



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CARACTERIZAÇÃO HIDRODINÂMICA, MORFOLÓGICA E SEDIMENTOLÓGICA
DO FURO DO RIO MAGUARI, BELÉM – PARÁ.

MAURÍCIO DA SILVA DA COSTA

BELÉM

2010

MAURÍCIO DA SILVA DA COSTA

CARACTERIZAÇÃO HIDRODINÂMICA, MORFOLÓGICA E SEDIMENTOLÓGICA
DO FURO DO RIO MAGUARI, BELÉM – PARÁ.

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Oceanografia
do Instituto de Geociências da
Universidade Federal do Pará, para
obtenção do título de bacharel em
Oceanografia.

Orientador: Dr. Marcelo Rollnic

Belém

2010

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca Geólogo Raimundo Montenegro Garcia de Montalvão

-
- C837c Costa, Mauricio da Silva da
 Caracterização hidrodinâmica, morfológica e sedimentológica
 do furo do rio Maguari, Belém – Pará. / Mauricio da Silva da Costa;
 Orientador: Marcelo Rollnic – 2010
- 81 f. : il.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia)
– Faculdade de Oceanografia, Instituto de Geociências,
Universidade Federal do Pará, Belém, Quarto Período de 2010.
1. Sedimentologia. 2. Hidrologia. 3. Rio Maguari (PA). 4.
Mosqueiro (PA). 5. Baía de Santo Antônio (PA). I. Rollnic,
Marcelo, *orient.* II. Universidade Federal do Pará. III. Título.

CDD 20º ed.: 551.3098115

MAURICIO DA SILVA DA COSTA

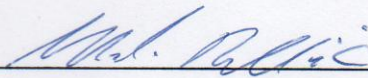
CARACTERIZAÇÃO HIDRODINÂMICA, MORFOLÓGICA E SEDIMENTOLÓGICA
DO FURO DO RIO MAGUARI, BELÉM – PARÁ.

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Oceanografia
do Instituto de Geociências da
Universidade Federal do Pará, para
obtenção do título de bacharel em
Oceanografia.

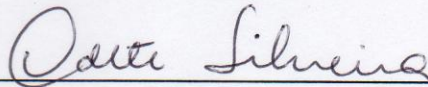
Data da defesa: 20 / 12 / 2010

Conceito: BOM

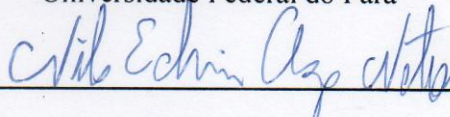
Banca Examinadora:



Prof. Dr. Marcelo Rollnic - Orientador
Universidade Federal do Pará



Prof. Dra. Odete Machado da Silveira
Universidade Federal do Pará



Prof. Dr. Nils Asp
Universidade Federal do Pará

BELÉM

2010

Aos meus pais por toda ajuda e compreensão,
e a minha família (meus amores).

AGRADECIMENTOS

Eu agradeço a Deus por me dar toda a força do mundo, me mostrar à felicidade e a força para superar as barreiras da vida!

Aos meus pais que sempre me ajudaram, principalmente no momento que fiquei mais desesperado que foi quando o meu filho nasceu, pensei em para os estudos. Mas a minha família não deixou e disse que o melhor pra mim e pro meu filho era continuar, eu agradeço do fundo meu coração por essa oportunidade. E a minha irmã pela ajuda com meu filho.

A minha esposa (ainda não somos casados legalmente, mas é uma das melhores coisas da minha e eu a amo d+) e ao meu filho pela ajuda e por me “agüentar” que não é uma coisa muito fácil, ela sabe e como sabe. E principalmente ao meu filho por deixá-lo por muitos momentos sozinho, uma das coisas mais difíceis era acordar e deixá-lo sozinho e só encontrá-lo à noite, eu espero que entenda um dia e me perdoe! E também a minha sogrinha querida.

Ao prof^o. Marcelo Rollnic pela oportunidade e ajuda na realização desse trabalho, sem ele não teria trabalho nenhum. E a prof^a. Odete por ceder o espaço (LIOG) e o material para realização das coletas de sedimento e entre outros.

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Oceanografia Física – LOF, com o apoio do Laboratório Integrado de Oceanografia Geológica e Geofísica Marinha – LIOG, coordenado pela prof^a. Odete Machado da Silveira. Ambos da UFPA.

E sem esquecer a todo o pessoal do LOF, LIOG e agregados que ajudaram nas coletas de campo e análise que não foram poucos: Fran, Marcio Porfírio, Gustavo, Ernam, Japa (Watanabe), Amanda, Princila, Fabíola, Malandro (Marcos Vinicius), Inaê (mui amiga), Gaby, Tuaregue, Laísa e Yuri.

A minha turma de 2007 e amigos que conquistei, onde vivemos bons momentos (cada viagem maravilhosa). E aos professores pelos ensinamentos e ajuda no início da vida científica.

A felicidade às vezes é uma bênção, mas geralmente é uma conquista.
Pretendo conquistá-la a cada dia.

Modificado de Paulo Coelho

RESUMO

O furo do rio Maguari, localizado mais ao norte do município de Belém, é um sistema fluvial influenciado pela maré e talvez originado através de uma falha tectônica, exemplificada pela sua forma (NW-SE), e também reflete tanto as influências do rio Pará como das baías de Santo Antônio e do Guajará. Os trabalhos de campos foram realizados nos dias 13/07, 09/09 e 27/11 de 2010 entre o período seco e o início do chuvoso, para caracterização dos processos hidrológicos/hidrodinâmicos, morfológicos e sedimentológicos, como o auxílio de um pequeno barco, uma sonda Conductivity-Temperature-and-Depth (CTD), um amostrador de fundo, uma ecossonda, um correntômetro e dados online do INMET. O clima apresentou-se de forma anormal, próximo da normal climatológica, com índices de pluviosidade acima da média, sendo resquícios da atuação do El Niño e ao início da La Niña. A corrente seguiu a orientação do furo e apresentando variações de direção e intensidade de acordo com as oscilações da maré e a morfologia do canal. O vento apresentou-se inversamente proporcional a corrente, sendo mais intensos na parte da tarde, causado principalmente pelos movimentos das massas de ar. O furo do rio Maguari se mostra do tipo dominado por maré e é também classificamos como sendo de mesomaré. A salinidade no furo do rio Maguari mostrou um padrão anormal, com as maiores salinidades na vazante, e tendo no geral que a maioria dos perfis apresentando homogeneidade com salinidades muito baixas devido ao grande volume de chuva nos meses anteriores. De acordo com a estratificação da salinidade se mostrou praticamente homogênea ao longo da coluna d'água, podendo ser classificado como Bem Misturado. A temperatura da água apresentou variação mínima tanto espacial quanto temporal, mostrando ausência de estratificação. O furo do rio Maguari surgiu possivelmente em decorrência de uma falha, necessitando de dados geofísicos para sua comprovação, caracterizado por um canal expressivo e exibindo um desnível topográfico suave existente entre sua porção de jusante a montante. E segundo as análises de sedimentos do furo do rio Maguari classificam-se como silte e silte arenoso, com uma planície lamosa extensa e uma hidrodinâmica de alta a muito alta.

Palavras-chave: Rio Maguari. Mosqueiro. Baía de Santo Antônio. Hidrologia. Sedimentologia.

ABSTRACT

Maguari Furo River, located further north of the city of Belém, is a river system influenced by the tide and possibly caused by a tectonic fault, exemplified by its form (NW-SE), and also reflects the influences of both Pará River as the bays of St. Anthony and Guajará. The field work was conducted on days 13/07, 09/09 and 27/11, 2010 between the dry and early rainy season, to characterize the hydrological/hydrodynamic, morphological and sedimentological processes, with the aid of a small boat fishing, a probe Conductivity-and-Temperature-Depth (CTD), bottom sampler, an echosounder, current meters and an online data INMET. The weather presented abnormally close to the climatological normal, with average annual rainfall above average, with remnants of the performance of El Niño and the beginning of La Niña. The current followed the line of bore and presenting variations of direction and intensity according to the fluctuations of the tide and the morphology of the channel. The wind had to be inversely proportional to current, more intense in the afternoon, caused mainly by movements of air masses. Maguari Furo River shown the type dominated by tide is also classified as being of mesotidal. The salinity of the river in the Furo Maguari showed an abnormal pattern, with higher salinities at low tide, and having in general that the majority of profiles showing homogeneity with many low salinities due to the large volume of rainfall in previous months. According to the stratification of salinity showed almost homogeneous throughout the water column and can be classified as well mixed. The water temperature showed minimal variation both spatially and in time, showing no stratification. Maguari Furo River emerged possibly due to a fault, requiring geophysical data for their verification, characterized by a significant channel and displaying a gentle declivity between its downstream portion of the amount. And according to the analysis of sediments from Maguari Furo River classified as silt and sandy silt, with an extensive tidal flat and hydrodynamics of a high to very high.

Key-words: Maguari River. Mosqueiro. Hydrology. Bay of St. Anthony. Sedimentology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Área de estudo.....	17
Figura 2	Zona costeira Amazônica. Fonte: Gregório, A. M. S.(2008).....	18
Figura 3	Desenho esquemático do modelo neotectônico da região de Belém e adjacências. Fonte: Igreja <i>et al.</i> (1990).....	20
Figura 4	Mapa de unidades de paisagem elaborado a partir da interpretação visual do produto integrado, pan/multi do LANDSAT-7 ETM+. Fonte: Gonçalves, 2003.....	22
Figura 5	Diagrama de Pejrup (1988). Fonte: Corrêa, 2005.....	29
Figura 6	Representação esquemática dos principais tipos de estuários (inlets) (adaptado de Fairbridge, 1980. Fonte: Miranda <i>et al.</i> , 2002). pp 97.....	32
Figura 7	Ponto de coleta (▲) dos dados hidrográficos e corrente superficial no furo do rio Maguari.....	39
Figura 8	Pontos de coleta de sedimento no furo do rio Maguari.....	41
Figura 9	Perfis batimétricos do furo do rio Maguari.....	42
Figura 10	Fluxograma das atividades executadas no desenvolvimento das atividades de laboratório.....	44
Figura 11	Chuva acumulada em Belém, representando a climatologia para a região da área de estudo em 2009. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia.....	46
Figura 12	Chuva acumulada em Belém, representando a climatologia para a região da área de estudo em 2010. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia.....	46
Figura 13	Insolação total diária em Belém, representando a climatologia para a região da área de estudo em 2010. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia.....	47

Figura 14	Chuva acumulada em Belém, representando a climatologia para a região da área de estudo em 2010. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia.....	47
Figura 15	Variação da intensidade da corrente e da direção ao longo do período de amostragem.....	48
Figura 16	Velocidade de superfície amostrada (verde) e a velocidade média da corrente na superfície (preto) ao longo do período de amostragem.....	48
Figura 17	Gráfico de distribuição polar da corrente de superfície ao longo do período de amostragem.....	49
Figura 18	Gráfico de distribuição polar do vento durante o dia de amostragem.....	49
Figura 19	Perfil de temperatura e salinidade de acordo com a profundidade durante o período de amostragem das 6 h até as 18 h.....	52
Figura 20	variação de temperatura e salinidade de superfície e fundo do furo do rio Maguari ao longo do período de amostragem.....	53
Figura 21	variação temporal da salinidade no furo do rio Maguari.....	53
Figura 22	Variação temporal da temperatura no furo do rio Maguari.....	54
Figura 23	Carta batimétrica do furo do rio Maguari.....	56
Figura 24	Perfis batimétricos do furo do rio Maguari de 1 a 8.....	57
Figura 25	Perfis batimétricos do furo do rio Maguari de 9 a 11, da saída do furo da Marinha e do canal.....	58
Figura 26	Carta sedimentológica do furo do rio Maguari, segundo a classificação de Wentworth (1922).....	59
Figura 27	Parâmetros estatísticos de Folk e Ward (1957) calculados para as amostras de sedimentos coletadas do furo do rio Maguari.....	64
Figura 28	distribuição granulométrica de cada amostra.....	65

Figura 29	Classificação granulométrica pela média das amostras analisadas.....	65
Figura 30	Mapa de distribuição sedimentológica a partir da aplicação do Diagrama de Shepard (Shepard, 1954).....	66
Figura 31	Percentual granulométrico a partir de Shepard (1954).....	67
Figura 32	Mapa de distribuição sedimentológica a partir da aplicação do Diagrama de Perjup (1988).....	69
Figura 33	variação da velocidade da corrente de superfície e velocidade do vento ao longo do período de amostragem.....	71

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	15
2.	OBJETIVOS.....	16
2.1.	OBJETIVO GERAL.....	16
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3.	CARACTERÍSTIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO.....	17
3.1.	LOCALIZAÇÃO E ACESSO.....	17
3.2.	CARACTERÍSTICAS DA ZONA COSTEIRA AMAZÔNICA.....	18
3.3.	ASPECTOS GEOLÓGICOS (NEOTECTÔNICA) E GEOMORFOLÓGICOS.....	19
3.4.	SOLOS.....	21
3.5.	VEGETAÇÃO.....	22
3.6.	HIDROLOGIA.....	23
4.	ASPECTOS HIDRODINÂMICOS E METEOCEANOGRÁFICOS.....	24
4.1.	CLIMA.....	24
4.2.	VENTOS.....	24
4.3.	MARÉ.....	25
5.	REVISÃO DE LITERATURA.....	26
5.1.	SEDIMENTOLOGIA.....	26
5.1.1.	Classificação textural de sedimentos por Folk (1954).....	28
5.1.2.	Diagrama de Pejrup (1988)	28
5.2.	ESTUÁRIOS.....	30
5.2.1.	Classificações.....	31

5.2.2. Classificação pela maré	31
5.2.3. Classificação pela geomorfologia	32
5.2.3.1. Estuários de planície costeira	32
5.2.3.2. Estuários construídos por barras: também chamados lagoas costeiras	33
5.2.3.3. Fiordes.....	33
5.2.3.4. Outros estuários.....	34
5.2.4. Classificação de acordo com a estratificação de salinidade	35
5.2.4.1. Cunha salina (TIPO A).....	35
5.2.4.2. Parcialmente misturado (TIPO B).....	36
5.2.4.3. Verticalmente homogêneo (TIPO C e D).....	36
5.2.4.4. Lateralmente estratificado (TIPO C).....	37
5.2.4.5. Lateralmente bem misturado (TIPO D)	37
6. MATÉRIAS E MÉTODOS	39
6.1. DADOS OCEANOGRÁFICOS.....	39
6.2. CORRENTES.....	40
6.3. PROPRIEDADES HIDROGRÁFICAS.....	40
6.4. COLETA DE SEDIMENTO.....	40
6.5. LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO.....	42
6.6. ANÁLISES EM LABORATÓRIO	43
6.6.1. Tratamento das amostras de sedimentos	43
6.6.2. Processamento dos dados	44
6.6.3. Análise dos dados de hidrodinâmica	45
7. RESULTADOS	46

7.1.	HIDROCLIMÁTICA.....	46
7.2.	CORRENTES.....	47
7.3.	CARACTERIZAÇÃO HIDRODINÂMICA.....	50
7.4.	ANÁLISE BATIMÉTRICA.....	54
7.5.	ANALISE TEXTURAL.....	59
7.5.1.	Método de Folk e Ward (1957).	61
7.5.2.	Classificação de Shepard	66
7.5.3.	Diagrama de Perjup	68
8.	DISCUSSÕES	70
8.1.	REFERÊNCIAS HIDROCLIMÁTICAS.....	70
8.2.	CORRENTES	70
8.3.	VENTOS.....	71
8.4.	SALINIDADE E TEMPERATURA.....	72
8.5.	ANÁLISE BATIMÉTRICA.....	72
8.6.	ANÁLISE TEXTURAL.....	73
9.	CONCLUSÕES	75
	REFERÊNCIAS	77

1. INTRODUÇÃO

A zona costeira do Estado do Pará (ZCEP) possui uma extensão de 1200 km perfazendo uma superfície de 82596,43 km², apresenta duas grandes unidades distintas: (1) uma costa alta recortada, onde vales estuarinos estreitos estão esculpidos em sedimentos do Grupo Barreiras, e (2) uma costa baixa ocupada por extensas planícies de manguezais, recortada por vales afogados, esculpidas em depósitos holocênicos (EL-ROBRINI et al., 1992).

A ZCEP apresenta três regiões fisiográficas bem diferenciadas: a Costa Atlântica do Salgado Paraense, Continental estuarino e a Insular estuarino (SZLAFFSZTEIN, 2009). A região Continental estuarina é configurada por uma extensa faixa de sedimentos lamosos cobertos por mangue e pelo estabelecimento de amplas áreas de várzeas e igapós.

Segundo Schaffer-Novelli et al., (1990), a sucessão das planícies de maré lamosas recobertas pelo mangue ocorre para o interior do estuário do rio Pará. Na medida em que diminui a salinidade das águas, até um ponto em que os mangues passam a ocorrer como formações isoladas às margens dos canais, e são substituídos pela vegetação própria da várzea e igapós.

As altas amplitudes das marés são uma característica importante da região, e atingem na preamar mais de 4 m (macromarés) em toda a fachada atlântica mais para o interior dos estuários predominam regimes de meso e micromarés, a exemplo do que ocorre no estuário do rio Pará. De acordo com a DHN (1967), a corrente de enchente possui direção aproximada de SSW, nas proximidades da baía de Marajó. A velocidade das correntes de marés, no estuário da baía de Marajó e em suas cercanias, pode exceder a 2,5 m/s. Suas amplitudes variam dependendo do ponto considerado, em Salinópolis a média da maré é de 2,75 m, variando de 0,1 a 5,5 m; na ilha do Mosqueiro, próximo a Belém, a média é de 1,84 m, com variações entre 0,2 a 3,6 m e no canal de Breves a média é de 0,69 m, com variações entre 0,1 e 1,2 m, entre a maré baixa e a maré alta. Segundo Monteiro (2009), a ilha do Marajó pertence à região estuarina compreendida pela Baía de Marajó e adjacências, dominada por um regime de meso a macromarés, cuja variação das marés de sizígia alcança valores máximos de 3,6 a 4,7 m, entre as Ilhas de Mosqueiro e dos Guarás.

Segundo Gregório (2008), através de levantamento batimétrico da região adjacente, baía de Santo Antônio, ao furo do rio Maguari apresentou variações de 0 a 15 m. A carga de leito move-se muito mais lentamente que o fluxo d'água, porque grãos deslocam-se de modo intermitente (CHRISTOFOLETTI, 1980). Deste modo, há uma íntima ligação entre a velocidade da corrente no canal e sua capacidade fluvial de deslocar o material sedimentar.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Caracterizar os processos hidrológicos e hidrodinâmicos do furo do rio Maguari, em maré equinocial de setembro de 2010. Apresentar a morfologia e a caracterização textural dos sedimentos de fundo.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Investigar a hidrodinâmica e a variabilidade temporal de propriedades hidrológicas e da circulação do furo do rio Maguari, em maré de sizígia, equinocial, em setembro de 2010;

Analisar as componentes de velocidade das correntes de maré em relação aos eixos das coordenadas para um ciclo de maré na área de estudo;

Analisar a morfologia da área de estudo com base em levantamentos batimétrico;

Análise textural dos sedimentos;

Construir a carta de distribuição sedimentológica de fundo e batimétrica da área.

3. CARACTERÍSTIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO

3.1. LOCALIZAÇÃO E ACESSO

O município de Belém, este inserido na zona continental estuarina no baixo estuário do rio Pará, ZCEP, é composto por 39 ilhas, sendo recortado por inúmeros furos e igarapés, é banhado pelas Baías do Guajará, Santo Antonio e do Marajó. A denominação de furo é mais local, sendo que furo são canais naturais que ligam os rios entre si ou vão dar em lagos ou mesmo a outros furos.

A área de estudo é o furo do rio Maguari situada mais ao norte de Belém, que separa as ilhas de Outeiro e Mosqueiro, apresentando largura entre 1,3 a 1,7 km e 5 km de comprimento (figura 1). É cercado pela Baía de Santo Antônio (NW), rio Maguari-Açu (SE), furo da Marinha (N) e o rio Maguari (S). E o principal acesso é feito por via fluvial.

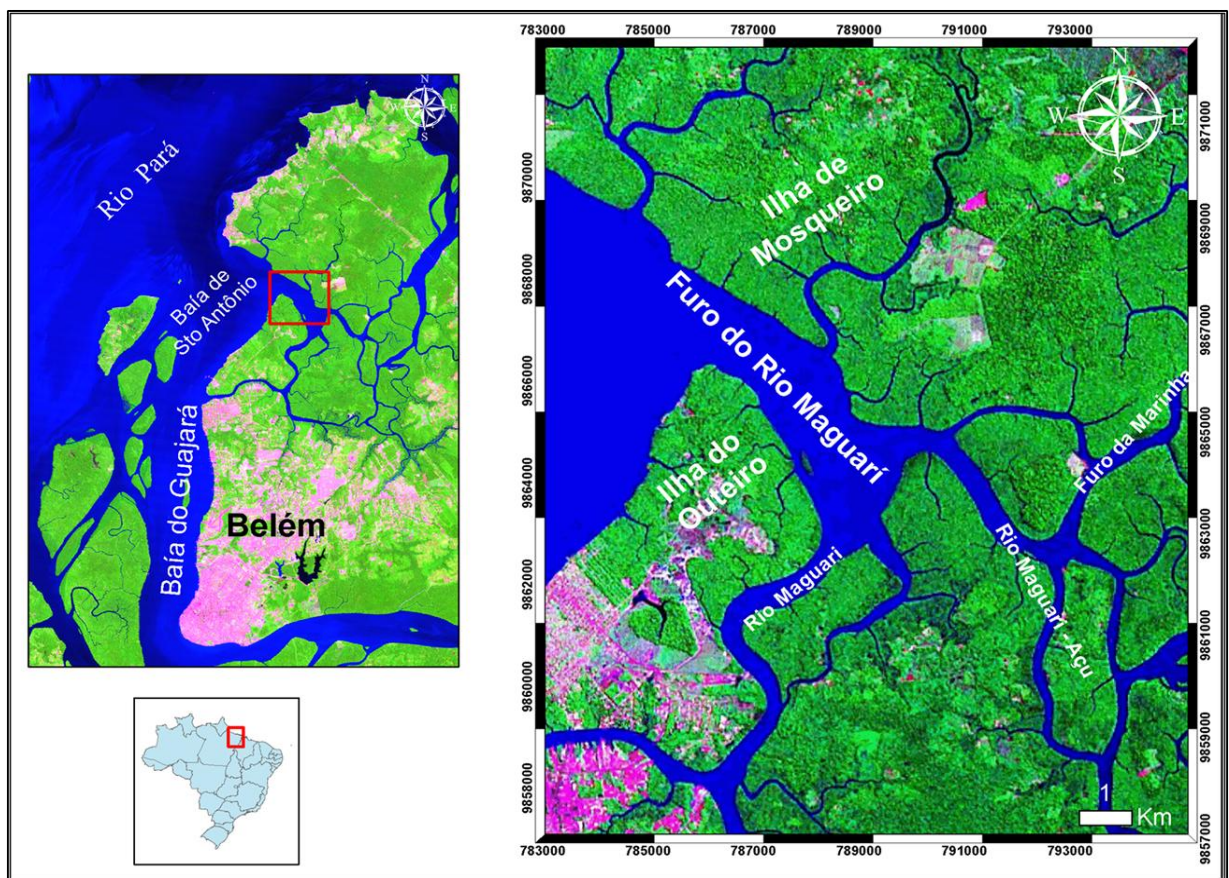


Figura1: Área de estudo.

3.2. CARACTERÍSTICAS DA ZONA COSTEIRA AMAZÔNICA

A ZCA é altamente dinâmica, devido a peculiaridades únicas que a diferencia de qualquer ambiente e também é uma zona de contato e transição com diversos ambientes, que às vezes fica difícil diferenciar (figura 2). Isto permite a construção de uma planície costeira tipicamente estuarina, na qual as correntes de vazante, em associação com as marés que adentram o estuário do rio Pará pela baía de Marajó, são o principal fator de controle dos mecanismos hidrodinâmicos, aporte e retrabalhamento sedimentar, constituição físico-química das águas e organização da biota (LIMA, TOURINHO, COSTA, 2000; GONÇALVES, 2005).

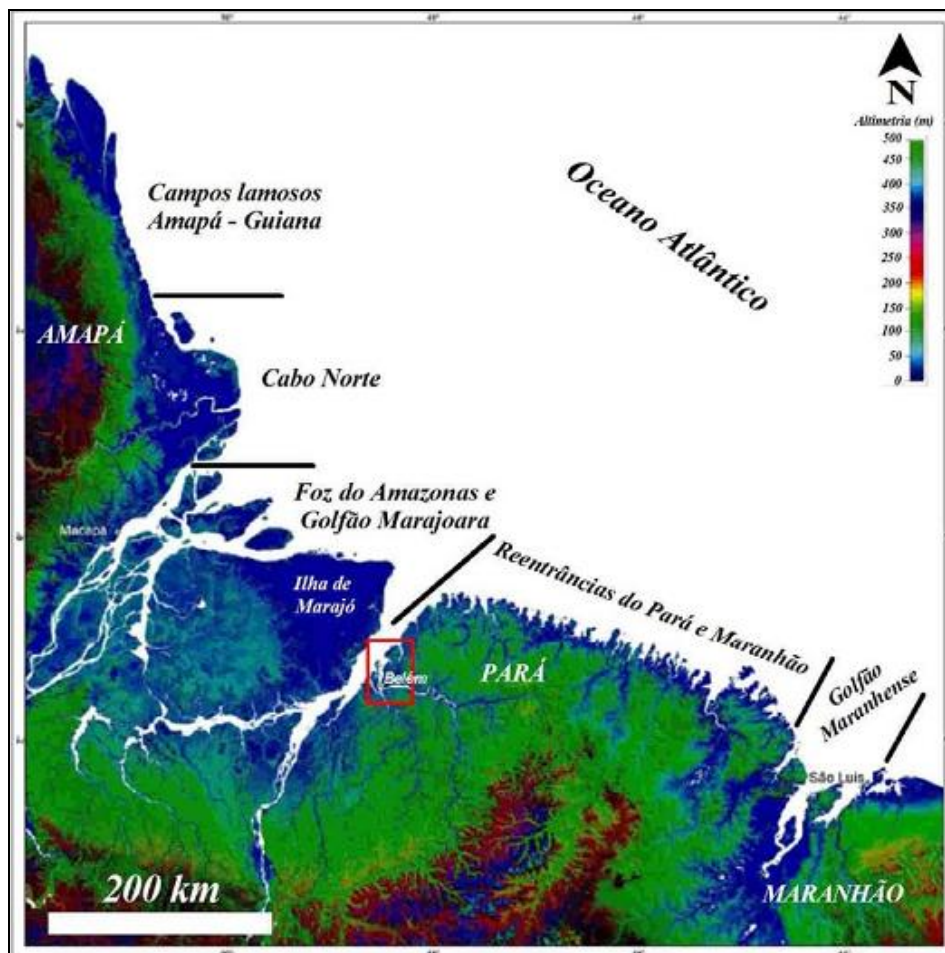


Figura 2: Zona costeira Amazônica.

Fonte: Gregório.(2008).

Lima, Tourinho e Costa (2000), explicam que as marés (salina e dinâmica) constituem o elemento de maior influência no litoral amazônico, e exercem influência na direção da correnteza, na intensidade da sedimentação, na constituição físico-química das águas, no

transporte de sementes e na oscilação do nível das inundações. Ao mesmo tempo, deve-se registrar o papel fundamental das correntes fluviais (vazantes) no controle hidrodinâmico e nos baixos índices de salinidade das águas dos estuários, na organização da biota, e no aporte de elevada quantidade de sedimentos aluviais (LIMA, TOURINHO, COSTA, 2000; GONÇALVES, 2005).

O rio Pará é formado pela confluência de um ramo do rio Amazonas com o rio Tocantins, e possui uma vazão estimada em cerca de 10.000 m³/s (OLTMAN, 1968 *apud* SANTOS, 2000). A influência do rio Amazonas no rio Pará é forte com suas águas vindas pelo furo de Breves. Segundo Trindade & Gorayeb (2005), o grau de salinidade do rio Pará só se eleva próximo a sua foz, especialmente nos Municípios de Vigia, São Caetano de Odivelas, Salvaterra e Soure, sendo, portanto, nesses municípios que se observam extensos manguezais. Na preamar das marés de sigízia dos equinócios, os sedimentos se depositam nas várzeas, elevando o nível do solo, ou nas margens, onde crescem rampas de tijuca, e na baixa-mar de qualquer maré formam baixios no leito dos cursos d'água, os quais podem evoluir para a formação de novas ilhas (LIMA, TOURINHO, COSTA, 2000).

3.3. ASPECTOS GEOLÓGICOS (NEOTECTÔNICA) E GEOMORFOLÓGICOS

A movimentação neotectônica na região amazônica é fortemente controlada pela estruturação do embasamento (COSTA et al., 1993; HASUI, 1996), e é resultante de tectonismo transcorrente, de binário dextral E-W, intraplaca induzido pelo deslocamento da Placa Sul-Americana para oeste (HASUI, 1990).

O deslocamento dos rios, quando se analisa a rede de drenagem, permite indicar movimentação ao longo de falhas e a presença de fraturas. Em regiões de relevo suave normalmente encontram-se dificuldades na observação direta dos diversos tipos de deformação. Esta situação é causada pelas coberturas recentes inconsolidadas que ocultam as estruturas. O padrão de drenagem, formado pelos rios e cursos d'água menores, nos permite obter informações sobre: feições estruturais em subsuperfície (disposição espacial das camadas); direções principais das estruturas que controlam uma determinada área, além da indicação relativa de movimentação (PALHETA, 2008).

A primeira referência a respeito de ocorrência de falhas em lateritas nas adjacências de Belém, incluindo Mosqueiro, deve-se a Katzer (1933). Igreja et al., (1990) desenvolveram

* OTTMANN, F. L'étude des problèmes estuariens. *Révue le Géographie Phisique et Géologie Dynamique*, v. 10, n. 2, p. 329-353, 1968.

trabalhos de campo, principalmente na ilha de Mosqueiro e na praia de Outeiro (ilha de Caratateua), tendo sido pioneiros no avanço do entendimento do quadro tectônico da região de Belém.

De acordo com Igreja et al., (1990), a região de Belém é definida por duas direções principais de feixes de falhas: a) Zonas normais NE-SW, são falhas normais N50°- 60°E com mergulhos fortes para NW; b) Zonas transferentes NW-SE, são falhas transcorrentes dispostas nas direções N45°-55°W com mergulhos subverticais que recortam litotipos, argilosos (figura 3). Assim como as forças distensivas teriam originado um estiramento litosférico, como a formação de ilhas (Cotijuba, Outeiro, Mosqueiro e Colares) a NW da porção continental que constituíram blocos de disposição SW-NE abatidos na frente por falhas normais, causadoras de um soerguimento epirogenético generalizado.

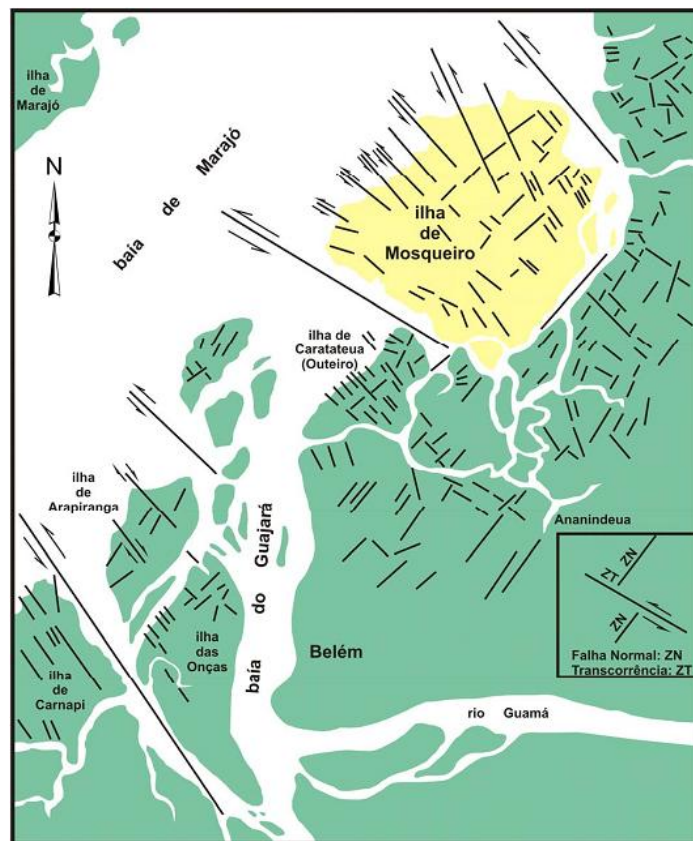


Figura 3: Desenho esquemático do modelo neotectônico da região de Belém e adjacências.
Fonte: Igreja et al. (1990).

Existem dois compartimentos topográficos regionais de acordo com o Projeto RADAM (1972), que corresponde ao Planalto Rebaixado da Amazônia, e a Planície Fluvial Amazônica. Dentro do contexto morfoclimático, se inclui dentro do domínio das terras baixas equatoriais amazônicas, tendo sua topografia correspondendo aos níveis de tabuleiros, terraços e várzeas característicos das áreas sedimentares terciárias e quaternárias, existentes na mesorregião do

nordeste paraense, mais especificamente na microrregião de Belém, onde se insere área de estudo. Os níveis topográficos variam de 4,30 m (nível das várzeas), de 5 a 15 m (terraços) e de 16 a 39 m dos tabuleiros. Estes três setores representativos constituem os sistemas naturais ou de paisagens. No setor de várzeas incluem a várzea alta e baixa, igapós e a áreas flúvio-marinhas ou manguezais. As primeiras são representativas das planícies de inundação dos cursos d'água: rios, furos e igarapés onde ocorrem depósitos aluviais holocênicos predominantemente argilosos. Nas áreas de manguezais são áreas de acumulação em planícies de maré, com depósitos argilosos e lodosos.

O estuário do rio Pará é uma vasta área de acumulação, sobretudo por sedimentos fluviais, responsáveis pela elaboração de extensas planícies aluviais (várzeas e igapós) nas quais as taxas de inundação e sedimentação são ampliadas pelo fenômeno da maré dinâmica, com picos nas épocas de coincidência das sizígias com elevados índices pluviométricos (IDESP, 1990; LIMA, TOURINHO, COSTA, 2000)

As inundações diárias, ocasionadas pela elevação da maré, pela água das chuvas ou por ambas, depositam uma sucessão de argilas ricas em matéria orgânica. Dessa forma, além dessas argilas que são comuns nos elementos de drenagem da área, existem as acumulações arenosas ao longo das praias, principalmente em Outeiro, Mosqueiro e Cotijuba, relacionadas ao desgaste das falésias, em função da ação de ondas. Essas areias apresentam granulometria média a grossa e são ricas em quartzo e minerais pesados (EL-ROBRINI, 2001).

3.4. SOLOS

Os solos encontrados nas margens da baía de Marajó apresentam-se geralmente eutróficos. Nas áreas situadas às margens das baías de Guajará e Santo Antônio, e furo das Marinhas, os solos normalmente são distróficos (PALHETA, 2008). As classes de solo, individualizadas por SILVA (1975 *apud* PALHETA, 2008), também se relacionam ao controle geomorfológico:

a) Terraços Pleistocênicos: São constituídos por latossolos amarelos álicos de textura média, areias quartzosas álicas, materiais concrecionários lateríticos álicos de textura argilosa, podzólicos vermelhos amarelados álicos de textura argilosa e podzóis hidromórficos de textura arenosa.

*SILVA, B. N. R. Levantamento de reconhecimento detalhado dos solos da ilha de Mosqueiro (PA) com auxílio de fotointerpretação. Piracicaba: Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 159p. 1975. (Dissertação de Mestrado).

b) Planície Aluvial: Formado por clay pouco húmico de textura arenosa (álco e eutrófico) e solos hidromórficos indiscriminados.

3.5. VEGETAÇÃO

A vegetação das margens flúvio-estuarinas (figura 4) é condicionada aos fatores geomorfológicos, distinguindo-se, predominantemente, três tipos: 1) vegetação de várzea, típica de áreas inundáveis, sob controle periódico das marés; 2) vegetação de floresta densa associada aos terrenos mais elevados ditos de terra firme; 3) florestas secundárias, associadas às áreas desmatadas, ocupando uma apreciável distribuição na região (PINHEIRO, 1987).

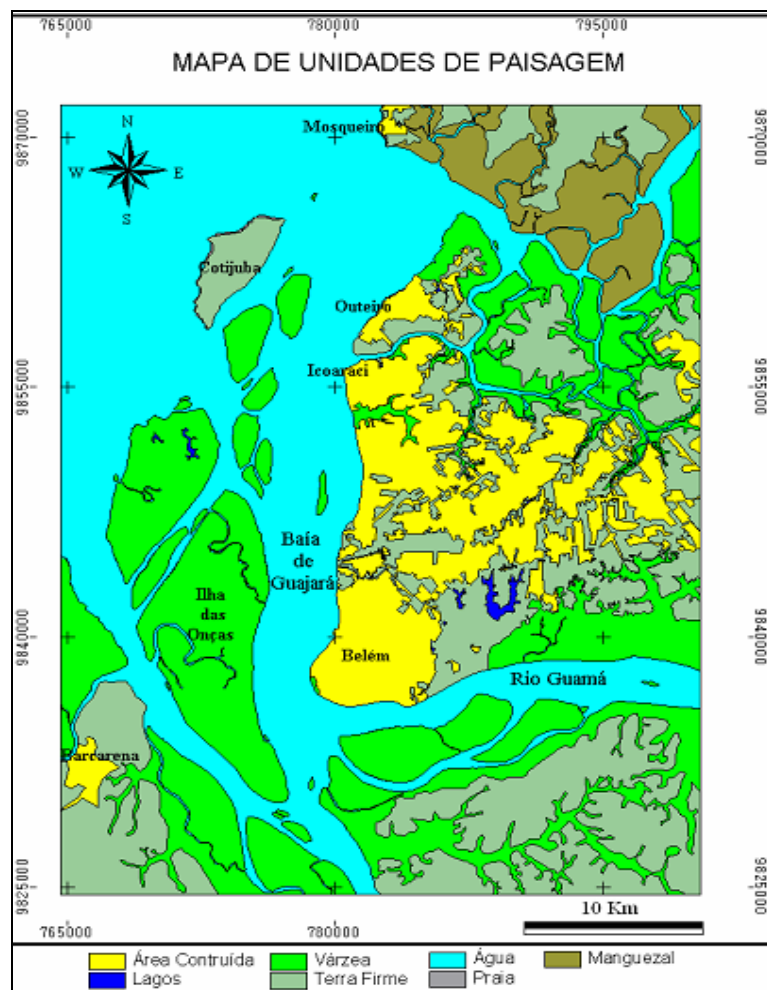


Figura 4: Mapa de unidades de paisagem elaborado a partir da interpretação visual do produto integrado, pan/multi do LANDSAT-7 ETM+.

Fonte: Gonçalves (2003).

A sucessão das planícies de maré lamosas recobertas pelo mangue ocorre para o interior do estuário do rio Pará, na medida em que diminui a salinidade das águas, até um ponto em que

os mangues passam a ocorrer como formações isoladas às margens dos canais, e são substituídos pela vegetação própria das várzeas e igapós (SCHAFFER-NOVELLI et al., 1990). Em função da maior atuação das vazantes, predomina a água doce no sistema hidrográfico e as planícies aluviais (várzeas) são mais extensas, espalhando-se ao longo de canais fluviais sob influência de marés.

Os furos, a exemplo dos que separam as ilhas de Outeiro (Maguari), Mosqueiro (das Marinhas) e Colares (Laura) do continente, comportam-se como canais fluviais sob influência das marés, e estas influenciam na sedimentação em virtude da oscilação diária do nível das águas (enchentes) (LIMA, TOURINHO, COSTA, 2000). Não constituem rios propriamente ditos, mas porções superiores e internas do estuário, o que é confirmado pelo predomínio de processos fluviais. Além disso, estes canais recebem a descarga de pequenos rios que provêm do continente ou das ilhas. O mangue aparece ao longo destes furos como formações isoladas em meio às espécies aluviais – várzea e igapó.

3.6. HIDROLOGIA

O rio Pará não é propriamente um rio e sim um conjunto hidrográfico sem nascente própria, formado por inúmeros os rios (Araguaia, Tocantins, Capim, Acará, Moju, Guamá, Anapu, Jacundá, Pacajás e Araticum) cujas águas nele desembocam, dando origem a uma sucessão de baías e enseadas que se estendem ao longo de toda a costa sul da ilha de Marajó e o continente, desde a Baía das Bocas até ao mar, com mais de 300 quilômetros de extensão e cerca de 20 quilômetros de largura média (LIMA, TOURINHO, COSTA, 2000). O furo do rio Maguari está inserido nesse complexo conjunto hidrográfico, rodeado pelas baías do Guajará e de Santo Antônio.

4. ASPECTOS HIDRODINÂMICOS E METEOCEANOGRÁFICOS

4.1. CLIMA

A área de estudo tem o seu clima mais diretamente influenciado pela zona de convergência intertropical (ZCIT) que, dependendo do seu deslocamento, provoca dois momentos climáticos mais característicos da região o "inverno" - período mais chuvoso (dezembro a maio) e o "verão" - período menos chuvoso (junho a novembro). Segundo a classificação de Koppen, pertence à categoria "equatorial úmido" do tipo Af segundo a classificação climática para a Amazônia.

As principais características do clima da região de Belém são: temperaturas médias altas apresentando média anual de 25,9 °C, mínima de 21,9 °C e máxima de 31,4 °C; a umidade relativa do ar pode chegar a 84%. Chuvas intensas em toda a área provocam uma pluviosidade anual superior a 2900 mm, sendo a maioria de curta duração e grande intensidade (VENTURIERI et al., 1998).

4.2. VENTOS

O vento no litoral norte segue essencialmente a circulação de grande escala, com predominância de fluxo zonal de leste e atingindo uma velocidade média em torno de 5m/s. Ressalta-se que a velocidade do vento aumenta com a proximidade do litoral, devido ao efeito de brisa acentuado. Observa-se que a marcha sazonal da circulação atmosférica na faixa litorânea norte não é muito alterada, notando-se apenas uma ligeira variação da direção leste para nordeste na foz do rio Amazonas, durante os meses de verão e outono. Com a chegada da primavera e o início do verão, a velocidade do vento aumenta satisfatoriamente, em função da influência dos ventos alísios que passam a soprar mais sobre a região tropical. Normalmente, esses ventos são caracterizados como um presságio ao aumento das precipitações, e ficam bem definidos pelo perfil do vento próximo a superfície. Durante o período menos chuvoso ocorre o contrário, e com a diminuição de precipitação na região, o continente fica mais aquecido, implicando num diferencial de temperatura maior entre o continente e o oceano,

aumentando assim, a velocidade do vento no litoral norte (MACOLA & EL-ROBRINI, 2004).

4.3. MARÉ

Muitos dos estuários do mundo são influenciados, em maior ou menor grau, pelas correntes de mares. A energia destas correntes de mares serve como mecanismo de mistura entre as águas doces provenientes dos rios e as águas salgadas oriundas do ambiente marinho, bem como a ressuspensão, transporte e deposição dos sedimentos, a formação de canais e bancos e a redistribuição de contaminantes que possam existir na área. A amplitude e duração das marés, bem como a intensidade das correntes são função da quantidade de chuva, da intensidade dos ventos reinantes e das variações das direções das correntes nos canais, igarapés, rios e bancos (CORREA, 2005).

No litoral paraense, as correntes de maré agem perpendicularmente a costa, com velocidades máximas, superiores em média, de 1,5 nós na plataforma continental. As fortes correntes de maré atingem velocidades da ordem de 2,1 nós (6 hs antes da preamar, nas marés de sizígia) e 1,9 nós (4 hs após a preamar, nas marés de quadratura). As correntes de mares são, também, as principais responsáveis pela presença dos inúmeros bancos de areias, que se dispõem perpendicularmente à costa, na foz do rio Pará e offshore da Ilha dos Guarás (Mariteua) (MACOLA & EL-ROBRINI, 2004).

Segundo Diretoria de Hidrografia e Navegação – DHN (1967) a corrente de enchente possui direção aproximada de SSW, nas proximidades da baía do Marajó. A velocidade das correntes de mares, no estuário da baía de Marajó e em suas cercanias, pode exceder a 250 cm.s^{-1} . Suas amplitudes variam dependendo do ponto considerado, em Salinópolis a média da maré é de 2,75 m, variando de 0,1 a 5,5 m; na ilha do Mosqueiro, próximo a Belém, a média é de 1,84 m, com variações entre 0,2 a 3,6 m e no canal de Breves a média é de 0,69 m, com variações entre 0,1 e 1,2 m, entre a maré baixa e a maré alta.

5. REVISÃO DE LITERATURA

5.1. SEDIMENTOLOGIA

A determinação das propriedades físicas dos sedimentos é de fundamental importância para entender os depósitos sedimentares e a dinâmica sedimentar que os originaram. Alguns parâmetros como a densidade, o tamanho, a forma e a rugosidade da superfície das partículas, bem como a granulometria dos sedimentos. No entanto, a propriedade mais importante dos sedimentos é, provavelmente, a dimensão das partículas que os compõem. Neste aspecto, a primeira e mais simplista abordagem é a quantificação por grandes classes dimensionais, ou seja, a “Análise Textural”.

Não existe consenso acerca da definição dos limites dimensionais destas classes. Porém apesar de todas essas divergências, em oceanografia existe uma convergência nas definições dimensionais das principais classes texturais presentes nos sedimentos marinhos, uma vez que a classificação mais usual é a de Wentworth. Assim, designam-se normalmente por: Cascalho - conjunto de partículas com diâmetros superiores a 2 mm; Areia - conjunto de partículas com diâmetros entre 2 mm e 0,063 mm (63μ); Silte - conjunto de partículas com diâmetros entre 63μ e 4μ ; Argila - conjunto de partículas com diâmetros inferiores a 4μ , sendo que existe uma divisão da escala em mm e phi (ϕ) e também uma divisão de cada classe textural em grossa, média, fina e muito fina.

A análise das dimensões das partículas é importante, pois permite deduzir indicações preciosas, tais como: Proveniência - designadamente sobre a disponibilidade de determinados tipos de partículas e sobre as rochas que lhes deram origem; Transporte - utilizando, por exemplo, o conceito de maturidade textural e a resistência das partículas, segundo a sua composição, à abrasão e à alteração química; e o seu local de deposição (Ambientes deposicionais).

Wentworth (1922), que desenvolveu a escala logarítmica, designada como “escala ϕ (phi)”, que facilitou a aplicação dos métodos estatísticos convencionais à sedimentologia, tendo ampla aceitação pela comunidade científica, como mostra a tabela 1.

A análise granulométrica consiste na determinação das dimensões das partículas que constituem as amostras e no tratamento estatístico dessa informação. Assim, para realizar a

descrição adequada de um sedimento, torna-se necessário proceder a uma análise pormenorizada, utilizando classes granulométricas com pequena amplitude. Quanto menor for à amplitude das classes, melhor é a descrição da variabilidade dimensional das partículas que constituem o sedimento.

Tabela 1: Limites dimensionais e designações da classificação de Wentworth

Classificação de Wentworth		Escala em phi (ϕ)	Escala em mm	Classificação Verbal	
Português	Inglês			Português	Inglês
Bloco	Boulder	-9	512	--	--
		-8	256		
Matacão	Cobble	-7	128	Seixo	Cobble
		-6	64		
		-5	32		
		-4	16		
Seixo	Pebble	-3	8	Cascalho muito grosso	Very coarse gravel
		-2	4	Cascalho grosso	Coarse gravel
		-1	2	Cascalho médio	Medium gravel
Cascalho	Granules			Cascalho fino	Fine gravel
Areia muito grossa	Very coarse sand	0	1	Areia muito grossa	Very coarse sand
Areia grossa	Coarse sand	1	0,500	Areia grossa	Coarse sand
Areia média	Medium sand	2	0,250	Areia média	Medium sand
Areia fina	Fine sand	3	0,125	Areia fina	Fine sand
Areia muito fina	Very fine sand	4	0,0625	Areia muito fina	Very fine sand
Silte grosso	Coarse silt	5	31 μ *	Silte grosso	Coarse silt
Silte médio	Medium silt	6	15,6 μ *	Silte médio	Medium silt
Silte fino	Fine silt	7	7,8 μ *	Silte fino	Fine silt
Silte muito fino	Very fine silt	8	3,9 μ *	Silte muito fino	Very fine silt
Argila grossa	Coarse Clay	9	2,0 μ *	Argila grossa	Coarse Clay
Argila média	Medium Clay	10	0,98 μ *	Argila média	Medium Clay
Argila fina	Fine Clay	11	0,49 μ *	Argila fina	Fine Clay
Argila muito fina	Very fine clay	12	0,24 μ *	Argila muito fina	Very fine Clay
Colóide	Colloid	13	0,12 μ *	Colóide	Colloid

μ = 0,001mm

Fonte: Dias (2004).

Os métodos mais conhecidos para efetuar a análise granulométrica de sedimentos são: o peneiramento a seco, peneiramento via úmida, decantação e centrifugação (separação silte-argila), (MARTINS, 2007). Antigamente a classificação granulometria dos sedimentos muito

grosseiros (cascalhos, seixos, etc.) era efetuada medindo (ou pesando) individualmente cada um dos elementos e contando-os. Contudo, para sedimentos menos grosseiros (areias), tal forma de mensuração não é prática, sendo nas areias difícil e demorada, e imagine nos siltes e argilas.

5.1.1. Classificação textural de sedimentos por Folk (1954)

A classificação proposta por Folk (1954), baseia-se, essencialmente, num diagrama triangular, em que são representados proporcionalmente os conteúdos percentuais em cascalho (>2 mm), em areia (2 mm a 63μ) e em lodo ($<63\mu$).

Para aplicar esta classificação torna-se necessário conhecer duas grandezas: a quantidade percentual de cascalho, utilizando-se as fronteiras de 80%, 30%, 5% e traços ($<0,01\%$); e a razão areia/lodo, usando-se as fronteiras proporcionais 9:1, 1:1 e 1:9.

Na concepção desta classificação, Folk utilizou vários princípios científicos. Por exemplo, a quantidade de cascalho existente no sedimento é extremamente significativa, pois a deposição ocorre em função de velocidades máximas da corrente de fundo. Mesmo uma quantidade ínfima desta classe textural pode refletir as características que o fluxo tinha no período de deposição.

5.1.2. Diagrama de Pejrup (1988)

Com a análise dos diagramas de Pejrup (1988), pode-se inferir o grau de energia no ambiente baseando-se na distribuição granulométrica de fundo. A partir dessa análise Pejrup (1988) propõe um novo diagrama triangular para a classificação de sedimentos estuarinos, segundo as condições hidrodinâmicas atuantes durante o processo de deposição dos sedimentos (Figura 5).

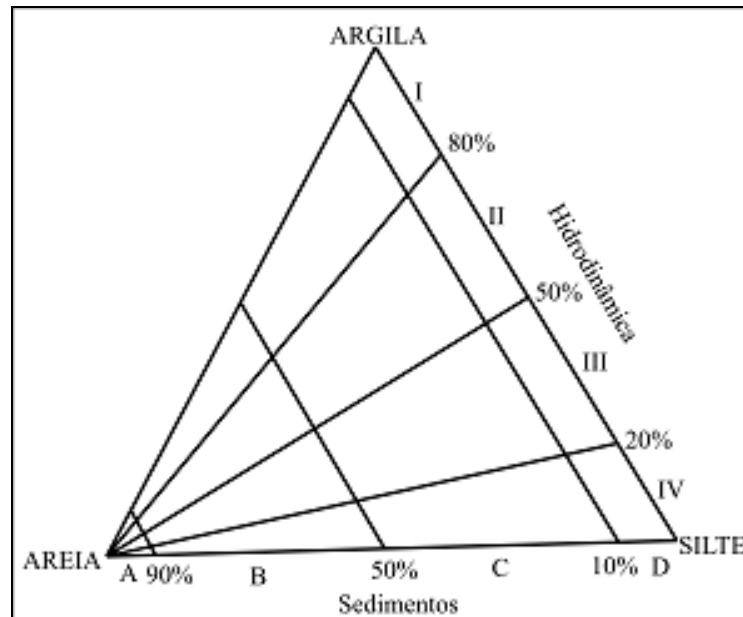


Figura 5: Diagrama de Pejrup (1988).

Fonte: Corrêa (2005).

De acordo com Corrêa (2005), Pejrup (1988) utiliza o teor de argila presente nos sedimentos para delimitar as áreas de seu diagrama. Os sedimentos estuarinos com teores de argila maior que 80%, na fração lama, são pouco frequentes e caracterizam ambientes de baixa energia, este valor é utilizado para dividir um dos campos de seu diagrama. Por razão simétrica a linha que corresponde a 20% de argila, na fração lama, é utilizada para representar ambientes de energia mais elevada e, finalmente a linha de 50% de argila, na fração lama, é utilizada para dividir a seção média do diagrama em duas partes iguais. Desta maneira o diagrama proposto fica dividido em quatro seções. A seção I caracteriza ambientes com condições hidrodinâmicas muito baixas, enquanto que as seções II, III e IV, caracterizam ambientes com aumento gradativo da energia. A divisão do diagrama nas seções A, B, C e D é efetuada a partir do conteúdo de areia presente nos sedimentos. A linha de 10% de areia é escolhida por Pejrup (1988), pelo motivo que tal conteúdo de areia em sedimentos lamosos é insignificante em termos de dinâmica ao passo que a linha de 90% de areia foi escolhida devido à perda do caráter coesivo por sedimentos com tais características. Finalmente a linha de 50% de areia foi escolhida para dividir o grupo central em duas partes iguais. Desta maneira Pejrup (1988) divide o diagrama em 16 grupos, nomeados por letras que indicam o tipo de sedimento e por números que indicam as condições hidrodinâmicas reinantes durante a deposição.

5.2. ESTUÁRIOS

O grande volume de estudos acerca de estuários promove modificações em definições e critérios de classificação, tornando-os mais complexos. Em geral, os estuários podem ser classificados de acordo com os aspectos geomorfológicos, a estratificação de salinidade, os processos físicos atuantes (ondas e/ou marés), o modo de formação da bacia, padrão de circulação estuarina ou mecanismos físicos de posicionais dominantes (MONTEIRO, 2009).

Uma das definições mais comumente adotadas é a de Cameron e Pritchard (1963), porém incompleta sem considerar a influência da maré. O efeito da maré foi enfatizado por Dionne (1963), subdividindo o estuário em três setores: 1) estuário marinho (estuário inferior) com ligação livre com o oceano aberto; 2) estuário médio, sujeito a forte mistura entre águas marinhas e continentais; 3) estuário fluvial (estuário superior) caracterizado por águas continentais, mas sujeito à influência diária da maré.

A definição de Fairbridge (1980) não diferenciou muito da Dionne (1963), com estuário subdividido em três partes: estuário inferior, estuário intermediário e estuário superior ou fluvial, mas também sujeito diariamente a ação das marés. Kjerfve (1987) enfatizou as diversas regiões de um estuário mostrando que este pode ser dividido em três áreas distintas: 1) zona costeira externa, área da pluma; 2) zona de mistura; 3) área de influência da maré no rio caracterizada por águas continentais, mas sujeito à influência diária da maré.

A influência do sedimento foi enfatizada por Dalrymple, Zaitlin; Boyd. (1992): Um estuário é a parte de um sistema de vales inundados que é voltada para o mar e que recebe sedimento de fontes fluviais e marinhas, contendo fácies influenciadas pela maré, pelas ondas e pelos processos fluviais. Considera-se que o estuário se estende desde o limite interno das fácies de maré (topo do estuário) até o limite oceânico (na sua boca). Esta definição introduz o efeito das ondas como um processo significativo, mas ela é restritiva para os estuários que não recebem sedimento marinho, embora eles tenham outras características estuarinas.

A definição considerada mais satisfatória por Dyer (1997) é uma adaptação da definição proposta por Cameron e Pritchard (1963): Estuário é um corpo de água costeiro semi-fechado, com ligação livre com o oceano aberto, que se estende ao longo do rio até o limite de influência da maré, no interior do qual a água do mar é mensuravelmente diluída pela água doce oriunda da drenagem continental.

5.2.1. Classificações

Os estuários são ambientes complexos, do ponto de vista físico: circulação, processos de mistura e estratificação da salinidade, e todos estes fatores dependem da geometria, da descarga de água doce, da maré, da circulação na região costeira adjacente, e do vento. Como os processos de natureza biológica, química e geológica são fortemente influenciados pelas propriedades e variáveis físicas, há necessidade de uma abordagem interdisciplinar para melhor entendimento destes ambientes no contexto de um ecossistema costeiro. Como a dinâmica dos estuários pode ser considerada mais complexa quando comparados com a dinâmica dos oceanos abertos e a do sistema fluvial, há uma dificuldade para organizar e agrupar as características estuarinas e, assim, classificar os estuários similares em conjunto. Entretanto, atualmente, as classificações mais usadas são baseadas na geomorfologia, na estratificação salina e nos princípios dinâmicos (MIRANDA; CASTRO; KJERFVE 2002).

5.2.2. Classificação pela maré

O contexto de maré dentro do qual os estuários ocorrem foi descrito em termos de amplitude de maré por Davies (1964) como sendo: Micromaré: < 2 m, Mesomaré: $2 \text{ m} < \text{amplitude de maré} < 4$ m, Macromaré: $4 \text{ m} < \text{amplitude de maré} < 6$ m, Hipermaré: amplitude de maré > 6 m. Segundo Davies (1964), a dinâmica dos estuários de micromaré é dominada pela ação do vento e das ondas, e o efeito da maré fica normalmente limitado às proximidades da boca do estuário. Em estuários de mesomaré já a circulação é controlada pelas correntes da maré. E nos de estuários de macromaré, a circulação é dominada pelo efeito da maré e das ondas pode ser importante na boca do estuário e sendo os mesmos fatores também atuam nos estuários de hipermaré.

5.2.3. Classificação pela geomorfologia

Segundo Perillo (2005), a primeira classificação dos estuários de acordo com a sua geomorfologia foi proposta por Pritchard (1952b) como sendo: A) estuários de planícies costeiras; B) estuários construídos por barras; C) fiordes e D) outros estuários formados por eventos geológicos e geomorfológicos (figura 6).

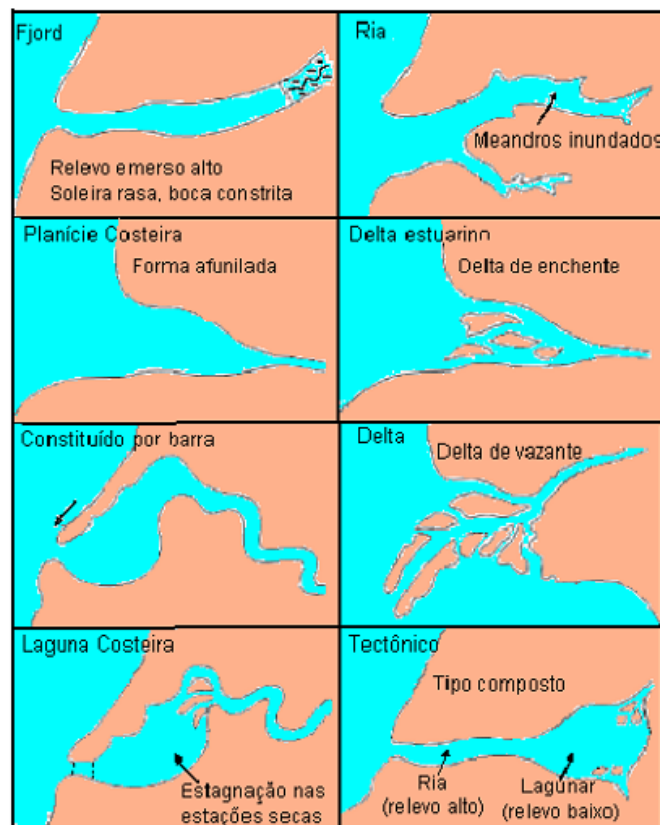


Figura 6: Representação esquemática dos principais tipos de estuários (inlets).

Fonte: Miranda, Castro e Kjerfve (2002).

5.2.3.1. Estuários de planície costeira

São típicos de regiões de planície costeira e se formaram durante a transgressão do mar que inundou os vales dos rios no Holoceno. São relativamente rasos, raramente excedendo 30 m de profundidade, com as maiores profundidades localizadas próximas à boca do estuário. Geralmente são orientados na direção perpendicular à costa. A área da secção transversal (largura x profundidade) tem forma de V, sendo maior próximo à boca do estuário e

diminuindo estuário acima. Devido ao recente processo de sedimentação do vale dos rios, o fundo destes estuários é preenchido com lama e sedimentos finos na sua parte superior e com materiais mais grossos em direção a boca do estuário. Como a razão largura/profundidade é grande, o fluxo depende da intensidade da descarga fluvial e da altura da maré. São exemplos desse tipo de estuário: Nos EUA: Baía de Chesapeake, Baía de Delaware, estuário do Rio Hudson; No Brasil: estuário do Rio São Francisco.

5.2.3.2. Estuários construídos por barras: também chamados lagoas costeiras

Também são estuários formados pela inundação de vales primitivos de rios durante a transgressão marinha, mas a sedimentação recente ocasionou a formação de barras na sua boca. Portanto, estes ambientes estão associados a regiões costeiras que podem sofrer processos erosivos com facilidade, produzindo grandes quantidades de sedimento que são retrabalhados pelas ondas e transportados pelas correntes litorâneas para formar as barras. Esses sistemas são rasos, com profundidade não superior a 20-30 m, e podem apresentar canais e lagoas extensas no seu interior. O sistema de rios que alimenta estes estuários apresenta descarga fluvial variável de acordo com a estação do ano e podem transportar grande concentração de sedimento em suspensão, ocasionando alterações sazonais na geometria da entrada (na barra). São exemplos desse tipo de estuário: Mar Chiquita Lagoon, na Argentina; Lagoa dos Patos, Brasil; Estuário Vellar, Índia.

5.2.3.3. Fiordes

Formou-se em regiões que durante o Pleistoceno estavam cobertas com calotas de gelo. As calotas de gelo invadiram os vales dos rios primitivos e a sua pressão sobre os blocos continentais e os efeitos erosivos durante o descongelamento aprofundaram os vales dos rios primitivos e criaram um vale totalmente diferente, que foi inundado à medida que o mar avançou. A maioria apresenta um alto fundo rochoso, chamado soleira (shallow sill), na entrada. Esta soleira pode ser tão rasa quanto 4m (como na Costa da Noruega) ou tão funda quanto 150m (como em British Columbia, Canadá). As soleiras restringem drasticamente as

trocas de água com o oceano adjacente, o que pode ocasionar condições anóxicas e adversas para as comunidades biológicas nas camadas profundas em períodos de estabilidade vertical na coluna d'água (verão). A profundidade dos vales pode variar entre 200 e 800m, alcançando um máximo de 1200m. São sistemas profundos e a razão largura profundidade é relativamente pequena quando comparada com estuários de planície costeira.

5.2.3.4. Outros estuários

Estão incluídos nesta categoria todos os estuários formados por outros processos costeiros como falhas tectônicas, erupções vulcânicas, tremores e deslizamentos de terra, e cuja morfologia foi muito alterada por processos de sedimentação recente nos últimos milênios (rias e deltas).

Nas regiões de macromaré ou hipermaré que tem ação de ondas moderada ou grande e transporte de sedimento fluvial com elevada concentração de material em suspensão, o processo sedimentar recente favoreceu o crescimento de ilhas na parte interior do estuário; esse tipo de estuário é denominado delta de enchente (dominado pela maré). Exemplo: um dos mais espetaculares deltas estuarinos é o delta tropical do Rio Amazonas.

Nas regiões de micromaré que tem ação de ondas moderada e com transporte de sedimento fluvial com elevada concentração de material em suspensão, a sedimentação acontece na plataforma continental interna, formando bancos de areia e ilhas e dando origem a deltas de vazante (dominado pela descarga fluvial). Exemplo: delta da Lagoa dos Patos antes da construção dos Molhes da Barra.

Estuário do tipo Ria, origem tectônica, formaram-se devido à elevação da parte continental onde estava localizado o vale interior do rio, aliviada pelo peso de glaciares durante o descongelamento. O rio foi inundado com a elevação eustática do nível relativo do mar, formando um estuário típico de regiões montanhosas de alta latitude (anteriormente ocupadas por glaciares).

5.2.4. Classificação de acordo com a estratificação de salinidade

Os estuários classificados nos diferentes tipos geomorfológicos descritos nos itens anteriores apresentam grandes diferenças nos padrões de circulação, estratificação de salinidade e processos de mistura.

A classificação dos estuários de acordo com a estratificação de salinidade permite estabelecer qualitativamente as principais características da circulação da zona de mistura (ZM), abrangendo a grande maioria dos estuários de planície costeira. Esse critério de classificação leva em conta os termos dominantes da forma estacionária da equação de conservação de sal, que estabelece o balanço entre advecção e difusão. De acordo com a estratificação vertical de salinidade, temos os seguintes tipos de estuários (PRITCHARD, 1955):

- ✓ Cunha salina (tipo A)
- ✓ Parcialmente misturado (tipo B)
- ✓ Verticalmente homogêneo (tipos C e D)

A transição entre os diversos tipos depende da descarga do rio, da amplitude de maré, do componente baroclínico de velocidade e das características geométricas do estuário.

5.2.4.1. Cunha salina (TIPO A)

São típicos de regiões de micromaré e de lugares em que predominam condições de grande descarga fluvial. Portanto, estes estuários são dominados pela descarga fluvial e pelo processo de entranhamento, responsável pelo aumento de salinidade da camada superficial. Devido às variações da descarga fluvial e da maré, a cunha salina não se mantém estacionária, movendo-se lentamente e buscando sempre uma posição de equilíbrio em resposta às variações da descarga fluvial e da maré (STOMMEL, 1953^a *apud* MIRANDA, CASTRO E KJERFVE, 2002). A camada superficial menos densa se desloca estuário abaixo sobre a camada de fundo mais densa (alta salinidade). O cisalhamento da velocidade na interface gera a tensão interfacial de atrito que, pelo processo de entranhamento, transporta parcelas de água do mar para a camada superficial (one way process). Se a velocidade relativa entre as camadas da superfície e do fundo for suficientemente intensa, as ondas internas formadas nesta interface

*STOMMEL, H. The Role of density currents in Estuaries. Proc. Minnesota International Hydraulics convection, Minneapolis, University of Minnesota, pp. 305-312. 1953^a

quebram, gerando turbulência e aumentando a mistura entre as camadas. A interface entre a camada superficial (água doce) e de fundo (água salgada) é chamada de haloclina.

5.2.4.2. Parcialmente misturado (TIPO B)

Ocorre quando os rios deságuam em zonas costeiras moderadamente influenciadas pela maré. Nesta situação, a co-oscilação da maré agita periodicamente todo volume de água no interior do estuário, oscilando para dentro e para fora do estuário de acordo com as correntes de enchente e vazante. A energia de maré envolvida neste processo é grande, sendo principalmente dissipada no estuário através da realização de trabalho contra o atrito nos limites geométricos do estuário e contra a ação estabilizadora dos gradientes de densidade. Esta energia de maré produz turbulência interna. Os vórtices turbulentos gerados perdem sua energia cinética realizando trabalho contra os gradientes de densidade, aumentando desta forma a energia potencial da coluna d'água e gerando calor (através da dissipação viscosa). Estes vórtices turbulentos podem movimentar a água salgada para cima e a água doce para baixo. Conseqüentemente, a salinidade na camada superficial é consideravelmente aumentada. Para que a camada acima da haloclina transporte um volume de água igual ao descarregado pelo rio, este volume deve aumentar consideravelmente. Simultaneamente ocorre o transporte de água do mar estuário acima nas camadas mais profundas também aumenta, desenvolvendo-se um movimento em duas camadas e de sentidos opostos.

5.2.4.3. Verticalmente homogêneo (TIPO C e D)

Esse tipo de estuário forma-se em canais rasos e estreitos forçados por descarga fluvial pequena. E ocorre quando a amplitude de maré é grande em comparação à profundidade local. Neste caso, o cisalhamento das correntes no fundo produz turbulência, que normalmente é suficiente para misturar completamente a coluna d'água e produzir condições de homogeneidade, eliminando a haloclina. Nestes estuários, as correntes de maré serão muito maiores que a descarga dos rios e isso requerem condições de macromaré. Estes estuários apresentam pequena estratificação vertical de salinidade, tornando o fluxo vertical de sal

desprezível, e o processo de mistura ocorre principalmente na direção longitudinal. Embora a salinidade praticamente não varie verticalmente, ela pode variar consideravelmente na secção transversal do estuário. A intensidade do gradiente longitudinal de salinidade é menor do que no estuário parcialmente misturado, e o componente baroclínico da força de gradiente de pressão não é capaz de gerar circulação gravitacional. Sendo assim, o movimento estacionário é predominantemente unidirecional e estuário abaixo (da terra para o mar).

5.2.4.4. Lateralmente estratificado (TIPO C)

Quando o estuário é suficientemente largo (razão largura/profundidade é alta), a força de Coriolis tende a direcionar a corrente de maré que esta entrando e a descarga dos rios que esta saindo, gerando estratificação lateral de salinidade. Isso quer dizer que: no Hemisfério Norte a água do mar se desloca estuário acima pelo lado esquerdo, e a água dos rios se desloca estuário abaixo pelo lado direito (para um observador posicionado na cabeceira do estuário, olhando em direção a sua boca). O contrário ocorre no Hemisfério Sul. Processos de mistura lateral ocorrem, e dão origem a uma circulação residual horizontal.

5.2.4.5. Lateralmente bem misturado (TIPO D)

Em canais estuarinos estreitos, o cisalhamento lateral poderá ser suficientemente intenso para gerar condições de homogeneidade lateral. Nestas condições, a salinidade aumenta gradativamente estuário abaixo e o movimento médio está orientado nesta direção em todas as profundidades. Embora este movimento tenha a tendência de transportar sal para fora do estuário, o balanço é atingido pelo transporte de sal estuário acima por difusão turbulenta, que esta associada a irregularidades topográficas e ao atrito com o fundo na corrente de maré (dispersão da maré). O tipo de estuário pode apresentar variações ao longo das secções transversais do mesmo. Próximo à cabeceira do estuário, onde a amplitude de maré tende a ser reduzida, a descarga do rio pode ser dominante, e em consequência, o processo de entranhamento é o mais ativo para o transporte de água do mar para a superfície, prevalecendo nesta região à condição de maior estratificação vertical. À medida que nos

deslocamos estuário abaixo, a amplitude de maré aumenta e o processo predominante para a mistura é a difusão turbulenta, podendo ocorrer nesta parte do estuário à condição de parcialmente misturado. Próximo à boca do estuário a amplitude de maré é maior e gera homogeneidade.

6. MATÉRIAS E MÉTODOS

6.1. DADOS OCEANOGRÁFICOS

O estudo apresentado neste trabalho está baseado em medidas realizadas em um ponto fixo na entrada do furo do rio Maguari no dia 9 de agosto de 2010 (figura 7). Estávamos sobre a influência da maré de sizígia, equinocial, com o objetivo de registrar a maior da maré na área. Medidas de corrente, salinidade e temperatura foram realizadas na estação, sendo que cobriu 12hs de amostragem, abrangendo aproximadamente meio ciclo de maré, em intervalos de 1hora, iniciando às 6h e o seu termino às 18h. As medidas das propriedades referidas acima foram em superfície (corrente) e a cada hora era feito o perfil na coluna d'água com o CTD (condutividade e temperatura), sendo que a maior parte do tempo ficava fixo ao fundo. Foi utilizado um GPS Garmin (modelo 76CSx) para a marcação do ponto de amostragem. Para os levantamentos de dados de campo foi utilizado um barco pesqueiro de pequeno porte, com calado de 1,5m e comprimento 8m, típico da região.

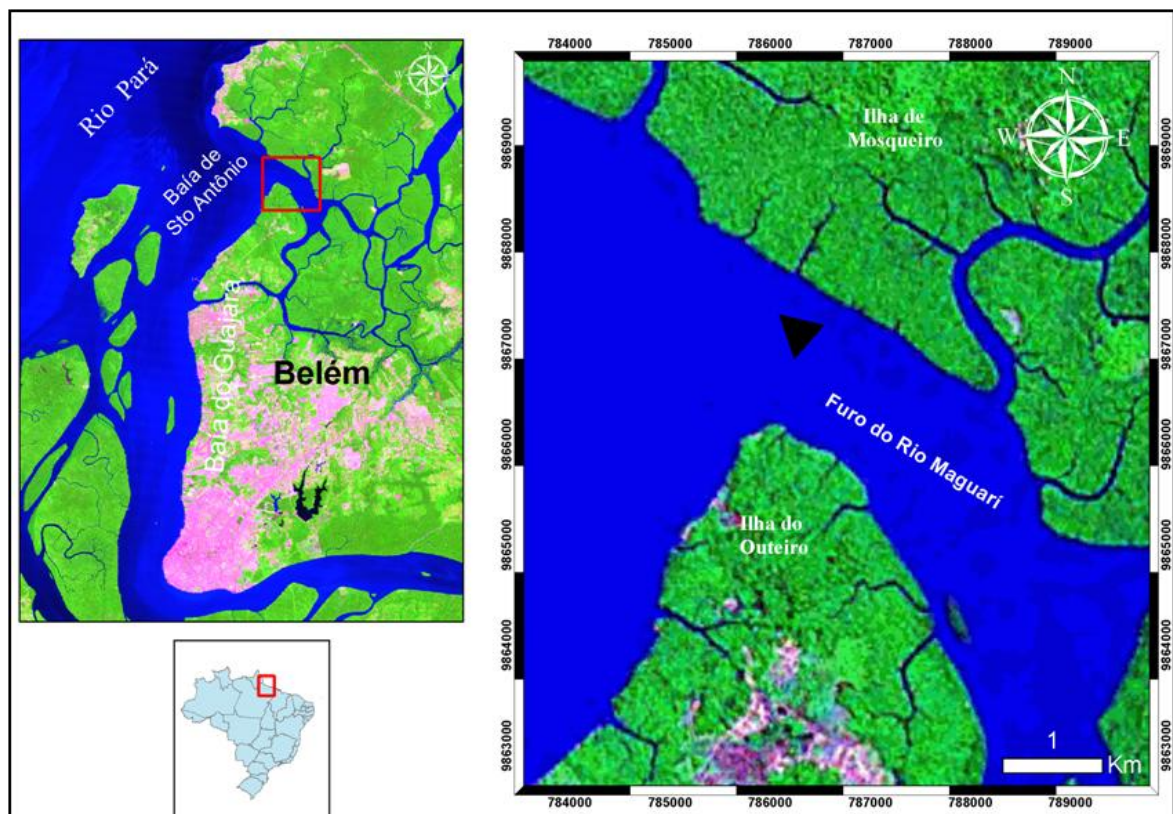


Figura 7: Ponto de coleta (▲) dos dados hidrográficos e corrente superficial no furo do rio Maguari.

6.2. CORRENTES

Os dados de intensidade e direção de corrente superficial foram obtidos com o auxílio de um correntômetro eletromagnético, modelo AEM USB da marca JFE ALEC. Foram realizados registros a cada um minuto durante os dez primeiros minutos em um ciclo de meia hora.

6.3. PROPRIEDADES HIDROGRÁFICAS

Os dados de temperatura e condutividade foram obtidos com uma sonda Conductivity-Temperature-and-Depth (CTD), modelo SeaBird 37SM, sendo que através dos dados de condutividade geramos os de salinidade com auxílio do software do aparelho. O CTD foi programado para fazer registro contínuo fixo ao fundo, com intervalo de 5 segundos e ao mesmo tempo um perfilamento completo da coluna d'água a cada uma 1 hora.

6.4. COLETA DE SEDIMENTO

A coleta de sedimento foi realizada no dia 13 de Julho de 2010. O deslocamento na área de estudo foi realizado com auxílio de um GPS. Todos os pontos de coleta tiveram suas coordenadas previamente determinadas através dos programas Google Earth, tabela 2, TrackMaker 13,5 e repassada para o GPS, visando que a localização dos pontos de coleta em campo fossem a mais precisa possível (figura 8).

Para a coleta de sedimentos foi utilizado o amostrador de fundo tipo Petersen, operado manualmente. Ao ser içado da água era aberto em uma basqueta, onde o sedimento era disposto para uma subamostragem para análises sedimentológicas. Posteriormente, as amostras foram acondicionadas em engradados plásticos e encaminhadas para o Laboratório de Oceanografia Geológica e Geofísica Marinha da Universidade Federal do Pará - LIOG, onde foram submetidas a tratamento prévio (lavagem e secagem) e análise granulométrica (peneiramento a seco e úmido).

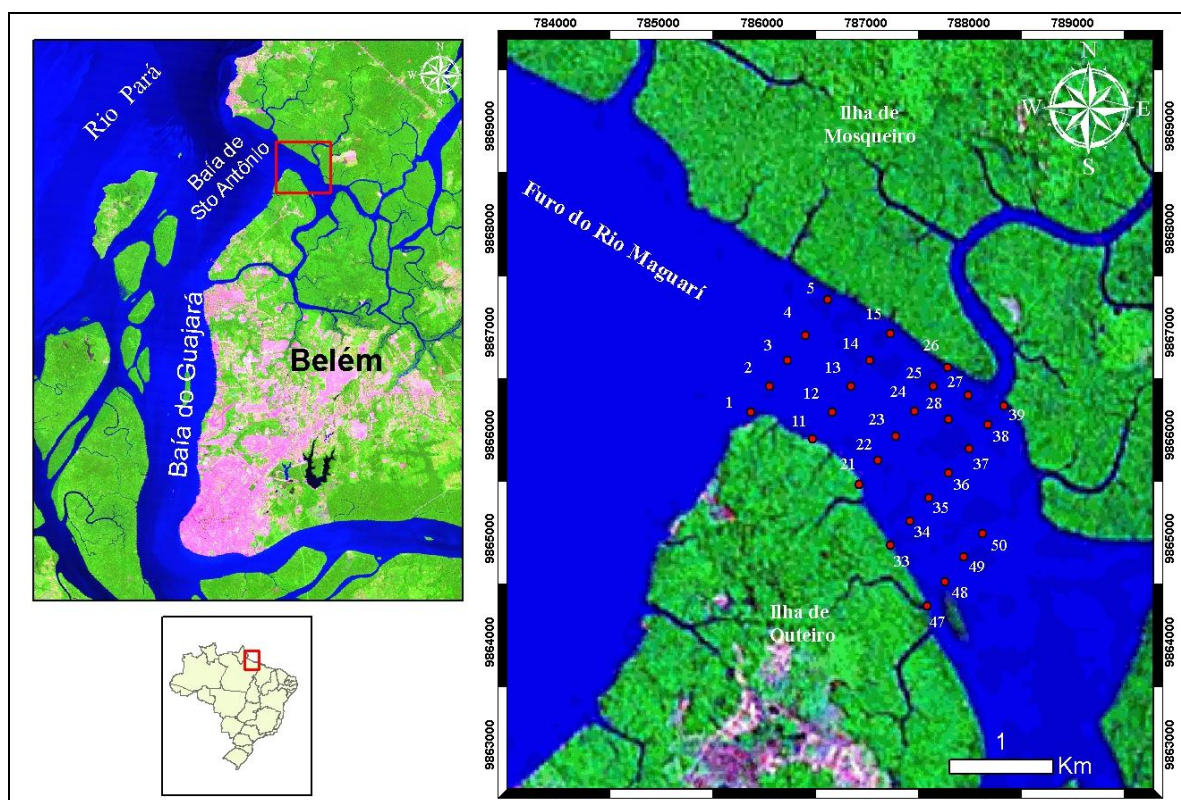


Figura 8: pontos de coleta de sedimento no furo do rio Maguari.

Tabela 2: Coordenadas de coleta de sedimento.

Ponto	X (UTM)	Y (UTM)	Ponto	X (UTM)	Y (UTM)
1	9866090,233	785760,01	26	9866522,523	787660,15
2	9866345,091	785940,668	27	9866251,535	787856,939
3	9866596,722	786114,875	28	9866022,486	787669,828
4	9866838,675	786282,629	33	9864806,267	787108,497
5	9867184,927	786499,597	34	9865035,316	787295,607
11	9865835,375	786356,828	35	9865264,365	787479,492
12	9866090,233	786540,713	36	9865499,867	787669,828
13	9866341,865	786724,597	37	9865735,368	787866,617
14	9866590,27	786905,256	38	9865974,095	788053,728
15	9866848,23	787108,24	39	9866148,302	788208,578
21	9865390,181	786805,248	47	9864212,675	787460,135
22	9865625,682	786985,907	48	9864444,95	787637,568
23	9865857,958	787160,113	49	9864690,129	787815
24	9866099,911	787337,546	50	9864912,726	788002,111
25	9866341,865	787518,204			

6.5. LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO

O levantamento batimétrico foi realizado no dia 27/11/2010, abrangendo uma área de 13975,73m². A malha de amostragem foi composta de 10 perfis transversais regulares ao furo (espaçamento de 300 metros) e 3 perfis irregulares: um entre a ilha e a saída do furo da marinha, perfil 11, na saída do furo da Marinha e no canal do furo do rio Maguari. Com uma velocidade média de 5km/h. Utilizou-se uma ecossonda da marca Garmin GPSmap 521S. Os dados de profundidade e posição foram registrados automaticamente a cada um segundo.

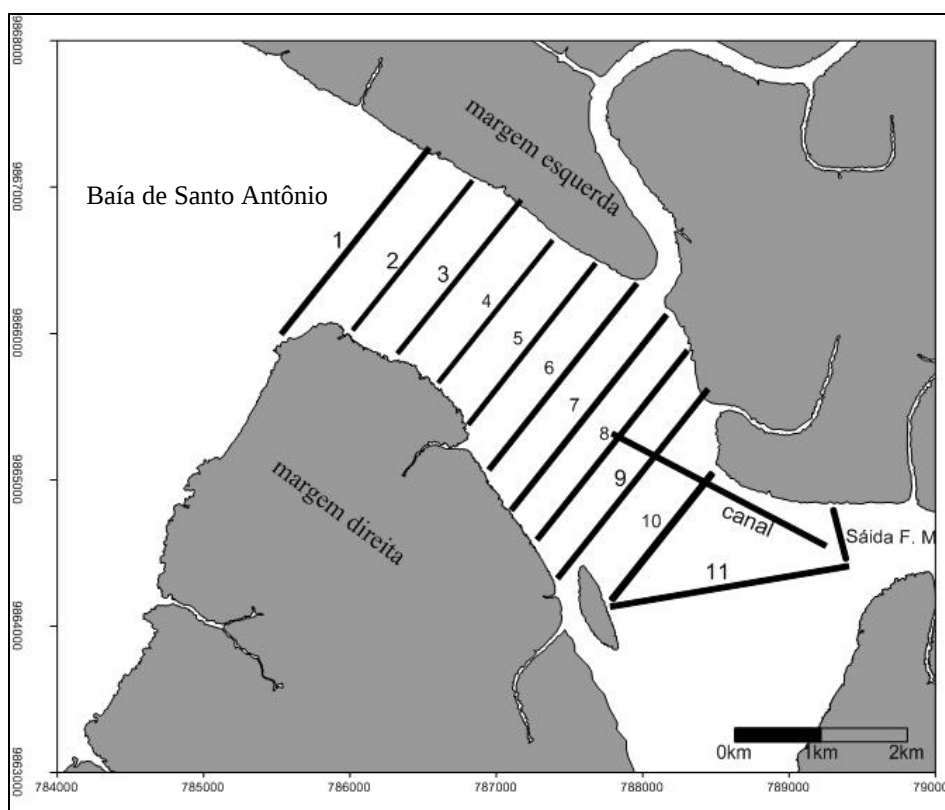


Figura 9: Perfis batimétricos do furo do rio Maguari.

As alturas de maré foram obtidas através da tabua de maré da DHN, online, para a ilha de Mosqueiro. As correções foram feitas em laboratório de acordo com as oscilações da maré para se aproximar da profundidade real, sendo reduzido a um datum constante, zero absoluto, que é dado pelo nível de água de menor baixa-mar.

6.6. ANÁLISES EM LABORATÓRIO

6.6.1. Tratamento das amostras de sedimentos

O tratamento granulométrico foi realizado no LIOG. Na etapa inicial do tratamento, cada amostra foi lavada por três vezes com água comum, para a retirada de sais solúveis, que poderiam interferir durante o processamento das análises granulométricas, sendo que só foi utilizada uma parte das amostras e o restante foi guardado no Banco de dados do LIOG.

As amostras foram lavadas e secas ao sol. Após a secagem das amostras, foi realizada a desagregação em almofariz e pistilo, com redução de volume através do método de quarteamento até ser adquirida a quantidade suficiente para a análise granulométrica. As amostras foram submetidas a peneiramento úmido e a seco, sendo que essas etapas foram feitas no Laboratório de Sedimentologia do Instituto de Geociências - UFPA.

As amostras primeiramente foram peneiradas a úmido com uma fração inicial de 100g, que foram acondicionados em 'becker' com água, as quais foram levadas a bacia de ultrassom por 5 minutos, para a total desagregação dos grãos. Em seguida, com o auxílio de uma peneira de 0,062 mm e pisseta, fez-se o peneiramento à úmido, para separar a porção silte/argila da porção arenosa. Após esse procedimento, as porções que continham silte e argila foram centrifugadas a 1000 rotações por minuto, durante 2 minutos, obtendo-se, ao final do processo, os pesos das frações de areia (retida na peneira de 0,062 mm), silte (decantado após a centrifugação) e argila (através da soma: argila + areia + silte = peso inicial).

O peneiramento a seco foi obedecido o intervalo de 1 ϕ de Wentworth (1922), entre as peneiras. As mesmas, em conjunto, foram submetidas à agitação em um peneirador automático durante 5 minutos. Abaixo serão descritas as diversas etapas seguidas para o desenvolvimento dos trabalhos em laboratório (figura 9).

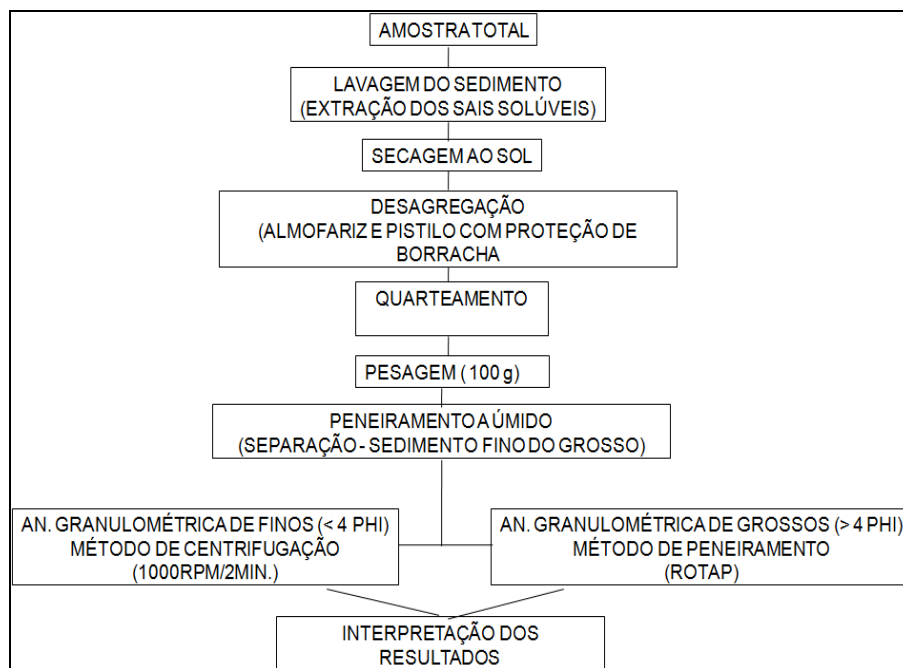


Figura 10: Fluxograma das atividades executadas no desenvolvimento das atividades de laboratório.

6.6.2. Processamento dos dados

Antes do levantamento batimétrico, foram gerados os arquivos para orientação das linhas a serem seguidas em campo. Este processo se iniciou no Google Earth (contorno da área de estudo e pontos de coleta) e salvas em kml, através do TrackMaker 13,5 transferido para o GPS. Em seguida enviado para o software MapSource 6.15.6, onde foram criadas as rotas batimétricas.

Os dados batimétricos, corrigidos, e sedimentológicos planilhados, e pelo método de interpolação de krigagem foram criados vários grids, a partir do grid gerado, foram elaboradas as cartas sedimentológica e batimétrica da área.

Foram aplicados vários métodos de análise faciológica/textural. O modelo considerado mais adequado para o furo do rio Maguari correspondeu àquele que mais se aproximou da realidade. Os modelos de classificação textural/faciológica aplicados foram o de Folk e Ward (1957); o de Shepard (1954) e o de Perjup (1988). Todos os modelos utilizam a distribuição dos pesos das amostras ao longo da escala definida por Wentworth (1922). Para o processamento dos dados granulométricos foi utilizado o software SYSGRAN 3.

Os mapas da área de estudo foram confeccionados utilizando imagem de satélite Landsat. Para a análise meteorológica foram utilizados dados online do INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET) de velocidade do vento e precipitação da estação de Belém.

6.6.3. Análise dos dados de hidrodinâmica

Os dados brutos de CTD foram convertidos em laboratório pelo programa do próprio equipamento denominado SBE Data Processing – WIN32. A partir deste método de conversão geraram-se os dados de salinidade a partir dos dados de condutividade. Os dados do CTD e do correntômetro foram planilhados e gerado vários tipos de gráficos: os gráficos de salinidade e temperatura ao longo da coluna d'água, velocidade e direção da corrente (superfície).

7. RESULTADOS

7.1. HIDROCLIMÁTICA

De acordo com os dados gráficos do INMET, o clima na região da área de estudo em setembro de 2010 apresentou-se mais seco esse ano, com menos de 100 mm de chuva acumulada mensal na estação de Belém, mas com uma diferença razoável para 2009. A chuva acumulada apresentou certo padrão, tendência, em 2009 e já em 2010 apresentou muitas variações, se mostrando um ano atípico (figura 11 e 12).

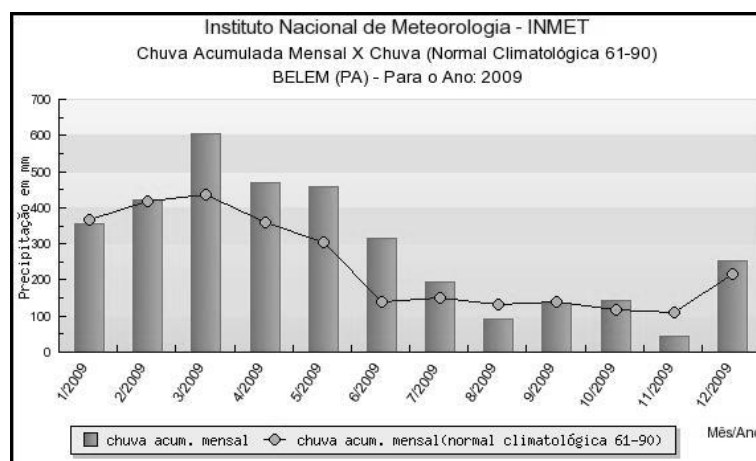


Figura 11: Chuva acumulada em Belém, representando a climatologia para a região da área de estudo em 2009.
 Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia.
 Fonte: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA.

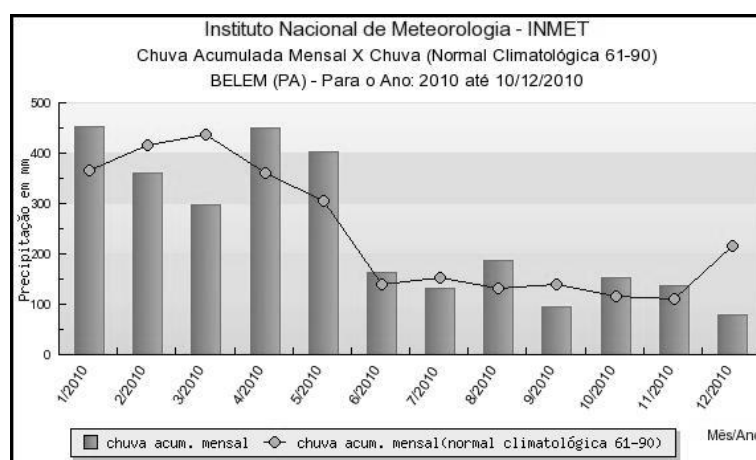


Figura 12: Chuva acumulada em Belém, representando a climatologia para a região da área de estudo em 2010.
 Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia.
 Fonte: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA.

Observa-se também grande quantidade de horas diárias com insolação no dia de amostragem (figura 13), ficando na média dos outros dias na incidência de raios solares.

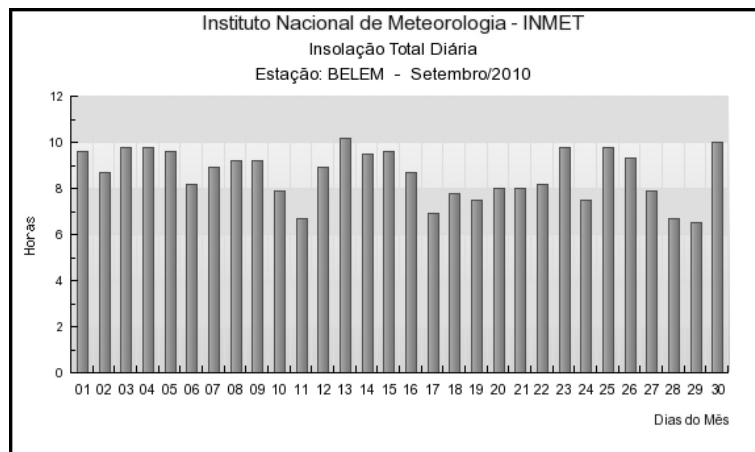


Figura 13: Insolação total diária em Belém, representando a climatologia para a região da área de estudo em 2010. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia.
Fonte: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA.

A chuva acumulada no dia de coleta teve índice igual a zero, fato que contraria a nossa observação em campo (figura 14).

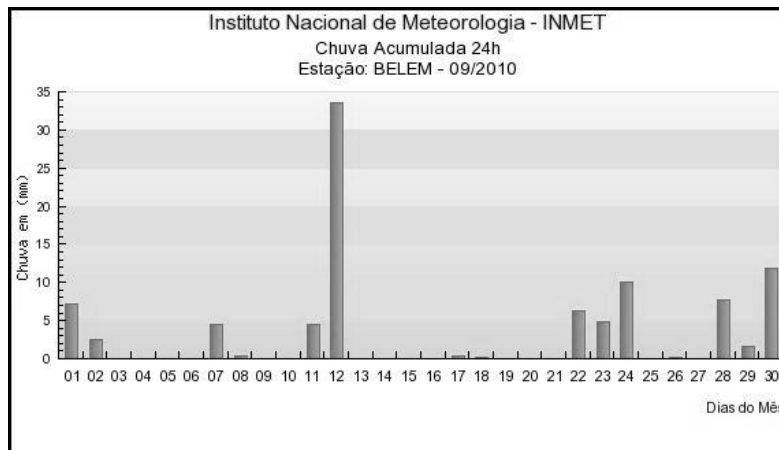


Figura 14: Chuva acumulada em Belém, representando a climatologia para a região da área de estudo em 2010. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia.
Fonte: INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA.

7.2. CORRENTES

Com os dados do correntômetro em superfície, evidenciou-se que a direção da corrente variou muito ao longo do período de amostragem, indicando enchente e vazante. Com uma média de 58,2 cm/s, alcançando seus máximos as 08h31min com 262,2 cm/s, na enchente, e as

14h06min com 113,75 cm/s, na vazante. De acordo com os dados de mudança de direção da maré apresentou a corrente muito diversificada, geralmente acompanhadas de baixas velocidades. As mudanças da corrente de enchente para vazante e a sua direção muda sem muitas variações ao longo da amostragem, figura 15, também foi feita a média da corrente de superfície para uma melhor visualização e entendimento do comportamento da corrente (figura 16).

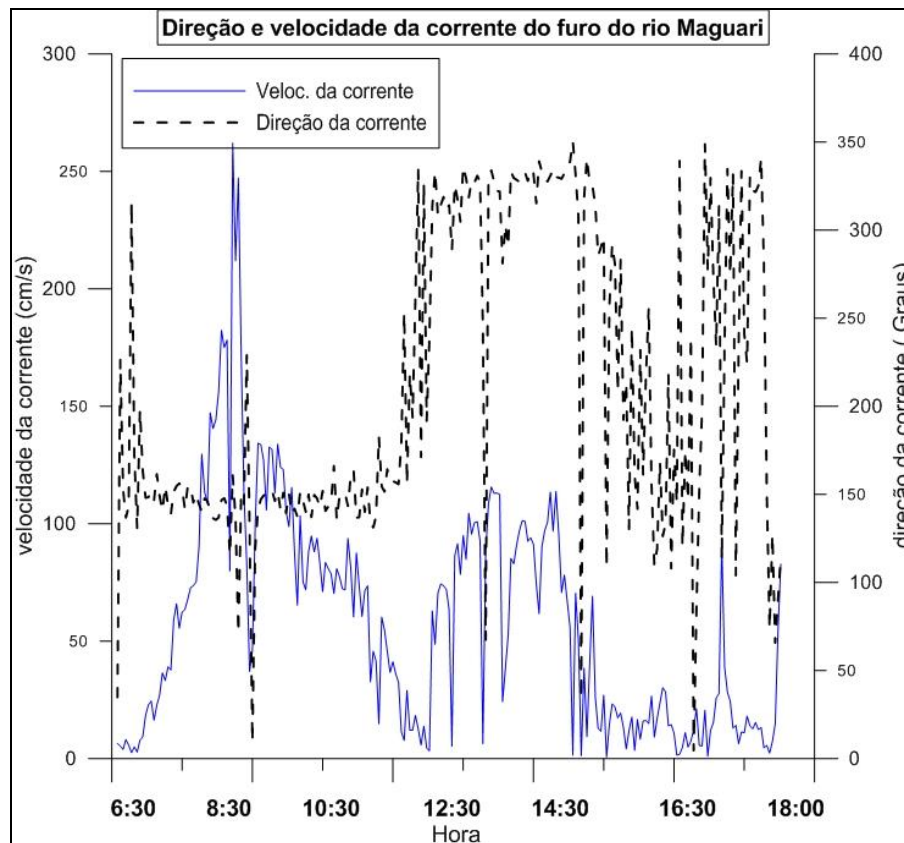


Figura 15: variação da intensidade da corrente e da direção ao longo do período de amostragem.

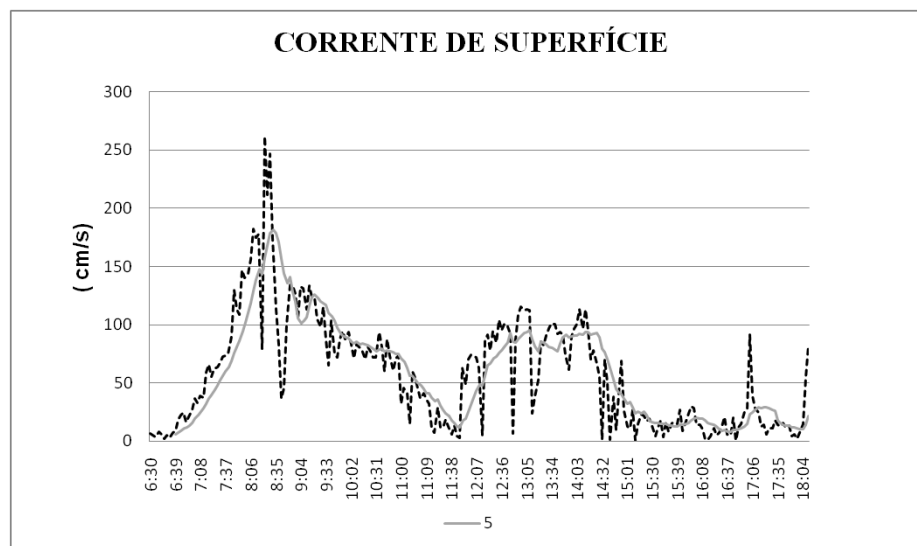


Figura 16: Velocidade de superfície amostrada (verde) e a velocidade média da corrente na superfície (cinza) ao longo do período de amostragem. A direção da corrente, superficial, mudou muito ao longo da amostragem, mas obedecendo praticamente a orientação do furo que é NW-SE (figura 17).

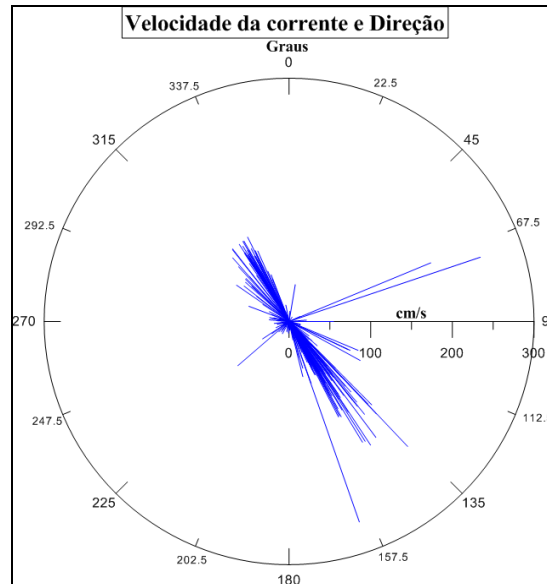


Figura 17: Gráfico de distribuição polar da corrente de superfície ao longo do período de amostragem.

Quanto à variação da direção do vento, este teve um padrão de nordeste (NE) para sudeste (SE) (figura 18). E apresentou também alguns picos na direção noroeste (NW) no final do dia.

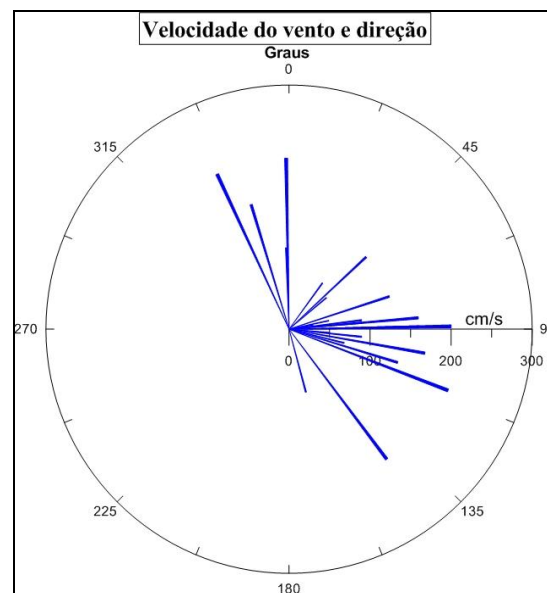
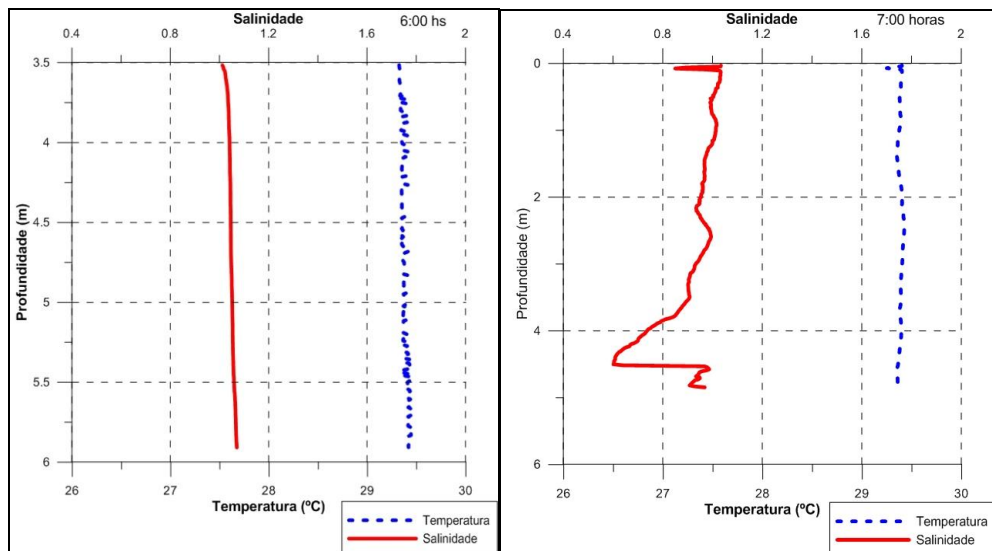


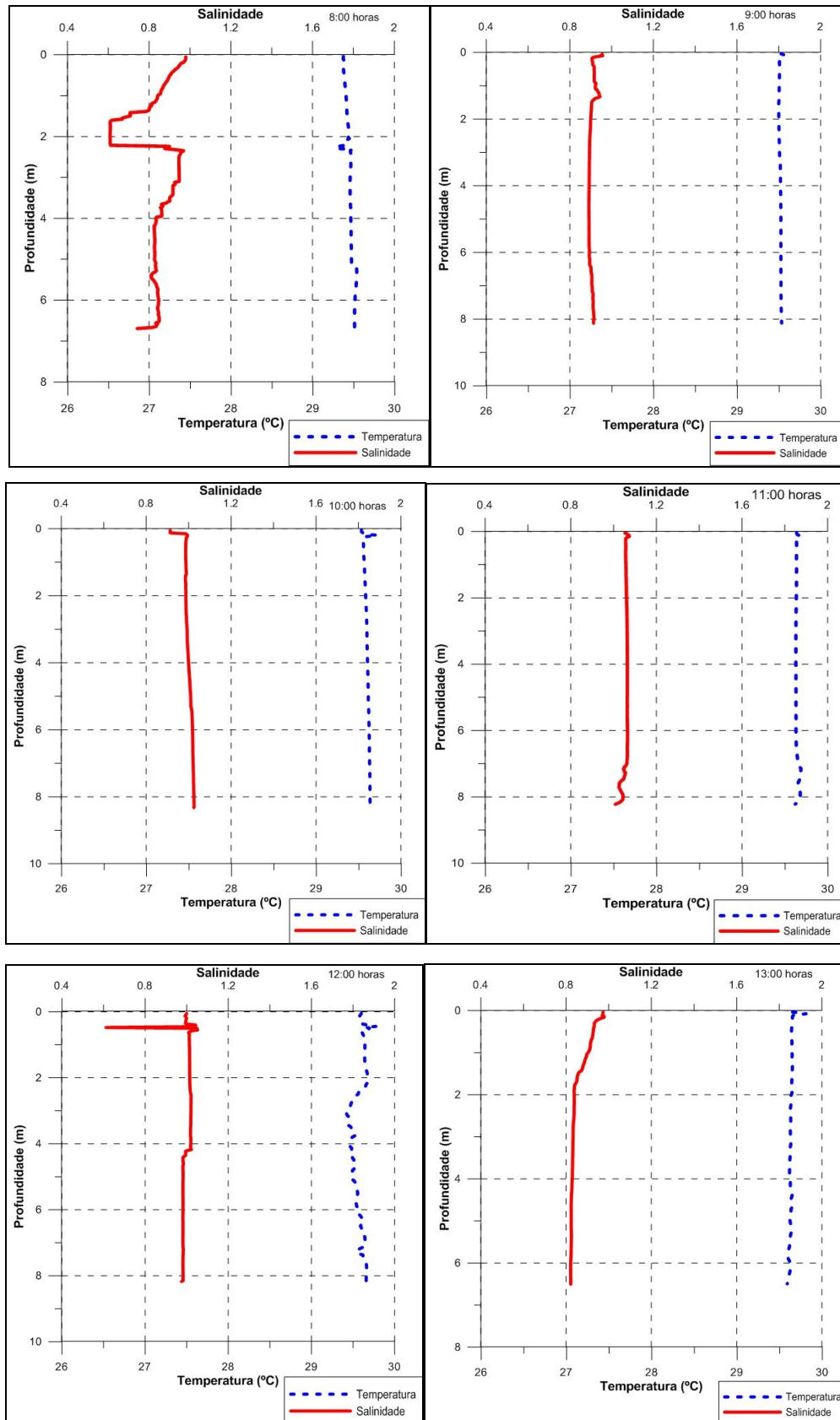
Figura 18: Gráfico de distribuição polar do vento durante o dia de amostragem.

7.3. CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA

No período de amostragem não houve grandes variações significativas na salinidade e temperatura ao longo da coluna d'água na maioria dos perfis durante as coletas de enchente e vazante. A salinidade máxima e mínima ao longo do dia, durante as 12hs de amostragem, foi às 15h21min com 1,22, na vazante, e às 8h08min com 0,6, na enchente.

Os perfis que apresentaram as maiores variações de salinidade foram os das 7hs e 8hs, na enchente, 12hs, 13hs e 15hs, na vazante, e 17hs no início da enchente (figura 19), sendo que o perfil que apresentou maior salinidade foi o das 15hs, na vazante. A temperatura da coluna d'água durante o período de amostragem também não apresentou variações significativas, exceto no perfil das 12hs e das 17hs, a maior temperatura registrada foi de 29,67°C às 11hs, sendo a maior temperatura alcançada às 11hs.





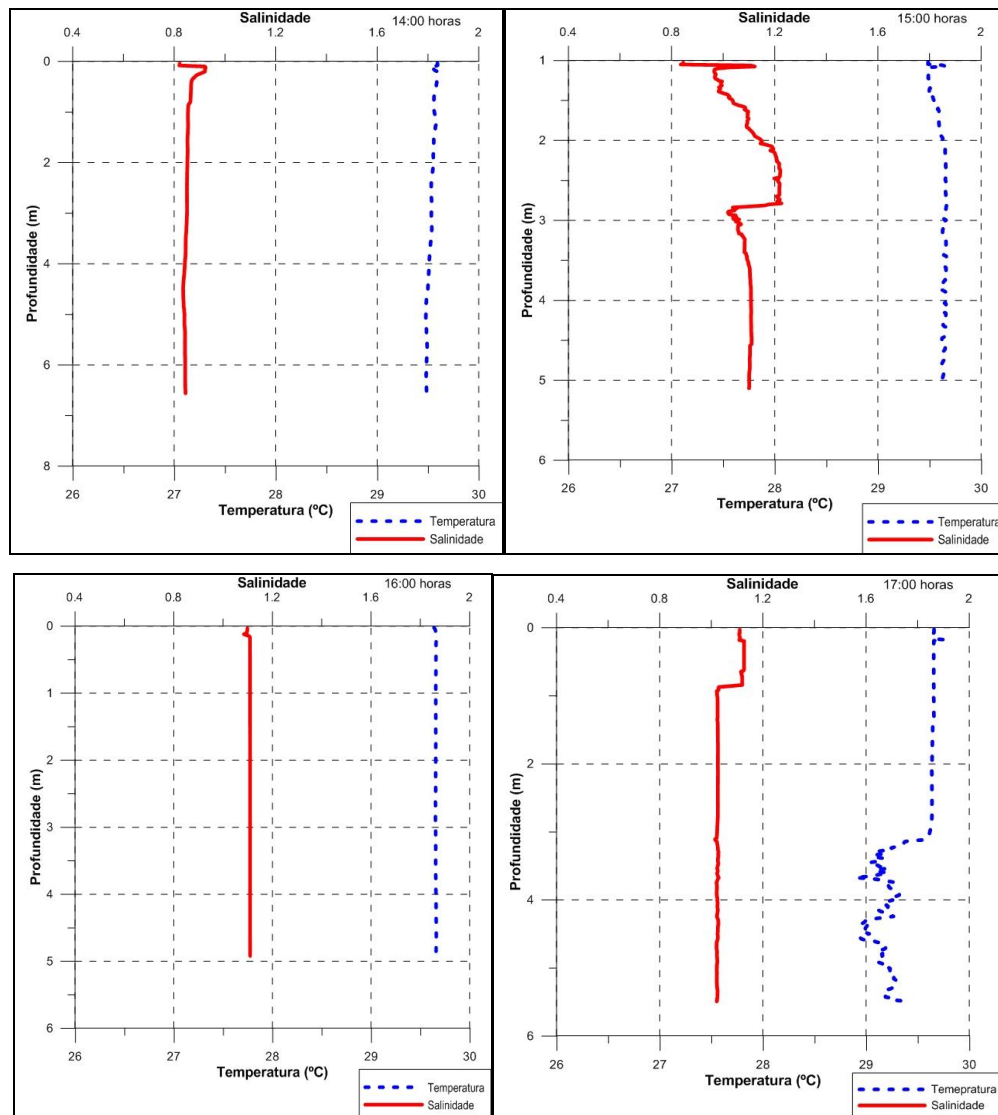


Figura 19: Perfil de temperatura e salinidade de acordo com a profundidade durante o período de amostragem das 6 h até as 18 h.

Os dados não apresentaram nenhuma estratificação ao longo dos perfis, sendo que a variação máxima não passou de 0,5 para a salinidade e de 1,8°C de temperatura durante a amostragem. No geral o corpo d'água se comportou homogeneamente, as mudanças que ocorreram na temperatura foram gradativas e inexpressivas. Já em relação à salinidade a variação ficou abaixo 0,5, podendo se considerar um corpo homogêneo.

As variações temporais de salinidade e temperatura ao longo de 12hs de amostragem, figura 20, analisando os dados de temperatura de fundo e de superfície, os mínimos e os máximos amostrados foram de 29,65°C até 29,15°C no fundo (linha cinza), com uma variação de 0,5°C, e de 28,42°C até 29,83°C na superfície (linha preta tracejada), com uma variação de 1°C. A salinidade de fundo e de superfície, partindo de 0,62 até 1,2 no fundo (linha cinza tracejada) e de 0,77 até 1,1 na superfície (linha preta tracejada).

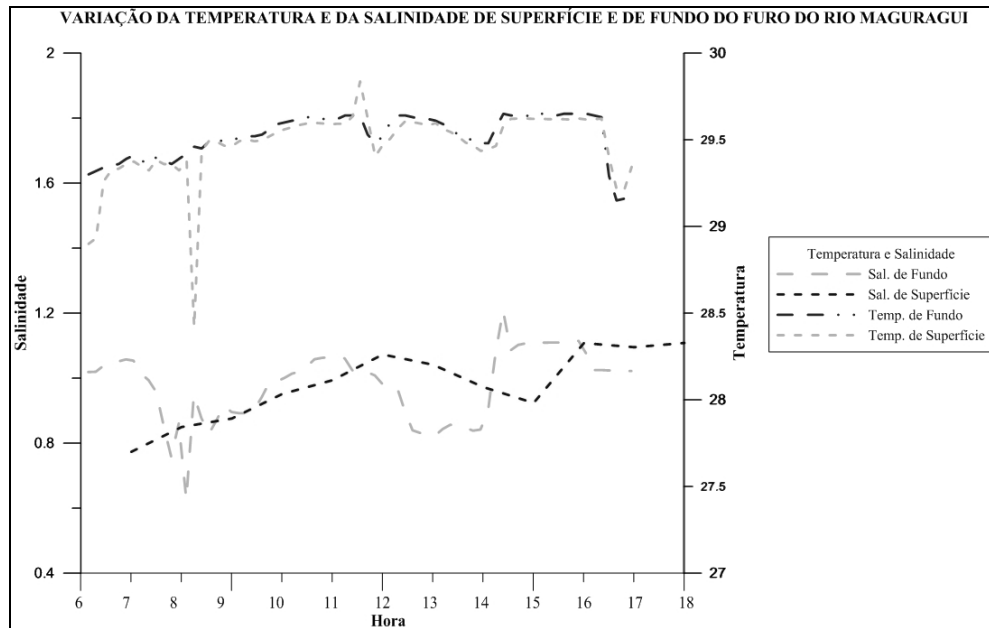


Figura 20: Variação de temperatura e salinidade de superfície e fundo do furo do rio Maguari ao longo do período de amostragem.

O perfil temporal da salinidade se iniciou às 6h coincidindo com o final da fase de vazante. Após uma hora se observou o pico da vazante com a máxima velocidade da corrente alcançando aproximadamente 2,5 m/s na superfície. Em seguida, às 8h, a intensidade da corrente passa a diminuir, e logo em seguida aumenta evidenciado pelas maiores salinidades no fundo, principalmente por volta das 11h. Por volta das 14h30min, na preamar, deu-se início à enchente tendo o seu pico às 16h, com uma máxima intensidade da corrente de 1,2 m/s na superfície e tendo uma salinidade crescente, partindo de 0,9 até 1,14 no final da amostragem, às 18h (figura 21).

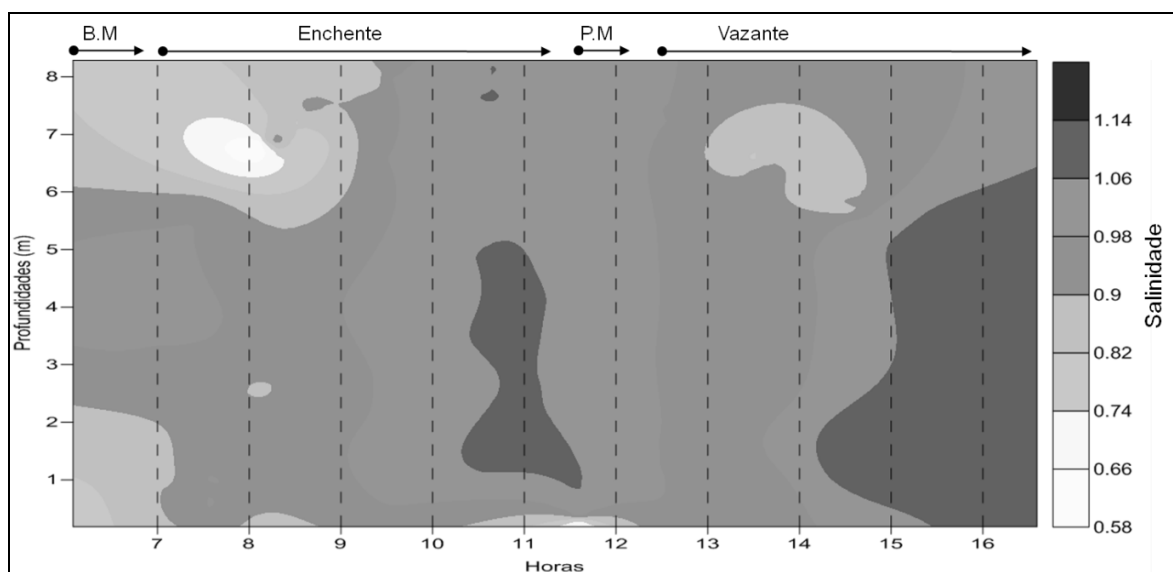


Figura 21: Variação temporal da salinidade no furo do rio Maguari.

O perfil temporal da temperatura apresentou-se homogêneo durante todo o perfil, sem um sinal de estratificação, com apenas uma pequena variação inexpressiva ao longo dos perfis (figura 22).

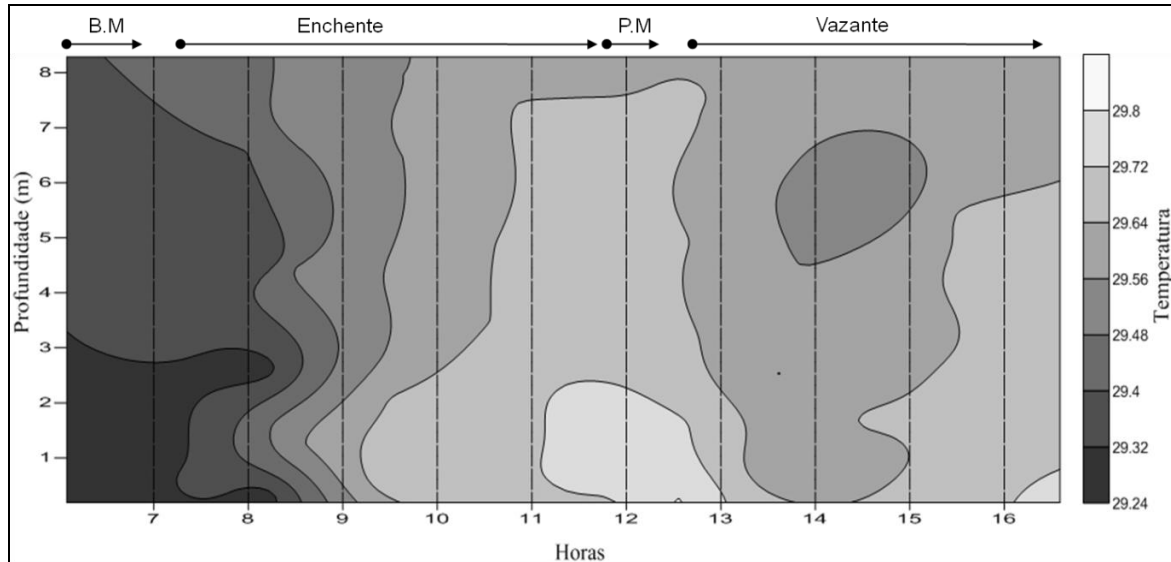


Figura 22: Variação temporal da temperatura no furo do rio Maguari.

7.4. ANÁLISE BATIMÉTRICA

O presente estudo traz informações sobre o comportamento da morfologia de fundo e uma das suas características que ele provavelmente se estabeleceu sobre uma falha. A partir da interpolação de todos os perfis foi elaborada a carta batimétrica da área (Figura 23). A geomorfologia do furo do rio Maguari revela um embasamento irregular composto por lama, nas margens, e areia, na margem direita e no canal, que formam bancos sedimentares configurados pelas correntes de maré e fluviais.

Os perfis apresentaram em média de 1,3 a 1,7km de largura, exceto o perfil do furo da Marinha que apresentou 300 m, com grandes variações de profundidade. Na entrada do furo a presença de bancos arenosos, na margem direita, só sendo possível navegar bem próximo da margem esquerda, na maré baixa de sizígia, onde se configura o canal. Presenciamos áreas lamosas relacionado à planície de maré, principalmente na margem direita que é mais ampla e vegetada por mangue, na margem esquerda as áreas lamosas são mais curtas com presença de vegetação de várzea. O canal do furo do rio Maguari fica mais visível a partir do quinto perfil, com ± 200 m de largura, sendo mais deslocado para a margem esquerda onde adquire suas

maiores profundidades e segue em direção ao furo da Marinha. Nos dois primeiros perfis não existem uma morfologia que configurem onde o canal está situado e aparentemente existiria a configuração de dois canais separados por um grande banco arenoso, perfis três e quatro, senão fosse um erro do aparelho na hora da leitura, deixando lacunas no perfil que foram retiradas (figura 24).

No perfil 9 a configuração de um pequeno canal é perceptível desde o perfil 7, e separado por grande banco lamoso que forma em frente de uma pequena ilha, que funciona como área de sombra para deposição nos dois sentidos de fluxo da corrente, e depois segue por uma área pouco íngreme até chegar ao canal. No perfil 10 percebemos a grandeza do canal, parece que o canal vai ganhando profundidade na parte mais interna do furo, chegando a alcançar 42 metros.

No perfil 11 (entre a ilha e a saída do furo da Marinha) as profundidades caem drasticamente, com uma profundidade média bastante baixa se comparada com os outros, dando a entender que o canal principal se direciona para o furo da marinha como mostra o perfil da saída do furo da Marinha. O perfil do canal corrobora que o furo se estabeleceu através de uma falha e que simplesmente as correntes de maré e fluviais seriam incapazes de esculpir o canal, e sendo que a região mais profunda se estende por uma área de aproximadamente $0,16 \text{ km}^2$ ou 16.10^4 m^2 (figura 24).

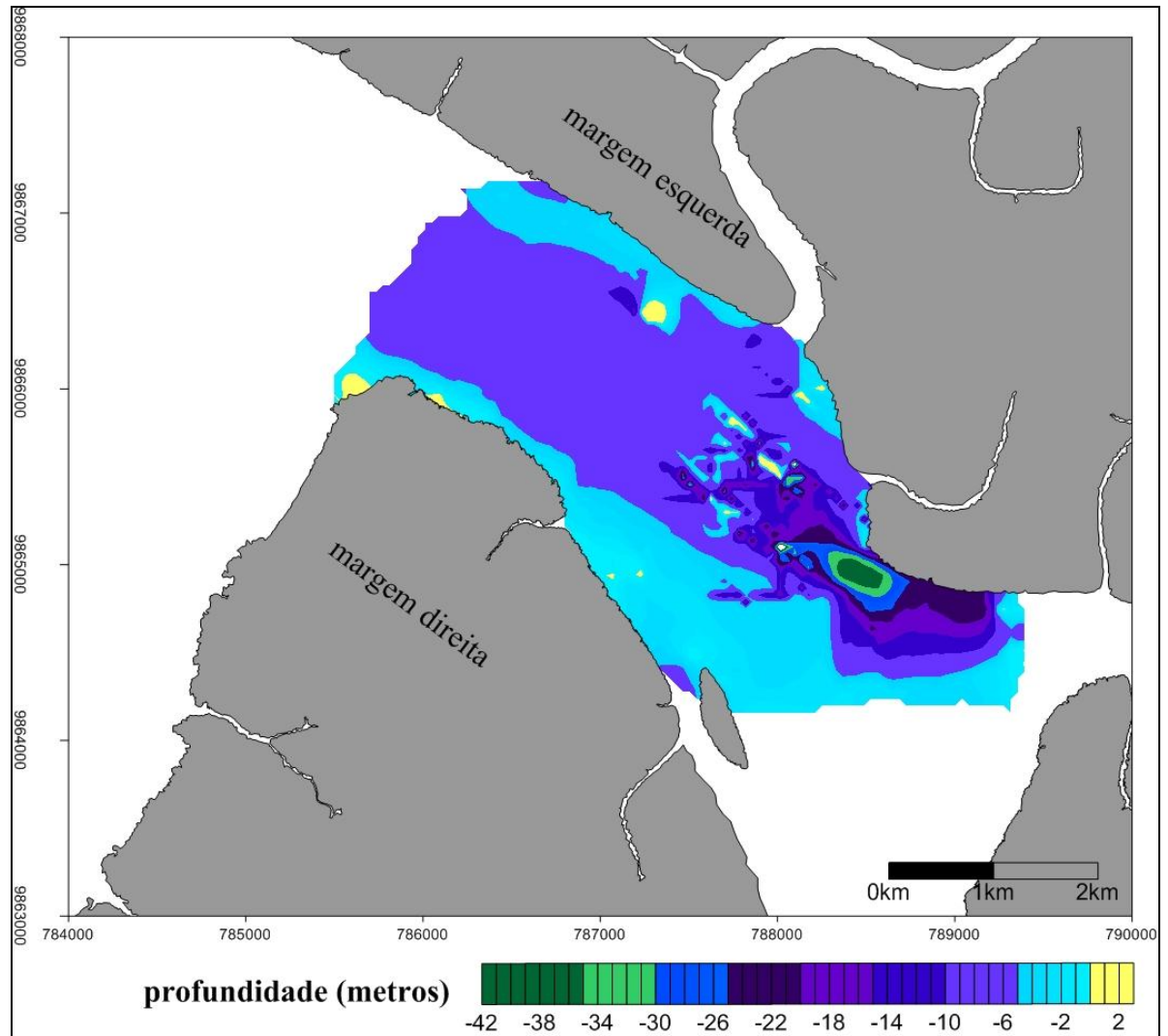


Figura 23: Carta batimétrica do furo do rio Maguari.

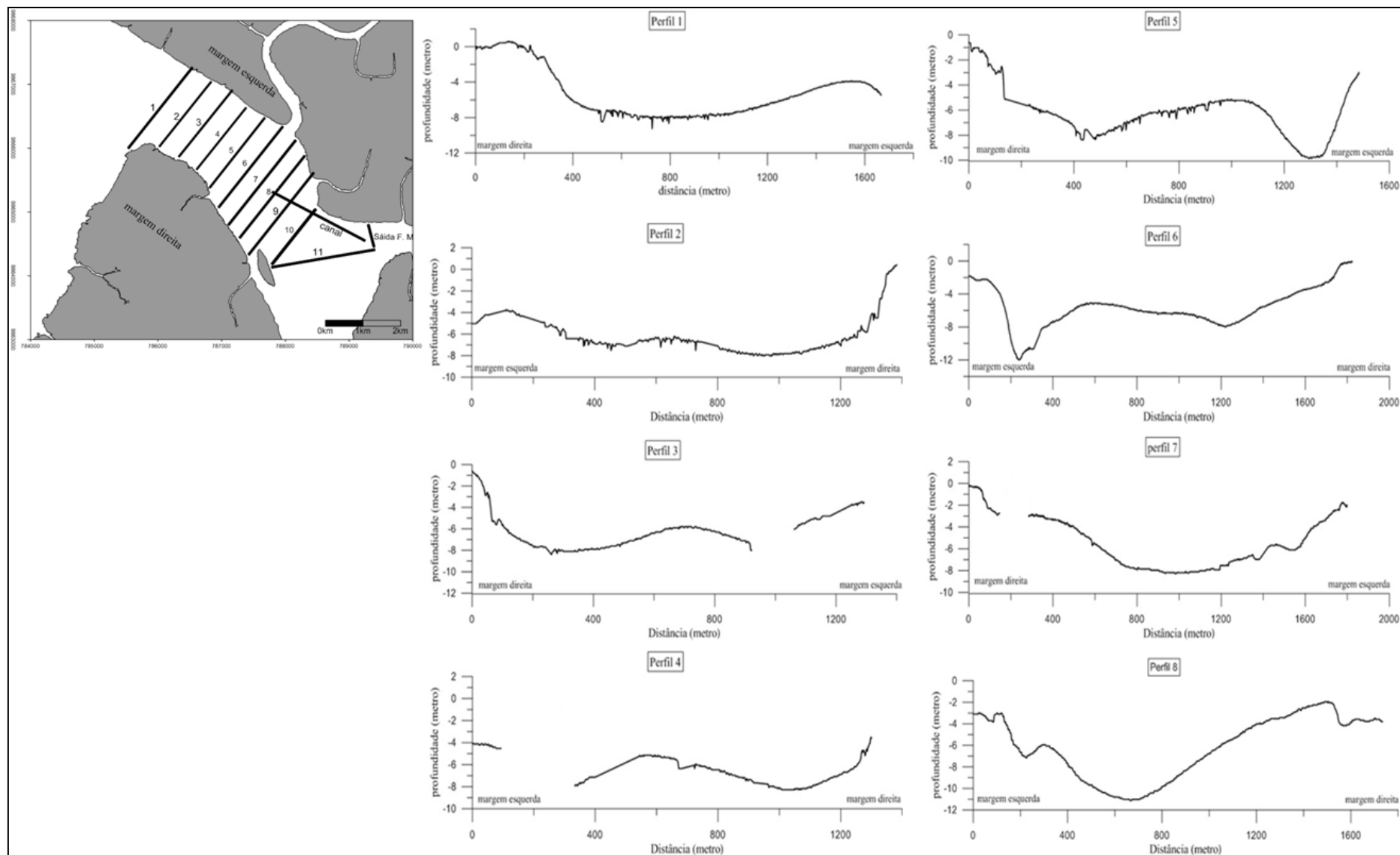


Figura 24: Perfis batimétricos do furo do rio Maguari de 1 à 8.

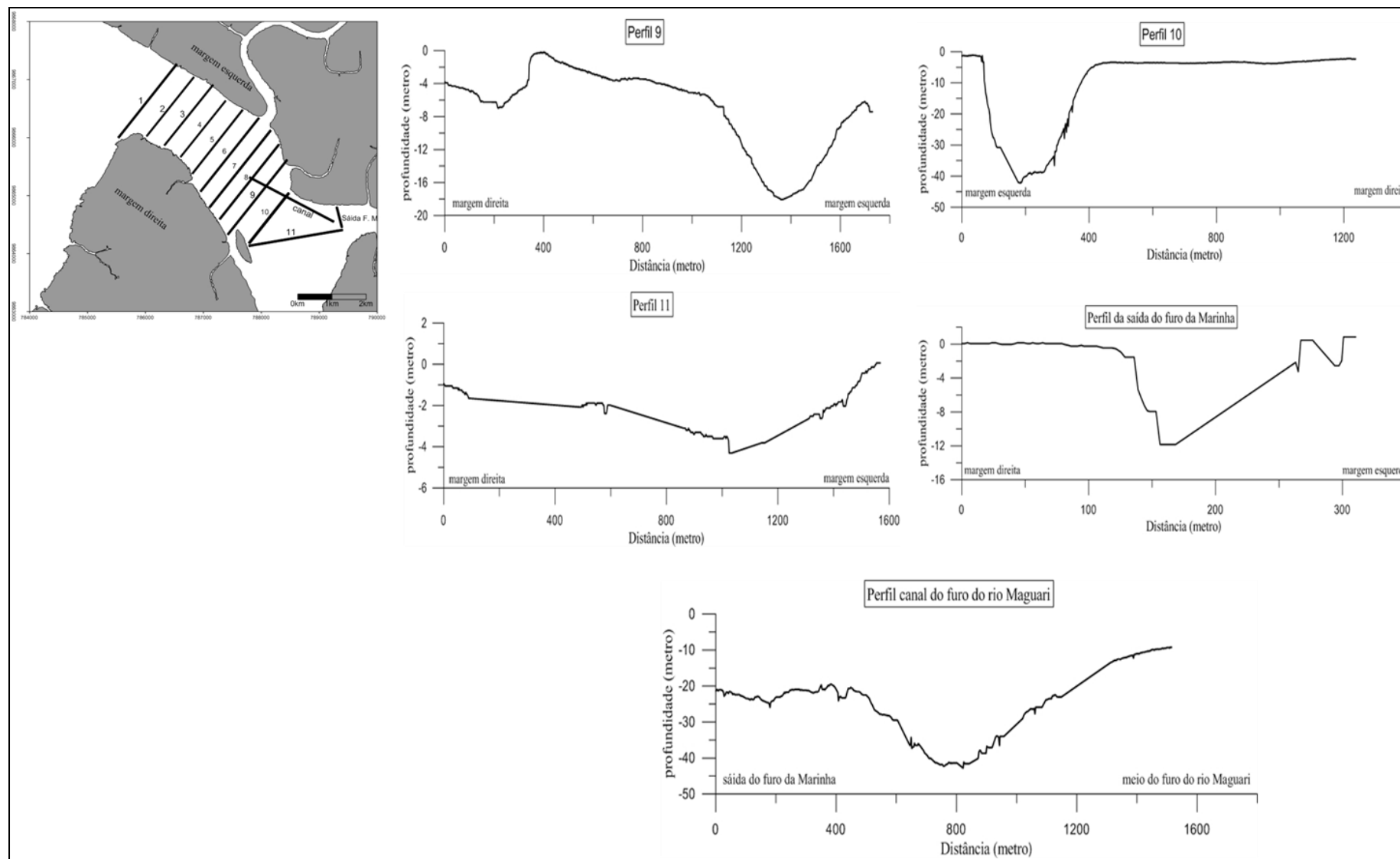


Figura 25: Perfis batimétricos do furo do rio Maguari de 9 a 11, da saída do furo da Marinha e do canal.

7.5. ANALISE TEXTURAL

O tamanho dos sedimentos superficiais de fundo do furo do rio Maguari analisados variou desde argila ($<0,062$ mm) até grânulo (>2 mm), segundo a classificação de Wentworth (1922), com predomínio, em termos de distribuição espacial de silte, como mostra a tabela 3. De um modo geral, os valores de diâmetro médio dos sedimentos variaram transversalmente de acordo com a profundidade no furo do rio Maguari (figura 26).

Com o objetivo de gerar uma carta de espacialização das características texturais dos sedimentos de fundo do furo do rio Maguari e permitir identificar ambientes distintos de sedimentação relacionados, principalmente, com a profundidade e com os padrões de circulação estabelecidos no interior do sistema amostrado. Vários métodos foram abordados, como de análise faciológica/textural e também de hidrodinâmica, descritos abaixo.

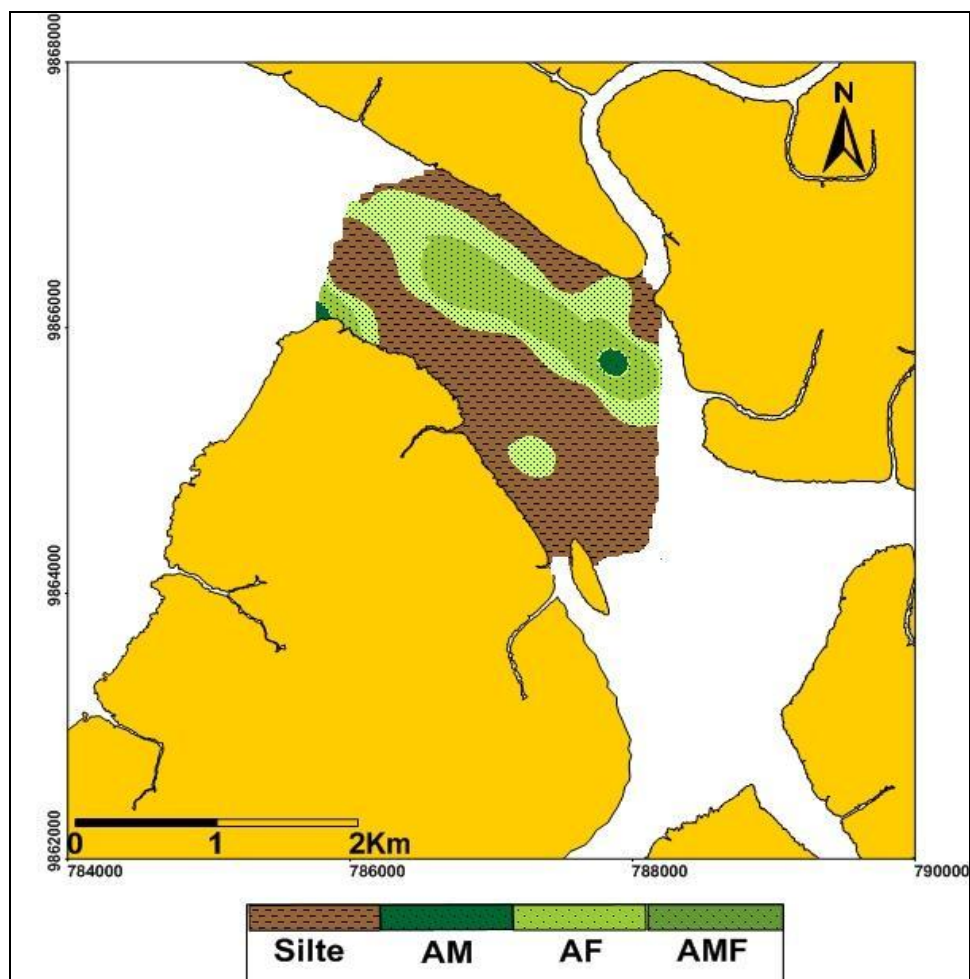


Figura 26: Carta sedimentológica do furo do rio Maguari, segundo a classificação de Wentworth (1922).

Tabela 3: características sedimentológica das amostras do furo do rio Maguari, segundo a classificação de Wentworth (1922)

AMOSTRAS COLETADAS	DISTRIBUIÇÃO GRANULOMETRICA EM CADA AMOSTRA (%)							
Identificação	Grânulo	Areia muito grossa	Areia grossa	Areia média	Areia fina	Areia muito fina	Silte	Argila
1	0,58	3,72	15,18	51,55	27,35	0,67	0,16	0,24
2	0	0	0	0,55	2,06	17,66	72,12	7,6
3	0	0	0	0,15	5,64	14,32	75,84	3,75
4	0	0	0	0,38	22,32	47,47	27,38	2,06
5	0	0	0	0,03	0,46	25,18	70,73	3,06
11	0	0	0,95	1,42	2,46	4,83	62,64	27,76
12	0	0	0	0,34	1,3	5,93	87,8	4,59
13	0	0	0,03	0,68	53,12	37,68	7,44	0,54
14	0	0	0	0,4	5,69	69,89	21,64	2,17
15	0	0	0	0,25	1,55	37,32	56,88	3,95
21	0	0	0,08	0,52	0,89	1,54	61,22	35,78
22	0	0	0	0,69	2,75	21,7	69,2	4,77
23	0	0	0	0,41	1,55	17,75	74,4	5,92
24	0	0	2,11	13,99	54,71	18,85	9,42	0,74
25	0	0	0	0,19	4,01	26,65	65,61	3,43
26	0	0	0	0,33	1,14	21,9	72,23	3,58
27	0	0	0	0,43	2,51	48,74	43,62	4,22
28	0	0	0,13	3,02	12,32	41,32	39,52	2,48
33	0	0	0,95	2,45	3,93	5,9	53,8	32,75
34	0	0	0,23	2,3	13,71	43,58	37,75	2,31
35	0	0	0	0,42	4,21	35,88	56,56	2,92
36	0	0	0	0,28	3,45	18,69	71,59	5,59
37	0,42	1,31	11,95	44,18	15,29	8,05	16,82	1,77
38	0	0	0	0,2	4,69	41,13	51,1	2,94
39	0	0	0	0,32	1,86	36,84	57,1	4,1
47	0	0	0	0,43	5,21	12	79,62	2,22
48	0	0	0	0,32	11,77	28,39	57,1	1,9
49	0	0	3,95	12,85	8,14	28,39	42,89	3,59
50	0	0	0	0,13	0,5	39,52	54,94	4,73

7.5.1. Método de Folk e Ward (1957).

Os resultados das análises das amostras evidenciaram a predominância de silte, sendo a principal fração em 19 das 29 amostras, 65% das amostras, sendo que as mesmas amostras também apresentaram valores altos para outras frações, como por exemplo, silte alcançando 51% e a areia muito fina com 41% da amostra.

A quantificação da argila analisada no geral variou de 0,24 e 6,2% nas amostras, exceto nos pontos 11, 21 e 33 foram registrados taxas de 27,7, 35,7 e 33,7%, respectivamente. A quantificação da areia nas amostras é significativa no geral, tendo à areia muito fina bastante representatividade e em contrapartida, a quantificação da areia muito grossa foi irrisória. Os valores de areia grossa e muito grossa ficaram abaixo de 4%, sendo quase insignificantes, exceto nos pontos 1 e 37 que apresentaram taxas de 15% e 11% de areia grossa. A determinação da areia média ficou abaixo de 5%, mas apresentando em alguns pontos (1, 24, 37 e 49) com porcentagens de 51,5, 13,9, 44,1 e 12,8%, respectivamente. A areia fina se destacou em apenas duas amostras (13 e 24), e o restante das amostras ficaram entre 0,5 e 27,3%. Em relação à areia muito fina se destacou, sendo predominante em cinco pontos.

O grau de seleção é relacionado ao retalhamento dos depósitos e reflete variações nas condições do fluxo (velocidade e turbulência) no ambiente deposicional (PONÇANO, 1986). A seleção do sedimento vai depender das suas dimensões, sendo mais fácil em sedimentos grosseiros (areia em diante) e mais difícil com os finos (silte e argila) e também vai refletir as características do ambiente como competência do rio, corrente, e a sua distribuição (figura 27 A e B). De acordo com a escala quantitativa proposta Folk e Ward (1957), o grau de seleção das amostras está entre bem selecionado e pobremente selecionado. Constatou-se que, a maior parte dos sedimentos é moderadamente selecionada.

O parâmetro assimetria tem sido usado com grande eficácia na identificação de ambientes em que predomina a deposição (assimetria positiva) e remoção seletiva (assimetria negativa) (DUANE, 1964). No furo do rio Maguari, os graus de assimetria dos sedimentos variaram de -0,32 (muita negativa) a 0,64 (muita positiva). As análises das amostras indicaram a predominância da assimétrica negativa, e os grãos apresentam-se de maneira moderadamente selecionada, portanto, nesta área a movimentação de sedimentos é alta. Na margem direita possuem uma maior área de materiais mais finos, evidenciado pelos valores de assimetria positivos (figura 27 C). Nessa parte do sistema predominam a deposição de sedimentos

devido ao selecionamento realizado pelas correntes, enquanto na margem esquerda há uma remobilização em decorrência dos maiores valores de corrente e pela proximidade do canal. A curtose variou muito na área e de acordo com McLaren (1981) servindo para fazer a distribuição dos sedimentos em classes granulométrica e ocorrendo uma distribuição igualitária, ficando mesocúrtica (37%) seguidas de leptocúrtica (34%, incluindo os + leptocúrticos) e platicúrtica (27,5%). Como por exemplo, de acordo com os valores de curtose conclui-se que nas amostragens, a distribuição granulométrica do sedimento se apresenta sob a forma de frequência platicúrtica, indicando mistura de populações distintas ou uma distribuição anormal. E também se observou sedimentos com distribuições mesocúrtica, o que significa que as modas estão significativamente separadas ou uma distribuição mais homogênea. E as composta por sedimentos de distribuição leptocúrtica, podendo indicar remoção de uma fração dos sedimentos por correntes ou há predominância de uma classe modal (figura 27 D). E para uma melhor visualização dos parâmetros estatísticos de Folk E Ward (1957) para as amostras de sedimentos do furo do rio Maguari, foi organizada uma tabela com todos os dados, tabela 4.

Tabela 4: Parâmetros estatísticos de Folk e Ward (1957) para as amostras de sedimentos do furo do rio Maguari.

Amostra	Média	Classificação	Mediana	Seleção	Classificação	Assimetria	Classificação	Curtose	Classificação
1	1,603	Areia média	1,587	0,8493	Moderadamente selecionado	-0,03388	Aprox. simétrica	1,124	Leptocúrtica
2	4,351	Silte grosso	4,412	0,7713	Moderadamente selecionado	0,02395	Aprox. simétrica	1,912	Muito leptocúrtica
3	4,314	Silte grosso	4,392	0,6046	Moderadamente selecionado	-0,3261	Muito negativa	1,326	Leptocúrtica
4	3,587	Areia muito fina	3,571	0,8562	Moderadamente selecionado	0,005501	Aprox. simétrica	0,9839	Mesocúrtica
5	4,257	Silte grosso	4,34	0,5734	Moderadamente selecionado	-0,2509	Negativa	1,016	Mesocúrtica
11	5,146	Silte médio	4,644	1,442	Pobrememente selecionado	0,4836	Muito positiva	1,868	Muito leptocúrtica
12	4,483	Silte grosso	4,483	0,4101	Bem selecionado	-0,1415	Negativa	1,029	Mesocúrtica
13	3	Areia fina	2,923	0,7278	Moderadamente selecionado	0,2136	Positiva	0,8683	Platicúrtica
14	3,71	Areia muito fina	3,627	0,6179	Moderadamente selecionado	0,2049	Positiva	1,184	Leptocúrtica
15	4,12	Silte grosso	4,191	0,6393	Moderadamente selecionado	-0,1586	Negativa	0,7702	Platicúrtica
21	5,397	Silte médio	4,767	1,418	Pobrememente selecionado	0,648	Muito positiva	0,9791	Mesocúrtica
22	4,255	Silte grosso	4,353	0,6089	Moderadamente selecionado	-0,2814	Negativa	1,086	Mesocúrtica
23	4,354	Silte grosso	4,407	0,6394	Moderadamente selecionado	-0,07868	Aprox. simétrica	1,493	Leptocúrtica
24	2,767	Areia fina	2,618	0,9317	Moderadamente selecionado	0,2088	Positiva	1,301	Leptocúrtica
25	4,181	Silte grosso	4,291	0,6365	Moderadamente selecionado	-0,2692	Negativa	0,8941	Platicúrtica
26	4,283	Silte grosso	4,363	0,5691	Moderadamente selecionado	-0,2626	Negativa	1,087	Mesocúrtica
27	3,986	Areia muito fina	3,961	0,6604	Moderadamente selecionado	0,05282	Aprox. simétrica	0,7391	Platicúrtica
28	3,831	Areia muito fina	3,821	0,8368	Moderadamente selecionado	-0,09137	Aprox. simétrica	0,9423	Mesocúrtica
33	5,261	Silte médio	4,681	1,657	Pobrememente selecionado	0,4094	Muito positiva	1,414	Leptocúrtica
34	3,797	Areia muito fina	3,773	0,8307	Moderadamente selecionado	-0,05781	Aprox. simétrica	0,9394	Mesocúrtica
35	4,084	Silte grosso	4,168	0,6589	Moderadamente selecionado	-0,1787	Negativa	0,7681	Platicúrtica
36	4,297	Silte grosso	4,382	0,6596	Moderadamente selecionado	-0,1618	Negativa	1,396	Leptocúrtica
37	2,342	Areia fina	1,82	1,463	Pobrememente selecionado	0,4116	Muito positiva	0,9508	Mesocúrtica
38	4,031	Silte grosso	4,078	0,665	Moderadamente selecionado	-0,09801	Aprox. simétrica	0,7435	Platicúrtica
39	4,12	Silte grosso	4,194	0,6427	Moderadamente selecionado	-0,1641	Negativa	0,7723	Platicúrtica
47	4,363	Silte grosso	4,403	0,5601	Moderadamente selecionado	-0,2942	Negativa	1,373	Leptocúrtica
48	4,017	Silte grosso	4,162	0,7914	Moderadamente selecionado	-0,3269	Muito negativa	0,911	Mesocúrtica
49	3,509	Areia muito fina	3,879	1,283	Pobrememente selecionado	-0,4203	Muito negativa	1,061	Mesocúrtica
50	4,12	Silte grosso	4,178	0,6374	Moderadamente selecionado	-0,1273	Negativa	0,7601	Platicúrtica

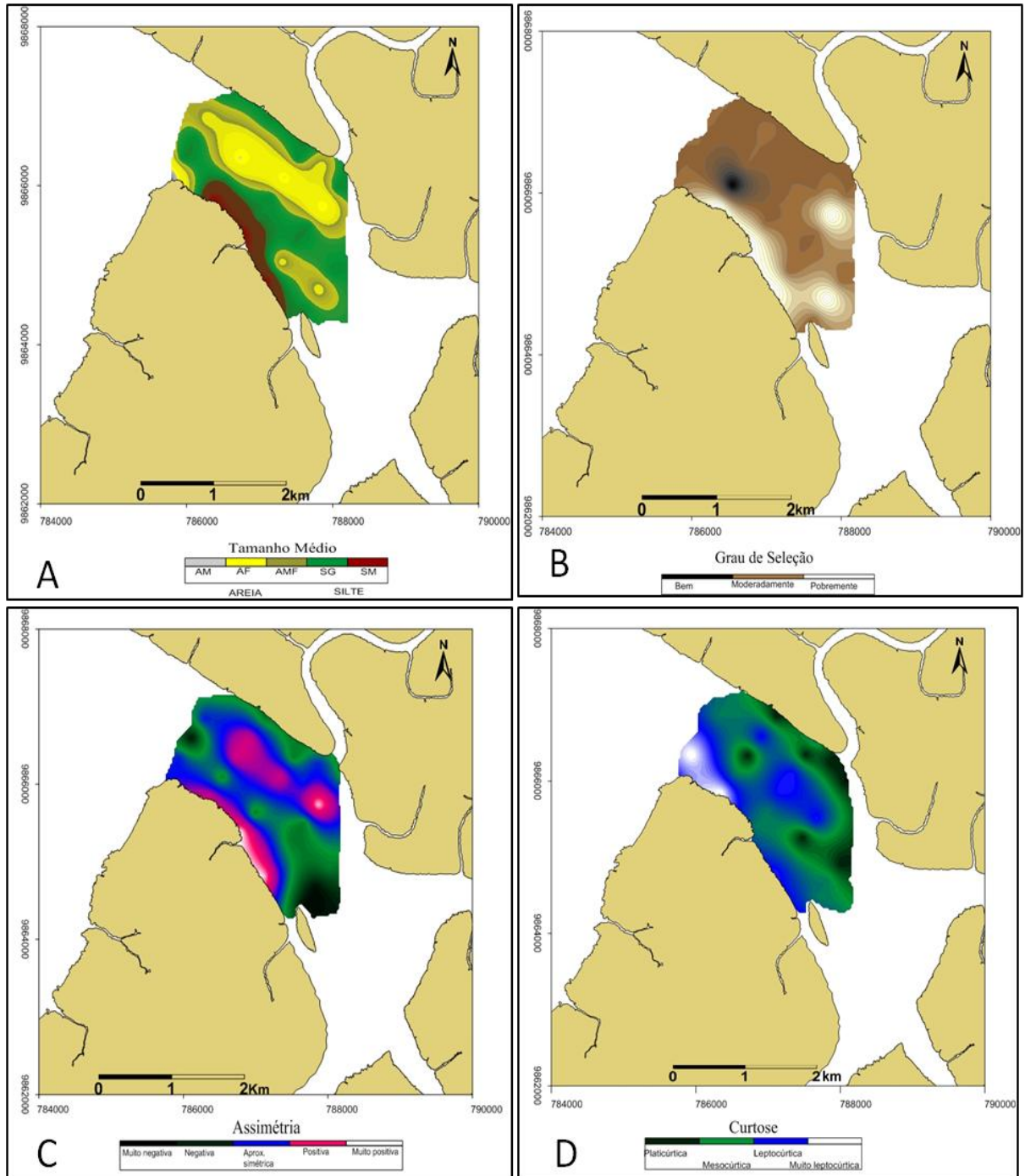


Figura 27: Parâmetros estatísticos de Folk e Ward (1957) para as amostras de sedimentos do furo do rio Maguari.

As curvas de distribuição granulométrica das amostras apresentam padrão bimodal, com pico na fração silte, predominância em quase 70% das amostras, seguidos de areia muito fina, predominância em 17% das amostras, figura 28.

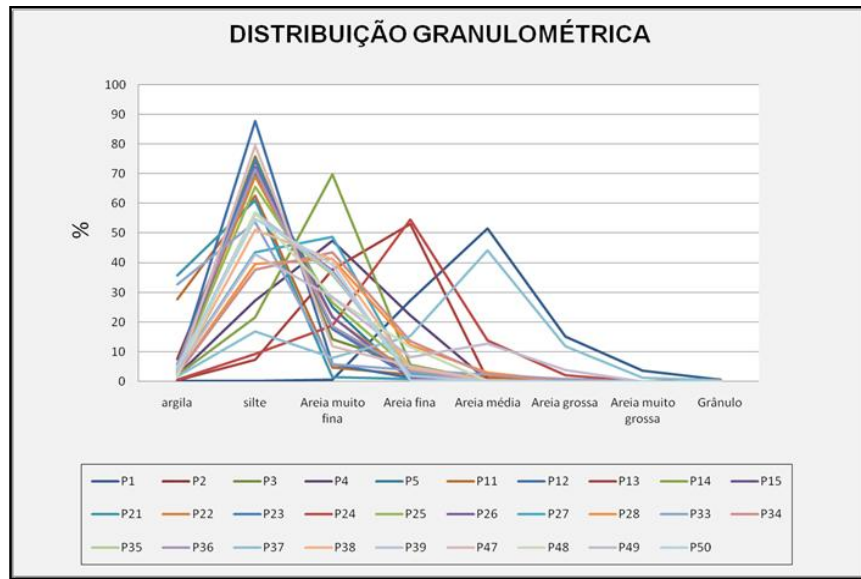


Figura 28: distribuição granulométrica de cada amostra.

A partir dos resultados da distribuição granulométrica dos sedimentos foi construído um gráfico que retrata o valor médio, percentual, de cada classe granulométrica. Obteve-se que 51,62% das amostras são constituídas pela fração silte; 6,25% de argila, e o restante estão (41,81%) divididos entre frações de areia e grânulos: 26,13% de areia muito fina; 9,46% de areia fina, 4,8% de areia média, 1,22% de areia grossa, 0,17% de areia muito grossa e 0.03% de grânulos. Esses valores permitem afirmar que esse é um ambiente heterogêneo, apesar dos sedimentos pelíticos (silte e argila) constituírem a fração principal, figura 29.

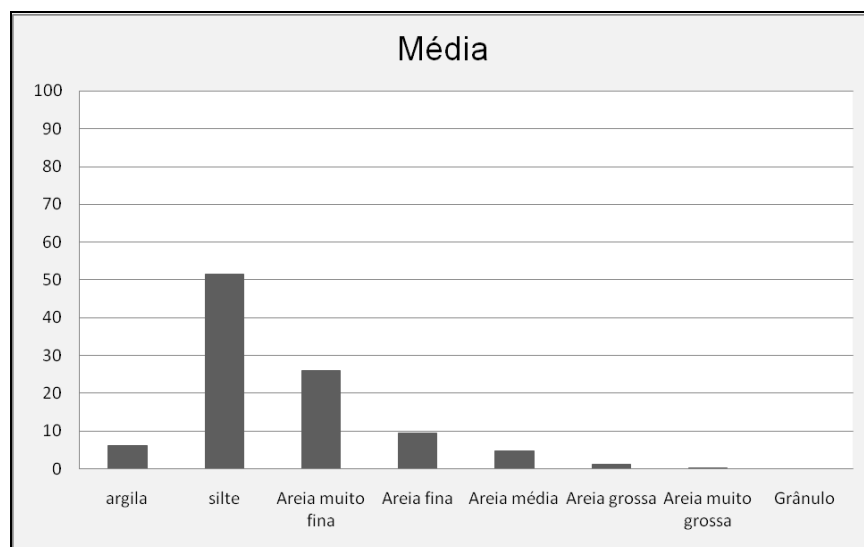


Figura 29: classificação granulométrica pela média das amostras analisadas.

7.5.2. Classificação de Shepard

A classificação de Shepard (1954) é baseada em um diagrama triangular, com seus eixos principais caracterizado em cada vértice do triângulo por: areia, silte e argila. A distribuição dos teores de argila, silte e areia se mostraram moderadamente heterogênea, como mostra a tabela 5. No entanto, é notável uma acentuada predominância de silte arenoso (aproximadamente 45%) no que diz respeito às ambientes como as áreas marginais, principalmente na margem de Outeiro, de baixa declividade e o canal na porção central em sentido do canal com predominância de areia fina. E sendo que os três (11, 21 e 33) pontos que se isolaram foram devido há uma maior percentagem de argila (figura 30).

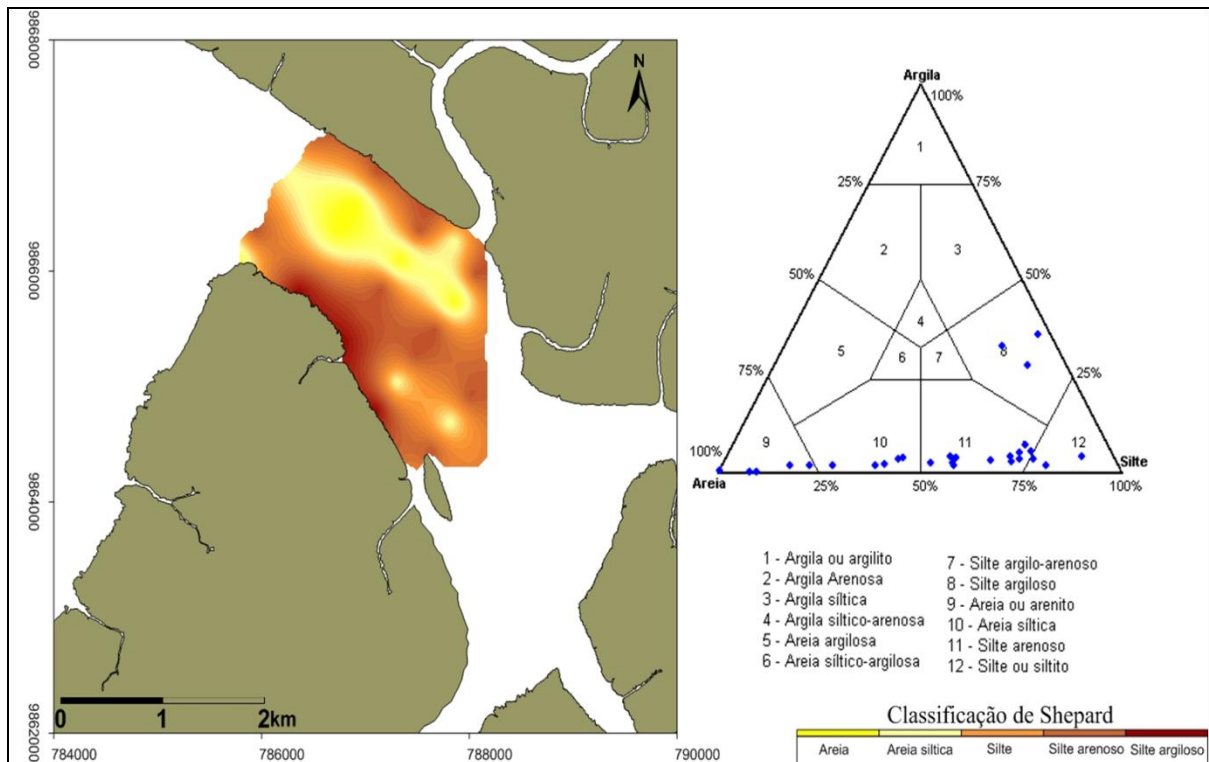


Figura 30: Mapa de distribuição sedimentológica a partir da aplicação do diagrama de Shepard.

Tabela 5: Classificação a partir do diagrama de Shepard.

AMOSTRA	CLASSIFICAÇÃO	AMOSTRA	CLASSIFICAÇÃO
1	areia	26	silte arenoso
2	silte arenoso	27	areia siltica
3	silte	28	areia siltica
4	areia siltica	33	silte argiloso
5	silte arenoso	34	areia siltica
11	silte argiloso	35	silte arenoso
12	silte	36	silte arenoso
13	areia	37	Areia
14	areia	38	silte arenoso
15	silte arenoso	39	silte arenoso
21	silte argiloso	47	Silte
22	silte arenoso	48	silte arenoso
23	silte arenoso	49	areia siltica
24	areia	50	silte arenoso
25	silte arenoso		

Nas amostras estudadas foram obtidas seis classes granulométricas: silte arenoso, com treze amostras no total (44.8%); areia (17.2%), com cinco amostras; areia siltica (17.2%), silte argiloso (10.3%) com três amostras; silte (6.8%) com duas amostras e argila arenosa (3.4%) com uma amostra, figura 31.

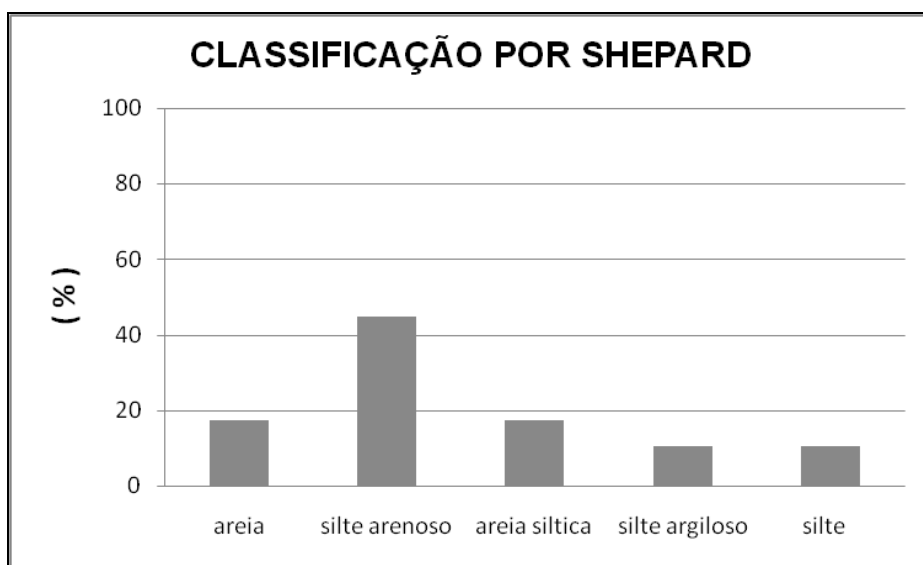


Figura 31: Percentual granulométrico a partir de Shepard.

7.5.3. Diagrama de Perjup

Segundo o diagrama de Perjup a partir das análises granulométricas dos sedimentos de fundo foi possível inferir que a hidrodinâmica característica da área é predominantemente alta a muito alta, principalmente muito alta como mostra o diagrama, a maioria das amostras do furo do rio Maguari se concentrou em quatros grupos significativos: III C, IV A, IV B e IV C (tabela 6). Em uma análise mais minuciosa e possível delimitar as áreas representativas com maior hidrodinâmica, ficando, inicialmente, caracterizado um acréscimo de energia da margem direita em direção da margem esquerda no furo do rio Maguari, figura 32.

A área de menor nível hidrodinâmico corresponde à margem direita (Outeiro), onde há predomínio de silte, com predominância de 70% do total das amostras. Estas áreas correlacionam-se a região que causam uma diminuição nos níveis de corrente, facilitando a deposição de material dessa fração.

Observou-se que a zona de maior hidrodinâmica encontra-se localizada, principalmente, no canal do furo do rio Maguari que está mais próxima da margem esquerda (Mosqueiro), onde as amostras de sedimento correspondem por 50 e 60% de areia, depositados em condições de hidrodinâmica muito alta.

Os sedimentos compostos por areias (mais de 75% da massa total, em apenas um ficou abaixo, mas sendo a fração predominante) representam 31% das amostras. As areias normalmente estão associadas às áreas de maior profundidade, e a maior granulometria pode estar associada a áreas de maior hidrodinâmica e/ou proximidade de fontes de material clástico do complexo estuarino maior, Baía do Marajó. Na sua conexão que possui com a baía de Santo Antônio, ocorre o visível predomínio da classe arenosa, assim como nas proximidades do conjunto de ilhas de Outeiro e Mosqueiro, na sua parte frontal.

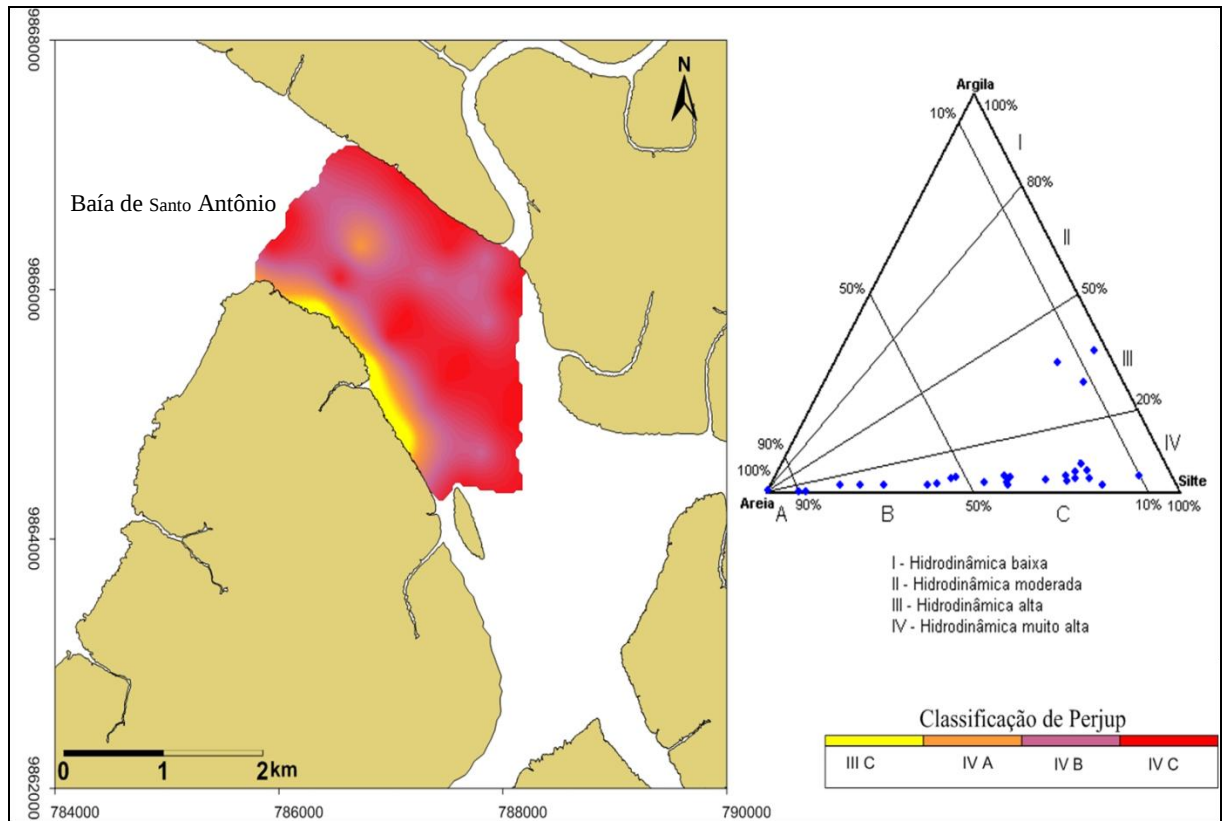


Figura 32: Mapa de distribuição sedimentológica a partir da aplicação do diagrama de Perjup (1988).

Tabela 6: Classificação apartir do diagrama de Perjup (1988).

AMOSTRA	CLASSIFICAÇÃO	AMOSTRA	CLASSIFICAÇÃO
1	IV A	26	IV C
2	IV C	27	IV B
3	IV C	28	IV B
4	IV B	33	III C
5	IV C	34	IV B
11	III C	35	IV C
12	IV C	36	IV C
13	IV A	37	IV B
14	IV B	38	IV C
15	IV C	39	IV C
21	III C	47	IV C
22	IV C	48	IV C
23	IV C	49	IV B
24	IV B	50	IV C
25	IV C		

8. DISCUSSÕES

8.1. REFERÊNCIAS HIDROCLIMÁTICAS

Em setembro ocorre a transição do período seco para o chuvoso do Pará, com o aumento significativo no volume de chuva para a faixa de 100 a 250 mm, o qual está associado às influências de sistemas frontais e os primeiros episódios da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), mas ficando acima do normal ($> 100\text{mm}$) tanto em agosto como em setembro. De acordo com RPCH, REDE ESTADUAL DE PREVISÃO CLIMÁTICA E HIDROMETEOROLÓGICA DO PARÁ, (2010), ainda é esperada a ocorrência freqüente de eventos decorrentes da circulação de brisa no nordeste paraense em virtude da manutenção do aquecimento no oceano Atlântico tropical e o estabelecimento do fenômeno La Niña, resfriamento no Pacífico equatorial, que deve contribuir para a precipitação mais elevada na região.

8.2. CORRENTES

A direção da corrente de maré variou muito, entre enchente e vazante. Sendo a área estudada um furo que apresenta um canal com orientação aproximada noroeste-sudeste, assim, quando a direção da corrente de maré esteve entre 110° a 160° , estava enchendo, e quando a direção da corrente ficou entre 290° a 350° , então era de vazante (figura 16). Evidenciando o caráter axial nas correntes de enchente e vazante.

Quando a direção da corrente diversificava muito ao longo da amostragem, era sinal de mudança de estágio de maré, principalmente acompanhada de velocidades baixas. O fato dos períodos de maré enchente e vazante serem diferentes classifica o estuário como assimétrico, de acordo com Miranda, Castro e Kjerfve (2002), que segue o princípio da conservação de volume do evento de menor duração, onde a velocidade do movimento será mais intensa e conseqüentemente o transporte de sedimento será maior, confirmado pela corrente de enchente chega a ser o dobro da vazante em alguns momentos e pelo período de duração da enchente que é de 5h40min e da vazante que é de 6h45min.

8.3. VENTOS

Os registros evidenciaram as maiores velocidades durante a tarde. Ocorreria mais intenso durante o dia por causa do maior aquecimento do ar por insolação, já que a principal causa desses movimentos são as diferenças de temperatura.

A partir do gráfico de velocidade média da corrente de superfície e do vento, percebemos que eles se demonstraram um oposto ao outro. Logo no início da amostragem as velocidades da corrente eram praticamente o triplo da velocidade do vento, e isso só se invertendo por voltas das 11h30min. Na preamar a velocidade da corrente diminui, após o seu termino a velocidade aumenta um pouco, enquanto a velocidade do vento quadruplica no final da tarde, devido ao máximo aquecimento da Terra, gerando o fenômeno das brisas e explicaria esses altos valores de velocidade do vento, figura 33.

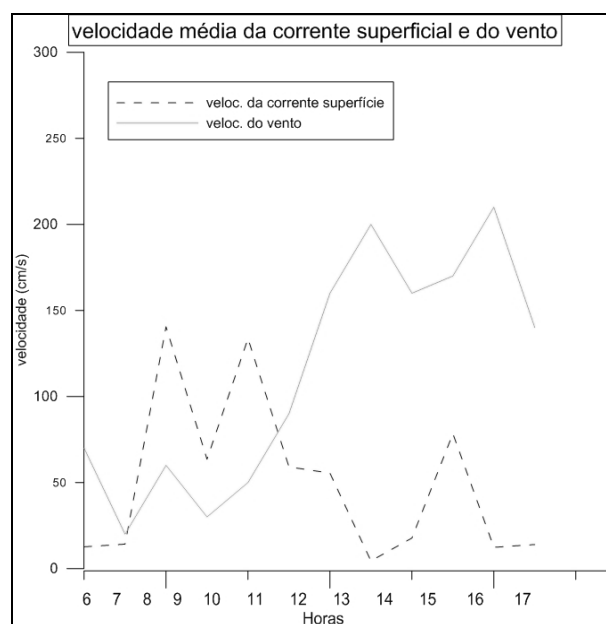


Figura 33: Variação da velocidade da corrente de superfície e velocidade do vento ao longo do período de amostragem.

8.4. SALINIDADE E TEMPERATURA

A salinidade se apresentou homogeneamente com uma leve variação entre 0,2 a 0,4 de salinidade em cada perfil, mostrando uma pequena diferença entre enchente e vazante. De forma geral, a salinidade apresentou um leve crescimento durante os perfis de vazante, que propriamente de enchente. Assim como observaram Lara e Dittmar (1999) e Baltazar (2010), a região próxima de mangue e igapó (figura 4), item 3.5, a água concentrada nesses ambientes por processos de evaporação e absorção do solo esteja funcionando como uma área de aporte de sal para a camada de água durante a inundação, principalmente a de fundo, apesar da sua liberação durante a vazante não gera muita disparidade em cada perfil analisado.

De acordo com a estratificação da salinidade de Pritchard (1955), como pôde ser observada à salinidade na figura 18, item 7.3, o estuário tanto na vazante como na enchente, apresentou uma variação bastante baixa ao longo da coluna d'água, podendo assim ser classificado como tipo D (Bem Misturado).

Em relação à temperatura da água no furo apresentou variações mínimas ao longo da coluna d'água no período de amostragem, se mostrando um corpo homogêneo.

8.5. ANÁLISE BATIMÉTRICA

Na área de estudo, observam-se zonas de baixa profundidade entre 0 e -5m nas margens e um canal bem definido com uma profundidade bastante expressiva chegando até -42m na confluência com o furo das Marinhas e o canal se apresenta em formato de U, com uma média de 20m de profundidade. O canal do furo do rio Maguari, deslocado mais para a margem esquerda, corresponde à maior estrutura geomorfológica, além de ser o canal tanto de vazante quanto de enchente. Nas zonas de menor profundidade se observam bancos e depósitos sedimentares lamosos e arenosos. Na margem direita observam-se bancos lamosos ou planícies lamosas que acompanham toda a extensão da margem direita do furo do rio Maguari, sendo que na margem esquerda ela é mais estreita.

8.6. ANÁLISE TEXTURAL

De um modo geral, o diâmetro médio dos sedimentos varia transversalmente com a profundidade de uma margem a outra. No furo do rio Maguari os sedimentos lamosos são de origem fluvial, situados as margens, e os sedimentos arenosos não possuem uma grande área de distribuição, estando restritos ao canal e na entrada do furo, mas especificamente na margem direita.

A aplicação do método de Folk e Ward (1957) foi útil para descrever as características texturais do furo, mas para a exemplificação das texturais, tamanho médio, não foi muito exato, pois mostra uma falsa dominância granulométrica, sendo que as frações granulométricas alcançaram valores bastante significativos que chegam a 43%, enquanto a fração dominante ficou 48%, ficando de acordo com a análise de Gregório (2008), que isso mascara o resultado, mostrando uma falsa realidade do fundo.

A hidrodinâmica da região pôde ser inferida com base na análise da distribuição dos sedimentos de fundo. Nas áreas mais profundas são arenosos de granulometria fina a muito fina que ocorrem predominantemente nas regiões distais à margem, sob condição de alta energia, exceto na margem direita, na entrada do furo, onde apresentou granulometria média em virtude da atuação de ondas configurando as praias estuarinas, responsável pela remoção das areias mais finas e sedimentos lamosos para áreas adjacentes.

Segundo os dados de correntes ela atingiu até 2,62 m/s na superfície, tendo uma grande capacidade para carrear sedimentos para o interior do furo, podendo os depósitos estarem associado ao input sedimentar decorrente da ação erosiva (“falésias ativas”), decorrente dos sedimentos do Grupo Barreiras, que configuram a margem direita do rio Pará.

Os depósitos lamosos estão relacionados a padrões altos de hidrodinâmicos, como na ilha próxima a margem direita, há predomínio de sedimentos de granulometria silte e argila. Esta área correlaciona-se a região em que está causando diminuição nos níveis de corrente, região de sombra, facilitando a deposição de material fino.

De acordo com o diagrama de Pejrup (1988), classifica o furo com hidrodinâmica alta a muito alta com uma circulação bastante significativa, a margem direita estando sob influência de hidrodinâmica alta, III C, contrasta com a dominância de sedimentos de menor granulometria. Segundo Gregório (2008), a classificação textural oferecida por medidas de tendência central como a mediana, média e a moda serve para distinguir a intensidade do agente transportador e/ou os níveis energéticos do ambiente deposicional.

O grau de seleção, por outro lado, expressa a maior ou menor concentração de partículas em torno da média; freqüentemente estas medidas traduzem a constância ou a irregularidade dos níveis energéticos. A assimetria tende a mostrar o enriquecimento da população granulométrica em finos ou grosseiros. A planície lamosa composta por sedimentos finos pobremente selecionados, localizados a margem direita, é mantida pela barreira (ilhota) que retém o fluxo sedimentar, formando uma área de deposição local devido à diminuição da capacidade de transporte dos sedimentos.

9. CONCLUSÕES

O clima apresentou-se de forma anormal, próximo da normal climatológica, com uma média de temperatura diária maior e com índices de pluviosidade acima da média, mas sem um padrão definido. Esses fatores podem ser associados a resquícios do El Niño e ao início da La Niña, marcada pela expansão das anomalias negativas de TSM no Pacífico, com intensificação do resfriamento das águas superficiais na faixa equatorial, e que influenciarão potencialmente nos meses seguintes o clima na Amazônia oriental.

Em relação à corrente, pode-se concluir que a determinação dos vetores de velocidade no sistema estuarino seguiu a orientação do furo, ficando as correntes de enchente entre 110° a 160° e na vazante entre 290° a 350°. O sistema de correntes no furo do rio Maguari apresentou variações de direção e intensidade de acordo com as oscilações da maré e a morfologia do canal.

O vento apresentou-se inversamente proporcional a corrente, sendo mais intensos na parte da tarde, causado principalmente pelos movimentos das massas de ar, sugerindo o efeito de brisa marítima em resposta ao máximo aquecimento do continente. De modo geral, estes registros estão de conformidade com o escoamento superficial padrão, associado ao efeito de brisa litorânea, onde: durante o dia o vento deve soprar do oceano para o continente e vice-versa.

De acordo com a classificação de Dalrymple, Zaitlin; Boyd (1992), o furo do rio Maguari se mostra do tipo dominado por maré é segundo Davies (1964) também classificamos como sendo de mesomaré.

A salinidade no furo do rio Maguari é influenciada pela maré e, supõe-se que pelo ambiente adjacente, mostrando-se um padrão anormal, com as maiores salinidades na vazante, e tendo no geral que a maioria dos perfis apresentando homogeneidade com salinidades muito baixa, provavelmente por causa do grande volume de chuva nos meses antecedentes e ocasionando sua diluição.

Quanto à classificação de acordo com a estratificação da salinidade de Pritchard, (1955), o furo do rio Maguari comportou-se como do tipo D ao longo do período de amostragem e a salinidade se mostrou praticamente homogênea ao longo da coluna d'água, podendo ser classificado como Bem Misturado.

Segundo os critérios de classificação do estuário a partir da variação da estratificação da salinidade na coluna d'água em período extremo, maré de sizígia equinocial, pouca influência da maré salina e podendo mostrar salinidade quase zero em períodos de maré normais (sizígia

e quadratura), sendo necessário um estudo mais detalhado da área em períodos diferentes de maré e de vazão do rio, para classificar de maneira mais abrangente e eficaz o furo.

A temperatura da água apresentou variação mínima tanto espacial quanto temporal, mostrando ausência de estratificação térmica no período estudado, apresentando uma leve variação de temperatura ao longo do dia. As temperaturas maiores foram causadas provavelmente pela maior incidência de raios solares.

Com relação à morfologia, o furo do rio Maguari apresentou um comportamento plano nas margens (raso) e evidencia uma profundidade significativa no canal, e sua morfologia de fundo reflete possivelmente o comportamento da geologia local, e exibindo um desnível topográfico suave existente entre sua porção de jusante a montante.

A partir dos estudos de Igreja et al., (1990), e com auxílio de estudos sísmicos da área, talvez possamos inferir que o furo do rio Maguari surgiu em decorrência de uma transcorrência (ZT) que possibilitou a formação de um canal de maré e o que presenciamos hoje.

A aplicação de diversos modelos de classificação de textura sedimentar mostrou satisfatória, Segundo as classificações por tamanho médio de grão (WENTWORTH, 1922; FOLK; WARD, 1957), os sedimentos do furo do rio Maguari classificam-se como silte. E de acordo com a classificação de Shepard (1954), observou-se que os sedimentos predominantemente são do tipo silte arenoso. E já aplicação do diagrama de Pejrup mostrou que 100% das amostras correspondem à ambientes de hidrodinâmica alta ou muito alta.

REFERÊNCIAS

- BALTAZAR, L. R. S. Contribuições ao entendimento dos processos oceanográficos físicos da baía do Marajó-pa em final de período seco. 2010. 71 f. TCC - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.
- CAMERON, W. M.; PRITCHARD, D. W. Estuaries. In: HILL, M. N. (Ed.). The Sea. v. 2, N. Y.:John Willey and Sons, 1963. pp. 306-324.
- CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher. 1980.
- CORRÊA, I. C. S. Aplicação do diagrama de Pejrup na interpretação da sedimentação e da dinâmica do estuário da Baía de Marajó-PA. Pesquisas em Geociências, v. 32, n. 2, p. 109 – 118. 2005.
- COSTA, J. B. S.; BORGES, M. S.; BEMERGUY, R. L.; FERNANDES, J. M. G.; COSTA JÚNIOR, P. S.; COSTA, M. L.,. Evolução cenozóica da região de Salinópolis, nordeste do Estado do Pará. Geociências, 12 (2): 373-396. 1993.
- DALRYMPLE, R. W.; ZAITLIN, B. A.; BOYD, R.,. Estuarine facies models: conceptual basis and stratigraphic implications. Journal of Sedimentary Petrology, Ohana, n. 62, p. 1130-1146. 1992.
- DAVIES, J. L. A morphogenetic approach to world shorelines. Z. Geomorphology, 1964. n.8, p.127-142.
- DHN. Diretoria de Hidrografia e Navegação. Roteiro - Costa Norte - Brasil. Rio de Janeiro: DHN,1967. 1-9, cap. II, p.: 43-125.
- DIAS, J. A. A análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos. Portugal: Universidade do Algarve, 2004. e-book versão preliminar.
- DIONNE, J. C.,. Towards a More Adequate Definition of the St Lawrence Estuary. Zeitschr. F. Geomorph. 1963. v. 7, n.1, p. 36-44.
- DUANE, D. Significance of skewness in recent sediments, Western Pamlico Sound, North Carolina. Journal of Sedimentary Petrology. 1964.

DYER, K. R. Estuaries: A Physical Introduction. 2. Ed. N.Y.: John Wiley & Sons, 1967, 140 p.

EL-ROBRINI, M.; FARIA JR, L. E. C.; TORRES, A. M.; SOUZA FILHO, P. W. M.; SILVA, M. S. Deposição e assoreamento das rias do Nordeste do Estado do Pará – Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37, 1992, São Paulo. Sessões Técnicas. São Paulo: SBG, 1992. v. 2, p. 79-80.

EL-ROBRINI, M. H. S. Variabilidade morfológica e sedimentar de praias estuarinas da Ilha do Mosqueiro. 2001. 85 f. Dissertação (Mestrado) - Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2001.

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

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

FOLK, R. L.; WARD, W. C. Brazos river bar: study in significance of grain size parameters. Journal of Sedimentary Petrology. 1957.

GONÇALVES, F. D. Uso de dados de sensores remotos para o mapeamento dos índices de sensibilidade ambiental a derramamento de óleo na baía de Guajará, Belém – PA. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém. 2005. 162f.

GREGÓRIO, A. M. S. Contribuição á gestão ambiental da baía de Guajará (Belém - Pará - Amazônia) através de estudo batimétrico e sedimentológico. Dissertação (Mestrado em Geociências). Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2008.

HASUI, Y. Neotectônica e aspectos fundamentais da tectônica ressurgente no Brasil. In: WORKSHOP SOBRE NEOTECTÔNICA E SEDIMENTAÇÃO CONTINENTAL CENOZÓICA NO SUDESTE DO BRASIL, 1., Belo Horizonte. Boletim. Belo Horizonte: SBG.1990. p. 1-31.

HASUI, Y. Evolução geológica da Amazônia. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 5., Belém. Anais... Belém: SBG. 1996. p. 31-34.

IDESP. Belém: Estudo Ambiental do Estuário Guajarinó. Belém. 152 p. 1990.

IGREJA, H. L. S.; ALVES, R. J.; COSTA JÚNIOR, P. S.; COSTA, J. B. S. Estudos neotectônicos nas ilhas de Outeiro e Mosqueiro – NE do Estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36., Natal. Anais... Natal: SBG. v. 5, p. 2110-2123. 1990.

KATZER, F. Geologia do Estado do Pará- Brasil. Bol. Mus. Para. Hist. Nat. Ethnog., Belém, 1993. v. 9, p. 1-269.

KJERFVE, B. 1987. Estuarine Geomorphology and Physical Oceanography. In: DAY Jr.; HALL, C. H. A. S.; KEMP, W. M.; YÁNEZ-ARANCIBA, A. (eds.). Estuarine ecology. New York: Wiley. 1987. p. 47-78.

LARA, R. J.; DITTMAR, T. Nutrient dynamics in a mangrove creek (North Brazil) during the dry season. Mangroves and Salt Marshes. Holanda, 1999.

LIMA, R. R.; TOURINHO, M. M.; COSTA, J. P. C. Várzeas flúvio-marinhas da Amazônia brasileira: características e possibilidades agropecuárias. FCAP. SDI, Belém. 342p. 2000.

MACOLA, G. & EL-ROBRINI, M. Ilha dos Guarás (Mariteua) - município de Curuçá (NE do Pará): aspectos físicos, meteorológicos e oceanográficos. Belém, CHD/GEMC. 2004. v. 1. 35p. (Relatório final). Disponível em: http://www.cdp.com.br/images/espardarte/espardarte_estudo.pdf. Acessado em 13 de junho de 2008.

MARTINS, E. S. M. Caracterização Sedimentológica de Fundo da Área de Influência do Porto de Vila do Conde - Margem Leste do Rio Pará, Barcarena/Pa, 2007. TCC. Universidade Federal do Pará

McLAREN, P. An interpretation of trends in grain size measures. Journal of Sedimentary Petrology. 1981. v. 51, n. 2, p. 611-624.

MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M.; KJERFVE, B. Princípios de oceanografia física de estuários. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 2002.

MÖLLER JR., O. O. & CASTAING, P. Hydrographical characteristics of the estuarine area of Patos Lagoon. In: PERILLO, G. M. PICOLLO, C. & PINO, M., (Eds.). Estuaries of South America: Their Geomorphology and Dynamics. Berlin, Springer Verlag. 1999. pp. 83-100.

MONTEIRO, S. M. Dinâmica dos Parâmetros Abióticos na Zona de Mistura do Estuário do Rio Paracauari, Ilha do Marajó-Pa. 2009. 151 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Pará. Belém.

NITTROUER, C. A.; BRUNSKILL, G. J.; FIGUEIREDO, A. G. Importance of Tropical Coastal Environments. Geo-Marine Letters, 1995. v. 15, p. 121-126.

PALHETA, E. S. M. Estudo da compartimentação e arcabouço neotectônico da ilha de Mosqueiro – Pará, empregado da prospecção hídrica subterrânea. 2008. 241 f. Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica. Universidade Federal do Pará. Belém. Tese de Doutorado.

PEJRUP, M. 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. 1988.

PERILLO, G. M. E. Geomorphology and sedimentology of estuaries. Development in sedimentology. 2005. Vol. 53, 471 pp. Elsevier Science B. V, Amsterdam.

PINHEIRO, R. V. L. Estudo hidrodinâmico e sedimentológico do Estuário Guajará-Belém/PA. Belém, Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, 164p. (Dissertação de Mestrado). 1987.

PONÇANO, W. L. Sobre a interpretação ambiental de parâmetros estatísticos granulométricos: exemplos de sedimentos Quaternários da Costa Brasileira. Revista Brasileira de Geociências. 1986, p. 157-170, v. 16, n. 2.

PROJETO RADAM. Folha SA – 22. Belém. 1972.

PRICHARD, D. W. Estuarine circulation patterns. Proc. Am. Soc. Civ. Eng. 81:717:1-11. 1955.

PRICHARD, D. W. Estuarine Hydrography. Advances in Geophysics. New York, Academic Press, vol. 1, pp. 243-280. 1952.

RPCH (REDE ESTADUAL DE PREVISÃO CLIMÁTICA E HIDROMETEOROLÓGICA DO PARÁ). Boletim de análise e previsão climática. Ano IV, Nº 44, Agosto. 2010.

RPCH (REDE ESTADUAL DE PREVISÃO CLIMÁTICA E HIDROMETEOROLÓGICA DO PARÁ). Boletim de análise e previsão climática. Ano IV, Nº 45, Setembro. 2010.

SANTOS, M. L. S. Influência dos rios Amazonas e Pará sob a biomassa fitoplanctônica. 2000, 92 p.. Dissertação de Mestrado em Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

SCHAEFFER-NOVELLI, Yara; CINTRON-MOLERO, Gilberto; ADAIME, Raquel Rothleder; CAMARGO, Tânia Maria de,. Variability of Mangrove Ecosystems along the Brazilian Coast. In: Estuaries. vol. 13, n. 2, p. 204-218. 1990.

SZLAFSZTEIN, C. F.,. Indefinições e Obstáculos no Gerenciamento da Zona Costeira do Estado do Pará, Brasil. Revista da Gestão Costeira Integrada. v. 9, n. 2, pp. 47-58. 2009.

TRINDADE, R. L. & GORAYEB, I. S. Maruins (Ceratopogonidae: Diptera) do Estuário do Rio Pará e do Litoral do Estado do Pará, Brasil. Entomol. Vect. 2005. v. 12, n. 1, pp. 61-74. Disponível em www.ugf.br/editora.

VENTURIERI et al., Análise multitemporal da paisagem da ilha do Mosqueiro, município de Belém, Pará, Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 9, Santos. 1998. Anais..1 CD-ROM.

WENTWORTH, C. K. A scale of grade and class terms for clastic sediments. Journal of Geology. 1992. v. 30, pp. 377- 392.