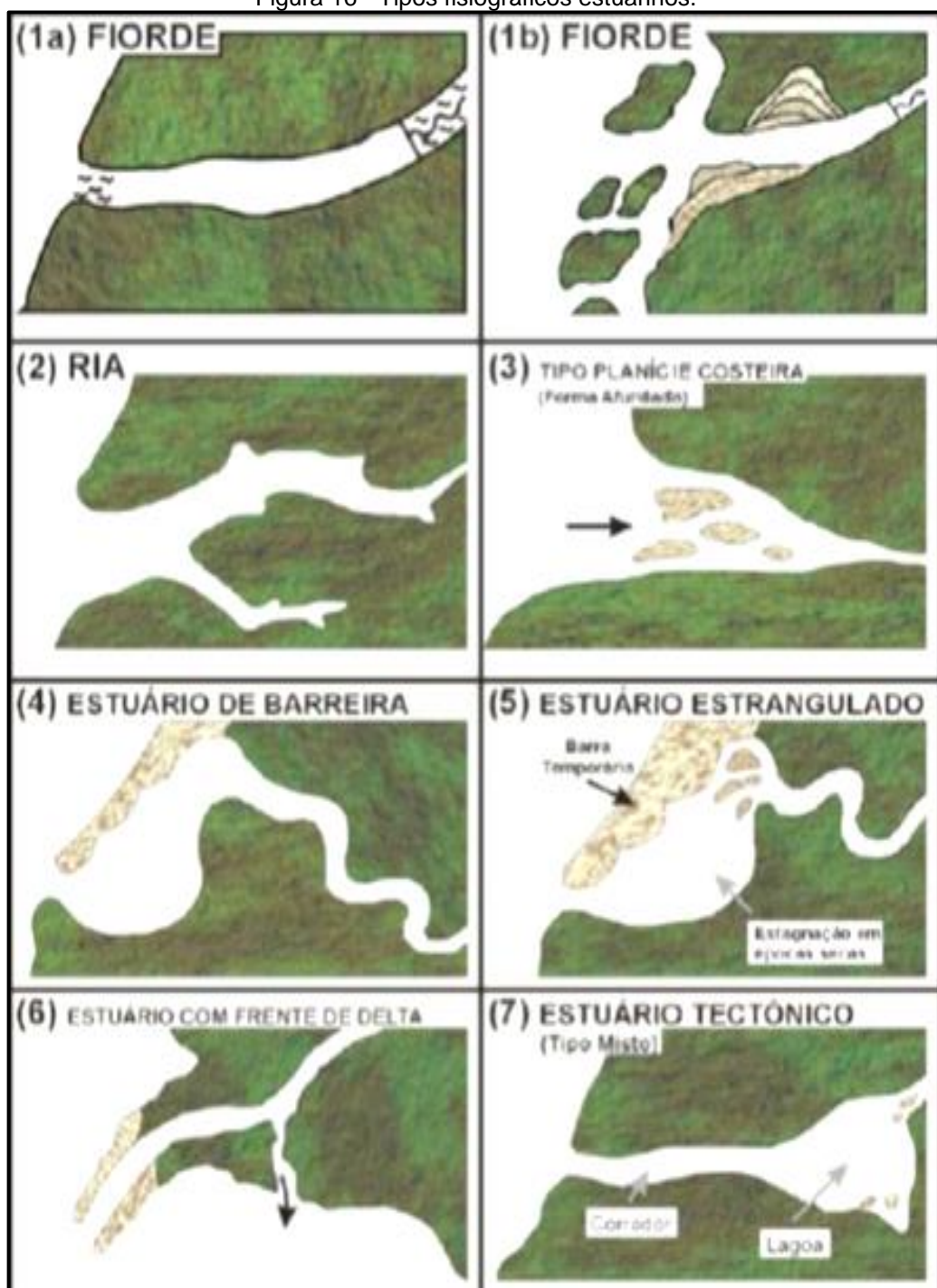
As características dos estuários estão ligadas a sua localização e origem no planeta. Pritchard (1967) de acordo com essas características classificou os estuários segundo sua geomorfologia em: A) Estuários de Planície Costeira; B) Estuários do tipo Fjord; C) Estuários constituídos por Barra; e D) Estuários produzidos por processos tectônicos (Figura 16).

A) Estuários de Planície Costeira

Esses estuários possuem um formato geométrico em forma de V, sendo formados a partir da transgressão do mar no Holoceno, onde ocorreu a inundação dos vales dos rios.

O processo de inundação foi maior do que o de sedimentação, tornando-se a topografia atual muito semelhante ao vale do rio. Esses estuários são comuns na costa leste da América do Norte, sendo localizados geralmente em regiões tropicais e subtropicais. A razão entre a largura e a profundidade deste estuário é grande embora ela esteja associada ao tipo de rocha em que o vale do rio foi escavado, o fluxo hídrico depende da quantidade da descarga fluvial e da altura de maré.

Figura 16 - Tipos fisiográficos estuarinos.



Fonte: Modificado de Fairbridge(1980)

Estes estuários possuem uma profundidade de aproximadamente 30m, sendo que sua área de seção transversal geralmente aumenta estuário abaixo. Devido ao processo de sedimentação recente o fundo do estuário está sendo preenchido por lama e sedimentos de granulometria fina em sua parte superior, tornando-se mais grossos em direção à entrada.

Podemos ter como exemplos de estuários de planície costeira: *Delaware* e *Chesapeake*, nos Estados Unidos; e nos litoral leste e nordeste brasileiro os estuários dos rios São Francisco, das Contas e Potengi, segundo Miranda e Castro (2002).

B) Estuário do Tipo Fiorde

Este tipo de estuário formou-se durante o Pleistoceno em regiões que estavam cobertas pelas geleiras, que devido às escavações e os efeitos erosivos durante o descongelamento acabaram aprofundando os vales dos rios primitivos deixando-os com alto fundo rochoso em sua entrada denominada de soleira, que delimita suas trocas com o oceano fazendo com que a descarga fluvial e a circulação fiquem confinadas em uma camada muito rasa, e é através do processo de estranhamento que o estuário recebe uma quantidade de água do mar razoável da camada profunda.

Os fiordes apresentam a razão em relação à largura e profundidade pequena possuindo a seção transversal aproximadamente retangular, apresentado forma de leito em U (MIRANDA; CASTRO, 2002). Os fiordes apresentam um fundo geralmente rochoso com processos de sedimentação recente principalmente na desembocadura do rio. Sua descarga fluvial é geralmente pequena quando comparada ao volume total do sistema, no entanto, pode ser grande se comparado ao prisma de maré. Temos como exemplos de fiordes: *Loch Etive* (Escócia), *Sagne Fjord* (Noruega); *Milforal Soud* (Nova Zelândia).

C) Estuários Construídos por Barras

Esses estuários formaram-se durante a transgressão do Holoceno com a inundação de vales dos rios, cuja sedimentação provocou a formação de barras na boca. São associados às regiões costeiras que podem sofrer processos erosivos com facilidade, servindo de barreira contra a ação das ondas nas praias.

Estes estuários são considerados rasos visto que não ultrapassam 30m de profundidade, podendo apresentar canais e lagunas extensas no seu interior, são encontrados geralmente em regiões tropicais ou em áreas com depósitos de sedimento ativos. Segundo Miranda e Castro (2002), são exemplos desse tipo de estuário: Estuário Vellar (Índia), complexo estuarino-lagunar de Cananéia-Iguape.

D) Estuários Produzidos por Processos Tectônicos

Fazem parte desses estuários aqueles que foram formados através de falhas tectônicas, erupções vulcânicas, tremores e deslizamentos de terra, dando destaque as rias e deltas.

O estuário do tipo ria tem sua origem tectônica, formada devido à elevação da parte continental onde se localizava a parte interior do rio, quando está foi inundada devido à elevação eustática do nível do mar, sendo este estuário típico de regiões montanhosas de altas latitudes. A ria possui geralmente morfologia irregular com uma geometria entrecortando regiões montanhosas e afuniladas com aumento da profundidade em relação ao mar, que podem causar a ampliação da oscilação da maré.

Os estuários do tipo delta ocorrem em regiões de hipermaré e macromaré com ação moderada ou grande de ondas, com transporte fluvial com alta concentração de sedimentos em suspensão que favorece o crescimento de ilhas na parte interior do estuário.

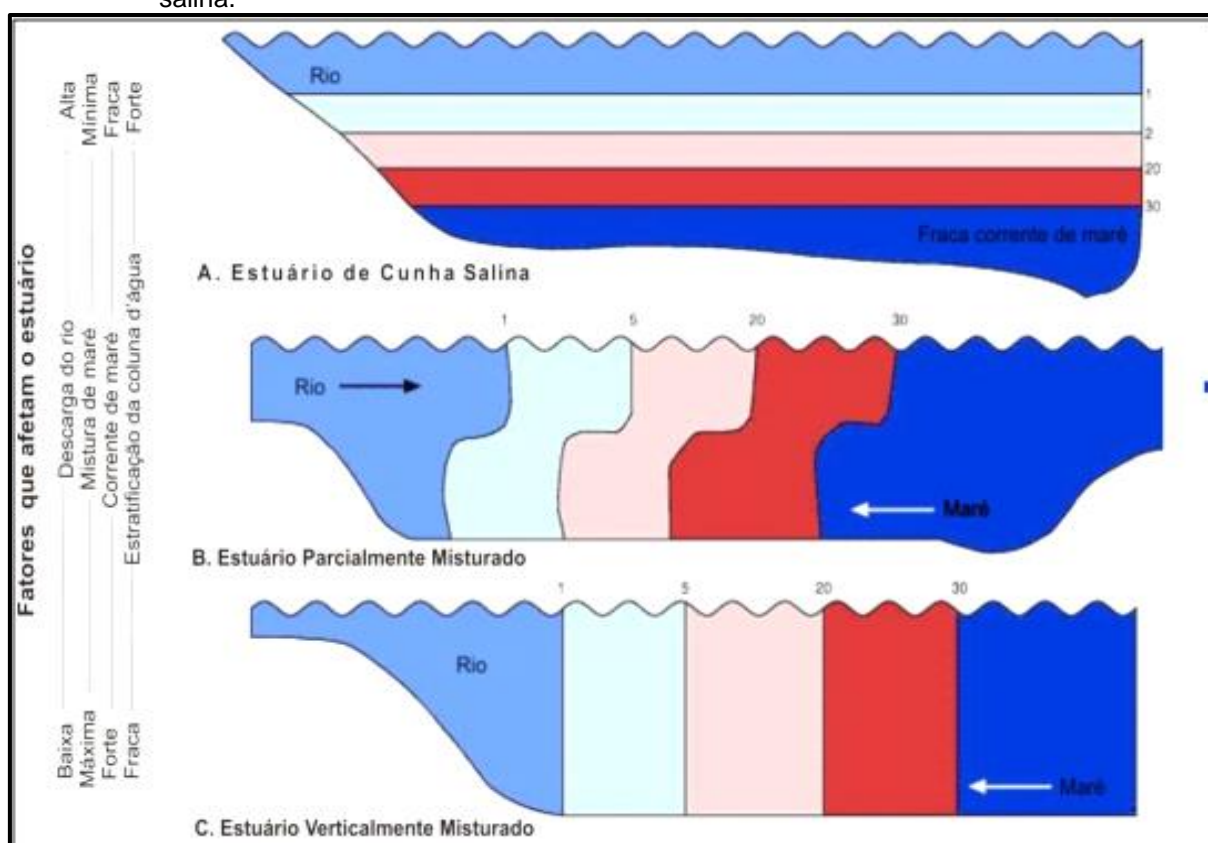
São exemplos desses estuários: baía de São Francisco (Califórnia-EUA); delta do rio Mississipi, no golfo do México; e o delta tropical do rio Amazonas, no litoral norte brasileiro.

4.1.1.2 Classificação de Acordo com a Estratificação Salina

A salinidade nos estuários varia de $<0,5 - 40$, sendo importante para o conceito de estuário devido às misturas de massas d'águas que ocorrem com diferentes graus de salinidade, permitindo estabelecer qualitativamente as principais características da circulação na zona de mistura (ZM). Nos estuários os fatores que determinam o grau de salinidade são: amplitude de maré, geomorfologia e o aporte de água doce.

De acordo com Pritchard (1955), os estuários geomorfológicos podem ser subdivididos de acordo com a estratificação salina em: A) Cunha salina; B) Moderadamente ou parcialmente misturado; C) Verticalmente bem misturado e lateralmente estratificado e D) Bem misturado (Figura 17).

Figura 17 - Representação esquemática dos tipos de estuário de acordo com o grau de estratificação salina.



Fonte: Adaptado de Ozcoasts (2008)

A) Estuário em Cunha Salina

Nesse tipo de estuário a circulação é dominada pela descarga fluvial, devido sua razão de fluxo e pela razão da largura/profundidade. Possui uma corrente de água doce em sua superfície e uma corrente de água salgada em sua profundidade, não ocorrendo mistura de suas águas. Os estuários de cunha salina são típicos das regiões de micromarés e regiões de lugares que predominam condições de grande descarga fluvial. São exemplos: estuário *Vellar* (Índia); estuário do rio *Duwamish* (EUA); e os estuários *Fraser* (Canadá).

B) Moderadamente ou Parcialmente Misturado

Esses estuários são identificados por apresentarem uma corrente de água de características intermediárias entre a corrente de superfície predominantemente de água doce e a corrente de fundo com água salgada, possuindo assim uma haloclina bem definida.

Durante as fases das marés de quadratura e sizígia esses estuários submetem-se a processos cíclicos de intensificação e relaxamento da estratificação vertical de salinidade. É exemplos a maioria dos fiordes.

C) Verticalmente Bem Misturado e Lateralmente Estratificado

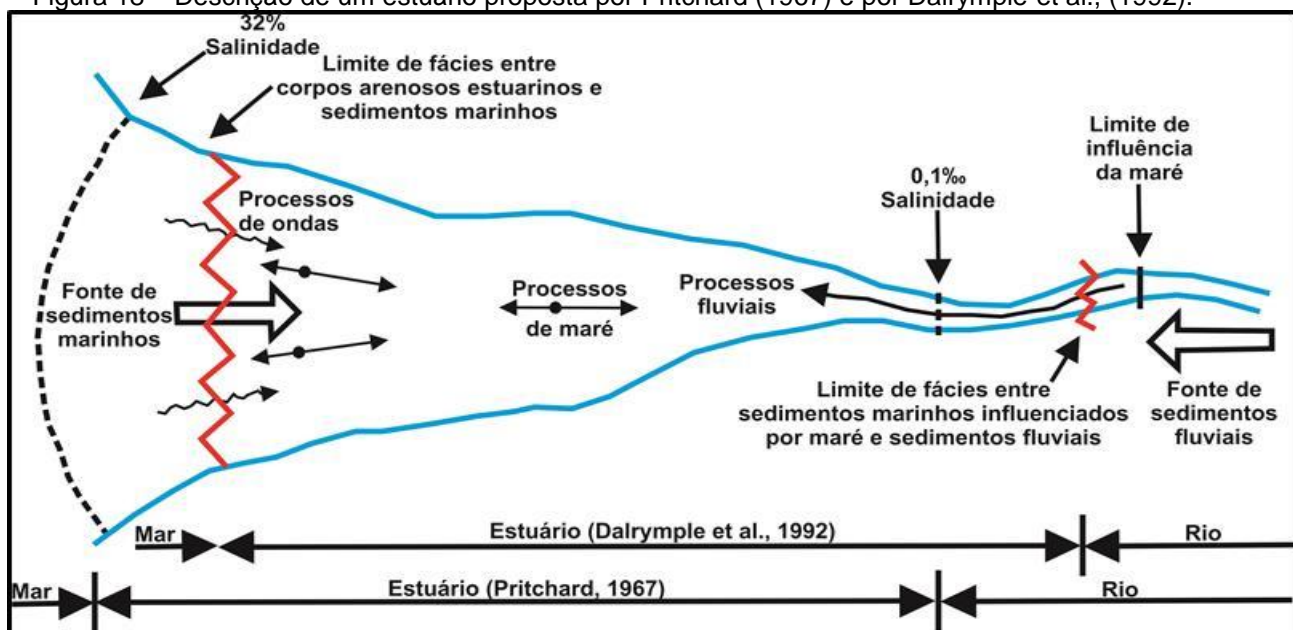
São caracterizados por apresentar a razão entre a largura e profundidade razoavelmente grande, onde a força de Coriolis é responsável por gerar a estratificação lateral, além de apresentar uma salinidade decrescente na direção da jusante para montante. Sua coluna d'água é homogênea devido à mistura das águas que ocorre em estuários de pequenas profundidades, sendo influenciadas pelas correntes de marés.

D) Bem Misturado

Nesse tipo de estuário a salinidade aumenta gradativamente para a jusante do estuário estando o movimento médio orientado nesta direção em todas as profundidades, possuindo sentidos opostos nas direções das correntes.

Segundo Dalrymple et al. (1992), para uma definição de sistema estuarino é necessário considerar não apenas fatores restritos como salinidade e influência de maré, já que esta zona é uma interação entre correntes fluviais, marés e ondas. Desta forma, definir estuário como sendo uma porção litorânea de um sistema drenado por um vale, que recebe sedimentos de origem marinha e fluvial e que contém fácies sedimentares influenciados por marés, ondas e processos fluviais. Defendem ainda que o estuário ocuparia uma área desde a desembocadura do rio com salinidade em torno de 32 até a parte interna onde a salinidade fosse em torno de 0,1, e que sua terminologia e distribuição das fácies sedimentares está diretamente ligada aos fatores hidrodinâmicos, observando-se que há uma compartimentação nos setores, onde ocorre o predomínio de um ou interrelação entre eles (Figura 18).

Figura 18 – Descrição de um estuário proposta por Pritchard (1967) e por Dalrymple et al., (1992).

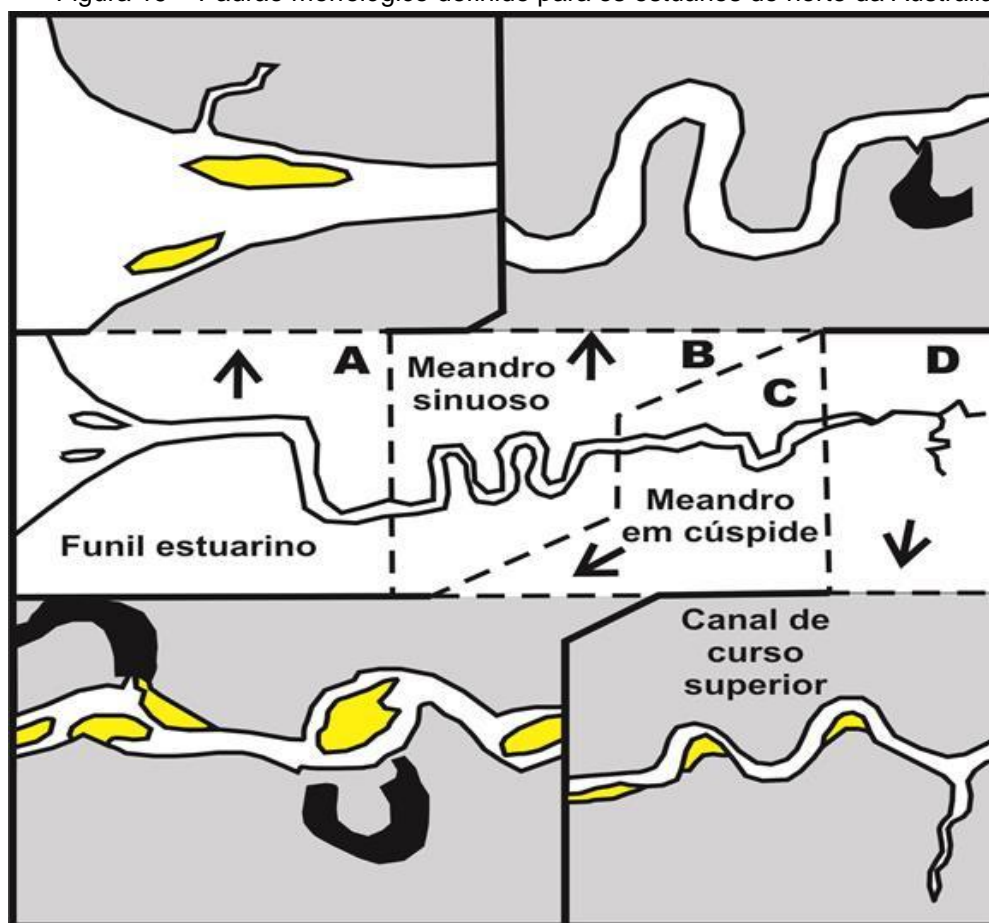


Fonte: Modificado de Perillo (1995) (Alves, 2012)

Woodroffe et al. (1986) definiram um padrão morfológico para os estuários que se localizam ao norte da Austrália dominados por maré, onde quatro zonas foram definidas com seus respectivos fácies sedimentares. Os canais estuarinos do nordeste do estado do Pará são agrupados em quatro padrões morfológicos distintos, similares ao proposto para o rio *South Alligator* na Austrália (Figura 19):

- **Funil estuarino:** relacionado à zona distal, com ampla abertura (8km de largura) afunilando-se em direção ao continente, ocorrendo depósitos de planície de maré lamosa e barra de maré arenosa e lamosa vegetada por manguezais;
- **Segmento meandrante sinuoso:** apresenta meandros sinuosos regulares de aproximadamente 2km de diâmetro;
- **Segmento meandrante em cúspide:** com formas angulosas de 800m de diâmetro;
- **Canal de curso superior:** segmento mais proximal do canal estuarino, apresentando forma retilínea com curvas localizadas (meandros abandonados).

Figura 19 – Padrão morfológico definido para os estuários do norte da Austrália.



Fonte: Modificado de Woodroffe et al. (1986)

4.2 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

4.2.1 Temperatura

A temperatura é considerada um parâmetro físico de elevada importância no processo de qualificação da água, devido refletir bem as variações sazonais do ambiente (BAUMGARTEN; POZZA, 2001), apesar de a mesma não ter referência de valores na Resolução CONAMA n.357/2005.

Atuando como agente controlador no ambiente aquático, condicionando as influências de uma série de parâmetros físico-químicos. As variações de temperatura são integrantes do regime climático regular, sendo que as variações sazonais e diurnas são observadas em corpos d'água naturais, podendo exibir estratificação vertical. A temperatura relacionada a fatores como: radiação disponível, latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade (ZUMACH, 2003).

Os valores de temperatura dependem do transporte de calor através da condução, convecção e radiação, por isso para se obter resultados corretos é necessário que as análises desse parâmetro sejam realizadas em um menor tempo possível após a coleta de água (BAUMGARTEN et al., 2010).

No ecossistema estuarino a temperatura está ligada a profundidade e as condições meteorológicas, sendo considerado um fator limitante nos processos de reprodução, crescimento e distribuição dos organismos, influenciando também na dissolução dos gases entre a água intersticial e a coluna d'água, influenciando tanto a interface oceano-atmosfera quanto sedimento-água. (CUNHA, 1982). Nas regiões oceânicas de poucas latitudes ocorre uma variação na temperatura em torno de 26° a 30°C na coluna d'água superficial (PEREIRA; GOMES, 2002).

Nos ecossistemas estuarinos o intercâmbio térmico é processado entre a água que penetra no estuário na preamar e a descarga de água doce do rio. As variações de temperatura neste ambiente transicional dependem diretamente da temperatura da água do rio, do fluxo de água salgada, da profundidade do estuário, da taxa pluviométrica na bacia e da latitude local (LIRA, 1978).

4.2.2 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH consiste na atividade de prótons (íons H^+) livres na água, provenientes tanto de fontes antrópicas quanto naturais. O pH juntamente com o potencial redox, são capazes de alterar o estado químico de um corpo aquático, se sofrerem alterações (BAUMGARTEN et al., 2001). O pH se sofrer modificações é capaz de alterar o estado químico de uma espécie.

O pH é considerado uma das variáveis presentes no ecossistema terrestre de maior importância e dificuldade de interpretação devido a grande quantidade de fatores que podem influenciá-lo (ESTEVES, 1998).

Os diferentes valores do pH em ambientes estuarinos estão relacionados a fotossíntese de organismos como fitoplânctons, dispersão das rochas, oxidação da matéria orgânica, incorporação dos gases atmosféricos e as diferenças de maré (BAUMGARTEN; POZZA, 2001).

Segundo Santos (1986), o pH é considerado um fator desfavorável para reprodução de microrganismos em meios no qual ocorrem ações provocadas pelo homem, onde o pH tende a ficar mais ácido. As águas superficiais do ecossistema amazônico são consideradas ácidas, na maioria das vezes (DIAS, 1995), estando essa acidez em sua maioria relacionada diretamente as altas taxas de ácidos orgânicos dissolvidos, podendo ser de natureza alóctone ou autóctone (ESTEVES, 1988).

A Resolução CONAMA n.357/2005 diz que, em geral, a água para se caracterizarem doces devem conter pH variando de 6 a 9; já para as águas serem consideradas salinas, salobras e efluentes devem apresentar valores que giram em torno de 5 a 9. De acordo Schaver (1985) as águas naturais possuem seu pH em torno de 4 a 9 sendo consideradas com porcentagem baixa de alcalinidade devido a presença de carboidratos, bicarbonatos, metais alcalinos e alcalinos terrosos.

Vale ressaltar também que os argilominerais, ricos em matéria orgânica, podem produzir aumento da acidez em águas onde se encontra em grande concentração (DREVER, 1988; LEVINSON, 1974).

4.2.3 Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica é a capacidade que uma solução aquosa tem de levar corrente elétrica, estando ligada a quantidade de íons presentes dissolvidos na solução, sendo que quanto maior a quantidade de íons dissolvidos maior será sua capacidade de conduzir eletricidade estando estreitamente relacionada com a salinidade. Segundo Baumgarten et al. (2001) esse fator hidroquímico pode auxiliar em avaliações de possíveis impactos como despejo de efluentes.

Os valores da condutividade elétrica estão ligados à temperatura e a totalidade de substâncias ionizáveis dissolvidas. Em corpos de água onde o pH encontra-se com valores extremos ($\text{pH} > 9$ ou $\text{pH} < 5$), a condutividade se deve às elevadas concentrações dos poucos íons em solução, sendo os mais frequentes H^+ ou OH^- . No ecossistema estuarino esse parâmetro está diretamente relacionado com a salinidade tendo como responsáveis pela condutividade os elementos maiores.

Segundo Hutchinson (1975), a condutividade elétrica é controlada pela geologia local e pelo acúmulo de chuvas, sendo que em regiões que possuem períodos menos chuvosos a condutividade elétrica é determinada pelo processo de erosão das rochas magmáticas presentes, no entanto, em regiões com alto valor pluviométrico com predomínio de rochas sedimentares a condutividade elétrica estará sendo determinada pela geologia da bacia de drenagem. De acordo com Custódio e Llamas (1976), dizem que a 18°C a condutividade elétrica gira em torno de 100 a $2000\mu\text{S}/\text{cm}$ em águas doces, e gira em torno de $45000\mu\text{S}/\text{cm}$ em águas oceânicas.

4.2.4 Salinidade

A salinidade é a quantidade de sais minerais dissolvidos na água do mar, correspondentes a 1000g de água (ESTEVES, 1998). Estão presentes na formação das águas marinhas os cátions cálcio, magnésio, potássio, sódio e os ânions cloreto, sulfato e bicarbonato.

No ecossistema estuarino a salinidade apresenta uma imensa importância na distribuição da fauna, além de delimitar este ecossistema. A interação entre o oceano e o rio acaba estabelecendo diversos processos de mistura, seja sob o ponto de vista físico ou sob uma perspectiva ecológica (FEITOSA, 1988)

Grande parte da energia e intensidade da mistura das diferentes massas de água nos estuários é gerada pelas correntes de maré, correnteza, ação dos ventos e vazão do rio (KETCHUM, 1983 apud MOREIRA, 1994).

Durante o ano as águas interiores sofrem variações de salinidade, apresentando alta amplitude de valores variando de 0,5‰ (águas doces) a 35‰ (águas hipersalinas) (ESTEVES, 1998).

Segundo Smayda (1983 apud Moura, 1992) os ambientes estuarinos as condições locais de chuva, evaporação, drenagem e o grau de mistura entre o corpo de água fluvial e costeira, acabam influenciando na amplitude de maré e no gradiente salino.

De acordo com a Resolução CONAMA n.357/2005, a salinidade é levada como critério para se classificar os meios aquáticos, sendo os ecossistemas aquáticos classificados de acordo com a quantidade de sal presente na água em:

- a) **águas doces**: com salinidade igual ou menor que 0,5‰;
- b) **águas salobras**: com salinidade girando em torno de 0,5‰ a 30‰;
- c) **águas salinas**: com valores igual ou maior que 30‰.

4.2.5 Oxigênio Dissolvido

O oxigênio é proveniente principalmente do dióxido de carbono e do oxigênio molecular, onde ambos estão presentes tanto na atmosfera quanto na água, geralmente na forma dissolvida (BAUMGARTEN et al., 2010).

O oxigênio é considerado um dos gases mais importantes dissolvidos na dinâmica e caracterização dos ambientes aquáticos, sendo que sua solubilidade esta ligada a pressão e temperatura da região (ESTEVES, 1998).

No meio estuarino o oxigênio dissolvido é um importante parâmetro químico com participação nos processos biológicos e bioquímicos, como os processos metabólicos celulares, respiração e oxidação da matéria orgânica e compostos químicos (FLORES MONTES, 1996).

O oxigênio dissolvido varia na água de acordo com o volume consumido por bactérias no processo de oxidação da matéria orgânica e pelo volume produzido pela comunidade fitoplanctônica. A poluição de um corpo d' água por matéria orgânica pode ser estudada pela diminuição do oxigênio dissolvido ou pela concentração de matéria orgânica comparada com o volume de oxigênio disponível para oxidá-la (VALENTE et al., 1997). O baixo nível de oxigênio dissolvido em um corpo d'água causa o aumento populacional de bactérias provocando forte odor causado pela morte dos organismos aquáticos.

Segundo Baumgarten et al. (1996), a quantidade de oxigênio na superfície é maior pelo fato de estar mais próxima da mesma, onde acontece a fotossíntese e os processos físicos que ocorrem no meio. De acordo com a Resolução CONAMA n.357/2005, os corpos de água naturais doces e salinas devem apresentar valores de concentrações maiores que 2mg.L^{-1} visto que as águas salobras devem conter concentrações maiores que 3mg.L^{-1} .

4.2.6 Sólidos Totais Dissolvidos

Os sólidos totais dissolvidos são originados a partir das partículas inorgânicas e orgânicas transportadas pela coluna d'água apresentando seu diâmetro superior a $0,45\mu\text{m}$, sendo considerado material dissolvido, partículas com diâmetro inferior (CHESHIRE et al., 1985).

De acordo com Cheshire et al. (1985) os sólidos totais dissolvidos são diretamente proporcionais à condutividade elétrica e à salinidade; podendo ser definidos como a soma dos teores de todos os constituintes minerais presentes na água por unidade de volume.

De acordo com Esteves (1988) essa variável possui uma elevada importância para as comunidades lótic, devido este tipo de material ser considerado um dos maiores transportadores de poluentes e nutrientes através da adsorção, além de interferir na penetração dos raios solares no ambiente.

As substâncias dissolvidas envolvem o carbonato, bicarbonato, cloreto, sulfato, fosfato, nitrato, cálcio, magnésio, sódio e íons orgânicos, entre outros íons necessários para a vida aquática, sendo que, em elevadas concentrações, podem ser prejudiciais.

A análise dos sólidos é considerada importante no ecossistema estuarino devido seu volume, que dependendo da sua quantidade podemos avaliar o quanto a luz pode penetrar na coluna d'água, além de nos fornecer dados a respeito da quantidade de materiais não dissolvidos transportados pela água podendo sedimentar-se no estuário (SABRI, 1977; CHESHIRE et al., 1985).

5 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia realizada neste trabalho foi subdividida nas seguintes etapas: pesquisa bibliográfica, logística de campo, trabalho de campo, trabalho em laboratório e trabalho em escritório, que consistiu de organização e tratamento de dados, integração dos resultados e redação final.

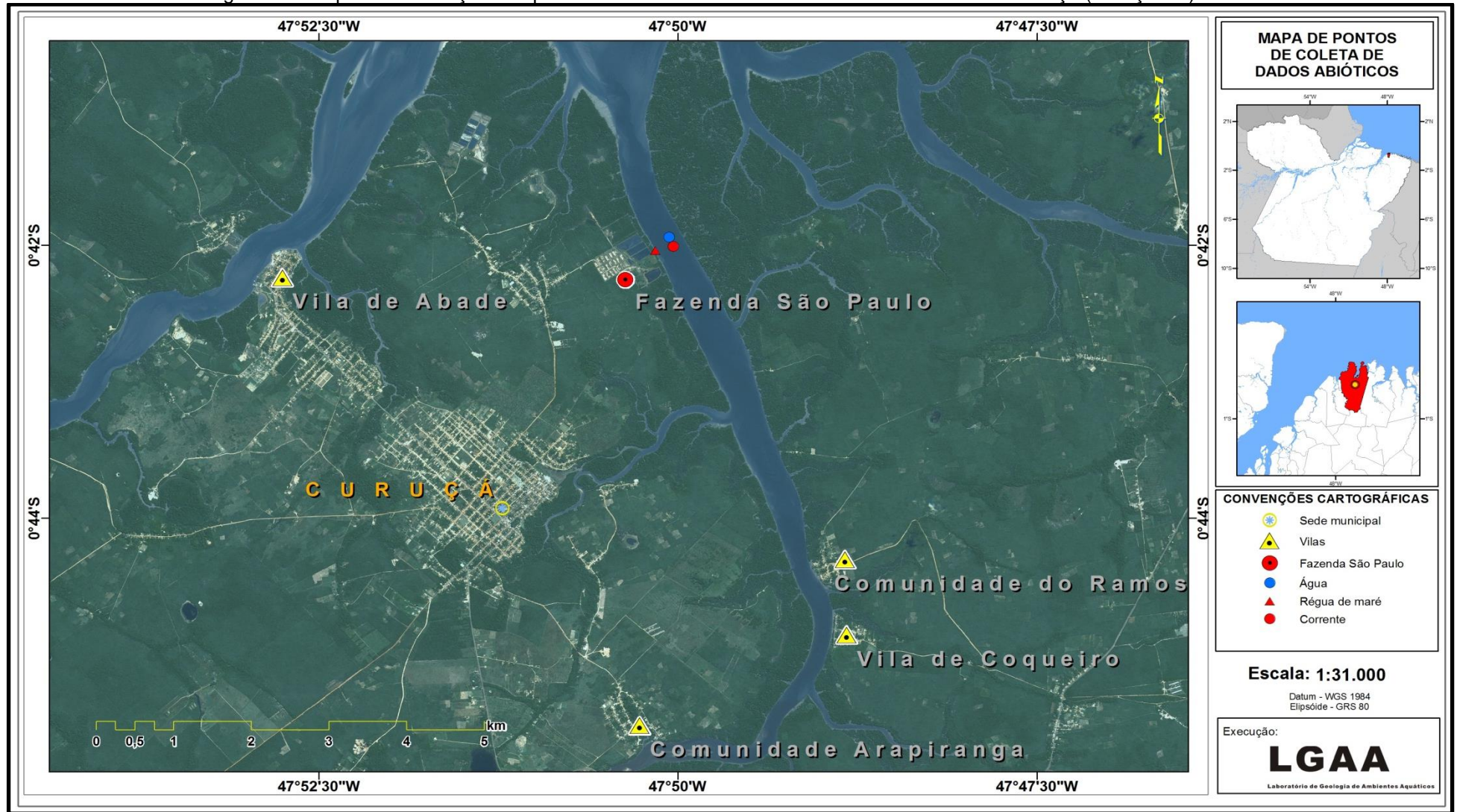
5.1 METODOLOGIA

Foram feitas coletas de dados físico-químicos de qualidade de água, e análises que incluíram: batimetria, coleta de sedimentos em perfis transversais, utilizando-se como meio flutuante um barco a motor (Figura 20), que deu apoio para coletas e medições de dados de amplitude de maré e correntes associadas. Estes dados foram coletados as proximidades da Fazenda São Paulo numa etapa de campo no dia 09/03/2013 durante o período chuvoso, ao longo do estuário do rio Curuçá (Curuçá-PA), onde foram coletados dados de maré e dos parâmetros físico-químicos (temperatura, pH, salinidade, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e sólidos totais dissolvidos) (Figura 21), além de coletas de amostras de sedimentos e dados batimétricos.

Figura 20 - Embarcação utilizada na coleta de dados oceanográficos.



Figura 21 - Mapa de localização dos pontos de coleta de dados abióticos no estuário do rio Curuçá (Curuçá-PA).



5.1.1 Marés

A coleta dos dados de maré foi realizada em um ponto fixo estratégico localizado no trapiche da Fazenda São Paulo, às margens do estuário estudado. Para conhecimento dos horários, tipos e amplitudes de marés no estuário foi utilizada a Seção Tábuas de Marés que é o documento oficial de consulta impressa e via web emitida pela Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil (Figura 22 e Tabela 1).

Figura 22 - Seção Tábuas de Marés para consultas via internet.

DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO (DHN)
CENTRO DE HIDROGRAFIA DA MARINHA (CHM)
BANCO NACIONAL DE DADOS OCEANOGRÁFICOS (BNDO)



PREVISÕES DE MARÉS (Máximas e Mínimas diárias)

A previsão horária da maré pode ser obtida através de solicitação ao Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO), informações sobre custo podem ser obtidas no telefone (21) 2189-3115 ou email bnodo@chm.mar.mil.br



As horas listadas não são corrigidas para o horário de verão

O documento oficial de consulta é a Tábuas de Marés impressa pela Diretoria de Hidrografia e Navegação

Informações sobre Tábuas ([Clique aqui para maiores informações e explicações sobre Tábuas de Marés](#))

ILHA DOS GUARÁS (ESTADO DO PARÁ) ▾

MESES ANOS

As informações disponibilizadas nesta página são fornecidas pela Seção de Maré do CHM.

Fonte: DHN (2013)

Tabela 1 – Coordenadas geográficas das estações maregráficas.

Local da estação maregráfica	Latitude	Longitude
Ilha dos Guarás	00°37,0'S	47°21,0'W

Fonte: DHN (2013)

O monitoramento semi-detalhado da amplitude de maré foi realizado com o auxílio de uma régua graduada de metal de 5 metros de comprimento, instalada no trapiche da Fazenda São Paulo (Figura 23; Tabela 2), com o auxílio de cordas, devido a forte influência das correntes de marés. As coletas dos dados ocorreram de forma manual, em formato de planilhas, onde a amplitude de maré era observada, sendo anotadas em um banco de dados manual.

Nesse local ocorreram as medições de altura de maré em intervalos de 15 minutos, durante um ciclo de maré de 12 horas, para o monitoramento do comportamento da maré durante o período de coleta de dados. Após o período de campo, os dados foram digitalizados sendo transformados em planilhas para a construção das curvas de maré e também para auxiliar na correção dos dados batimétricos.

Para a obtenção das curvas de maré do local estudado a partir da correlação dos dados de maré da Sessão Tábuas de Maré da DNH, foi usado o software Excel Versão 2007. Sendo posteriormente ambas comparadas e corrigidas.

Figura 23 - Régua graduada instalada em frente ao trapiche da Fazenda São Paulo para a leitura e medição de dados mareográficos.



Tabela 2 - Coordenada geográfica do ponto fixo da régua para medição de dados maregráficos.

Município	Rio	Local do ponto fixo	Latitude	Longitude
Curuçá	rio Curuçá	Trapiche da Fazenda São Paulo	0°41'56,61"S	47°50'3,41"W

5.1.2 Correntes e Vazão

A velocidade das correntes apresentam distintas variações em sua intensidade e direção, se tornando assim um dos parâmetros mais difíceis de determinar. As correntes são provocadas pela movimentação horizontal do corpo d'água, através dos processos de enchente e vazante produzidos na superfície do mar.

Os dados para verificação do comportamento das correntes de maré foram obtidos através de medições das correntes em um ponto localizado na porção média do estuário (0°41'58,97"S / 47°50'03,57"W), as proximidades da Fazenda São Paulo em um intervalo de 1 hora durante um ciclo de maré de 12 horas. O equipamento utilizado foi um Molinete Fluviométrico JCTM Modelo MLN-7 (Figura 24).

Figura 24 - Molinete Fluviométrico JCTM Modelo MLN-7.



O molinete fluviométrico é constituído por uma hélice presa a uma haste e um "conta-giros", que mede a velocidade da água que passa pela hélice. Sua função ao ser posicionado em determinada profundidade, é determina a velocidade do ponto com coleta de dados a cada 5 segundos em um intervalo de 1 minuto. Posteriormente estes dados foram digitados e transformados em planilha, para se calcular matematicamente a velocidade média das correntes através da equação:

$$V = -k_1 + k_2 \cdot N$$

Onde:

V= Velocidade da corrente

K1= 0,01203489

K2= 0,29051199

N= Número de rotações por segundo

A vazão é o volume de água que passa por uma determinada seção de um rio dividido por um intervalo de tempo. Desse modo, se o volume é fornecido em litros, e o tempo é medido em segundos, a vazão pode ser calculada em unidades de litros por segundo ($\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$) (ALVES, 2007). Porém, para a vazão de rios geralmente se usa a unidade da vazão em metros cúbicos por segundo ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), sendo que $1\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ corresponde a $1000 \text{l}\cdot\text{s}^{-1}$ (COLLISCHONN; TASSI, 2011).

O calculo da vazão em um canal pode ser feito pelo produto da velocidade média vezes a área de escoamento, ou seja:

$$Q = A \cdot V$$

Onde:

Q= Vazão

A= Área da seção transversal do rio (largura x profundidade)

V= Velocidade da corrente

Lembrando que a hidrologia dos rios é diretamente proporcional ao regime pluviométrico regional. As variações que proporcionam aumentos ou diminuições dos níveis e das vazões dos rios é resultado das variações de marés e dos índices de precipitação na região.

5.1.3 Batimetria

Os dados de batimétricos são constituídos de duas variáveis: posição e profundidade. São utilizadas embarcações equipadas com receptores GPS ou DGPS, que medem a posição geográfica (latitude/longitude ou UTM), e os ecobatímetros, que medem a profundidade. Nas sondagens com ecobatímetros adotam-se linhas de sondagem paralelas e perpendiculares às isóbatas e ao talvegue, garantindo desta forma o correto delineamento da feição do fundo.

O estuário do rio Curuçá apresenta-se carente de dados batimétricos, desta forma, foram realizados levantamentos batimétricos de semi-detalhe, durante a maré cheia, através de linhas transversais e longitudinais, no trecho foz do rio Curuçá até a Comunidade de Arapiranga.

Esses perfis foram utilizados para definir as características do canal e geração de perfis e mapas batimétricos. Os levantamentos batimétricos foram realizados empregando-se uma Ecossonda Humminbird Piranha Max 180 Plotter/Sonar (Figura 25), com 800 watts de potência e frequência de transmissão de som de 200kHz, capaz de atingir profundidades de até 200metros.

As informações de pontos de coletas e dados de profundidade foram armazenadas através de conexão com um notebook. O sensor do ecobatímetro foi instalado a 0,5m abaixo do calado da embarcação e um GPS preso na parte superior. Além disso, os dados batimétricos foram corrigidos pelos dados de maré.

As profundidades representadas nos mapas batimétricos são sempre reduzidas. Isto significa dizer que as profundidades têm origem no plano de referência conhecido como nível de redução (NR) e não na superfície da água. Desta forma, as variações do nível das águas por influência das marés ou em decorrência dos períodos de cheias e vazantes dos rios são subtraídas.

A malha batimétrica do rio Curuçá foi dividida em três seções distintas: 17 linhas no Setor 1, 12 linhas no setor 2 e 21 linhas no setor 3 (Figura 26).

A



B



D

Profundidade (m)	Coordenada X (m)	Coordenada Y (m)	Observações
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
7.5
8.0
8.5
9.0
9.5
10.0
10.5
11.0
11.5
12.0
12.5
13.0
13.5
14.0
14.5
15.0
15.5
16.0
16.5
17.0
17.5
18.0
18.5
19.0
19.5
20.0

Figura 25 - Levantamento Batimétrico com EcossondaHumminbird Piranha Max 180.

A-Posicionamento da embarcação na malha batimétrica no notebook;

B-Confirmação de coordenadas geográficas com GPS;

C-Anotação de dados de profundidade e observação das morfologias;

D-Planilha de dados batimétricos;

E-Tel da EcossondaHumminbird e registro de feição morfológica.

C



E

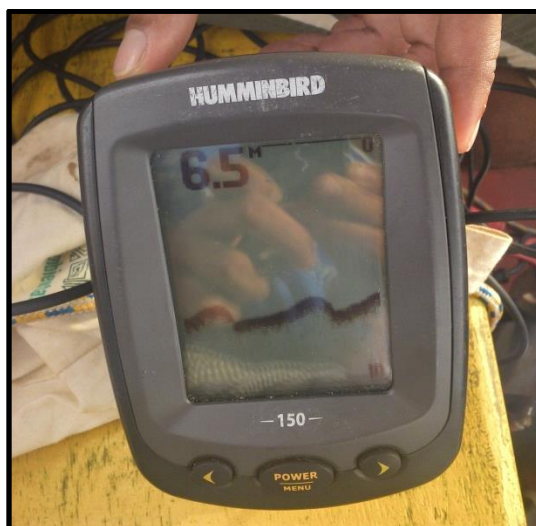
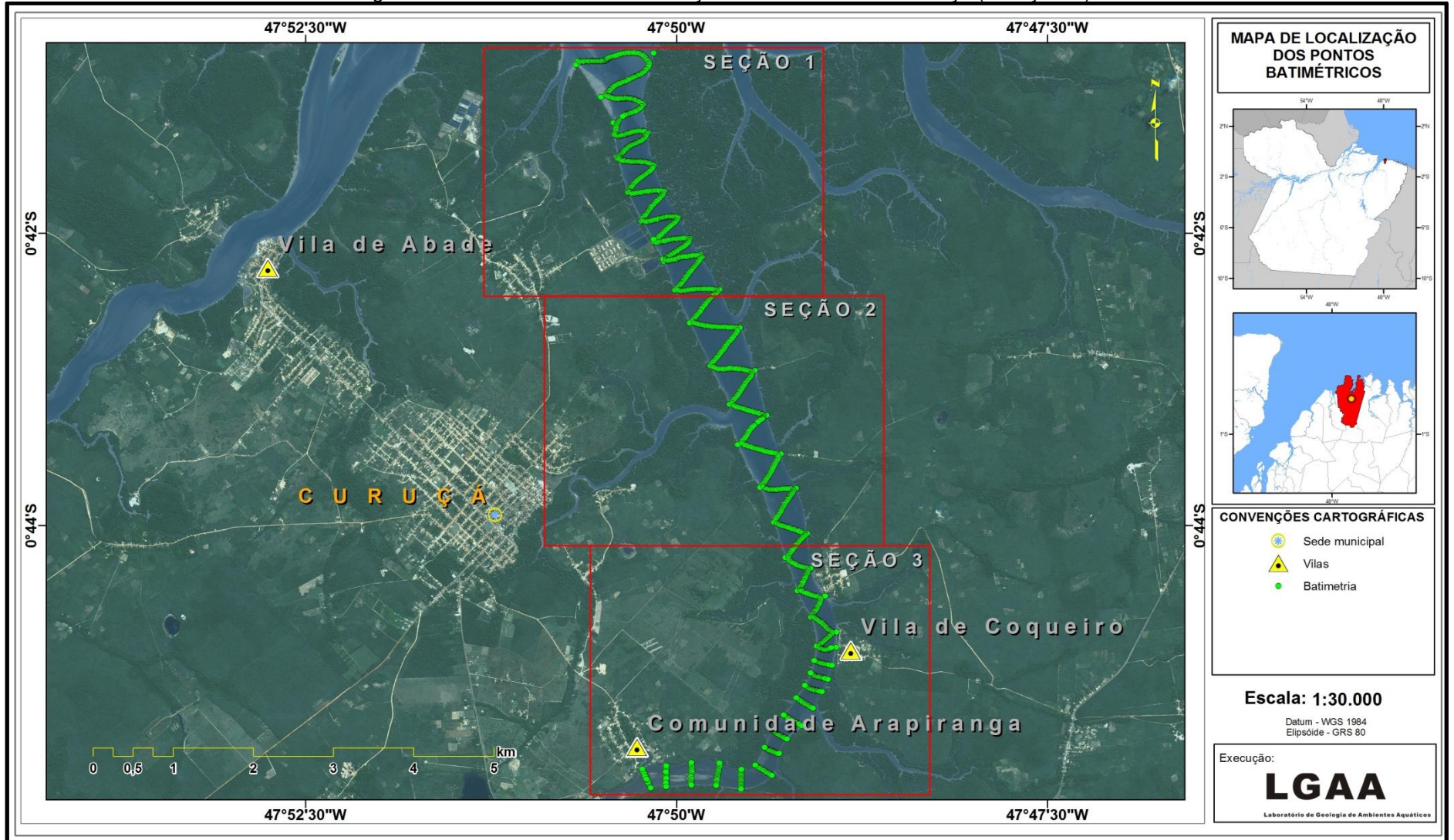


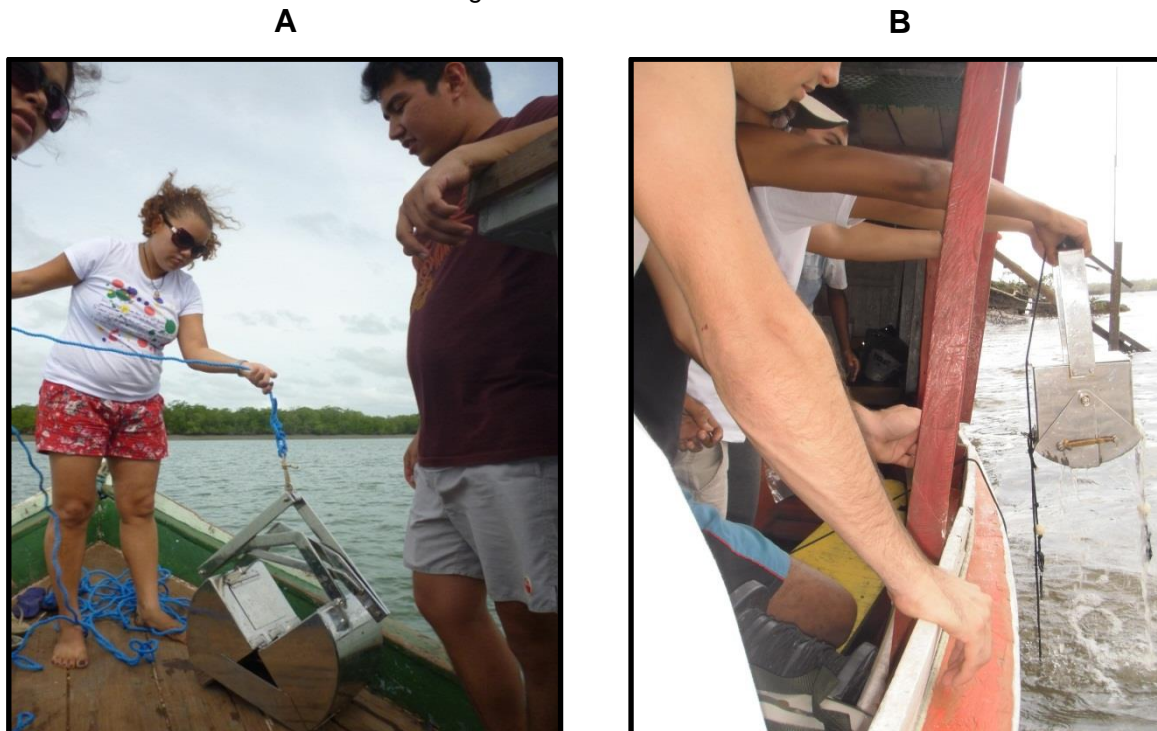
Figura 26 – Malha batimétrica nas seções levantadas no rio Curuçá (Curuçá-PA).



5.1.4 Sedimentos Superficiais

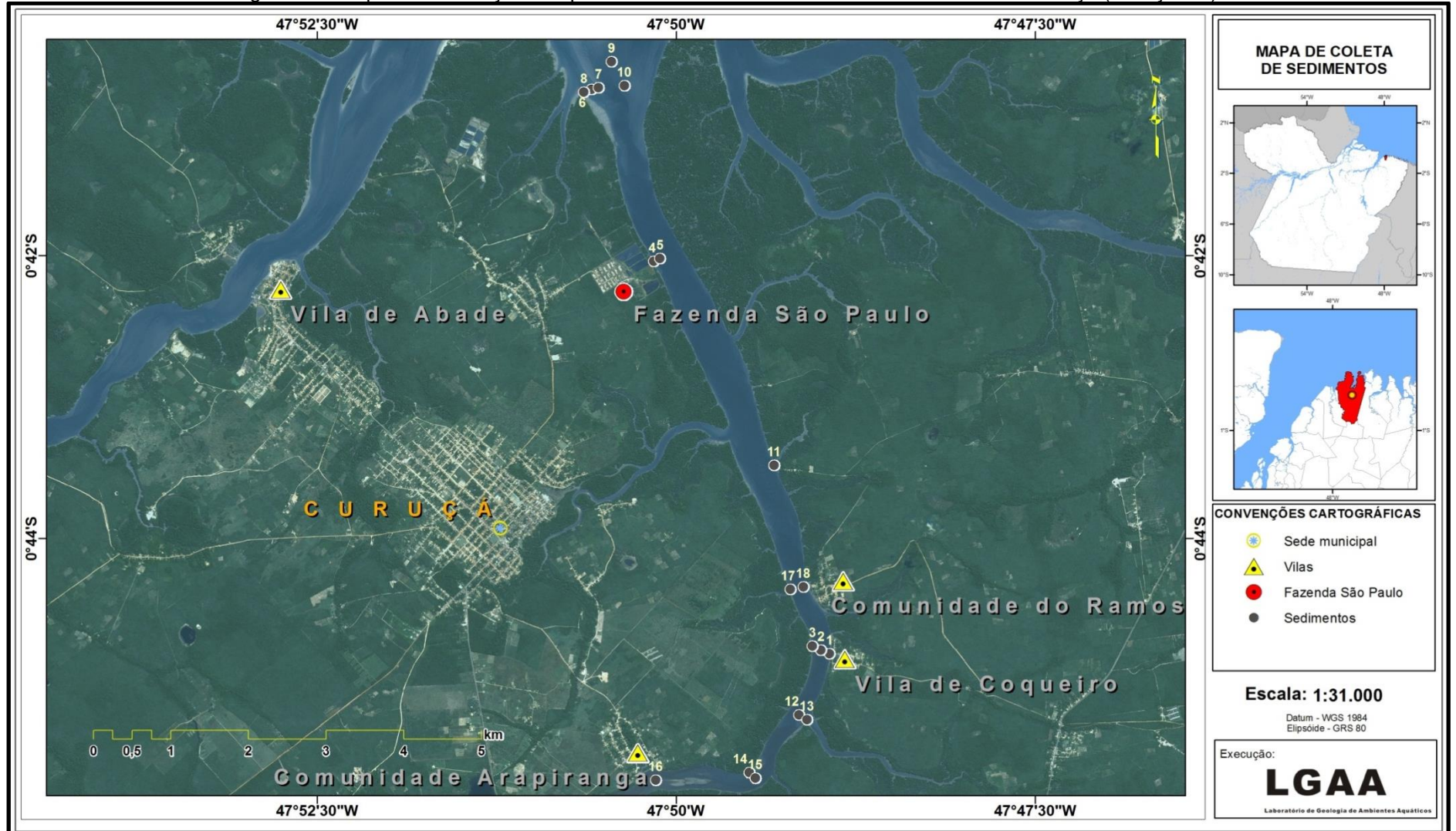
As coletas de sedimentos foram realizadas através dos amostradores pontuais Van Veen e de Ekman-Birge, que são equipamentos de manuseio simples, que possuem diversos tamanhos, utilizado quando há o interesse em amostrar quantidades médias de material sedimentar (Figuras 27 e 28).

Figura 27- Coleta de sedimentos superficiais. A-Utilização do amostrador Van Veen; B-Utilização do amostrador Ekman-Birge.



O amostrador pontual de Van Veen é constituído de duas conchas articuladas por uma dobradiça através de duas barras cruzadas presas ao cabo que o mantém próximo à embarcação, que coletam o material á medida que o mesmo é içado de volta à embarcação. O amostrador pontual de Ekman-Birge é constituído de caixa metálica articulada por duas pás laterais cruzadas que estão presas a uma trava na parte superior, e que são destravadas quando o mensageiro desliza através do cabo condutor tocando a trava,e disparando o seu fechamento, destravando o equipamento no fundo, e efetuando-se a coleta quando as pás fecham no fundo da caixa metálica. Ambos os equipamentos podem ser usados em fundos arenosos e lamosos, no entanto, não são equipamentos ideais para serem utilizados em fundos rochosos.

Figura 28 - Mapa de localização dos pontos de coleta de sedimentos no estuário do rio Curuçá (Curuçá-PA).



Para a caracterização do tipo de sedimento foi realizada a análise de textura do mesmo. A textura do sedimento é o tamanho relativo dos grãos que constituem o mesmo, onde sua medida é chamada de granulométrica. O tamanho dos grãos do sedimento é bastante variável, sendo divididas em classe de acordo com seu diâmetro médio (Tabela 3), suas classes são:

- a) Matacão:** É um sedimento cujos grãos possuem diâmetro maior que 256mm.
- b) Bloco:** É um sedimento cujos grãos possuem diâmetro entre 256 e 64mm.
- c) Seixos:** É um sedimento cujos grãos possuem diâmetro entre 64 e 4mm.
- d) Grânulos:** É um sedimento cujos grãos possuem diâmetro entre 4 e 2mm.
- e) Areia:** É um sedimento cujos grãos possuem diâmetro entre 2 e 0,0625mm.
- f) Silte:** É um sedimento cujos grãos possuem diâmetro entre 0,0625 e 0,004mm.
- g) Argila:** É um sedimento cujos grãos possuem diâmetro entre 0,004mm e 0,0004mm.

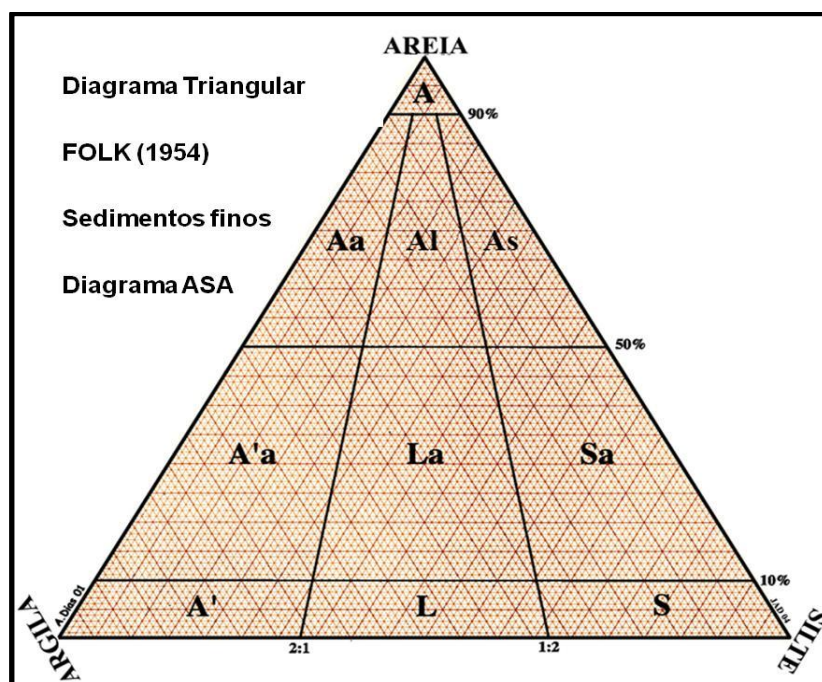
Tabela 3 - Classificação de uma amostra baseada no tamanho médio do grão. Modificado de Wentworth (1922).

Diâmetro (mm)	ϕ (Phi)	Nome
>256	-8	Matacão
256-128	-7	Bloco Grosso
128-64	-6	Bloco
64-32	-5	Seixo Muito Grosso
32-16	-4	Seixo Grosso
16-8	-3	Seixo Médio
8-4	-2	Seixo Fino
4-2	-1	Grânulo
2-1	0	Areia Muito Grossa
1-1/2	1	Areia Grossa
1/2-1/4	2	Areia Média
1/4-1/8	3	Areia Fina
1/8-1/16	4	Areia Muito Fina
1/16-1/32	5	Silte Grosso
1/32-1/64	6	Silte Médio
1/64-1/128	7	Silte Fino
1/128-1/256	8	Silte Muito Fino
1/256-1/512	9	Argila Grossa
1/512-1/1024	10	Argila Média
1/1024-2048	11	Argila Fina

Fonte: Alves (2007)

Para análise descritiva do tipo de sedimento foi utilizada a classificação textural proposta por Folk (1954), que se baseia, essencialmente, em dois diagramas triangulares, sendo um para sedimentos grosseiros, e outro para os sedimentos finos, onde são representados proporcionalmente os conteúdos percentuais em cascalho (>2mm), areia (2mm a 63µm), silte e argila (ambos <63µm) (Figura 29).

Figura 29 - Diagrama Triangular para sedimentos finos (areia, silte e argila). Modificado de Folk (1954).



Fonte: Alves (2007)

Foram realizadas 18 coletas de amostras (Tabela 4), obedecendo aos setores do estuário e à divisão de área batimétrica levantada. As amostras de sedimento coletadas em campo foram armazenadas em potes plásticos devidamente identificados e transportados para o Laboratório de Geologia e Ambientes Aquáticos (LGAA) localizado no campus da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA). A coleta da amostra Sed.10 veio em pouca quantidade, sendo que a mesma foi classificada apenas pela textura.

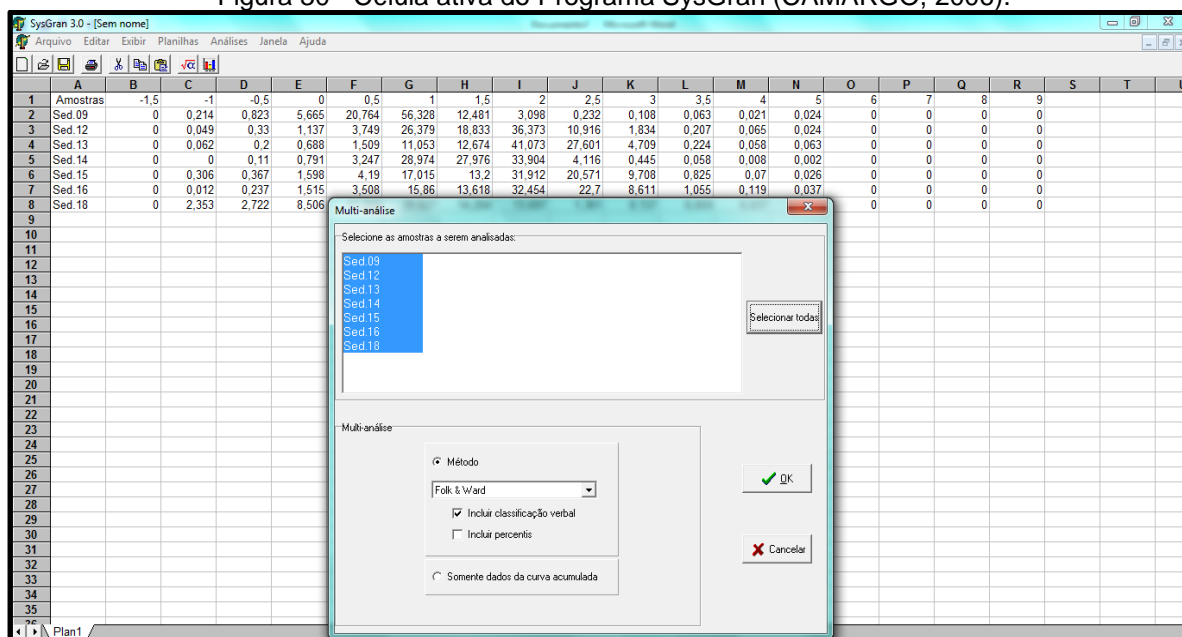
Tabela 4 - Coordenadas geográficas dos pontos de coleta de sedimento no estuário do rio Curuçá.

Ponto de Coleta	Latitude	Longitude
Sed.01	0°45'48,91"S	47°49'55,80"W
Sed.02	0°45'47,51"S	47°49'59,40"W
Sed.03	0°45'45,74"S	47°49'30,00"W
Sed.04	0°42'02,34"S	47°50'09,24"W
Sed.05	0°42'01,11"S	47°50'06,72"W
Sed.06	0°41'49,22"S	47°51'35,16"W
Sed.07	0°41'48,50"S	47°51'32,28"W
Sed.08	0°41'50,41"S	47°51'38,40"W
Sed.09	0°41'37,49"S	47°50'26,88"W
Sed.10	0°41'47,71"S	47°50'21,48"W
Sed.11	0°43'28,87"S	47°49'18,95"W
Sed.12	0°45'15,04"S	47°49'08,54"W
Sed.13	0°45'17,01"S	47°49'05,23"W
Sed.14	0°46'39,49"S	47°49'29,33"W
Sed.15	0°46'41,86"S	47°49'26,77"W
Sed.16	0°46'42,63"S	47°50'08,34"W
Sed.17	0°44'21,66"S	47°49'12,22"W
Sed.18	0°44'20,55"S	47°49'06,68"W

Fonte: Autora

Na análise estatística foram considerados os parâmetros referentes à média (Mz), seleção ou desvio padrão (σ), assimetria (Sk) e curtose (KG) dos sedimentos, sendo que as amostras analisadas foram classificadas de acordo com a classificação proposta por Folk e Ward (1957), sendo para tal, utilizado o software Sistema de Análises Granulométricas do Sedimento para Windows (SysGran)(CAMARGO, 2006) (Figura 30).

Figura 30 - Célula ativa do Programa SysGran (CAMARGO, 2006).



Fonte: Autora

Após a realização de cada coleta as amostras de sedimentos foram armazenadas em potes plásticos devidamente etiquetados e transportados para o Laboratório de Geologia e Ambientes Aquáticos (LGAA) pertencentes à Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA).

No laboratório foram realizados os procedimentos analíticos das amostras, onde as mesmas foram inicialmente lavadas 3 vezes com água destilada por um tempo de 5 minutos, com o objetivo de retirar os sais solúveis evitando assim a floculação da argila. A amostra ficou em repouso durante 2 dias para que ocorresse decantação das partículas finas, após esse período a coluna d'água foi retirada com o auxílio de uma seringa, em seguida, as amostras foram levadas para secar em estufa a aproximadamente 60°C.

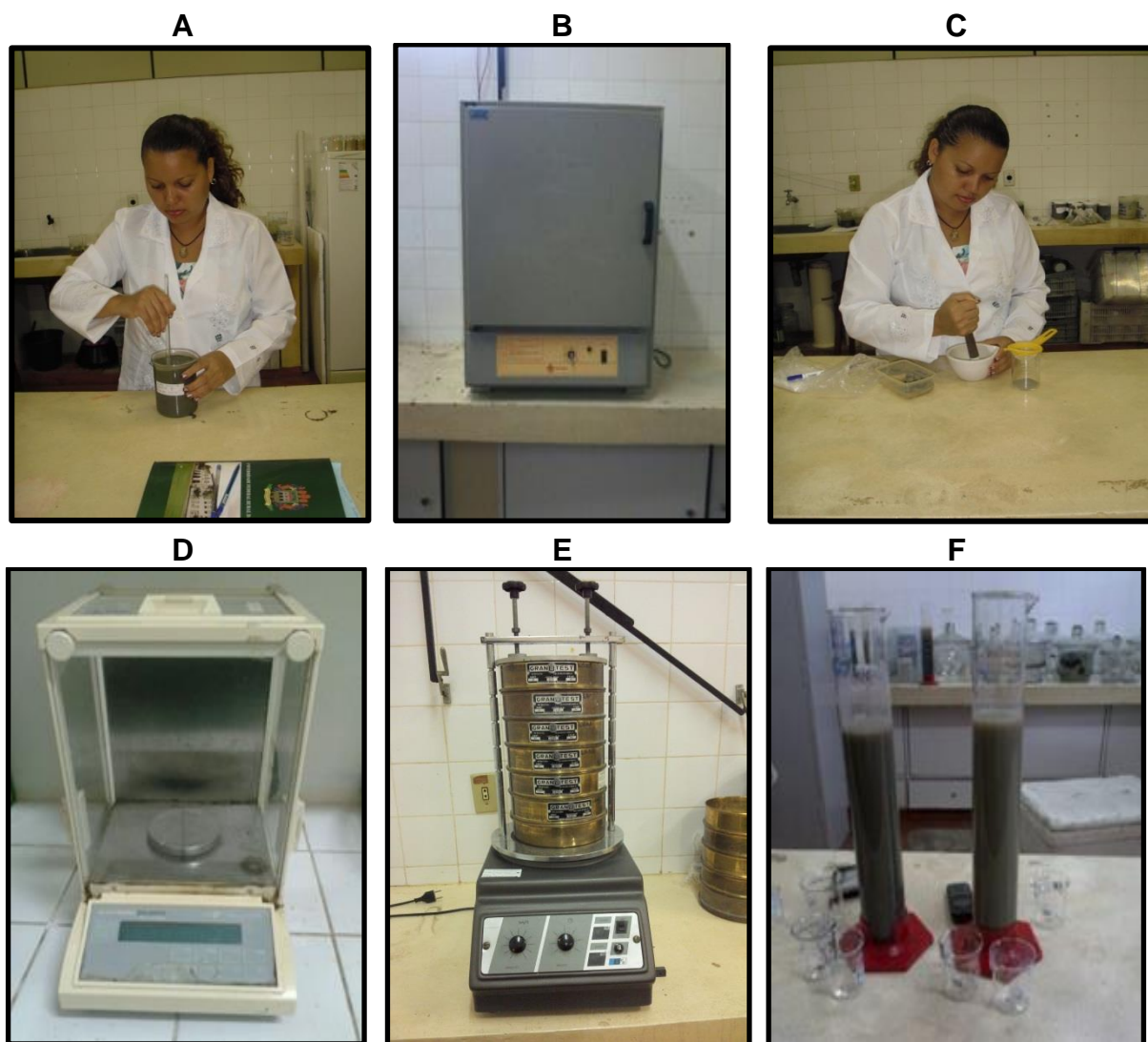
Após a secagem, as amostras foram desagregadas e pesadas em balança analítica para que em seguida fosse realizado o quarteamento da amostra total, de acordo com Wentworth (1922) para a realização do processo de separação areia/silte/argila (Figura 31).

O processo de determinação da granulometria das amostras de sedimento no trecho estudado foi realizado mediante o uso da metodologia de peneiramento mecânico para a fração grosseira (entre 0,062 e 2 mm) e peneiramento úmido para a fração fina (menor que 0,062 mm) segundo a escala de Wentworth, além da pesagem, classificação e identificação dos parâmetros estatísticos dos sedimentos.

Após o quarteamento, das amostras contendo sedimentos mistos foram retiradas 40g para separação por via úmida. Para tal, os sedimentos foram colocados em uma peneira de abertura 0,0062mm, onde foi feita a lavagem com água destilada para separação da fração grosseira (areia) da fração fina (silte/argila).

Uma vez completa a separação, o material grosseiro que ficou retido na peneira de 0,0062mm foi levado para estufa para secagem e peneiramento a seco. Com a proveta em repouso, deu-se início ao procedimento de separação das frações silte/argila. Após a decantação do material, a água foi retirada colocando-se o material para secar em estufa a 60°C, sendo, em seguida, pesado.

Figura 31– Procedimentos de análise de amostras de sedimentos. A-Lavagem de amostras após entrada no laboratório; B-Estufa para secagem de amostras; C-Desagregação de amostras após secagem; D-Balança para pesagem das amostras; E-Peneirador para separação das classes granulométricas arenosas; F-Pipetagem de amostras para separação silte/argila.



O material que passou pela peneira seguiu para o procedimento de pipetagem, no qual, em uma proveta contendo sedimentos e 1 litro de água destilada, foi adicionado 0,67g de oxalato de sódio para evitar a floculação do sedimento, sendo subtraído no final este valor do peso do resíduo de cada Becker após a separação.

Para pipetagem da amostra foi necessário adicionar 0,67g de oxalato de sódio (agente dispersante), que serve para evitar a floculação do sedimento. Ao final do processo de separação faz-se necessário subtrair o peso do agente dispersante do peso do resíduo contido em cada becker. As amostras foram agitadas por aproximadamente 3 minutos para uniformizar a distribuição das partículas levando em consideração o tempo de agitação.

Após o quarteamento das amostras constituídas por sedimentos grosseiros, foram retiradas 100g para o processo de peneiramento. Nesse processo utiliza-se um jogo de peneiras, na ordem de tamanho e malhas decrescentes, entre 2,00mm e 0,0062mm, em um agitador magnético que agita as partículas da amostra nas peneiras durante um período de 10 minutos.

Após esse tempo, a amostra retida em cada peneira foi transferida para uma folha de papel, para depois serem colocadas em beckers de 100ml, já previamente pesados. Cada amostra foi pesada e seus pesos individuais foram registrados na ficha granulométrica.

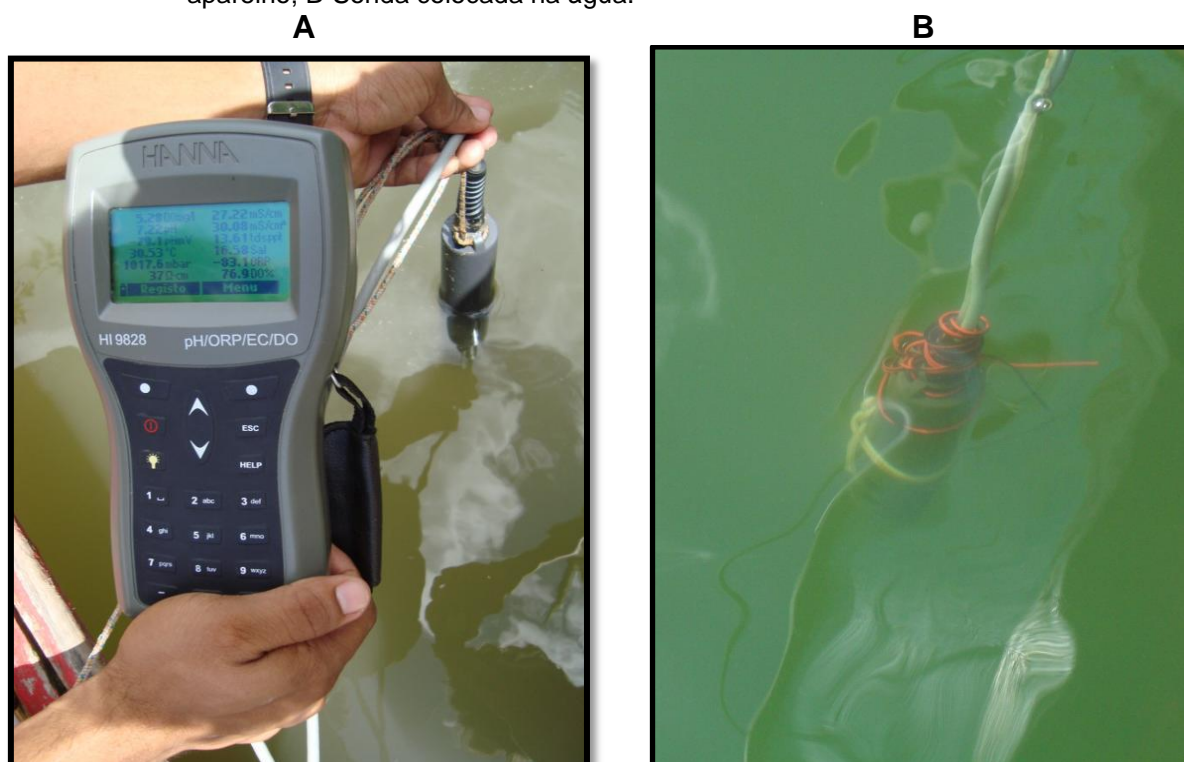
5.1.5 Parâmetros Físico-Químicos de Qualidade de Água

De acordo com Pereira (2006) as características físico-químicas de cada corpo d'água possuem um padrão individual, com estes padrões determinados pelas condições climáticas, geomorfológicas e geoquímicas, e são consideradas importantes para o zoneamento ambiental, uma vez que o mesmo além de permitir a determinação da reserva nutricional dos corpos d'água e por extensão de suas potencialidades em termos de produção, fornece subsídios à correta utilização destes recursos naturais.

A execução correta dos procedimentos de coleta dão aos resultados uma interpretação adequada e uma confiabilidade, desta forma, foram feitas análises dos parâmetros físico-químicos na superfície da coluna d'água utilizando um aparelho Sonda Multiparâmetros HANNA HI modelo 9828. Os dados para análise dos parâmetros físico-químicos da água foram medidos in situ, onde foram determinados: Temperatura, Salinidade, pH, Condutividade Elétrica, Oxigênio Dissolvido e Sólidos Totais Dissolvidos (Figura 32; Tabela 5).

Para monitorar e gravar os dados, o equipamento é equipado com sistema de identificação e gravação de vários locais de amostragem. No local de realização das coletas, os sensores do equipamento foram colocados na água durante 1 minuto, onde as informações dos parâmetros eram gravadas em intervalos de 5 segundos, sendo armazenadas no banco de dados do próprio equipamento. O monitoramento deu-se em intervalos de 1 em 1 hora num período total de 12 horas.

Figura 32- Sonda Multiparâmetros Hanna HI 9828. A-Operação de aquisição de dados com o aparelho; B-Sonda colocada na água.



Fonte: Lima (2011)

Tabela 5 - Parâmetros analisados no ponto da coleta

Parâmetros	pH	Oxigênio Dissolvido	Temperatura	Salinidade	Condutividade Elétrica	Sólidos Totais Dissolvidos
Unidade	-	mg/L	°C	-	µs/cm	ppm

Fonte: Autora

Após a chegada do campo, com a utilização do *Software* Hanna HI 9298828, da versão 1.1, os dados guardados no equipamento foram processados sob a forma de tabelas, sendo trabalhados no computador (Figura 33).

Figura 33 – Célula ativa do Software Hanna HI 929828. Modelo de salvamento de lotes armazenados.

HI 929828 - 1.1 - [Rio-gurupi-22H]												
HANNA Instruments												
Definições Destaque Quitar lote Abstra Sair												
	Data	Hora	°C	pH	pH mV	ORP	OD %	OD mg/l	µS/cm	µS/cm A	Ohm-cm	SDT ppm
1	2008/03/02	06:48:38	29,14	6,64	-46,1	-54,0	74,6	5,21	27730	29910	36	13860
2	2008/03/02	06:48:39	29,12	6,58	-42,9	-50,1	73,9	5,30	20740	22370	48	10370
3	2008/03/02	06:48:40	29,08	6,60	-44,2	-52,7	77,0	5,53	20790	22400	48	10390
4	2008/03/02	06:48:41	29,05	6,58	-43,0	-52,2	79,2	5,70	19980	21520	50	9991
5	2008/03/02	06:48:42	29,03	6,68	-48,7	-60,1	78,9	5,67	20900	22500	48	10450
6	2008/03/02	06:48:43	29,01	6,65	-46,7	-52,9	80,3	5,65	26340	28350	38	13170
7	2008/03/02	06:48:44	28,99	6,62	-45,1	-50,5	80,0	5,76	20370	21910	49	10180
8	2008/03/02	06:48:45	28,97	6,49	-37,9	-45,5	80,6	5,91	15530	16700	64	7764
9	2008/03/02	06:48:46	28,96	6,81	-55,7	-59,9	82,5	5,86	24220	26040	41	12110
10	2008/03/02	06:48:47	28,95	6,60	-44,0	-47,2	84,3	6,03	22260	23930	45	11130
11	2008/03/02	06:48:48	28,94	6,60	-44,0	-53,7	84,1	5,99	23520	25280	43	11760
12	2008/03/02	06:48:49	28,94	6,57	-42,2	-45,8	83,7	6,07	18260	19620	55	9128
13	2008/03/02	06:48:50	28,93	6,49	-38,2	-39,6	83,2	5,95	22520	24200	44	11260
14	2008/03/02	06:48:51	28,91	6,55	-41,2	-43,5	84,0	6,01	22550	24230	44	11280
15	2008/03/02	06:48:52	28,90	6,62	-45,1	-57,0	84,3	6,02	23020	24730	43	11510
16	2008/03/02	06:48:53	28,90	6,65	-46,6	-48,0	84,3	6,00	23820	25590	42	11910
17	2008/03/02	06:48:54	28,90	6,64	-46,4	-47,2	84,1	5,97	24660	26490	41	12330
18	2008/03/02	06:48:55	28,90	6,67	-48,1	-46,7	80,2	5,65	26640	28610	38	13320
19	2008/03/02	06:48:56	28,91	6,89	-59,8	-50,9	78,5	5,50	27820	29890	36	13910
20	2008/03/02	06:48:57	28,97	6,87	-58,8	-59,2	77,0	5,35	30170	32450	33	15090
21	2008/03/02	06:48:58	29,08	6,89	-59,9	-60,3	75,9	5,28	29350	31620	34	14670
22	2008/03/02	06:48:59	29,18	6,89	-60,2	-60,3	75,0	5,19	30030	32420	33	15010
23	2008/03/02	06:49:00	29,19	6,85	-58,1	-58,6	74,5	5,19	28380	30640	35	14190
24	2008/03/02	06:49:01	29,18	6,89	-60,3	-59,9	73,5	5,09	30190	32590	33	15100
25	2008/03/02	06:49:02	29,22	6,90	-60,6	-59,7	73,0	5,05	30180	32600	33	15090
26	2008/03/02	06:49:03	29,23	6,90	-60,7	-59,3	72,6	5,02	30230	32660	33	15110
27	2008/03/02	06:49:04	29,25	6,90	-60,8	-59,2	72,4	5,00	30280	32720	33	15140
28	2008/03/02	06:49:05	29,27	6,91	-60,9	-59,0	72,1	4,98	30330	32780	33	15160
29	2008/03/02	06:49:06	29,27	6,91	-61,1	-58,8	71,9	4,97	30290	32750	33	15140
30	2008/03/02	06:49:07	29,27	6,91	-61,2	-58,7	71,5	4,94	30280	32740	33	15140
31	2008/03/02	06:49:08	29,27	6,91	-61,4	-58,5	71,4	4,93	30260	32720	33	15130
32	2008/03/02	06:49:09	29,27	6,92	-61,6	-58,4	71,2	4,92	30250	32700	33	15120
33	2008/03/02	06:49:10	29,27	6,91	-61,4	-58,1	71,2	4,92	30240	32690	33	15120
34	2008/03/02	06:49:11	29,26	6,92	-61,5	-57,9	70,9	4,90	30230	32680	33	15120

Impedir | Salvar | Exportar | Gráfico | Medições | Remover

Ligado! | Ajuda | Sobre

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 MARÉS

De acordo com SILVA (1996) as marés são consideradas as principais produtoras de flutuações diárias e sazonais no nível do mar. No entanto, as oscilações sazonais são causadas juntamente com a sazonalidade de chuvas na região costeira, descarga de rios e variação da temperatura da água na zona costeira.

Segundo DAVIES citado por KOMAR (1976), o regime de maré encontrado no estuário do rio Curuçá é de macromaré por apresentar amplitude acima de 4m devendo ser classificada como maré semidiurna por configurar-se duas baixamares e duas preamares em um único ciclo de maré.

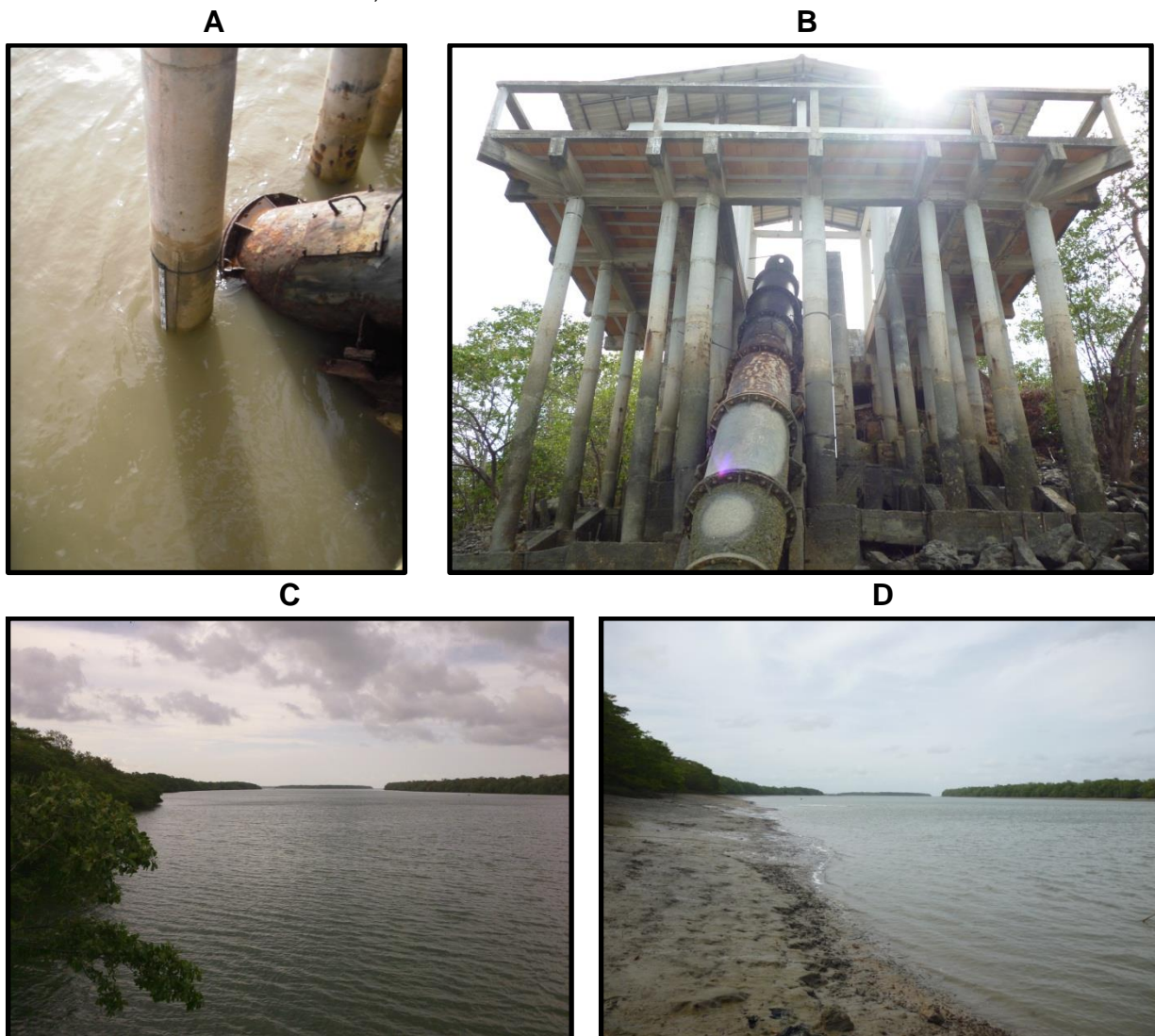
A partir dos dados obtidos na coleta de campo para a área de estudo, foi possível observar que o nível médio de maré alta foi de 4,71m e o nível médio de maré baixa de 0,05m. A amplitude de maré máxima medida para o período foi de 4,66m para maré de sizígia, como pode ser esperado em uma região com predominância de maré semidiurna (Figura 34 e 35).

A grande amplitude de maré é a responsável pelo grande alcance de inundação das áreas de manguezal, mantendo assim a influência das águas do estuário no referido ecossistema.

Essas condições são encontradas na zona costeira dos estados do Pará e do Maranhão, devido às macromarés semidiurnas, que durante a sizígia podem atingir valores acima de 6m de amplitude.

O estuário de Curuçá apresenta uma forte influência marinha e é dominado por macromarés do tipo semidiurnas, com amplitudes variando de 4 a 6 metros, onde a influência das marés alcança de 8 a 10 milhas em terra (MÁCOLA e EL-ROBRINI, 2004). A maré semidiurna é constituída por duas preamares e duas baixamares durante um dia lunar (24h50min). Apresenta amplitude máxima nas marés de sizígia, principalmente nos períodos chuvosos devido a grande influência do aumento do nível dos rios regionais.

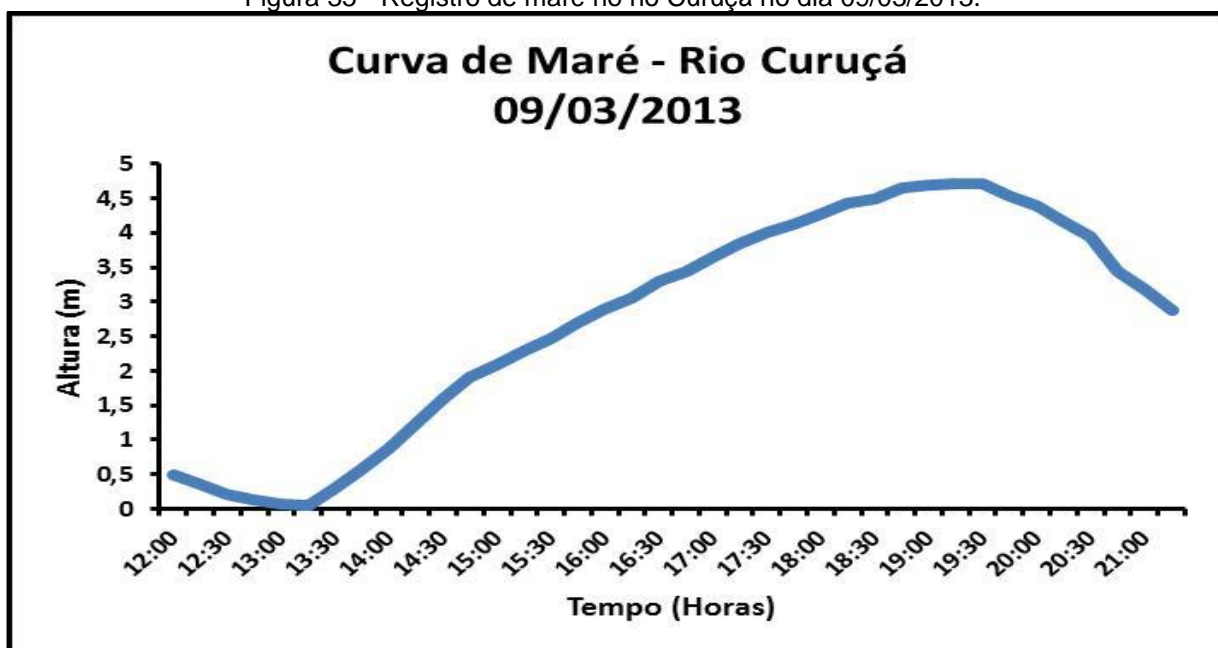
Figura34 - Condições de maré no rio Curuçá no dia 09/03/2013. Vista do Trapiche da Fazenda São Paulo. A e C-Maré alta; B e D-Maré baixa.



Fonte: Autora

Segundo Pinheiro (1987), ao penetrar na região estuarina, as marés provenientes do Oceano Atlântico, tem sua amplitude aumentada devido a pouca profundidade do fundo marinho da costa brasileira.

Figura 35 - Registro de maré no rio Curuçá no dia 09/03/2013.



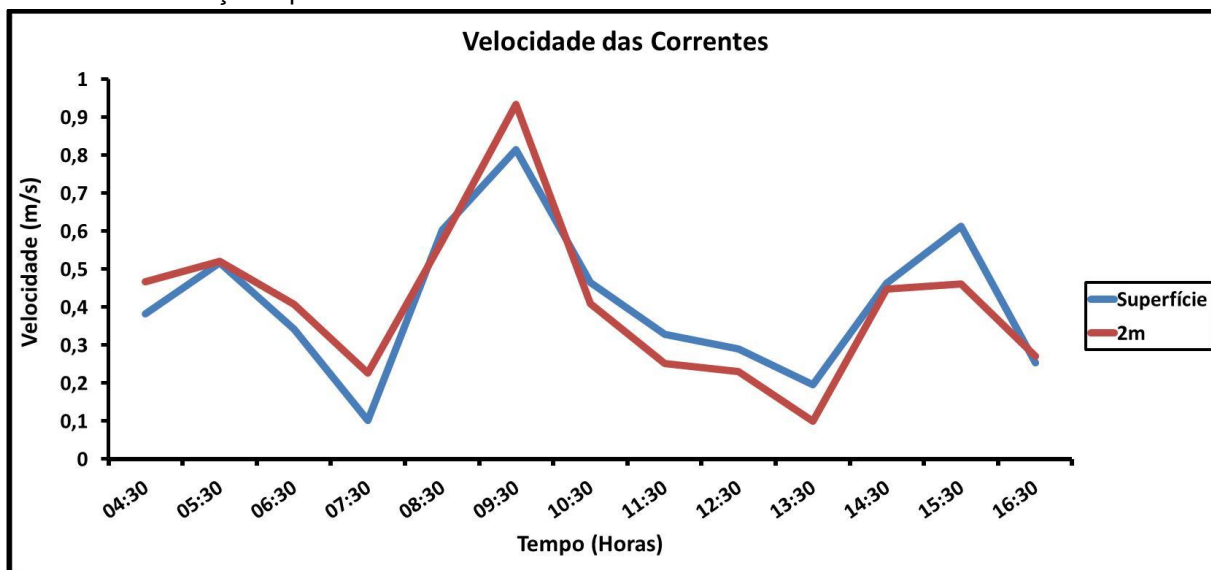
Fonte: Autora

6.1.1. Correntes

No período chuvoso no rio Curuçá as velocidades das correntes foram observadas na superfície e 2m de profundidade, sendo que, a maior velocidade verificada na superfície foi de 0,86m/s e ocorreu durante a situação de maré vazante, cerca de duas horas após a maré alta, e a menor velocidade observada que foi de 0,12m/s ocorreu no estofa de maré alta.

Para a profundidade de 2m a maior velocidade verificada foi de 0,82m/s que ocorreu durante a vazante, duas horas após o estofa de maré alta, e a menor velocidade observada foi de 0,12m/s que ocorreu no estofa de maré baixa. A velocidade média foi de 0,43m/s na superfície e 0,41m/s a 2m de profundidade (Figura 36).

Figura 36 - Variações de velocidade nas correntes de maré durante um ciclo de maré de sizígia no rio Curuçá no período chuvoso.



Fonte: Autora

De acordo com Carvalho (2003), as correntes de maré são as principais correntes que atuam na costa do Estado do Pará. São produzidas pelos movimentos verticais, resultantes da variação (amplitude) do nível do mar. Na costa paraense, estas correntes agem durante todo ano, sendo que nos períodos de maré de sizígia atinge velocidade máxima de 2,8 nós e mínima de 2,2 nós. Na maré de quadratura, a velocidade máxima não ultrapassa 1,48 nós; e a velocidade mínima é de 1,16 nós.

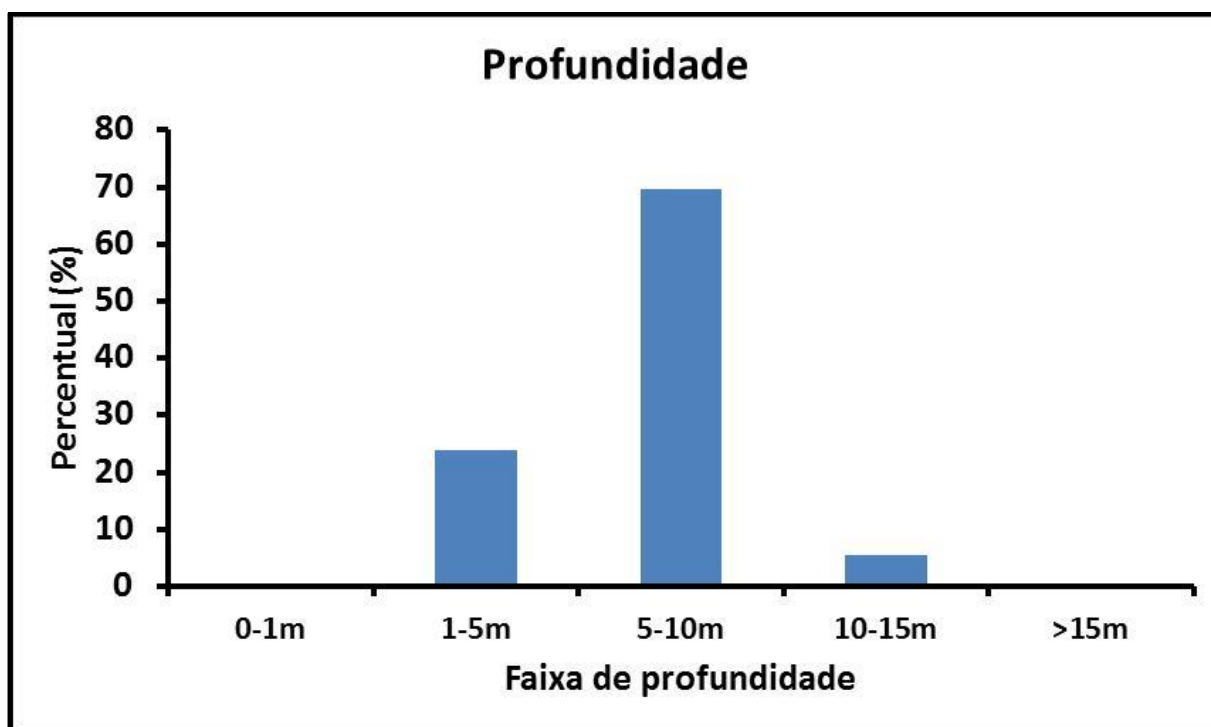
O valor calculado para a vazão no perfil batimétrico 1 do estuário do rio Curuçá foi de $1.741,5\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ (1.741.500 litros/segundo) com perfil batimétrico com nível maregráfico de maré vazante e talvegue de 9m e com área de 4.050m^2 . Para o perfil batimétrico 2 a vazão calculada foi de $1.505\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ (1.505.000 litros/segundo) para perfil batimétrico com nível maregráfico de maré vazante e talvegue de 7m e 3.500m^2 de área. Para o perfil batimétrico 3 a vazão foi de $752,5\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ (752.500 litros/segundo) apresentando assim um perfil batimétrico com nível maregráfico de maré vazante e talvegue de aproximadamente 7m em uma área de 1.750m^2 .

6.1.1.1. Batimetria

Para a medição de dados batimétricos no estuário do rio Curuçá, foram obtidas 50 linhas transversais perfazendo um total de 914 pontos de profundidade, adquiridos ao longo de um trecho linear de 11,51 quilômetros do canal. O espaço dado entre as linhas foi de 300 metros nos trechos mais largos, 200 metros nos trechos com largura média e 100 metros nos trechos mais estreitos (Figura 34 e 35).

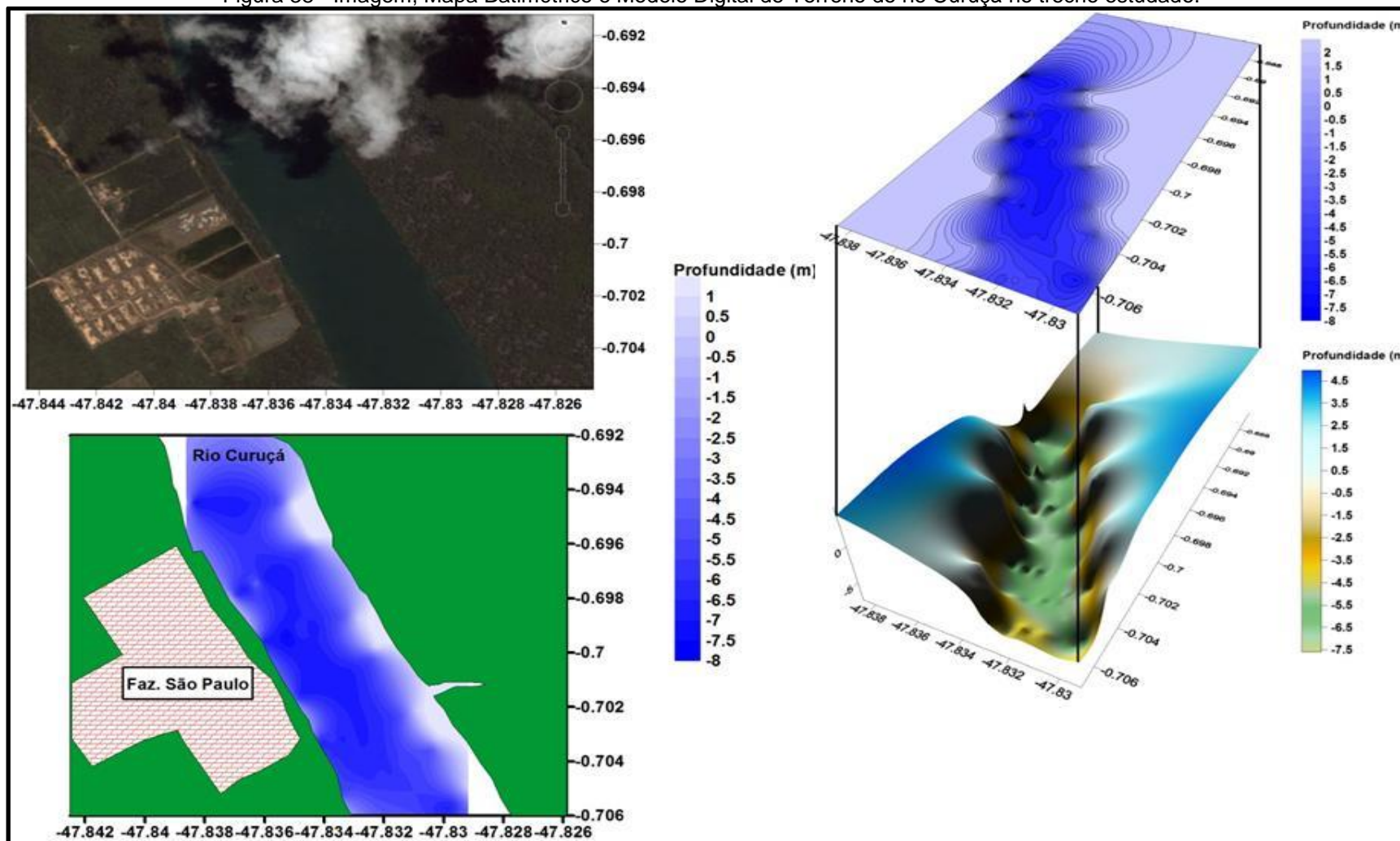
Na distribuição de valores de profundidades medidos no estuário do rio Curuçá, observou-se que 69,74% das profundidades estão entre 5 e 10m, 23,90% das profundidades estão entre 1 e 5m, 5,58% das profundidades estão entre 10 e 15m, 0,49% das profundidades maiores que 15m (Figuras 37 e 38).

Figura 37 – Percentuais de faixas de profundidade do estuário do rio Curuçá.



Fonte: Autora

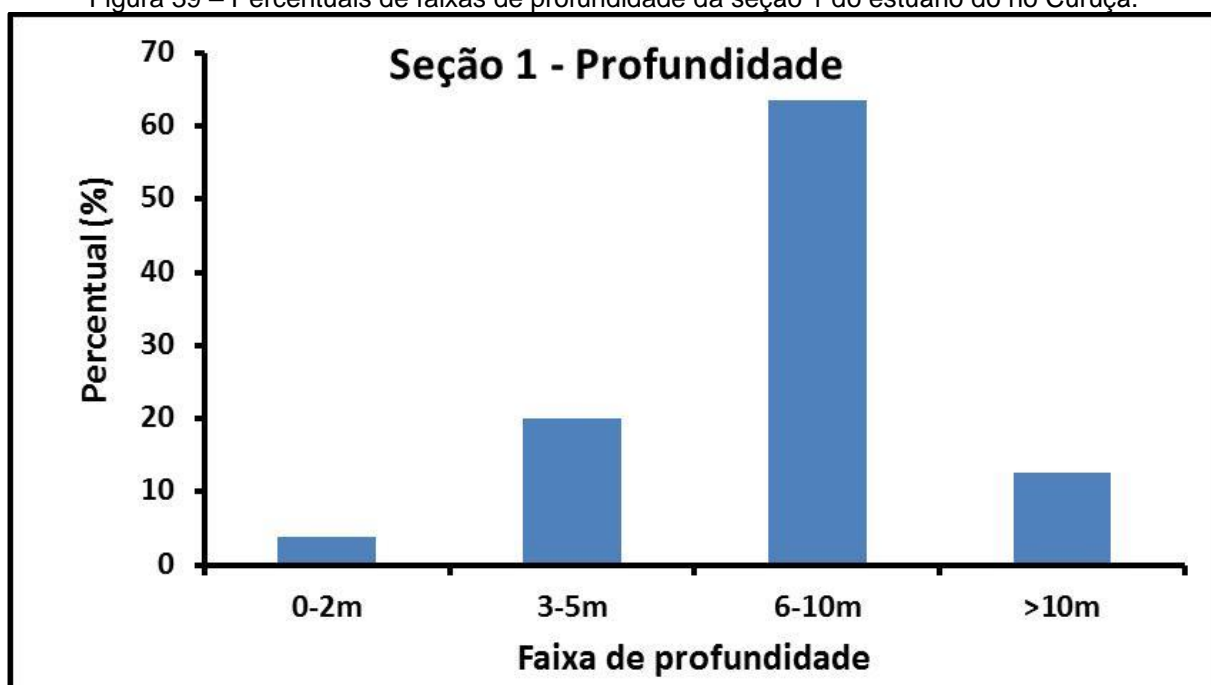
Figura 38 - Imagem, Mapa Batimétrico e Modelo Digital de Terreno do rio Curuçá no trecho estudado.



Fonte: Autora

O primeiro trecho representa a parte inferior do estuário do rio Curuçá que possui formato retilíneo e encontrando-se com o rio Muriá, no qual o comprimento do corpo d'água é de aproximadamente 3,59km de extensão com cerca de 410m de largura média. Apresenta uma profundidade máxima de 18m e uma profundidade média de 7,84m. Possui cerca de 3,81% de profundidades menores que 2m aumentando em direção a montante. A presença destes trechos de baixas profundidades caracterizam-se por apresentar uma série de bancos de areias longitudinais e transversais em formato de deltas de maré enchente, apresentando-se emersos durante o período de maré baixa (Figuras 39 e 40).

Figura 39 – Percentuais de faixas de profundidade da seção 1 do estuário do rio Curuçá.



Fonte: Autora

Apresenta cerca de 63,42% de profundidades entre 6 e 10m, 20,08% entre 3 e 5m de profundidade e 12,68% apresentando profundidades acima de 10m. Esta seção apresenta em seu perfil médio um canal caracterizado por um único talvegue de 9m de profundidade e 450m de largura (Figura 41).

Figura 40 - Mapa Batimétrico do Setor I representado pelo estuário inferior do rio Curuçá (Curuçá-PA).

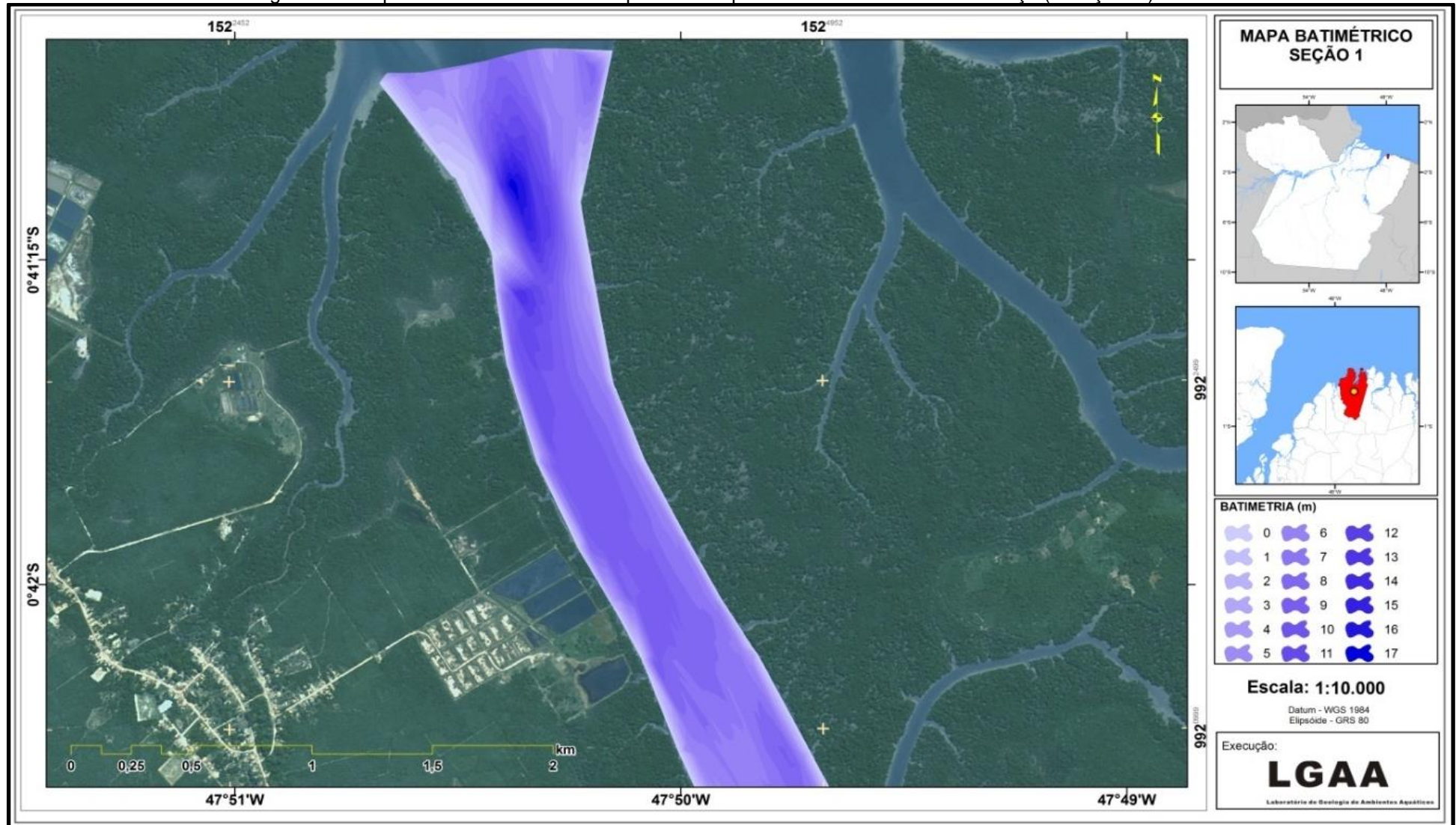
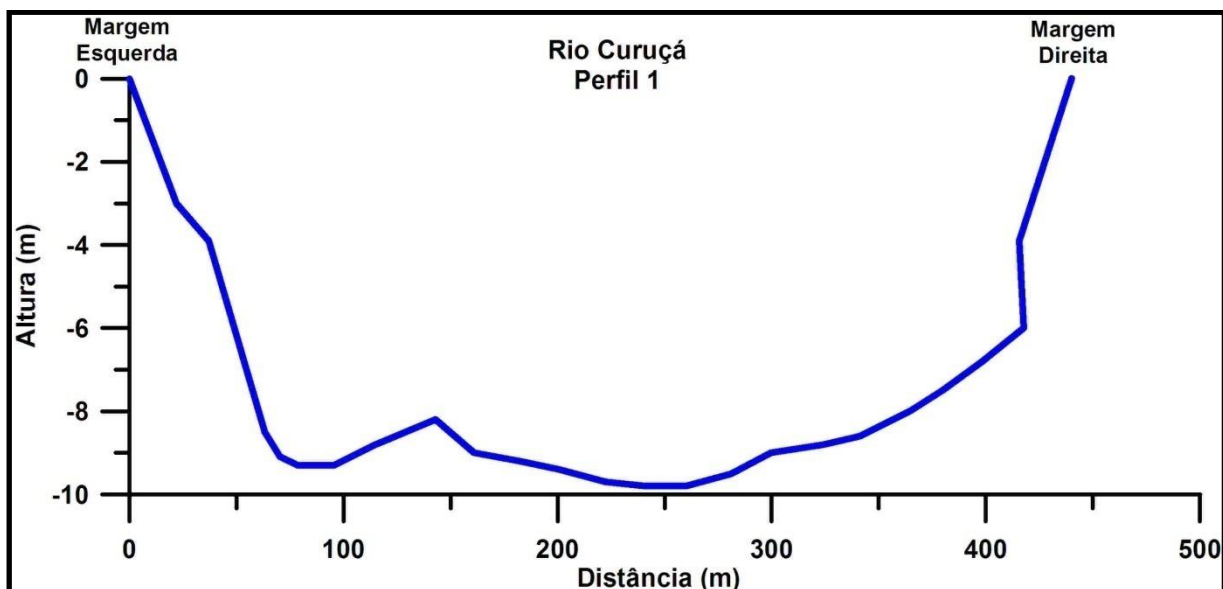


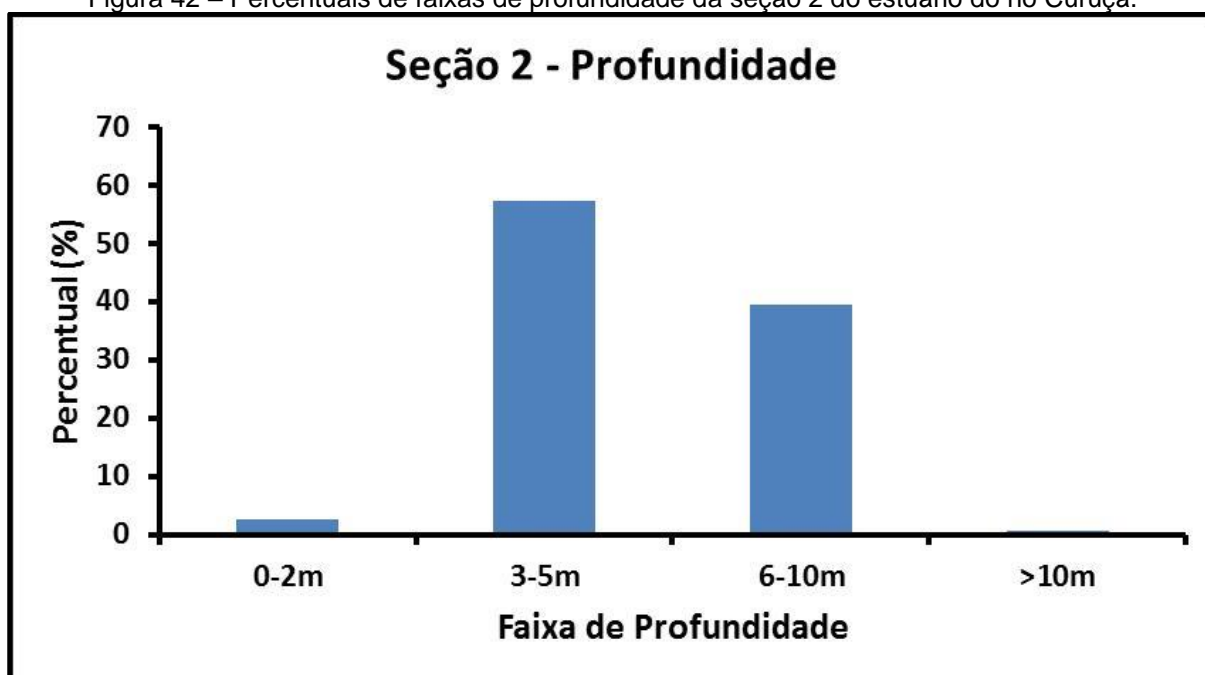
Figura 41 - Perfil batimétrico levantado no rio Curuçá. Perfil 1 - Linha batimétrica 299-321.



Fonte: Autora

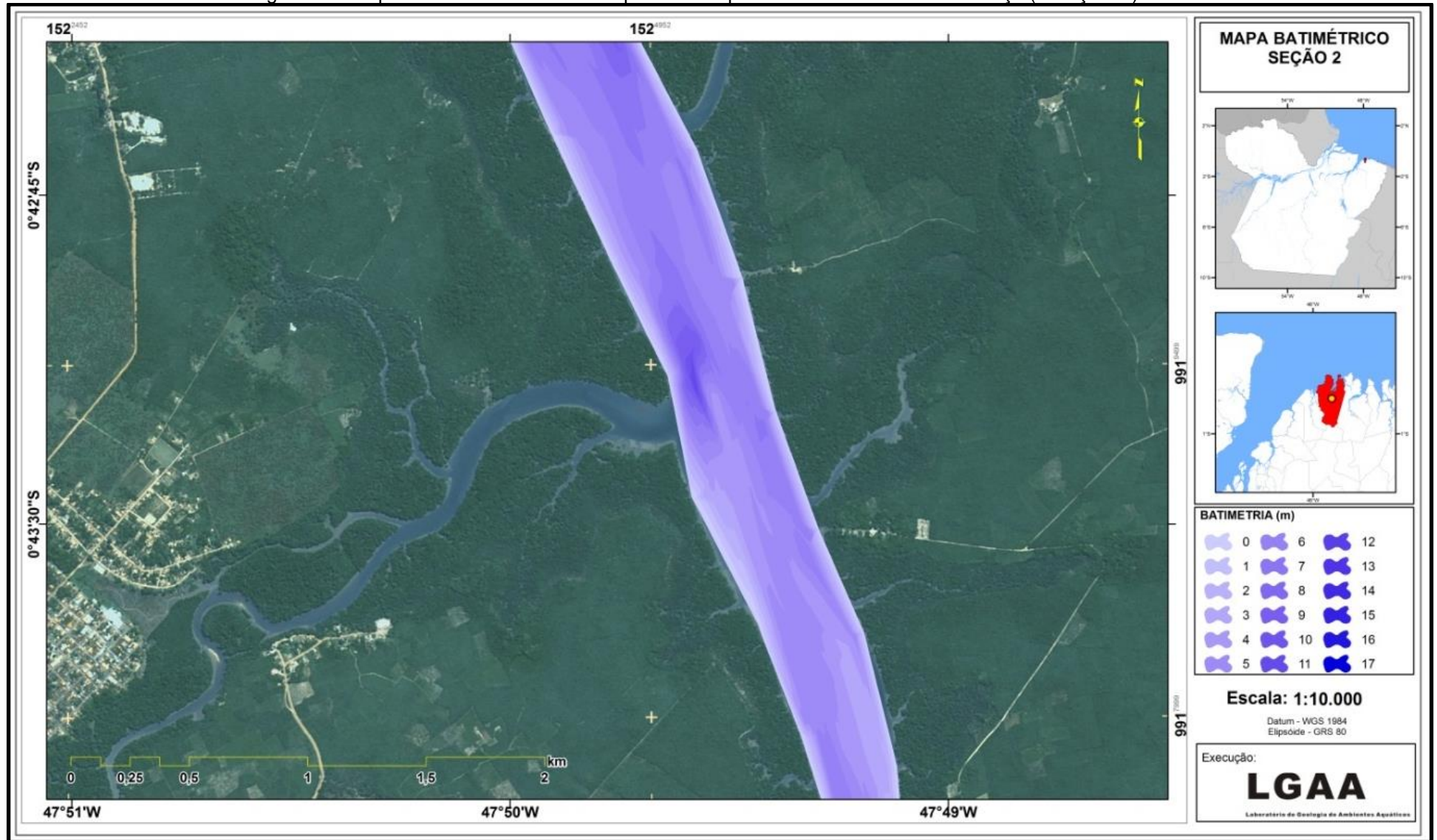
O segundo trecho representa a parte média do estuário do rio Curuçá que também representa um segmento retilíneo, no qual o comprimento do corpo d'água é de aproximadamente 3,98km de extensão com cerca de 430m de largura média. Apresenta uma profundidade máxima de 12m e uma profundidade média de 5,76m. Possui cerca de 2,5% de sua profundidade abaixo de 2m (Figuras 42 e 43).

Figura 42 – Percentuais de faixas de profundidade da seção 2 do estuário do rio Curuçá.

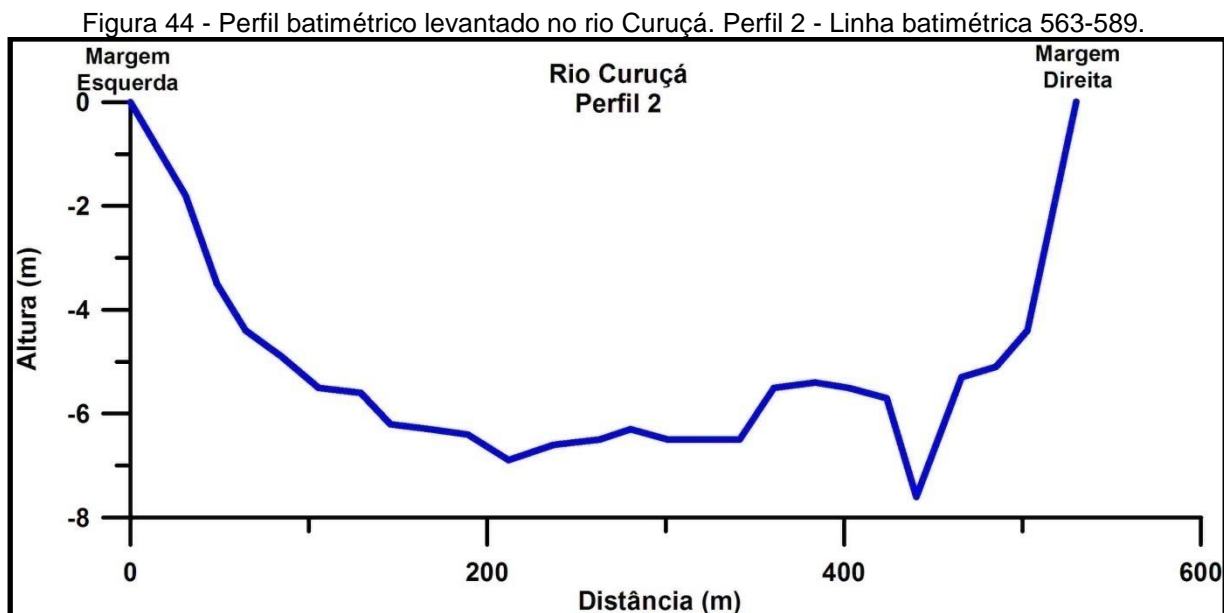


Fonte: Autora

Figura 43 - Mapa Batimétrico do Setor II representado pelo estuário médio do rio Curuçá (Curuçá-PA).



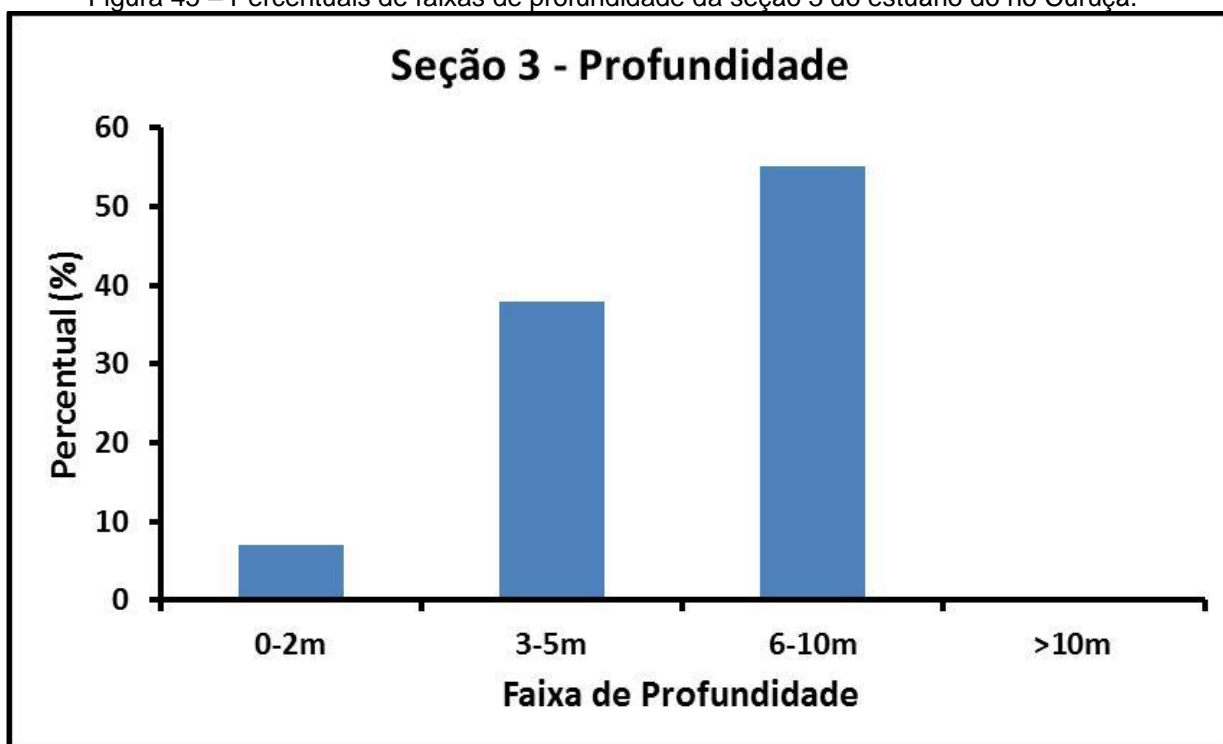
Apresenta cerca de 57,23% de profundidades variando entre 3 e 5m, 39,55% de suas profundidades entre 6 e 10m e 0,64% de profundidades acima de 10m. Esta seção apresenta em seu perfil médio um canal caracterizado por um único talvegue de 7m de profundidade e 500m de largura (Figura 44).



Fonte: Autora

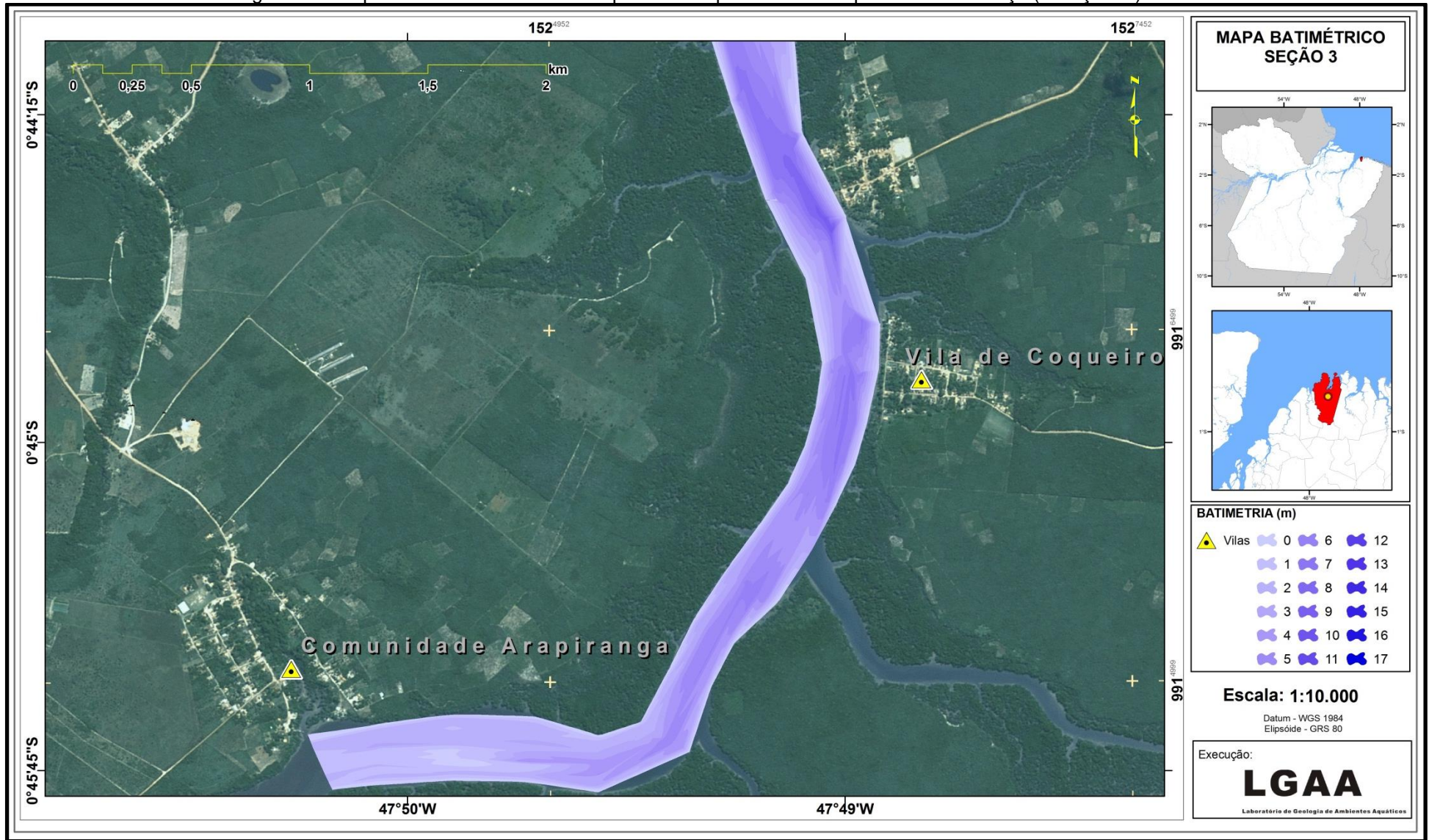
O terceiro trecho representa a parte superior do estuário do rio Curuçá que também representa um segmento em forma meandrante, no qual o comprimento do corpo d'água é de aproximadamente 3,94km de extensão com cerca de 280m de largura média. Apresenta uma profundidade máxima de 10m e uma profundidade média de 5,87m. Possui cerca de 6,98% de sua profundidade abaixo de 2m, esses trechos rasos estão localizados em uma série de bancos de areia de posições tanto laterais quando longitudinais ficando emersos na presença da maré baixa (Figuras 45 e 46).

Figura 45 – Percentuais de faixas de profundidade da seção 3 do estuário do rio Curuçá.



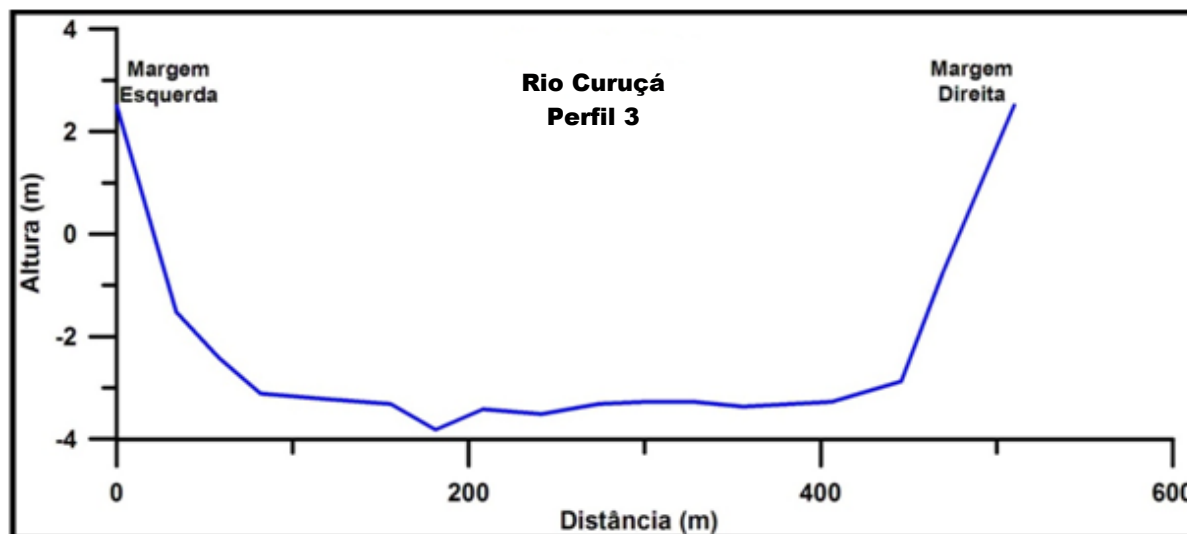
Fonte: Autora

Figura 46 - Mapa Batimétrico do Setor III representado pelo estuário superior do rio Curuçá (Curuçá-PA).



Apresenta cerca de 55,04% de profundidades entre 6 e 10m, 37,98% entre 3 e 5m de profundidade e nenhuma profundidade acima de 10m. Esta seção apresenta em seu perfil médio um canal caracterizado por um único talvegue de 7m de profundidade e 250m de largura, que acompanha a forma meandrante do canal (Figura 47).

Figura 47 - Perfil batimétrico levantado no rio Curuçá. Perfil 3 - Linha batimétrica 900-914.



Fonte: Autora

6.1.1.2 Sedimentos Superficiais

A determinação das características físicas dos sedimentos é de fundamental importância para o entendimento da dinâmica responsável pela disposição de depósitos sedimentares. A análise das dimensões das partículas é importante devido permite a dedução de indicações preciosas, tais como a proveniência, transporte e o meio deposicional (MARTINS, 2007).

O estudo da natureza e distribuição dos sedimentos de fundo em corpos hídricos tem importante papel em diversas áreas, pois dará suporte para o planejamento de canais de acesso aos terminais portuários, marinas, dragagens e áreas de despejo e também para entender o substrato e a biota existente nesta região. A análise do tamanho das partículas dos sedimentos pode indicar o comportamento do seu agente deposicional relacionado aos respectivos níveis de

energia, sendo essencial para o entendimento do ambiente, e fornecerá importantes informações acerca da micro e macrofauna bentônica (BOULHOSA, 2007).

Foram coletadas 18 amostras no estuário do rio Curuçá, sendo que, foi realizada a caracterização textural dos sedimentos (Tabela 6) e seus parâmetros estatísticos relacionados (média, selecionamento, assimetria e curtose) de apenas de 17 amostras (exceto Sed.10).

A partir de análise sedimentológica das amostras do rio Curuçá foram observados 6 tipos de textura: areia grossa (Sed.09 e Sed.18), areia média (Sed.12 até a Sed.16), areia fina (Sed.10), areia muito fina (Sed.01 até a Sed.08), silte fino (Sed.11) e silte grosso (Sed.17).

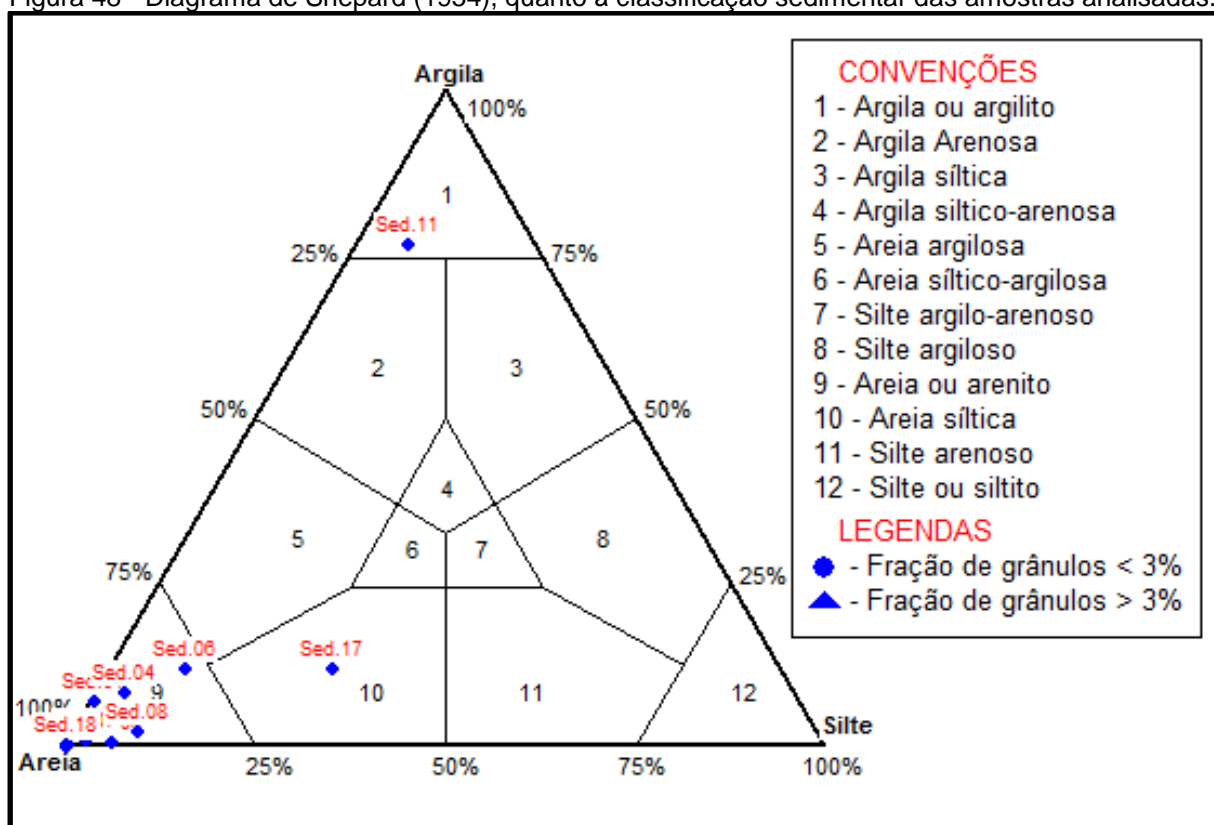
Tabela 6 – Percentuais das frações granulométricas das amostras coletadas no rio Curuçá.

Amostra	% Cascalho	% Areia	% Silte	% Argila
Sed.01	0	92,72	0,64	6,64
Sed.02	0	99,71	0,17	0,12
Sed.03	0	93,58	5,97	0,45
Sed.04	0	88,07	3,94	7,99
Sed.05	0	99,79	0,13	0,080
Sed.06	0	78,21	10,21	11,58
Sed.07	0	96,64	2,45	0,91
Sed.08	0	89,21	8,67	2,12
Sed.09	0,214	99,76	0,024	0
Sed.10	0	99,98	0,02	0
Sed.11	0	16,8	7,17	76,03
Sed.12	0,049	99,93	0,024	0
Sed.13	0,062	99,87	0,063	0
Sed.14	0	100	0,002	0
Sed.15	0,306	99,67	0,026	0
Sed.16	0,012	99,95	0,037	0
Sed.17	0	58,92	29,35	11,73
Sed.18	2,353	97,62	0,03	0

Fonte: Autora

Para classificação textural foi utilizado a classificação de Shepard (1954) que é baseada em um diagrama triangular, com seus três componentes principais dispostos em cada vértice do triângulo: areia, silte e argila. A partir da análise textural observa-se a presença de argilito (Sed.11), areia siltica (Sed.17) e o predomínio de areia (todas as outras) (Figura 48).

Figura 48 - Diagrama de Shepard (1954), quanto à classificação sedimentar das amostras analisadas.



Fonte: Autora

Figura 49 – Mapa de distribuição dos sedimentos no estuário do rio Curuçá-PA.

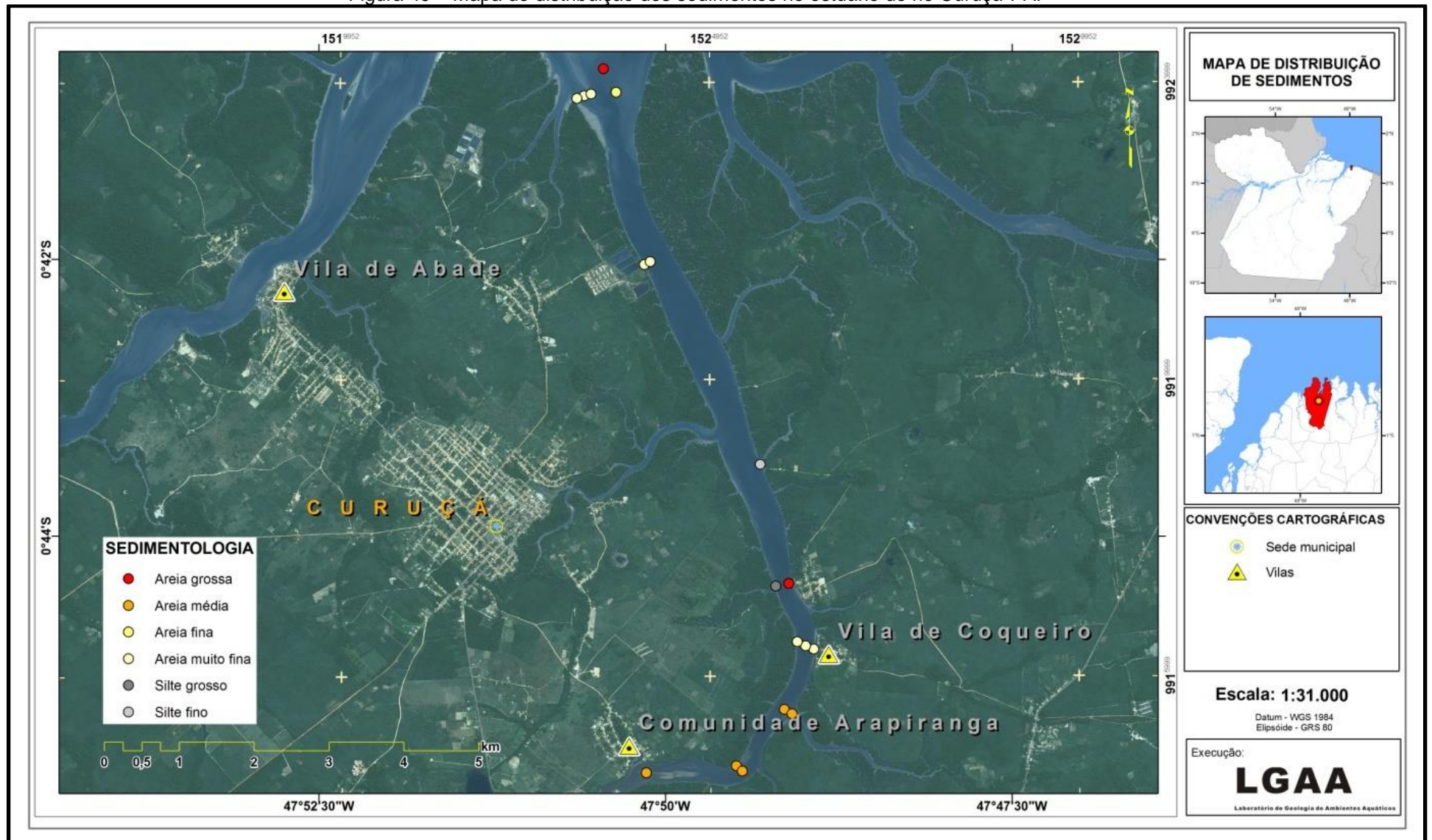


Tabela 7 – Classificação das amostras coletadas no rio Curuçá, de acordo com Folk e Ward (1957).

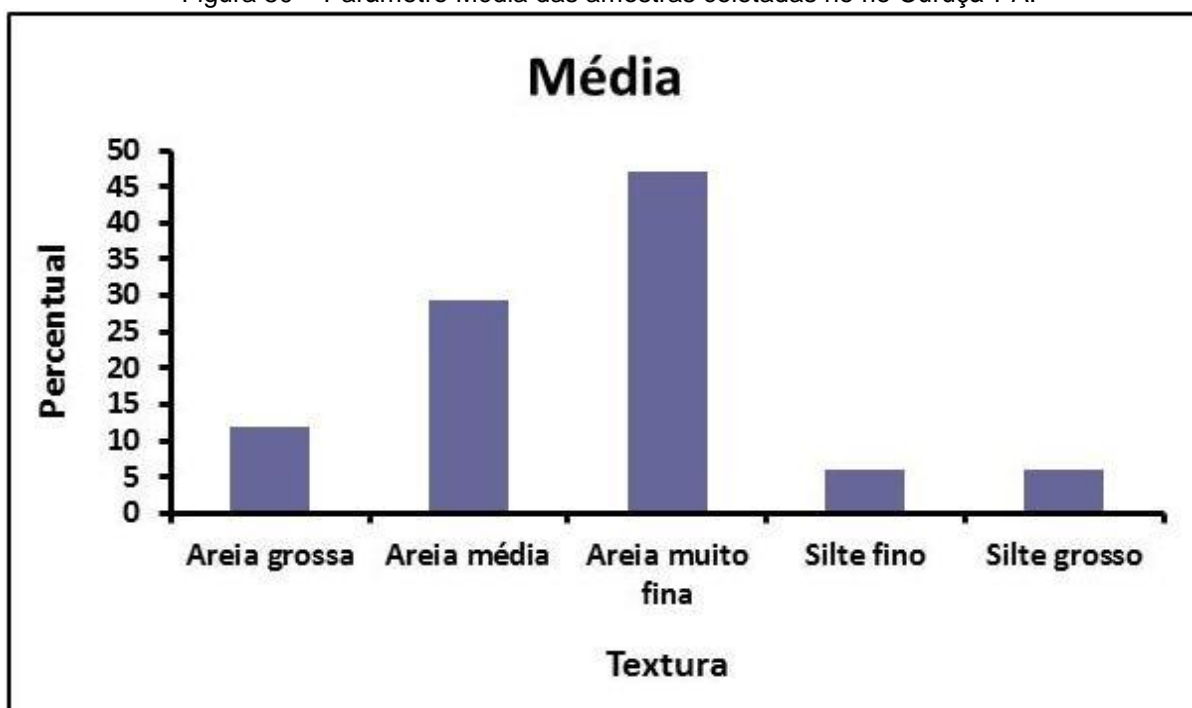
Amostra	Classificação			
	Média	Seleção	Assimetria	Curtose
Sed.01	Areia muito fina	Moderadamente selecionado	Muito positiva	Extremamente leptocúrtica
Sed.02	Areia muito fina	Muito bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica
Sed.03	Areia muito fina	Bem selecionado	Muito positiva	Extremamente leptocúrtica
Sed.04	Areia muito fina	Moderadamente selecionado	Muito positiva	Extremamente leptocúrtica
Sed.05	Areia muito fina	Muito bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica
Sed.06	Areia muito fina	Pobrememente selecionado	Muito positiva	Extremamente leptocúrtica
Sed.07	Areia muito fina	Muito bem selecionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica
Sed.08	Areia muito fina	Bem selecionado	Muito positiva	Extremamente leptocúrtica
Sed.09	Areia grossa	Bem selecionado	Negativa	Leptocúrtica
Sed.10	Areia fina	-----	-----	-----
Sed.11	Silte fino	Muito pobremente selecionado	Muito negativa	Extremamente leptocúrtica
Sed.12	Areia média	Moderadamente selecionado	Negativa	Platicúrtica
Sed.13	Areia média	Moderadamente selecionado	Negativa	Leptocúrtica
Sed.14	Areia média	Moderadamente selecionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica
Sed.15	Areia média	Moderadamente selecionado	Negativa	Mesocúrtica
Sed.16	Areia média	Moderadamente selecionado	Negativa	Mesocúrtica
Sed.17	Silte grosso	Pobrememente selecionado	Muito positiva	Mesocúrtica
Sed.18	Areia grossa	Moderadamente selecionado	Aproximadamente simétrica	Leptocúrtica

Fonte: Autora

A média é considerada uma boa representação do diâmetro médio de grão por não se basear em um único tamanho de grão ou classe de tamanho. A média é a medida de tendência central mais importante, pois é determinada pela fonte de sedimento, pelo agente transportador e pelo ambiente deposicional.

A partir da análise dos pontos foi possível observar que a média apresentou fração granulométrica predominante de areia muito fina (Sed.01 até a Sed. 08), com valores que variam de $3,25\phi$ (Sed.05) até $3,99\phi$ (Sed.06). a segunda maior granulometria observada foi a de areia média (Sed.12 até a Sed.16) com valores que variam de $1,27\phi$ (Sed.14) até $1,64\phi$ (Sed.16). As médias granulométricas restantes foram areia grossa (Sed.09 - $0,64\phi$ e a Sed.18 - $0,76\phi$), silte fino (Sed.11 - $6,86\phi$) e silte grosso (Sed.17 - $4,13\phi$) (Figura 50). Essa distribuição está de acordo com uma área estuarina bastante influenciada pela ação das marés, o que estabelece um ambiente de hidrodinâmica alta, no qual a fração areia é a predominante.

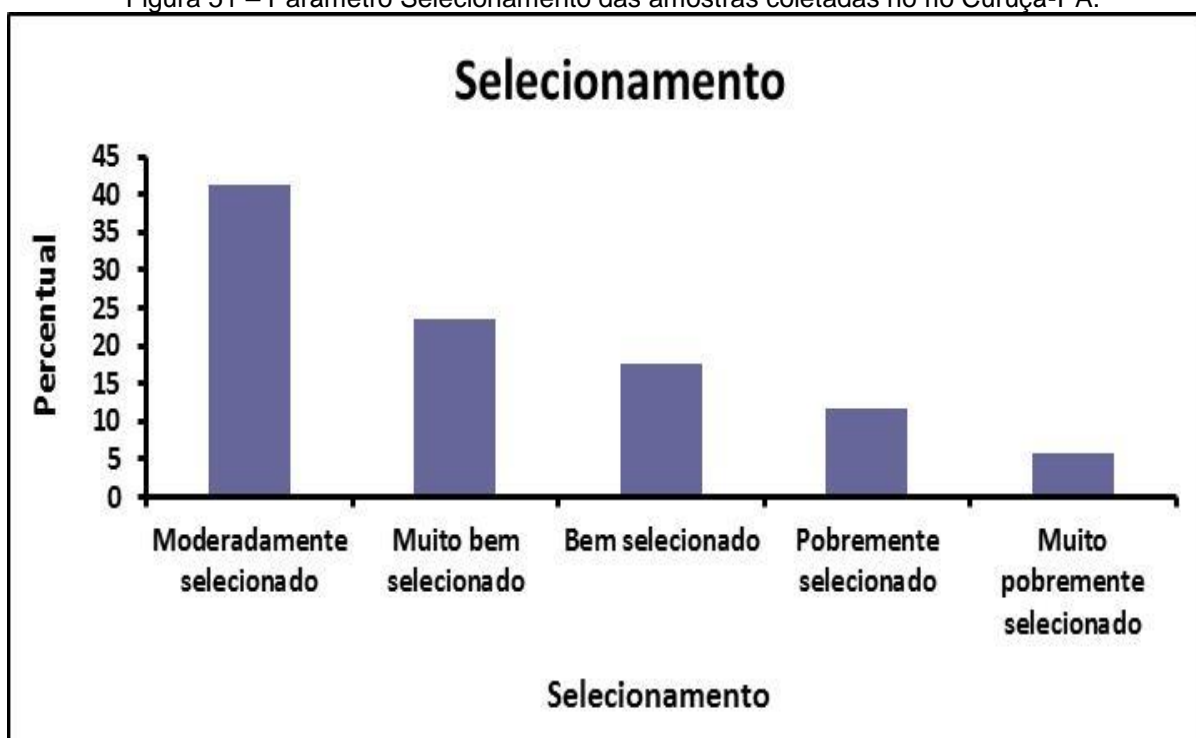
Figura 50 – Parâmetro Média das amostras coletadas no rio Curuçá-PA.



Fonte: Autora

O grau de seleção (ou desvio padrão) é a variação central dos tamanhos de grão a partir da média aritmética. O desvio padrão serve para determinar o grau de dispersão das classes granulométricas em relação à média. Refletindo a capacidade dos agentes geológicos em selecionar com maior ou menor habilidade um determinado sedimento. O desvio padrão encontrado variou de $0,15\phi$ (Sed.05) até $2,2\phi$ (Sed.11). Os sedimentos foram classificados como: muito pobremente selecionadas (Sed.11), pobremente selecionadas (Sed.06 e Sed.17), bem selecionadas (Sed.03, Sed.08 e Sed.09), muito bem selecionadas (Sed.02, Sed.05, Sed.07 e Sed.18) e moderadamente selecionadas (Sed.01, Sed.04, Sed.12 até a Sed.16). Predominando amostras moderadamente selecionadas (41,18%) a muito bem selecionadas (23,53%) (Figura 51). Os intervalos de selecionamento observado nas amostras do estuário do rio Curuçá, representam sedimentos de ambientes com níveis de energia alta a moderada.

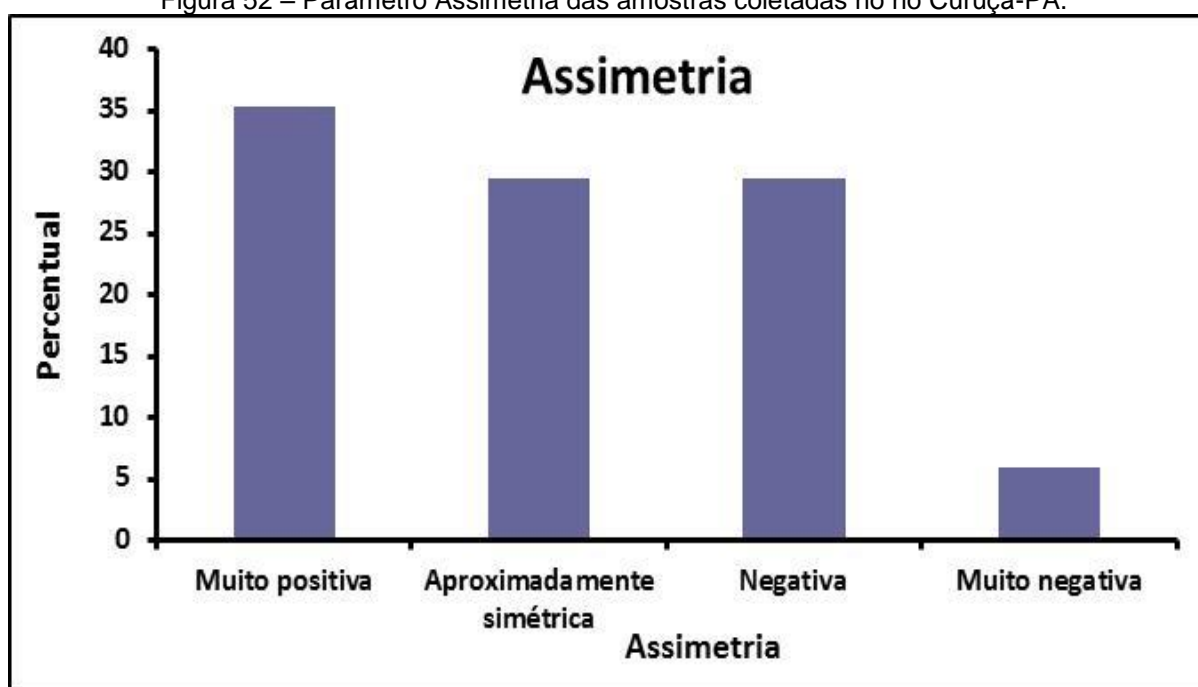
Figura 51 – Parâmetro Selecionamento das amostras coletadas no rio Curuçá-PA.



Fonte: Autora

A assimetria de uma distribuição granulométrica traduz a posição da mediana em relação à média. Em um sedimento com predominância de material fino sobre o grosseiro, a assimetria é positiva, mostrando que o tamanho médio é menor que a mediana. De maneira geral, os sedimentos coletados no estuário, 35,29% das amostras são muito positiva, 29,41% aproximadamente simétrica, 29,41% negativa e 5,88% muito negativa (Figura 52).

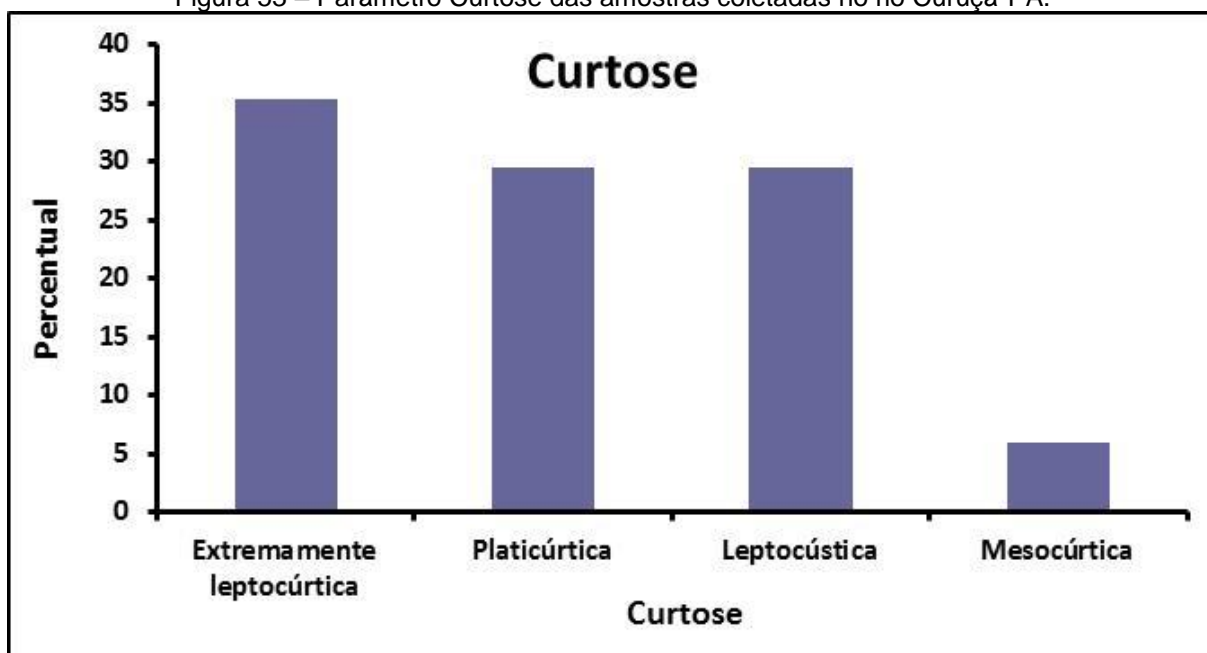
Figura 52 – Parâmetro Assimetria das amostras coletadas no rio Curuçá-PA.



Fonte: Autora

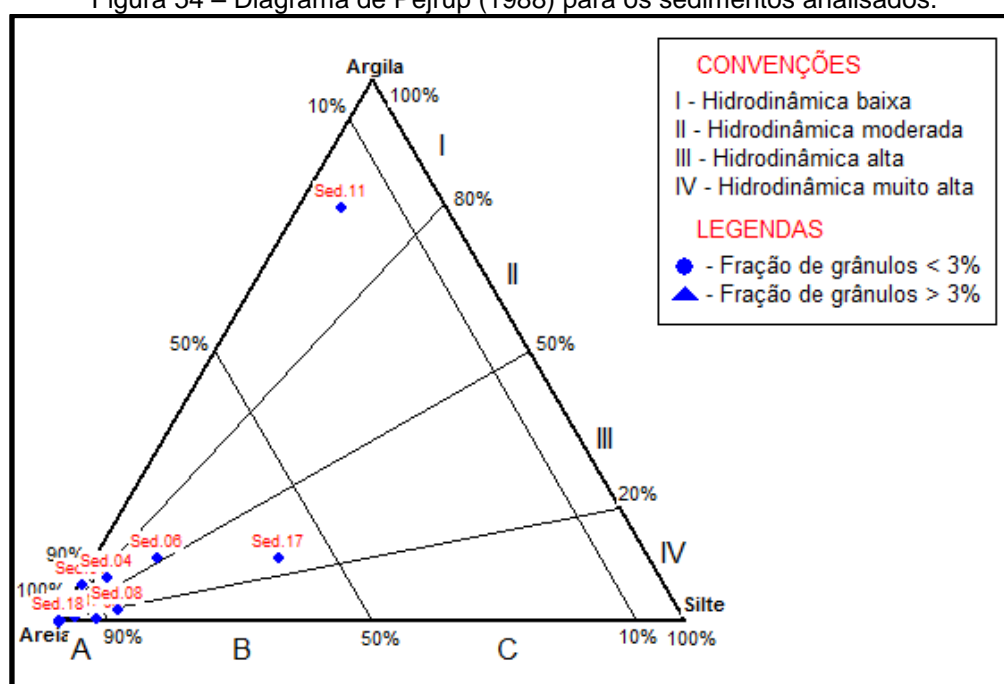
A curtose relaciona medidas de selecionamento das porções central e extrema da curva de distribuição granulométrica. Esse parâmetro tem sido amplamente estudado e relacionado com sucesso ao nível de energia do ambiente deposicional, sendo inversamente proporcionais. Quanto a curtose, 35,29% das amostras são extremamente leptocúrtica, 29,41% platicúrtica, 17,65% leptocúrtica e 17,65% são mesocúrtica (Figura 53).

Figura 53 – Parâmetro Curtose das amostras coletadas no rio Curuçá-PA.



Para avaliar as condições hidrodinâmicas do estuário do rio Curuçá onde foram coletadas as amostras, foi utilizado o diagrama triangular proposto por Pejrup (1988) utilizado para a classificação de sedimentos estuarinos. onde foi possível inferir que a área estudada é caracterizada por 3 tipos de hidrodinâmica: baixa, moderada e predominantemente alta, revelando o predomínio de grãos do tamanho areia, característicos de ambientes de maior energia (Figura 54).

Figura 54 – Diagrama de Pejrup (1988) para os sedimentos analisados.



Fonte: Autora

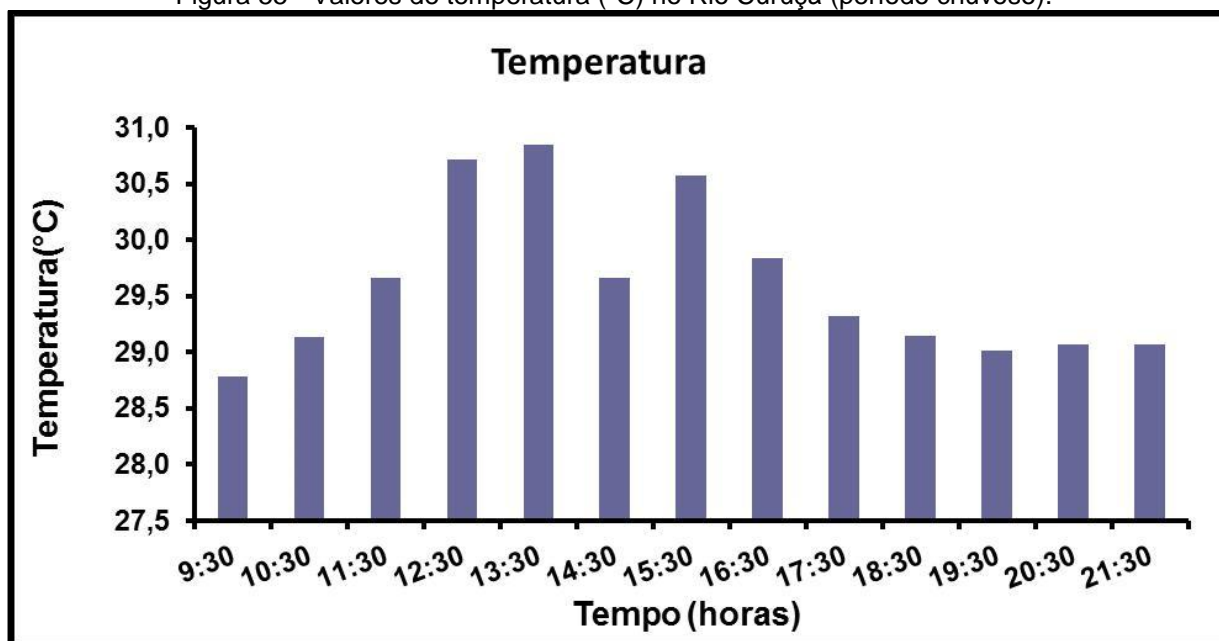
6.2 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

6.2.1 Temperatura

A temperatura é o principal agente controlador da distribuição e da atividade de animais e plantas, atuando como um fator limitante à reprodução, ao crescimento e a distribuição de organismos. Segundo Pereira e Gomes (2002), as águas superficiais nas regiões oceânicas de baixas latitudes, apresentam variação de temperatura entre 26°C e 30°C.

A análise foi realizada no período chuvoso com duração de 12h (09h30min até 21h30min). A temperatura média da água no estuário do rio Curuçá foi de 29,81°C, apresentando variações entre 28,78°C a 30,84°C, respectivamente às 9h30min (na maré vazante) e às 13h30min (no estófo de maré baixa). No horário de 14h30min (na enchente) ocorreu uma diminuição de temperatura (29,66°C) causada por uma chuva de curta duração. A variação entre a máxima e mínima foi 2,06°C (Figura 55).

Figura 55 - Valores de temperatura (°C) no Rio Curuçá (período chuvoso).



Fonte: Autora

As variações de temperaturas no estuário são causadas pela interação de calor entre as águas dos rios e dos oceanos, e com a participação dos fatores: vento, localização geográfica, correntes de maré e profundidade.

A maior elevação da temperatura nas águas superficiais ocorre a partir do meio dia, o que provavelmente é causado pela radiação solar que incide primeiro nessa camada.

Trabalhos realizados nos estuários paraenses deram suporte para o resultado deste estudo, como: Cohen (1998) que observou médias de temperatura igual a 27,62°C durante os meses de janeiro e junho de 1997 nas águas estuarinas que inundam o manguezal de Bragança – PA.

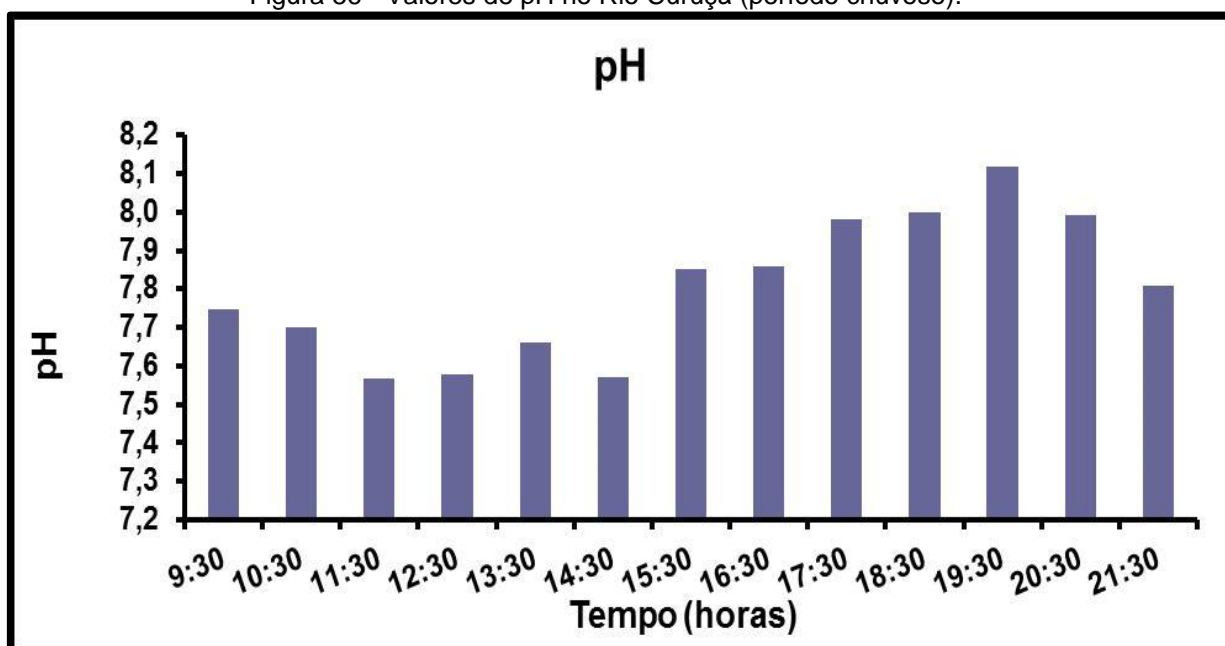
6.2.2 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O potencial hidrogeniônico representa a atividade dos íons hidrônios livres na água, que resulta da dissociação da própria molécula da água e, posteriormente, acrescida pelo hidrogênio proveniente de outras fontes naturais e/ou antrópicas. O pH relacionasse diretamente com a acidez e a alcalinidade das águas além de indicar a concentração do íon hidrogênio de uma solução.

No período de um ciclo diário (24horas), podem ocorrer grandes variações de pH em um mesmo ecossistema aquático, notasse que esta variação é bem diferenciada entre as áreas de água continental e litorânea, as propriedades físico-químicas do meio sofre grande interferência das comunidades macrófitas aquáticas.

Durante as análises do pH no período chuvoso foi observado uma oscilação entre 7,57 a 8,12, respectivamente, na vazante (11h30min) e na enchente (19h30min), o que demonstra a mistura de água doce com a mais salina provinda do oceano, ou seja, há contribuição marinha, além de apresentar tendência alcalina.. Assim como a temperatura o pH sofreu uma diminuição 7,57 na enchente, ocasionada por uma chuva de curta duração (figura 56).

Figura 56 - Valores de pH no Rio Curuçá (período chuvoso).



Fonte: Autora

Vale ressaltar que os maiores valores de pH, foram observados na maré cheia, proveniente do aumento das descargas fluviais e da concentração de íons com a entrada das águas oceânicas no estuário.

Segundo Baumgarten e Pozza (2001), o pH das águas estuarinas sofre variações diretamente relacionadas com às atividades fotossintética/respiração de organismos, a dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e as variações induzidas pelas marés.

Para análise desse parâmetro foi utilizado a escala de pH. Essa escala é constituída de uma série de números que variam de 0 a 14, a partir dos quais podemos determinar os vários graus de acidez ou alcalinidade. Quando os valores apresentados estão abaixo de 7 e próximos de 0 indicam aumento de acidez, enquanto valores de 7 a 14 indicam aumento da basicidade.

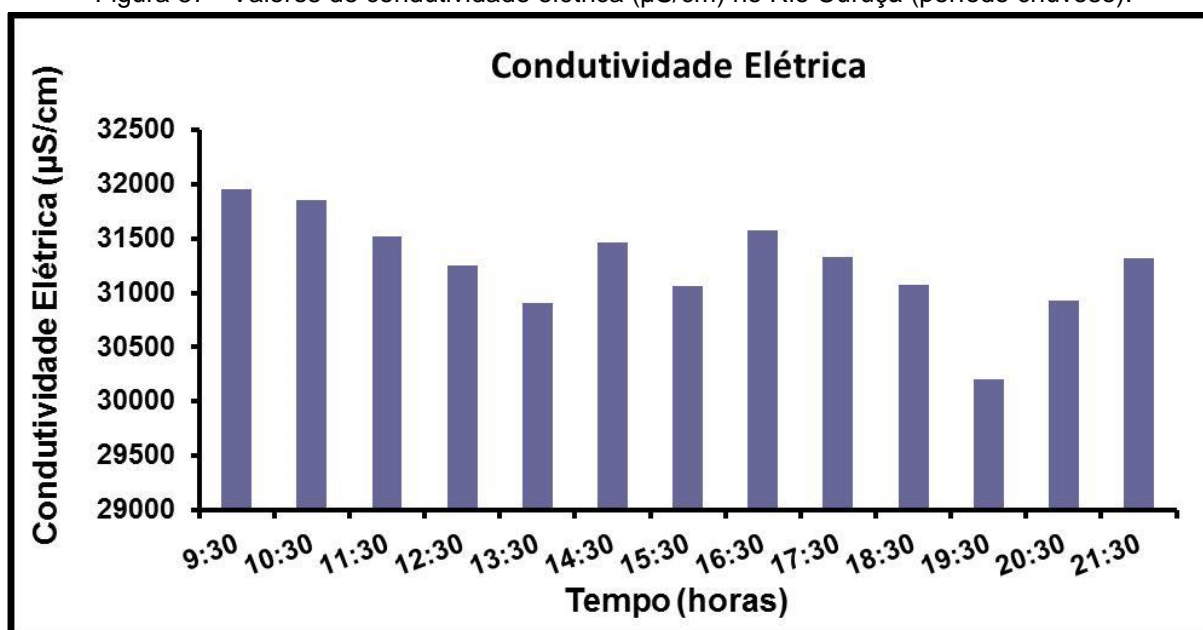
6.2.3 Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica é uma expressão numérica da capacidade de uma água conduzir uma corrente elétrica, que é diretamente proporcional à quantidade de sais presentes em uma solução. Quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica da água. Além de fornecer boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, porém não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes.

Esse parâmetro da água pode variar de acordo com a temperatura e a concentração total de substâncias ionizadas dissolvidas. Em águas cujos valores de pH se localizam nas faixas extremas ($\text{pH} > 9$ ou $\text{pH} < 5$), os valores de condutividade são devidos apenas às altas concentrações de poucos íons em solução, dentre os mais frequentes são o H^+ e o OH^- (APHA, 1998).

A condutividade variou de $31951,6\mu\text{S}/\text{cm}$ (na vazante) a $30201,4\mu\text{S}/\text{cm}$ (na enchente) (Figura 57).

Figura 57 - Valores de condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) no Rio Curuçá (período chuvoso).



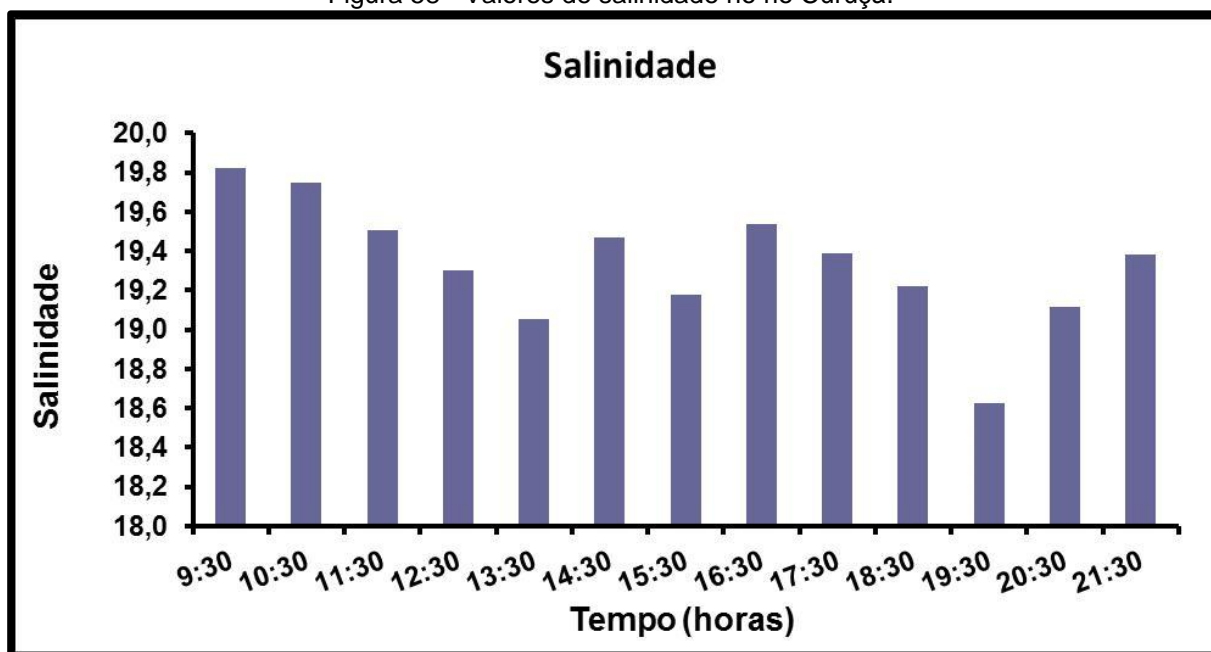
Fonte: Autora

6.2.4 Salinidade

A salinidade é a medida da quantidade de sais existentes em massas de água naturais, sendo ela originada de um oceano, lago, estuário ou aquífero. As pequenas variações locais na salinidade superficial do mar ocorrem devido às chuvas, evaporação e atividade biológica consumidora de sais. Os maiores valores de salinidade são observados nos trópicos em consequência das altas taxas de evaporação.

Os valores de salinidade encontrados na área de estudo, durante o período chuvoso apresentaram menor valor no estófo de maré baixa de 19,06. Já a maior concentração foi observada na maré vazante de 19,82, a variação média foi 19,44 (Figura 58).

Figura 58 - Valores de salinidade no rio Curuçá.



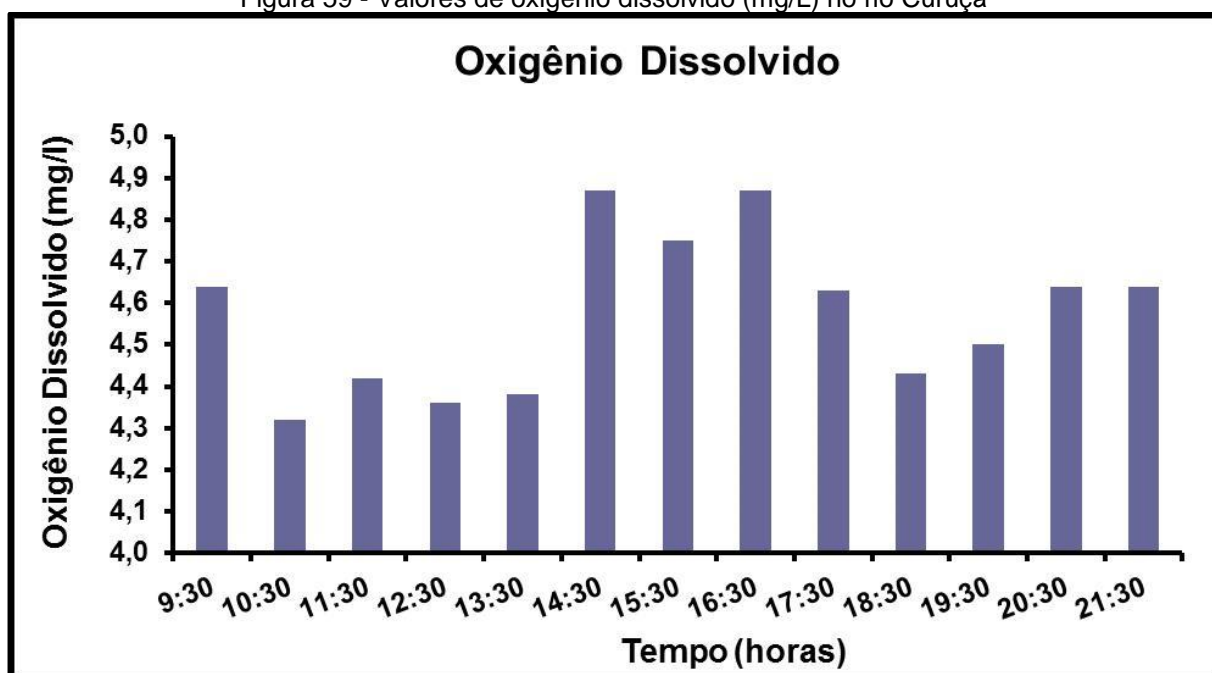
Fonte: Autora

6.2.5 Oxigênio Dissolvido

O oxigênio dissolvido de maneira geral provém da dissolução do oxigênio atmosférico e também de alguns microorganismos vivos na água como as bactérias e algas. Sendo uma importante fonte de oxigênio na água a fotossíntese de algas ocorre intensamente em ambientes no qual a decomposição de compostos orgânicos desencadeou na liberação de sais minerais no meio aquoso.

O estuário do rio Curuçá durante o período de coleta não apresentou significativas variações na concentração de Oxigênio Dissolvido apresentando valores que giraram em torno de 4,87mg/L (máxima) e 4,3mg/L (mínima) com média de 4,6mg/L (Figura 59).

Figura 59 - Valores de oxigênio dissolvido (mg/L) no rio Curuçá

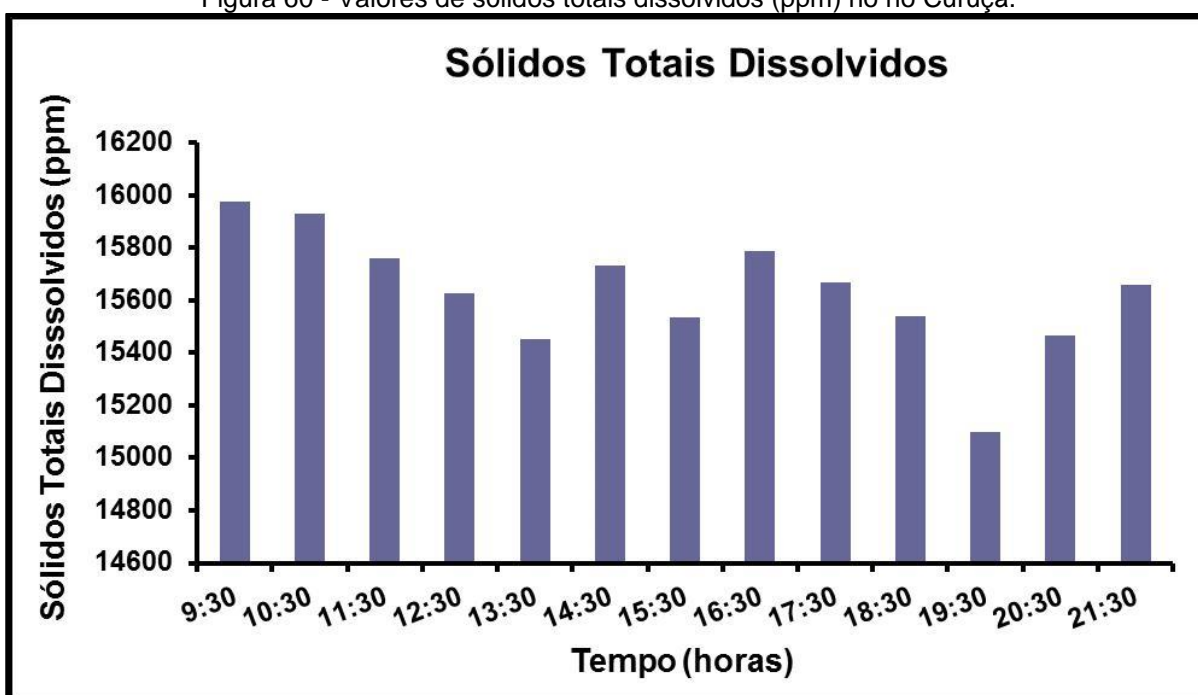


Fonte: Autora

6.2.6 Sólidos Totais Dissolvidos

Os valores de Sólidos Totais Dissolvidos, no período chuvoso, apresentaram oscilações entre 15976,6ppm a 15100ppm, respectivamente na vazante e na enchente no ponto de coleta.No estuário do rio Curuçá, durante a análise foi observado valor médio de 15538,3ppm (Figura 60).

Figura 60 - Valores de sólidos totais dissolvidos (ppm) no rio Curuçá.



Fonte: Autora

7 CONCLUSÃO

Os estudos realizados no estuário do rio Curuçá (Curuçá – PA) levaram às seguintes conclusões:

-O comportamento da curva de maré do rio Curuçá mostrou que a mesma se configura como maré do tipo macromaré do tipo semidiurna com amplitude máxima de 4,66m;

-A maior velocidade verificada no rio Curuçá durante o período chuvoso na superfície foi de 0,86m/s ocorrendo durante a situação de maré vazante, cerca de 2 horas e 30 minutos após o estofa de maré alta. A menor velocidade observada apresentou valor de 0,12m/s que ocorreu no estofa de maré baixa. O valor da velocidade média registrada na superfície foi de 0,43m. A maior velocidade de corrente observada para a profundidade de 2m foi de 0,82m/s que ocorreu durante a vazante, duas horas após o estofa de maré alta e apresentou velocidade média de 0,41m/s.

-O perfil batimétrico 2, considerado perfil padrão, apresenta um segmento retilíneo sendo que 2,5% de sua profundidade ocorre abaixo de 2m. O perfil batimétrico 3 obteve uma vazão no estuário do rio Curuçá com valor de $866,86\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ (866.860 litros/segundo) apresentando assim um perfil batimétrico com nível maregráfico de maré vazante e talvegue de aproximadamente 6,72m em uma área de $1.375,97\text{m}^2$;

-Os sedimentos superficiais do estuário do rio Curuçá de acordo com o diagrama de classificação de Shepard apresentaram uma composição textural em argilite, areia siltica e apresentando desta forma uma discordância se comparado ao resultado obtido através dos parâmetros sugerido por Folk e Ward, nos quais os sedimentos foram classificados como areia grossa, areia média, areia fina, areia muito fina, silte fino e silte grosso;

-A classificação de Pejrup permite uma classificação simplista a fim de obter uma percepção dos níveis energéticos que ocorrem no local de deposição dos sedimentos, utilizando a percentagem de areia, onde cada grupo hidrodinâmico apresenta uma zonação representadas pelas letras A e D, correspondendo o A a maiores níveis energéticos, desta forma, o rio Curuçá foi classificado como ambiente de hidrodinâmica moderada a alta;

-Os parâmetros estatísticos mostraram que as amostras foram classificadas como areia muito fina apresentando valor mínimo de 3,25 ϕ e valor máximo de 3,9 ϕ , sendo que as mesmas são influenciadas pelo transporte, nível de energia e ambiente deposicional. O desvio padrão nos deu suporte para inferir o transporte que os sedimentos sofreram e sua fonte apresentando sua classificação como moderadamente selecionado. Os valores que a assimetria apresentou sugeriram a predominância de processos de deposição apresentando-se muito positiva. A curtose apresentou-se como extremamente leptocúrtica podendo apresentar aumento ou diminuição de energia do local, de maneira inversa, onde uma alta curtose (leptocúrtica) representa uma baixa energia e baixa curtose (platicúrtica) indica alta energia (ALVES, 2001);

-Os valores encontrados para temperatura no estuário do rio Curuçá mostraram comportamento semelhante ao esperado no nordeste do estado do Pará, no que diz respeito ao período chuvoso apresentando uma média de 29,81°C. O pH apresentou variações entre o valor máximo de 8,12 e o mínimo de 7,57. O Oxigênio Dissolvido apresentando valores que giraram em torno de 4,87mg/L (máxima) e 4,3mg/L (mínima) com média de 4,6mg/L. a condutividade elétrica apresentou valores que variaram de 30201,4 μ S/cm (mínimo) a aproximadamente 31951,6 μ S/cm (máximo) relacionado a variação da maré, sendo que o maior valor foi observado durante o período de maré cheia. Os Sólidos Totais Dissolvidos neste estudo variaram entre 15100ppm (mínima) e 15976,6ppm (máxima) apresentando uma média de 25250ppm. A salinidade apresentou valores que variaram entre 19,06psu (mínima) a 19,82psu (máxima), apresentando uma variação média de 19,44psu na variação da maré.

REFERÊNCIAS

ABREU, M. W. M. **Aplicação do Modelo Hidrodinâmico no Estuário do rio Caeté (NE do Pará)**. 2007. Dissertação (mestrado). 149f. Instituto de Geociências. Universidade Federal do Pará, Belém, 2007.

AB'SABER, A.N. Domínios morfoclimáticos e províncias fitogeográficas do Brasil. **Revista Orientação**, n. 3, p. 45-48, 1967.

ALVES, M.A.M.S. **Morfodinâmica e sedimentologia da praia de Ajuruteua, Nordeste do Pará**. 2001. 104f. Dissertação (mestrado) - Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2001.

_____. **Pré-seleção dos Parques Aquícolas para cultivo de ostra**. Belém, PA: FUNPEA, 2012. 107p.

_____. Projeto PETROPRAIA: Índice de sensibilidade ambiental das praias de meso-macromarés da zona costeira do estado do Pará. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIAS DO MAR, 12., 2007, Florianópolis. **Resumo dos trabalhos**. Florianópolis: AOCEANO, 2007. 1 CD-ROM.

ALVES, M.A.M.S.; ASANO FILHO, M.; MELO, N.F.A.C.; PALHETA, G.D.A.; FURTADO JR., I.; SOUZA, R.A.L.; MARTORANO, P.G. **Zoneamento Ecológico-Econômico da Calha Norte e Zona Leste do Estado do Pará – Ecossistemas Aquáticos**: Pesca e Aquicultura. Belém: [s.n], 2009. 204p. (Relatório Final de Atividades do ZEE-PA).

ALVES, M.A.M.S.; EL-ROBRINI, M.; SOUZA FILHO, P.W.M.; FARIAS, D.R.; FRANÇA, C.F., 2005. Morfodinâmica das Praias de Meso-Macromarés da Zona Costeira do Estado do Pará In: X Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 2005, Vitória.. Vitória, 2005.1CD-ROM.

ALVES, M.A.M.S.; RIBEIRO, A.M.; LIMA, M.W.; FARIAS, D.R.; LIMA, A.Q., CORRÊA, J.M., FONTES, E.F. Efeitos da erosão costeira no litoral do estado do Pará – Costa Norte do Brasil. In: CONGRESSO SOBRE PLANEJAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS COSTEIRAS DOS PAISES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA, 6., 2011, Cabo Verde. **Resumo dos trabalhos**. Cabo Verde: ABRH, 2011. 1 CD-ROM.

ARAI, M.; UESUGUI, N.; ROSSETTI, D. F.; GOES, A. M. 1988. Considerações sobre a idade do Grupo Barreiras no Nordeste do Estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35, Belém, Pará, 1988. **Anais ...** Belém, S.B.G., v.2, p. 738-752.

ARANHA, L. G. F.; LIMA, H. P.; SOUZA, J. M. P.; MARINHO, R. K.. Origem e Evolução das Bacias de Bragança-Viseu, São Luís e Ilha Nova. In: RAJAGABAGLIA,

G. P.; MILANI, E. J. **Origem e Evolução de Bacias Sedimentares**. Rio de Janeiro: Petrobrás, 1990. p.221-233.

BARBOSA, G. V.; PINTO, M. N. Geomorfologia da Folha SA-23. São Luís e parte da Folha SA-24. Fortaleza. In: BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto Radam Brasil. **Folha SA. 23 – São Luís e SA. 24 – Fortaleza**: Geologia, geomorfologia, Solos, Vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro: DNPM, 1973. (Levantamento de Recursos Naturais).

BAUMGARTEN, M. G. Z. et al. 1996. Manual de análises em Oceanografia Química, Editoras FURG/Pallotti, 142 p.

BAUMGARTEN, M. G. Z.; POZZA, S. A. P. 2001. *Qualidade de águas*: Descrição de parâmetros químicos referidos na legislação ambiental. Rio Grande. Editora da FURG, 2001. 164p.

BAUMGARTEN, M. G. Z.; WALLNER-KERSANACH, M.; NIENCHESKI, L. F. H. 2010. Manual de Análises em Oceanografia Química. Rio Grande: **Editora da Furg**, p 21-68.

BERREDO, J. F.; COSTA, M. L. 2002. Modificações sazonais nas propriedades físico-químicas de manguezais do estuário do rio Marapanim, nordeste do Pará. In: Workshop ECOLAB. CD-ROM. BELÉM.

BOULHOSA, M. B. M. 2007. Morfologia, sedimentologia e índices de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo na região portuária de Vila do Conde-Barcarena-PA. Relatório do Programa de Capacitação Institucional-PCI/MPEG. 53p.

BRASIL. Ministério de Meio Ambiente. Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro – PNGC. *Perfil dos Estados Litorâneos do Brasil*: Subsídios a Implantação do Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro. Coordenações Estaduais do Gerenciamento Costeiro. Brasília, Programa Nacional do Meio Ambiente: 1996. 301p.

CAMARGO, M.G. Sysgran: um sistema de código aberto para análises granulométricas do sedimento. Revista Brasileira de Geociências, v. 36, n.2, p. 371-378. 2006.

CARVALHO, C.A., 2007. Estudo Morfoestratigráfico e Sedimentológico dos Depósitos Holocênicos da Planície Costeira de Maracanã – NE do Pará. Belém: Universidade Federal do Pará. Instituto de Geociências. Dissertação de Mestrado. 129p.

CESHIRE, H. M. et al. 1985. Monitoring estuarine water quality from Landsat TM. International Conference on Advanced Technology for Monitoring and Processing Global Environmental Data, London U.K., p. 10–12.

CHESTER, R. 1990. Marine Geochemistry. Londres, UnwinHyman. 698p.

COHEN, M. C. L. *Nutrientes e outros fatores relacionados à produção primária nas águas do manguezal de Bragança-PA*. 1998. 111f. Dissertação (mestrado) – Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1998.

COLLISCHONN, W.; TASSI, R., 2011. Introduzindo Hidrologia. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Pesquisa Hidráulicas. (material didático apostilado).

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE/CONAMA. Brasília/DF. 2005. **Resolução 357/05**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/pot/conama/res357>>. Acesso em: 22 nov. 2005.

CORDEIRO, C. A. *Estudo da salinização do estuário do rio Pará no trecho Belém*. 1987. 109f. Dissertação (mestrado) – Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1987.

CORRÊA, I. C. S. 2005. *Aplicação do diagrama de Pejrup na interpretação da sedimentação e da dinâmica do estuário da Baía de Marajó-PA*. Instituto de Geociências, UFRGS. Porto Alegre, RS-Brasil. Pesquisas em Geociências. v. 32, n. 2, p. 109-118.

COSTA, A. C. L da.; COHEN, J. 2001.- Impacto do Desmatamento junto ao litoral Atlântico/Estudo Micrometeorológico em Manguezais, In: Projeto DESMATA/EMMA. Departamento de Meteorologia, centro de geociências/UFPA.

COSTA, A. C. L; RIBEIRO, J. B. M.; FILHO, J. D. C, 1996. Estudo micrometeorológico em manguezais. Projeto de Pesquisa. MADAM/UFPA/ZMT. Belém. Pará: 9p.

COSTA, J.B.S.et al. 1991. Aspectos da tectônica cenozóica na região do Salgado, litoral nordeste do Estado do Pará. In: III Simpósio de Geologia da Amazônia. Resumos Expandidos. Belém. SBG-Núcleo Norte: 156-165.

COSTA, J. B. S. et al. 1988. Faixa de Cisalhamento Tentugal Na Folha AS-23-V-B. In: XXXV Congresso Brasileiro de Geologia. Belém. Anais. Boletim de Resumos Expandidos. São Paulo, v. 5: 2257-2266.

COSTA, J.B.S.; BORGES, M.S.; BEMERGUY, R.L.; FERNANDES, J.M.G.; COSTA JUNIOR, P.S.; COSTA, M.L., 1992. Geologia (Folha Salinópolis). In: Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro. Macrozoneamento Costeiro do Estado do Pará. Belém, IBAMA/SECTAM/IDESP. Relatório Técnico. p: 18-58.

COSTA, J.L; et al. **Projeto Gurupi**. Belém: DNPM/CPRM, 1977. 258p. (Relatório Técnico, v.1).

CUNHA, E.M.S. *Caracterização e Planejamento Ambiental do estuário Potengui*. 1982. 211f. Dissertação (mestrado) – Centro de Biociências, Universidade do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, 1982.

CUSTODIO, E.; LLAMAS, M. R. 1976. Hidrologia Subterrânea. Barcelona: Ediciones Omega, v. 1.

DALRYMPLE, R.W.; ZAITLIN, B.A.; BOYD, R. Estuarine facies models: conceptual basis and stratigraphic implications. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 62, n.6, p. 1130-1146. 1992.

DELFINO, I. B. *Geoquímica dos sedimentos superficiais de fundo do estuário do rio Maracanã, NE do Pará*. 2006. 163f. Dissertação (mestrado) – Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2006.

DIAS, L. M. M. *Balneabilidade das praias estuarinas da Ilha de Mosqueiro - PA: uma visão geoquímica ambiental*. 1995. 131f. Dissertação (mestrado em geoquímica) - Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1995.

DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO (DHN). **Tábua das marés**. Marinha do Brasil. 1986. Disponível em: <http://www.mar.mil.br>. Acesso em: 09fev2012.

_____. Tábua das marés. Marinha do Brasil. 2001. Disponível em: <http://www.mar.mil.br>. Acesso em: 5 nov. 2011.

_____. 2011. Previsões de Marés: Costa do Brasil e alguns Portos Estrangeiros. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/dhn/chm/tabuas/>> acesso em 16 jan 2012.

DREVER, J. I. *The geochemistry of natural waters*. New Jersey. Prentice Hall, 1988.437 p.

EL-ROBRINI, M.H.S. *Estudo da variabilidade morfo-sedimentar sazonal de praias estuarinas - Ilha de Mosqueiro*. 2001. 69f. Dissertação (mestrado em geologia) - Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2001.

EL-ROBRINI, M. et al. 1992. Estudo sedimentológico das areias litorâneas do NE do Pará e NW do Maranhão. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DP QUARTENÁRIO, 4., São Paulo, 1992. **Resumos**. São Paulo, SBG. V.1, p. 79-80.

EMBRAPA (1981). Mapa de Solos do Brasil – escala 1:5.000.000. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro. Editora Interciência, 1988. 575 p.

_____. **Fundamentos da Liminologia**. Rio de Janeiro, Editora Interciencia/ FINEP- 2ºed. 1998. 602p.

FAIRBRIDGE, R. W. 1980. The Estuary: its Identification and Geodynamic Cycle. In: OLAUSSON, E.; CATO, I (Ed). *Chemistry and Bioquemistry of Estuaries*. N. York: Wiley, p. 1-36.

FEITOSA, F. A. N. Produção primária do fitoplâncton correlacionada com parâmetros bióticos e abióticos na Bacia do Pina. 1988. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica) – Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, 1988. 270 p.

FEMAR, 1997. Catálogo das estações maregráficas do Brasil. Disponível em: <www.femar.com.br/biblioteca/bem/indice.html> Acesso em: 15/03/2012.

FLORES MONTES, M. J. *Varição Nictemeral do fitoplâncton e parâmetros hidrológicos no canal de Santa Cruz*. 1996. 174f. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Pernambuco, Itamaracá, 1996.

FOLK, R.L. *The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary-rock nomenclature*. Journal of Geology, 62 (1954), pp. 344-359.

FOLK, R. L.; WARD, W. C. Brazos River bar: a Study in the Significance of Grain Size Parameters. **Jornal of Sedimentary Petrology**. USA, v.27. p. 3-26.1957.

FRANÇA, C.F. *Morfologia e mudanças costeiras da margem leste da Ilha de Marajó-PA*. 2003, 144f. Tese (doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2003.

FRANZINELLI, E., 1982. Contribuição a geologia da costa do Estado do Pará (entre as baías de Curuçá e Maiaú). In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUATERNÁRIO, 4, 1982, Manaus. Atas... Manaus, INQUA. 305-322.

_____. 1992. Evolution of the geomorphology of the coast of the State of Pará, Brazil. In: PROST, M.T. (ed.) Évolution deslittoraux de Guyaneet de la Zone Caraïbe Méridionale pendant le Quaternaire. Paris, ORSTOM. 203-230.

Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Banco de dados agregados**. Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 14/06/2009.

_____. **Banco de dados agregados**. Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 17/09/2010.

GERCO. 1996. *Perfil dos Estados Litorâneos do Brasil: Subsídios a Implantação do programa Nacional de Gerenciamento Costeiro*. Brasília, Ministerio do Meio Ambiente. 302p. (Relatório Final).

GÓES, A. M. *Estudo sedimentológico dos sedimentos barreiras, ipixuna e itapecuru no NE do Pará e do Maranhão*. 1981. 55f. Dissertação (mestrado) - Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém. 1981.

GÓES, A. M.; ROSSETTI, D. F.; NOGUEIRA, A. C. R., TOLEDO, P. M. 1990. Modelo deposicional preliminar da Formação Pirabas no nordeste do Estado do Pará. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, 2: 3-15.

GÓES, A. M.; TRUKENBRODT, W. *Caracterização faciológica e interpretação ambiental dos sedimentos barreiras na região bragantina, Nordeste do Estado do Pará*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., 1980, Camboriú. **Anais...** Camboriú: SBG, 1980. v.2, p.766-771.

GÓES FILHO, L., et al. Estudo fitogeográfico da folha SA 23 São Luis e SA 24 Fortaleza. In: BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. PROJETO RADAM. Rio de Janeiro, DNPM. v. 3. 1973. Levantamento dos Recursos Naturais.

GROSS M. G. **Oceanography: a View of the Earth**: NewJersy, Prentice – Hall, 406p. 1987.

HERZ, R. 1991. Manguezais do Brasil. São Paulo. Universidade de São Paulo, 54 p.14 figuras, 5 tabelas.

HUTCHINSON, G. E. 1975. A treatise of limnology. III. Limnological botany. New York, John Wiley. 659 p.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET), 1992. Normais Climatológicas (1973–1990). Brasília, DF, 1992.

KENNISH, M. J. Ecology of estuaries: Physical and chemical aspects. CRS Press, 1986. 254p.

KJERVE, B. 1987. "Estuarine Geomorfology and Physical Oceanography". In: Day Jr., J. W., C. H. A. S. Hall, Kemp W. M. & Yáñez-Aranciba, A. (eds.). Estuarine Ecology. New York, Wiley, pp. 47-78.

_____. 1990. Manual for investigation of hydrological processes in mangrove ecosystems. New Delhi, UNESCO-UNDP, 79 p.

KJERFVE, B. et al. Temporal and spatial considerations in measuring estuarine water fluxes. In: ESTUARINE COMPARATIONS. V. S. KENNEDY (Ed), Academic Press, New York, p. 37-51. 1982.

KETCHUM, B. H. 1983. Estuaries and Enclosed Seas. Amsterdam. 500p. (Ecosystems of the World).

KNOX, G. A. Estuarine ecosystems: a systems approach. CRS Press, 1986. 289p.

KOMAR, P.D. 1976. Beach Processes and Sedimentation. New Jersey, Prentice-Hall, 129p.

LEVINSON, A. A. Introduction to exploration geochemistry. Maywood. Illinois Applied, 1974. 614 p.

LIMAM W *Levantamento Oceanográfico no Estuário do rio Curuçá, Município de Curuçá (PA)*. 2011. 62f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Pesca) - Instituto Sócio Ambiental e dos Recursos Hídricos, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2011.

LIRA, L. Material em suspensão, temperatura e salinidade no estuário do Rio Mucucaba – PE. Cad. Omega, v.2, n. 1, p.97-116. 1978.

MACOLA, G.; EL-ROBRINI, M. 2004. Ilha dos Guarás (Mariteua) - município de Curuçá (NE do Pará): aspectos físicos, meteorológicos e oceanográficos. Belém, CHD/GEMC. v. 1. 35p. (Relatório final). Disponível em:

<http://www.cdp.com.br/imagens/espardarte/espardarte_estudo.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2012.

MARTINS, S. E. M. 2007. *Caracterização Sedimentológica de Fundo da Área de Influência do Porto de Vila do Conde – Margem Leste do Rio Pará, Barcarena/PA*. Belém, Universidade Federal do Pará. Instituto de Geociências, Tese (Graduação em Oceanografia), 69p.

MAURY, C. J. 1925. Fósseis Terciários do Brasil. Rio de Janeiro. Serv. Geol. Men. Brasil. Div. Geol. Min. (Monografia, 4)

MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M. B. 2002. Princípios de Oceanografia Física de Estuários. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 400 p. (Acadêmica 42).

MIRANDA, L. B; CASTRO, B. M; KJERFVE, B. 2002. Princípios de Oceanografia Física de Estuários. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 400p. (Acadêmica 42).

MOREIRA, M. O. P. Produção do fitoplâncton em um ecossistema estuarino tropical (estuário do rio Cocó, Fortaleza, Ceará). 1994. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica) – Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, 1994. 338 p.

MOURA, R. T. Biomassa, produção primária do fitoplâncton e alguns fatores ambientais de Baía de Tamandaré, Rio Formosos, Pernambuco, Brasil. 1992. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica) – Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, 1992. 290 p.

OLIVEIRA, J. B., JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO, M. N. 1992. Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento. Jaboticabal, 201p.

OZACOASTS, 2008. Australian Online Coastal Information. Disponível em:<<http://www.ozcoasts.org.au>> Acesso em: 20 jul. 2008.

PEJRUP, M. 1988. The triangular diagram used for classification of estuarine sediments: a new approach. In: Boer, P.L.; van Gelder, A. & Nio, S.D. (Ed). Tide-influenced Sedimentary Environments and Facies. **D. Reidel, Dordrecht**. p.289-300.

PEREIRA, C.T.C.; Caracterização Hidrogeoquímica do Estuário do Rio Curuçá (Município de Curuçá – NE do Pará). Belém: Universidade Federal do Pará. Centro

de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica.123p. 2006.

PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES, A. 2002. *Biologia Marinha*. Rio de Janeiro. Editora IntercienciaLtda, 382 p.

PERILLO, G.M.E., 1995. Definitions and Geomorphologic Classifications of Estuaries. In: PERILLO, G.M.E., Editor(s). *Developments in Sedimentology*. Elsevier Science.V.53, Chapter 2: 17–47.

PINHEIRO, R.V.L. 1987. Estudo hidrodinâmico e sedimentológico do Estuário Guajará - Belém (PA). Universidade Federal do Pará. Instituto de Geociências. 163 p. (Dissertação de Mestrado).

PRITCHARD, D. W. 1981. Circulação e mistura das águas nas regiões costeiras e estuários. In: _____. *Oceanografia: a última fronteira*. São Paulo: CultrixLtda, p.321 – 332.

_____. 1967. What is an Estuary: physical viewpoint. In: LAUFF, G. H.(ed.) *Estuaries*. Washington: American Association for the Advance of Science, v.83, p. 3-5.

_____. 1955. Estuarine circulations patterns. *Proceedings of the American Society of Civil Engineers*, v. 81, n. 717, p. 1-11.

REDECELPA, 1998. Relatório de Climatologia: Estação Ajuruteua. Disquete 3,5”.

RESENDE, M., CURI, N., REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. 1995. *Pedagogia: base para distinção de ambientes*. Viçosa. NEPUT, 304p.

ROCHA, E.J.P.; SANTOS, F.A.A.; ROLIM, P.A.M., LOPES, M.N.G.; SOUZA, E.B., RIBEIRO, J.B.M., *Clima*. In: MONTEIRO, M. de A.; MENEZES, C. R. C.; GALVÃO, I. M. F. (Org.). *Zoneamento Ecológico-Econômico da Calha Norte e Zona Leste do Estado do Pará - Volume 2: Diagnóstico do Meio Físico-Biótico*. 1 ed. Belém: , 2010, v. 2, p. 184-202.

ROSSETI, D.F.; TRUCKENBRODT, W.; GÓES, A.M. Estudo paleoambiental e estratigráfico dos sedimentos barreiras e pós-barreiras na região bragantina, Nordeste do Pará. **Boletim do Museu Emílio Goeldi. Ciências da Terra**, v.1, p. 25-74, 1989.

SÁ, J.H.S. Contribuição a geologia e os sedimentos terciários e quaternários da Região Bragantina. **Boletim do Instituto de Geologia do Rio de Janeiro**, v.3, p.21-36, 1969.

SABRI, A. 1977. Phosphate Flux in Breydon Water Estuary. Unpubl. Ph.D. Thesis, UEA, Norwich.

SANTOS, A. As águas da Região de Carajás. In: ALMEIDA JR, J. M. G. Carajás desafio político, ecológico e desenvolvimento. São Paulo. Brasiliense/CNPQ, 1986. p. 156-183.

SANTOS, O.C.O.; ALVES, C.R.M.; MACHADO, I.C. 1992. Clima. In: Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro. Macrozoneamento Costeiro do Estado do Pará. Belém, IBAMA/SECTAM/IDESP. Relatório Técnico. p: 68-76.

SCHAERFER-NOVELLI, Y.; CINTRON, G. *Guia para estudo de áreas de manguezal; estrutura, função e flora*. [São Paulo]: Caribbe an Ecological Research, 1986. 150p.

SCHAFER, A. 1985. Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais. Porto Alegre: EDUNI-SUL/GTZ.

SHEPARD, F.P. Nomenclature based on sand-silt-clay Ratios. **Journal of Sedimentary Petrology**, v.24,n. 3, p.151-138.1954.

SILVA, C. M. G. da; PINTO, A. H. E.; BARABOSA, A. A. 1992. Estágio de campo III. Área-Primavera: Relatório Final. Belém. Curso de Graduação em Geologia. Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências. 168p.

SILVA, M. S. 1996. *Morfoestratigrafia e Evolução Holocênica da Planície Costeira de Salinópolis, Nordeste do Estado do Pará*. Belém, Universidade Federal do Pará. Instituto de Geociências, Dissertação (Mestrado em Geologia e Geoquímica), 144p.

SILVA Jr., O.G., 1998. Morfoestratigrafia do noroeste da planície costeira de São João de Pirabas (Nordeste do Pará). *Revista Brasileira de Oceanografia*, 49 (1/2): 99-114.

SILVA JR., J. A. ; COSTA, Antônio Carlos Lôla da ; GONÇALVES, Paulo Henrique Lopes ; BRAGA, Alan Pantoja ; COSTA, Rafael Ferreira da ; REIS, Euclysanor Gesta ; COSTA, José Maria Nogueira da ; MEIR, Patrick ; MALHI, Yadvinder . VARIACÃO SAZONAL DE VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS EM ECOSSISTEMA DE MANGUEZAL NA REGIÃO BRAGANTINA - PA. In: XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2004, Fortaleza-CE. Anais do XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2004.

SIOLI, H. Valores de pH nas águas amazônicas. Separada de: *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*: Série Geologia, Belém, n.1, 1957.

SMAYDA, T. J. *Estuaries and Enclosed Seas*. Amsterdam. Elsevier Scientific Publications, 1983. p. 65-101.

SOUZA FILHO, P.W.M. *Análise Multitemporal e Multisensor (TM Landsat e Radarsat) da Dinâmica de Ambientes Costeiros dominados por macromaré na Planície Costeira Bragança-Pará*. 2001. 236f. Tese (Doutorado) – Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2001.CD-ROM.

_____. *A planície costeira bragantina (NE do Pará): influência das variações do nível do mar na morfoestratigrafia costeira durante o Holoceno*. 1995. 262 f. Dissertação (mestrado)-Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1995.

SOUZA FILHO, P. W. M.; EL-ROBRINI, M., 1997. A morfologia, processos de sedimentação e litofácies dos ambientes morfosedimentares da planície costeira bragantina-nordeste do estado do Pará (Brasil). *Geonomos*, 4 (2): 1-16.

STOMMEL, H., 1951. Recent Developments in the Study of Tidal Estuaries.(WHOI Rep.), Ref. n°. 51-33.

TEIXEIRA, C. E. P.; MATA, M. M.; CAMPOS, E. J. D. 2004. O Uso Da Análise Objetiva para a Criação de um Banco de Dados da Temperatura da Superfície do Mar do Atlântico Sudoeste. In: XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Fortaleza.

VALENTE, J. P. S.; PADILHA, P. M.; SILVIA, A. M. M. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu-SP. *Eclética Química*, v. 22. 1997.

VIEIRA, L. S. (1988). *Manual de Ciência do Solo: com ênfase aos solos tropicais*. Agronômica Ceres, São Paulo, 464p.

WENTWORTH, C.K., A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*.USA, v. 30, 1922.

WOODROFFE, C. D.; CHAPPELL, J.; THOM, B.G.; WALLENSKY, E. 1986. *Geomorphological Dynamics and Evolution of the South Alligator River and Plains, Northern Territory*. Australia National University. North Australia Research Unit. Mangrove Monograph n° 3, 190p.

WOODROFFE, C.D. et al. 1989. Depositional model of a macrotidal estuary and floodplain, South Alligator River, Northern Australia. *Sedimentology*, 36: 737-756.

ZUMACH, Rosalene. Enquadramento de curso de água Rio Itajaí- Açu e seus principais afluentes em Blumenau. Florianópolis, 2003. 124 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental.