



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS MARINHAS TROPICAIS

MUDANÇAS NA SEDIMENTAÇÃO NO ESTUÁRIO
DO RIO JAGUARIBE (CE) DEVIDO A MUDANÇAS
NOS USOS DO SOLO

MARIO DUARTE PINTO GODOY

Orientador: Luiz Drude de Lacerda

FORTALEZA – CE

01/2011

MARIO DUARTE PINTO GODOY

MUDANÇAS NA SEDIMENTAÇÃO NO ESTUÁRIO
DO RIO JAGUARIBE (CE) DEVIDO A MUDANÇAS
NOS USOS DO SOLO

Dissertação apresentada ao Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial à obtenção do título de MESTRE.

Orientador: Luiz Drude de Lacerda

FORTALEZA – CE

01/2011

*À minha família,
José Marcus Godoy, Maria Luiza Godoy e Eduardo Godoy
Amo vocês todos.*

Agradecimentos

Ao Professor Doutor Luiz Drude de Lacerda pelo apoio, pela paciência e pelo conhecimento compartilhado comigo durante esses anos de convívio que me fizeram crescer tanto como profissional como quanto pessoa.

Ao Professor Doutor Luís Parente Maia pelo apoio que me foi dado, pelo espaço e pelo material que foi cedido para a realização desse trabalho.

À Professora Doutora Lidriana de Souza Pinheiro pelo apoio nas análises de granulometria cedendo espaço e equipamento do Laboratório de Oceanografia Geológica.

À Professora Doutora Rozane Valente Marins pela amizade e constante atenção.

A minha grande amiga e namorada Talita Cristiane Maia Soares pelo apoio, amizade e, sobretudo, carinho com que me tratou esse tempo todo.

Aos meus amigos do Laboratório de Dinâmica Costeira, Leonardo Hislei, Francisco Gleidson, Bruno e Rodolfo cujos momentos de convívio e diversão são da mais alta estima e pelo apoio que me deram para realizar esse trabalho.

Aos meus amigos do Laboratório de Biogeoquímica Costeira, José Edvar, Tiago Farias, Moisés, Danielle, Márcia, Louise, Lincoln, Samara, Diógenes, Cecília, Regina e Andréia.

Especialmente aos meus amigos Breno, Luiz Bezerra (Buda) e Franzé, que além da amizade me ajudaram imensamente nos trabalhos de campo e sem os quais eu ainda estaria no rio Jaguaribe tentando coletar os meus testemunhos.

Ao Projeto INCT-TMCOcean, na pessoa dos Professores Luiz Drude de Lacerda e Rozane Valente Marins, pela infra-estrutura e apoio logístico.

Ao CNPq pela bolsa de mestrado concedida.

E finalmente, agradeço à Deus por colocar pessoas tão maravilhosas em meu caminho e por não permitir que nada de ruim acontecesse.

MUITO OBRIGADO!

Resumo

O rio Jaguaribe é o rio com a maior bacia hidrográfica do Ceará, possui uma bacia hidrográfica de 75 mil Km² que ocupa mais de 50% do estado, no entanto, alterações de uso do solo que ocorreram dentro da bacia hidrográfica desse rio e alterações climáticas globais podem estar causando a diminuição da profundidade do estuário o que dificulta a navegabilidade nessa região e prejudica a fauna aquática. O foco desse estudo é os sedimentos depositados em ilhas dentro do baixo estuário e possíveis áreas no entorno que foram consideradas como possíveis fontes de sedimento para essas ilhas. O plano amostral consistiu em 6 pontos dentro do estuário do rio Jaguaribe onde foram retirados testemunho de sedimento e mais 8 pontos onde foram retirados sedimento superficiais no fundo do rio, nas áreas da margem e no campo de dunas. As áreas foram escolhidas a partir do mapeamento do estuário, esse mapeamento utilizou imagens dos satélites Landsat 5, Quickbird II e Kompsat 2 e cobrem o período entre os anos de 1988 e 2008. O mapeamento mostrou que as ilhas existentes no estuário sofreram grandes mudanças no período de estudo, ao todo ocorreu um aumento de 31,5 hectares na área ocupada por vegetação de manguezal nas ilhas do estuário. O período de maior crescimento foi o período entre 1992 e 2003 onde ocorreu um aumento de 6 hectares com uma velocidade de 2,1 hectare por ano. Além do mapeamento foi realizada uma estimativa de carga de sedimento dos diversos usos do solo na bacia hidrográfica do baixo estuário, essa estimativa mostrou que as principais atividades que contribuem com sedimento para o estuário é a agricultura (282.322 t/ano), sendo os principais contribuintes as plantações de feijão, de mandioca e as de milho. Seguem-se as áreas urbanas (115.076 t/ano), as fazendas de camarão (13.475 t/ano) e a pecuária (1.374 t/ano). Ao contrário de todas as outras atividades encontradas na área de estudo, o cultivo de camarão é a única atividade em que a carga de sedimento é lançada diretamente no estuário. A granulometria dos testemunhos mostrou um predomínio de areias sobre as outras classes, além disso, mostrou que em um mesmo testemunho podem existir diversos tipos de sedimento, havendo camadas com grande quantidade de silte e argila e camadas formadas basicamente de grãos mais grosseiros, a aparência semelhante com os sedimentos retirados das margens aponta as diversas áreas de erosão encontradas espalhadas pelas margens do rio como uma possível fonte de grande importância dentro desse contexto.

PALAVRAS-CHAVE: Sedimentologia. Geoprocessamento. Alterações ambientais.

Abstract

The Jaguaribe river is the river with the biggest watershed of Ceará and has a catchment area of 75,000 km² which occupies over 50% of the state, however, land use changes that occurred in the watershed of this river and global climate change could be causing the decrease of the depth of the estuary which can make impossible for ship to navigate in the estuary and affect the aquatic fauna. The focus of this study is the deposited sediment in islands within the estuary and the surrounding areas which were considered as possible sources of sediment to these islands. The sampling plan consisted in 6 point within the estuary of the Jaguaribe river where were taken sediment cores and further 8 points where were taken superficial sediment from the bottom of the river, from areas in the margin of the estuary and from the dune fields near the estuary. The sampling locals were chosen based on the mapping of the estuary, this mapping used images from the satellites Landsat 5, Quickbird II and Kompsat 2 and cover the period of time between the years of 1988 and 2008. This mapping showed that the existing islands in the estuary suffered great changes during this period, overall there was an increase of 31.5 hectares in the area colonized by mangrove vegetation in the islands. The period of greatest growth was the period between 1992 and 2003 where there was an increase of 6 hectares with a speed of 2.1 hectare per year. In addition to mapping was performed an estimative of sediment load from various land uses in the watershed of the lower estuary, the estimative showed that the main activities that contribute sediment to the estuary is agriculture (282,322 t / year), with the main contribution being from plantations of beans, cassava and corn. Following are the urban areas (115,076 t / year), the shrimp farms (13,475 t / year) and livestock (1,374 t / year). Unlike all the other activities found in the study area, shrimp farming is the only activity in which the sediment load is released directly into the estuary. The diameter of the sediment from the samples showed a predominance of sand on the other classes and also showed that in a same profile may be different types of sediment, with layers with large amounts of silt and clay and layers formed primarily of coarser grains, the appearance of this sediment is similar from the sediment removed from the margin of the estuary and indicates that the several areas of erosion found scattered along the margin of the river may be possible source of great importance within this context.

KEYWORDS: Sedimentology. Geoprocessing. Environmental Changes.

Lista de Figuras

01 Chuvas médias anuais nas estações de Aracati e Limoeiro do Norte com destaque para as chuvas dos meses de Setembro, Outubro e Novembro	03
02 Vazões e as chuvas históricas na cidade de Tabuleiro do Norte	04
03 Distribuição dos manguezais no mundo	07
04 Três gerações de mangue colonizando uma área do rio Jaguaribe	09
05 Classificação de estuários de acordo com a salinidade	10
06 Campo de dunas na margem direita do estuário do rio Jaguaribe	16
07 Tipos de Dunas	17
08 Aumento da maior fazenda de carcinicultura do Jaguaribe entre os anos de 2005 e 2008 .	19
09 Mapa com a localização dos pontos de amostragem dos testemunhos (numerados) e das amostras superficiais no estuário do rio Jaguaribe	23
10 Precipitações médias históricas para o baixo Jaguaribe, onde se observa claramente o aspecto sazonal da distribuição das chuvas	24
11 Composições de imagens LANDSAT nas escalas de cores RGB 321, 432 e 543	26
12 Testemunhos retirados das ilhas fluviais do rio Jaguaribe	28
13 Tabela de comparação visual de arredondamento e esfericidade da areia	31
14 Velocidade de deposição dos sedimentos (ha/ano) no estuário do rio Jaguaribe	33
15 Alterações que ocorreram na região da Ilha do Pinto, no estuário do rio Jaguaribe – CE, entre os anos de 1988 e 2008	34
16 Praia mais ao sul da Ilha do Pinto (ilha número 1) em dois momentos distintos (outubro de 2009 e em agosto de 2010) mostrando a colonização da margem pelo mangue	35
17 Mapa com as alterações ocorridas nas ilhas localizadas no estuário do rio Jaguaribe – CE, entre os anos de 1988 e 2008	36
18 Instalação de um muro de pedras na parte sul da ilha para impedir a erosão e a ocupação pelo mangue em uma praia na parte norte da ilha no estuário do rio Jaguaribe, CE	37

19 Mapeamento das alterações nas ilhas em Aracati localizadas no estuário do rio Jaguaribe – CE, entre os anos de 1988 e 2008	38
20 Ilha em frente à Aracati	39
21 Parte mais ao sul da Ilha com destaque para as árvores caídas devido à erosão	39
22 Comparação entre as imagens de satélite do ano de 1988 (dir.) e 2008 (esq.) da porção média do estuário do rio Jaguaribe, CE	40
23 Fotos do local mostram árvores caídas dentro do estuário na porção média do estuário do rio Jaguaribe, CE	40
24 Erosão na margem do rio Jaguaribe provocada pelos efluentes da carcinicultura	42
25 Histograma do Testemunho 01 coletado no estuário do rio Jaguaribe, CE	44
26 Morfologia dos grãos retirados das camadas de 0 até 38 cm (A), 38 até 72 cm (B), 72 até 95 cm (C), 95 até 123 cm (D) e 123 até 133 cm	45
27 Histograma do Testemunho 02 coletado no estuário do rio Jaguaribe, CE	47
28 Morfologia dos grãos retirados das camadas de 0 até 28 cm (A), 28 até 112 cm (B), 112 até 140 cm (C), 140 até 145 cm (D)	47
29 Histograma do Testemunho 03 coletado no estuário do rio Jaguaribe, CE	49
30 Morfologia dos grãos retirados das camadas de 0 até 24 cm (A), 24 até 44 cm (B), 44 até 57 cm (C), 57 até 92 cm (D)	49
31 Histograma do Testemunho 04 retirado do estuário do rio Jaguaribe, CE	50
32 Morfologia dos grãos retirados das camadas de 0 até 35 cm (A), 35 até 74 cm (B), 74 até 102 cm (C), 102 até 140 cm (D)	51
33 Histograma do Testemunho 05 retirado do estuário do rio Jaguaribe, CE	52
34 Morfologia dos grãos retirados das camadas de 0 até 10 cm (A), 10 até 20 cm (B), 20 até 30 cm (C), 30 até 40 cm (D), 40 até 70 cm (E), 70 até 80 cm (F) e 80 até 130 (G)	53
35 Histograma do Testemunho 06 coletado no estuário do rio Jaguaribe, CE	55
36 Morfologia dos grãos retirados das camadas de 2 até 20 cm (A), 20 até 42 cm (B), 42 até 45 cm (C) e 45 até 120 cm (D)	55
37 Histograma das amostras superficiais de fundo de rio retiradas do estuário do rio Jaguaribe, CE	57
38 Morfologia dos grãos retirados do fundo do estuário em Fortim (A), Raimundinho (B), Aracati (C) e Itaiçaba (D)	58

39 Histograma das amostras superficiais de fontes na margem do estuário do rio Jaguaribe, CE	59
40 Morfologia dos grãos retirados das dunas (A), das falésias (B), da planície fluvio-marinha (C) e da planície fluvial (D)	60
41 Distribuição de silte e argila dentro do Testemunho 01	61
42 Distribuição de silte e argila dentro do Testemunho 02	62
43 Distribuição de silte e argila dentro do Testemunho 03	62
44 Distribuição de silte e argila dentro do Testemunho 04	63
45 Distribuição de silte e argila dentro do Testemunho 05	63
46 Distribuição de silte e argila dentro do Testemunho 06	64
47 Distribuição da matéria orgânica (%) no Testemunho 01	65
48 Distribuição da matéria orgânica (%) no Testemunho 02	66
49 Distribuição da matéria orgânica (%) no Testemunho 03	66
50 Distribuição da matéria orgânica (%) no Testemunho 04	67
51 Distribuição da matéria orgânica (%) no Testemunho 05	68
52 Distribuição da matéria orgânica (%) no Testemunho 06	68
53 Distribuição da matéria orgânica (%) nas amostras superficiais de fundo do estuário	69
54 Distribuição da matéria orgânica (%) nas amostras superficiais da margem do estuário ..	70

Lista de Tabelas

01 Áreas em hectare das ilhas fluviais do rio Jaguaribe e as respectivas alterações no período de 1988 a 2008	32
02 Estimativa de emissão de sedimento pelas fazendas de camarão no estuário do rio Jaguaribe, CE	41
03 Estimativa de emissão de sedimento para cada uso do solo no estuário do rio Jaguaribe ..	43
04 Formato dos grãos do Testemunho 01	46
05 Formato dos grãos do Testemunho 02	48
06 Formato dos grãos do Testemunho 03	50
07 Formato dos grãos do Testemunho 04	52
08 Formato dos grãos do Testemunho 05	54
09 Formato dos grãos do Testemunho 06	56
10 Formato dos grãos das amostras de fundo	58
11 Formato dos grãos das amostras da margem	61

Sumário

1. Introdução	01
2. Referencial Teórico	01
2.1 Alterações climáticas globais	01
2.2 Alterações hidrológicas no rio Jaguaribe	03
2.3 Acúmulo de sedimento dentro do estuário	05
2.4 Manguezais	06
2.5 Caracterização e classificação dos estuários	09
2.6 Transporte de sedimento no estuário	11
2.6.1 Transporte eólico	11
2.6.2 Marés	12
2.6.3 Correntes de deriva	13
2.6.4 Transporte de carga sedimentar em rios	13
2.7 Fontes de sedimento para o estuário	14
2.7.1 Grupo Barreiras	14
2.7.2 Dunas	15
2.7.3 Urbanização	17
2.7.4 Uso Agrícola e Pecuária	18
2.7.5 Carcinicultura no Jaguaribe	18
3. Objetivos	21
4. Área de estudo	22
4.1 Localização e acesso	22
4.2 Caracterização geológica e geomorfológica da região	22
4.3 Caracterização climática da região	24
4.4 Aspectos hidrológicos	25
5. Materiais e Métodos	25
5.1 Tratamento das imagens e mapeamento	25

5.2 Estimativa de carga de sedimento para o estuário	26
5.3 Testemunhos	27
5.4 Sedimento superficial	28
5.5 Granulometria	29
5.6 Cálculos estatísticos dos padrões granulométricos	29
5.7 Representação gráfica das análises granulométricas	30
5.8 Análise morfométrica dos grãos	30
5.9 Relações entre arredondamento e esfericidade	31
5.10 Matéria Orgânica dos (MO) sedimentos	31
6. Resultados	32
6.1 Aumento de área das ilhas	32
6.2 Erosão das margens do rio Jaguaribe	39
6.3 Estimativas de carga de sedimento para o estuário	41
6.4 Granulometria e morfometria	44
6.4.1 Testemunho 1	44
6.4.2 Testemunho 2	46
6.4.3 Testemunho 3	48
6.4.4 Testemunho 4	50
6.4.5 Testemunho 5	52
6.4.6 Testemunho 6	54
6.4.7 Amostras superficiais de fundo de rio	56
6.4.8 Amostras de sedimento superficial da margem do rio	58
6.5 Distribuição de Silte e Argila nos testemunhos	61
6.6 Distribuição da Matéria Orgânica	65
6.6.1 Testemunho 01	65
6.6.2 Testemunho 02	64
6.6.3 Testemunho 03	66

6.6.4	Testemunho 04	67
6.6.5	Testemunho 05	67
6.6.6	Testemunho 06	68
6.6.7	Fundo do estuário	69
6.6.8	Amostra das margens	69
7.	Discussão	70
7.1	Mapeamento	70
7.2	Estimativa de sedimento	71
7.3	Granulometria e Morfometria dos grãos	71
7.4	Matéria Orgânica	72
8.	Conclusões e Recomendações	73
9.	Referências Bibliográficas	74

1. Introdução

As mudanças climáticas globais atraem, atualmente, a atenção de toda a sociedade, principalmente devido ao grande número de notícias recentes ligadas a eventos climáticos extremos, porém, avaliar com maior precisão a dimensão desses impactos na paisagem natural continua sendo um grande desafio.

Devido a esse fato, os estudos de indicadores ambientais vêm ganhando importância, no estado do Ceará, por exemplo, estudos buscaram, através da distância percorrida pelas dunas nos períodos de seca, averiguar alterações no regime de chuvas e ventos, infelizmente, estudos com esse tipo de indicador não permitem avaliações de mais do que algumas dezenas de anos devido ao fato de que os traços deixados pelo movimento das dunas são eventualmente cobertos pela duna seguinte (Lacerda *et al*, 2010).

Uma característica importante desse estudo está em ser localizado em um dos ambientes que reage com maior rapidez às alterações climáticas, que é a região estuarina de um rio localizado no semi-árido, uma vez que as suas características dependem de diversos fatores ligados ao clima como o nível do mar, a frequência das chuvas e a vazão dos rios. Todos esses fatores influenciam de alguma forma na estabilidade desse tipo de ambiente.

Porém, por ser o destino final dos materiais gerados em sua bacia de drenagem, perceber se as alterações ocorridas no estuário são frutos de alterações globais ou alterações humanas regionais pode ser muito complicado. Sendo assim, esse estudo busca métodos de traçar as alterações ocorridas no estuário do rio Jaguaribe até a sua fonte, seja ela humana ou natural.

2. Referencial Teórico

2.1 Alterações climáticas globais

A definição oficial do IPCC (2007) para as mudanças climáticas é a de que elas são mudanças que ocorrem nas condições normais do clima e que tenham grande duração, seja devido a processos naturais ou antrópicos. Segundo esse mesmo relatório, o aquecimento dos sistemas terrestres é inequívoco uma vez que é evidente o aumento das temperaturas médias da atmosfera e dos oceanos, o derretimento de reservatórios de neve e gelo e a elevação do nível médio dos oceanos.

Segundo o IPCC (2007), as elevações do nível do mar se deram em uma taxa média de 1,8 mm por ano de 1961 até 2003, porém, se o estudo da elevação do nível do mar for limitado ao período após o ano de 1993, essa média sobe para 3,1 mm por ano. A partir dessa

data a expansão térmica dos oceanos contribuiu com cerca de 57% das contribuições individuais para o aumento do nível do mar, seguida pelo derretimento de geleiras, com 28% e por fim o derretimento das calotas polares que contribui com o restante.

No caso do Nordeste brasileiro, o IPCC estima que até a metade do século deverá ocorrer uma diminuição de 10 a 30% no *runoff* continental devido à diminuição das chuvas e do aumento nas taxas de evaporação. Também é previsto um aumento nas áreas afetadas por secas, o que pode causar impactos na agricultura, suprimento de água para consumo e energia.

Existem alguns estudos que mostram essa tendência, Moncunill (2006) obteve dados de estações pluviométricas espalhadas por todo o estado e mostrou que desde 1961 até 2003 ocorreu uma diminuição de aproximadamente 6% ao ano. Segundo o autor, essa tendência é geral e só não ocorre em regiões onde o relevo proporciona condições para a ocorrência de uma maior quantidade de chuvas.

Essa tendência de diminuição de chuvas também foi encontrada por Dai *et al* (2009). Os autores utilizaram bases de dados de vazão e, com o auxílio de modelos de fluxos, conseguiram levantar uma série de dados de vazão contínua que remete ao ano de 1948 dos 925 maiores rios do mundo, cobrindo cerca de 80% da área de drenagem do planeta e cerca de 73% do *runoff* global. Os resultados indicaram uma diminuição da vazão em todas as bacias de drenagem, com exceção daquelas com grande influência das geleiras. Segundo o autor a diminuição das vazões se deve a gradual alteração do clima do planeta em direção a um clima mais quente e seco e que o aumento das vazões das bacias de drenagem com geleiras é causado pelo aumento na taxa de derretimento destas.

Os dados desses autores condizem com que foi encontrado por Lacerda *et al* (2010) que, ao utilizar dados da ANA de 1970 até 2009 obtidos de estações localizadas nas cidades de Aracati e Limoeiro do Norte (ambas localizadas na Bacia Hidrográfica do Rio Jaguaribe) percebeu uma tendência negativa nos índices pluviométricos, além de uma diminuição clara desses índices nos meses que são considerados os picos dos períodos de seca (Setembro e Outubro). Nesse período ocorreu uma diminuição de valores de 40 e 60 mm na década de 70 para valores abaixo dos 20 mm na década de 90. Em Limoeiro do Norte esses valores estavam entre 7 e 15 mm, porém, desde o início dos anos 80 só ocorreram três precipitações, todas abaixo de 3 mm (Figura 01).

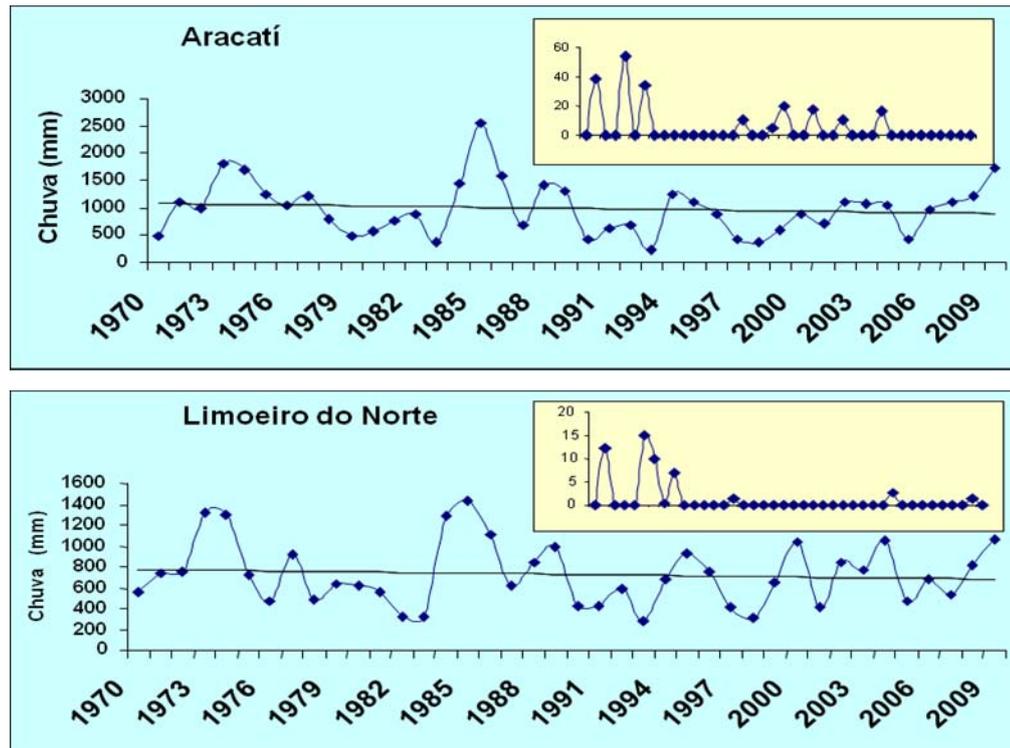


Figura 01: Chuvas médias anuais nas estações de Aracati e Limoeiro do Norte com destaque para as chuvas dos meses de Setembro, Outubro e Novembro. Fonte: Modificado de Lacerda et al (2010)

As principais causas da diminuição da chuva percebida por esses autores provavelmente são consequência de processos atmosféricos e oceânicos de escala global. Segundo Chiang e Koutavas (2004) esses processos produzem alterações na migração da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) que não migra suficientemente para o sul não atingindo o Nordeste Brasileiro que, por sua vez, tem estações chuvosas mais fracas do que o normal. Sabe-se também que os fenômenos El Niño e La Niña, iniciados no Oceano Pacífico, também afetam o regime de chuvas no Nordeste brasileiro, do outro lado da América do Sul, diminuindo ou aumentando o deslocamento da ZCIT para o norte. Essas mudanças observadas nos padrões climáticos podem afetar substantivamente a geomorfologia costeira e podem ser potencializadas por mudanças em escalas regionais, como as alterações no uso do solo.

2.2 Alterações hidrológicas no rio Jaguaribe

O rio Jaguaribe é o rio com a maior bacia hidrográfica do Ceará. Possui uma bacia hidrográfica de 75 mil Km² que ocupa mais de 50% do estado. Devido a sua grande importância, o Jaguaribe é um rio bastante estudado. Dias *et al* (2009) analisou as vazões do rio e concluiu que este possui dois padrões distintos quanto ao seu comportamento. O autor percebeu que ao longo dos anos houve uma alteração significativa nas suas vazões devido às

construções dos diversos açudes existentes. No mesmo estudo, mostrou-se que, devido à menor vazão, ocorre o surgimento de diversos bancos de areia no estuário do Jaguaribe

Em um artigo sobre os vetores responsáveis pelas alterações ocorridas nos manguezais nordestinos, Lacerda *et al* (2006a) afirma que estes resultam da interação de um conjunto de fatores. Esses fatores variam desde o represamento das águas fluviais ocasionado pelos diversos açudes existentes até a diminuição em até 10% nas taxas de chuva, o aumento do nível do mar que causam uma maior penetração da água salgada em direção ao interior do continente e, conseqüentemente, uma diminuição da capacidade do rio de exportar sedimentos.

Essa alteração nas vazões do rio pode ser percebida pela análise dos dados da Agência Nacional de Águas (ANA) referentes às estações localizadas em Tabuleiro do Norte, nas margens do rio Jaguaribe. Percebe-se no gráfico da Figura 02 que o rio apresentava nas décadas de 70 e início da década de 90 uma vazão que seguia o comportamento das chuvas, com períodos de baixa vazão seguidos por diversos períodos de picos que podiam alcançar 1.000 m³/s. A partir do fim da década de 90, com a construção dos maiores açudes, essa vazão passa a ter menor variação ao longo do ano, com exceção em com elevada precipitação, como foi o caso de 2008 e 2009, quando o açude Castanhão foi obrigado a abrir as comportas para evitar danos à barragem. Nesses anos, os picos de vazão podem ultrapassar os que existiam anteriormente.

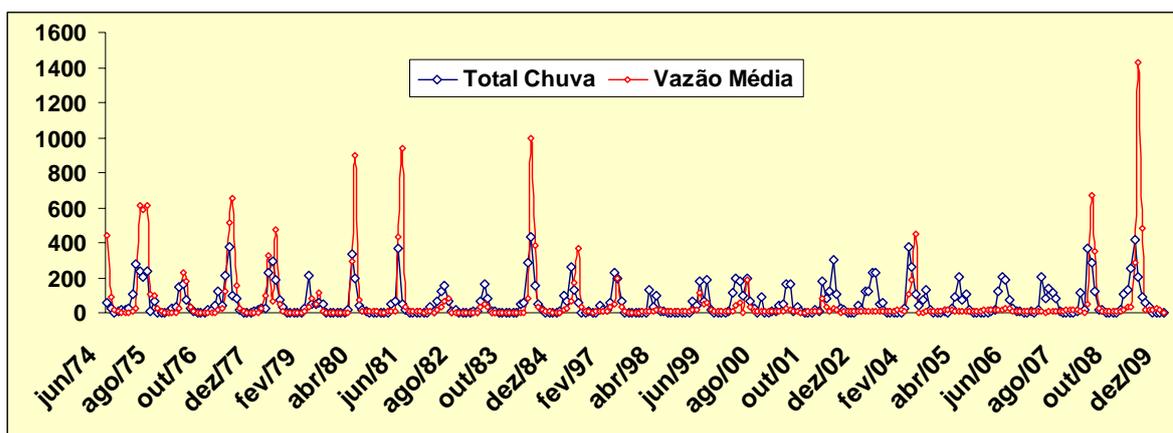


Figura 02: Vazões (m³/s) e as chuvas históricas (mm) na cidade de Tabuleiro do Norte. Fonte dos dados: ANA (2010).

Os açudes desempenham atualmente um papel importante no controle da vazão do rio Jaguaribe. Segundo a Secretaria Estadual de Recursos Hídricos (SRHCE, 2010) a Bacia Hidrográfica do Rio Jaguaribe, que é dividida em cinco bacias hidrográficas (Alto Jaguaribe, Médio Jaguaribe, Baixo Jaguaribe, Banabuiú e Salgado), possui 87 açudes de grande e médio

porte. Esses têm como objetivo fornecer água tanto para as pessoas quanto para a manutenção das atividades econômicas que ocorrem na região. Segundo Marins *et al* (2003a) e Marins *et al* (2002) esses barramentos fizeram com que o rio Jaguaribe se tornasse um dos rios com menor taxa de transporte de material sólido do mundo (aproximadamente 2 t.km².ano). A baixa capacidade de transporte do rio faz com que a maior parte do sedimento seja retido dentro do estuário antes de ser liberado para o mar. A taxa de deposição estuarina varia de 600 a 26.000 t.km².ano⁻¹, no período de maior aporte fluvial, e de 32 a 450 t.km².ano⁻¹, no período de seca.

Ainda segundo a SRHCE (2010), o açude castanhão é o maior açude existente no estado do Ceará com uma capacidade de 6,7 bilhões de m³ e foi completamente inundado em 2004. Segundo Grossi (2009), o açude possui 325 quilômetros quadrados e faz com que a vazão média do Jaguaribe seja mantida, em média, na ordem de 10 m³/s, nos períodos de estiagem, e em 5 m³/s, em períodos de chuva. Ainda segundo o autor, o açude do castanhão seria responsável por uma retenção de cerca de 97% do volume de materiais particulados em suspensão durante os períodos de chuva, retendo em média 17,430 toneladas de material, sendo parte desse material (cerca de 6%) liberada para o estuário durante os períodos de seca.

2.3 Acúmulo de sedimento dentro do estuário

Os fatores abordados anteriormente mostram uma clara diminuição na vazão do rio Jaguaribe, tanto por motivos locais quanto por motivos de escala global, essa diminuição da vazão do rio faz com que os sedimentos que antes eram exportados para a foz e para as regiões de praia adjacentes fiquem armazenados dentro do próprio estuário causando um processo acelerado de assoreamento.

Esse processo foi percebido em outros estuários. Menezes (2006) realizou um estudo sobre o aumento de manguezais no rio Pacotí e percebeu que, além da colonização do manguezal em antigas áreas de salinas, os manguezais também ocupavam áreas de engordamento de ilhas e praias. Segundo esse autor, ocorreu entre 1958 e 1999, o surgimento de seis novas ilhas no estuário do Pacotí. Essas novas áreas eram prontamente ocupadas e fixadas por árvores de manguezal, o que fez com que a área dos manguezais, que em 1958 era de 0,71 km², atingisse 1,42 km² em 1999. Após esse período, as áreas de manguezais continuaram a sua expansão, atingindo 1,44 km² em 2004 (Lacerda *et al*, 2007).

Estudando o rio Jaguaribe, Dias (2007) afirmou que a diminuição do aporte de água doce por causa das barragens provoca o surgimento de novas áreas de sedimentação, promovendo o assoreamento do rio em alguns trechos. O autor ainda diz que, este processo de

sedimentação, ao longo do estuário do Jaguaribe, vem dificultando a navegação, restringindo a mesma à apenas dois canais principais de acesso ao estuário, que, por sua vez também já se encontram em processo de assoreamento.

Um estudo realizado por Marins *et al* (2003a) mostrou que mesmo em anos atípicos e com alta pluviosidade, a subida da maré ocasiona o aumento do material particulado dentro do estuário e a diminuição do índice de oxigênio dissolvido na água. Isso é uma evidência de que a entrada de água marinha provoca a erosão e a ressuspensão de sedimentos do fundo, além da erosão da margem do estuário, criando novas áreas de sedimentação que são eventualmente colonizadas por mangues.

A menor vazão do rio faz com que uma quantidade menor de sedimentos chegue à foz. Farias *et al* (2008) utilizou imagens de satélite de diversos anos e mapeou a desembocadura do rio Jaguaribe. Segundo o autor, o lado esquerdo da foz do Jaguaribe está sofrendo processo de erosão de, em média, 0,83 m/ano devido ao déficit sedimentar. O lado direito da foz do rio tem sofrido um aumento médio de 0,77 m/ano. Segundo os autores, além do déficit sedimentar, a dinâmica costeira e o transporte eólico, variando em função da direção da deriva litorânea atuam preponderantemente empurrando a foz do rio Jaguaribe para leste provocando erosão na margem esquerda, destruindo casas localizadas próximas às margens do rio.

Outros autores também realizaram trabalhos que evidenciam essas alterações. Marins *et al* (2007) mostrou através da datação com ^{210}Pb que houve a criação de novas zonas de sedimentação na região do Baixo Jaguaribe juntamente com um aumento na salinidade da água (evidenciada por sedimentações carbonáticas) e uma alta concentração de fósforo advindo de atividades antrópicas que aumenta o risco de eutrofização do estuário.

2.4 Manguezais

Manguezais são formações florestais de vegetação de mangue que cobrem uma área estimada de 15 milhões de hectares no mundo todo (Lacerda & Diop, 1993) e sua presença, a nível global, restringe-se a zona intertropical, entre as latitudes 30° N e 30° S. São limitados pela isoterma de 20°C de temperatura da água do mar (Figura 03), que, por sua vez é controlada pelas correntes marinhas e que pode oscilar entre o inverno e o verão (Spalding *et al*, 1997).

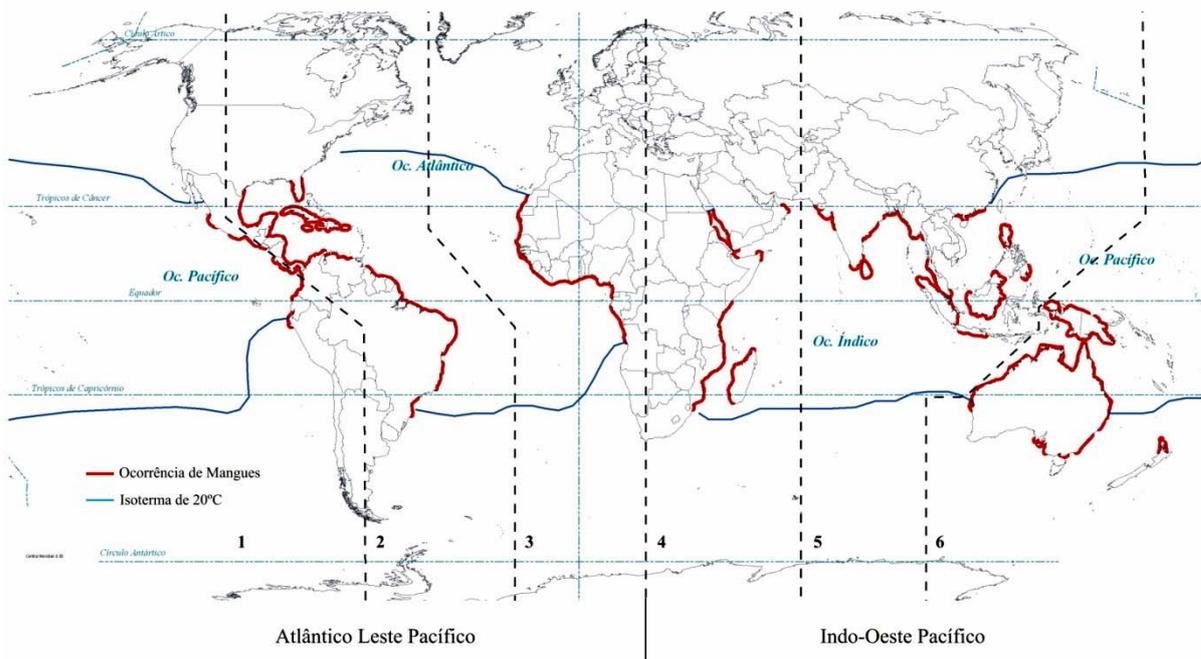


Figura 03: Distribuição dos manguezais no mundo. Fonte: Spalding *et al*, 1997.

Os manguezais possuem diversas funções, entre elas constam: fonte de detritos (matéria orgânica) para as águas costeiras adjacentes, constituindo a base da cadeia trófica de espécies de importância econômica e/ou ecológica; área de abrigo, reprodução, desenvolvimento e alimentação de diversas espécies; ponto de pouso para aves migratórias; proteção da linha de costa; controle de vazão e prevenção de inundações e proteção contra tempestades (Carvalho Neta, 2007).

Segundo Herz (1991), os manguezais no Brasil se distribuem por cerca de 92% da costa (± 6.800 km), estendendo-se do extremo norte no Oiapoque, Estado do Amapá ($4^{\circ}30'N$), até seu limite sul na Praia do Sonho, em Santa Catarina ($28^{\circ}53'S$). No Brasil existem quatro espécies principais de vegetação de manguezal, são essas: *Rhizophora*, *Avicennia*, *Lagunculária* e *Conocarpus*. No estado do Ceará, esta associação é bastante marcante apresentando variações que são regidas pelas condições ambientais locais, que podem variar ao longo da costa, e pelas características de uso das respectivas bacias hidrográficas, que também impõem condições para o habitat da fauna e flora dos mangues.

Em um mapeamento das áreas de manguezais entre os estados do Piauí e Pernambuco, utilizando imagens de satélite de 1999 até 2004, Maia *et al* (2006) comparou seus resultados com os resultados publicados por Herz (1991), que utilizou as fotocartas editadas pelo projeto RADAMBRASIL (1978). O resultado desse mapeamento mostrou um aumento nas áreas de manguezais de $444,05$ km² para $610,06$ km², ou seja, um aumento de 37,4% em um período de 25 anos.

O aumento dos manguezais no Nordeste está longe de ser um fato isolado. Lara *et al* (2002) realizou um estudo em Bragança, no estado do Pará, em que aferiu o avanço da vegetação de manguezal sobre a área de vegetação rasteira localizada dentro de uma fazenda. Segundo o autor, de 1972 até 1997, houve um aumento de 36% da área do manguezal, totalizando um aumento de 3,2 km².

Diversos pesquisadores em outras partes do mundo também encontraram fenômenos semelhantes, como é o caso de New South Wales, na Austrália. Nessa região, Wilton (2002) realizou um estudo em nove localidades, das quais, somente uma mostrava uma diminuição na área de manguezal, enquanto nas demais os manguezais aumentaram em detrimento de outras espécies de vegetação.

Nos Estados Unidos, um estudo realizado na Flórida (Ross *et al*, 1994) mostra uma substituição de “pine forests” por manguezais devido à salinização do solo causado por um aumento do nível do mar de 15 cm ao longo de 70 anos. Segundo o autor, a área original de “pine forests” de *Sugarloaf Key* era de 88 ha, no ano de 1991, tendo a mesma sido reduzida para 30 ha.

No caso específico do rio Jaguaribe, Monteiro (2005) relatou que a área de manguezal existente no estuário em 1978 era de 11,19 km² e que, em 2002, essa área aumentou para 11,64 km². Segundo o autor, as áreas de crescimento de mangue do rio Jaguaribe são também impostas pelo sistema de deposição de sedimentos oriundos das barreiras laterais que são erodidas. O material inconsolidado é retrabalhado pelo rio até que se forma um banco de areia, com cota topográfica situada entre as oscilações de marés.

Em outro estudo tendo a foz do rio Jaguaribe como objeto, Carvalho Neta (2007) encontrou um aumento de 13% nas áreas dos manguezais, sendo que no ano de 1968 a área de manguezais na foz era de 5 km² e no ano de 2004 era de 6 km² (Figura 04). Segundo a autora o aumento das áreas dos manguezais deve-se à erosão das flechas litorâneas e da erosão das falésias pertencentes à Formação Barreiras.



Figura 04: Três gerações de mangue colonizando uma área do rio Jaguaribe. Fonte: Acervo do autor.

2.5 Caracterização e classificação dos estuários

Estuários são corpos d'água costeiros, semiconfinados, onde ocorre a mistura de água doce, vinda do continente, com a água salgada do oceano. A ação das marés, ventos, ondas e a introdução de água doce dos rios, produzem gradientes de densidade que determinam os processos de circulação estuarina. Além disso, a circulação no interior do estuário é também influenciada pelo tamanho e forma da bacia de drenagem (Pitchard, 1967 apud Silva, 2004).

Os estuários servem como depósito dos sedimentos de origem fluvial, da plataforma interna e das áreas costeiras adjacentes e, portanto, são ambientes que serão, na escala de tempo geológico, extintos rapidamente, sendo transformado em planícies costeiras emersas ou em sistemas deltaicos.

O ambiente estuarino pode ser dividido em três zonas, resultando da interação da maré e descarga fluvial, sendo elas: zona estuarina fluvial, onde a salinidade é sempre menor que 1, e os efeitos da maré são observados; zona estuarina média, onde a salinidade varia de 1 a 35, e ocorre intensa mistura das águas oceânicas com as águas fluviais; e, zona estuarina costeira, onde a salinidade é igual a salinidade do oceano.

Segundo Silva (2004), as variações entre o volume de descarga fluvial e a amplitude das marés, além de fatores como ondas e ventos, promovem alterações nos padrões de

circulação dos estuários, permitindo a sua classificação de acordo com a forma em que se dá a mistura das águas oceânicas com a fluvial (Figura 05).

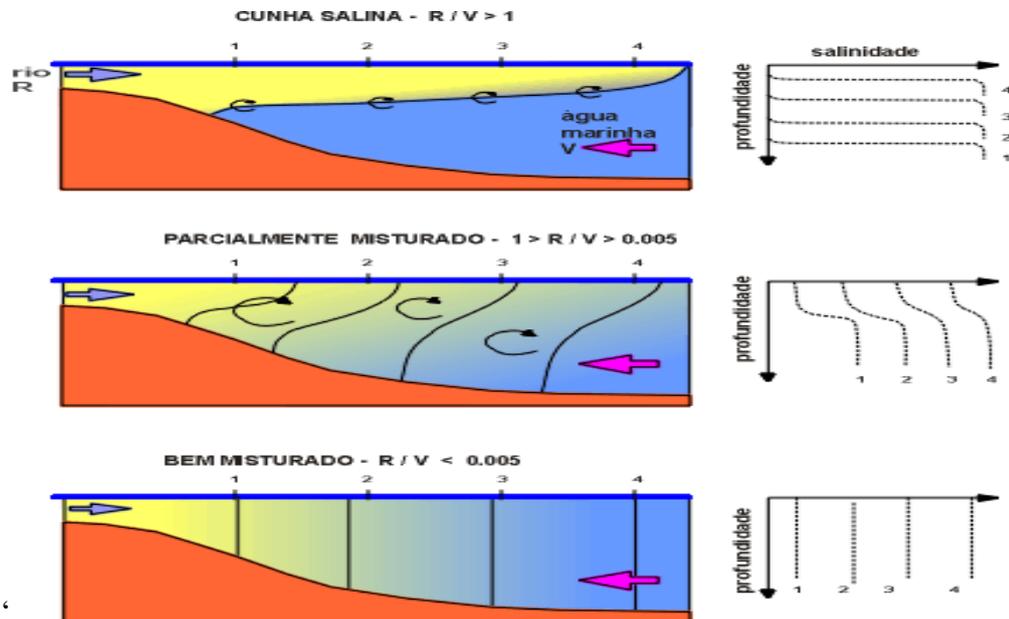


Figura 05: Classificação de estuários de acordo com a salinidade.

Fonte: http://www.cpgg.ufba.br/~glessa/estuário/introducao/texto_inicial.html.

Estuários de cunha salina são aqueles dominados pelo rio. Nesse tipo de estuário, a salinidade da água de superfície é bem menor que a salinidade da água de profundidade, apresentando uma diferença acentuada no perfil vertical de salinidade. Nesse tipo de estuário, a maioria do sedimento trazido pelo rio é exportada para as regiões oceânicas através da camada superior da água.

Estuários dominados pelas correntes de maré e pelas ondas são denominados totalmente misturados devido aos efeitos de turbulência existentes dentro do estuário. Nesse tipo de estuário, o perfil vertical de salinidade é homogêneo, só variando de acordo com a distância em relação ao oceano.

Quando as duas forças possuem influências comparáveis na mistura das águas, o estuário é classificado como parcialmente estratificado e a mudança na salinidade se dá de maneira gradativa, tanto horizontalmente quanto verticalmente.

Em estuários de cunha salina e parcialmente estratificados podem ocorrer a formação de regiões com grande concentração de sedimento em suspensão. Essas regiões são chamadas de zona de turbidez máxima devido à alta concentração de material em suspensão (cerca de 100 vezes maior do que em regiões a montante e a jusante).

Em um estudo realizado por Dias *et al* (2010a) foram realizadas medições com um sistema CTD (sistema que realiza medições de condutividade, temperatura e profundidade)

dentro do estuário do rio Jaguaribe e na plataforma continental adjacente, no período de chuva e de seca com o objetivo de avaliar o comportamento das massas d'água durante esses dois períodos. De acordo com os autores, durante o período de chuvas, o rio Jaguaribe é capaz de exportar sedimentos para a plataforma sendo percebida a formação de uma pluma de sedimento de baixa salinidade que se estende até 6 km da linha de costa. Já no período de seca, essa pluma não é perceptível e o estuário é invadido pela água do mar onde se dá a mistura de água doce com a água salgada.

2.6 Transporte de sedimento no estuário

Nas seções anteriores foram abordadas as diversas transformações que se deram no entorno do estuário do rio Jaguaribe. Nessa seção é abordado como se dá o transporte gerado na bacia de drenagem do rio Jaguaribe, quais vetores controlam o transporte do sedimento dentro do estuário, e como o sedimento se comporta dentro do ambiente estuarino.

2.6.1 Transporte eólico

A erosão do solo pode ocorrer pela ação da água, da gravidade e do vento. Esse último possui uma grande importância no litoral cearense, uma vez que o relevo plano e o clima seco que caracterizam a região estabelecem condições ideais para a atuação desse tipo de agente. Portanto, apesar de ser um agente erosivo pouco efetivo, não possuindo, normalmente, a capacidade de transportar partículas muito grossas, o vento no litoral do Ceará encontra o ambiente ideal para a criação de campos de dunas, que se constituem em importantes fontes de sedimento para os estuários da região, a seguir serão abordados os modos como as partículas são transportadas pelo vento.

a) Transporte de poeira: essas são as partículas com diâmetro menor que 0,125mm. Nessa categoria estão inclusos grãos de areia muito fina, silte e argila, por serem as menores frações encontradas no solo e as mais leves, representam a maior parte do material transportado pelos processos eólicos. Segundo Sigolo (2003), quando essas partículas são removidas do local de origem são postas em suspensão por longos períodos de tempo e, assim, podem ser transportadas por grandes distâncias. Nessa situação, diz-se que as partículas estão em suspensão eólica. Partículas e obstáculos maiores apresentam resistência ao vento, o que gera forte turbulência nas proximidades, e acaba fazendo com que as partículas se depositem logo após o obstáculo.

b) Transporte de areia: essas partículas possuem o diâmetro entre 0,125mm e 2mm e sofrem um transporte mais limitado, uma vez que são mais pesadas e, portanto mais difíceis

de serem levadas pelo vento. Segundo Teixeira (2003), o que ocorre com essas partículas é que o seu deslocamento se dá em pequenos “saltos” resultantes do choque da areia com o solo, e que por isso esse deslocamento é chamado de saltação.

c) Transporte de partículas maiores: esses são sedimentos com diâmetro superior a 0,5mm, e sendo uma classe constituída por areia grossa, muito grossa, grânulos e seixos. Por serem partículas muito pesadas, seu deslocamento é muito restrito e quase nunca grãos desses tamanhos são encontrados em dunas. Seu transporte é denominado de arrasto, uma vez que o vento não possui força suficiente para levantar essas partículas do chão.

Na região do rio Jaguaribe, o transporte de sedimento pelo vento pode atingir até 600.000 m³ por ano (Valentini, 1996), fazendo desse tipo de sedimento uma fonte importante de sedimento para a região da foz e do baixo estuário.

2.6.2 Marés

As marés são formadas pela ação combinada de forças de atração gravitacional entre a Terra, Lua e Sol, e por forças centrífugas geradas pelos movimentos de rotação em torno do centro de massa do sistema Sol-Terra-Lua que se localiza no interior do planeta (Silva *et al*, 2004).

Existem variações significativas dos ciclos de maré de local para local, caracterizadas por amplitudes de marés e períodos diferentes. Durante um intervalo de 24 horas e 50 minutos, podem ser registrados três tipos de comportamentos de marés: semi-diurnas, com duas baixa-mar e duas preamar; marés diurnas, com uma preamar e uma baixa mar; e, as marés mistas, que envolvem variações desses dois tipos. De acordo com Dias *et al* (2009), a maré no rio Jaguaribe se encaixa na classe das marés semi-diurnas.

O efeito conjugado das ações gravitacionais do Sol e da Lua exercem modificações importantes nas amplitudes de maré, sendo responsável pelos eventos de maré de sizígia e de quadratura. A primeira ocorre em períodos de lua cheia e lua nova, quando o planeta Terra, a Lua e o Sol estão alinhados; a segunda ocorre quando o sistema se encontra em oposição.

A grande importância das correntes de maré no transporte de sedimentos e, conseqüentemente, na modelagem da linha de costa faz com que a identificação das características da maré em uma determinada região seja de grande significado para o estudo dos ambientes de sedimentação costeira. O rio Jaguaribe está localizado em uma área de meso-maré (Dias *et al*, 2009), desse modo a amplitude da maré nessa região está entre 2 e 4 m e está diretamente associada ao transporte de sedimento.

2.6.3 Correntes de deriva

Quando ondas aproximam-se da costa segundo um ângulo oblíquo, uma corrente paralela à costa desenvolve-se entre a praia e a zona de arrebenção, atingindo velocidades razoáveis, entre 0,3 e 1ms⁻¹. Estas correntes estabelecem o transporte de sedimentos litorâneos, paralelamente à linha de costa, definindo o processo conhecido como deriva litorânea (Silva *et al*, 2004).

A quantificação do volume de sedimentos transportados longitudinalmente é de fundamental importância no planejamento de obras costeiras. Dependendo da intensidade do transporte, a colocação de obstáculos no sentido transversal ao fluxo de sedimentos, como os espigões encontrados em Fortaleza e Olinda, podem causar sérios problemas de erosão a jusante da direção de transporte devido à retenção de sedimento a montante do obstáculo (Muehe, 2003).

Atualmente, a exportação de sedimento do rio Jaguaribe está estimada em 60.000 toneladas por ano (Cavalcante, 2000). Esse aporte de sedimento é extremamente baixo levando em conta o tamanho da bacia de drenagem do rio e resulta em zona costeira, onde a morfologia é dominada por processos marinhos e eólicos.

2.6.4 Transporte de carga sedimentar em rios

Nos fluidos de baixa viscosidade com movimento, como no caso dos rios, os grãos mais pesados são transportados mais devagar que os leves, ou seja, quanto menor o grão, mais fácil é o seu transporte pela água. Segundo Giannini & Riccomini (2003), os principais mecanismos de transporte são: suspensão, saltação, arrasto e rolamento.

A suspensão é o carreamento ou sustentação do grão acima do fundo do rio e pode ocorrer devido à turbulência, baixa densidade ou comportamento coloidal. As duas últimas não precisam de movimento para ocorrer. A saltação é a manutenção temporária do grão em suspensão. Durante o choque do grão com o sedimento é criado um pequeno déficit que torna essa área mais suscetível a novos lançamentos. Sendo assim, esse fenômeno possui a capacidade de se automultiplicar. O arrasto é o deslocamento do grão em contato duradouro com o sedimento. Esse processo, assim como a saltação, pode afetar outros grãos. O mais comum é que ocorra um remanejamento através do empurrão dos grãos uns sobre os outros; em longo prazo, isso pode formar acúmulos sedimentares. O rolamento é a rotação do grão sobre os outros grãos do sedimento, que é facilitado quando o grão possui forma esférica.

Dependendo do tipo de material e da distância de transporte, o grão pode sofrer diversas mudanças, as mudanças físicas incluem diminuição de tamanho e o aumento do grau

de arredondamento, devido à abrasão e à quebra. Essas alterações no grão irão indicar a maturidade do sedimento (conceito que representa a experiência de um sedimento no sentido de quão intenso e prolongado foi o seu transporte). Os parâmetros físicos usados para avaliar essa maturidade são a seleção granulométrica (homogeneidade do sedimento) e o arredondamento.

2.7 Fontes de sedimento para o estuário

Assoreamento é um termo utilizado para descrever o preenchimento sedimentar de uma bacia de deposição (Suguio, 1998). Esse processo ocorre de forma natural como resultado do transporte de partículas inorgânicas ou orgânicas que, ao serem depositadas irão constituir o substrato sedimentar de diversos ecossistemas. Essa carga de sedimentos originada do intemperismo e da erosão é produto de processos naturais que atuam em escalas temporais geológicas. Porém, atividades humanas (como a urbanização e a agricultura) conseguem alterar esse regime sedimentar e causam grandes alterações nos ambientes receptores dos sedimentos.

A seguir são abordadas as diversas fontes de sedimentos que estão presentes na área do estuário do rio Jaguaribe.

2.7.1 Grupo Barreiras

Os termos “Formação Barreiras”, “Formação das Barreiras” e “Séries das Barreiras” vêm sendo usados indistintamente no Brasil para designar todas as rochas não consolidadas que recobrem o cristalino ou que parecem ter sido depositadas discordantemente sobre rochas de idade cretácea, estendendo-se, com numerosas interrupções desde o Estado do Rio de Janeiro até o Pará, e penetrando no vale Amazônico até a fronteira da Colômbia, Peru e Bolívia (Mabesoone, 1966).

No caso específico do rio Jaguaribe, a margem esquerda do estuário é dominada por falésias do Grupo Barreiras. Segundo Maia (1993), a formação do Grupo Barreiras pode ser dividida em duas etapas: A primeira etapa seria a deposição de um conjunto de leques aluviais de pequena extensão, o que é confirmado pela presença de material mais fino nas zonas mais distais, afastadas das desembocaduras das redes de drenagem.

A segunda etapa desse processo, de maior magnitude, foi responsável pela erosão dos sedimentos mais antigos, originados na primeira fase. Nesta fase, o nível do mar estava mais baixo do que durante o evento anterior, fazendo com que os sedimentos fossem depositados recobrendo parte da plataforma continental.

A deposição final da Formação Barreiras foi interrompida quando o clima passou a adquirir características mais úmidas. Este final foi concluído com o episódio transgressivo de idade pleistocênica, denominada por Bittencourt (1979) de transgressão mais antiga, e que erodiu a porção mais externa da Formação Barreiras.

2.7.2 Dunas

Dunas são formações arenosas que são formadas através do acúmulo de material de granulometria fina transportado pelo vento. Segundo Hesp (2002), as dunas podem ser formadas em diversos ambientes litorâneos: estuários, lagoas, baías semi-fechadas, e em praticamente todos os tipos de clima, do clima tropical ao ártico. Além de serem chamadas de dunas frontais, essas formações incluem: dunas embrionárias, cristas de retenção, cristas de praia, cordões de dunas paralelas e dunas transversais.

Segundo Calliari *et all* (2005), as dunas são formadas por grãos de areia, geralmente de granulometria fina que são carregadas pela força do vento e são depositadas em um local onde o mesmo encontra algum tipo de barreira, geralmente algum tipo de vegetação, ou então, quando sua força não é mais o suficiente para carregar as partículas de areia, essas vão se acumulando de acordo com o sentido preferencial do vento. As dunas podem variar de tamanho, sendo que algumas delas não passam de poucos metros de altura, enquanto dunas localizadas em deserto podem possuir dezenas de metros.

Por necessitarem de vento para serem criadas as maiores dunas são encontradas em áreas de clima seco, uma vez que o clima úmido dificulta a ação do vento como propagador dos grãos de areia. As dunas podem ser classificadas em dunas incipientes ou dunas estabelecidas, e podem variar em morfologia e em estados ecológicos.



Figura 06: Campo de dunas na margem direita do estuário do rio Jaguaribe. Fonte: acervo do autor.

No que diz respeito à classificação do sistema de dunas costeiras, Rust (1996) propõe a divisão em duas classes morfodinâmicas: dunas **retensivas** (dunas fixas) e **transgressivas** (dunas migratórias). A primeira classe é composta por tipos de dunas em que ocorre o crescimento de vegetação, e, desse modo, são praticamente estáticas. Em termos de movimentação, essas possuem uma taxa de movimento inferior a 0,25 m por ano, sendo assim, o tempo de retenção da areia nesses sistemas pode variar de décadas a milênios.

As dunas transgressivas são aquelas que, pela ausência de vegetação fixadora, apresenta uma taxa de movimento bem maior que o sistema retensivo, caso em que a taxa pode ser maior do que 100 m ao ano. Por não possuir vegetação que fixe a areia esse tipo muda de forma conforme ocorrem as mudanças na direção dos ventos.

As dunas são um ambiente de extrema importância, pois são responsáveis pelo bloqueio da ação do mar em momentos em que as ondas possuem maior energia como nas ressacas e nas marés meteorológicas. São responsáveis, ainda, por impedir a propagação das areias das regiões litorâneas para uma região mais ao interior do continente, protegendo assim cidades e campos cultiváveis. Além disso, as dunas compõem um ecossistema frágil e possuem uma fauna e flora única.

As dunas são classificadas de acordo com o seu formato, esse pode variar de acordo com três parâmetros: a) a velocidade e variação do vento predominante; b) as características da superfície percorrida pelas areias transportadas pelo vento; e, c) a quantidade de areia

disponível para a formação das dunas. As formas mais comuns são dunas transversais, barcanas, parabólicas, estrela e longitudinais.

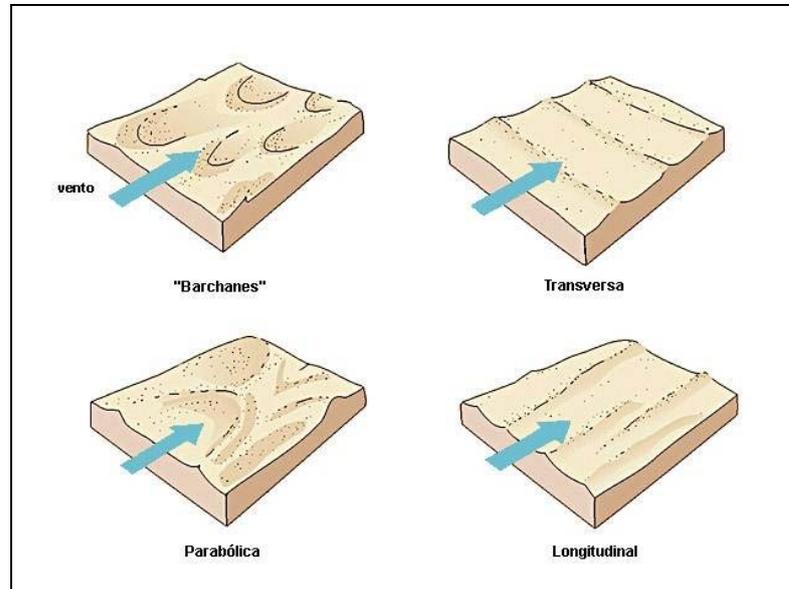


Figura 07: Tipos de Dunas. Fonte: <http://defpraiasmatosinhos.no.sapo.pt/Dunas.htm>

No caso específico do rio Jaguaribe, existe na margem direita da foz um grande campo de dunas. Segundo Maia (1993), as dunas atuais migram de NE para SW sob ação dos ventos dominantes e acabam soterrando as dunas antigas chegando a atingir alturas superiores à 60m (Figura 06). As paleodunas estão geralmente fixadas por vegetação rasteira e dispostas em cordões paralelos à linha de costa. A existência de mais de uma geração de dunas, e das outras feições encontradas no litoral formadas pelos terraços marinhos e falésias, está associada às flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário.

2.7.3 Urbanização

O crescimento urbano é um fator que influencia na entrada de sedimento para o estuário, uma vez que o desmatamento realizado para a construção de novas habitações deixa o solo descoberto facilitando que este seja carregado por chuvas e pelo vento para dentro do rio.

As áreas urbanas dos municípios de Aracati, Fortim e Itaiçaba ocupam, respectivamente, 64%, 71% e 56% da área do município, totalizando 115.076 hectares (Ceará, 2009). De acordo com Paula (2006), esses assentamentos urbanos e industriais estão localizados dentro da bacia estuarina e a população dos municípios inseridos na bacia do estuário não dispõe de rede de sistema de esgoto, logo não possuem um sistema comum de

emissão de efluentes e são enquadradas como fontes difusas de poluição. A população desses municípios perfaz um total de 79.832 habitantes, dos quais cerca de 65% vive em zonas urbanas.

No estudo de zoneamento ecológico-econômico do estado do Ceará, Maia *et al* (2006), destaca que as zonas urbanas dos municípios que abrangem a área de estudo possuem sérios problemas, tanto sócio-econômicos como falta de emprego (que gera violência, tráfico de drogas e roubos) e quanto ambientais, como o lançamento de metabisulfito no estuário que causa mortandade de espécies importantes para a economia local, a falta de um local adequado para o despejo do lixo urbano, a falta de rede de esgoto em algumas localidades, a ocupação de áreas de proteção, entre outros.

2.7.4 Uso Agrícola e Pecuária

De acordo com os dados do IBGE (2009), na atividade agrícola na região destaca-se o cultivo de castanha de caju e mandioca. Segundo Paula (2006), nas áreas de aluviões são cultivados intensamente a cana-de-açúcar e os produtos hortifrutigranjeiros, com destaque para o arroz, batata-doce, manga, coco e cítricos em geral.

No que diz respeito à pecuária, as principais produções abrangem a criação bovina, caprina, suína e de aves (Paula, 2006). De acordo com dados do IBGE (2009), a área de pastagem para o gado chega a aproximadamente 3.500 hectares. Essas áreas são especialmente problemáticas por se tratarem de áreas cobertas por capim que não possui uma grande capacidade de absorver o impacto da chuva. Além disso, o pisoteio dos animais auxilia no processo de impermeabilização do solo, facilitando o escoamento superficial e o intemperismo.

Segundo Maia *et al* (2006), as lavouras temporárias mais importantes nos municípios da área de estudo são o melão, a mandioca e a cana-de-açúcar. As lavouras permanentes mais importantes são a castanha-de-cajú, o coco-da-baía e a manga. De acordo com esse estudo, a região onde estão os municípios da área de estudo é a que possui menor quantidade de gado, sendo que a criação mais importante é a de ovinos, seguida pela de bovinos e por fim, o de caprinos.

2.7.5 Carcinicultura no Jaguaribe

A criação de camarões em viveiros é uma atividade que se desenvolve desde a década de 70. Após a década de 80, ganhou importância econômica no cenário internacional e hoje é realizada em escala industrial em mais de 50 países. No caso do Brasil, essa atividade ganhou

importância durante os anos 80 e a região nordeste se mostrou como a região mais adequada por possuir uma longa linha de costa com águas quentes o ano todo.

A carcinicultura no rio Jaguaribe começou no final da década de 80 e cresceu muito desde então. De acordo com a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME, 1989) dos 560 hectares de tanques de carcinicultura existentes no estado, 263 estavam localizados no Jaguaribe. Atualmente, a área das fazendas é de aproximadamente 2.060 hectares. Soares *et al* (2007) reportou um aumento de aproximadamente 84% das fazendas de camarão no estuário do rio Jaguaribe de 2002 a 2005, saindo de 910 hectares para 1.677 hectares. Um mapeamento para o ano de 2008 indicou uma área de 2.061 hectares



Figura 08: Aumento da maior fazenda de carcinicultura do Jaguaribe entre os anos de 2005 e 2008.

Fonte: Acervo do Autor.

O rápido crescimento da importância econômica dessa atividade torna necessária a criação de estudos sobre os seus impactos na região costeira. Em estuários onde essas fazendas foram instaladas de forma inapropriadas houve uma diminuição significativa das áreas de manguezais. No caso dos rios Timonha, Coreau, Aranaú e Mundaú, houve uma perda, entre 1999 e 2004, de 240, 20, 40 e 200 ha, respectivamente (Lacerda *et al*, 2006a).

De acordo com Figueiredo *et al* (2005), o código de conduta para criação de camarões publicado pela Global Aquaculture Alliance, em 2003, chama a atenção para dois pontos importantes: (1) a qualidade da água utilizada nas fazendas; e, (2) os possíveis efeitos causados pela renovação das águas dos tanques e pelo lançamento dos efluentes de despesca em corpos d' água receptores.

As fazendas localizadas no estuário do rio Jaguaribe são classificadas como intensivas e utilizam uma grande quantidade de rações, fertilizantes e corretivos de solo. O uso de insumos durante o cultivo faz com que não seja possível aumentar a produtividade sem que

haja um acúmulo de rações, fezes e metabolitos no fundo dos tanques. Esse material acumulado é expulso dos tanques juntamente com os efluentes podendo causar eutrofização do estuário (Figueiredo *et al*, 2005).

Em seu estudo, Figueiredo *et al* (2005) comparou a carga poluidora de 32 fazendas estudadas e o resultado encontrado foi que o efluente dessas fazendas equivale:

- A produção de esgoto de 119.508 habitantes, no que diz respeito a Sólidos Suspensos Totais.
- A produção de 9.504 habitantes, no que diz respeito à Amônia.
- A produção de 6.260 habitantes no que diz respeito à Fósforo Total.
- A produção de 53.955 habitantes no que diz respeito à DBO.

3. Objetivos

Objetivo geral:

Estudar a variação da morfologia das ilhas existentes no estuário do rio Jaguaribe, assim como determinar a origem dos sedimentos que as compõe, buscando definir os principais vetores das alterações que ocorrem atualmente no estuário.

Objetivos específicos:

- 1 – Estimar a contribuição de sedimento das diversas atividades econômicas e das coberturas do solo existentes na bacia hidrográfica para o estuário do rio Jaguaribe.
- 2 - Mapear e quantificar a variação de área das ilhas existentes no baixo estuário do rio Jaguaribe.
- 3 - Identificar as principais fontes de sedimento que contribuem para a variação na área das ilhas.

4. Área de Estudo

4.1 Localização

A área de estudo está inserida no litoral leste do estado do Ceará e está contida nos municípios de Fortim, Aracati e Itaiçaba, localizadas a uma distância de aproximadamente 125 km da cidade de Fortaleza. O acesso a área se faz pelas Rodovias Estadual CE-040 e Federal BR-116. Os testemunhos de sedimento foram retirados em seis pontos dentro do estuário na direção de Aracati até a foz como pode ser percebido no mapa da figura 09.

Os primeiros dois pontos estão localizados próximo a cidade de Aracati. O ponto 1 ($4^{\circ}34'09.81''\text{S} / 37^{\circ}46'47.20''\text{O}$) está localizado na margem direita do rio Jaguaribe na saída de uma gamboa. O ponto 2 ($4^{\circ}33'17.37''\text{S} / 37^{\circ}46'38.25''\text{O}$) está localizado em uma ilha fluvial próximo a margem esquerda, onde existe uma outra gamboa que, segundo o mapeamento, serve como saída para os efluentes de uma pequena fazenda de camarão. O ponto 3 ($4^{\circ}30'54.38''\text{S} / 37^{\circ}47'18.63''$) está em grupo de ilhas existente, localizado próximo ao meio do baixo estuário. O ponto 4 ($4^{\circ}29'29.68''\text{S} / 37^{\circ}47'10.48''\text{O}$) e ponto 5 ($4^{\circ}28'25.83''\text{S} / 37^{\circ}47'21.51''\text{O}$) estão ambos na Ilha do Pinto, o primeiro é perto do gamboa do Cumbe e o segundo fica mais próximo da foz. O ponto 6 ($4^{\circ}26'44.07''\text{S} / 37^{\circ}47'02.27''\text{O}$) está localizado na margem do rio, junto ao Canal do Amor, na margem direita.

Para efeito de comparação com os sedimentos dos testemunhos foram retirados amostras de sedimento superficial em oito pontos que foram considerados como possíveis fontes de material para as ilhas do estuário, são esses: fundo do rio nas localidades de Fortim, Raimundinho, Aracati e Itaiçaba, falésias, planícies fluvio-marinhas, planícies fluviais e dunas.

4.2 Caracterização geológica e geomorfológica da região

O Rio Jaguaribe possui a maior bacia hidrográfica do Ceará, sendo essa dividida em cinco sub-bacias (Alto Jaguaribe, Médio Jaguaribe, Baixo Jaguaribe, Banabuiú e Salgado) e ocupa mais de 50% do estado, sendo assim, esta possui uma grande diversidade de ocupações e uso do solo, possuindo áreas agrícolas, áreas de pasto, áreas urbanas e regiões de vegetação natural.

A margem direita da foz é dominada por um campo de dunas enquanto a margem esquerda do estuário é dominada por falésias do Grupo Barreiras, de acordo com Dias (2007), A mineralogia da região é composta basicamente por Silicatos de potássio, magnésio e ferro (Biotita), potássio e alumínio (Ortoclasio), cálcio, alumínio e ferro (Epidoto), Argilas (Ilita,

Caolinita, Caolim), Siltitos, Concreções Ferruginosas e Óxidos de Ferro, que no período chuvoso podem ser carregados ao rio devido à lavagem dos solos urbanos e agrícolas existentes no entorno da bacia de drenagem.

Mapa da Área de Estudo

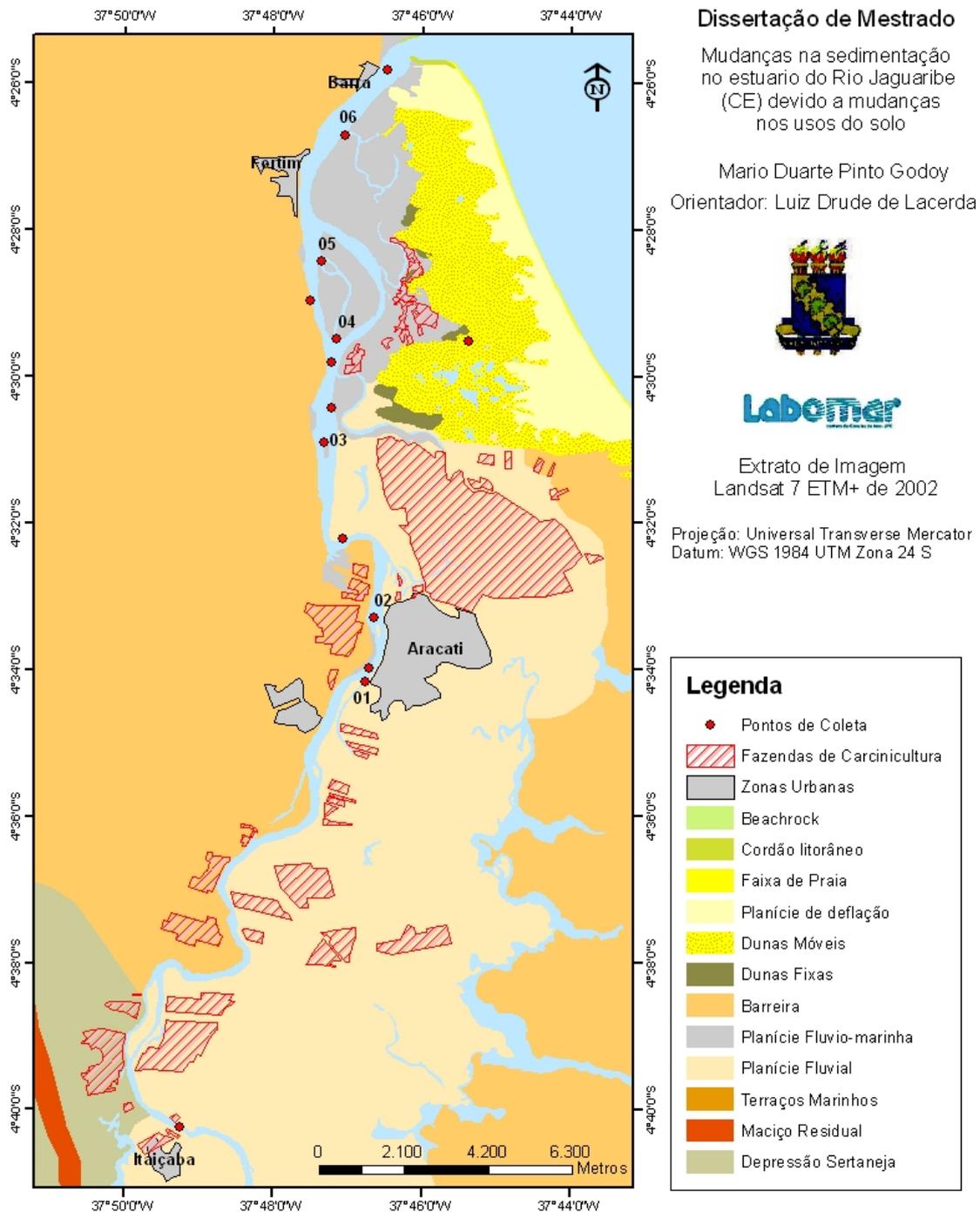


Figura 09: Mapa com a localização dos pontos de amostragem dos testemunhos (numerados) e das amostras superficiais no estuário do rio Jaguaribe. Fonte: Acervo do Autor.

4.3 Caracterização climática da região

O clima da região é classificado como semi-árido e o ano é dividido em dois períodos distintos e bem definidos, a saber: um período chuvoso que vai de dezembro a maio, podendo se estender até julho nos anos mais chuvosos, com maiores precipitações concentradas no mês de abril e um período de seca que vai de junho a novembro (Dias, 2007).

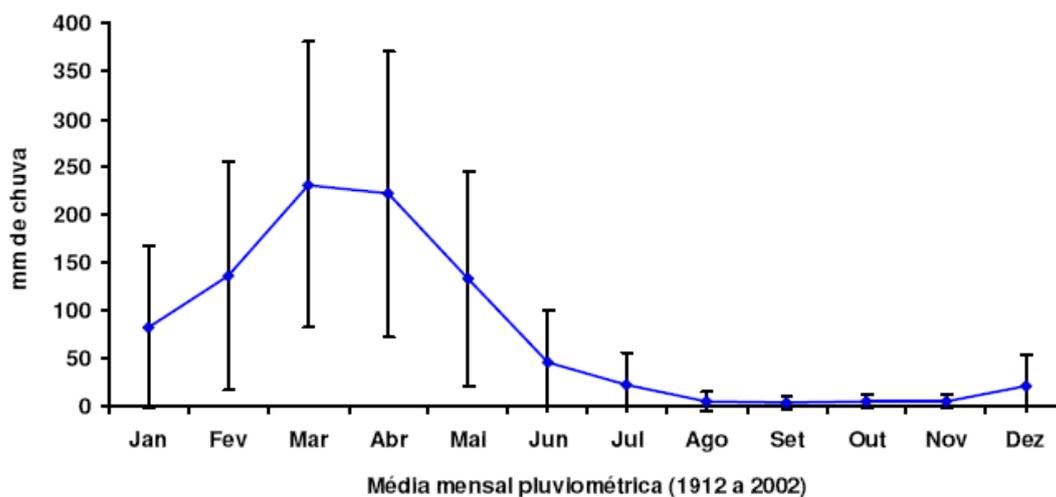


Figura 10: Precipitações médias históricas para o baixo Jaguaribe, onde se observa claramente o aspecto sazonal da distribuição das chuvas. Fonte: Dias, 2007.

Por possuir uma bacia hidrográfica extensa, o rio Jaguaribe possui um número considerável de afluentes, muitos desses rios secundários são intermitentes devido ao aspecto climático da região, fluindo somente no período chuvoso. O nível máximo atingido pelas águas ocorre em abril e coincide com o mês de maior pluviosidade (Dias, 2007).

Os ventos predominantes na região costeira do Ceará são os ventos alísios. Os alísios são fortes correntes de ar que chegam a cobrir 1/3 da superfície da terra, se desenvolvendo melhor na costa leste das bacias oceânicas. Segundo Maia (1993) em Paula (2006), os alísios na área costeira de Aracati e Fortim são providos de leste, com direção secundária de sul entre os meses de maio a outubro e nordeste no restante do ano. Nesse mesmo trabalho o autor afirma que, no geral, as velocidades médias são fracas no período chuvoso, raramente excedendo 3,0 m/s, enquanto na estiagem os valores são acima de 4,0 m/s.

4.4 Aspectos Hidrológicos

O regime de maré é semi-diurno, com uma amplitude máxima de 3 metros. Em um estudo realizado por Marins *et al* (2003b), o baixo fluxo de água doce resultou na intrusão de água salina alguns quilômetros continente adentro, o que facilita a propagação de espécies de manguezal em detrimento de espécies de água doce (Lacerda, 2006a). O rio Jaguaribe é responsável por 70% de toda a água doce que chega ao Oceano Atlântico na costa nordeste ocidental do Brasil, e, apesar disso, grande parte da sua rede hidrográfica é composta por rios intermitentes, ou seja, que só possuem fluxo durante o período das chuvas (Dias et al, 2010b).

5. Materiais e Métodos

5.1 Tratamento das imagens e mapeamento

A primeira etapa do trabalho consistiu no mapeamento do estuário inferior do rio Jaguaribe desde Aracati até a foz do rio próxima à cidade de Fortim. Para tal, foi utilizada a infra-estrutura disponível no Laboratório de Dinâmica Costeira do LABOMAR onde estavam disponíveis os *softwares* ENVI 4.0 e ArcGis 9.2.

Nessa etapa foram utilizadas as seguintes imagens de satélite:

*Imagem do satélite Quickbird II, com resolução espacial de 0,6 metros datada de 2003;

*Imagem do satélite Kompsat 2, com 1 metro de resolução espacial datada de 2008, adquirida através de compra com a empresa Gaiasat;

* Imagens Landsat 5 com 30 m de resolução e datadas dos anos de 1988 e 1992, adquiridas no início do ano de 2009 do site do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE);

As imagens Landsat 5 foram processadas digitalmente no ENVI, a partir das quais foram geradas imagens compostas nas bandas RGB 321, 432 e 543, a escolha da composição das imagens foi feita de modo que ficasse mais fácil a diferenciação dos diversos ambientes existentes na área de estudo. Após esse processo as imagens criadas no ENVI foram salvas em formato Geotiff para que pudessem ser utilizadas no programa ArcGIS 9.2.



Figura 11: Composições de imagens LANDSAT nas escalas de cores RGB 321, 432 e 543, respectivamente. Fonte: Acervo do Autor.

Para o georreferenciamento das imagens escolhidas, tomou-se como base a imagem Komsat 2, uma vez que esta ao ser comprada foi tratada pela própria empresa através da escolha de pontos de controle dentro da área de estudo com um GPS e por possuir um detalhamento maior. A projeção cartográfica utilizada foi o sistema UTM – *Universal Transverso de Mercator*, referenciado ao *datum* geodésico horizontal WGS – Zona 24 sul.

Para a escolha dos pontos de controle foram selecionadas feições artificiais reconhecíveis em todas as imagens, como cruzamento de estradas, divisas de fazendas entre outras. Isso se deve ao fato de que essas feições artificiais possuem um caráter mais permanente na paisagem, enquanto árvores, riachos e lagoas podem desaparecer de uma imagem para a outra.

Com as imagens prontas o próximo passo foi transformar as imagens em representações vetoriais, constituídas de linhas e polígonos. Uma vez que as áreas de sedimentação podem ser alteradas com a elevação do nível das marés e com o fluxo fluvial, foi decidido que, no caso das ilhas fluviais, seu aumento seria medido tendo como base o acréscimo da área vegetada, uma vez que a vegetação fixaria o sedimento impedindo a sua dispersão.

A interpretação das imagens ocorreu de forma visual e manual, levando em conta elementos como: textura, tonalidade, forma, localização. Para a eliminação de eventuais dúvidas relacionadas ao mapeamento foi realizado uma campanha em campo. Foram classificadas nessa etapa a área vegetada das ilhas fluviais e as margens do rio Jaguaribe.

5.2 Estimativas de carga de sedimento para o estuário

Para se entender melhor os processos que ocorriam nas margens e que poderiam influenciar no processo de assoreamento do estuário, foram realizadas estimativas de carga de

sedimento, ou seja, uma estimativa da quantidade de sedimento liberado por cada tipo de atividade que ocorre na bacia de drenagem do estuário. Dessa maneira pode-se ter uma idéia melhor da contribuição de cada atividade para o problema percebido no estuário.

Para realizar as estimativas foram utilizadas informações e fatores de emissão de diversos autores além de dados retirados sobre área de cultivo do site do IBGE, bem como dados gerados com o uso das imagens de satélite no caso das fazendas de camarão. As equações utilizadas são apresentadas juntamente com a tabela dos resultados das estimativas.

Para calcular as estimativas de carga de sedimento das fazendas de camarões foram utilizados dados de Lacerda (2006b) e de Figueiredo (2005), os quais realizaram estudos nas fazendas de camarão no estuário do rio Jaguaribe. Com base em seus dados, foi calculado o valor médio dos resultados de sedimento em suspensão, esse valor foi usado para calcular o fator de emissão e as estimativas de carga de sedimento. No caso das estimativas de carga das outras atividades que ocorrem na bacia de drenagem do baixo e médio estuário do rio Jaguaribe, os fatores de emissão usados foram adaptados do livro de Tundisi (2003) e as áreas ocupadas por cada tipo de atividade foram obtidas no site do IBGE (2009).

5.3 Testemunhos

As amostras utilizadas nesse trabalho foram retiradas da região média e inferior do estuário do rio Jaguaribe, com base nos mapeamentos realizados com imagens de satélite, em seis pontos localizados desde Aracati até a foz do rio próximo a Fortim. Todas as amostras coletadas foram submetidas à análises de granulometria, morfometria dos grãos e teor de matéria orgânica.

Para a retirada dos testemunhos foram utilizados 6 cilindros de acrílico de 1,85m de altura e 5,6 cm de diâmetro, e tiveram uma de suas extremidades lixadas para facilitar a sua introdução no sedimento.

A campanha para a retirada dos testemunhos foi realizada no dia 29 de outubro de 2009. Para isto foi utilizado um barco de alumínio para se chegar às áreas que, de acordo com o mapeamento, sofreram as maiores alterações ao longo dos 20 anos abarcados por esse estudo. Ao todo foram retirados 4 testemunhos nas ilhas existentes dentro do estuário e os outros dois foram realizados na margem direita do rio, próximo à foz e em Aracati, de modo que os testemunhos ficassem espalhados por toda a extensão do rio que está inclusa na área de estudo.

Para a coleta dos testemunhos os cilindros eram fixados de forma manual no sedimento com a extremidade lixada virada para baixo e, com leves batidas de um martelo de

borracha na extremidade de cima, o cilindro foi introduzido no sedimento. Após a extremidade superior ser vedada com uma rolha de borracha, o testemunhador era retirado do sedimento tendo a sua parte de baixo lacrada para poder ser transportado. Os testemunhadores foram mantidos sempre na posição vertical para impedir a mistura das camadas de sedimento.



Figura 12: Testemunhos retirados das ilhas fluviais do rio Jaguaribe.
Fonte: Acervo do Autor.

5.4 Sedimento superficial

Além dos sedimentos retirados com os testemunhadores também foram retiradas amostras superficiais de possíveis fontes de sedimento das ilhas. Foram coletadas amostras de fundo de rio nas localidades de Fortim, logo à montante da Ilha do Pinto e Aracati utilizando uma draga. Na localidade de Itaiçaba, o rio se encontrava em um nível muito baixo, o que possibilitou a coleta manual.

Foram coletadas amostras nas seguintes feições geomorfológicas nas margens do rio: uma falésia ativa do grupo barreiras, uma amostra de sedimento da planície flúvio-marinha, uma da planície fluvial e, por último, uma amostra de sedimento do campo de dunas próximas ao rio. Assim como foi realizado para as amostras dos testemunhos, as amostras de sedimento superficial foram submetidas à análise de granulometria, morfometria dos grãos e teor de matéria orgânica.

5.5 Granulometria

Em laboratório, os testemunhos foram marcados onde havia alguma alteração perceptível de textura ou de cor e tiveram as rolhas de borracha removidas. O sedimento contido no seu interior foi retirado e as camadas foram separadas, sendo obtidas duas amostras de cada camada. As amostras foram separadas em potes de cerâmica com as anotações de profundidade da camada em relação à superfície. As amostras foram postas em uma estufa a 80° C e, uma vez secas, foram moídas e guardadas em potes de plástico.

Desses sedimentos, 25 gramas foram separados para a análise granulométrica com o uso de uma balança digital. A granulometria foi realizada no Laboratório de Oceanografia Física do LABOMAR. Primeiramente, fez-se a lavagem dos sedimentos para a retirada dos sedimentos mais finos, com o limite de classe igual a 0,062 mm, a qual foi feito colocando a amostra bruta em uma peneira com abertura igual a 0,062 mm sob água corrente. O peso do material lavado foi determinado pela diferença entre peso inicial das amostras (25 gramas) e o somatório de todas as outras classes obtidas durante a granulometria seca.

A granulometria seca é feita passando a amostra por uma série de 11 peneiras com o auxílio de um agitador mecânico (*rot up*) em uma seqüência que vai da mais grossa, de 2,83 mm de abertura até um fundo de metal onde ficam os grãos correspondentes à classe de 0,062 mm, de acordo com a escala de Wentworth, 1922 (in Suguio, 1973). O material que ficará retido nessas peneiras é, então, pesado e anotado. O sedimento correspondente a faixa de 0,25 mm foi separado em microtubos do tipo eppendorf para ser utilizado na morfometria na lupa.

5.6 Cálculos estatísticos dos parâmetros granulométricos

Os valores obtidos na granulometria foram inseridos no programa de análises granulométricas ANASED 4.3i, desenvolvido pelo Laboratório de Geologia Marinha Aplicada da UFC.

Os parâmetros granulométricos são calculados com base em dados gráficos obtidos das curvas acumulativas da distribuição e frequência elaboradas na escala (ϕ), caracterizando a curva em relação a sua tendência central e grau de dispersão, assimetria e agudez dos picos. Estes valores avaliam a descrição dos sedimentos em termos de suas várias propriedades, incluindo a média e a mediana, obtendo-se ainda as medidas de tendência central, os graus de seleção e assimetria e a curtose (Bezerra, 2009).

5.7 Representação gráfica das análises granulométricas

Para a melhor visualização, os resultados da granulometria foram transformados em dois tipos de gráficos, o **histograma de frequência simples** e o **histograma de frequência acumulada**.

O histograma de frequência simples é útil para demonstrar diversas medidas estatísticas como, por exemplo, a medida de tendência central (que mostra a classe granulométrica mais freqüente), a medida de dispersão (a tendência dos grão de se distribuírem em torno do valor médio) e a medida de grau de agudez dos picos (o quão pronunciado são os picos). Essas medidas estatísticas auxiliam a compreensão do histograma de frequência simples, podendo dar informações sobre o agente de transporte do sedimento estudado.

A curva de frequência acumulativa é, segundo Suguio (1973), um dos parâmetros de análise estatística mais utilizada, no geral esse tipo de curva possui um traçado de “S”, começando na parte basal esquerda e terminando no topo à direita do gráfico. Esse tipo de curva se mostra muito prático no que diz respeito ao grau de seleção dos sedimentos, quanto mais inclinada for a curva, mais bem selecionado será o sedimento.

Os gráficos mencionados acima podem ser encontrados nos anexos desse trabalho, como modo de ilustrar melhor as camadas de cada testemunho, os gráficos de frequência acumulada foram modificados, onde todas as classes granulométricas de grãos maiores que 0,71mm foram unidas em uma só classe denominada de >0,71mm.

5.8 Análise morfométrica dos grãos

A análise morfométrica foi realizada com o objetivo de traçar a origem do sedimento presente nas ilhas fluviais. Segundo Suguio (1973), esse tipo de análise tem sido utilizado há muito tempo para decifrar a história dos depósitos sedimentares, uma vez que as formas típicas dos sedimentos que sofreram abrasão eólica são conhecidas desde os primórdios das ciências geológicas, porém, existem ainda controvérsias no que diz respeito a outros agentes.

Segundo Suguio (1973), a descrição da forma das partículas envolve normalmente vários conceitos. De um lado, têm-se os fatores de forma, que dependem dos comprimentos dos seixos principais perpendiculares entre si; e, de outro, a angularidade ou arredondamento das partículas. Os dois conceitos são importantes nos estudos dos sedimentos de maneiras diferentes. A forma ou as relações dos eixos durante o transporte e deposição, enquanto o arredondamento ou angularidade reflete a distância e o rigor do transporte. Acredita-se que muitos fatores estão envolvidos no desenvolvimento da forma das partículas, tais como:

- a forma original do fragmento;
- a estrutura do fragmento;
- a durabilidade do material;
- a natureza do agente geológico e seu rigor de atuação; e
- o tempo ou distância por meio do qual a ação se estendeu.

5.9 Relações entre arredondamento e esfericidade

Para se entender melhor a diferença entre arredondamento e esfericidade é conveniente usar a tabela de comparação visual (Krumbein e Sloss, 1963 citado por Suguio, 1973). Nessa tabela (Fig. 13), pode-se perceber que a esfericidade está relacionada com às proporções de comprimento, enquanto o arredondamento é expresso pela curvatura das arestas.

Para esse tipo de análise foi utilizada uma lupa binocular onde os sedimentos separados durante a granulometria em microtubos do tipo eppendorf foram comparados com os exemplos dados na tabela abaixo.

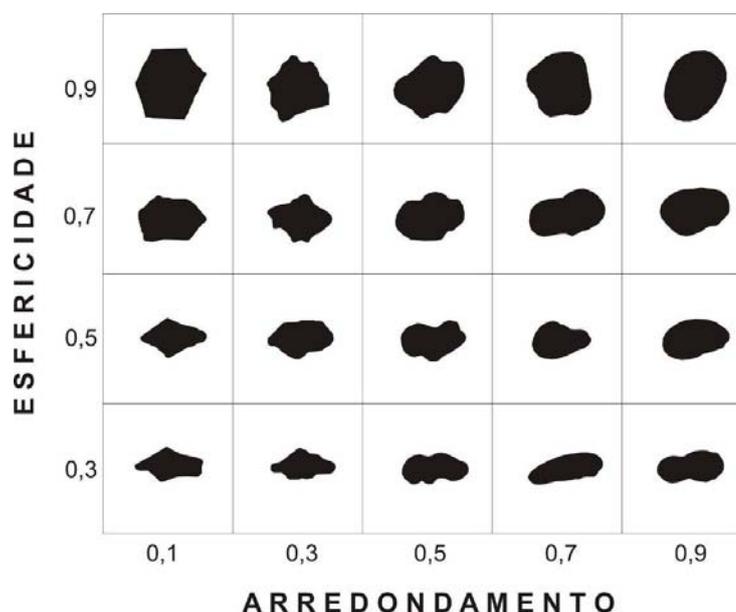


Figura 13: Tabela de comparação visual de arredondamento e esfericidade da areia (Krumbein e Sloss, 1963).
Fonte: Suguio, 1973.

5.10 Matéria Orgânica (MO) dos sedimentos

A análise de matéria orgânica nos sedimentos foi realizada no Laboratório de Biogeoquímica Costeira do Labomar. Para isso, os cadinhos de porcelana que foram utilizados são secos em um forno mufla a temperaturas de 450 °C por 4 horas para a

eliminação de qualquer tipo de contaminantes. Após resfriarem, esses cadinhos são pesados e o seu peso anotado.

As amostras são pesadas no cadinho e o peso inicial anotado. Em seguida, as amostras são postas novamente no forno mufla, onde ficavam por 12 horas ininterruptas a 450 °C. Todas as amostras foram feitas em duplicata. Uma vez calcinadas, as amostras são novamente pesadas. O teor de MO foi obtido por gravimetria, ou seja, a diferença entre o peso inicial das amostras e o peso final é o teor de matéria orgânica (Jefery, 1992).

6. Resultados

6.1 Aumento de área das ilhas

Foram identificadas 14 ilhas no estuário do rio Jaguaribe entre 1988 e 2008, as áreas das ilhas obtidas através do mapeamento das diversas imagens de satélite estão apresentadas na Tabela 01.

Tabela 01: Áreas em hectare das ilhas fluviais do rio Jaguaribe e as respectivas alterações no período de 1988 a 2008

Ilhas	1988	1992	Alteração (%)	2003	Alteração (%)	2008	Alteração (%)
1	140,81	146,81	4	155,94	6	158,31	1,5
2	78,08	72,67	-7	75,5	4	76,7	1,5
3	1,15	1,32	14	1,79	36	1,84	2,6
4	2,72	3,05	12	3,13	2,6	3,32	6
5	1,94	1,36	-30	2,07	52	1,95	-6
6	5,87	5,67	-3	9,15	61	9,64	5,4
7	-	0,18	-	0,29	59	1,38	366
8	-	0,33	-	-	-	-	-
9	-	0,09	-	0,68	596	0,71	4
10	-	0,53	-	1,48	178	1,66	11
11	-	0,65	-	5,24	700	5,67	8
12	-	0,13	-	0,29	114	0,35	17
13	-	-	-	0,05	-	0,1	88
14	-	-	-	0,35	-	0,46	24,5
Total	230,57	232,79	1	255,96	10	262,09	2,4

Ao longo de 20 anos, as ilhas fluviais do rio Jaguaribe sofreram diversas mudanças, pode-se perceber com base nos resultados apresentados na Tabela 01 que apenas 6 das 13 ilhas existentes atualmente no estuário existiam em 1988. Além disso, das seis ilhas mapeadas

em 1988, metade dessas diminuiu de área, enquanto a outra metade aumentou, resultando em uma expansão líquida de aproximadamente 2,22 ha entre 1988 e 1992.

Do ano de 1992 a 2003 ocorreu o surgimento de duas novas ilhas e a união de duas ilhas em uma só. No que diz respeito à área das ilhas, todas elas sofreram um aumento. A área total das ilhas em 1992 era de 232,79 ha e em 2003 a área das ilhas passou a ser 255,96 ha, somando um crescimento de aproximadamente 6 hectares com uma taxa de crescimento de 2,1 hectares por ano.

Do ano de 2003 a 2008, com exceção de uma das ilhas (que teve a área erodida em 6%), todas as ilhas demonstraram um aumento de suas áreas. Esse aumento variou de 2,6% até 366%, resultando num acréscimo de aproximadamente 6 hectares com uma taxa de crescimento de 1,2 hectares por ano.

Do início do mapeamento em 1988 até 2008, houve um aumento total de 31,5 hectares ou, aproximadamente, 14% de aumento em comparação com a área inicial. A velocidade em que ocorre o aumento das ilhas fluviais também mudou durante o estudo. De 1988 até 1992, a velocidade de aumento das ilhas era de 0,44 ha/ano; a partir de 1992 até 2003, a taxa era de 2,10 ha/ano; e, de 2003 até 2008, a taxa de crescimento declinou novamente para 1,22 ha/ano (Figura 14).

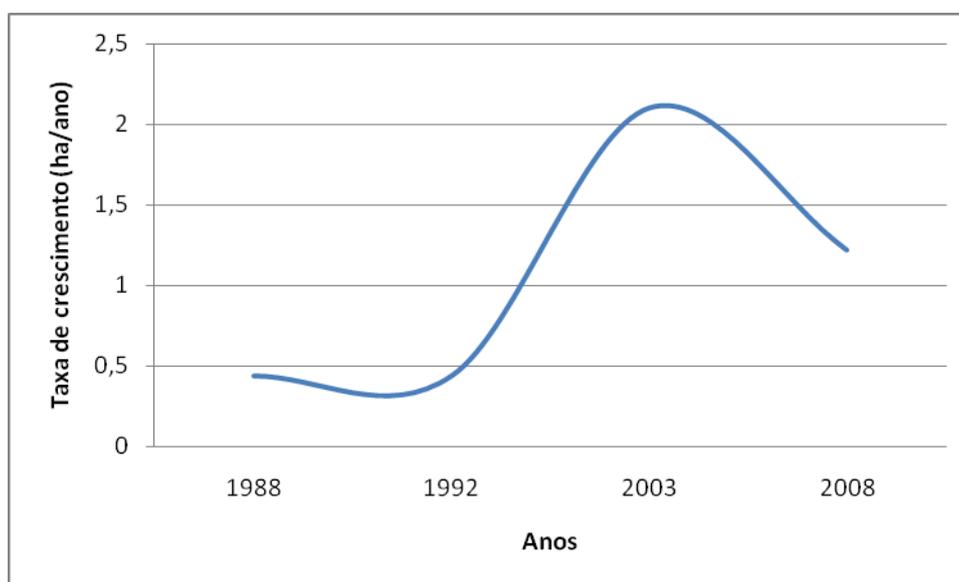


Figura 14: Velocidade de crescimento das ilhas no estuário do rio Jaguaribe. Fonte: Acervo do autor.

Na região da Ilha do Pinto (figura 14), existiam originalmente somente 3 ilhas (ilhas 1, 2 e 3). No ano de 1992, pode-se perceber o surgimento de 4 novas ilhas vegetadas (ilhas 9, 10, 11 e 12). No ano de 2008, essas ilhas novas apresentavam uma área muito maior, além disso

existia um grande crescimento de vegetação (Figura 16) na parte sul da Ilha do Pinto (ilha 1) que avançava pelo canal que divide as duas ilhas principais.



Figura 15: Alterações que ocorreram na região da Ilha do Pinto, no estuário do rio Jaguaribe – CE, entre os anos de 1988 e 2008. Fonte: Acervo do Autor.



Figura 16: Praia mais ao sul da Ilha do Pinto (ilha número 1) em dois momentos distintos (outubro de 2009 e em agosto de 2010) mostrando a colonização da margem pelo mangue. Fonte: Acervo do autor.

Outro conjunto de ilhas no estuário que apresentou mudanças durante o período estudado foi o conjunto que está representado na Figura 17. Neste caso, existia em 1988 somente uma ilha (ilha 4), porém, essa ilha foi sofrendo um processo de erosão, na margem sul, e de aumento na margem norte, tendo até 1992 havido um acréscimo de 0,32 hectares em sua área. No ano de 2003, duas novas ilhas surgiram (ilhas 13 e 14) e, no ano de 2008, havia ocorrido um aumento de 0,83 hectares em comparação com o ano de 1992.



Figura 17: Mapa com as alterações ocorridas nas ilhas localizadas no estuário do rio Jaguaribe – CE, entre os anos de 1988 e 2008. Fonte: Acervo do autor.

Atualmente essas ilhas estão começando a sofrer um processo de ocupação. Para impedir que a erosão da margem sul da ilha devaste as construções que estão sendo realizadas pelos moradores, foram criados muros de pedra (Figura 18).



Figura 18: Instalação de um muro de pedras na parte sul da ilha para impedir a erosão e a ocupação pelo mangue em uma praia na parte norte da ilha no estuário do rio Jaguaribe, CE. Fonte: Acervo do autor.

Em Aracati também foram percebidas grandes mudanças. No início do mapeamento, em 1988, só existia uma ilha em frente a cidade (ilha 5). No ano de 1992, essa ilha diminuiu de tamanho e se separou em duas ilhas diferentes (ilhas 5 e 8) e, apesar do surgimento de uma nova ilha ao norte (ilha 7), houve, no geral, uma diminuição nas áreas vegetadas de 0,06 hectares. No ano de 2003, essas duas ilhas voltaram a ser uma só e, finalmente, em 2008, ocorre um grande aumento na ilha localizada mais ao norte, enquanto isso a parte sul da ilha demonstra um comportamento erosivo.



Figura 19: Mapeamento das alterações nas ilhas em Aracati localizadas no estuário do rio Jaguaribe – CE, entre os anos de 1988 e 2008. Fonte: Acervo do autor.



Figura 20: Ilha em frente à Aracati. Fonte: Acervo do autor.



Figura 21: Parte mais ao sul da Ilha com destaque para as árvores caídas devido à erosão.

Fonte: Acervo do autor.

6.2 Erosão das margens do rio Jaguaribe

Durante o trabalho de campo realizado para reconhecimento da área foi percebido diversas áreas de erosão ao longo do rio Jaguaribe. Essas áreas constituem falésias ativas ou áreas de mangue, onde o solo é exposto pela ação da água, porém, uma área em especial merece atenção. Durante o mapeamento, pode-se perceber que um trecho extenso na margem direita do estuário sofreu um processo de erosão durante período estudado. Comparando as imagens de 1988 e a de 2008, observou-se um recuo de cerca de 100 metros (Figura 21).

Esse trecho localizado em uma curva do rio Jaguaribe, (fig. 22 e 23), apresenta diversas árvores caídas na água e que talvez possa ter um papel importante no assoreamento desta porção do rio Jaguaribe.



Figura 22: Comparação entre as imagens de satélite do ano de 1988 (dir.) e 2008 (esq.) da porção média do estuário do rio Jaguaribe, CE. Fonte: Acervo do Autor.



Figura 23: Fotos do local mostram árvores caídas dentro do estuário na porção média do estuário do rio Jaguaribe, CE. Fonte: Acervo do autor.

6.3 Estimativas de carga de sedimento para o estuário

As estimativas de carga de sedimento foram calculadas para se ter uma idéia da contribuição de cada atividade realizada no entorno da bacia de drenagem para o assoreamento da região estuarina. Visto que uma estimativa de carga de sedimento não existe na literatura para essa região, foi criada uma estimativa usando uma média dos dados levantados por Lacerda *et al* (2006b) e Figueiredo *et al* (2005). Para os fatores de emissão de sedimento disponíveis para os diversos usos da terra na bacia hidrográfica, foram usados os dados de Tundisi (2003). Foi realizada pela primeira vez a estimativa da contribuição das fazendas de camarão locais (Tabela 02), uma vez que não existiam fatores de sedimento para esse tipo de atividade. Em seguida, foi totalizada uma estimativa de todas as atividades (Tabela 03).

Tabela 02: Estimativa de emissão de sedimento pelas fazendas de camarão no estuário do rio Jaguaribe, CE.

Amostra	Emissão por ciclo (t/ha)	Emissão por ano (t/ha)
Entrada		
Água de Renovação ^a	9,08	19,07
Água de Preenchimento ^b	1,05	2,1
Entrada de Material	10,13	21,17
Saída		
Renovação de Água ^c	7,66	16,08
Água de Despesca (80%) ^d	1,61	3,23
Água de Despesca (20%) ^e	4,21	8,41
Total de Saída	13,48	27,72
Total	3,34	6,54

^a 5% do volume médio do tanque ($7,5 \times 10^5$) x sedimento em suspensão na água de entrada (70 mg/L) x 173 dias.

^b volume médio do tanque ($1,5 \times 10^7$) x sedimento em suspensão na água de entrada (70 mg/L).

^c 5% do volume total dos tanques ($7,5 \times 10^5$) x sedimento em suspensão na água de renovação de saída (59 mg/L) x 173 dias.

^d 80% do volume total dos tanques ($1,2 \times 10^7$) x sedimento em suspensão na água superficial dos tanques (134,5 mg/L).

^e 20% do volume total dos tanques (3×10^6) x sedimento em suspensão na água de fundo (1.402 mg/L) .

Pelos resultados obtidos na estimativa de carga das fazendas de camarão, percebe-se que essas fazendas atuam como grandes piscinas de sedimentação, uma vez que a quantidade de sedimento em suspensão medido na saída dos tanques é menor do que a quantidade de sedimento em suspensão medido na entrada, através da água de renovação.

A etapa que mais contribui com sedimentos para o estuário é a da despesca. Na despesca o tanque é completamente esvaziado e toda a água que estava armazenada durante o período de produção é lançada no rio sem nenhum tipo de tratamento, além da força da água contribuir para a erosão das margens, a água emitida dos tanques possui uma quantidade significativa de sedimento em suspensão.

Nessa etapa, a água sai do tanque com força o suficiente para criar correntes capazes de erodir as paredes e o fundo do tanque. Devido a isso, a camada mais profunda de água (correspondente aos últimos 20% do volume do tanque) possui uma concentração de sedimento em suspensão 10 vezes maior do que aquela que se localiza nas partes mais superiores do tanque (Figueiredo *et al*, 2003; Lacerda *et al*, 2006b).



Figura 24: Erosão na margem do rio Jaguaribe provocada pelos efluentes da carcinicultura.

Fonte: Acervo do autor.

Como foi dito anteriormente, a quantidade de sedimento lixiviado do solo irá depender do tipo de cobertura deste, ou seja, um solo de uma estrada de terra será lixiviado mais facilmente que o de um pasto, que será lixiviado mais facilmente que o de uma mata fechada

e assim por diante. A tabela abaixo reúne as estimativas realizadas para cada uma das coberturas de solo presente nos municípios da área de estudo, permitindo que se tenha uma idéia das possíveis contribuições de sedimento para o estuário. Nos cálculos foram utilizados os dados do IBGE (2009) e os fatores de emissão de Tundisi (2003).

Tabela 03: Estimativa de emissão de sedimento para cada uso do solo no estuário do rio Jaguaribe*

Fonte	Área (hectare)	Perda de Solo (t/ha/ano)	Perda de Solo Total (t/ano)
Área Urbana	115.076	1	115.076
Vegetação Natural	16.792	0,4	6.716
Agricultura			
Banana	58	0,9	52
Batata Doce	10	0,9	9
Castanha	19.602	0,9	17.641
Fruticultura Perene	528	0,9	473
Melancia e Melão	1.580	0,9	28.395
Milho e Sorgo	3.330	12	39.960
Cana-de-açúcar	30	12,4	372
Algodão	406	24,8	10.068
Tomate	22	26,7	565
Mandioca	1.850	33,9	62.715
Feijão	3.204	38,1	122.072
Total da Agricultura	30.620		282.322
Pecuária	3.437	0,4	1.374
Fazendas de Camarão	2.061	6,54	13.475
Total	167.986	-	418.963

*Para o cálculo das estimativas de emissão acima foram utilizados os dados de uso do solo obtidos do site do IBGE (2009) juntamente com os fatores de emissão encontrados em Tundisi (2003), com exceção das fazendas de camarão.

As principais atividades que contribuem com sedimento para o estuário é a agricultura (282.322 t/ano), sendo os principais contribuintes as plantações de feijão, de mandioca e as de milho. Seguem-se as áreas urbanas (115.076 t/ano), as fazendas de camarão (13.475 t/ano) e a pecuária (1.374 t/ano). Ao contrário de todas as outras atividades encontradas na área de estudo, o cultivo de camarão é a única atividade em que a carga de sedimento é lançada diretamente no estuário.

A falta de regulamentação para os efluentes da carcinicultura pode se tornar um grande problema no futuro, uma vez que essa atividade cresce em ritmo acelerado e o seu efluente possui uma grande quantidade de material orgânico que pode ser facilmente consumido no estuário, essa grande quantidade de matéria orgânica traz um grande risco ao ecossistema pois pode deflagrar um processo de eutrofização das águas estuarinas.

6.4 Granulometria e morfometria

A granulometria e a morfometria dos sedimentos obtidos em testemunhos coletados no estuário do rio Jaguaribe, são discutidas a seguir. É importante salientar que as fotos tiradas das amostras não representam o material bruto e sim o sedimento lavado.

6.4.1 Testemunho 01

O primeiro testemunho foi retirado na margem direita do rio Jaguaribe em Aracati, na saída de uma gamboa. O testemunho foi dividido em 5 partes: a superficial, do topo até 38 cm de profundidade; em seguida, de 38 cm até 72cm de profundidade; de 72 cm até 95 cm; de 95 cm até 123 cm; e, por fim, de 123 cm até 133 cm, onde o testemunho acabava.

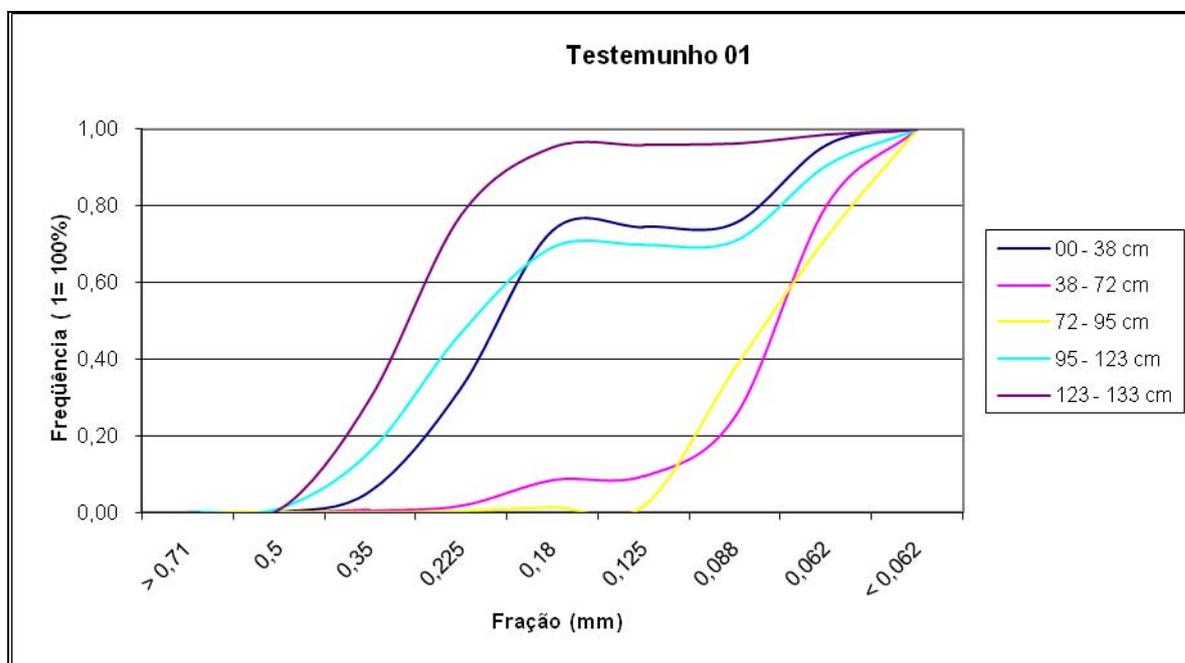


Figura 25: Frequências do testemunho 01 coletado no estuário do rio Jaguaribe - CE, o histograma de frequência acumulada pode ser encontrado nos anexos. Fonte: Acervo do Autor.

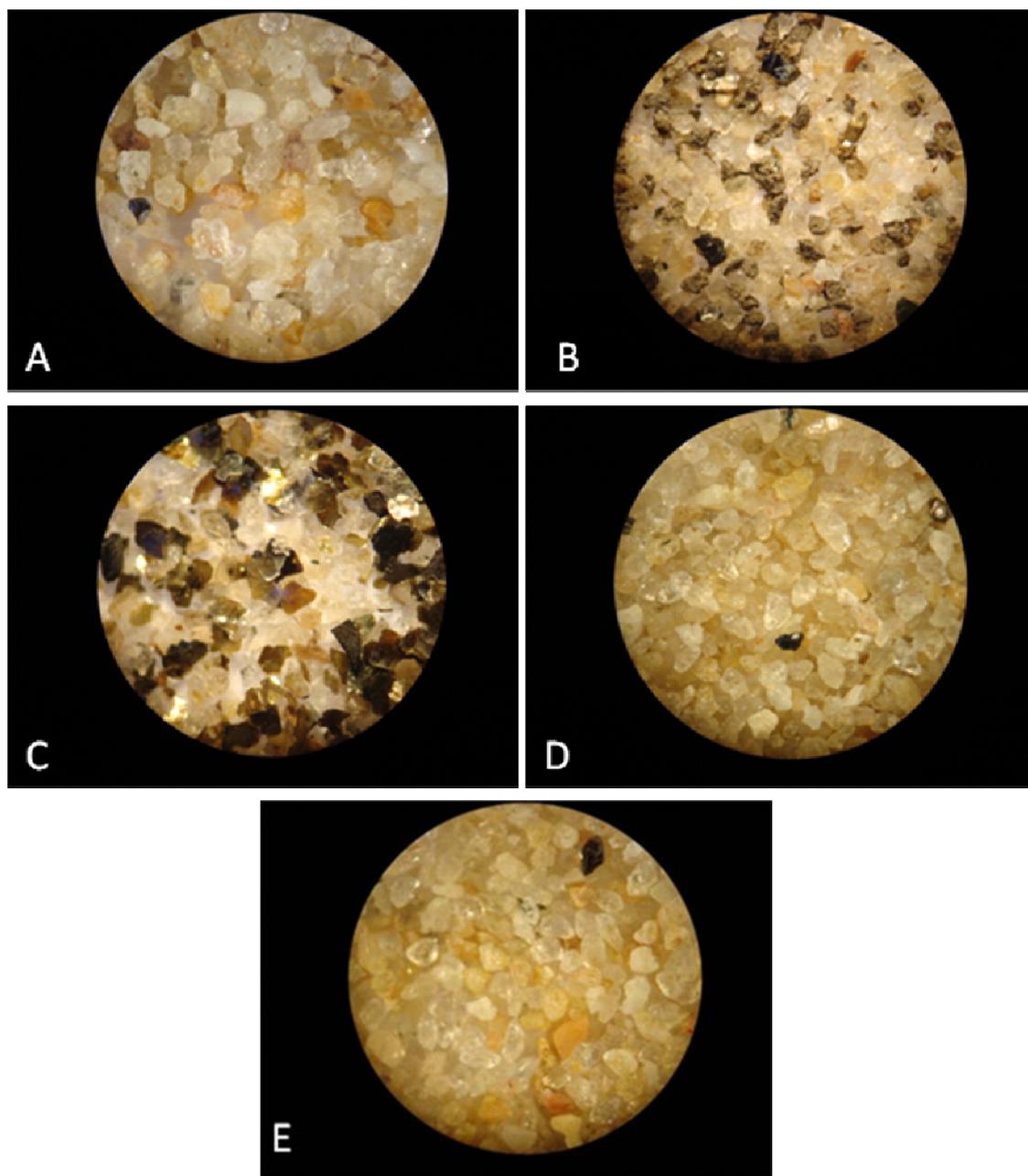


Figura 26: Morfologia dos grãos retirados das camadas de 0 até 38 cm (A), 38 até 72 cm (B), 72 até 95 cm (C), 95 até 123 cm (D) e 123 até 133 cm. Fonte: Acervo do Autor.

No que diz respeito à granulometria do sedimento, o material localizado mais na superfície do testemunho (Figura 26 A) possui mais de 70% dos grãos com mais de 0,18 mm, em contraste com essa camada, as camadas logo abaixo, 38 até 72 cm (Figura 26 B) e 72 até 95 cm (Figura 26 C) são compostas de grãos muito mais finos, com concentrações muito altas de silte e argila (respectivamente, 19% e 28%). Após essas duas camadas de sedimento fino o testemunho volta a ser dominado por camadas de sedimento mais grosseiro.

Quanto aos aspectos dos grãos observados na lupa também ocorrem diferenciações. Pode-se perceber baseado nas fotos acima, que existe bastante diferença no aspecto dos grãos nas segunda e terceira camada em comparação com as restantes. Na segunda (Fig. 26 B), é

perceptível uma camada de argila envolvendo alguns grãos, enquanto na terceira camada (Fig. 26 C), pode-se perceber a presença de minerais foliados com o aspecto semelhante a escamas de peixe juntamente com grãos de quartzo. Todas as outras camadas são bastante similares ocorrendo a predominância de grãos de quartzo.

Quanto ao formato dos grãos, estes se mostraram semelhantes, como pode ser visto na Tabela 4. Das amostras que compõem esse testemunho, somente a terceira camada se destaca devido aos grãos se mostrarem mais arredondados que os outros, porém, no geral, os grãos desse testemunho são muito parecidos. Todas as camadas possuem grãos de grande esfericidade, porém, estes tendem a não ser muito arredondados, possuindo diversas faces e arestas angulosas.

Tabela 4: Formato dos grãos no Testemunho 01

Amostra	Esfericidade	Arredondamento
00-038	0,7	0,3
038-072	0,9	0,3
072-095	0,9	0,5
095-123	0,9	0,3
123-133	0,9	0,3

6.4.2 Testemunho 02

Esse testemunho foi tirado em uma praia localizada em um conjunto de ilhas em frente de Aracati, a coluna de sedimento foi dividida em 4 partes: a primeira, do topo até 28 cm de profundidade; a segunda de 28 cm até 112 cm de profundidade; a terceira 112 cm a 140 cm de profundidade; e a última, de 140 cm até 145 cm de profundidade.

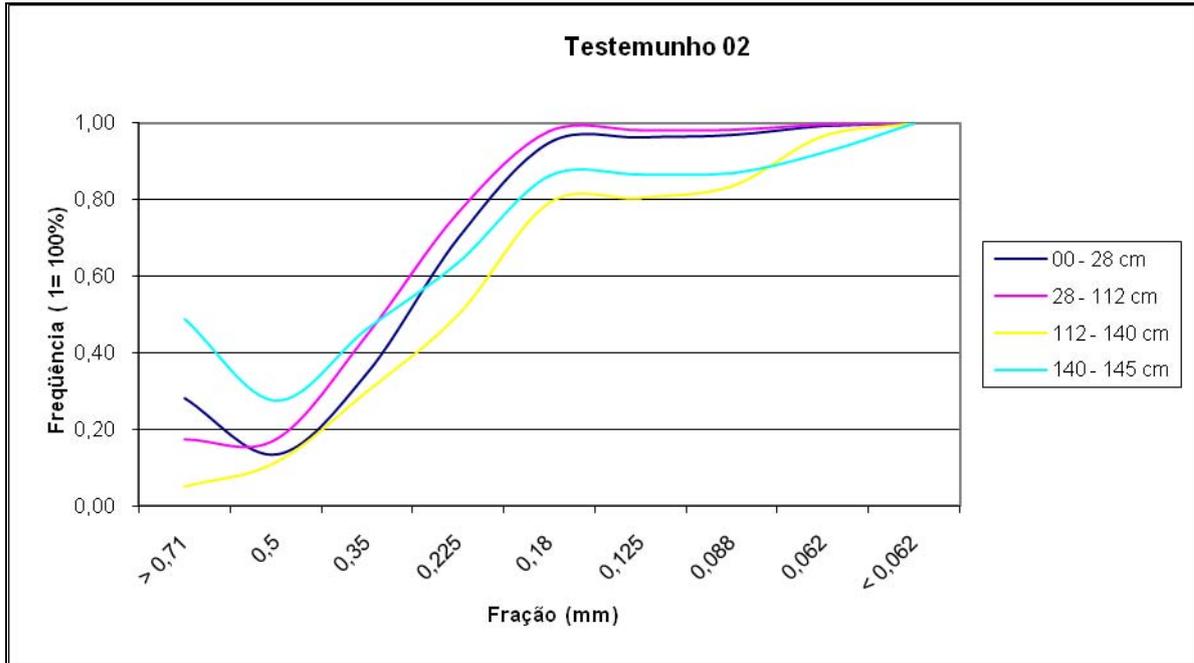


Figura 27: Frequências do testemunho 02 coletado no estuário do rio Jaguaribe - CE, o histograma de frequência acumulada pode ser encontrado nos anexos. Fonte: Acervo do Autor.

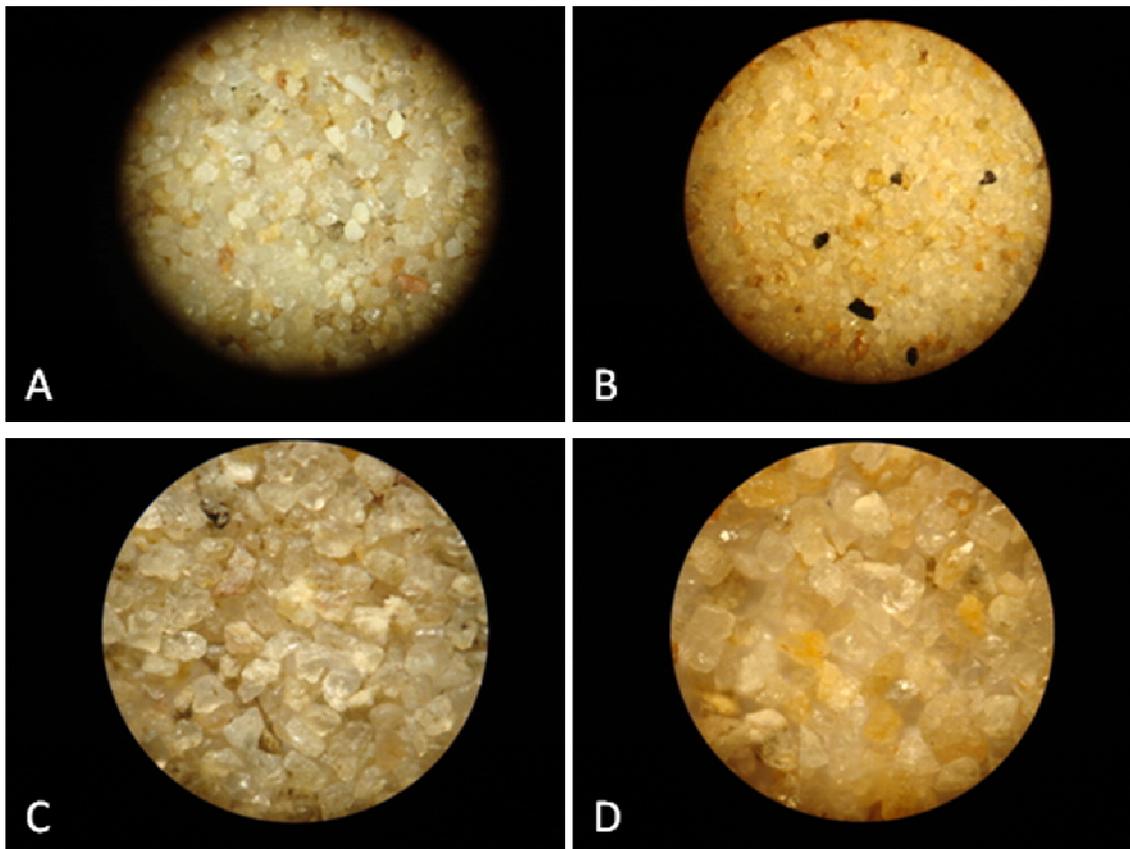


Figura 28: Morfologia dos grãos retirados das camadas de 0 até 28 cm (A), 28 até 112 cm (B), 112 até 140 cm (C), 140 até 145 cm (D). Fonte: Acervo do Autor.

A granulometria dos sedimentos mostrou que o sedimento possui aproximadamente a mesma configuração ao longo do solo, sendo os sedimentos mais superficiais ligeiramente mais grosseiros que os sedimentos mais profundos. A camada de 112 cm até 140 cm possui 20% de areia muito fina (entre 0,125mm e 0,062mm) e a camada logo abaixo possui cerca de 15% de areia muito fina.

No que diz respeito aos aspectos dos grãos, não existe uma diferenciação quanto ao material que compõe o sedimento. Todas as camadas mostram uma predominância de grão de quartzo sendo elas muito similares. Quanto ao formato dos grãos houve alguma diferenciação, como pode ser visto na Tabela 04. Todas as camadas apresentaram grãos bastante arredondados, com exceção da camada de 028 cm até 112 cm (Fig. 28 B). Nesta os grãos possuíam um aspecto mais alongado e pouco arredondado. Todas as outras camadas possuíam as camadas bem esféricas, o que variou conforme a profundidade foi o arredondamento desses grãos.

Tabela 05: Formato dos grãos do Testemunho 02

Amostra	Esfericidade	Arredondamento
00-028	0,9	0,3
028-112	0,5	0,1
112-140	0,9	0,7
140-145	0,7	0,5

6.4.3 Testemunho 03

O terceiro testemunho foi retirado em uma praia num conjunto de ilhas localizado entre Aracati e a Ilha do Pinto. Esse testemunho foi dividido em 4 amostras: a primeira, do topo até 24 cm de profundidade; a segunda, de 24 até 44 cm de profundidade; a terceira, de 44 até 57 cm; e a última camada, de 57 até 92 cm.

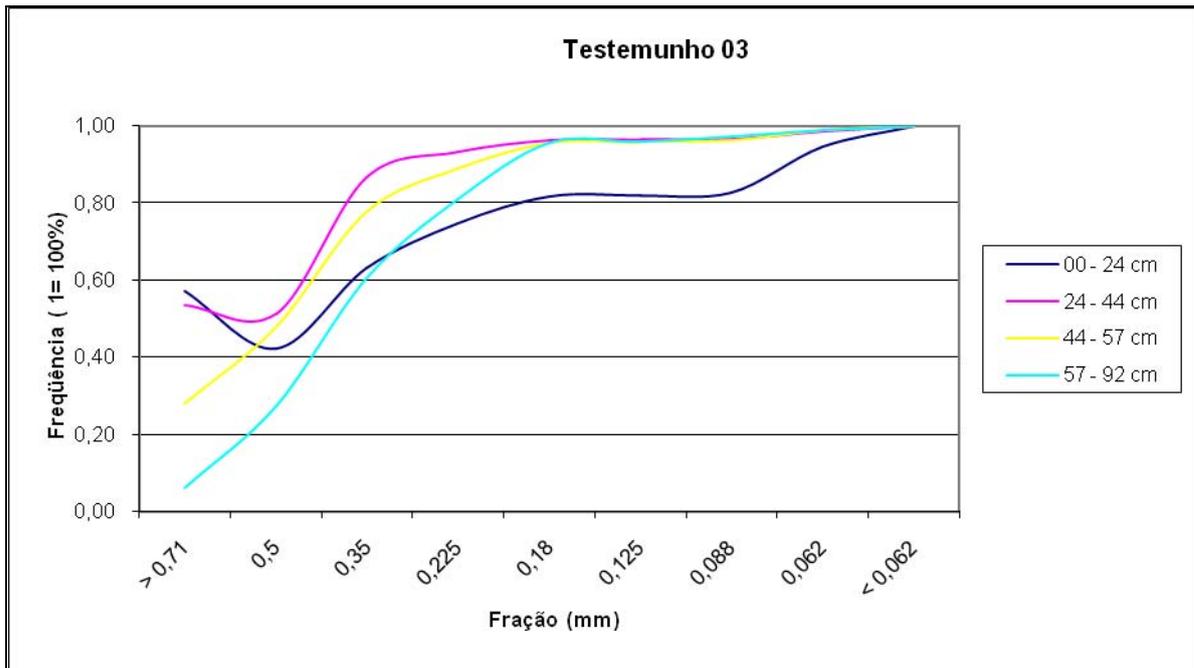


Figura 29: Frequências do testemunho 03 coletado no estuário do rio Jaguaribe - CE, o histograma de frequência acumulada pode ser encontrado nos anexos. Fonte: Acervo do Autor.

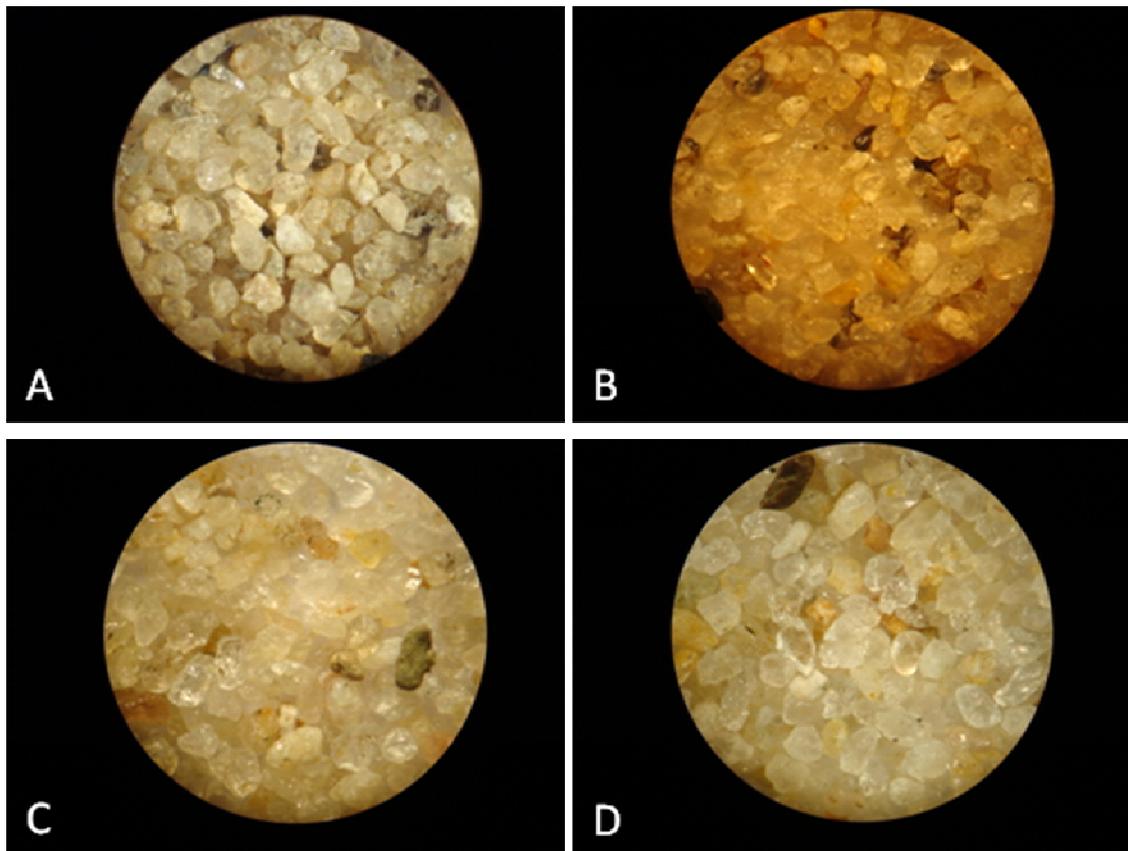


Figura 30: Morfologia dos grãos retirados das camadas de 0 até 24 cm (A), 24 até 44 cm (B), 44 até 57 cm (C), 57 até 92 cm (D). Fonte: Acervo do Autor.

De acordo com os dados obtidos com a granulometria, percebe-se que todas as camadas desse testemunho são compostas por sedimento grosseiro (com exceção da camada mais superficial que apresentou cerca de 20% de areia muito fina, silte e argila), todas as amostras são compostas basicamente de grãos de quartzo, sendo que na amostra mais superficial esses grãos estavam bastante sujos. Quanto à forma dos grãos, todas as camadas apresentaram grãos bem esféricos e pouco arredondados (uns um pouco mais que os outros).

Tabela 06: Formato dos grãos do Testemunho 03

Amostra	Esfericidade	Arredondamento
00-024	0,9	0,3
024-044	0,9	0,5
044-057	0,9	0,5
057-092	0,9	0,3

6.4.4 Testemunho 04

O quarto testemunho foi retirado em uma praia na porção mais a montante da Ilha do Pinto, próximo a Comunidade do Cumbe, esse testemunho foi dividido em 4 amostras: a primeira, do topo até 35 cm de profundidade; a segunda, de 35 cm até 74 cm; a terceira, de 74 cm até 102 cm; e, a última, de 104 cm até 140 cm.

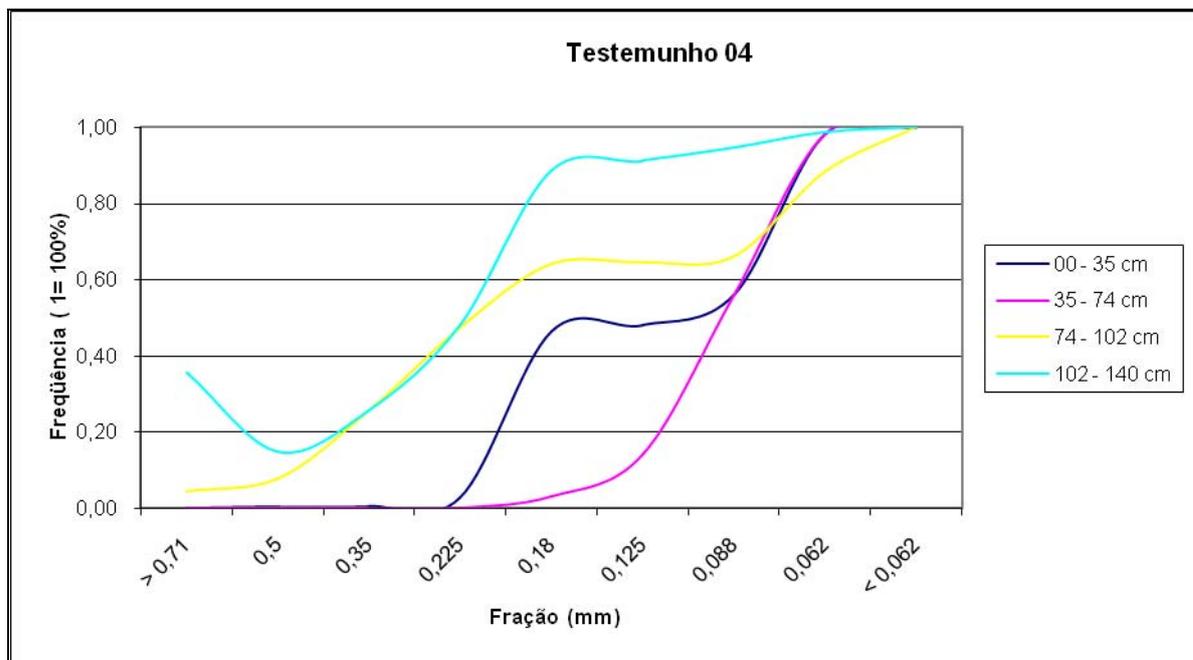


Figura 31: Frequências do testemunho 04 coletado no estuário do rio Jaguaribe - CE, o histograma de frequência acumulada pode ser encontrado nos anexos. Fonte: Acervo do Autor.

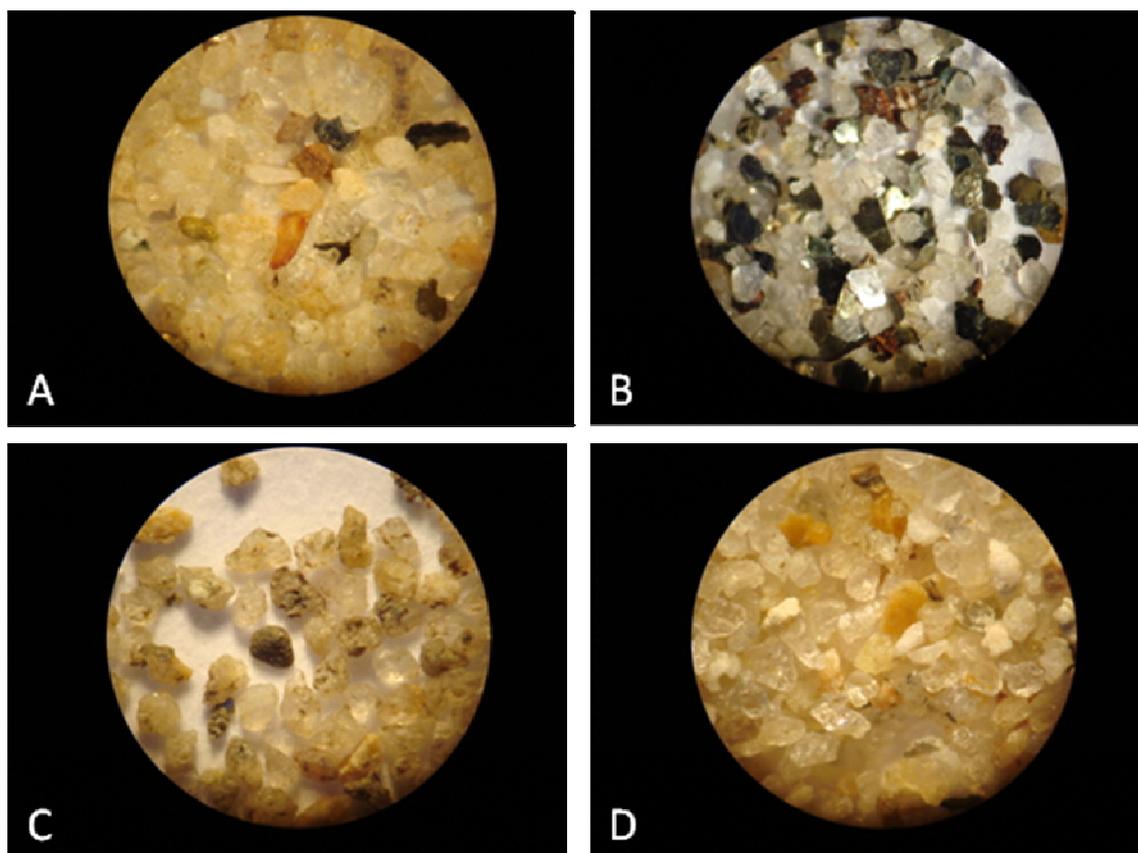


Figura 32: Morfologia dos grãos retirados das camadas de 0 até 35 cm (A), 35 até 74 cm (B), 74 até 102 cm (C), 102 até 140 cm (D). Fonte: Acervo do Autor.

O histograma do Testemunho 04 (fig. 31) mostra claramente que cada camada é composta por um sedimento de característica granulométrica distinta, na camada superficial as principais classes granulométricas foram a areia fina e o silte, na camada seguinte, as classes mais importantes foram a areia muito fina e o silte, nas terceiras e quartas camadas o silte passa a ter menos importância do que a areia que possui frequências de aproximadamente 65% e 88%, respectivamente.

O formato e a aparência dos grãos variaram bastante ao longo do testemunho, a camada mais superficial possui um sedimento bem esférico, porém pouco arredondado, a maioria dos grãos são grãos de quartzo.

A camada de 35 cm até 74 cm (Fig. 32 B) possui o aspecto similar a terceira camada do primeiro testemunho, com o aspecto foliar e a presença de grãos de quartzo, a maioria dos grãos dessa camada possui a forma mais alongada e com os cantos pouco arredondados sendo que os grãos de quartzo dessa camada são mais esféricos que o resto.

A terceira camada se estende de 74 cm até 102 cm (Fig. 32 C) e é composta principalmente por grãos de quartzo, esses se encontram muito sujos com argila, nessa

camada os grãos são um pouco mais alongados, porém, os cantos são mais arredondados do que nas camadas anteriores.

A última camada (Fig. 32 D) é composta principalmente por grãos de quartzo e, ao contrário da camada anterior, estes são bastante limpos, não havendo traços de argila neles. Seu formato é bastante similar ao da camada superior, sendo um pouco alongado e com as pontas bem proeminentes.

Tabela 07: Formato dos grãos do Testemunho 04

Amostra	Esfericidade	Arredondamento
00-035	0,7	0,1
035-074	0,5	0,3
074-102	0,7	0,5
102-140	0,7	0,1

6.4.5 Testemunho 05

O quinto testemunho também foi retirado da Ilha do Pinto, porém, em uma porção mais próxima da foz do rio Jaguaribe, esse testemunho foi dividido em 7 camadas distintas: a primeira, do topo até 10 cm; a segunda, de 10 a 20 cm; a terceira, de 30 a 40 cm; a quinta, de 40 a 70 cm; a sexta, de 70 a 80 cm; e, a última, de 80 a 130 cm.

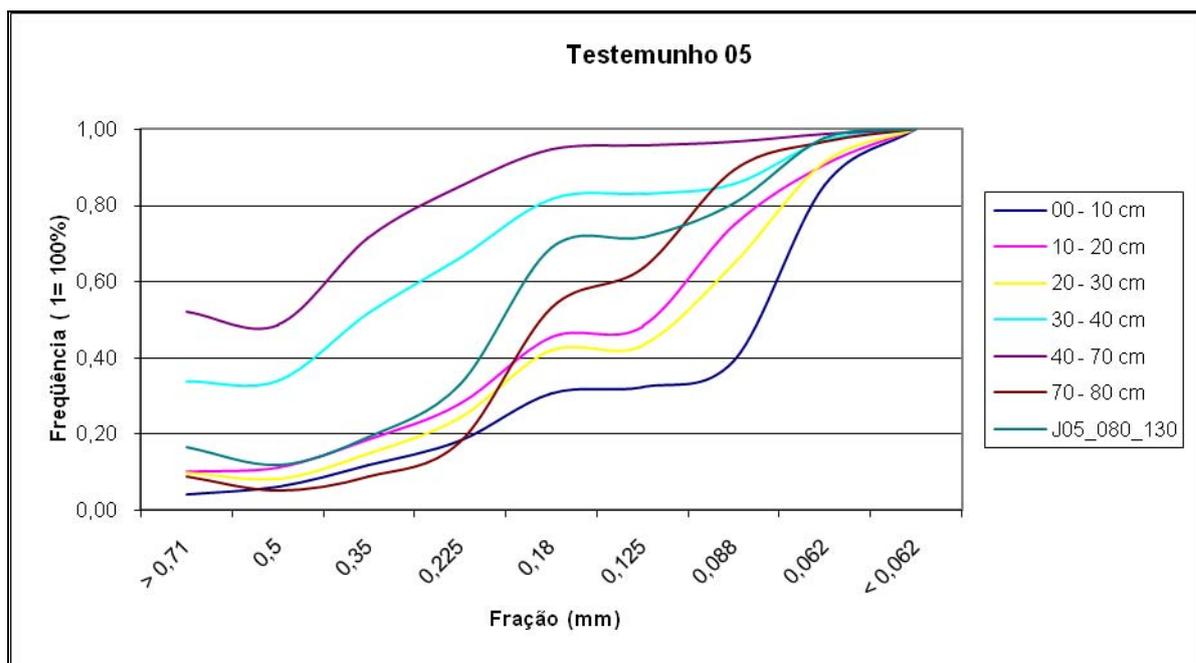


Figura 33: Frequências do testemunho 05 coletado no estuário do rio Jaguaribe - CE, o histograma de frequência acumulada pode ser encontrado nos anexos. Fonte: Acervo do Autor.

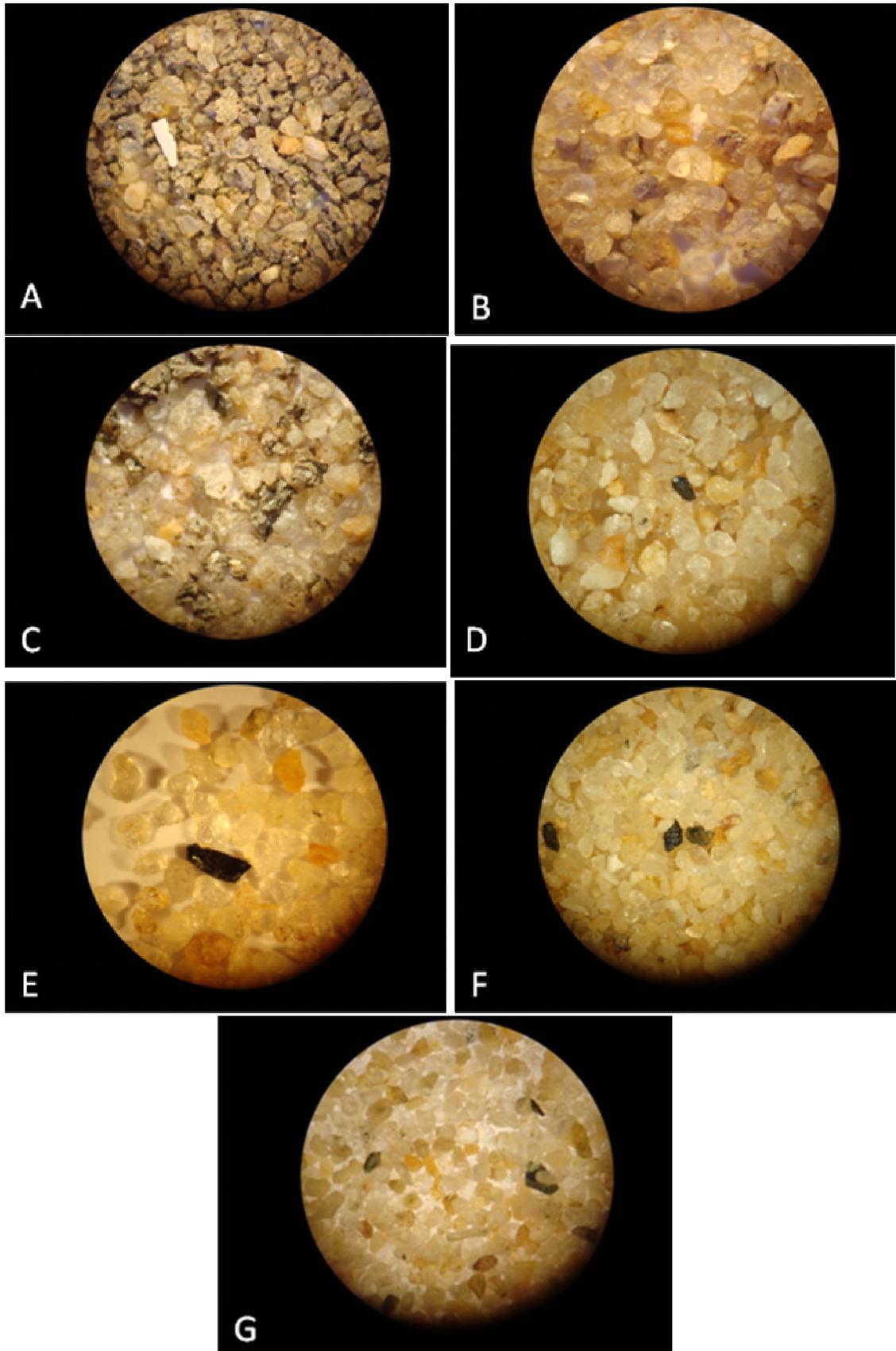


Figura 34: Morfologia dos grãos retirados das camadas de 0 até 10 cm (A), 10 até 20 cm (B), 20 até 30 cm (C), 30 até 40 cm (D), 40 até 70 cm (E), 70 até 80 cm (F) e 80 até 130 (G). Fonte: Acervo do Autor.

As análises granulométrica e morfométrica mostraram que o testemunho possui camadas com grandes diferenças, a camada mais superficial (Fig. 34 A) possui uma grande quantidade de sedimentos finos, com 60% do seu material nas classes de 0,062 mm ou menor e com a existência de bastante argila grudada nos grãos de quartzo. As duas camadas seguintes (Fig. 34 B e 34 C) possuem uma distribuição granulométrica muito similar, porém, a terceira camada (Fig. 34 C) possui uma quantidade bem maior de argila grudada nos grãos, como pode ser visto na foto. Na camada de 30 até 40 cm (Fig. 34 D) de profundidade houve um aumento na importância dos materiais mais grossos, havendo uma participação de mais de 30% dos sedimentos acima de 0,71 mm, essa participação aumenta ainda mais na camada mais abaixo (Fig. 34 E), aonde esses materiais mais grosseiros chegam a responder por mais de 50% da amostra. Nas duas últimas camadas (Fig. 34 F e 34 G) o sedimento deixa de ser dominado por sedimentos grossos, sendo caracterizado por um sedimento pouco selecionado, porém, com uma maioria de sedimento fino.

Quanto ao formato dos grãos, estes se mostraram esféricos, porém pouco arredondados, com exceção das camadas de 10 até 20 cm e de 70 até 80 cm que são ligeiramente mais esféricas que as outras, as amostras mais superficiais foram as que se mostraram menos esféricas.

Tabela 08: Formato dos grãos do Testemunho 05

Amostra	Esfericidade	Arredondamento
00-010	0,9	0,1
010-020	0,7	0,5
020-030	0,7	0,1
030-040	0,9	0,3
040-070	0,9	0,3
070-080	0,7	0,5
080-130	0,9	0,3

6.4.6 Testemunho 06

O sexto testemunho foi retirado nas imediações do Canal do Amor, localizado na margem direita do rio Jaguaribe em frente à cidade de Fortim, esse testemunho foi dividido em 4 camadas distintas: uma camada mais superficial que cobria o testemunho possuía pouca profundidade e foi descartada. A partir dessa camada, o testemunho foi dividido de 2 a 20 cm de profundidade; de 20 a 42 cm; de 42 a 45; e, de 45 até 120 cm de profundidade.

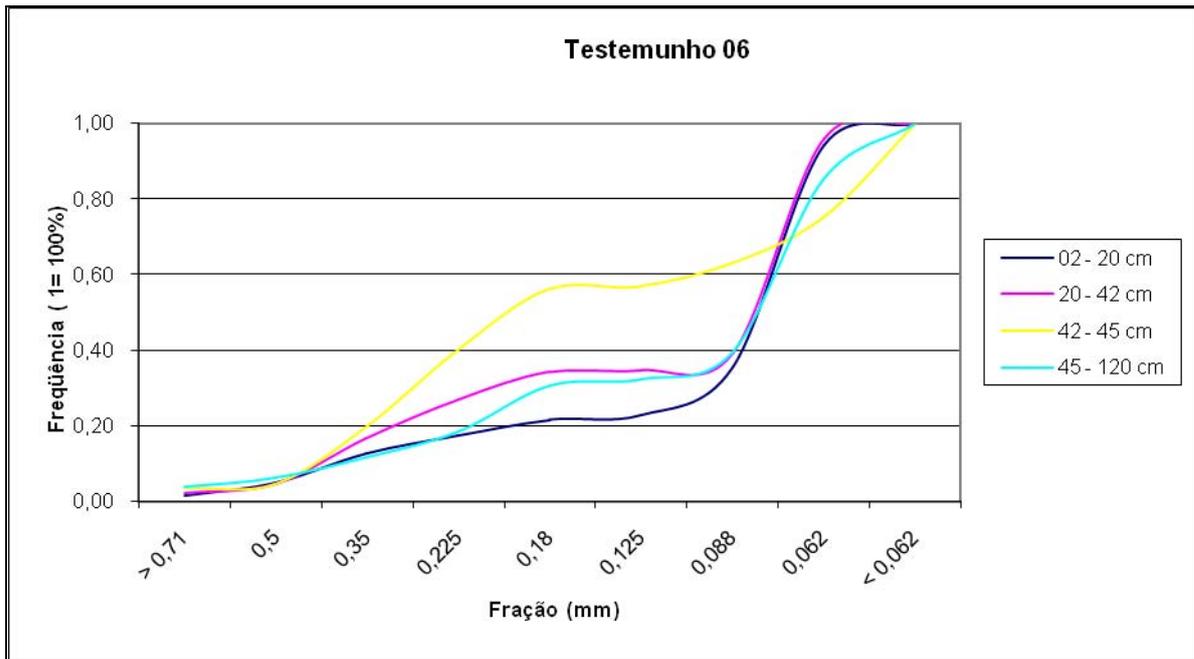


Figura 35: Frequências do testemunho 06 coletado no estuário do rio Jaguaribe - CE, o histograma de frequência acumulada pode ser encontrado nos anexos. Fonte: Acervo do Autor.

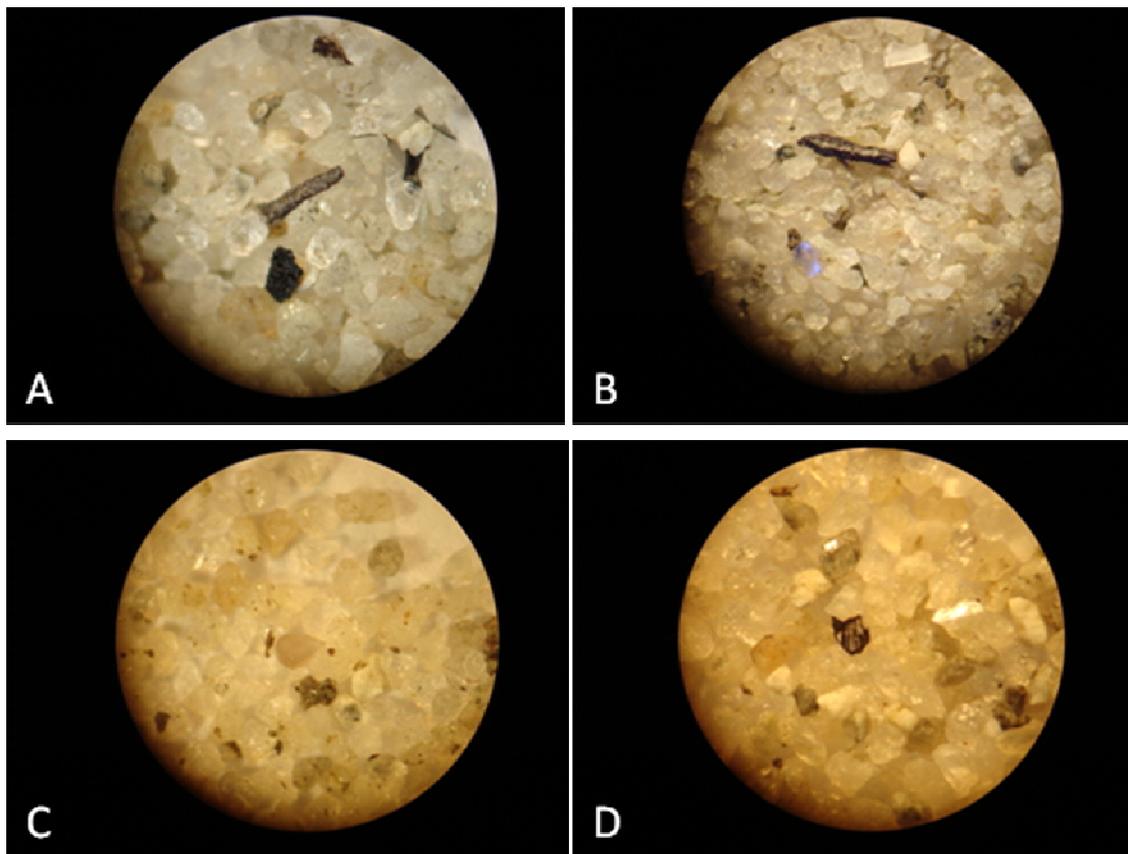


Figura 36: Morfologia dos grãos retirados das camadas de 2 até 20 cm (A), 20 até 42 cm (B), 42 até 45 cm (C) e 45 até 120 cm (D). Fonte: Acervo do Autor.

A análise granulométrica mostrou que o sedimento superficial (Fig. 36 A) é o que possui a maior quantidade de sedimento fino entre todos o do testemunho, com quase 80% do

seu sedimento na classe de 0,062 mm ou menores. Os sedimentos que estavam entre 20 e 42 cm (Fig. 36 B) já apresentam uma quantidade maior de sedimentos mais grossos, com cerca de 35 % de seu sedimento em classes acima de 0,18 mm, porém, ainda apresenta uma quantidade significativa de sedimento fino. Os sedimentos que estavam na camada mais abaixo (Fig. 36 C) já são consideravelmente mais grossos que os das camadas mais acima, com quase 60% de sedimentos em classes acima de 0,18 mm. A camada mais profunda (Fig. 36 D) não possui tantos sedimentos grosseiros e possui quase 50% dos seus sedimentos em classes de 0,062 mm ou menores. O aspecto dos grãos é muito similar, todas as camadas são constituídas em sua maioria de grãos de quartzo, sem nenhuma característica especial que diferencie uma camada da outra.

No que diz respeito ao formato dos grãos, todas as camadas apresentaram os grãos com as formas relativamente esféricas e pouco arredondadas, somente a camada mais profunda apresentou grãos mais alongados do que as outras camadas.

Tabela 09: Formato dos grãos do Testemunho 06

Amostra	Esfericidade	Arredondamento
02-020	0,9	0,5
020-042	0,7	0,3
042-045	0,9	0,3
045-120	0,5	0,3

6.4.7 Amostras superficiais de fundo de rio

Abaixo está o histograma das amostras superficiais coletadas no fundo do rio Jaguaribe, nas localidades de Fortim, Raimundinho, Aracati e itaiçaba.

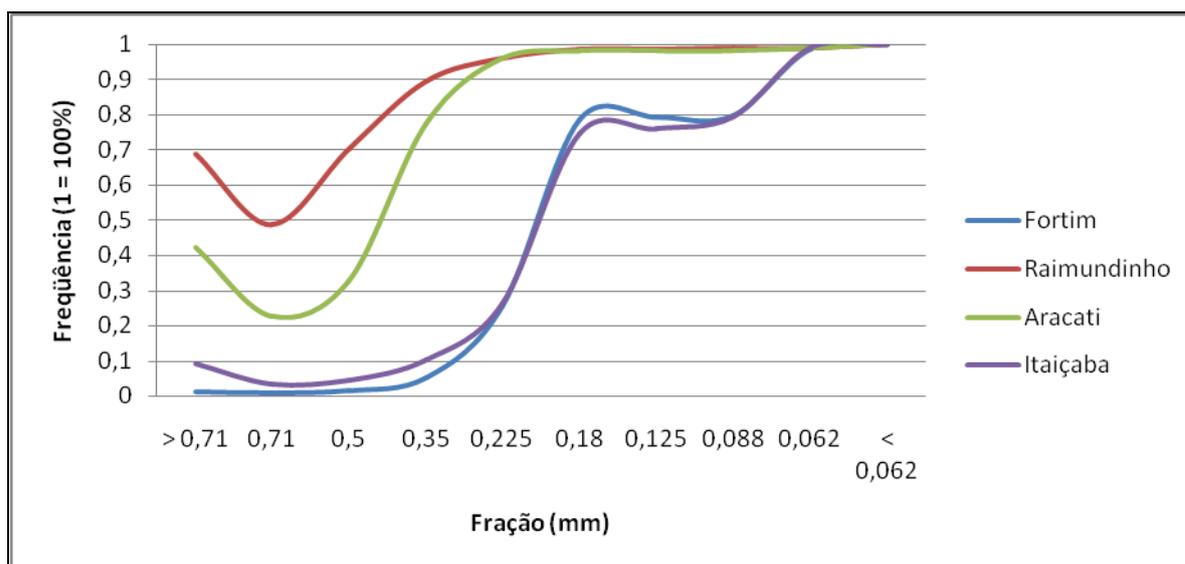


Figura 37: Frequências das amostras superficiais de fundo de rio retiradas do estuário do rio Jaguaribe, CE.

Fonte: Acervo do Autor.

A granulometria das amostras superficiais mostrou que as amostras de Fortim e Itaiçaba são extremamente similares no que diz respeito à distribuição dos grãos nas classes granulométricas, ambas as amostras possuem a maior parte do seu sedimento concentrado na classe de 0,18mm (areia média), com alguma participação de frações mais finas e pouco sedimento mais grosso. Os sedimentos retirados de Aracati e do Raimundinho também são muito similares, porém, em um grau menor do que os de Fortim e Itaiçaba, ambos possuem uma quantidade razoável de sedimento grosso (> 0,71mm) e, assim como no caso anterior, a maioria do sedimento está concentrado na fração de 0,18mm.

Quanto ao aspecto dos grãos, o sedimento retirado de Fortim (Fig. 38 A) é em sua grande maioria composto por grãos de quartzo com alguns grãos de carbonato devido à sua proximidade com o mar. No Raimundinho (Fig. 38 B) também há uma predominância de grãos de quartzo com a presença de pedaços de concha, provavelmente devido a algum banco de ostra que são muito comuns nessa área do estuário. Em Aracati (Fig. 38 C) os grãos de quartzo estavam bastante sujos com argila e alguns apresentavam uma coloração avermelhada, em Itaiçaba (Fig. 38 D) a aparência dos grãos se assemelha bastante com a de Aracati, porém os grãos de quartzo possuem um aspecto mais limpo, sem a presença de tanta argila.

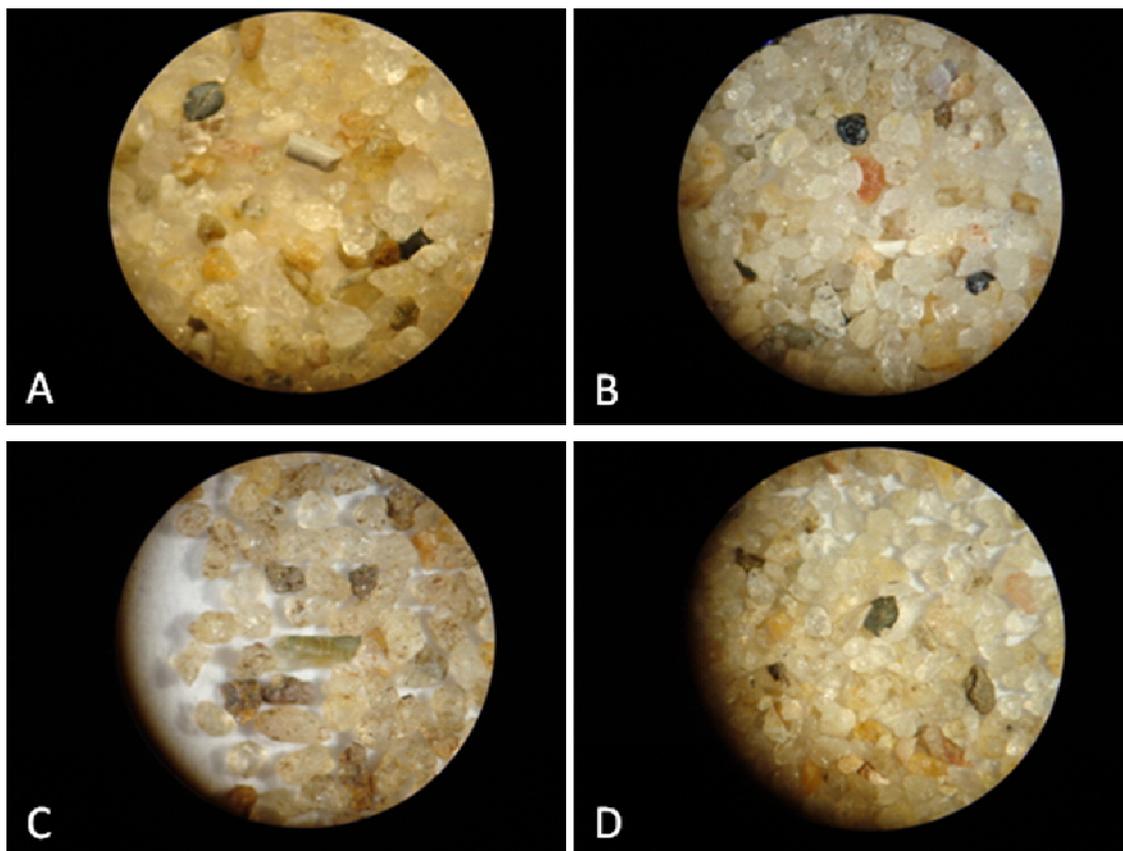


Figura 38: Frequências dos grãos retirados do fundo do estuário em Fortim (A), Raimundinho (B), Aracati (C) e Itaiçaba (D). Fonte: Acervo do Autor.

Quanto ao formato dos grãos, todas as amostras apresentaram grãos bastante esféricos, o grau de arredondamento foi o mesmo em Fortim e Aracati, com grãos menos arredondados, Itaiçaba e Raimundinho apresentaram grãos com a superfície mais trabalhada.

Tabela 10: Formato dos grãos das amostras de fundo

Amostra	Esfericidade	Arredondamento
Fortim	0,9	0,3
Raimundinho	0,9	0,5
Aracati	0,9	0,5
Itaiçaba	0,7	0,3

6.4.8 Amostras de sedimento superficial da margem do rio

Abaixo está o histograma das amostras que foram coletadas em regiões a margem do estuário, que foram consideradas como possíveis fontes de sedimento para as áreas mapeadas. Essas fontes são dunas, planície fluvio-marinha, planície fluvial e as encostas das falésias que existem dentro do estuário.

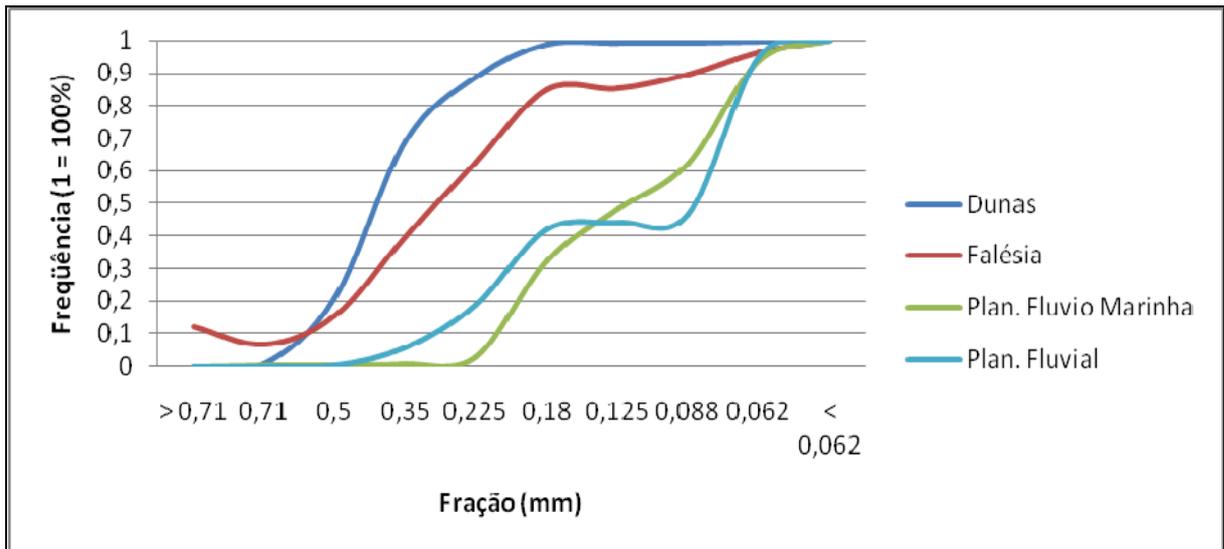


Figura 39: Frequências das amostras superficiais de fontes na margem do estuário do rio Jaguaribe, CE.

Fonte: Acervo do Autor.

A granulometria realizada na amostra retirada das dunas que pertencem ao campo na margem direita da foz mostrou, ao contrário do que era esperado, uma grande participação de areia média em detrimento da areia fina e muito fina. A amostra da falésia foi a que teve uma maior quantidade de sedimento grosso, com mais de 10% do seu sedimento na classe acima de >0,71mm, além disso, essa amostra também se caracterizou por ser muito pouco selecionada, havendo sedimento de todas as classes granulométricas na porção estudada. A planície fluvial foi a amostra com o material mais fino, sendo constituída em 54% por sedimento fino. A planície fluvio-marinha também possui bastante sedimento fino, porém, em menos quantidade sendo que o seu sedimento, assim como no caso da falésia, é distribuído por diversas classes granulométricas.

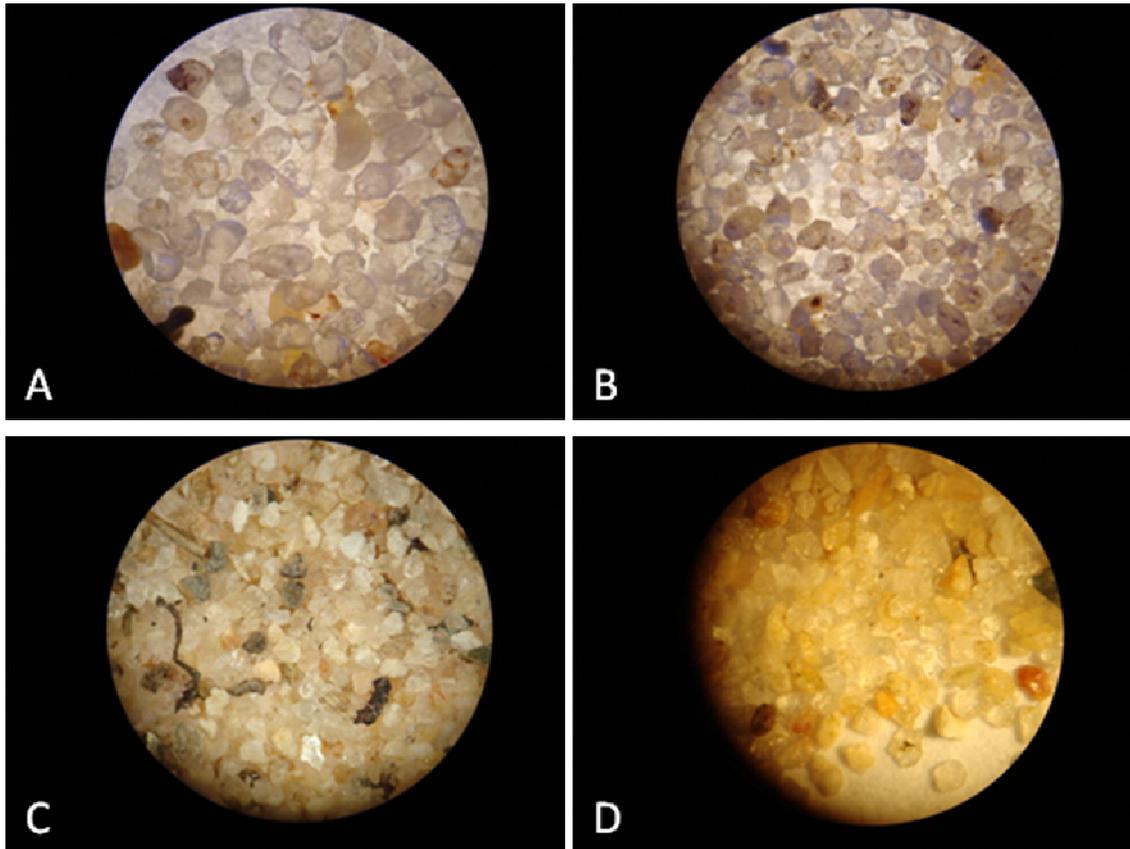


Figura 40: Morfologia dos grãos retirados das dunas (A), das falésias (B), da planície fluvio-marinha (C) e da planície fluvial (D). Fonte: Acervo do Autor.

No que diz respeito ao aspecto dos sedimentos, o sedimento de duna (Fig. 40 A) é, como era de se esperar, composto quase que na sua totalidade de grãos de quartzo. O sedimento da falésia (Fig. 40 B) também é, em sua maioria grãos de quartzo, porém, ocorre um maior número de grãos de quartzo com uma coloração avermelhada que é característica desse tipo de sedimento. A planície fluvio-marinha (Fig. 40 C) possui na sua maioria grãos de quartzo, porém, ao contrário das amostras anteriores é visível a presença de outros tipos de minerais e fragmentos de rochas. A planície fluvial (Fig. 40 D) se assemelha bastante com a amostra da planície fluvio-marinha, porém, a presença de fragmentos de rochas e de outros minerais é menos perceptiva.

Quanto ao formato dos grãos, todas as amostras tiveram sedimentos bastante esféricos, porém, as amostras retiradas das dunas e das falésias foram mais arredondadas que as outras. As amostras das planícies fluvio-marinha e fluvial foram menos arredondadas com sedimentos angulosos.

Tabela 11: Formato dos grãos das amostras da margem

Amostra	Esfericidade	Arredondamento
Duna	0,7	0,5
Falésia	0,9	0,5
Plan. Fluv.Mar.	0,9	0,3
Plan. Fluv.	0,9	0,3

6.5 Distribuição de Silte e Argila nos testemunhos

A distribuição do material mais fino dentro de cada testemunho variou muito, tanto no que diz respeito à qual camada o silte e a argila estão presentes em maior quantidade quanto na própria quantidade existente nos testemunhos. O primeiro testemunho foi o que teve as maiores concentrações de silte e argila, nesse testemunho a camada com maior quantidade foi a que ficava entre 72 e 95 cm de profundidade (30%), a camada de 38 até 72 cm também possui uma quantidade alta de silte e argila (aproximadamente 20%), a camada com menor quantidade foi a camada mais profunda com somente 1,5 %.

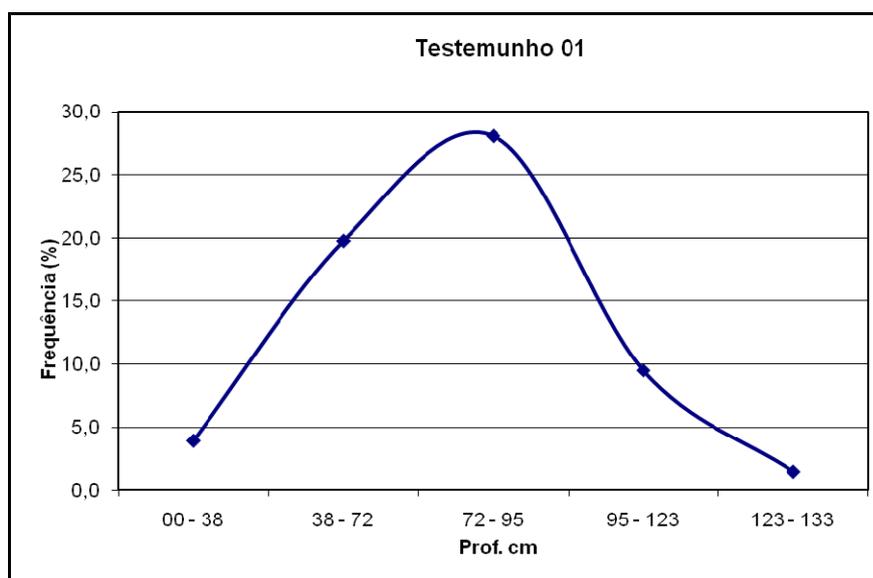


Figura 41: Distribuição de silte e argila dentro do Testemunho 01. Fonte: Acervo do Autor.

No segundo testemunho, os teores de silte e argila foram muito menores, com a maior concentração na camada mais profunda, ficando com 7,8%, a camada de 112 até 140 cm possui 3,6%, a de 28 à 112 cm é a que menos possui silte e argila, com somente 0,5% a camada mais superficial possui uma concentração um pouco maior, mesmo assim é muito baixa, com 1% aproximadamente.

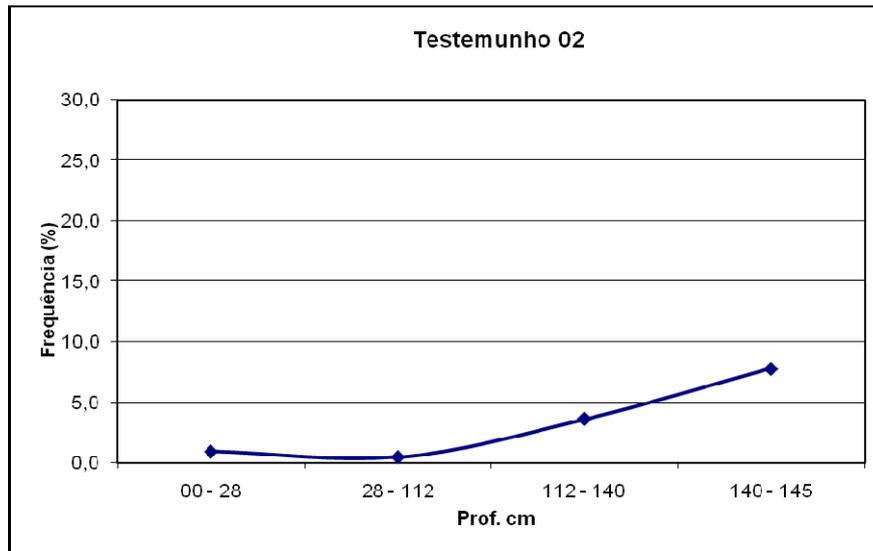


Figura 42: Distribuição de silte e argila dentro do Testemunho 02. Fonte: Acervo do Autor.

No terceiro testemunho, a distribuição de silte e argila se deu de forma contrária à que ocorreu no segundo testemunho, ou seja, as maiores concentrações se deram nas camadas superiores com 5,5% na camada superior, na segunda camada essa concentração diminuiu bastante indo para somente 1,3%, nas camadas seguintes essa concentração diminuiu, porém essa diminuição é muito baixa.

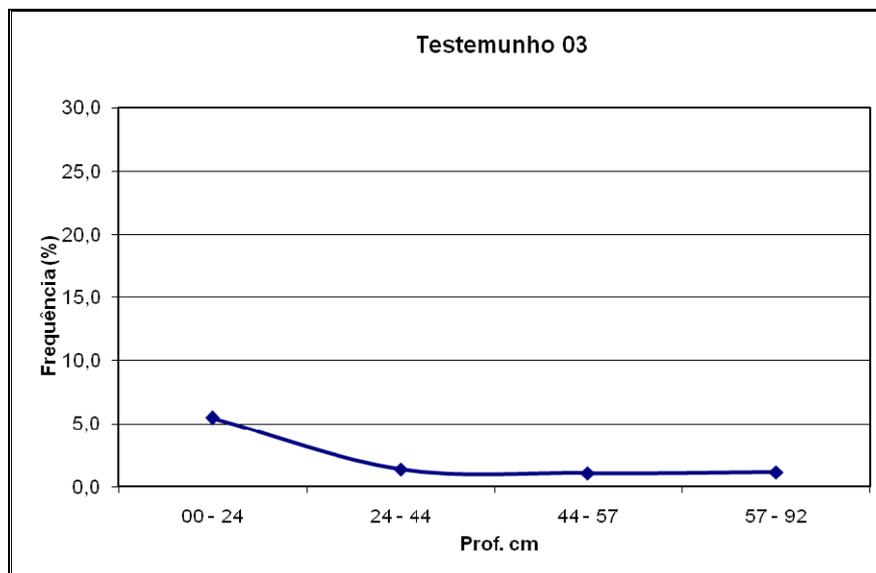


Figura 43: Distribuição de silte e argila dentro do Testemunho 03. Fonte: Acervo do Autor.

As concentrações de silte e argila dentro das camadas superficiais do quarto testemunho são relativamente baixas, na camada superficial a concentração fica próxima dos 2%, na camada seguinte (35 à 74 cm) o valor se mantém, na camada de 74 à 112cm esse valor

chega próximo dos 12%, por fim, na camada mais profunda a concentração volta a cair e fica em 1,2%.

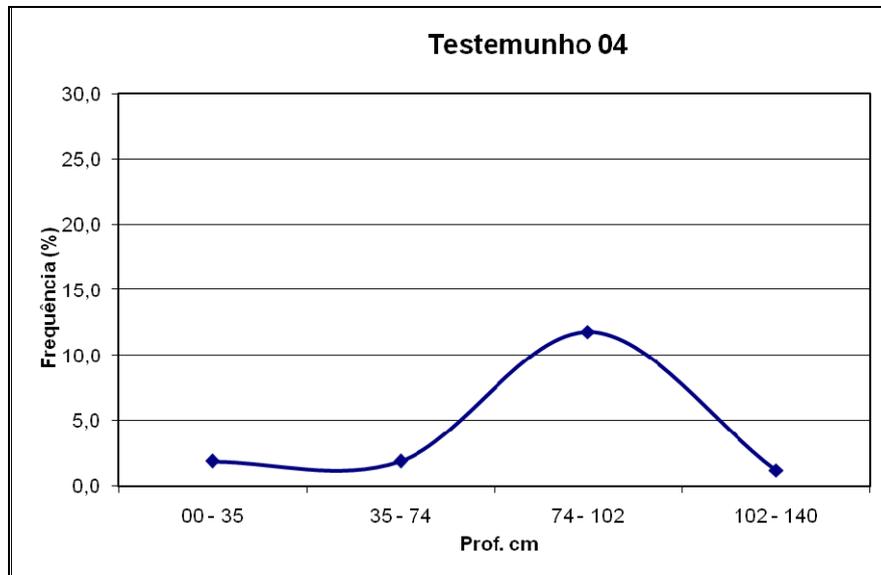


Figura 44: Distribuição de silte e argila dentro do Testemunho 04. Fonte: Acervo do Autor.

No quinto testemunho ocorre o maior acúmulo na camada superior (15%), a concentração de silte e argila vai diminuindo com o aumento de profundidade do sedimento até a camada de 40 à 70 cm (1,3%), então ocorre um aumento na camada seguinte (3,3%) e por fim a camada mais profunda possui uma concentração de 2,5 %.

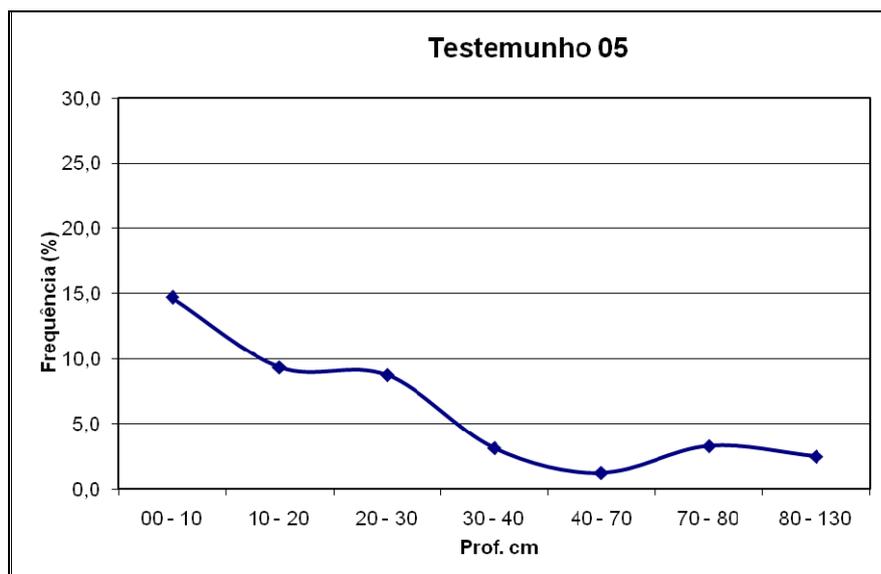


Figura 45: Distribuição de silte e argila dentro do Testemunho 05. Fonte: Acervo do Autor.

No sexto testemunho, a camada que possui a maior quantidade de silte e argila é a camada de 42 até 45 cm que possui 25%, em seguida vem a camada de 45 à 120 cm com 15%, as duas primeiras camadas possuem 5,8% e 4% respectivamente.

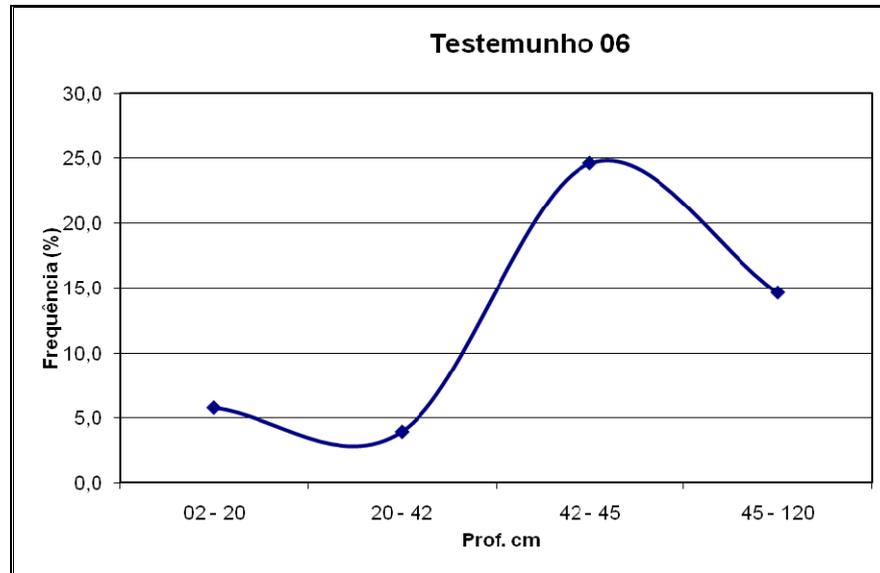


Figura 46: Distribuição de silte e argila dentro do Testemunho 06. Fonte: Acervo do Autor.

Baseado nos dados apresentados até agora, percebe-se que ocorre em todos os testemunhos estudados uma alteração na granulometria ao longo do sedimento e, em alguns casos essa alteração ocorre também no aspecto dos grãos, isso mostra que, ao longo do tempo ocorreram dentro do estuário do rio Jaguaribe diversas alterações na dinâmica deposicional dos sedimento. Ou seja, uma alteração entre períodos de alta energia, onde o sedimento depositado era mais fino e períodos de alta energia onde o sedimento depositado era mais grosso que o normal, o que acabou gerando nos testemunhos de sedimento a alternância entre camadas de sedimento mais finos e camadas de sedimento mais grossos.

Quanto ao aspecto dos grãos, a maior parte deles mostrou muito pouco arredondamento, ou seja, a grande maioria dos grãos encontrados eram angulosos, isso é um indicador de que a área fonte desses sedimentos se encontra mais ou menos próxima da área de deposição, uma vez que o transporte por longas distâncias faz com que o sedimento assuma um aspecto mais arredondado devido ao processo de desgaste que ocorre durante o arraste do grão no leito do rio.

Apesar de ter sido realizada uma classificação do formato dos grãos, foi possível verificar que, apesar haver um formato de grão mais presente em cada uma das amostras, existiam diversos outros grãos de formas que não eram a mesma da maioria, isso pode ser um

indicador da existencia de mais de uma fonte de sedimento para as ilhas do estuário. Infelizmente a aparência física da maior parte das amostras é muito semelhante, desse modo, somente a comparação da forma dos grãos não é o suficiente para determinar uma área fonte.

6.6 Distribuição da Matéria Orgânica

6.6.1 Testemunho 01

Como pode ser visto na Figura 74, os maiores teores de matéria orgânica do Testemunho 01 se deram nas profundidades de 38 cm até 72 cm (média de 1,61%) e de 72 cm até 95 cm (média de 1,55%). Na camada superficial o teor de matéria orgânica foi de 0,69%, nas camadas de 95 cm até 123 cm e na camada mais profunda as médias dos teores foram de 0,93% e 0,30% respectivamente.

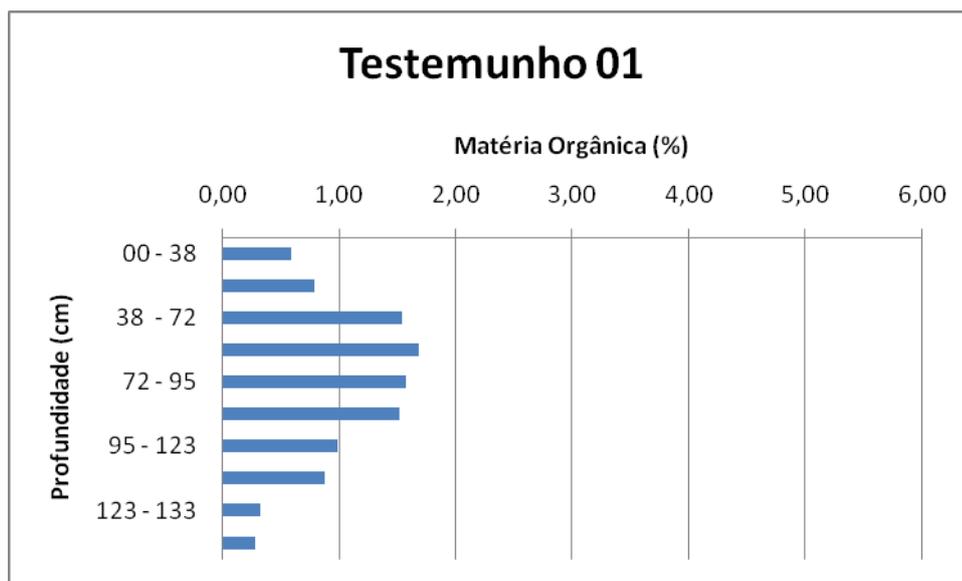


Figura 47: Distribuição da matéria orgânica (%) no Testemunho 01. Fonte: Acervo do Autor.

6.6.2 Testemunho 02

No testemunho 02, a camada que apresentou os maiores teores de matéria orgânica foi a camada de 112 cm até 140 cm, nessa camada a média das análises realizadas foi de 1,54%. As camada de 140 cm até 145 cm foi a segunda com a maior quantidade de matéria orgânica, com média de 0,49%. As duas camadas superficiais ficaram com a mesma média de 0,37%.



Figura 48: Distribuição da matéria orgânica (%) no Testemunho 02. Fonte: Acervo do Autor.

6.6.3 Testemunho 03

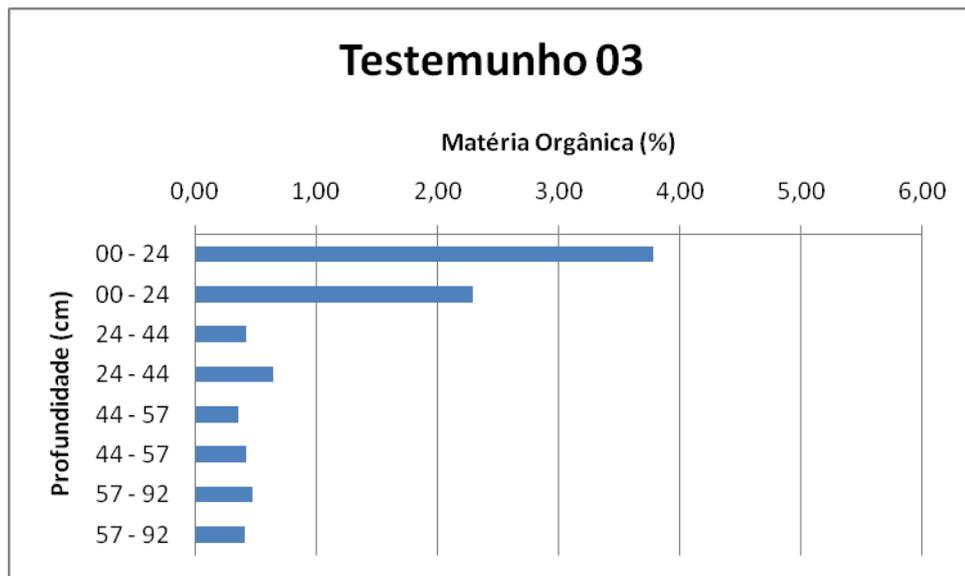


Figura 49: Distribuição da matéria orgânica (%) no Testemunho 03. Fonte: Acervo do Autor.

No Testemunho 03, a camada superficial apresenta uma quantidade bem maior de matéria orgânica que as camadas restantes, essa possui uma média de 3,03% de matéria orgânica. A camada que apresentou o segundo maior teor foi a camada de 24 cm até 44 cm, com uma média de 0,53% de matéria orgânica. A camada de 44 cm até 57 cm teve uma média de 0,39 e a camada de 57 cm até 92 cm possui um teor médio de 0,44% de matéria orgânica.

6.6.4 Testemunho 04

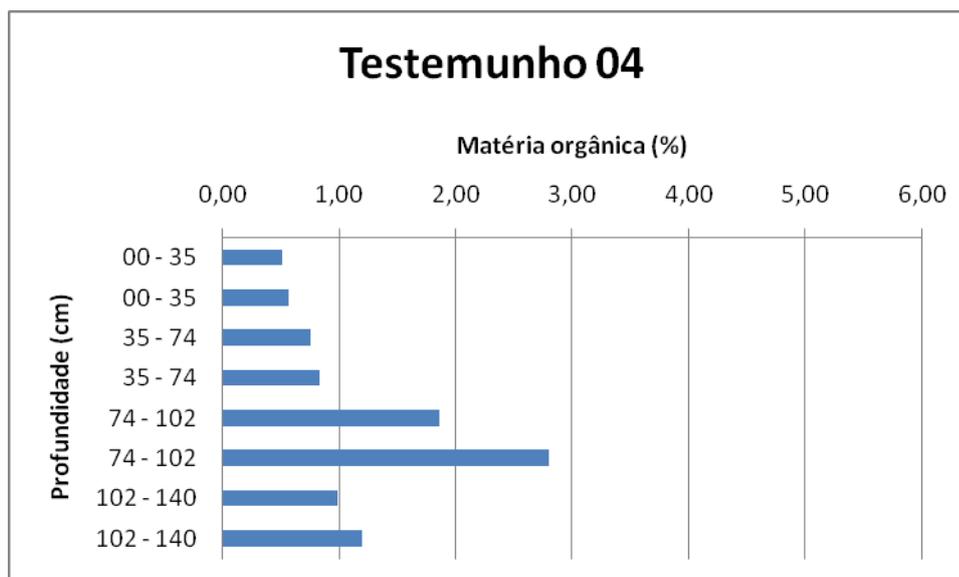


Figura 50: Distribuição da matéria orgânica (%) no Testemunho 04. Fonte: Acervo do Autor.

Os resultados do Testemunho 04 mostram que ocorre um acúmulo de matéria orgânica na camada de 74 cm até 102 cm, nessa camada o teor médio de matéria orgânica foi de 2,33%. Na camada de 102 cm até 140 cm esse valor diminuiu para 1,09%. Nas camadas superficiais, o teor de matéria orgânica é menor, sendo 0,54% na camada superficial e 0,80% na camada de 35 cm até 74 cm.

6.6.5 Testemunho 05

O Testemunho 05 foi o que teve as maiores concentrações de matéria orgânica entre os testemunhos retirados, a maior parte da matéria orgânica se encontra nas camadas superficiais, com o aumento da profundidade da camada ocorre uma diminuição nos teores encontrados, na camada superficial a média foi de 5,64%. Na camada seguinte de 10 cm até 20 cm ocorre uma grande diminuição nesse valor, ficando registrado em 3,23%. Na camada de 20 cm até 30 cm o valor diminuiu para 2,8%. Na camada seguinte, de 30 cm até 40 cm o valor diminuiu para 1,07%. Na camada de 40 cm até 70 cm ocorre o menor valor de matéria orgânica do testemunho, nessa camada o teor é de 0,43%. O valor volta a aumentar na camada seguinte ficando em aproximadamente 1% e diminuiu na última camada para 0,94%.

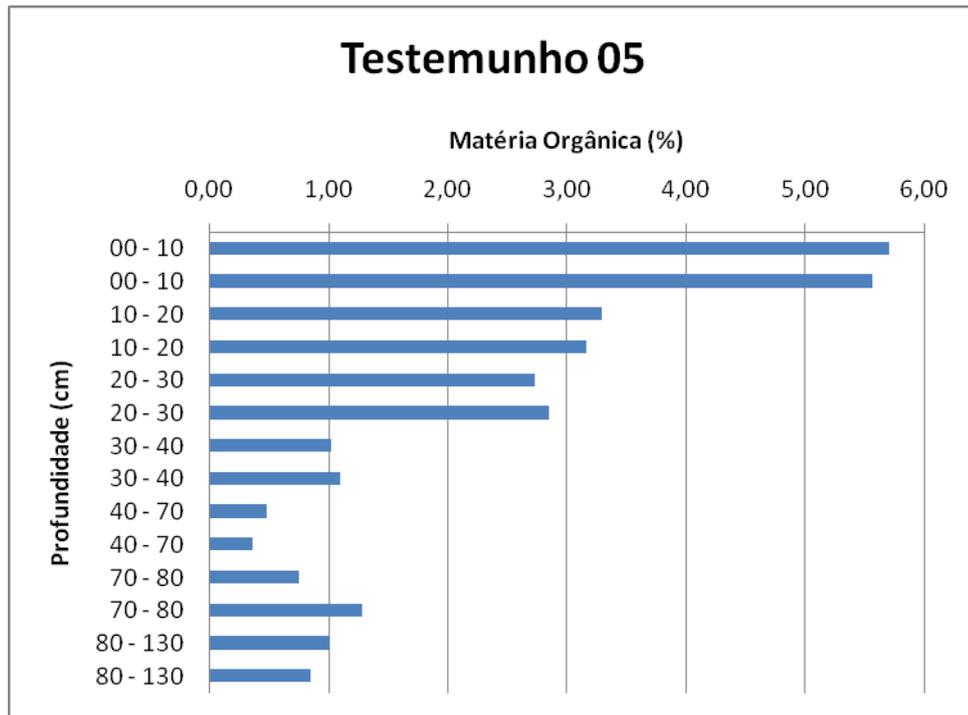


Figura 51: Distribuição da matéria orgânica (%) no Testemunho 05. Fonte: Acervo do Autor.

6.6.6 Testemunho 6

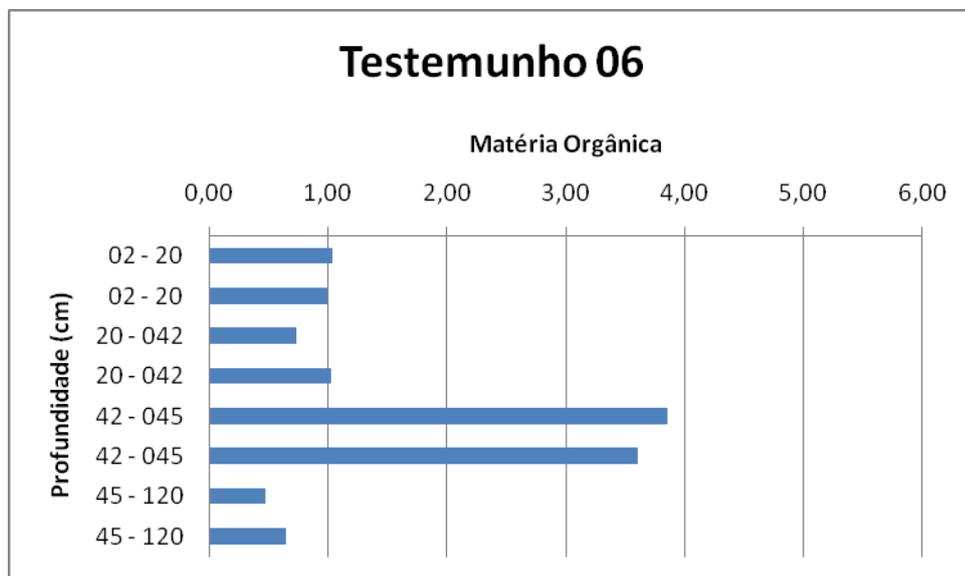


Figura 52: Distribuição da matéria orgânica (%) no Testemunho 06. Fonte: Acervo do Autor.

As camadas superficiais do Testemunho 06 possuem muito pouca matéria orgânica, a camada de 2 cm até 20 cm possui, em média, aproximadamente 1%. A camada seguinte, com profundidade de 20 cm até 42 cm possui um teor de 0,88% em média. A camada de 42 cm até 45 cm apresenta uma quantidade muito maior de matéria orgânica, em média 3,73% de

concentração. A camada mais profunda desse testemunho, que vai de 45 cm até 120 cm possui 0,56%, o menor valor dentre todas as camadas desse testemunho.

6.6.7 Fundo do estuário

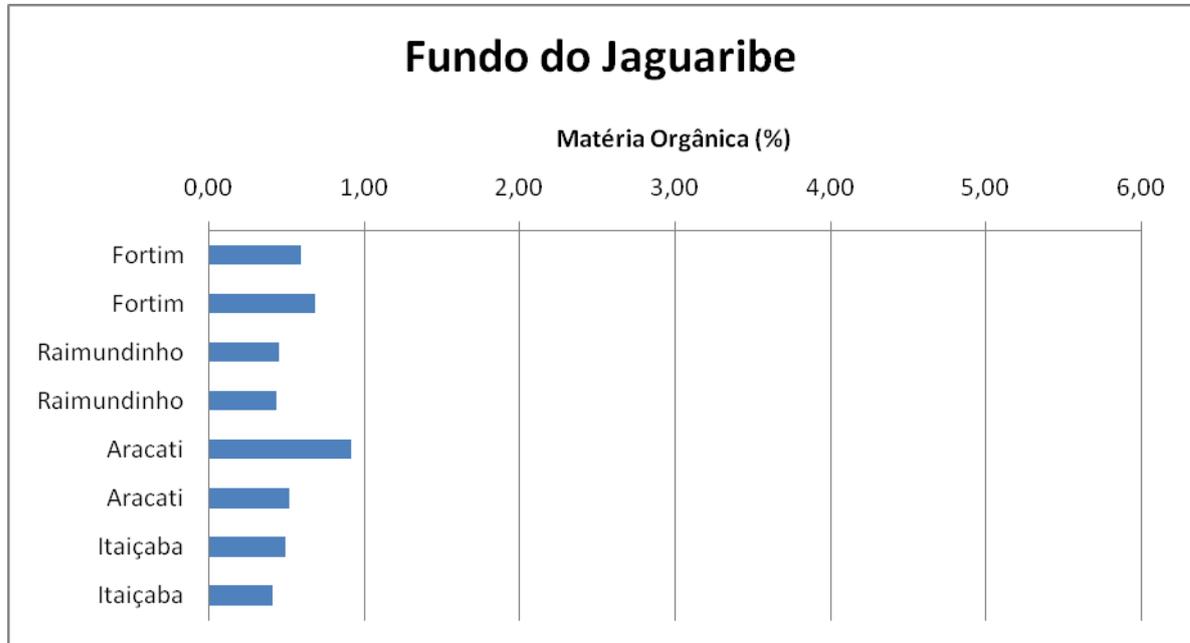


Figura 53: Distribuição da matéria orgânica (%) nas amostras superficiais de fundo do estuário.

Fonte: Acervo do Autor.

A amostra retirada em Fortim, próxima da foz do rio, teve uma média de 0,64% de matéria orgânica no sedimento. No raimundinho, localizado no baixo estuário a amostra teve uma média de 0,44% de matéria orgânica. Em Aracati houve a maior concentração média de todas as amostras, nessa localidade a média foi de 0,72%. A amostra retirada de Itaiçaba teve a segunda menor concentração, sendo de somente 0,45%.

6.6.8 Amostras das margens

De todas as amostras retiradas do estuário, a referente às dunas foi a que teve a menor quantidade de matéria orgânica, em média 0,05%. As falésias tiveram em média 0,44% de matéria orgânica. A Planície Fluvio Marinha foi a que teve a maior quantidade de matéria orgânica dentro desse grupo de amostras, com uma média de 1,34%. Na planície Fluvial a concentração de matéria orgânica ficou em 0,64%.

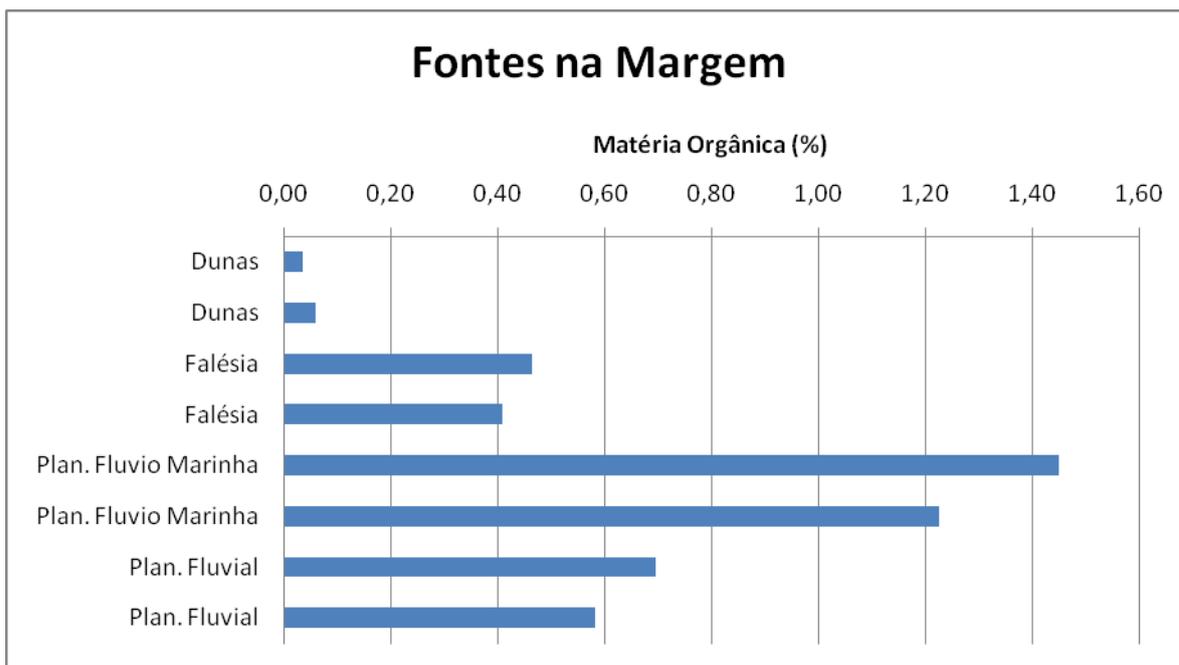


Figura 54: Distribuição da matéria orgânica (%) nas amostras superficiais da margem do estuário.

Fonte: Acervo do Autor.

Ao se comparar os resultados de matéria orgânica com a distribuição de silte e argila dentro dos testemunhos, a semelhança nos resultados das análises mostra que a matéria orgânica presente no sedimento das ilhas fluviais está associada ao sedimento mais fino. A capacidade de adsorção da matéria orgânica aos sedimentos finos é bastante conhecida, isso ocorre devido à grande superfície específica (área/massa), a alta reatividade das partículas finas permite que a aglomeração de partículas em torno do sedimento fino, um processo conhecido como floculação e coagulação, o aumento do peso da partícula faz com que essa se sedimente mais facilmente.

7. Discussão

7.1 Mapeamento

O mapeamento mostrou claramente que houve um aumento nas ilhas localizadas dentro do estuário do rio Jaguaribe, como foi dito anteriormente, a velocidade com que se deu esse aumento não foi igual durante todo o período estudado, sendo que os maiores aumentos ocorreram entre os anos de 1992 e 2003. Esses anos também correspondem aos anos em que a bacia hidrográfica do rio Jaguaribe sofreu grandes mudanças, entre essas podemos destacar:

- A construção do açude Castanhão concluída em 2003.
- A construção do Canal dos Trabalhadores que teve início em 1993.
- Estabelecimento do Perímetro Irrigado Jaguaribe-Apodi no final da década de 80.

Sendo assim, é possível que as obras de grande porte que ocorreram na bacia hidrográfica tenham contribuído com uma grande quantidade de sedimento para o aumento das ilhas no baixo estuário.

Uma vez que o sedimento é depositado, pode-se perceber, com o auxílio das fotos tiradas no local, que os manguezais são os responsáveis pela sua rápida colonização e pela fixação daquele sedimento que, uma vez que o grande número de barragens e de retiradas de água diminuíram a capacidade de transporte do rio Jaguaribe, não é exportado para as regiões próximas da foz e para a plataforma.

7.2 Estimativas de sedimento

As estimativas criadas mostraram a atividade que mais contribui para o assoreamento do estuário é a agricultura e que, as fazendas de camarão, apesar de não serem as maiores exportadoras de sedimento para o estuário, possuem potencial para se tornarem um problema ambiental no futuro caso não haja algum tipo de regulação, principalmente pelo fato de que os efluentes são lançados sem nenhum tratamento prévio dentro do estuário.

Além disso, as estimativas mostraram que, durante a maior parte do ciclo produtivo, as fazendas de camarão funcionam como piscinas de decantação, retendo mais sedimento do que exporta para o estuário, o período crítico ocorre durante a despesca, quando, no processo de esvaziamento dos tanques a força da água é suficiente para erodir as paredes e o fundo dos tanques.

7.3 Granulometria e Morfometria dos grãos

A granulometria dos testemunhos mostrou um predomínio de areias sobre as outras classes granulométricas, além disso, mostrou que em um mesmo testemunho podem existir diversos tipos de sedimento, havendo camadas com grande quantidade de silte e argila e camadas formadas basicamente de grãos mais grosseiros. Essas alterações nos padrões de deposição mostram também que existem alterações na dinâmica do estuário, em que períodos de grande energia são seguidos por períodos de baixa capacidade de transporte de sedimento.

Quanto ao formato dos grãos, esse tipo de análise não permitiu a definição das origens dos sedimentos que formam as ilhas e as praias no estuário do rio Jaguaribe devido ao fato de que a maioria das amostras se mostraram muito semelhantes, com nenhuma característica física marcante que facilitasse a identificação de uma fonte em potencial e, quanto as camadas de sedimento que possuíam alguma característica diferente não foi encontrado entre as amostras tidas como de áreas fonte de sedimento uma que tivesse aspecto semelhante.

Porém, apesar de não ter sido possível apontar com certeza uma fonte para os sedimentos, o aspecto mal trabalhado dos grãos aponta para uma fonte próxima do local de deposição, uma vez que, segundo Suguio (1973), os grãos ao serem transportados por grandes distâncias pelo rio passam a adquirir um aspecto mais arredondado do que aqueles que são originados de fontes próximas. Além disso, a aparência semelhante com os sedimentos retirados das margens aponta as diversas áreas de erosão encontradas espalhadas pelas margens do rio como uma possível fonte de grande importância dentro desse contexto.

7.4 Matéria Orgânica

A matéria orgânica mostrou um comportamento muito similar ao comportamento das partículas finas, desse modo é seguro afirmar que a matéria orgânica está ligada a esses sedimentos. O testemunho que mostrou a maior quantidade de matéria orgânica na superfície é o testemunho do ponto 5, com 6% de matéria orgânica superficial.

O ponto 5 é uma praia de uma pequena ilha que mostrou um grande crescimento nos mapeamentos, essa ilha fica na saída da gamboa que divide a Ilha do Pinto ao meio, sendo um local de circulação de água bastante restrita, o que explicaria o depósito do material fino e da matéria orgânica, além disso, essa região pode sofrer influência da fazenda de carcinicultura que fica nas proximidades do canal do Cumbe e é a maior fazenda do estado do Ceará, esse canal deságua próximo à porção sul da Ilha do Pinto e pode ter algum efeito sobre o teor de matéria orgânica no sedimento.

O ponto 1 também mostrou uma quantidade bem alta de matéria orgânica, esse ponto se localiza na margem do estuário em frente a cidade de Aracati, o fato do ponto se localizar numa gamboa pode explicar em parte a matéria orgânica encontrada nesse testemunho, além de, como foi dito anteriormente, o fato desse ponto ser localizado em frente à uma cidade que não possui tratamento de esgoto, fato que pode ser percebido pelo forte cheiro de esgoto nessa região do estuário.

O fato de a maioria dos pontos possuírem uma camada rica em matéria orgânica abaixo das camadas mais superficiais, que são mais pobres em matéria orgânica mostra que ocorre uma alteração nos padrões de deposição dentro do estuário, onde uma camada de sedimento mais fino é coberta por uma camada de sedimento mais grosso e mais pobre em matéria orgânica.

Quanto à matéria orgânica dos sedimentos que são considerados como de área fonte estão dentro dos resultados esperados, com os sedimentos de dunas sendo os mais pobres em matéria orgânica e o sedimento da planície fluvio-marinha sendo o mais rico em matéria

orgânica, muito provavelmente devido à vegetação que ocorre nas margens do rio e pela granulometria fina desse sedimento.

8. Conclusões e Recomendações

Baseado nos resultados apresentados no capítulo anterior, foi possível se concluir que:

- O mapeamento do estuário mostrou um aumento significativo das ilhas dentro do estuário do rio Jaguaribe, o sedimento recém depositado é rapidamente colonizado pelo manguezal que impossibilita a sua remoção.
- As estimativas mostraram que, apesar de não ser a atividade que mais colabora com o assoreamento do estuário, a carcinicultura possui a capacidade de, se não houver algum tipo de regulação sobre os efluentes da despesca, ocasionar distúrbios ambientais consideráveis para o estuário.
- As características granulométricas distintas de cada uma das camadas dos testemunhos mostram que ao longo da formação dessas ilhas houve diversas alterações na dinâmica da deposição dos sedimentos dentro do estuário.
- A granulometria e a morfometria dos grãos não foram o suficiente para determinar de forma eficaz a origem dos sedimentos que compõem as ilhas do estuário, no entanto o formato dos grãos indica que a fonte desses sedimentos está localizada próxima do estuário.
- O uso de ferramentas mais sofisticadas como a mineralogia e indicadores geoquímicos pode ser uma ferramenta importante para a determinação das fontes do sedimento das ilhas estuarinas.

9. Referências Bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, ANA. (2010). **HidroWeb**. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/>. Acesso em 25 de Abril de 2010.

BITTENCOURT, A.C.S.P.; MARTIN, L.; DOMINGUEZ, J.M.L.; VILAS BOAS, G.S.; FLEXOR, J.M. (1979). **Quaternary marine formation of the coast of the state of Bahia (Brazil)**. Atas do Simpósio Internacional Evolução Costeira no Quaternário, 232-253, São Paulo.

CALLIARI, L.S.; PEREIRA, P.S.; OLIVEIRA, A.O.; FIGUEIREDO, S. A.; **Variabilidade das Dunas Frontais no Litoral Norte e Médio do Rio Grande do Sul, Brasil**; Gravel; Porto Alegre; Nº 3, Páginas 15-30; 2005.

CARVALHO NETA, M.L. (2007), **Evolução Geomorfológica Atual e Análise da Foz do Rio Jaguaribe, Ceará**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará, UFC, Fortaleza, 123f.

CAVALCANTE, A.A. (2000). **Impactos ambientais na região do baixo curso do rio Jaguaribe, CE**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 317p.

CHIANG, J.C.H.; KOUTAVAS, A. (2004). **Tropical Flip-Flop Connections**. Nature, Vol. 432, p.284-285.

DAI, A.; QIAN, T.; TRENBERTH, K.E.; MILLIMAN, J.D. (2009). **Changes in continental freshwater discharges from 1948 to 2004**. Journal of Climate. Vol. 22, p.2773-2792.

DIAS, F.J.S. (2007). **Hidrodinâmica das descargas fluviais para o estuário do Rio Jaguaribe (CE)**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Ciências do Mar – LABOMAR, UFC, Fortaleza, 111p.

DIAS, F.J.S.; MARINS, R.V.; MAIA, L.P. (2009). **Hydrology of a well-mixed estuary at the semi-arid NE Brazilian coast**. Acta Limnologica Brasiliensia, v. 21, p. 377-385.

GODOY, Mario Duarte Pinto – Mudanças na sedimentação no estuário... - 2011

DIAS, F.J.S.; CASTRO, B.M.; LACERDA, L.D. (2010a). **Water masses of the continental shelf of Jaguaribe river (4°S) – Northeastern, Brazil**. Scientia Marina. No Prelo.

DIAS, F.J.S.; LACERDA, L.D.; MARINS, R.V. (2010b). **Comparative analysis of rating curve and adp estimates of instantaneous water discharge through estuaries in two contrasting brazilian Rivers**. Hydrological Processes. No Prelo.

FARIAS, E.G.G.; MAIA, L.P. (2009). **Aplicação de técnicas de geoprocessamento para a Análise da evolução da linha de costa em ambientes litorâneos do Estado do Ceará**. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 4585-4592.

FIGUEIREDO, M.C.B.; ARAÚJO, L.F.P.; GOMES, R.B.; ROSA, M.F.; PAULINO, W.D.; MORAIS, L.F.S. (2005). **Impactos Ambientais do Lançamento de Efluentes da Carcinicultura em Águas Interiores**. Engenharia Sanitária Ambiental, vol.11, Nº 3, p.231-240.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA, FUNCEME. (1989). **Mapeamento, Levantamento e Caracterização de Áreas Potenciais para a Implantação de Projetos de Carcinicultura no Norte e Nordeste do Brasil**. Fortaleza, CE.

GIANNINI, P.C.F.; RICCOMINI, C. (2003). **Sedimentos e Processos Sedimentares**. In: TEIXEIRA, W. TOLEDO, M.C.M.; FAIRCHILD, T.M.; TAIOLI, F. (2003). **Decifrando a Terra**. Segunda Edição; Oficina de Textos; São Paulo. 558 p.

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ (2009). **Municípios do Ceará: Guia Municipal 2009/2010**. Gráfica Expressão, Fortaleza. Ano XII, Nº 05, 392 p.

GROSSI, C.A. (2009). **Quantificação do Efeito do Açude Castanhão Sobre o Fluxo Fluvial de Material Particulado em Suspensão e Nutrientes Para o Estuário do Rio Jaguaribe, Ceará - Brasil**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Ciências do Mar – LABOMAR, UFC, Fortaleza, 40 p.

HERZ, R. 1991. **Manguezais do Brasil**. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo,

GODOY, Mario Duarte Pinto – Mudanças na sedimentação no estuário... - 2011

São Paulo, 227 p.

HESP, P. (2002). **A Gênese de Cristas de Praias e Dunas Frontais**. Revista de Geografia da UFC; Fortaleza; ano 01, N° 02.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (2009). **Cidades@**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em: 20 de Agosto de 2009.

LACERDA, L.D.; DIOP, E.S. (1993). **Conservation and Sustainable Utilization of Mangrove Forest in Latin America and Africa Regions**. International Society for Mangrove Ecosystems.

LACERDA, L.D.; MAIA, L.P.; MONTEIRO, L.H.U., SOUZA, G.M.; BEZERRA, L.J.C.; MENEZES, M.O.T. (2006a). **Manguezais do Nordeste e mudanças ambientais**. Ciência Hoje, Vol. 39, 229, p.24-29.

LACERDA, L.D.; SANTOS, J.A.; MADRID, R.M. (2006b). **Copper emission factors from intensive shrimp aquaculture**. *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 52, Issue 12, p.1823-1826.

LACERDA, L.D.; MENEZES, M.O.T.; MOLISANI, M.M. (2007). **Changes in mangrove extension at the Pacoti River estuary, CE, NE Brazil due to regional environmental changes between 1958 and 2004**. *Biota Neotropica* (Ed. Portuguesa). Disponível em: <http://www.biotaneotropica.org.br/v7n3/pt/abstract?article+bn00807032007>.

LACERDA, L.D.; GODOY, M.D.; MAIA, L.P. (2010). **Mudanças Climáticas Globais: Caçando Indicadores no Nordeste Brasileiro**. Ciência Hoje, Vol. 46, 272, p. 32 – 37.

LARA, R.; SZLAFSZTEIN, C.; COHEN, M.; BERGER, U.; GLASER, M. (2002). **Implications of mangrove dynamics for private land use in Bragança, North Brazil: a case study**. *Journal of Coastal Conservation* 8: 97-102.

GODOY, Mario Duarte Pinto – Mudanças na sedimentação no estuário... - 2011

LEFEBVRE, J.P.; DOLIQUE, F.; GRATIOT, N. (2004). **Geomorphic evolution of a coastal mudflat under oceanic influences: an example from the dynamic shoreline of French Guiana**. *Marine Geology*, 208, p.191-205.

MABESOONE, J.M. (1966). **Relevo do nordeste do Brasil e sua correlação sedimentos**. *Zietschr Geomorph.* 10: 453.

MAIA, L.P. (1993). **Controle tectônico e evolução geológica/sedimentar da região da desembocadura do Rio Jaguaribe**. 144p. Dissertação de Mestrado. Centro de Tecnologia, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

MAIA, L.P.; CAVALCANTE, M.D.; MIRANDA, P.T.C. (2006). **Zoneamento Ecológico-Econômico do Ceará**. Fortaleza. SEMACE. Vol. 01.

MAIA, L.P.; MONTEIRO, L.H.U.; LACERDA, L.D.(2006). **Changes in mangroves extension along the northeastern brazilian coast (1978-2003)**. ISME. *Glomis Electronic Journal*, v. 5, p. 1-5.

MARINS, R.V.; FREIRE, G.S.S.; MAIA, L.P.; LIMA, J.P.R.; LACERDA, L.D. (2002). **Impacts of land-based activities on Ceará coast, North-eastern Brazil**. In: LACERDA, L. D.; KREMER, H.; KJERFVE, B.; SALOMONS, W.; CROSSLAND, J. M. (2002). **South American Basins: LOICZ Global Change Assessment and Synthesis of River Catchment - coastal Sea Interaction and Human Dimensions**. 1. ed. Texel: IGBP-LOICZ. Vol. 1. 212 p.

MARINS, R.V.; DIAS, F.J.S. (2003a). **Alterações na hidrogeoquímica do estuário do Rio Jaguaribe-Ce: Descarga ou retenção de materiais?** In: Anais do IX Congresso Brasileiro de Geoquímica. Belém, 480-482 p.

MARINS, R.V.; LACERDA, L.D.; ABREU, I.M.; DIAS, F.J.S. (2003b). **Efeitos da açudagem no rio Jaguaribe**. *Ciência Hoje*, 33 (197): 66-70.

MARINS, R.V.; GODOY, J.M.; DIAS, F.J.S.; LACERDA, L.D.; MAIA, L.P.; ESCHRIQUE, S.A. (2007). **Variabilidade hidroquímica e geoquímica sedimentar em resposta as**

GODOY, Mario Duarte Pinto – Mudanças na sedimentação no estuário... - 2011

descargas antropizadas para o estuário do Rio Jaguaribe. XII Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar, Florianópolis.

MENEZES, M.O.T. (2006). **Análise do crescimento das florestas de mangue da planície flúvio-marinha do Rio Pacoti, Ceará, entre os anos de 1958 e 2004.** Monografia de Graduação. Departamento de Biologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 54 p.

MONCUNILL, D.F. (2006). **The rainfall trend over Ceará and its implications.** Proceedings of 8 ICSHMO, Foz do Iguacu, Brazil, April 24-28, 2006, INPE, p. 315-323.

MONTEIRO, L.H.U. (2005). **Estudo das áreas de mangues entre os estados Piauí e Pernambuco com um enfoque para o estado do Ceará nos anos de 1978 e 1999/2004 utilizando sensoriamento remoto.** Dissertação de Mestrado. Instituto de Ciências do Mar - LABOMAR, UFC, Fortaleza, 196 p.

MUEHE, D. (2003). **Geomorfologia Costeira.** In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. (2003). **Geomorfologia: uma Atualização de Bases e Conceitos.** 5ª edição. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro. 472p.

PAULA, D. P. 2006. **Elaboração de Paisagens Contiguas ao Estuário do Rio Jaguaribe-CE.** Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Ceará – UECE, Fortaleza, 200 p.

ROSS, M.S.; OBRIEN, J.J.; STERNBERG, L.D.L. (1994). **Sea-level Rise and the Reduction in Pine Forests in the Florida Keys.** Ecological Applications, Vol.4, Issue 1, 144-156p.

RUST, I.C.; ILLENBERGER, W.K. (1996). **Coastal dunes: sensitive or not?;** Landscape and Urban Planning; Nº 34; Páginas 165- 169.

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS DO CEARÁ, SRHCE. (2010). **Sistema de Informações dos Recursos Hídricos do Ceará.** Disponível em: <http://atlas.srh.ce.gov.br/>. Acesso em 10 de Abril de 2010.

GODOY, Mario Duarte Pinto – Mudanças na sedimentação no estuário... - 2011

SÍGOLO, J.B. (2003). **Processos Eólicos: A Ação dos Ventos**. In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C.M.; FAIRCHILD, T.R.; TAIOLI, F. (2003). **Decifrando a Terra**, Segunda Edição; Oficina de Textos; São Paulo; 558 p.

SILVA, C.G.; PATCHINEELAM, S.M.; NETO, J.A.B.; PONZI, V.R.A. (2004). **Ambientes de Sedimentação Costeira e processos Morfodinâmicos Atuantes na linha de Costa**. In: NETO, J.A.B.; PONZI, V.R.A.; SICHEL, S.E. (2004). **Introdução à Geologia Marinha**. Editora Interciência; Rio de Janeiro. 279 p.

SOARES, A.M.L. (2007). **Análise temporal do crescimento da carcinicultura marinha no estuário do Rio Jaguaribe-Ce**. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR, Florianópolis-SC.

SUGUIO, K. (1973). **Introdução à sedimentologia**. São Paulo, Edgard Blüncher, Ed. Da Universidades de São Paulo, 317 p.

SUGUIO, K. (1998). **Dicionário de Geologia Sedimentar e áreas afins**. Editora Bertrand Brasil, São Paulo, 1217 p.

TUNDISI, J.G. (2003). **Água no Século XXI: Enfrentando a Escassez**. São Carlos: RiMa, IIE, 247p.

VALENTINI, E. (1996). **Um modelo de balanço sedimentológico para o litoral do Ceará**. Anais do II Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, Rio de Janeiro, p: 251-259.

WILTON, K.M. (2002). **Coastal Wetland Habitat Dynamics in Selected New South Wales Estuaries**. Doctor Theses. Australian Catholic University, Melbourne.

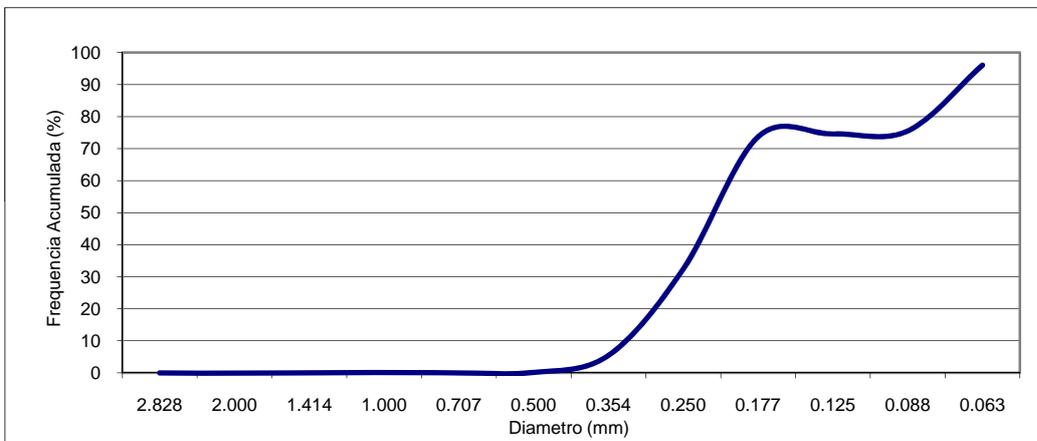
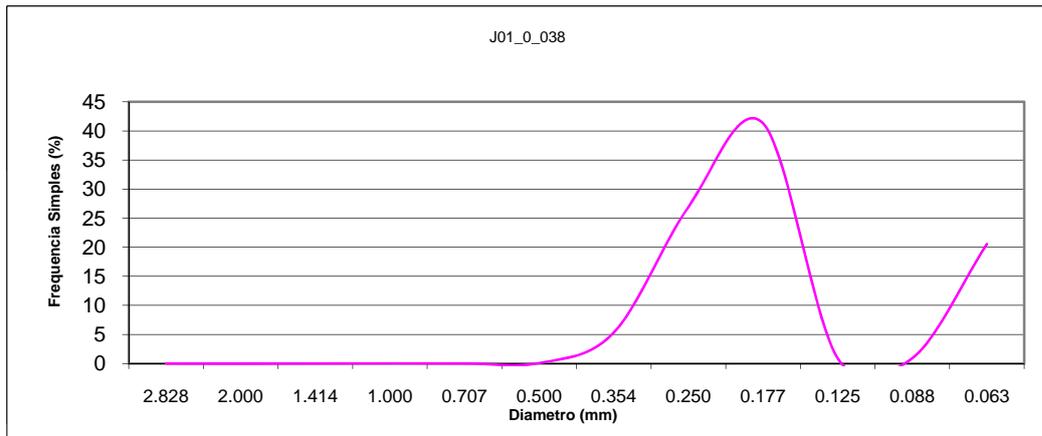
ANEXOS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
LABOMAR - Instituto de Ciências do Mar

Amostra J01_0_038

Escalas

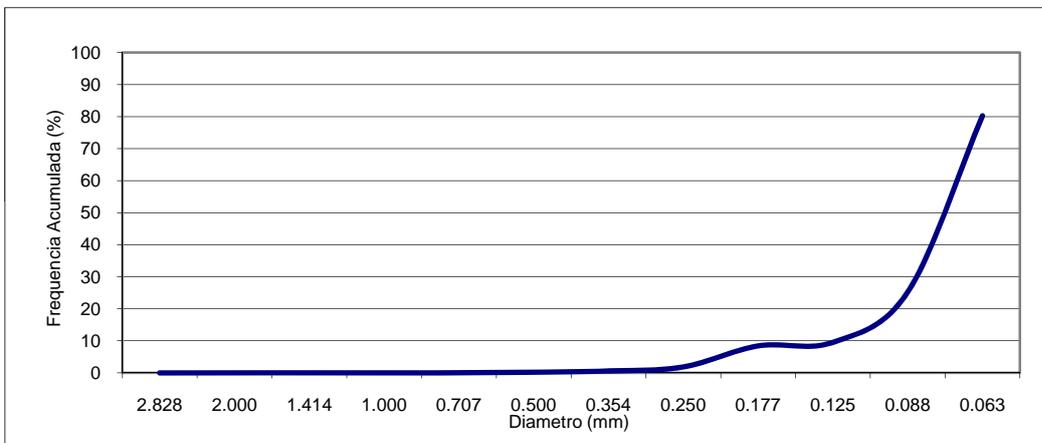
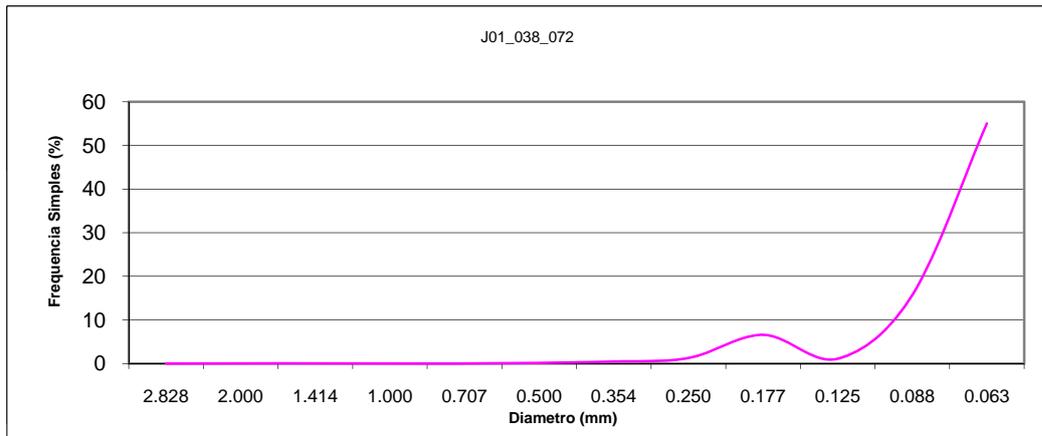
Ø	mm	Freq.Sim.	Freq.Acum.		Escala	Media	Mediana
-1.5	2.828	0.00	0		Ø	0.848	0.9461
-1.0	2.000	0.00	0		mm	0.56	0.52
-0.5	1.414	0.00	0				
0.0	1.000	0.01	0.0128				
0.5	0.707	0.04	0.048		Curtose	Assim.	Gr_Selec.
1.0	0.500	0.09	0.1388		1.0643	-0.1662	1.1321
1.5	0.354	5.32	5.4572				
2.0	0.250	26.94	32.3948		Cascalho	Areia	Lama
2.5	0.177	41.32	73.7124	(%)	0.00	96.0788	3.9212
3.0	0.125	0.90	74.616				
3.5	0.088	0.91	75.5244	F&W-Media			
4.0	0.063	20.55	96.0788	Areia Grossa			



Amostra J01_038_072

Escalas

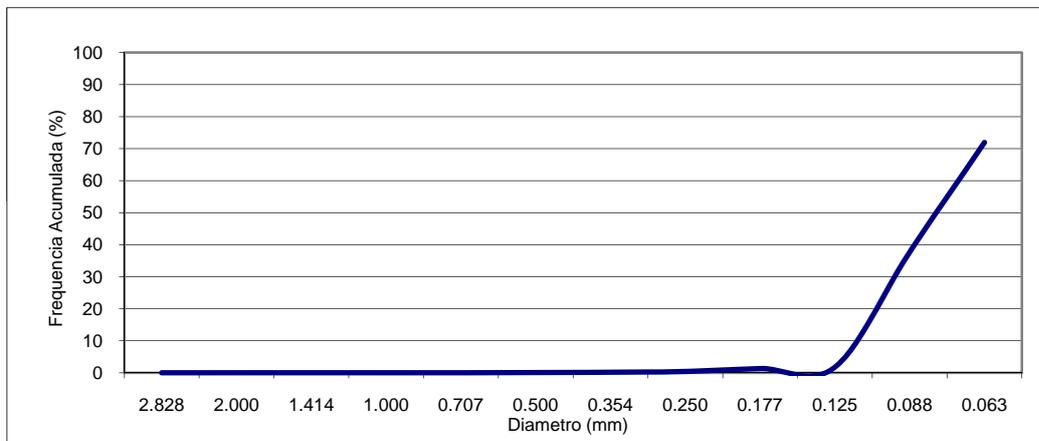
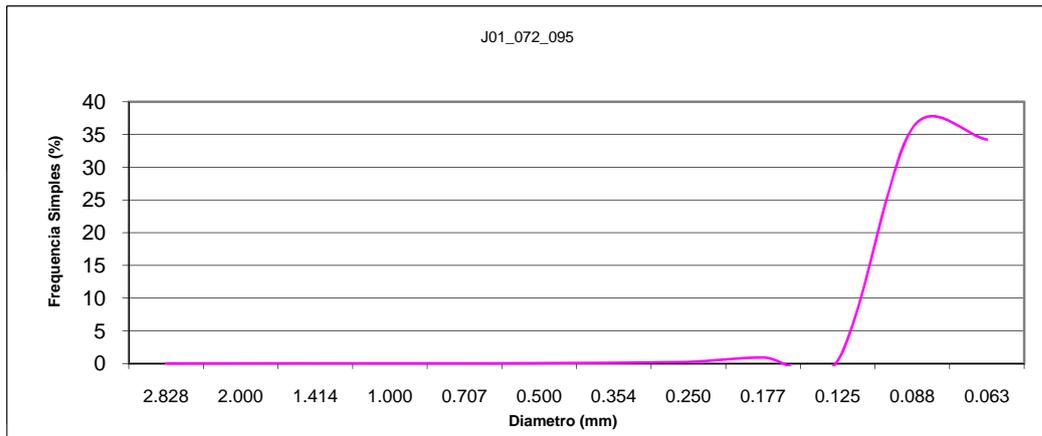
Ø	mm	Freq.Sim.	Freq.Acum.		Escala	Media	Mediana
-1.5	2.828	0.00	0		Ø	0.6843	0.7456
-1.0	2.000	0.00	0		mm	0.62	0.60
-0.5	1.414	0.00	0				
0.0	1.000	0.00	0				
0.5	0.707	0.07	0.0688		Curtose	Assim.	Gr_Selec.
1.0	0.500	0.10	0.168		1.039	-0.1101	1.1519
1.5	0.354	0.44	0.604				
2.0	0.250	1.25	1.8508		Cascalho	Areia	Lama
2.5	0.177	6.58	8.4332	(%)	0.00	80.256	19.744
3.0	0.125	1.10	9.5284				
3.5	0.088	15.67	25.2028	F&W-Media			
4.0	0.063	55.05	80.256	Areia Grossa			



Amostra J01_072_095

Escalas

Ø	mm	Freq.Sim.	Freq.Acum.	Escala	Media	Mediana
-1.5	2.828	0.00	0	Ø	0	0
-1.0	2.000	0.00	0	mm	1.00	1.00
-0.5	1.414	0.00	0			
0.0	1.000	0.00	0			
0.5	0.707	0.04	0.042	Curtose	Assim.	Gr_Selec.
1.0	0.500	0.04	0.084	0	0	0
1.5	0.354	0.11	0.1904			
2.0	0.250	0.24	0.428	Cascalho	Areia	Lama
2.5	0.177	0.92	1.35	(%) 0.00	71.9536	28.0464
3.0	0.125	0.40	1.748			
3.5	0.088	35.98	37.7264	F&W-Media		
4.0	0.063	34.23	71.9536	0		

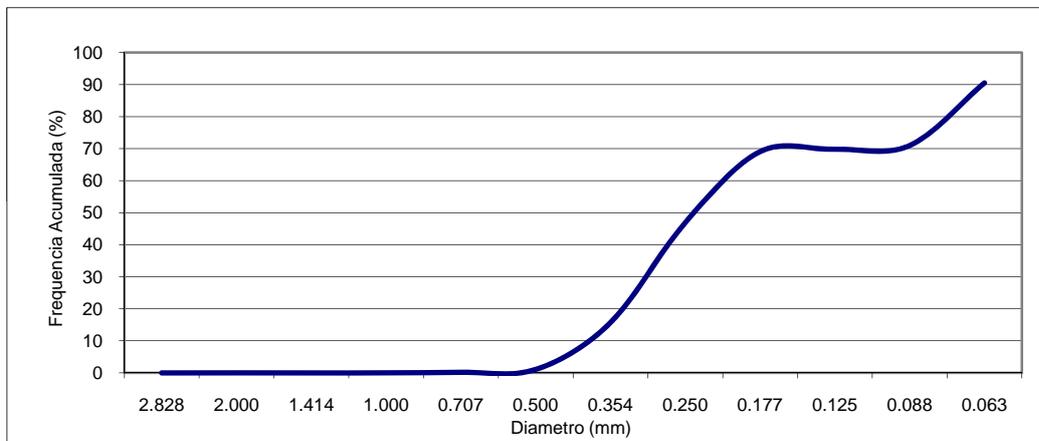
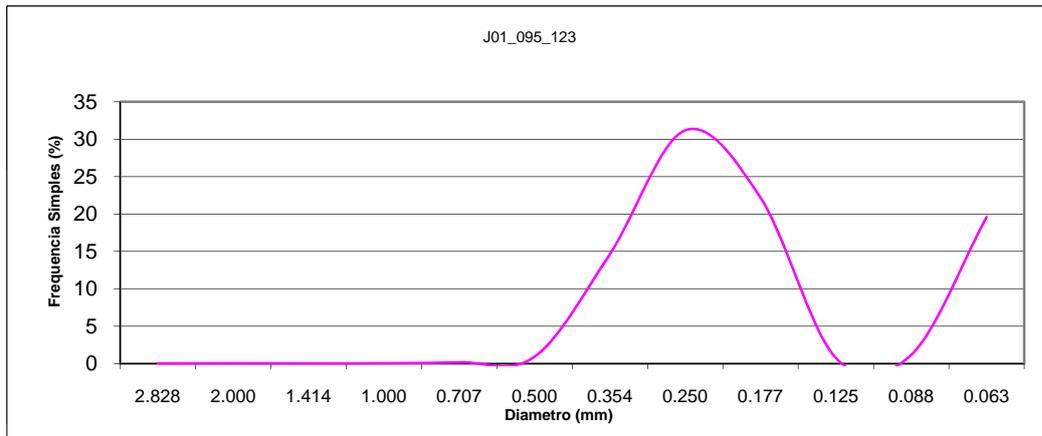


UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
LABOMAR - Instituto de Ciências do Mar

Amostra J01_095_123

Escalas

Ø	mm	Freq.Sim.	Freq.Acum.		Escala	Media	Mediana
-1.5	2.828	0.00	0		Ø	0	0
-1.0	2.000	0.00	0		mm	1.00	1.00
-0.5	1.414	0.00	0				
0.0	1.000	0.04	0.04				
0.5	0.707	0.14	0.1832		Curtose	Assim.	Gr_Selec.
1.0	0.500	0.90	1.0824		0	0	0
1.5	0.354	14.63	15.7136				
2.0	0.250	31.19	46.906		Cascalho	Areia	Lama
2.5	0.177	22.17	69.0728	(%)	0.00	90.5248	9.4752
3.0	0.125	0.73	69.8032				
3.5	0.088	1.16	70.966	F&W-Media			
4.0	0.063	19.56	90.5248	0			

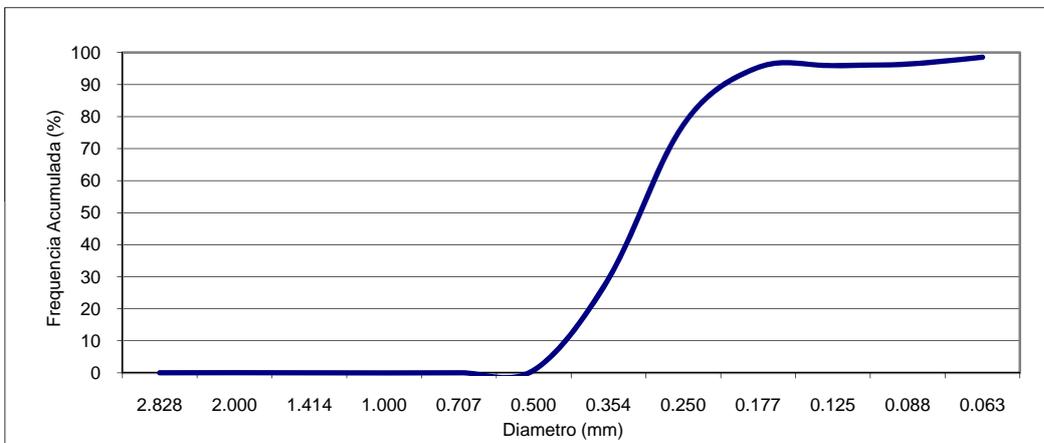
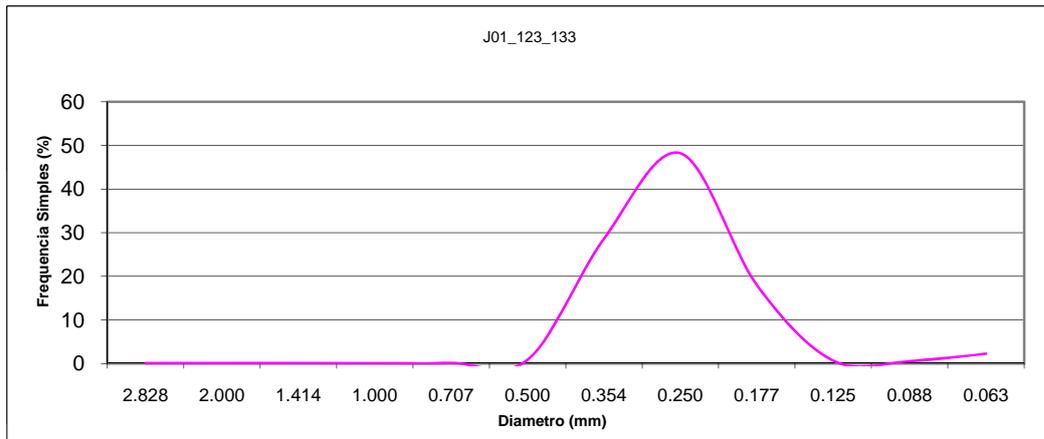


UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
LABOMAR - Instituto de Ciências do Mar

Amostra J01_123_133

Escalas

Ø	mm	Freq.Sim.	Freq.Acum.	Escala	Media	Mediana
-1.5	2.828	0.00	0	Ø	0	0
-1.0	2.000	0.00	0	mm	1.00	1.00
-0.5	1.414	0.00	0			
0.0	1.000	0.00	0			
0.5	0.707	0.04	0.0432	Curtose	Assim.	Gr_Selec.
1.0	0.500	0.78	0.8188	0	0	0
1.5	0.354	28.54	29.3604			
2.0	0.250	48.09	77.454	Cascalho	Areia	Lama
2.5	0.177	17.89	95.3408	(%) 0.00	98.5412	1.4588
3.0	0.125	0.56	95.9008			
3.5	0.088	0.47	96.3736	F&W-Media		
4.0	0.063	2.17	98.5412	0		



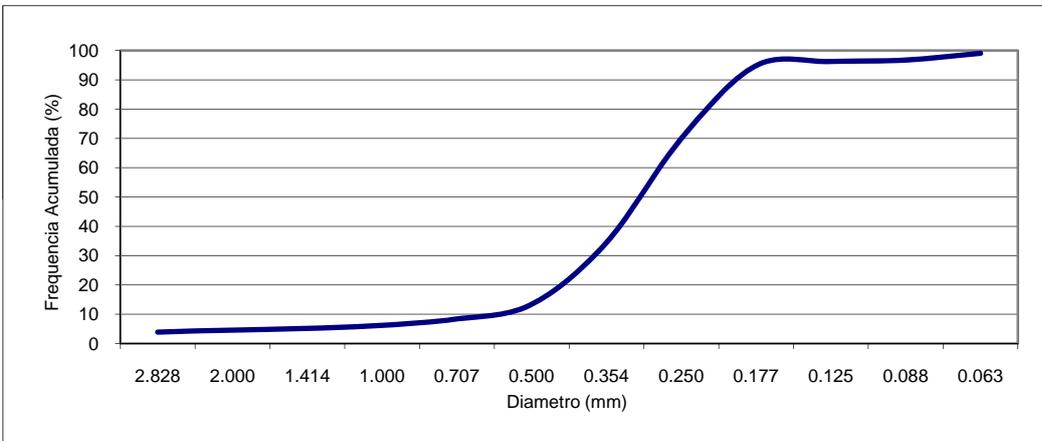
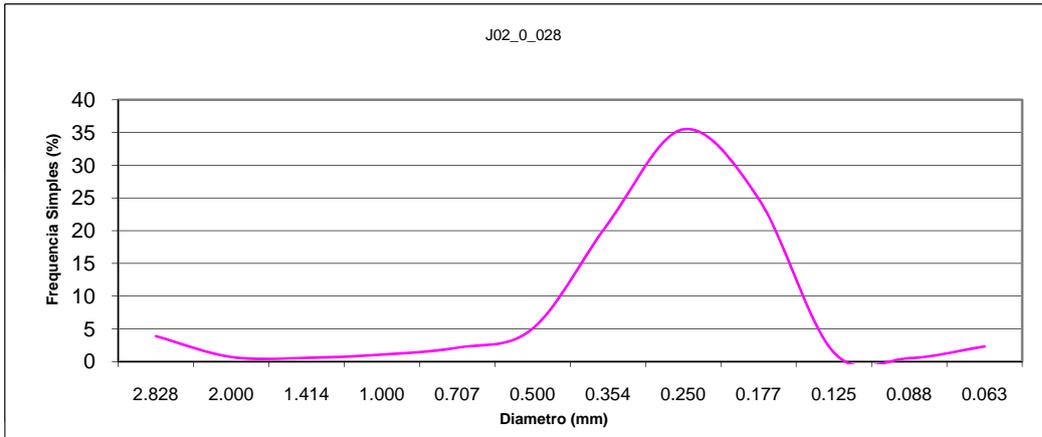


UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
LABOMAR - Instituto de Ciências do Mar

Amostra J02_0_028

Escalas

Ø	mm	Freq.Sim.	Freq.Acum.		Escala	Media	Mediana
-1.5	2.828	3.89	3.89		Ø	0	0
-1.0	2.000	0.70	4.59		mm	1.00	1.00
-0.5	1.414	0.57	5.16				
0.0	1.000	1.07	6.23				
0.5	0.707	2.13	8.36		Curtose	Assim.	Gr_Selec.
1.0	0.500	5.03	13.39		0	0	0
1.5	0.354	21.08	34.47				
2.0	0.250	35.50	69.96		Cascalho	Areia	Lama
2.5	0.177	24.91	94.87		(%) 0.00	99.0848	0.9152
3.0	0.125	1.39	96.26				
3.5	0.088	0.51	96.77	F&W-Media			
4.0	0.063	2.32	99.08	0			



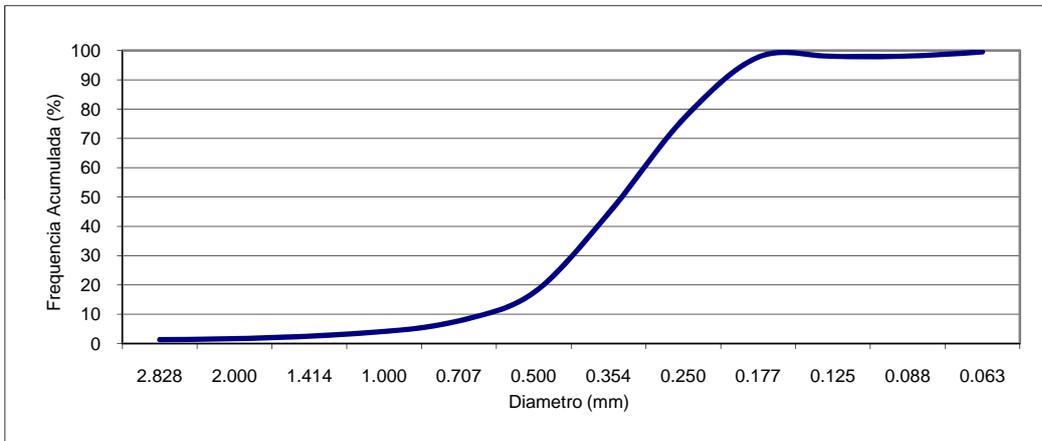
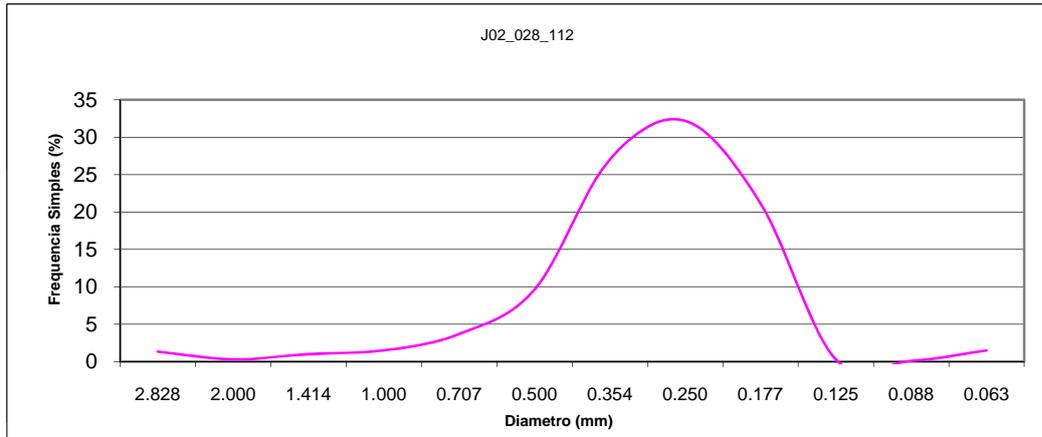


UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
LABOMAR - Instituto de Ciências do Mar

Amostra J02_028_112

Escalas

Ø	mm	Freq.Sim.	Freq.Acum.		Escala	Media	Mediana
-1.5	2.828	1.32	1.32		Ø	0	0
-1.0	2.000	0.28	1.60		mm	1.00	1.00
-0.5	1.414	0.99	2.59				
0.0	1.000	1.49	4.07				
0.5	0.707	3.67	7.74		Curtose	Assim.	Gr_Selec.
1.0	0.500	9.62	17.36		0	0	0
1.5	0.354	27.04	44.40				
2.0	0.250	32.19	76.59		Cascalho	Areia	Lama
2.5	0.177	21.14	97.74		(%) 0.00	99.54	0.46
3.0	0.125	0.25	97.99				
3.5	0.088	0.08	98.07	F&W-Media			
4.0	0.063	1.47	99.54	0			

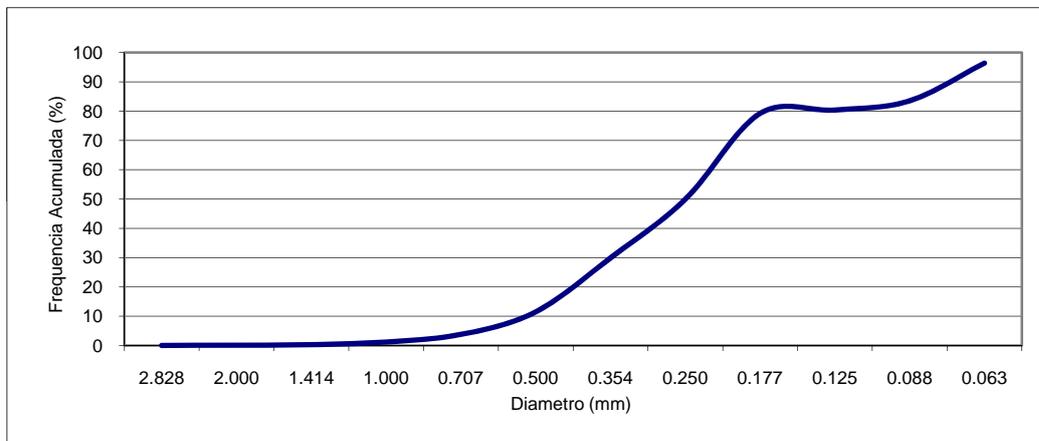
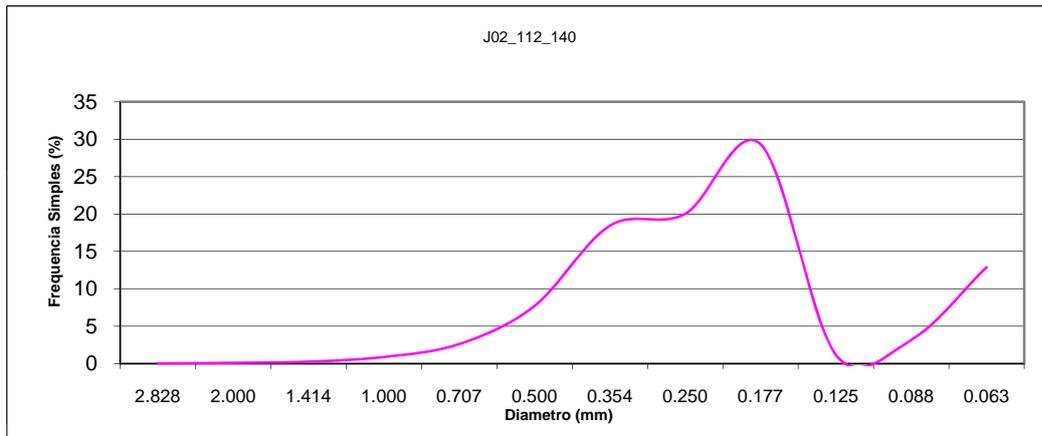


UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
LABOMAR - Instituto de Ciências do Mar

Amostra J02_112_140

Escalas

Ø	mm	Freq.Sim.	Freq.Acum.		Escala	Media	Mediana
-1.5	2.828	0.00	0.00		Ø	0	0
-1.0	2.000	0.07	0.07		mm	1.00	1.00
-0.5	1.414	0.23	0.30				
0.0	1.000	0.86	1.16				
0.5	0.707	2.60	3.76		Curtose	Assim.	Gr_Selec.
1.0	0.500	7.70	11.46		0	0	0
1.5	0.354	18.43	29.89				
2.0	0.250	20.02	49.91		Cascalho	Areia	Lama
2.5	0.177	29.33	79.25		(%) 0.00	96.412	3.588
3.0	0.125	1.15	80.40				
3.5	0.088	3.14	83.53	F&W-Media			
4.0	0.063	12.88	96.41	0			



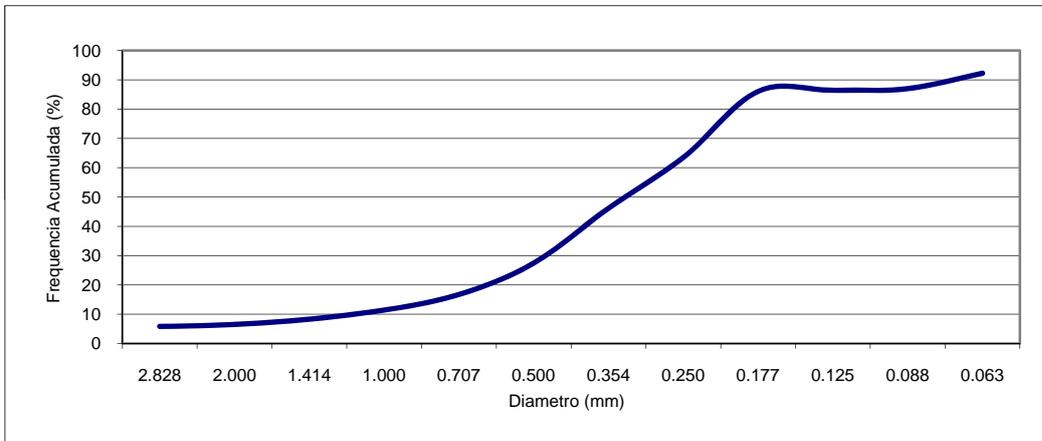
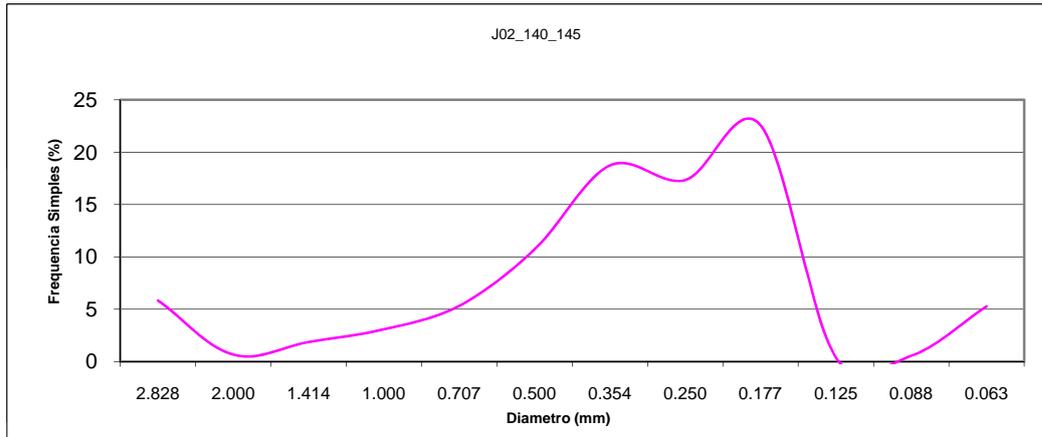


**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
LABOMAR - Instituto de Ciências do Mar**

Amostra J02_140_145

Escalas

∅	mm	Freq.Sim.	Freq.Acum.		Escala	Media	Mediana
-1.5	2.828	5.83	5.83		∅	0	0
-1.0	2.000	0.64	6.47		mm	1.00	1.00
-0.5	1.414	1.86	8.33				
0.0	1.000	3.07	11.40				
0.5	0.707	5.31	16.71		Curtose	Assim.	Gr_Selec.
1.0	0.500	10.71	27.42		0	0	0
1.5	0.354	18.74	46.16				
2.0	0.250	17.33	63.49		Cascalho	Areia	Lama
2.5	0.177	22.58	86.07		(%) 0.00	92.2388	7.7612
3.0	0.125	0.37	86.44				
3.5	0.088	0.54	86.97	F&W-Media			
4.0	0.063	5.27	92.24	0			



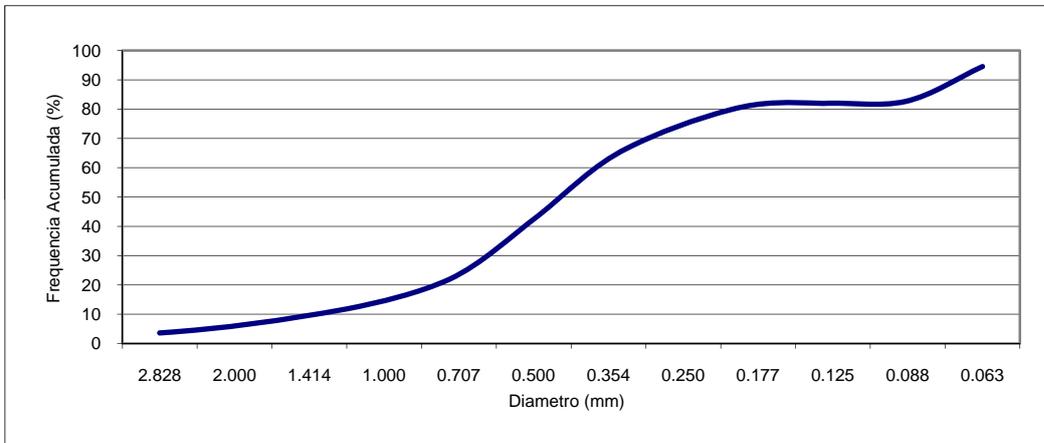
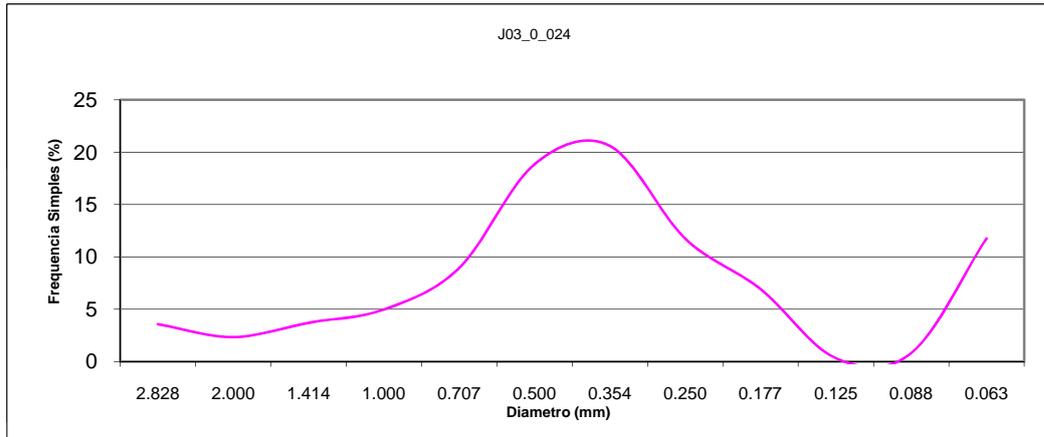


UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
LABOMAR - Instituto de Ciências do Mar

Amostra J03_0_024

Escalas

Ø	mm	Freq.Sim.	Freq.Acum.	Escala	Media	Mediana
-1.5	2.828	3.57	3.5784	Ø	0	0
-1.0	2.000	2.34	5.9148	mm	1.00	1.00
-0.5	1.414	3.70	9.6172			
0.0	1.000	4.97	14.5904			
0.5	0.707	8.94	23.5276	Curtose	Assim.	Gr_Selec.
1.0	0.500	18.85	42.3808	0	0	0
1.5	0.354	20.61	62.9872			
2.0	0.250	11.75	74.7348	Cascalho	Areia	Lama
2.5	0.177	6.93	81.6604	(%) 0.00	94.5404	5.4596
3.0	0.125	0.32	81.9784			
3.5	0.088	0.81	82.786	F&W-Media		
4.0	0.063	11.75	94.5404	0		



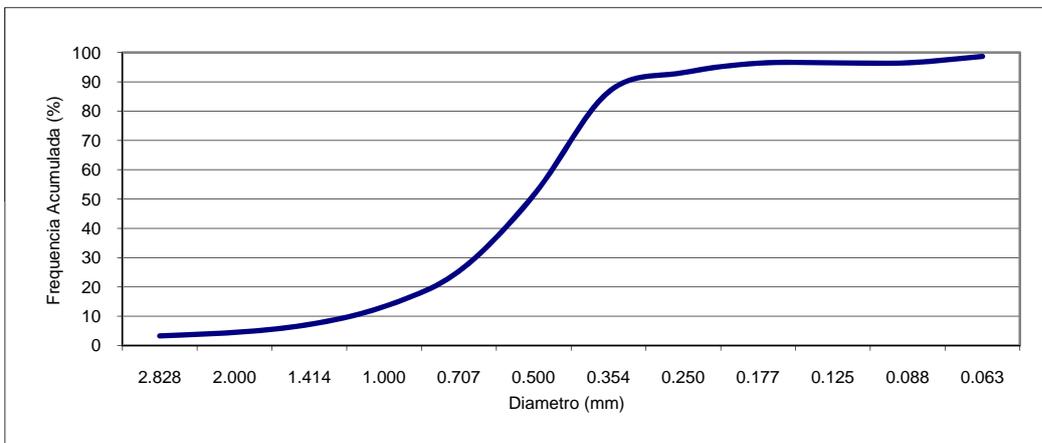
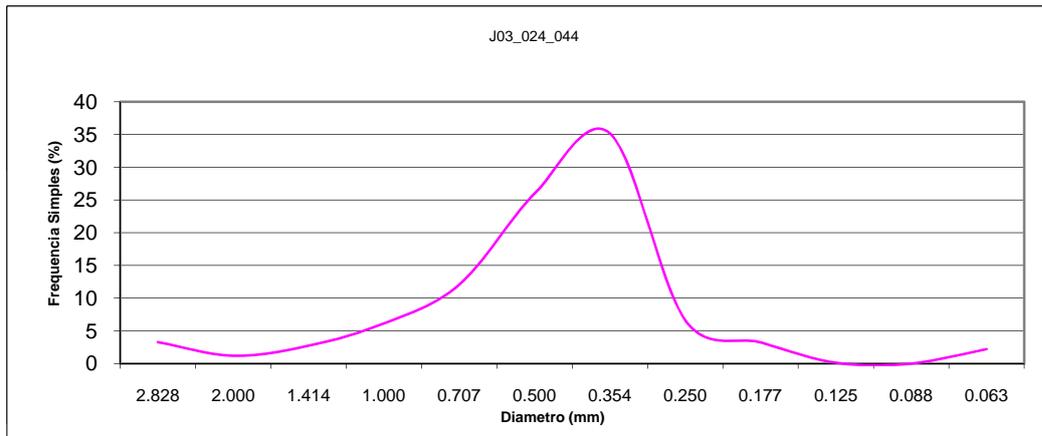


UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
LABOMAR - Instituto de Ciências do Mar

Amostra J03_024_044

Escalas

Ø	mm	Freq.Sim.	Freq.Acum.	Escala	Media	Mediana
-1.5	2.828	3.27	3.268	Ø	0	0
-1.0	2.000	1.19	4.4544	mm	1.00	1.00
-0.5	1.414	2.72	7.17			
0.0	1.000	6.13	13.2984			
0.5	0.707	12.04	25.3372	Curtose	Assim.	Gr_Selec.
1.0	0.500	25.98	51.3148	0	0	0
1.5	0.354	35.19	86.508			
2.0	0.250	6.61	93.118	Cascalho	Areia	Lama
2.5	0.177	3.23	96.3468	(%) 0.00	98.66	1.34
3.0	0.125	0.11	96.4616			
3.5	0.088	0.00	96.4616	F&W-Media		
4.0	0.063	2.20	98.66 0			



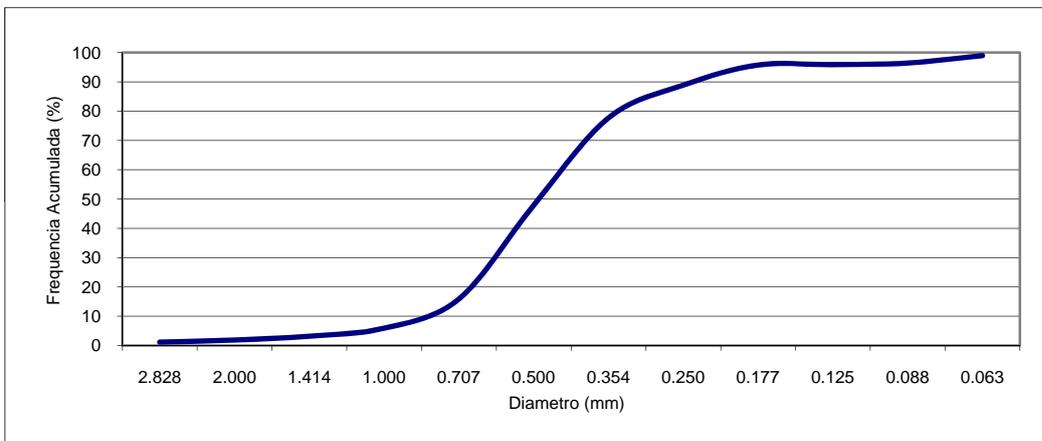
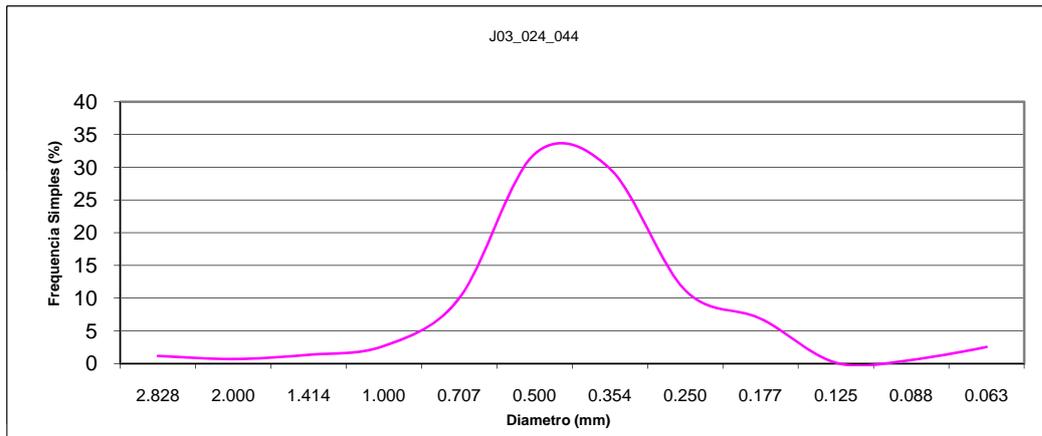


UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
LABOMAR - Instituto de Ciências do Mar

Amostra J03_024_044

Escalas

Ø	mm	Freq.Sim.	Freq.Acum.		Escala	Media	Mediana
-1.5	2.828	1.16	1.1608		Ø	0	0
-1.0	2.000	0.69	1.854		mm	1.00	1.00
-0.5	1.414	1.34	3.1968				
0.0	1.000	2.70	5.8996				
0.5	0.707	9.97	15.8704		Curtose	Assim.	Gr_Selec.
1.0	0.500	32.02	47.8888		0	0	0
1.5	0.354	29.79	77.6824				
2.0	0.250	11.19	88.87		Cascalho	Areia	Lama
2.5	0.177	6.86	95.7336	(%)	0.00	98.9368	1.0632
3.0	0.125	0.12	95.856				
3.5	0.088	0.55	96.4032	F&W-Media			
4.0	0.063	2.53	98.9368	0			



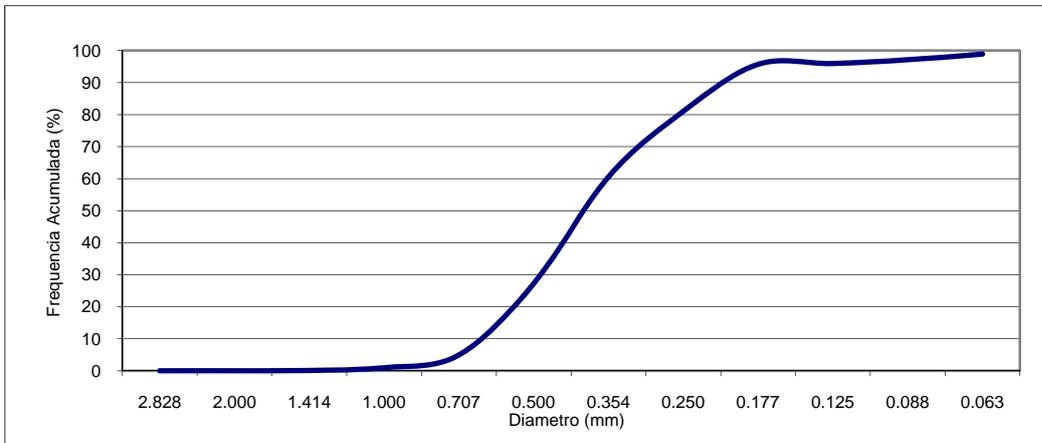
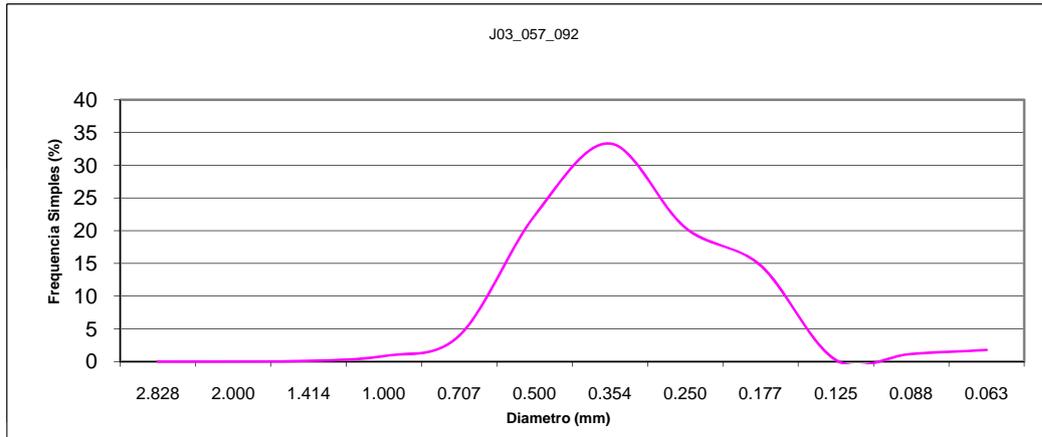


UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
LABOMAR - Instituto de Ciências do Mar

Amostra J03_057_092

Escalas

Ø	mm	Freq.Sim.	Freq.Acum.	Escala	Media	Mediana
-1.5	2.828	0.00	0	Ø	0	0
-1.0	2.000	0.00	0	mm	1.00	1.00
-0.5	1.414	0.11	0.11			
0.0	1.000	0.86	0.966			
0.5	0.707	3.95	4.918	Curtose	Assim.	Gr_Selec.
1.0	0.500	22.30	27.2176	0	0	0
1.5	0.354	33.34	60.558			
2.0	0.250	20.46	81.0144	Cascalho	Areia	Lama
2.5	0.177	14.68	95.6988	(%) 0.00	98.88	1.12
3.0	0.125	0.23	95.9264			
3.5	0.088	1.18	97.104	F&W-Media		
4.0	0.063	1.78	98.88	0		

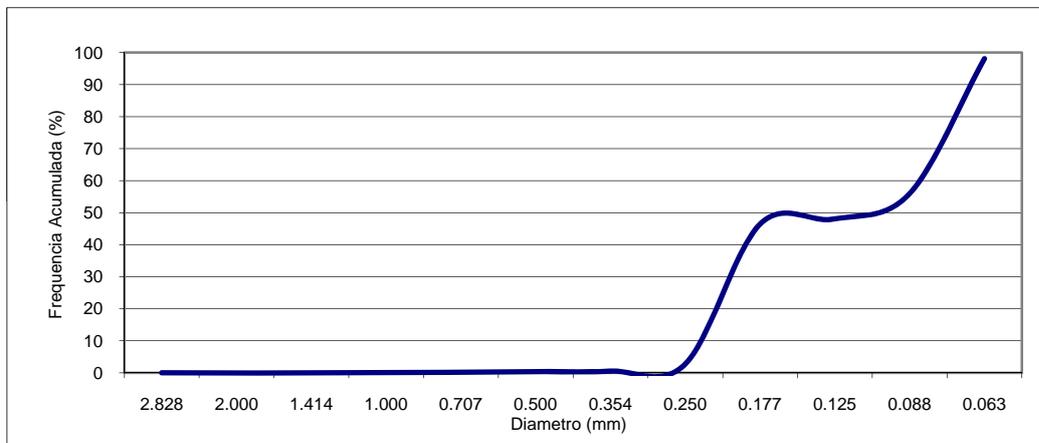
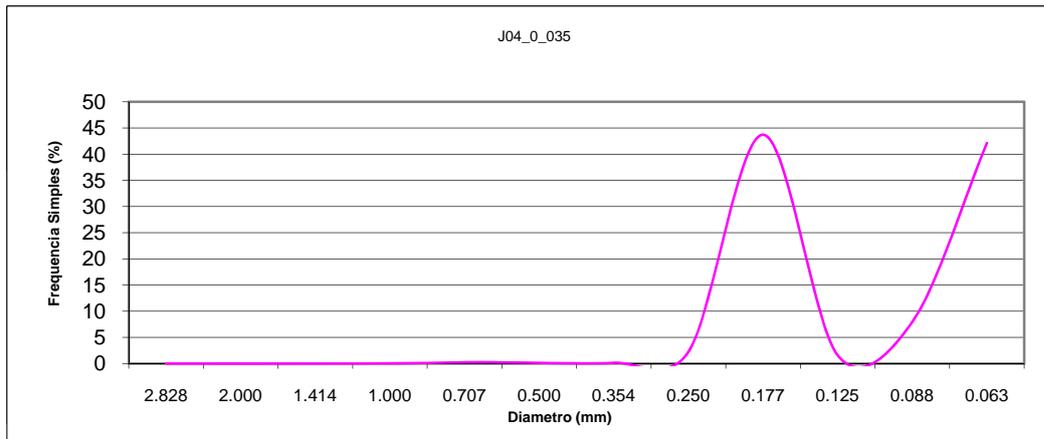


UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
LABOMAR - Instituto de Ciências do Mar

Amostra J04_0_035

Escalas

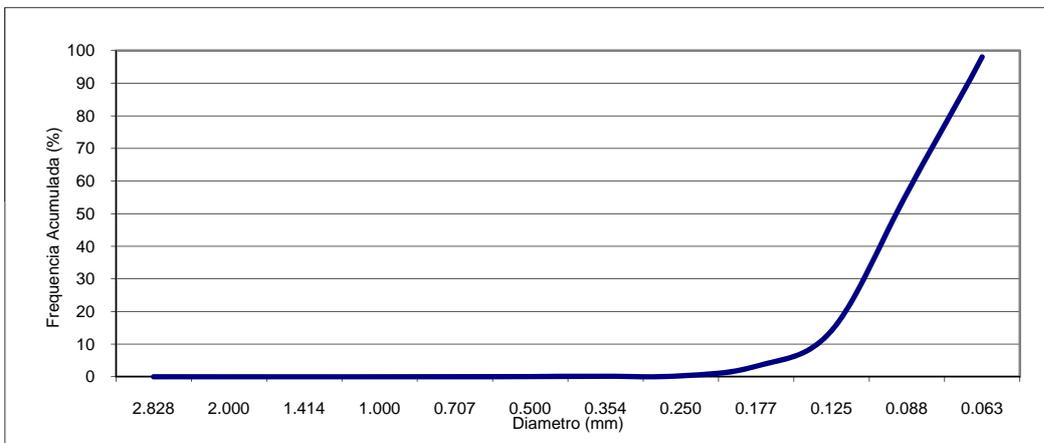
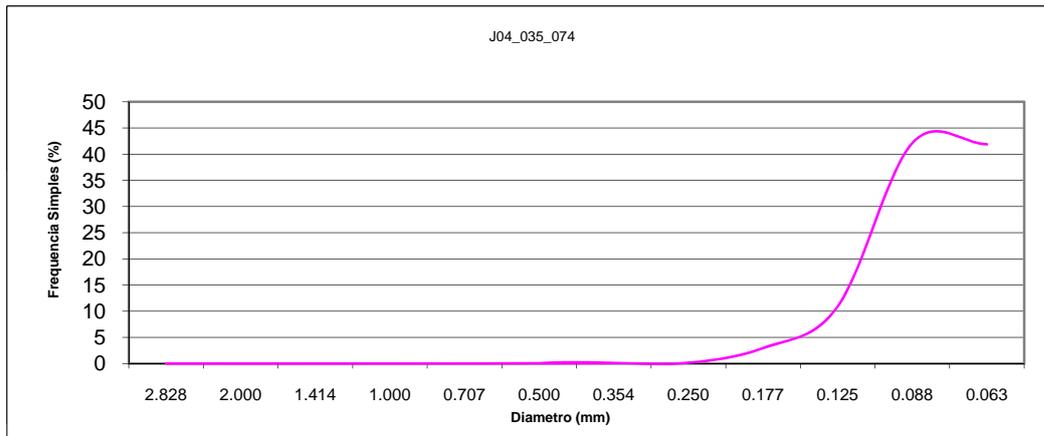
Ø	mm	Freq.Sim.	Freq.Acum.	Escala	Media	Mediana
-1.5	2.828	0.00	0	Ø	0	0
-1.0	2.000	0.00	0	mm	1.00	1.00
-0.5	1.414	0.00	0			
0.0	1.000	0.00	0			
0.5	0.707	0.24	0.244	Curtose	Assim.	Gr_Selec.
1.0	0.500	0.14	0.388	0	0	0
1.5	0.354	0.15	0.5344			
2.0	0.250	2.20	2.7348	Cascalho	Areia	Lama
2.5	0.177	43.73	46.4644	(%) 0.00	98.114	1.886
3.0	0.125	1.58	48.0428			
3.5	0.088	7.93	55.9768	F&W-Media		
4.0	0.063	42.14	98.114	0		



Amostra J04_035_074

Escalas

Ø	mm	Freq.Sim.	Freq.Acum.	Escala	Media	Mediana
-1.5	2.828	0.00	0	Ø	0	0
-1.0	2.000	0.00	0	mm	1.00	1.00
-0.5	1.414	0.00	0			
0.0	1.000	0.00	0			
0.5	0.707	0.00	0	Curtose	Assim.	Gr_Selec.
1.0	0.500	0.05	0.046	0	0	0
1.5	0.354	0.09	0.1384			
2.0	0.250	0.14	0.2748	Cascalho	Areia	Lama
2.5	0.177	2.96	3.2328	(%) 0.00	98.0876	1.9124
3.0	0.125	10.86	14.0936			
3.5	0.088	42.12	56.214	F&W-Media		
4.0	0.063	41.87	98.0876	0		



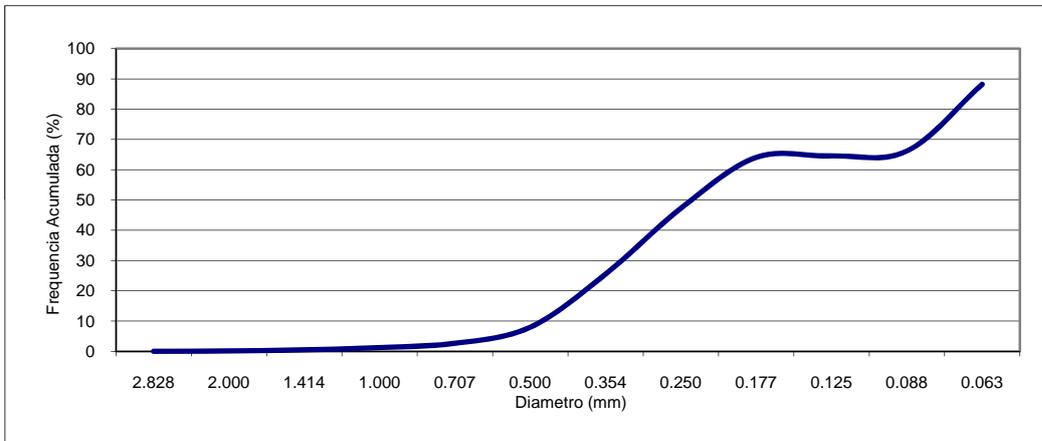
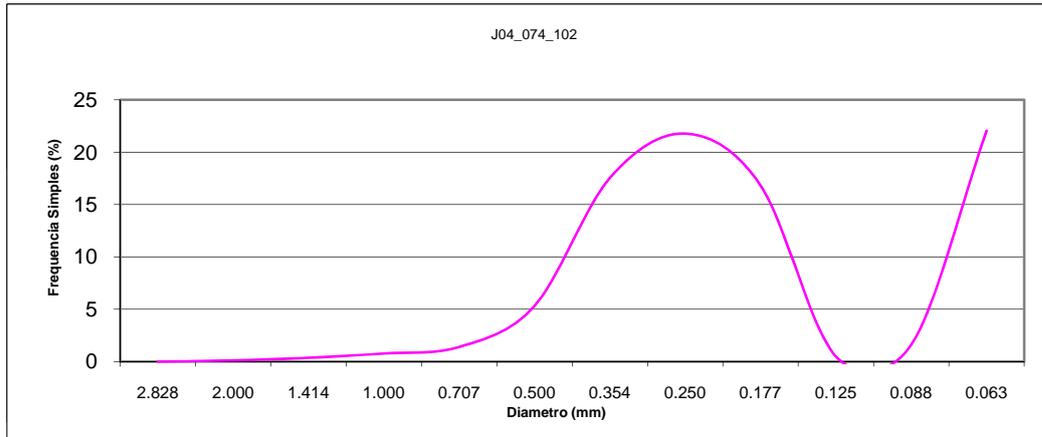


UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
LABOMAR - Instituto de Ciências do Mar

Amostra J04_074_102

Escalas

Ø	mm	Freq.Sim.	Freq.Acum.	Escala	Media	Mediana
-1.5	2.828	0.00	0	Ø	0	0
-1.0	2.000	0.10	0.104	mm	1.00	1.00
-0.5	1.414	0.36	0.462			
0.0	1.000	0.77	1.2324			
0.5	0.707	1.40	2.6324	Curtose	Assim.	Gr_Selec.
1.0	0.500	5.32	7.95	0	0	0
1.5	0.354	17.54	25.4852			
2.0	0.250	21.77	47.2564	Cascalho	Areia	Lama
2.5	0.177	16.82	64.0728	(%) 0.00	88.196	11.804
3.0	0.125	0.48	64.5504			
3.5	0.088	1.60	66.1516	F&W-Media		
4.0	0.063	22.04	88.196 0			



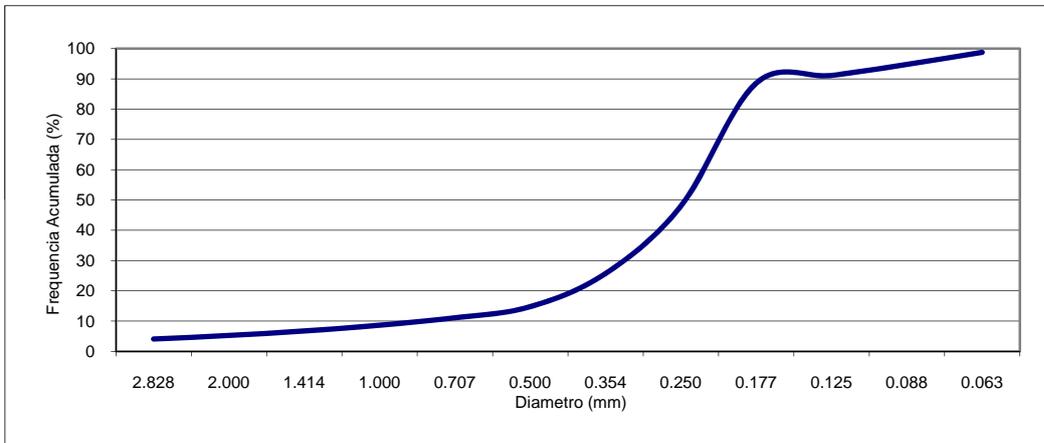
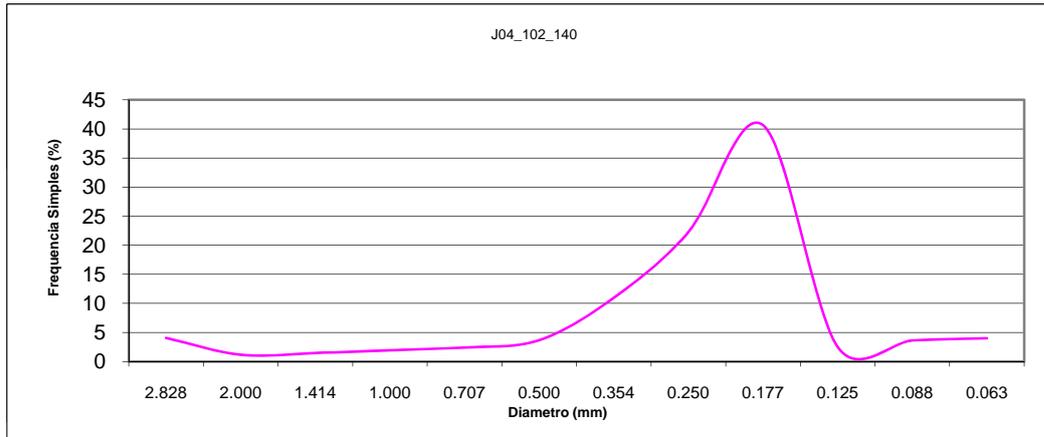


UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
LABOMAR - Instituto de Ciências do Mar

Amostra J04_102_140

Escalas

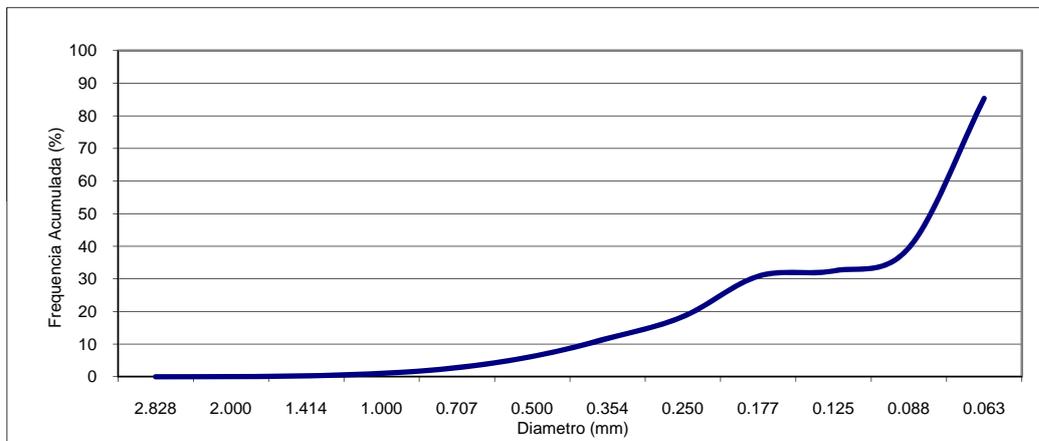
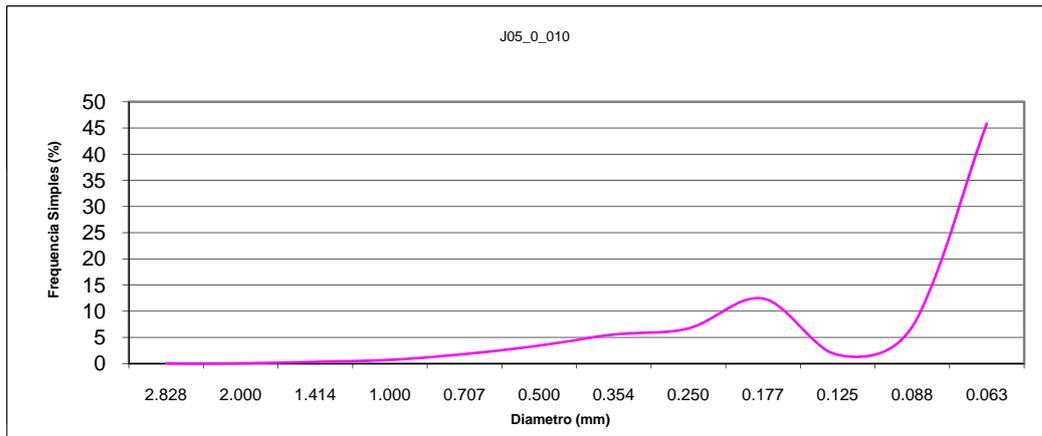
Ø	mm	Freq.Sim.	Freq.Acum.	Escala	Media	Mediana
-1.5	2.828	4.06	4.0592	Ø	0	0
-1.0	2.000	1.17	5.2268	mm	1.00	1.00
-0.5	1.414	1.46	6.688			
0.0	1.000	1.95	8.634			
0.5	0.707	2.42	11.0544	Curtose	Assim.	Gr_Selec.
1.0	0.500	3.68	14.73	0	0	0
1.5	0.354	10.97	25.6984			
2.0	0.250	22.26	47.96	Cascalho	Areia	Lama
2.5	0.177	40.66	88.6188	(%) 0.00	98.7752	1.2248
3.0	0.125	2.52	91.1364			
3.5	0.088	3.62	94.7612	F&W-Media		
4.0	0.063	4.01	98.7752	0		



Amostra J05_0_010

Escalas

Ø	mm	Freq.Sim.	Freq.Acum.	Escala	Media	Mediana
-1.5	2.828	0.00	0	Ø	0	0
-1.0	2.000	0.00	0	mm	1.00	1.00
-0.5	1.414	0.33	0.3252			
0.0	1.000	0.68	1.0004			
0.5	0.707	1.79	2.79	Curtose	Assim.	Gr_Selec.
1.0	0.500	3.40	6.1928	0	0	0
1.5	0.354	5.53	11.7256			
2.0	0.250	6.68	18.4056	Cascalho	Areia	Lama
2.5	0.177	12.40	30.8088	(%) 0.00	85.3268	14.6732
3.0	0.125	1.64	32.448			
3.5	0.088	7.05	39.4992	F&W-Media		
4.0	0.063	45.83	85.3268	0		



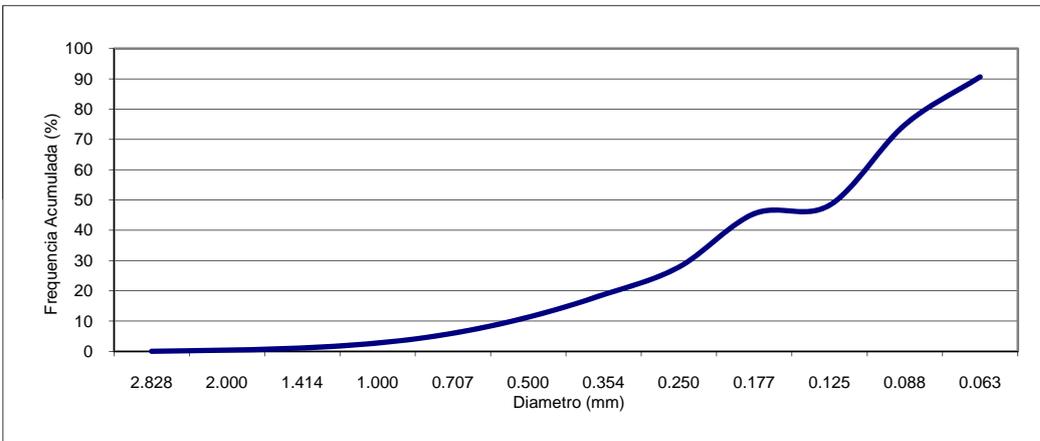
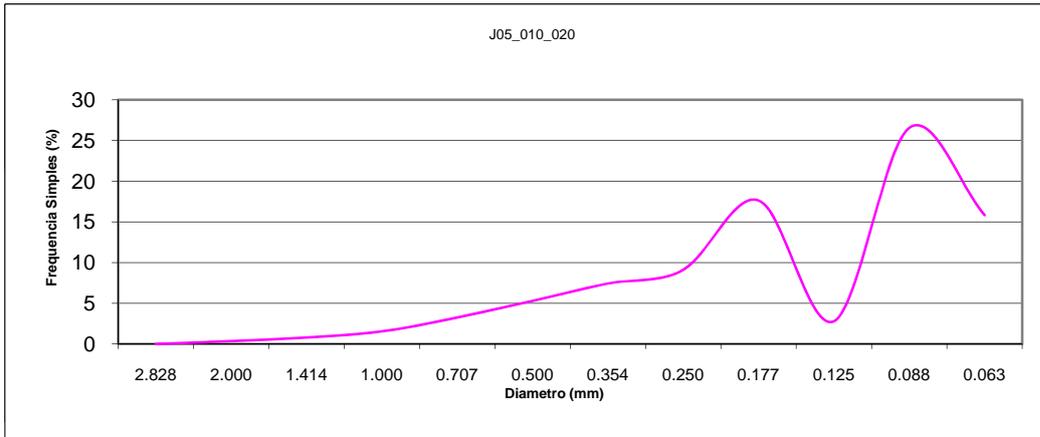


UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
LABOMAR - Instituto de Ciências do Mar

Amostra J05_010_020

Escalas

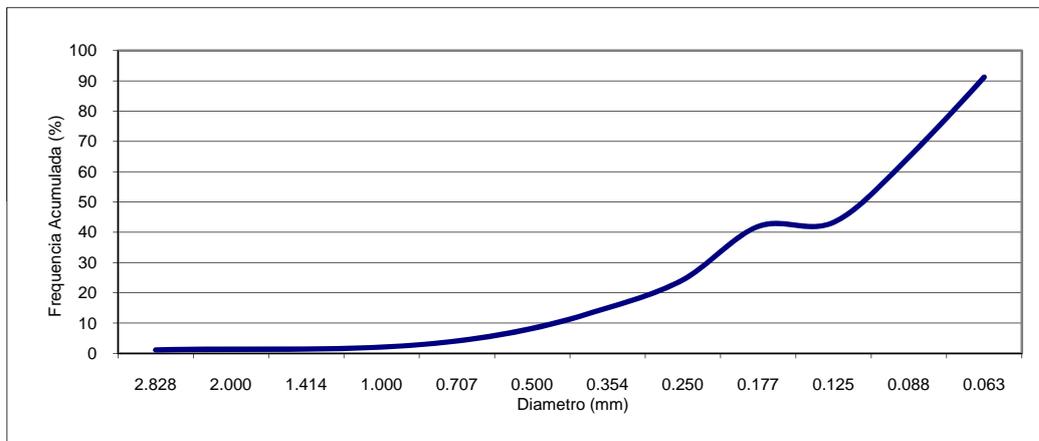
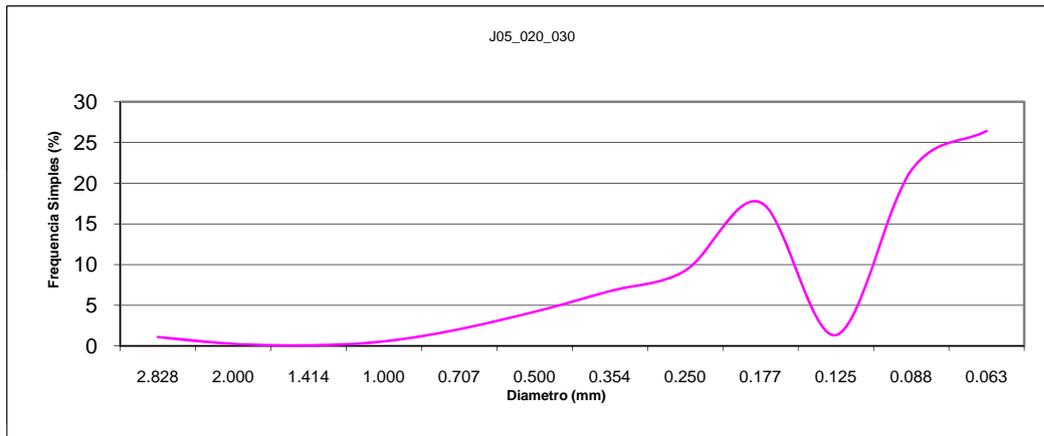
Ø	mm	Freq.Sim.	Freq.Acum.	Escala	Media	Mediana
-1.5	2.828	0.00	0	Ø	0	0
-1.0	2.000	0.35	0.3476	mm	1.00	1.00
-0.5	1.414	0.80	1.1476			
0.0	1.000	1.55	2.6956			
0.5	0.707	3.26	5.954	Curtose	Assim.	Gr_Selec.
1.0	0.500	5.31	11.2628	0	0	0
1.5	0.354	7.44	18.7			
2.0	0.250	9.11	27.8132	Cascalho	Areia	Lama
2.5	0.177	17.65	45.464	(%) 0.00	90.6536	9.3464
3.0	0.125	2.79	48.2524			
3.5	0.088	26.57	74.8188	F&W-Media		
4.0	0.063	15.83	90.6536	0		



Amostra J05_020_030

Escalas

Ø	mm	Freq.Sim.	Freq.Acum.	Escala	Media	Mediana
-1.5	2.828	1.10	1.1044	Ø	0	0
-1.0	2.000	0.26	1.362	mm	1.00	1.00
-0.5	1.414	0.08	1.4444			
0.0	1.000	0.54	1.9856			
0.5	0.707	2.07	4.054	Curtose	Assim.	Gr_Selec.
1.0	0.500	4.20	8.2496	0	0	0
1.5	0.354	6.74	14.9944			
2.0	0.250	9.26	24.2532	Cascalho	Areia	Lama
2.5	0.177	17.65	41.904	(%) 0.00	91.2492	8.7508
3.0	0.125	1.34	43.24			
3.5	0.088	21.58	64.8228	F&W-Media		
4.0	0.063	26.43	91.2492	0		



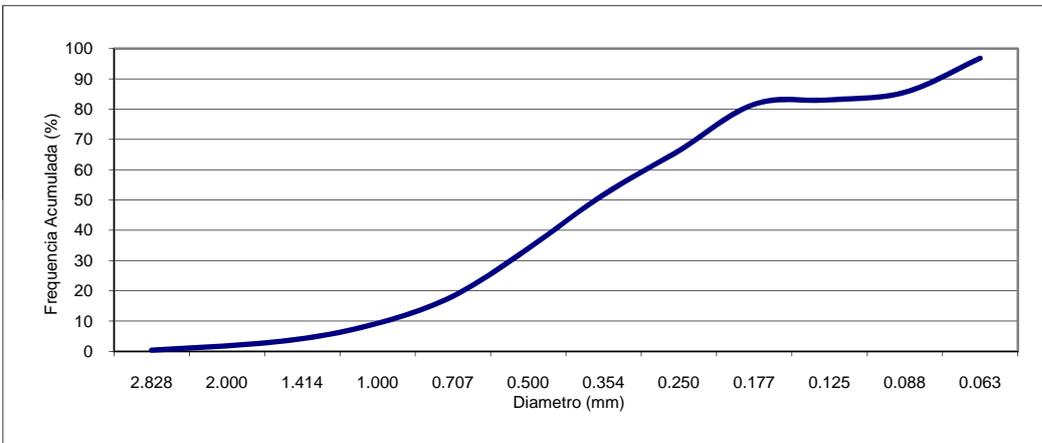
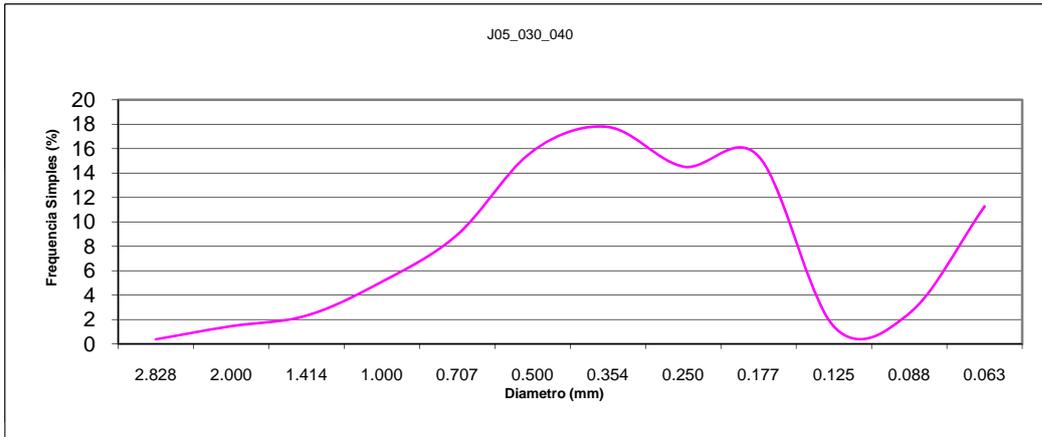


UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
LABOMAR - Instituto de Ciências do Mar

Amostra J05_030_040

Escalas

Ø	mm	Freq.Sim.	Freq.Acum.	Escala	Media	Mediana
-1.5	2.828	0.38	0.3808	Ø	0	0
-1.0	2.000	1.46	1.8396	mm	1.00	1.00
-0.5	1.414	2.32	4.1616			
0.0	1.000	5.09	9.2556			
0.5	0.707	8.94	18.1916	Curtose	Assim.	Gr_Selec.
1.0	0.500	15.79	33.9808	0	0	0
1.5	0.354	17.78	51.7572			
2.0	0.250	14.53	66.2828	Cascalho	Areia	Lama
2.5	0.177	15.37	81.6536	(%) 0.00	96.8436	3.1564
3.0	0.125	1.42	83.076			
3.5	0.088	2.50	85.5768	F&W-Media		
4.0	0.063	11.27	96.8436	0		



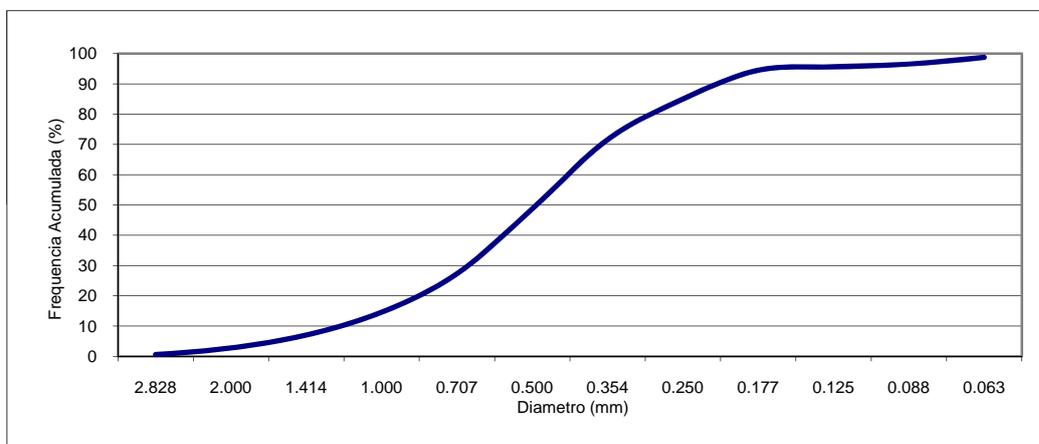
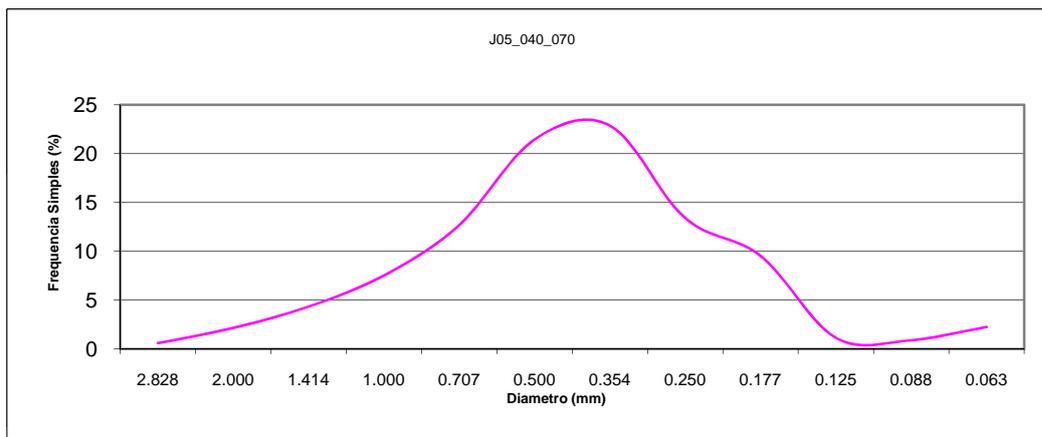


UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
LABOMAR - Instituto de Ciências do Mar

Amostra J05_040_070

Escalas

Ø	mm	Freq.Sim.	Freq.Acum.	Escala	Media	Mediana
-1.5	2.828	0.60	0.5968	Ø	0	0
-1.0	2.000	2.14	2.7332	mm	1.00	1.00
-0.5	1.414	4.34	7.0696			
0.0	1.000	7.51	14.5808			
0.5	0.707	12.67	27.2532	Curtose	Assim.	Gr_Selec.
1.0	0.500	21.45	48.7	0	0	0
1.5	0.354	22.87	71.5704			
2.0	0.250	13.38	84.954	Cascalho	Areia	Lama
2.5	0.177	9.53	94.4824	(%) 0.00	98.7492	1.2508
3.0	0.125	1.13	95.6136			
3.5	0.088	0.89	96.504	F&W-Media		
4.0	0.063	2.25	98.7492	0		



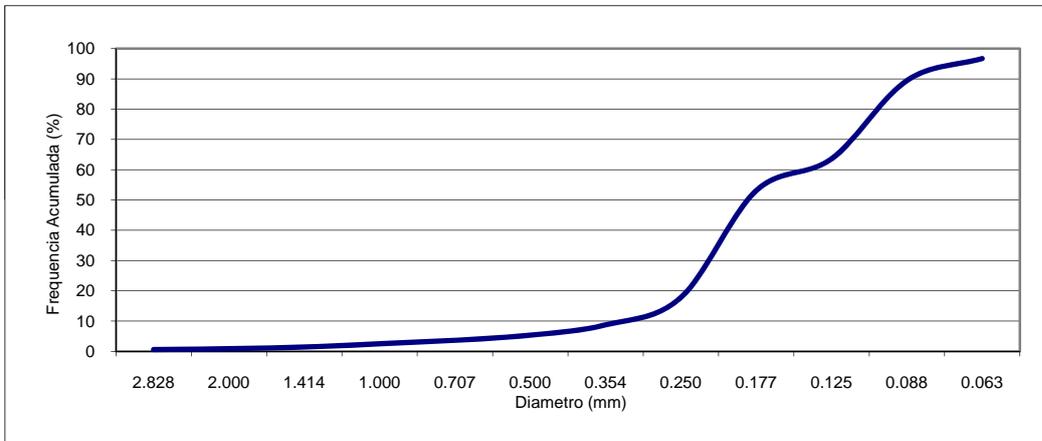
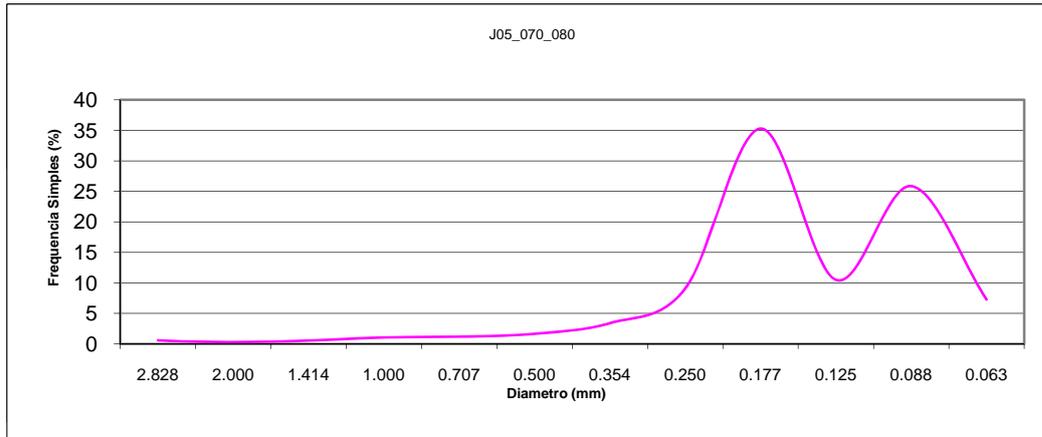


UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
LABOMAR - Instituto de Ciências do Mar

Amostra J05_070_080

Escalas

Ø	mm	Freq.Sim.	Freq.Acum.	Escala	Media	Mediana
-1.5	2.828	0.58	0.576	Ø	0	0
-1.0	2.000	0.27	0.8496	mm	1.00	1.00
-0.5	1.414	0.55	1.4028			
0.0	1.000	1.06	2.4648			
0.5	0.707	1.19	3.6528	Curtose	Assim.	Gr_Selec.
1.0	0.500	1.65	5.3076	0	0	0
1.5	0.354	3.40	8.7104			
2.0	0.250	9.07	17.7776	Cascalho	Areia	Lama
2.5	0.177	35.31	53.0836	(%) 0.00	96.7144	3.2856
3.0	0.125	10.50	63.5832			
3.5	0.088	25.86	89.448	F&W-Media		
4.0	0.063	7.27	96.7144	0		



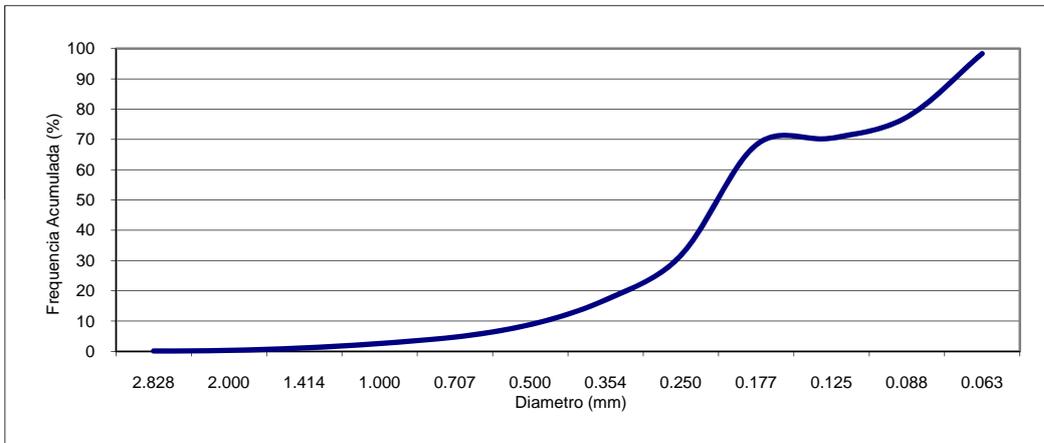
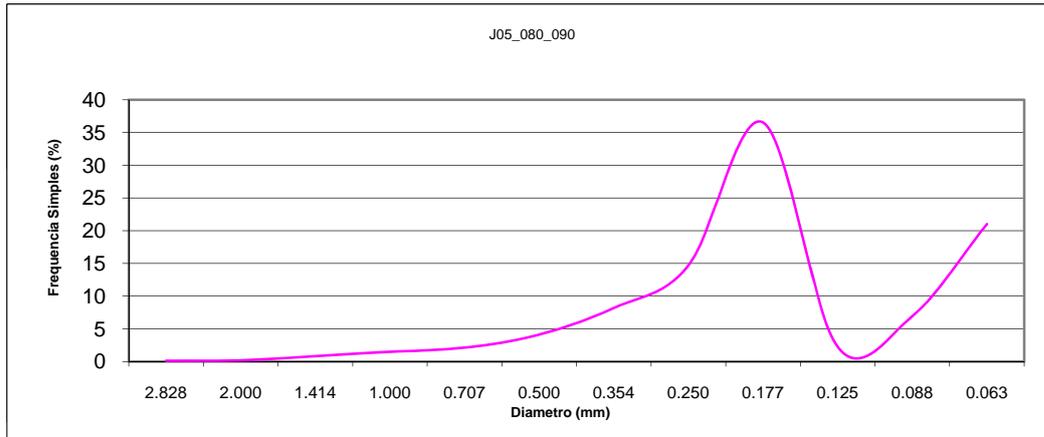


UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
LABOMAR - Instituto de Ciências do Mar

Amostra J05_080_090

Escalas

∅	mm	Freq.Sim.	Freq.Acum.	Escala	Media	Mediana
-1.5	2.828	0.12	0.1184	∅	0	0
-1.0	2.000	0.18	0.2964	mm	1.00	1.00
-0.5	1.414	0.82	1.1168			
0.0	1.000	1.49	2.6112			
0.5	0.707	2.11	4.7212	Curtose	Assim.	Gr_Selec.
1.0	0.500	4.11	8.8316	0	0	0
1.5	0.354	8.18	17.012			
2.0	0.250	14.67	31.6808	Cascalho	Areia	Lama
2.5	0.177	36.54	68.2204	(%) 0.00	98.3732	1.6268
3.0	0.125	2.23	70.4456			
3.5	0.088	6.92	77.368	F&W-Media		
4.0	0.063	21.01	98.3732	0		



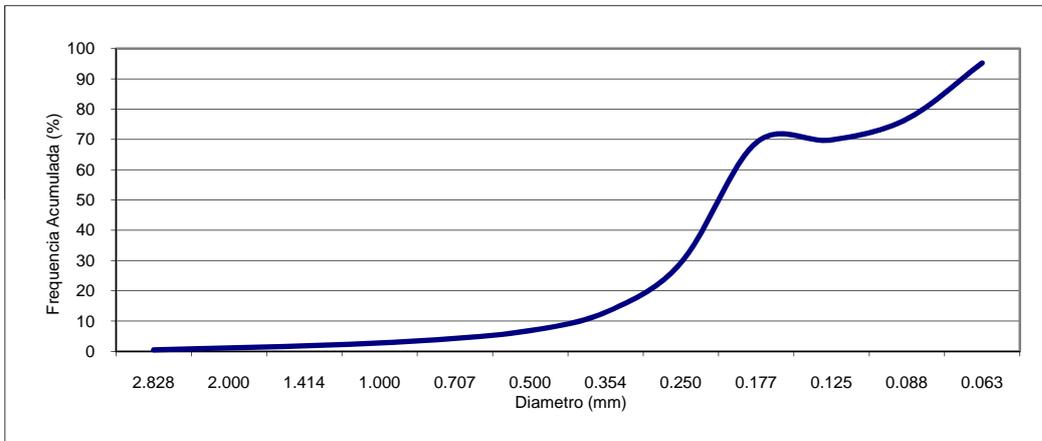
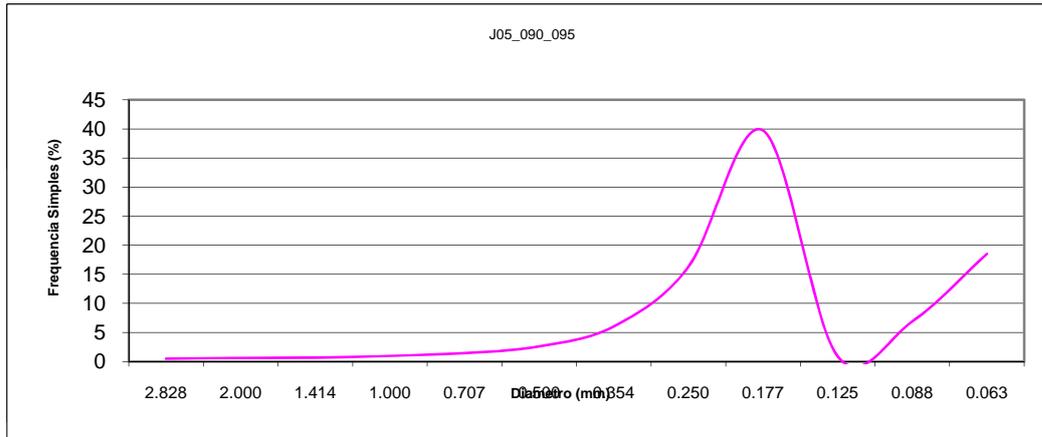


UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
LABOMAR - Instituto de Ciências do Mar

Amostra J05_090_095

Escalas

Ø	mm	Freq.Sim.	Freq.Acum.	Escala	Media	Mediana
-1.5	2.828	0.49	0.4928	Ø	0	0
-1.0	2.000	0.65	1.1396	mm	1.00	1.00
-0.5	1.414	0.65	1.7944			
0.0	1.000	1.00	2.7988			
0.5	0.707	1.45	4.2476	Curtose	Assim.	Gr_Selec.
1.0	0.500	2.62	6.8656	0	0	0
1.5	0.354	6.05	12.9168			
2.0	0.250	16.28	29.1924	Cascalho	Areia	Lama
2.5	0.177	39.74	68.9344	(%) 0.00	95.2448	4.7552
3.0	0.125	0.89	69.8272			
3.5	0.088	6.90	76.7228	F&W-Media		
4.0	0.063	18.52	95.2448	0		

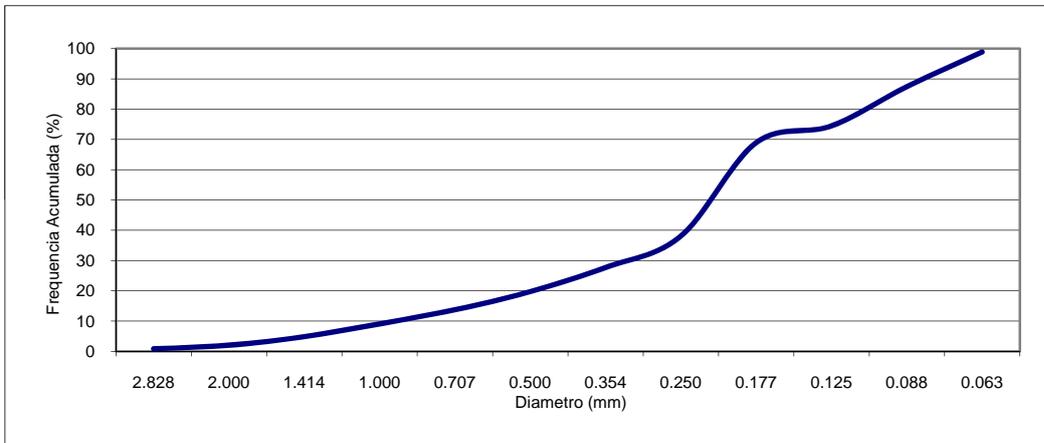
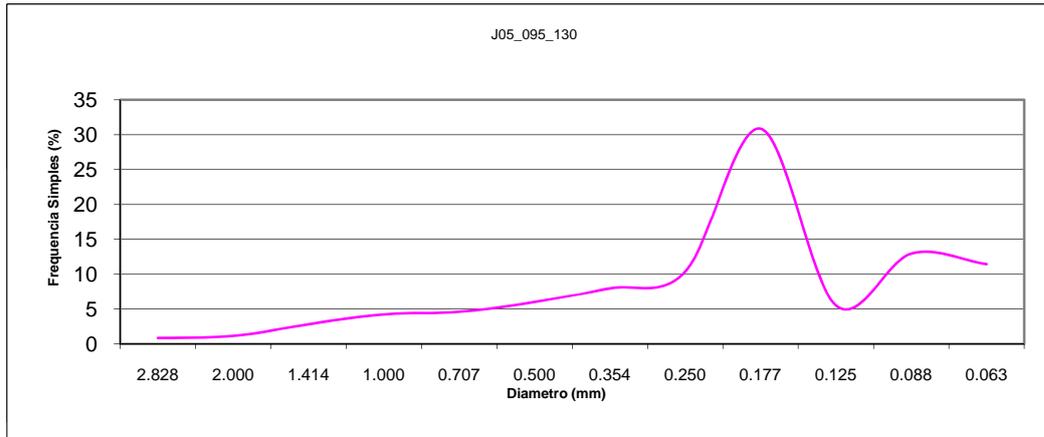


UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
LABOMAR - Instituto de Ciências do Mar

Amostra J05_095_130

Escalas

Ø	mm	Freq.Sim.	Freq.Acum.	Escala	Media	Mediana
-1.5	2.828	0.86	0.8568	Ø	0	0
-1.0	2.000	1.15	2.0088	mm	1.00	1.00
-0.5	1.414	2.84	4.8476			
0.0	1.000	4.26	9.104			
0.5	0.707	4.61	13.71	Curtose	Assim.	Gr_Selec.
1.0	0.500	6.03	19.738	0	0	0
1.5	0.354	7.96	27.7028			
2.0	0.250	10.36	38.0672	Cascalho	Areia	Lama
2.5	0.177	30.86	68.9312	(%) 0.00	98.8712	1.1288
3.0	0.125	5.53	74.4648			
3.5	0.088	12.96	87.4244	F&W-Media		
4.0	0.063	11.45	98.8712	0		



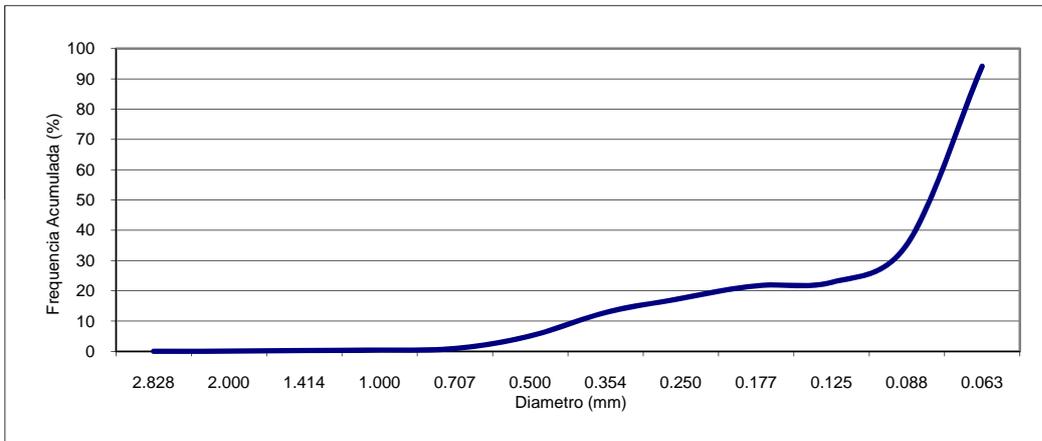
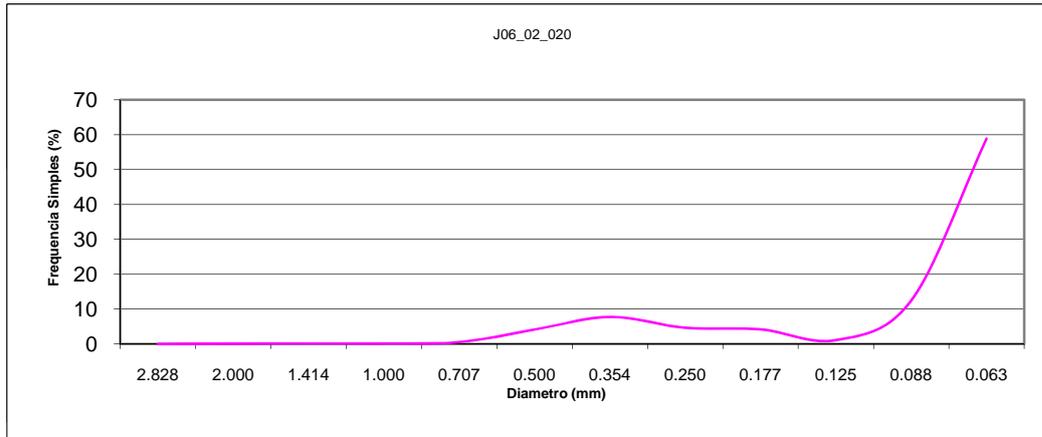


UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
LABOMAR - Instituto de Ciências do Mar

Amostra J06_02_020

Escalas

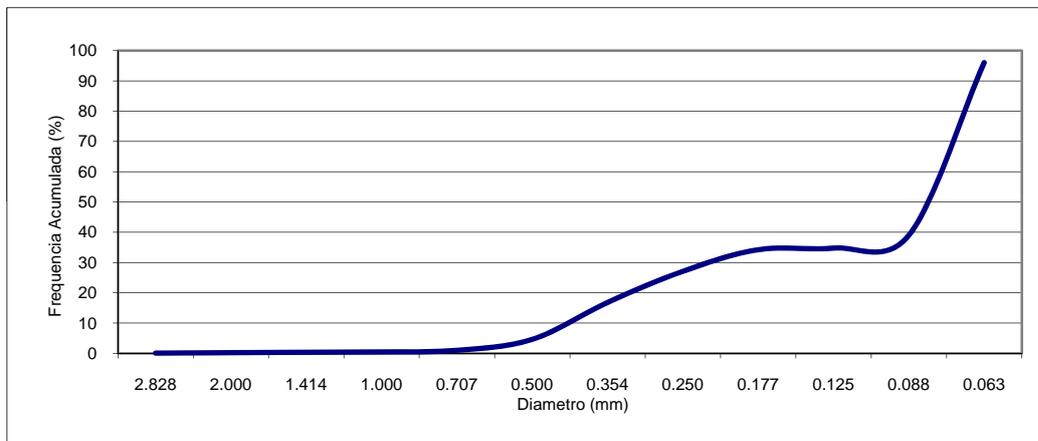
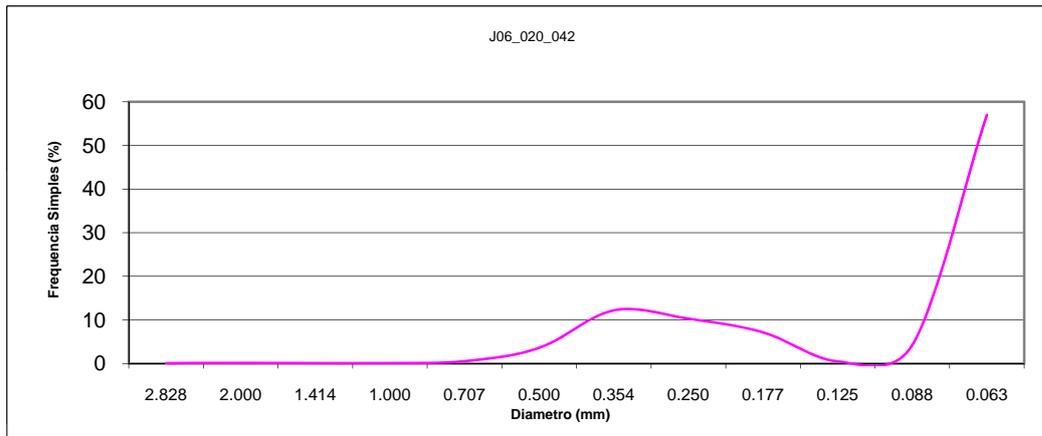
Ø	mm	Freq.Sim.	Freq.Acum.	Escala	Media	Mediana
-1.5	2.828	0.00	0	Ø	0	0
-1.0	2.000	0.06	0.058	mm	1.00	1.00
-0.5	1.414	0.20	0.2588			
0.0	1.000	0.12	0.3812			
0.5	0.707	0.53	0.9092	Curtose	Assim.	Gr_Selec.
1.0	0.500	4.14	5.048	0	0	0
1.5	0.354	7.76	12.8104			
2.0	0.250	4.66	17.4712	Cascalho	Areia	Lama
2.5	0.177	4.20	21.6744	(%) 0.00	94.1628	5.8372
3.0	0.125	1.10	22.7772			
3.5	0.088	12.47	35.2484	F&W-Media		
4.0	0.063	58.91	94.1628	0		



Amostra J06_020_042

Escalas

Ø	mm	Freq.Sim.	Freq.Acum.	Escala	Media	Mediana
-1.5	2.828	0.07	0.0704	Ø	0	0
-1.0	2.000	0.16	0.228	mm	1.00	1.00
-0.5	1.414	0.13	0.3576			
0.0	1.000	0.11	0.4656			
0.5	0.707	0.54	1.0064	Curtose	Assim.	Gr_Selec.
1.0	0.500	3.60	4.604	0	0	0
1.5	0.354	12.20	16.8056			
2.0	0.250	10.30	27.1024	Cascalho	Areia	Lama
2.5	0.177	7.16	34.2584	(%) 0.00	96.0096	3.9904
3.0	0.125	0.50	34.7544			
3.5	0.088	4.23	38.9864	F&W-Media		
4.0	0.063	57.02	96.0096	0		



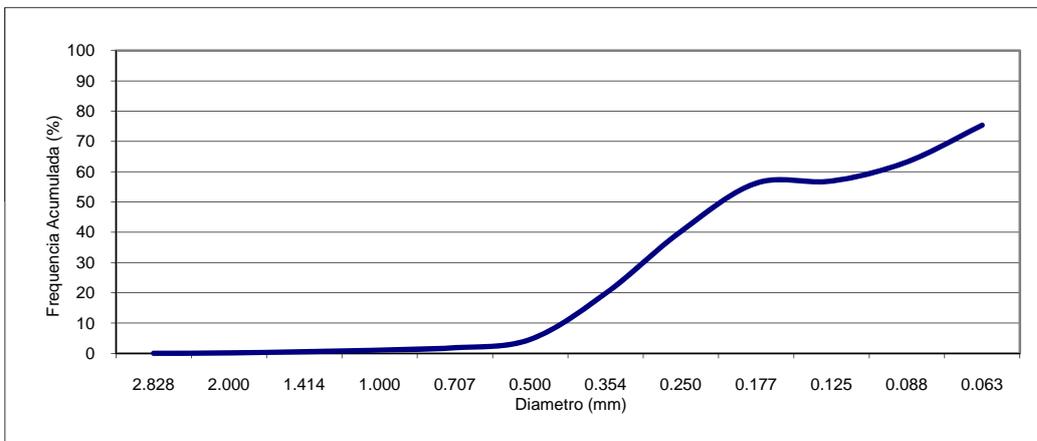
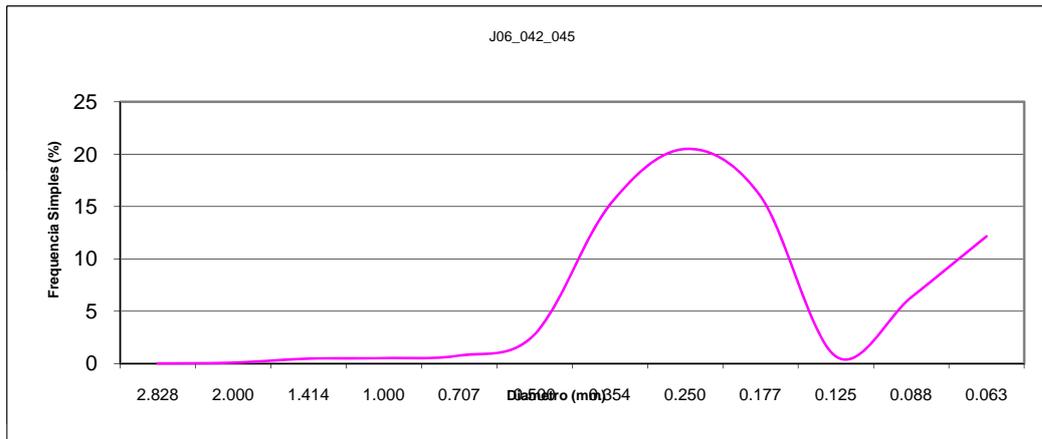


UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
LABOMAR - Instituto de Ciências do Mar

Amostra J06_042_045

Escalas

∅	mm	Freq.Sim.	Freq.Acum.	Escala	Media	Mediana
-1.5	2.828	0.00	0	∅	0	0
-1.0	2.000	0.07	0.074	mm	1.00	1.00
-0.5	1.414	0.46	0.5376			
0.0	1.000	0.51	1.05			
0.5	0.707	0.75	1.8024	Curtose	Assim.	Gr_Selec.
1.0	0.500	2.76	4.5668	0	0	0
1.5	0.354	15.18	19.7484			
2.0	0.250	20.50	40.2508	Cascalho	Areia	Lama
2.5	0.177	15.98	56.2288	(%) 0.00	75.3772	24.6228
3.0	0.125	0.67	56.898			
3.5	0.088	6.32	63.2192	F&W-Media		
4.0	0.063	12.16	75.3772	0		



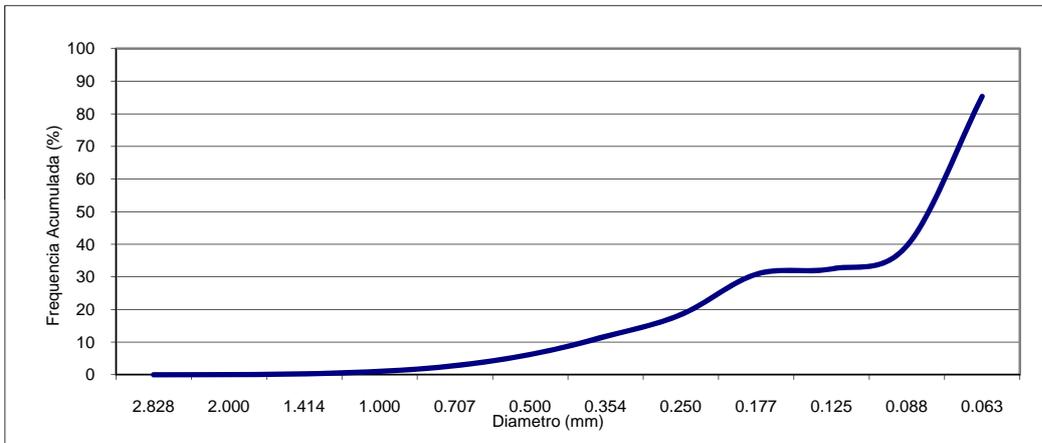
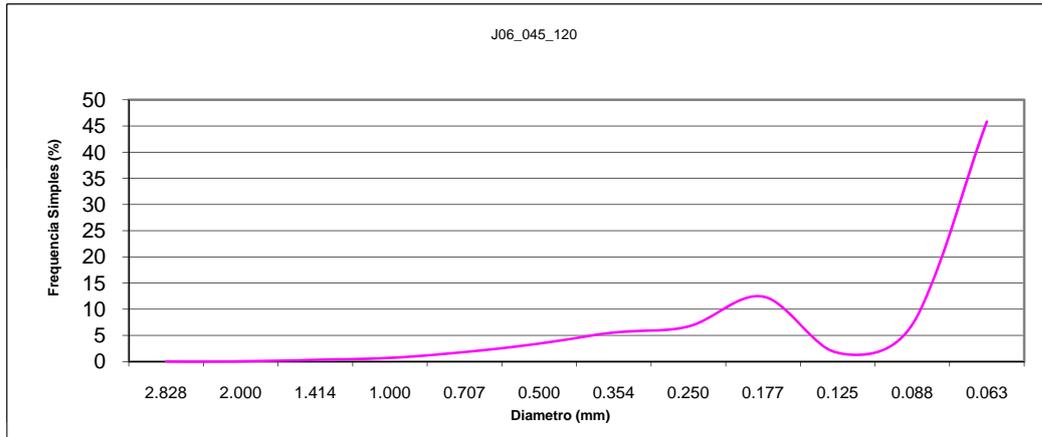


UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
LABOMAR - Instituto de Ciências do Mar

Amostra J06_045_120

Escalas

Ø	mm	Freq.Sim.	Freq.Acum.		Escala	Media	Mediana
-1.5	2.828	0.00	0		Ø	0	0
-1.0	2.000	0.00	0		mm	1.00	1.00
-0.5	1.414	0.33	0.3252				
0.0	1.000	0.68	1.0004				
0.5	0.707	1.79	2.79		Curtose	Assim.	Gr_Selec.
1.0	0.500	3.40	6.1928		0	0	0
1.5	0.354	5.53	11.7256				
2.0	0.250	6.68	18.4056		Cascalho	Areia	Lama
2.5	0.177	12.40	30.8088	(%)	0.00	85.3268	14.6732
3.0	0.125	1.64	32.448				
3.5	0.088	7.05	39.4992	F&W-Media			
4.0	0.063	45.83	85.3268	0			



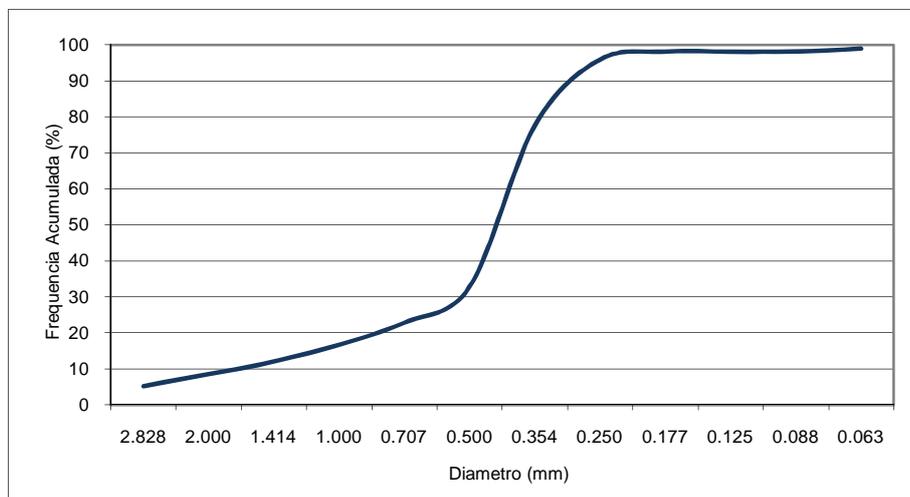
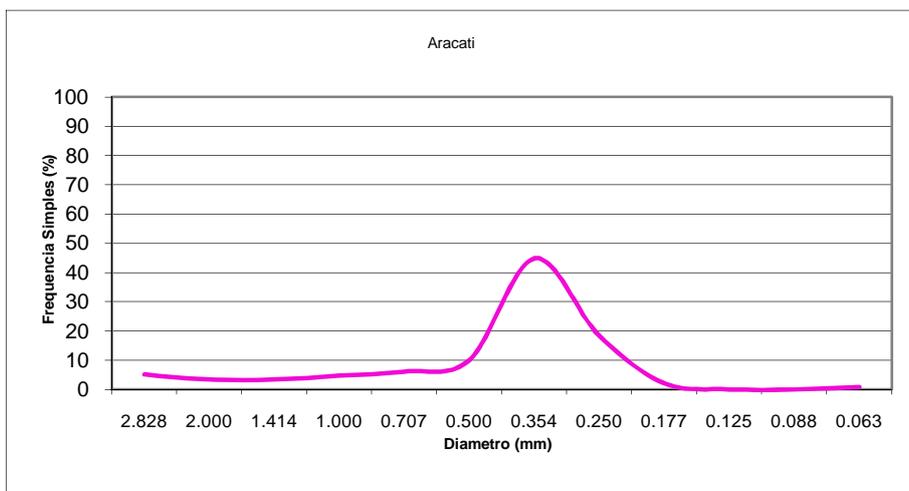


UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
LABOMAR - Instituto de Ciências do Mar

Amostra Aracati

Escalas

∅	mm	Freq.Sim.	Freq.Acum.	Escala	Media	Mediana
-1.5	2.828	5.112	5.112	∅	0	0
-1.0	2.000	3.3876	8.4996	mm	1.00	1.00
-0.5	1.414	3.482	11.9816			
0.0	1.000	4.6612	16.6428			
0.5	0.707	6.172	22.8148	Curtose	Assim.	Gr_Selec.
1.0	0.500	10.018	32.8328	0	0	0
1.5	0.354	44.8072	77.64			
2.0	0.250	18.3156	95.9556	Cascalho	Areia	Lama
2.5	0.177	2.1412	98.0968	(%) 0.00	98.9756	1.0244
3.0	0.125	0.0236	98.1204			
3.5	0.088	0.0268	98.1472	F&W-Media		
4.0	0.063	0.8284	98.9756	Areia Média		

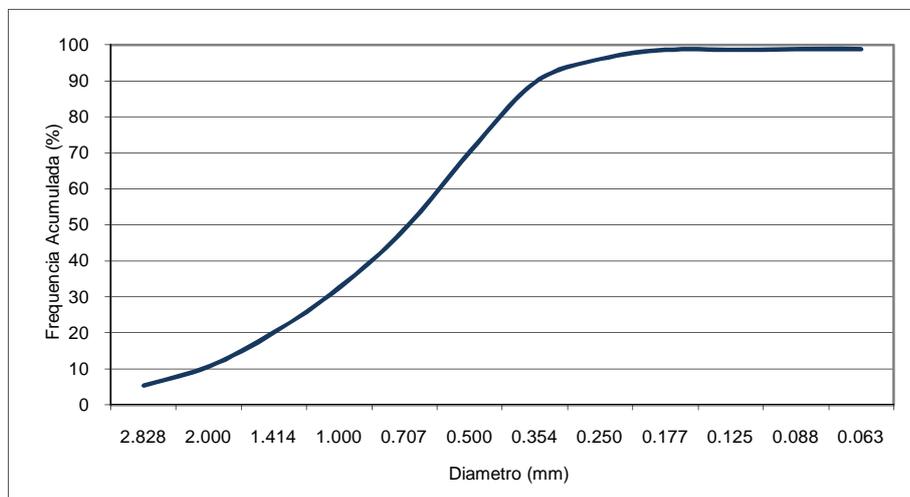
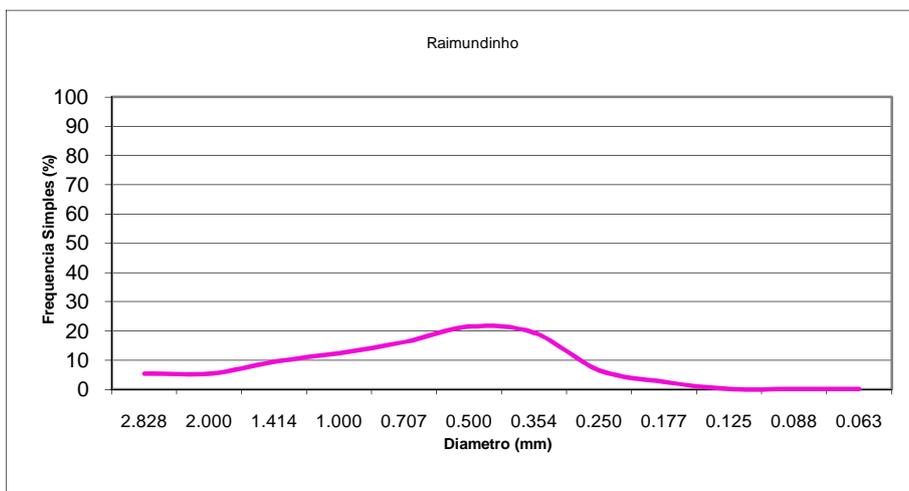


UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
LABOMAR - Instituto de Ciências do Mar

Amostra Raimundinho

Escalas

∅	mm	Freq.Sim.	Freq.Acum.	Escala	Media	Mediana
-1.5	2.828	5.4044	5.4044	∅	0	0
-1.0	2.000	5.2996	10.704	mm	1.00	1.00
-0.5	1.414	9.4432	20.1472			
0.0	1.000	12.4588	32.606			
0.5	0.707	16.1952	48.8012	Curtose	Assim.	Gr_Selec.
1.0	0.500	21.498	70.2992	0	0	0
1.5	0.354	19.3356	89.6348			
2.0	0.250	6.49	96.1248	Cascalho	Areia	Lama
2.5	0.177	2.512	98.6368	(%) 0.00	98.814	1.186
3.0	0.125	0.0388	98.6756			
3.5	0.088	0.1384	98.814	F&W-Media		
4.0	0.063	0	98.814	0		



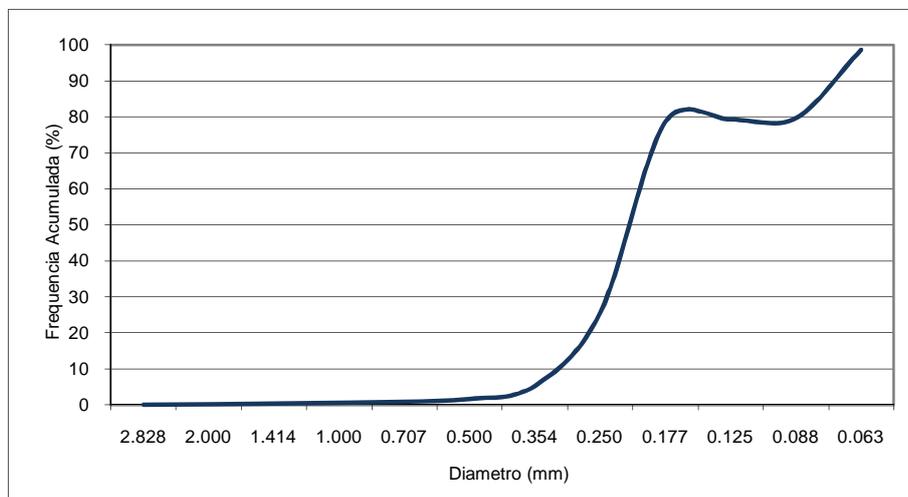
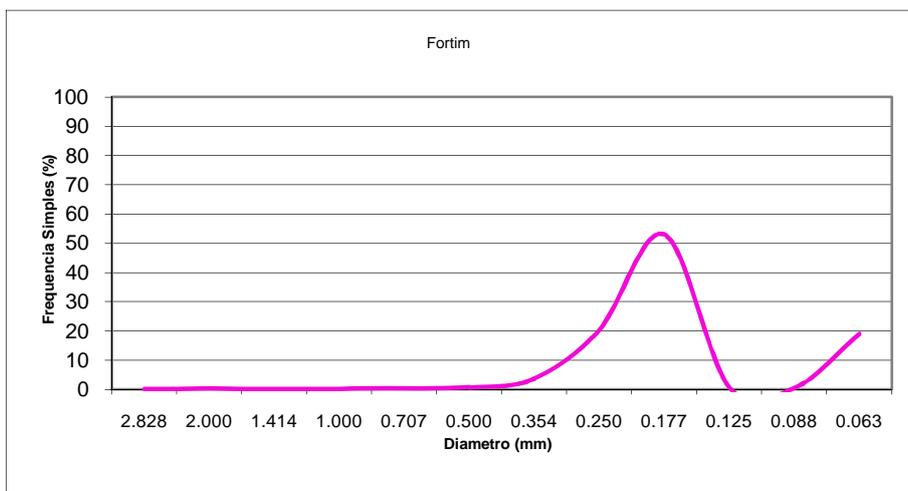


UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
LABOMAR - Instituto de Ciências do Mar

Amostra Fortim

Escalas

Ø	mm	Freq.Sim.	Freq.Acum.			
-1.5	2.828	0.0504	0.0504	Escala	Media	Mediana
-1.0	2.000	0.2028	0.2532	Ø	0	0
-0.5	1.414	0.0744	0.3276	mm	1.00	1.00
0.0	1.000	0.1908	0.5184			
0.5	0.707	0.3872	0.9056	Curtose	Assim.	Gr_Selec.
1.0	0.500	0.7112	1.6168	0	0	0
1.5	0.354	3.7116	5.3284			
2.0	0.250	20.3	25.6284	Cascalho	Areia	Lama
2.5	0.177	53.0104	78.6388	(%)	0.00	98.6776
3.0	0.125	0.6696	79.3084			
3.5	0.088	0.4056	79.714	F&W-Media		
4.0	0.063	18.9636	98.6776	0		



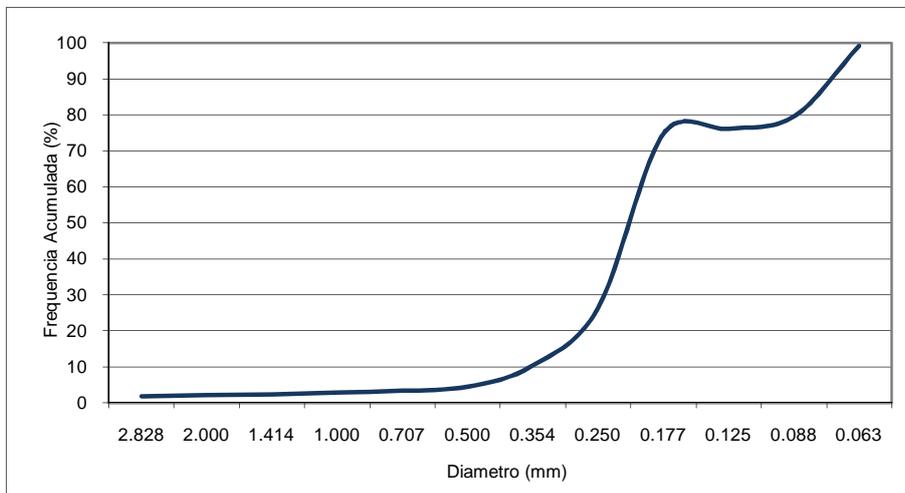
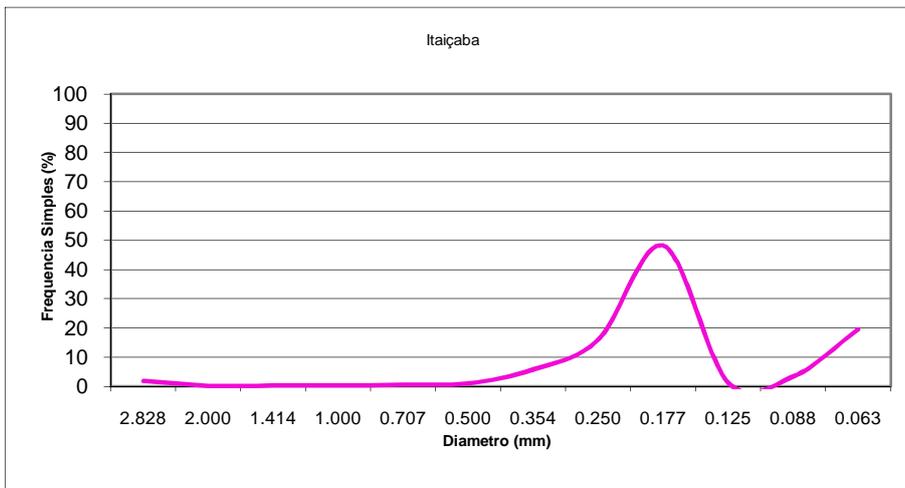


UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
LABOMAR - Instituto de Ciências do Mar

Amostra Itaiçaba

Escalas

Ø	mm	Freq.Sim.	Freq.Acum.		Escala	Media	Mediana
-1.5	2.828	1.8736	1.8736		Ø	0	0
-1.0	2.000	0.2796	2.1532		mm	1.00	1.00
-0.5	1.414	0.3212	2.4744				
0.0	1.000	0.394	2.8684				
0.5	0.707	0.5388	3.4072		Curtose	Assim.	Gr_Selec.
1.0	0.500	1.1536	4.5608		0	0	0
1.5	0.354	5.83	10.3908				
2.0	0.250	16.0716	26.4624		Cascalho	Areia	Lama
2.5	0.177	48.2624	74.7248	(%)	0.00	99.1012	0.8988
3.0	0.125	1.3148	76.0396				
3.5	0.088	3.4444	79.484	F&W-Media			
4.0	0.063	19.6172	99.1012	0			

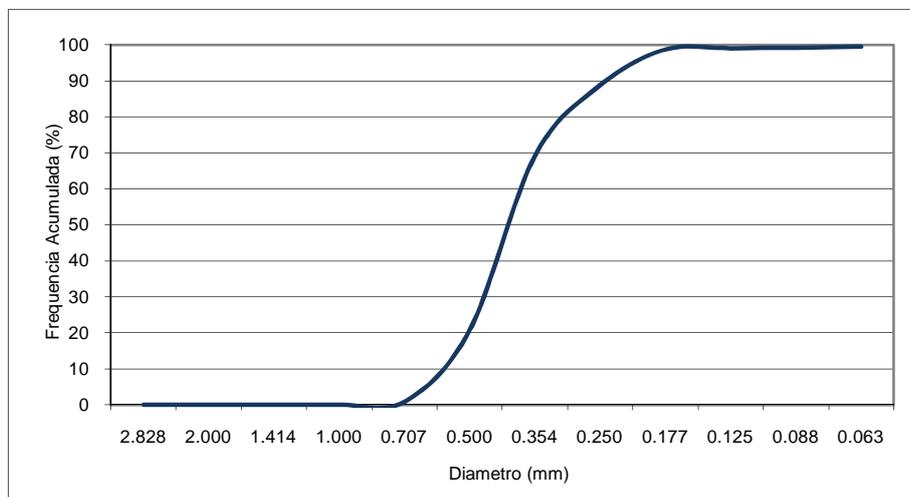
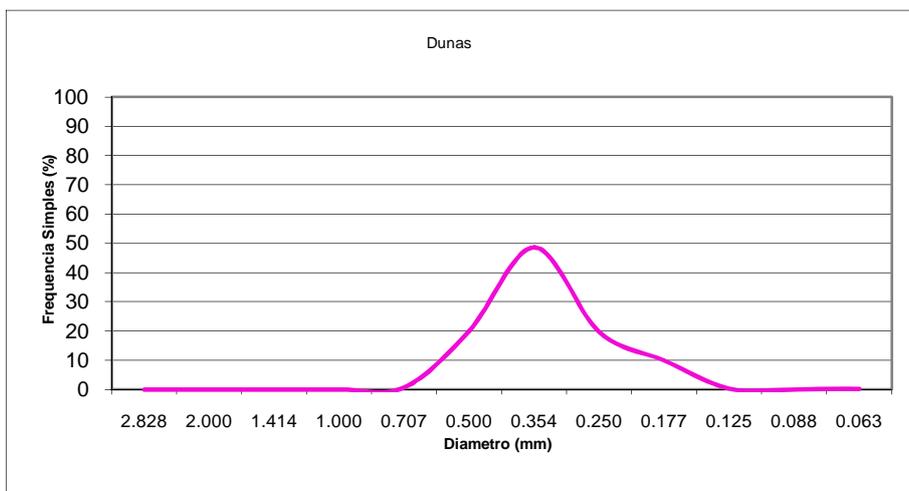


UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
LABOMAR - Instituto de Ciências do Mar

Amostra Dunas

Escalas

Ø	mm	Freq.Sim.	Freq.Acum.				
-1.5	2.828	0	0	Escala	Media	Mediana	
-1.0	2.000	0	0	Ø	0	0	
-0.5	1.414	0	0	mm	1.00	1.00	
0.0	1.000	0	0				
0.5	0.707	0.7564	0.7564	Curtose	Assim.	Gr_Selec.	
1.0	0.500	20.03	20.7864	0	0	0	
1.5	0.354	48.4804	69.2668				
2.0	0.250	19.58	88.8468	Cascalho	Areia	Lama	
2.5	0.177	9.946	98.7928	(%)	0.00	99.5552	0.4448
3.0	0.125	0.3568	99.1496				
3.5	0.088	0.1036	99.2532	F&W-Media			
4.0	0.063	0.302	99.5552	0			

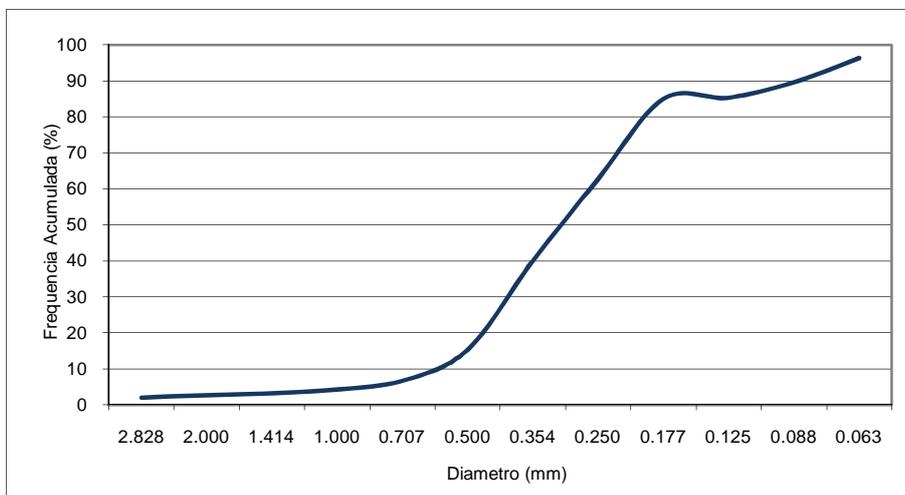
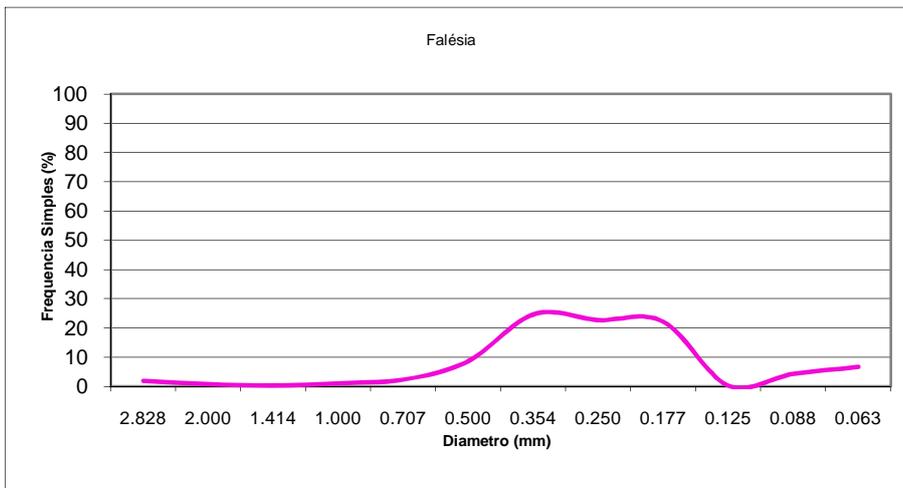


UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
LABOMAR - Instituto de Ciências do Mar

Amostra Falésia

Escalas

Ø	mm	Freq.Sim.	Freq.Acum.			
-1.5	2.828	1.9776	1.9776	Escala	Media	Mediana
-1.0	2.000	0.7512	2.7288	Ø	0	0
-0.5	1.414	0.4284	3.1572	mm	1.00	1.00
0.0	1.000	1.1464	4.3036			
0.5	0.707	2.39	6.6936	Curtose	Assim.	Gr_Selec.
1.0	0.500	8.64	15.3336	0	0	0
1.5	0.354	24.6624	39.996			
2.0	0.250	22.7384	62.7344	Cascalho	Areia	Lama
2.5	0.177	22.166	84.9004	(%)	0.00	96.2572
3.0	0.125	0.3396	85.24			
3.5	0.088	4.3068	89.5468	F&W-Media		
4.0	0.063	6.7104	96.2572	0		

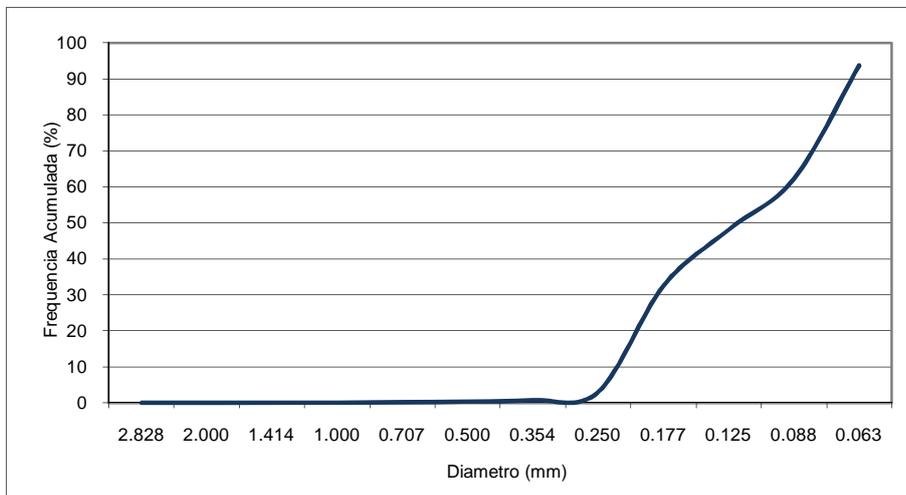
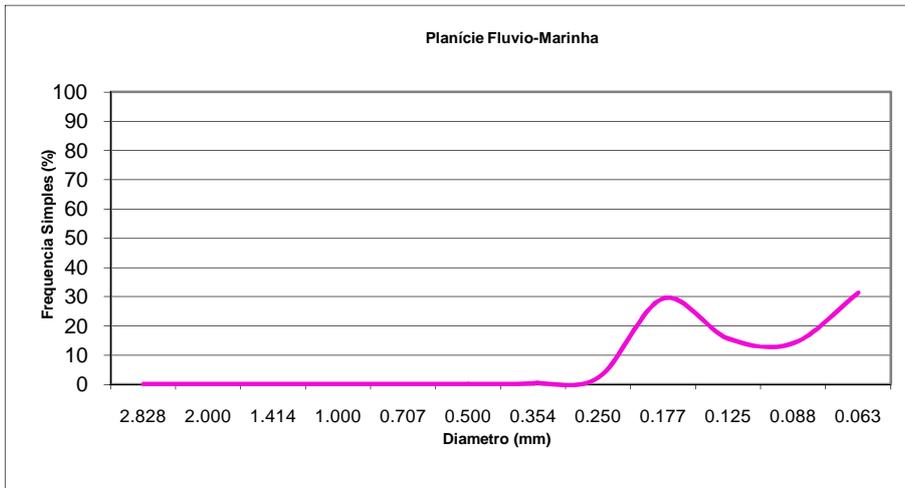


UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
LABOMAR - Instituto de Ciências do Mar

Amostra Planície Fluvio-Marinha

Escalas

Ø	mm	Freq.Sim.	Freq.Acum.				
-1.5	2.828	0	0	Escala	Media	Mediana	
-1.0	2.000	0	0	Ø	0	0	
-0.5	1.414	0	0	mm	1.00	1.00	
0.0	1.000	0.0896	0.0896				
0.5	0.707	0.1028	0.1924	Curtose	Assim.	Gr_Selec.	
1.0	0.500	0.1528	0.3452	0	0	0	
1.5	0.354	0.3976	0.7428				
2.0	0.250	2.3008	3.0436	Cascalho	Areia	Lama	
2.5	0.177	29.4472	32.4908	(%)	0.00	93.668	6.332
3.0	0.125	15.6424	48.1332				
3.5	0.088	14.0908	62.224	F&W-Media			
4.0	0.063	31.444	93.668	0			





UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
LABOMAR - Instituto de Ciências do Mar

Amostra Planície Fluvial

Escalas

Ø	mm	Freq.Sim.	Freq.Acum.				
-1.5	2.828	0	0	Escala	Media	Mediana	
-1.0	2.000	0	0	Ø	0	0	
-0.5	1.414	0	0	mm	1.00	1.00	
0.0	1.000	0	0				
0.5	0.707	0.0256	0.0256	Curtose	Assim.	Gr_Selec.	
1.0	0.500	0.2816	0.3072	0	0	0	
1.5	0.354	5.4588	5.766				
2.0	0.250	13.1	18.866	Cascalho	Areia	Lama	
2.5	0.177	23.2032	42.0692	(%)	0.00	94.9268	5.0732
3.0	0.125	2.1628	44.232				
3.5	0.088	2.5396	46.7716	F&W-Media			
4.0	0.063	48.1552	94.9268	0			

