



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

JOÃO ALBERTO ROCHA DE OLIVEIRA

**ESTUDO SEDIMENTOLÓGICO, HIDRODINÂMICO E AMBIENTAL DO  
ESTUÁRIO DO RIO ITAPESSOCA (CARRAPICHO E CATUAMÃ), LITORAL  
NORTE DE PERNAMBUCO – BRASIL**

Recife  
2018

JOÃO ALBERTO ROCHA DE OLIVEIRA

**ESTUDO SEDIMENTOLÓGICO, HIDRODINÂMICO E AMBIENTAL DO  
ESTUÁRIO DO RIO ITAPESSOCA (CARRAPICHO E CATUAMÃ), LITORAL  
NORTE DE PERNAMBUCO – BRASIL**

Tese submetida ao Corpo Docente da  
Coordenação do Programa de Pós-  
Graduação em Geociências da  
Universidade Federal de Pernambuco  
como parte dos requisitos necessários para  
a obtenção do grau de Doutor em  
Geociências.

Área de concentração: Geologia  
Sedimentar e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz  
Manso

Recife

2018

Catálogo na fonte  
Bibliotecária Maria Luiza de Moura Ferreira, CRB-4 / 1469

O48e Oliveira, João Alberto Rocha de.  
Estudo sedimentológico, hidrodinâmico e ambiental do estuário do Rio Itapessoca (Carrapicho e Catuamã), litoral norte de Pernambuco – Brasil / João Alberto Rocha de Oliveira. - 2018.  
226 folhas, il., tabs., abr. e sigl.

Orientador: Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Geociências, 2018.

Inclui Referências, Apêndices e Anexo.

1. Geociências. 2. Batimetria. 3. Estuários. 4. Hidrodinâmica. 5. Sedimentos.  
I. Manso, Valdir do Amaral Vaz (Orientador). II. Título.

UFPE

551 CDD (22. ed.)

BCTG/2018-385

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

A comissão examinadora da Defesa da tese de Doutorado: *ESTUDO SEDIMENTOLÓGICO, HIDRODINÂMICO E AMBIENTAL DO ESTUÁRIO DO RIO ITAPESSOCA (CARRAPICHO E CATUAMÃ), LITORAL NORTE DE PERNAMBUCO – BRASIL*

DEFENDIDA POR: **JOÃO ALBERTO ROCHA DE OLIVEIRA**

**Recife, 28 de 06 de 2018.**

BANCA EXAMINADORA:

---

**Prof. Dr. Valdir do A. Vaz Manso – UFPE (ORIENTADOR)**

---

**Prof. Dr. Virgínio Henrique de M. L. Neumann – UFPE (EXAMINADOR INTERNO)**

---

**Prof. Dr. Roberto Lima Barcellos – UFPE (EXAMINADOR INTERNO)**

---

**Profa. Dra. Rochana Campos de A. L. Santos – UFAL (EXAMINADOR EXTERNO)**

---

**Prof. Dr. Jose Augusto Nartof de Abreu – UNIVALI/SC (EXAMINADOR EXTERNO)**

SUPLENTE:

---

**Prof. Dr. George Satander de Sá Freire – UFC**

---

**Prof. Dr. Almany Costa Santos – UFPE**

*Dedico este trabalho à minha esposa  
Joselinda dos Santos Oliveira, companheira de  
todos os dias, e a filha Bárbara Laryssa dos  
Santos Rocha de Oliveira que sempre me  
deram forças para seguir esta estrada  
tortuosa que é a vida.*

## AGRADECIMENTOS

Quando finalizamos um trabalho como este, o sentimento é de haver percorrido um longo caminho. O esforço foi grande, mas a sensação é maravilhosa. Meus agradecimentos:

Ao Prof. Dr. Valdir Manso, pelo voto de confiança, amizade, sugestões, atenção, incentivo e crítica que contribuiu decisivamente para o êxito deste trabalho e, principalmente, pela liberdade dada para a elaboração do tema da pesquisa desenvolvida e ainda apoio a integração do mesmo.

Ao Prof. Dr. José Madruga, que desde o início desta tese, tem me ajudado nesse campo.

E ao Prof. Esp. Marival Gomes Santos, pelo imensurável apoio logístico.

Ao Programa de Pós-graduação em Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, pela aceitação no referido programa, e por me dar a oportunidade, a conclusão do curso de doutorado, por intermédio de seus professores, funcionários e infraestrutura.

Ao Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha (LGGM), Prof. Dr. Natan Pereira e Prof. Dr. René Macedo, Ms. Miguel Arrais, Prof. Dr. Thiago Lopes e Profa. Dra. Patrícia Fernanda ao Sr. Luiz pela preocupação com todos do LGGM.

Ao Prof. Dr. Antônio Feitosa do Laboratório Oceanografia de Fitologia - UFPE, pela sua disponibilidade, repassando conhecimento e disponibilizando equipamento e estrutura para a conclusão da tese.

Ao Laboratório de Oceanografia Química-UFPE, Prof. Dr. Sílvio José Macedo e ao Prof. Dr. Roberto Barcellos do Laboratório de Oceanografia Geológica-UFPE.

Profa. Dra. Carlinda Campello, Laboratório de Mineralogia - UFPE, pela contribuição imensurável nas análises de difratometria de Raio-X.

Aos membros da banca da defesa de tese, Prof. Dr. José Natorf, Prof. Dr. Valdir Manso, Prof. Dr. Virgínio Neumann, Prof. Dr. Roberto Barcellos, Profa. Dra. Rochana Lima.

O gerente da Marina de Barra de Catuamã José Filho, pelo apoio logístico.

## RESUMO

Os estuários constituem importantes meios receptores de sedimentos da zona costeira com atratividade para desenvolvimento de atividades antrópicas, que interferem nos processos atuantes no balanço sedimentar das áreas adjacentes ao mesmo. O rio Itapessoca está circunscrito no distrito de Pontas de Pedra no município de Goiana litoral norte de Pernambuco. Dentro desse contexto a tese teve como principais objetivos: estudar a morfologia do estuário e material sedimentar e confeccionar mapas batimétrico e faciológico. Foram coletadas 144 amostras de sedimentos. Na batimetria utilizou-se, além de um ecobatímetro do tipo Fisher, mapas da CPRH (2010); da Marinha do Brasil nº 910 e fotografias aéreas (1969). A área estudada foi segmentada em 5 setores que obtiveram os seguintes resultados: na granulação do setor 1 areia média; os setores 2, 3 e 5 areias finas; setor 4, areia grossa. O teor de matéria orgânica (M.O.) no setor 1- 14,26 % de M.O; os setores 2, 3 e 5 - 14,64 %, 19,86 % e 33,75 % de M.O; setor 4 - 9,93 % de M.O. O teor de carbonato nos setores 1, 2 e 5 - 37,19 %; 33,22 % e 31,04 % de carbonato. Os setores 3 e 4 - 25,27 % e 19,46% de carbonato. A hidrodinâmica nos setores 1, 2, 3 e 4 foi alta e muito baixa no setor 5. A concentração do  $\text{CaCO}_3$  apresentou estreita relação com areia média e grossa, e está associada a aglomeração de cascalho biodetrítico. No que concerne à concentração de matéria orgânica foi constatado que a sua presença está associada ao domínio de sedimentos muito fino, e as acumulações tendem a aumentar em setores aonde a velocidade hidrodinâmica é baixa. Conclui-se, portanto, que se trata de um complexo estuarino do tipo inverso, visto tratar-se de um ambiente deficitário em sedimentos.

Palavras-chave: Batimetria. Estuários. Hidrodinâmica. Sedimentos.

## ABSTRACT

The estuaries are important means of receiving sediments of the coastal zone with attractiveness for the development of anthropic activities, which interfere in the acting processes on the sedimentary balance of the adjacent areas to it. The Itapessoca River is circumscribed in the district of Pontas de Pedra in the municipality of Goiana, north coast of Pernambuco. Within this context, the thesis had as main objectives: to study the morphology of the estuary and sedimentary material and to make bathymetric and faciological maps. A total of 144 sediment samples were collected. In the bathymetry we used, in addition to a Fisher type eco-meter, maps of the CPRH (2010); of the Navy of Brazil nº 910 and aerial photographs (1969). The studied area was segmented in 5 sectors that obtained the following results: in the granulation of the sector 1 average sand; the sectors 2, 3 and 5 fine sands; sector 4 coarse sand. The content of organic matter (M.O.) in the sector 1- 14.26% of M.O; sectors 2, 3 and 5 - 14.64%, 19.86% and 33.75% of M.O; sector 4 - 9.93% of M.O. The carbonate content in sectors 1, 2 and 5 - 37.19%; 33.22% and 31.04% carbonate. Sectors 3 and 4 - 25.27% and 19.46% of carbonate. The hydrodynamics in sectors 1, 2, 3 and 4 was high and very low in sector 5. The concentration of CaCO<sub>3</sub> showed a close relationship with medium and coarse sand, and is associated with agglomeration of biotrititic gravel. Concerning the concentration of organic matter, it has been observed that its presence is associated to a very fine sediment domain, and accumulations tend to increase in sectors where hydrodynamic velocity is low. It is concluded, therefore, that this is an estuarine complex of the inverse type, since it is a deficient environment in sediments.

Keywords: Bathymetry. Estuaries. Hydrodynamics. Sediments.

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1 –</b>	Contornos em cor vermelha são atividades de carcinicultura em área circunvizinha ao manguezal...	35
<b>FIGURA 2 –</b>	Contornos em cor amarela são antiga área de extração de areia que atendiam a construção civil.....	36
<b>FIGURA 3 –</b>	Mapa de localização da área de estudo.....	40
<b>FIGURA 4 –</b>	Mapa de superfície dos tabuleiros costeiros a oeste da área de estudo.....	44
<b>FIGURA 5 –</b>	Coluna estratigráfica proposta para faixa costeira da Bacia da Paraíba.....	51
<b>FIGURA 6 –</b>	Mapa do Quaternário costeiro da Ilha de Itapessoca...	58
<b>FIGURA 7 –</b>	Fluxograma dos métodos.....	64
<b>FIGURA 8 –</b>	Localização e identificação dos perfis batimétricos, do 1-1' ao 45-45'.....	68
<b>FIGURA 9 –</b>	Montagem do equipamento sonar de marca GARMIN, modelo GPSMAP, para obtenção de dados batimétrico.....	69
<b>FIGURA 10 –</b>	Gráfico de precipitações pluviométricas anuais (mm) média histórica de 12 anos (2000 a 2011).....	75
<b>FIGURA 11 –</b>	Gráfico de precipitações pluviométricas anuais (mm), período chuvoso junho, julho, agosto e setembro.....	76
<b>FIGURA 12 –</b>	Gráfico de precipitações pluviométricas anuais (mm), período seco de janeiro, fevereiro, outubro, novembro e dezembro (2000 a 2012).....	76
<b>FIGURA 13 –</b>	Localização das estações de coleta dos parâmetros físico-químicos.....	78
<b>FIGURA 14 –</b>	Medida da transparência nos estuários dos rios Carrapicho, Catuamã e canal de Santa Cruz para os meses de jan/2012 e julho/2012.....	78
<b>FIGURA 15 –</b>	Variação de temperatura das águas dos estuários dos rios Carrapicho, Catuamã e canal de Santa Cruz, jan/12 (Cat – Catuamã, Car – Carrapicho, Canal –	

	canal de Santa Cruz e B.Cat- Barra de Catuamã).....	80
<b>FIGURA 16 –</b>	Variação de salinidade das águas dos rios Carrapicho e Catuamã (jan/2012).....	81
<b>FIGURA 17 –</b>	Variação das temperaturas das águas e ar dos estuários dos rios Carrapicho e Catuamã, jan/2012.....	81
<b>FIGURA 18 –</b>	Distribuição do material em suspensão no período chuvoso e de estiagem.....	82
<b>FIGURA 19 –</b>	Mapa de divisões de distribuições das estações de coletas dos sedimentos dos rios Carrapicho e Catuamã.....	85
<b>FIGURA 20 –</b>	Diagrama triangular de Shepard do setor 1 - Rio Catuamã.....	87
<b>FIGURA 21 –</b>	Diagrama triangular de Shepard do setor 1 - rio Carrapicho.....	87
<b>FIGURA 22 –</b>	Diagrama triangular de Shepard do setor 1 - Canal de Santa Cruz.....	88
<b>FIGURA 23 –</b>	Diagrama triangular de Shepard do setor 2 – Carrapicho.....	89
<b>FIGURA 24 –</b>	Diagrama triangular Shepard do setor 2 – Catuamã....	89
<b>FIGURA 25 –</b>	Diagrama triangular Shepard do setor 3 – Carrapicho.	90
<b>FIGURA 26 –</b>	Diagrama triangular Shepard do setor 3 – Catuamã...	90
<b>FIGURA 27 –</b>	Diagrama triangular Shepard do setor 4 – Carrapicho.	91
<b>FIGURA 28 –</b>	Diagrama triangular Shepard do setor 4 – Catuamã....	91
<b>FIGURA 29 –</b>	Diagrama triangular Shepard do setor 5 – Carrapicho	92
<b>FIGURA 30 –</b>	Diagrama triangular Shepard do setor 5 – Catuamã....	92
<b>FIGURA 31 –</b>	Concentração de M. O. no setor 1 do complexo estuarino.....	93
<b>FIGURA 32 –</b>	Concentração de M.O. dos rios Catuamã e Carrapicho.....	94
<b>FIGURA 33 –</b>	Concentração de M.O. dos rios Catuamã e Carrapicho.....	94
<b>FIGURA 34 –</b>	Concentração de M.O. dos rios Catuamã e Carrapicho.....	95

<b>FIGURA 35 –</b>	Concentração de M.O. dos rios Catuamã e Carrapicho.....	96
<b>FIGURA 36 –</b>	Distribuição e concentração de M.O., por setores dos rios Catuamã e Carrapicho e Canal de Santa Cruz.....	97
<b>FIGURA 37 –</b>	Teor de carbonato total no complexo estuarino (Barra de Catuamã).....	98
<b>FIGURA 38 –</b>	Teor de carbonato total dos pontos (2, 125, 131 e 133) dos rios Catuamã e Carrapicho.....	99
<b>FIGURA 39 –</b>	Teor de carbonato total dos pontos (14, 82 e 63) dos rios Catuamã e Carrapicho.....	99
<b>FIGURA 40 –</b>	Teor de carbonato total dos pontos (25, 27, 18 e 56) dos rios Catuamã e Carrapicho.....	100
<b>FIGURA 41 –</b>	Teor de carbonato total dos rios Catuamã e Carrapicho.....	101
<b>FIGURA 42 –</b>	Distribuição e concentração de C.T., dos setores dos rios Catuamã e Carrapicho e canal de Santa Cruz.....	102
<b>FIGURA 43 –</b>	Gráfico de distribuição geral e comparativo de carbonato total e matéria orgânica ao longo dos rios Carrapicho e Catuamã e norte do canal de Santa Cruz.....	103
<b>FIGURA 44 –</b>	Histograma do setor 1 na Barra de Catuamã.....	104
<b>FIGURA 45 –</b>	Curvas acumulativas do setor 1 em Barra de Catuamã.....	105
<b>FIGURA 46 –</b>	Histograma do setor 1, norte do canal de Santa Cruz – Itamaracá – PE.....	105
<b>FIGURA 47 –</b>	Curvas acumulativas do setor 1, Canal de Santa Cruz–Itamaracá – PE.....	106
<b>FIGURA 48 –</b>	Histograma do setor 1 do rio Carrapicho.....	107
<b>FIGURA 49 –</b>	Curvas acumulativas setor 1 do rio Carrapicho.....	107
<b>FIGURA 50 –</b>	Histograma do setor 2 do rio Catuamã.....	108
<b>FIGURA 51 –</b>	Curvas acumulativas do setor 2 do rio Catuamã.....	109
<b>FIGURA 52 –</b>	Histograma do setor 2 do rio Carrapicho.....	110
<b>FIGURA 53 –</b>	Curvas acumulativas do setor 2 do rio Carrapicho.....	110

<b>FIGURA 54</b> –	Histograma do setor 3 do rio Catuamã.....	111
<b>FIGURA 55</b> –	Curvas acumulativas do setor 3 do rio Catuamã.....	112
<b>FIGURA 56</b> –	Histograma do setor 3 do rio Carrapicho.....	113
<b>FIGURA 57</b> –	Curvas acumulativas do setor 3 do rio Carrapicho.....	114
<b>FIGURA 58</b> –	Histograma do setor 4 do rio Catuamã.....	115
<b>FIGURA 59</b> –	Curvas acumulativas do setor 4 do rio Catuamã.....	115
<b>FIGURA 60</b> –	Histograma do setor 4 do rio Carrapicho.....	116
<b>FIGURA 61</b> –	Curvas acumulativas do setor 4 do rio Carrapicho.....	117
<b>FIGURA 62</b> –	Histograma do setor 5 do rio Catuamã.....	118
<b>FIGURA 63</b> –	Curvas acumulativas do setor 5 do rio Catuamã.....	118
<b>FIGURA 64</b> –	Histograma do setor 5 do rio Carrapicho.....	119
<b>FIGURA 65</b> –	Curvas Acumulativa do setor 5 do rio Carrapicho.....	120
<b>FIGURA 66</b> –	Mapa de distribuição da fração areia.....	122
<b>FIGURA 67</b> –	Mapa de distribuição da fração cascalho.....	123
<b>FIGURA 68</b> –	Mapa de distribuição do diâmetro médio.....	124
<b>FIGURA 69</b> –	Mapa de distribuição do grau de seleção (Desvio Padrão).....	126
<b>FIGURA 70</b> –	Desvio padrão do rio Catuamã parte 1.....	127
<b>FIGURA 71</b> –	Desvio padrão do rio Catuamã parte 2.....	127
<b>FIGURA 72</b> –	Desvio padrão do rio Carrapicho parte 1.....	128
<b>FIGURA 73</b> –	Desvio padrão do rio Carrapicho parte 2.....	128
<b>FIGURA 74</b> –	Desvio padrão do canal de Santa Cruz.....	128
<b>FIGURA 75</b> –	Mapa de distribuição de Assimetria.....	131
<b>FIGURA 76</b> –	Assimetria do rio Catuamã parte 1.....	132
<b>FIGURA 77</b> –	Assimetria do rio Catuamã parte 2.....	132
<b>FIGURA 78</b> –	Assimetria do rio Carrapicho parte 1.....	132
<b>FIGURA 79</b> –	Assimetria do rio Carrapicho parte 2.....	133
<b>FIGURA 80</b> –	Assimetria a norte do canal de Santa Cruz.....	133
<b>FIGURA 81</b> –	Mapa de distribuição da Curtose.....	136
<b>FIGURA 82</b> –	Curtose do rio Catuamã parte 1.....	137
<b>FIGURA 83</b> –	Curtose do rio Catuamã parte 2.....	137
<b>FIGURA 84</b> –	Curtose do rio Carrapicho parte 1.....	137
<b>FIGURA 85</b> –	Curtose do rio Carrapicho parte 2.....	138

<b>FIGURA 86 –</b>	Curtose a norte do canal de Santa Cruz.....	138
<b>FIGURA 87 –</b>	Distribuição de composição sedimentares dos rios Carrapicho, Catuamã e canal de Santa Cruz Canal de Santa Cruz.....	140
<b>FIGURA 88 –</b>	Distribuição estatística dos grãos do setor 1.....	142
<b>FIGURA 89 –</b>	Distribuição estatística dos grãos por setores (2, 3, 4 e 5).....	142
<b>FIGURA 90 –</b>	Setor 1 desembocadura norte da Ilha de Itamaracá.....	144
<b>FIGURA 91 –</b>	Setor 1 norte do canal de Santa Cruz.....	144
<b>FIGURA 92 –</b>	Setor 2 dos rios Carrapicho e Catuamã.....	145
<b>FIGURA 93 –</b>	Setor 3 dos rios Carrapicho e Catuamã.....	145
<b>FIGURA 94 –</b>	Setor 4 dos rios Carrapicho e Catuamã.....	146
<b>FIGURA 95 –</b>	Setor 5 dos rios Carrapicho e Catuamã.....	146
<b>FIGURA 96 –</b>	Sequência de fotos de bioclastos da amostra 1293 do setor 1. Canal norte da Ilha de Itamaracá (Gastropodes).....	147
<b>FIGURA 97 –</b>	Bioclastos da amostra 1287 e 1280 do setor 2, Carrapicho.(Bivalves (molusco) - <i>Anomalocardia brasiliiana</i> e Gastrópodes).....	148
<b>FIGURA 98 –</b>	Bioclastos do setor 2, Catuamã. Escaphopodas (Mollusca e Gastrópodes).....	149
<b>FIGURA 99 –</b>	Bioclastos da amostra 7077 do setor 3, Carrapicho(Equinodermas (espinho) e gastrópodes....	149
<b>FIGURA 100 –</b>	Bioclastos da amostra 7014 do setor 3, Catuamã ((A) Gastropodos e (B) Bivalves (Moluscos) e Micelânea de Gastropodos.....	149
<b>FIGURA 101 –</b>	Bioclastos da amostra 7070 do setor 4, Carrapicho (Gastrópodes e bivalves).....	150
<b>FIGURA 102 –</b>	Bioclástos da amostra 7003 do setor 4, Catuamã (Gastrópodes e Escaphopodas (Mollusca).....	150
<b>FIGURA 103 –</b>	Bioclástico da amostra 7078 do setor 5, Carrapicho (Gastrópode e Espinho de equinoide).....	150
<b>FIGURA 104 –</b>	Bioclástico da amostra 7011 do setor 5 (fragmentos),	

	Catuamã. (Bivalve).....	151
<b>FIGURA 105 –</b>	Difratograma de raios-X, do canal de Santa Cruz, localizada no setor 1.....	151
<b>FIGURA 106 –</b>	Difratograma de raios-X, rio Carrapicho amostra 132, localizada no setor 2.....	152
<b>FIGURA 107 –</b>	Difratograma de raios-X, rio Carrapicho, localizada no setor 3.....	152
<b>FIGURA 108 –</b>	Difratograma de raios-X, rio Catuamã amostra 37, localizada no setor 4.....	153
<b>FIGURA 109 –</b>	Difratograma de raios-X, rio Carrapicho amostra 55, localizada no setor 5.....	153
<b>FIGURA 110 –</b>	Mapa batimétrico nº 910, produzido pela Marinha do Brasil de 1961, do litoral norte de Pernambuco.....	155
<b>FIGURA 111 –</b>	Mapa batimétrico da área, obtido em 07/12/2012.....	156
<b>FIGURA 112 –</b>	Perfis (AA') canal de Santa Cruz e (BB') barra de Catuamã. ZEI - Zona do estuário inferior.....	158
<b>FIGURA 113 –</b>	Perfis (CC') foz do rio Carrapicho e (DD') foz do rio Catuamã. Limites da ZEM - Zona do estuário médio e ZEI - Zona do estuário inferior.....	159
<b>FIGURA 114 –</b>	Perfis (EE') rio Carrapicho e (FF') rio Catuamã. Zona de estuário médio.....	160
<b>FIGURA 115 –</b>	Perfis (GG') rio Carrapicho e (HH') rio Catuamã. Limites da ZES - Zona do estuário superior e ZEI - Zona do estuário médio.....	162
<b>FIGURA 116 –</b>	Perfis (II') rio Carrapicho e (JJ') rio Catuamã. ZES - Zona de estuário superior.....	163
<b>FIGURA 117 –</b>	Visão geral das Calhas dos rios (Carrapicho e Catuamã) que circundam a Ilha de Itapessoca.....	164
<b>FIGURA 118 –</b>	Mapa de isolinhas dos rios Carrapicho e Catuamã.....	165
<b>FIGURA 119 –</b>	Triângulo de PEJURP (1988).....	166
<b>FIGURA 120 –</b>	Setor 1 dos rios Carrapicho, Catuamã e norte do canal de Santa Cruz, Pejurp (1988).....	167
<b>FIGURA 121 –</b>	Setor 2 dos rios Carrapicho e Catuamã.....	169

<b>FIGURA 122</b> –	Setor 3 dos rios Carrapicho e Catuamã, Pejurp (1988)	170
<b>FIGURA 123</b> –	Setor 4 dos rios Carrapicho e Catuamã, Pejurp (1988).....	170
<b>FIGURA 124</b> –	Setor 5 do rio Catuamã.Pejurp (1988).....	171
<b>FIGURA 125</b> –	Mapa de distribuição da hidrodinâmica.....	172
<b>FIGURA 126</b> –	Ocupações, uso e exploração do solo.....	173
<b>FIGURA 127</b> –	Mapa de zoneamento ambiental com perfil esquemático.....	178
<b>FIGURA 128</b> –	Vegetação do manguezal nas margens do rio Carrapicho.....	179
<b>FIGURA 129</b> –	Ambiente praia ocupada por construção irregular, com estrutura de troncos de coqueiros, como forma de proteção ao avanço do mar em Catuamã.....	179
<b>FIGURA 130</b> –	Estrada de acesso a povoado de Atapuz, área de Apicum cercada.....	180
<b>FIGURA 131</b> –	Ocupação do tabuleiro pela monocultura secular.....	181
<b>FIGURA 132</b> –	Imagem Google (2012), fotos (1969) e parte da Carta de Marinha (1961) mudança do cenário de 50 anos pretéritos.....	184

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A – (A1, A2...)	Assimetria
A	Anguloso
As'	Tropicais úmidas com chuva de Inverno-Outono
AP	Ante do presente
APAC	Agência Pernambucana de Água e Clima
APP	Área de Preservação Permanente
AQM	Areia Quartzosa Marinha
B.CAT	Barra de Catuamã
B.arrend.	Bem arredondado
C	(C1, C2 ....) Curtose
Cal	Calcita
°C	Centigrado
Cm	Centímetro
CAR	Carrapicho
CAT	Catuamã
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CONDEPE	Conselho de Desenvolvimento de Pernambuco
CPRM	Companhia de Produção de Recursos Minerais
C.T	Carbonato Total
DHN	Diretoria de Hidrografia e Navegação
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
DRX	Difratometria de Raios X
E (E <sub>1</sub> , E <sub>2</sub> , E <sub>3</sub> ...)	Estação
E	Ponto cardinal - Leste
Eh	Oxi-redução
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agronômica
FAB	Força Aérea Brasileira
FIDEM	Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife
GL	Grupo pequenas Bacias Litorâneas
GPS	Global Positioning System

GPSMAP	Global Positioning System Map
HCl	Ácido Clorídrico
Hp	Podzóis Hidromórficos
$\phi/m$	Omega/metro
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais e Renováveis
INPH	Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias
IPA	Instituto de Pesquisa Agronômica
km <sup>2</sup>	Quilometro quadrado
kHz	Quilo-hertz
LGGM	Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha
Ma	Milhões de anos
MB	Marinha do Brasil
Mg/L-1 ou mg/L-1	Miligramma por litro ou miligramma por litro
ML	Mililitro
Mm ou mm	Milésimas de milímetro ou (milímetro)
MO	Matéria Orgânica
MS	Material em Suspensão
N	Norte
NE	Ponto cardinal - Nordeste
PA	Podzólicos Amarelos
pH	Potencial Hidrogeniônico
Qz	Quartzo
RMR	Região Metropolitana do Recife
S	Ponto cardinal – Sul
S	(S1, S2 ...) são os setores
SE ou SW	Ponto cardinal - Sudeste
SEMA	Secretária Estadual do Meio Ambiente
SM	Solo de Mangues
SPU	Serviço de Patrimônio da União
SUAPE	Complexo Industrial Portuário Governador Eraldo Gueiros
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do

	Nordeste
Sub.a	Sub-arredondados
SYSGRAN	Sistema integrado para análises granulométricas do sedimento
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UTM	Universal Transverse Mercator coordinate system
µm	micrómetro ou micrômetro ou micrometro
WGS 84	(World Geodetic System datum 84)
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>23</b>
1.2	JUSTIFICATIVA DA PESQUISA.....	33
1.3	OBJETIVOS.....	37
1.4	HIPÓTESES.....	38
<b>2</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....</b>	<b>39</b>
2.1	ASPECTOS FISIAGRÁFICOS.....	41
<b>2.2.1</b>	<b>Clima.....</b>	<b>41</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Relevo.....</b>	<b>42</b>
2.2.2.1	Unidades geomorfológicas.....	43
2.2.2.2	Tabuleiros costeiros.....	45
2.2.2.3	Planície Costeira.....	46
2.2.2.4	Falésia.....	47
<b>2.2.3</b>	<b>Vegetação.....</b>	<b>47</b>
2.3	CONTEXTO GEOLÓGICO.....	48
2.4	FAIXA SEDIMENTAR.....	52
<b>2.4.1</b>	<b>Unidades mesozoicas.....</b>	<b>53</b>
2.4.1.1	Formação Beberibe.....	53
2.4.1.2	Formação Itamaracá.....	54
2.4.1.3	Formação Gramame.....	54
<b>2.4.2</b>	<b>Unidades cenozoicas.....</b>	<b>56</b>
2.4.2.1	Formação Marinha Farinha.....	56
2.4.2.2	Formação Barreiras.....	57
2.4.2.3	Depósitos do Quaternário Costeiro.....	57
2.4.2.3.1	<i>Terraços Marinhos Pleistocênicos.....</i>	<i>59</i>
2.4.2.3.2	<i>Terraços Marinhos Holocênicos.....</i>	<i>59</i>
2.4.2.3.3	<i>Depósitos Flúvio-Marinhos.....</i>	<i>60</i>
2.4.2.3.4	<i>Depósitos Aluviais ou Aluviões.....</i>	<i>60</i>
2.4.2.3.5	<i>Depósitos de Mangues.....</i>	<i>61</i>
2.4.2.3.6	<i>Depósitos Atuais de Praias.....</i>	<i>61</i>
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>62</b>
3.1	ANÁLISE SEDIMENTOLÓGICA.....	62

3.1.1	<b>Coleta de amostras.....</b>	<b>62</b>
3.1.2	<b>Análise Morfoscópica.....</b>	<b>65</b>
3.1.3	<b>Difratometria de Raio-X.....</b>	<b>65</b>
3.1.4	<b>Determinação das concentrações de matéria orgânica (M.O) e teor carbonato total (C.T.).....</b>	<b>66</b>
3.2	AQUISIÇÃO DE DADOS BATIMÉTRICOS.....	67
3.3	AQUISIÇÃO DE DADOS HIDRODINÂMICOS.....	70
3.4	AQUISIÇÃO DE DADOS HIDROLÓGICO.....	71
3.4.1	<b>Profundidade local.....</b>	<b>71</b>
3.4.2	<b>Transparência da água.....</b>	<b>71</b>
3.4.3	<b>Temperatura da água.....</b>	<b>71</b>
3.4.4	<b>Salinidade.....</b>	<b>72</b>
3.4.5	<b>Potencial hidrogeniônico.....</b>	<b>72</b>
3.4.6	<b>Material em suspensão total.....</b>	<b>72</b>
3.4.7	<b>Pluvimetria.....</b>	<b>72</b>
3.4.8	<b>Altura da maré.....</b>	<b>72</b>
3.5	ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL.....	73
3.6	MUDANÇA DO CENÁRIO ESTUARINO E PRAIAS ADJACENTES.....	73
4	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>74</b>
4.1	PLUVIOMETRIA.....	74
4.2	PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.....	77
4.2.1	<b>Transparência da água.....</b>	<b>77</b>
4.2.2	<b>Temperatura da água superficial <i>versus</i> temperatura do ar.....</b>	<b>79</b>
4.2.3	<b>Salinidade.....</b>	<b>80</b>
4.2.4	<b>Potencial hidrogeniônico.....</b>	<b>81</b>
4.2.5	<b>Material em suspensão.....</b>	<b>82</b>
4.3	SEDIMENTOLOGIA.....	84
4.3.1	<b>Distribuição longitudinal dos sedimentos estuarinos.....</b>	<b>84</b>
4.3.2	<b>Representação dos diagramas.....</b>	<b>86</b>
4.3.2.1	Tratamento dos dados granulométricos (granulometria).....	86
4.3.2.2	Matéria orgânica (M.O.).....	93

4.3.2.3	Teor de carbono total.....	98
4.3.2.4	Representação gráfica dos dados granulométricos.....	104
4.3.2.5	Representação em mapa da granulometria.....	120
4.3.2.5.1	Fração areia.....	120
4.3.2.5.2	Fração cascalho.....	121
4.3.2.5.3	Diâmetro médio.....	123
4.3.2.5.4	Grão seleção.....	125
4.3.2.5.5	Assimetria.....	129
4.3.2.5.6	Curtose.....	134
<b>4.3.3</b>	<b>Análise morfoscópica.....</b>	<b>139</b>
4.3.3.1	Textura superficial.....	143
4.3.3.2	Arredondamento e esfericidade.....	143
<b>4.3.4</b>	<b>Bioclastos no Sistema Estuarino.....</b>	<b>147</b>
<b>4.3.5</b>	<b>Difratometria de Raio-X.....</b>	<b>151</b>
4.4	BATIMETRIA.....	154
<b>4.4.1</b>	<b>Levantamento Batimétrico.....</b>	<b>154</b>
<b>4.4.2</b>	<b>Morfologia de fundo.....</b>	<b>154</b>
4.4.2.1	Os perfis AA' e BB' – Zona do estuário inferior (ZEI).....	157
4.4.2.2	Os perfis CC' e DD' – limite da zona do estuário médio (ZEM) e da ZEI.....	159
4.4.2.3	Os perfis EE' e FF' – ZEM.....	160
4.4.2.4	Os perfis GG e HH' – limite da zona do estuário superior (ZES) e ZEM.....	161
4.4.2.5	Os perfis II' E JJ' – ZES.....	163
4.5	HIDRODINÂMICA.....	166
<b>4.5.1</b>	<b>Hidrodinâmica deduzida a partir do Diagrama de Pejrup.....</b>	<b>172</b>
<b>5</b>	<b>ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL.....</b>	<b>173</b>
5.1	UNIDADES DO ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL.....	173
<b>5.1.1</b>	<b>Ambiente pré-litorâneo (tabuleiro e encosta).....</b>	<b>174</b>
<b>5.1.2</b>	<b>Ambiente Planície Litorânea.....</b>	<b>174</b>
<b>5.1.3</b>	<b>Ambiente Planície Flúvio-Marinha.....</b>	<b>175</b>
<b>5.1.4</b>	<b>Ambiente Planície Fluvial.....</b>	<b>175</b>
<b>5.1.5</b>	<b>Ambiente aquático.....</b>	<b>176</b>

5.2	ZONEAMENTO AMBIENTAL NO ESPAÇO TERRITORIAL GEOGRÁFICO.....	176
5.3	ESTUÁRIO DO RIO ITAPESSOCA.....	176
5.3.1	<b>Zona de restrição máxima.....</b>	<b>177</b>
5.3.2	<b>Zona de restrição alta.....</b>	<b>177</b>
5.3.3	<b>Zona de restrição média.....</b>	<b>177</b>
5.3.4	<b>Zona de restrição baixa.....</b>	<b>177</b>
5.4	MUDANÇAS DE CENÁRIO NA ÁREA ADJACENTE AO ESTUÁRIO.....	182
6	<b>DISCUSSÕES.....</b>	<b>185</b>
7	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>193</b>
8	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>195</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>199</b>
	<b>APENDICE A – TRANSPARÊNCIA DA ÁGUA DOS RIOS CARRAPICHO, CATUAMÃ E CANAL DE SANTA CRUZ....</b>	<b>211</b>
	<b>APENDICE B – TEMPERATURA DA H<sub>2</sub>O E DO AMBIENTE (AR) DOS RIOS CARRAPICHO, CATUAMÃ E CANAL DE SANTA CRUZ.....</b>	<b>212</b>
	<b>APENDICE C – APENDICE C – TEOR DE SALINIDADE DA ÁGUA DOS RIOS, CARRAPICHO, CATUAMÃ E CANAL DE SANTA CRUZ.....</b>	<b>213</b>
	<b>APENDICE D – pH DA ÁGUA DOS RIOS CARRAPICHO, CATUAMÃ E CANAL DE SANTA CRUZ.....</b>	<b>214</b>
	<b>APENDICE E – DISTRIBUIÇÃO DE PORCENTAGEM DA MATÉRIA ORGÂNICA (M.O.).....</b>	<b>215</b>
	<b>APENDICE F – DISTRIBUIÇÃO DE PORCENTAGEM DE CARBONATO TOTAL.....</b>	<b>216</b>
	<b>APENDICE G – DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES.....</b>	<b>217</b>
	<b>APENDICE H – CARACTERÍSTICAS DA TEXTURA SUPERFICIAL .....</b>	<b>220</b>
	<b>APENDICE I – PORCETAGEM DO ARREDONDAMENTO E ESFERICIDADE NOS SETORES DE GRAU ARREDONDADO E ESFERICIDADE .....</b>	<b>221</b>
	<b>APENDICE J – DISTRIBUIÇÃO DAS ESPÉCIES ENCONTRADAS NOS SEDIMENTOS.....</b>	<b>222</b>
	<b>APENDICE L – ZONEAMENTO GEOAMBIENTA.....</b>	<b>223</b>

**ANEXO A - RESULTADOS DA PLUVIOMETRIA  
REGISTRADO NA ESTAÇÃO ITAPIREMA (IPA) EM  
GOIANA - PE.....**

**225**

## 1 INTRODUÇÃO

Considerações iniciais - O Brasil possui aproximadamente 7.416 km de costa marítima, onde 70% da população brasileira vivem nos principais centros urbanos, localizados ao longo deste litoral. A zona costeira, por sua vez, representa um dos sistemas mais complexos, dinâmicos e produtivos da terra. Na interface terra e mar ocorre a interação entre uma série de sistemas complexos, para manter a dinâmica e o equilíbrio do ambiente, altamente vulnerável diante dos altos índices de uso. Esta zona é a que sofre maior pressão pela ocupação antrópica, que exerce sobre os recursos naturais uma influência alta, promovendo a superexploração dos recursos naturais e impedindo a recuperação do ambiente degradado (PINEDA *et al.*, 1997).

Em todo litoral encontram-se associados diversos ecossistemas costeiros e seus respectivos sistemas deposicionais. Como exemplo, podemos citar vários ambientes costeiros: praias arenosas e lodosas, lagunas costeiras, manguezais, deltas, restingas, recifes (corais; arenito), costões rochosos, dunas, marismas e estuários. De acordo com Oliveira & Tavares (2000) a área estudada está inserida num ambiente estuarino apresentando sistema deposicional regido por ondas. Dentre os ecossistemas mencionados, o estuário é considerado um meio importante de inter-relação terra e mar, sendo um berçário natural para diversas espécies marinha de importância econômica. O estuário se torna mais vulnerável aos efeitos do desenvolvimento econômico e do crescimento desordenado das populações humanas, em que as atividades socioeconômicas se desenvolvem graças ao recurso natural existente no ambiente estuarino.

O estado de Pernambuco, NE do Brasil, apresenta um litoral com 187 km de comprimento. A zona costeira é constituída por uma série de estuários e feições morfológicas resultantes do afogamento de antigos vales e estuários, decorrente da variação do nível médio do mar durante o Quaternário.

No litoral norte de Pernambuco, especificamente no estuário do rio Itapessoca, os crescentes processos de uso e ocupação das áreas costeiras, impulsionados por quatro fatores principais, como a urbanização, agroindústria, aquicultura, e desenvolvimento turístico, têm sido responsáveis por uma série de modificações significativas e de caráter irreversível no que se refere à

sedimentação atual, bem como a hidrodinâmica atuante. Os projetos concernentes à demanda imposta por esses quatro fatores são executados, na grande maioria, sem um adequado conhecimento dos processos físicos (naturais), que regem e modelam as zonas costeiras. Portanto, os impactos gerados como resultados destes processos, sem planejamento e fiscalização, são refletidos em forma de desequilíbrios de ordem ambiental, sedimentológica e hidrodinâmica.

Nesse trabalho, através das análises observacionais em campo dos viveiros, das marinas, das ocupações humanas próximo aos manguezais, bem como a análise granulométrica, e os dados físico-químicos foi possível constatar uma zona de mistura com várias frações granulométricas provenientes da extração de areia do ambiente de restinga, sendo utilizada como aterros nas margens dos rios tributários, diminuindo, com isso, a influência na hidrodinâmica dos rios principais, o que também favoreceu a uma maior influência marinha dentro do ambiente estuarino.

Com base em dados do perfil hidrográfico de Pernambuco (CONDEPE, 1980), o estuário em questão integra a pequena bacia hidrográfica litorânea, sendo um grupo litorâneo (GL-1) na zona costeira, com rios de pequena extensão, não distantes da costa.

Segundo Kjerfve (1989), os estuários apresentam uma formação geomorfológica recente, com cerca de 15.000 anos e sua existência depende da relação entre as variações relativas do nível do mar e a razão de sedimentação. Logo, o conhecimento da dinâmica estuarina, é de fundamental importância para a compreensão dos parâmetros que modificam este ambiente, assim como, a sua taxa de sedimentação.

No entanto, muitos pesquisadores ao longo do tempo, explicitaram as suas definições de acordo com a evolução da pesquisa da época, tais como Fairbridge, (1980) que definiu e dividiu em setores o ambiente estuarino, levando em consideração a ação da maré e o aspecto fisiográfico do estuário. Por sua vez, Kjerfve (1989), recorre aos princípios da gênese geológica desses ambientes costeiros, propondo os diversos estágios de desenvolvimento do estuário, na escala de tempo geológico.

Pritchard (1952) aborda os processos geológicos e geomorfológicos para justificar a formação destes sistemas. Neste mesmo ano, propôs uma classificação de estuários, baseada em seus balanços hídricos (fluxo).

A primeira tentativa em classificar o ambiente estuarino se deve a Stommel (1951), que considerou as causas físicas como maré, vento e descarga fluvial, como fatores de classificação. Em 1953, Stommel apresenta outra variável para classificar o mesmo ambiente tomando como princípio a diferença na distribuição de densidade e salinidade. Os trabalhos de Pritchard (1955) e Cameron & Pritchard (1963) refinaram aqueles já realizados por Stommel (1955) levando em conta o aspecto da estratificação vertical de salinidade e a circulação estacionária.

Outro critério apresentado por Simmons (1955) seria o fluxo, como fator indicativo da estratificação vertical. Esse trabalho recebeu contribuições expressivas de Ippen & Harleman (1961) para classificar quantitativamente os estuários.

Nas pesquisas de Harleman & Abraham (1966) e Hansen & Rattray (1966) que são considerados contemporâneos, podem ser encontrados os conceitos de número de estratificação e utilização de métodos analíticos de classificação, como o Diagrama Estratificação/Circulação. Davies (1964) e Hayes (1975) adotaram outros critérios para classificar o estuário, tendo como referência as amplitudes de maré, identificando três tipos: micromarés, mesomarés e macromarés. Assim, foi possível classificar o tipo de domínio que se apresenta em cada litoral, seja por influência da altura da maré ou da onda.

Rusnak, em 1967 incorporou o critério sedimentológico para classificar o sistema estuarino, onde o nível de suprimento dos sedimentos incorporados à bacia sedimentar pode ser positivo, inverso ou neutro.

O primeiro trabalho descritivo próximo à área de estudo remonta ao ano de 1870 por Hartt, que teve como finalidade o estudo geológico da faixa litorânea dos estados da Paraíba e de Pernambuco. Posteriormente, em 1875, foi publicado o clássico trabalho de C.F. Hartt, sob o título: "*Geology and Physical Geography of Brazil*", conhecido como Geologia das quadrículas do Recife e Pontas de Pedra, (1956). Quanto à geologia da faixa sedimentar, existem vários trabalhos que tratam dos mesmos assuntos, como os de Derby (1907),

Branner (1902, 1904). O trabalho considerado mais completo é de Moraes (1928, *apud* RAMOS; OLIVEIRA, 1956).

Oliveira & Tavares (2000) realizaram estudos sobre os aspectos sedimentológicos e geoquímicos dos manguezais do distrito de Atapuz, no município de Goiana, particularmente, na confluência entre o rio Carrapicho e o canal de Santa Cruz. Outro trabalho na área é de Xavier (2007) que caracterizou o litoral do município de Goiana, tendo por premissa a geomorfologia e sedimentologia, levando em consideração os aspectos ambientais. Neste estudo, foram relatadas as feições morfológicas que estão relacionadas à drenagem e aos falhamentos, e ou ao fraturamento, os quais estão expostos nos terraços marinhos fluviais, vales e tabuleiros, cuja erosão e dragagem geram rampas de colúvio expondo feições da Formação Barreiras.

Melo (2007) estudou os nutrientes dissolvidos e biomassas primárias nos estuários dos rios Botafogo e Carrapicho e teve por premissa as análises das condições ambientais, mostrando e identificando as prováveis modificações sazonais na área estuarina.

Os ambientes estuarinos constituem áreas de grande complexidade em função da influência de outros ambientes fluviais e marinhos, onde canal e um ou mais rios encontram o mar, e as forças de ambos ambientes atuam controlando a dinâmica sedimentar e equilíbrios físico-químicos atuantes.

Situado entre os ambientes terrestres e marinhos, geralmente associados a desembocaduras fluviais, os estuários vêm sofrendo sérias transformações em virtude da expansão urbana, indústria, barragem para geração de energia e abastecimento. O primeiro reflexo dessas transformações é a expansão populacional das cidades próximas aos estuários, e com isso, o aumento dos desmatamentos nos afluentes, colocando em risco o suprimento de sedimentos que abastece a plataforma adjacente.

A definição mais clássica é a proposta por Pritchard (1952) e Pritchard (1955), que abrange apenas o limite de influência da água do mar com os rios como região estuarina. Segundo Cameron e Pritchard (1963), estuário é um corpo de água costeiro semi-fechado, com uma livre ligação com oceano aberto, no interior do qual a água do mar é mensuravelmente diluída pela água doce oriunda da drenagem continental.

A maioria dos rios da região litorânea norte de Pernambuco, no qual está inserida a área de estudo, os rios são perenes e de pequenas extensões. Essa característica facilita a influência e a penetração da água do mar nos vales dos rios, permitindo a ocorrência de uma comunicação livre com o oceano Atlântico.

A condição climática, em especial, durante a pouca chuva faz com que ocorra uma forte diluição da água doce pela água do mar, permitindo uma maior influência marinha e com formação de gradiente de densidade. Essa ocorrência foi verificada por Branco *et. al.*, (2002), Costa & Macedo, (1987/1989) e Losada *et. al.*, (2003) nos estuários dos rios Ilhetas, Mamucaba, Barra de Jangada, Carrapicho e Botafogo, onde a evaporação excede em precipitação e constitui dessa maneira um estuário, segundo a conceituação de Pritchard *op.cit.* Assim sendo, parte dos estuários do litoral nordeste do Brasil, pode ser avaliada como estuários de circulação e de mistura típica, dependendo da separação da velocidade na coluna água e dos caracteres geométricas, como a razão largura/profundidade.

Como produto das condições climáticas costeiras do tipo “Tropical úmido” a região norte de Pernambuco é caracterizada por clima quente/úmido, de chuvas intensas a montante, que juntamente com o transporte de sedimento disponível, tornam o estuário não deficitário, e contribuindo significativamente para chegada de sedimento até as praias próximas a desembocadura.

Com base na importância científica, ambiental e socioeconômica segundo o *Geophysics Study Committee* (1997, *apud* PINHEIROS, 2003), os estudos nos ambientes estuarinos devem ser realizados de forma interdisciplinar abrangendo os estuários e as áreas adjacentes como um todo, destacando-se a integração dos seguintes componentes:

- Qualidade ambiental do uso e ocupação dos solos, cobertura vegetal, da bacia de drenagem e quadro socioeconômico;
- Circulação, transporte e mistura nas áreas estuarinas;
- Transporte, erosão e deposição de sedimentos, por serem processos que afetam a distribuição das propriedades físicas, concentração de substâncias naturais e organismos biológicos.

O turismo litorâneo iniciado na década de 90 até os dias atuais vem impulsionando a expansão urbana, através da construção de casas de veraneio e loteamentos em área de restinga. Os tabuleiros costeiros do litoral norte do estado de Pernambuco estão ocupados com plantações de cana de açúcar e coqueiros em áreas pertencentes às agroindústrias. Entre os vales dos tabuleiros, estão localizadas às nascentes dos pequenos cursos d'água e dos rios litorâneos, sendo áreas próximas aos estuários e que contribuem diretamente para o crescimento da biota. Portanto, as construções urbanas e as plantações pertencentes às agroindústrias estão sujeitas a modificarem o equilíbrio natural do ambiente estuarino, influenciando de forma direta a sua dinâmica costeira, alterando o seu perfil sedimentológico e biológico.

Contextualizando a hidrodinâmica - a existência de atividade agroindustrial próximo à bacia de drenagem poderá afetar o regime fluvial na zona de maré, provocando modificações importantes nas condições hidrodinâmicas, passando de um estado perene a um movimento alternativo, com período de imobilidade. A posição ocupada pelo estuário depende, sobretudo da intensidade relativa dos fluxos das águas continentais, marinhas e da sua geometria. Mudanças em quaisquer desses fatores podem provocar alterações nos padrões de circulação estuarina e também na sedimentação.

No entendimento da sazonalidade dos processos hidrodinâmicos e características hidrológicas nos estuários tropicais serão consideradas a classificação de Pritchard (1967), o qual atesta a condição de que a água do mar deve ser mensuravelmente diluída pela água de drenagem continental.

A costa pernambucana é caracterizada por marés do tipo semidiurnas, com duas preamares e duas baixa-marés por dia. Essas marés são classificadas como meso-maré, de acordo com a orientação de amplitude, dominada por ação de ventos, principalmente, de direção leste/sudeste, entre o período de abril a setembro; e de leste/nordeste, entre outubro a março. A ação dos ventos tem influência nas ondas, na corrente litorânea, no transporte de sedimentos e nas condições climáticas da região (ROLLINC, 2002).

De acordo com Noriega (2004), os fatores que podem determinar as modificações na dinâmica de um ambiente estuarino são de origens diversas e as variações que ocorrem em alguns parâmetros hidrológicos de regiões

tropicais estão relacionadas aos fatores climatológicos como: precipitação, evaporação, circulação local, corrente e ação dos ventos.

O leito do estuário é formado geralmente por areia grossa, no entanto, nos lugares menos dinâmicos, encontram-se lamas com teores reduzidos de areia. Conforme as velocidades da corrente também ocorrem areia média, grossa e sedimentos mistos (lama, areia e cascalho). No entanto, em condições normais, os estuários transportam lama, provenientes do interior, enquanto que o restante do material, mais grosso, é constituído por sedimentos palimpsestos que estão sendo retrabalhados pelas correntes de maré.

Morfodinâmica e sedimentológico - De acordo com Pritchard (1952) e Kjerfve (1989), os estuários podem ser divididos geomorfologicamente em: (1) Fjords, que são normalmente profundos com entalhes costeiros escavados pelos fluxos glaciais e restritos às altas latitudes; (2) Formados por barras, são os estuários originados pela inundação de vales primitivos de rios, durante a transgressão marinha, mas onde a sedimentação recente ocasionou a formação de barras na foz, e intermitência na comunicação com o mar; (3) Planícies costeiras, que são formadas ao longo das regiões costeiras de litorais planos, relativamente baixos, extensos e raros, geralmente pela subida ou descida do nível do mar, estando situados, em geral, nas regiões tropicais e subtropicais; (4) Os demais estuários são formados por processos tectônicos, erupções vulcânicas, tremores e deslizamentos de terras (nessas categorias estão inseridos os deltas e rias).

Nas regiões tropicais é comum a evolução de estuários formados por barras ou planície costeira para o sistema estuarino-lagunar, como o da região de Cananéia-Iguape no estado de São Paulo; (Miranda *et. al.*, 2002) (Morais *et. al.*, 2005, *In*: Santos, 2007) realizou estudos sedimentológicos no rio Itapessoca, respaldando os critérios sedimentológicos de Rusnak (1967). De acordo com Kjerfve (1994) nesse ambiente, as oscilações das marés variam de 5% ou mais, quando comparada com as variações das marés da costa adjacente. Nas regiões tropicais os estuários são do tipo afogados ou planície de maré.

Segundo *Geophysic Study Committee* (1997, *apud* MIRANDA *et. at.*, 2002) a zona estuarina não abrange apenas os estuários definidos até agora, mas o termo torna-se abrangente para outros ambientes de transição tais como: baías, lagunas, canais, deltas, áreas inundadas pelas marés e áreas costeiras entre marés, afetadas por diversos regimes energéticos de descargas de água doce.

O litoral da região nordeste do Brasil, devido à sua configuração geográfica, fica exposto diretamente aos ventos alísios ao norte e ao sul da zona de convergência intertropical (ZCIT). Extensas e duradouras pistas produzem agitação marítima, caracterizada por ondas locais, definidas como vagas ou *wind-sea*, propagando-se predominantemente do leste para o litoral. De acordo com registros de 1980 a 1984, obtidos no porto de SUAPE-PE pelo Instituto Nacional de Pesquisa e Hidroviários (INPH), os tipos de ondas que dominam na região de Itamaracá são do tipo Sea (56,97%) e Swell (43,03%).

De acordo com Carvalho (1994), cerca de 70% a 90% dos sedimentos e outros materiais em suspensão são transportados pelos cursos d'água, em períodos de fortes chuvas. No caso do rio Itapessoca, o período de maior chuva foi entre os meses de março e agosto, onde houve a maior quantidade de material em suspensão transportado. Nesse período, a influência é predominante, visualizada principalmente, na disposição dos bancos de areia, avançando perpendicularmente à costa.

Nessas condições, a precipitação passa a ser um fator determinante desse processo, que é responsável pela capacidade de produzir escoamento, fator que implica na oxigenação estuarina e na produção de sedimentos. De outro modo, além das influências dos aspectos físico-naturais às interferências de ordem antrópica também pode influenciar na intensidade dos processos e na produção de sedimentos, causando, muitas vezes, grandes prejuízos, decorrentes da remoção de sedimentos na bacia hidrográfica. Este caso pode ser exemplificado no baixo curso do rio Siri e do riacho Cibaúba, ambos tributários do baixo curso do rio Carrapicho.

O estudo composicional das partículas sedimentares é importante no que se refere à identificação da sua proveniência e na reconstituição da história do sedimento desde a sua origem até sua acumulação. Por sua vez, a

composição é controlada pelo tipo de rocha, solo, clima, relevo da área fonte, agentes intempéricos, processos e distância de transporte.

O transporte de sedimentos em curso d'água é dado sob duas formas: suspensão e leito. Segundo Carvalho (1994) a maior concentração dos sedimentos transportados ocorre sempre em suspensão, representando cerca de 90% do total anual. Em função disto, a determinação da descarga sólida em suspensão, depende da concentração média de sedimento e da vazão.

De acordo com Medeiros & Kjerfve (1993) o volume do material em suspensão e a vazão líquida do estuário estão diretamente relacionados aos estágios da maré e à estação climática. Os sedimentos de fundo exercem papel fundamental na velocidade do fluxo estuarino, assim como na estabilidade de suas margens em função da hidrodinâmica atuante.

O processo costeiro que atua ao norte do canal de Santa Cruz reflete no perfil da morfodinâmica praial, principalmente nas praias adjacentes; a desembocadura, devido à influência de ondas, marés, correntes marinhas e vento. Esses processos estão registrados nos trabalhos de Martins (1997) que tratam da caracterização morfodinâmica do litoral da Ilha de Itamaracá-PE. Os estudos realizados por Lira (1997) colaboraram com a caracterização morfológica e vulnerabilidade do litoral entre as praias da Enseadinha e Maria Farinha, Paulista-PE, enquanto que Xavier (2007) estudou a caracterização geomorfológica, sedimentológica com seus aspectos ambientais do litoral de Goiana-PE, ambas as regiões próximas a área de estudo.

Diante do exposto, o trabalho está dividido em oito seções distribuídos da seguinte forma:

- Seção 1: Introdutória, destacando a importância do estuário para a região costeira e relevância de estudos integrados já existentes. Serão abordadas as considerações iniciais, os fundamentos teóricos, a justificativa da pesquisa, objetivos e, por fim, hipótese. Todo esse argumento epigrafado serviu para subsidiar o desenvolvimento das investigações realizadas no estuário do rio Itapessoca.
- Seção 2: Localização da área de estudo e descrição dos aspectos fisiográficos, abordando ainda a geologia regional, abrangendo a sequência Cretácea e Terciária, além dos sedimentos do Quaternário costeiro.

- Seção 3: Materiais e métodos aplicados na área de trabalho ao longo da coleta das amostras e geração dos dados. Foram utilizados barcos, câmara fotográfica, draga de coletor de sedimento *van veen* e sonares (varredura e portátil) para aquisição de dados batimétricos. Foi utilizada a Carta da Marinha do Brasil (1961) e Carta da SUDENE (1989) para confeccionar o mapa de zoneamento geoambiental e fotografias aéreas (DNPM & CPRM, 1969), para relatar as mudanças no cenário na escala temporal.
- Seção 4: Resultados dos dados hidrológicos adquiridos através da Agência Pernambucana de Água e Clima (APAC) em 2012 e dos dados obtidos através das análises realizadas nos laboratórios da UFPE / (LGGM – Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha).
- Seção 5: Zoneamento Ambiental dos resultados, confrontando os dados adquiridos com dados de estuários semelhantes.
- Seção 6: Discussão do trabalho realizado durante o período estudado.
- Seção 7: Considerações Finais.
- Seção 8: Conclusões.

## 1.1 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

O rio Itapessoca está localizado no município de Goiana, litoral norte de Pernambuco, cujo estuário faz parte do complexo estuarino costeiro com vasta área de manguezais. Nessa região, desenvolvem-se várias atividades econômicas tais como: pesca artesanal, coleta de mariscos e captura de caranguejos e de ostras nos mangues. Essas atividades são responsáveis pelo sustento de numerosas famílias, principalmente, das comunidades ribeirinhas de Goiana.

Tais atividades vêm gerando contribuições significativas para os cofres públicos do município e do Estado. O gerenciamento desses recursos naturais biológicos, bem como o cultivo sustentável, são preocupações relacionadas à preservação do meio ambiente e renovação desses recursos para as comunidades, devido à importância no cenário econômico de Pernambuco.

O rio Itapessoca circunda a Ilha de Itapessoca, comunicando-se com o Canal de Santa Cruz ao norte da Ilha de Itamaracá, formando um complexo estuarino. As áreas circunvizinhas à ilha de Itapessoca tais como: Pontas de Pedra, Atapuz, Carrapicho e Ibeapucu, vêm despertando interesses econômicos, principalmente nos setores da aquicultura, imobiliário e turístico. Nesses setores econômicos há um descumprimento da legislação ambiental, nas implantações dos projetos economicamente viáveis, com isso, estão prejudicando o equilíbrio natural que sustenta o estuário.

A escassez de recursos humanos nos órgãos responsáveis pelas fiscalizações tais como a Agência da Companhia Pernambucana de Recursos Hídricos (ACPRH), Secretaria de Meio Ambiente de Goiana (SEMA) e Instituto Brasileiro de Amparo ao Meio Ambiente (IBAMA) permitem o desrespeito às leis ambientais e à contínua agressão ao meio ambiente.

Segundo Raffestin (1993) esses empreendimentos, nas proximidades das áreas estuarinas são denominados de território, onde a ação do ser humano constrói e reconstrói, naquele espaço físico, independente se é ou não uma área de mangue. Uma das grandes preocupações do CONDEPE & CPRH (1982) é assegurar que o espaço físico da região do rio Itapessoca seja preservado, com o intuito de impedir a especulação imobiliária e a ocupação

dos manguezais, e assim, evitar o desequilíbrio ecológico, provocado, principalmente, pelo adensamento populacional.

A retirada da vegetação natural da área e o aterramento para edificar em área de manguezal, sem nenhum controle de saneamento básico com o despejo de dejetos, diretamente no local, vêm provocando desarmonia entre fauna e flora, afetando a cadeia trófica. Aos poucos está ocorrendo à fixação da população nesta área, com adiminuição e afugentando algumas espécies de peixes e decápodes.

A alta produtividade biológica natural junto às áreas de ressurgências, as baías e as áreas costeiras estuarinas, que correspondem apenas a 10% da superfície marinha, produzem mais de 95% do alimento que a homem captura do mar (CIRM, 1981). Segundo Caddy & Sharp (1986) a drenagem terrestre contribui para essa alta produtividade através do transporte de sais, nutrientes dissolvidos e materiais orgânicos. Vale salientar que os manguezais são áreas mais vulneráveis aos efeitos do desenvolvimento econômico.

Schaeffer-Novelli *et.al.*, (2002) comenta que cada hectare de manguezal destruído corresponde a uma perda anual de aproximadamente 770 kg de camarões e peixes de importância comercial. Além da redução da produção pesqueira, a destruição das áreas de mangue pode provocar problemas graves como erosão das margens de rios e estuários da linha de costa, gerando prejuízos à vida silvestre e perda da fonte de subsistência das populações ribeirinhas.

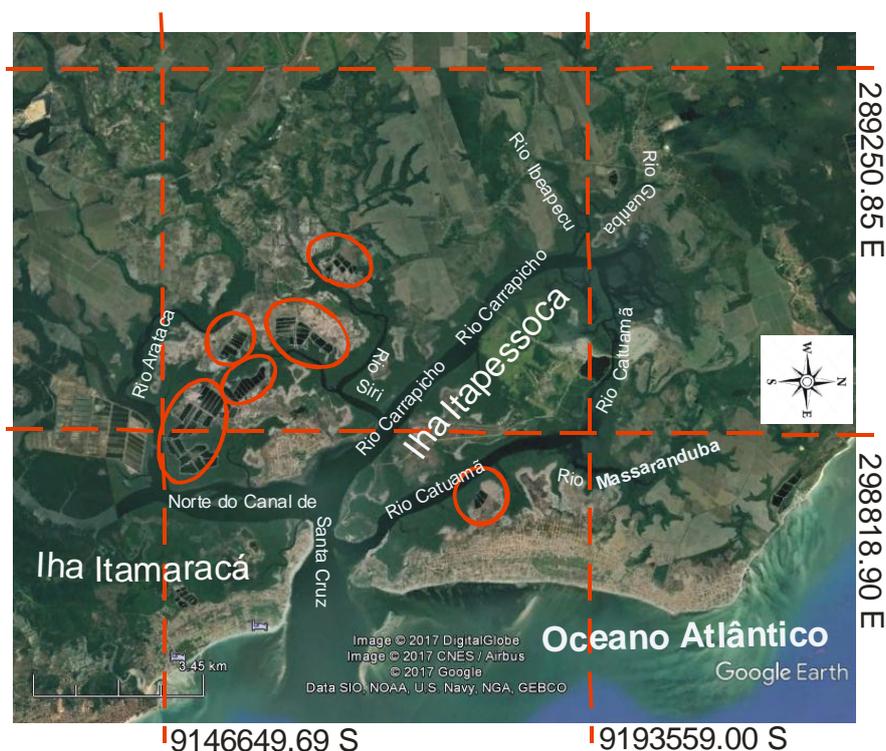
Machado (1991) comenta o relatório Técnico da Companhia Pernambucana e recursos Hídricos (CPRH) na lei federal de Lei no 12.305, de 2 de Agosto de 2010, que trata do Serviço de Patrimônio da União (SPU) e Instituto Brasileiro Amparo ao Meio Ambiente (IBAMA), não autoriza qualquer alteração ou até extinção de manguezais, sem que haja uma autorização legal dos órgãos competentes.

As atividades existentes que resultam em impactos prejudiciais para o ecossistema são as culturas de cana-de-açúcar e de coco, nos riachos Ibeapecu, rio da Guariba e riacho João Mariano, além da carcinicultura, ver (Figura 1) e exploração de areia no baixo vale do rio Siri, ver (Figura 2), bem como a extração de calcário para a produção de cimento. No que tange à degradação dos recursos hídricos, seria o caso de destacar a ação poluidora

dos produtos utilizados na cana-de-açúcar e aquicultura, que certamente, contribuem como vetores das poluições dos rios e riachos.

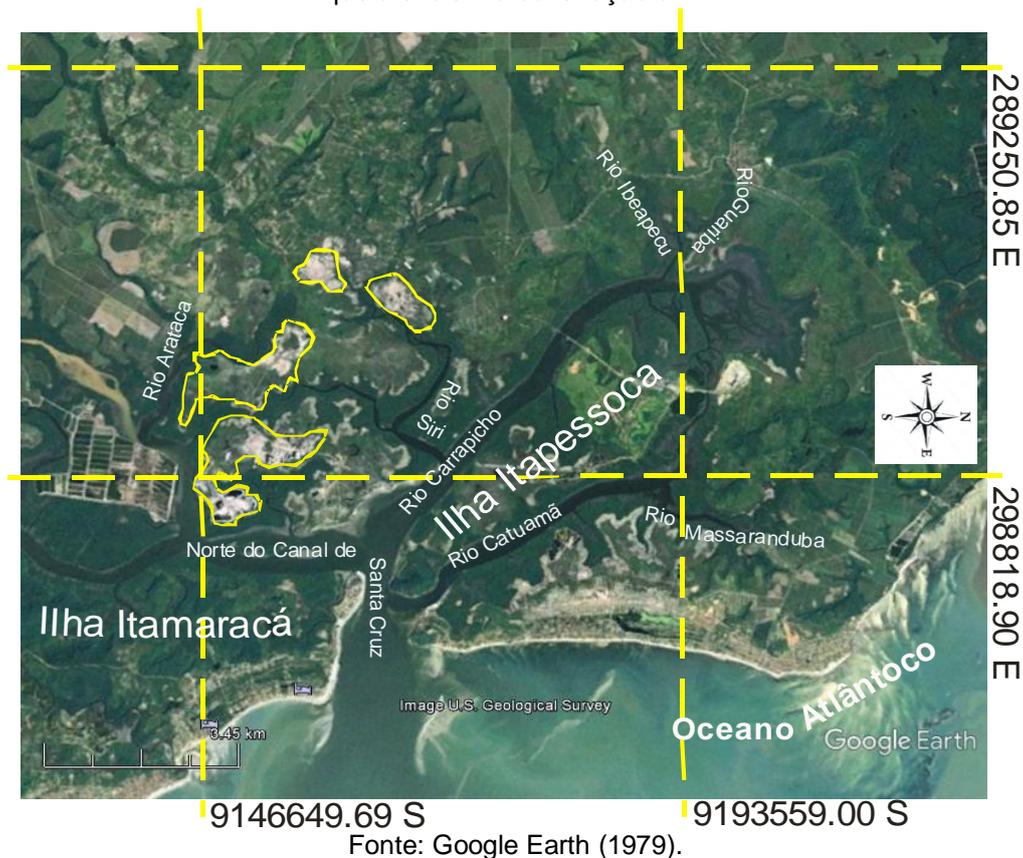
Outras atividades de impacto são os despejos urbanos, aterros e retirada da vegetação natural para construções de residências que ocorrem no lado direito do rio Itapessoca (Rio Catuamã). Seus efeitos têm ameaçado a vegetação natural, causando o desaparecimento de habitats específicos, produzindo contaminação do solo, da água e dos organismos, além de profundas modificações na estrutura das comunidades aquáticas. De acordo com Santos (2008), a influência desses fatores está principalmente relacionada à falta de conhecimento dos valores ecológicos e econômicos do ecossistema estuarino, como também a falta de planejamento adequado e de instrumentos de gerenciamento dos recursos naturais. E esse trabalho vem contribuir no zoneamento de setores que sofrem influência direta e indiretamente das ações antrópicas e como este estuário responde a essa influência.

**FIGURA 1** – Contornos em cor vermelha são atividades de carcinocultura em área circunvizinha ao manguezal.



Fonte: Google Earth (2013).

**FIGURA 2** – Contornos em cor amarela são antiga área de extração de areia que atendiam a construção civil.



De acordo com Pinheiros (2003), as consequências das atividades que geram impactos nas movimentações dos sedimentos nos estuários são:

- 1) Diminuição da competência de transporte sedimentar do rio, provocando assoreamento, salinização e erosão ao longo da praia, próxima a desembocadura por déficit de sedimento;
- 2) na parte interna do estuário passa a existir uma zona onde os sedimentos finos em suspensão estão mais concentrados formando o corpo lodoso;
- 3) as partículas de dimensão inferior a areias ( $<62\mu\text{m}$ ), uma vez depositadas são difíceis de remobilizar;
- 4) Declínio da biodiversidade no ambiente estuarino.

Com base nessas consequências, faz-se necessário compreender como as atividades antropogênicas afetam a dinâmica estuarina do rio Itapessoca, através da aquisição e aperfeiçoamento do conhecimento sobre a área. Tendo esses dados é possível correlacionar os impactos com ambientes estuarinos de outras áreas semelhantes ao rio Itapessoca.

Mediante a exposição dos argumentos da importância do ambiente estuarino para a vida marinha e para população que dela vive, o governo federal deliberou órgãos competentes de nível estadual e municipal. Esses órgãos podem elaborar leis próprias que complementem a constituição na obrigatoriedade de preservar o meio ambiente, que é um bem comum a todos.

Sendo assim, o Governo de Pernambuco em suas atribuições, resolveu designar que os manguezais do rio Itapessoca serão considerados Áreas de Preservação Permanente no artigo 2o, da Lei Federal no 4.771, que institui o Código Florestal Brasileiro, em 15 de setembro de 1965. Respalado na Lei Federal acima, o Governo do estado de Pernambuco assinou a Lei Estadual no 9.931, de 11/12/1986, no art. 2o, que define como reserva biológica e de Área de Proteção Permanente a área estuarina do rio Itapessoca, rio Goiana, rio Megaó, Rio Jaguaribe e canal de Santa Cruz.

O desenvolvimento de estudos no estuário do rio Itapessoca se torna imprescindível, desde que se baseie na importância do ambiente estuarino para as áreas costeiras adjacentes e nas informações valiosas, contidas nos sedimentos do ponto de vista físico, químico, biológico e geológico.

## 1.2 OBJETIVOS

O objetivo principal desta tese é descrever a dinâmica dos processos sedimentológicos e hidrodinâmicos. Os objetivos específicos estão listados abaixo:

- Estudar a morfologia do estuário e do material sedimentar (batimetria e sedimentologia);
- Verificar Hidrodinâmica local, sob a influência da maré de sizígia;
- Determinar a variação de parâmetros físico-químicos como: pH, salinidade e temperatura durante o período de estudo;
- Confeccionar carta batimétrica e faciológica;
- Relatar as possíveis alterações morfodinâmicas da área adjacente ao longo do tempo (50 anos) através de registro de fotografias aéreas (Força Aérea Brasileira - FAB-1969), imagens de satélite (Google Earth, 2012) e carta da Marinha do Brasil (MB nº 910, 1961).

### 1.3 HIPÓTESES

As hipóteses que nortearam este trabalho foram estruturadas sob as seguintes afirmativas:

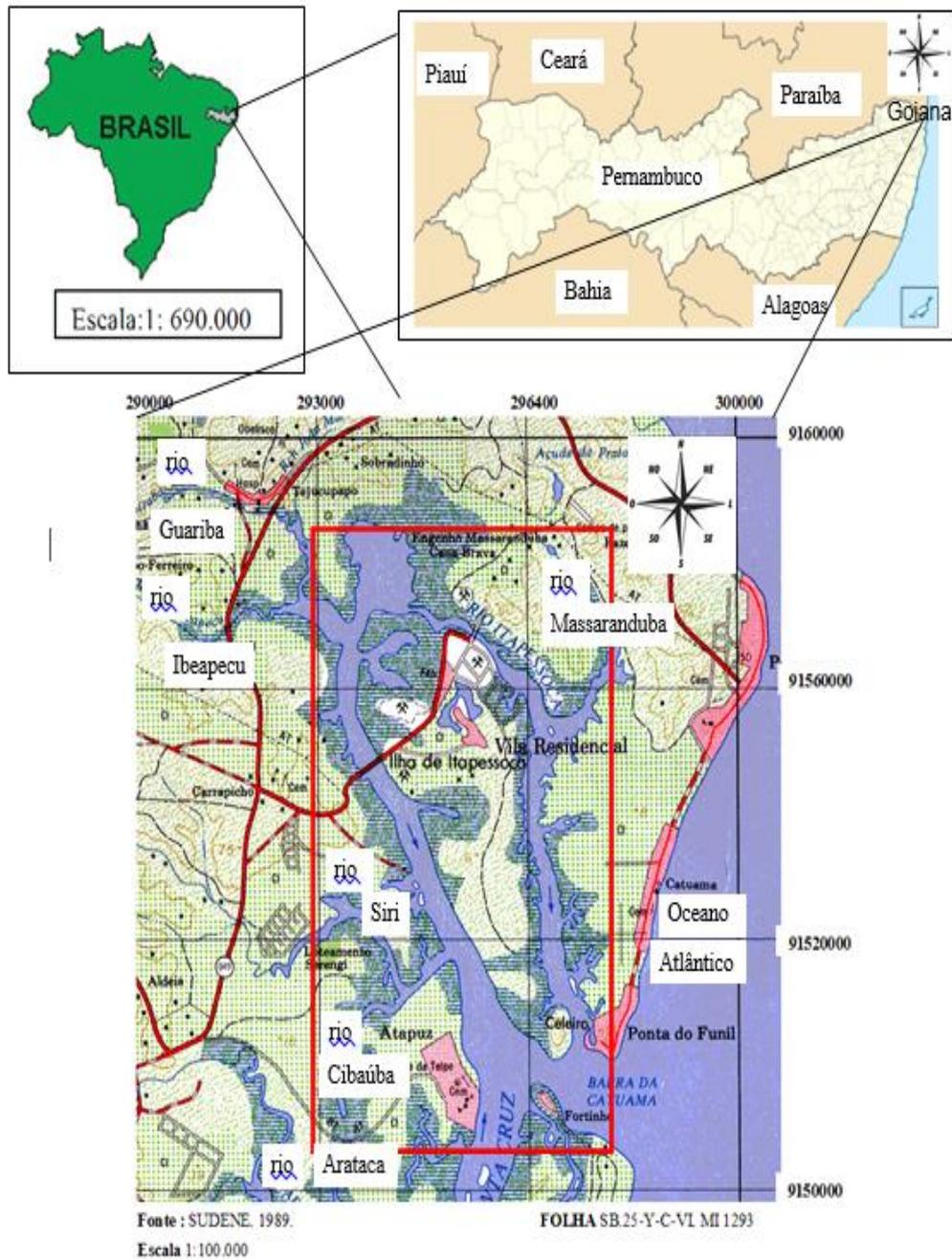
- 1) Os estuários dos rios Carrapicho e Catuamã do litoral norte de Pernambuco podem ser considerados, segundo Stommel (1953), como estuários positivos, cujos parâmetros, observados durante o período chuvoso, quanto à circulação e distribuição de sedimentos até a plataforma, apresentam características tipicamente estuarinas.
- 2) As bacias de drenagens dos rios investigados situados na zona costeira norte de Pernambuco apresentam condições climáticas favoráveis associadas ao intenso transporte e à disponibilidade de sedimentos durante grande parte do ano.
- 3) O conhecimento detalhado dos parâmetros físico-químicos, sedimentológicos e hidrodinâmicos são suficientes para caracterizar os processos naturais que ocorrem dentro do ambiente estuarino, e também como esse mesmo ambiente pode se reconfigurar de acordo com a influência antrópica; considerando-o como um importante sistema costeiro.
- 4) As instalações de empreendimentos nas proximidades dos afluentes do sistema estuarino afetam de forma direta e indiretamente a sustentabilidade daquele meio ambiente, tendo conhecimento da elevada capacidade de produção devido à flora e à fauna abundante que compõem o estuário e a população ribeirinha que vive explorando estas riquezas.

## 2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A área de estudo está localizada no estuário do rio Itapessoca que circunda a Ilha de Itapessoca no município de Goiana. Está situada na mesorregião da mata norte e na microrregião da mata setentrional do estado de Pernambuco (Figura 3). O distrito de Pontas de Pedra está localizado a uma distância de 73 km da cidade do Recife e aproximadamente 10 km da divisa com o estado da Paraíba. Goiana é constituída por dois distritos, a saber: Pontas de Pedra e Tejucupapo. Sendo que o segundo distrito incorpora 5 (cinco) vilas e um povoado que são: Tejucupapo, Itapessoca, São Lourenço, Gambá, Atapuz e o povoado Ibeapecu. Sendo assim, a vila de Itapessoca é uma ilha do distrito de Tejucupapo.

O estuário em questão apresenta extensa área estuarina com 39,98 km<sup>2</sup>, de acordo com o FIDEM (2007). A área está inserida na Folha SUDENE (1989) Itamaracá (SB25-X-C-VI) MI-1293, na escala 1:100.000, conforme a figura (3). O acesso a partir de Recife pode ser feito através das rodovias BR-101-Norte, seguindo pela PE-15 (via Paulista) e PE- 49 em direção a Ponta de Pedras.

FIGURA 3 – Mapa de localização da área de estudo



## 2.1 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

No litoral no norte de Pernambuco é caracterizada como tropical úmido com média histórica elevada. O relevo é caracterizado por relevo de áreas de morros contínuos em forma de tabuleiros costeiros e plataformas (chãs) de mares, praias e restingas, região de morro, bastante dissecados, áreas frutuosas de erosão de superfícies antigas. A planície costeira descontínua, com áreas de acumulação marinha e flúvio-marinha, falésia e estuários. A cobertura vegetal do litoral norte de Pernambuco, em sua composição secundária, corresponde à Floresta Atlântica. Cujas vegetação exuberante e diversidade biológica têm sido, desde os tempos coloniais, destruídas pela cultura da cana-de-açúcar e do coco.

### 2.2.1 Clima

O sistema de circulação atmosférica atuante no nordeste do Brasil é representado pela massa equatorial atlântica, polar atlântica e um sistema de ventos alísios, cuja dinâmica se reflete sobre as condições climáticas costeiras, inclusive onde se encontra o município de Goiana, atravessado por índices pluviométricos anuais que variam de 1.932,3 a 975,6 mm anuais. Os ventos que sopram no litoral norte de Pernambuco geralmente têm direção SE nos meses de setembro a fevereiro; quando sopram com mais força, tornam o céu limpo e o tempo seco; e nos meses de março a agosto os ventos tomam a direção NE, com aumento das precipitações (CPRH, 2003).

As áreas litorâneas, segundo a classificação climática de Köppen (1948), apresentam um clima tropical chuvoso tipo As' ou "tropical úmido", que se caracteriza por ser quente e úmido, com chuvas que se concentram entre os meses de março a agosto, e temperaturas médias anuais variando em torno de 24°C, considerando este período o menos quente do ano, com amplitude térmica anual bastante baixa (cerca de 3°C).

O período chuvoso ocorre entre os meses de abril a agosto. Os meses mais secos são os de novembro e dezembro, cujas máximas de verão são compensadas por brisas marinhas (CPRH, 2003). A umidade costeira no nordeste do Brasil com valores estimados em torno de 60% ao ano, decorrem da frente polar atlântica que toma direções SW-NE, tendo seu avanço para o continente facilitado pela morfologia litorânea (HECKENDORFF; LIMA, 1985).

### **2.2.2 Relevo**

A exemplo do Brasil, os relevos litorâneos (tabuleiro costeiro) e planícies constituídas por pequenas elevações que variam entre 0 e 200 metros que se estendem nas regiões sedimentares dos grandes rios e suas bacias.

O relevo do litoral norte de Pernambuco, especificamente no distrito de Pontas de Pedra em Goiana predomina unidade dos tabuleiros costeiros e uma pequena área do município se insere na unidade das baixadas costeiras, caracterizada por restingas e mangues.

O ambiente de Tabuleiros Costeiros na Região Nordeste compreende uma área de aproximadamente, 8,42 milhões de hectares e se caracteriza predominantemente por áreas de relevo de plano a ondulado com altitude média de 50-100m e platôs de origem sedimentar, que apresentam grau de entalhamento variável, ora com vales estreitos e encostas abruptas, ora abertos com encostas suaves e fundos com amplas várzeas.

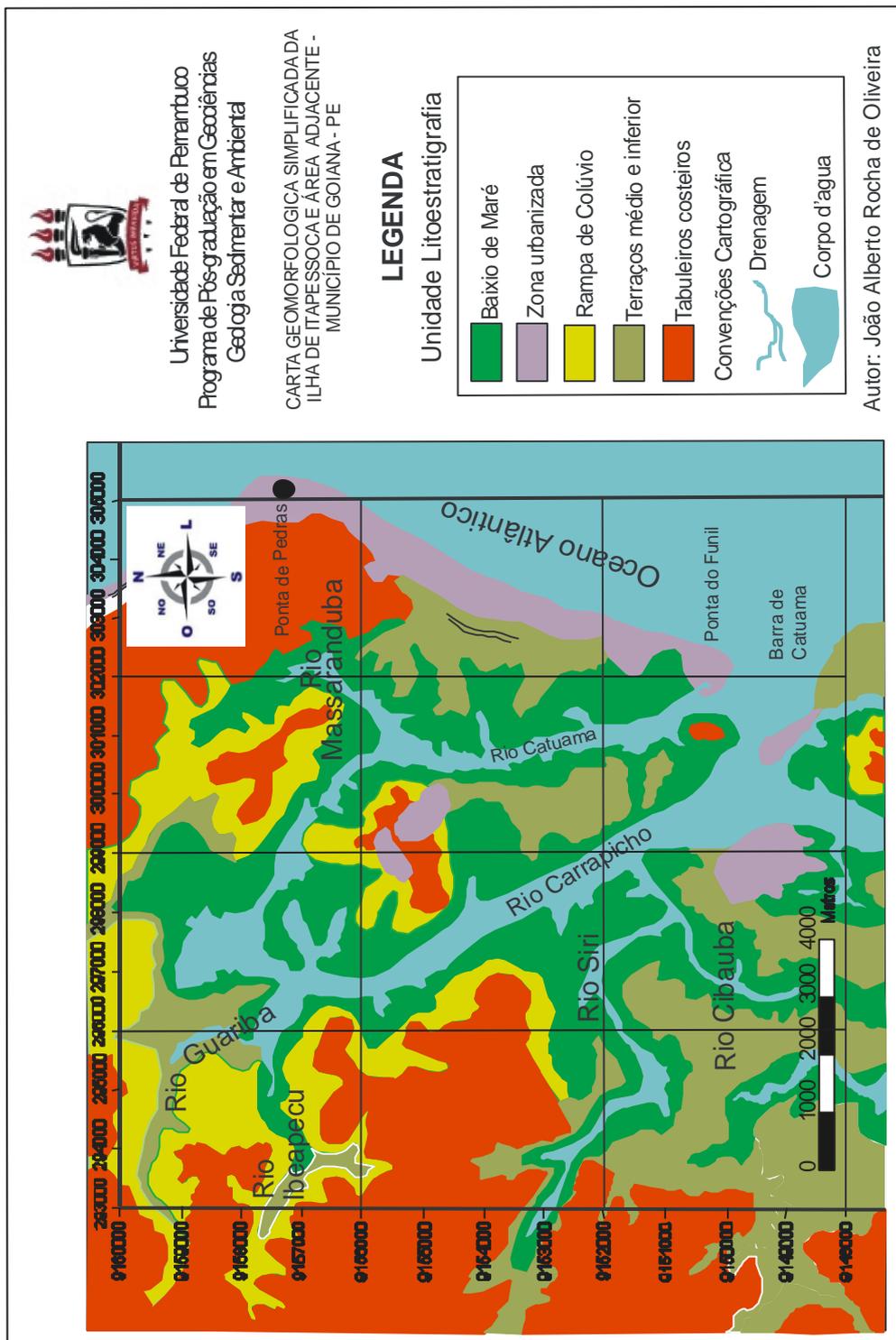
Na área investigada, o relevo se mantém plano e baixo no vale do rio Itapessoca e se eleva até a altitude de 70 metros em suas vertentes a leste e por mais de 100 metros ao oeste da área. A queda abrupta daquela elevação em frente à planície costeira dá origem às falésias comuns em grande parte do litoral nordestino. A linha de costa é irregular e as praias são côncavas no sentido leste (AMARAL, 1987).

### 2.2.2.1 Unidades geomorfológicas

A faixa costeira de Pernambuco apresenta comportamento crono litológico diferente ao norte e ao sul do lineamento Pernambuco que corta a cidade do Recife. Ao norte predominam as superfícies dos tabuleiros e da planície costeira e ao sul, há uma presença do domínio colinoso em substituição à superfície dos tabuleiros, conforme a figura (4).

A morfogênese e evolução dessas unidades estão condicionadas a fatores estruturais e morfoclimáticos. Os fatores estruturais se referem às bases geológicas e tectônicas que determinam as grandes unidades do relevo, ao passo que a modelação detalhada, geralmente, é controlada pelos sistemas climáticos atuais e pretéritos. De acordo com Mabeoone & Silva (1989), as condições morfoclimáticas são determinadas pelo clima quente e úmido da faixa costeira atlântica, resultando como consequência do produto de intemperismo, uma morfologia típica, de formato colinoso sobre as rochas cristalinas e no sedimento Cretáceo.

Figura 4 - Mapa de superfície dos tabuleiros costeiros a oeste da área de estudo



Universidade Federal de Pernambuco  
 Programa de Pós-graduação em Geociências  
 Geologia Sedimentar e Ambiental

CARTA GEOMORFOLOGICA SIMPLIFICADA DA  
 ILHA DE ITAPESSOCA E AREA ADJACENTE -  
 MUNICIPIO DE GOIANA - PE

**LEGENDA**

Unidade Litoestratigráfica

	Baixo de Maré
	Zona urbanizada
	Rampa de Colúvio
	Terraços médio e inferior
	Tabuleiros costeiros
	Convenções Cartográfica
	Drenagem
	Corpo d'água

Autor: João Alberto Rocha de Oliveira

Fonte : O autor, 2015.

### 2.2.2.2 Tabuleiros costeiros

Segundo Xavier (2007), os tabuleiros costeiros também conhecidos como baixos platôs são feições morfológicas predominantes ao norte do lineamento de Pernambuco. Essas superfícies encontram-se limitadas a leste pela baixada litorânea ou áreas baixas, às vezes, em forma de escarpas e a oeste, pelo relevo colinoso e formas tabulares (superfícies de chãs), as quais resultaram do intemperismo do embasamento cristalino.

Ainda Xavier (*op. cit*) comenta que a evolução do tabuleiro costeiro que é um macro-compartimento, está litologicamente associado aos sedimentos da Formação Beberibe e, especificamente da Formação Barreiras, uma das mais importantes ocorrências sedimentares do litoral norte. Essa feição ocorre de forma descontínua, ao longo do litoral entre Recife a Natal. Essas ocorrências, segundo Mabeoone & Silva (1991), estiveram condicionadas ao clima quente e úmido da faixa leste do atlântico. O produto, gerado devido ao intemperismo, sob a ação desses elementos, deu origem a morfogêneses típicas, que atingiram as rochas cristalinas e os sedimentos Cretácicos.

De acordo com estudos desenvolvidos pela CPRM (2003), o relevo foi elaborado à custa dos sedimentos da Formação Barreiras e está constituído por tabuleiro, cuja altitude varia entre 40 a 72 metros, próximo à planície na porção oeste do litoral norte de Pernambuco. Os tabuleiros são elevações de topo plano, cortados entre vales estreitos e profundos, cujas vertentes apresentam declividade alta (>30%) e média (15 a 30%) constituindo um fator restritivo do uso agrícola, urbano e do solo, na maior parte da área.

### 2.2.2.3 Planície Costeira

A planície costeira é o seguimento litorâneo onde se concentra a maior parte da ocupação humana, na qual se sucedem as maiores taxas de crescimento demográfico da área. Podem ser constituídas pelos seguintes depósitos: fluviais, manguezais, praias, terraços marinhos, flechas litorâneas e recifes. Morfologicamente, são áreas planas e extensas, que raramente ultrapassam 8 metros de altitude. Na área de estudo, há o registro dos depósitos de manguezais, praias e terraços marinhos.

Os depósitos de manguezais ocorrem nas áreas sujeitas à ação das marés. São característicos de ambientes estuarinos tropicais, onde a salinidade elevada do solo e o substrato lamoso resultante da sedimentação flúvio-marinha, propiciam o desenvolvimento da vegetação de mangue. Esse depósito está constituído por materiais siltico-argilosos com quantidades expressivas de matéria orgânica, evidenciada pela coloração escura. Na área de estudo, especificamente o rio Itapessoca apresenta enorme quantidade de nutriente e alta produtividade das águas, tornando o manguezal um habitat de fauna diversificada e abundante (XAVIER, 2007).

Os terraços marinhos são depósitos de areias quartzosas inconsolidadas que ocorrem tanto na porção interna quanto na externa da planície, estando sua origem associada às oscilações do mar, ocorrida durante o período quaternário (XAVIER, 2007).

Os terraços marinhos holocênicos apresentam forma contínua, paralela à linha de costa e com altitudes acima do nível da preamar, estando em alguns trechos, separado dos primeiros por pequenos rios denominados Maceió. Esses terraços ocorrem nas praias em forma de cordões arenosos, contínuos, constituídos por areias médias e finas, esbranquiçadas e incoerentes, depositados pela ação das ondas.

Na parte leste da área de estudo, que circunda a margem direita do rio Catuamã, entre a vila de Pontas de Pedra até o morro de Catuamã, o terraço se encontra densamente povoado e loteado (XAVIER, 2007).

Estes depósitos ocorrem em estreita faixa da atual zona de praia, que constitui a porção mais externa da planície costeira. Próximo à área de estudo

este depósito atua como importante elemento de proteção costeira, ao mesmo tempo em que é amplamente usada para o turismo e o lazer.

Estas feições ocorrem ao longo de todo o litoral de Pontas de Pedra, Catuamã, Barra de Catuamã e Tabatinga, geralmente com declividade muito baixa.

#### 2.2.2.4 Falésia

De acordo com Xavier (2007) as falésias são caracterizadas por feições erosivas (escarpas) que representam na paisagem mais um testemunho da regressão e da transgressão marinha ocorrida durante o Neógeno ( $\pm 23$  Ma), que teve como características principais, ciclos periglaciais a glaciais, intercalado por épocas de temperaturas elevadas o que, possivelmente, influenciou na formação de um relevo irregular e escarpado, predominantemente ao longo dos litorais.

As falésias em contato direto com o mar, são denominadas de ativas ou vivas e as que se encontram na retaguarda de falésias mortas

### 2.2.3 Vegetação

A área de estudo possui extensos manguezais, ocupando uma área de 39,98 km<sup>2</sup>. Os manguezais são ecossistemas que sofrem influências diretas da maré. As espécies dominantes da área são: o mangue vermelho (*Rhizophora mangle*), o mangue sp (*Laguncularia racemosa*), o mangue saraíba ou siriúba (*Avicennia schaueriana*) e o mangue botão (*Conocarpus erectus*) (FIDEM, 1987).

Nas áreas de terra firme e solo arenoso distante das águas oceânicas, surgem a vegetação de praia e, logo após, a vegetação de restinga e terraço litorâneo. A vegetação rasteira se desenvolver nos baixos arenosos das praias, restingas e terraços litorâneos, sendo representada por vegetais herbáceos psamófilos, como as gramíneas e as ciperáceas de folhas espessas que fixam as dunas.

Nos ambientes estuarinos do entorno da Ilha de Itapessoca, as vegetações encontradas são as halófitas. Essa vegetação se faz presente pelo porte médio a baixo; são identificadas e definidas com sua habitual sobrevivência ao longo da proteção da costa *intertidal* esta em correlação em que corresponde à área inundada da planície litorânea. Segundo Oliveira & Tavares (2000) foi constatada a presença de alta salinidade no afluente do rio Ibeapeçu e as vegetações halofitas entre elas são: *Sesuvium portulacastrum*, *Blutaparon portulacoides* *Sporobolus virginicus* representantes das famílias Aizoaceae, Amarathaceae e Poaceae, respectivamente.

### 2.3 CONTEXTO GEOLÓGICO

O Embasamento Cristalino no nordeste do Brasil compõe a denominada Província da Borborema, termo usado por Almeida *et. al.* (1977) para englobar o conjunto de unidades geológicas estabilizadas ao final da orogênese brasileira. Essa província representa um segmento crustal de uma extensa faixa fortemente afetada pela deformação Brasileira/Pan africana (600±50 Ma), resultante da colisão entre os crátoms do Oeste Africano/São Luís e Congo-Kasai/São Francisco, que constituíram massas continentais consolidadas em tempos pré-Brasilianos (Brito Neves *et. al.* 2001). Os limites desta província são marcados a norte e leste por bacias sedimentares costeiras, a oeste pela Bacia do Parnaíba e a sul pelo Cráton São Francisco.

A Província da Borborema compreende várias áreas de rochas gnáissico-migmatíticas de idades arqueana e paleoproterozóicas, correspondendo ao substrato geológico regional (Jardim de Sá *et. al.*, 1994 & Brito Neves *et. al.* 2001). Elas compõem blocos separando extensas faixas de rochas supracrustais, cujas idades variam Paleo-a Mesoproterozóicas (Zona Transversal, entre os lineamentos Pernambuco e Patos, Ceará Central, Faixa Seridó) a Neoproterozóicas (NW do Ceará e faixa Sergipana e Riacho do Pontal. As duas últimas, no limite sul da província). Duas características marcantes da província são o expressivo magmatismo brasileiro e o notável sistema de zonas de cisalhamento, constituindo o último episódio de deformação dúctil regional.

O substrato da Bacia da Paraíba é formado por rochas pré-cambrianas, pertencentes à Província Borborema que estão inseridas no chamado Domínio Transversal, correspondente à região de limitada pelas megazonas de cisalhamentos Patos (ZCPA), a norte, e Pernambuco (ZCPE), e ao sul. Este embasamento é apresentado como uma rampa estrutural suave, com inclinação entre 1 e 3°, encontrando-se mais rebaixado nos depocentros de Itamaracá e de João Pessoa (BARBOSA, 2007b).

O Domínio da Zona Transversal (DZT) está representado pelos terrenos tectono-estratigráficos denominados de "Alto Pajeú" (TAP), "Alto Moxotó" (TAM) e Rio Capibaribe (TRC), de norte a sul, respectivamente. Trata-se de segmentos crustais limitados por zonas de cisalhamentos e com desenvolvimento estratigráfico e de evolução tectônica, definidas e distintas dos terrenos adjacentes (SOUZA, 2006).

A área de estudo se insere no terreno rio Capibaribe que é embasamento da Sub-bacia Olinda, localiza-se na parte S-SE, tendo como confinantes, ao sul, o terreno Pernambuco- Alagoas do Domínio Externo, (limite este marcado pelo Lineamento Pernambuco) e, ao norte-nordeste, pelo TAM através da ZC Congo-Cruzeiro do Nordeste, apresentando *trend* E-NE. Uma evolução policíclica é proposta para esse terreno, marcado por regimes de deformações tangenciais, com idades atribuídas ao Mesoproterozoico e/ou Meso-Neoproterozoico/ Cariris Velhos (D1/D2), e deformação transcorrente de idade neoproterozoica/Brasiliano (D3), as quais foram responsáveis pelo modelamento atual da área. Tem características litoestratigráficas similares ao TAM, sendo mais, energeticamente, envolvido, na orogênese Brasileira. O metamorfismo M1/M2, associado às deformações tangenciais D1/D2, atingiu a fácies metamórfica anfíbolito alto/granulito, com anatexia parcial enquanto o evento M3 (associado à deformação transcorrente brasileira D3) atingiu a fácies xisto verde até a isógrada da sillimanita (SOUZA, 2006).

O embasamento local da área investigada, segundo Oliveira e Ramos (1956), encontra-se na região da quadrícula de Pontas de Pedra, com profundidade de 230 metros nas proximidades de Tejucupapo. O referido embasamento encontra-se recuado ocupando faixa estreita da porção oeste da área da investigada CPRH (1992); Segundo Manso *et al.* (1997, *in*: SILVA, 2005), o embasamento cristalino é constituído por dois tipos litológicos

distintos: rochas graníticas e rochas metassedimentares. Essas rochas são constituídas, principalmente, por granitos, migmatitos, gnaisses e xistos.

A evolução da Bacia Paraíba - muitas foram às teorias sobre a evolução dessa bacia (SZATIMARI *et. al*, 1987) comenta que a margem continental brasileira, relacionada com os eventos que conduziram à abertura do Oceano Atlântico Sul, resultou na ruptura do antigo supercontinente Pangea, a partir de um sistema de fraturas tipo rifte e da ação de movimentos distensionais ocorridos de forma contínua a partir do Jurássico-Cretáceo Inferior. Nessas circunstâncias, desenvolveram-se as bacias marginais no Nordeste (MATOS, 1992).

Rand (1976) comenta que o surgimento das Bacias Pernambuco e Paraíba ocorreu com a ruptura do continente Sul - Americano e África (BARBOSA, 2004).

Ainda Rand & Mabesoone (1982) e Rand (1985) argumentam que existiam dois oceanos: o Atlântico Equatorial e o Mar de Tétis que se comunicava por um estreito ou em largo canal em frente à região da Bacia Paraíba. Rand & Mabesoone (1982) levam em conta a paleogeografia e estratigrafia como hipótese, isto devido aos registros fósseis do Maastrichtiano (BARBOSA, 2004).

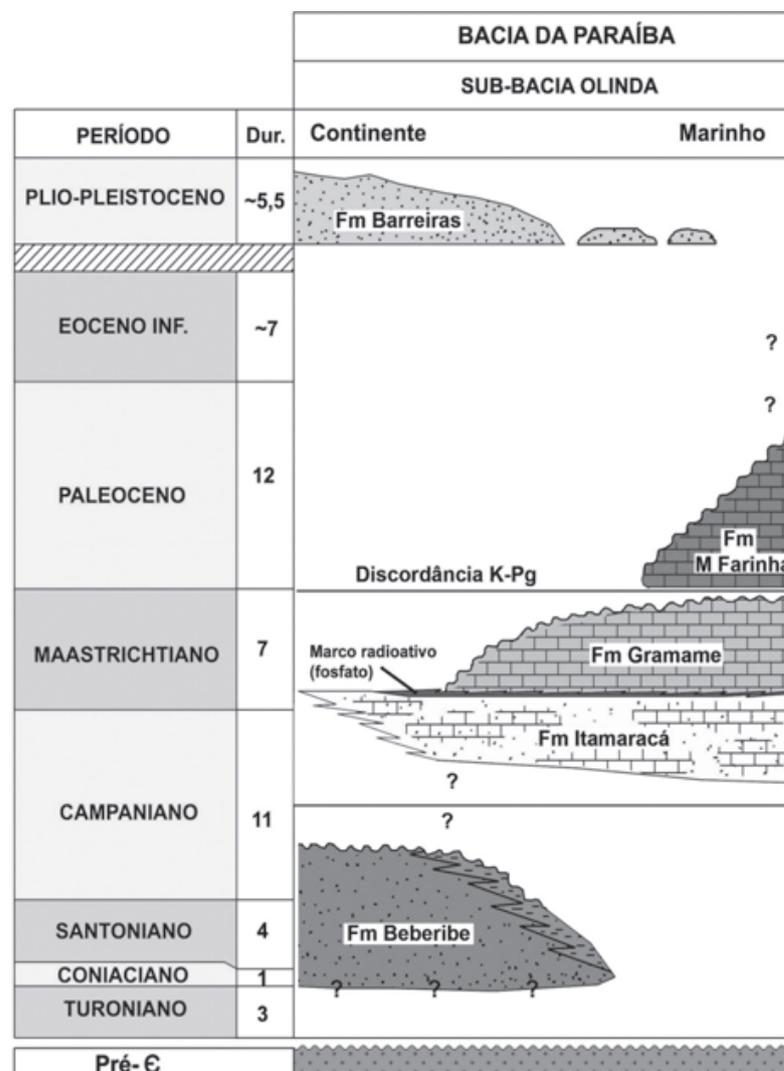
Vários foram os discursos na tentativa de levantar dados do comportamento da região da Bacia Paraíba durante o Cretáceo Superior e qual o seu papel, período de separação dos continentes, e abertura do Atlântico. De acordo com Barbosa (2004), a Bacia Paraíba viria a receber sedimentação marinha apenas no andar Santoniano – Campaniano. Esta sedimentação pode também ter ocorrido só no Campaniano, sendo esta ideia abordada por Rand & Mabesoone (1982) e Rand (1985).

A Bacia Paraíba, conforme Mabessone & Alheiro (1988 & 1993) está dividido em várias Sub Bacias, mas efeito de estudo da área de pesquisa, será abordada apenas a Sub-Bacia Olinda. Esta sub-bacia limita-se ao sul pelo lineamento Pernambuco na cidade de Recife e ao norte, pela falha de Goiana.

A Bacia da Paraíba de Idade Campaniana se desenvolveu sob condições de baixo tectonismo, quando comparadas à geração das bacias sedimentares marginais (ALHEIROS, 1998).

Recobrem indistintamente rochas pré-cambrianas onde se encontram os sedimentos Cretácicos das Formações: Beberibe, Itamaracá, Gramame, sedimentos paleógenos da Formação Maria Farinha, sedimentos neógenos da Formação Barreiras, e sedimentos do quaternário da planície pernambucana. Neste último encontram-se os terraços marinhos pleistocênicos e holocênicos (BARBOSA, 2007) conforme a figura (5).

**FIGURA 5** – Coluna estratigráfica proposta para faixa costeira da Bacia da Paraíba



Fonte: Modificado de Barbosa, 2004 *apud* Barbosa, 2007

## 2.4 FAIXA SEDIMENTAR

Sobre o embasamento cristalino deposita-se um pacote sedimentar cretáceo-paleocênico, de caráter continental/marinho e transgressiva/regressivo; Toda a sequência é então recoberta por sedimentos terciários e quaternários (LAGESE, 2003).

A costa pernambucana registra um litoral de 187 km, de linha de praia mais ou menos contínua. De acordo com a literatura (CPRH 2003, *In*: Lima-Filho, 1998), o lineamento Pernambuco separa o estado em duas bacias diferenciadas por critérios geofísicos e geotectônicos; a primeira é a Bacia Pernambuco (sul), onde o domínio colinoso é marcante, e a segunda a Bacia da Paraíba (norte), que se divide em duas sub-bacias, Alhandra-Miriri, e Olinda, com o predomínio de superfícies de tabuleiros e planície costeira estando inserido o rio Itapessoca. Sendo a região abordada nesse trabalho.

As formações identificadas na área de estudo são: Formação Barreiras, Maria Farinha, Itamaracá, Gramame Formação e Beberibe; essas formações estão distribuídas ao longo do litoral norte de Pernambuco e (CPRM, 2015).

De acordo com a CPRM (2015), essas formações geológicas que integram a Bacia Sedimentar Costeira da Paraíba, seguem uma sequência estratigráfica que varia do Cretáceo ao Pleistoceno e mergulham suavemente para leste, com inclinação da ordem de 28 m/km. A espessura aumenta em metro, gradativamente na direção do Oceano Atlântico

## 2.4.1 Unidades mesozóicas

Essa unidade apresenta um pacote sedimentar que está representada e repousa sobre as unidades do embasamento pré-cambriano, nas sequências de sedimentos continentais (Formação Beberibe) e marinhos (Formações Gramame e Itamaracá).

### 2.4.1.1 Formação Beberibe

O termo Formação Beberibe foi aplicado pela primeira vez por Kegel em (1957) para designar o afloramento das camadas microclásticas observadas no vale do rio Beberibe. Hoje, ela engloba toda a sucessão clástica da Bacia Paraíba.

Segundo Mabeoone & Alheiros (1991) essa formação apresenta uma sequência arenosa, com espessuras de 200 metros, em geral, a fossilíferas, constituída de arenitos friáveis mal selecionados de componentes argilosos, cores que variam entre cinza a creme. No topo, predominam arenitos médios a finos, intercalados por camadas silítico-argilosas, com restos fossilíferos. Em sua subsuperfície foi identificada uma passagem lateral, de certo, em geral caracterizada por interdigitação e com menor frequência, por gradação, para um arenito duro, com cimento carbonático e fragmentos de organismos não identificados.

Na área de estudo, a Formação Beberibe pode ser localizada a sudoeste da Ilha de Itapessoca em especial, na parte do alto médio vale do rio Siri e povoado de Atapuz (Goiana-PE). De acordo com DNPM (1995), o material dessa formação é largamente explorado para a construção civil devido ao seu caráter aquífero à Formação Beberibe constituindo a mais importante reserva de água subterrânea da Região Metropolitana do Recife (RMR).

#### 2.4.1.2 Formação Itamaracá

Caracteriza o arenito grosso, calcífero, descoberto a sudeste da Ilha de Itamaracá, Kegel (1957) utilizou o termo Formação Itamaracá. Com o passar do tempo, este termo foi extinto por Maciel (1981) ao incorporar a sequência desse arenito na sequência dos calcários Gramame como uma fácies basal e arenosa desta unidade.

Para alguns pesquisadores, essa formação seria apenas uma continuidade transicional entre as Formações Beberibe e Gramame, ou ainda, uma representante do estágio final da deposição da sedimentação da Formação Beberibe. Beurlen (1967) distingue essa formação como a base de uma fácies marinha, representada por arenitos carbonáticos. Para Amaral & Menor (1979) e Rodrigues (1983), a referida Formação é de idade Cretácica (Campaniana-Maastrichtiano) e representa a fácies marinha meso-infralitoral, caracterizando o início da transgressão sobre a parte atualmente emersa da bacia. Esta formação é classificada como uma sequência carbonática superior de caráter químico/bioquímico dominante com fácies terrígena subordinada, juntando-a as Formações Gramame e Maria Farinha.

#### 2.4.1.3 Formação Gramame

Esta Formação emerge em toda a porção oriental da área do litoral norte à retaguarda dos depósitos aluviais e de mangues, avançando ao norte do vale do rio Itapessoca. A Formação Gramame é constituída de calcários argilosos, margas e delgadas intercalações de argilas calcíferas. O seu depósito está associado à fase marinha transgressiva do Cretáceo Superior (KEGEL, 1955). Gomes (2001) comenta que a Formação Gramame mostra um caráter transgressivo sobre os arenitos Beberibe. Já para Mabesoone & Alheiros (1991) e Silva (2005), apresenta-se dividida em três fácies:

- a) **Fácies basais:** composta por calcarenitos de coloração creme, biomicríticos, muitos fossilíferos, com conchas espessas bastante quebradas. Ocorre em uma sequência dolomítica, biomicrítica argilosa, que, microscopicamente apresenta foraminíferos.
- b) **Fácies fosfáticas:** composta por calcários arenosos, argilosos e fosfatizados, também muito fossilíferos, no entanto, em tamanhos menores que as fácies basais.
- c) **Fácies do topo:** composta por calcários biomicríticos argilosos.

A Formação Gramame alcança espessuras sedimentares de até 55m, sendo que dois terços são formados por calcários argilosos acinzentados com margas e argilas mais puras.

Segundo registro de solicitação do DNPM (1995), tanto os depósitos da Formação Gramame como os da Formação Maria Farinha tem sido intensamente explorado pela indústria, para utilização de calcário como matéria-prima na produção de cimento e cal.

Na área de estudo encontra-se instalada a fábrica de cimento do Grupo João Santos, na Ilha de Itapessoca.

## 2.4.2 Unidades cenozóicas

A unidade cenozóica é composta por duas Formações e um depósito costeiro. A formação Barreira foi utilizada para nomear a camada sedimentar exposta no tabuleiro da costa atlântica nordestina. Enquanto a Formação Maria Farinha apresenta origem marinha com evidências de ambiente de sedimentação marinho pouco profundo e relativamente próximo à costa. Enquanto, os Depósitos Quaternários Costeiros do litoral norte de Pernambuco aparecem bem evidentes, de terraço arenoso com característica tipicamente marinha. Sempre mais externos quase que contínuo ao longo da costa, formando faixas alongadas de larguras variáveis, quase sempre apresentando cristas de cordões litorâneos na superfície.

### 2.4.2.1 Formação Marinha Farinha

A Formação Maria Farinha repousa diretamente sobre a Formação Gramame e ambas mergulham, de um modo geral, para leste (BRANNER, 1889, *in*: OLIVEIRA; RAMOS, 1956). Ainda, Oliveira (1953) comenta que as suas camadas são suavemente onduladas no sentido norte-sul. De acordo com Barbosa (2007), essa formação originou-se no Cretáceo – Terciário composta por carbonatos e margas, com incremento de material siliciclástico. Para Feijó (1992), a sequência litológica indica um ambiente marinho regressivo.

Na área em questão, ocorrem dois afloramentos importantes: o primeiro em Itapessoca, no extremo sul da Ilha, e o segundo, na Ponta do Funil próximo à Barra de Catuamã em Pontas de Pedra.

Esta formação aflora como falésia ativa com 801,86 metros em toda a extensão da Ponta do Funil.

#### 2.4.2.2 Formação Barreiras

Formação Barreiras de idade Plio-Pleistocênicas, é a mais extensa dentre as unidades geológicas que ocorrem no segmento litorâneo. Segundo Alheiros (1998) também era denominado de Grupo Barreiras. Hoje, após diversos estudos realizados com detalhamento, foi reconhecido como Grupo. Sendo, epigrafado por Formação é constituído por sedimentos areno-argilosos não consolidados de origem continental Essa Formação acima é de idade Plio-Pleistocênica disposta em discordantemente sobre as formações mais antigas. Na área de estudo o relevo da Formação Barreiras está representada por tabuleiros, cuja altitude varia de 38 a 69 metros, próximos à planície costeira na porção oeste da área.

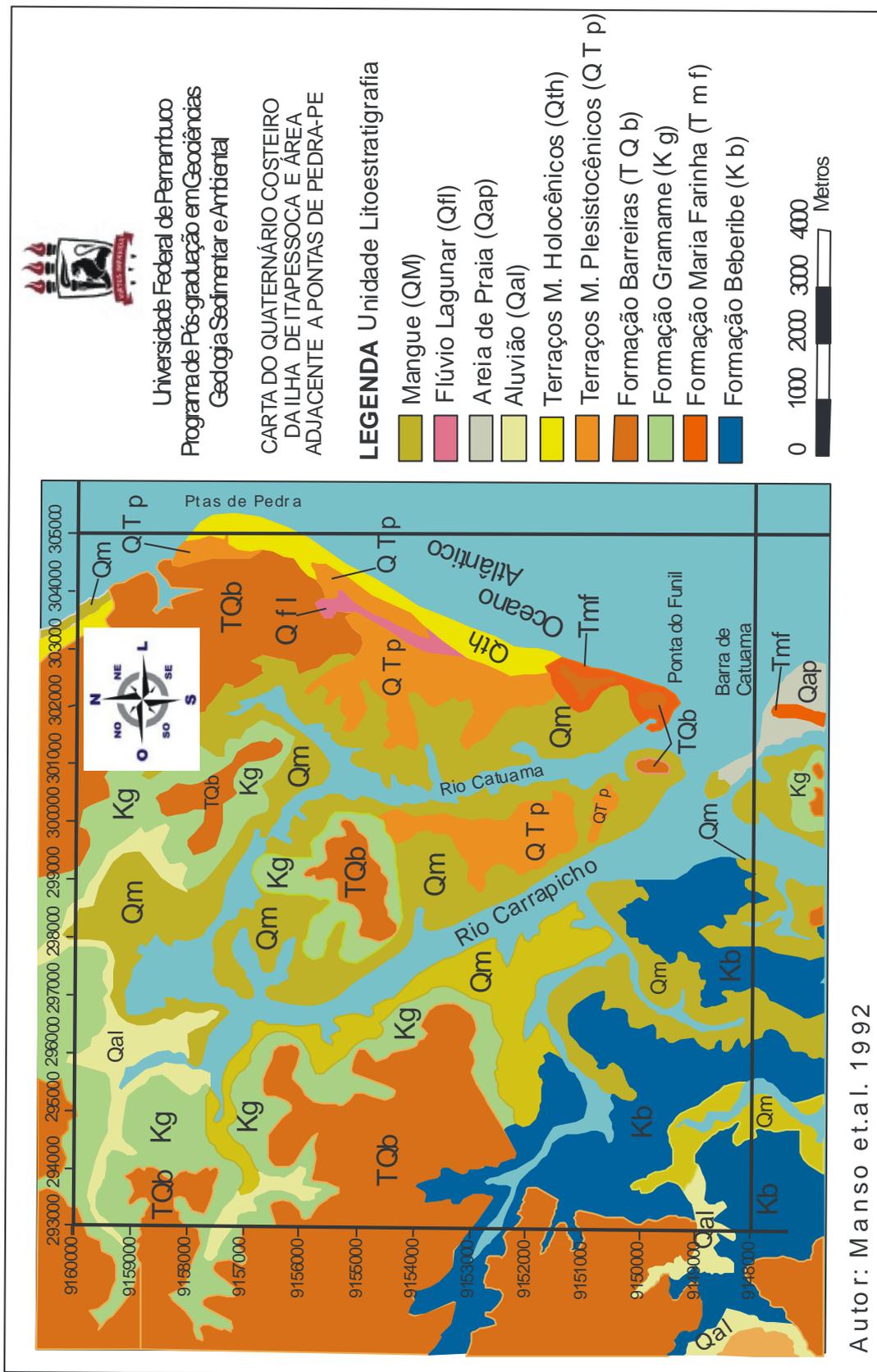
#### 2.4.2.3 Depósitos do Quaternário Costeiro

Os sedimentos do quaternário costeiro são constituídos por sedimentos recentes (terraços marinhos, depósitos aluviais, depósitos de praia e depósitos de mangue).

De acordo com Bittencourt *et. al.* (1979), esses depósitos estão relacionados à variação do nível do mar e podem ser incorporados em um modelo básico de evolução paleogeográfica, associada aos três eventos transgressivos: a transgressão mais antiga, a penúltima transgressão e a última transgressão. Este modelo com variações locais demonstram serem pequenas, e tem sido aplicado, sistematicamente com razoável precisão ao longo da costa brasileira, conforme a figura (6).

Os sedimentos do quaternário na área estudada estão agrupados em uma única unidade estratigráfica denominados de depósitos quaternários, porém caracterizada distintamente por cada unidade fisiográfica, as quais estão englobadas em três ambientes de sedimentação (continental, marinho e transicional) com base em suas características sedimentológicas e geomorfológicas.

Figura 6 - Mapa do Quaternário costeiro da Ilha de Itapessoca



Autor: Manso et.al. 1992

#### *2.4.2.3.1 Terraços Marinheiros Pleistocênicos*

Os Terraços Marinheiros são depósitos de areias quartzosas inconsolidadas que ocorrem tanto na porção interna da planície costeira (Terraços Marinheiros Pleistocênicos), como na porção externa (Terraços Marinheiros Holocênicos), estando sua origem associada às oscilações do nível do mar (LGGM, 1992).

Esses terraços marinhos do litoral estão localizados ao norte da área de estudo, na porção central da Ilha de Itapessoca e nas áreas que circundam a Ilha, entre a vila de Pontas de Pedra e os morros, ao sul de Catuamã.

Os Terraços Pleistocênicos foram formados há 120.000 anos A.P. e estão situados na retaguarda das praias de Atapuz, Catuamã e Pontas de Pedra. De acordo com Chaves (1999), não há presença de conchas e moluscos, devido à dissolução por ácidos húmicos. Esses depósitos são constituídos por areias quartzosas inconsolidadas.

Na área estudada este depósito apresenta forma de corpos alongados e paralelos à linha de costa, com largura variável de 0,5 a 1,0 quilômetros, em toda a extensão e com altitude menor que 3 metros. Segundo Silva (2005), na Ilha de Itapessoca podem ser reconhecidos terraços com formas irregulares, e separados pelo braço do rio Itapessoca. Contudo, no lado do continente grande parte dessa área se encontra ocupada pela expansão imobiliária.

#### *2.4.2.3.2 Terraços Marinheiros Holocênicos*

Os Terraços Holocênicos com idade de 5.100 anos A.P. são constituídos por areias quartzosas médias inconsolidadas, podendo conter conchas de moluscos. Esse terraço apresenta forma de corpo alongado mais ou menos contínuo, paralelo à linha de costa, de largura variável em média 0,5 a 1,0 quilômetros e altitude de 3 a 8 metros.

Atualmente na área estudada encontra-se na retaguarda das praias no distrito de Pontas de Pedra e na Ponta do Funil encontram adensamento urbano que descaracteriza sua presença. Essa unidade sofre forte influência antrópica, como a urbanização desordenada, aterro de maceiós, contaminação do solo e recursos hídricos por esgoto, lixo e além da retirada de areia para aterro.

#### 2.4.2.3.3 Depósitos Flúvio-Marinhas

De acordo com Lima Filho *et. al.* (1991), os depósitos Flúvio Marinhas apresentam sedimentos de areia fina, ou siltico-argilosos, com boa quantidade de matéria orgânica. Os depósitos, acima citados são comuns no Canal de Santa Cruz, no rio Carrapicho e rio Catuamã.

Segundo Manso *et. al.* (1997), os depósitos são típicos dos manguezais e geomorfologicamente, limitadas pelas planícies costeiras inferiores, que formam a área de transição entre o oceano e os níveis elevados que se situam mais para o interior.

#### 2.4.2.3.4 Depósitos Aluviais ou Aluviões

Segundo Alheiros (1998), os depósitos Aluviais ou Aluviões são compostos de areias, cascalhos e argilas de origem continental, transportados pelos rios e depositados ao longo do canal fluvial. Areias grossas e cascalhos dominam nos depósitos de canal, no entanto, as areias finas e argilas estão presentes nas planícies de inundação, particularmente, em alças de meandros abandonadas.

Os Depósitos Aluviais mais recentes, em geral, estão localizados nas porções mais baixas do vale, junto ao leito menor dos rios formando várzeas, leito maior ou planície de inundação, enquanto os mais antigos formam os terraços fluviais, que são degraus ou patamares paralelos à várzea e perpendiculares à linha de costa, cuja altitude na área não ultrapassa os 10 metros. De acordo com estudo realizado pelo LGGM (1992) os terraços têm sua origem associada às fases de regressão marinha do Quaternário, quando o recuo do mar possibilitou a erosão dos depósitos aluviais, modelando os níveis atuais de terraço.

No litoral norte da área de estudo, os depósitos aluviais mais expressivos ocorrem na planície do rio Guariba, riacho Ibeapacu e no rio Itapirema, localizado a noroeste da Ilha de Itapessoca.

#### 2.4.2.3.5 *Depósitos de Mangues*

Segundo Lacerda (1984), os mangues são definidos como um sistema ecológico tropical costeiro, com substrato lamacento, fauna e flora típica de distribuição tropical e subtropical.

Nos manguezais, há pouca variedade de espécies de árvores, porém grande número de indivíduos por espécie. Na costa brasileira, há três espécies dominantes, que já foram mencionados no item 2.2.3 que se refere à vegetação.

Os mangues se desenvolvem em locais de águas tranquilas, tornando-se mais escassos com o aumento da velocidade da corrente. Nestas zonas, a lama é transportada e a areia fica acumulada em forma de praias. Nos rios, os mangues são mais desenvolvidos na zona estuarina inferior, próximo as barras e nas reentrâncias (gamboas), desaparecendo gradativamente com a diminuição da salinidade e o aumento das velocidades das correntes fluviais.

Segundo Lugo & Snedaker (1974) e Coutinho & Morais (1986), os manguezais da costa de Pernambuco como os "mangues de margens de rios", submetidos ao fluxo lateral de águas de baixa salinidade, e respondendo rapidamente a alterações no regime hidrológico.

Baseado nesse estudo esses depósitos de mangues são identificados como um habitat litorâneo, dos organismos terrestres, marinhos e de aves que vivem em estreita relação, periodicamente cobertos pelas variações da maré.

#### 2.4.2.3.6 *Depósitos Atuais de Praias*

Estes depósitos ocorrem numa estreita faixa da atual zona de praia, que constitui a porção mais externa da planície costeira. Próximo à área de estudo este depósito atual como um importante elemento de proteção costeira; ao mesmo tempo em que são amplamente usadas para o turismo e lazer.

De um modo geral, as praias oferecem áreas estreitas, constituída por areias quartzosas bem selecionadas, sofrendo contínuo retrabalhamento do mar.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os levantamentos bibliográficos e cartográficos foram realizadas pesquisas bibliográficas dos materiais disponíveis sobre o canal de Santa Cruz, rio Itapessoca também conhecidos por Carrapicho, Catuamã e área adjacente, assim como consulta a trabalhos relacionados ao tema proposto.

A carta base utilizada foi da CPRH, através de mídia digitalizada em formato DXF, escala 1:100.000, além da Carta Náutica nº910, nas proximidades de Itapessoca, escala 1:55.000 e Carta de Nucleação a Norte do Estado de Pernambuco, escala 1:20.000 digitalizada pela FIDEM (2001).

#### 3.1 ANÁLISE SEDIMENTOLÓGICA

Os métodos aplicados são específicos, onde os levantamentos dos dados sedimentológicos foram realizados através do software SYSGRAM, capazes de caracterizar as condições sedimentológicas do ambiente estuarino, e podendo ser divididas em três etapas: 1) coleta das amostras, 2) análise em laboratório e 3) tratamentos dos dados.

##### 3.1.1 Coleta de amostras

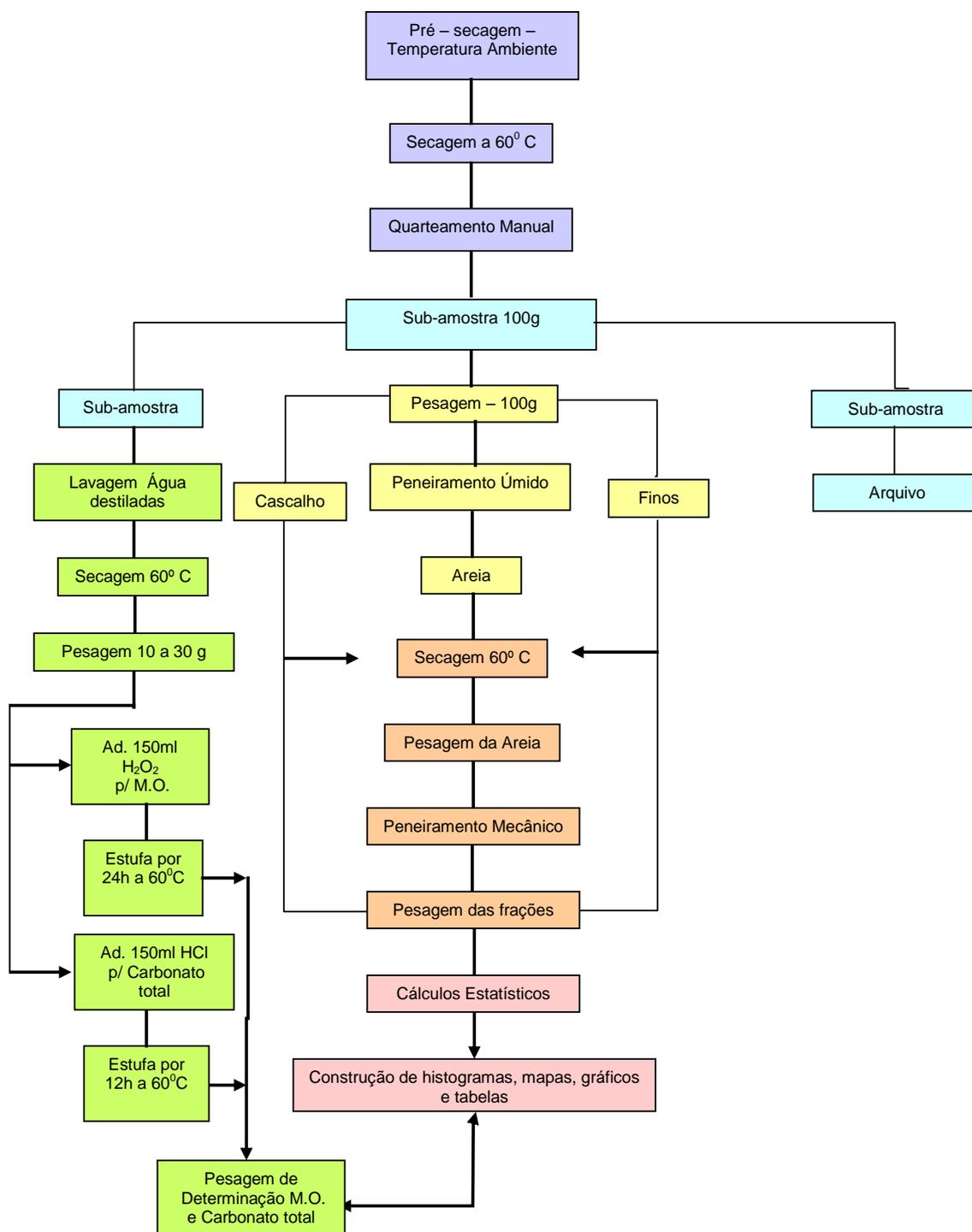
A coleta de amostra teve como objetivo compreender a distribuição textural dos sedimentos que recobrem o norte do canal de Santa Cruz, rio Itapessoca também conhecido por Carrapicho e Catuamã em pesquisa fornecer subsídios à confecção de mapas faciológicos.

Esta etapa aconteceu entre os meses de fevereiro, abril e junho de 2010 e julho e agosto/2012, com instalação de 144 estações de coletas dos materiais, devidamente georreferenciados com GPS Garmim 76s. As coletas foram feitas com a draga do tipo *VAN VEEN* ao longo dos rios e canal acima mencionados.

As amostras de sedimentos obtidas em campo foram tratadas em laboratório para análise granulométrica e determinação do teor de matéria orgânica e carbonato totais.

Essas amostras foram submetidas ao processo de análise granulométrica, conforme do fluxograma abaixo, conforme a figura (7), considerando o intervalo sugerido por Wentworth (1922), executada no Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha (LGGM) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Todas as amostras foram submetidas, inicialmente a secagem ambiente e, depois levado a estufa a 60° C, retirados 100g como padrão de referência para a análise lavadas com o peneiramento a úmido para a retirada das frações mais finas abaixo de 0.062mm; em seguida levadas a estufa novamente a 60° C até a retirada de toda a umidade, então pesadas e levadas ao agitador mecânico de peneiras (*ROT UP*) por 10 minutos cada; Dessa forma, foi possível a separação da fração cascalhosa (acima de 2mm) das frações areia e de silte+argila (diâmetro inferior a 0,062 mm).

FIGURA 7- Fluxograma dos métodos,



Fonte: Utilizado no LGGM (1992) e adaptado por João Alberto (2012).

### **3.1.2 Análise Morfoscópica**

A análise morfoscópica foi realizada utilizando as frações 0,250mm e 0,500mm das amostras, e assim foi possível observar dados como: esfericidade, arredondamento, textura superficial e composição, servindo-se de uma lupa binocular e separando 100 grãos de cada amostra (método segundo Dias, 2004), no laboratório de Geologia e Geofísica Marinha (LGGM-UFPE).

Durante estas análises foram captadas fotos, com auxílio de uma câmara miragem semi acoplada à binocular para ilustrações dos diversos tipos de feições e diferentes composições dos grãos.

Essas amostras foram coletadas mediante a divisão dos setores propostos, nesse trabalho correspondentes aos rios Carrapicho e Catuamã, com objetivo de comparar o comportamento dos grãos

### **3.1.3 Difratomia de Raio-X**

Dentre as 144 amostras coletadas, foram selecionadas 5 amostras representativas das desembocaduras dos rios Carrapicho e Catuamã e norte do Canal de Santa Cruz, para determinação qualitativa e semi-quantitativa das suas composições mineralógicas por difratometria de raios-X (DRX). A fração granulométrica mais recomendada para esse tipo de análise é o silte (0,05-0,002 milímetros) e/ou argila (< 0,002 milímetros). No entanto, pelo fato da maior parte das amostras selecionadas para esta análise apresentar quantidades insignificantes de lama, a alternativa encontrada foi pela areia muito fina, realizadas sobre pó, não orientadas. O equipamento utilizado foi o SIEMENS, modelo D5000, que dispõe do programa EVA versão 9.0 da Diffract-AT, com velocidade de varredura  $1 \phi/m$ , faixa de varredura de  $2$  a  $50 \phi$ , procura automática de picos e suavização de curvas, do laboratório de difratometria de Raios-X do Departamento de Física da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

### 3.1.4 Determinação das concentrações de matéria orgânica (M.O) e teor carbonato total (C.T.)

A determinação das concentrações de matéria orgânica e carbonato total foram executados no Laboratório de Geologia e Geofísicos Marinha da UFPE. Neste, foram separadas 44 amostras, sendo 4 amostras da desembocadura norte do canal de Santa Cruz, 20 (vinte) do rio Carrapicho e 20 (vinte) do rio Catuamã, conforme a figura (8).

O método empregado para determinar a concentração de M.O. foi proposto por Suguio (1973). Por esse método, deve-se pesar 30g de amostra, adicionar 150 ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (diluído 1:3) e deixar reagir, queimando a matéria orgânica em capela num intervalo de 24 a 36 horas, até cessar a reação química. Em seguida, o produto final da reação é filtrado em papel de 24 cm de diâmetro e sempre lavando as paredes do papel com água destilada duas a três vezes. Logo após, o produto filtrado será levado a uma placa de petri e, após a estufa por 12 horas a 50<sup>o</sup>C.

Os cálculos de determinação da porcentagem de M.O. foram realizados através da equação (1):

$$M.O.(%) = \frac{(D) \times 100}{P_i} \quad (1)$$

Onde:

**P<sub>i</sub>** = Peso inicial da amostra

**D** = diferença do peso inicial – peso final e

**M.O.** = Matéria Orgânica.

O peso final da amostra após reação química é aquecida a 50<sup>0</sup>C.

No caso da concentração do C.T. foram utilizados 10g da amostra e adicionadas 150ml de HCl. A solução reage, ao queimar o carbonato em capela durante 24 horas, até cessar a reação química. Depois, o produto final da reação seguiu os mesmos procedimentos de filtragem do método usado para determinação de M.O. O produto filtrado é colocado em uma placa de petri e levado a estufa por 24 horas, entre 50<sup>0</sup>C a 60<sup>0</sup> C, para posteriormente serem pesadas.

Os cálculos para determinar o carbonato total através da equação (2):

$$C.T. (%) = \frac{(D) \times 100}{P_i} \quad (2)$$

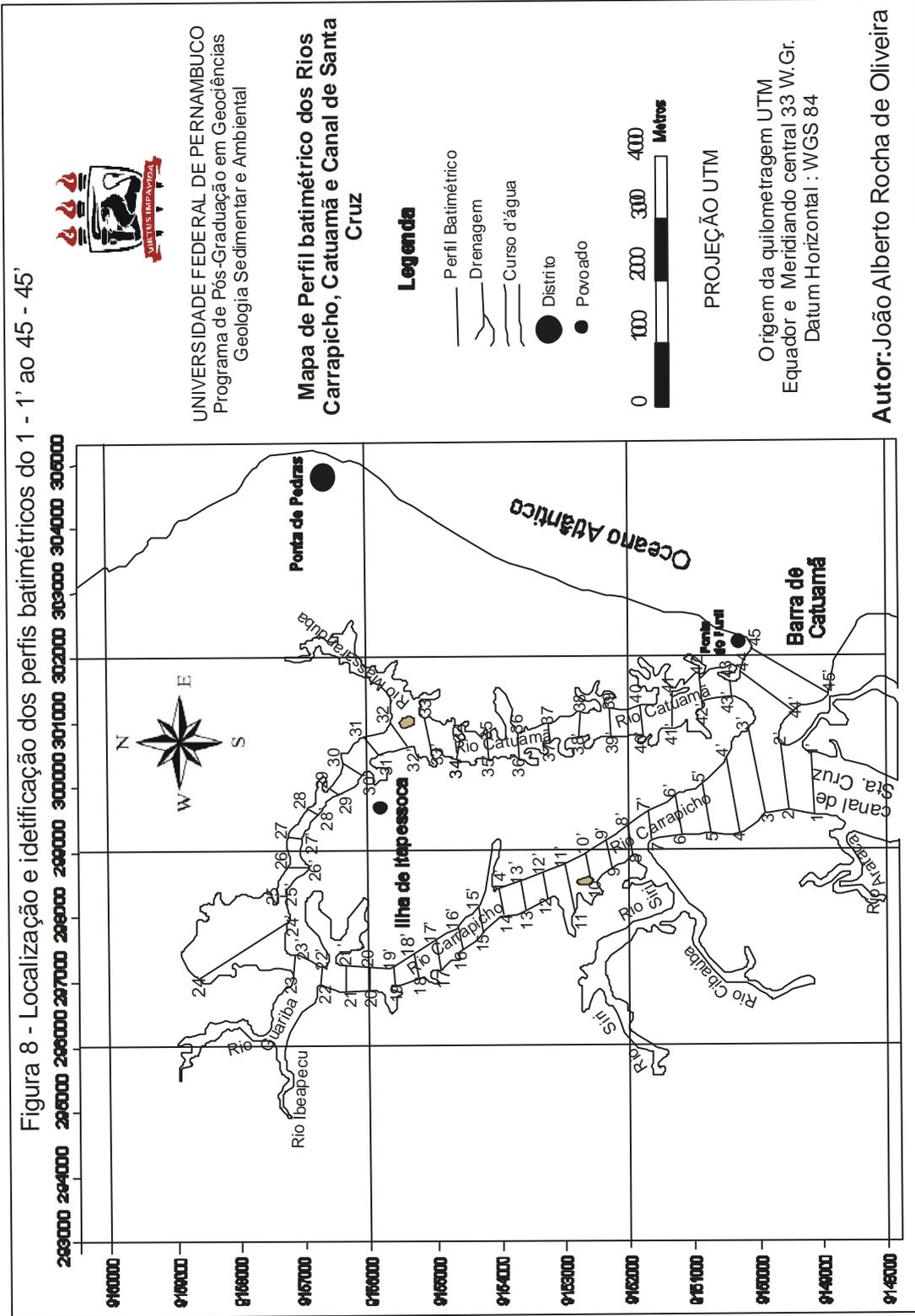
O que sobra da amostra após a reação química é levado à estufa a uma temperatura de 60<sup>0</sup>C, durante 24 horas.

### 3.2 AQUISIÇÃO DE DADOS BATIMÉTRICOS

Os dados batimétricos foram extraídos da carta náutica que a Marinha do Brasil publicou (Carta Náutica nº 910) em 1961, na proximidade da Ilha de Itapessoca, na escala 1:100.000, com dados de profundidade dos rios Carrapicho e Catuamã. Esta carta mostra as profundidades do complexo estuarino com variação entre 3,0 a 17,0 metros.

Com objetivo de prover as informações e representar a configuração do relevo de fundo da área estudada, foi definida uma malha batimétrica composta por 45 perfis batimétricos ao longo dos rios Carrapicho e Catuamã, onde os perfis tiveram distância de 500 metros entre eles. Esses perfis foram enumerados de “1” a “45” na margem esquerda, acrescentando-se um apóstrofo para demarcá-los na margem direita correspondente (ex: 1 - 1’; 45 - 45’) conforme a figura (8). A referida malha foi posicionada de forma a sobrepor a área de amostragem sedimentológica.

Figura 8 - Localização e identificação dos perfis batimétricos do 1 - 1' ao 45 - 45'



Fonte: O autor, 2015

O levantamento batimétrico foi executado no dia 07 de dezembro de 2012 em maré de quadratura (2.3m de 08:30 às 12:30h) respectivamente, cobrindo toda a área de estudo e formando perfis em grega. Foi utilizada uma embarcação inflável de motor mercury de 25 hp, ver a figura (9), deslocando-se a uma velocidade média de 5 nós (10 km/h). Foi utilizada uma sonda Chartplotter modelo GPSMAP 520s da GARMIN, com receptor diferencial de 12 canais paralelos e taxa de atualização contínua de 1/segundo. Equipamento composto por uma sonda com transdutor de dupla frequência (50/200 kHz). Ainda foi utilizado um GPS 72H da GARMIN, auxiliando na execução dos perfis.

Dessa forma, foi feita a navegação ao longo dos rios Carrapicho e Catuamã orientada pela carta 910 do DHN. Com a obtenção dos dados batimétricos foi confeccionado o mapa batimétrico dos rios mencionados. Para efeitos de visualização, foram feitos cinco detalhes ampliados do mapa batimétricos.

**FIGURA 9** – Montagem do equipamento sonar de marca GARMIN, modelo GPSMAP, para obtenção de dados batimétrico.



Fonte: O autor, 2013.

No que tange ao comprimento dos perfis, foi feito o prolongamento para as margens até o limite máximo da navegação chegando até a vegetação dos mangues, ou da segurança de navegação sempre levando em consideração a altura da quilha da embarcação. Os perfis 12 a 17, no entanto, apresentam muita vegetação e raízes o que impossibilitou chegar próximo à margem para a execução do levantamento batimétrico. A continuação do levantamento ocorre a partir do perfil 18, fazendo um total de 45 perfis, próximo à desembocadura norte de Itamaracá.

Durante a realização da batimetria, a altura da maré foi obtida no intervalo de 15 minutos. Por uma régua de mira, instalada no mirante, pertencente à marina de Catuamã, próximo à desembocadura da Barra de Catuamã. Os dados coletados foram utilizados para o cálculo de correção de maré, com o objetivo de registrar em carta, a profundidade para o nível médio do mar, de maneira a ser apresentado na carta náutica. A tábua de maré utilizada foi a do Porto do Recife, fornecida pela DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação – Marinha do Brasil).

### 3.3 AQUISIÇÃO DE DADOS HIDRODINÂMICOS

A aquisição dos dados de corrente foi inferida através da aplicação do diagrama de Pejrup (1988). Os sedimentos coletados nos rios Carrapicho e Catuamã foram submetidos a processo de análise de interpretação do diagrama de Pejrup e comparado ao diagrama de Shepard (1954).

O diagrama de Pejrup foi aplicado nas amostras dos cinco (5) setores dos mesmos rios: os quais circundam a Ilha de Itapessoca, ao norte do Canal de Santa Cruz e na desembocadura da Barra de Catuamã.

Esse método de determinar a hidrodinâmica foi aplicado por Corrêa (2005) no Estuário da Baía de Marajó – PA. Também foi aplicado em ambiente lagunar por Calliari e Antikeira (2005). Os resultados dessa aplicação para ambos os ambientes foram satisfatórios, no que tange à classificação da hidrodinâmica. Sendo assim, esse método foi aplicado na área de estudo, tornando-o válido.

### 3.4 AQUISIÇÃO DE DADOS HIDROLÓGICOS

Dentre os dados hidrológicos a salinidade foi obtida com o salinômetro, pingando uma gota da água na lente e para obtenção de um o resultado imediato em campo. Para medir a alcalinidade da água, foi utilizado um aparelho portátil, cujo leitor é mergulhado em um béquer com água local. No caso da transparência da água foi utilizado o disco de Secchi, cujo mergulho permite observar a transparência da água do rio. Os dados de profundidade foram obtidos por um scanner portátil, e por fim, os dados pluviométricos foram cedidos pelo Instituto de Pesquisa Agronômica e da Agência Pernambucana de Água e Clima (IPA/APAC).

A aquisição de dados hidrológicos foi realizada no mês de janeiro de 2012 período de estiagem e em julho de 2012 período chuvoso onde foram coletadas amostras das águas para comparar à quantidade de material diluído em suspensão. A pesquisa foi realizada com uma (1) baiteira motorizada e de posse de 10 garrafas de cinco litros, obtendo o material em suspensão.

#### **3.4.1 Profundidade local**

A profundidade local de cada estação foi obtida através de uma *scan* portátil de mão de marca (*Fish*).

#### **3.4.2 Transparência da água**

A transparência da água foi determinada por meio de um disco de Secchi com 30cm de diâmetro, preso a um cabo graduado a cada 10cm, mergulhado até o desaparecimento do mesmo.

#### **3.4.3 Temperatura da água**

A temperatura da água foi aferida por um termômetro digital comum de mercúrio com escala variando entre -10 a 60°C.

#### **3.4.4 Salinidade**

A salinidade foi analisada “*In Loco*” com um salinômetro portátil de marca (BRIX) modelo EEQ9006A4.

#### **3.4.5 Potencial hidrogeniônico**

O potencial hidrogeniônico (pH) foi determinado através de um pH-metro *Hanna instruments* modelo 8417.

#### **3.4.6 Material em suspensão total**

As amostras de água dos rios Carrapicho, Catuamã e canal de Santa Cruz, foram coletadas entre 0,10 a 0,30m da superfície d'água, até preencher completamente a garrafa de 5 (cinco) litros e posteriormente, levado ao laboratório de Fitoplâncton, onde foi usado filtro para fixar o material em suspensão na parede do filtro (Melo *et. al.*, 1975).

#### **3.4.7 Pluviometria**

Os dados pluviométricos foram fornecidos pela estação meteorológica de Itapirema no campo experimental de pesquisa agrônômica, que pertence à Empresa Pernambucana Agropecuária (IPA), localizada no município de Goiana-PE. Outros dados pluviométricos complementaram as pesquisas foram fornecidos pela Agência Pernambucana de Água e Clima (APAC).

#### **3.4.8 Altura da maré**

A altura da maré de Barra de Catuamã foi baseada nas tábuas das marés publicada pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil, tendo como referência o porto do Recife

### 3.5 ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL

O primeiro trabalho de zoneamento ambiental realizado no Nordeste tem por título “O manto verde da destruição” de Meirelles e Queiroz (2011). No caso do zoneamento da área de estudo, foi feita uma adaptação dos autores mencionados, onde foram utilizadas fotografias aéreas do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), do projeto SUDENE GERAN de 1970, das faixas (02 e 03) nas escalas de 1:30.000 do Comando Costeiro e da Companhia de Produção de Recursos Minerais (CPRM). Também foram usadas imagens do *Google Earth* (2012), Folha Itamaracá – SB-25-Y-C-VI (MI-1293) SUDENE (1989), 1:100.000. Neste zoneamento foram estabelecidos os critérios referentes à ocupação do espaço territorial geográfico por atividades antrópicas ou não. As feições observadas, como vegetação nativa, atividade de criação de camarão e peixes, ocupação da área de manejo e loteamento em terraços pleistocênicos e holocênicos, bem como ocupação na praia e encostas de morro (antiga falésia), foi possível definir o zoneamento geoambiental, separando assim em 4 zonas com suas determinadas atividades passíveis de ordenamento do espaço territorial, moldando um determinado padrão de desenvolvimento e ocupação.

### 3.6 MUDANÇA DO CENÁRIO ESTUARINO E PRAIAS ADJACENTES

Para relatar as mudanças ocorridas nos últimos 50 anos no cenário leste de Goiana foram utilizadas fotografias aéreas da Força Aérea Brasileira (FAB), a faixa 03 do Departamento Nacional Produção Mineral (DNPM), na 1:30.000 (1969) e a faixa 02 da Companhia de Produção e Recursos Minerais (CPRM), nas escalas de 1:30.000 (1969). Também foram analisados a carta nº 910 de 1961 na escala 1:2.000 da Marinha do Brasil e imagem do *Google Earth* (2012). Desta forma é possível relatar as principais mudanças da área em questão, ao longo de cinco décadas.

## 4 RESULTADOS

Os resultados obtidos dos dados pluviométricos, parâmetros Físico-Químicos e sedimentológico deu suporte para obtenção das respostas e dos objetivos da tese. Nesse contexto, as pesquisas respondem as duvidas da hipótese.

### 4.1 PLUVIOMETRIA

A série histórica pluviométrica da região, no período de 12 anos apresentou a média anual de 1.600mm. Os anos que se destacam com precipitações superiores à média histórica foram 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009 e 2011. O ano 2010 apresentou índice pluviométrico baixo dos 1.600 mm.

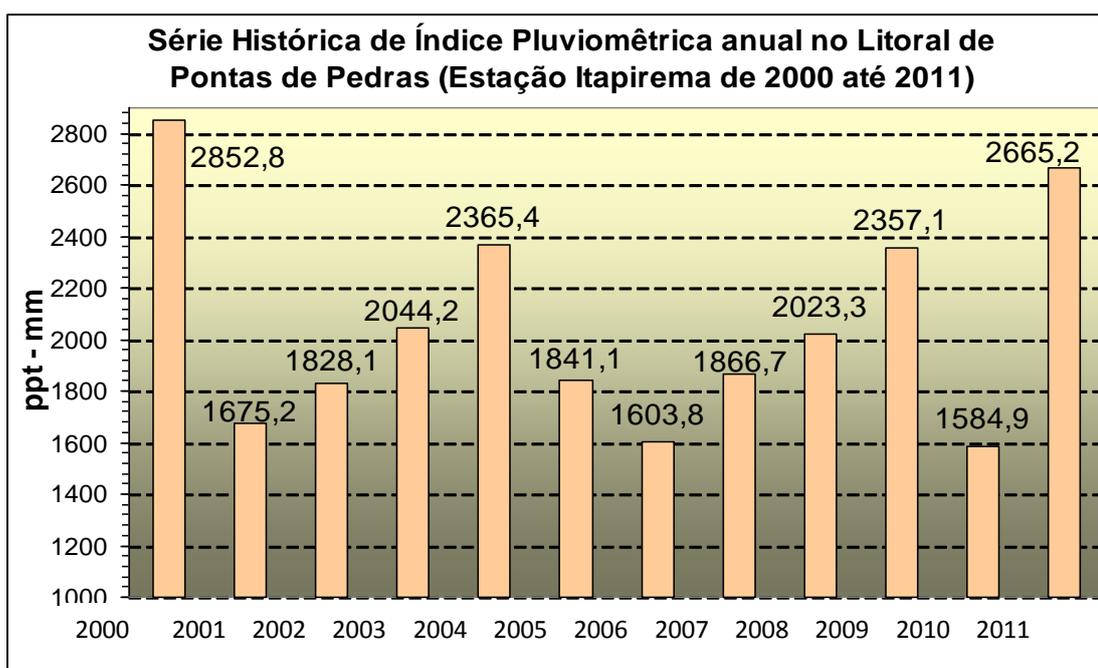
O ano de 2000 teve uma média de 2.852,8mm e sendo o de maior índice pluviométrico. Os anos de 2004 com (2365,4mm) e 2009 com (2357,1mm) registraram valores pluviométricos semelhantes. A média histórica ficou bastante acentuada nos meses de janeiro a julho com variação de 2357,1mm a 423,0mm. Em relação à precipitação pluviométrica no ano de 2010, o mês de novembro apresentou o índice mais baixo com 32,4mm da série histórica. No ano de 2011, com 2665,0mm, os índices foram bastante acentuados para os meses de janeiro com 448,0mm, maio com 421,0mm e julho com 583,0mm conforme a figura (10), ver o anexo (A) e tabela (1).

O mês de junho dos anos de 2000, 2001, 2002, 2004, 2005, 2007 e 2011, foi o período que choveu mais intensamente na região metropolitana do Recife. O índice pluviométrico variou de 467,0mm a 612,0mm, inferindo um índice pluviométrico muito elevado para a média histórica. O mês de junho de 2011 apresentou uma queda desse índice ficando abaixo da média histórica com 303,0mm. No mês de julho dos anos 2000, 2004, 2009 e 2011, a média de precipitação variou entre 140,1mm a 394,0mm. Na sequência dos anos de 2000 até 2011 a precipitação média foi de, 339,0mm, 364,0mm e 394,0mm. Sendo que no mês julho de 2011, ocorreu o inesperado e choveu 583,0mm, quantidade de precipitação muito alta para o mês, sendo a terceira maior média

histórica em 12 anos, abaixo apenas dos anos de 2000 com 612,1mm e 2004 com 590,6mm, conforme a figura (11).

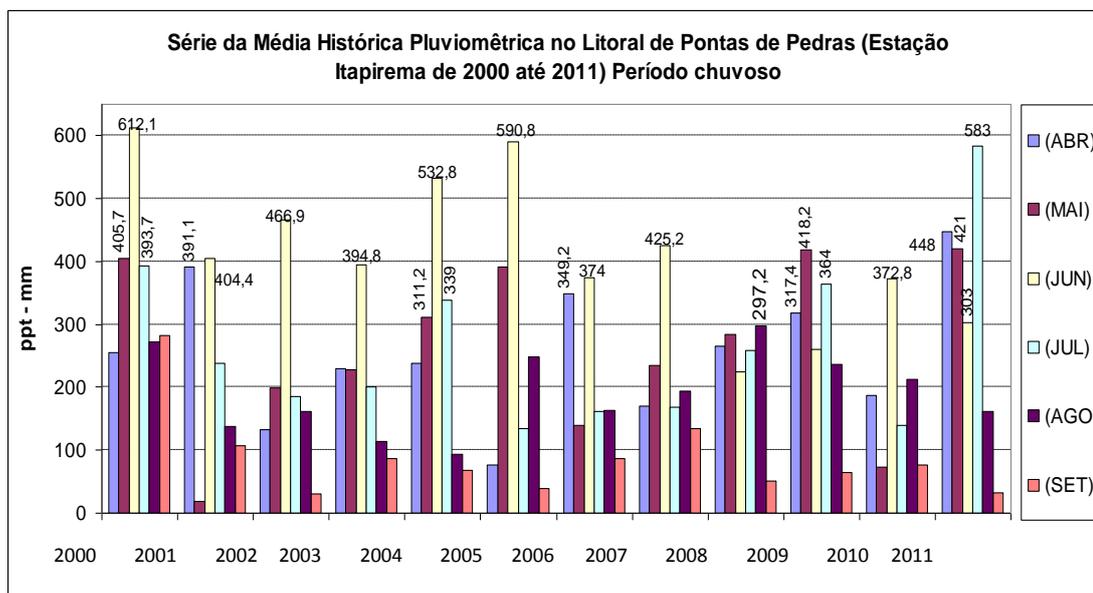
Os meses de estiagem na porção leste do nordeste brasileiro são: janeiro, fevereiro e outubro, novembro e dezembro. Analisando o histórico do índice pluviométrico em 12 anos, observar-se no gráfico ver a figura (12), que nesse período de 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010 e 2011, apresentaram período seco com índice pluviométrico muito abaixo da média histórica, como exemplos podem ser citados como períodos de baixo índice pluviométricos os meses de novembro de 2000 com 8,2mm, fevereiro de 2001 com 0,0mm, outubro de 2006 com 6,2mm e novembro de 2008 com 4,8 mm.

**FIGURA 10** – Gráfico de precipitações pluviométricas anuais (mm) média histórica de 12 anos (2000 a 2011).



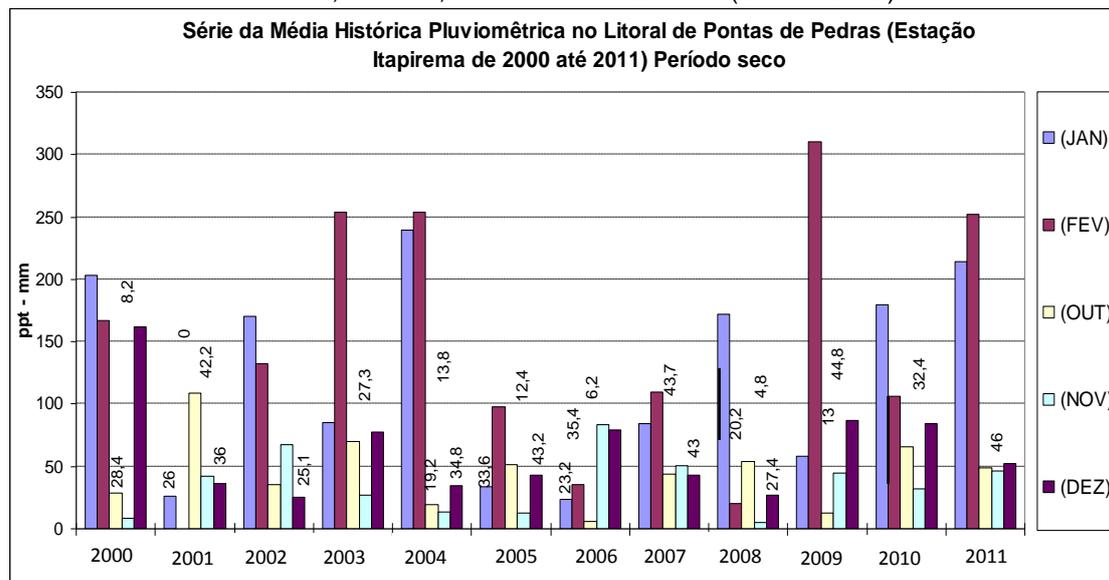
Fonte: Agência Pernambucana de Água e Clima / APAC (2012).

**FIGURA 11** - Gráfico de precipitações pluviométricas anuais (mm), período chuvoso junho, julho, agosto e setembro (2000 a 2011).



Fonte: Agência Pernambucana de Água e Clima / APAC (2012).

**FIGURA 12** - Gráfico de precipitações pluviométricas anuais (mm), período seco de janeiro, fevereiro, outubro, novembro e dezembro (2000 a 2012).



Fonte: Agência Pernambucana de Água e Clima/ APAC (2012)

## 4.2 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

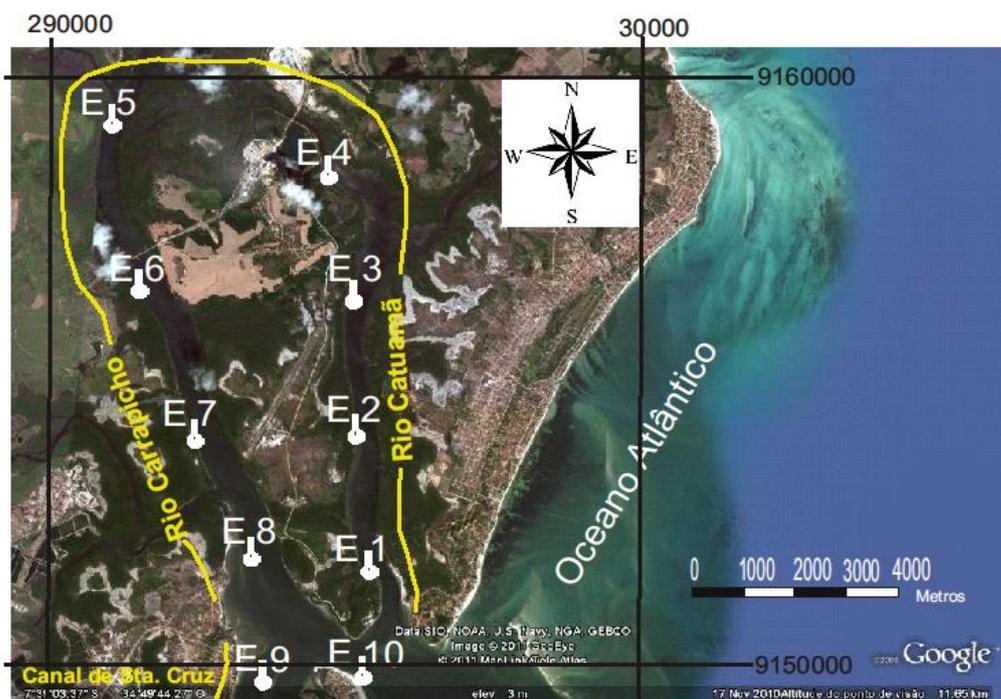
Os parâmetros físico-químicos dos estuários dos rios Carrapicho e Catuamã foram elaborados com base em resultados obtidos através do posicionamento das estações, no total de 10, identificadas por letra e número, que estão relacionadas por transparência da água, temperatura, salinidade, potencial hidrogeniônico e teor de material em suspensão da época, conforme a figura (13).

### 4.2.1 Transparência da água

A transparência da água confirmou um padrão sazonal bem definido para maré de sizígia e com valor significativamente menor no período de estiagem e maior no chuvoso.

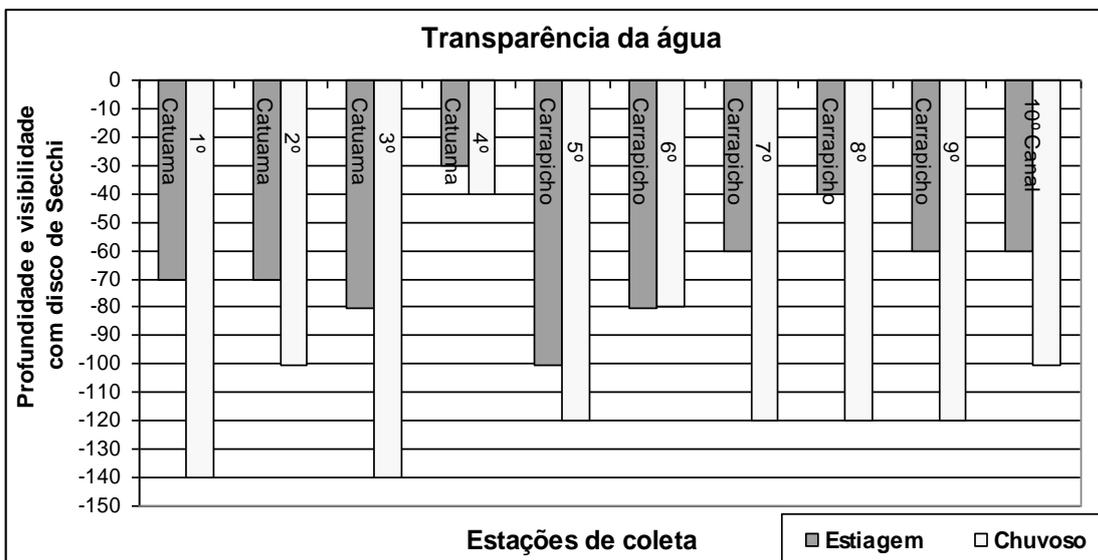
No período de estiagem de jan/2012, a maré vazante apresentou valor  $\leq 1\text{m}$  não foi detectado ritmo cíclico definido de variação de profundidade. A medição de transparência foi realizada em todas as estações de coleta. De todas as estações do rio Catuamã ( $E_1$ ,  $E_2$ ,  $E_3$  e  $E_4$ ) a  $E_4$  constatou-se a transparência mínima de 0,30 e  $E_3$  a máxima de 0,80 metros de visibilidade no intervalo das 7:30h às 08:40h. Nas estações do rio Carrapicho ( $E_5$ ,  $E_6$ ,  $E_7$ ,  $E_8$ ) a visibilidade foi de 0,40 a 1,0 metros, sendo  $E_8$  teve menor visibilidade na ordem de 0,40 metros, enquanto na estação  $E_5$  a maior. As estações  $E_9$  e  $E_{10}$  o canal de Santa Cruz e foz da barra de Catuamã apresentaram os mesmos índices de 0,60 metros, conforme a figura (14), ver apêndice (A) e tabela (2).

FIGURA 13 – Localização das estações de coleta dos parâmetros físico-químicos.



Fonte: Google Earth, (2012), adaptado por João Rocha (2012).

FIGURA 14 – Medida da transparência nos estuários dos rios Carrapicho, Catuamã e canal de Santa Cruz para os meses de jan/2012 e julho/2012.



Fonte: O autor, 2012

Para o período chuvoso de julho/2012, as estações dos estuários e dos rios Catuamã (E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, E<sub>3</sub>, E<sub>4</sub>) tiveram variação de transparência com mínima de 0,40 metros e máxima de 1,40 metros de visibilidade, no horário entre 7:10h às 07:50h. No período de inverno a visibilidade foi maior nas estações E<sub>5</sub>, E<sub>6</sub>, E<sub>7</sub> e E<sub>8</sub> do rio Carrapicho com profundidade em torno de 1,20 metros. A menor visibilidade na estação E<sub>6</sub> com 0,80 metros de profundidade, no horário entre 8:15h às 9:15h. As estações E<sub>9</sub> e E<sub>10</sub> apresentaram visibilidade de 1,20 metros para canal de Santa Cruz e 1,0 metro na Barra de Catuamã.

Nas águas dos rios Catuamã e Carrapicho a transparência mostrou uma nítida sazonalidade bem visível durante o período chuvoso. No período de estiagem a transparência diminui e isto é verificado com a introdução do disco de Secchi, mergulhado nas águas dos rios em tela. O desaparecimento do disco é um indicativo da concentração do material em suspensão na coluna d'água.

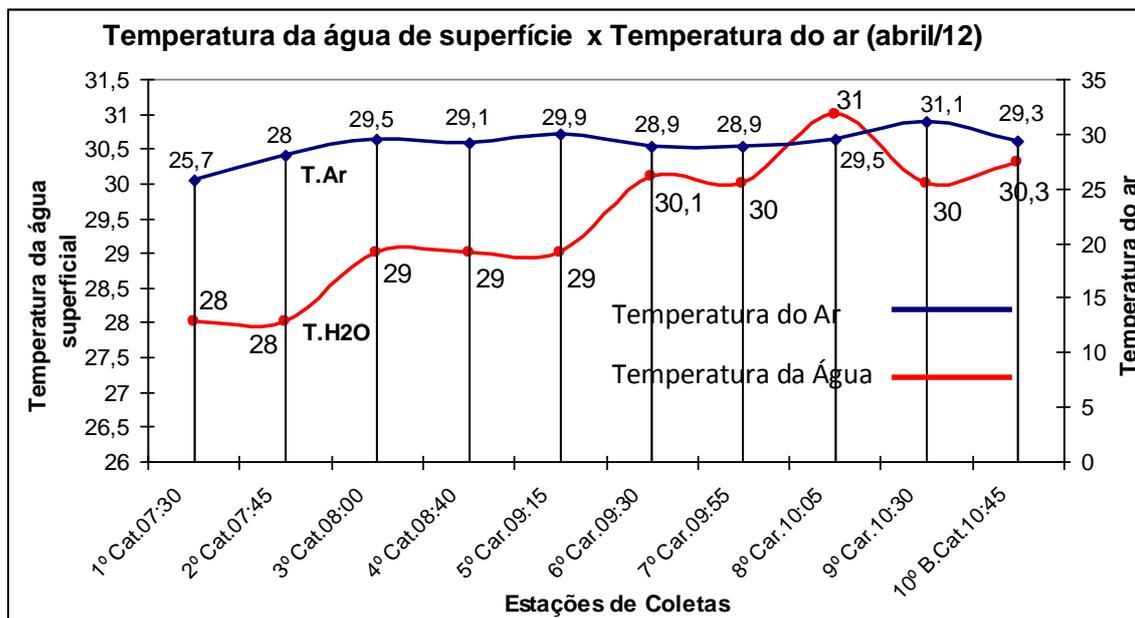
#### **4.2.2 Temperatura da água superficial *versus* temperatura do ar**

No mês de jan/2012, a temperatura superficial da água do estuário e dos rios Carrapicho e Catuamã de um modo geral, apresentaram pequenas variações entre as estações de coletas.

As estações do rio Catuamã (E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, E<sub>3</sub> e E<sub>4</sub>) apresentaram temperatura máxima de 29°C e mínima de 28°C. As estações do rio Carrapicho (E<sub>5</sub>, E<sub>6</sub>, E<sub>7</sub> e E<sub>8</sub>) não tiveram grande variação onde a máxima de 30°C e mínima de 29°C. No caso das estações E<sub>9</sub> no canal de Santa Cruz a temperatura de 30°C e E<sub>10</sub> na Barra de Catuamã, a temperatura foi de 30,3°C.

As variações das temperaturas das águas dos rios e canal acima, indicou influência do clima no balanço térmico das águas, sendo essa temperatura correspondente ao período de estiagem, no qual se teve um decréscimo na temperatura. Quando comparado com os valores da temperatura do ar (°C) do mês jan/2012 a variação da temperatura ficou entre 25,7°C e 29,1°C para o estuário do rio Catuamã, enquanto que o rio Carrapicho variou entre 29,9 °C e 31°C. Conclui que a temperatura da água tem relação direta com a temperatura do ar, uma que vez que as temperaturas superiores foram alcançadas em superfície durante a exposição ao sol, figura (15), ver apêndice (B) e tabela 3.

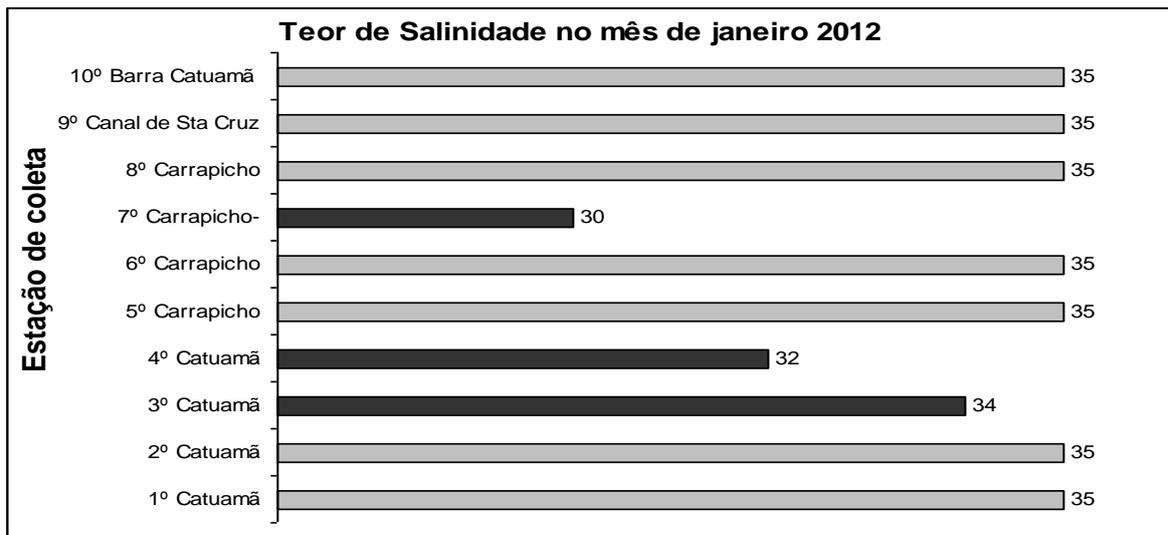
**FIGURA 15** - Variação de temperatura das águas dos estuários dos rios Carrapicho, Catuamã e canal de Santa Cruz, jan/12



Fonte: autor, 2012

### 4.2.3 Salinidade

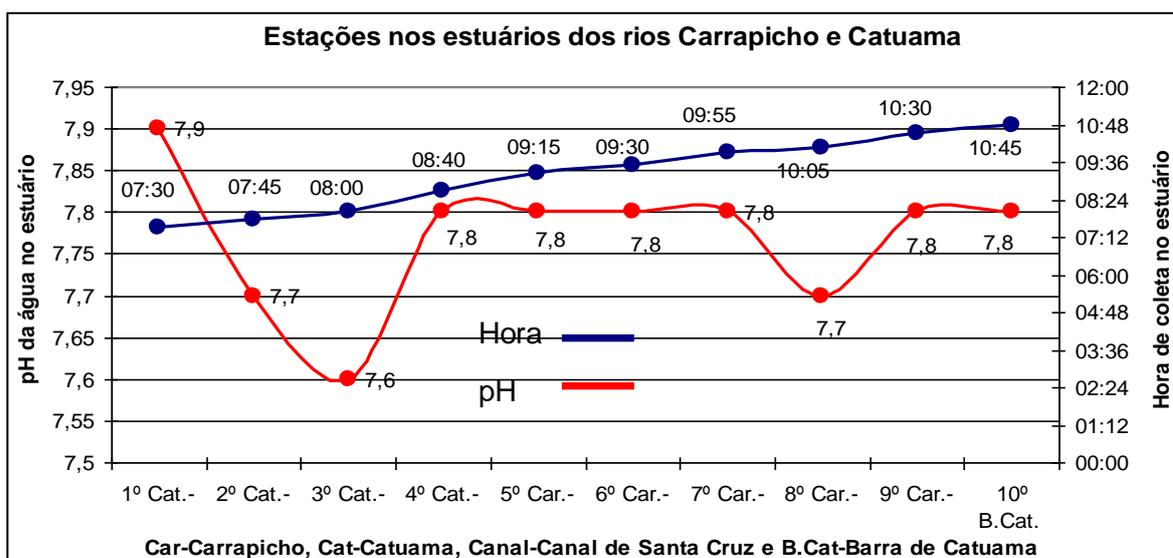
Em relação à salinidade, foi registrada a variação no mês de jan/2012, que seria o início de chuva na região. Em especial, na área de estudo o reflexo da estiagem foi agravado por causa do fenômeno climático. Durante o mês de jan/2012, na baixa-mar as estações E<sub>5</sub>, E<sub>6</sub>, E<sub>7</sub> e E<sub>8</sub> do rio Carrapicho apresentou valor de salinidade de 35, no horário entre 09:15h até às 10:00h. Enquanto, no rio Catuamã as estações E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>, E<sub>3</sub> e E<sub>4</sub> apresentaram a seguinte variação de salinidade, nas estações E<sub>1</sub> e E<sub>2</sub>, a salinidade foi de 35 das 07:30h até às 07:45h e nas estações E<sub>3</sub> e E<sub>4</sub> a salinidade variou entre 34 e 32, no intervalo entre 08:00h até às 08:40h. As estações E<sub>9</sub>, situada no canal de Santa Cruz e E<sub>10</sub> localizada na foz da Barra de Catuamã apresentaram juntos a salinidade de 35 indicando a forte influência da cunha no canal, ver figura (16). Conforme apêndice (C) e tabela (4).

**FIGURA 16** - Variação de salinidade das águas dos rios Carrapicho e Catuamã (jan/2012).

Fonte: O autor, 2012

#### 4.2.4 Potencial hidrogeniônico

A distribuição do pH entre a superfície da água do estuário e dos rios Carrapicho e Catuamã apresentaram pequenas diferenças no período de baixa-mar. Os valores encontrados na baixa-mar, ao longo da extensão dos rios, se apresentaram pouco elevados, na desembocadura dos rios: Catuamã (7,9), rio Carrapicho (7,7) e canal de Santa Cruz (7,8). Ver figura (17) e Conforme, apêndice (D) e tabela (5).

**FIGURA 17** - pH das águas dos rios Carrapicho, Catuamã e Canal de Santa Cruz, jan/2012.

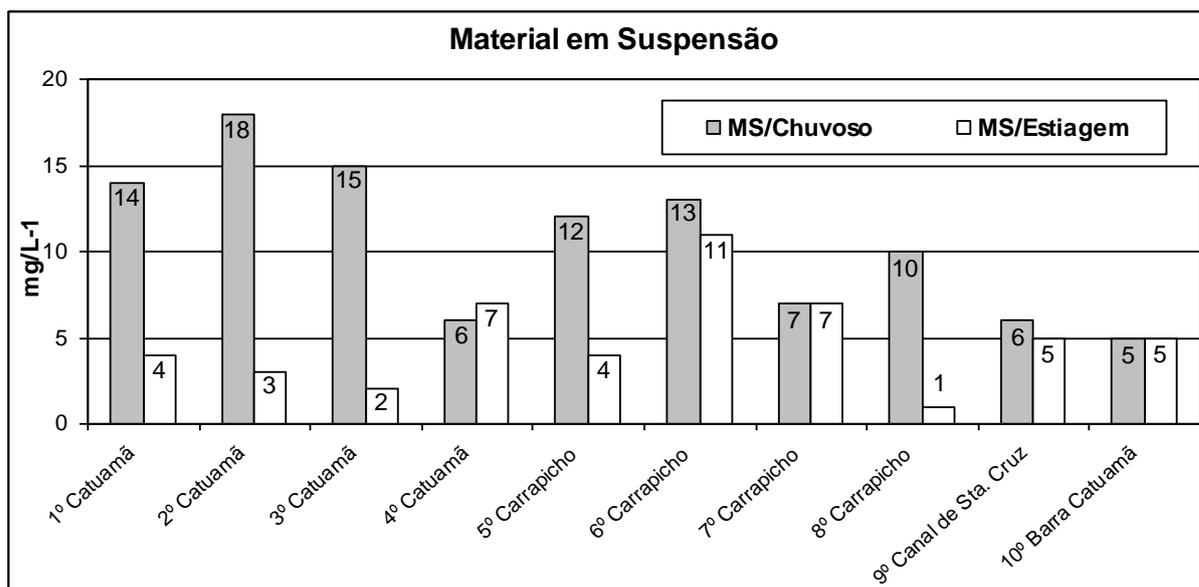
Fonte: O autor: 2012

#### 4.2.5 Material em suspensão

Os mecanismos que regem a dinâmica da circulação de sedimentos em área estuarina estão intrinsecamente relacionados com os aspectos hidrodinâmicos. Os fatores que influenciam a hidrodinâmica do estuário dependem da descarga de água doce e da ação da maré, em que diferentes processos de circulação e misturas podem ocorrer tanto no sentido vertical quanto horizontal. Esses processos controlam, não só os fluxos, mas também a deposição espacial das fácies sedimentares, depositados ao longo do canal estuarino (Morais, 2005).

O volume de material em suspensão (MS) transportado nas águas dos rios Carrapicho, Catuamã e ao norte do canal de Santa Cruz apresentaram variação significativa entre os períodos de estiagem (janeiro) e chuvosos (julho), conforme a figura (18).

**FIGURA 18** - Distribuição do material em suspensão no período chuvoso e de estiagem.



Fonte: O autor, 2012.

O balanço encontrado no período de estiagem foi de  $106 \text{ mg/L}^{-1}$ , enquanto que para o período chuvoso ficou em torno de  $58 \text{ mg/L}^{-1}$ . Dessa forma, no período de inverno, a diluição da concentração de sedimento em suspensão e a competência dos rios e do canal em transportar sedimentos, ficaram comprometidas devido o fenômeno climático ocorrido.

A sazonalidade da maré de sizígia nos períodos de inverno e verão das 10 estações apresentou os seguintes comportamentos:

No rio Catuamã, a estação E<sub>1</sub>, no período de chuvoso, apresentou uma quantidade, aproximadamente 14 mg/L<sup>-1</sup> de M.S, se compararmos com o período estiagem, o volume não passou de 4 mg/L<sup>-1</sup> de M.S. Na estação E<sub>2</sub>, no período de chuvoso houve uma sazonalidade maior com valor de 18 mg/L<sup>-1</sup>, enquanto no período estiagem ficou abaixo dos 3 mg/L<sup>-1</sup>. A estação E<sub>3</sub> mostrou um padrão sazonal semelhante ao E<sub>2</sub>, onde no período de chuvoso, a concentração de M.S. ficou em torno de 15 mg/L<sup>-1</sup>, que por sua vez, no período estiagem, a concentração de M.S. não passou de 2 mg/L<sup>-1</sup>. Para a estação E<sub>4</sub>, o valor de M.S. encontrado apresenta uma nítida sazonalidade com maior concentração no período estiagem, com volume de 7 mg/L<sup>-1</sup>. Em relação ao período de chuvoso, o volume encontrado ficou em torno de 6 mg/L<sup>-1</sup>. Nesta estação ocorreu uma maior concentração do material em suspensão total no período chuvoso. Isto é, o contraposto com as demais estações no gráfico.

No rio Carrapicho estão contidas as estações E<sub>5</sub>, E<sub>6</sub>, E<sub>7</sub>, e E<sub>8</sub>. Na estação E<sub>5</sub>, no período chuvoso, a sazonalidade apresentou maior concentração de M.S. com valor de 12 mg/L<sup>-1</sup>, contrapondo ao período de estiagem com valor de 4 mg/L<sup>-1</sup>. A estação E<sub>6</sub> apresenta concentração de M.S. para o período chuvoso em torno de 13 mg/L<sup>-1</sup> e, para o período de estiagem de 11 mg/L<sup>-1</sup>. Esse valor é o maior já registrado entre as estações coletadas. A estação E<sub>7</sub> apresentou os mesmos valores de concentrações de M.S. para os períodos de estiagem e chuvoso com 7 mg/L<sup>-1</sup>. Na estação E<sub>8</sub>, houve uma maior sazonalidade com concentração M.S. de 10 mg/L<sup>-1</sup> para o período chuvoso. O destaque fica para o período estiagem o qual apresentou concentração insignificante de 1 mg/L<sup>-1</sup>.

Ao norte do canal de Santa Cruz, a estação E<sub>9</sub>, apresentou valor semelhantes à estação E<sub>4</sub> para o período de estiagem, na ordem de 6 mg/L<sup>-1</sup>. Comparando essas estações, no período chuvoso, a estação E<sub>4</sub> apresentou diferença mais positivo na concentração M.S. na ordem de 2 mg/L<sup>-1</sup>, enquanto a estação E<sub>9</sub>, a concentração de M.S. ficou na ordem de 5 mg/L<sup>-1</sup>.

Na foz da Barra de Catuamã a estação a E<sub>10</sub>, que apresentou a mesma concentração de M.S. de 5,0 mg/L<sup>-1</sup>, tanto no período de estiagem quanto no chuvoso.

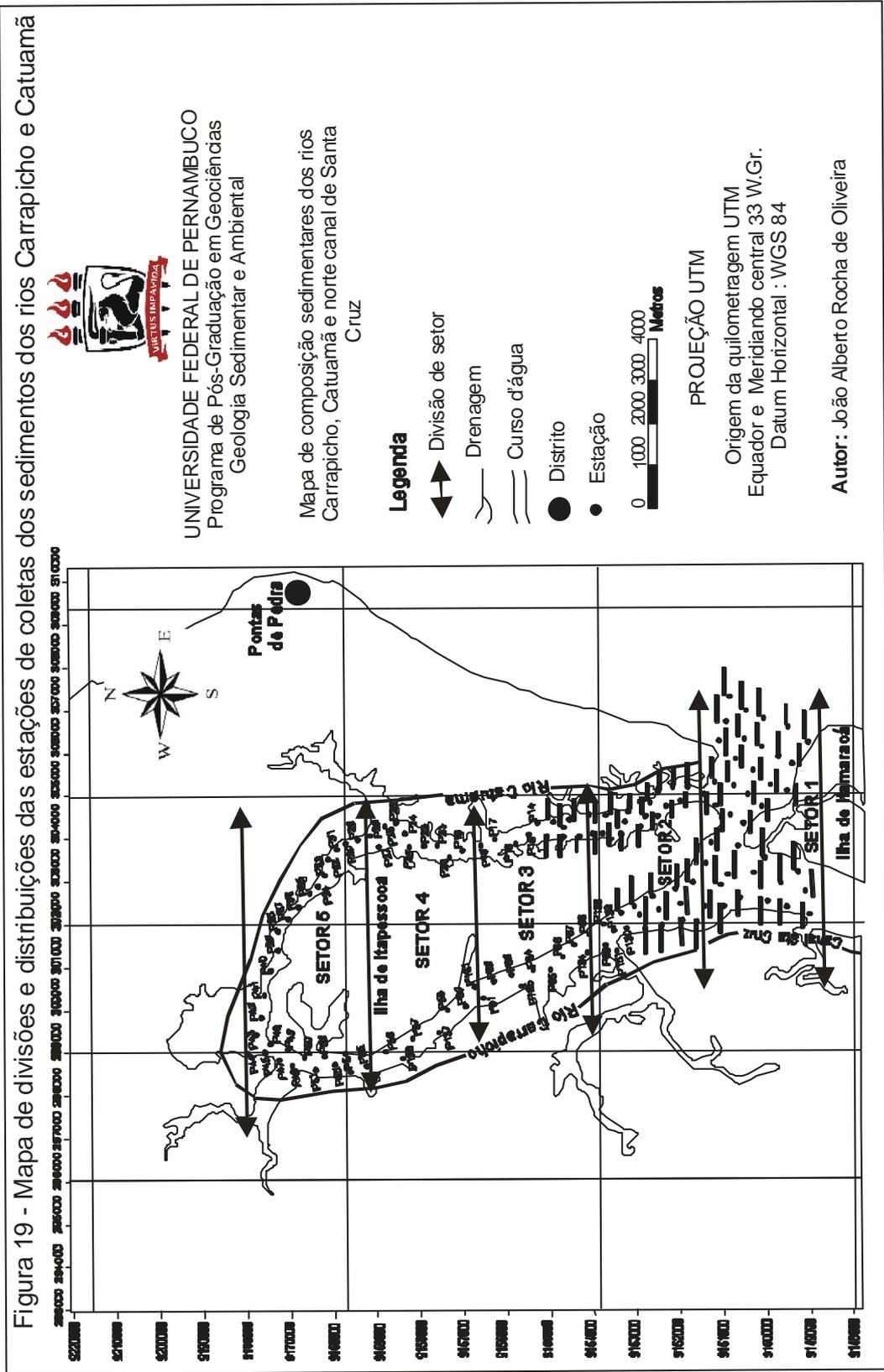
### 4.3 SEDIMENTOLOGIA

A análise de atributos texturais e mineralógicos tem sido usada, no estudo sedimentos estuarinos costeiros do Brasil, tanto para a inferência da dinâmica local como para diferenciar os diferentes de granulometria. Para tanto, com a finalidade de inferência de rumo de transporte longitudinal convém combinar a análise de variação metroológica com estudo de outros parâmetros sedimentológicos, por exemplo. (diâmetro médio, desvio padrão, assimetria) Também serão identificados os depósitos de matéria orgânica e de carbonato. E por fim, serão confeccionados mapas dos principais depósitos.

#### **4.3.1 Distribuição longitudinal dos sedimentos estuarinos**

O complexo do estuário Itapessoca foi dividido em 5 setores, com premissa de entender as influências dos rios tributários na distribuição dos sedimentos e na hidrodinâmica da área investigada, a fins de ampliar compreensão no que concerne a distribuição longitudinal dos sedimentos de fundo ao longo dos rios e do canal. E para possibilitar a identificação dos principais depósitos sedimentares, a coleta dos sedimentos foi por setores nos rios principais e com objetivo de cobrir a maior área da pesquisa na figura (19).

Assim sendo, a representação dos dados granulométricos da área de estudos, foi dividida em (5) setores cuja finalidade foi mostrar a contribuição dos tributários e a influência, por setor, para representar os dados de granulometria no ambiente estuarino. Desta forma, foram confeccionados (06) seis mapas.



Fonte: O autor , 2015

### 4.3.2 Representação dos diagramas

Os diagramas triangulares são descritivos baseadas em critérios derivados das razões entre classes texturais, onde permitem a distinção precisa entre diferentes tipos de sedimentos, diminuindo, as ambiguidades. Facilita-se, assim, a comunicação e discussão, na comunidade científica, das observações e dos resultados.

#### 4.3.2.1 O tratamento dos dados granulométricos

A granulometria das amostras coletadas foi obtida através do programa de análise granulométrica SYSGRAN 3.0, o qual realizou os cálculos e gerou os parâmetros estatísticos granulométricos. O conjunto de informações das amostras de sedimentos como análise granulométrica, análise total de matéria orgânica e carbonato, foi exportado para o programa Microsoft Excel, para a construção de gráficos e elaboração de mapas de distribuição dos parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957), com diâmetro médio, desvio padrão, assimetria e curtose, servindo como modelo para comparação entre diferentes ambientes de sedimentação.

O setor 1 é formado pelo complexo estuarino do rio Itapessoca ao norte do canal de Santa Cruz. Esse setor apresenta uma predominância de areia quartzosa de tamanho médio, oriundo do transporte de ondas que penetra no estuário. Este material é, constantemente, retrabalhado pelas oscilações das marés, avançando na forma de bancos arenosos, que muitas vezes, ficam expostos na maré-baixa.

Este setor, ainda, apresenta vários bancos de areia submersos, os quais, que em período de maré baixa ficam expostos. Acredita-se que a atuação das marés, remobiliza os sedimentos dos bancos de areias para o interior do rio Catuamã, conforme a figura 20. Isto ocorre, provavelmente, pela aproximação da entrada do rio no estuário. Na figura (21), no caso da entrada do rio Carrapicho ocorre à predominância da fração areia, contendo em menor proporção a presença de areia siltica e silte arenoso. Provavelmente, a desembocadura do rio Carrapicho por ser maior, está muito próxima da desembocadura do canal de Santa Cruz. Na figura (22), ao norte do canal de Santa Cruz, apresenta 25% de areia siltica e teores < 3% de silte arenoso.

FIGURA 20 – Diagrama triangular de Shepard do setor 1 - Rio Catuamã.

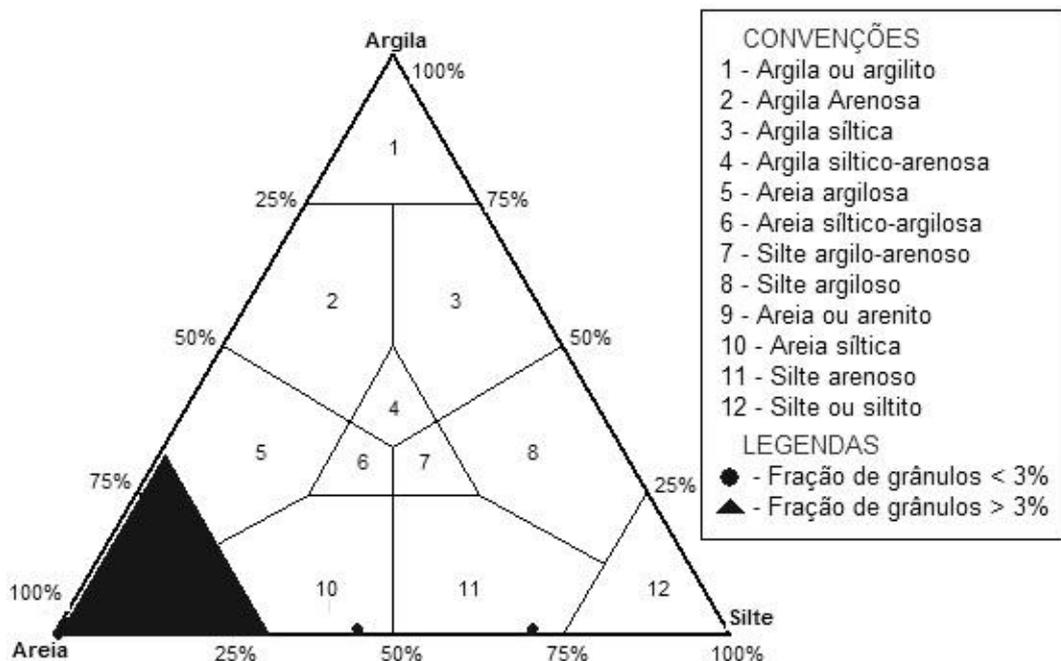
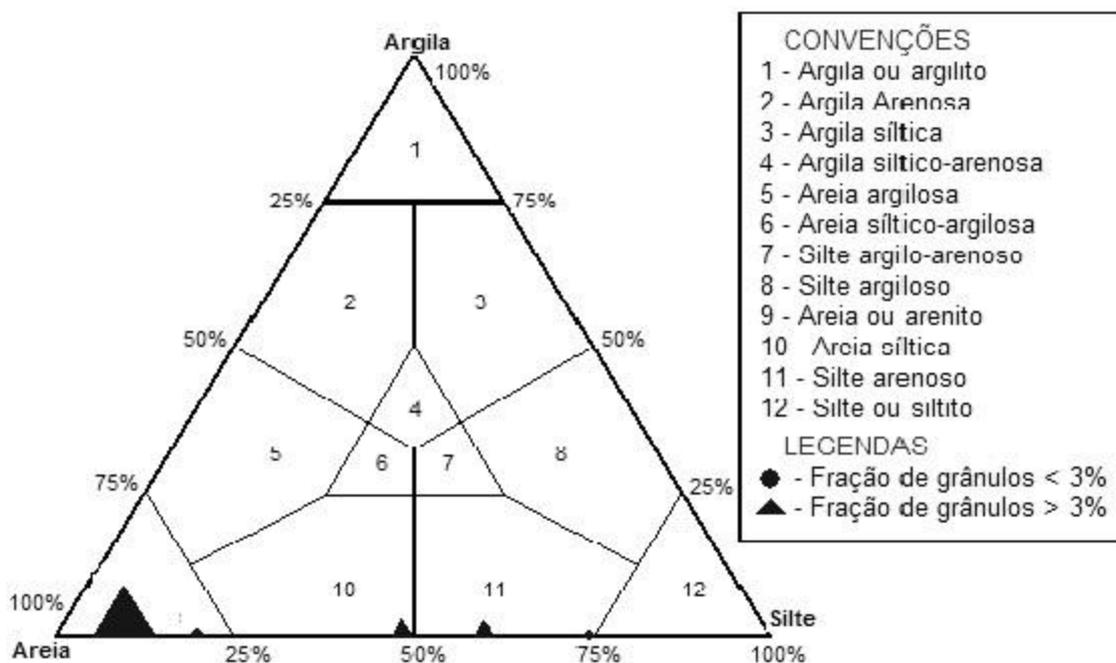
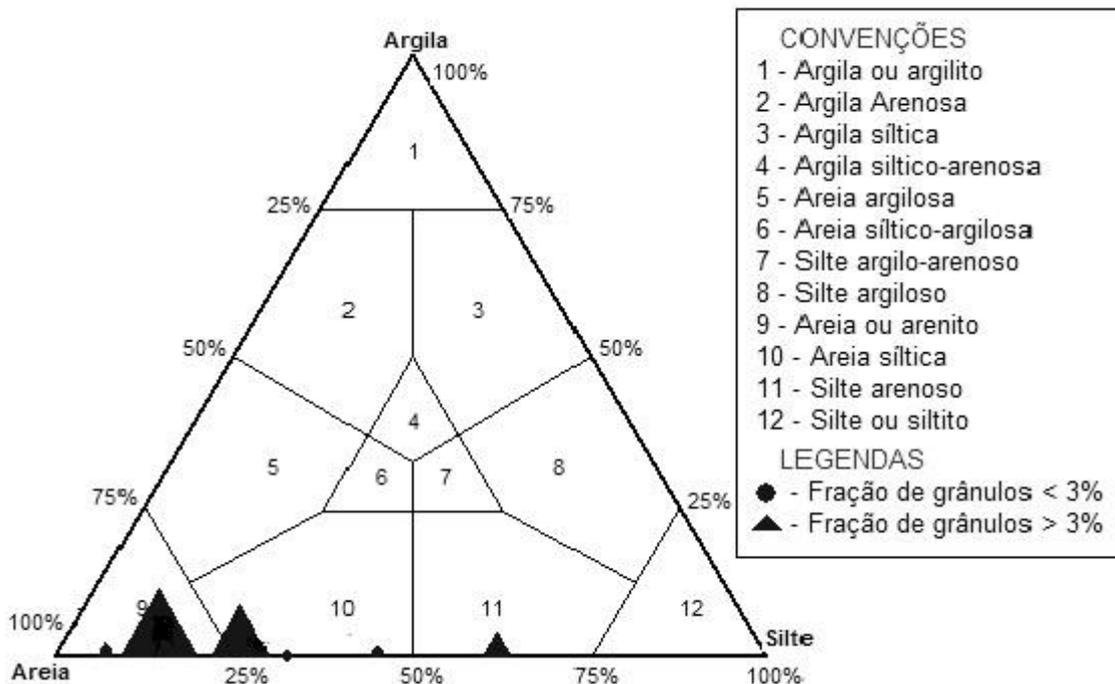


FIGURA 21 – Diagrama triangular de Shepard do setor 1 - rio Carrapicho



**FIGURA 22** – Diagrama triangular de Shepard do setor 1 - Canal de Santa Cruz



Fonte: O autor, 2012.

No setor 2 é incorporado o tributário rio Siri ao sul da Ilha de Itapessoca próximo às desembocaduras dos rios Carrapicho e Catuamã. Nesse setor, o rio Carrapicho tem maior presença de areia e areia siltica segundo o diagrama triangular de Shepard. Esta predominância ocorre devido ao transporte de sedimentos dos rios e canal, onde esse transporte e o encontro das águas permitem o acúmulo e formação do depósito de areia sílica cuja origem está nos rios que nascem entre os tabuleiros costeiros e no percurso dos rios tributários que passam pelo terraço marinho pleistocênico, transportando grande quantidade de areia. A predominância da fração areia caracteriza a região, como sendo de energia moderada, ver figura (23). No caso do rio Catuamã, a desembocadura apresenta menor extensão. A presença de areia siltica é oriunda do estuário, caracterizada por uma zona de energia moderada, enquanto a presença de bioclastos marinhos revela a influência do regime marinho dentro da desembocadura do estuário, caracterizando uma hidrodinâmica alta, conforme figura (24).

FIGURA 23 – Diagrama triangular de Shepard do setor 2 – Carrapicho.

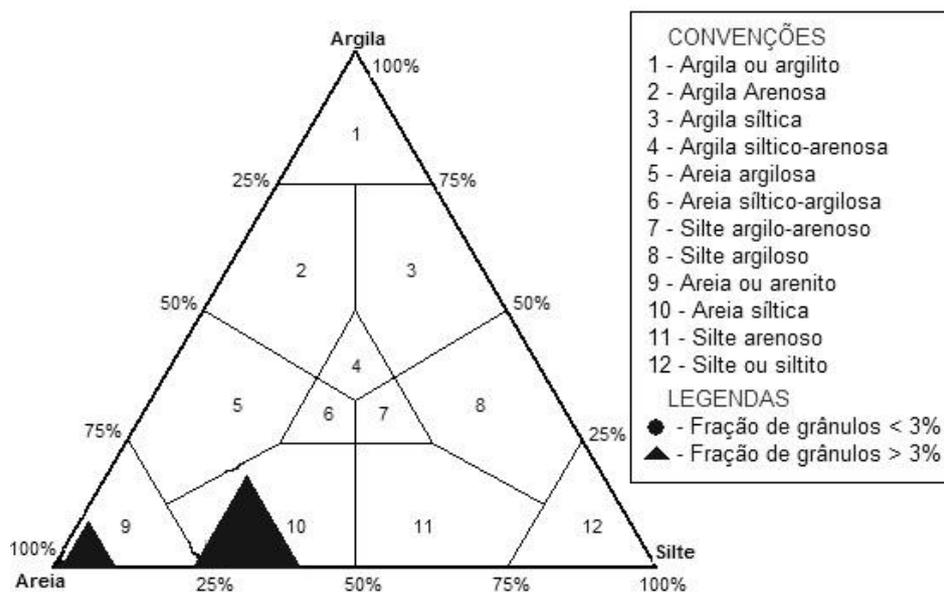
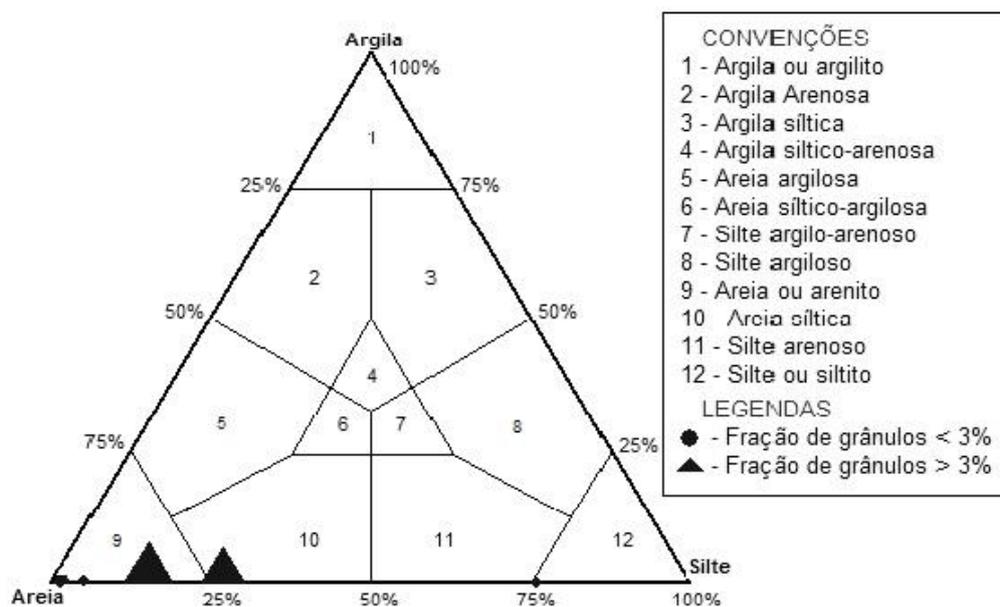


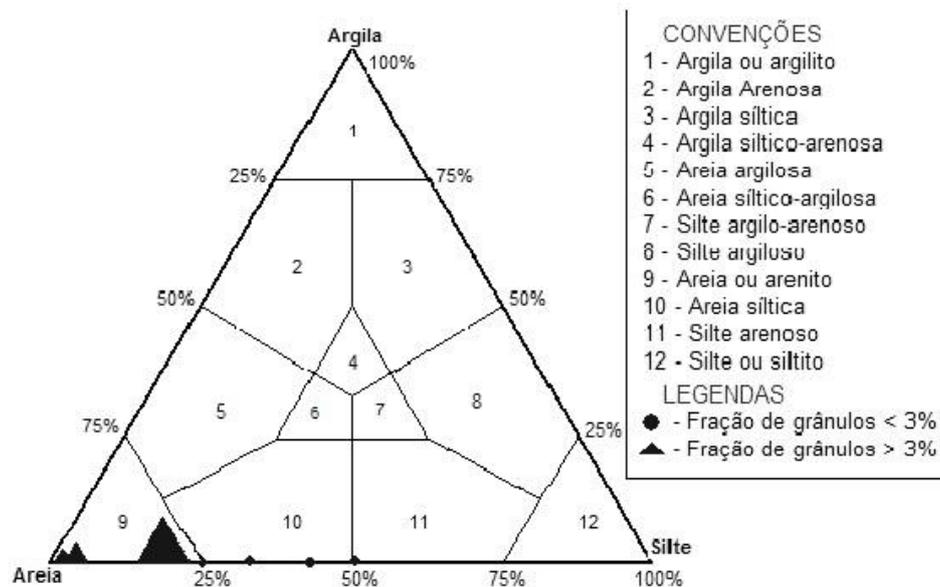
FIGURA 24 – Diagrama triangular Shepard do setor 2 – Catuamã.



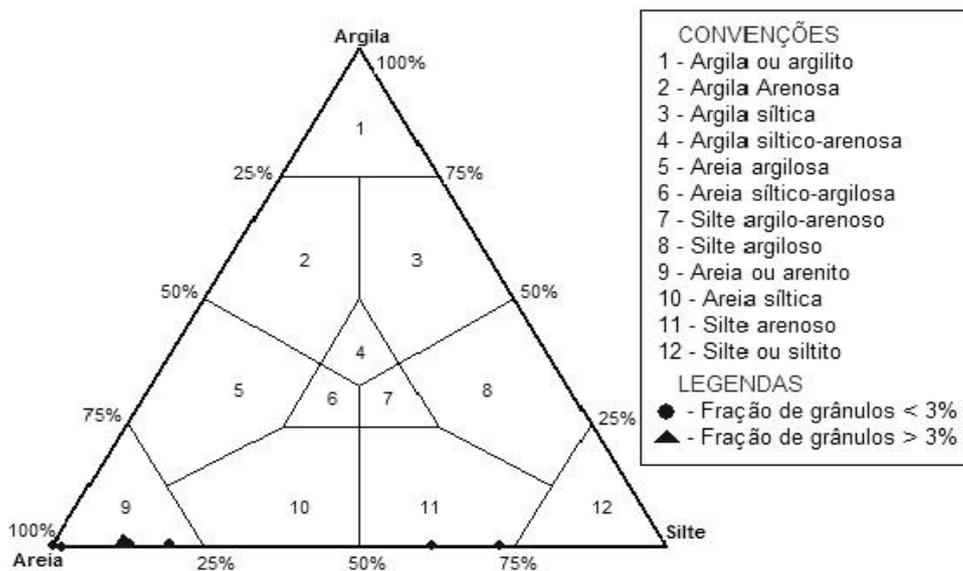
Fonte: O autor, 2012.

O setor 3 engloba a parte central da Ilha de Itapessoca e dos rios Carrapicho e Catuamã. Nesse setor, no rio Carrapicho mostrou depósitos de areia fina, ver figura (25), o mesmo não acontece com o rio Catuamã, onde ocorrem quantidades mínimas de areia, conforme figura (26).

**FIGURA 25** – Diagrama triangular Shepard do setor 3 – Carrapicho.



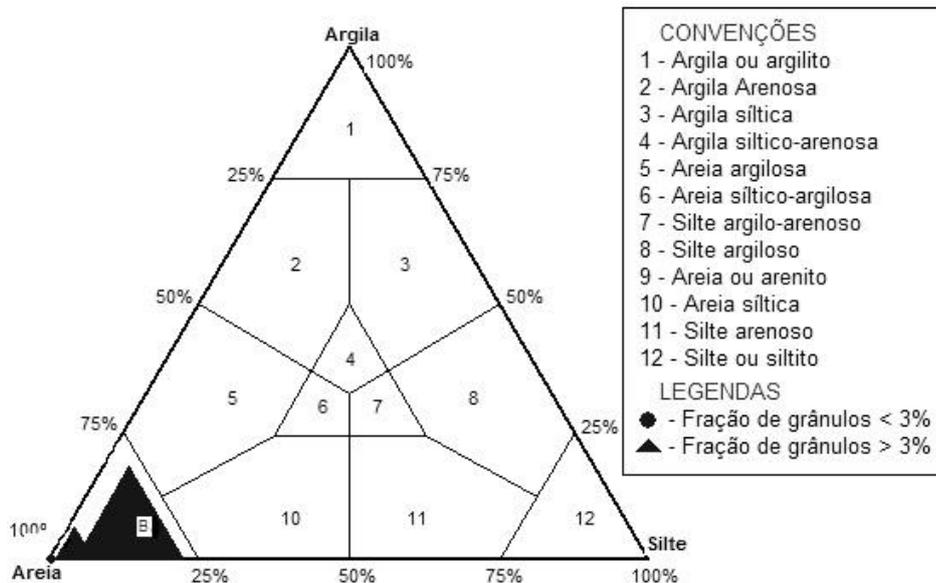
**FIGURA 26** – Diagrama triangular Shepard do setor 3 – Catuamã.



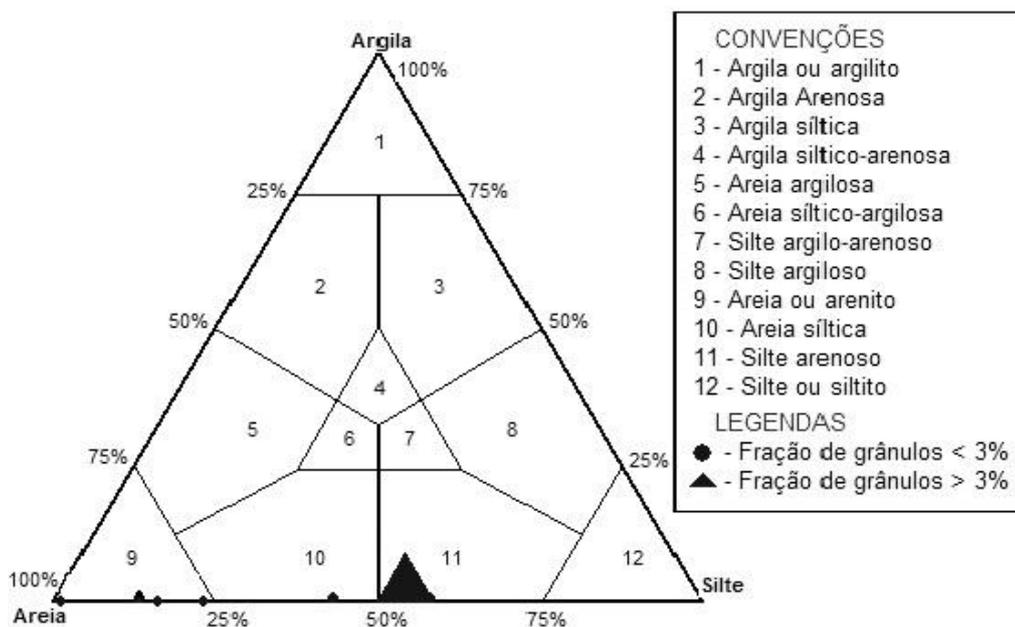
Fonte: O autor, 2012.

O setor 4 compreende os rios Carrapicho e Catuamã. Nesse setor, o rio Carrapicho exibe maior presença de areia média a grossa. Essa presença ocorre devido à descarga do rio da Guariba, conforme figura (27). Todavia, o rio Catuamã apresenta sedimento silte arenoso o que provavelmente, sofre influência da sangria do açude da prata, ver figura (28).

**FIGURA 27** – Diagrama triangular Shepard do setor 4 – Carrapicho.



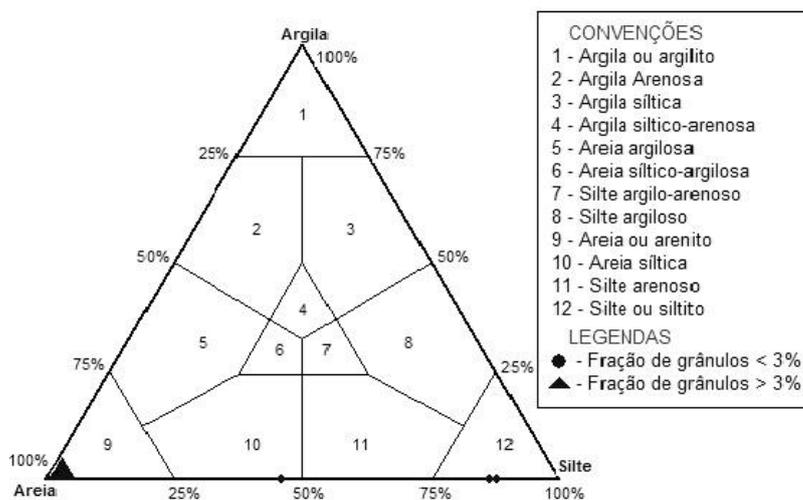
**FIGURA 28** – Diagrama triangular Shepard do setor 4 – Catuamã.



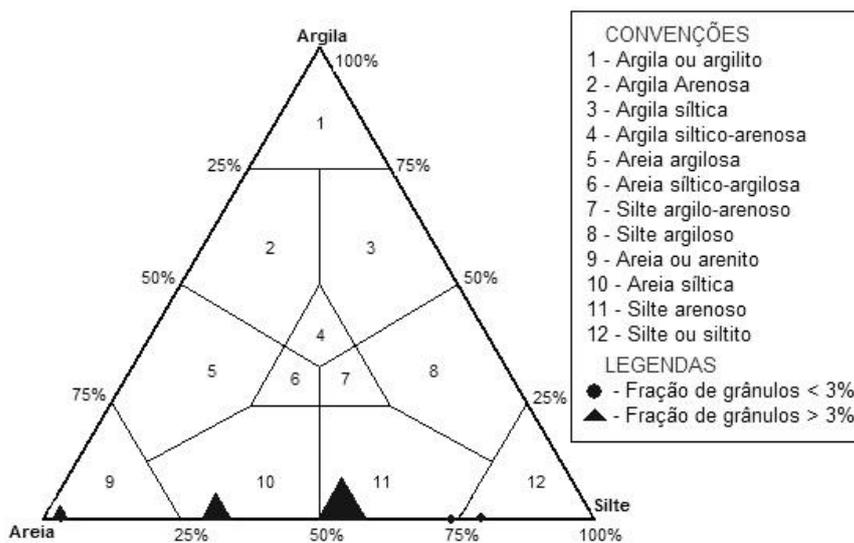
Fonte: O autor, 2012.

O setor 5 está ao noroeste da Ilha de Itapessoca do rio Carrapicho. É representado por areia fina a média, ver figura (29). Já o rio Catuamã apresenta pequena quantidade de sedimentos de areia siltica e silte arenoso. Nesse setor os rios que estão à montante do estuário, a ação da energia da maré é baixa. Propiciando um ambiente favorável à deposição de sedimento fino a muito fino, ver figura (30).

**FIGURA 29** – Diagrama triangular Shepard do setor 5 – Carrapicho.



**FIGURA 30** – Diagrama triangular Shepard do setor 5 – Catuamã.



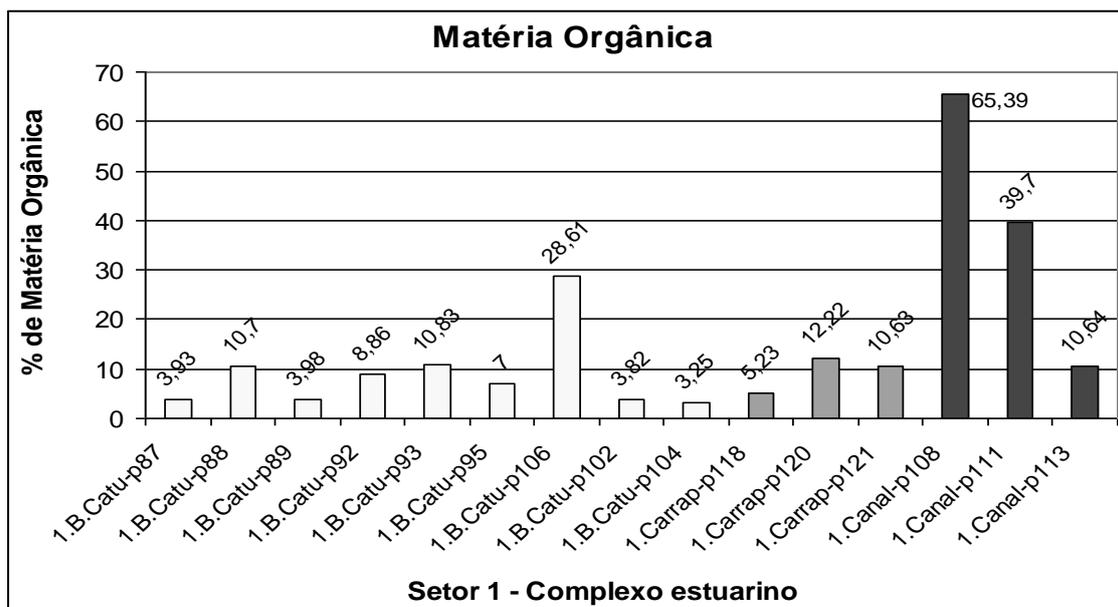
Fonte: O autor, 2012

#### 4.3.2.3 Matéria orgânica (M.O.)

A variação espaço-temporal da matéria orgânica é de grande importância ecológica, pois permite avaliar a produção orgânica dos ecossistemas aquáticos, podendo fornecer indicações sobre a quantidade de matéria orgânica no sedimento, estabelecendo o valor  $\geq 30\%$  de M.O, como sendo a referência para a avaliação dos setores apresentados nesse trabalho como valor significativo (Aprígio, 2007), conforme apêndice (E) e quadro (1).

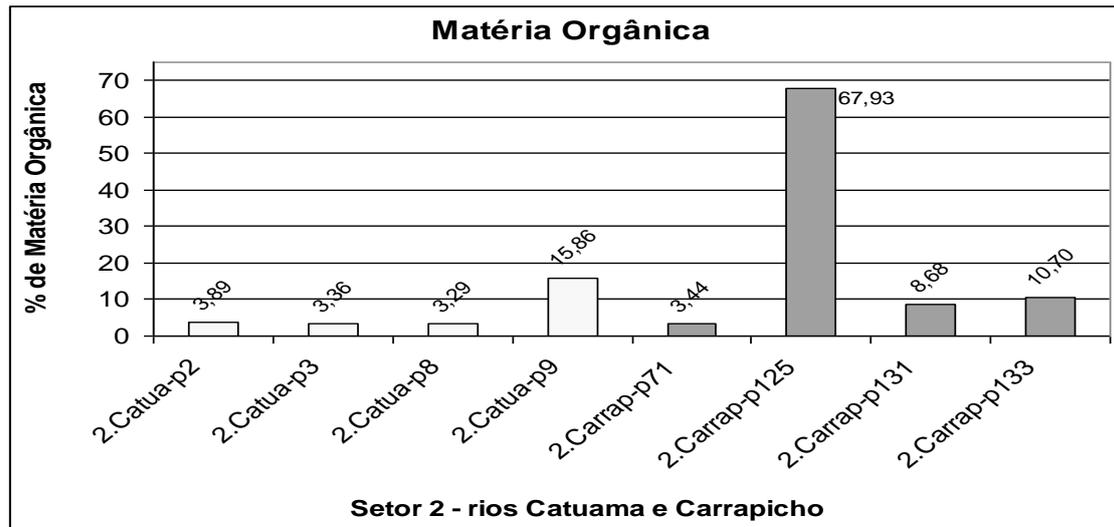
No setor 1 os rios Carrapicho e Catuamã não apresentaram valores significativos, com exceção para o Canal de Santa Cruz, cujo teor de M.O., variou de  $\geq 40\%$  a  $\leq 67\%$  e Barra de Catuamã, que apresentou ponto isolado de concentração de matéria orgânica com 28,61% M.O., ver figura (31).

**FIGURA 31** – Concentração de M. O. no setor 1 do complexo estuarino.



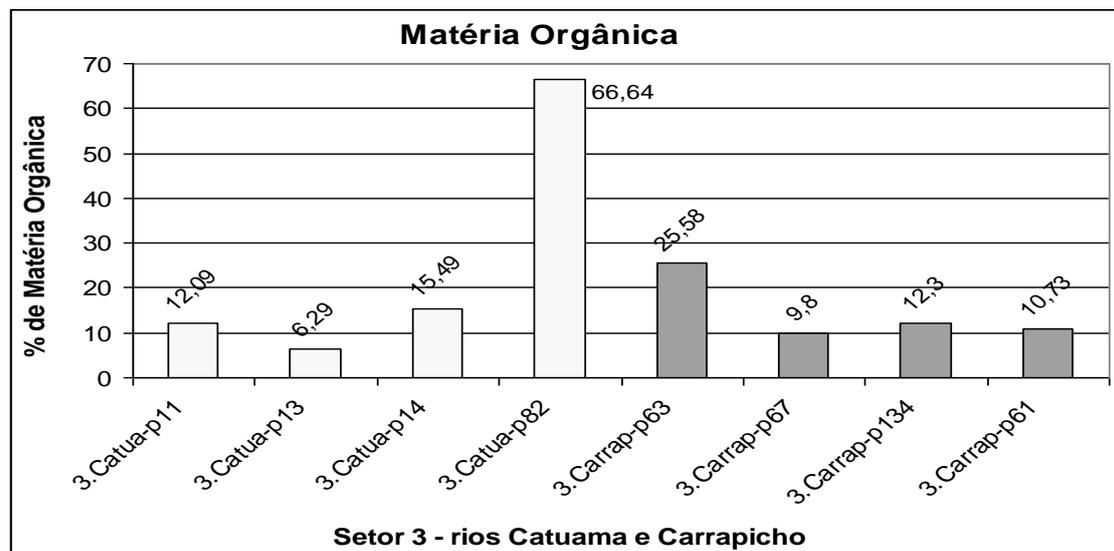
Fonte: O autor, 2012.

No setor 2 o destaque é o rio Carrapicho porque sua porcentagem de M.O. é muito elevada quando comparado a outros pontos do rio Catuamã que não atingiu o percentual de 20%; neste setor 2 o rio Carrapicho apresentou ponto com mais de 67% de concentração de M.O; Enquanto o rio Catuamã, o maior valor encontrado ficou pouco acima dos 15% de M.O., ver figura (32).

**FIGURA 32** – Concentração de M.O. dos rios Catuamã e Carrapicho.

Fonte: O autor, 2012.

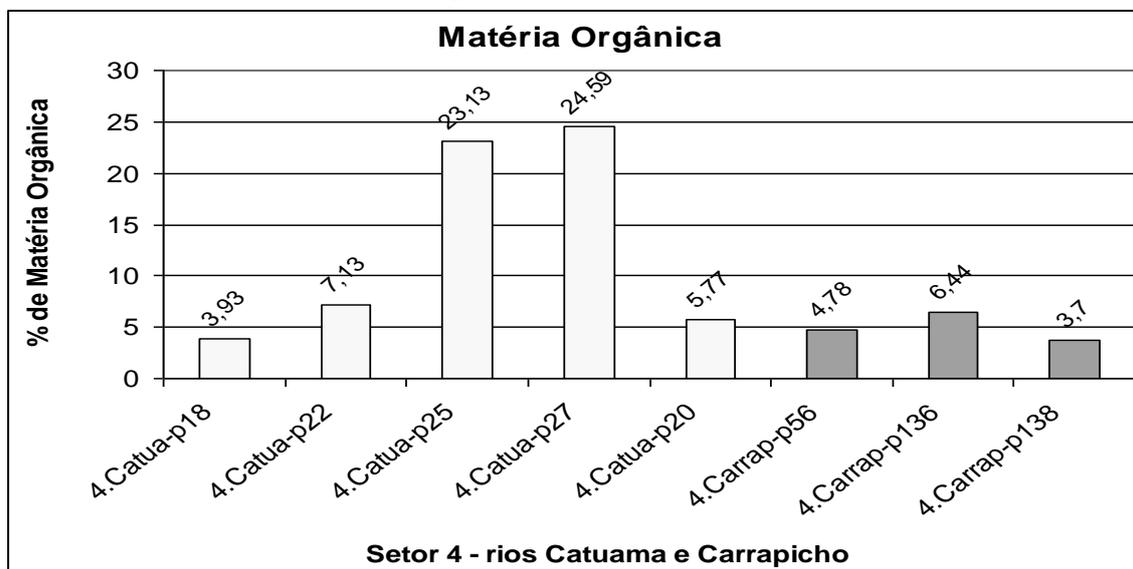
No setor 3 o rio Catuamã apresentou teor de 68% de M.O. Esse setor está na zona de mistura, onde a concentração de sedimento fino a muito fino faz com que ocorra a aglutinação de M.O., no sedimento. No entanto, no rio Carrapicho, o valor percentual não ultrapassa os 25% de M.O., provavelmente, devido à presença da correnteza que não permite grande acúmulo de M.O., apesar de ser uma zona de mistura; ainda nesse setor o rio Carrapicho no ponto 82 apresentou mais de 65% de concentração de M.O., quando comparado com o ponto 67 do mesmo rio. A proporção de M.O. é quase 7 vezes menor, conforme figura (33).

**FIGURA 33** – Concentração de M.O. dos rios Catuamã e Carrapicho.

Fonte: O autor, 2012.

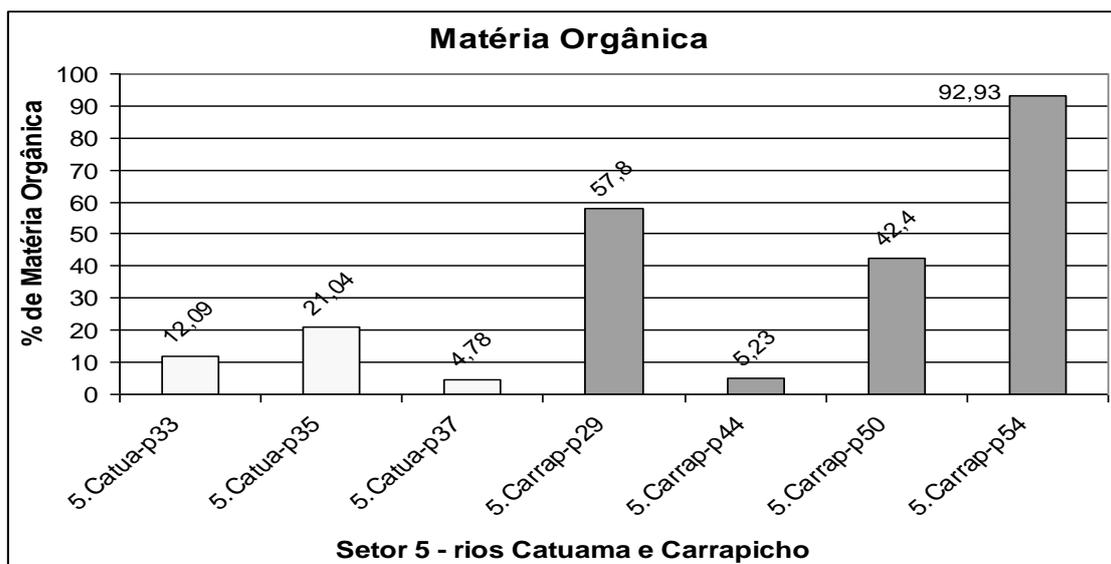
No setor 4 o rio Catuamã apresentou concentração de M.O abaixo dos 25% com dois pontos isolados de concentração de M.O, um de 23,13% e outro de 24,59 %. Enquanto que no rio Carrapicho a concentração de M.O., ficou abaixo de 7%, chegando a  $\leq 4\%$ , ver figura (34).

**FIGURA 34 – Concentração de M.O. dos rios Catuamã e Carrapicho.**



Fonte: O autor, 2012.

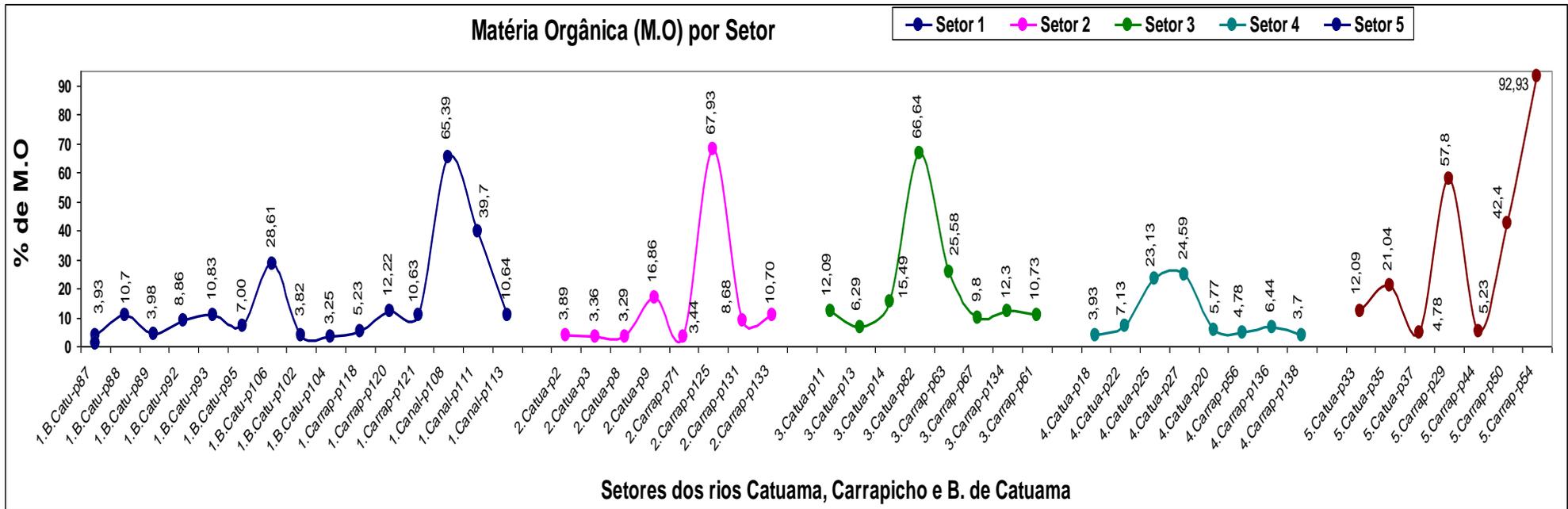
No setor 5 o rio Carrapicho apresentou variação de concentração  $> 42,4\%$  e  $< 92,93\%$  de M.O., quando comparado com o rio Catuamã que apresentou 21% M.O; a estação 35 se destaca por apresentar valor um pouco acima dos 20% de M.O, ainda nesse setor 5, o ponto amostrado no rio Carrapicho apresentou teor de concentração de 92% de M.O., bastante elevado, provavelmente, por estar localizado na proximidade dos rios tributários Ibeapicu e Guariba, onde ambos deságuam no rio Carrapicho. A concentração de M.O. é proveniente do continente, ver figura (35).

**FIGURA 35 – Concentração de M.O. dos rios Catuamã e Carrapicho**

Fonte: O autor, 2012.

A figura (36) mostra um panorama geral da distribuição de M.O, cujos dados apresentados se referem a cada um dos rios abordados e seus respectivos setores. Dessa forma, podemos observar, através desta figura abaixo citado que as áreas dos setores protegidos da ação direta da corrente e a disposição de concentrar M.O., ocorrem mais próximas, à margem do rio, onde as raízes expostas das vegetações ribeirinhas retêm os sedimentos, ver figura (36).

**FIGURA 36 – Distribuição e concentração de M.O., por setores dos rios Catuamã e Carrapicho e Canal de Santa Cruz**

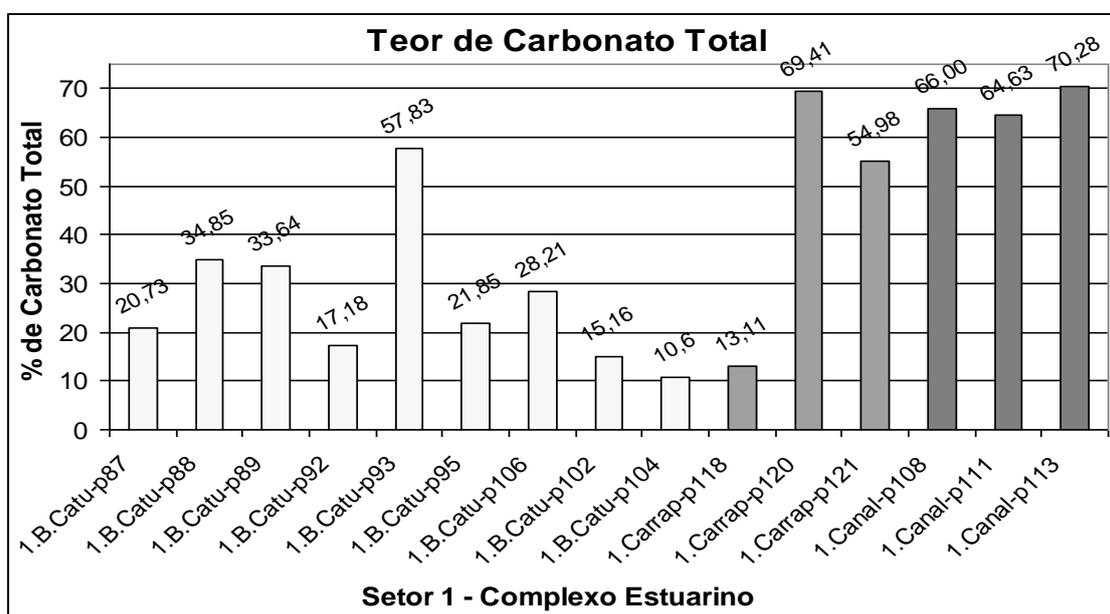


Fonte: O autor, 2012.

#### 4.3.2.3 Teor de carbono total

No setor 1, o complexo estuarino apresenta elevado teor de Carbonato Total (CT). Os pontos localizados em Barra de Catuamã, os valores variaram de 20% a 57%, enquanto que no canal de Santa Cruz, os valores oscilaram entre 66% a 70%. No entanto, no rio Carrapicho, a variação ficou entre 13% e 55%. A figura (37) mostra o gráfico de comportamento dessa variação de teor de carbonato total, conforme apêndice (F) e quadro (2).

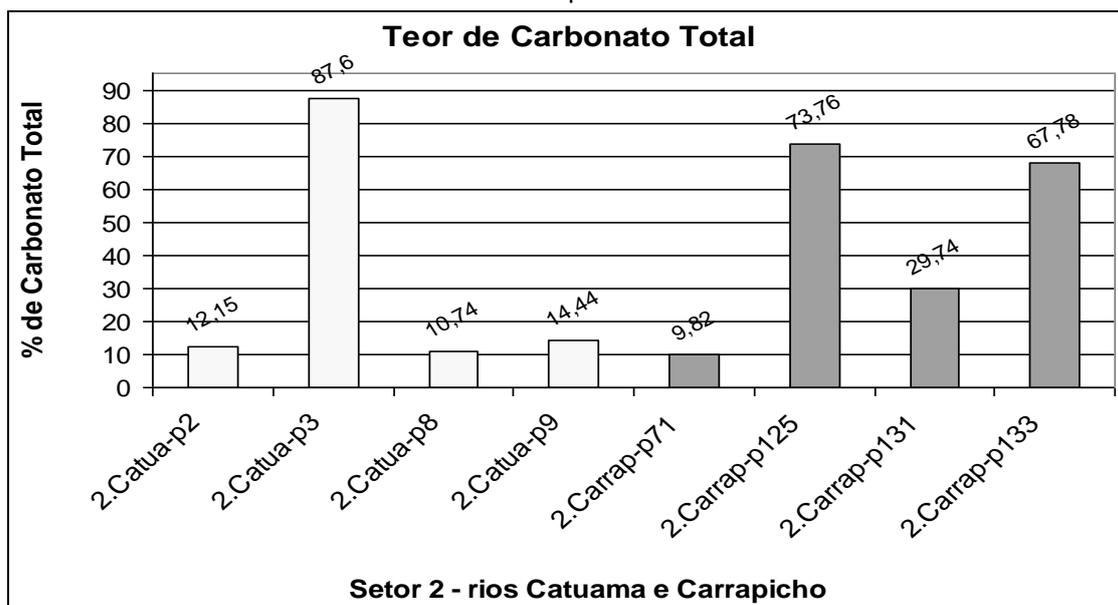
**FIGURA 37** - Teor de carbonato total no complexo estuarino (Barra de Catuamã).



Fonte: O autor, 2012.

No setor 2, o rio Catuamã apresentou teores de CT que variaram entre 10% e 57% e os demais pontos muito abaixo dos 20% de litoclástico. Enquanto no rio Carrapicho esse teor de CT teve variação que oscilou de 9% a 73% , ver figura (38).

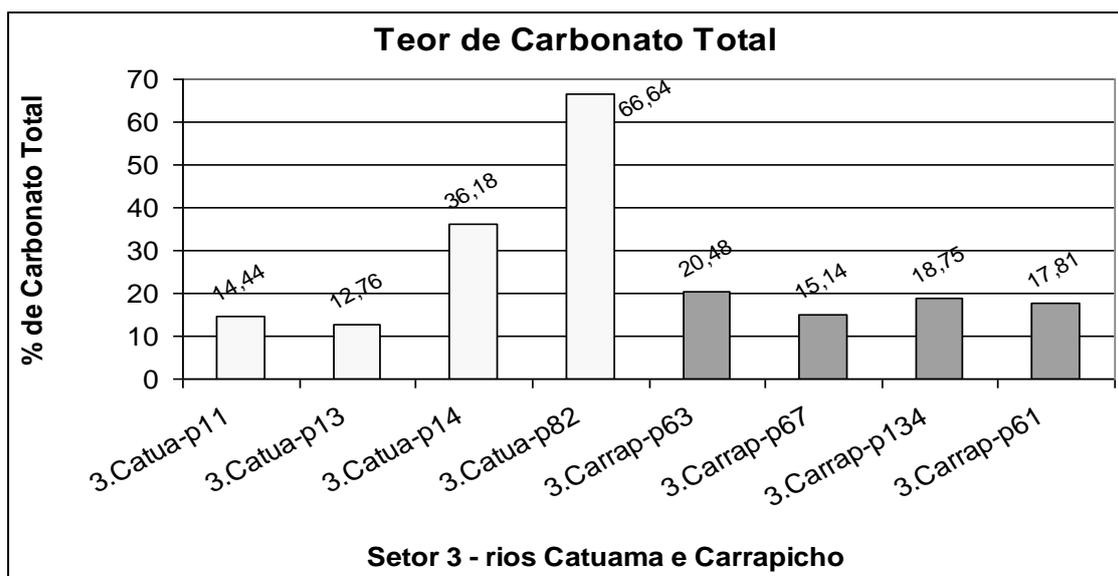
**FIGURA 38** - Teor de carbonato total dos pontos (2, 125, 131 e 133) dos rios Catuamã e Carrapicho



Fonte: O autor, 2012.

No setor 3, o rio Catuamã, no ponto P<sub>14</sub> e seguido do ponto P<sub>82</sub>, apresentou variação entre 36% a 66% de carbonato total e enquanto que nos demais, pontos esses, os valores são menores que 20%. Nesse setor, o rio Carrapicho, apresentou variação muito baixo de CT, cujo teor variou entre 15% e 20%, ver figura (39).

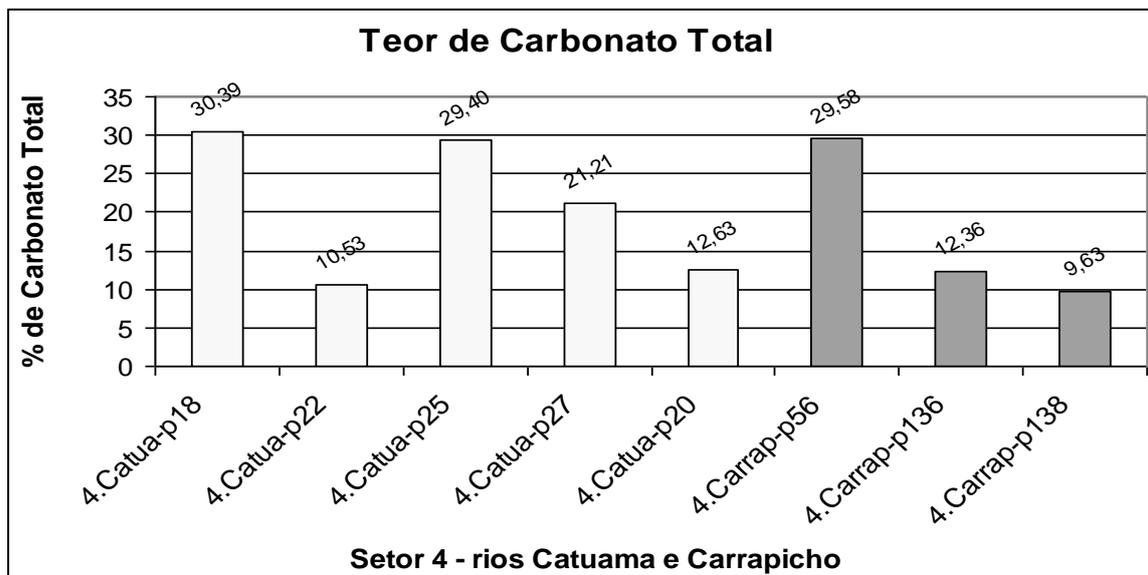
**FIGURA 39** – Teor de carbonato total dos pontos (14, 82 e 63) dos rios Catuamã e Carrapicho.



Fonte: O autor, 2012.

No setor 4, os pontos P<sub>18</sub> e P<sub>25</sub> no rio Catuamã apresentaram variações de teor de CT entre 29% e 30%, a exceção é o ponto P<sub>22</sub> do rio Catuamã, que apresentou valor de 10%. Enquanto, no ponto 56 do rio Carrapicho, os valores são semelhantes ao do setor no rio Catuamã, ver figura (40).

**FIGURA 40** - Teor de carbonato total dos pontos (25, 27, 18 e 56) dos rios Catuamã e Carrapicho.



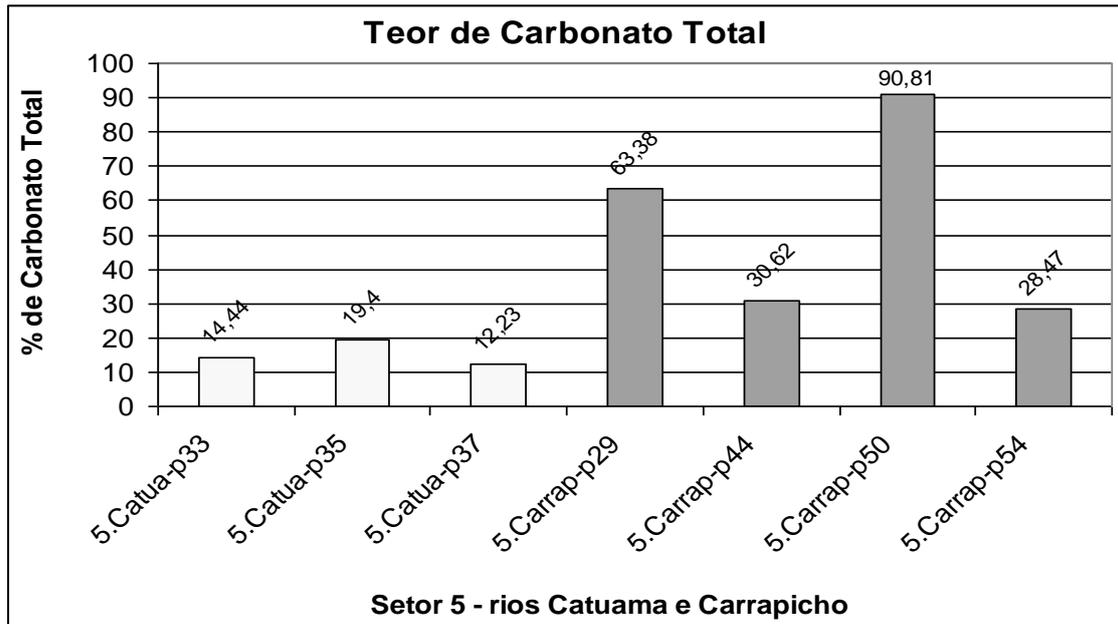
Fonte: O autor, 2012.

No setor 5, no rio Catuamã nos pontos P<sub>33</sub> e P<sub>35</sub>, os valores variam de 12% a 19% de carbonato total em sedimentos. O oposto ocorre nos pontos 29 e 50 do rio Carrapicho onde a presença de C.T é elevadíssima com valor entre 63% a 90% nos sedimentos.

Esse valor elevado indica a presença de microrganismos após o ciclo de vida, e com isso aumenta a produção primária nas águas e, logo, a uma incorporação aos sedimentos. Em outros pontos, como P<sub>44</sub> e P<sub>54</sub>, o valor do carbonato encontrado em sedimento ficou entre 28% a 30%, ver figura (41).

De acordo com Suguio (1973), os carbonatos são substâncias de origem predominantemente marinha, precipitadas diretamente ou por intermédio de organismos, sendo a calcita e a aragonita os minerais mais abundantes. Indicativo da influência marinha nos sedimentos.

As distribuições dos percentuais do teor de CT na área estudada apresentaram variações significativas na maior parte das amostras analisadas, conforme anexo (G) e quadro (2).

**FIGURA 41 - Teor de carbonato total dos rios Catuamã e Carrapicho**

Fonte: O autor, 2012

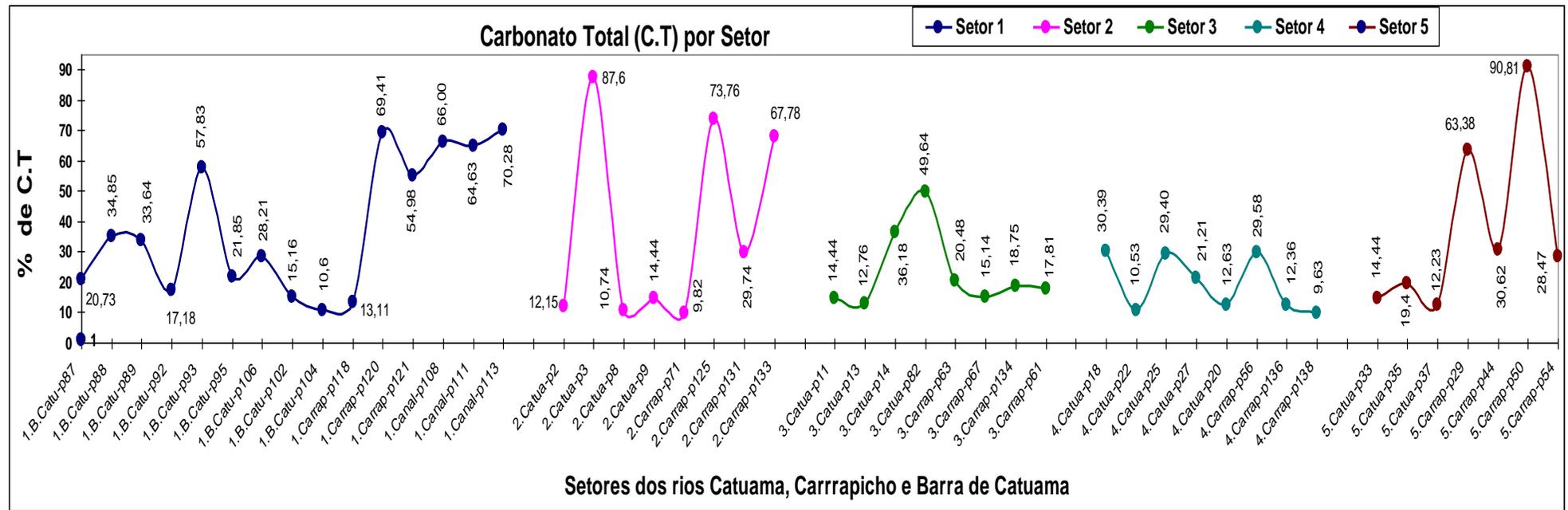
Do total de 4 amostras, apenas 2 apresentaram valores inferiores a < 10%. Em algumas amostras, as concentrações variaram da seguinte maneira: 10 a 20% (15 amostras), 20 a 30% (8 amostras), 30 a 40% (6 amostras), 50 a 60% (2 amostras), 60 a 70% (6 amostras), 70 a 80% (2 amostras), 80 a 90% (2 amostras) e 90 a 100% (1 amostra).

Para uma melhor compreensão e visualização dos dados, a figura (42) mostra a distribuição dos teores de CT por setor. O destaque será dado para os pontos com as respectivas amostras que apresentarem  $\geq 20\%$  de carbonato total.

A figura (43) mostra o gráfico com um resumo geral da distribuição de carbonato total dos rios Carrapicho e Catuamã e canal de Santa Cruz.

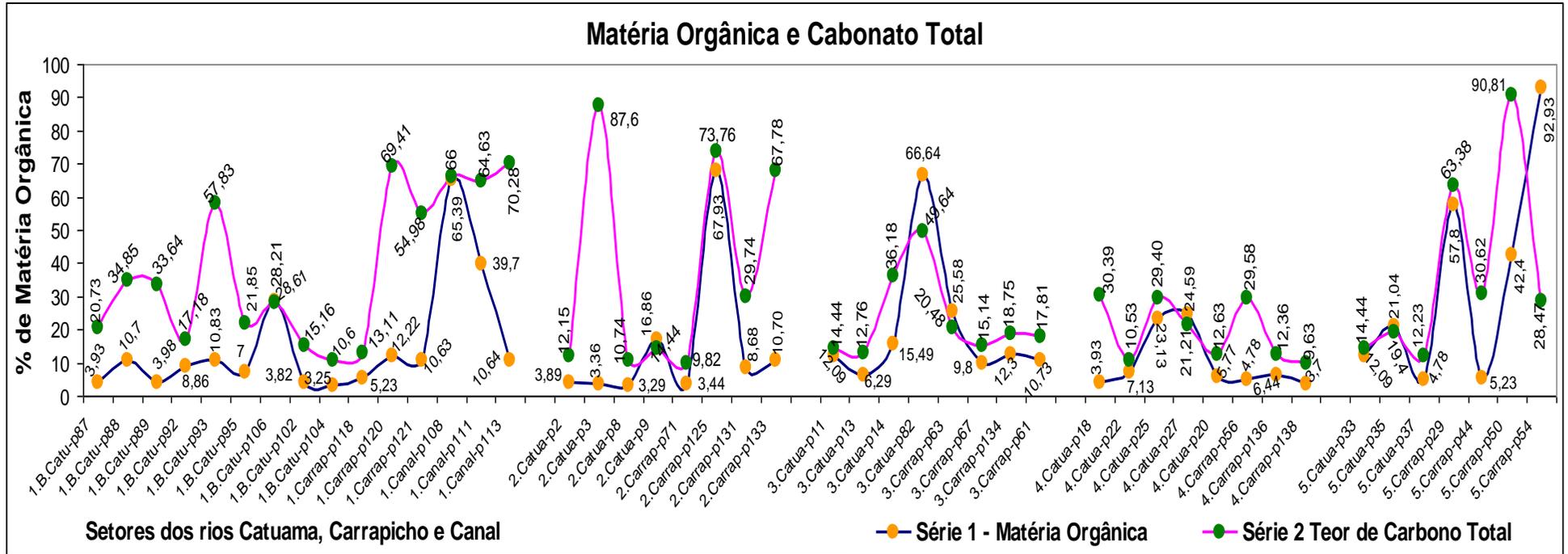
Com objetivo de mostrar os valores percentuais encontrados nos pontos coletados nos rios Carrapicho, Catuamã e, ao norte canal de Santa Cruz, foram plotados em gráfico os valores de matéria orgânica e carbonato total.

FIGURA 42 – Distribuição e concentração de C.T., dos setores dos rios Catuamã e Carrapicho e canal de Santa Cruz



Fonte: O autor, 2012.

**FIGURA 43** - Gráfico de distribuição geral e comparativo de carbonato total e matéria orgânica ao longo dos rios Carrapicho e Catuamã e norte do canal de Santa Cruz.



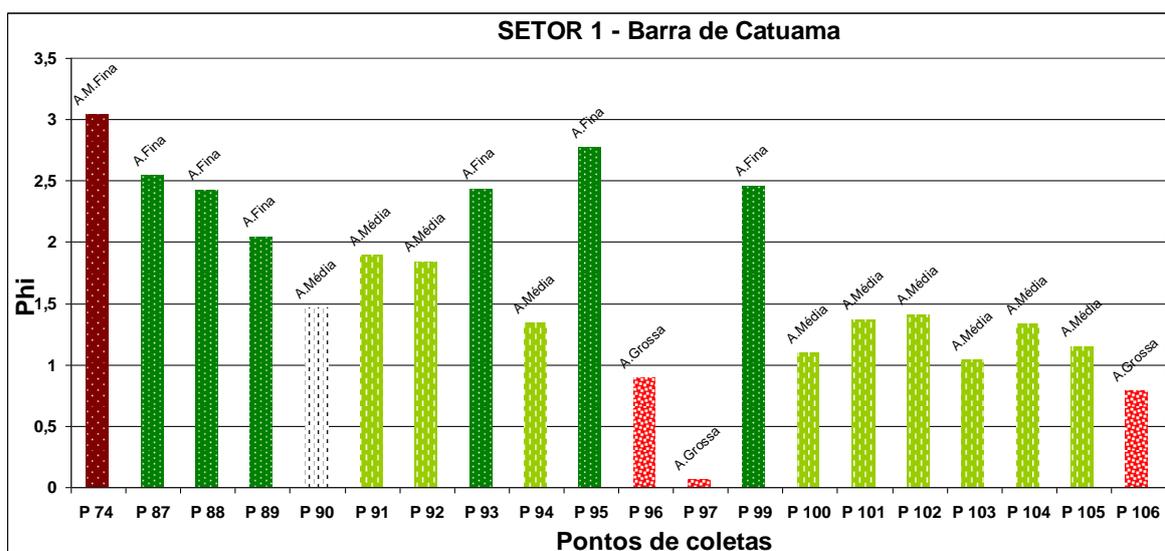
Fonte: O autor, 2012.

#### 4.3.2.4 Representação gráfica dos dados granulométricos

De posse dos resultados das análises granulométricas, foram desenvolvidas uma série de curvas acumulativas e histogramas representativos da fração areia, ao norte do canal de Santa Cruz, nos rios Carrapicho e Catuamã, os quais circundam a Ilha de Itapessoca. O principal objetivo deste processo é associar, caracterizar e comparar os diversos tipos de areia em relação ao transporte, deposição e características sedimentológicas, de acordo com a divisão de setores.

No gráfico do setor 1 segundo Folk & Ward (1957), as estações P<sub>91</sub>, P<sub>92</sub>, P<sub>93</sub>, P<sub>94</sub>, P<sub>101</sub>, P<sub>102</sub>, P<sub>103</sub>, P<sub>104</sub> e P<sub>105</sub> localizados em Barra de Catuamã, caracterizam-se por apresentar domínio da fração areia média, moderadamente selecionadas, refletindo condições de alta energia distribuídas nas áreas de comunicação com o setor 1 do ambiente costeiro. As estações P<sub>87</sub>, P<sub>88</sub>, P<sub>89</sub>, P<sub>95</sub>, P<sub>99</sub> e P<sub>74</sub>, apresentaram areia fina a muito fina, refletindo condições de energia baixa, sujeita à variação. No entanto, os pontos P<sub>96</sub>, P<sub>97</sub> e P<sub>106</sub> que apresentaram areia muito grossa, estão localizados nas proximidades da desembocadura do canal de entrada para o ambiente estuarino, isto indica que o ambiente possui diferentes níveis de energia, que variam de energia alta, ver figura (44).

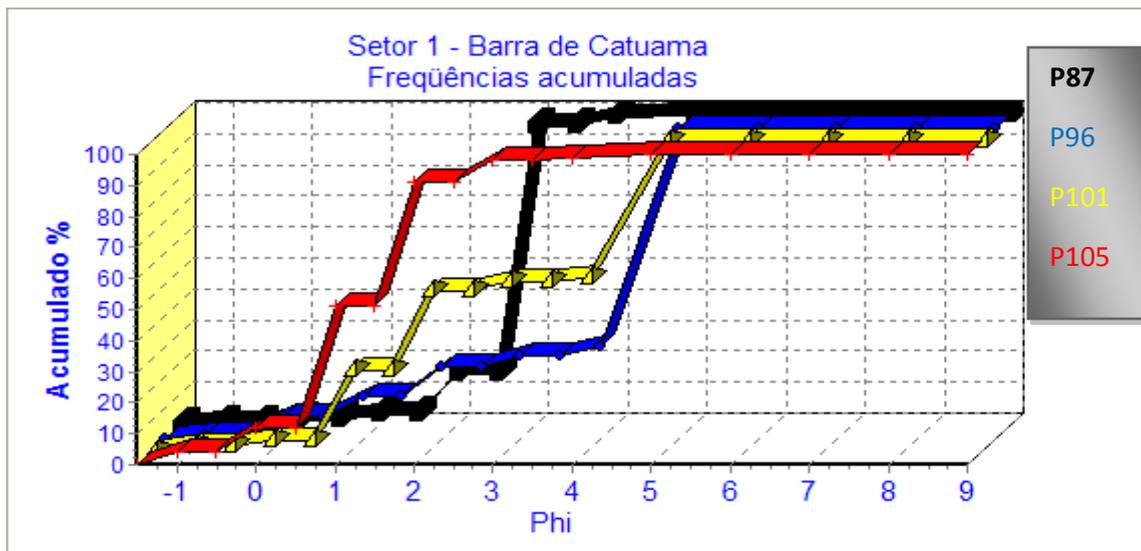
**FIGURA 44** – Histograma do setor 1 na Barra de Catuamã.



Fonte: O autor, 2012.

Na figura 45, são observadas as curvas das amostras P<sub>87</sub>, P<sub>96</sub>, P<sub>101</sub>, P<sub>105</sub> que se caracterizam por apresentar uma sequência da fração areia, a qual varia de fina a grossas. Enquanto, que no ponto P<sub>87</sub> a areia é bem selecionada, no ponto P<sub>96</sub> é pobremente selecionada e nos pontos P<sub>101</sub> e P<sub>105</sub> é moderadamente selecionada.

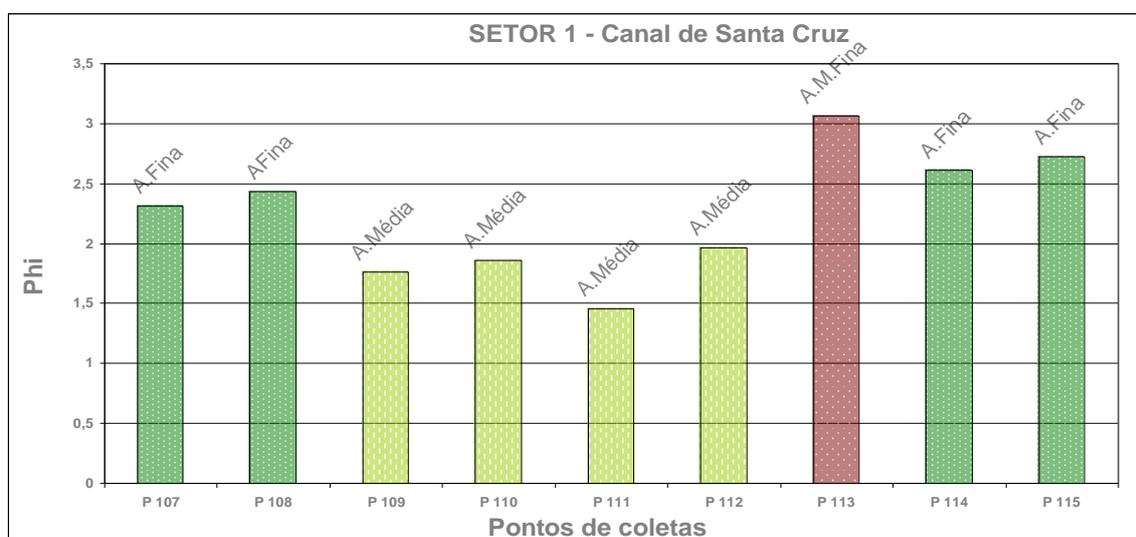
**FIGURA 45** – Curvas acumulativas do setor 1 em Barra de Catuamã.



Fonte: O autor, 2012.

Ainda no setor 1, o canal de Santa Cruz (P<sub>109</sub>, P<sub>110</sub>, P<sub>111</sub> e P<sub>112</sub>) é caracterizado por apresentar areia média. Os pontos de coletas P<sub>107</sub>, P<sub>108</sub>, P<sub>114</sub>, P<sub>115</sub> e P<sub>113</sub> representa a fração areia fina a muito fina, estando relacionado à ambientes de energia baixa, ver figura (46).

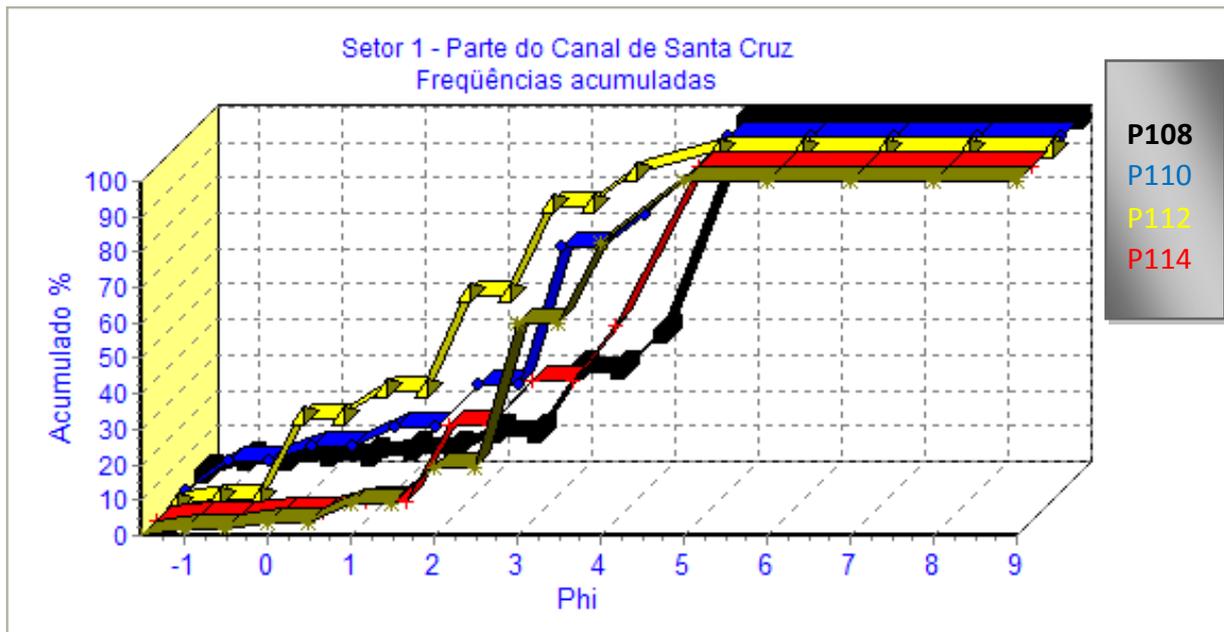
**FIGURA 46** - Histograma do setor 1, norte do canal de Santa Cruz – Itamaracá – PE.



Fonte: O autor, 2012.

A figura (47) mostra o gráfico em que onde são observadas as sequências das curvas de frequência acumulada das amostras P<sub>108</sub> P<sub>110</sub> P<sub>112</sub> P<sub>114</sub>. Esses pontos apresentam uma sequência da fração areia que varia de areia fina a média e em todos os pontos a areia se encontra com os grãos pobremente selecionados.

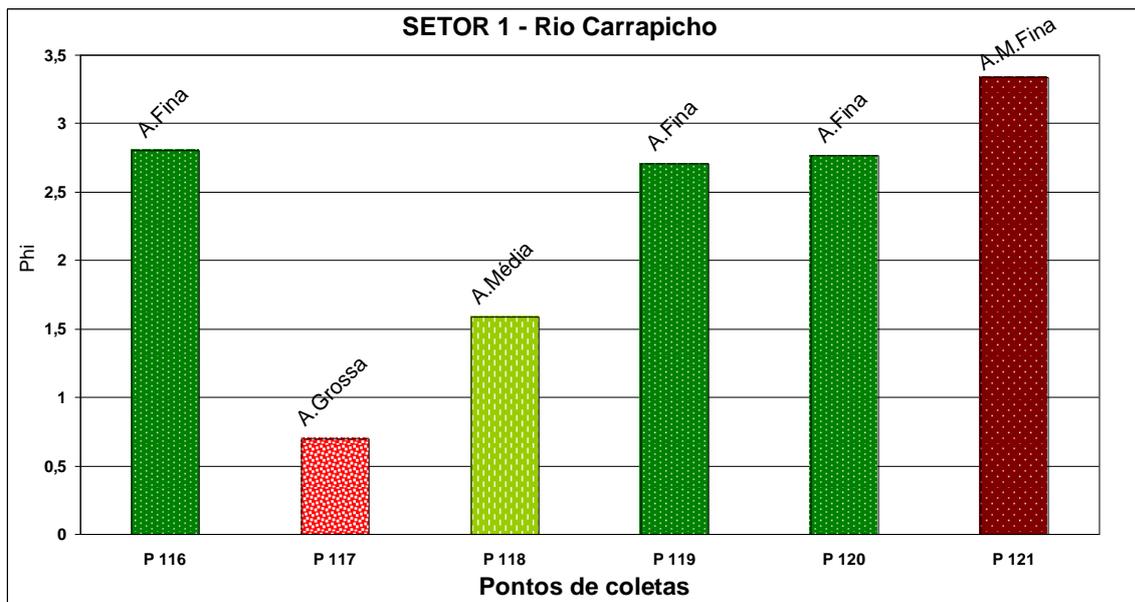
**FIGURA 47** – Curvas acumulativas do setor 1, Canal de Santa Cruz–Itamaracá– PE.



Fonte: O autor, 2012.

No setor 1, do rio Carrapicho os pontos de coletas P<sub>116</sub>, P<sub>117</sub>, P<sub>118</sub>, P<sub>119</sub>, P<sub>120</sub>, e P<sub>121</sub>, caracterizam-se por apresentar a predominância da fração areia fina e em menor quantidade a areia muito fina, e por isso, ele é caracterizado pela fração areia fina e relacionada a um ambiente de energia baixa, ver figura (48).

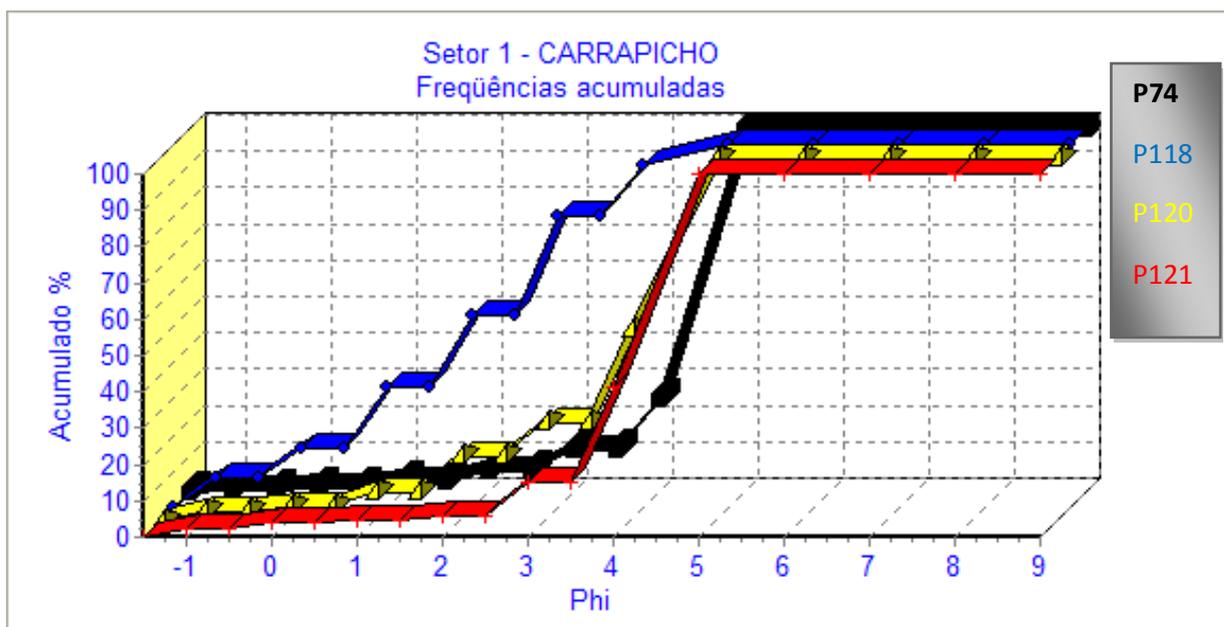
**FIGURA 48 - Histograma do setor 1 do rio Carrapicho.**



Fonte: O autor, 2012.

As curvas de frequências acumuladas das amostras no setor 1, do rio Carrapicho, estão representadas pelas cores das amostras P<sub>74</sub> P<sub>118</sub> P<sub>120</sub> P<sub>121</sub>; Essas amostras se caracterizam, por apresentar uma variação da fração areia que vai de muito fina a média e todos os pontos apresentam os grãos pobremente selecionados, ver figura (49).

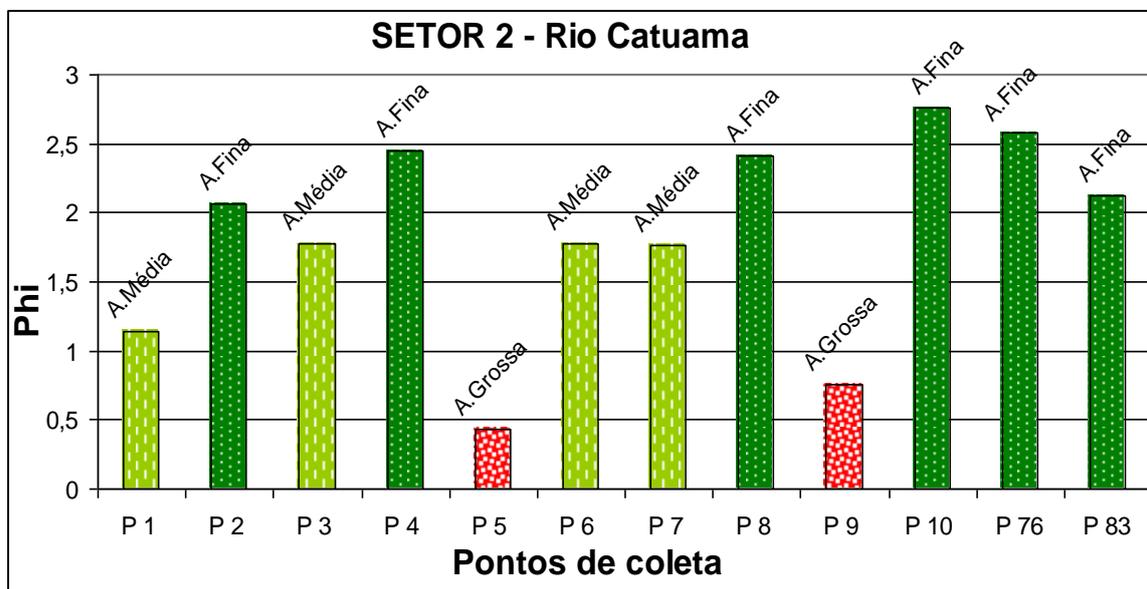
**FIGURA 49 - Curvas acumulativas setor 1 do rio Carrapicho**



Fonte: O autor, 2012.

No setor 2, do rio Catuamã as amostras estão representadas pelos pontos P<sub>1</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>6</sub>, e P<sub>7</sub>, caracterizam a área com predominância de areia média, apresentando grãos com seleção moderada a pobremente selecionada, representando assim um ambiente com energia moderada. Enquanto os pontos P<sub>2</sub>, P<sub>4</sub>, P<sub>8</sub>, P<sub>10</sub>, P<sub>76</sub> e P<sub>83</sub>, são constituídos na sua maioria por areia fina; apresentam grãos com grau de seleção moderado a bem selecionados, indicando, dessa maneira, que ambiente apresenta energia é variável. No entanto, os pontos P<sub>5</sub> e P<sub>9</sub> caracterizam-se por apresentar areia grossa, com os grãos pobremente selecionados, refletindo ambiente de alta energia, ver figura (50).

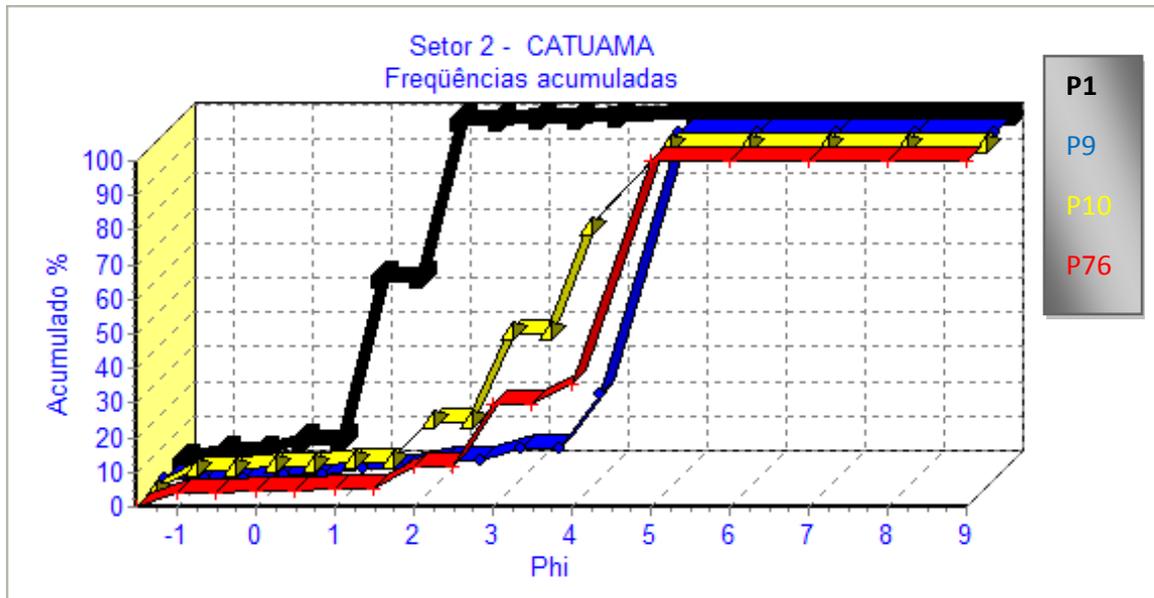
**FIGURA 50** - Histograma do setor 2 do rio Catuamã.



Fonte: O autor, 2012.

No percentual das curvas de frequências acumuladas das amostras do rio Catuamã, representadas por P<sub>1</sub>, P<sub>9</sub>, P<sub>10</sub> e P<sub>76</sub>, caracterizam-se por apresentar uma sequência de areia que varia de grossa à fina. Nos pontos P<sub>1</sub>, P<sub>10</sub> e P<sub>76</sub>, a fração areia é classificada como pobremente selecionada, enquanto que no P<sub>9</sub> a areia foi classificada como muito bem selecionada, ver figura (51).

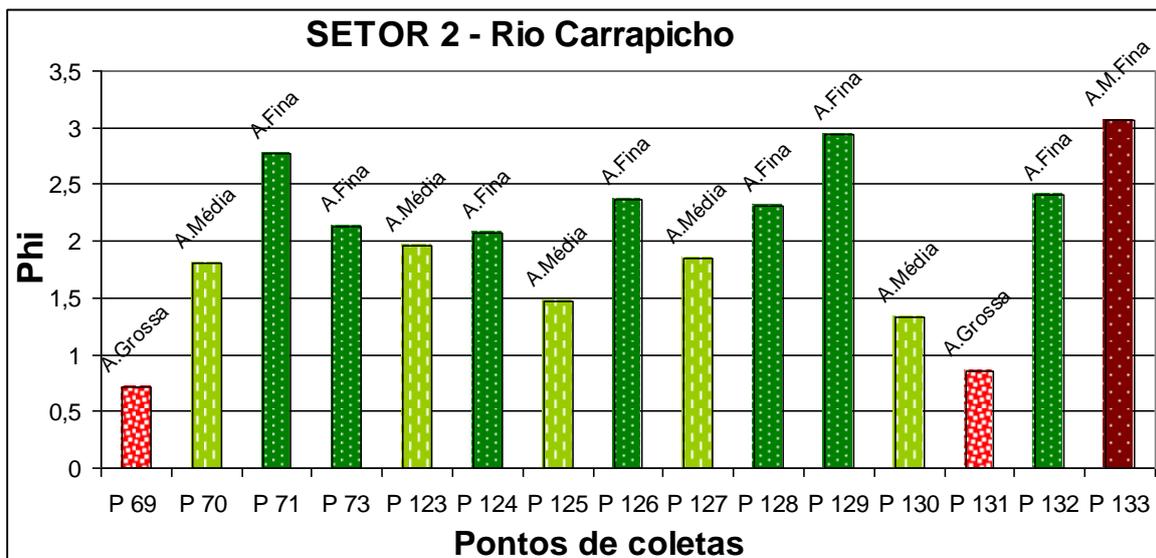
**FIGURA 51** - Curvas acumulativas do setor 2 do rio Catuamã



Fonte: O autor, 2012.

Ainda no setor 2, os pontos de coletas  $P_{70}$ ,  $P_{123}$ ,  $P_{125}$ ,  $P_{127}$  e  $P_{130}$ , no rio Carrapicho apresentam uma granulometria do tipo por areia média, moderadamente selecionada, o que mostra condições de energia variável distribuídas em áreas de zona de comunicação com ambiente costeiro. As amostras dos pontos  $P_{71}$ ,  $P_{124}$ ,  $P_{126}$ ,  $P_{128}$ ,  $P_{129}$ ,  $P_{132}$  e  $P_{133}$ , são representadas por areia fina, em grau de seleção moderado dos grãos de quartzo, o que denota condições de ambiente de baixa energia. Os pontos de coletas  $P_{69}$  e  $P_{131}$  que estão localizados na desembocadura do rio Siri se caracterizam por apresentar areia grossa, pobremente selecionada, confirmando ambiente de condições de alta energia, ver figura (52).

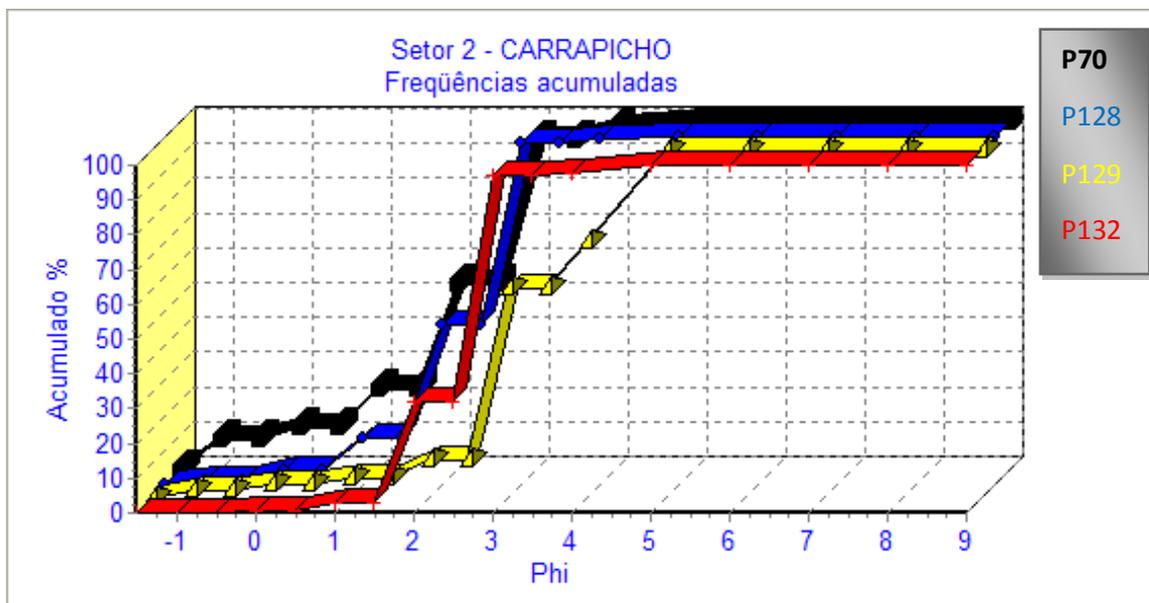
FIGURA 52 - Histograma do setor 2 do rio Carrapicho.



Fonte: O autor, 2012.

Na figura 53, é possível observar nas curvas das amostras do setor 2 no rio Carrapicho, representadas pelos pontos P<sub>70</sub>, P<sub>128</sub>, P<sub>129</sub> e P<sub>132</sub>, o domínio de areia média à fina e o quanto a seleção dos grãos são moderadamente selecionados.

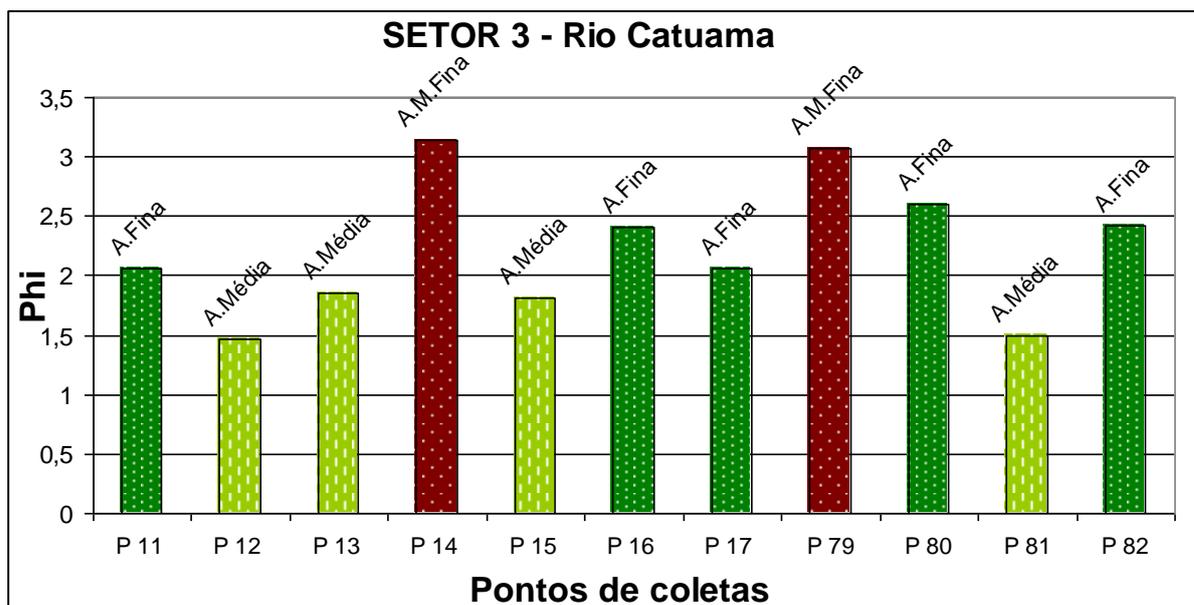
FIGURA 53 - Curvas acumulativas do setor 2 do rio Carrapicho.



Fonte: O autor, 2012.

No setor 3 o rio Catuamã, os pontos: P<sub>11</sub>, P<sub>16</sub>, P<sub>17</sub>, P<sub>80</sub> e P<sub>82</sub>, configuram uma área com predominância de areia fina, mostrando as condições de baixa energia do ambiente. Os pontos de coletas P<sub>12</sub>, P<sub>13</sub>, P<sub>15</sub>, e P<sub>16</sub>, caracterizam-se por apresentar areia média com classificação de grãos pobremente selecionados, logo se vê que retrata de um ambiente de energia moderada. Contudo, os pontos de coletas P<sub>14</sub> e P<sub>79</sub>, são formados por areia muito fina, que denota ambiente de condições de baixa energia, ver figura (54).

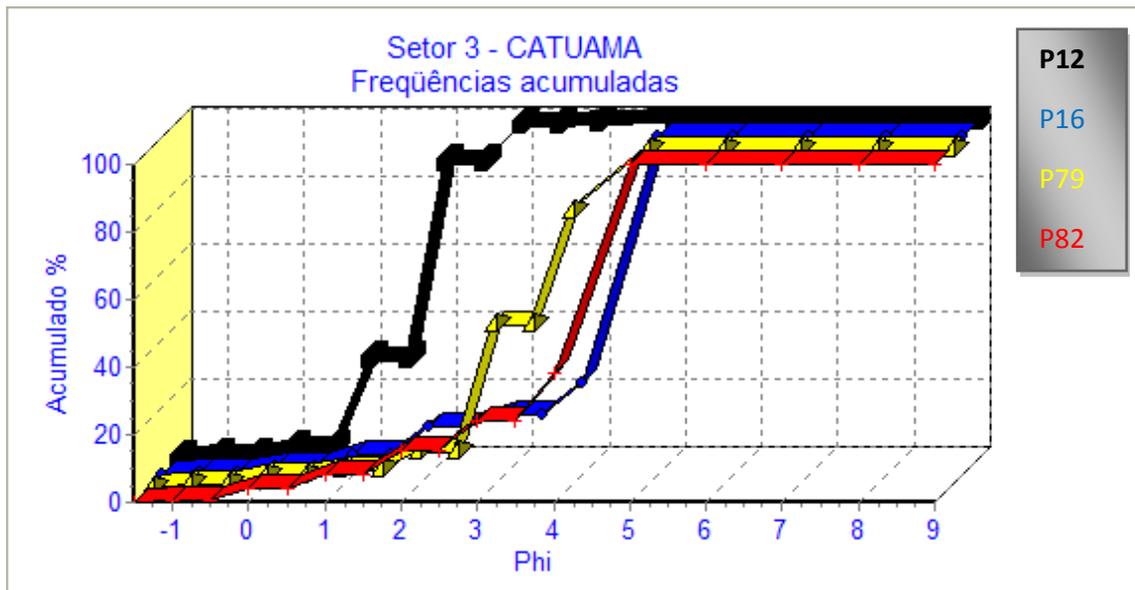
**FIGURA 54** - Histograma do setor 3 do rio Catuamã



Fonte: O autor, 2012.

As curvas de frequências acumuladas das amostras, representadas pelos pontos: P<sub>12</sub>, P<sub>16</sub>, P<sub>79</sub> e P<sub>82</sub>, apresentam uma granulometria e variando de areia média à areia muito fina. Os pontos P<sub>12</sub> e P<sub>79</sub> apresentam a fração areia com grau de seleção moderadamente selecionado; enquanto, os pontos P<sub>16</sub> e P<sub>82</sub>, apresentaram-se com grau de seleção pobremente selecionado, ver figura (55).

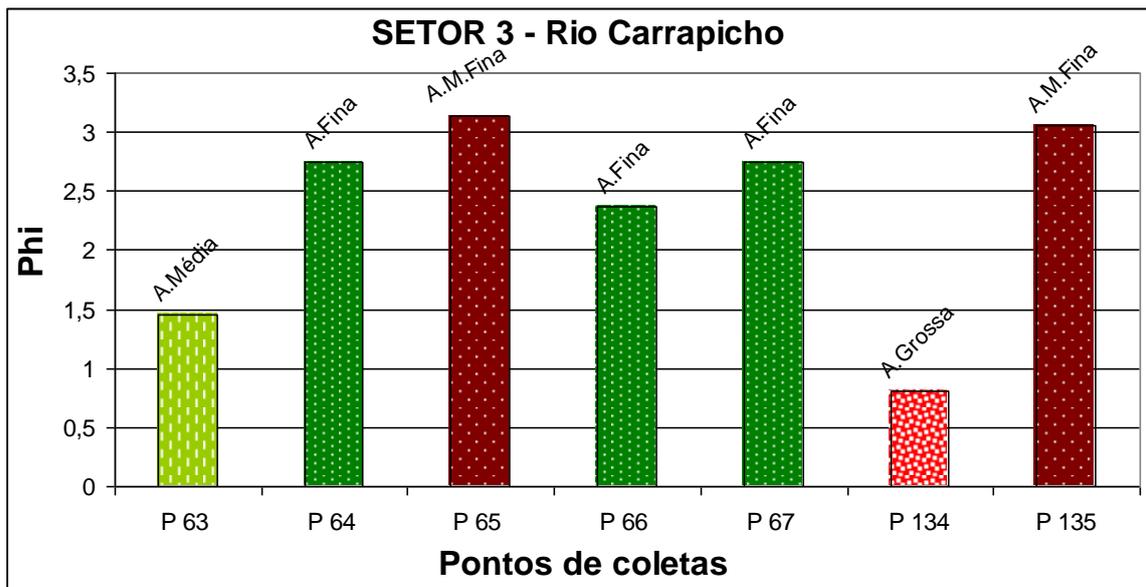
**FIGURA 55** - Curvas acumulativas do setor 3 do rio Catuamã



Fonte: O autor, 2012

No setor do Carrapicho, o ponto de coleta P<sub>63</sub> é constituído por areia média, moderadamente selecionada, o que denota condições de alta energia do ambiente. No entanto os pontos de coletas P<sub>64</sub>, P<sub>66</sub> e P<sub>67</sub> são formados por areia fina, moderadamente selecionada. Já os pontos P<sub>65</sub> e P<sub>135</sub> refletem um ambiente de alta energia. Ainda nesse setor no ponto P<sub>134</sub> apresenta areia grossa, pobremente selecionada, refletindo ambiente de energia alta, ver figura (56).

FIGURA 56 - Histograma do setor 3 do rio Carrapicho.

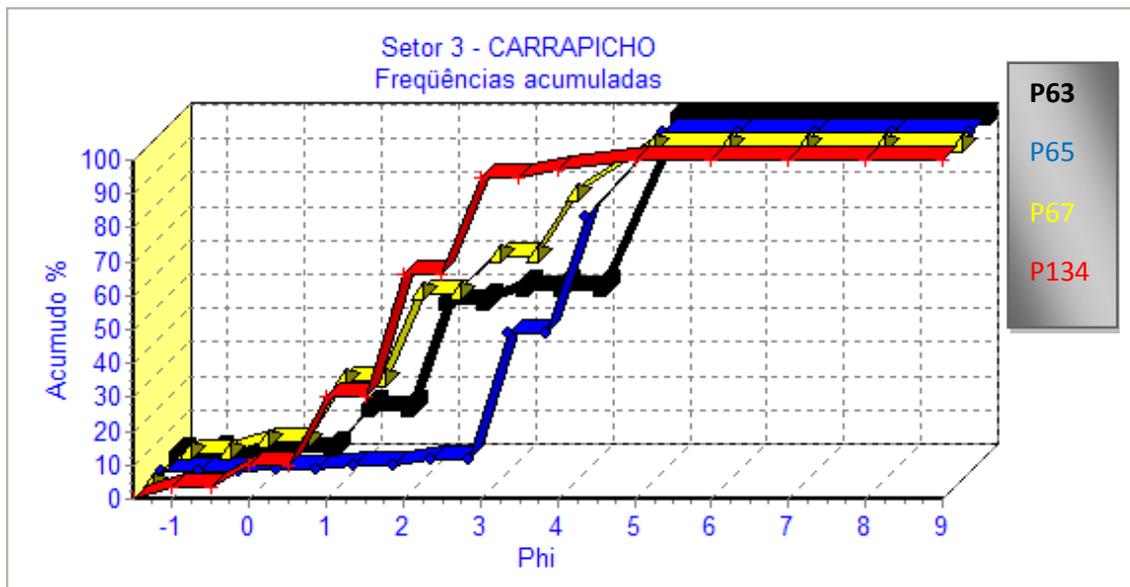


Fonte: O autor, 2012.

No setor do rio Carrapicho, o ponto de coleta P<sub>63</sub> é constituído por areia média, moderadamente selecionada, o que denota condições de alta energia do ambiente. No entanto os pontos de coletas P<sub>64</sub>, P<sub>66</sub> e P<sub>67</sub> são formados por areia fina, moderadamente selecionada. Já os pontos P<sub>65</sub> e P<sub>135</sub> refletem um ambiente de alta energia. Ainda nesse setor no ponto P<sub>134</sub> apresenta areia grossa, pobremente selecionada, refletindo ambiente de energia alta, ver figura (56).

As frequências acumuladas das amostras, demonstradas pelos pontos: P<sub>63</sub>, P<sub>65</sub>, P<sub>67</sub> e P<sub>134</sub>, na figura (57) indicam as tendências das curvas, onde a fração areia varia de grossa a muito fina. Os pontos P<sub>63</sub>, P<sub>65</sub> e P<sub>68</sub> apresentaram uma classificação de areia moderadamente selecionada. Enquanto que o ponto P<sub>134</sub> apresenta areia pobremente selecionada, ver figura (57).

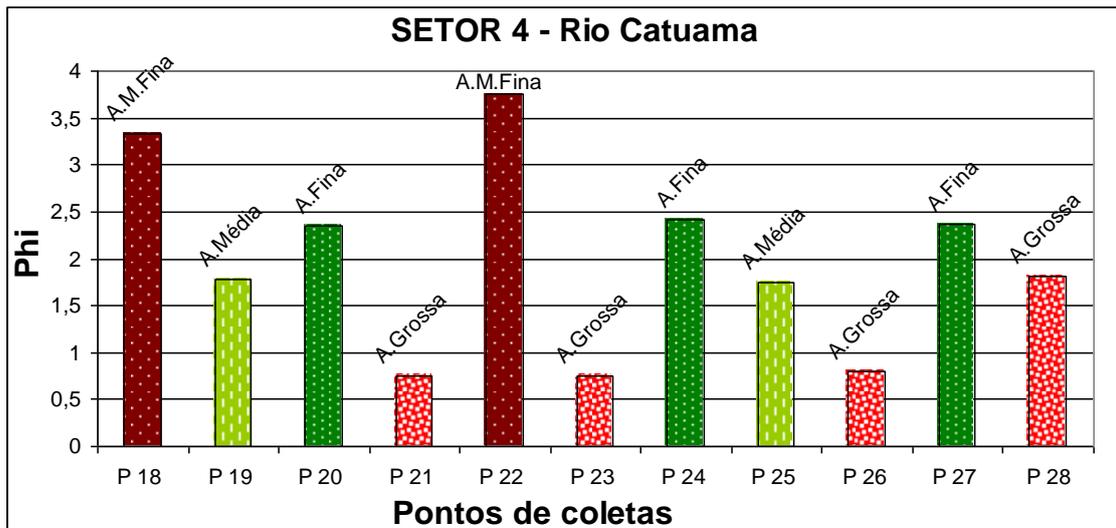
**FIGURA 57** - Curvas acumulativas do setor 3 do rio Carrapicho.



Fonte: O autor, 2012.

No setor 4, do rio Catuamã, os pontos de coletas P18, P22, P20, P22 e P24, são formados por areia fina a muito fina, em ambiente que tecnicamente se caracterizariam de baixa energia, mesmo estando localizadas na porção norte da ilha onde o rio começa a se estreitar e as condições do ambiente começam a apresentar alta energia. As estações de coletas P19 e P25, apresentam areia média com classificação variando de moderada a pobremente selecionada, representando um ambiente de alta energia. Os pontos de coletas P21, P23, P25 e P28, são constituídos por areia grossa, pobremente selecionada, indicando um ambiente de alta energia, ver figura (58).

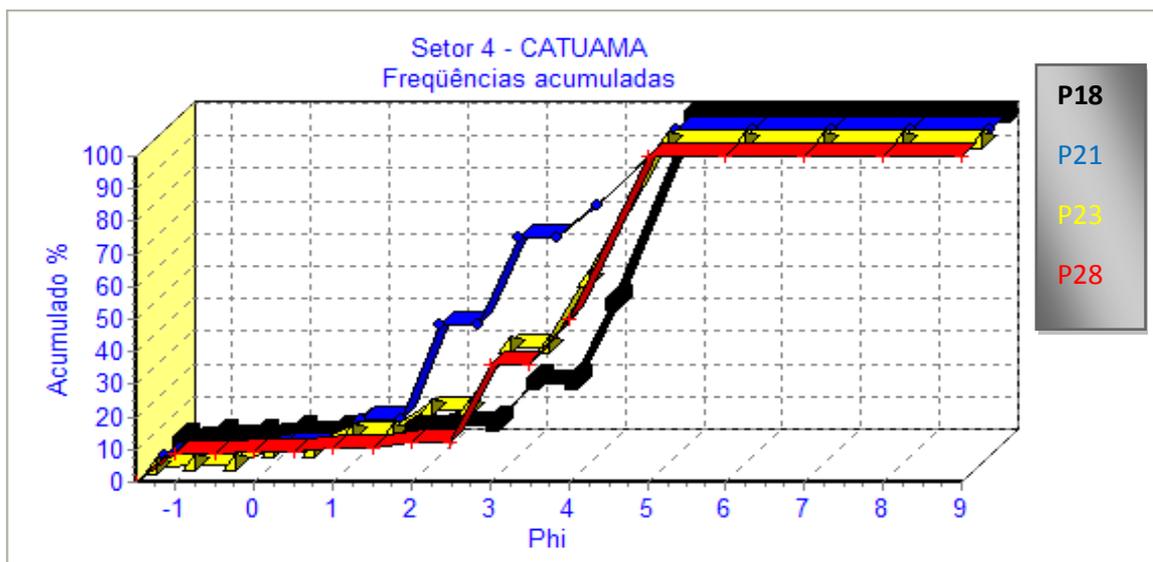
FIGURA 58 - Histograma do setor 4 do rio Catuamã.



Fonte: O autor, 2012.

Observa-se que as curvas frequências acumuladas dos pontos: P<sub>18</sub>, P<sub>21</sub>, P<sub>23</sub> e P<sub>28</sub>, apresentam uma granulometria que varia de muito fina à grossa. O ponto P<sub>18</sub> é constituído por areia muito fina e apresenta uma classificação do tipo moderadamente selecionada. Já os pontos P<sub>21</sub> e P<sub>23</sub>, apresentam areia grossa, muito bem selecionada oposto do ponto P<sub>28</sub>, o qual apresenta areia média, pobremente selecionada, ver figura (59).

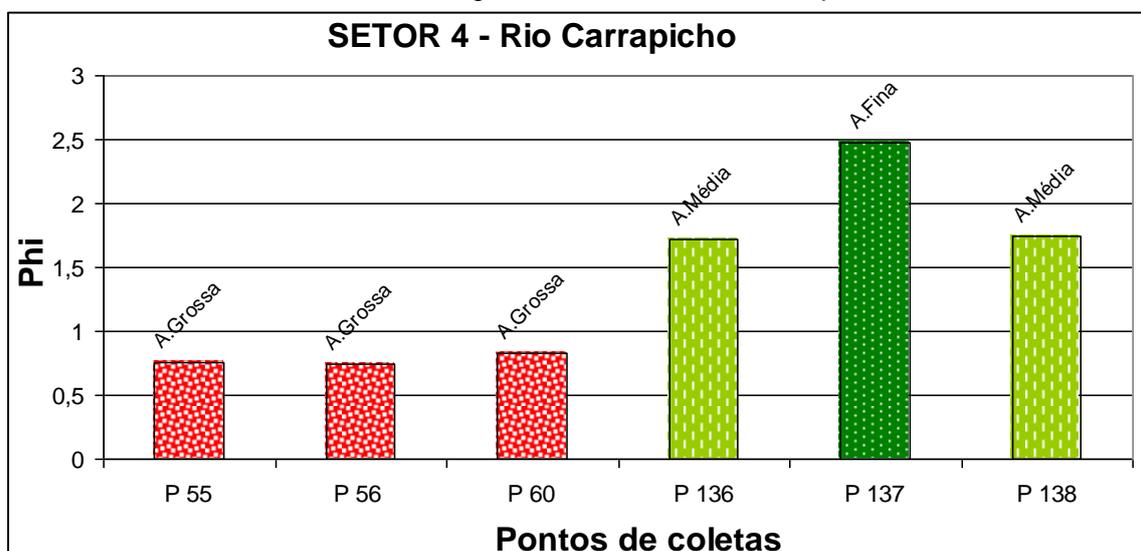
FIGURA 59 - Curvas acumulativas do setor 4 do rio Catuamã.



Fonte: O autor, 2012.

No setor 4, do rio Carrapicho, os pontos de coletas P55, P56 e P60 apresentam um domínio de areia grossa, indicando um ambiente de alta energia. Quanto à classificação, variam de muito bem selecionados a pobremente selecionados. No entanto, os pontos de coletas P136 e P138 são constituídos por areia média, pobremente selecionada, refletindo comportamento de ambiente de energia moderada. Por fim, o ponto de coleta P137, apresenta areia fina, pobremente selecionada, refletindo condições de energia moderada a baixa, ver figura (60).

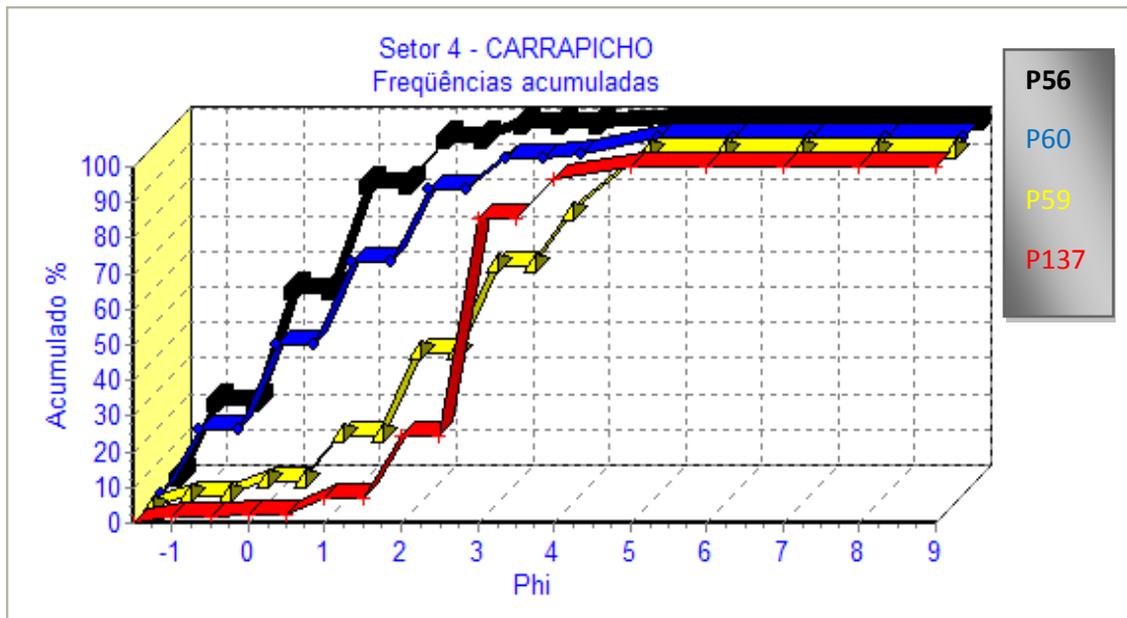
**FIGURA 60** - Histograma do setor 4 do rio Carrapicho.



Fonte: O autor, 2012.

Os pontos de coletas representados no gráfico de frequências acumuladas do setor 4 do rio Carrapicho, são: P<sub>56</sub>, P<sub>60</sub>, P<sub>59</sub> e P<sub>137</sub>; Esses pontos apresentam granulometria que varia de grossa à fina. Os pontos P<sub>60</sub> e P<sub>136</sub> apresentam grãos pobremente selecionados. No ponto P<sub>137</sub> os grãos são moderadamente selecionados, enquanto no ponto P<sub>56</sub> a areia é bem selecionada, ver figura (61).

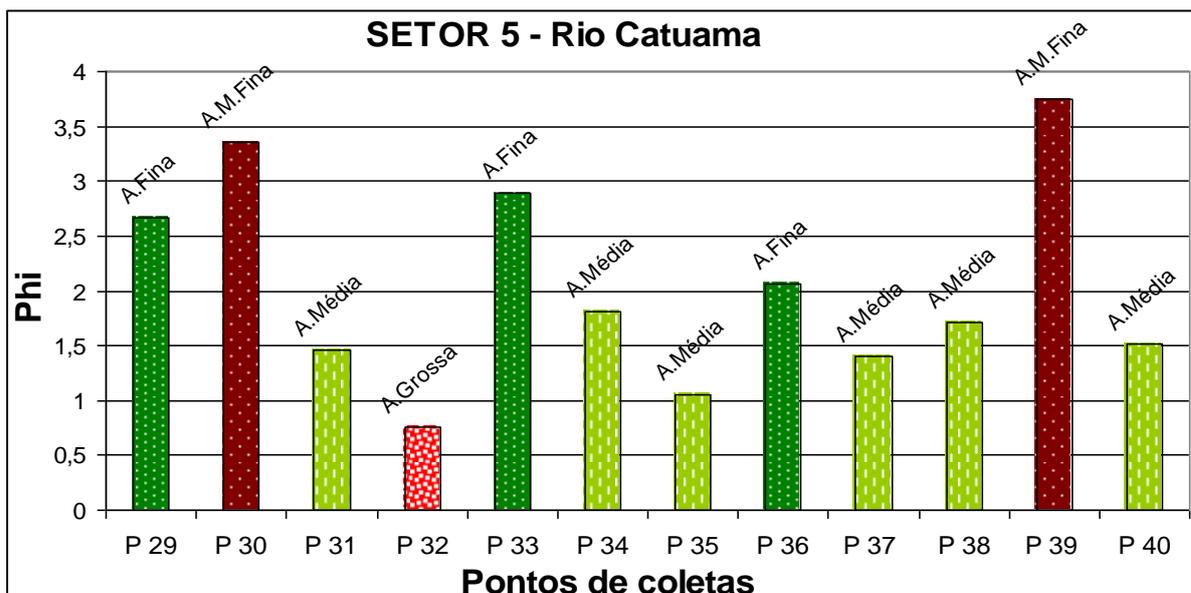
**FIGURA 61** - Curvas acumulativas do setor 4 do rio Carrapicho



Fonte: O autor, 2012.

O setor 5, do rio Catuamã apresenta domínio da fração areia média, em menor quantidade areia fina, muito fina e grossa. Os pontos P31, P34, P35, P37, P38 e P40 são formados por areia média, em ambiente de alta energia, sendo este local de coleta a porção mais estreita e menos profunda; nesse setor ocorre a comunicação entre os rios Carrapicho e Catuamã. Os pontos de coletas P29, P33 e P36 são constituídos por areia fina, moderadamente selecionada, representando um ambiente de baixa energia. No entanto, os pontos de coletas P30 e P39 apresentaram areia muito fina, de ambiente misto e seleção moderada. O ponto de coleta P32 é composto por areia grossa, muito bem selecionada, caracterizando um ambiente de baixa energia, ver figura (62).

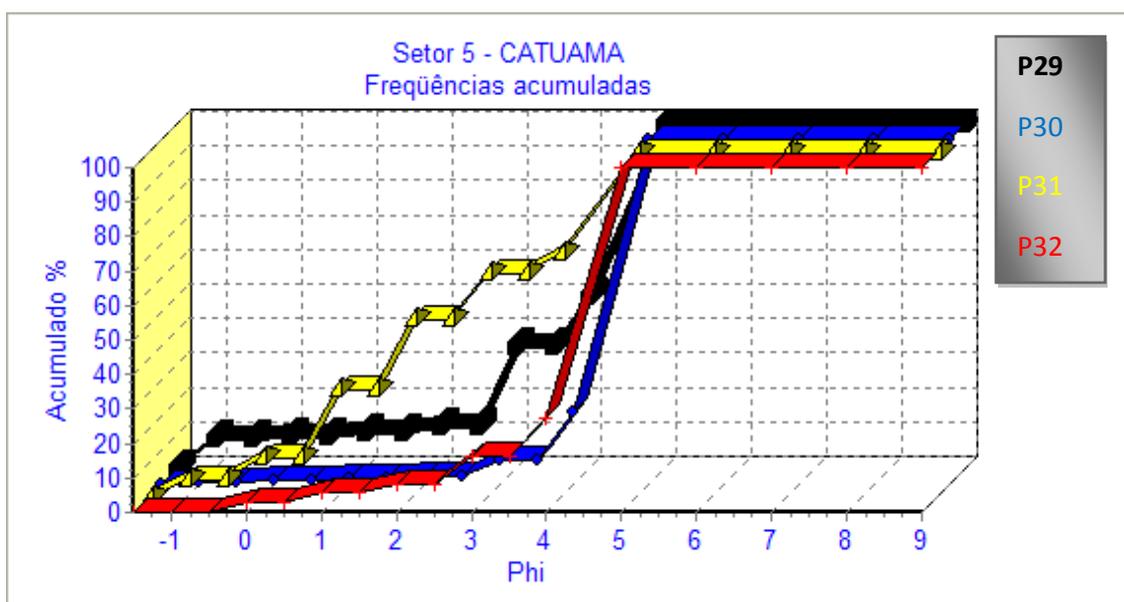
**FIGURA 62 - Histograma do setor 5 do rio Catuamã**



Fonte: O autor, 2012.

O gráfico de curvas de frequências acumuladas das amostras do setor 5 no rio Catuamã são representadas pelos pontos: P<sub>29</sub>, P<sub>30</sub>, P<sub>31</sub> e P<sub>32</sub>. Os pontos de coleta expõem uma sequência no qual o ponto P<sub>29</sub>, apresenta areia fina, pobremente selecionada, o P<sub>30</sub> apresenta areia muito fina, moderadamente selecionada, o P<sub>31</sub> apresenta areia média, pobremente selecionada e por fim o P<sub>32</sub> que apresenta areia grossa, muito bem selecionada, ver figura (63).

**FIGURA 63 - Curvas acumulativas do setor 5 do rio Catuamã.**

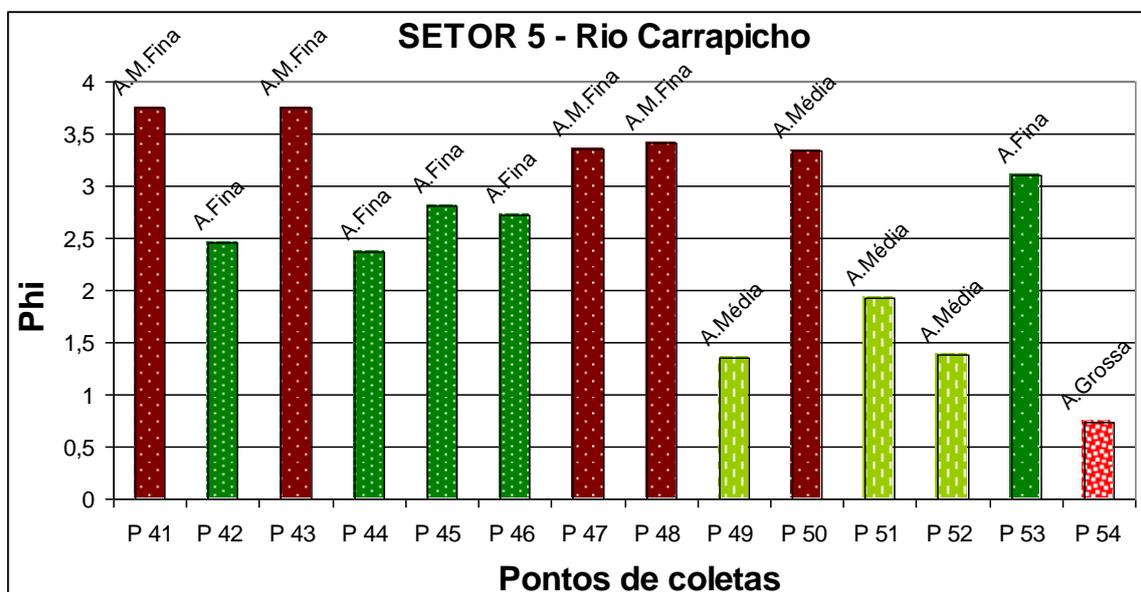


Fonte: O autor, 2012.

O setor 5, no rio Carrapicho apresenta domínio da fração muito fina variando em outros pontos de média à grossa. Os pontos de coletas P41, P43, P47, P48, P50 e P53, são constituídos por areia muito fina, moderadamente selecionada, indicando um ambiente de baixa energia. No caso dos pontos de coletas P42, P44, P45 e P46, a fração identificada é de areia fina, moderadamente selecionada representando um ambiente de energia moderada. Os pontos de coletas P49, P51, P52 e P53, apresentam uma granulometria variando de areia média à grossa, com predominância de areia moderadamente selecionada, refletindo condições de energia variável para o ambiente, ver figura (64).

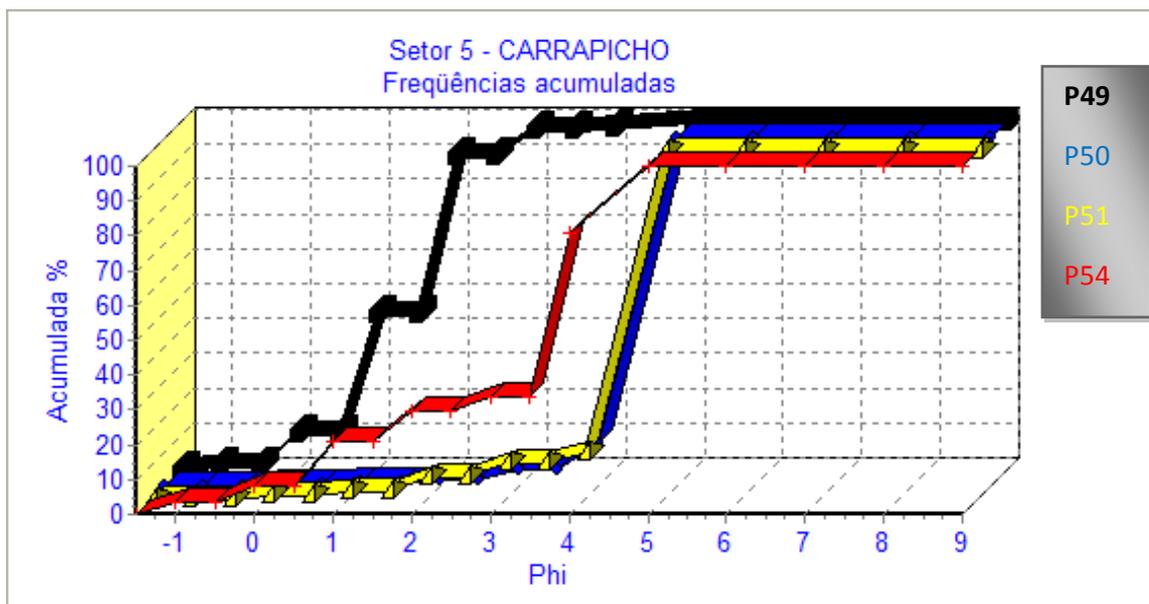
O gráfico de curvas frequências acumuladas expressa o resultado das amostras analisadas em laboratório. Representadas pelos pontos: P<sub>49</sub>, P<sub>50</sub>, P<sub>51</sub> e P<sub>54</sub>. Os pontos P<sub>49</sub> e P<sub>51</sub> são compostos por areia média, moderadamente selecionada, o ponto P<sub>50</sub> apresenta areia muito fina, pobremente selecionada, o ponto P<sub>54</sub> é constituído por areia grossa, pobremente selecionada e por fim, o ponto P<sub>32</sub> apresenta areia grossa, moderadamente selecionada, ver figura (65).

**FIGURA 64-** Histograma do setor 5 do rio Carrapicho.



Fonte: O autor, 2012.

**FIGURA 65** - Curvas Acumulativa do setor 5 do rio Carrapicho.



Fonte: O autor, 2012.

#### 4.3.2.5 Representação em mapa da granulometria

As análises granulométricas de todas as amostras coletadas forneceram dados suficientes para o reconhecimento da distribuição sedimentar, encontrada ao longo dos trechos analisados nos rios Carrapicho e Catuamã, conhecidos como rio Itapessoca, conforme apêndice (G) e quadro (3).

##### 4.3.2.5.1 Fração areia

A fração areia apresenta elevados percentuais, com valores superiores a 90%, estando distribuídos nas áreas dos rios Carrapicho e Catuamã, porém, nos setores 1, 2 e 5 do rio Carrapicho e os setores 3 e 4 do rio Catuamã apresentam valores > 90%. Esses valores estão ligados diretamente à influência marinha e à circulação interna do estuário, e à distribuição da fração areia pode ser observada na figura (66).

Os percentuais que variam de 30 a 60%, estão distribuídos principalmente nos setores 3 e 4 do rio Carrapicho e, no setor 5 do rio Catuamã, na área de fluxo da corrente de maré e influência marinha. Ainda no setor 1, a porção localizada no canal de Santa Cruz possui maior representatividade dessa fração, sendo este setor de desenvolvimento e abundância de moluscos, além

de ser o local de pesca, que serve como a principal fonte de alimento e econômica da população local. Por sua vez, os percentuais que variam de 60% a 30% ocupam a zona de baixa energia, estando localizados no setor 2 do rio Catuamã.

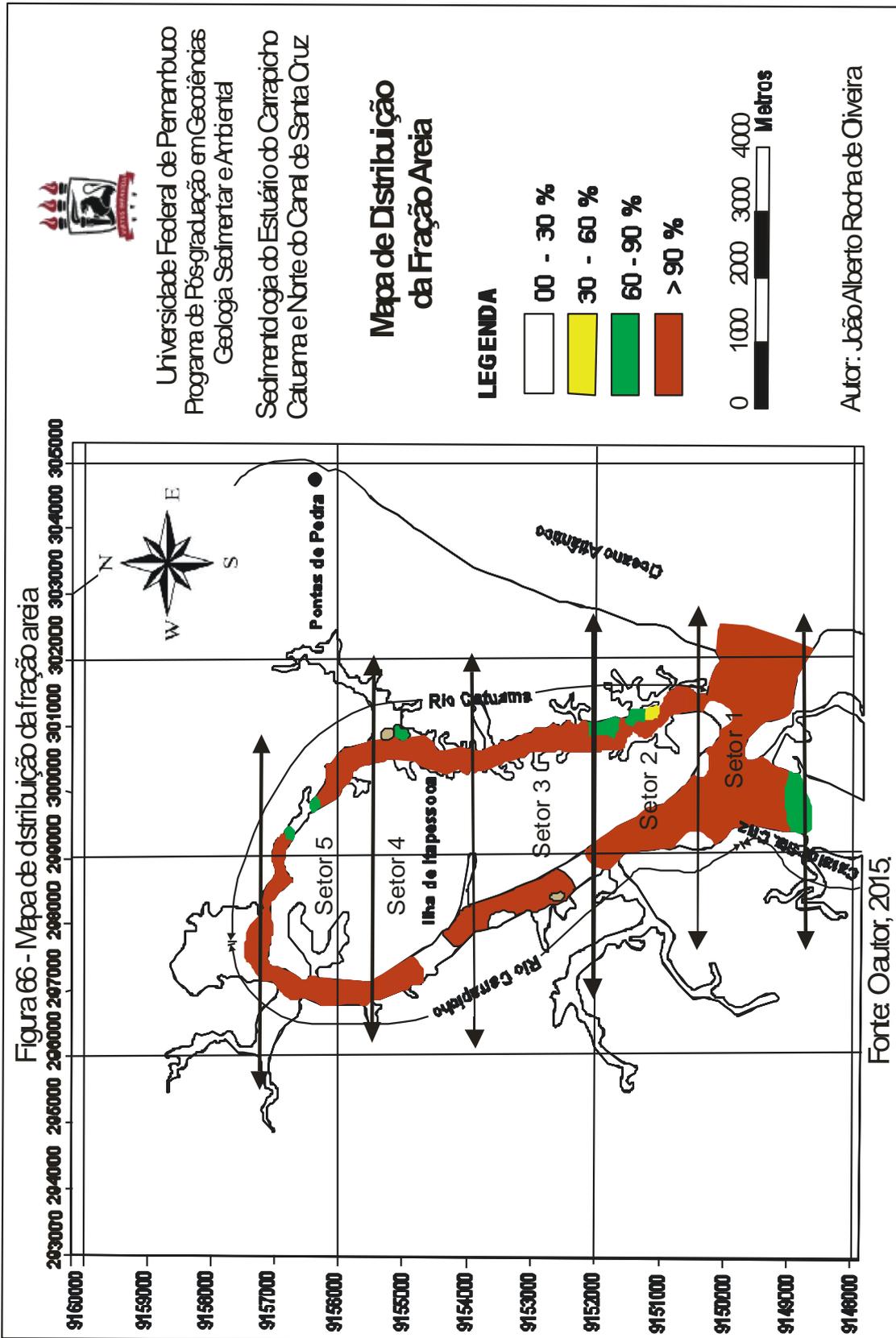
#### 4.3.2.5.2 Fração cascalho

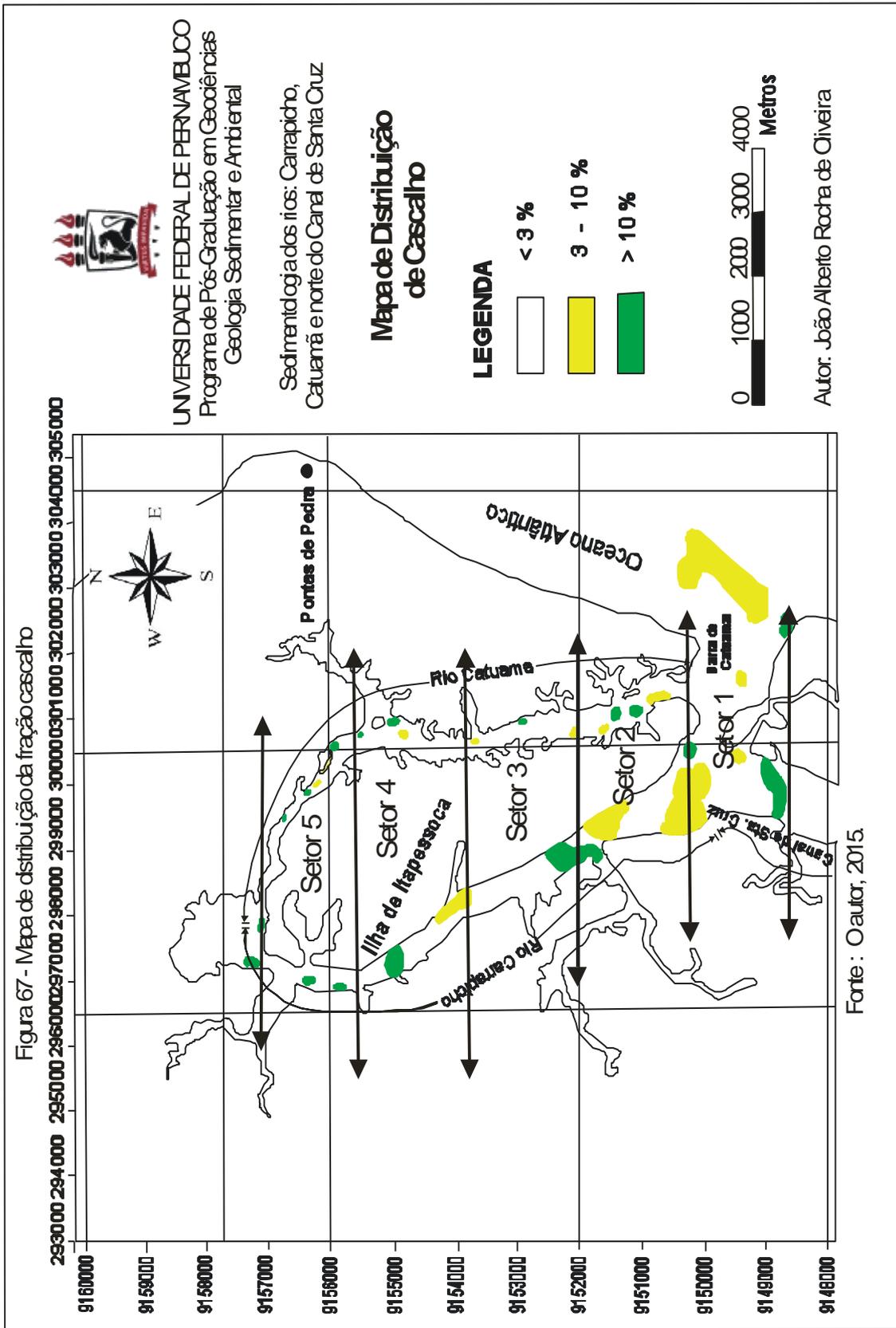
A fração cascalho possui uma dimensão granulométrica superior a 2 mm e de uma maneira geral, a maior expressão desta fração pode ser observada em todos os setores. A quantidade mais significativa de cascalho se encontra no rio Carrapicho na figura (67).

Essa fração é constituída basicamente por um alto percentual de fragmentos de conchas e material quartzoso.

O rio Catuamã, em todos os setores registra a presença moderada de cascalho, de maneira isolada com valores percentuais que variam de 3 - 10% de cascalho. Nos setores 3, 4 e 5 foram constatados valores de cascalhos inferiores a < 3%. No entanto, nesses setores são observadas ilhas de concentração de cascalhos com valores isolados na ordem de 3 - 10%. Já, no setor 2 apresenta mais pontos isolados de cascalho com valores > 10%. Por sua vez, no setor 1 os pontos isolados de cascalho são 3 - 10%.

No rio Carrapicho a presença de cascalho abrange toda a extensão do rio. O setor 2 apresentam uma ocorrência expressiva da fração cascalho correspondente a intervalo de 3 - 10%, no setor 3 após a desembocadura do rio Siri há um presença forte com valor > 10%. Nos setores 4 e 5, a ocorrência de cascalho se dá próximo ao antigo porto do Carrapicho. O intervalo encontrado foi de 3 - 10%, na circum-adjacente a desembocadura do rio Guariba ao norte da Ilha de Itapessoca, o intervalo de cascalho encontrado foi > 10%. No setor 1 a norte do canal de Santa Cruz foi verificada a presença de mais de > 10% de cascalho.





#### 4.3.2.5.3 Diâmetro médio

Esse parâmetro identifica o tamanho dos grãos e de acordo com os dados adquiridos, é possível indicar os níveis de energia nos ambientes de sedimentação. O diâmetro médio reflete a média geral do tamanho dos sedimentos, sendo afetada pela fonte de suprimento do material, pelo processo de deposição e pela velocidade da corrente fluvial ou das marés (Sugui, 2003).

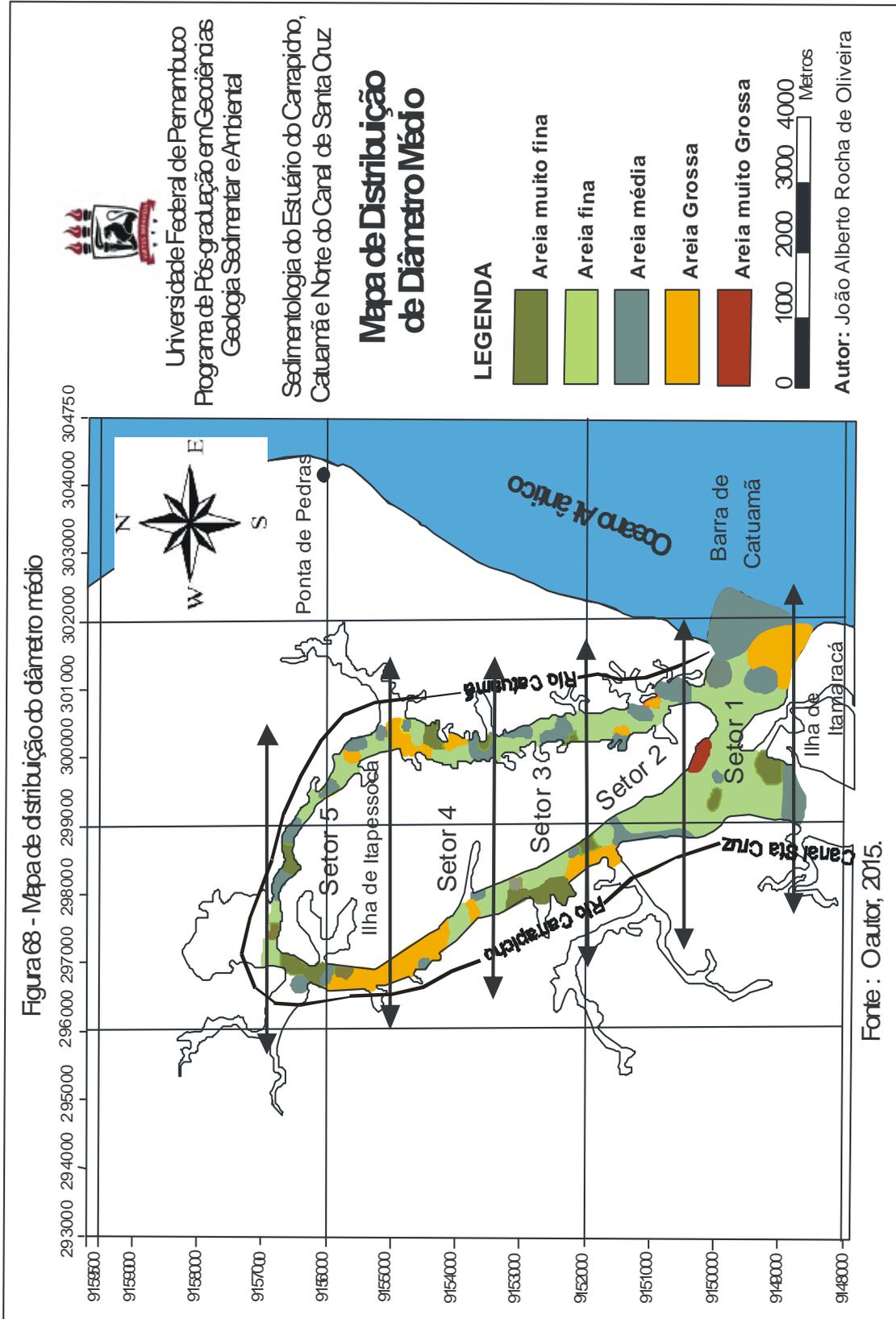
Para representação deste parâmetro foi confeccionado mapa distribuição de diâmetro médio dos sedimentos nos 5 setores, como mostra a figura (67), apresentando uma variação textural entre areia muito fina a areia fina, areia média, areia grossa e areia muito grossa.

As frações de areia grossa, média e fina estão distribuídas na desembocadura ao norte da Ilha de Itamaracá; A areia fina está presente em sua maioria no complexo estuarino das desembocaduras dos rios Catuamã, Carrapicho e, ao norte do canal de Santa Cruz.

O setor 1, compreende a parte norte do canal de Santa Cruz do rio Carrapicho, rio Catuamã e desembocadura norte da Ilha de Itamaracá. Esse setor apresenta uma sequência da distribuição do diâmetro médio: 1) areia fina está presente fortemente nesse setor que compreende o complexo estuarino; 2) areia média aparece na foz, e em menor extensão nos rios, e no canal; 3) areia grossa está presente na foz em uma pequena extensão, no rio Catuamã. Porém, na confluência do canal e do rio Carrapicho, existe uma ocorrência de areia muito grossa. Ainda, no canal, constata-se a presença de areia muito fina a fina. E, a oeste do morro do Celeiro, a presença da fração grossa.

No setor 2, o rio Carrapicho está representado em sua distribuição por areia muito fina a fina, na margem esquerda a domínio da fração areia média e na foz do rio Siri tem forte presença da areia grossa. O rio Catuamã tem uma mensurável presença de areia fina seguida de areia média. São constatados pontos isolados com áreas compostas por areia grossa.

No setor 3, o rio Carrapicho denota uma presença marcante de areia grossa. Na sequência consta a existência de areia média a muito fina. No rio Catuamã ocorre à presença de areia fina seguida de areia média a grossa e uma pequena área de areia muito fina.



No setor 4, o rio Carrapicho compreende a zona de mistura do rio, nesse setor, existem dois segmentos das frações areia grossa e areia fina. No rio Catuamã ocorrer três sequências das frações areias média, grossa e muito fina.

No setor 5, o rio Carrapicho denota domínio da fração areia grossa dominando o setor, na sequência areia muito fina. O rio Catuamã se faz representar, fortemente, por intercalação das frações areia fina e areia grossa e ilhas isoladas da areia média.

#### 4.3.2.5.4 Grau de seleção

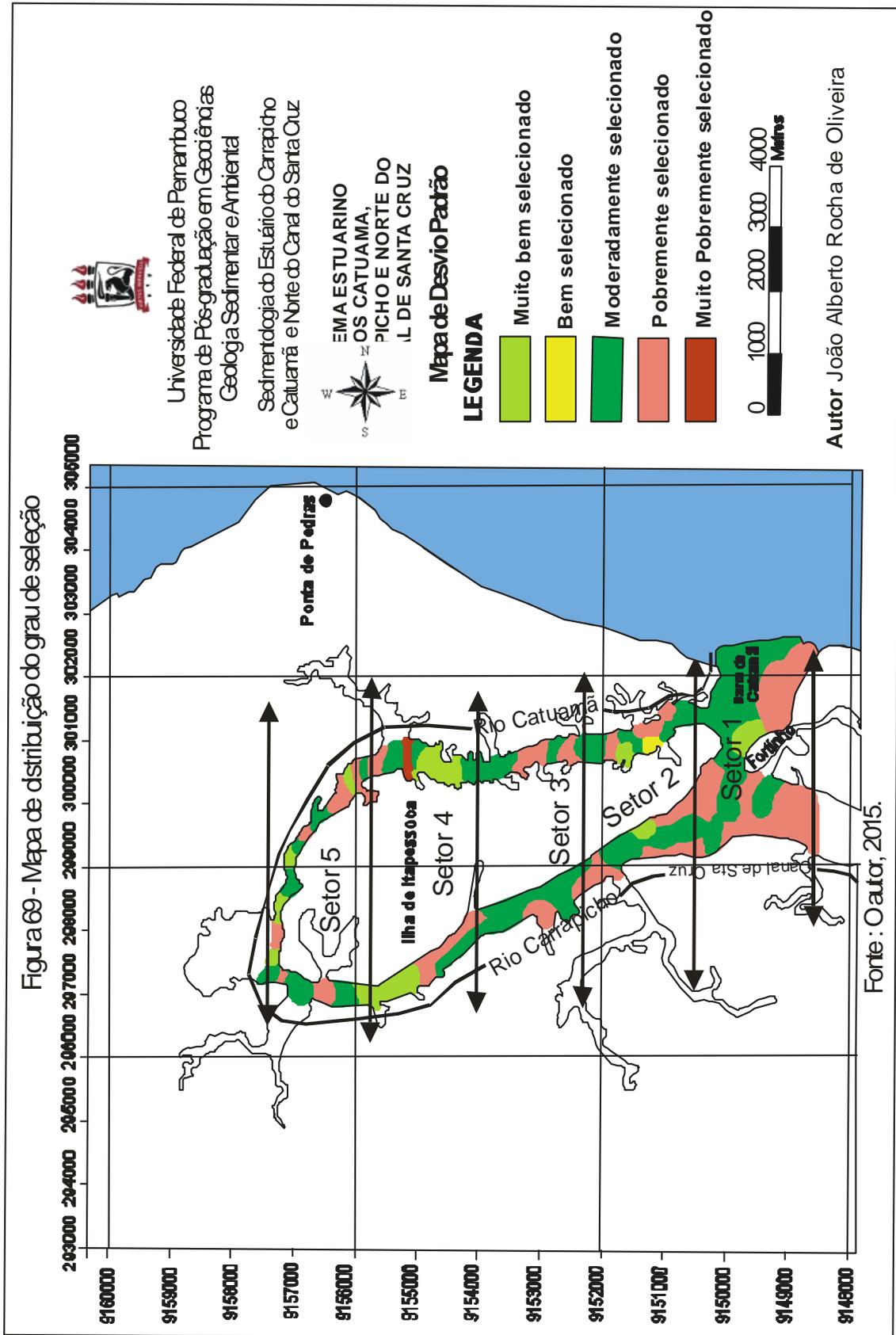
O desvio padrão também conhecido como grau de seleção é um parâmetro granulométrico que fornece dados importantes em relação ao retrabalhamento dos sedimentos.

Para uma melhor compreensão do comportamento dos grãos na área de estudo, foi confeccionado o mapa de Desvio padrão (Figura 69) com base na distribuição do grau de seleção dos sedimentos amostrados nas figuras (70, 71, 72 e 73).

O canal de Santa Cruz apresentou predominância de sedimentos pobremente selecionada, ver figura (74), estando presente na gamboa próximo ao Fortinho e na confluência das águas do canal de Santa Cruz e Carrapicho com Barra de Catuamã.

No setor 2, o rio Carrapicho apresentou predomínio de grãos moderadamente selecionados. O rio Catuamã apresentou a mesma equivalência quantitativa de moderadamente selecionado.

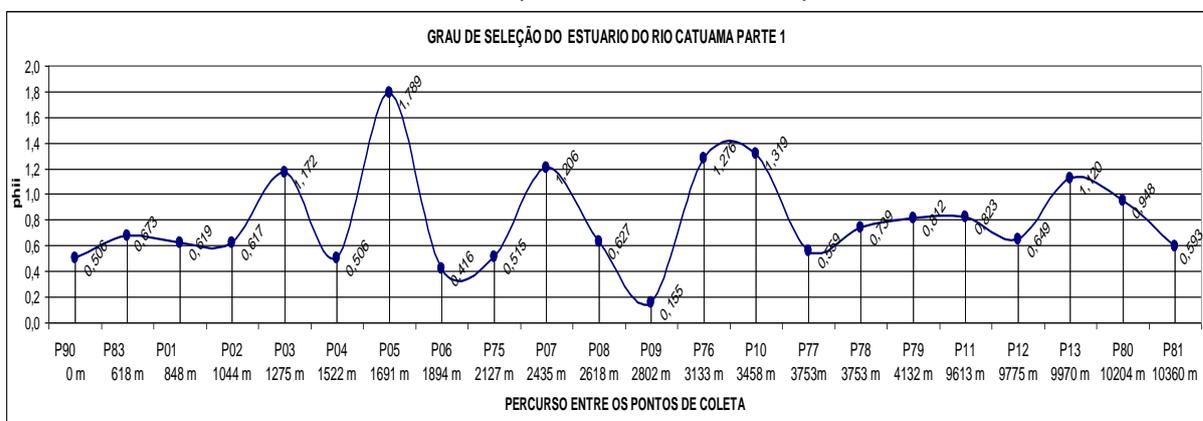
No setor 3, o rio Carrapicho apresentou uma classe de desvio padrão que variou de muito bem selecionada até pobremente selecionada. Porém, o rio Catuamã, demonstrou 4 classes de desvio padrão: moderadamente, pobremente selecionada, muito pobremente selecionada e muito bem selecionada.



No setor 4, o rio Carrapicho revelou quatro divisões de desvio padrão. O maior domínio é a classe muito bem selecionada e seguindo moderadamente selecionada. Já o rio Catuamã se identificou por duas seções de desvio padrão a primeira pobremente selecionada e segundo muito pobremente selecionada.

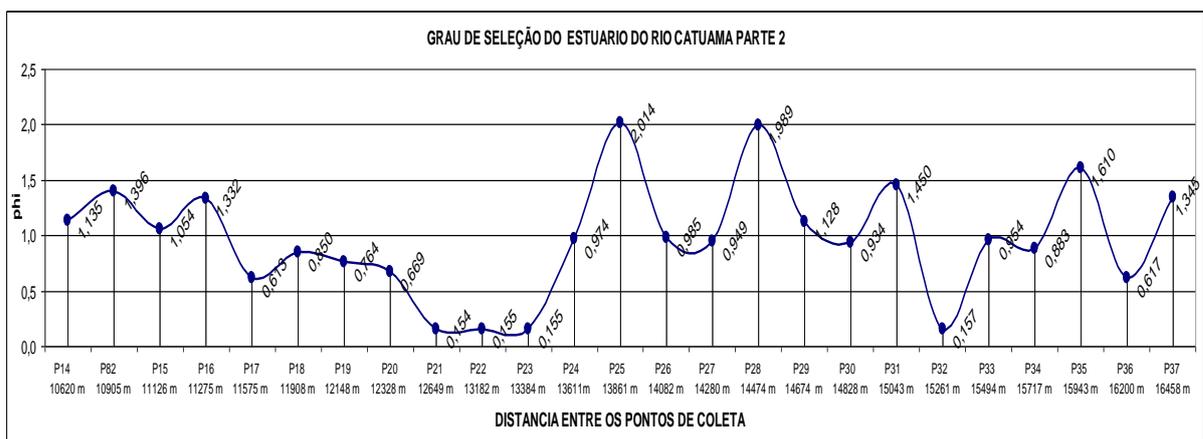
O setor 5, do rio Carrapicho identificou três tipos de desvio padrão: a moderadamente selecionada, pobremente selecionada e muito bem selecionada. Enquanto que o rio Catuamã apresenta duas classes de desvio.

**FIGURA 70 – Desvio padrão do rio Catuamã parte 1**



Fonte: O autor, 2012.

**FIGURA 71 - Desvio padrão do rio Catuamã parte 2**



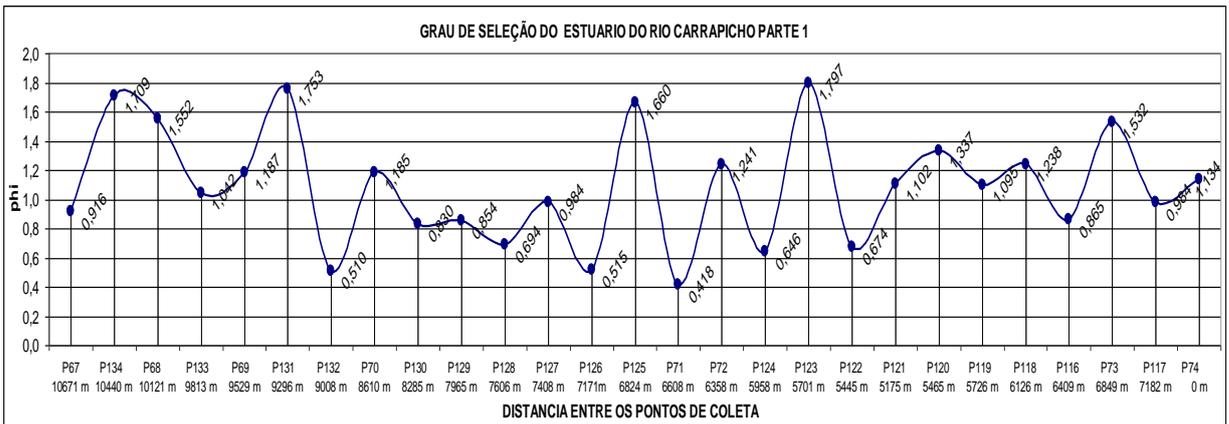
Fonte: O autor, 2012.

FIGURA 72 - Desvio padrão do rio Carrapicho parte 1.



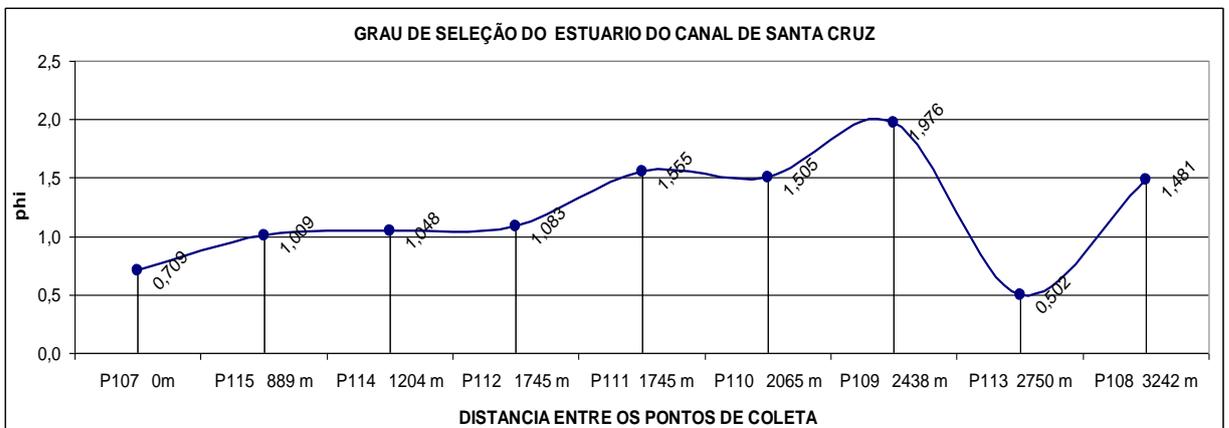
Fonte: O autor, 2012.

FIGURA 73 - Desvio padrão do rio Carrapicho parte 2.



Fonte: O autor, 2012.

FIGURA 74 - Desvio padrão do canal de Santa Cruz.



Fonte: O autor, 2012.

#### 4.3.2.5.5 Assimetria

A assimetria indica as medidas da tendência de afastamento do diâmetro médio da mediana. Este parâmetro pode ocorrer à direita ou à esquerda do diâmetro médio, e pode assumir valores positivos ou negativos. Caso a assimetria seja negativa, representará sedimentos grossos, e se for positiva, representará sedimentos mais finos. De acordo com Suguio (1973) a ocorrência de assimetria representa sedimentos tanto de origem autóctone como proveniente de outras áreas.

Segundo Gripenberg (1934) a assimetria tem um significado genético e os sedimentos depositados, por uma corrente uniforme, aumentam o grau de simetria.

Bittencourt (1992) comenta que a interpretação dos valores de assimetria relacionada às distribuições granulométricas de um corpo tem sido aplicada com o objetivo de caracterizar seu ambiente deposicional.

A área de estudo continua dividida em 3 setores, e para facilitar a interpretação dos dados de simetria foi confeccionado o mapa de distribuição de Assimetria, ver figura (75).

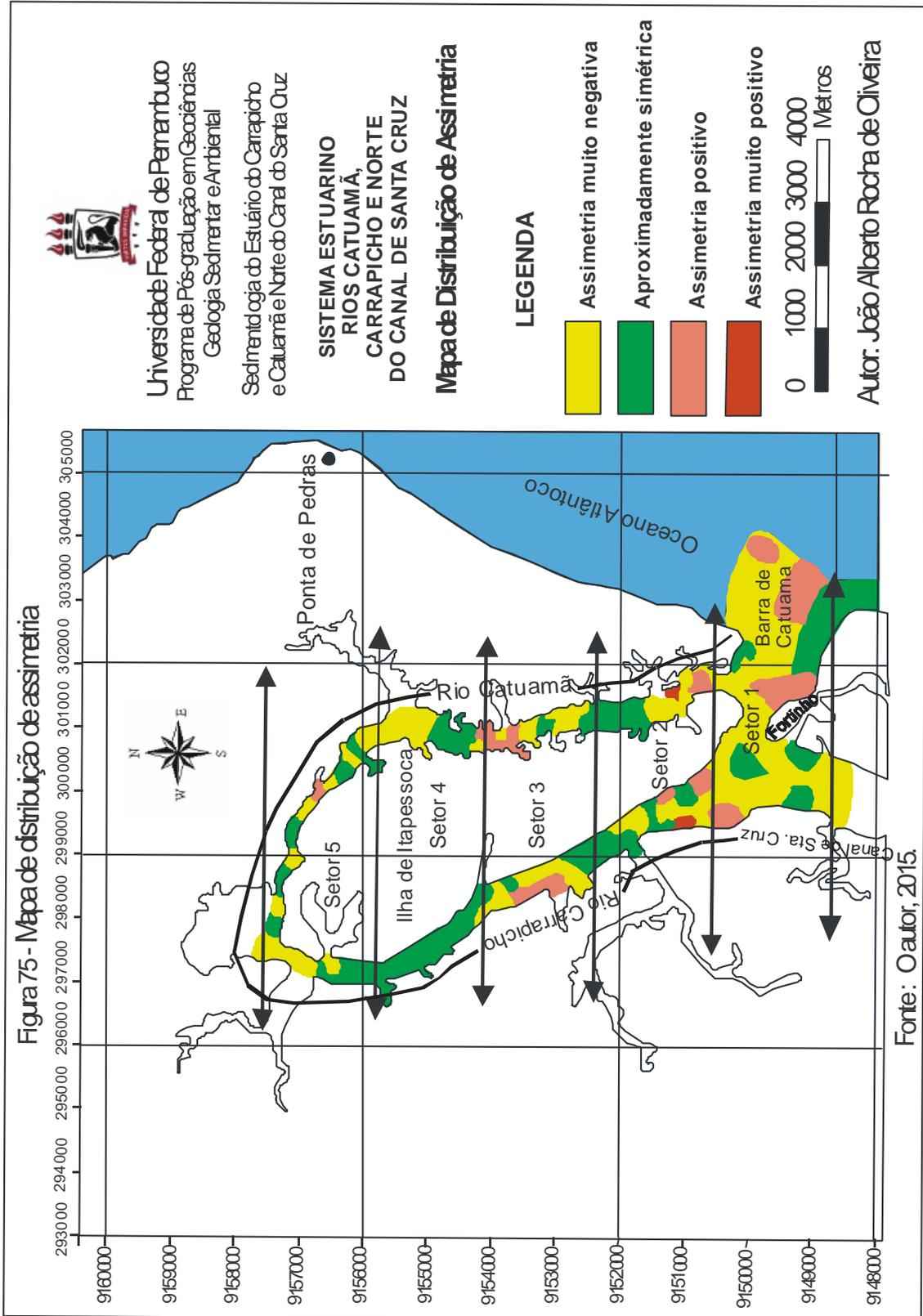
O setor 1, compreende as desembocaduras dos rios Carrapichos e Catuamã, ao norte do canal de Santa Cruz e à foz da Barra de Catuamã. O mapa de distribuição de assimetria, no geral, indica o domínio de assimetria muito negativa para este setor. Foi observado que em Barra de Catuamã, foram identificados valores de assimetria aproximadamente simétricos até assimetria positiva. Também são observados valores de assimetria muito positiva nos rios Catuamã e Carrapicho, observado nas figuras (76 e 77).

No setor 2, os rios Carrapicho e Catuamã apresentam valores de assimetria muito negativa até aproximadamente simétrica. No entanto, em ambos os rios são observados sedimentos de assimetria positiva, sendo verificados nas figuras (78 e 79).

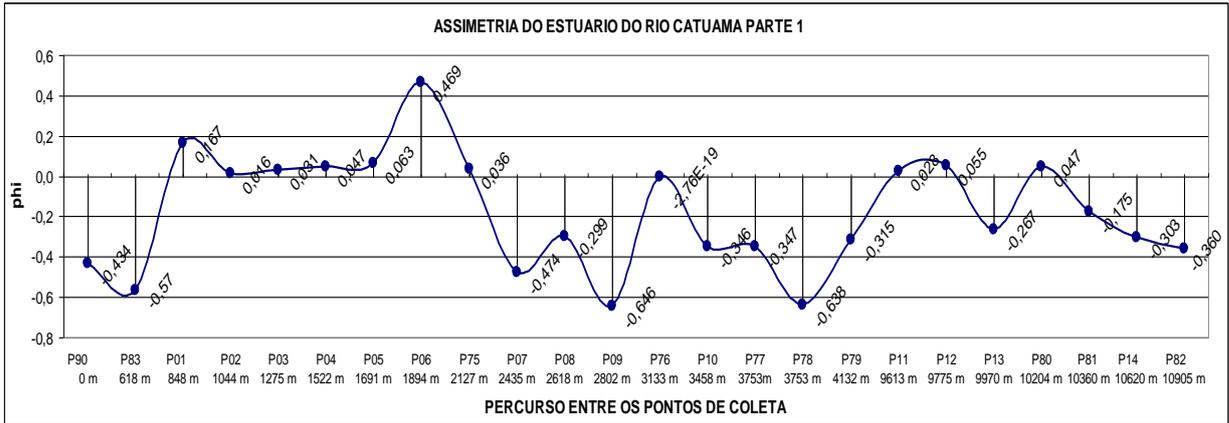
No setor 3, foi observado no rio Carrapicho, domínio de sedimento com assimetria aproximadamente assimétrica, seguido de assimetria muito negativa. O rio Catuamã apresenta o domínio da assimetria muito negativa com pequena presença do sedimento de valor aproximadamente simétrico e de assimetria positiva, como observado na figura (80).

O setor 4, integram-se os rios Carrapicho e Catuamã, o rio Carrapicho apresentou valor assimétrico de aproximadamente simétrica, dominando todo o seu setor. Enquanto, que o Catuamã se comportou como assimetria muito negativa e posteriormente de aproximadamente simétrica.

No setor 5, apresentou dois domínios de assimetria, o primeiro de aproximadamente simétrica, e o a segunda com assimetria muito negativa. Foi observado que o rio Catuamã apresentou os mesmos valores de domínio da assimetria do rio Carrapicho.

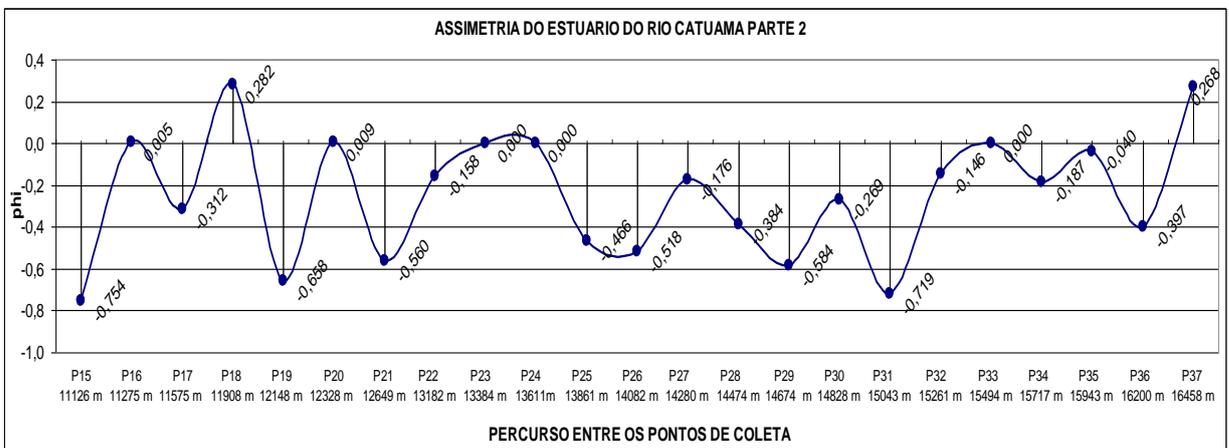


**FIGURA 76 – Assimetria do rio Catuamã parte 1.**



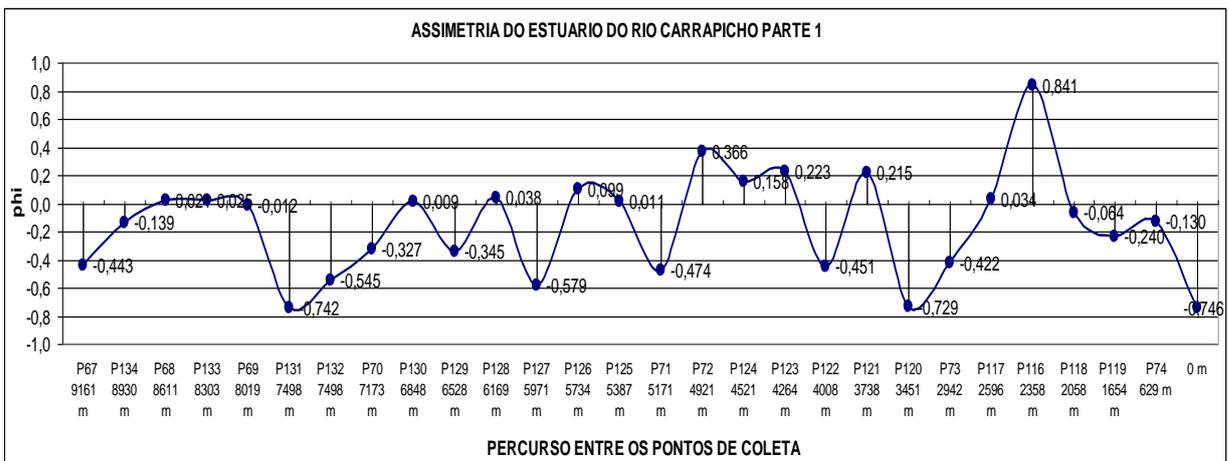
Fonte: O autor, 2012.

**FIGURA 77 – Assimetria do rio Catuamã parte 2**



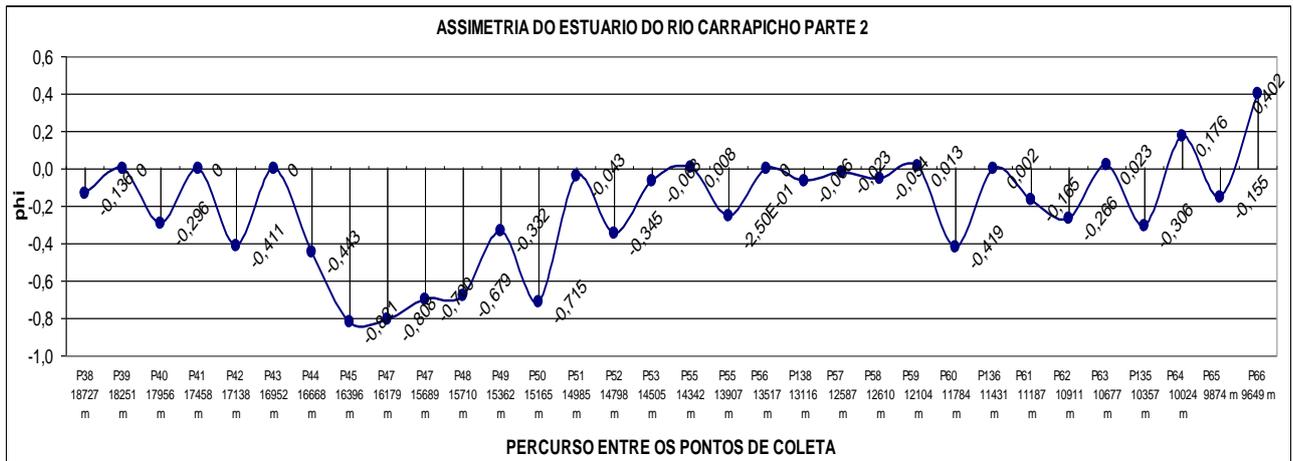
Fonte: O autor, 2012.

**FIGURA 78 – Assimetria do rio Carrapicho parte 1.**



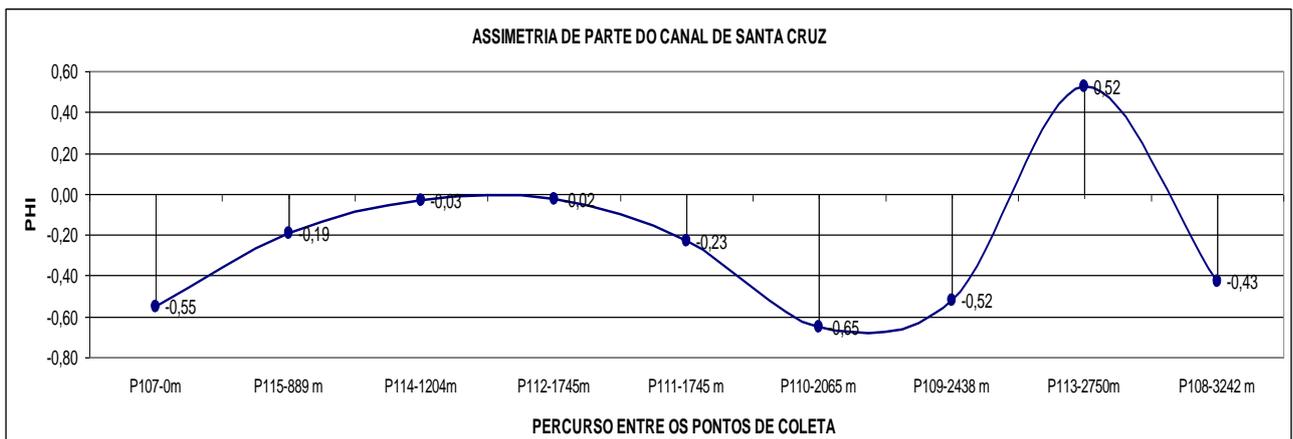
Fonte: O autor, 2012.

**FIGURA 79 – Assimetria do rio Carrapicho parte 2**



Fonte: O autor, 2012.

**FIGURA 80 – Assimetria a norte do canal de Santa Cruz.**



Fonte: O autor, 2012.

#### 4.3.2.5.6 Curtose

A curtose exprime o grau de agudez dos picos nas curvas de distribuição de frequência, indicando a dispersão (espalhamento) das curvas de distribuição granulométrica (Suguio, 1973).

Ainda de acordo com Suguio (1973, In: Barbosa, 2006), a análise da variação de curtose permite distinguir diferentes graus de energia, bem como determinar o grau de mistura de diferentes frações dentro de um mesmo ambiente sedimentar. As curvas de distribuição normalmente são nomeadas mesocúrticas; as de configurações esbeltas são as leptocúrticas, e as achatadas, platicúrticas. Os valores de curtose muito elevados ou muito baixos encontrados em uma só amostra podem indicar que determinado sedimento teve sua granulometria selecionada em um local de alta energia, tendo sido posteriormente transportado para outro ambiente, possivelmente de baixa energia no qual se misturou ao sedimento autóctone, buscando um equilíbrio sob novas condições ambientais.

A área de estudo foi dividida em 3 setores, para otimizar a visualização dos dados. Foi confeccionado um mapa referente à distribuição da curtose, ver figura (81).

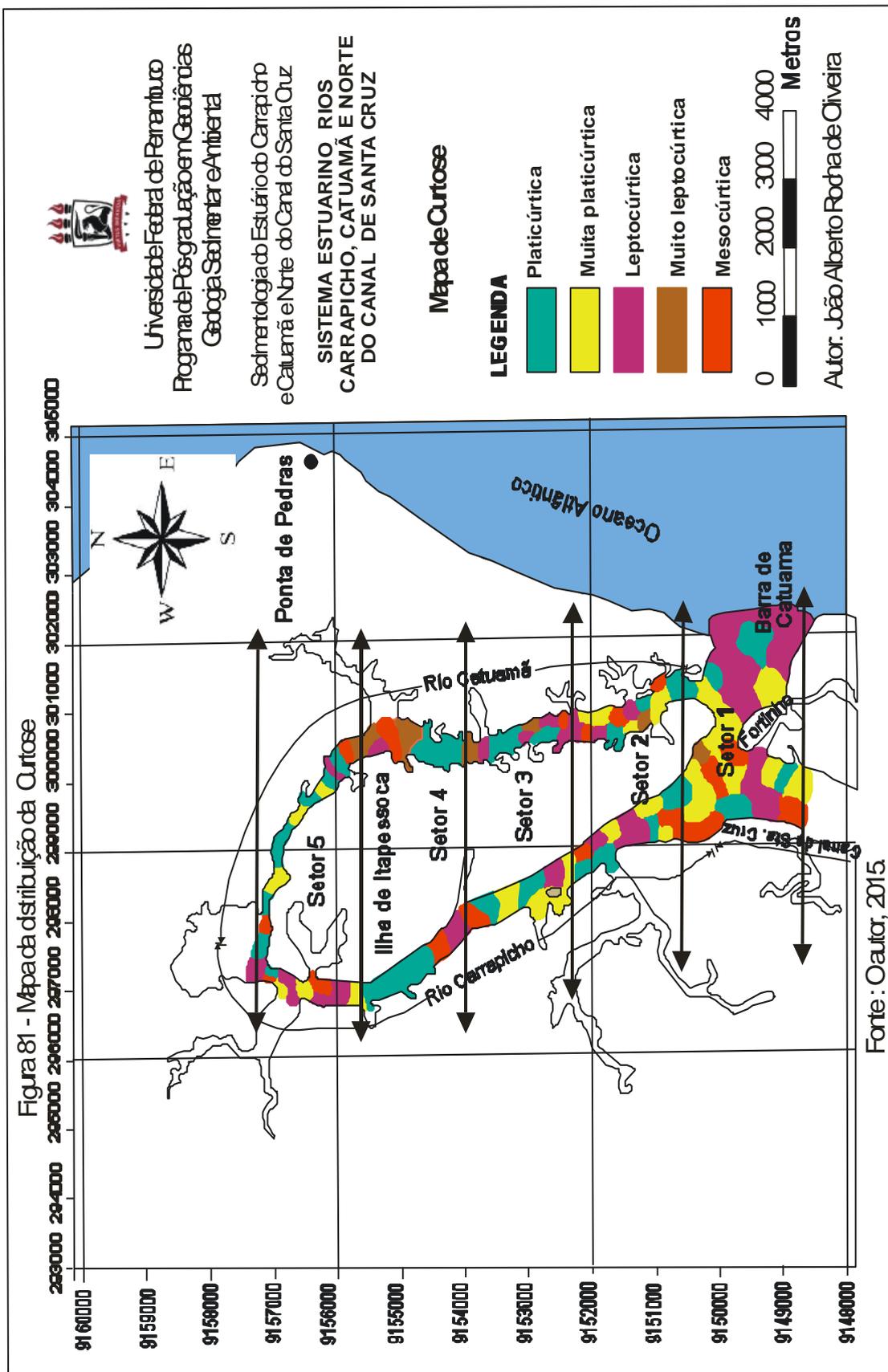
O setor 1, compreende a desembocadura de Barra de Catuamã, as fozes dos rios Carrapicho e Catuamã, e parte, ao norte do canal de Santa Cruz. Os sedimentos apresentam curvas de distribuição, variando desde mesocúrtica até muito platicúrtica. Em outro ponto do setor, as curvas leptocúrticas e leptocúrticas acentuadas, são, especialmente, observadas no estuário inferior. Os resultados podem ser visualizados nas figuras (82 e 83).

No setor 2, que compreende o estuário médio (zona de mistura) do rio Carrapicho, os sedimentos mostram curvas de distribuição, que variam de platicúrtica até muito platicúrtica. Ainda nessa zona os sedimentos também variaram de leptocúrtica à mesocúrtica. Todavia, no rio Catuamã os sedimentos que prevalecem são platicúrtica a muito leptocúrtica. Em outro trecho dessa zona, os sedimentos apresentam-se leptocúrtica até muito platicúrtica, os quais observados nas figuras (84 e 85).

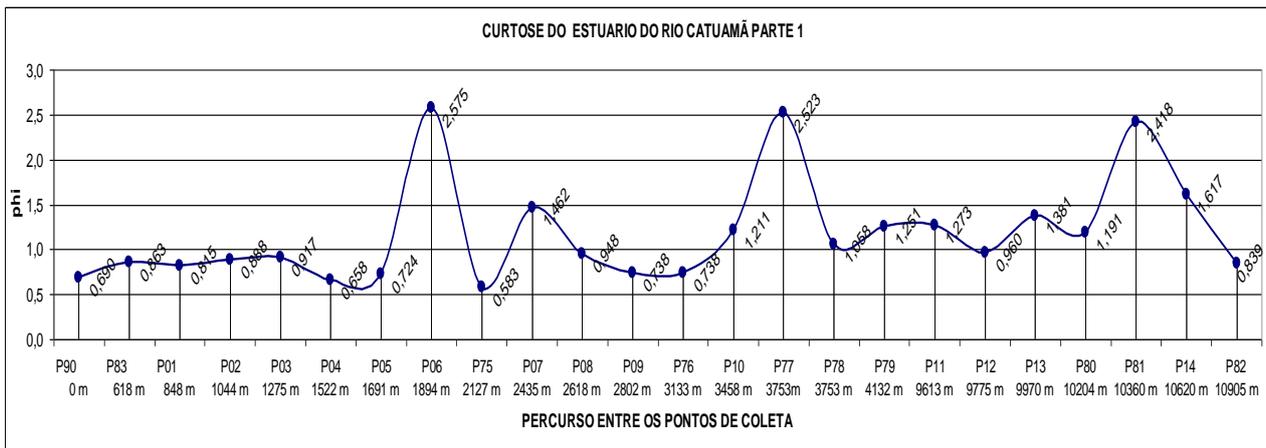
No setor 3, a distribuição dos sedimentos do rio Carrapicho apresenta característica leptocúrtica até muito platicúrtica, ocorrendo em pequena extensão. Ainda nesse rio há uma pequena ocorrência de sedimento de mesocúrtica seguida de platicúrtica. No caso do rio Catuamã, os sedimentos apresentaram uma curtose platicúrtica até platicúrtica mais acentuada, figura 86.

O setor 4, o espalhamento dos sedimentos do rio Carrapicho permitiu a distinguir três tipos de energia, cuja variação foi de platicúrtica a muito platicúrtica e leptocúrtica. Enquanto o rio Catuamã a distribuição dos sedimentos ocorrerem três diferentes valores de energia que variou de platicúrtica, muito leptocúrtica e mesocúrtica.

No setor 5, compreende o estuário superior dos rios Carrapicho e Catuamã são ambiente de baixo grau de energia. O rio Carrapicho os sedimentos mostram três variações de grau de energia, sendo classificado de muito platicúrtica, leptocúrtica e platicúrtica, sendo esse último que dominou em toda a extensão. Enquanto, o rio Catuamã apresentou três classes de grau de energia muito leptocúrtica, platicúrtica e muito platicúrtica.



**FIGURA 82 – Curtose do rio Catuamã parte 1**



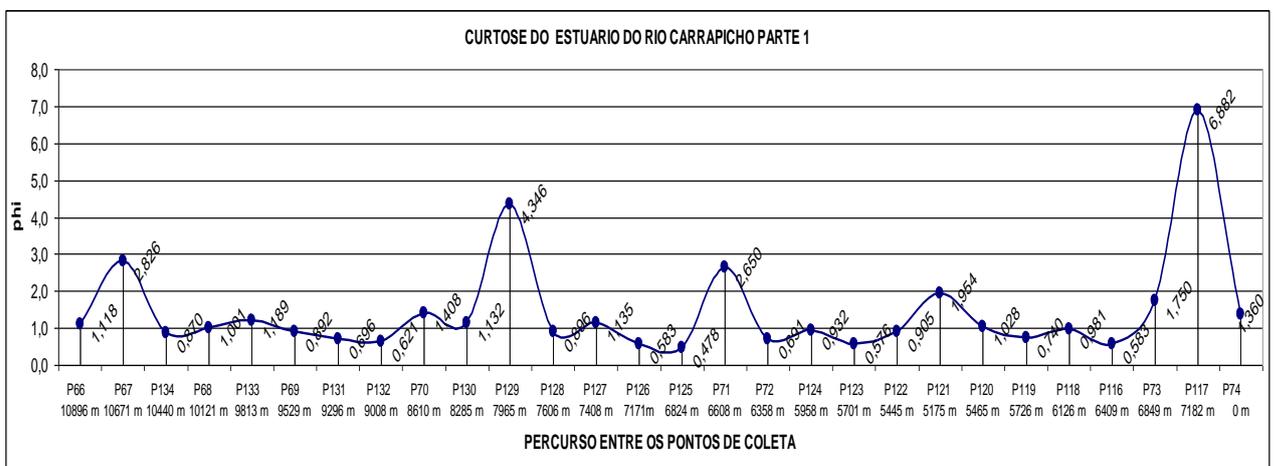
Fonte: O autor, 2012.

**FIGURA 83 – Curtose do rio Catuamã parte 2.**



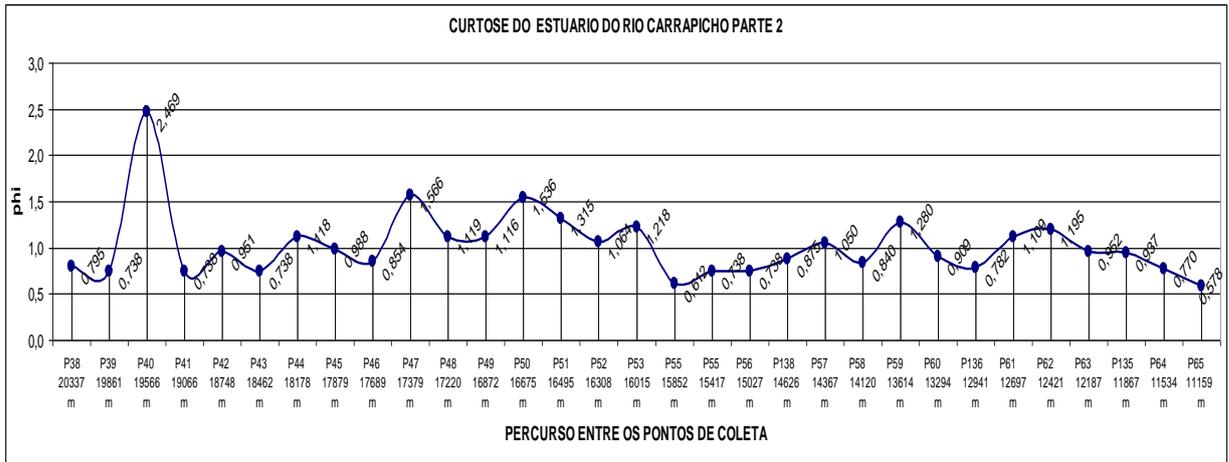
Fonte: O autor, 2012.

**FIGURA 84 – Curtose do rio Carrapicho parte 1.**



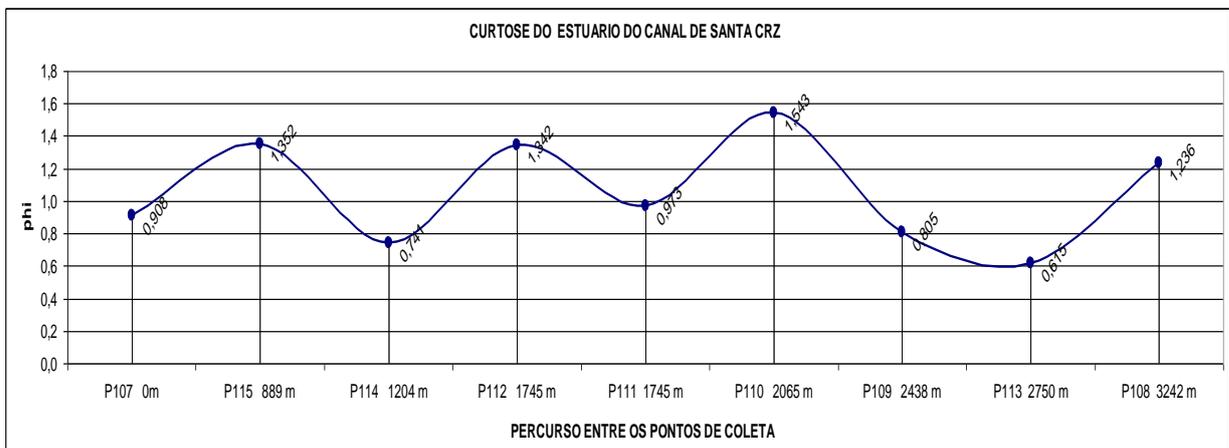
Fonte: O autor, 2012.

**FIGURA 85 – Curtose do rio Carrapicho parte 2**



Fonte: O autor, 2012.

**FIGURA 86 – Curtose a norte do canal de Santa Cruz.**



Fonte: O autor, 2012.

### 4.3.3 Análise morfooscópica

O estudo morfooscópico das partículas sedimentares é importante na identificação e reconstituição da história do sedimento, desde a sua origem até sua deposição. Os sedimentos são compostos, na sua maioria por grãos de quartzo e em quantidade menor por bioclásticos. Além disso, a presença de fragmentos líticos de alguns minerais e acessórios como biotita. Os grãos de quartzo apresentam-se de forma predominantemente translúcidos, levemente oxidados e alguns enfumaçados. A cor amarelada dos grãos de quartzo deve-se à presença de óxidos/hidróxidos de ferro, reflexo do retrabalhamento do grão, ao longo do curso até sua deposição, quando exposto, assim, a agentes oxidantes.

Por sua vez, a composição é controlada pelo tipo de rocha fonte, solo, clima, relevo da área fonte, agentes, processos e distância de transporte. Para uma melhor interpretação da análise morfooscópica e imagens dos sedimentos, a área de estudos foi dividida novamente em 5 setores, os mesmos utilizados para os levantamentos batimétricos, aumentando a representatividade das informações e o detalhamento das características morfooscópicas, ver figura (87).

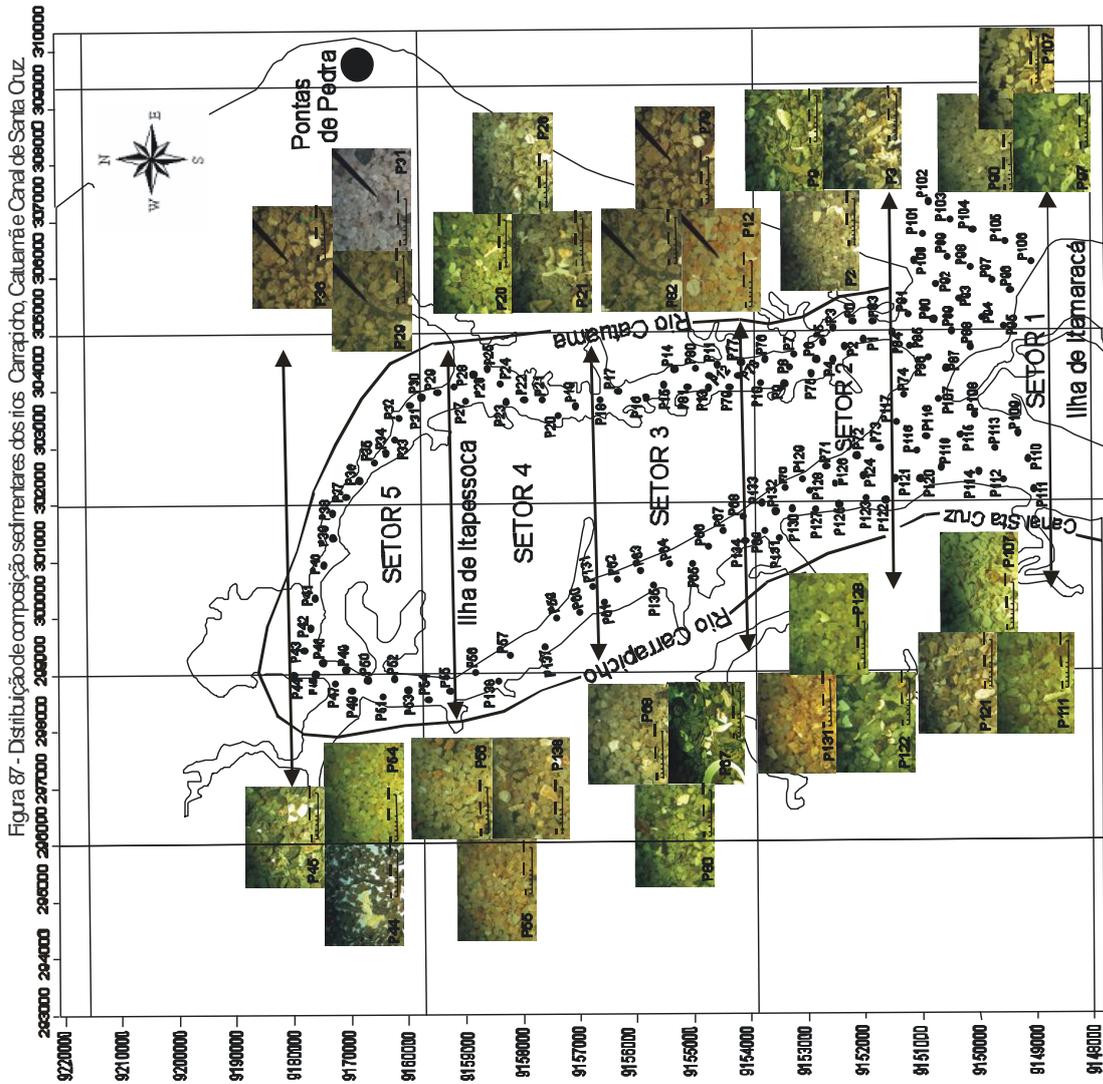


Figura 87 - Distribuição de composição sedimentares dos rios Carrapicho, Catuamã e Canal de Santa Cruz.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
 Programa de Pós-Graduação em Geociências  
 Geologia Sedimentar e Ambiental

Mapa de composição sedimentares dos rios Carrapicho, Catuamã e Norte Canal de Santa Cruz

**Legenda**

- ↔ Divisão de setor
- Drenagem
- Curso d'água
- Distrito
- Estação
- 0 100 200 300 400 Metros

PROJEÇÃO UTM

Origem da quilometragem UTM  
 Equador e Meridiano central 33 W.Gr.  
 Datum Horizontal : WGS 84

**Autor:** João Alberto Rocha de Oliveira

Fonte : O autor, 2015.

A análise morfoscópica realizada nas amostras dos rios Carrapicho e Catuamã revelaram dados suficientes para o reconhecimento do grau de arredondamento e esfericidade dos sedimentos figuras (88 e 89).

O setor 1, apresentou uma variação entre grãos angulosos a sub-angulosos, e esfericidade modificando de baixa a média, com pouca representação de sedimentos bem arredondado e de alta esfericidade. Nesse setor, estão localizadas as desembocaduras dos rios Carrapicho, Catuamã e ao norte do canal de Santa Cruz até o contato com mar aberto.

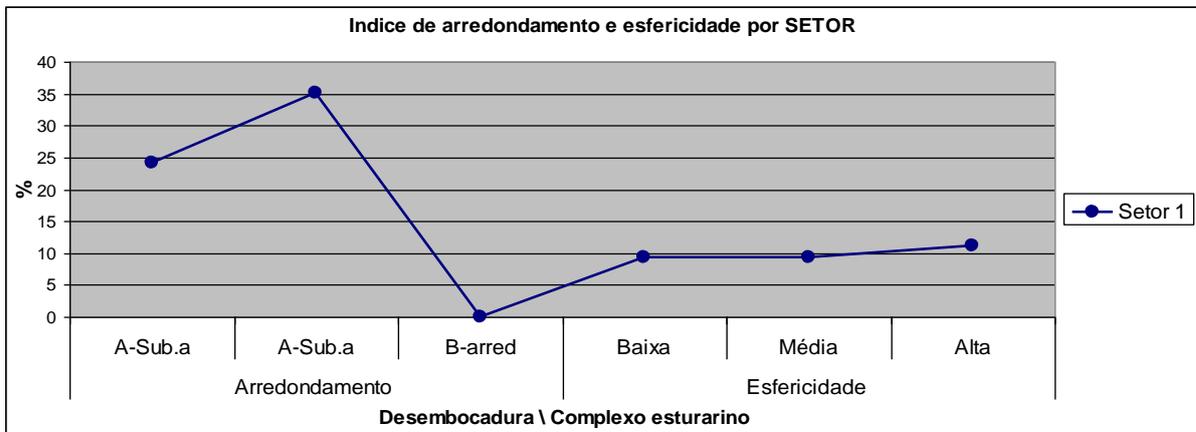
No setor 2, o rio Carrapicho apresenta uma desembocadura que permite uma maior entrada de sedimento, provenientes da parte norte do canal de Santa Cruz e do mar aberto, permitindo uma maior variação de grãos. Neste setor, dominam grãos sub arredondados (24%) e cerca de 20% apresenta grãos de baixa esfericidade, O rio Catuamã apresenta uma desembocadura menor e mais estreita e, nesse setor, os grãos são sub arredondados a arredondados (24%); os que apresentam alta esfericidade cerca de 12%; o restante do percentual distribuído ao longo do setor 2 são sub arredondados.

No setor 3, o rio Carrapicho os grãos na sua maioria, foram classificados como sub-arredondados a bem arredondados (20%). A esfericidade apresentou um índice de 40% em média. No rio Catuamã as amostras foram classificadas como sub-arredondadas a bem arredondadas (14,3%). A esfericidade foi definida como alta (28,5 %).

No setor 4, o rio Carrapicho apresentou um domínio de grãos angulosos a sub-angulosos (37,5%), com esfericidade média de 12,5%. Em contraposição, o rio Catuamã apresentou um comportamento oposto, cujas amostras foram classificadas como sub-arredondadas a arredondadas (12,5%) e esfericidade média de 12,5%.

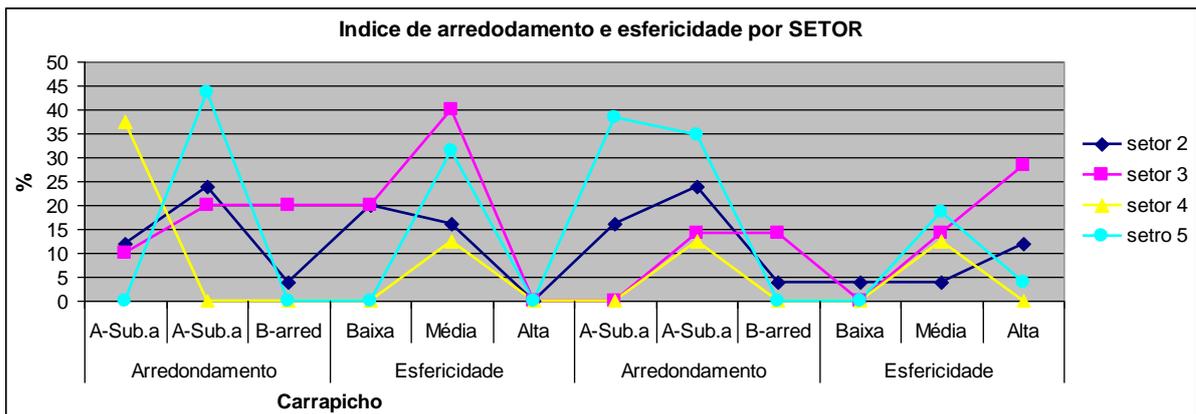
No setor 5, o rio Carrapicho apresentou grãos de quartzo os quais foram classificados como sub-arredondados a arredondados (43,7%), e esfericidade média de valor 31,3%. No rio Catuamã, os grãos foram classificados como angulosos a sub-angulosos (38,4%) e sub-arredondados a arredondados (43,7%), já a esfericidade apresentou em média 18,7%, enquanto que a alta esfericidade foi de 3,8%.

**FIGURA 88 – Distribuição estatística dos grãos do setor 1.**



Fonte: O autor, 2012.

**FIGURA 89 – Distribuição estatística dos grãos por setores (2, 3, 4 e 5).**



Fonte: O autor, 2012.

#### 4.3.3.1 Textura superficial

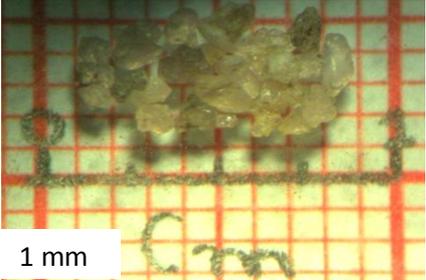
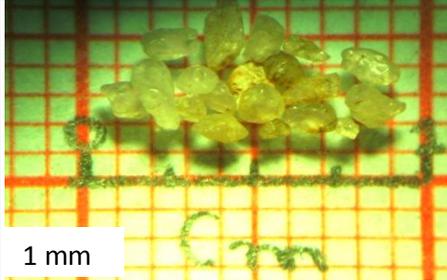
As amostras analisadas na área de estudo, por serem de ambiente estuarino, são dominadas por grãos de quartzo brilhantes, caracterizando o transporte em condições sub-aquosas. Conforme apêndice (H) e quadro (4).

#### 4.3.3.2 Arredondamento e esfericidade

A informação sobre o transporte e da deposição dos sedimentos da área fonte até a sua deposição e acumulação são reveladas através dos dados de arredondamento e esfericidade dos detritos da área estudada, movimentação da partícula que se encontrava ativa no ciclo sedimentar, além da intensidade do transporte e a distância da localização do grão, ver apêndice (I) e quadro 5.

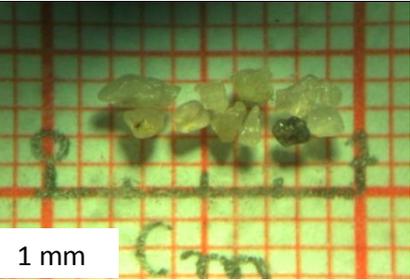
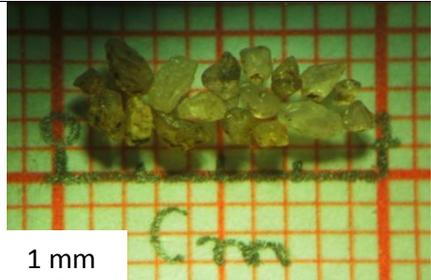
Nessa seção, serão mostradas as características mais expressivas dos grãos associadas ao índice de grau de arredondamento e esfericidade, levando em conta a localização das coletas ao longo de todos os rios, desembocaduras e seus respectivos setores (Figura 90 – Setor 1 desembocadura ao norte da Ilha de Itamaracá); (Figura 91 – Setor 1 ao norte do canal de Santa Cruz); (Figura 92 – Setor 2 dos rios Carrapicho e Catuamã); (Figura 93 – Setor 3 dos rios Carrapicho e Catuamã); (Figura 94 – Setor 4 dos rios Carrapicho e Catuamã) e (Figura 95 – Setor 5 dos rios Carrapicho e Catuamã).

**FIGURA 90 – Setor 1 desembocadura norte da Ilha de Itamaracá**

Desembocadura norte da Ilha de Itamaracá	Setor 1	Desembocadura norte da Ilha de Itamaracá
Fração 0.250 mm	Caracterist. Morfológicas	Fração 0.250 mm
Sub Arred. a Bem Arred.	Grau de Arredondamento	Sub Arred. a Bem Arred.
Alta a média	Esfericidade	Alta
Muito desgastado	Textura Superficial	Muito desgastado
Brilhante	Brilho	Brilhante
Quartzo	Composição dominante	Quartzo
Amostra 1293		Amostra 7074
Ponto 107		Ponto 94
		

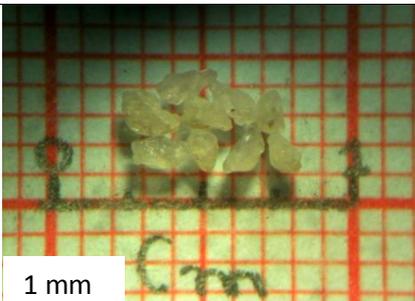
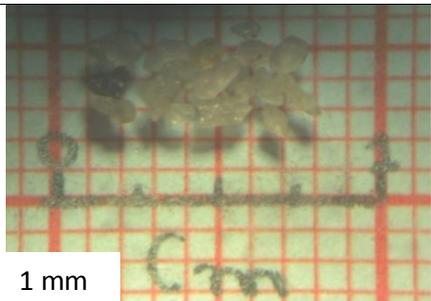
Fonte: O autor, 2012.

**FIGURA 91 – Setor 1 norte do canal de Santa Cruz**

Norte do canal de Santa Cruz	Setor 1;	Norte do canal de Santa Cruz
Fração 0.250 mm	Caracterist. Morfológicas	Fração 0.250 mm
Sub Arred.	Grau de Arredondamento	Sub Arred. a Bem Arred.
Alta	Esfericidade	Alta a média
Muito desgastado	Textura Superficial	Muito desgastado
Brilhante	Brilho	Brilhante
Quartzo	Composição dominante	Quartzo
amostra 358971		Amostra 7079
Ponto 112		Ponto 111
		

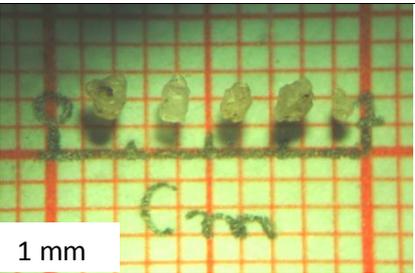
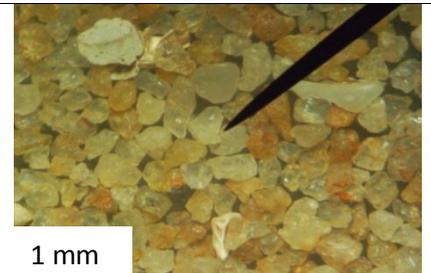
Fonte: O autor, 2012.

**FIGURA 92 – Setor 2 dos rios Carrapicho e Catuamã**

<b>Rio Carrapicho</b>	<b>Setor 2;</b>	<b>Rio Catuamã</b>
Fração 0.250 mm	Caracterist. Morfológicas	Fração 0.250 mm
Sub Angul. a Sub Arred.	Grau de Arredondamento	Sub angul. a Sub Arred.
Alta	Esfericidade	Alta a média
Muito desgastado	Textura Superficial	Muito desgastado
Brilhante	Brilho	Brilhante
Quartzo	Composição dominante	Quartzo
Amostra 1287		Amostra 7008
Ponto 122		Ponto 2
		

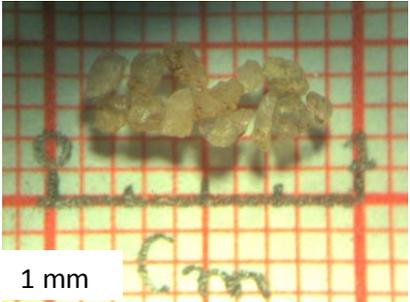
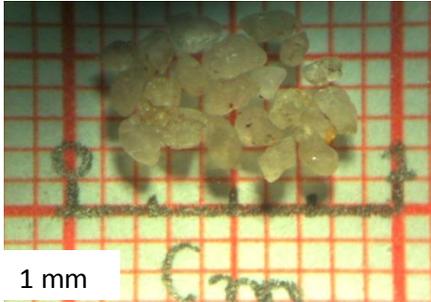
Fonte: O autor, 2012.

**FIGURA 93 – Setor 3 dos rios Carrapicho e Catuamã**

<b>Rio Carrapicho</b>	<b>Setor 3;</b>	<b>Rio Catuamã</b>
Fração 0.250 mm	Caracterist. Morfológicas	Fração 0.250 mm
Sub Angul. a Sub Arred.	Grau de Arredondamento	Sub angul., Bem Arred. a Arred.
Baixa	Esfericidade	Alta, Média a Baixa
Desgastado	Textura Superficial	Muito desgastado
Brilhante	Brilho	Brilhante
Quartzo	Composição dominante	Quartzo
Amostra 1258		Amostra 7014
Ponto 67		Ponto 12
		

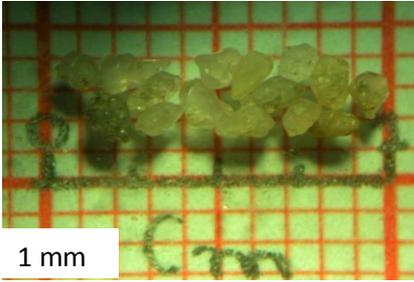
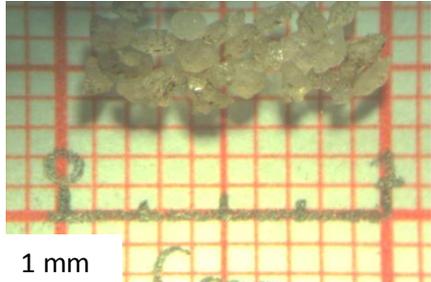
Fonte: O autor, 2012.

**FIGURA 94 – Setor 4 dos rios Carrapicho e Catuamã**

<b>Rio Carrapicho</b>	<b>Setor 4;</b>	<b>Rio Catuamã</b>
Fração 0.250 mm	Caracterist. Morfológicas	Fração 0.250 mm
Sub Angul.	Grau de Arredondamento	Sub Arred.
Alta	Esfericidade	Média
Desgastado	Textura Superficial	Desgastado
Brilhante	Briho	Brilhante
Quartzo	Composição dominante	Quartzo
Amostra 7004		Amostra 7003
Ponto 55		Ponto 21
		

Fonte: O autor, 2012.

**FIGURA 95 – Setor 5 dos rios Carrapicho e Catuamã**

<b>Rio Carrapicho</b>	<b>Setor 5;</b>	<b>Rio Catuamã</b>
Fração 0.250 mm	Caracterist. Morfológicas	Fração 0.250 mm
Sub Arred. a Sub Angul.	Grau de Arredondamento	Sub Arred. a Sub angul.
Média	Esfericidade	Alta a Média
Desgastado	Textura Superficial	Desgastado
Brilhante	Briho	Brilhante
Quartzo	Composição dominante	Quartzo
Amostra 7078		Amostra 7011
Ponto 44		Ponto 29
		

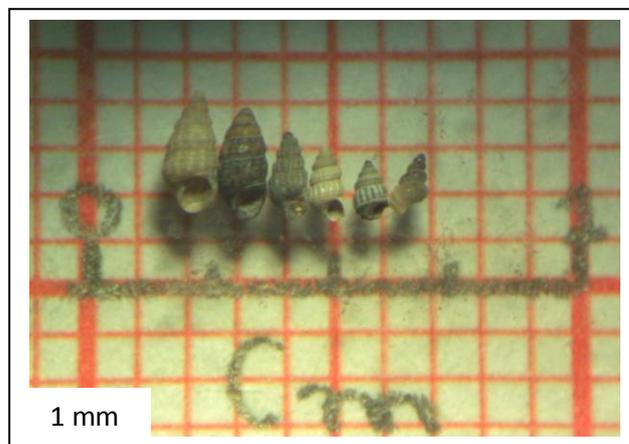
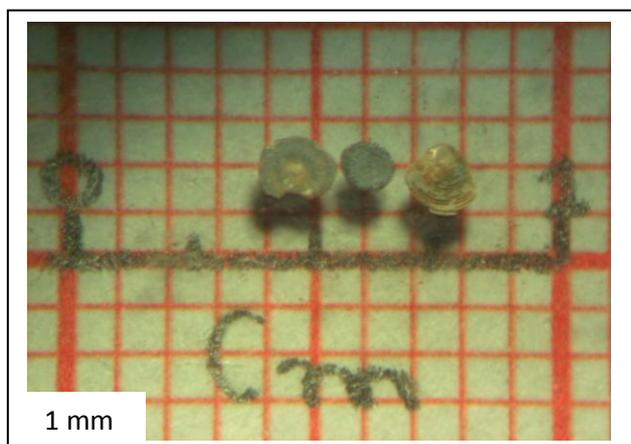
Fonte: O autor, 2012.

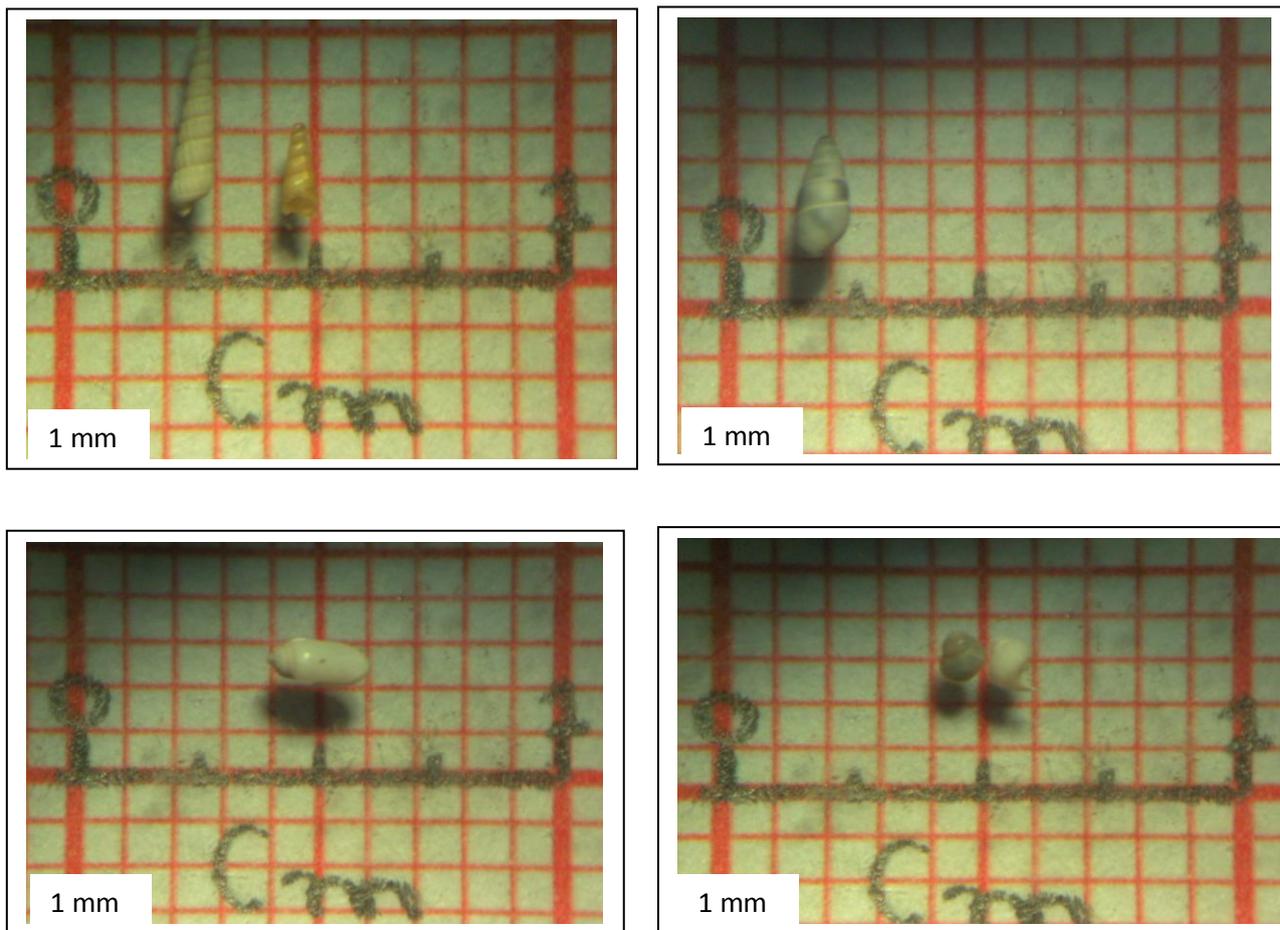
#### 4.3.4 Bioclastos no Sistema Estuarino

Os ecossistemas marinhos possuem características dinâmicas que podem ser modificadas por meio da influência antrópica e mudanças nas propriedades químicas dos sedimentos, que podem afetar as comunidades bentônicas, conforme anexo (J) e quadro (6), bioindicadoras de qualidade ambiental (FRITZEN, 2007).

Especificamente, no ambiente estuarino, a ocorrência de animais bentônicos ocorre em alta diversidade e abundância. Ao concluir o ciclo de vida, as carapaças que formam esses organismos passam a compor o próprio sedimento onde viviam. As espécies foram identificadas por classes e fotografadas de acordo com a sua localização em cada um dos 5 (cinco) setores que dividem a área de estudo. O setor 1 corresponde ao canal de Santa Cruz, ao norte da Ilha de Itamaracá. Os setores (2, 3, 4 e 5) compreendem os rios Carrapichos e Catuamã ver as figuras (96 e 97).

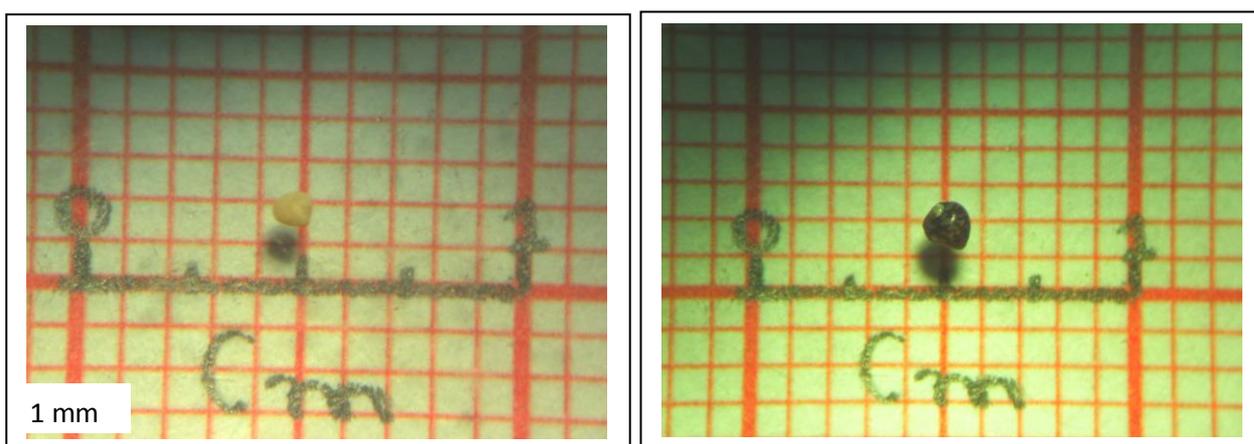
**FIGURA 96** – Sequência de fotos de bioclásticos da amostra 1293 do setor 1. Canal norte da Ilha de Itamaracá (Gastropodes)





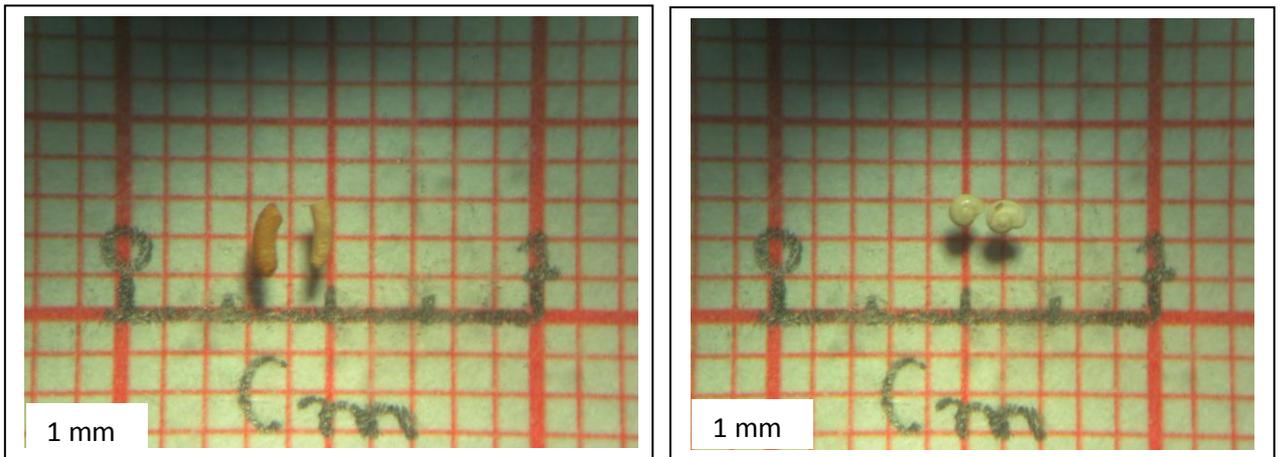
Fonte: O autor, 2012.

**FIGURA 97** – Bioclastos da amostra 1287 e 1280 do setor 2, Carrapicho.(Bivalves (molusco) - *Anomalocardia brasiliensis* e Gastropodes)



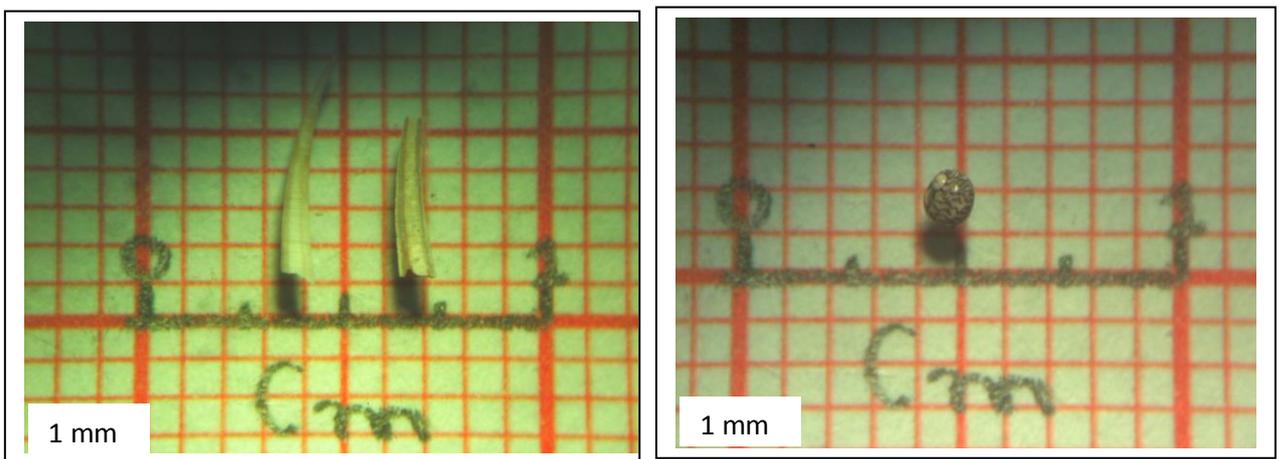
Fonte: O autor, 2012.

**FIGURA 98** – Bioclastico do setor 2, Catuamã. Escaphopodas (Mollusca e Gastropodes)



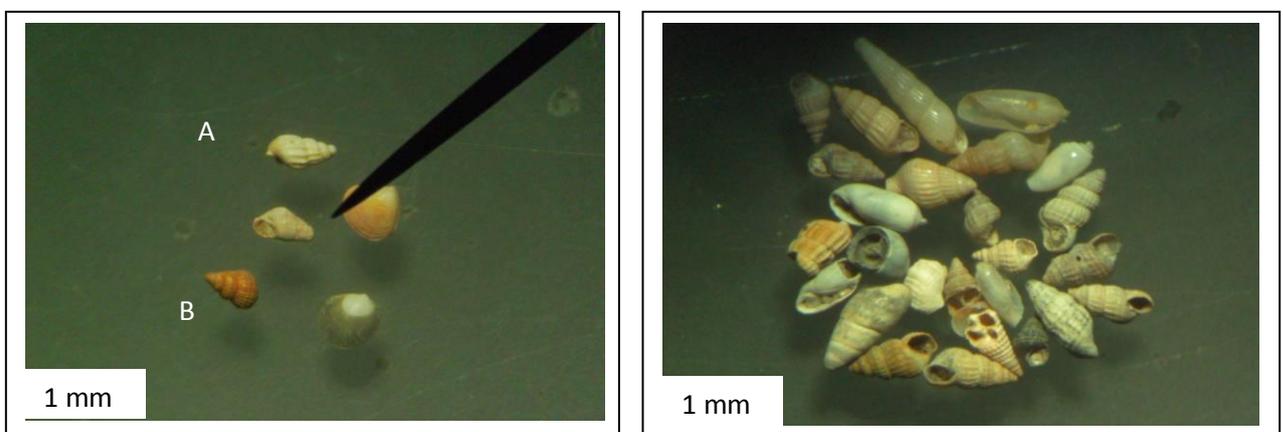
Fonte: O autor, 2012.

**FIGURA 99** – Bioclastos da amostra 7077 do setor 3, Carrapicho(Equinodermas (espinho) e gastropodes).



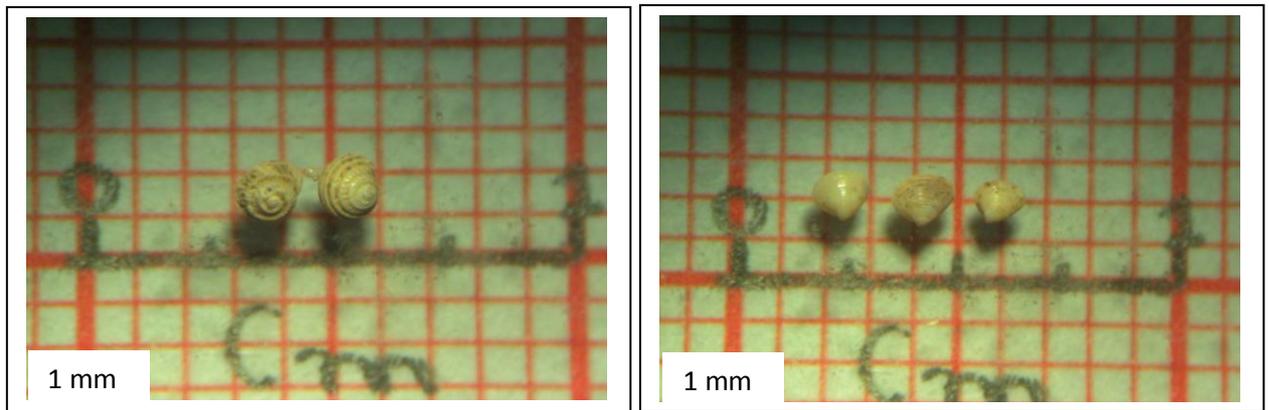
Fonte: O autor, 2012.

**FIGURA 100** – Bioclastos da amostra 7014 do setor 3 - Catuamã ((A) Gastrópodes e (B) Bivalves (Moluscos)) e Micelânea de Gastropodos



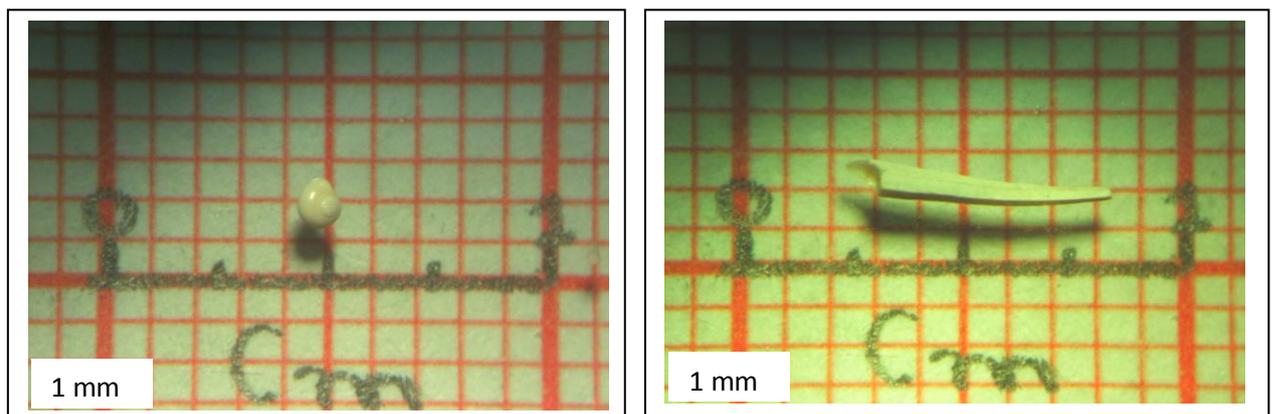
Fonte: O autor, 2012.

**FIGURA 101** – Bioclastos da amostra 7070 do setor 4, Carrapicho (Gastropodes e bivalves)



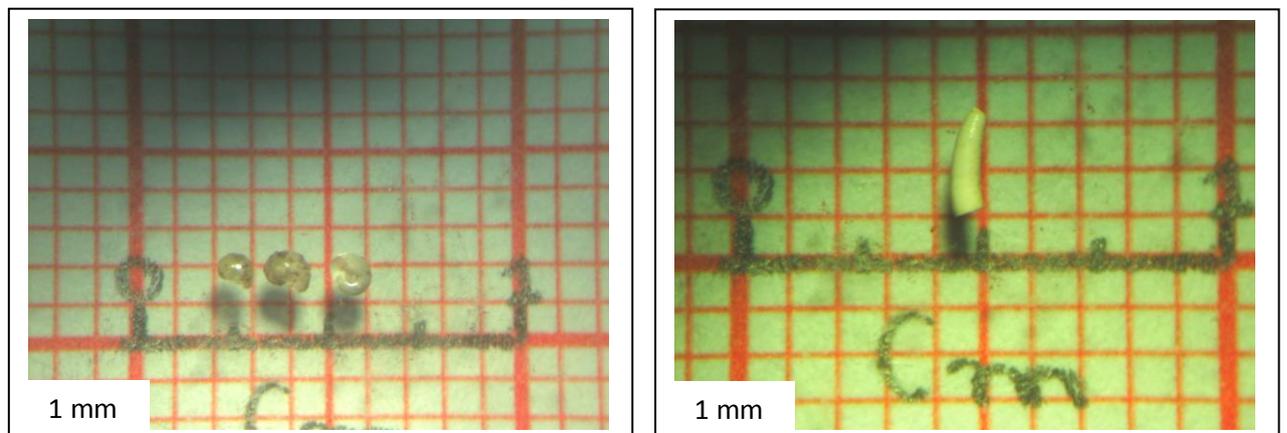
Fonte: O autor, 2012.

**FIGURA 102** – Bioclásticos da amostra 7003 do setor 4, Catuamã (Gastropodes e Escaphopodas (Molluca))



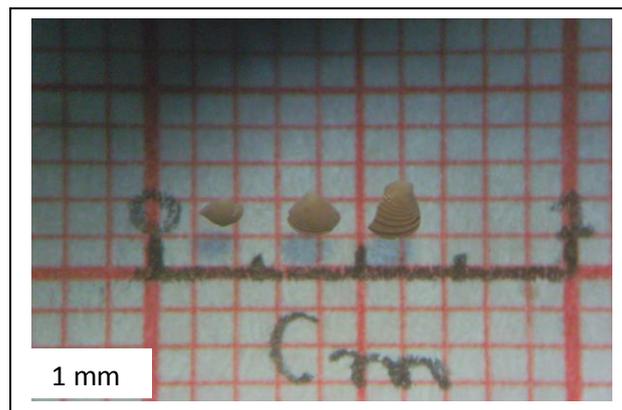
Fonte: O autor, 2012.

**FIGURA 103** – Bioclástico da amostra 7078 do setor 5, Carrapicho (Gastrópode e Espinho de equinoide)



Fonte: O autor, 2012.

**FIGURA 104** – Bioclástico da amostra 7011 do setor 5 (fragmentos), Catuamã. (Bivalve)



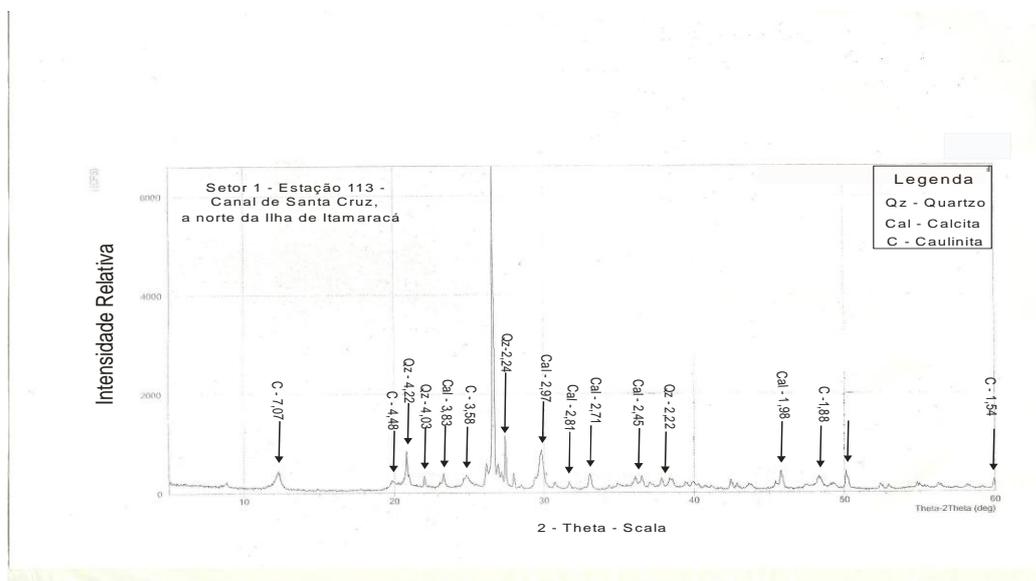
Fonte: O autor, 2012.

#### 4.3.5 Difractometria de Raio-X

O estudo sistemático realizado no difratograma de raio-X, dos sedimentos amostrados nas estações de coletas foi feito para identificar os tipos de minerais presentes nas respectivas amostras. O quartzo foi identificado em todas as estações e alguns minerais acessórios em menor quantidade: como mica, calcita e caulinita.

A calcita esteve presente em todos os pontos de coleta, indicando uma influência marinha no ambiente estuarino, além de estar associada aos grãos de bioclastos. A sua presença foi constatada em todos os setores que dividem a área de estudo, conforme as figuras (105, 106, 107, 108 e 109).

**FIGURA 105** - Difratograma de raios-X, do canal de Santa Cruz, localizada no setor 1



Fonte: O autor, 2012.

FIGURA 106 - Difratoograma de raios-X, rio Carrapicho amostra 132, localizada no setor 2

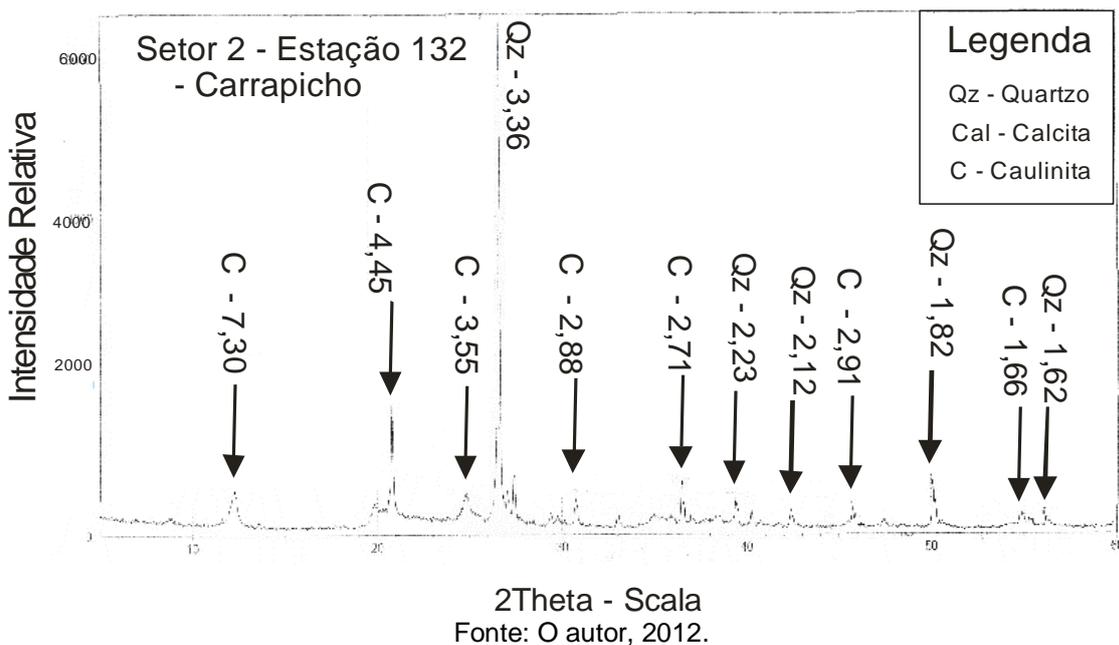
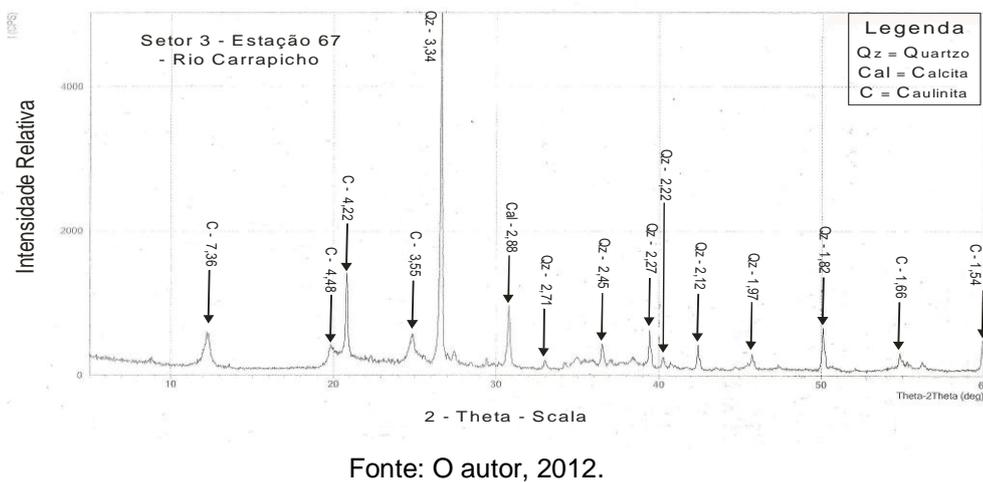
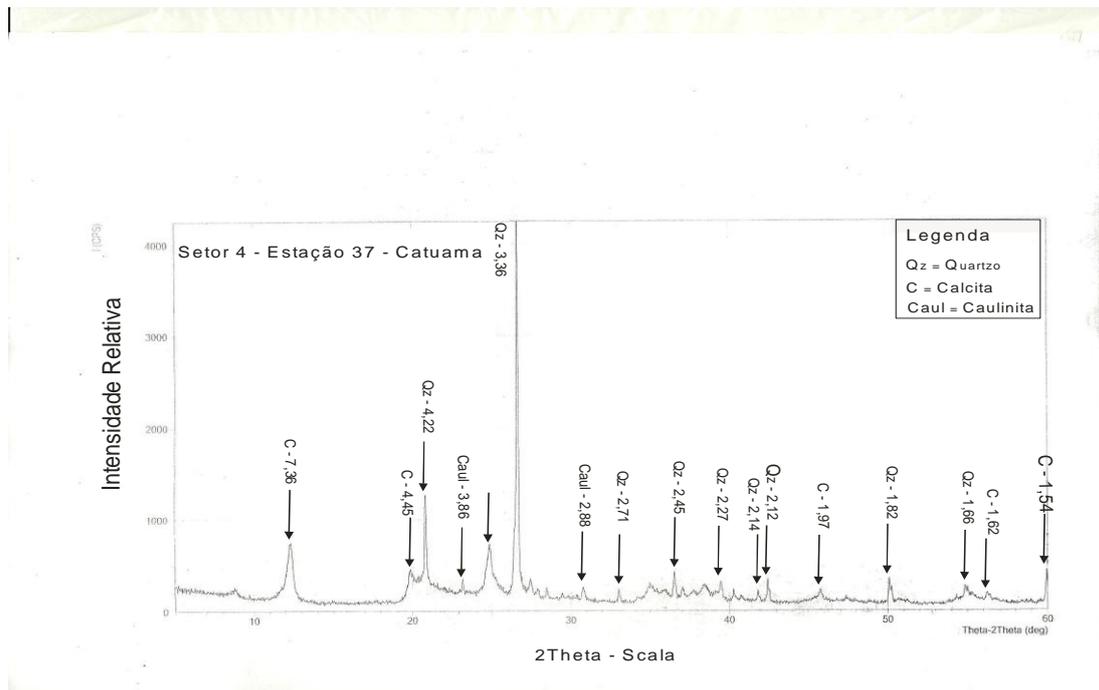


FIGURA 107 - Difratoograma de raios-X, rio Carrapicho, localizada no setor 3.

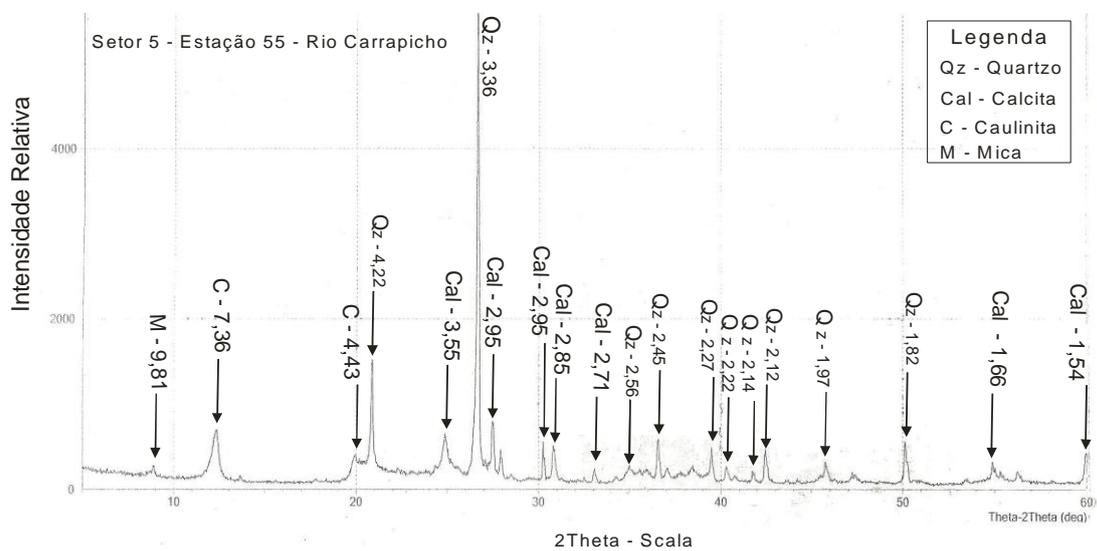


**FIGURA 108** - Difratoograma de raios-X, rio Catuamã amostra 37, localizada no setor 4.



Fonte: O autor, 2012.

**FIGURA 109** - Difratoograma de raios-X, rio Carrapicho amostra 55, localizada no setor 5



Fonte: O autor, 2012.

#### 4.4 BATIMETRIA

Com base na carta da Marinha do Brasil nº 910 (1961) escala 1:100.000, nas proximidade da Ilha de Itapessoca, são mostradas as profundidades ao longo do rio Carrapicho que chegam 1,0 a 5,0 metros. O rio Catuamã teve profundidade em torno de 1,0 a 7,0 metros. Ao norte do canal de Santa Cruz, a profundidade variou de 3,0 a 7,0 metros e no canal de conexão com Oceano Atlântico, na desembocadura da barra de Catuamã essa variação está registrada entre 3,0 a 17,0 metros, ver figura (110).

##### 4.4.1 Levantamento Batimétrico

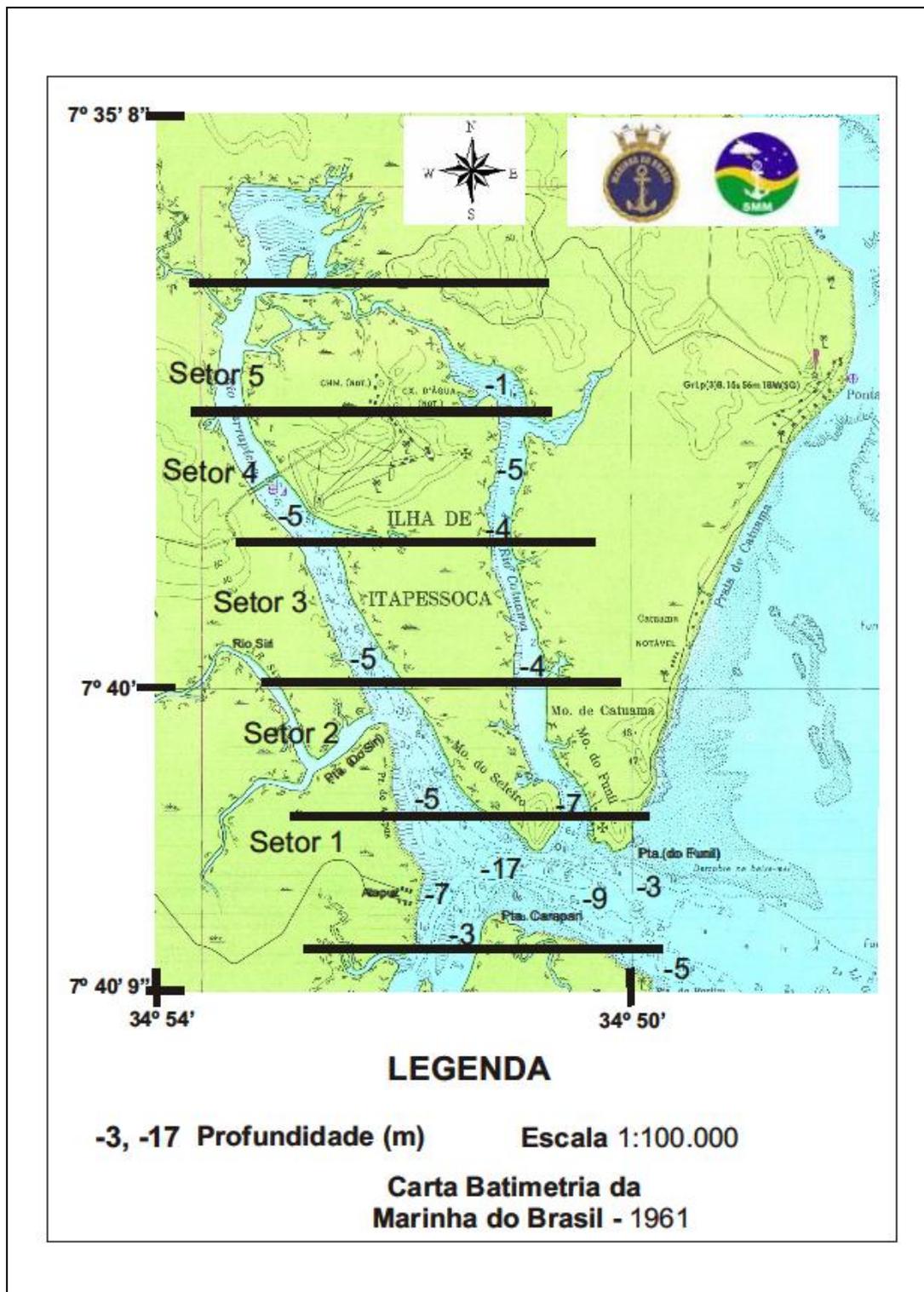
A carta da marinha foi dividida em cinco (5) setores, para servir de parâmetro comparativo com o mapa obtido neste estudo. Sendo assim, o setor 1 compreende os rios Carrapicho, Catuamã, ao norte do canal de Santa Cruz e a Foz, enquanto os setores de 2 a 5 compreendem apenas os rios Carrapicho e Catuamã, ver figura (110).

No mapa obtido, observam-se mudanças morfológicas nos rios e no Complexo estuarino, ao longo de sua extensão, onde a profundidade variou de 1,0 a 21,0 metros. As profundidades mais expressivas em torno de 21,0 metros foram registradas no estreito entre o pontal do Seleiro, ao sul da Ilha de Itapessoca e ao norte da Ilha de Itamaracá, no pontal do Carapari, ver figura (111).

##### 4.4.2 Morfologia de fundo

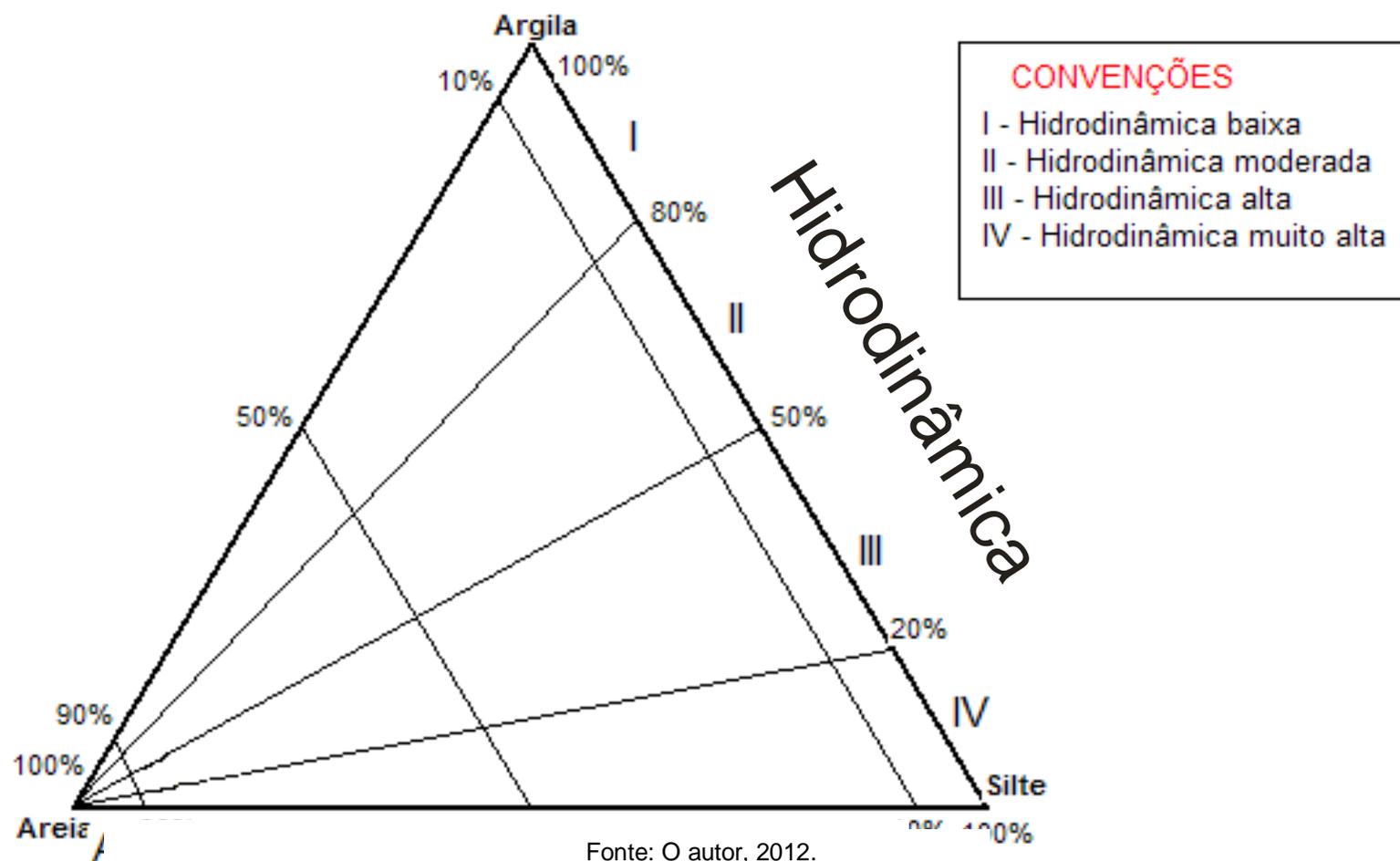
Para um melhor entendimento da morfologia de fundo dos rios Carrapicho, e Catuamã, ao norte do canal de Santa Cruz, serão descritos os perfis batimétricos por setores, de acordo com os dados obtidos pelo sonar. E comparado com os dados da carta da Marinha do Brasil 1961, com o atual de 2012, foi possível observar registro de profundidade variando de 3,0 a 17,0 metros, enquanto na carta atual, varia de 3,0 a 20,0 metros, diminuindo no sentido do montante. Essa diminuição da batimetria é distinta devido à diferença na variação de maré.

**FIGURA 110** - Mapa batimétrico nº 910, produzido pela Marinha do Brasil de 1961, do litoral norte de Pernambuco.



Fonte: Marinha do Brasil (1961)

FIGURA 111 – Mapa batimétrico da área, obtido em 07/12/2012

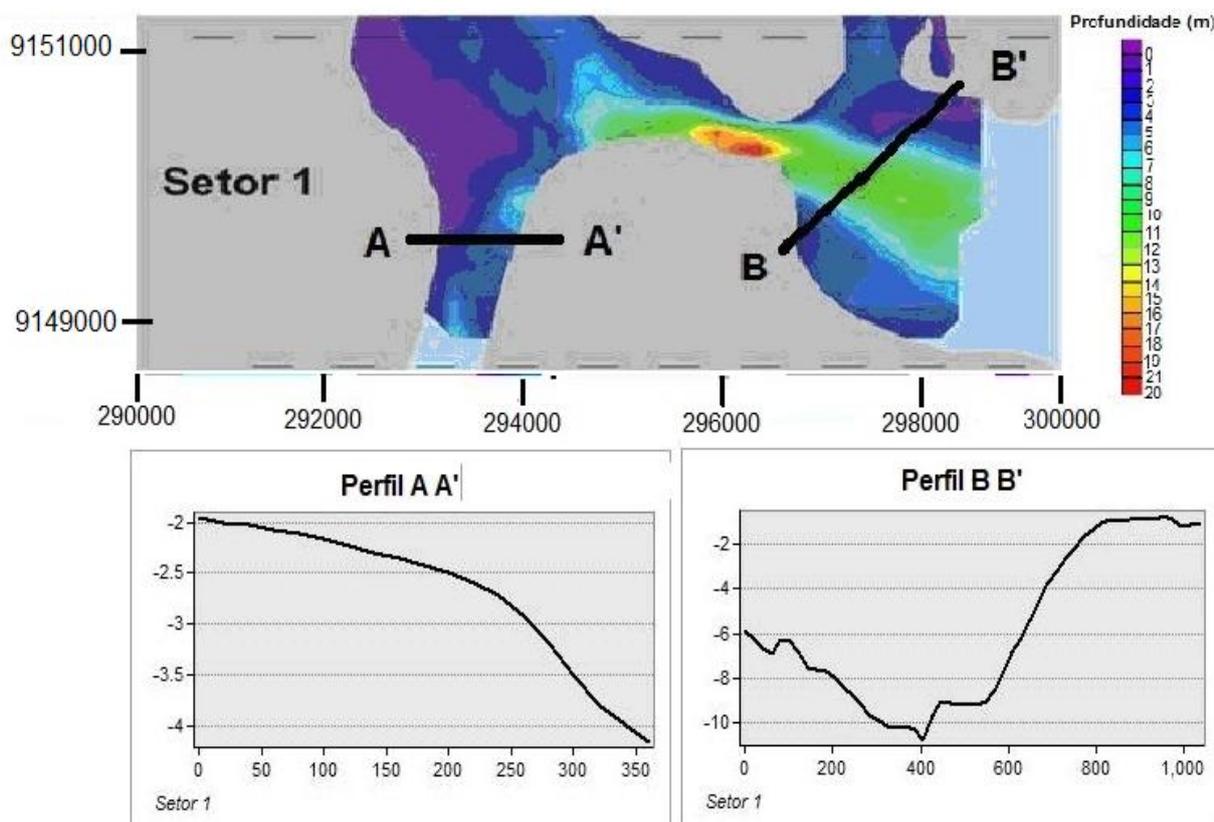


No setor 1, estão localizados os perfis **AA'** e **BB'**. Ao norte do canal de Santa Cruz, próximo a Atapuz o perfil "AA" apresenta largura de 891 metros e a profundidade da calha variou de 2,0 a 4,0m, evidenciando dentro desse canal a existência de profundidades acima de 6,0 metros, nas proximidades da gamboa do Sossego. Na barra de Catuamã o perfil "BB", localizado a partir do pontal do Carapari na Ilha de Itamaracá até a ponta do Funil, do outro lado do distrito no continente, com largura 1.149 metros. Por sua vez, foi registrada pelo sonar a profundidade desse perfil de 1,0 a 6,0m. Contudo, foi notado dentro deste trecho, variações de profundidades da calha em torno de 10,0 a 11,0 metros, podendo aumentar dentro da barra de Catuamã, ver figura (112).

#### 4.4.2.1 Os perfis AA' e BB' – Zona do estuário inferior (ZEI)

No perfil AA', foi constatada a existência de uma gamboa onde passa o rio Carapari. Em estudos anteriores, a profundidade era de 3,0 metros (1961) e através da atualização desses dados em 2012 essa profundidade passou para 6,0 a 7,0 metros. O perfil BB' está registrado em carta obtida em 2012, com aumento da formação do pontal de Catuamã, visto que na carta de 1961, este pontal ainda estava em formação. A profundidade registrada em 1961 foi de 9,0 metros, enquanto em 2012, essa profundidade variou entre 9,0 a 11,0 metros.

**FIGURA 112** – Perfis (AA') canal de Santa Cruz e (BB') barra de Catuamã. ZEI - Zona do estuário inferior.



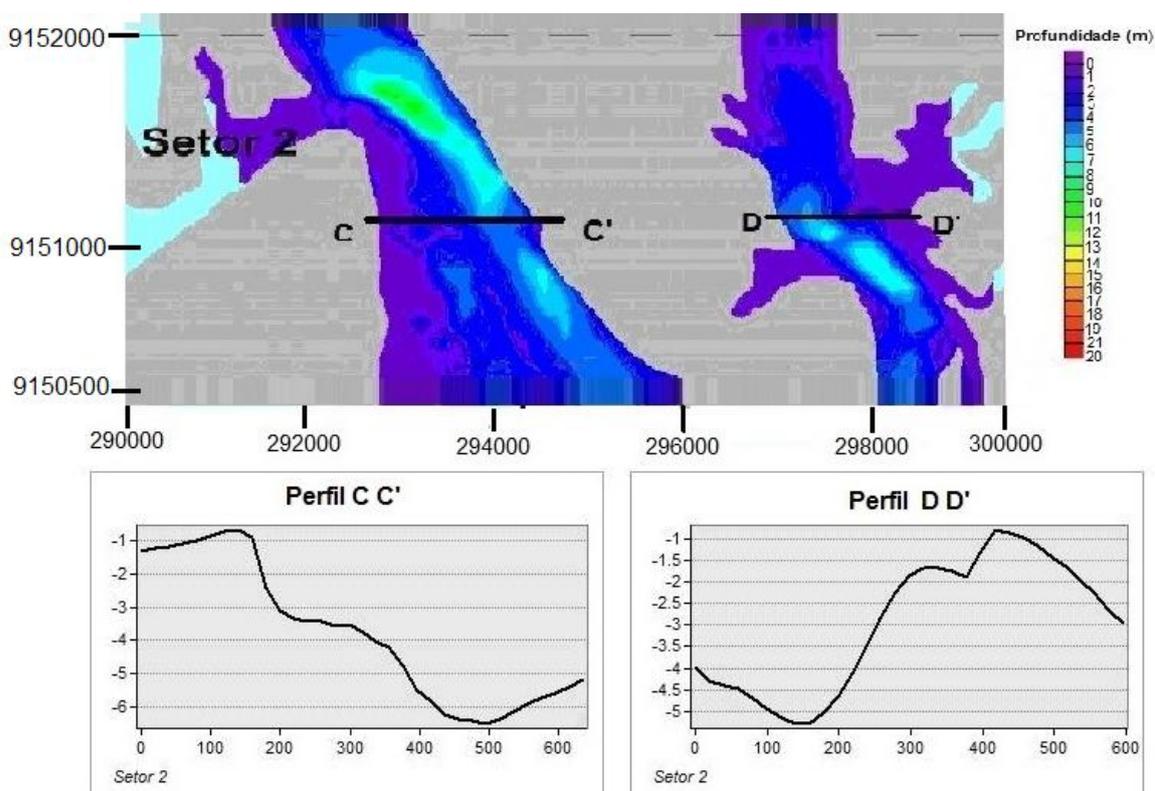
Fonte: O autor, 2012.

No setor 2, o perfil “CC’ “, localizado na foz do rio Carrapicho, entre o pontal de Atapuz e a noroeste do morro do Seleiro, apresenta largura de 1.287 metros. Neste perfil a profundidade da calha ficou abaixo de 6,0 metros. O perfil “DD’“, localizado na foz do rio Catuamã próximo a marina da barra de Catuamã apresenta largura de 286 metros. Quanto à profundidade da calha a variação foi de 4,0 a 5,0 metros. Contudo, pode ocorrer a existência de variação da profundidade da calha superior a 6,0 metros, a sudeste da Ilha de Itapessoca, ver figura (113).

#### 4.4.2.2 Os perfis CC' e DD' – limite da zona do estuário médio (ZEM) e da ZEI

De acordo com a carta da M.B. (1961), foram registradas profundidades de 5m no rio Carrapicho, enquanto que o rio Catuamã apresentou profundidade de 7,0 metros. Comparando com o mapa atual, o rio Carrapicho apresentou variação na sua profundidade entre 1,0 a 6,5 metros, e o rio Catuamã variação em torno de 1,0 a 5,5 metros. Ambos os setores recebem forte influência marinha, com transporte de sedimentos da plataforma costeira adjacente interna, que recobrem os assoalhos das calhas dos rios. Entretanto, as calhas desses rios estão atapetadas pela fração areia médias a fina e registram a presença de cascalhos biodetríticos, nas proximidades do morro do Seleiro nas fozes dos rios Carrapicho e Catuamã.

**FIGURA 113** – Perfis (CC') foz do rio Carrapicho e (DD') foz do rio Catuamã. Limites da ZEM - Zona do estuário médio e ZEI - Zona do estuário inferior.



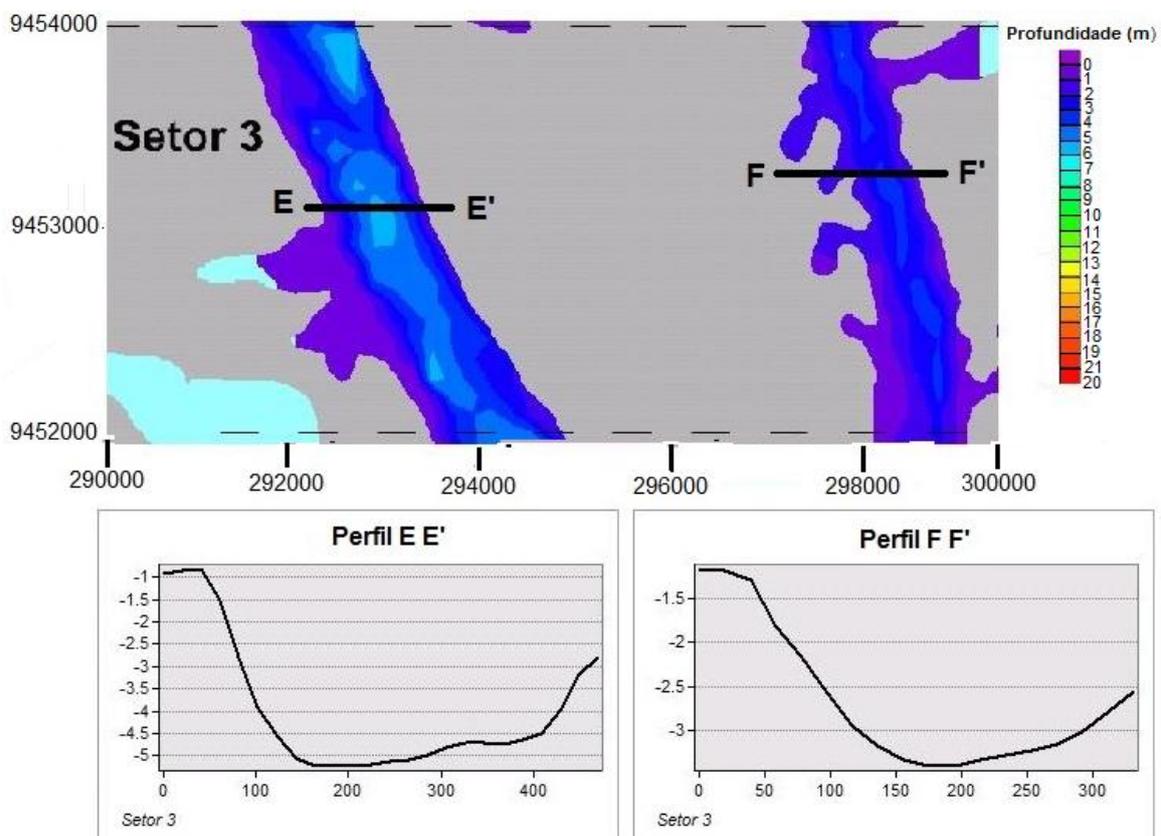
Fonte: O autor, 2012.

No setor 3, os perfis “EE’ “ e “FF’ “ estão situados na zona de mistura dos rios, entre a foz e a montante. No rio Carrapicho o perfil “EE’ “ é mais profundo e denota uma variação de 1,0 a 5,0 metros, com largura de 470 metros de uma margem a outra (Continente a Ilha), enquanto do rio Catuamã, o perfil “FF’ “ a profundidade é menor, variando de 1,0 a 3,5 metros com largura de 350 metros. Ambas as calhas dos perfis são em forma de “U” , ver figura (114).

#### 4.4.2.3 Os perfis EE’ e FF’ – ZEM

A carta da M.B. (1961) registra profundidade em mapa de 5,0 metros para o rio Carrapicho. O rio Catuamã apresenta profundidade de 4,0 metros. Este setor está inserido na zona de mistura que recebe influência marinha. De acordo com o mapa atual de 2012, o rio Carrapicho apresentou profundidade na ordem de 5,30 metros. No rio Catuamã, houve uma diminuição da profundidade, ficando em torno de 3,50 metros. Em ambos, os assoalhos dos rios são predominantemente constituídos pela fração areia finas a muito fina.

**FIGURA 114** - Perfis (EE’) rio Carrapicho e (FF’) rio Catuamã. Zona de estuário médio.



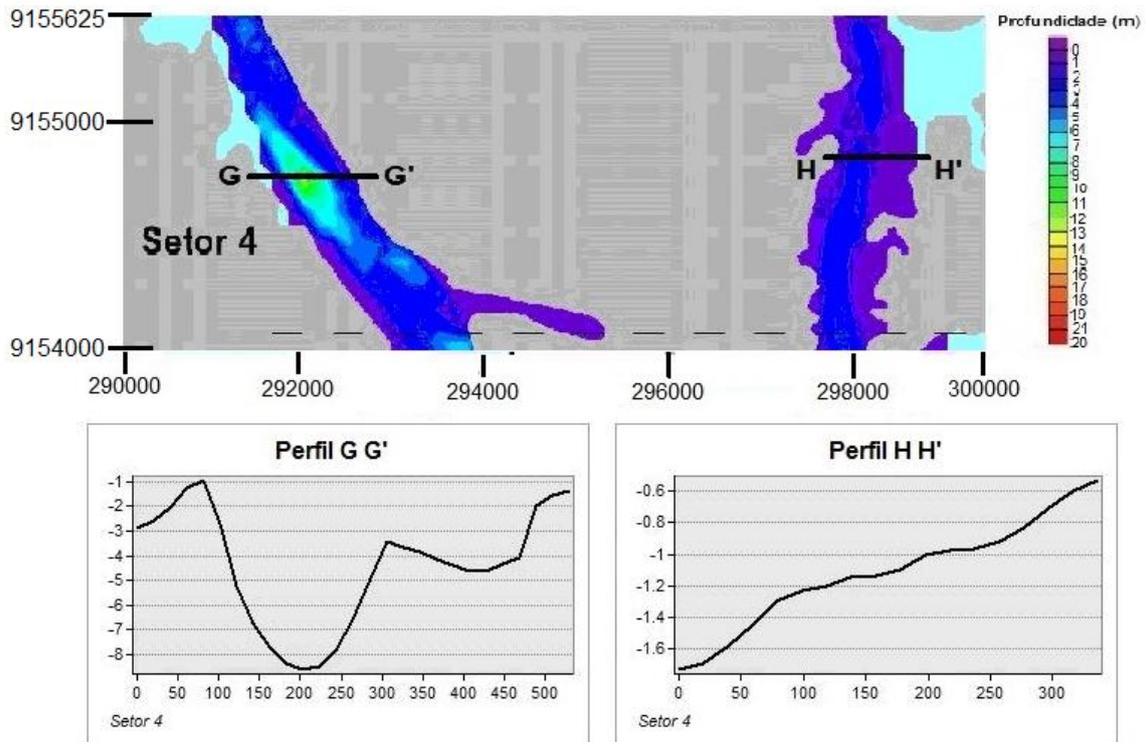
Fonte: O autor, 2012.

O setor 4, está localizado no rio Carrapicho com o perfil “**GG**” e o mesmo está posicionado a 40° NE, após a ponte elevatória que liga o continente à Ilha. Este perfil apresenta largura com mais 530 metros, com profundidades em torno de 3,0 a 6,0 metros. O perfil apresenta vários canais em diferentes profundidades, além de bancos arenosos, ora submersos, ora emersos, dependendo da vazão e da enchente. No rio Catuamã, o perfil “**HH**” está situado abaixo da desembocadura do rio Maçaranduba, apresentando largura com pouco mais de 300 metros, e profundidades de calha que variam de 0,6 a 1,7 metros, ver figura (115).

#### 4.4.2.4 Os perfis GG e HH’ – limite da zona do estuário superior (ZES) e ZEM

Na carta da M.B. (1961) o rio Carrapicho, em sua porção anterior da ponte elevatória, apresentava profundidade de 5,0 metros e já no caso do rio Catuamã a profundidade variava entre 4,0 a 5,0 metros. De acordo com o mapa atual, a profundidade no rio Carrapicho variou a pouco mais de 8,0 metros. Visto que no rio Catuamã a profundidade diminuiu para 1,60 metros. De uma maneira geral o rio Carrapicho sofreu um aumento na sua profundidade e o rio Catuamã uma diminuição. Neste setor é notória a presença da fração areia grossa.

**FIGURA 115** – Perfis (GG') rio Carrapicho e (HH') rio Catuamã. Limites da ZES - Zona do estuário superior e ZEI - Zona do estuário médio.



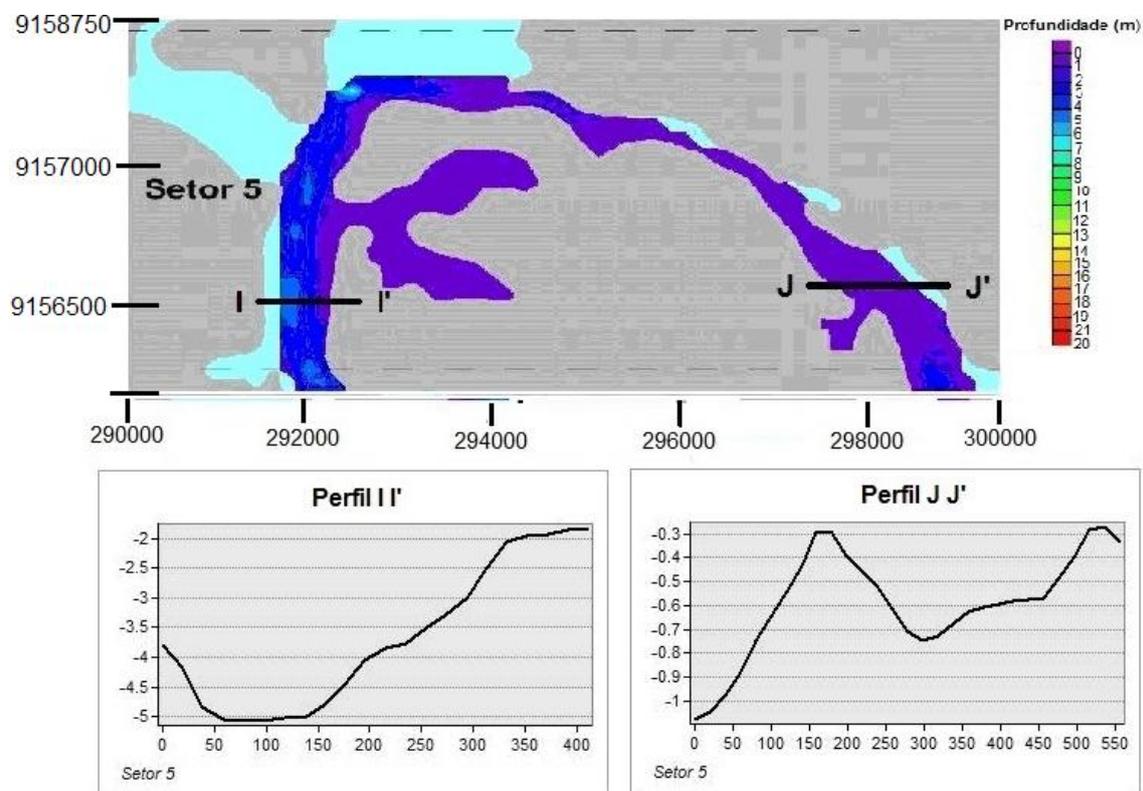
Fonte: O autor, 2012.

No setor 5, estão localizadas os perfis “II” e “JJ”, ambos ao norte da Ilha de Itapessoca. O perfil “II” está localizado no rio Carrapicho, na parte superior da foz do rio Guariba, com largura de 400 metros e uma profundidades que variam de 3,6 a 5,2 metros. O perfil “JJ” está situado no rio Catuamã, acima da foz do rio Massaranduba, com uma largura de 500 metros. A calha do perfil varia de 0,72 a 1,0 metros, possuindo pequenos canais e banco arenoso emerso em maré baixa, ver figura (116).

#### 4.4.2.5 Os perfis II' E JJ' – ZES

No setor 5, não existem dados batimétricos na carta da M.B. (1961) no rio Carrapicho. Contudo, para o rio Catuamã, foi registrada uma profundidade de 1,0 metro. No mapa batimétrico de 2012, a calha do rio Carrapicho é perpendicular ao fluxo da corrente, apresentando profundidade de 5,0 metros, com presença da fração areia média a grossa e pontos isolados de areia fina a muito fina. O rio Catuamã apresentou uma profundidade variando de 0,70 a 1,0 metro com presença da fração areia média.

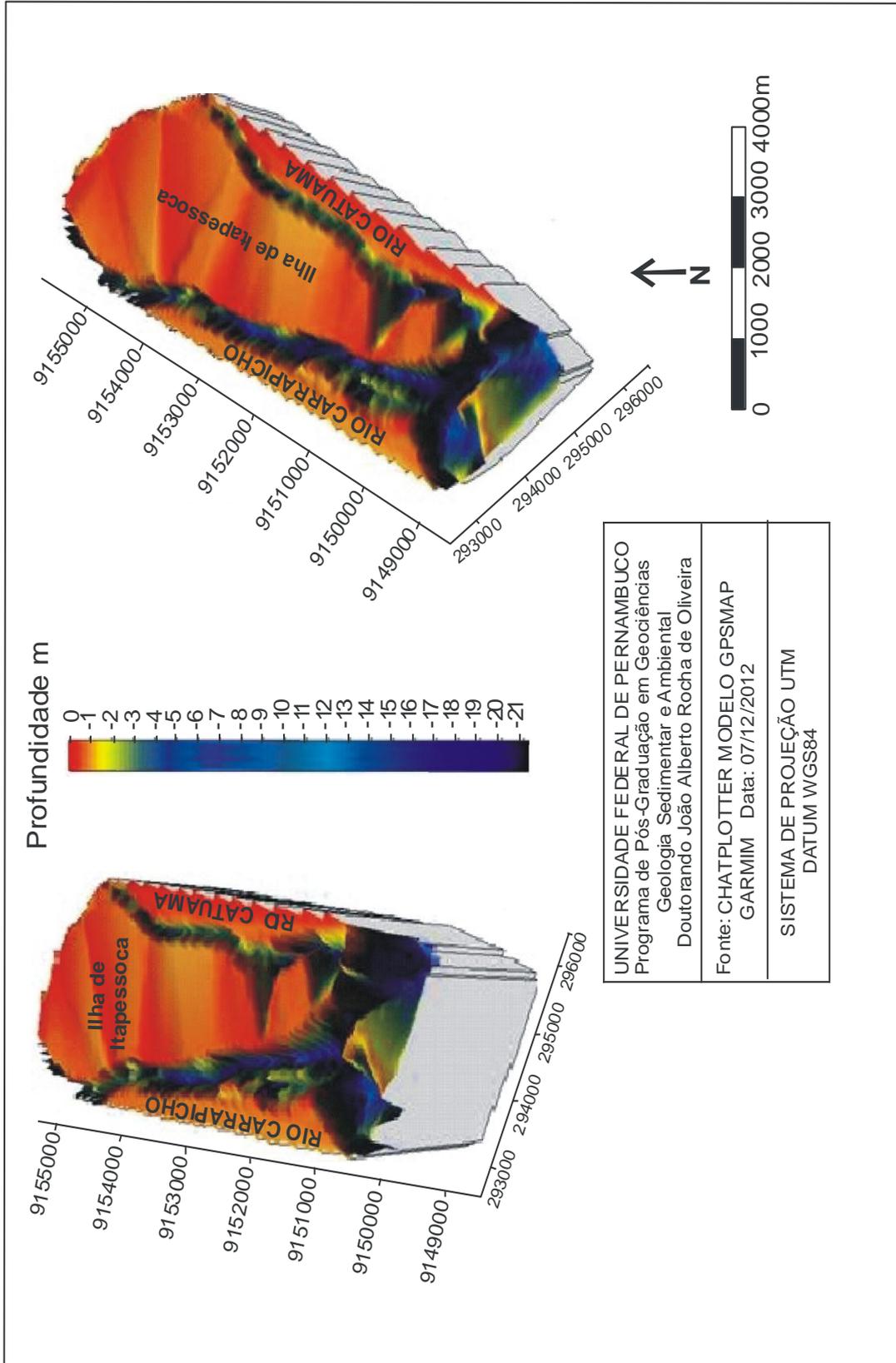
**Figura 116** – Perfis (II') rio Carrapicho e (JJ') rio Catuamã. ZES - Zona de estuário superior



Fonte: O autor, 2012.

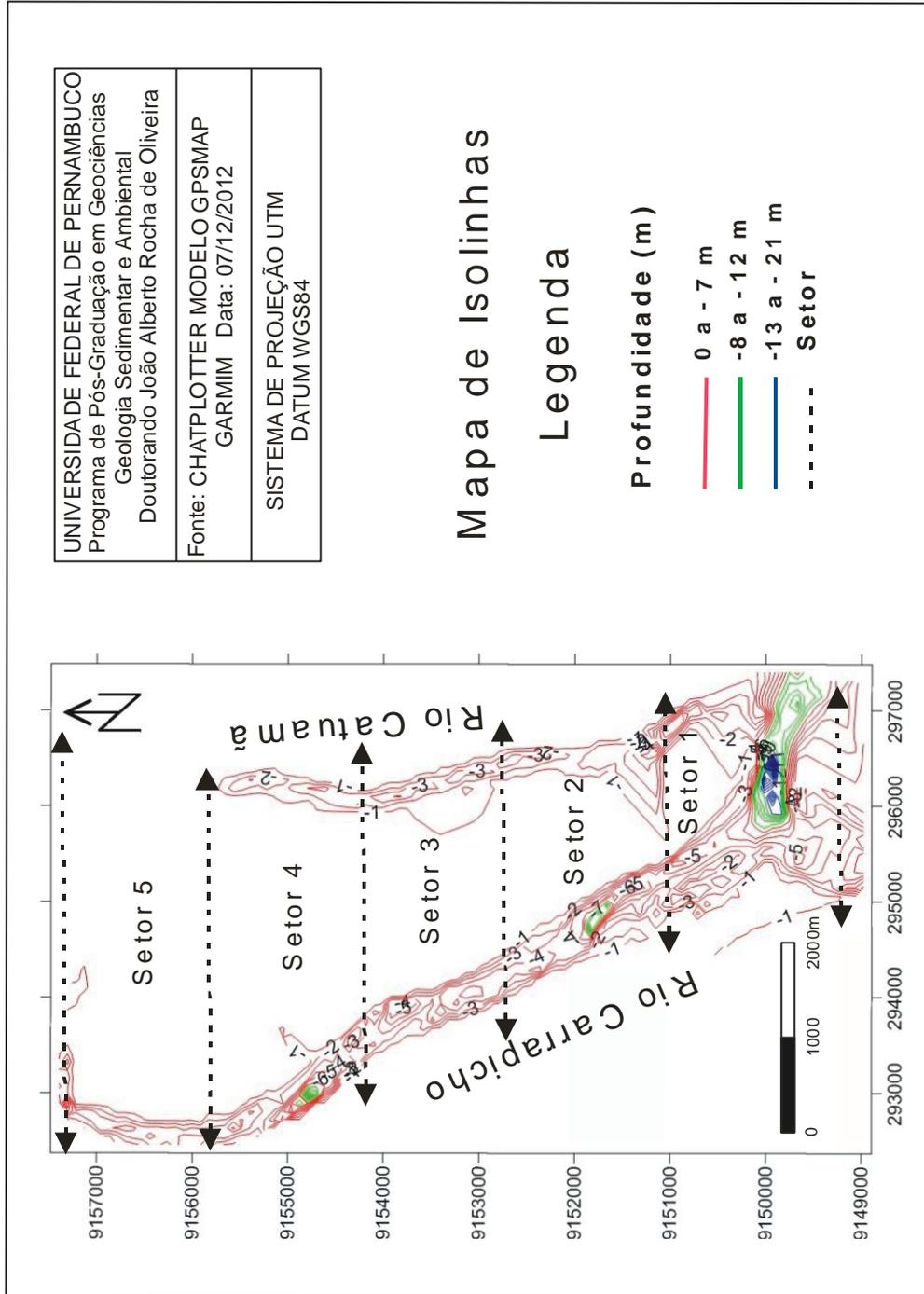
O mapa 3D da área de estudo tem como objetivo, complementar a visão do mapa batimétrico das calhas dos rios Carrapicho e Catuamã. O mapa de isolinhas auxiliou no levantamento das curvas de nível de profundidade de cada rio que circunda a Ilha de Itapessoca, , ver figuras (117 e 118).

Figura 117 - Visão geral das Calhas dos rios (Carrapicho e Catuamã) que circundam a Ilha de Itapessoca



Fonte : o autor, 2015.

Figura 118 - Mapa de isolinha dos rios Carrapicho e Catuamã

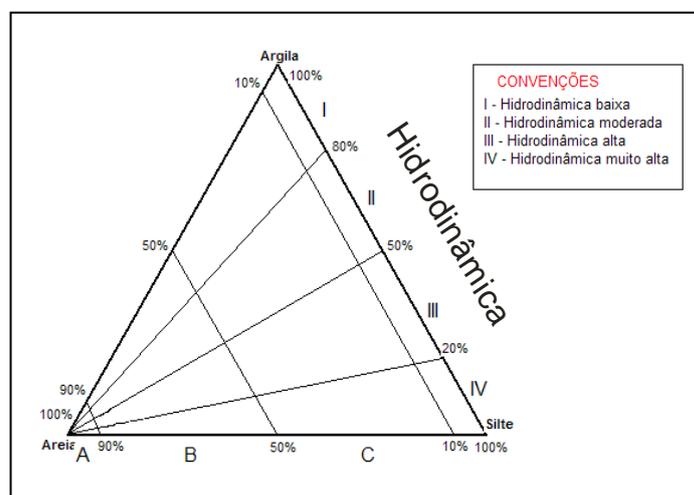


Fonte : O autor, 2015

#### 4.5 HIDRODINÂMICA

Os resultados obtidos a partir das análises granulométricas dos sedimentos do estuário foram plotados no diagrama de Pejrup (1988). A figura (119). Os resultados estão representados nas figuras (120, 121, 122, 123 e 124). O reconhecimento das representatividades hidrodinâmicas foi realizado em cada setor da Ilha de Itapessoca. Geralmente, ocorre o decrescimento de energia da barra de Catuamã para o interior dos rios Carrapicho, Catuamã e canal de Santa Cruz.

**FIGURA 119 – Triângulo de PEJURP (1988).**



FONTES: PEJURP, (1988)

O setor 1 os resultados estão plotados na figura 120, onde é possível delimitar a hidrodinâmica das áreas representativas dos rios e canal mencionado.

No setor 1 podem ser observados três (3) variações de correntes. A hidrodinâmica mais intensa está localizada ao norte da desembocadura da barra de Catuamã. Apresenta corrente do grupo IV-A, que penetra com as mesmas intensidades nos rios Carrapicho, Catuamã e canal de Santa Cruz.

Na barra de Catuamã foram encontrados os seguintes grupos: A-IV, A-III (90 a 100%) e B-IV (50 a 90%), correspondendo à fração areia; a porção da fração de areia grossa encontrada na barra de Catuamã indicou condições de hidrodinâmica alta a muito alta. Quanto à exposição da areia encontrada dentro do diagrama PEJURP e cruzando com o diagrama de Shepard (1954), inferiu a

existência de areia quartzosa, as suas áreas fontes estão próximas aos rios e praias, é possível. Quanto à fração areia argilosa variou de 50 a 75% e a fração areia siltica entre 25 a 50%.

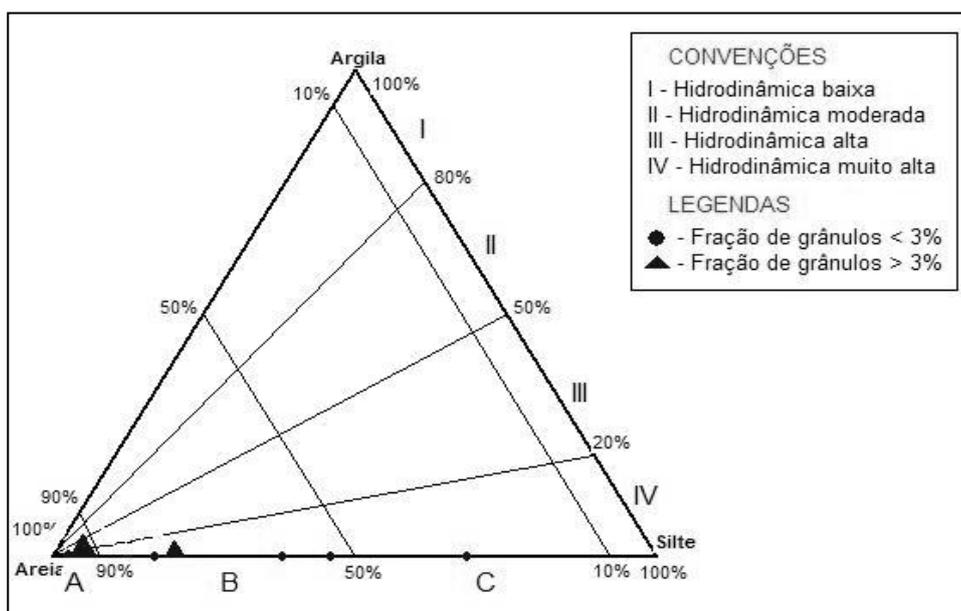
Na parte interna do setor 1, o rio Carrapicho mostra uma hidrodinâmica moderada. Porém, pelo diagrama Pejrup, este setor está inserido nos seguintes grupos: A-IV (90 a 100% areia), B-IV (50 a 90 % de areia), B-II (50 a 90% de areia) e A - I (90 a 100% de areia).

Quanto à exposição da areia encontrada dentro do diagrama, indicado por Shepard (1954) ocorre a existência de areia quartzosa, provavelmente, mais de (25 a 50%) de areia siltica e silte arenoso com variação entre 50 a 75%.

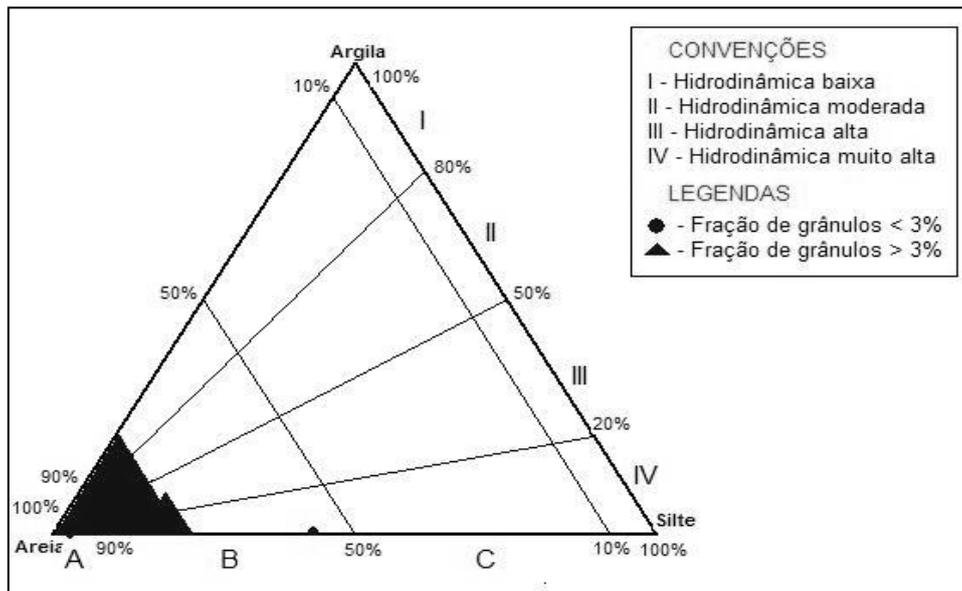
Ainda no setor 1 em questão, na confluência entre a parte norte do canal de Santa Cruz e o rio Carrapicho, as amostras foram plotadas no diagrama Pejrup, resultando os seguintes grupos: A-IV (90 a 100% de areia), B-IV e B-III (50 a 90% de areia); representando condições hidrodinâmicas de alta a muito alta. Por sua vez, os grupos B-II e B-I (50 a 90% de areia) denotam uma área de hidrodinâmica moderada a baixa.

**FIGURA 120** - Setor 1 dos rios Carrapicho, Catuamã e norte do canal de Santa Cruz.

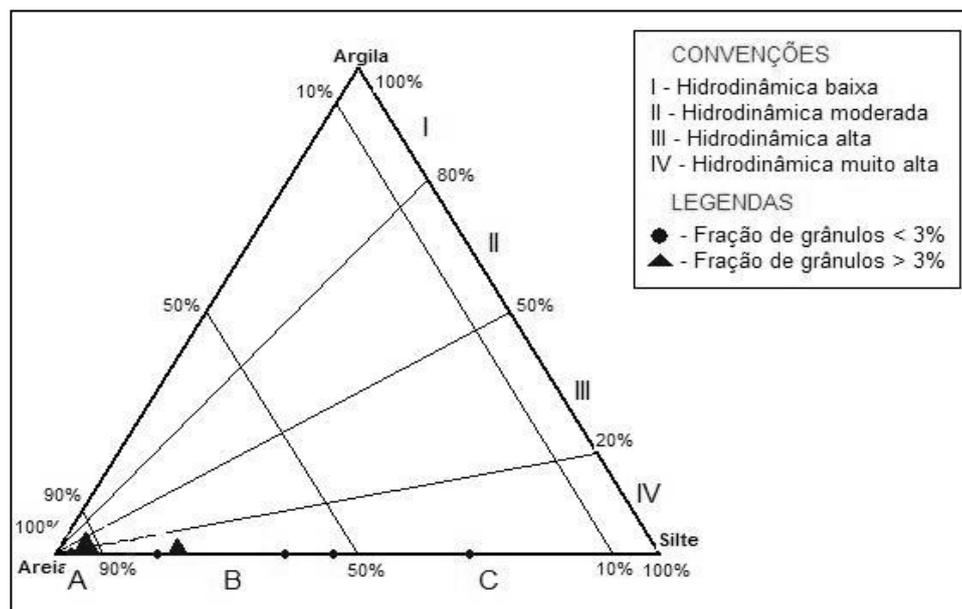
**Setor 1 – rio Catuamã**



### Setor 1 – rio Carrapicho



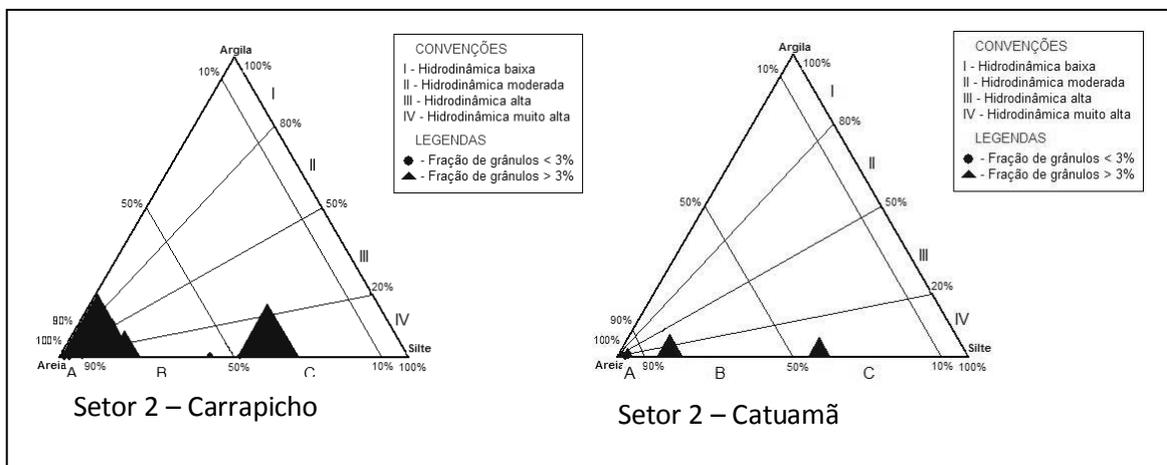
### Setor 1 – Norte do Canal de Santa Cruz



No Setor 2, foram identificados diversos níveis de energia para a hidrodinâmica. A demonstração no rio Carrapicho, já plotadas no diagrama de Pejrup (Figura 121), revelaram a formação do grupo A-4 (90 a 100% de areia) confirmando uma hidrodinâmica muito alta, margeando da parte central para a margem direita do rio. Os grupos de energia A-III e A-II (50 a 90% de areia) apresentam níveis de hidrodinâmica alta, na saída do rio Siri que é um tributário do rio Carrapicho. Outros grupos existentes no diagrama Pejrup que

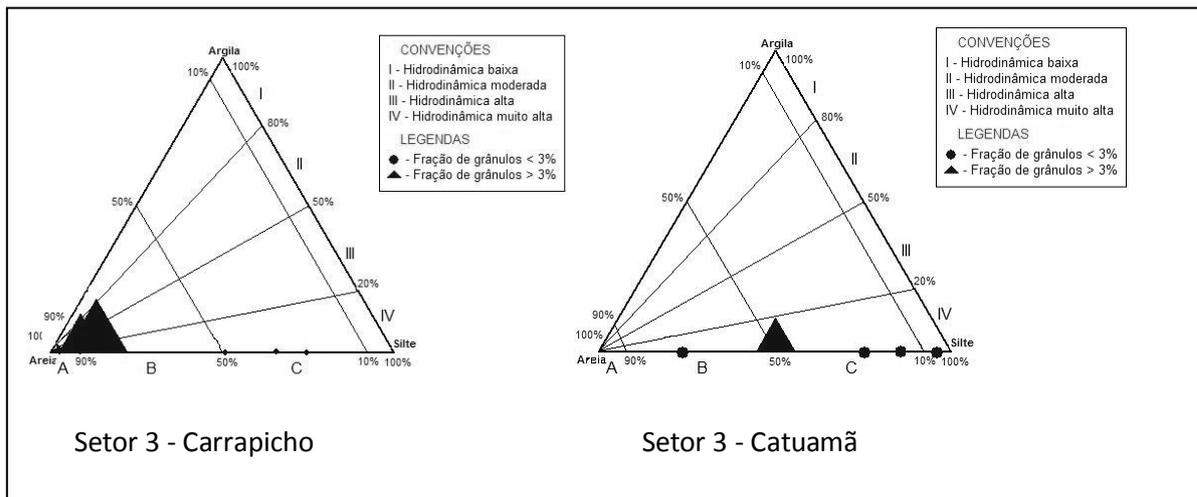
chamam a atenção por indicarem níveis fortes de energia seriam o C-IV, C-III (10 a 50 % de areia) e B-IV (50 a 90% de areia). Por fim, os grupos B-II (50 a 90% de areia) e I-A (90 a 100% de areia) que representam energia moderada e estão depositados na margem esquerda. As amostras do rio Catuamã plotados no diagrama de Pejrup (1988), revelam os seguintes grupos: A-IV (90 a 100% de areia) apresentando hidrodinâmica muito alta, B-IV (50 a 90 % de areia) e C-IV (10 a 50% de areia) indicando energia muito alta. Outro grupo formado pelo diagrama é o B-III (50 a 90 % de areia), indicando também um nível de energia com hidrodinâmica alta.

**FIGURA 121 - Setor 2 dos rios Carrapicho e Catuamã**

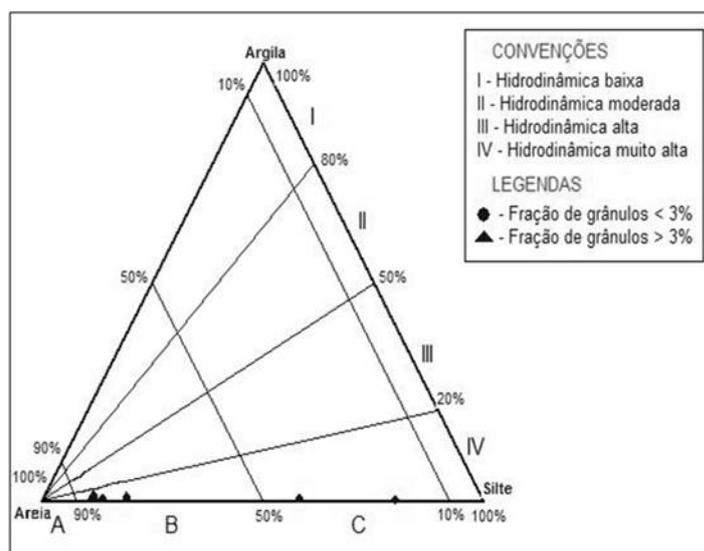


O setor 3 na figura (122) representa a parte central dos rios Carrapicho e Catuamã, onde ocorrem vários tipos de regime hidrodinâmicos apesar de ser uma área mais abrigada da ação de onda. Desta forma, o comportamento hidrodinâmico do setor pode ser explicado pelos resultados encontrados no diagrama de Pejrup (1988).

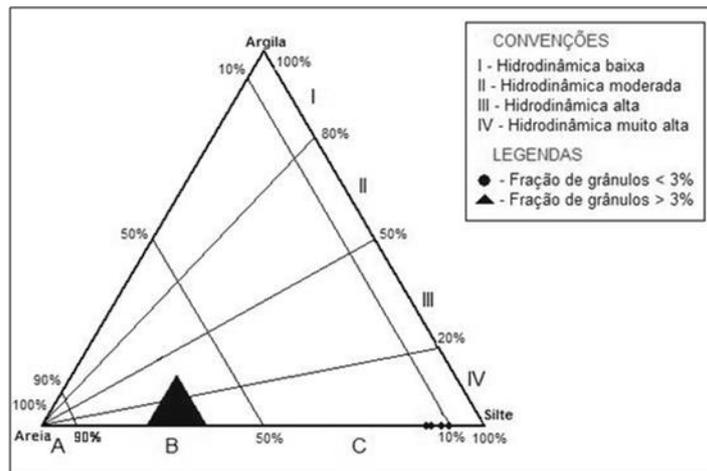
O setor 3 do rio Carrapicho exibe diversos grupos de energia: A-IV (90 a 100% de areia) e A-III de (50 a 90% de areia); caracterizando uma energia hidrodinâmica alta a muito alta. Ainda nesta parte central tem o grupo B-II (50 a 90% de areia), que denota uma energia hidrodinâmica moderada. O rio Catuamã por ser mais estreito e mais protegido do que o rio Carrapicho, apresenta no diagrama os grupos: C-IV (10 a 50 % de areia), B-IV (50 a 90% de areia) e D-IV (0 a 10% de areia) caracterizado por energia hidrodinâmica muito alta.

**FIGURA 122 - Setor 3 dos rios Carrapicho e Catuamã.**

No setor 4 na figura (123), o rio Carrapicho mostra baixa concentração da fração granulo < 3% indicando ambiente de baixa energia, ainda de acordo com o diagrama de Pejrup, as amostras estão situadas nos grupos B-IV e B-III (50 a 90% de areia). Com base no diagrama de Pejrup, a presença de areia é baixa no rio Catuamã, mesmo assim, formam os grupos B-IV (50 a 90% de areia) e C-IV (10 a 50% de areia) que caracterizam a região como sendo de energia hidrodinâmica alta. A foz do rio Maçaranduba que deságua no rio Catuamã, apresenta hidrodinâmica alta, e de acordo com o triângulo de Shepard (1954) foi encontrada silte arenoso (50%).

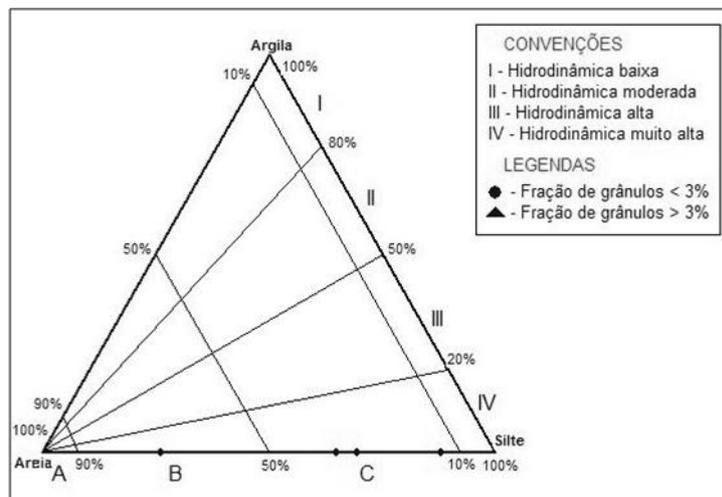
**FIGURA 123 - Setor 4 dos rios Carrapicho e Catuamã, Pejrup (1988)****Setor 4 - Carrapicho**

### Setor 4 - Catuamã



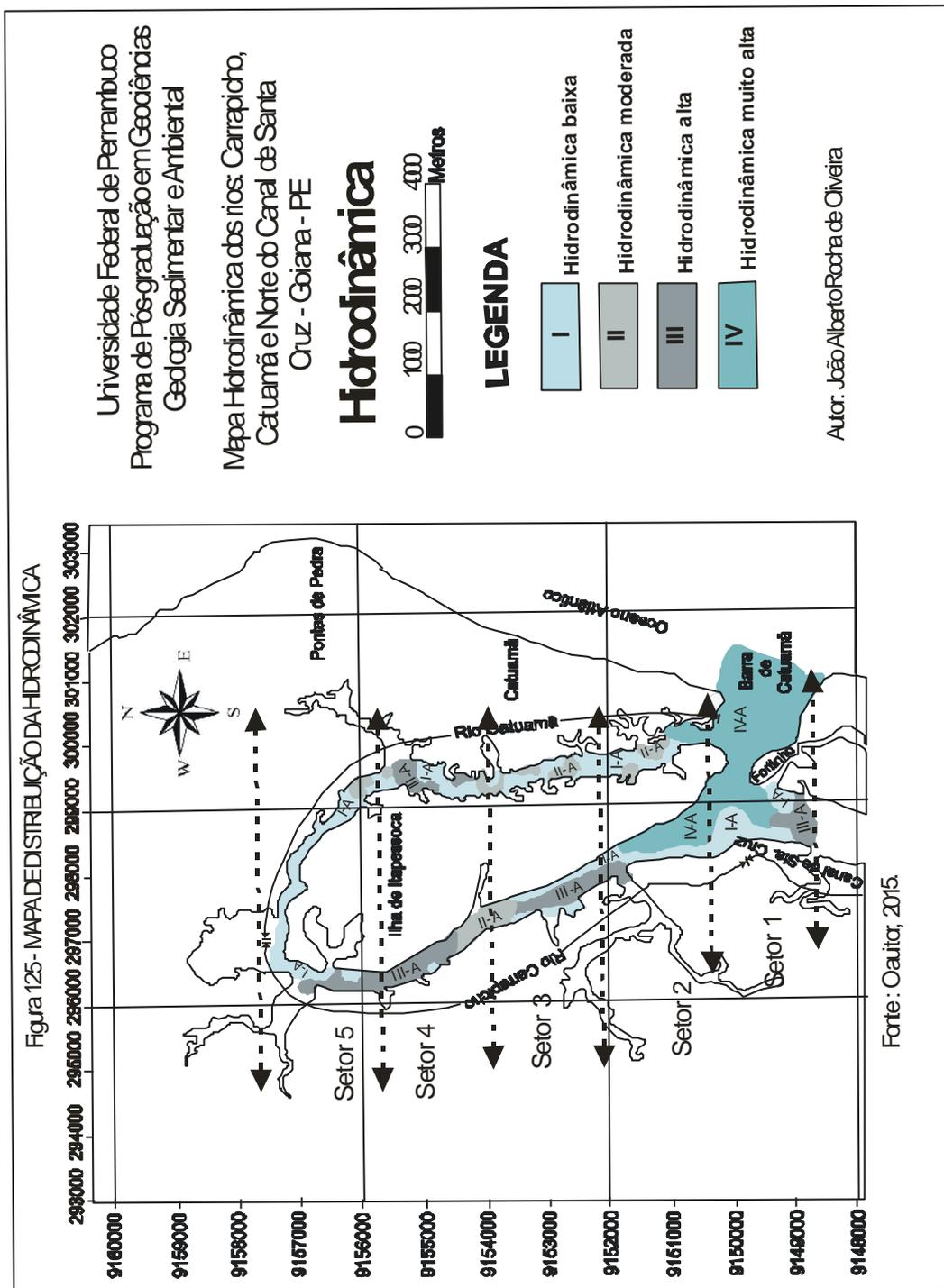
No setor 5, de acordo com o diagrama de Pejrup (1988), o rio Catuamã apresenta teores < 3% de areias silticas e silte (Figura 124). Pelo diagrama de Shepard (1954), esse setor apresenta 25% de areia siltica e 50% de silte arenoso. Esse local apresenta ambiente de hidrodinâmica baixa que permitiu a deposição de sedimentos finos. No caso do rio Carrapicho, não foi gerado o diagrama de Pejrup, por não haver quantidades suficientes de sedimentos.

**FIGURA 124 - Setor 5 do rio Catuamã. Pejrup (1988)**



### 4.5.1 Hidrodinâmica deduzida a partir do Diagrama de Pejrup

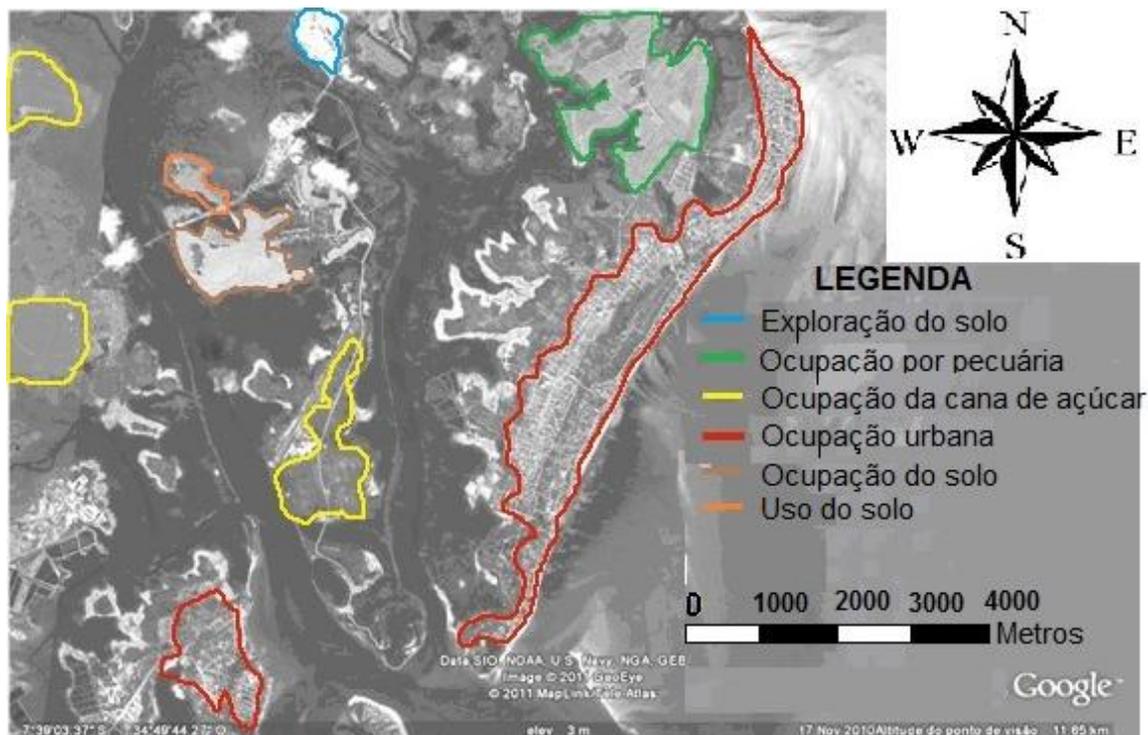
Os resultados obtidos a partir das análises granulométricas dos sedimentos dos rios Carrapicho, Catuamã e ao norte do canal de Santa Cruz, nos respectivos setores, geraram o mapa de distribuição hidrodinâmica para o estuário (Figura 125).



## 5 ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL

A área investigada encontra-se inserida no litoral norte de Pernambuco e consequentemente apresenta aspectos do zoneamento local, os quais podem ser caracterizados conforme imagem do Google, ver figura (126).

**FIGURA 126** – Ocupações, uso e exploração do solo.



Fonte: *Google Earth* (2012), adaptado por João Alberto, (2013)

### 5.1 UNIDADES DO ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL

A área apresenta unidades que foram delimitadas em função da combinação dos fatores: geológicos, geomorfológicos, climáticos, hidrogeológicos, hidrológicos, bioecológicos e antrópicos. As distribuições das unidades ocorrem em uma faixa de largura variável por toda a zona costeira do distrito de Pontas de Pedra e também na retaguarda da Ilha de Itapessoca, onde podem ser observados os sedimentos antigos e atuais. No marco zero de Pontas de Pedra é possível ver o registro da Formação Maria Farinha. No extremo sul do distrito de Pontas de Pedra são observadas as falésias ativas que aparecem na ponta do Funil.

A área foi caracterizada com as seguintes Unidades Geoambientais: Ambiente Pré-Litorâneo (tabuleiro e encosta); Ambiente Litorâneo (pós-praia, praias e arenito); Ambiente de Planície Flúvio-Marinha; Ambiente Planície Fluvial; Ambiente Aquático (Corpo d'água)

### **5.1.1 Ambiente pré-litorâneo (tabuleiro e encosta)**

O ambiente pré-litorâneo engloba os tabuleiros costeiros e as encostas, normalmente ocupando trechos do litoral e nunca ultrapassando 42 a 72m de altitude. Os chamados tabuleiros pré-litorâneos são constituídos por sedimentos argilo-arenosos da Formação Barreiras, assentados, diretamente, sobre a Formação Marinha Farinha e diminui de espessura à medida que penetra no continente.

Na porção litorânea, são talhados pela ação abrasiva do mar e em alguns trechos, como os Outeiros da ponta do Funil e ilha de Itapessoca, não ultrapassam os 30 a 46m de altitude e formam falésias de declividade acentuada.

### **5.1.2 Ambiente Planície Litorânea**

Esse ambiente apresenta uma vasta distribuição, expandindo-se entre os tabuleiros/encostas e ao longo de toda a linha da costa. Na planície litorânea são enquadradas unidades morfológicas que resultam essencialmente de processos de acumulação de sedimentos (cascalhos, areias quartzosas, silte e argilas) e processos erosivos de origem eólica. Não menos importante na formação dessas unidades é a ação antrópica que será estudada posteriormente.

A planície litorânea, segundo Silva (1993), constitui-se das seguintes feições morfológicas: praia, pós-praia e planície flúvio-marinha.

### **5.1.3 Ambiente Planície Flúvio-Marinha**

Esta unidade da planície costeira está localizada em área onde ocorre influência das oscilações da maré. Assim, a planície flúvio-marinha desenvolve-se da combinação de processos continentais e marinhos cujos agentes fluviais, terrestres e oceânicos propiciam a formação de um ambiente lamacento, encharcado, úmido, rico em matéria orgânica e com vegetação de mangue.

O canal de Santa Cruz e o rio Itapessoca, em sua desembocadura, formam o complexo estuarino na divisa norte da Ilha de Itamaracá e ao sul da Ilha de Itapessoca ambos no litoral norte de Pernambuco. Apresenta um manguezal que ocupa uma área total de 39,98 km<sup>2</sup> de vegetação típica do trecho da desembocadura do rio Itapessoca contra 3,62 km<sup>2</sup> do canal de Santa Cruz, de acordo com Paiva (2009).

Os manguezais contribuem para a bioestabilização da planície flúvio-marinha e dos processos geomorfológicos através da deposição dos sedimentos fluviais, da regulação dos mecanismos de transporte dos sedimentos eólicos, da atenuação dos efeitos das inundações e do avanço das marés, contribuindo na manutenção da linha de costa, além de purificação das águas.

### **5.1.4 Ambiente Planície Fluvial**

A planície fluvial é um ambiente resultante de acumulação, decorrente de ação fluvial. É uma área sujeita à inundação periódica e apresentam as melhores condições de solos e de disponibilidade hídrica.

Desenvolvidas nas porções laterais dos cursos d'água, apresentam acúmulos de sedimentos com larguras expressivas, devido à bifurcação do rio Itapessoca com o canal de Santa Cruz. À medida que atingem seus baixos cursos, a jusante entalha na calha de ruptura, a qual separa as duas ilhas formando um complexo, ampliando a descarga de sedimento que chega até a plataforma costeira.

### 5.1.5 Ambiente aquático

O ambiente aquático é composto pelo oceano Atlântico, pelos canais e rios dos estuários. O estuário é um canal de comunicação aberta, livre para o oceano e/ou mar adjacente. No interior do rio Itapessoca, a água do mar é diluída pelas águas dos rios tributários da bacia de drenagem do rio em questão.

A partir da análise destas unidades geoambientais foram sintetizados as suas características geológicas, uso atual, condições de vulnerabilidade e uso compatível.

## 5.2 ZONEAMENTO AMBIENTAL NO ESPAÇO TERRITORIAL GEOGRÁFICO

O zoneamento ambiental é ordenado pelo uso do espaço territorialmente geográfico através do agrupamento de áreas de proteções ambientais. A lei nº 9.931 (11/12/1986) da CPRH define como área de proteção ambiental as reservas biológicas constituídas pelas áreas estuarinas de Pernambuco. Nos seus artigos 1º e 2º, nos termos do art. 9º, inciso VI da lei 6.938, (31/08/1981) ficam constituídas como áreas estuarinas, a seguir relacionadas, ver apêndice (L) e quadro (7)

### 5.3 ESTUÁRIO DO RIO ITAPESSOCA

As áreas de proteção ambiental (APA's) são unidades de conservação de uso, onde a exploração e o aproveitamento direto são permitidos de forma planejada e regulamentada. Segundo a resolução do CONAMA no10, artigos 1º e 2º, (14/12/1988), devem ser elaborados o zoneamento ambiental em áreas de proteção ambiental, como instrumento de ordenação. Assim sendo, deve-se ter nessas unidades de conservação, recomendações de uso e de ocupação adequados às potencialidades e às limitações sócio-ambientais do ambiente estuarino, ver figura (127).

De acordo com o IBAMA (*in*: SILVA,1993) as APA's devem ser compartimentadas em quatro zonas principais.

### **5.3.1 Zona de restrição máxima**

Esta zona compreende as áreas de preservação já definidas por lei, incluindo aquelas que possuam características ambientais físicas ou paisagísticas, que justifiquem seu enquadramento nesta categoria.

### **5.3.2 Zona de restrição alta**

Esta zona se refere às áreas adequadas a um único uso, compatível com seu potencial ambiental.

### **5.3.3 Zona de restrição média**

Essa zona permite diversos usos, impondo-se algumas restrições.

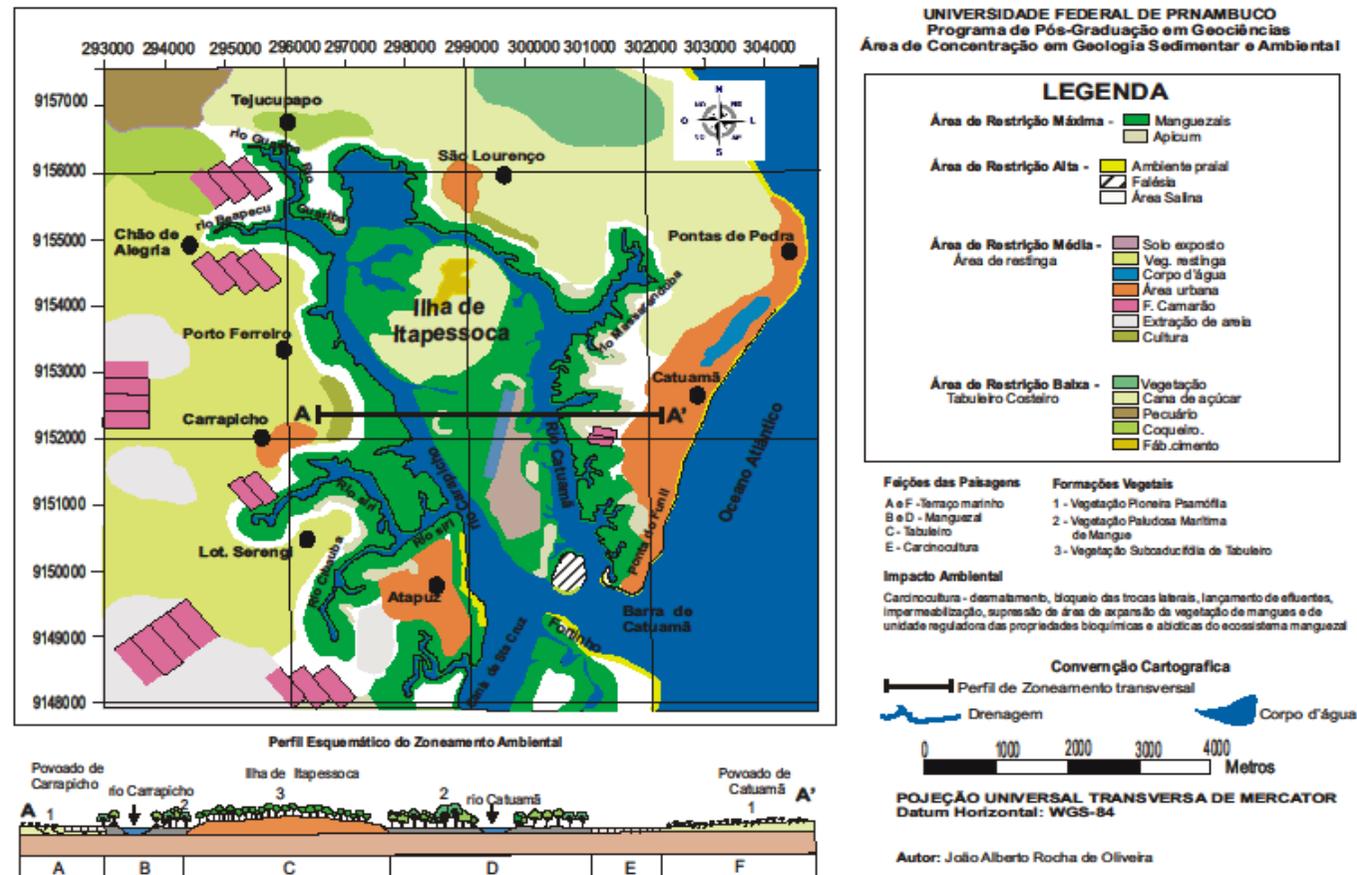
### **5.3.4 Zona de restrição baixa**

Essa zona se refere ao local onde a ocupação desordenada e antiga dificulta outra destinação para a área.

Considerando-se a integração dos componentes geoambientais da área em estudo e as limitações, potencialidades e impactos ambientais existentes, estabeleceu-se a seguinte proposta de zoneamento ambiental;

Zona de restrição máxima - Toda área abrangida pela área de proteção ambiental (APA's) do rio que inclui a planície flúvio-marinha e a vegetação do manguezal, ver figura (128).

FIGURA 127 - Mapa de zoneamento ambiental com perfil esquemático



Fonte: O autor, 2012.

**FIGURA 128** – Vegetação do manguezal nas margens do rio Carrapicho.



Fonte: O autor, 2013.

A Zona de restrição alta a compreende a área costeira de praia e pós-praia que se entende da barra de Catuamã até a praia de Pontas de Pedra, ver figura (129).

**FIGURA 129** – Ambiente praia ocupada por construção irregular, com estrutura de troncos de coqueiros, como forma de proteção ao avanço do mar em Catuamã,



Fonte: O autor, 2013.

A Zona de restrição média é caracterizada pelos campos de salina, por necessitarem de manejo, de modo a resguardar os aspectos paisagísticos e dinâmicos morfológicos ver figura (130).

**FIGURA 130** – Estrada de acesso a povoado de Atapuz, área de Apicum cercada.



Fonte: O autor, 2012.

Na Zona de restrição baixa o tabuleiro litorâneo é ocupado por monocultura de Cana de Açúcar, especulação imobiliária e zonas urbanas de Pontas de Pedra, além dos povoados: Tabatinga, Gambá, Porto Ferreiro, São Lourenço, Chã de Alegria, Tejucupapo e Carrapicho, ver figura (131).

**FIGURA 131** – Ocupação do tabuleiro pela monocultura secular.



Fonte : CPRH, 2003.

#### 5.4 MUDANÇAS DE CENÁRIO NA ÁREA ADJACENTE AO ESTUÁRIO

A zona costeira do litoral norte do estado de Pernambuco apresenta modificação no cenário principalmente, no estuário do rio Itapessoca e na zona litorânea.

A desembocadura da barra de Catuamã e dos rios Carrapicho e Catuamã e ao norte do canal de Santa Cruz, aqui mencionado por complexo estuarino Itapessoca, conecta o oceano Atlântico com a referida barra de Catuamã, apresentando características ambientais nitidamente costeiras. O estuário é um braço de mar que se formou por falha tectônica. Dessa forma, a desembocadura possui um comportamento morfodinâmico extremamente estável ver figura (132).

Em função da sua configuração morfológica de fundo e das condicionantes meteorológicas, possuindo mais de 70% da sua área com profundidades superiores a 2,0 metros, onde as maiores estão confinadas aos canais de navegação que chegam a variar entre 3,0 a 21,0 metros de profundidades.

Esta área é caracterizada por apresentar esporões recurvados geralmente arenosos. A imagem do Google de 2012 mostra o esporão Carapari, já urbanizado antes da praia do Fortinho, em comparação com a foto do ministério da Aeronáutica de 1969 que mostra o esporão ainda em formação. Na carta nº 910 de 1961 da Marinha do Brasil, foi observado nitidamente que o rio Carapari mudou seu curso, onde antes desaguava ao norte da Ilha de Itamaracá e, hoje se encontra desaguando no canal de Santa Cruz, originando a formação do esporão Carapari.

Sendo assim, podemos observar em registros de fotos, imagens e cartas, com mudanças cronológicas ao longo das últimas décadas, entre diversas modificações naturais (erosão e deposição) e intervenções antrópicas (construções de viveiros e marinas), que foram inseridas na área em foco. Com base nesses dados, é necessária uma avaliação e um monitoramento das atividades antropogênicas nesse ambiente, com a finalidade de inferir modificações nos processos de circulação, refletidos através de transformações na configuração do estuário e área costeira.

Na descarga fluvial do rio Goiana, os sedimentos são transportados e depositados nas células dos espigões existentes entre as praias de Canoé e Pontas de Pedra. Os sedimentos provenientes da desembocadura ao norte do canal de Santa Cruz contribuem para formação de bancos de areias submersos, presentes perpendiculares à costa, a qual se estende da barra de Catuamã a Pontas de Pedra. Esses bancos se movem pela dinâmica da corrente litorânea, modificando continuamente, a sua posição.

No cenário geomorfológico do distrito de Pontas de Pedra, entre as extremidades norte do canal de Santa Cruz e foz do rio Goiana, ocorre à deposição de sedimento permitindo a formação de um cabo. Isto é favorecido pelo clima de ondas e do transporte de sedimentos, indicando a existência de zona de convergência de sedimento marinho, por causa da proteção natural.

O cenário da área adjacente (área costeira), os bancos de areias modificam as correntes das marés, conforme crescimento. Dentre os fatores que irão determinar este crescimento, destacam-se a disponibilidade dos sedimentos, o tamanho do grão e a presença de fluxos secundários.

No período entre 1969 a 2012, foram observadas movimentações dos bancos arenosos nas áreas costeiras próximas à barra de Catuamã e ao norte da Ilha de Itamaracá. Neste caso, são bancos solitários visíveis nas imagens e fotos, próximo à costa da praia de Catuamã e da praia do Fortinho, os quais representam uma ameaça à navegação para as pequenas embarcações costeiras. Além disso, são regiões preferenciais de acúmulo de microrganismos.

Figura 132 - Imagem Google (2012), foto (1969) e parte da carta da Marinha (1961) mudança do cenário de 50 anos pretérito MUDANÇA DO CENÁRIO EM ÁREA ADJACENTE DO ESTUÁRIO AO LONGO DO TEMPO (50 anos)

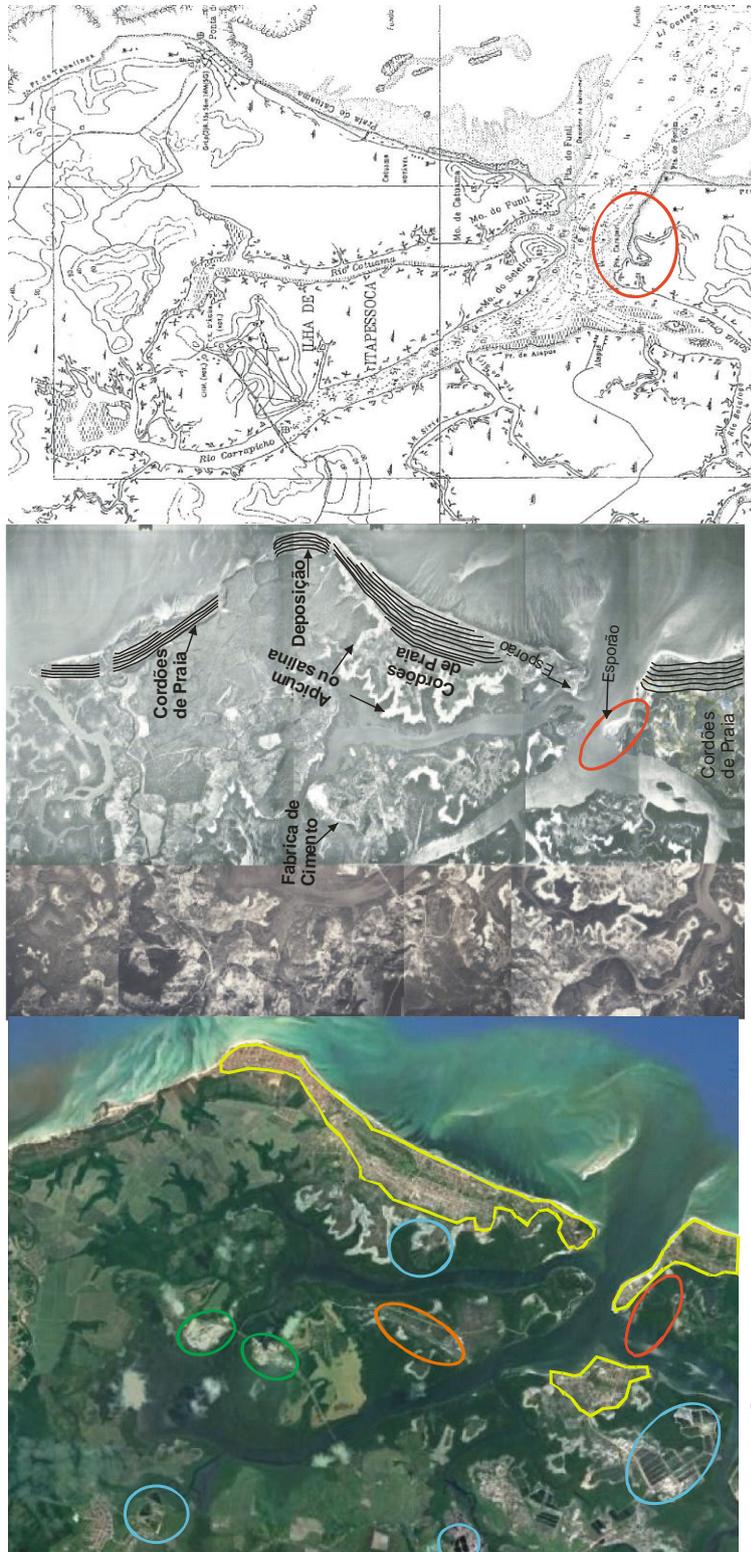


Imagem do Google 2012

Foto 1:30.000, 1969, Força Aérea Brasileira (FAB)

Folha nº 910, 1961, Escala 1:2.000, Marinha do Brasil (MB)

**LEGENDA**

-  Cordões de Praia
-  Fábrica e Pedreira
-  Área Urbanizada
-  Viveiro de engorda
-  Deposição
-  Aeroporto privado
-  Rio Carapri

## 6 DISCUSSÕES

O ecossistema estuarino dos rios Carrapicho, Catuamã e ao norte do canal de Santa Cruz, formam o complexo estuarino de Itapessoca. Esses rios mencionados são os braços de mar que circundam a Ilha de Itapessoca. Caso semelhante, ocorre com a Ilha de Itamaracá que é separada do continente pelo canal de Santa Cruz, que forma braço de mar e se comunica de norte a sul.

A morfologia das calhas dos rios acima foi interpretada com dados batimétricos de 2012, e estes revelaram uma modificação na distribuição espacial dos sedimentos de fundo dos rios e do canal. Porém, não sendo possível confrontar ou comparar com dados de 1961, e/ou por não existirem trabalhos similares ou relacionados na área. No entanto, Silva (2005) estudando a morfologia de fundo do canal de Santa Cruz observou que existe variação da batimetria entre o setor norte e sul, onde o setor norte é mais profundo.

As análises dos dados batimétricos da carta Náutica da Marinha nº 910 de 1961, confrontando com os dados de 2012, ficou constatado variações de profundidades ao longo dos rios Carrapicho e Catuamã com valores superiores ao encontrado de 1961.

A bacia de drenagem que compõe o rio Itapessoca apresenta rios com déficit de distribuição dos sedimentos, ao longo de sua calha, no entanto observou-se de uma maneira geral, uma distribuição de sedimentos com predomínio da fração areia ao longo dos rios já citados, cuja deposição resultou da ação de correntes controladas pelas marés e vazões fluviais. Sendo assim, a morfologia de fundo reflete as diversas condições hidrodinâmicas, bem como, os tipos de sedimentos encontrados.

As amostras coletadas a norte do canal de Santa Cruz foram classificadas, na maioria como areia, igualmente encontrados por Silva (2004) e Lira (1975). Lira (1975) mostrou em seu trabalho sobre o canal de Santa Cruz, que os sedimentos do pretérito gradaram em areia grossa a média. Silva (2004) comenta que houve uma diminuição do tamanho médio dos grãos, e que essa tendência se devia provavelmente, ao desmatamento dos mangues e a retirada de sedimentos das margens dos rios e riachos tributários para a implantação de viveiros. Nos rios Carrapicho e Catuamã, por não tem viveiros de

carcinicultura próximos às margens. No entanto. O que há são registrados de tanques de engorda em ambiente de Apicum, que está recuada da vegetação de mangues próximo ao rio Catuamã semelhante do que existe no canal de Santa Cruz.

As profundidades encontradas nos rios Carrapicho, Catuamã e ao norte do canal de Santa Cruz, variaram em função da altura da maré e topografia local (0,30; 3,0; 5,0; 7,0; 9,0; 10,0; e 21,0 metros) como mostra o declínio gradual da calha interna dos rios e do complexo estuarino da barra de Catuamã, com base nos dados coletados em 2012. De acordo Silva (2005) em sua pesquisa no canal de Santa Cruz em 2007, ficou constatada variação de profundidade ao norte do canal (0,20; 1,0; 2,0; 4,0; 5,0; 10,0 e 17,0 metros). Medeiros & Kjerfeve (1993) sugeriram que o canal de Santa Cruz apresenta batimetria distinta, na desembocadura norte, respondendo diferentemente às variações das marés.

Os dados batimétricos foram analisados conjuntamente com as amostras de fundo e comparados a outras profundidades dos mesmos rios, observando-se mudança na morfologia e no tipo de sedimentos. Nos locais de menor energia, ao norte da Ilha de Itapessoca, onde as águas dos rios Carrapicho e Catuamã se encontram, as profundidades são inferiores a 0,30 metros; houve predomínio de sedimentos finos a muito finos, enquanto que nos locais de maior energia predominam sedimentos médios a grossos, podendo estar misturados aos materiais mais finos (areno-lamoso).

De acordo com Tundisi (1970) as áreas estuarinas denotam variações abruptas nas condições ambientais e variações sazonais que ocorrem em alguns parâmetros hidrológicos estão relacionadas a fatores climatológicos, como precipitação pluviométrica e ação das marés. Diante disso, o estuário estudado mostra influência direta das variações dos parâmetros hidrológicos e dos fatores climatológicos como uma precipitação pluviométrica e ação das marés. Tais dados foram verificados através do levantamento da média histórica da pluviosidade anual no litoral norte de Pernambuco entre 1991 e 2000, e que tal período analisado ficou bem aquém da média histórica, com uma redução de 47,15% de chuvas.

Estas anomalias climáticas de acordo com Aragão (1986 e 1998) são decorrentes da oscilação do Sul, Dipolo do Atlântico e do El Niño. Apesar disto, verificou-se que as chuvas El Niño foram suficientes para provocar variação sazonal no parâmetro hidrológico, sendo o período chuvoso considerado representativo.

Segundo Branco *et. al.*, (2002), observou uma semelhança no relato dos autores acima, no que trata da variação sazonal do parâmetro hidrológico no litoral sul de Pernambucano, em especial no estuário Barra de Jangada.

No entanto, o que se constata na área investigada e com base no levantamento da média histórica da pluviosidade anual do litoral norte de Pernambuco. De acordo com os dados da APAC (2012) entre os anos 2000 e 2011, no mês de junho, choveu mais intensamente com índices variando de 467 mm a 612 mm na média histórica. Nos anos de (2001, 2002, 2003, 2004, 2006 e 2007), as chuvas ficaram bem abaixo da média histórica, o que se explica pelo fenômeno cíclico, já observado por Aragão (1998).

O parâmetro pluviométrico exerce um papel fundamental na transparência da água, em função da chuva, o qual acarreta lixiviação do solo, principalmente das vertentes dos tabuleiros costeiros, onde nascem os rios. Dessa maneira, são transportadas cargas maiores de sedimentos para o interior da bacia, conseqüentemente maior quantidade de material em suspensão.

Bastos (2002) comenta que o ambiente estuarino apresenta uma hidrodinâmica forte e sofre interferência tanto do rio como do mar, sendo assim, sempre apresenta uma boa quantidade de material em suspensão na água. Entretanto, o regime pluviométrico da região pode provocar variação sazonal nas concentrações deste material em suspensão.

Branco *et. al.* (2002) Estudando o sistema estuarino de Barra de Jangada observou-se que os materiais em suspensão apresentam valores mais elevados no período chuvoso. Esse comportamento de variação sazonal, também foi observado em outras áreas estuarinas e por outros autores, tais como Passavante (1979) no canal de Santa Cruz (PE), Feitosa (1997) no estuário do rio Goiana (PE) e Moura (1992) no estuário do rio Paraíba do Norte (PB).

Ainda no sistema estuarino de Barra de Jangada, notou-se gradiente crescente da porção mais externa para a mais interna, em suas concentrações mais elevadas, durante a baixa-mar. Isso foi descrito também por Passavante & Koenig (1984) no estuário do rio Botafogo; por Feitosa (1997) no estuário do rio Goiana, e por Losada (2000) nos rios Ilhetas e Mamucaba, e como também na Baía de Tamandaré, diferente do observado por Costa & Macêdo (1987/89), no estuário do rio Timbó (PE).

No estuário dos rios Carrapicho, Catuamã e ao norte do canal de Santa Cruz foi verificado que o material em suspensão, sofreu variação espacial no balanço encontrado para o período de estiagem de 58 mg/L-1. Para o período chuvoso o balanço ficou em torno de 106 mg/L-1. Provavelmente o fenômeno climático não comprometeu o balanço pluviométrico da bacia da região norte do estado. Durante o período chuvoso ocorre uma maior concentração de sedimentos e elevada contribuição dos rios no aporte de material em suspensão no ecossistema.

A transparência das águas dos rios e canal apresentou algumas diferenças entre as marés de sizígia, nos períodos chuvosos e de estiagem. Para o período chuvoso recebeu influência direta das águas costeiras, sendo registrados nas estações (1; 2; 3; 5; 6; 7; 8; 9 e 10), uma maior visibilidade, enquanto que a menor leitura foi efetuada na estação 4. Contrapondo ao padrão de sazonalidade observado para o estuário do rio Itapessoca, Greco *et.al.* (2004) observou que no estuário do rio Timbó, que apresentou uma maior visibilidade para o período de estiagem de janeiro/2012, Por onde a maré vazante apresentou valores 1,0 metro. Não foi observado ritmo cíclico definido de variação de profundidade. As medições de transparência da água realizadas no rio Catuamã apresentaram variação de transparência, com mínima de 0,30 metros e máxima de 0,80 metros de visibilidade. Enquanto, que nas estações do rio Carrapicho a visibilidade mínima foi de 0,60 metros e máxima de 1,05 metros.

No período chuvoso de julho/2012, as estações no rio Catuamã apresentaram variações na transparência da água, oscilando entre a mínima de 0,40 metros e máxima de 1,40 metros de visibilidade. O rio Carrapicho no período de inverno apresentou a maior visibilidade na profundidade de 1,20 metros e menor visibilidade com 0,80 metros de profundidade.

Portanto, os valores de transparência da água no sistema estuarino variam em função da maré, sendo mais elevado na preamar e um índice pluviométrico que apresenta correlação direta com a profundidade. Esse mesmo padrão de sazonalidade foi encontrado nos estuários do rio Igarassu por Macêdo & Costa (1990), do rio Ipojuca por Koenig (1997), do rio Goiana por Feitosa (1997), e por Losada (2000) os rios Ilhetas, Mamucaba e na Baía de Tamandaré.

As temperaturas do ar e da água apresentaram discreta oscilação sazonal. As medições foram realizadas com auxílio de um termômetro e um anemômetro, na camada superficial, em função das correntes, radiação solar, latitude geográfica e estação do ano. Comparando a área investigada, com os estuários da região sul de Pernambuco apresenta mais elevado. De acordo com os estudos realizados por Feitosa *et. al.*, (2003) no estuário dos rios Ilhetas e Mamucaba, as temperaturas da água são mais acentuadas. Essa variação das temperaturas, provavelmente está relacionada ao tamanho da bacia de drenagem, material em suspensão e salinidade.

A salinidade é um parâmetro de aglutinação de material em suspensão e limitador de organismos estuarinos. Dependendo da situação, age como uma barreira ecológica dentro dos limites de um estuário. O rio Catuamã apresenta uma salinidade na ordem de 32, na proximidade do rio Massaranduba. Cujos valores máximos encontrados foram de 35, próximo a Barra de Catuamã. No rio Carrapicho, o seu menor valor foi de 30, próximo a desembocadura do rio Siri, enquanto ao longo do rio ficou na ordem de 35. Essa situação foi refletida pelo baixo índice pluviométrico no mês de jan/2012.

O potencial hidrogeniônico das águas dos rios e do canal apresentaram alcalinas, com os seguintes valores de pH: 7,9 para o rio Catuamã, 7,7 para o rio Carrapicho e 7,8 no canal de Santa Cruz. Esses valores mantiveram-se dentro dos limites efetivos da vida estuarina. Este fato também foi registrado por outros pesquisadores como Macêdo *et. al.*, (1982) no estuário do rio Botafogo, Costa & Macêdo (1987/1989) no rio Timbó, Koenig (1997) no estuário do rio Ipojuca, Feitosa *et al.*, (1999a) na bacia do Pina, Lousada (2000) nos rios Ilhetas, Mamucaba e baía de Tamandaré e Branco *et al.*, (2002) no estuário da barra de Jangada.

No tocante a relação à concentração de matéria orgânica distribuída ao longo dos setores apresentados, nesse trabalho, verificou-se que no setor 2 o rio Carrapicho apresentou valores mais elevados de M.O., comparado a outros pontos do rio Catuamã, cujo valor em percentuais não ultrapassou os 20%; e a comparação dos setores 1 e 2, o setor 1 apresenta teor de M.O., mais elevado que no setor 2. Esse setor 1 apresenta valor acima de 60 %, por estar próximo ao bosque de mangues.

A comparação do teor de carbonato total (C.T.) encontrado nos sedimentos dos rios Carrapicho e Catuamã, ao longo dos 5 setores estudados estabelecidos no mapa de coleta, já mencionado anteriormente, foi estabelecido como valor de referenciar 30% de carbonato total encontrado no substrato submerso, com isso tem-se os seguintes setores:

No setor 1 onde se encontra as desembocaduras dos rios Carrapicho, Catuamã e canal de Santa Cruz, foram encontrados bancos submersos, de areia e material bioclástico cuja fração é superior a 2mm. No período de enchente, ocorre o transporte de fragmentos carbonáticos para o interior do rio Carrapicho e ao norte do canal de Santa Cruz, ambos com desembocadura superior a 800m. Essas condições permitem uma entrada maior de material carbonático. No rio Carrapicho e no canal de Santa Cruz, o teor de (C.T.) foi superior a 60%. No rio Catuamã a desembocadura é inferior a 200m e apenas um ponto apresenta valor de (C.T.) superior a 50%.

No setor 2 do rio Carrapicho há fortes influências marinhas com teor de (C.T.) entre 29% a 74%. No caso do rio Catuamã o teor de (C.T.), é superior a 80%, onde ocorre à entrada da água do mar para o interior do rio. O acúmulo de fragmento de carapaça de animais de composição carbonática é considerado normal. Comparando o setor 1 com o setor 2, o primeiro apresenta valor maior em carbonato, quando comparado com setor 2.

O Setor 3 do rio Catuamã apresenta teor de (C.T.) entre 30% e 60%, em pontos isolados, com valores significativos. No entanto, as correntes que circulam nesse setor, são baixas, e moderadas, não suficientes para transportar ao montante. Que provavelmente, permitem os animais marinhos de carapaças subir o rio e após o ciclo de vida se incorpora a sedimentos. No rio Carrapicho o valor de (C.T.) foi 20%, devido à correnteza ser forte não

permitindo à deposição de bioclastos. O tributário rio Siri atua como limitador da salinidade para animais bentônicos marinhos que visitam os manguezais.

No setor 4 do rio Catuamã apresenta valores de (C.T.)  $< 30,39\%$ , por sua vez, o rio Carrapicho o valor encontrado é menor, porém, com valores não muito distante de outras estações. Comparando os valores do setor 3 com o setor 4, o setor 3 apresenta valores maiores, superiores a  $60\%$ . Enquanto, no setor 4, os valores obtidos foram  $< 29,58\%$ . As correntes nesse setor são altas não permitindo a deposição. No entanto, nesse setor 4 é a que recebe maior volume de água doce proveniente do rio Guariba atuando as vezes como limitador.

No setor 5 o rio Catuamã apresenta valores de (C.T.) estão entre  $12\%$  a  $19\%$ , com presença de conchas de bivalves, gastrópodos mortos. No rio Carrapicho o alto teor de (C.T.) é elevado decorrente das águas dos rios Guariba e tributário Ibeapicu e riacho João Mariano, que passa pela Formação Maria Farinha de origem calcária, que provavelmente transportam e depositam relíquias de conchas, fragmentos de bivalves e carapaça de animais carbonáticas do pretérito em sedimentos de mangues a norte do rio Carrapicho. Comparando o setor 4 com o setor 5, o último apresenta alto teor de (C.T.) que varia entre  $> 60\%$  a  $< 90\%$ . Enquanto no setor 4, os valores são inferiores  $< 30\%$ .

Os estudos dos parâmetros físicos são fundamentais para o funcionamento do ecossistema estuarino. Nesse contexto, os parâmetros temperatura, salinidade, transparência da água, potencial hidrogeniônica e material em suspensão são imprescindíveis para criar uma identidade própria e peculiar a cada estuarino. No entanto, os parâmetros sedimentológicos e hidrodinâmicos são pilares importantes na dinâmica do ecossistema, altamente produtivo, principalmente na distribuição dos sedimentos ajustados de acordo com condição da hidrodinâmica.

Sendo assim, o detalhamento do parâmetro sedimentológico permitiu conhecer diferentes tipos de composições dos sedimentos, e reconstituir da história dos grãos, desde a sua origem até sua deposição e a distância de transporte.

Desta forma, entende-se o comportamento da drenagem no regime fluvial, na zona de maré e evitando mudanças nas condições hidrodinâmicas do estuário, o qual depende essencialmente, da intensidade relativa dos fluxos das águas continentais, marinhas e da sua geometria. Uma mudança no padrão hidrodinâmica pode provocar alterações nos padrões de circulação estuarina e na sedimentação.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. O zoneamento ambiental exposto neste trabalho atua como limitador do espaço territorial geográfico, em forma de zona restrição das diversas atividades econômicas, tais como: carciniculturas, monocultura da cana-de-açúcar, granja, policultura, cultura de subsistência e fábrica de cimentos. Dentre as atividades mencionadas, a mais preocupante é a carcinicultura por estar instalada em zona de restrição média e localizada próximo e/ou nas margens dos rios e tributários, com registros de acidentes de rompimento de tanques, mortes e fugas das espécies nativas e além fuga de espécies exóticas. Em quanto à zona de restrição baixas se encontram as demais atividades econômicas.

2. O zoneamento setorizado esta respaldando na lei nº 9.931, que a transforma em reserva biológica o ambiente de manguezal. E a lei nº 11.516, de 30/12/1997, autoriza, a instalação, a construção, a modificação e a operação e o funcionamento de atividade econômica em ambiente é restritivo médio e baixo. No setor 1 (Carrapicho, a área de restrição média) – encontram – se tanques de engorda e viveiros. Os setores 1, 3 e 5 de (Catuamã a área de restrição baixa) não existem atividade econômicas. Nos Setores 2 e 3 (Carrapicho a área de restrição baixa) – ponto isolado de extração de areia. Em (Catuamã a área de restrição média) há tanques de engordas. No Setor 4 (Carrapicho a área de restrição baixa) – com cultura da cana de açúcar, fazenda do camarão, fábrica de ração e policultura. Ainda nesse setor as restrições são as mesmas em (Catuamã); pequeno centro comercial Malvina. No setor 5 (Carrapicho e Catuamã a área de restrição baixa) com pecuária, plantação da coco, cana de açúcar, fábrica de cimento, loteamento.

3. Para atender forçosamente, à especulação imobiliária, alguns caiçaras, que antes ocupavam o sub-ambiente praial foram forçados a se deslocar e a ocupar a antiga encosta da falésia: áreas de alta vulnerabilidade, com riscos de desmoronamento e/ou escorregamento, além de uma ocupação não criteriosa de engenharia, como exemplo: os morros das Malvinas, Cocotá e Cana Brava.

4. Morfológicamente, a Ponta do Funil é constituída por uma falésia ativa. Esse morro apresenta grau de vulnerabilidade média a alta e para atenuar os riscos de lixiviação do solo, os moradores, que residem nesse alto fizeram calçamento de acesso e drenagens superficiais da área, a fim de evitar erosão pluvial. Também, foi efetuado o plantio de vegetação natural para estabilizar e evitar a remoção dos sedimentos pelas águas das chuvas e por fim, o impedimento dos passeios de trilha existente no local.

5. Considerando as condições climáticas dos anos de 2000 a 2011, foi possível constatar que no período de estiagens do mês de novembro (ano 2000, 2004 e 2008) e outubro (ano 2008, 2009 e 2011), ocorreu no período atípico onde a salinidade foi elevada com intensificação da influência marinha no interior dos rios estudados.

6. O resultado obtido em laboratório verificou três variações de salinidades: estação 7ª no rio Carrapicho com 30, estação 3ª do rio Catuamã com 34 e estação 4ª do rio Catuamã com 32. Essa variação de salinidade teve início no período de inverno, com forte estiagem.

7. O complexo estuarino apresenta zoneamento no substrato de fundo, sendo distribuído da seguinte forma: no setor 1 ocorrer a predominância de 100% de areia, no canal de Santa Cruz, foi marcada pela presença de areia síltica (< 25%); no setor 2 a fração areia síltica (> 25%); no setor 3 areia, com tendência para areia síltica, mais precisamente no rio Carrapicho, enquanto no rio Catuamã à presença de areia é quase nula; no setor 4, o rio Carrapicho denotou areia, visto que no rio Catuamã foi constatada a presença de silte arenoso; no setor 5, o rio Carrapicho mostrou pouca presença de areia, enquanto que no rio Catuamã a fração areia síltica foi de 25%, com tendência para fração silte arenoso de 50%.

8. De um modo geral, o comportamento do desvio padrão do diâmetro médio dos grãos no sistema estuarino varia de muito bem selecionado a pobremente selecionado, confirmando o caráter do sistema estuarino, onde se tem a inter-relação de ambientes mistos e ambiente de baixa energia (estuário).

9. A morfoscopia dos grãos apresentou um predomínio de grãos, sub-arredondados a arredondados, nos setores 1, 2 e 5 e angulosos a sub-angulosos nos setores 4 e 5. Quanto a esfericidade, os setores 2 e 5 apresentaram uma baixa esfericidade. Em relação à textura superficial, houve um predomínio de grãos sub-arredondados a arredondados, foscos, confirmando uma hidrodinâmica moderada. As amostras das extremidades das margens mostram-se envoltas em óxido de ferro, confirmando a influência continental no sistema.

10. Os bioclóstos encontrados no ambiente estuarino sugerem que as carapaças dos animais marinhos mortos unem-se aos sedimentos arenosos nos quais foram identificados gastrópodes, bivalves, scaphopodas, equinóides e carapaças.

11. A construção do cenário e da observação “in loco” o ambiente de manguezal se encontra preservado. Conforme os critérios que tratam de áreas de proteção ambiental, de acordo com a lei 9.931, de 11/12/96 da CPRH. A resolução do CONAMA nº 10, art. 1º e 2º de 14/12/88, permite o uso e a ocupação dessas áreas, de maneira planejada, ordenada, adequando às atividades, às potencialidades e às limitações sócio-ambientais para as áreas de preservação. De acordo com essas limitações é possível evitar a ampliação em áreas não permitidas, como apicum e por isso, permitir que o sistema estuarino se mantenha produtivo em sua cadeia trófica.

12. Considerando os dados batimétricos na carta de marinha de 1961 e os dados obtidos nesse estudo em 2012, ao serem comparados, demonstraram resultados detalhado por setores, que suprir a deficiência do conhecimento atual em relação à morfologia submersa do estuário, levando em conta que determinada área pode apresentar relevos de bancos e coroas de areias, compostos por cascalho, carbonatos, além da presença de canais.

## 8 CONCLUSÕES

Diante desse contexto que envolve o ambiente estuarino, e também das observações e dos estudos realizados na área e ao seu em torno e a partir dos resultados obtidos foi possível concluir o seguinte:

1. Os estuários dos rios Carrapicho, Catuamã e ao norte do canal de Santa Cruz, às margens dos estuários apresentaram cobertura vegetal bem desenvolvida, indicando um ambiente não impactado, apesar da existência de atividades econômicas em áreas não sustentáveis, que merecem cuidados e monitoramento permanentes pelos órgãos responsáveis.

2. As relações de uso e de ocupação, em zona costeira, especialmente, em áreas de apicum, margens de rios, afluentes e área adjacente, onde estão localizados alguns dos empreendimentos é possivelmente, conduzirão a estado de alerta para a manutenção da qualidade de vida das espécies do ambiente estuarino.

3. O estuário estudado trata um de ambiente deficitário em sedimentos. No entanto, ficou constatada em pesquisa, que a maior parte dos sedimentos da bacia estuarina estudada que é oriunda das praias adjacentes ao canal rios próximos à conexão. A entrada de sedimento ocorre no período das marés enchentes, resultando numa inversão no abastecimento.

4. A bacia de drenagem do rio Itapessoca encontra-se inserido no clima tropical úmido em condições pluviométricas em torno de 975,6 a 1.932,3 mm anual. Essas condições são ideais ao intenso transporte de sedimentos. No entanto, os rios e seus afluentes e são de pequenas extensões não excedem os 3 km e na sua maioria os afluentes estão assoreados, o que dificulta o transporte de sedimentos.

5. A hidrodinâmica do rio Carrapicho se divide em: setores 1 e 2 apresenta domínio de uma hidrodinâmica muito alta, no setor 3 e 4, e parte do setor 5 o domínio da hidrodinâmica alta. Ainda nesse setor, após o rio Guariba, há domínio da hidrodinâmica baixa. No entanto, no rio Catuamã há hidrodinâmica ocorrer da seguinte maneira, no setor 1 a hidrodinâmica é a mesma do rio Carrapicho, porém nos setores 2, 3, 4 e 5 a hidrodinâmica é baixa.

6. Os dados disponíveis foram obtidos através do estudo sobre os rios Carrapicho e Catuamã que permitiram a confirmação das hipóteses. A área de investigada trata de uma reserva biológica, semelhante aos estuários dos rios: Goiana, Megaó, Sirinhaém, rios Ilhetas, Mamucaba, rio Formoso, Várzea do Una, Barreiro, Meireles, Persinunga e entre outros não mencionados. No caso específico do rio Itapessoca, as atividades econômicas existentes na região e nas adjacências do estuário como: agroindústria, carcinicultura e monocultura (cana e açúcar e coqueiral), a presença dessas atividades pode afetar o equilíbrio dinâmico da fauna e da flora do estuário, além dos parâmetros físicos. Para preservar este ambiente explorado economicamente, essa região precisa de programas de monitoramento das atividades antropogênicas em área adjacente ao ambiente estuarino, a fim preservar o sistema tão importante, para a zona costeira o qual produz 95% do alimento que a homem captura do mar, localizada na zona costeira ao norte de Pernambuco.

7. A concentração de M.O., nos assoalhos dos rios Carrapicho, Catuamã e canal estão relacionados, à decomposição de folhas e galhos das árvores de mangue. O material decomposto pode ficar armazenado no sedimento sendo disponibilizado para áreas adjacentes, fundo ou retido no próprio manguezal, consumido por microrganismos e reutilizado pelas próprias plantas.

**8.** A maior concentração de Carbonato total é no setor 1, com valor superior a 36,15%, englobando as descargas dos rios Carrapicho, Catuamã e canal de Santa Cruz. Neste setor, são encontrados bancos submersos de fragmentos carbonáticos. Considerando esse canal de comunicação com oceano Atlântico, o intenso fluxo e refluxo de sedimentos provenientes da plataforma, acarretam o acúmulo de cascalho de origem marinha, como fragmentos de halimedas, carapaças de moluscos e outros fragmentos de animais de origem marinha. Na medida em que penetra para o Interior do estuário, a presença desses organismos é escassa, registrando apenas a presença de animais típico dos mangues.

**9.** A partir do mapa batimétrico observou a existência de um canal preferencial, que se estende desde Barra de Catuamã até a foz dos rios Carrapicho e Catuamã. De acordo com a carta da Marinha do Brasil de nº 910, (1961), na Barra de Catuamã encontram-se as maiores profundidades (3; 5; 7; 9 e 17 metros). A partir dos dados obtidos com ecobatímetro, houve atualização da carta nº 910, que apresenta um aumento nas profundidades (2; 4; 6; 7; 9; 10; 11 e 21 metros).

## REFERÊNCIAS

- ALHEIROS, M. M. **Riscos de escorregamento na região metropolitana do Recife.** Tese (Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Geociências. Universidade Federal da Bahia, 135p.1998.
- ALMEIDA, F. F.M., Hasuy, Brito Neves, B.B. , Fuck, R. A., 1977. **Províncias crustais brasileiras.** *In:* SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 8v, 363-391p. 1977.
- AMARAL, R. F. **Estudo sedimentológico e morfológico de uma área do baixo curso do rio Goiana.** Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geociências. Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências. p.120.1987.
- AMARAL, A.J.R. & MENOR, E. A. A Sequência **vulcano-sedimentar cretácea na região de SUAPE (PE): Interpretação faciológica e considerações metalogenéticas.** *In:* Simpósio de Geologia do Nordeste, 9,Natal: SBG/NNE. p.251-269. (Bol. 7).1979.
- APAC – (Agencia Pernambucana de Água e Clima), **Série Histórica de chuvas na região norte de Pernambuco.** 2012.
- APRIGIO, C.S. **Análise da Estabilidade Morfodinâmica das Formações Superficiais na Área Estuarina de Itapessoca-Goiana-PE.** Recife – 2007.
- ARAGÃO, J.O.R. **A general circulation model investigation of the atmospheric response to El Nino,** NCART/CT-100: 144p.1986.
- ARAGÃO, J.O.R. **O impacto do tenso e do dipolo do atlântico no nordeste do Brasil.** Bull. Institute Frances études andines. Vol. 27(3) 839-844p.1998
- BARBOSA, J. A. **Evolução da baía Paraíba durante o Maastrichtiano-Paleoceno: Formação Gramame e Maria Farinha. NE do Brasil.** Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, 229p.2004.
- BARBOSA. M. J. O. **Estudos sedimentológicos do estuário do rio Timbó - PE –** Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, 2006.
- BARBOSA, J. A. **A Deposição carbonática na faixa costeira Recife-Natal: aspectos estratigráficos, geoquímicos e paleontológicos.** Dissertação (Mestrado) Programa em de Pós-graduação Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências. 2007(a)

BARBOSA, J. **A Estratigrafia da faixa costeira Recife-Natal (Bacia da Paraíba e Plataforma de Natal), NE Brasil**. Tese Doutorado, Pós-graduação Geociências - UFPE, 270p. 2007(b).

BARROS, L. C. **Estudos sedimentológicos na plataforma continental interna adjacente às desembocaduras sul do canal de Santa Cruz e do rio Timbó, norte do Estado de Pernambuco**. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-graduação em Geociências, Centro de Tecnologia e Geociências. Universidade Federal de Pernambuco, p.86. 2003.

BASTOS, R. B. **Variação espaço-temporal da biomassa fitoplanctônica relacionada com parâmetros abióticos no estuário do rio Una (Pernambuco – Brasil)**. Monografia (Graduação em Biológica) Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, 56p, 2002.

BEURLIN, K. **Estratigrafia da faixa sedimentar costeira Recife-João Pessoa**. Sociedade Brasileira de Geologia, Bol. 16 (1): 73-79p. 1967.

BITTENCOURT, A.C.S.P.; MARTIN, L. VILAS BOAS, G.S. & FLEXOR, G.M. **Quaternary marine formation of the state of Bahia (Brazil)**. Simpósio internacional sobre a evolução costeira no Quaternário, Altas. São Paulo, p.232-253.1979.

BITTENCOURT, A.C.S.P. **A questão da predominância ou não de valores negativos de assimetria das distribuições granulométricas para os depósitos das faces de praia uma polemica** - Revista Brasileira de Geociências, 22 (1) 107. 1992.

BRANCO, E.S. FEITOSA, F.A.N & FLORES MONTES, M.J. **Variação sazonal e espacial da biomassa fitoplanctônica relacionada com parâmetros hidrológicos no estuário de Barra das Jangadas (Jaboatão dos Guararapes – Pernambuco – Brasil)**. Tropical Oceanography 30(2): 79p. 2002.

BRANNER, J. C. **O litoral do Nordeste do Brasil como objeto científico darwinista: as prospecções de John Casper Branner**.1889.

BRANNER, J.C. **Geology of the northeast coast of Brazil** .Geol. Soc. Am. Bul. 13 (5): 41p.1902

BRANNER, J. C. **The Stone reefs of Brazil, Their geologia and geographical relations with a chapter on the coral reefs**. Mus comp. Zool. Bul Harvard College, Cambrigde. 1904.

BRANCO. E. S.; FEITOSA, F.A.N. & MONTES, M. J. F. **Variação sazonal e Espacial da biomassa fitoplanctônica relacionada com parâmetros hidrológicos no estuário de Barra das Jangadas (Jaboatão dos Guararapes – Pernambuco – Brasil)**. Tropical Oceanography, Recife: v. 30, n2, p.79-96. 2002.

BRITO NEVES, B. B. **Regionalização tectônica do precambriano nordestino.** 1975. 189 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1975.

BRITO NEVES, B. B.; SANTOS, E. J.; & VAN SCHMUS, W. R. **Tectonic history of the Borborema Province.** *In:* CORDANI (Ed.). Tectonic evolution of South America. 2001. p. 151- 182.

CADDY, J. F. & HARP, G. D. **An Ecological framework for marine fishery investigations.** FAO Fish. Tech. Pap, v. 283. 152 p.1986

CAMERON, W. M. and D. W. PRITCHARD. **Estuaries.** *In* M. N. Hill (editor): **The Sea.** vol. 2, John Wiley and Sons, New York, 306 – 324p.1963.

CARVALHO, N.O. **Hidrossedimentologia Prática.** CPRM, ELETROBRÁS. Rio de Janeiro, RJ. 1994.

CHAVES, N.S. **Variação do nível do mar e sua relação com a formação das planícies costeira no nordeste do Brasil.** Dissertação de Mestrado (Mestrado) Programa de Pós-graduação em Geociências, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco.1999.

CALLIARI, L. J. e ANTIQUEIRA, J.A.F. **Características sedimentares da desembocadura da Laguna dos Patos,** Gravel, n. 3, p.39-46. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005

**CIRM (COMISSÃO INTERMINISTERIAL PARA OS RECURSOS DO MAR)** *In:* III Plano básico de desenvolvimento científico e tecnológico. I plano setorial para os recursos do Mar (1982-1985) p.105. Brasília, 1981.

CONDEPE Companhia de Desenvolvimento de Pernambuco - **Bacia Hidrografia de Pernambuco** - Grupo das Pequenas Bacias Litorâneas (GL 1). 1980.

CORRÊA, L.C.S. **Analyse morphoestructural et évolution paléogeographique de la plate-forme continentale du rio Grande do Sul,** Brésil. Marine Geolgy, v.130, p.163-178.2005.

COSTA, K.M.P. & MACÊDO, S.J. **Distribuição espacial e sazonal da clorofila “A” fitoplanctônico e hidrologia do estuário rio Timbó (Paulista PE).**1987/1989.

COSTA , K.M.P. e MACEDO, S.J. **Estudo hidrodinâmico do rio Timbó (PE-BR).**1987 - 1989.

COUTINHO, P.N. & MORAIS, J.O. **Problema de gerenciamento de zona úmidas.** *In:* Simpósio de Geologia do Nordeste.1986.

CPRH(Companhia Pernambucana de Recursos Hídricos), **Geologia e Relevo do litoral norte de Pernambuco.** Recife-PE. 1992.

CPRH (Companhia Pernambucana de Recursos Hídricos), **Diagnósticos sócio-ambientais norte de Pernambuco**. Recife-PE. 214p, 2003.

CPRM(Compania Produção de Recursos Mineral), **Fotos aéreas da Faixa 02 - Litoral norte de Pernambuco**.1969.

CPRM (Compania Produção de Recursos Mineral). **Folha SB.25-Y-C-VI de Itamaracá**. 2015.

DAVIES, J. L.A **Morphogenetic approach to world shorelines**. Z. Geomorph, n.8, p127. 1964.

DERBY, O.A.. **The sedimentary belt of the coast of Brazil**. Journal of Geology , v. XV, nº 3, p.218-237, 1 map., Chicago. 1907

DIAS, C.B. **Dinâmica do sistema estuarino**. Timonha / Ubatuba (Ceará).2005.

DIAS, J. A. **A Análise sedimentar e os conhecimentos dos sistemas marinhos**.2004.

DNPM - (Departamento Nacional de Produção Mineral). **Solicitação de exploração dos depósitos da Formação Gramame como Formação Maria Farinha, para indústria de cimento e cal**. 1995.

DNPM - (Departamento Nacional de Produção Mineral). **Fotos aéreas da Faixa 03 - Litoral norte de Pernambuco**.1969.

DOMINGUEZ, J. M. L. & BITTENCOURT, A.C.S.P.; MARTIN, L. **Controls on quaternary coastal evolution of the east-northeastern coast of Brazil: roles of sea-level history, trade winds and climate**. *In: Sedimentary Geology*, 80: 213-232p. 1992.

DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação), Marinha do Brasil. **Carta Náutica nº 910, Proximidade do porto de Itapessoca**. Escala 1: 50.000. 1961.

FAIRBRIDGE, R.W., **The Estuary: Its definition and geodynamic cycle**. *In: E.Olausson & I. Cato (eds) Chemistry and Biogeochemistry of estuarie*, Wesley, N.Y. p 1.1980.

FEIJÓ, F. **Bacia de Pernambuco – Paraíba. Geociências**. PETROBRAS, RJ. N.8 (1), p.143.1992.

FEITOSA, F. A. do N. **Estrutura e produtividade da comunidade fitoplanctônica correlacionados com parâmetros abióticos no sistema do Rio Goiana (Pernambuco – Brasil)**. São Paulo, Tese (Doutorado) Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. 250f. 1997.

FEITOSA, F. A. N.; NASCIMENTO, F. C. R. & COSTA, K .M.P. **Distribuição espacial e temporal da biomassa (Fitoplanctônica com parâmetro hidrológicos na Bacia do Pina (Recife-Pernambuco).** Trabalhos Oceanográficos da , Universidade Federal de Pernambuco. Recife, v.2, n.2, p.1-13. 1999(a)

FEITOSA, F. A. N., LINS, I. C. e LOSADA, A. P.M. **Variação sazonal e espacial da biomassa fitoplanctônica nos estuários dos rios Ilhetas e Mamucaba (Tamandaré-PE) Relacionada com Parâmetros Hidrológicos.** Tropical Oceanography, Recife: v.31, n.1, p.1-26, Universidade Federal de Pernambuco. 2003.

FIDEM-(Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife). **Perfil dos municípios da RMR. Aspectos políticos e administrativos. Município da Ilha de Itamaracá.** 2007.

FIDEM – (Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife). **Proteção dos mananciais. Série de desenvolvimento urbanos e meio ambiente.** Recife. 188p. 1987.

FIDEM - (Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife). **Carta de Nucleação da região norte de Pernambuco,** Escala 1:20.000.2001.

FAB (Força Área Brasileira) – **Projeto do litoral norte de Pernambuco. comando costeiro,** 1969.

FOLK, R. L. & WARD, W. C. **Brazos River Bay: Study of the significance of grain size parameters.** Journal of Sedimentary Petrology, 27:3-27. 1957.

FRITZEN, L.B. **Composição, origem e grau de enriquecimento orgânico sedimentar no setor norte do sistema estuarino-lagunar do Rio Itapocu.** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Aqüicultura. 2007.

GREGO, C.K.S.; FEITOSA, F.A.N.; HONORATO DA SILVA, M.; FLORES MONTE, M.J. **Distribuição espacial e sazonal da clorofila a fitoplanctônica do estuário do rio Timbó (Paulista-PE).** 2004.

GRIPENBERG, S. **A study of the sediments of the North Baltic and adjoining seas.** Fennia, 60 (30). 1934.

GOMES, H. A. 2001. **Dicionário geológico do Brasil.** IBGE: [s.n].www.Google.com/Earth, 2012.

HANSEN, D.V. & RATTRAY Jr, M. **New Dimensions on Estuarine Classification.** Limnology and Oceanography 11:319-326p. 1966.

HAYES, M.O. **Morphology of sand accumulations in estuaries: an introduction to the symposium.** In: L.E. Cronin (ed) Estuarine Research. Vol. 2. Academic Press, New York, N.Y. p.3-22. 1975.

HARLEMAN, D.R.F. & ABRAHAM, G. **One-dimensional analysis of salinity intrusions in the Rotterdam waterway**. Delft, Delft Hydraulics Laboratory, 35p. 1966.

HARTT, C.F. **Geology and Physical Geography of Brazil**. Boston, Fields, Os good and Co. 620 p. 1956.

HECKENDORFF, V. D. & LIMA, P. L, **Climatologia**. João Pessoa, Grafset, 34-43p. 1985.

IPPEN, A.T. AND HARLEMAN, D.R.F. **One – dimensional analysis of salinity intrusion in estuaries**. Tech. Bull. No 5, Comm. Tidal Hydraulics, U.S. Army, Corps of. Engeneers. 52p. 1961.

JARDIM DE SÁ, E. F, MACEDO, M. H. F., & FUCK, R. A. **Terrenos proterozóicos na Província Borborema, e a margem norte do Cráton São Francisco**. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 22, no. 04, p. 472-480. 1994.

KEGEL, W. **Geologia do Fosfato de Pernambuco**, DNPM, Divisão Geologia Mineral.Bol. 47-157p. Rio de Janeiro-RJ. 1955.

KEGEL, W. **Contribuição ao estudo da bacia costeira do Rio Grande do Norte**, DNPM, Div. Geologia Mineral, Bol. 157, nº 170, 52p. Rio de Janeiro. 1957.

KJERFVE, B. **Estuarine characteristic, - Circulation and physical processes**. *In*: Estuarine ecology. J.W. Day Jr. et al, Jonh Wiley and Sons Inc, New York, N.Y. p.47-78. 1989.

KJFERVE, B. **Estuarine Geomorphology and Physical Oceanography**.*In*: Estuarine Ecology. Ed (s) John W. Davis Jr, Charles a. S. Hall, W Michael Kemp e Alejandro Yáñez-Aranciba. John Wiley & Sons, Inc. p.47-78.1989.

KJFERVE, B. **Coastal Lagoon Process**. **Elservier Oceanography**, Series 60, 77p [ A modern Approach to Coastal Logoon Research.1994.

KOPPEN, W. **Climatologia**, México. Fundo de Cultura Venezuelana, 278p.1948.

KOENING, M. L. **Ecologia e dinâmica do fitoplâncton no estuário do rio Ipojuca, após a implantação do porto de Suape (Pernambuco – Brasil)**. Recife, Tese (Doutorado em Botânica). Departamento de Botânica, Universidade Federal Rural de Pernambuco. 1997.

LAGESE, **Relatório Técnico**, 200p. 2003

LARCERDA, L.D. **Manguezais: Florestas de beira – mar**. Revista Ciências Hoje. v.3, nº.2, p.67-70.1984.

LGGM (LABORATÓRIO DE GEOLOGIA E GEOFÍSICA MARINHA), **Macrozoneamento Costeiro do Litoral de Pernambuco Folha de Itamaracá**, Recife-PE. 1992.

LIMA FILHO, M.F. **Análise Estratigráfica e Estrutural da Bacia de Pernambuco**, Tese (Doutorado). Instituto de Geociência de Universidade de São Paulo. 1998.

LIMA FILHO, M.; Barbosa, J. A.; Neumann, V. Henrique.; Souza, E. M & Morae, M. A. **Estratigrafia da Faixa Costeira Recife-Natal (Bacia Da Paraíba e Plataforma de Natal), NE Brasil**. 1991.

LIRA, L. **Geologia do Canal de Santa Cruz e praia submarina adjacente a Ilha de Itamaracá**. 1975

LIRA, A. R. A. **Caracterização morfológica e vulnerabilidade do litoral entre as praias da enseadilha e Maria Farinha, Paulista-PE**. 1997.

LOSADA, A.P.M. **Biomassa fitoplanctônica correlacionada com parâmetros abióticos, nos estuários dos Rios Ilhetas e Mamucaba, e na Baía de Tamandaré (Pernambuco–Brasil)**. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-graduação em Oceanografia, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco. 88 p. 2000.

LOSADA, A.P.M.; FEITOSA, F.A.N; LINS, I. **Variação sazonal da biomassa fitoplanctônica nos estuários dos rios Ilhetas e Mamucaba (Tamandaré – PE), relacionada com parâmetros hidrológicas**. Trabalhos Oceanográficos da Unversidade Federal de Pernambuco. Recife. vol. 28, nº. 2, p.1-18. v.2003.

LUGO, A.E. & SNEDAKER, S.C. **The ecology of mangroves**. Ann. Rev. Ecol. Syst., vol.5, p.39-64.1974.

MABESSONE, J. M. & Alheiros, M.M. **Origem da bacia sedimentar costeira Pernambuco-Paraíba**. *Revista brasileira de geociências*, 18(4): 476-482p. 1988.

MABESOONE, J. M. & SILVA, J. C. **Geomorfologia da faixa sedimentar costeira Pernambuco-Paraíba**. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE*, 13, Fortaleza, 1989. Atas. Sociedade Brasileira Geologia, Núcleo Nordeste, Boletim v.11, p.5-9. 1989.

MABESOONE, J.M. & ALHEIROS, M.M. **Base estrutural - Faixa sedimentar costeira de Pernambuco, Paraíba e parte do Rio Grande do Norte**. *In: Revisão geológica da faixa sedimentar costeira de Pernambuco, Paraíba e parte do Rio Grande do Norte*. J.M. Mabesoone (Coord.). Estudos Geológicos, Série B, vol.10, p.33–43. 1991.

MABESOONE, J. M. & ALHEIROS, M.M. **Evolução of the Pernambuco-Paraíba-Rio Grande do Norte basin and the problem of the South Atlantic**. *Geologie em Mijnbouw Kluwer Academic Publisher*, 71:351-362p 1993.

MACIEL, S.M.S. do R. **Contribuição ao estudo da fácies carbonáticas interdigitais na Formação Beberibe (PE-PB)**, Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Pernambuco-CTG. Programa de Pós-graduação em Geociências. 1981.

MACHADO, P. A. L. **Manguezais e dunas – proteção legal**. In: CPRH, 1991. Alternativas de uso e proteção dos manguezais do Nordeste. Recife, Companhia Pernambucana de Controle da Poluição Ambiental e de Administração dos Recursos Hídricos. Série Publicações Técnicas, nº. 003, p. 46-48. 1991.

MACEDO, S.J; COSTA, K.M.P. **Estudos ecológicos da região de Itamaracá, Pernambuco – Brasil. Condições hidrológicas do Estuário do Rio Botafogo**. Ciência e Cultura, São Paulo, v.30, nº.7, p.346-368. 1990.

MACÊDO, S.J; MELO, H.H.N & COSTA, K.M.P. **Estudo ecológico da região de Itamaracá Pernambuco-Brasil. XXIII. Condições hidrológico do estuário do rio Botafogo**. Trabalho de Oceanografia da UFPE. Recife, v.17, p. 81-122. 1982.

MANSO, V,A,V. **Geologia da planície costeira da plataforma continental interna adjacente da região entre Porto de Galinha e Tamandaré – Litoral Sul de Pernambuco**. Anais da Academia Brasileira de Ciências, p.505. 1997.

MANSO, V. A. V.; Lima-Filho, M. F.; OLIVEIRA, A. T. **Sedimentologia da Plataforma Continental entre Aracaju (SE) e Maceió (AL)**. Na. Academia Brasileira de Ciências, n. 69, p.506–520. 1997.

MATOS, R.M.D. **The northeast Brazilian rift system**. Tectonics v.11, p.766. 1992.

MARTINS, M. H. de A. **Caracterização morfodinâmica do litoral da ilha de Itamaracá - PE**. Dissertação (Mestrado em Geociências). Centro de Tecnologia e Geociências. Universidade Federal de Pernambuco. 111p. 1997.

MARINHA DO BRASIL, **Cata Batimétrica**, escala 1:100.000. 1961.

MEDEIROS, C & KJERFVE, B. **Hydrology of a tropical estuarine system: Itamaracá, Brasil**. Estuarine, Coastal and Shelf, london. vol. 36, p.495-598. 1993.

MEIRELES, A; QUEIROZ, L. **Certificação da Carcinicultura no Brasil; O Manto Verde da Destruição**. Fortaleza: Terramar, 2011.

MELO. A. A. S. **Nutrientes dissolvidos e biomassa primária nos estuários dos rios Botafogo e Carrapicho – PE**. 2007.

MELO, U.; SUMMERHAYES, C. P.; TONER, L. G. **Metodologia para o estudo do matéria em suspensão na água do mar. Boletim Técnico da Petrobrás**, Rio de Janeiro, v.18, nº 3/4, p.115. 1975.

MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M.; KJERFVE, B. **Princípios de Oceanografia Física de estuários**. São Paulo: edusp. 2002.

MORAES, I. J. **Estudo geológico no estado de Pernambuco: Brasil Serv. Geol. Mineralógico**, Bol. 32, p.100, 1 mapa, Rio de Janeiro. 1928.

MORAIS, J.O. **Processos e impactos ambientais em zonas costeiras**. Revista de Geologia da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE, v.9, p. 191-242. 2005.

MOURA, G. F.. **Comportamento diurno e sazonal de parâmetros fitoplancônicos e hidrológicos no Estuário do Rio Paraíba do Norte**. 1992. 204p. Dissertação de Mestrado. Paraíba, Brasil. Dept. de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1992.

NORIEGA, D.C. **Influência e grau de poluição dos rios Pirapama e Jaboatão no estuário da Barra de Jangada (PE-Brasil): CICLO Temporal**, Recife, 163f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Oceanografia. Universidade Federal de Pernambuco-Centro de Tecnologia em Geociências. 2004.

OLIVEIRA, P. E. **Geologia Histórica do Brasil: Brasil Min. Agricultura**, RJ.1953.

OLIVEIRA, P.E. & RAMOS, J.R.A. **Geologia do quadrilátero de Recife e Pontas de Pedra**. Boletim do DNPM, Rio de Janeiro, vol.1, p.151-160. 1956.

OLIVEIRA, J. A. R. & TAVARES, M. A. **Aspectos sedimentológicos e geoquímicos dos manguezais do distrito de Atapuz, Goiana-PE**. Trabalhos técnicos, Univesidade Federal da Paraíba. p.264-266. 2000.

PAIVA, A.C.G. **Ecologia de Peixes Estuarinos-Recifais e Característica Ambiental dos Estuários de Pernambuco**. Tese (Doutorado) UFPE, CTG- Programa de Pós-Graduação em Oceanografia. 2009.

PASSAVANTE, J.Z.O. & Koenig, M.L. **Estudo ecológico da região de Itamaracá (Pernambuco)**. 1984.

PASSAVANTE, J.Z. **Produção Primária do Fitoplâncton do Canal de Sta. Cruz (Itamaracá – PE)**. Tese USP. 1979.

PINHEIROS, R.D. **Análise do comportamento hidrodinâmico e sedimentológico do estuário do rio Piranji – CE (NE/Brasil)**. 2003.

PINEDA, F. COWEN, ROBERT K.; GAWARKIEWICZ, GLEN G.; JESUS; THORROLD, SIMON R.; WERNER, FRANCISCO E. **Population connectivity in marine systems**. Oceanography Society, 20, vol.3, p.14-21. 1997.

PEJRUP, M. **Thea 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. Dordrecht: D. Reidep. p.289-300. 1988.

PRITCHARD, D.W. **Estuarine hydrography**. New York, Academic, p.280. 1952.

PRITCHARD, D. W. **Estuarine circulation patterns**. **Proceedings of the American Society of Civil Engineers** 81, nº 717, p.1-11. 1955.

PRITCHARD, D. W. **What is an estuary, physical view point**. In: G. H. Lauff (editor): Estuaries. American Association for the Advancement of Science, Washington D.C., p.83. 1967.

RAFFESTIN, C. **Por uma geografia do poder**. São Paulo, Ática, p.269.1993.

RAND, H.M. **Estudo Geofísicos na Faixa Sedimentar Costeiro Recife-João Pessoa**. Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia, São Paulo, vol.16, nº.1, p.87-89.1976.

RAND, H. M. & MABESOONE, J. M. **Northeastern Brazil and the final separation of south America and Africa paleogeography, paleoclimatology, paleocology**, Bol.38:163p.1982.

RAND, H. M. **Ligação “Landbridge” (ponte intercontinental) Entre Pernambuco-Paraíba e Nigéria-Camarões**. In: Fanerozóico. Recife, UFPE/Dgeo, Texto Didático Série D, vol.1, p.44. 1985.

RODRIGUES, F.F. **Estudo faciológicos do calcário Gramame da Ilha de Itamaracá-PE**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geociências. Universidade Federal de Pernambuco-Recife-PE. 1983.

ROLLINC, M., **Hidrologia, clima de onda e transporte advectivo na zona costeira de Boa Viagem, Piedade e Candeias – PE**. Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Oceanografia. Universidade Federal de Pernambuco-Centro de Tecnologia em Geociências.2002.

RUSNAK, G.A. **Rates of sediment accumulation in modern estuaries**. In: LAUFF, G.H (ed) Estuaries. Washington D.C.: American Associety. Adv. Sc. vol. 83, p.180.1967.

SANTOS, T.G. **Zooplâncton como indicador da qualidade ambiental nos estuários dos rios Carrapicho e Botafogo, Itamaracá - PE**. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-graduação em Oceanografia. Universidade Federal de Pernambuco-Centro de Tecnologia em Geociências. 2008.

SANTOS, C. A. **Hidrodinâmicos e geoambiental do rio Catuamã (Rio Itapessoca)** Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-graduação em Geociências. Universidade Federal de Pernambuco-Centro de Tecnologia em Geociências. 2009.

SANTOS, C.A. **Análise da estabilidade morfodinâmica das formações superficiais, na área estuarina de Itapessoca-Goiana-PE.**Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Geociências. Universidade Federal de Pernambuco-Centro de Tecnologia em Geociências.2007.

SCHAEFFER-NOVELLI.Y. et al. **Brazilian mangroves. Aquatic ecosystem health and management**, vol. (3) p.561-570. 2002.

SHEPARD, F.P. **Nomeclature basead on sand-silt-clay ratios. Journal of Sedimentary Petrology, Amsterdam**, nº 24: 51-80p.1954.

SILVIA, V. **Dinâmica da paisagem. Estudo integrado de ecossistemas litorâneos em Hauva (Espanha) e Ceará (Brasil).** Tese (Doutorado) em Geografia Física. Universidade Estadual de São Paulo, Rio Claro-SP. 1993.

SILVA, L.A. **Sedimentologia do canal de Santa Cruz, Ilha de Itamaracá, PE.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 129p. 2004.

SILVA, L.A. **Sedimentologia do canal de Santa Cruz, Ilha de Itamaracá, PE.** Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Grasuação em Geociências. Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia de Geociências. p. 129.2005.

SIMMONS, H. B. **Some effects of upland discharge on estuarine hydraulics.** 1955.

SOUZA, E.M., **Estratigrafia da Seqüência Clástica Inferior (Andares Coniaciano-Maastrichtiano Inferior da Bacia da Paraíba e suas implicações paleogeográficas.**Tese de Doutorado, Pós-Graduação em Geociências, UFPE, 358p. 2006.

STOMMEL, H. **Recent development in the study of tidal estuaries.**Technical Report from Woods Hole Oceanographic Institution, Massachusetts, p.1-18. 1951.

STOMMEL, H. **The Role Density Currents in Estuaries.** Proc. Minnesota International Hydraulics Convention Minnapolis, University of Minnesota, nº18, p.33-51. 1953.

STOMMEL, H. **Direct measurements of sub-surface currents.**Deap Sea Res.,2 285-5.1955.

SUGUIO, K. **Ecosistemas da costa brasileira**, 3. São Paulo. Anais. São Paulo, ACIES, p.154-171. 1993.

SUDENE (SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE). **Folha – Itamaracá**. 1989.

SUDENE (SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE) **Projeto GERAN de 1970, Comando Costeiro e da Companhia de Produção de Recursos Minerais (CPRM)**. 1970.

SUGUIO, K., **Introdução à sedimentologia**. São Paulo: Editora Edgard Blúcher Ltda, p.318.1973.

SZATIMARI, P. Françolin, J.B.L, Zanotto, O., Wolf, S. **Evolução tectônica da margem equatorial brasileira**. Revista Brasileira de Geociências nº17, p.180. 1987.

TUNDISI. J.G. **Zooplâncton do estuário do Pina (Recife-Pernambuco-Brasil): composição e distribuição temporal**. Revista Brasileira de Oceanografia Print version ISSN 1413-7739. 1970.

XAVIER, M. W. **Caracterização geomorfológica sedimentológica e Aspectos Ambientais do Litoral de Goiana, Pernambuco**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geociências. Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia de Geociências. p.76. 2007.

WENTWORTH, C. K. **A scale of grade and class terms for clastic sediments**. *Journal of Geology*, 30 (5): 377-392. 1922.

**APÊNDICE A – TRANSPARÊNCIA DA ÁGUA DOS RIOS  
CARRAPICHO, CATUAMÃ E CANAL E SANTA CRUZ.**

Tabela 2 – Transparência da água dos rios  
Carrapicho, Catuama e Canal de Santa Cruz

Estação	Hora	D. Secchi	D. Secchi
		Estiagem	Chuvoso
1º Catuamã	07:30	70.35	1.40
2º Catuamã	07:45	70.35	1.00
3º Catuamã	08:00	80.4	1.40
4º Catuamã	08:40	30.15	0.40
5º Carrapicho	09:15	10.05	1.20
6º Carrapicho	09:30	80.4	80.4
7º Carrapicho	09:55	60.3	1.20
8º Carrapicho	10:05	80.4	1.20
9º Canal de Sta Cruz	10:30	60.3	1.20
10º B. Catuamã	10:45	60.3	1.00

Fonte: O autor, 2012.

**APENDICE B – TEMPERATURA DA H<sub>2</sub>O E DO  
AMBIENTE (AR) DOS RIOS CARRAPICHO,  
CATUAMÃ E CANAL DE SANTA CRUZ.**

Tabela 3 – Temperatura da H<sub>2</sub>O e do Ambiente  
(Ar) dos rios Carrapicho, Catuamã e Canal de  
Santa Cruz

<b>Estação</b>	<b>T.H2O</b>	<b>T.Ambiente</b>
1º Catuamã 07:30	28	25,7
2º Catuamã 07:45	28	28
3º Catuamã 08:00	29	29,5
4º Catuamã 08:40	29	29,1
5º Catuamã 09:15	29	29,9
6º Carrapicho 09:30	30,1	28,9
7º Carrapicho 09:55	30	28,9
8º Carrapicho 10:05	31	29,5
9º Carrapicho 10:30	30	31,1
10º B. Catuamã 10:45	30,3	29,3

Fonte: O autor, 2012.

**APENDICE C – TEOR DE SALINIDADE DA ÁGUA DOS RIOS,  
CARRAPICHO, CATUAMÃ E CANAL DE SANTA CRUZ.**

Tabela 4 – Teor de Salinidade da água dos rios Carrapicho, Catuama e Canal de Santa Cruz

<b>Estação</b>	<b>Salinidade</b>	<b>T.H<sub>2</sub>O</b>
1º Catuamã	35	28°C
2º Catuamã	35	28°C
3º Catuamã	34	29°C
4º Catuamã	32	29°C
5º Carrapicho	35	29°C
6º Carrapicho	35	30,1°C
7º Carrapicho	30	30°C
8º Carrapicho	35	31°C
9º Canal Sta Cruz	35	30°C
10º B. Catuamã	35	30,3°C

Fonte: O autor, 2012.

**APENDICE D – pH DAS ÁGUA DOS RIOS CARRAPICHO,  
CATUAMÃ E CANAL DE SANTA CRUZ.**

Tabela 5 – pH da Água dos rios Carrapicho, Catuamã e canal de Santa Cruz

<b>Estação</b>	<b>pH H<sub>2</sub>O</b>	<b>Ponto Final</b>
1º Catuamã	7,9	0,014
2º Catuamã	7,7	0,018
3º Catuamã	7,6	0,015
4º Catuamã	7,8	0,006
5º Carrapicho	7,8	0,012
6º Carrapicho	7,8	0,013
7º Carrapicho	7,8	0,007
8º Carrapicho	7,7	0,01
9º Carrapicho	7,8	0,006
10º Canal de Santa Cru	7,8	0,005

Fonte: O autor, 2012.

## APENDICE E – DISTRIBUIÇÃO DE PORCENTAGEM DA MATÉRIA ORGÂNICA (M.O.)

Quadro 1 – Distribuição de % Matéria Orgânica (M.O)

Setor	Estação	M.O	Local	% M.O
1	87	1,18	Barra de Catuamã 1	3,93
1	88	3,21	Barra de Catuamã 1	10,70
1	89	1,19	Barra de Catuamã 1	3,98
1	92	1,75	Barra de Catuamã 1	8,86
1	93	5,78	Barra de Catuamã 1	10,83
1	95	0,07	Barra de Catuamã 1	7,00
1	102	1,15	Barra de Catuamã 1	3,82
1	104	0,98	Barra de Catuamã 1	3,25
1	106	8,58	Barra de Catuamã 1	28,61
1	108	6,54	Canal Santa Cruz	65,39
1	111	3,97	Canal Santa Cruz	39,70
1	113	1,06	Canal Santa Cruz	10,64
1	120	1,22	Carrapicho 1	12,22
1	118	1,56	Carrapicho 1	5,23
1	121	1,06	Carrapicho 1	10,63
2	2	1,16	Catuamã 2	3,89
2	3	1,00	Catuamã 2	3,36
2	8	0,98	Catuamã 2	3,29
2	9	4,76	Catuamã 2	15,86
2	71	1,03	Carrapicho 2	2,9
2	125	6,79	Carrapicho 2	67,93
2	131	0,86	Carrapicho 2	8,68
2	133	1,07	Carrapicho 2	10,70
3	13	1,88	Catuamã 3	6,29
3	14	4,64	Catuamã 3	15,49
3	61	7,67	Catuamã 3	25,58
3	63	0,98	Catuamã 3	9,80
3	67	3,00	Carrapicho 3	12,30
3	82	6,66	Carrapicho 3	66,64
3	134	3,22	Carrapicho 3	10,73
4	18	1,18	Catuamã 4	3,93
4	22	2,14	Catuamã 4	7,13
4	25	6,94	Catuamã 4	23,13
4	27	2,45	Catuamã 4	24,59
4	20	1,73	Carrapicho 4	5,2
4	56	1,43	Carrapicho 4	4,78
4	18	1,84	Carrapicho 4	3,93
4	138	1,11	Carrapicho 4	3,70
5	29	3,26	Catuamã 5	12,09
5	29	210	Catuamã 5	21,04
5	35	1,43	Catuamã 5	4,78
5	37	5,78	Catuamã 5	57,80
5	54	4,23	Catuamã 5	42,40
5	50	0,98	Carrapicho 5	92,93
5	44	1,56	Carrapicho 5	5,23

Fonte: O autor, 2012.

## APENDICE F – DISTRIBUIÇÃO DE PORCENTAGEM DE CARBONATO TOTAL

Quadro 2 – Distribuição de % de carbonato total

Setor	Estação	Local	% CT
1	87	Barra Catuamã 1	20,73
1	88	Barra Catuamã 1	34,85
1	89	Barra Catuamã 1	33,64
1	92	Barra Catuamã 1	17,18
1	93	Barra Catuamã 1	57,83
1	95	Barra Catuamã 1	21,85
1	106	Barra Catuamã 1	15,16
1	102	Barra Catuamã 1	10,6
1	104	Barra Catuamã 1	28,21
1	118	Carrapicho 1	66,00
1	120	Carrapicho 1	64,63
1	121	Carrapicho 1	70,28
1	108	Canal de Sta Cruz	69,41
1	111	Canal de Sta Cruz	54,98
1	113	Canal de Sta Cruz	13,11
2	2	Catuamã 2	12,15
2	3	Catuamã 2	87,6
2	8	Catuamã 2	10,74
2	9	Catuamã 2	14,44
2	71	Carrapicho 2	9,82
2	125	Carrapicho 2	73,76
2	131	Carrapicho 2	29,74
2	133	Carrapicho 2	67,78
3	13	Catuamã 3	12,76
3	14	Catuamã 3	36,18
3	82	Catuamã 3	66,64
3	63	Catuamã 3	18,75
3	67	Carrapicho 3	17,81
3	134	Carrapicho 3	20,48
3	61	Carrapicho 3	15,14
4	18	Catuamã 4	10,53
4	22	Catuamã 4	29,40
4	25	Catuamã 4	21,21
4	27	Catuamã 4	30,39
4	20	Carrapicho 4	12,63
4	56	Carrapicho 4	29,58
4	136	Carrapicho 4	12,36
4	138	Carrapicho 4	9,63
5	29	Catuamã 5	14,44
5	33	Catuamã 5	19,4
5	35	Catuamã 5	12,23
5	37	Catuamã 5	63,38
5	44	Carrapicho 5	28,47
5	50	Carrapicho 5	30,62
5	54	Carrapicho 5	90,81

Fonte: O autor, 2012.

## APENDICE G – DISTRIBUIÇÃO DAS CLASSES

Quadro 3 – Distribuição das Classes

<b>Pontos</b>	<b>Diâmetro Médio</b> (Mz)	<b>Desvio Padrão</b> (Teta - i)	<b>Assimetria</b> (Ski)	<b>Curtose</b> (KG)
P1	Areia média	Moderadamente Selecionado	Positiva	Platicúrtica
P2	Areia fina	Moderadamente Selecionado	Positiva	Platicúrtica
P3	Areia média	Pobremente Selecionado	Negativa	Mesocúrtica
P4	Areia fina	Moderadamente Selecionado	Muito negativa	Muito platicúrtica
P5	Areia grossa	Pobremente Selecionado	Muito positiva	Platicúrtica
P6	Areia média	Bem Selecionado	Aproximadamente simétrica	Muito leptocúrtica
P7	Areia média	Pobremente Selecionado	Negativa	Leptocúrtica
P8	Areia fina	Moderadamente Selecionado	Muito negativa	Mesocúrtica
P9	Areia grossa	Muito Bem Selecionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica
P10	Areia fina	Pobremente Selecionado	Muito negativa	Leptocúrtica
P11	Areia fina	Moderadamente Selecionado	Aproximadamente simétrica	Leptocúrtica
P12	Areia média	Moderadamente Selecionado	Negativa	Mesocúrtica
P13	Areia média	Pobremente Selecionado	Aproximadamente simétrica	Leptocúrtica
P14	Areia m. fina	Pobremente Selecionado	Muito negativa	Muito leptocúrtica
P15	Areia média	Pobremente Selecionado	Aproximadamente simétrica	Leptocúrtica
P16	Areia fina	Pobremente Selecionado	Muito negativa	Platicúrtica
P17	Areia fina	Moderadamente Selecionado	Positiva	Platicúrtica
P18	Areia m. fina	Moderadamente Selecionado	Muito negativa	Leptocúrtica
P19	Areia média	Moderadamente Selecionado	Aproximadamente simétrica	Muito leptocúrtica
P20	Areia fina	Moderadamente Selecionado	Muito negativa	Platicúrtica
P21	Areia grossa	Moderadamente Selecionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica
P22	Areia m. fina	Moderadamente Selecionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica
P23	Areia grossa	Moderadamente Selecionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica
P24	Areia fina	Moderadamente Selecionado	Muito negativa	Muito leptocúrtica
P25	Areia média	Muito Pobremente Selecionado	Muito negativa	Muito platicúrtica
P26	Areia fina	Moderadamente Selecionado	Negativa	Muito leptocúrtica
P27	Areia fina	Moderadamente Selecionado	Muito negativa	Leptocúrtica
P28	Areia média	Pobremente Selecionado	Muito negativa	Muito leptocúrtica
P29	Areia fina	Pobremente Selecionado	Negativa	Muito leptocúrtica
P30	Areia m. fina	Moderadamente Selecionado	Muito negativa	Muito leptocúrtica
P31	Areia média	Pobremente Selecionado	Negativa	Mesocúrtica
P32	Areia grossa	Muito Bem Selecionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica
P33	Areia fina	Moderadamente Selecionado	Negativa	Leptocúrtica
P34	Areia média	Moderadamente Selecionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica
P35	Areia média	Pobremente Selecionado	Muito negativa	Muito platicúrtica
P36	Areia fina	Moderadamente Selecionado	Positiva	Platicúrtica
P37	Areia média	Pobremente Selecionado	Muito negativa	Mesocúrtica
P38	Areia média	Moderadamente Selecionado	Negativa	Platicúrtica
P39	Areia m. fina	Muito Bem Selecionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica
P47	Areia m. fina	Moderadamente Selecionado	Muito negativa	Muito leptocúrtica
P41	Areia m. fina	Muito Bem Selecionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica
P42	Areia fina	Pobremente Selecionado	Muito negativa	Mesocúrtica
P43	Areia m. fina	Muito Bem Selecionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica
P44	Areia fina	Moderadamente Selecionado	Muito negativa	Leptocúrtica

P45	Areia fina	Pobrememente Seleccionado	Muito negativa	Mesocúrtica
P46	Areia fina	Pobrememente Seleccionado	Muito negativa	Platicúrtica
P47	Areia m. fina	Moderadamente Seleccionado	Muito negativa	Muito leptocúrtica
P48	Areia m. fina	Moderadamente Seleccionado	Muito negativa	Leptocúrtica
P49	Areia média	Moderadamente Seleccionado	Muito negativa	Leptocúrtica
P50	Areia m. fina	Moderadamente Seleccionado	Muito negativa	Muito leptocúrtica
P51	Areia média	Pobrememente Seleccionado	Aproximadamente simétrica	Leptocúrtica
P52	Areia média	Moderadamente Seleccionado	Muito negativa	Mesocúrtica
P53	Areia m. fina	Moderadamente Seleccionado	Aproximadamente simétrica	Leptocúrtica
P54	Areia grossa	Moderadamente Seleccionado	Aproximadamente simétrica	Muito platicúrtica
P55	Areia grossa	Muito Bem Seleccionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica
P56	Areia grossa	Muito Bem Seleccionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica
P57	Areia grossa	Pobrememente Seleccionado	Aproximadamente simétrica	Mesocúrtica
P58	Areia grossa	Pobrememente Seleccionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica
P59	Areia fina	Pobrememente Seleccionado	Aproximadamente simétrica	Leptocúrtica
P60	Areia grossa	Pobrememente Seleccionado	Aproximadamente simétrica	Mesocúrtica
P61	Areia fina	Moderadamente Seleccionado	Negativa	Mesocúrtica
P62	Areia fina	Moderadamente Seleccionado	Aproximadamente simétrica	Leptocúrtica
P63	Areia média	Moderadamente Seleccionado	Muito negativa	Mesocúrtica
P64	Areia fina	Moderadamente Seleccionado	Negativa	Platicúrtica
P65	Areia m. fina	Moderadamente Seleccionado	Muito positiva	Muito platicúrtica
P66	Areia fina	Moderadamente Seleccionado	Muito negativa	Leptocúrtica
P67	Areia fina	Moderadamente Seleccionado	Negativa	Muito leptocúrtica
P68	Areia média	Pobrememente Seleccionado	Aproximadamente simétrica	Mesocúrtica
P69	Areia grossa	Pobrememente Seleccionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica
P70	Areia média	Pobrememente Seleccionado	Muito negativa	Leptocúrtica
P71	Areia fina	Bem Seleccionado	Aproximadamente simétrica	Muito leptocúrtica
P72	Areia fina	Pobrememente Seleccionado	Positiva	Platicúrtica
P73	Areia fina	Pobrememente Seleccionado	Aproximadamente simétrica	Muito leptocúrtica
P74	Areia m. fina	Pobrememente Seleccionado	Muito negativa	Leptocúrtica
P 75	Areia fina	Moderadamente Seleccionado	Muito negativa	Muito platicúrtica
P 76	Areia fina	Pobrememente Seleccionado	Muito negativa	Muito leptocúrtica
P 77	Areia fina	Moderadamente Seleccionado	Muito negativa	Muito leptocúrtica
P 78	Areia fina	Moderadamente Seleccionado	Muito negativa	Mesocúrtica
P 79	Areia m. fina	Moderadamente Seleccionado	Aproximadamente simétrica	Leptocúrtica
P 80	Areia fina	Bem Seleccionado	Muito negativa	Muito leptocúrtica
P 81	Areia média	Moderadamente Seleccionado	Muito negativa	Muito leptocúrtica
P 82	Areia fina	Pobrememente Seleccionado	Muito negativa	Platicúrtica
P 83	Areia fina	Moderadamente Seleccionado	Positiva	Platicúrtica
P 88	Areia fina	Moderadamente Seleccionado	Muito negativa	Leptocúrtica
P 89	Areia fina	Moderadamente Seleccionado	Positiva	Mesocúrtica
P 90	Areia média	Moderadamente Seleccionado	Muito negativa	Platicúrtica
P 91	Areia média	Moderadamente Seleccionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica
P 92	Areia média	Moderadamente Seleccionado	Aproximadamente simétrica	Mesocúrtica
P 93	Areia fina	Moderadamente Seleccionado	Muito negativa	Leptocúrtica
P 94	Areia média	Moderadamente Seleccionado	Muito negativa	Leptocúrtica
P 95	Areia fina	Bem Seleccionado	Aproximadamente simétrica	Muito leptocúrtica
P 96	Areia grossa	Pobrememente Seleccionado	Aproximadamente simétrica	Leptocúrtica
P 97	Areia grossa	Pobrememente Seleccionado	Positiva	Platicúrtica
P 100	Areia média	Moderadamente Seleccionado	Muito positiva	Leptocúrtica
P 101	Areia média	Moderadamente Seleccionado	Muito negativa	Leptocúrtica

P 102	Areia média	Moderadamente Seleccionado	Muito negativa	Leptocúrtica
P 103	Areia média	Moderadamente Seleccionado	Positiva	Mesocúrtica
P 104	Areia média	Moderadamente Seleccionado	Muito negativa	Leptocúrtica
P 105	Areia média	Moderadamente Seleccionado	Positiva	Leptocúrtica
P 106	Areia grossa	Pobremente Seleccionado	Aproximadamente simétrica	Leptocúrtica
P 107	Areia fina	Moderadamente Seleccionado	Muito negativa	Mesocúrtica
P 108	Areia fina	Pobremente Seleccionado	Muito negativa	Leptocúrtica
P 109	Areia média	Pobremente Seleccionado	Muito negativa	Platicúrtica
P 110	Areia média	Pobremente Seleccionado	Muito negativa	Muito leptocúrtica
P 111	Areia média	Pobremente Seleccionado	Negativa	Mesocúrtica
P 112	Areia média	Pobremente Seleccionado	Aproximadamente simétrica	Leptocúrtica
P 113	Areia m. fina	Moderadamente Seleccionado	Muito positiva	Muito platicúrtica
P 114	Areia fina	Pobremente Seleccionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica
P 115	Areia fina	Pobremente Seleccionado	Negativa	Leptocúrtica
P 116	Areia fina	Moderadamente Seleccionado	Aproximadamente simétrica	Muito platicúrtica
P 117	Areia m. grossa	Pobremente Seleccionado	Muito positiva	Extr. leptocúrtica
P 118	Areia média	Pobremente Seleccionado	Negativa	Mesocúrtica
P 119	Areia fina	Moderadamente Seleccionado	Negativa	Platicúrtica
P 120	Areia fina	Pobremente Seleccionado	Muito negativa	Mesocúrtica
P 121	Areia m. fina	Pobremente Seleccionado	Muito negativa	Muito leptocúrtica
P 122	Areia fina	Moderadamente Seleccionado	Positiva	Mesocúrtica
P 123	Areia média	Pobremente Seleccionado	Muito negativa	Muito platicúrtica
P 124	Areia fina	Moderadamente Seleccionado	Positiva	Mesocúrtica
P 125	Areia média	Pobremente Seleccionado	Muito positiva	Muito platicúrtica
P 126	Areia fina	Moderadamente Seleccionado	Muito negativa	Muito platicúrtica
P 127	Areia média	Moderadamente Seleccionado	Aproximadamente simétrica	Leptocúrtica
P 128	Areia fina	Moderadamente Seleccionado	Muito negativa	Platicúrtica
P 129	Areia fina	Moderadamente Seleccionado	Aproximadamente simétrica	Extr. leptocúrtica
P 130	Areia média	Moderadamente Seleccionado	Muito negativa	Leptocúrtica
P 131	Areia grossa	Pobremente Seleccionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica
P 132	Areia fina	Moderadamente Seleccionado	Muito negativa	Muito platicúrtica
P 133	Areia m. fina	Pobremente Seleccionado	Muito negativa	Leptocúrtica
P 134	Areia grossa	Pobremente Seleccionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica
P 135	Areia m. fina	Moderadamente Seleccionado	Positiva	Mesocúrtica
P 136	Areia média	Pobremente Seleccionado	Negativa	Platicúrtica
P 137	Areia fina	Moderadamente Seleccionado	Muito negativa	Leptocúrtica
P 138	Areia média	Pobremente Seleccionado	Aproximadamente simétrica	Platicúrtica

Fonte: O autor, 2012.

## APENDICE H – CARACTERÍSTICAS DA TEXTURA SUPERFICIAL

Quadro 4 – Textura Superficial  
 Quadro 4 - Característica da textura superficial

<b>Textura Superficial</b>						
<b>Setor 1</b>	P90	P107	P94	P101	P96	P97
	<b>BR</b>	<b>F</b>	<b>BR</b>	<b>BR</b>	<b>F</b>	<b>BR e F</b>
<b>Setor 2</b>	P22	P128	P2	P9		
	<b>BR</b>	<b>BR</b>	<b>BR</b>	<b>NTG</b>		
<b>Setor 3</b>	P36	P80	P12			
	<b>NTG</b>	<b>F</b>	<b>F</b>			
<b>Setor 4</b>	P55	P56	P18	P21		
	<b>F</b>	<b>F</b>	<b>BR e F</b>	<b>F</b>		
<b>Setor 5</b>	P44	P53	P29	P31		
	<b>NTG</b>	<b>BR</b>	<b>BR</b>	<b>BR</b>		

BR = Brilhoso, F = Fosco, NTG = Não foi observado grão

Fonte: O autor, 2012.

## APÊNDICE I – PORCETAGEM DO ARREDONDAMENTO E ESFERICIDADE NOS SETORES DE GRAU ARREDONDADO E ESFERICIDADE

Quadro 5 - Porcentagem de arredondamento e esfericidade nos setores de grau de arredondado e esfericidade.

DESEMBOCADURA \ COMPLEXO ESTUARINO												
ARREDONDAMENTO %							ESFERICIDADE %					
	A-SA	S-AR-AR		B.AR			Baixa	Média		Alta		
<b>Setor – 1 (Foz)</b>	24,1%	<b>35,2%</b>		7%			9,3%	9,3%		<b>11,1%</b>		
CARRAPICHO							CATUAMA					
ARREDONDAMENTO %			ESFERICIDADE %				ARREDONDAMENTO %			ESFERICIDADE %		
	A-SA	SAR-AR	B-AR	Baixa	Média	Alta	A-SA	SAR-AR	B-AR	Baixa	Média	Alta
<b>Setor 2</b>	12%	<b>24%</b>	4%	<b>20%</b>	16%	0%	<b>16%</b>	<b>24%</b>	4%	4%	4%	<b>12%</b>
<b>Setor 3</b>	10%	<b>20%</b>	<b>20%</b>	20%	<b>40%</b>	0%		<b>14,3%</b>	<b>14,3%</b>		<b>14,2%</b>	<b>28,5%</b>
<b>Setor 4</b>	<b>37,5%</b>	0%	0%	0%	<b>12,5%</b>	0%	0%	<b>12,5%</b>	0%	0%	<b>12,5%</b>	0%
<b>Setor 5</b>	0%	<b>43,7%</b>	0%	0%	<b>31,3%</b>	0%	<b>38,4%</b>	34,6%	0%	0%	<b>18,7%</b>	3,8%

A= Alta Esfericidade; B=Baixa Esfericidade; A-SA=Anguloso a Subanguloso; SAR-AR= Subarredondado a redondado; SAR=Subarredondado; B-AR=Bem arredondado

Fonte: O autor, 2012.

## APENDICE J – DISTRIBUIÇÃO DAS ESPÉCIES ENCONTRADAS NOS SEDIMENTOS

Quadro 6 – Distribuição das espécies encontradas nos sedimentos

<b>Espécies por classes</b>	<b>%</b>
Gastropoda	77,5
Bivalve	12,7
Outros e fragmentos não identificados	9,8

Fonte: o autor: 2012

## APÊNDICE L – ZONEAMENTO GEOAMBIENTA

Quadro 10 - Zoneamento Geoambiental

Unidades Geoambientais		Características Geológicas	Uso Atual	Condições de Vulnerabilidade	Uso Compatível
<b>Pré-Litorâneo (Tabuleiro e encosta)</b>		Sedimentos Terciários da FM. Barreiras. Superfícies planas com caimento topográfico suave na direção da linha de costa. As encostas apresentam altas declividades.	Expansão urbana retirada de material para aterros e saibro para construção civil; Cultivo da cana-de-açúcar, aproveitamento hídrico subterrâneo.	Ambiente de vulnerabilidade baixa (Tabuleiros) e alta (encostas) nos períodos de chuvas de longa duração.	Nos tabuleiros: expansão urbana, Atividades agroindustriais, Aproveitamento hídrico subterrâneo. Nas Encostas: preservação e recuperação da vegetação nativa.
<b>Planície Flúvio - marinho</b>		Sedimento Quaternário siltico-argilosos encharcados de origem continental flúvio/marinho. Faixa alojada nos vales flúvias entalhados nos tabuleiros, circundados as margens dos rios e algumas vezes formam ilhas.	Cultivo de várzea, Agricultura de subsistências, ocupação de desordenada implantação de projetos turísticos, áreas sujeita a aterros.	Ambiente instável com vulnerabilidade alta. Solo permeável, áreas de recarga de aquífero e de manguezal e/ou laguna. Solo com baixa capacidade de suporte.	Reserva ecológica (manguezais), implantação de projetos turísticos com relatório EIA/RIMA; restrito a instalações industriais, áreas sujeita a monitoramento constante.
<b>Litorâneo</b>	<b>Praia</b>	Sedimento Quaternário da planície Holocênica constituídos por areias permeáveis com níveis de matéria orgânica.	Expansão urbana Turismo, centro comercial.	Instável com alta vulnerabilidade, Solo permeável, área de recarga de aquífero. Sujeito à erosão costeira	Lazer, turismo, expansão urbana com restrições.

Unidades Geoambientais		Características Geológicas	Uso Atual	Condições de Vulnerabilidade	Uso Compatível
Litorânea	Arenito de Praia	Sedimentos arenosos quaternários da planície Holocênica, com cimento calcífero, dispostos paralelos à linha de costa com rupturas que favorecem erosão costeiras.	Proteção natural da linha de costa	Ambiente de vulnerabilidade alta.	Turismo geocológico com restrições constante.
Terra Úmida (Pântanos e Mangues)		Sedimentos quaternário da Planície Holocênica, constituídos por material argilo-arenoso com matéria orgânica.	Expansão urbana, turismo, lazer, sujeitos a aterro abrigo natural de inúmeros espécies de peixes e crustáceos.	Instável com alta vulnerabilidade. Solo saturado, área de equilíbrio na troca oceano/mangues	Reserva biológica com manejo racional e preservação permanente de sua biodiversidade.
Aquático (Corpo d'água)		Compreende a água superfície formadas pelo oceano, rios (Sirí, Guabiraba) e riachos (Ibeapeçu, e João marinho.)	Pesca, turismo e transporte, sujeitos a aterros, dragagens e assoreamento, descarga de afluentes (sanitários e industriais)	Ambiente instável de vulnerabilidade alta, sujeito ao aporte de afluente.	Transporte e turismo com restrições e sob Constante monitoramento e gerenciamento integrado dos mananciais hídricos, visando o aproveitamento racional.

Fonte: O autor, 2012.

**ANEXO A – RESULTADOS DA PLUVIOMETRIA REGISTRADO NA  
ESTAÇÃO ITAPIREMA (IPA) EM GOIANA – PE.**

Tabela 1 – Resultados da pluviometria registrado na estação Itapirema (IPA) em Goiana – PE.

<b>Mês/Ano</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>Média Histórica</b>
(JAN)	204	26	170	85,4	239,6	33,6	23,2	84,2	172,1	58	179,4	<b>115,91</b>
(FEV)	167	0	133	254	254,2	98	35,4	109,8	20,2	310,4	106,2	<b>135,27</b>
(MAR)	62,4	165	222	274	219,1	123,2	100,7	209,6	363,4	184	54,4	<b>119,85</b>
(ABR)	255	391	132	230	239	75,8	349,2	171	265,2	317,4	187,2	<b>237,54</b>
(MAI)	406	18,5	198	229	311,2	391,1	139	234	284,5	418,2	73	<b>245,6</b>
(JUN)	612	404	467	395	532,8	590,8	374	425,2	224,7	259,8	372,8	<b>423,48</b>
(JUL)	394	239	186	201	339	134,7	162,4	168	259,1	364	140,1	<b>235,11</b>
(AGO)	273	138	162	114	94,1	248	163,9	193,4	297,2	236	212,5	<b>193,76</b>
(SET)	282	107	30,5	86,2	68,6	38,8	86,8	133,8	50,4	64,8	76,3	<b>93,19</b>
(OUT)	28,4	109	35,6	70,2	19,2	51,4	6,2	43,7	54,3	13	66,1	<b>45,16</b>
(NOV)	8,2	42,2	67,4	27,3	13,8	12,4	83,6	51	4,8	44,8	32,4	<b>35,26</b>
(DEZ)	162	36	25,1	77,9	34,8	43,2	79,4	43	27,4	86,6	84,5	<b>63,62</b>
<b>Total</b>	<b>2853</b>	<b>1675</b>	<b>1828</b>	<b>2044</b>	<b>2365</b>	<b>1841</b>	<b>1604</b>	<b>1867</b>	<b>2023,3</b>	<b>2357</b>	<b>1585</b>	<b>1943,8</b>

Fonte: Agência Pernambucana de Água e Clima – APAC / 2012