



**Serviço Público Federal**  
**Universidade Federal do Pará**  
**Instituto de Geociências**  
**Faculdade de Oceanografia**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**ERNAN SANTOS RAIOL**

**CONTRIBUIÇÕES PARA ELABORAÇÃO DE CARTAS  
SEDIMENTOLÓGICAS DA FÓZ DO RIO AMAZONAS COM ENFOQUE NA  
BAÍA DO GUAJARÁ (CANALS DA SOTAVE E COTIJUBA), BELÉM-PA**

**BELÉM**

**2011**

**ERNAN SANTOS RAIOL**

**CONTRIBUIÇÕES PARA ELABORAÇÃO DE CARTAS  
SEDIMENTOLÓGICAS DA FOZ DO RIO AMAZONAS COM ENFOQUE NA  
BAÍA DO GUAJARÁ (CANALS DA SOTAVE E COTIJUBA), BELÉM-PA**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado à Faculdade de  
Oceanografia da Universidade Federal  
do Pará - UFPA em cumprimento as  
exigências para obtenção do título de  
Bacharel em oceanografia.

Orientador: Profa. Dra. Odete Fátima  
Machado da Silveira

**BELÉM**

**2011**

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

---

R159c Raiol, Ernan Santos

Contribuições para elaboração de cartas sedimentológicas da foz do rio Amazonas com enfoque na baía do Guajará (canais da sotave e Cotijuba), Belém-pa / Ernan Santos Raiol; Orientador: Odete Fátima Machado da Silveira– 2011

69 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. Granulometria. 2. Canal da Sotave. 3. Canal de Cotijuba. 4. Mapas de distribuição. I. Silveira, Odete Fátima Machado da. II. Universidade Federal do Pará.

CDD 20<sup>o</sup> ed.: 552.5098115

---

ERNAN SANTOS RAIOL

CONTRIBUIÇÕES PARA ELABORAÇÃO DE CARTAS  
SEDIMENTOLÓGICAS DA FOZ DO RIO AMAZONAS COM ENFOQUE NA  
BAÍA DO GUAJARÁ (CANAIS DA SOTAVE E COTIJUBA), BELÉM-PA

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

Data da Defesa: 10/02/2011

Conceito: BOM (7,5)

Banca Examinadora:



---

**Odete Fátima Machado da Silveira –  
Orientadora**

Doutora em Geologia e Geoquímica  
Universidade Federal do Pará (UFPA)



---

**Marcelo Rollnic - Membro**  
Doutor em Oceanografia Física  
Universidade Federal do Pará (UFPA)



---

**Susane Rabelo de Souza Vieira - Membro**  
Doutoranda em Geologia e Geoquímica  
Universidade Federal do Pará (UFPA)

**À minha Vó Fausta “Piúca” (In memorium),  
à minha Família e ao meu filho Nairon.**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus e a Minha família (principalmente minha tia Fátima, minha mãe Rosângela, meu padastro Carlos e ao meu pai Ernandes) pelo apoio incondicional e cultivarem minha sobrevivência por 23 anos (espero que por muito mais também), além de ambos sempre estarem presentes quando preciso.

Ao meu filho Nairon, que mesmo sem saber, participou e também foi muito importante em todo esse processo, pelo menos nos últimos 3 anos, daqui a um tempinho ele vai saber melhor da sua importância!

Ao meu compadre Luiz Rodrigues, pelo apoio, ajuda e também por ser meu compadre né!

À futura oceanógrafa Amanda Oliveira, por ter me apoiado incondicionalmente do início ao fim deste trabalho, além de sempre estar disposta a ajudar. Sua ajuda foi fundamental para conclusão deste trabalho, grato!

Aos meus amigos de infância Japa “Camila”, Cidalmi “bode” Mozart Carvalho Abdoral (tem que rolar o nome completo desse rapaz), Thiago “pato”, Saulo que me apoiaram quando precisei, tanto para os meus trabalhos quanto pra tomar umas de vez em quando!

Aos amigos Antônio “velho” Neto, “Malandro” Vinícius, Gabi Gabriela “olhiiiiinho”, Simão pela convivência e amizade e também por de vez em quase sempre me chamarem pra tomar umas! Também ai Yuri “Cranildo”, pela paciência e ajuda em laboratório.

Ao Oc. Arthur Gustavo do LIOG, pela grande ajuda no uso de softwares.

A Profa. Dra. Odete Silveira, pela orientação, pelo apoio e por encorajar e ajudar a crescermos pessoalmente e profissionalmente. Obrigado!

Aos Profs. Francisco Berrêdo e Amilcar Mendes do Museu Paraense Emílio Goeldi – MPEG por colaborarem permitindo análises granulométricas no Laboratório de Sedimentologia do Museu.

A Marinha do Brasil (SSN-4) pela parceria e pelo apoio nas coletas de sedimentos no NHi Denébola.

A galera do Laboratório de Oceanografia Geológica e Geofísica Marinha – LIOG: Andrey, Priscila “Goooozzi”, Fábio Porfírio & Márcio Watanabe, Nara, Fran, Lidiane, Ruth “Iron Maiden” e por “increça que parível” até a “de menor” Luiza “LAIT”.

Ao Isaac e o “tabela tabela” Maurício, pela pequena mas não menos importante ajuda.

A Andressa Belo pela paciência na digitalização de uma porrada de pontos nos 45 do segundo tempo e ao Leonildo “Leon”.

A Carol Borges por também contribuir também nos detalhes finais.

.....?!

## RESUMO

A Baía do Guajará é uma região flúvio-estuarina, influenciado por fatores biológicos, hidrodinâmicos, morfológicos e sedimentares fundamentais para sua evolução, além de possuir vários terminais portuários, junto a isso estudos desta área são relevantes. A partir disso este trabalho objetiva contribuir com a elaboração de cartas de distribuição de sedimentos e a relação com a dinâmica da área estudada, canal da Sotave e o canal de Cotijuba. Os canais possuem profundidades máximas de aproximadamente 22 e 32 metros respectivamente. A granulometria se mostrou bastante heterogênea, variando de grãos  $>2$  a  $<0,063$ , apresentando, partir da média, silte em maiores proporções no canal da Sotave e areia fina no canal de Cotijuba, porém a quantidade de areia é considerável em grande parte das amostras. Foram identificadas as classes texturais areia, areia siltica, silte argiloso, silte arenoso e silte, sendo que a classe areia predominou nas regiões mais profundas, canal, e as classes mais finas nas adjacências do canal. O teor de matéria orgânica se mostrou 0,76% maior no canal da Sotave, fato que pode ser devido a quantidade de sedimentos finos neste canal ser maior do que no canal de Cotijuba, sendo que os menores valores de matéria orgânica foram encontrados no canal, onde a hidrodinâmica é mais acentuada e suficientemente energética para remover material fino que é capaz de adsorver facilmente matéria orgânica. Os grãos analisados por morfoscopia sugerem que os sedimentos arenosos são imaturos no ciclo sedimentar. A hidrodinâmica, foi caracterizada como alta e muito alta, que pode estar associada a predominância de areia na maioria das amostras e baixa quantidade de matéria orgânica principalmente no canal.

Palavras Chave: Granulometria, Canal da Sotave, Canal de Cotijuba, Mapas de distribuição de sedimentos

## ABSTRACT

The Guajará Bay is a tidal estuary region, influenced by biological, hydrodynamic, morphological and sedimentary fundamental to its evolution and also has several port terminals, along with studies in this area that are relevant. From that this work aims to contribute to the preparation of maps of sediments distributions and the relationship with the dynamics of the studied area, Sotave and Cotijuba channel that have a depth of approximately 22 and 32 meters respectively. The particle size was very heterogeneous, ranging from grains  $>2$  to  $<0.063$  mm, and, from the average, higher proportions in silt in the Sotave channel and fine sand in the Cotijuba channel, but the considerable amount of sand is largely samples, however the amount of sand is considerable in most samples. Textural classes were identified: sand, sandy silt, silt clay, silty sand and silt, and the class predominated in the deeper regions, channel, and classes in the finest surroundings. The organic matter content showed 0.76% higher in Sotave channel, which may be due to the amount of fine sediments in this channel be greater than the Cotijuba channel, while the lowest were found in the organic matter channel, where hydrodynamics is more intense and energetic enough to remove fine material that is able to easily adsorb organic matter. The grains analyzed by morphoscopy suggested that the sandy sediments are immature in the sedimentary cycle. The Hydrodynamic was intense and classified by high and very high hydrodynamic, and may involve a predominance of sand in most samples and low amount of organic matter mainly in the channel

Keywords: Particle size, Sotave channel, Cotijuba channel, Map of sediments distribution

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 01</b> (a) Terminal de Outeiro (Porto da Sotave) (b) Terminal de embarque e desembarque de passageiros em Cotijuba	<b>17</b>
<b>Figura 02</b> Mapa de localização da área de estudo	<b>18</b>
<b>Figura 03</b> Mapa de unidades de paisagem	<b>20</b>
<b>Figura 04</b> Gráfico da temperatura e precipitação média anual para a Região metropolitana de Belém-PA para o ano de 2010	<b>21</b>
<b>Figura 05</b> : Falhas normais e transcorrentes da região da Baía do Marajó e adjacências	<b>26</b>
<b>Figura 06</b> Tipos de estuários de acordo com a morfologia (adaptado de Fairbridge,1980)	<b>28</b>
<b>Figura 07</b> : (A) Amostrador de fundo utilizado para as coletas das amostras e (B) Pegador de fundo mais amostra coletada	<b>32</b>
<b>Figura 08</b> : Fluxograma com as atividades executadas em laboratório para realização do trabalho	<b>33</b>
<b>Figura 09</b> Materiais utilizados para quantificação da matéria orgânica: (A) cadinhos de porcelana e (B) Mufla.	<b>35</b>
<b>Figura 10</b> (A) Exemplo de funcionamento do granulômetro por difratometria laser (B) Ultra-som (C) Computador acoplado ao granulômetro (D) Erlenmeyer com amostras.	<b>36</b>
<b>Figura 11</b> Da esquerda para direita: Visualização dos grãos em lupa e Diferentes graus de arredondamento utilizado na análise comparativa com os grãos estudados: a) muito anguloso, b) anguloso, c) subanguloso, d) subarredondado, e) arredondado, f) bem arredondado	<b>38</b>
<b>Figura 12</b> Mapa batimétrico da área de estudo a partir de carta náutica.	<b>40</b>

<b>Figura 13</b> Perfil batimétrico de 1962 e 2003 no Canal da Sotave próximo ao Furo do Maguary.	<b>42</b>
<b>Figura 14</b> Percentual médio de ocorrência dos sedimentos nas amostras analisadas, para o Canal da SOTAVE.	<b>43</b>
<b>Figura 15</b> Percentual médio de ocorrência dos sedimentos nas amostras analisadas, para o Canal de Cotijuba.	<b>43</b>
<b>Figura 16</b> Mapa faciológico dos canais de Cotijuba e canal da Sotave.	<b>44</b>
<b>Figura 17</b> Percentual de sedimentos nas amostras analisadas segundo a classificação de Shepard no canal da SOTAVE.	<b>46</b>
<b>Figura 18</b> Percentual de sedimentos nas amostras analisadas segundo a classificação de Shepard no canal de Cotijuba.	<b>46</b>
<b>Figura 19</b> (a) Exemplo de planície arenosa na Ilha de Caratateua (b) Superfície de abrasão na Ilha de Cotijuba.	<b>47</b>
<b>Figura 20</b> Mapa faciológico segundo classificação de Shepard (1954).	<b>48</b>
<b>Figura 21</b> Média do teor de M.O para os dois canais, relacionando às classes texturais de Shepard (1954).	<b>49</b>
<b>Figura 22</b> Percentual médio de matéria orgânica para ambos os canais.	<b>49</b>
<b>Figura 23</b> (a) Núcleo urbano de Belém e (b) núcleo urbano de Cotijuba	<b>50</b>
<b>Figura 24</b> Mapa de distribuição de matéria orgânica e mapa faciológico.	<b>51</b>
<b>Figura 25</b> Grau de arredondamento dos grãos de quartzo para o Canal SOTAVE.	<b>52</b>
<b>Figura 26</b> Grau de arredondamento dos grãos de quartzo para o Canal de Cotijuba.	<b>52</b>
<b>Figura 27</b> Alguns grãos de quartzo observados na morfoscopia.	<b>53</b>
<b>Figura 28</b> Diagrama de Perjup com os pontos plotados do canal da Sotave.	<b>54</b>
<b>Figura 29</b> Diagrama de Perjup com os pontos plotados do canal de Cotijuba	<b>54</b>
<b>Figura 30</b> (a) e (b) Pontos localizados as margens de Outeiro (c) Pontos localizados no canal da Sotave (d) Pontos localizados as margens de Cotijuba,	

canal (e) Pontos localizados a leste do canal (f) Pontos localizados a leste do canal, próximos a Ilha Jutuba. **56**

**Figura 31** Mapa hidrodinâmico a partir do diagrama de Perjrup (1988) **57**

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>16</b>
2.1	OBJETIVO GERAL	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
<b>3</b>	<b>ÁREA DE ESTUDO</b>	<b>17</b>
3.1	LOCALIZAÇÃO	17
<b>4</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO</b>	<b>19</b>
4.1	VEGETAÇÃO	19
4.2	CLIMA	20
4.3	HIDRODINÂMICA	21
<b>4.3.1</b>	<b>Vento e ondas</b>	<b>21</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Marés e correntes de maré</b>	<b>22</b>
<b>4.3.3</b>	<b>Cunha salina</b>	<b>22</b>
4.4	GEOLOGIA	24
4.5	GEOMORFOLOGIA	26
<b>5</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>28</b>
5.1	ESTUÁRIOS	28
5.2	FÁCIES SEDIMENTARES	29
5.3	ANÁLISE SEDIMENTOLÓGICA	30
<b>6</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>31</b>
6.1	LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO	31
6.2	CAMPO	32
6.3	LABORATÓRIO	33
<b>6.3.1</b>	<b>Preparação e análise das amostras</b>	<b>34</b>
6.3.2.1	Quantificação da matéria orgânica (m.o.)	34
6.3.2.2	Granulometria por difração a laser	36
6.3.2.3	Granulometria por peneiramento	36
6.3.2.4	Morfoscopia	37
<b>6.3.3</b>	<b>Trabalho em gabinete</b>	<b>38</b>
<b>7</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>40</b>
7.1	MORFOLOGIA DE FUNDO A PARTIR DE DIGITALIZAÇÃO DE CARTA NÁUTICA	40
7.2	ANÁLISE DE TAMANHO DE GRÃO (MÉDIA)	42
7.3	CLASSIFICAÇÃO TEXTURAL POR SHEPARD	48
7.4	MATÉRIA ORGÂNICA	50
7.5	ANÁLISE MORFOSCÓPICA DOS GRÃOS	53
7.6	DIAGRAMA DE PEJRUP	55
<b>8</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>60</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>62</b>

**ANEXO A: Diagramas de Shepard para as amostras do canal do Sotave (A) e canal de Cotijuba (B)**

**ANEXO B: Granulometria, Classificação de Shepard e teor de M.O.**

**ANEXO C: Teor de matéria orgânica por amostra**

**ANEXO D: Diagramas de Pejrup para as amostras do canal da Sotava (A) e Canal de Cotijuba (B)**

## 1 INTRODUÇÃO

Os estuários são ambientes altamente dinâmicos influenciados por fatores bióticos e abióticos. Entre esse fatores estão parâmetros hidrodinâmicos, sedimentares, físico-químicos, morfológicos e biológicos que relacionados a variação do nível do mar, sedimentação e áreas-fonte, são fundamentais para a evolução desse sistema costeiro.

Segundo Miranda (2002), os sistemas estuarinos possuem formação recente, menos de 5.000 anos. Logo, o conhecimento do processo evolutivo de um estuário é de fundamental importância para a compreensão destes ambientes (D'AGOSTINI, 2005) e compreensão da história e evolução geológica recente. São ambientes de grande importância econômica, pois são locais adequados para instalação de portos e constituem uma importante via de acesso para o interior do continente (MIRANDA, op.cit), ratificando que o conhecimento e estudo integrado destes ambientes pode colaborar com monitoramento e gestão ambiental e econômica dos estuários.

Considerando a importância ambiental e econômica dos estuários, temos a sedimentologia como umas das ferramentas para colaborar com a compreensão desses ambientes através de estudos granulométricos e texturais.

Estes ambientes atuam como depósitos efetivos dos sedimentos fluviais, impedindo que grande parte destes cheguem à região da plataforma continental (BAPTISTA NETO; PONZI; SICHEL, 2004).

Os sedimentos de superfície de fundo de ambientes subaquáticos refletem a interação entre a hidrodinâmica do ambiente, o aporte sedimentar e a natureza do substrato. Sendo assim a caracterização de sedimentos, baseada em parâmetros granulométricos e composicionais, é de fundamental importância para a compreensão dos processos de sedimentação, identificação de fácies texturais e características dos ambientes deposicionais (BAPTISTA NETO; PONZI; SICHEL, op.cit).

A Baía do Guajará, antes denominada Paraná-Guaçu pelos Índios Tupinambás que habitavam a região, possui hidrodinâmica acentuada, com

mesomarés semidiurnas de até 4m e sedimentação significativa em alguns setores. Junto a essas características, temos a existência de grande atividade portuária e a crescente necessidade de expansão dessas atividades na região, com os Portos de Miramar, SOTAVE e Belém, e suas conseqüentes atividades de dragagem para manutenção da profundidade necessária para o acesso e manobra de grandes embarcações.

A partir das colocações e informações acima, tal trabalho torna-se relevante no que se refere a geomorfologia de fundo, dados sobre a distribuição de sedimentos e elaboração de mapas faciológicos da área, contribuindo para atualizar e/ou preencher a lacuna do conhecimento científico sobre a faciologia de fundo da área proposta.

## 2 OBJETIVOS

Entre as metas do Laboratório de Oceanografia Geológica e Geofísica Marinha – LIOG, uma das principais é elaborar um mapa com a distribuição sedimentológica da foz do Rio Amazonas, logo este trabalho tem como objetivo colaborar com tal meta e contribuir com os dados já publicados acerca da baía do Guajará.

### 2.1 GERAL

Correlacionar e caracterizar a distribuição sedimentológica com a morfologia de fundo e hidrodinâmica através de estudos granulométricos.

### 2.2 ESPECÍFICOS

- Elaborar cartas de distribuição textural dos sedimentos de fundo;
- Identificar as fácies sedimentológicas de fundo;
- Correlacionar as fácies sedimentológicas com a hidrodinâmica da área baseado no diagrama triangular de Pejrup.

### 3 ÁREA DE ESTUDO

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO

A área de estudo situa-se entre os paralelos  $48^{\circ}36'37''\text{W}$  e  $48^{\circ}26'43''\text{W}$  e entre os meridianos  $1^{\circ}10'49''\text{S}$  e  $1^{\circ}19'49''\text{S}$ . Está inserido numa região flúvio-estuarina e integra o Golfão Marajoara, situado na Foz do Rio Amazonas em confluência com o Rio Pará a oeste (figura 02)

Nesta região encontram-se o terminal portuário da Ilha de Outeiro (porto da Sotave), o porto de Belém e o Terminal Petrolífero de Miramar, que conseqüentemente tornam o tráfego de embarcações de variados portes intenso.

Também é notada na região diferenças entre as margens da Baía. Na margem direita encontra-se o núcleo urbano de Belém e as Ilhas de Caratateua e Mosqueiro, separadas pelo furo do Maguari e das Marinhas respectivamente, além dos seus portos e terminais portuários. Já na margem esquerda temos as Ilhas não urbanizadas das Onças, Jararaca, Mirim, Paquetá-Açú e Jutuba.

No Canal de Cotijuba há fluxo de embarcações que fazem transporte de passageiros para Cotijuba principalmente. Há um pequeno terminal para embarque e desembarque de passageiros na porção leste da Ilha, que apresenta maior movimentação em alta temporada (figura 01).



Figura 01: (a) Terminal de Outeiro (Porto da Sotave) (b) Terminal de embarque e desembarque de passageiros em Cotijuba.

Fonte: Companhia Docas do Pará – CDP (2011)

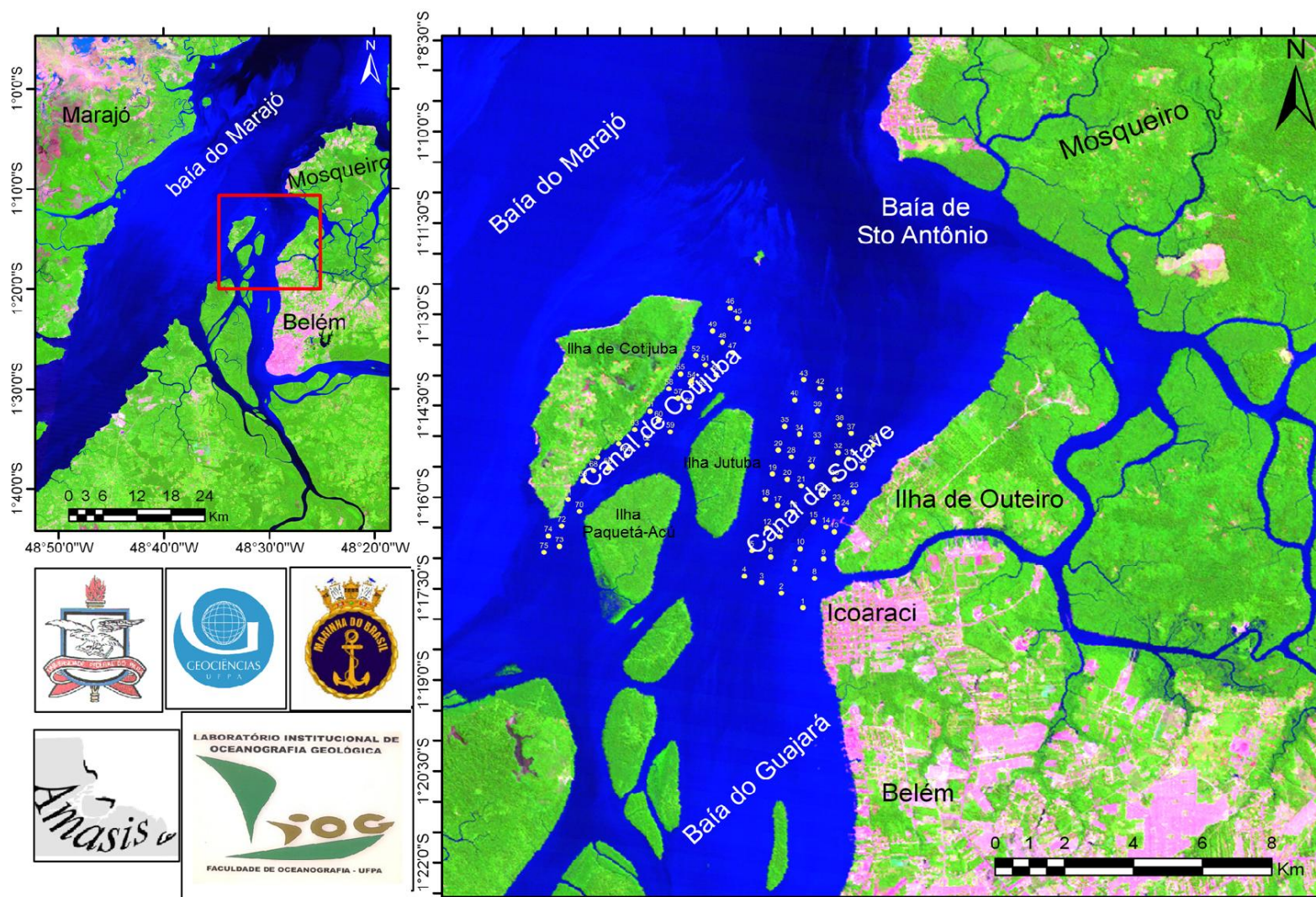


Figura 02: Mapa de localização da área de estudo e pontos de amostragem dos sedimentos de fundo.

## 4 CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO

### 4.1 VEGETAÇÃO

De acordo com Pinheiro (1987) *apud* Gonçalves (2005), predominam três tipos de vegetação nas margens flúvio-estuarinas:

- 1) Vegetação de várzea típica de área inundável, sob controle periódico das marés
- 2) Vegetação de floresta densa associada aos terrenos mais elevados, chamados de terra firme
- 3) Florestas secundárias, associadas a áreas desmatadas, ocupando uma apreciável distribuição na Região.

As marés influenciam diretamente na composição da vegetação de várzea, juntamente com o relevo. Encontram-se a partir dessa relação zonas inundadas permanentemente, os igapós, e a dita floresta densa e floresta secundária, pertencentes à várzea alta, que também contrastam com grandes áreas construídas, que estão relacionadas aos grandes núcleos urbanos da região. No caso o distrito de Outeiro, Ilha de Caratateua, na margem direita em frente a área da baía onde ocorreram as coletas, nota-se que a maior parte da vegetação deu lugar a ocupação urbana, apesar de ainda haver vegetação de várzea na porção norte da ilha (Figura 3).

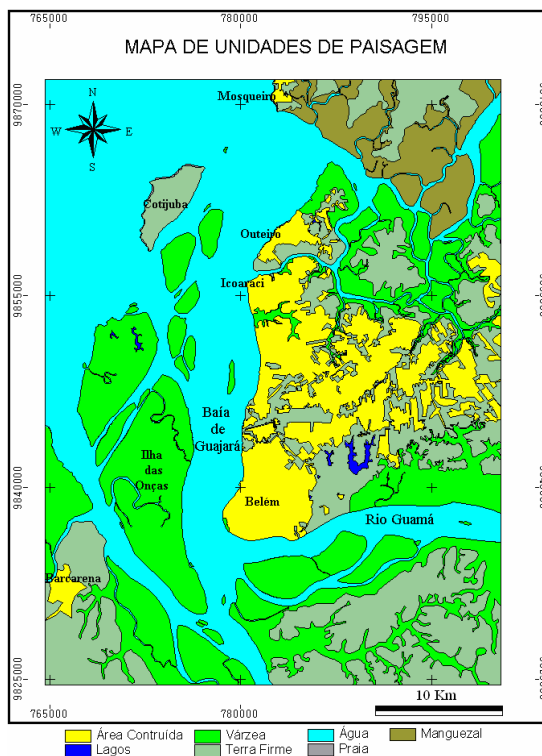


Figura 03: Mapa de unidades de paisagem.

Fonte: Gonçalves (2005)

## 4.2 CLIMA

O clima na região norte do Brasil é caracterizado como quente úmido e sem estações do ano definidas por conta da proximidade a linha do equador, apesar de existirem microclimas dentro da região amazônica.

A microrregião onde está inserida a área de estudo, assim como ocorre com as estações do ano, também não apresenta períodos secos bem definidos, mas nota-se que os índices de precipitação diminuem ao longo do ano, apresentando-se maiores no período de janeiro a março e apresentando diminuição a partir do mês de maio e voltando a aumentar no período de Dezembro, como mostra a (figura 4). A partir da mesma figura também podemos notar grande variação na temperatura no período de janeiro a abril e mostrando-se praticamente constante, com pequenas variações de maio a dezembro.

Na área metropolitana de Belém, o clima caracteriza-se por uma isotermia com amplitudes térmicas menores que 2°C, sendo estes valores

calculados com base nas temperaturas médias dos meses mais quentes e mais frios (PENTEADO, 1968, *apud* PINHEIRO, 1987).

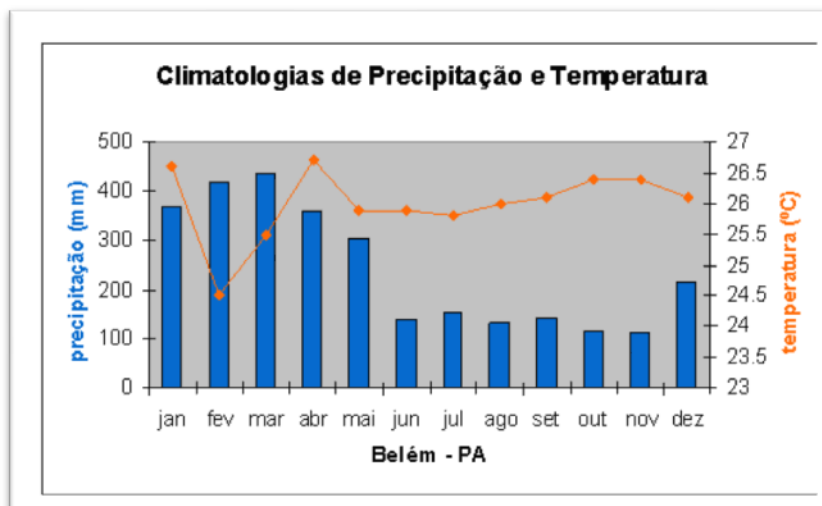


Figura 04: Gráfico da temperatura e precipitação média anual para a Região metropolitana de Belém-PA para o ano de 2010. (Fonte: CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS – CPTEC, 2010)

### 4.3 HIDRODINÂMICA

#### 4.3.1 Vento e ondas

De acordo com dados obtidos em Belém, concluiu-se que há predominância de dois conjuntos de vento atuantes na Baía de Guajará, que mantêm direção variando entre N-NE e ENE-ESE, respectivamente e velocidades médias mensais sempre em torno de 2 a 4 nós, segundo Pinheiro (1987).

Sabe-se que os ventos são um dos principais agentes responsáveis por formar ondas, estas que vão possuir características de acordo com a intensidade, velocidade, tempo de duração e direção dos ventos em relação a geomorfologia e geografia da Baía. Também são importantes na formação das ondas a direção dos fluxos de marés, a profundidade das águas sobre a qual o vento atua e as condições meteorológicas ocasionais e sazonais (PINHEIRO, 1987).

### 4.3.2 Marés e correntes de maré

A hidrodinâmica dos estuários é controlada principalmente pela influência das marés, que na região por se caracterizarem como semidiurnas, formam um ciclo de maré com intervalo 12,4 horas e maré diurna com intervalo de aproximadamente 25 horas.

Informações de maré da Companhia Docas do Pará obtidos por Pinheiro (1987), mostram que há variação de local para local na velocidade da onda de maré, precisando de 3h 40m para percorrer o trecho de Salinópolis, no litoral do Estado do Pará, ao extremo sul do cais do Porto de Belém, traduzindo-se numa velocidade de cerca de 1,30 a 1,71 m/s.

No estuário Guajará, onde o atrito de fundo produz uma acentuada assimetria nas curvas de marés, a subida do nível da água leva cerca de 5 horas, em contraste com a descida que dura em média 7 horas, notadamente nas marés de sizígia (PINHEIRO, 1987 apud GONÇALVES, 2005).

Dados obtidos através de régua hidrográfica instalada na Base Naval de Belém pelo Serviço de Sinalização Náutica do Norte (SSN-4) evidenciaram o comportamento de maré de sizígia para o período de janeiro de 2004, onde a altura máxima de maré aproximou-se de 3 m e a mínima de 0,34 m (MENDES et al., 2005 apud MIRANDA, 2006).

Com o objetivo de fornecer subsídios para o transporte de material sólido em suspensão e sedimentação na área do porto de Belém, Pinheiro (1987) obteve junto a PORTOBRÁS/INPH (1980) dados correntométricos da área que foram posteriormente analisados. Tais dados foram obtidos em marés de sizígia e quadratura.

A partir dessa análise pode-se concluir que as velocidades médias de fluxo mais altas ocorrem nas marés de sizígia durante a enchente, enquanto que as médias mais baixas estão associadas as marés de quadratura e na vazante, ambas a 1m da superfície. Acerca das velocidades absolutas, as máximas ocorrem nas marés de sizígia, sendo que no período observado as máximas ocorreram durante a vazante (1,74m/s) e durante as enchentes (2,10m/s) (PINHEIRO, op. cit).

Ainda segundo Pinheiro (op. cit), a análise do comportamento das correntes de marés, bem como de suas características em marés de sizígia e de quadratura e de suas variações em função das suas distribuições no ambiente estuarino, para os canais de enchente e vazante da Baía de Guajará e Rio Guamá, mostrou que as correntes de maré nos canais de enchente ocorrem irregularmente, enquanto que no canal de vazante (mais profundo) as velocidades decrescem, progressivamente, num curto espaço de tempo, após alcançar valores máximos. No canal de enchente (mais raso), o atrito com o fundo é mais pronunciado que no canal de vazante, onde as profundidades são maiores.

#### **4.3.3 Cunha salina**

Juntamente com a maré dinâmica, há a maré salina, que normalmente ocorre com a enchente da maré.

A maré salina é a invasão da água marinha, salgada, no estuário em direção oposta ao fluxo fluvial. A ordem de grandeza e o mecanismo dessa invasão são fatores que definem o tipo de estuário e refletem diretamente o padrão de circulação do mesmo (SCHUBEL ; PRITCHARD, apud PINHEIRO, 1987), sendo responsável pelos principais processos físico-químicos, biológicos e oceanográficos nos estuários.

Os períodos "chuvosos" e "menos chuvosos" propiciam variações sazonais no regime dos rios que compõem o estuário, sobressaindo-se àquelas decorrentes da intrusão salina. No período "chuvoso" (dezembro a abril/maio), as altas descargas fluviais impedem por completo a penetração das águas salobras, enquanto que, nos meses correspondentes à "estiagem" (julho a novembro), a maré salina penetra de modo decisivo, mesmo nas porções mais internas do estuário, notadamente durante a preamar das marés de sizígia. Nestas condições, a salinidade pode alcançar valores da ordem de cerca de 0,5 em frente à cidade de Belém. Nas marés de quadratura, mesmo no período de baixa vazão dos rios, a penetração salina é menos efetiva (PINHEIRO, 1987 apud MIRANDA, 2006).

A entrada da maré salina na Baía do Guajará se dá no período entre o final da vazante e início da enchente, quando as águas provenientes dos Rios Guamá e Guajará-Açu, com valores de salinidade relativamente baixos (0,04-0,12%), ocupam todo o canal de vazante pela margem esquerda do estuário.

Destaca-se que os valores mais elevados de salinidade ocorrem próximos do fundo, indicando a penetração da maré salina sob a forma de cunha que adentra no canal de enchente (PINHEIRO, 1987).

#### 4.4 GEOLOGIA

Assume-se para a geologia flúvio-estuarina da região de Belém e adjacências a coluna estratigráfica proposta pelo Instituto Brasileiro de Geografia e estatística - IBGE (1995), onde a cerca de 100-120m da superfície encontram-se sedimentos oligo-miocênicos atribuídos à Formação Pirabas. Sobrepostos, em profundidades entre 100-150m encontram-se sedimentos terciários correlacionáveis ao Grupo Barreiras. Em seguida, já no Quaternário, estaria repousando uma unidade atribuída ao Pleistoceno / Holoceno Médio-Inferior, que poderia ser correlacionada aos "Sedimentos Pós-Barreiras". Finalmente, no topo da seção, estariam os sedimentos recentes. Estas unidades estratigráficas estariam estruturadas de modo interdigitado, não apresentando, aparentemente, grande continuidade lateral.

Tal configuração citada no parágrafo anterior pode ser observada na coluna estratigráfica da região de Belém e adjacências proposta por Pinheiro (1987), (Tabela 1).

Tabela 1: Coluna estratigráfica para região de Belém e adjacências

UNIDADE	PROFUNDIDADE	IDADE		DESCRIÇÃO
<b>Pós Barreira</b>	0 a 40-50m	Q U A T E R N À R I O	10.000 a 4-5.000 anos AP ao recente. (Holoceno Superior Recente)	Argilas silicosas e areias quartzosas com matéria orgânica
			10.000 a 16.000 anos AP. (Holoceno Meio Inferior)  16.00 a 2,5 M.A. (Pleistoceno)	Siltos, argilas, areias finas. Siltos argilosos com grânulos e blocos de arenitos ferruginosos.
<b>Grupo Barreiras</b>	0 a 100-150m	Terciário Superior		Siltos argilosos com níveis de arenito ferruginoso, argila cinza clara.
<b>Formação Pirabas</b>	Entre 76 e 100-120m	Oligo-Mioceno		Areia argilosa cinza escura, grossa a muito grossa. Macro e micro fósseis.

Fonte: Pinheiro (1987), modificado.

O Grupo Barreiras, de acordo com Bigarella e Andrade (1964) apud Souza (2007), é formado por rochas não consolidadas que recobrem o cristalino ou que parecem ter sido depositadas discordantemente sobre rochas de idade cretácica, constituindo-se de uma sucessão de leitos e lentes de sedimentos clásticos pouco consolidados, desde conglomerados a arenitos de todas as granulometrias e folhelho. Geomorfologicamente sobressaem-se paredões oriundos de afloramentos da Formação Barreiras, cuja ação abrasiva

do mar e dos ventos dão origem a falésias inativas e ativas como as encontradas nas ilhas de Outeiro.

COSTA et.al (1996) advoga que o quadro estrutural da área da Baía do Marajó compreende feixes de falhas transcorrentes de E - W que se ligam a falhas normais de direção NW - SE. A interação desses segmentos, segundo os autores, é responsável pela ocorrência de migração de canais fluviais para SW, (Figura 5).

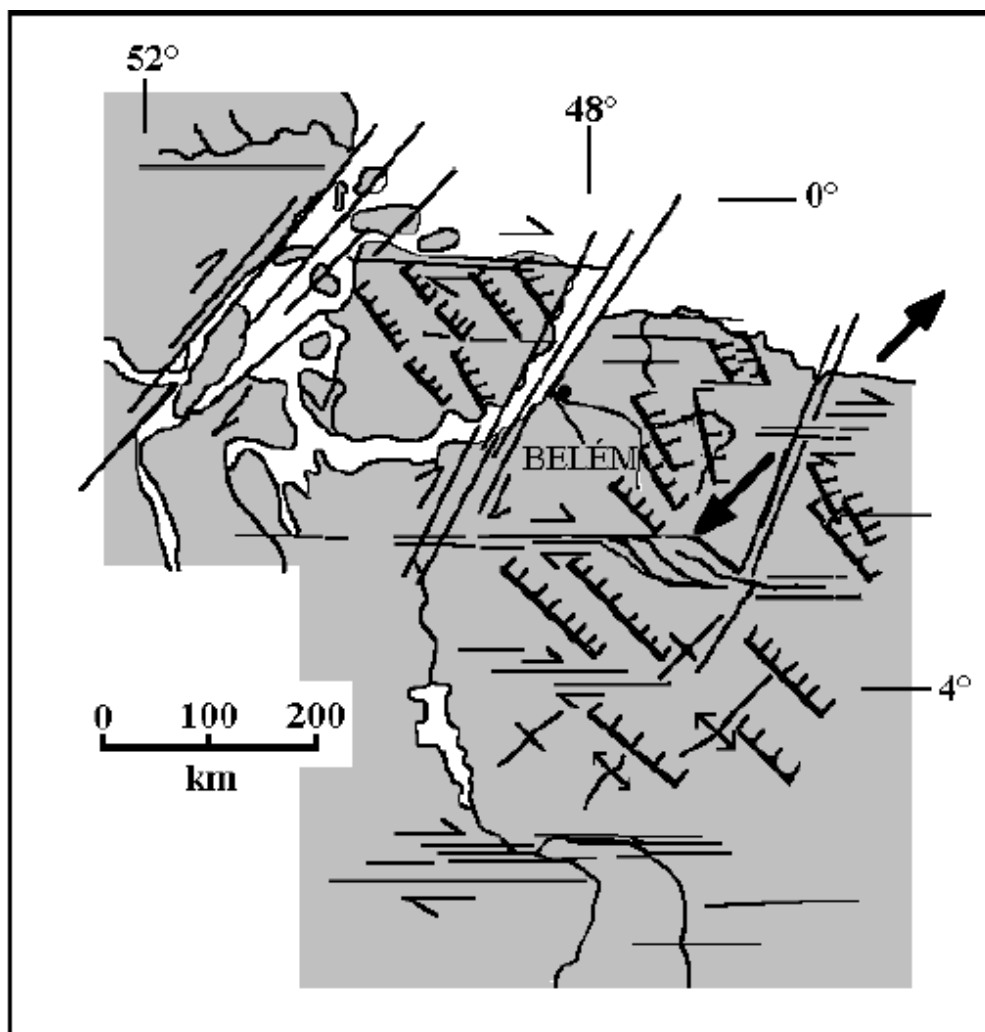


Figura 05: Falhas normais e transcorrentes da região da Baía do Marajó e adjacências

Fonte: Costa et.al (1996)

#### 4.5 GEOMORFOLOGIA

A geomorfologia costeira local está sujeita a constantes modificações, por conta da energia de fluxo e refluxo da região estuarina onde está inserida e pela fronteira de ocupação urbana próximo às áreas de várzea, além da maré que age como importante agente de transporte da camada aluvionar das planícies marginais que constituem a área de várzea.

As principais unidades do relevo distinguem-se quanto as suas características geomorfológicas e posicionamento em relação ao principal agente dinâmico, no caso a maré (PINHEIRO, 1987).

Há três regiões geomorfológicas na área estudada, agrupadas em ordem decrescente de área: Terra Firme, Várzea e Áreas Urbanas.

A dinâmica da Região das Várzeas deve-se, em grande parte, às condições hidrodinâmicas do canal, as quais se relacionam diretamente com o comportamento das marés, sob cuja influência se processa a inundação periódica das margens dos cursos das águas que conformam a hidrografia regional.

O quadro natural que compõem a paisagem regional, portanto, encontra-se representado pela Região de Terra Firme e Região das Várzeas, com características gerais que desempenharam um importante papel no processo de organização sócio-econômica da região.

## 5 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A apresentação e revisão de alguns conceitos tornam-se necessárias para melhor compreensão e também a variação destes nas literaturas e na aplicação no ambientes a serem estudados.

### 5.1 ESTUÁRIOS

Os estuários são encontrados no mundo todo e em todo tipo de clima correspondendo a um ambiente costeiro em conexão com o oceano, podendo ser subdividido em zonas distintas, com limites dinâmicos que podem variar sazonalmente de acordo com a intensidade e a variabilidade dos diferentes agentes como a descarga hídrica, regime e amplitude de marés, ventos, circulação da região costeira adjacente (MIRANDA; CASTRO FILHO, 1996).

A definição de estuário varia entre diversos autores e de acordo com a sua aplicação, podendo levar em conta o caráter morfológico e hidrodinâmico, podendo também variar de uma região a outra considerando os diversos tipos de estuários. Fairbridge (1980) propôs tipos fisiográficos de estuário, como mostra a figura 6.

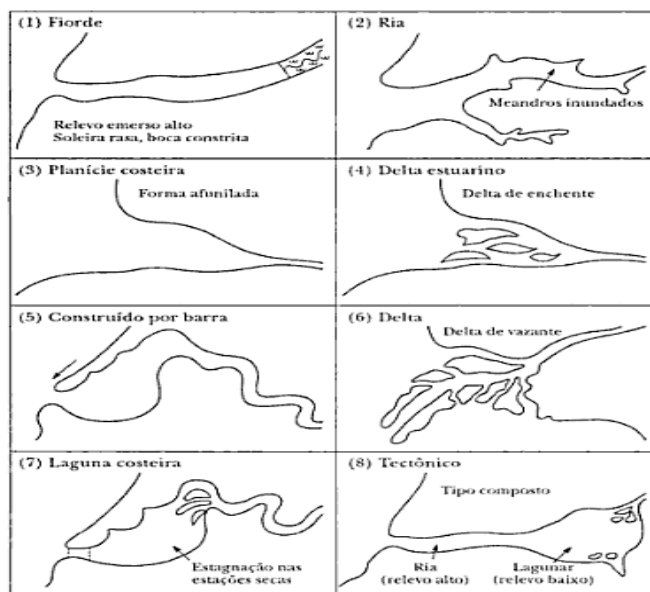


Figura 06: Tipos de estuários de acordo com a morfologia (adaptado de Fairbridge, 1980).

Fonte: Miranda, (2002).

Uma das definições mais clássicas e bastante aceita atualmente é a de Pritchard (1955) que define estuário como um corpo de água costeiro semifechado, com ligação direta com o oceano aberto, no interior do qual a água do mar é mensuravelmente diluída pela água doce oriunda da drenagem continental.

Outras definições incluem o caráter morfológico e sedimentológico dos estuários. (GORSLINE, 1967 *apud* SUGUIO, 1998), sob o ponto de vista geológico, definiram estuário como feições transitórias, que normalmente acabam sendo preenchidas por depósitos de mangue, deltas e marés.

Os sedimentos estuarinos são derivados de um número de fontes incluindo a bacia hidrográfica, a plataforma continental, a atmosfera, erosão das margens dos estuários e fundo, aporte fluvial e atividade biológica dentro do sistema. A dominância de uma fonte de sedimento depende da sua relativa magnitude a todas as outras fontes e a dinâmica de erosão, transporte, e processos de deposição (DAVIS, 1985).

## 5.2 FÁCIES SEDIMENTARES

Parte de um corpo sedimentar que se distingue das demais pelas suas características litológicas definidas pelas condições ambientais (SUGUIO, 1998).

Tais fácies são correlacionáveis entre si e não existem por si só, desse modo, constituem as fácies estratigráficas, que são objeto de estudo para entendimento de paleoambientes e interpretação das condições e fenômenos ambientais que ocorreram em determinados períodos geológicos correspondentes a uma ou mais fácies.

A natureza e distribuição de fácies sedimentares nos estuários são controladas pela interação entre o tipo e quantidade dos componentes sedimentares disponíveis (como conchas, matéria orgânica, grãos de areia de quartzo, pelotas fecais, a minerais de argila), processos hidrodinâmicos, e morfologia do fundo (DAVIS, 1985).

### 5.3 ANÁLISE SEDIMENTOLÓGICA

Estudos sedimentológicos são de grande importância pela dedução dos ambientes em que os sedimentos são estudados, considerando desde a fonte dos sedimentos, condições de transporte e remobilização até a deposição nos mais variados ambientes sedimentares.

Estudar e determinar as propriedades físicas e sua distribuição é de grande importância para a dinâmica do ambiente e dos depósitos sedimentares formados, neste caso, a principal característica a ser observada é a dimensão das partículas que compõem os depósitos e sua quantificação em classes. A esse estudo atribui-se o nome de “*Análise granulométrica ou análise textural*”.

Análise granulométrica é a análise aplicada principalmente a sedimentos detríticos (clásticos), que consiste na medida de tamanhos dos fragmentos minerais componentes. Esta análise, além de possibilitar uma descrição padronizada desses sedimentos, pode permitir a interpretação dos processos de transporte e dos ambientes deposicionais (SUGUIO, 1998).

Para tal estudo é necessária a utilização de uma escala. As primeiras a serem utilizadas foram as escalas milimétricas, porém posteriormente foi desenvolvida a escala logarítmica de Wentworth (1922), designada como “escala  $\phi$  (phi)” que facilitou a aplicação dos métodos estatísticos convencionais à sedimentologia, tendo ampla aceitação pela comunidade científica.

Para visualização dos resultados, no caso a distribuição granulométrica, utiliza-se histogramas, onde cada classe textural é representada por uma coluna proporcional à percentagem que essa classe tem na amostra analisada, isto é, a percentagem ponderada dessa classe..

## 6 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia usada neste trabalho consiste em basicamente três etapas: pré-campo, etapa de campo e pós-campo, que consistiram respectivamente no levantamento bibliográfico/cartográfico e elaboração do projeto, coletas sedimentológicas e processamento laboratorial das amostras coletas para elaboração de mapas faciológicos da área.

### 6.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO

Inicialmente se fez levantamento bibliográfico para a área de estudo visando fundamentação teórica a partir de dados técnico-científicos disponíveis, através de consultas ao acervo do Laboratório Institucional de Oceanografia Geológica (LIOG), a biblioteca setorial do Instituto de geociências Geólogo Augusto Montenegro Montalvão e a trabalhos já publicados sobre a região referente a este trabalho. Além disso foram feitas pesquisas em páginas da internet (sites de busca e Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES) e artigos científicos relacionados a área de estudo.

A partir dos dados provenientes do levantamento bibliográfico, foi elaborado o projeto “Levantamento sedimentológico de feições morfológicas de fundo da Baía de Guajará (Canal de Cotijuba e canal em frente ao porto da SOTAVE/Outeiro)”, que posteriormente foi realizado com parceria da Marinha do Brasil/SSN-4 no desenvolvimento do projeto em campo.

Também foi feito um levantamento de produtos de sensores remotos (imagens de satélite) e carta batimétrica com o objetivo de auxiliar na elaboração da carta-imagem georeferenciada em escala de 1:10.000 para a área estabelecida, que serviram de base para planejamento e plotagem da malha amostral e delineamento amostral, além de auxiliar no trabalho de campo.

## 6.2 CAMPO

O trabalho de campo foi efetuado na primeira semana de Agosto de 2010 na Baía do Guajará a bordo da embarcação NHi Denébola da Marinha do Brasil, com saídas diárias do trapiche localizado no distrito de Icoaraci. Foram realizadas coletas sedimentológicas juntamente com dados de profundidade para cada ponto de coleta, a partir do delineamento amostral pré-estabelecido.

Dos 44 pontos predeterminados, foram coletadas 43 amostras por conta de fatores naturais como hidridinâmica, leito rochoso etc. tornando necessário o descarte de uma amostragem na área localizada em frente ao porto da SOTAVE, entre as Ilhas de Caratateua e Jutuba, enquanto que para os 32 pontos determinados na área entre as Ilha de Cotijuba, Jutuba e Paquetá-Açu, todas as amostras foram coletadas, porém algumas amostras não foram processadas por conta da insuficiência de material. Os pontos de coleta foram posicionados no sistema de grau-minuto-segundo com auxílio de um GPS da embarcação, que faz parte dos equipamentos de navegação utilizados pela embarcação.

O equipamento utilizado para as coletas sedimentológicas foi um amostrador pontual de fundo tipo *Petersen*, que teve como suporte na embarcação um guincho e pau-de-carga com roldana acoplados através de um cabo de aço (Figura 7).



Figura 07: (A) Amostrador de fundo utilizado para as coletas das amostras e (B) Pegador de fundo mais amostra coletada.

Do total de amostras coletadas, cerca de 1Kg de sedimentos foram sub-amostrados e acondicionados em sacos plásticos.

Ao término das coletas, as amostras foram levadas para o Laboratório de Oceanografia Geológica e Geofísica Marinha – LIOG, onde logo após a chegada foi iniciado o processo de lavagem das amostras.

### 6.3 LABORATÓRIO

As etapas que consistiram o trabalho de laboratório encontram-se esquematizadas na figura 8, que serão melhor explicadas em seguida.

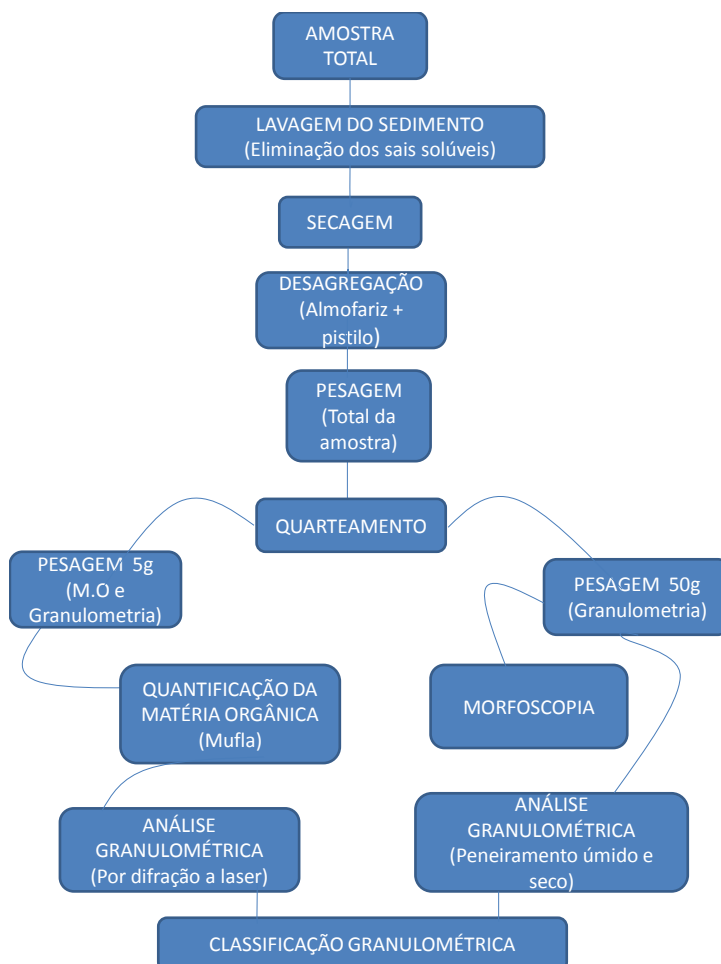


Figura 08: Fluxograma com as atividades executadas em laboratório para realização do trabalho.

### 6.3.1 Preparação e análise das amostras

Já em laboratório parte das sub-amostras foram transferidas para vasilhames plásticos para posterior adição de água com a finalidade de homogeneização e lavagem das mesmas para retirada dos sais solúveis, sendo que o processo de lavagem foi repetido por três vezes após a decantação dos sedimentos para retirar apenas o sobrenadante, pois de acordo com Suguio (1973), os sais devem ser efetivamente removidos, pois proporcionam floculação das argilas, podendo causar erros nos resultados das análises granulométricas. Após a lavagem, as amostras foram encaminhadas para secagem.

Após as amostras estarem secas, foram desagregadas em um almofariz de porcelana com um pistilo do mesmo material. Posteriormente as amostras foram quarteadas e em seguida extraiu-se 5g para quantificação da matéria orgânica e conseqüente eliminação para posterior análise granulométrica por difração laser e 50g para análise por peneiramento.

#### 6.3.2.1 Quantificação da matéria orgânica (M.O)

Para tal procedimento inicialmente calcinou-se os cadinhos de porcelana a uma temperatura de 500°C durante 1 hora e já com os cadinhos preparados preenchidos com 5g de amostra foram colocados na mufla a uma temperatura inicial de 100°C com aumento gradativo, a cada uma hora, de 100°C até ser atingida a temperatura de 550°C, na qual permaneceram durante 6 horas para queima da matéria orgânica. Após esse procedimento, a diferença entre o peso inicial e o peso final foram transformadas em percentagem para obtenção do teor de M.O em cada amostra (Figura 9).

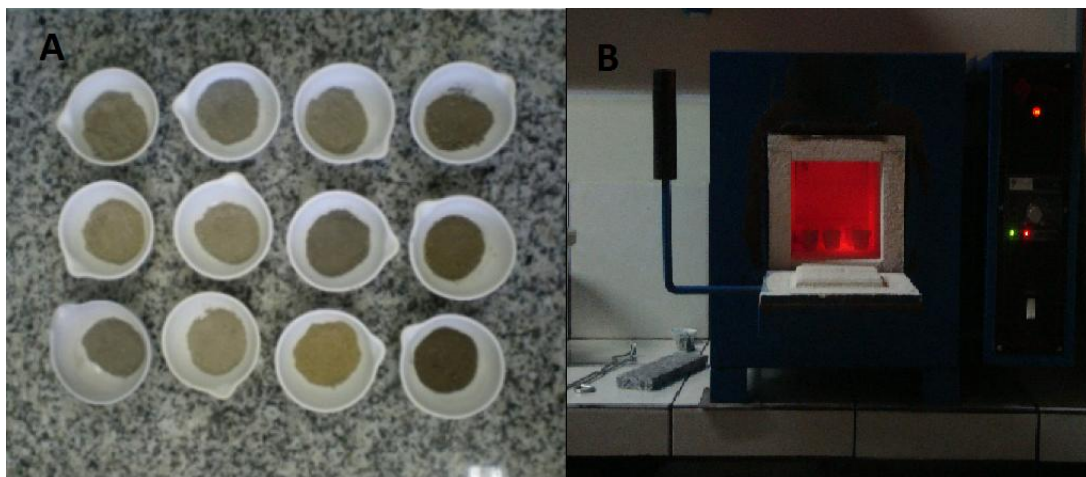


Figura 09: Materiais utilizados para quantificação da matéria orgânica: (A) cadinhos de porcelana e (B) Mufla.

#### 6.3.2.2 Granulometria por difração laser

Para granulometria, utilizou-se o produto do procedimento supracitado, ou seja, amostras com a M.O queimada e referentes às amostras da área do Porto da SOTAVE (Ilha de Caratateua – Outeiro).

As análises foram efetuadas em um granulômetro a laser SHIMADZU, modelo SALD 2201, acoplado a um computador que recebe instantaneamente os dados. Utilizou-se cerca de 3 gramas de amostra sem matéria orgânica, que foram submetidas ao aparelho de ultra-som por 10 minutos a fim de desagregar as amostras a nível molecular e assim tornar a leitura das mesmas pelo feixe de luz do aparelho, mais eficiente. Antes de cada amostra ser analisada, as mesmas eram homogeneizadas em agitador mecânico no momento da agitação foram retiradas as alíquotas para a análise, a fim de garantir uma análise de todas as frações presentes na amostra.

Um exemplo do princípio de funcionamento do aparelho e equipamentos utilizados encontra-se abaixo (Figura 10).

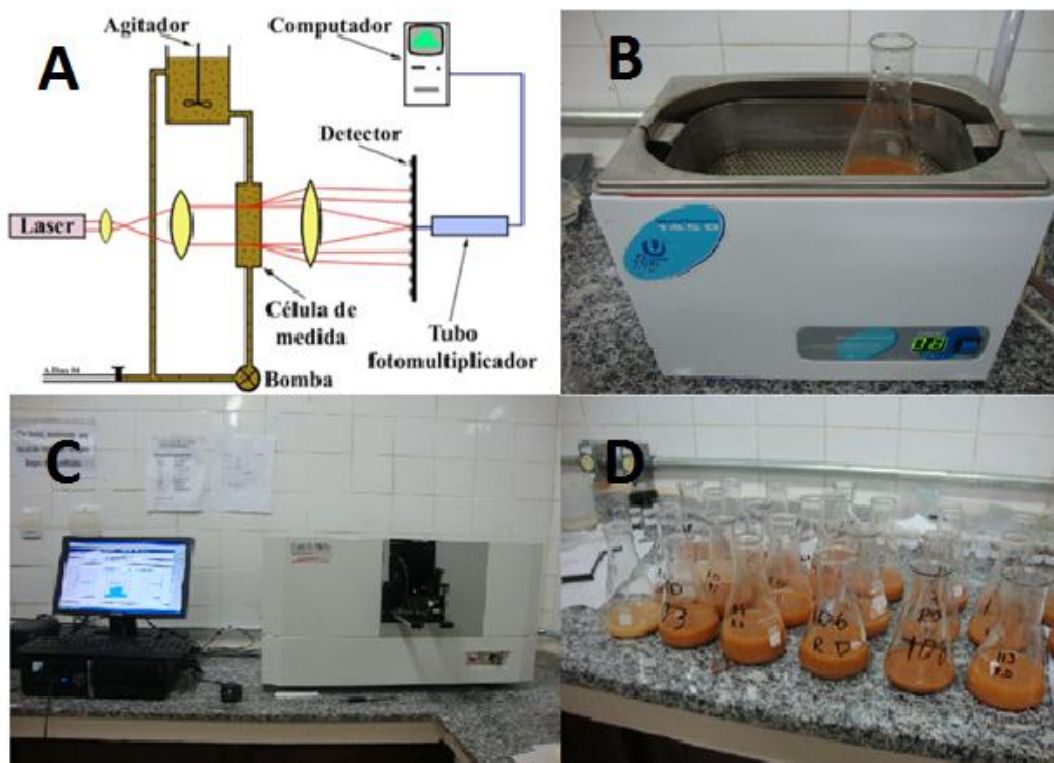


Figura 10: (A) Exemplo de funcionamento do granulômetro por difratometria laser (B) Ultra-som (C) Computador acoplado ao granulômetro (D) Erlenmeyer com amostras.

(Figura 10a) Fonte: DIAS, 2005

### 6.3.2.3 Granulometria por peneiramento

As análises granulométricas por peneiramento úmido e seco foram utilizadas para as amostras referentes à área de canal de Cotijuba, porém algumas amostras do canal da Sotave passaram pelo mesmo processo.

Inicialmente os 50g de amostra passaram pelo peneiramento úmido, processo para separar a lama (silte/argila –  $0,062 >$ ) do restante do material, areia principalmente.

A fração menor que 0,062 (Silte + Argila) foi centrifugada para separar o silte da argila. O silte retirado após a centrifugação foi colocado em cápsulas de porcelana e secos em estufa a uma temperatura de  $60^{\circ}\text{C}$ . Já a fração de areia também passou pelo mesmo processo de secagem em estufa, porém após a secagem foram peneiradas à seco (Tabela 2) e após esse processo, as duas frações foram pesadas em uma balança analítica e a argila foi quantificada a

partir da diferença entre o peso inicial e o peso final, já os valores, foram organizados em planilhas para posterior confecção dos gráficos.

Tabela 2: Abertura das malhas para o peneiramento à seco.

<b>ABERTURA DE MALHAS</b>		
<b>(mm)</b>	<b>(<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Phi(<math>\phi</math>)</b>
16,000	16000	-4
8,000	8000	-3
4,000	4000	-2
2,000	2000	-1
1,000	1000	0
0,5	500	1
0,25	250	2
0,125	125	3
~0,63	~63	4

Fonte: Souza (2007)

#### 6.3.2.4 Morfoscopia

O estudo morfoscópico tem por fim verificar a forma e a textura dos grãos e associar ao tipo de transporte e deposição sedimentar. A partir da análise morfoscópica é possível tirar informações importantes sobre tempo no ciclo sedimentar agentes de transporte, inferência acerca da área fonte entre outras, pois na superfície dos grãos de quartzo ficam registrada informações importantes sobre o grão.

Normalmente considera-se que a classificação de 100 grãos é suficiente, embora se saiba que a precisão dos resultados aumenta com a dimensão da população. O processo foi realizado com 3 amostras do canal da Sotave e 3 amostras do canal de Cotijuba, utilizando as frações de areia, grãos de quartzo,

da malha de 0,125mm, totalizando 600 grãos analisados. Os grãos foram dispostos em uma lâmina numerada e submetidos à análise em lupa binocular, sendo que o grau de arredondamento dos grãos foi definido mediante parâmetros estabelecidos por Shepard (1967) (Figura 11)

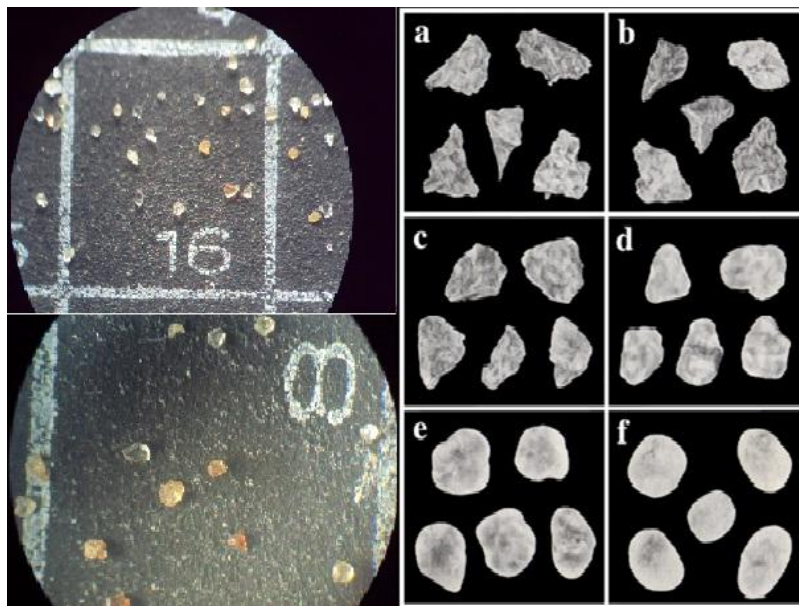


Figura 11: Da esquerda para direita: Visualização dos grãos em lupa e Diferentes graus de arredondamento utilizado na análise comparativa com os grãos estudados: a) muito anguloso, b) anguloso, c) subanguloso, d) subarredondado, e) arredondado, f) bem arredondado.

Fonte: Modificado de Powers (1953) e Shepard (1973).

### 6.3.3 Trabalho em gabinete

Após as amostras serem devidamente analisadas em laboratório, os dados foram tratados para elaboração dos mapas faciográficos, gráficos e diagramas.

Os dados foram organizados em planilhas no formato *x/s*. (Excell) e *dat.*, *txt*. *Data* e *Bln*. (Surfer 9.0). A partir desses dados devidamente organizados, juntamente com as coordenadas geográficas referentes a cada ponto de amostragens, foi possível elaborar mapas da distribuição espacial dos sedimentos e matéria orgânica, além da confecção de um mapa em 3D a partir da digitalização da carta náutica nº 316 de 2008, publicada pela Diretoria de Hidrografia e Navegação - DHN utilizando um algoritmo de interpolação, Kirigagem, do software Surfer 9. A partir do mesmo software foi elaborado um

mapa para auxiliar na compreensão dos mapas faciológicos e do mapa de distribuição de matéria orgânica, a partir de cotas de profundidade da carta náutica nº 316 “De Mosqueiro a Belém” de 2008 disponibilizada pela DHN, com a intenção de associar a distribuição granulométrica a geomorfologia da área e também para complementar inferências acerca da hidrodinâmica local.

Também foi utilizado o software Sysgran (Camargo, 1999) para elaboração dos diagramas relacionados a classe do sedimento e hidrodinâmica, como o diagrama de Shepard e o Diagrama de Perjup.

## 7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 7.1 MORFOLOGIA DE FUNDO A PARTIR DE DIGITALIZAÇÃO DE CARTA NÁUTICA

O resultado da digitalização da carta náutica nº 316 de 2008, encontra-se na figura abaixo (figura 12)

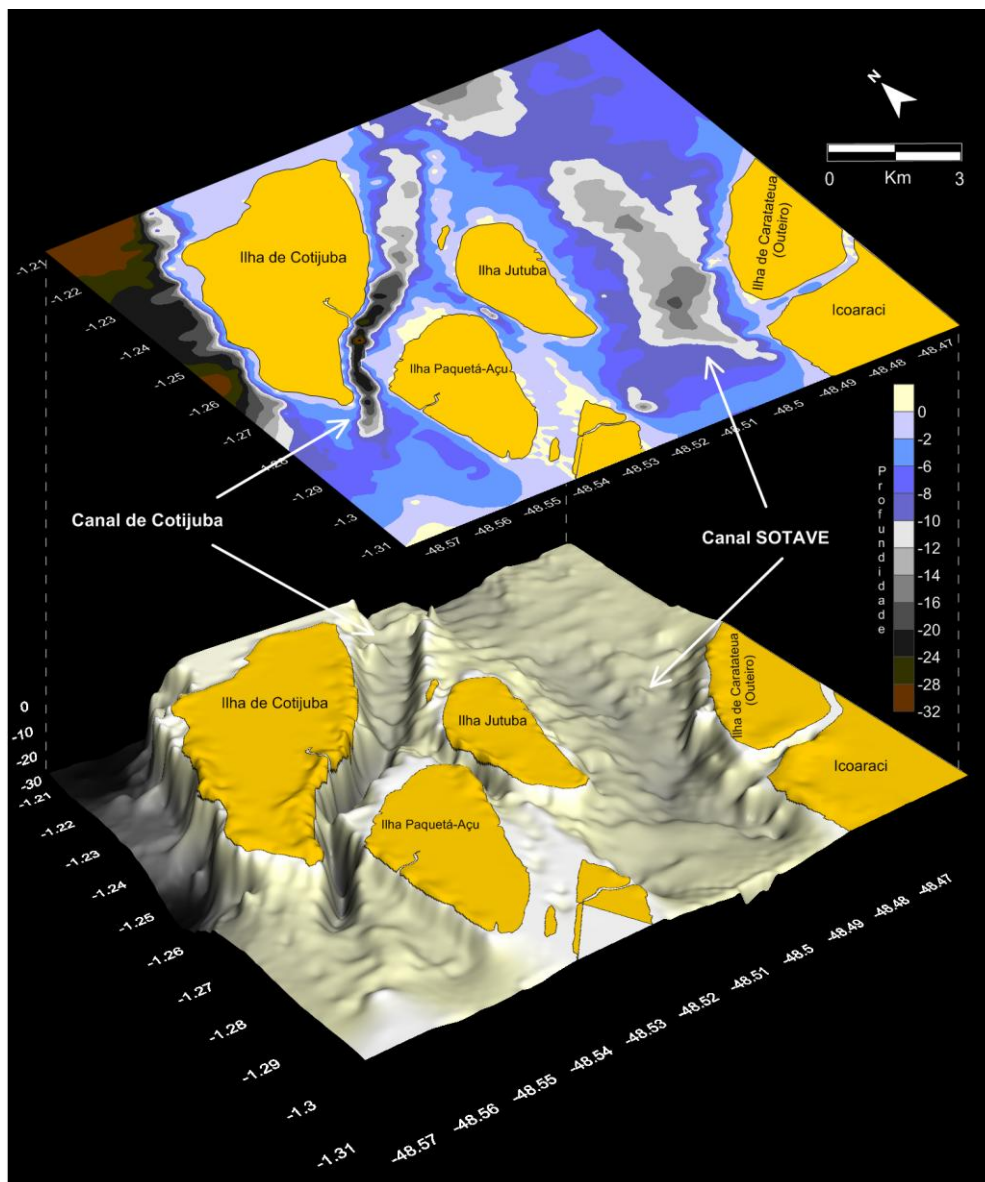


Figura 12: Mapa batimétrico da área de estudo a partir de carta náutica.

Observa-se claramente as feições de fundo das duas áreas estudadas principalmente os canais. A área do canal da Sotave apresentou profundidades

máximas de entre 20 e 24 metros nas áreas distais às margens, enquanto que o canal de Cotijuba apresentou as maiores profundidades, chegando a 32 metros em áreas bem próximas a margem padrão de profundidade que pode ser mantido pela alta hidrodinâmica local.

A partir da informação que se refere ao quadro estrutural da área da Baía do Marajó, encontrada no tópico “GEOLOGIA” da área de estudo, as maiores profundidades encontradas no Canal de Cotijuba podem estar associadas à estrutura geológica da área, porém essa informação deverá ser confirmada através de levantamentos sísmicos.

Observações e análises batimétricas foram feitas por Miranda (2006), nas quais utilizou as cartas náuticas nº 316 de 1962 (1ª edição - 11 de junho de 1962) e 2003 (5ª edição de 18 de dezembro de 2003) e notou uma diferença de 7 metros para menos na profundidade no período de 1962 para 2003 evidenciando um possível assoreamento do canal na região próxima ao Furo do Maguary (Figura 13). Porém a partir do mapa batimétrico acima, nota-se uma manutenção da profundidade do perfil de 2003, em torno de 14 metros.

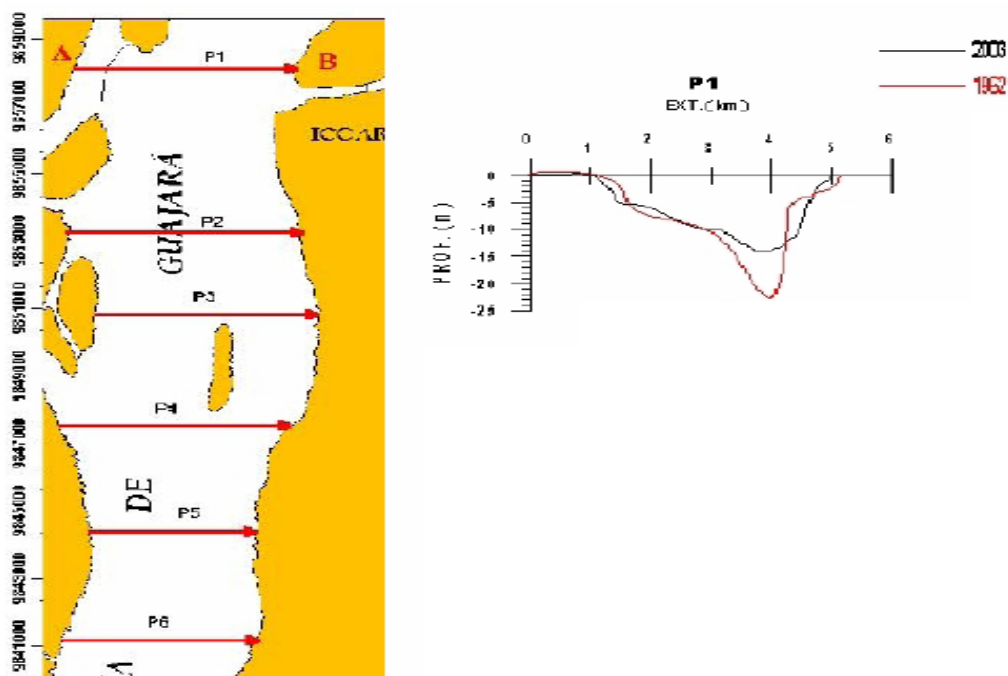


Figura 13: Perfil batimétrico de 1962 e 2003 no Canal da Sotave próximo ao Furo do Maguary.

Fonte: Miranda (2006), modificado.

Dentro de uma análise sedimentológica, há varias condicionantes que agem diretamente nos sedimentos superficiais do fundo da baía, onde se pode aqui verificar, que a profundidade tem um peso considerável, além da hidrodinâmica estuarina (CONORATH, 2010).

Observações mais detalhadas serão feitas nos tópicos a seguir, relacionadas a análise textural, teor de matéria orgânica, morfoscopia dos grãos de quartzo e hidrodinâmica da área a partir do diagrama de Perjup.

## 7.2 ANÁLISE DE TAMANHO DE GRÃO (MÉDIA)

Segundo a classificação de WENTHWORTH (1922), o tamanho dos sedimentos de fundo dos canais da Sotave e de Cotijuba variou de grânulos (>2mm) a silte e argila (<0,062).

Considerando a classificação pela média para as amostras das áreas estudadas, os sedimentos de fundo estão distribuídos da seguinte forma: Grânulos com 0,87%, areia muito grossa com 1,88%, areia grossa com 6,10%, areia média com 18,64%, areia fina com 23,66%, areia muito fina com 18,50%, silte com 25,41% e argila com 4,74% para o canal da SOTAVE (Figura 14). Já para o canal de Cotijuba a distribuição encontrada foi 3,79% de grânulos, 2,01% de areia muito grossa, 6,55% de areia grossa, 21,66% de areia média, 23,60% de areia muito fina, 18,77% de areia muito fina, 21,12% de silte e 0,28% de argila (Figura 15).

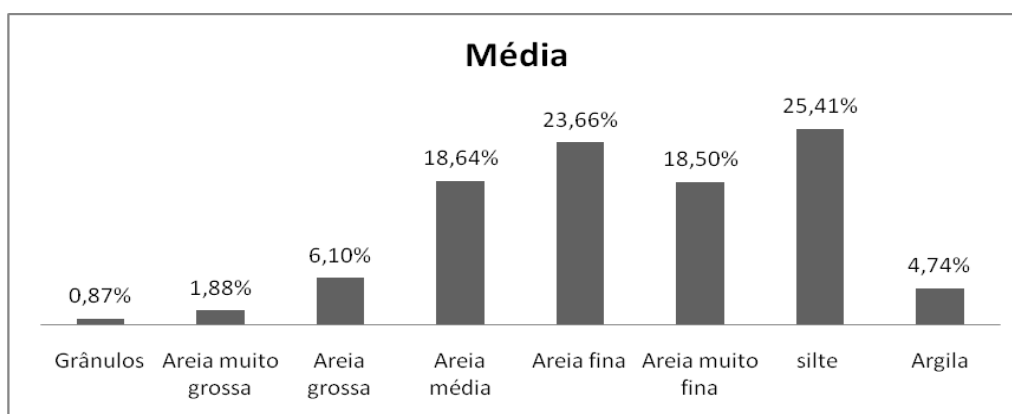


Figura 14: Percentual médio de ocorrência dos sedimentos nas amostras analisadas, para o Canal da SOTAVE.

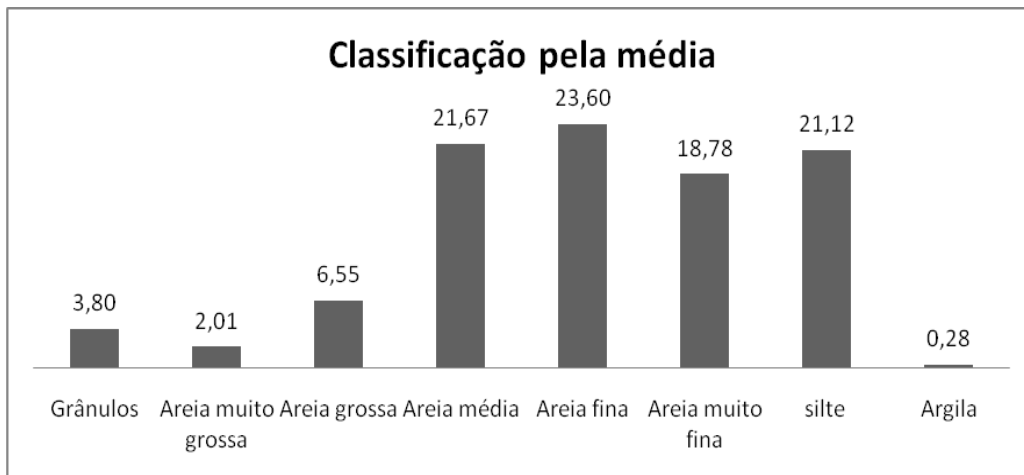


Figura 15: Percentual médio de ocorrência dos sedimentos nas amostras analisadas, para o Canal de Cotijuba.

Analisando o mapa faciológico das duas áreas, é possível observar com mais detalhes a distribuição dos sedimentos.

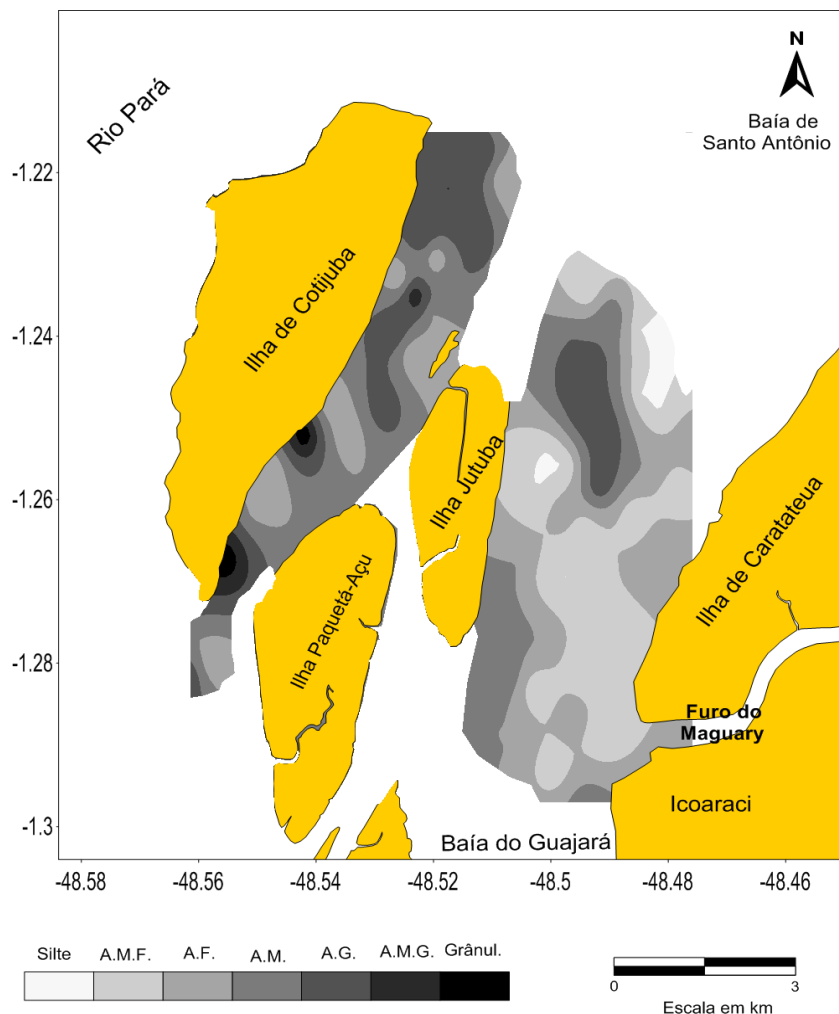


Figura 16: Mapa de tamanho médio de grãos dos canais de Cotijuba e canal da Sotave

A distribuição dos sedimentos não se dá de maneira homogênea em relação a toda a área. Na área do porto da Sotave há predominância de areia muito fina e areia fina. Na região próxima ao Furo do Maguary notou-se a presença de areia fina a areia muito fina que provavelmente também são provenientes do mesmo na maré vazante, sedimentos que dependendo do sentido da maré podem ser transportados para outras regiões, como planícies arenosas na Ilha de Caratateua (Figura 19). Ao norte da porção central, correspondente ao canal, predomina a classe de sedimentos mais grosseiros que ficam de areia muito grossa a areia média, também apresentando areia grossa com grânulos (Tabela 3) pois a alta hidrodinâmica é responsável por remover sedimentos mais finos do leito do canal para áreas adjacentes, no

caso as margens da Ilha de Caratateua e Ilha Jutuba. As margens de Outeiro há formação de uma planície arenosa, onde há predominância de areia muito fina e areia fina.

Na área do canal de Cotijuba a classificação também se mostrou heterogênea. Os sedimentos detríticos foram predominantes, principalmente areia muito grossa e areia grossa, mas também há pontos onde houve predominância de grânulos (Tabela 4). Tal configuração mostra que há uma acentuada hidrodinâmica, visto que a maior granulometria foi encontrada nas áreas com maiores profundidades (ver figura 12 – batimétrico) também há de considerar a proximidade da margem, próximo a uma possível área fonte. Apesar do material fino ser remobilizado do canal, nota-se a presença de areia média nas adjacências próximas às Ilhas Jutuba e Paquetá-Açu, assim sugere-se que grande parte do material mais fino como silte e argila não se deposite em grande quantidade nas adjacências do canal.

Tabela 3: Classificação segundo Wentworth (1922) para o canal da Sotave.

AMOSTRAS	Grânulos	Areia muito grossa	areia grosseira	Areia media	Areia fina	Areia muito fina	Silte	Argila
1	0,00	20,11	3,69	42,01	23,50	4,86	3,57	2,26
2	0,00	0,00	0,30	11,57	22,90	26,16	32,55	6,51
3	0,00	0,00	0,16	33,40	51,02	13,80	1,61	0,00
4	0,00	0,00	0,16	33,40	51,02	13,80	1,61	0,00
5	0,00	0,00	0,59	13,26	29,65	25,30	28,68	2,52
6	0,00	0,00	0,00	8,51	26,12	13,29	43,45	8,64
7	0,00	0,00	0,00	17,27	44,82	27,17	10,47	0,27
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,56	19,53	56,97	22,94
9	0,00	0,00	0,07	7,63	33,98	35,88	22,42	0,02
10	0,00	0,00	0,37	13,36	27,98	27,16	28,45	2,68
11	0,00	0,00	0,68	17,96	32,39	25,51	20,39	3,07
12	0,00	0,00	0,26	13,83	38,16	27,24	10,85	1,77
13	0,00	0,00	0,55	13,28	27,08	23,99	32,51	2,58
14	0,00	0,00	0,34	12,25	20,08	27,61	36,43	3,30
15	0,00	11,00	2,21	7,77	19,97	30,38	28,32	0,35
16	0,00	0,00	0,00	1,23	12,13	18,73	56,81	11,10
17	0,00	0,00	0,13	12,26	21,33	22,17	40,58	3,53
18	0,00	0,00	0,80	20,81	41,92	21,26	14,42	0,80
19	0,00	0,00	0,67	16,10	26,22	24,84	27,07	5,11
20	0,00	0,00	1,58	25,82	29,50	10,86	24,67	7,57
21	0,00	0,00	0,00	0,01	3,08	7,18	68,65	21,07
22	0,00	0,13	7,90	19,83	19,94	25,80	22,16	8,47
24	0,00	0,00	1,45	15,97	33,02	25,01	21,93	2,63
25	0,00	0,00	0,09	13,78	40,87	29,12	15,88	0,26
26	0,00	0,00	0,76	16,43	20,36	23,05	35,56	3,84
27	0,00	0,00	1,51	32,86	40,72	46,11	71,12	7,68
28	0,00	0,00	0,00	1,15	11,97	19,47	51,78	15,64
29	0,00	0,00	0,13	6,13	16,59	18,36	46,69	12,10
30	0,00	0,00	0,39	16,36	20,61	19,56	38,51	4,58
31	0,00	0,00	0,47	14,41	32,25	24,10	23,35	5,42
32	0,00	0,00	0,01	22,41	44,23	23,61	9,71	0,04
33	0,46	5,80	54,68	29,00	4,50	4,30	0,16	0,04
34	6,44	25,62	40,38	15,80	6,02	4,76	0,70	0,22
35	0,10	0,50	1,58	69,22	23,48	4,42	0,28	0,06
36	0,00	0,00	0,99	16,82	28,22	21,65	25,94	6,38
37	0,00	0,00	0,00	5,93	16,47	16,09	52,00	9,51
38	0,00	0,00	0,02	6,90	17,42	20,35	48,63	6,69
39	0,86	1,68	41,46	47,84	4,12	2,00	0,06	0,02
40	28,52	12,66	15,42	33,14	4,54	3,66	0,62	0,08
41	0,00	0,01	3,82	16,27	20,60	23,23	32,41	3,67
42	0,00	0,01	15,67	51,89	20,63	3,17	2,09	6,54
43	0,00	0,00	0,00	5,35	22,03	17,61	48,21	6,81

Tabela 4: Classificação segundo Wentworth (1922) para o canal de Cotijuba

AMOSTRAS	Grânulos	Areia muito grossa	areia grosseira	Areia media	Areia fina	Areia muito fina	Silte	Argila
44	0	0	0	0,14	4,96	16,82	74,08	1,48
45	3,3	5,2	22,54	61,86	4,66	2,42	0	0
46	0,86	1,66	1,86	29,76	59,46	6,14	0	0
47	2,08	1,92	7,1	42,06	36,66	8,08	0,68	0,24
48	0,18	1,26	36,34	54,8	4,32	0,74	2,2	0,12
49	0,66	2,02	5,66	55,08	31,58	3,74	0	0
50	0,18	0,44	0,6	16,46	61,34	20,4	0,4	0,08
51	0	0	0,52	2,08	11,76	31,36	49,34	0,24
52	0	0	0,32	52,76	43,68	0	0	0
53	0,74	1,44	1,8	25,88	63,84	5,4	0,58	0,18
54	6,82	8,66	40,12	36,22	5,18	1,14	0,06	0,02
55	0	0	0	6,74	17,22	33,72	38,44	0,56
56	0,92	1,44	1,72	15,86	24,8	12,38	38,34	0,58
57	9,32	9,62	12,94	20,78	9,5	12,02	20,7	0,36
59	4,44	5,98	9,48	27,44	23,46	18,2	7,56	0,08
60	6,34	3	11,96	27,74	44,54	5,48	0,34	0,04
62	0	0	0,24	0,94	6,98	15,58	71,96	0,24
63	0,74	0,78	0,96	1,52	14,9	29,32	47,34	0,3
65	25,1	6,7	7,62	11,02	9,54	23,42	14,48	0,06
66	0	0	1,86	2,16	27,14	63,7	4,92	0,1
67	0	0	0,16	0,38	7,02	15,56	72,26	0,68
68	0	0	0	0	8,32	39,6	47,74	1,98
69	0	0,98	2,02	2,16	26,16	68,24	0,26	0,04
71	39,66	1,04	4,18	21,7	29	3,36	0,36	0,04
73	0	0	0,08	0,42	12,28	30,94	51,52	0,16
74	0	0	0	4,02	33,74	35,62	26,5	0,06
75	1,2	2,16	6,84	65,1	15,2	3,56	0,22	0,04

## 7.2 CLASSIFICAÇÃO TEXTURAL POR SHEPARD (1954)

A classificação de Shepard (1954) consiste em um diagrama triangular no qual cada vértice de seus eixos principais é representado por areia, silte e argila.

Nesta classificação, foram identificadas quatro classes para ambos os canais, porém apresentaram uma diferença entre uma das classes: silte argiloso no canal da Sotave e silte no canal de Cotijuba. As duas áreas apresentaram predominância de areia 41,86% no Canal da SOTAVE e 59,25% no canal de Cotijuba (figuras 17 e 18).

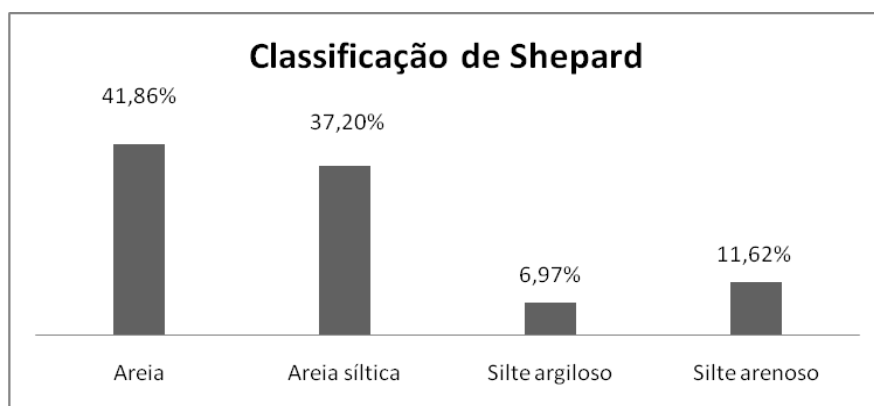


Figura 17: Percentual de sedimentos nas amostras analisadas segundo a classificação de Shepard no canal da SOTAVE.

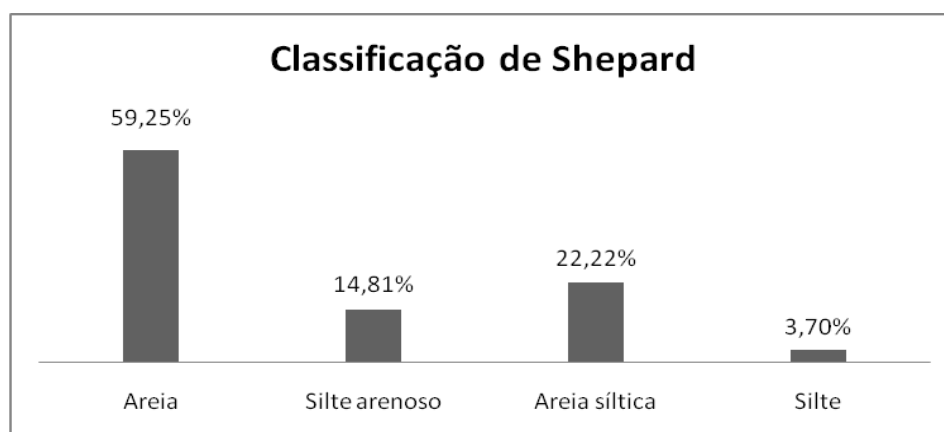


Figura 18: Percentual de sedimentos nas amostras analisadas segundo a classificação de Shepard no canal de Cotijuba.

No que diz respeito à distribuição, nota-se uma heterogeneidade tanto transversal quanto latitudinal. As frações de areia foram encontradas principalmente nas áreas correspondentes ao canal, porém o fato de também ocorrerem nas margens da Ilha de Cotijuba e de Caratateua provavelmente devem-se ao fato estarem próximo a uma área com falésias, próximo de uma área fonte como já foi dito anteriormente, e próximo uma região de planície arenosa com baixa declividade, praias, nas margens da Ilha de caratateua (figura 19). O canal de Cotijuba apresentou maior distribuição da classe areia, onde há de considerar também que no mesmo há maiores profundidades. As áreas pontuais, em branco, são as frações que apresentaram maior porcentagem de silte (Figura 20).



Figura 19: (a) Exemplo de planície arenosa na Ilha de Caratateua (b) Superfície de abrasão na Ilha de Cotijuba.

Fonte: ([http://www.flickr.com/photos/m\\_hermes/3645093674/](http://www.flickr.com/photos/m_hermes/3645093674/) , 2011)

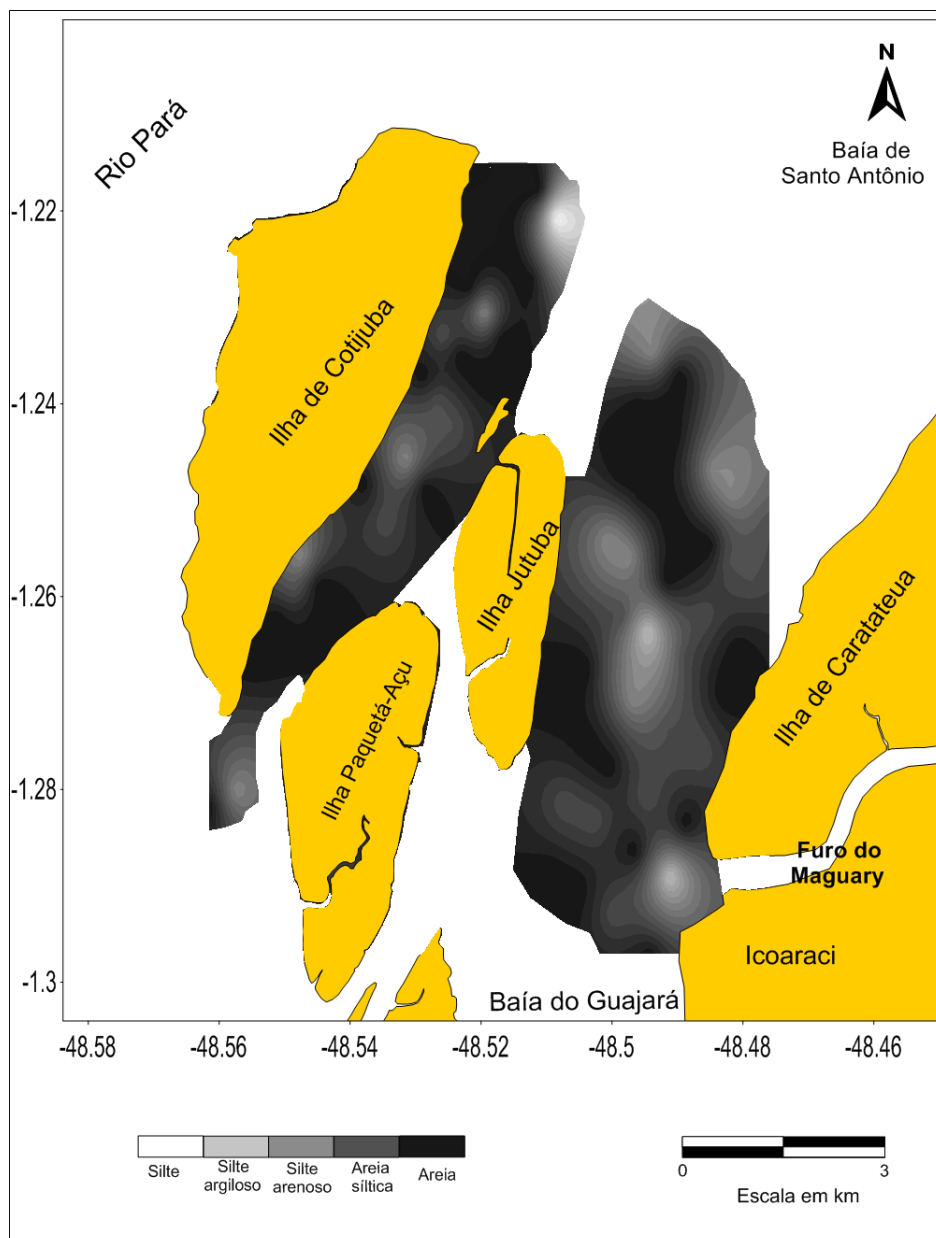


Figura 20: Mapa textural segundo classificação de Shepard (1954)

Os gráficos com os dados correspondentes a cada amostra de cada canal e a tabela com as correspondentes granulometria e classificação podem ser visualizadas no anexo A e B respectivamente.

## 7.2 MATÉRIA ORGÂNICA

Em média, notou-se uma maior concentração de M.O para a classe textural silte, de acordo com a classificação de Shepard, que apresentou concentração de 10,80%, seguido de areia siltica com 6,16%, silte arenoso

com 4,92%, areia com 3,35% e silte argiloso com 0,90%, constatando que as amostras mais arenosas apresentaram menor teor de matéria orgânica (Figura 21).

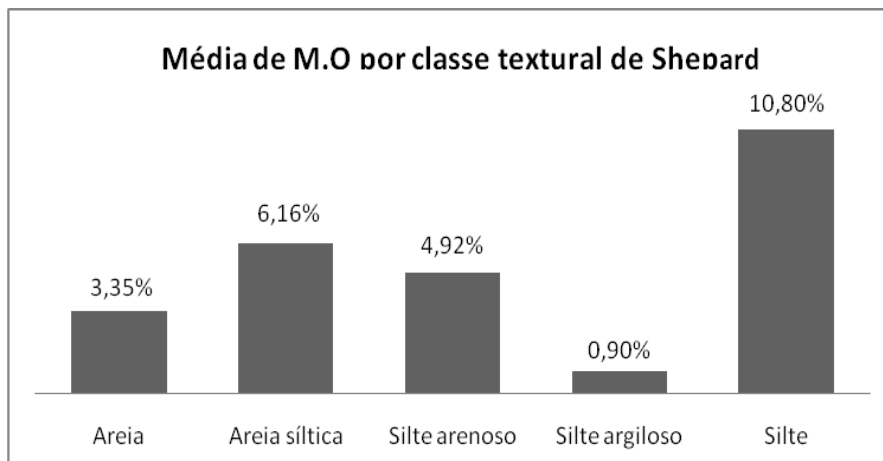


Figura 21: Média do teor de M.O para os dois canais, relacionando às classes texturais de Shepard (1954).

Os valores percentuais de matéria orgânica para as duas áreas encontram-se entre 0% e 15,4%, porém em média, o canal da SOTAVE apresentou um percentual de M.O 0,76% maior que a área do canal de Cotijuba (Figura 22) que pode ser explicado pelo fato da maioria das amostras do canal de Cotijuba, considerando o material predominante, praticamente 100% das amostras serem predominantemente arenosas, enquanto que nas amostras do canal da SOTAVE a areia é predominante em 57,1% das amostras.

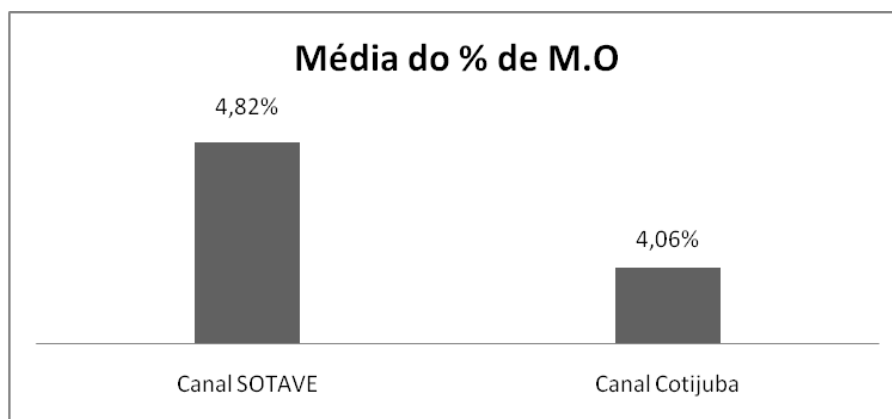


Figura 22: Percentual médio de matéria orgânica para ambos os canais.

Os gráficos com os valores de M.O correspondentes a cada amostra de cada canal podem ser visualizadas detalhadamente no anexo C.

Para melhor visualização dos dados, foram elaboradas cartas de distribuição com o teor de matéria orgânica e a distribuição dos sedimentos de fundo (Figura 24). A partir da imagem nota-se que nos pontos com granulometria mais fina apresentam teores de M.O moderados a altos, principalmente nas frações lamosas de silte e argila, que possuem grande capacidade de adsorver esse material. Nas áreas mais profundas, de granulometria alta e com hidrodinâmica mais acentuada, os teores de M.O são menores haja visto que a energia é suficientemente alta para remover o material mais fino. Esse aporte de M.O está relacionado principalmente ao material vegetal proveniente da região de várzea das ilhas e também pode estar associado ao aporte de detritos orgânicos provenientes dos núcleos urbanos, tais como Belém e a sua região metropolitana e a área urbana da Ilha de Cotijuba (figura 23).



Figura 23: (a) Núcleo urbano de Belém e (b) núcleo urbano de Cotijuba

Fonte: Google Earth (2010)

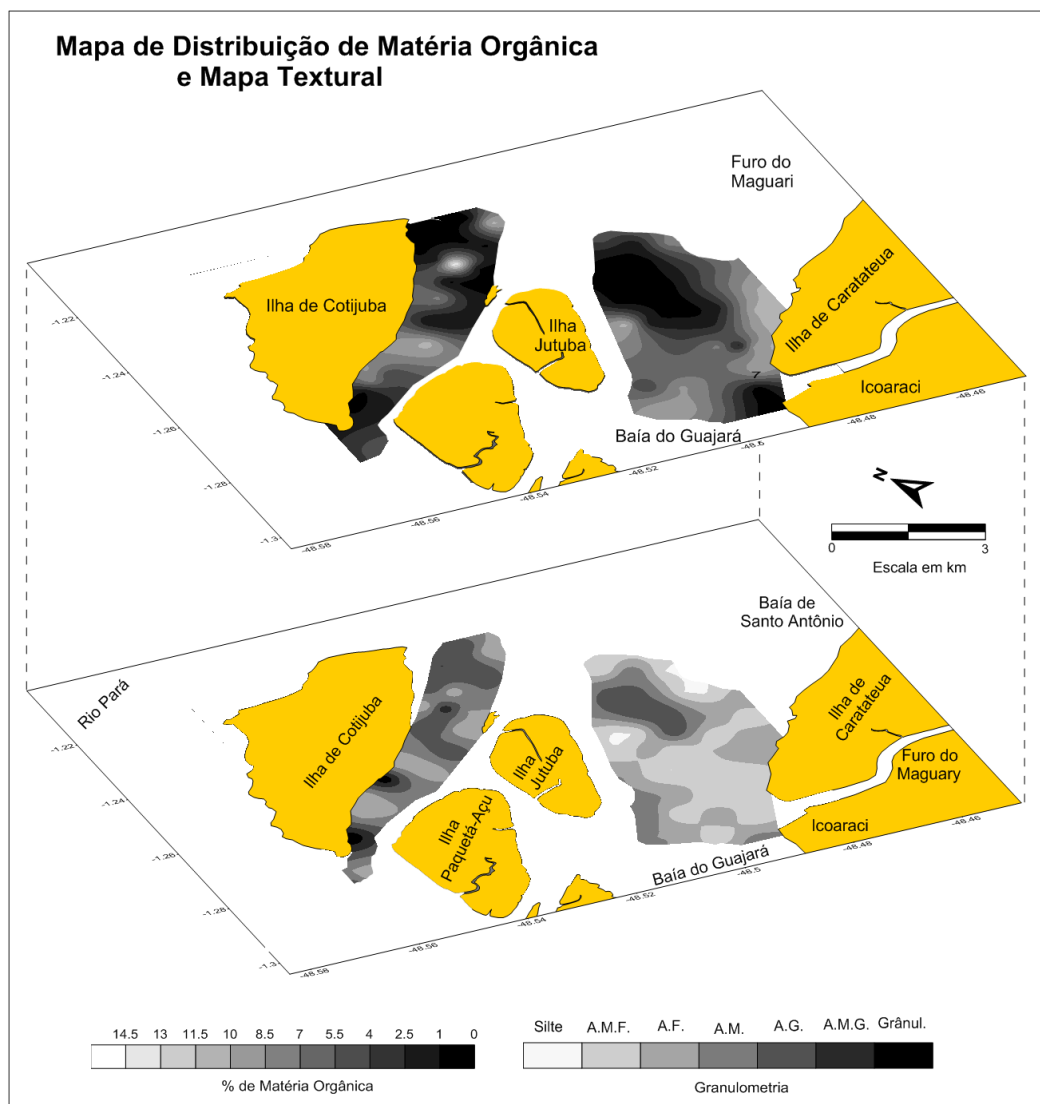


Figura 24: Mapa de distribuição de matéria orgânica e mapa faciológico.

### 7.3 MORFOSCOPIA

Os grãos foram classificados em seis classes que variam de Muito angulosos a Muito arredondados. A maioria dos grãos analisados tanto no canal SOTAVE quanto no Canal de Cotijuba são subarredondados com 47,3% e 40% respectivamente, seguidos pelos sub-angulosos 25,7% e 29,3%, arredondados 19,7% e 22%, angulosos 5,0% e 7,3%, muito arredondado 2,0% e 1,3% e por fim os muito angulosos com 0,3% e 0,0% (figuras 25 e 26 respectivamente).

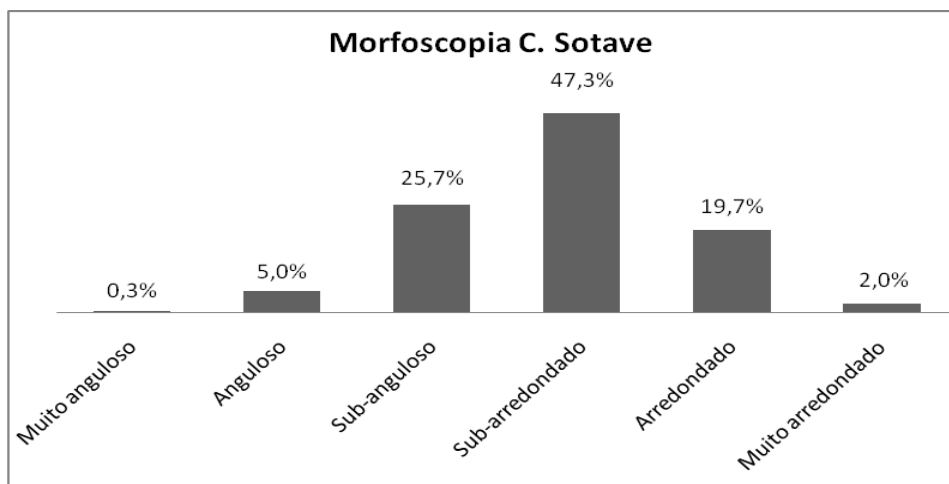


Figura 25: Grau de arredondamento dos grãos de quartzo para o Canal SOTAVE.

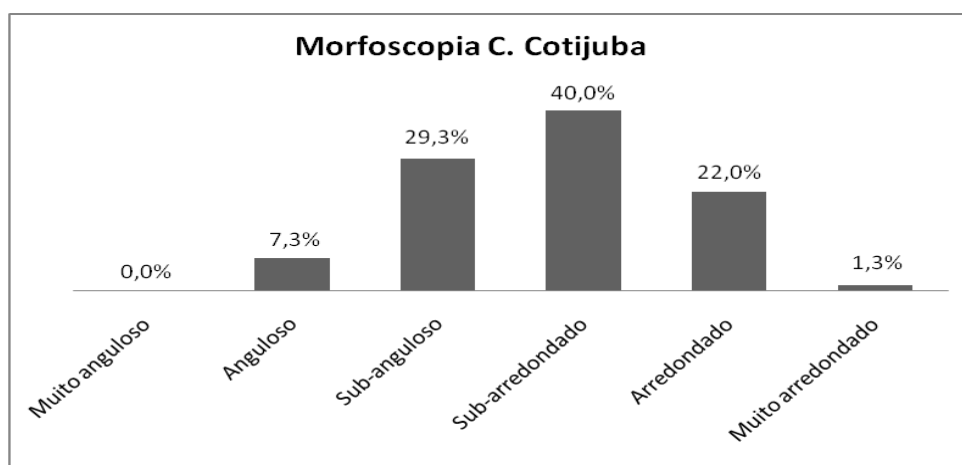


Figura 26: Grau de arredondamento dos grãos de quartzo para o Canal de Cotijuba.

A partir desses resultados, sugere-se que os sedimentos de fundo das áreas estudadas estão há um tempo moderado no ciclo sedimentar, pois apresentam grãos com maturidade relativamente média com predominância de grãos sub-arredondados.

Alguns grãos, de acordo com a classificação, de Powers podem ser observados na figura 27.

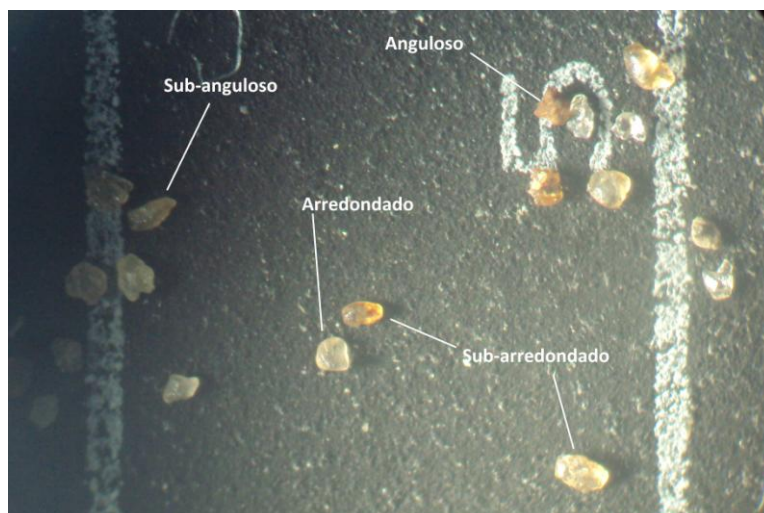


Figura 27: Alguns grãos de quartzo observados na morfoscopia.

#### 7.4 DIAGRAMA DE PEJRUP

Analisando o diagrama de Pejrup (1988), pode-se inferir, a partir da distribuição granulométrica dos sedimentos de fundo, o grau de energia do ambiente.

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 (DIAS, 2005)

Os resultados obtidos a partir da análise granulométrica foram plotados no diagrama de Pejrup (Figuras 28 e 29) através do software Sysgran 3.

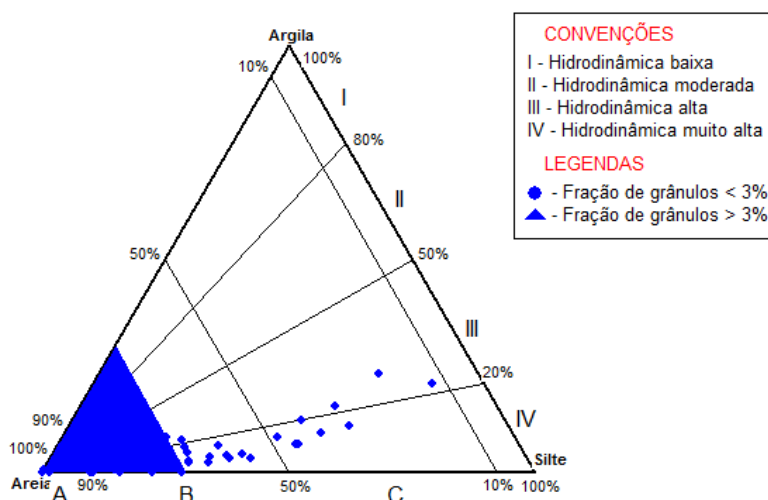


Figura 28: Diagrama de Perjup com os pontos plotados do canal da Sotave.

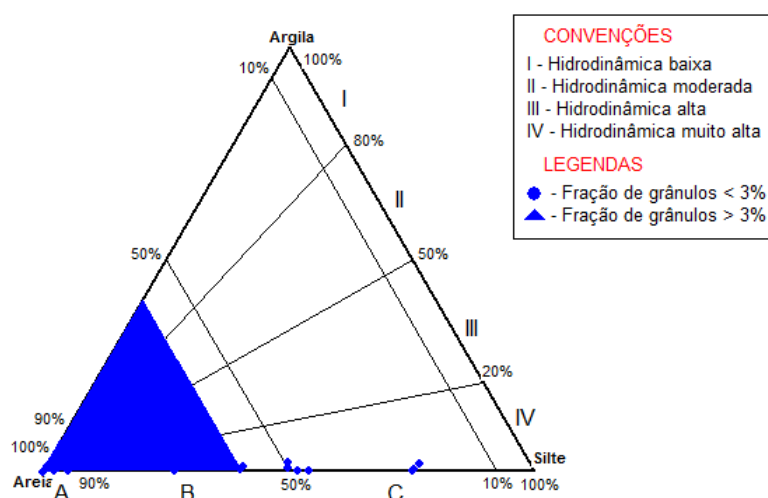


Figura 29: Diagrama de Pejrup com os pontos plotados do canal de Cotijuba

Analisando mais detalhadamente o canal da Sotave a partir do diagrama de Pejrup, nota-se que há um aumento da energia em direção ao canal a partir da margem da Ilha de Outeiro, sendo que todas as amostras da área estão sujeitas a uma hidrodinâmica alta a muito alta, com a maioria das amostras entre IV-A e IV-C. Na figura 30c percebe-se maior concentração de amostras de sedimentos grosseiros, grânulos, caracterizando a região onde se encontra o canal. Na figura 30a e 30b há um certo equilíbrio de energia e estão inseridas em uma área com hidrodinâmica alta a muito alta, como já foi dito.

Para o canal de Cotijuba as considerações são de certa forma semelhantes, a não ser pelo fato da geomorfologia do canal notoriamente diferente. Trata-se de uma região com hidrodinâmica muito alta onde todas as amostras estão na classe IV. As margens da Ilha de Cotijuba, área onde também se encontra o canal, nota-se a maior concentração de sedimentos grosseiros com grande porcentagem de grânulos no grupo IV-A e IV-B contendo de 70 a 100% de areia, que normalmente são depositados em condições de alta energia (Figura 30d). Afastando-se mais da margem, em direção a Ilha Jutuba percebe-se a manutenção do padrão hidrodinâmico, porém há uma pequena diminuição na quantidade de grânulos e apresenta algumas amostras com menos de 50% de areia, mas ainda com hidrodinâmica muito alta de IV-A a IV-C. Os diagramas podem ser melhor visualizados no anexo D, onde as amostras com maior porcentagem de grânulos foram plotadas separadamente.

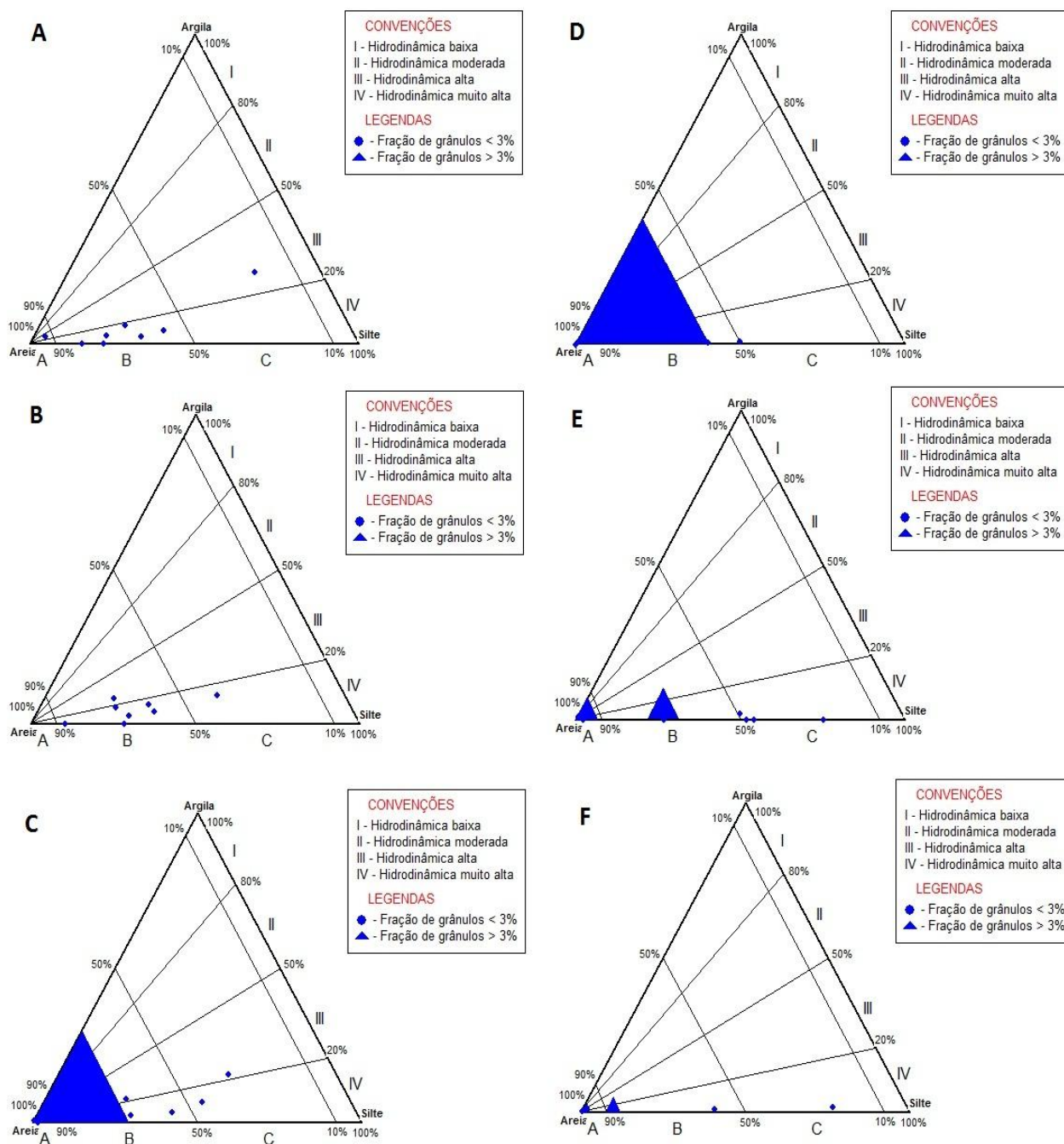


Figura 30: (a) e (b) Pontos localizados as margens de Outeiro (c) Pontos localizados no canal da Sotave (d) Pontos localizados as margens de Cotijuba, canal (e) Pontos localizados a leste do canal (f) Pontos localizados a leste do canal, próximos a Ilha Jutuba.

O mapa abaixo (figura 31) mostra uma melhor visualização da hidrodinâmica da área.

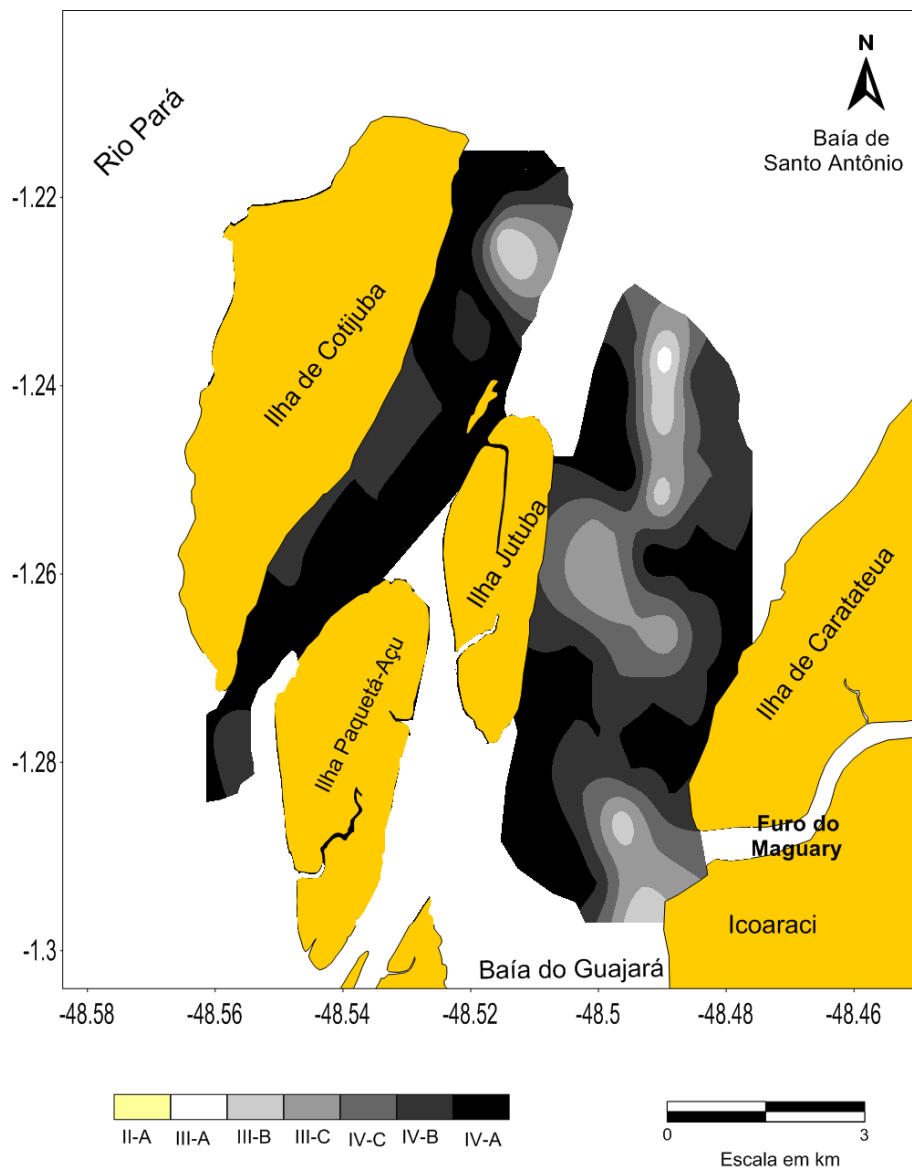


Figura 31: Mapa hidrodinâmico a partir do diagrama de Perjrup (1988)

## 8 CONCLUSÕES

A partir do mapa batimétrico puderam ser notadas algumas diferenças entre os canais. O canal da Sotave possui maior largura e menores profundidades, em torno de 14 a 16 metros na região mais profunda, enquanto que o canal de Cotijuba que é um canal mais estreito e apresenta profundidades máximas entre 28 e 32 metros, principalmente na margem leste da porção Sul da Ilha de Cotijuba. As maiores profundidades do canal de Cotijuba podem ser conseqüências da configuração estrutural da área, que está inserida numa região com falhas transcorrentes, porém tal informação deve ser confirmada através de levantamentos sísmicos e estudos mais detalhados da área.

A distribuição granulométrica se mostrou heterogênea para ambos os canais, com presença de classes texturais que vão de argila a grânulos. A partir da média, no canal da Sotave há predomínio de silte, 25,41%, mas também há grande quantidade de areia fina e areia média, enquanto que no canal de Cotijuba há predominância de areia fina, 23,60%, mas com quantidades próximas de areia média, areia muito fina e silte. Argila foi a classe que se apresentou em menor quantidade.

Na classificação por Shepard (1954) foram identificadas as classes areia, areia siltica, silte arenoso e silte argiloso para as amostras referentes ao canal da Sotave e areia, areia siltica, silte arenoso e silte para o canal de Cotijuba. As classes areia e areia siltica foram as predominantes em ambos os canais, o que indica uma acentuada hidrodinâmica principalmente no canal, visto que a distribuição dos sedimentos de fundo está intimamente ligada a morfologia e a energia do local.

Associando a morfologia da área mais as forças hidrodinâmicas, é possível compreender a distribuição granulométrica dos sedimentos e a predominância de certas classes texturais como a areia.

A hidrodinâmica do local foi considerada de alta a muito alta. O canal de Cotijuba apresentou maior homogeneidade em termos hidrodinâmicos se

compararmos ao canal da Sotave, fato que pode ser resultado da morfologia estreita e com altas profundidades e como prova, temos a considerável concentração de sedimentos grosseiros e grânulos predominando em boa parte das amostras

## REFERÊNCIAS

BAPTISTA NETO, J. A.; PONZI, V. R. A.; SICHEL, S. E. **Introdução à geologia marinha**. Rio de Janeiro :Interciência. 2004. 264 p.

Companhia Docas do Pará – CDP. Terminal de outeiro. <http://www.cdp.com.br/porto.php?nIdPorto=9> . Acessado em 20 de Novembro de 2010.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS – CPTEC [http://clima1.cptec.inpe.br/~rclima1/monitoramento\\_brasil.shtml](http://clima1.cptec.inpe.br/~rclima1/monitoramento_brasil.shtml); acessado em 25 de novembro de 2010

CONORATH, D.G; **Variação Sazonal dos Sedimentos de Fundo na Baía da Babitonga em um Transecto Próximo à Ilha da Rita - São Francisco do Sul, Santa Catarina**. Anais do XVI Encontro Nacional de Geógrafos – ENG 2010

CORRÊA, I.C.S; **Aplicação do diagrama de Pejrup na interpretação da sedimentação e da dinâmica do Estuário da Baía de Marajó-PA**. Trabalho integrado ao Programa de Geologia e Geofísica Marinha – PGGM – Porto Alegre, RS, 2006

COSTA, J.B.S., et al., **Neotectônica da região Amazônica: aspectos tectônicos, geomorfológicos e deposicionais**. Geonomos 4: 23-24. 1996.

D'AGOSTINI, D. P., **Fácies sedimentares associadas ao sistema estuarino da Baía de Vitória-ES**. 2005. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

DAVIS, R. A., **Coastal sedimentary environments**. 2. ed. USA: Halliday Lithograph, 1985.

DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO - DHN

<https://www.mar.mil.br/dhn/dhn/index.html> ; acessado em 1 de fevereiro de 2011

DIAS, J. A. **A Análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos**. Algarve: Universidade do Algarve. 2004.

FAIRBRIDGE, R. W. (1980) **The estuary: its definition and Geodynamic Cycle**. In: **Chemistry and Biogeochemistry of Estuaries**, E. olausson & I. Cato (Eds.) p. 1 – 35, Interscience Publication, John Wilwy and Sons, New York

GONÇALVES, F.D. **Utilização de dados de sensores remota para o mapeamento dos índices de sensibilidade ambiental a derramamento de óleo na Baía de Guajará, Belém – Pa**. 2005. 162 f. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geoquímica) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2005.

GREGÓRIO, A.M.S; **Contribuição à gestão ambiental da Baía de Guajará (Belém – Pará – Amazônia) através de estudo batimétrico e sedimentológico**. 2005. 128f. Dissertação de metrado (mestrado em Geociências) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

GUERRA, A. T., **Dicionário geológico-geomorfologico**. 7º Ed. Rio de Janeiro: IBGE. 1987. 446p.

MIRANDA, A. G. O. **Dinâmica batimétrica da Baía do Guajará, Belém –Pa**. 2006. 64f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Belém, 2006.

MIRANDA, L.B.; CASTRO, B.M.; KJERFVE, B.. **Princípios de oceanografia física de estuários**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2002. 400 p. (Acadêmica 42)

MIRANDA, L. B.; CASTRO FILHO, B. M. **On the salt transport in the Cananéia sea during a spring tide experiment**. Rev. Bras. Oceanogr., v. 44, n. 2, p. 123-

133, 1996.

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. 1988. p.289-300.

PERILLO, G.M.E. **Geomorfology and sedimentology of estuaries. Developments in Sedimentology.** [S.l.] : Elsevier Science B.V. 1995. 248p.

PIERI, L.; BITTELLI, M.; PISA, P.R. Laser diffraction, transmission electron microscopy and image analysis to evaluate a bimodal Gaussian model for particle size distribution in soils. **Geoderma**, v. 135, p. 118-132. 2006.

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

PORTOBRAS/INPH. **Porto de Belém, transporte de material sólido em suspensão na Baía de Guajará.** Rio de Janeiro, 1980a .170 p. (Relatório INPH 147/80).

SHEPARD, F.P. Nomenclature based on sand-silt-clays rations. **Journal of Sedimentology Petrology.** v. 24, n.3, p. 151-158. 1954.

SOUZA, D. C. C. **Mapa Faciológico da Baía de Guajará.** 2007. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2007.

SUGUIO, K. **Dicionário de Geologia Sedimentar e áreas afins.** Rio de Janeiro: Bertrand, 1998. 222p.

SUGUIO, K. **Geologia sedimentar.** São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 2003. 400p.

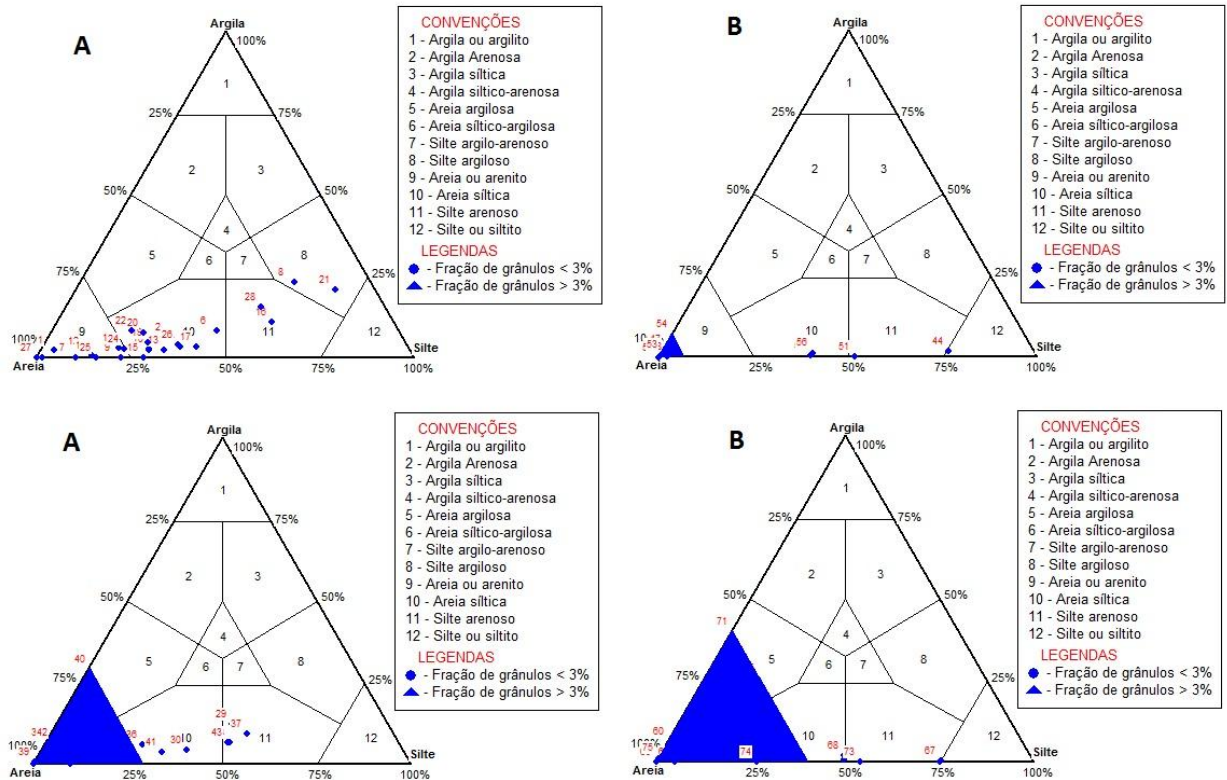
SUGUIO, K. **Introdução à sedimentologia.** São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1973. 316p.

Disponível em:  
<[http://clima1.cptec.inpe.br/~rclima1/monitoramento\\_brasil.shtml](http://clima1.cptec.inpe.br/~rclima1/monitoramento_brasil.shtml)>. Acesso em:  
10 nov. 2010.

WENTWORTH, C. A scale of grade and class terms for clastic sediments.  
**Journal of Geology**, n. 30, p. 377-392. 1922.

## **ANEXOS**

## ANEXO A: Diagramas de Shepard para as amostras do canal da Sotave (A) e canal de Cotijuba (B)

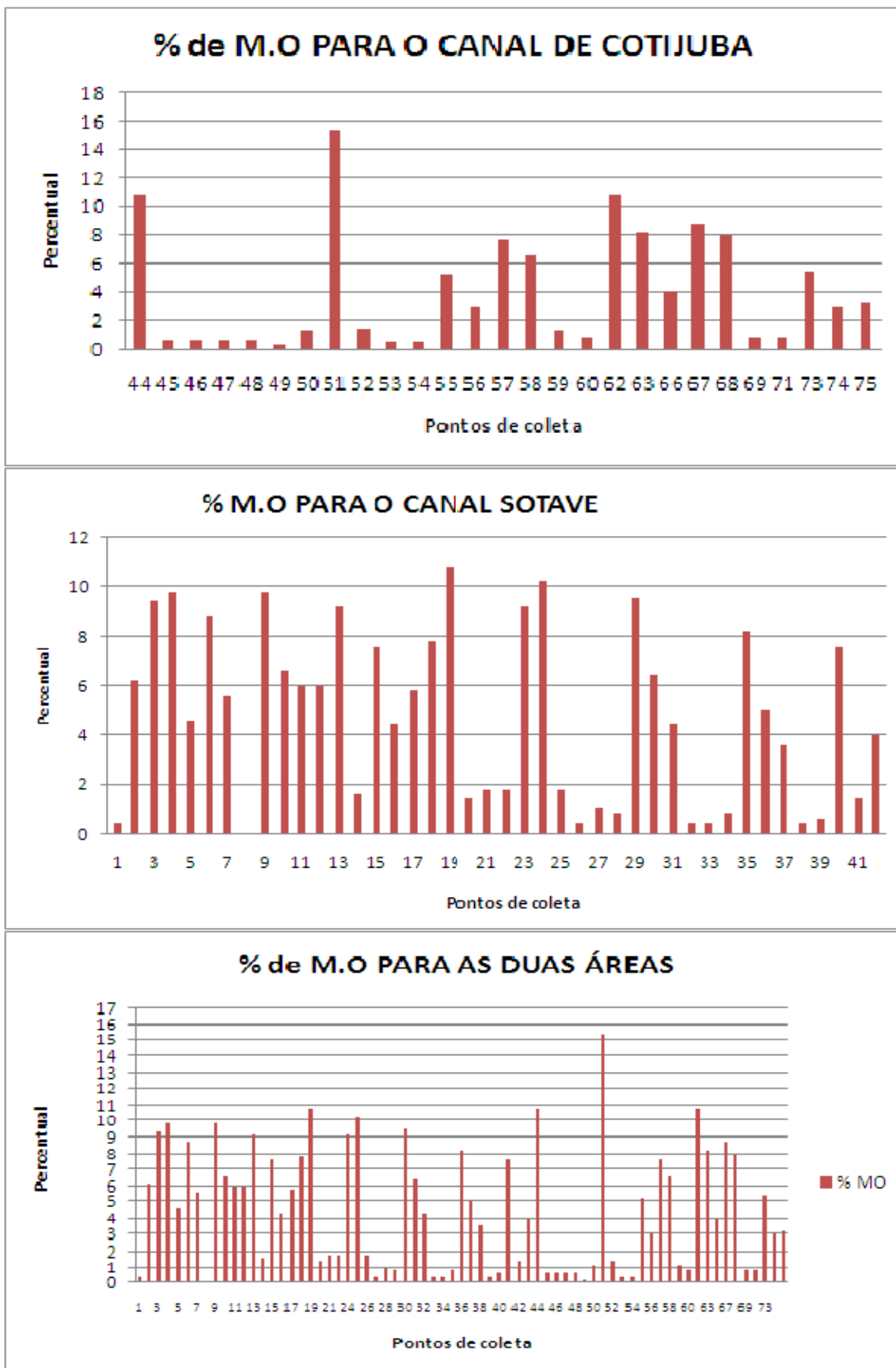


## ANEXO B: Granulometria, Classificação de Shepard e teor de M.O

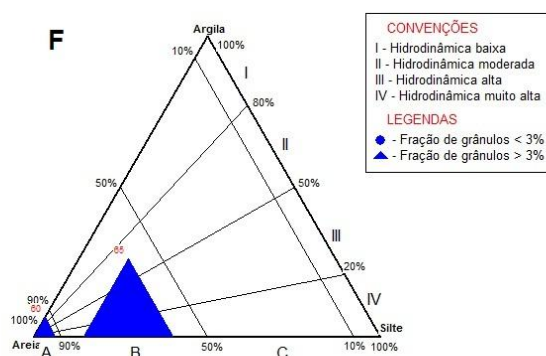
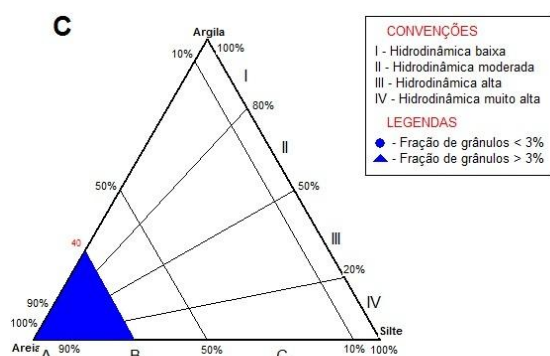
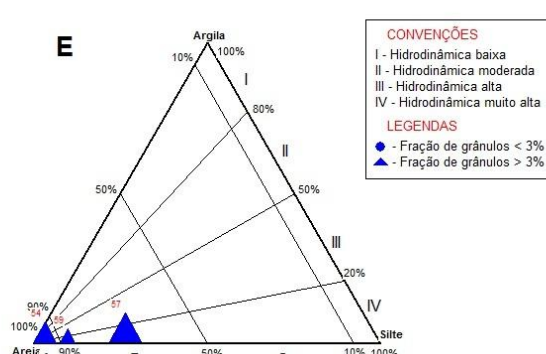
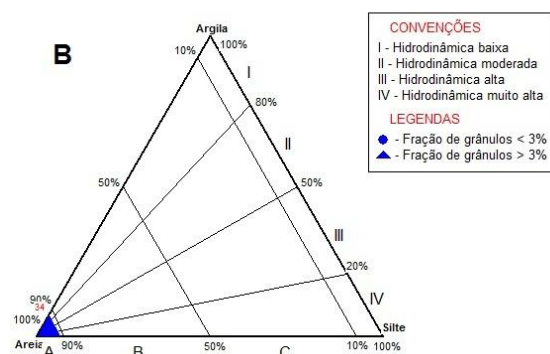
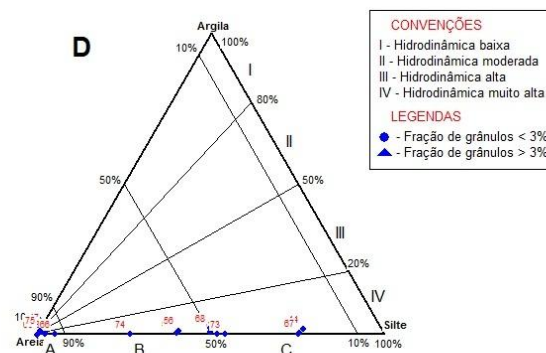
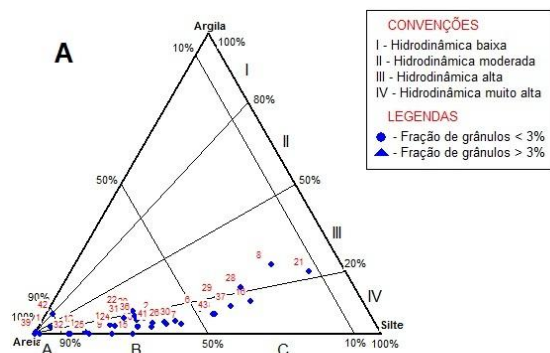
AMOSTRAS	DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DE CADA AMOSTRA							CLASSIFICAÇÃO		% M.O	ÁR
	Grânulos	areia muito grossa	areia grossa	areia média	areia fina	areia muito fina	Silte	Argila	Shepard		
1	0,00	20,11	3,69	42,01	23,50	4,86	3,57	2,26	Areia	0,4	C A N A L
2	0,00	0,00	0,30	11,57	22,90	26,16	32,55	6,51	Areia siltica	6,2	
3	0,00	0,00	0,16	33,40	51,02	13,80	1,61	0,00	Areia	9,4	
4	0,00	0,00	0,16	33,40	51,02	13,80	1,61	0,00	Areia	9,8	
5	0,00	0,00	0,59	13,26	29,65	25,30	28,68	2,52	Areia siltica	4,6	
6	0,00	0,00	0,00	8,51	26,12	13,29	43,45	8,64	Areia siltica	8,8	
7	0,00	0,00	0,00	17,27	44,82	27,17	10,47	0,27	Areia	5,6	
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,56	19,53	56,97	22,94	Silte argiloso	0	
9	0,00	0,00	0,07	7,63	33,98	35,88	22,42	0,02	Areia	9,8	
10	0,00	0,00	0,37	13,36	27,98	27,16	28,45	2,68	Areia siltica	6,6	
11	0,00	0,00	0,68	17,96	32,39	25,51	20,39	3,07	Areia	6	
12	0,00	0,00	0,26	13,83	38,16	27,24	10,85	1,77	Areia	6	
13	0,00	0,00	0,55	13,28	27,08	23,99	32,51	2,58	Areia siltica	9,2	
14	0,00	0,00	0,34	12,25	20,08	27,61	36,43	3,30	Areia siltica	1,6	
15	0,00	11,00	2,21	7,77	19,97	30,38	28,32	0,35	Areia siltica	7,6	
16	0,00	0,00	0,00	1,23	12,13	18,73	56,81	11,10	Silte arenoso	4,4	
17	0,00	0,00	0,13	12,26	21,33	22,17	40,58	3,53	Areia siltica	5,8	
18	0,00	0,00	0,80	20,81	41,92	21,26	14,42	0,80	Areia	7,8	
19	0,00	0,00	0,67	16,10	26,22	24,84	27,07	5,11	Areia siltica	10,8	
20	0,00	0,00	1,58	25,82	29,50	10,86	24,67	7,57	Areia siltica	1,4	
21	0,00	0,00	0,00	0,01	3,08	7,18	68,65	21,07	Silte argiloso	1,8	
22	0,00	0,13	7,90	19,83	19,94	25,80	22,16	8,47	Areia siltica	1,8	
24	0,00	0,00	1,45	15,97	33,02	25,01	21,93	2,63	Areia	9,2	
25	0,00	0,00	0,09	13,78	40,87	29,12	15,88	0,26	Areia	10,2	
26	0,00	0,00	0,76	16,43	20,36	23,05	35,56	3,84	Areia siltica	1,8	
27	0,00	0,00	1,51	32,86	40,72	46,11	71,12	7,68	Areia	0,4	
28	0,00	0,00	0,00	1,15	11,97	19,47	51,78	15,64	Silte arenoso	1	
29	0,00	0,00	0,13	6,13	16,59	18,36	46,69	12,10	Silte arenoso	0,8	
30	0,00	0,00	0,39	16,36	20,61	19,56	38,51	4,58	Areia siltica	9,6	
31	0,00	0,00	0,47	14,41	32,25	24,10	23,35	5,42	Areia siltica	6,4	
32	0,00	0,00	0,01	22,41	44,23	23,61	9,71	0,04	Areia	4,4	
33	0,46	5,80	54,68	29,00	4,50	4,30	0,16	0,04	Areia	0,4	
34	6,44	25,62	40,38	15,80	6,02	4,76	0,70	0,22	Areia	0,4	
35	0,10	0,50	1,58	69,22	23,48	4,42	0,28	0,06	Areia	0,8	
36	0,00	0,00	0,99	16,82	28,22	21,65	25,94	6,38	Areia siltica	8,2	
37	0,00	0,00	0,00	5,93	16,47	16,09	52,00	9,51	Silte arenoso	5	
38	0,00	0,00	0,02	6,90	17,42	20,35	48,63	6,69	Silte arenoso	3,6	
39	0,86	1,68	41,46	47,84	4,12	2,00	0,06	0,02	Areia	0,4	
40	28,52	12,66	15,42	33,14	4,54	3,66	0,62	0,08	Areia	0,6	
41	0,00	0,01	3,82	16,27	20,60	23,23	32,41	3,67	Areia siltica	7,6	
42	0,00	0,01	15,67	51,89	20,63	3,17	2,09	6,54	Areia	1,4	
43	0,00	0,00	0,00	5,35	22,03	17,61	48,21	6,81	Silte arenoso	4	
44	0	0	0	0,14	4,96	16,82	74,08	1,48	Silte	10,8	
45	3,3	5,2	22,54	61,86	4,66	2,42	0	0	Areia	0,6	
46	0,86	1,66	1,86	29,76	59,46	6,14	0	0	Areia	0,6	
47	2,08	1,92	7,1	42,06	36,66	8,08	0,68	0,24	Areia	0,6	
48	0,18	1,26	36,34	54,8	4,32	0,74	2,2	0,12	Areia	0,6	
49	0,66	2,02	5,66	55,08	31,58	3,74	0	0	Areia	0,2	
50	0,18	0,44	0,6	16,46	61,34	20,4	0,4	0,08	Areia	1,2	
51	0	0	0,52	2,08	11,76	31,36	49,34	0,24	Silte arenoso	15,4	
52	0	0	0,32	52,76	43,68	0	0	0	Areia	1,4	
53	0,74	1,44	1,8	25,88	63,84	5,4	0,58	0,18	Areia	0,4	
54	6,82	8,66	40,12	36,22	5,18	1,14	0,06	0,02	Areia	0,4	
55	0	0	0	6,74	17,22	33,72	38,44	0,56	Areia siltica	5,2	
56	0,92	1,44	1,72	15,86	24,8	12,38	38,34	0,58	Areia siltica	3	
57	9,32	9,62	12,94	20,78	9,5	12,02	20,7	0,36	Areia siltica	7,6	
59	4,44	5,98	9,48	27,44	23,46	18,2	7,56	0,08	Areia	6,6	
60	6,34	3	11,96	27,74	44,54	5,48	0,34	0,04	Areia	1,2	
62	0	0	0,24	0,94	6,98	15,58	71,96	0,24	Silte arenoso	0,8	
63	0,74	0,78	0,96	1,52	14,9	29,32	47,34	0,3	Areia siltica	10,8	
65	25,1	6,7	7,62	11,02	9,54	23,42	14,48	0,06	Areia	8,2	
66	0	0	1,86	2,16	27,14	63,7	4,92	0,1	Areia	4	
67	0	0	0,16	0,38	7,02	15,56	72,26	0,68	Silte arenoso	8,8	
68	0	0	0	0	8,32	39,6	47,74	1,98	Areia siltica	8	
69	0	0,98	2,02	2,16	26,16	68,24	0,26	0,04	Areia	0,8	
71	39,66	1,04	4,18	21,7	29	3,36	0,36	0,04	Areia	0,8	
73	0	0	0,08	0,42	12,28	30,94	51,52	0,16	Silte arenoso	5,4	
74	0	0	0	4,02	33,74	35,62	26,5	0,06	Areia siltica	3	
75	1,2	2,16	6,84	65,1	15,2	3,56	0,22	0,04	Areia	3,2	

C  
A  
N  
A  
L  
  
S  
O  
T  
A  
V  
E  
  
C  
A  
N  
A  
L  
  
C  
O  
T  
I  
J  
U  
B  
A

### ANEXO C: Teor de matéria orgânica por amostra



## ANEXO D: Diagramas triangulares de Pejrup com amostras de maior porcentagem de grânulos plotadas separadamente



Sotave: A, B e C

Cotijuba: D, E, F e G

