



Universidade Federal do Pará



Faculdade de Oceanografia



Instituto de Geociências

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ANDREY JEFERSON FERREIRA BATISTA

**CONSTRUÇÃO DE MAPAS DE DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA E
BATIMETRIA DO CANAL DO QUIRIRI, BAÍA DE MARAJÓ E RIO PARÁ-PA**

BELÉM – PARÁ

MARÇO – 2013

ANDREY JEFERSON FERREIRA BATISTA

**CONSTRUÇÃO DE MAPAS DE DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA E
BATIMETRIA DO CANAL DO QUIRIRI, BAÍA DE MARAJÓ E RIO PARÁ-PA**

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

Orientadora: Prof. Dra. Odete Fátima
Machado da Silveira

BELEM

2013

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Sistema de Bibliotecas da UFPA

B333c Batista, Andrey Jeferson Ferreira

Construção de mapas de distribuição granulométrica e batimetria do canal do Quiriri, baía de Marajó e rio Pará-PA / Andrey Jeferson Ferreira Batista; Orientador: Odete Fátima Machado da Silveira – 2013

70 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em oceanografia) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Oceanologia, Belém, 2013.

1. Geomorfologia submarina. 2. Distribuição de sedimentos. 3. Rio Pará (PA). I. Silveira, Odete Fátima Machado da, *orient.* II. Universidade Federal do Pará. III. Título.

CDD 22ª ed.: 551.4683098.115

ANDREY JEFERSON FERREIRA BATISTA

**CONSTRUÇÃO DE MAPAS DE DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA E
BATIMÉTRIA DO CANAL DO QUIRIRI, BAÍA DE MARAJÓ E RIO PARÁ-PA**

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

Data de Aprovação:

Conceito:

Banca Examinadora:

Dr. Odete Fátima Machado da Silveira – Orientadora
Doutora em Geologia
Universidade Federal do Pará

Msc. Artur Gustavo Oliveira de Miranda – Coorientador
Mestre em Geologia
Universidade Federal do Pará

Msc. Amílcar Carvalho Mendes
Mestre em Geologia
Museu Paraense Emílio Goeldi

Msc. Susane Rabelo de Souza-Vieira
Mestre em Geologia
Universidade Federal do Pará

BELEM

2013

À minha mãe, pelo amor e
compreensão e ao meu pai e
irmãos por todo o apoio.

AGRADECIMENTOS

À professora Odete Silveira, pela orientação, pelos conselhos, pela amizade e por ajudar na minha formação profissional e ensinar tanto sobre como deve ser um ambiente de trabalho e a relação com os colegas.

À minha família: minha mãe que sempre me apóia e compreende independentemente das escolhas que faça e, principalmente, pela confiança e pelo exemplo de caráter e retidão moral que contribui imensamente para minha formação pessoal e profissional. Ao meu pai, por me apoiar mesmo sem entender, e por tentar. Aos meus irmãos Ananda e Yan por me proporcionarem muitos momentos de felicidade e pela leveza que dão à vida.

Aos meus colegas de laboratório (LIOG) e também amigos: Gustavo, pela imensa ajuda no decorrer deste trabalho, muitíssimo obrigado. À Priscila, por todo o companheirismo no decorrer do curso e por ir muito além de uma simples colega de faculdade e se tornar uma amiga que carregarei por muito tempo, Danielle pela grande ajuda na reta final com as correções, esteja certa de que respeito e admiro suas idéias, Amanda Oliveira por ser quieta e me transmitir tanta tranquilidade, por ser amiga e super divertida, ao Mauricio por me ajudar sempre que eu pedi e pelos programas cedidos, ao Fábio não sei muito bem pelo que agradecer, mas é um grande amigo, e à Raiza pela amizade e pelas divertidas conversas, à Fabíola por ser absolutamente sincera e por me vender Avon.

Aos meus incríveis amigos: Amanda, Rafaela, Rafael, Richelle e Victor por serem muito mais que amigos e me apoiarem fora do ambiente da universidade, nem dá para falar de vocês separadamente, mas muito obrigado por me ensinarem que se pode transcender facilmente quaisquer limites impostos pelas diferenças de idéias e personalidade, por serem como irmãos sempre presentes na minha vida e pela segurança de que sempre terei seu apoio. Palavras não descrevem, somente podemos sentir.

À minha turma maravilhosa, a melhor turma de 2009 já vista em toda a oceanografia da UFPa, por esses lindos quatro anos, nunca ri tanto em toda minha vida. Nara, Wilson, Ellery, Cíntia, Shirlen, Lorena, Luíza, Thaís, Yuri, Pablo, Queren, Jonatas, Renan e o adotado Leon, seremos excelente oceanógrafos, teremos muito sucesso na vida, desejo toda a felicidade do mundo pra nós e que a magia da turma nunca acabe, quando nos encontrarmos pela vida será como sempre, muita risada.

À Universidade Federal do Pará e ao Instituto de Geociências pelo suporte técnico, e ao Laboratório de Mineralogia Geoquímica e Aplicações por possibilitar as análises granulométricas.

À Marinha do Brasil e à Tenente Cristiane Pereira, pelo apoio logístico nas coletas das amostras, nas duas campanhas em que foram necessárias.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa.

RESUMO

A área de estudo localiza-se na Baía do Marajó, situada ao longo do rio Pará, recebendo contribuições dos rios Amazonas, Tocantins e Guamá. A área de coleta foi o canal do Quiriri e Baía de Marajó, importante por ser a principal via de acesso aos portos da região, são eles: Porto de Belém e Porto de Vila do Conde. Realizou-se a coleta de sedimentos de fundo em 93 pontos, distribuídos ao longo do canal. As amostras foram submetidas à análise granulométrica, em granulômetro a laser, que analisa a distribuição de tamanho das partículas de sedimentos. As amostras foram coletadas pontualmente com um amostrador de fundo do tipo Petersen, e submetidas a lavagens para eliminação de sais e, posteriormente, submetidas à separação de material para a eliminação de matéria orgânica e análise granulométrica. A matéria orgânica foi eliminada adicionando peróxido de hidrogênio e então se submeteu à análise a laser no granulômetro ANALYSETTE 22/FRITSH. Os resultados disponíveis estão de acordo com a classificação de Wentworth, Shepard e Folk seguindo a escala Φ (phi). Para o canal do Quiriri o material mostrou-se predominantemente constituído pelas frações areia fina e silte, estando presentes de forma mais significativa as frações arenosas na região central do canal localizado mais próximo à margem oeste da baía, enquanto os pontos mais próximos à margem leste constituem-se de material mais fino, predominantemente silte. Na região da Baía de Marajó, ao sul da área de estudo observou-se a concentração de sedimentos finos no centro do canal e sedimentos mais grossos na medida em que os pontos se aproximam de ambas as margens. Estudos locais revelam uma ação hidrodinâmica mais significativa próxima à margem oeste da baía do Marajó e uma consequente granulometria mais grossa, já ao sul da área de estudo encontra-se uma região de menor atividade hidrodinâmica, que possibilita a deposição de sedimentos lamosos. Para melhor visualização dos resultados foram gerados mapas mediante a utilização de um algoritmo de interpolação do software Surfer 9.0, com dados dos parâmetros granulométricos, quantidade de matéria orgânica, hidrodinâmica e batimetria distribuídos espacialmente. Este trabalho foi executado através de parceria entre a Marinha do Brasil e a Universidade Federal do Pará. As amostras foram coletadas a bordo da L/B Denébola e posteriormente tratadas no Laboratório de Oceanografia Geológica e Geofísica Marinha-LIOG, laboratório institucional que tem como objetivo de longo prazo, apresentar a carta faciológica da foz do Amazonas.

Palavras-chave: Rio Pará. Distribuição de sedimentos. Geomorfologia submarina.

ABSTRACT

The study area is on Marajó bay, located along Pará river, which receive contributions of Amazon, Tocantins and Guamá rivers. The sampling area is the Quiriri channel and Marajó bay, which have a great importance for the region, once it's the main entry route to the regional ports, they are: Belém Port and Vila do Conde Port. It has been realized a sediment sampling at 93 spots, distributed along the Quiriri channel and the Pará River. The samples underwent the granulometric analysis, using the laser method, which analyses the distribution of the grain size. These samples has been collected with a bottom sampler, of Petersen kind, and submitted to washing for removing the salt and after was made the separation of this material to organic matter elimination and to granulometric analysis. The organic matter has been eliminated with the adding of Hydrogen Peroxide, and then submitted to laser granulometric analysis on ANALYSETTE 22/FRITSH granulometer. The given results are based on Wentworth, Shepard and Folk classifications, following the Φ (phi) scale. To the Quiriri channel, the material proved itself as being predominantly composed for the Fine Sand and Silt fractions, being present in a more significant way the sandy sediments on the central region of the channel located near the western margin, while the dots close to the east margin is composed by finer sediments, predominantly silt. On Marajó bay region, southern study area, it has been observed the fine sediments concentration in the center of the river channel and coarser sediments while getting far from the central region. Local studies reveal a more significant hydrodynamic action next to the west margin of the Marajó bay in northern study area and, consequently, a coarser granulometry in this region. Still, on southern study area it was found a place of lesser hydrodynamic activity, enabling the deposition of mud sediments. Helping the results preview, it has been created maps using an interpolation algorithm from Surfer 9.0 software, which present granulometric parameters, organic matter amount, hydrodynamic and bathymetry data spatially distributed. This work has been done through an association between Marinha do Brasil and Universidade Federal do Pará. The samples were collected aboard the L/B Denébola and after processed on Laboratório de Oceanografia Geológica e Geofísica Marinha – LIOG, institutional laboratory which aims, in a long-term, present the faciologic chart of Amazon river mouth.

Key words: Pará river. Sediments distribution. Submarine geomorphology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 01	Mapa de localização da área de estudo	18
FIGURA 02	Modelo triangular de classificação dos ambientes costeiros	21
TABELA 01	Classificação textural dos grãos	22
TABELA 02	Valores e classificação de Assimetria e Curtose	23
FIGURA 03	Malha Amostral	26
FIGURA 04	Fluxograma de processamento das amostras	29
FIGURA 05	G´rafico das frações granulométricas dominantes – Método de Wentworth	31
FIGURA 06	Predominância de Silte ou Areia nas amostras	32
FIGURA 07	Gráfico das frações granulométricas codominantes	33
FIGURA 08	Carta de distribuição das frações dominantes – Método de Wentworth	34
FIGURA 09	Carta de distribuição das frações codominantes – Método de Wentworth	35
FIGURA 10	Carta de distribuição do teor de areia total	36
FIGURA 11	Diagrama de Shepard	38
FIGURA 12	Gráfico de classificação textural – método de Shepard	38
FIGURA 13	Gráfico de classificação granulométrica – método de Folk e Ward	40
FIGURA 14	Carta de distribuição da classificação textural – método de Shepard	41
FIGURA 15	Carta de distribuição granulométrica – método de Folk e Ward	42
FIGURA 16	Gráfico de classificação dos valores de Assimetria	43
FIGURA 17	Gráficos de classificação dos valores de Curtose	44
FIGURA 18	Carta de distribuição dos valores de Assimetria	45
FIGURA 19	Carta de distribuição dos valores de Curtose	46
FIGURA 20	Diagrama de Pejrup	47
FIGURA 21	Gráfico dos resultados obtidos através do diagrama de Pejrup	48
FIGURA 22	Gráfico do Tero de Matéria Orgânica	48
FIGURA 23	Carta de distribuição espacial dos valores de hidrodinâmica	49
FIGURA 24	Carta de distribuição espacial do teor de matéria orgânica	50
FIGURA 25	Carta Batimétrica	52

FIGURA 26	Mapa de localização dos perfis batimétricos	53
FIGURA 27	Perfis A – A' e B – B'	57
FIGURA 28	Perfis C – C', D – D' e E – E'	58
FIGURA 29	Perfis F – F', G – G' e H – H'	59
FIGURA 30	Perfis I – I' e J – J'	60

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVO	16
2.1	GERAL	16
2.2	ESPECÍFICO	16
3	ÁREA DE ESTUDO	17
3.1	LOCALIZAÇÃO	17
3.2	CARACTERIZAÇÃO	18
3.2.1	Geomorfologia Local	18
3.2.2	Aspectos Oceanográficos	19
3.2.2.1	Correntes e Marés	19
3.2.2.2	Hidrografia	20
4	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
4.1	ESTUÁRIOS	21
4.2	PARÂMETROS GRANULOMÉTRICOS	22
4.2.1	Diâmetro Médio	22
4.2.2	Assimetria	23
4.2.3	Curtose	23
4.3	BATIMETRIA	24
5	METODOLOGIA	25
5.1	PRÉ-CAMPO	25
5.1.1	Definição do projeto	25
5.1.2	Levantamento bibliográfico	25
5.1.3	Compilação de base cartográfica	25
5.1.4	Definição dos equipamentos	25
5.1.5	Delineamento amostral	25
5.2	CAMPO	26
5.3	PROCESSAMENTO E TRATAMENTO DAS AMOSTRAS	27
5.3.1	Eliminação de matéria orgânica	27
5.3.1.1	Para granulometria	27
5.3.1.2	Para quantificação	28
5.3.2	Granulometria a laser	29

5.3.3	Batimetria	30
5.3.3.1	Mapa batimétrico	30
5.3.3.2	Perfis Batimétricos	30
5.3.4	Elaboração de cartas de distribuição	30
6	RESULTADOS	31
6.1	ANÁLISE TEXTURAL	31
6.1.1	Granulometria – Método de Wentworth	31
6.1.2	Método de Shepard	37
6.1.3	Granulometria – Método de Folk e Ward	39
6.1.4	Assimetria	43
6.1.5	Curtose	44
6.2	HIDRODINÂMICA	47
6.3	MATÉRIA ORGÂNICA	48
6.4	BATIMETRIA	51
6.4.1	Mapa batimétrico	51
6.4.2	Perfis batimétricos	51
7	DISCUSSÃO	61
7.1	CLASSIFICAÇÃO TEXTURAL	61
7.1.1	Método de Wentworth	61
7.1.2	Método de Shepard	62
7.1.3	Método de Folk e Ward	62
7.1.4	Assimetria e Curtose	63
7.2	BATIMETRIA	63
8	CONCLUSÃO	65
	REFERÊNCIAS	66

1 INTRODUÇÃO

A área de estudo se insere na região estuarina da Baía de Marajó e do Rio Pará, que segundo Souza (2007), recebe contribuições do rio Amazonas, através dos estreitos de Breves e Boioçu se somando então à vazão dos rios Tocantins e Guamá, originando a Baía de Marajó. A área onde se situam os pontos de coleta é chamada de Canal do Quiriri e mais adentro, em direção ao continente, ao longo do rio Pará onde estudos fazem-se necessários devido à significativa quantidade de embarcações que perpassam o canal a fim de atracarem nos portos da região.

O material coletado durante as amostragens foi submetido a análises sedimentológicas, mais precisamente, granulométricas. A análise do tamanho das partículas de sedimento é importante, uma vez que possibilita inferir indicações preciosas sobre a proveniência (por oferecer informações sobre a disponibilidade de determinados tipos de partículas e sobre as rochas que lhes deram origem), sobre o transporte, e sobre os ambientes deposicionais. (Dias 2004).

Tal fato evidencia a importância destes estudos para conhecer o comportamento da área bem como a atuação da hidrodinâmica local, pois os sedimentos de superfície de fundo de ambientes subaquáticos refletem a interação entre a energia hidrodinâmica do ambiente, o aporte sedimentar e a natureza do substrato. Sendo assim a caracterização de sedimentos, baseada em parâmetros granulométricos e composicionais, são de fundamental importância para a compreensão dos processos de sedimentação, identificação de fácies texturais e características dos ambientes deposicionais (Baptista Neto, et al 2004). Para tanto foi realizada a análise granulométrica a laser, cuja utilização, tem se tornado cada vez mais frequente ao longo dos últimos 15 anos como um método para análise de distribuição do tamanho das partículas de sedimentos e solos, onde os valores de precisão podem ser equivalentes ou melhores que aqueles obtidos por peneiramento a seco (BLOTT, 2006).

O levantamento batimétrico, por sua vez, tem por objetivo obter informações detalhadas relativas à definição e dimensionamento da morfologia de fundo. Em linhas gerais, a morfologia de fundo foi levantada ao longo de perfis perpendiculares e longitudinais à linha de costa, mediante malha regular com espaçamento das linhas de sondagens, reduzida em áreas de influência direta do Canal do Quiriri, além de uma carta confeccionada pela digitalização dos dados presentes na carta náutica.

Apesar dos inúmeros trabalhos realizados na Baía de Guajará não existem levantamentos que caracterizem a Baía de Marajó em sua porção distal, mais especificamente no canal do Quiriri que é um dos canais de maior hidrodinâmica da região e alvo de estudos para a viabilização da entrada de navios de grande porte que alcancem a região do Porto de Vila do Conde e Belém, assim como o rio Pará, portanto este trabalho poderá servir como base para futuros estudos realizados nestes locais.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Elaborar cartas de distribuição sedimentológica e batimétrica do Canal do Quiriri, na Baía de Marajó, Pará.

2.2 ESPECÍFICOS

- Elaboração de cartas granulométricas
- Elaboração de mapa batimétrico.
- Integração e correlação da distribuição sedimentológica à morfologia de fundo (batimetria);

3 ÁREA DE ESTUDO

3.1 LOCALIZAÇÃO

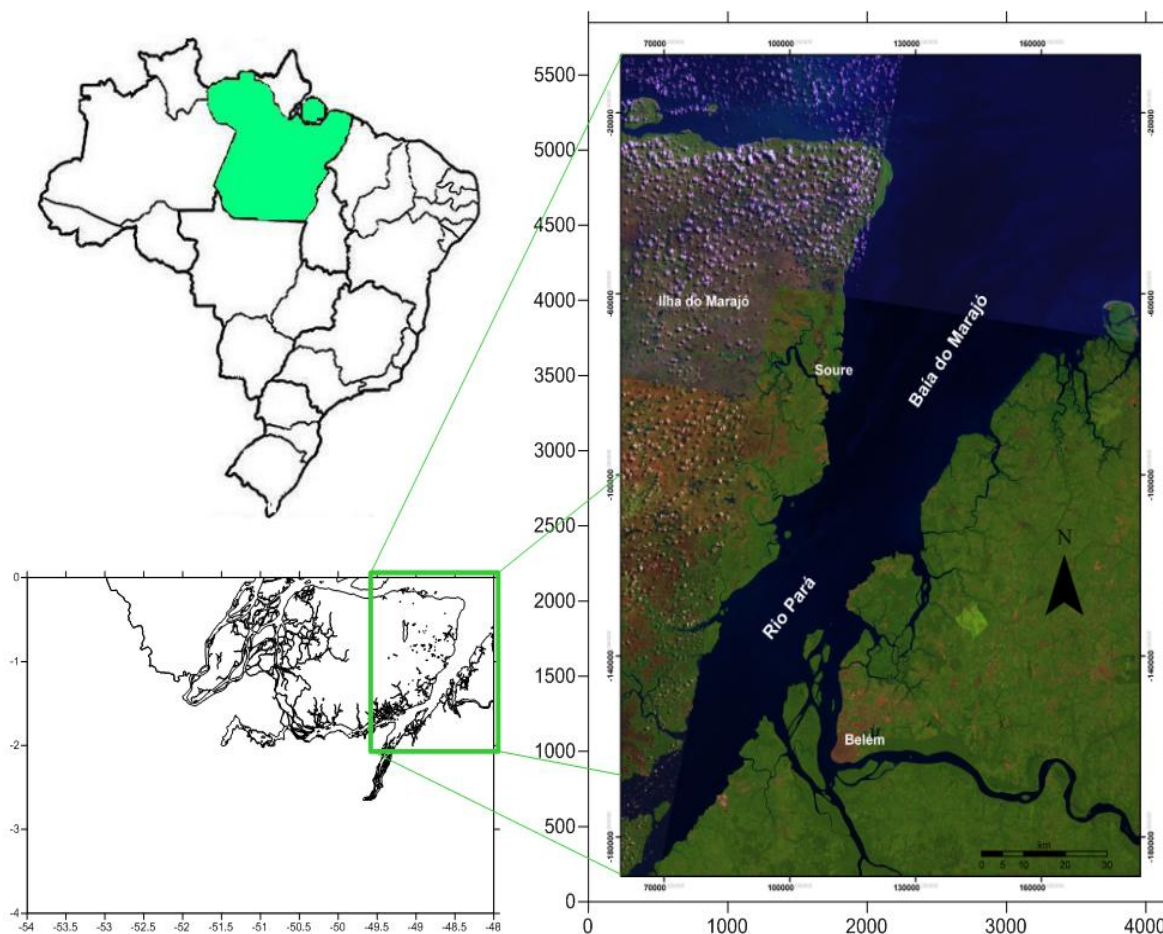
O canal do Quiriri localiza-se na foz do Rio Pará, sendo limitado a norte pelo Oceano Atlântico, a sul pela porção central do Rio Pará, a leste pelo continente, região sudeste do estado do Pará e a oeste pela costa nordeste da Ilha do Marajó, região da qual está mais próximo (figura 1).

Segundo Martins (2010) o rio Pará, estende-se pela região nordeste do estado, e o litoral sudeste da ilha do Marajó. E é definido por Monteiro (2009) como sendo o segundo sistema de drenagem amazônico, formando-se a partir da junção dos rios Amazonas e Tocantins caracterizando-se como um dos principais formadores da Baía de Marajó.

Não caracteriza, de fato, um rio e sim um conjunto sem nascente que se forma a partir da contribuição de diversos rios que desembocam na região e formam uma cadeia de bacias e enseadas ao longo de toda a costa oriental da Ilha do Marajó (MARTINS, 2007).

À oeste do rio existe uma ação hidrodinâmica de mais energia, causando uma morfologia de barra e canais arenosos, sendo esta a região do canal do Quiriri, além da região mais próxima da margem do Marajó, onde se encontram depósitos de lama próximos à área de descarga dos vários canais existentes (GREGORIO, 2009).

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo



3.2 CARACTERIZAÇÃO

3.2.1 Geomorfologia local

A costa leste da ilha do Marajó apresenta duas unidades características do relevo marajoara denominadas de: Planície Amazônica, composta por sedimentos do Holoceno de textura lamosa ou arenosa e Planalto Rebaixado da Amazônia contendo tanto sedimentos do Terciário quanto dos grupos Barreiras e Pós Barreiras do quaternário (FRANÇA, 2003).

A Formação Barreiras, assim como a Formação Pirabas são termos genéricos empregados a diferentes depósitos do Mioceno, onde o estrato referente à Formação Pirabas é composto por uma sucessão carbonática intercalada por folhelhos e arenitos, enquanto a Formação Barreiras caracteriza-se por um conjunto sedimentar de depósitos siliciclásticos (ROSSETTI, 2006). O Pós Barreiras por sua vez, pertence ao Quaternário e é composto por argilas silicosas e areais quartzosas, em seu período mais recente, do presente até 10000 AP, e por siltes, argilas, areias finas e até grânulos e blocos de arenito em seu período que alcança até o Pleistoceno (PINHEIRO, 1987).

Em meio aos sedimentos do Grupo Barreiras e de depósitos quaternários no nordeste paraense ocorrem afloramentos descontínuos da Formação Pirabas, cujo conteúdo fossilífero aponta para origem marinha rasa, lagunar ou de mangue ainda no Mioceno, e apresenta fácies constituídas por margas, argilitos laminados e calcarenitos estratificados (COSTA et. al. 1996).

Ainda segundo Costa (op. cit.), o Grupo Barreiras, que abrange os períodos do Mioceno e do Pleistoceno se distribui de forma bastante representativa ao longo da costa norte do Brasil e é bastante diverso em sua faciologia, apresentando fácies argilosa, argilo-arenosa e arenosa, com estratificação cruzada e sigmoidal.

Barten e Host (1994) apontaram a Baía de Marajó como sendo uma extensão da foz do Rio Tocantins e de outros rios menores presentes na região. Neste contexto é importante caracterizar a bacia do rio Tocantins, citada por Martins (2010), que defendeu que o Baixo Tocantins constitui-se por dois domínios geológicos: o embasamento cristalino formado de rochas vulcânicas e a cobertura sedimentar, cujos sedimentos depositaram-se ainda durante o terciário e quaternário.

3.2.2 Aspectos oceanográficos

3.2.2.1 Correntes e marés

Caracterizam uma variação do nível da água em forma de ondas de longos períodos, podendo ser ocasionadas tanto por fenômenos meteorológicos quanto por forçantes astronômicas, estas últimas estão intrinsecamente ligadas à força gravitacional exercida pela Lua e pelo Sol, apresentando variação periódica devido aos efeitos de rotação da Terra na órbita do Sol e de seu próprio eixo e da Lua em torno da Terra, ocasionando as marés de sizígia e quadratura com variações periódicas e previsíveis (SOUZA, 2006).

Na área de estudo prevalece o regime de marés semidiurnas que, de acordo com Sorensen (1997), tem por principal característica duas subidas e descidas diárias do nível da água.

O regime das correntes de marés na região apresenta uma inversão na direção das correntes por volta de uma hora antes de cada baixa-mar ou preamar e passa por um período de 30 minutos com velocidade próxima a zero e de forma gradual começa a aumentar logo após a inversão de direção. As correntes de enchente possuem sentido Norte-sul, devido às marés, invertendo-se para Sul-norte no momento da vazante (SOUZA, 2006).

3.2.2.2 Hidrografia

A área estudada é fortemente influenciada pelas bacias dos rios Tocantins e Araguaia, que possuem suas nascentes na região Centro-oeste do Brasil, posteriormente sofrem confluência e seguem para a região Norte, esta bacia recebe contribuições de diversos outros rios menores tornando-se a 11º no mundo em volume de sedimentos transportados. Em sua desembocadura dá origem ao rio Pará e à Baía de Marajó, juntamente com contribuições oriundas do estreito de Breves e de Boioçu, provenientes da foz do rio Amazonas (MARTINS, 2010).

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

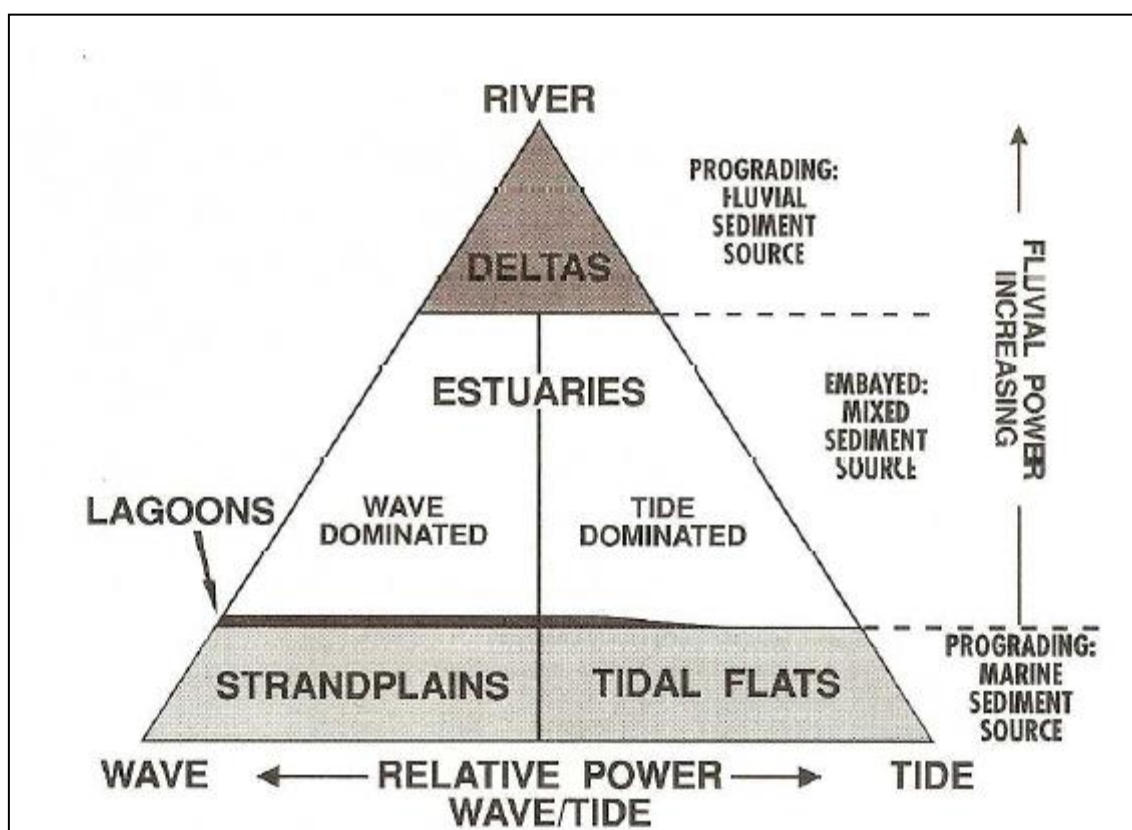
A apresentação de alguns conceitos faz-se necessária, dada a profusão destes e de suas variantes na literatura especializada, bem como da sua atuação na forma como os resultados serão apresentados, especialmente os temas que se relacionam a ambientes de sedimentação.

4.1 ESTUÁRIOS

Cameron e Pritchard (1963) e Pritchard (1981) classificaram estuário como um corpo de água semi-fechado localizado na região costeira e apresentando alguma ligação com o oceano aberto, onde a água do mar é parcialmente diluída e que atinge toda a porção, rio adentro, que sofre influência da maré.

Boyd et al. (1992) classificaram os ambientes costeiros de acordo com dois parâmetros: dos processos que regem cada ambiente sendo influenciado por ondas ou por marés além da influência dos rios sobre cada um, e da evolução local envolvendo as fontes de sedimento e as influência da variação do nível relativo do mar (figura 2). Definindo estuários como sendo a porção de um vale afogado, voltada para o mar, recebendo sedimentos tanto de origem marinha como fluvial e contendo fácies que podem ser influenciadas tanto por onda quanto por marés, além de processos de origem fluvial.

Figura 2 – Modelo triangular de classificação dos ambientes costeiros.



Fonte: Boyd et al (1992)

4.2 PARÂMETROS GRANULOMÉTRICOS

A determinação das propriedades físicas dos sedimentos é de fundamental importância para o entendimento da dinâmica responsável pela formação de depósitos sedimentares. Neste contexto, a propriedade mais importante dos sedimentos é, provavelmente, a dimensão das partículas que os compõem e a quantificação por grandes classes dimensionais, ou seja, a Análise Textural (Souza, 2007).

Tabela 01: Classificação textural dos grãos de acordo com as escalas de Wentworth e de Krumbein.
Fonte: Dias (2004)

Classe Textural		phi – Φ (KRUMBEIN 1934)	Escala - mm (WENTWORTH 1922)
Areia	Muito Grossa	0	1
	Grossa	1	0,500
	Média	2	0,250
	Fina	3	0,125
	Muito Fina	4	0,062
Silte	Grosso	5	31 μ
	Médio	6	15,6 μ
	Fino	7	7,8 μ
	Muito Fino	8	3,9 μ
Argila	Grossa	9	2,0 μ
	Média	10	0,98 μ
	Fina	11	0,49 μ
	Muito Fina	12	0,24 μ
Colóide		13	0,12 μ

4.2.1 Diâmetro médio

É o tamanho do grão, está diretamente ligado à classificação que o sedimento receberá de acordo com suas dimensões, podendo ser medido em milímetros ou de acordo com a escala Φ (phi). Sendo a amostra composta por um conjunto de numerosos grãos esta será classificada a partir de uma média dos diâmetros dos grãos que a compõe, por este motivo esse parâmetro é listado por Suguio (1973) como um dos principais parâmetros para a composição de uma classificação textural, como demonstra a Tabela 01.

4.2.2 Assimetria

Indica a variação no nível de energia do ambiente deposicional. Nos casos em que apresenta valores negativos indica que na área estudada há um processo de remoção de sedimentos, enquanto seus valores positivos são indicativos de que o sedimento está se depositando (DUANE, 1964; MARTINS 2003).

Ainda se pode afirmar sobre a assimetria que seus valores podem variar de acordo com o diâmetro do grão, em regiões onde predominam sedimentos finos a assimetria será positiva, enquanto que na presença de sedimentos grossos será negativa (GREGÓRIO, 2007; VALIA e CAMERON, 1977).

4.2.3 Curtose

De acordo com Tabajara e Martins (2006) a curtose está relacionada com a comparação do índice de seleção e a distribuição dos grãos, desta forma em seus valores platicúrticos são indicadas mais de uma classe granulométrica, valores leptocúrticos indicam a predominância de uma determinada classe e valores mesocúrticos quando a distribuição das classes for mais ou menos organizada (HORN FILHO 2006; MARTINS, 2006; TABAJARA E MARTINS 2006).

A Tabela 02 evidencia a classificação dos valores de Curtose e Assimetria.

Tabela 02: Valores e classificação dos parâmetros granulométricos: Assimetria e Curtose. Fonte: Horn Filho (2006)

Assimetria		Curtose	
Valor	Classificação	Valor	Classificação
-1,00 a -0,30	Muito Negativa	< 0,67	Muito Platicúrtica
-0,30 a -0,10	Negativa	0,67 – 0,90	Platicúrtica
-0,10 a 0,10	Aproximadamente Simétrica	0,90 – 1,11	Mesocúrtica
0,10 a 0,30	Positiva	1,11 – 1,50	Leptocúrtica
0,30 a 1,00	Muito Positiva	1,50 – 3,00	Muito Leptocúrtica
		> 3,00	Extremamente Leptocúrtica

4.3 BATIMETRIA

Estudos morfológicos e sedimentológicos de fundo foram realizados basicamente na Baía do Guajará por Souza (2007), Gregório et al. (2006), Mendes et al. (2006), Miranda (2006), Silveira (1992) e Pinheiro (1987), porém a área de estudos do presente trabalho continua sendo muito escassa em informações e necessita de pesquisas desta natureza para uma melhor caracterização do local, uma vez que pela baía de Marajó dá-se o acesso aos Portos de Belém, Miramar e Sotave localizados na Baía de Guajará, assim como o porto de Vila do Conde em Barcarena o que denota a esta área extrema importância econômica.

A crescente necessidade de expansão das atividades portuárias faz com que ocorra nesta área operações de dragagem em alguns pontos da baía de Guajará que assegurem a manutenção das profundidades para a navegação e manobras de acesso ao porto de grandes embarcações. Segundo Silveira (op. cit.), a região do porto de Belém era submetida com muita frequência a operações de dragagens, o que dificulta qualquer tentativa de estabelecer-se um padrão morfossedimentar de fundo em frente à área portuária da cidade.

5 METODOLOGIA

5.1 PRÉ CAMPO

5.1.1 Definição do projeto

Esta etapa considerou a idealização do trabalho, no que se refere à problemática abordada, aos objetivos a serem alcançados, metodologia, hipóteses de trabalho, definição da área de estudo e escala.

5.1.2 Levantamento Bibliográfico

Os levantamentos bibliográfico e cartográfico referentes às temáticas a serem abordadas neste trabalho foram realizados através de consultas ao acervo das bibliotecas da Universidade Federal do Pará (Central e Setorial do Instituto de Geociências), além de pesquisas na Internet (sites de busca e Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES), de forma que fosse estabelecida uma base teórica fundamental ao desenvolvimento das diversas etapas do trabalho.

5.1.3 Compilação de base cartográfica

Levantamento de produtos de sensores remotos (imagens de satélite) disponíveis no acervo do Laboratório de Oceanografia Geológica da UFPa, objetivando a elaboração da carta-imagem georreferenciada para as áreas estabelecidas como de influência direta para a região a ser estudada. As cartas-imagem servem de base para o planejamento e plotagem das malhas de amostragem e auxílio nos trabalhos de campo.

5.1.4 Definição dos equipamentos

O equipamento utilizado para a amostragem dos sedimentos foi um amostrador de fundo tipo *Petersen*, em aço inox, também conhecido como pegador ou busca-fundo. Este amostrador pontual teve como suporte na embarcação um guindaste com roldana acoplada em um cabo de aço.

5.1.5 Delineamento amostral

Consistiu na definição prévia dos pontos de coleta de sedimentos de fundo, a partir da carta batimétrica, de modo que os pontos sejam alocados de acordo com a morfologia de fundo. A amostragem tentou obedecer a uma equidistância entre os pontos de coleta, com

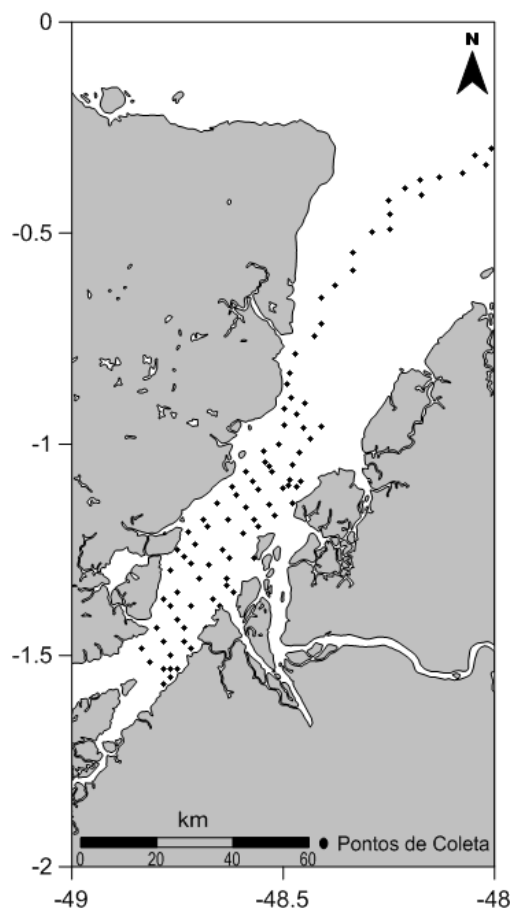
tolerância de aproximadamente 2 km, sendo que os perfis estão aproximadamente 2km equidistantes (figura 3).

5.2 CAMPO

Dois integrantes do laboratório, em duas campanhas diferentes, em embarcações da Marinha do Brasil realizaram a coleta de 93 amostras em pontos de localização pré-estabelecidos.

Conforme se chegava à localização exata dos pontos as coordenadas eram salvas com um GPS e era utilizado um amostrador de fundo pontual, do tipo Petersen para capturar a amostra de sedimento. Foram coletados, aproximadamente 0,5 kg de material que eram acondicionados em sacos plásticos e identificados com etiquetas.

Figura 3 - Malha Amostral



5.3 PROCESSAMENTO E TRATAMENTO DAS AMOSTRAS

Após chegada em laboratório foram extraídos 50g da amostra de cada ponto, e o material restante foi armazenado no banco de amostras do laboratório - LIOG. A porção de amostra separada foi armazenada em recipientes plásticos, onde foram lavadas com água destilada por três vezes para retirada do sal, após a retirada da água da última lavagem as secas à temperatura ambiente.

Após a secagem a amostra foi submetida à desagregação, separadamente, os sedimentos de cada um dos pontos foi desagregado para depois ser armazenado em sacos plásticos previamente identificados, o processamento das amostras também pode ser visto de forma detalhada no fluxograma presente na figura 04.

O processamento das amostras em laboratório foi baseado em Vieira et. al. (2007) e seguiu os passos metodológicos descritos a seguir.

5.3.1 Eliminação de matéria orgânica

5.3.1.1 Para granulometria

A eliminação de matéria orgânica foi realizada por ataque químico com peróxido de hidrogênio (H_2O_2), para isto foram separados 5g de cada amostra em recipientes plásticos aos quais foram adicionados, posteriormente, 5ml de H_2O_2 para que reagissem com a matéria orgânica presente no sedimento em questão, eliminando-a. Posteriormente foi adicionado novamente o H_2O_2 , uma vez que o peróxido adicionado inicialmente foi todo consumido, e esse procedimento se repetiu até a total eliminação da matéria orgânica presente nas amostras.

Após a eliminação do material de origem orgânica foi realizada a lavagem das amostras com água destilada, por três vezes para que qualquer quantidade de H_2O_2 remanescente nas amostras fosse retirada e estas pudessem então ser encaminhadas para a granulometria.

A metodologia empregada para a eliminação de matéria orgânica é eficiente para fins de análises granulométricas e mineralógicas, porém ocorre em período prolongado de tempo, uma vez que, depende da decantação do material sedimentar e deve-se tomar cuidado para que não ocorra perda desse material durante o processo de reação, ou durante a lavagem, pois isso pode comprometer a quantificação de matéria orgânica ou mesmo influenciar nos resultados da granulometria, uma vez que somente a areia decanta rapidamente, deixando o material fino suscetível a perdas (SFRENDRECH, 2009).

5.3.1.2 Para quantificação

A eliminação da matéria orgânica para quantificação foi realizada por meio da queima deste material, em uma mufla. Foi utilizado pouco mais de 5 g de cada amostra que foram acondicionados em cadinhos de porcelana, previamente identificados e, posteriormente, submetidos à ação da mufla a uma temperatura de 100 °C durante uma hora, para que fosse eliminada a umidade presente nas amostras, para que o valor desta não se confundisse com o de matéria orgânica que seria posteriormente eliminada.

Posteriormente foi realizada a pesagem do material em balança de precisão, onde foram separados 5g de cada amostra, já secas e prontas para a eliminação de matéria orgânica.

Vale ressaltar que antes do tratamento das amostras na mufla, os cadinhos foram calcinados para devida eliminação de impurezas provenientes do ambiente laboratorial ou de tratamentos anteriores, essa calcinação se deu com a submissão dos cadinhos a 700 °C por uma hora e o seu resfriamento, assim como o transporte do material seco até a balança, foi realizado em um dessecador com sílica em seu interior para evitar que cadinhos e amostras absorvessem umidade do ambiente.

A última etapa deste processo foi levar mais uma vez o material à mufla, desta vez a 550 °C durante quatro horas para que ocorressem a queima e eliminação da matéria orgânica presente neste. Feito isso, o material foi resfriado novamente em dessecador e novamente pesado para que se fizesse notar a quantidade de material eliminado, que seria então equivalente à quantidade total de matéria orgânica anteriormente presente na amostra.

Figura 4–Fluxograma de processamento das amostras



5.3.2 Granulometria a laser.

Após a eliminação de matéria orgânica, foram separados 5g de cada amostra para a realização da análise granulométrica a laser, foram adicionados 10 ml de água destilada e 2 ml de pirofosfato de sódio ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) que atua como dispersante para evitar a floculação dos grãos, e deve agir por, pelo menos, 24 horas.

Para essa análise foi utilizado o granulômetro ANALYSETTE 22/FRITSCH, do LAMIGA (Laboratório de Mineralogia Geoquímica e Aplicações) do Museu de Geociências da UFPA. O software do equipamento gera uma tabela onde estão contidas as informações granulométricas da amostra.

A cada leitura o aparelho passou pelo processo de limpeza, realizado pelo programa, e é preparado para uma nova leitura. Os resultados foram plotados em uma planilha do Microsoft Office Excel e transportados para o programa Sysgran para serem processados.

5.3.3 Batimetria

5.3.3.1 Mapa batimétrico

A partir das cartas náuticas 303, 304, 315 e 316 da DHN – Diretoria de Hidrografia e Navegação, foram digitalizados os dados de profundidade ao longo de toda a área de estudo, utilizando o software Surfer versão 9. Após obtenção de todos esses dados o mapa batimétrico foi gerado, possibilitando assim um maior detalhamento das regiões, uma vez que nas cartas náuticas tem-se apenas as isóbatas de 0, 5, 10, 20 e 50 metros e entre elas os valores intermediários não se encontram representados cartograficamente.

O mapa produzido permite uma visualização bem mais detalhada, além de ter sido gerada também uma versão tridimensional (bloco-diagrama) o que possibilitou ainda a visualização da morfologia e das diversas feições existentes ao longo de toda a região.

5.3.3.2 Perfis batimétricos

Após a confecção do mapa da batimetria local, foram confeccionados 10 perfis ao longo da baía de Marajó e do rio Pará, disposto de maneira oblíqua ao centro do canal e pretendendo alcançar o máximo de feições possíveis para que estas pudessem ser observadas individualmente. A digitalização dos dados sempre se dava do lado esquerdo para o direito (do ponto X ao ponto X').

5.3.4 Elaboração das Cartas de distribuição

O método de interpolação de krigagem para criação de cartas de distribuição espacial das classes granulométricas mostra-se eficiente e bastante representativo, como foi demonstrado ao ser utilizado por Lamour et al (2004), Veronez et al (2009), Dias 2003 e Bulhões & Estrada (2011) em diversas regiões.

Os dados foram agrupados em planilhas e ordenados por colunas da seguinte forma: X (latitude), Y (longitude) e Z (classificação de acordo com o parâmetro analisado), posteriormente foram devidamente organizados em arquivos no formato Excel (.xls) e Surfer 9.0 (dat). A partir das coordenadas geográficas dos pontos de coleta, e dos valores assumidos pela variável Z nesses pontos, foi gerado o mapa de distribuição espacial desta, mediante a utilização do algoritmo de interpolação de krigagem do software Surfer 9.0.

6 RESULTADOS

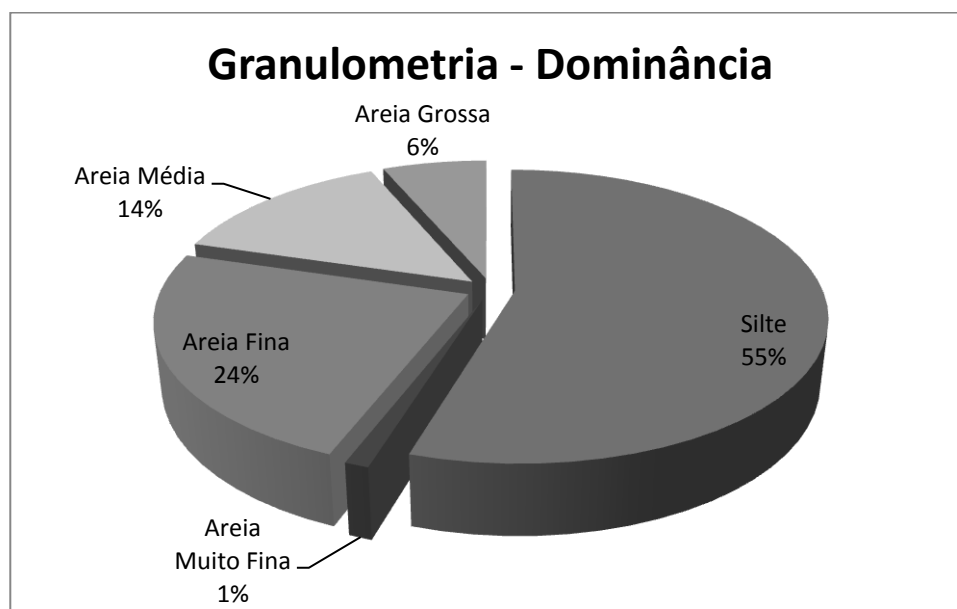
6.1 ANÁLISE TEXTURAL

6.1.1 Granulometria – método de Wentworth

A partir de uma descrição visual feita inicialmente, pode-se notar que as amostras onde predominavam as frações de areia eram mais numerosas que as de lama na região do canal do Quiriri. Tal fato foi comprovado após a realização da granulometria a laser que evidenciou que as amostras eram em sua maioria compostas por Areia Fina ou Areia Muito Fina classificadas de acordo com a escala de Wentworth (1922), os dados obtidos pelo granulômetro ANALYSETTE 22/FRITSH, foram todos analisados de acordo com estas classificações, onde entre uma fração e outra a variância de tamanho é de um ϕ (phi).

Já na porção interior do rio Pará a predominância foi de sedimentos mais finos e lamosos, silte e argila, e areia fina, isto se deve ao fato de esta região ser uma zona de confluência de água oriundas da Baía das Bocas e do baixo rio Tocantins que se projetam em direção ao Rio Pará (AB'SABER 2010). No total de amostras a predominância foi da fração Silte, como pode ser observado na figura 5.

Figura 5 – Gráfico em pizza das frações granulométricas predominantes de acordo com o método de Wentworth

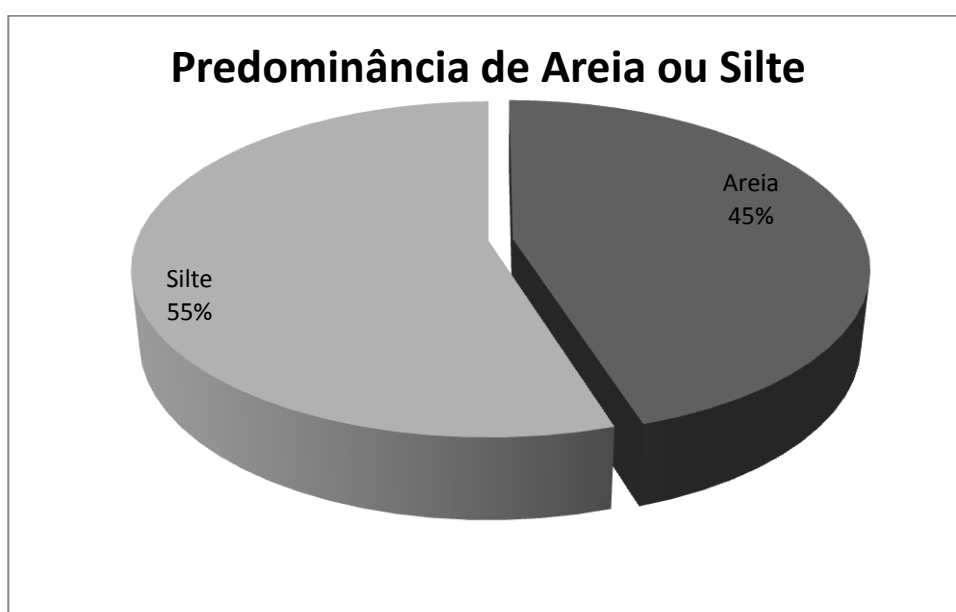


Entre a areia total e a lama, representada nos resultados pela dominância da fração silte acompanhada, na maioria dos casos pela codominância de argila, as amostras demonstraram

ser compostas em sua maioria por lama, onde foi observada a dominância do silte em 51 das 93 amostras de acordo com a ilustração da figura 6.

A carta de distribuição granulométrica das frações dominantes (figura 8) mostra que na região do Quiriri a Areia Muito Fina predominou apesar de haver uma região em que a presença do Silte foi mais significativa, além da presença de frações mais grossas como Areia Média e Areia Grossa, isto se deve ao fato de esta região apresentar intensa hidrodinâmica, por ser a desembocadura do rio Pará.

Figura 6– Predominância de Silte ou Areia nas Amostras



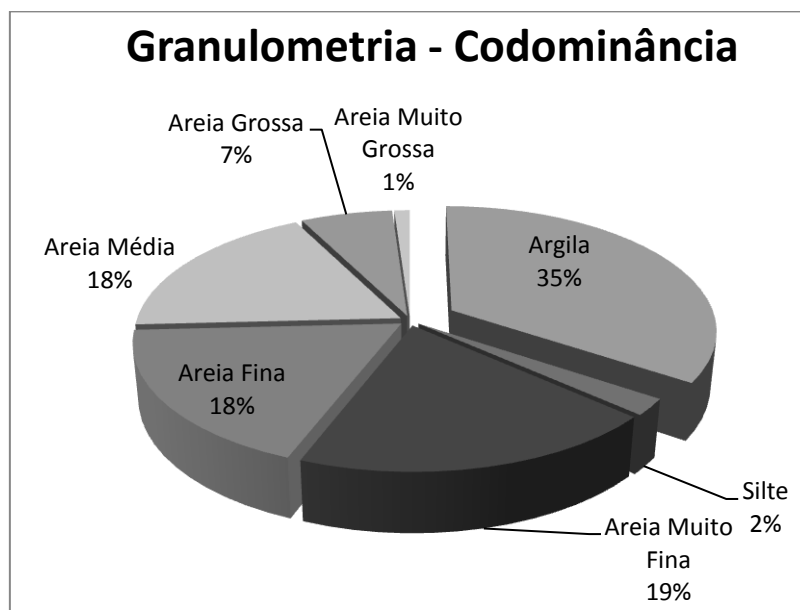
Mais adentro, no médio curso do rio Pará, observamos que a presença do silte se acentua e este passa a predominar, havendo uma área de concentração desta predominância na porção central do rio, margeada por locais onde a predominância é de areia muito fina, há também algumas áreas onde se pode observar areia média e grossa.

Também foi confeccionada uma carta de codominância dos sedimentos de fundo, uma vez que a representatividade de determinadas frações em algumas amostras era muito semelhante, onde uma delas prevalecia por uma pequena diferença quantitativa, para que estas frações secundárias fossem também observadas confeccionou-se então, uma nova carta, de acordo com os resultados demonstrados no gráfico da figura 7.

A fração mais observada, no gráfico de codominância, como pode ser observado na figura 9, é de argila, ocorrendo principalmente quando a fração predominante era silte, como

demonstrado na carta. Porém também há presença significativa de areia muito fina, areia fina e areia média. Na região do canal do Quiriri a areia muito fina situa-se na região onde o silte foi predominante, e nas áreas onde esta foi predominante encontram-se as frações mais grossas de areia. Este último evento também pode ser observado nas amostras mais adentro do Rio Pará.

Figura 7 – Gráfico em pizza das frações granulométricas codominantes



Houve também a geração de uma carta evidenciando o teor total de areia nas amostras. A classificação se deu através da quantificação do percentual de areia presente em cada amostra (figura 10). Na região central do rio Pará está localizada a área com menor teor de areia, na faixa de 0% a 20%, o que torna evidente uma região onde a hidrodinâmica seria mais branda possibilitando a deposição desse material com menor presença de sedimentos mais grossos. Essa região estaria portanto, localizada em uma área central da Baía de Marajó, abrigada das diversas contribuições oriundas tanto da Baía de Guajará, quanto do rio Tocantins ou mesmo do Estreito de Breves, todos esses importantes corpos hidrográficos que deságuam na região podendo formar regiões de maior turbulência.

Consequentemente, percebe-se o aumento da percentagem de areia presente na amostra, quanto maior é a distância a partir do centro do canal, chegando por volta dos 80% próximo às margens e na Coroa do Quiriri, região onde o aporte sedimentar é tão intenso que pode chegar a ficar emersa durante alguns períodos.

Figura 8 – Carta de distribuição granulométrica das frações dominantes de acordo com o método de Wentworth

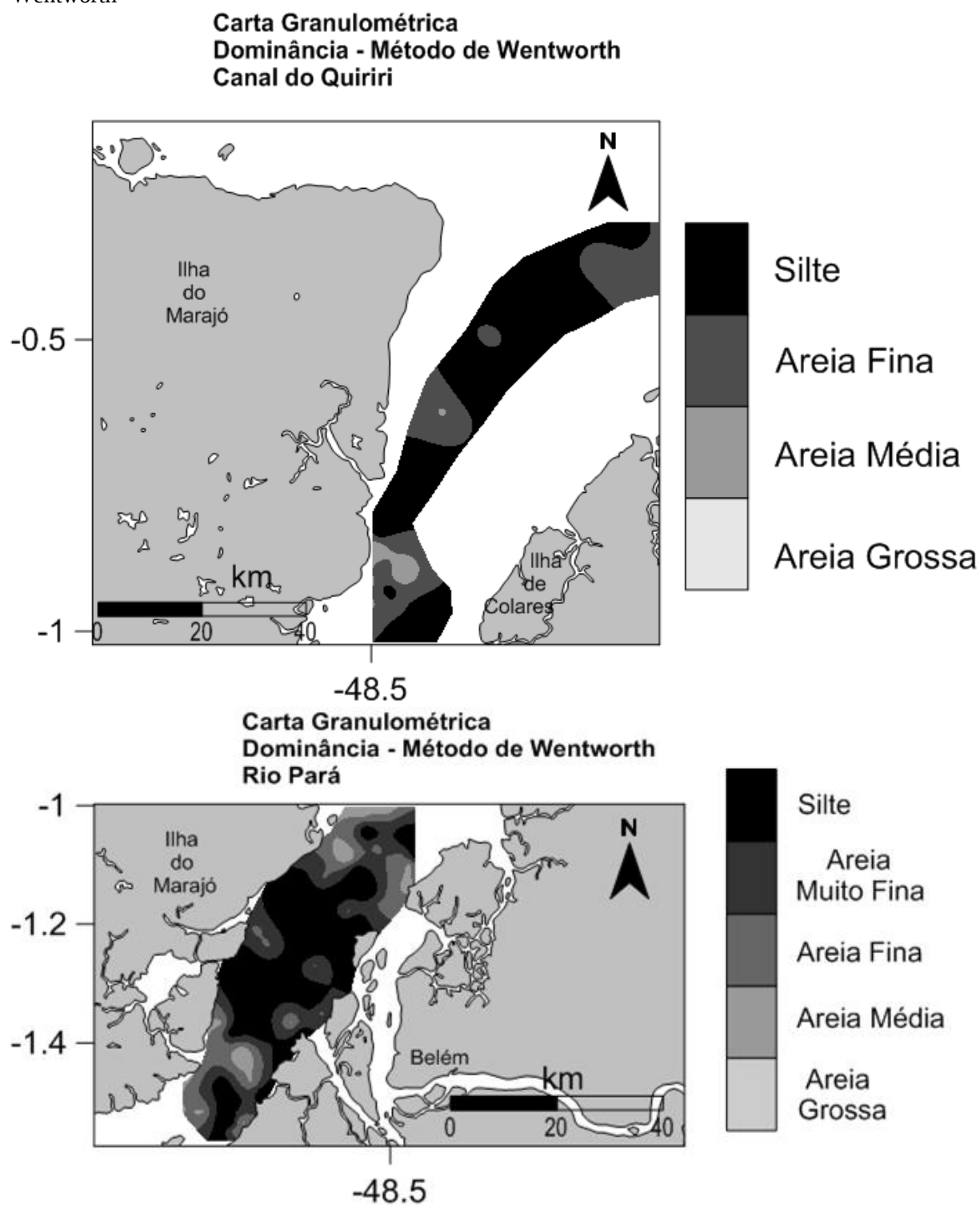


Figura 9 – Carta de distribuição granulométrica das frações codominantes classificadas de acordo com o método de Wentworth

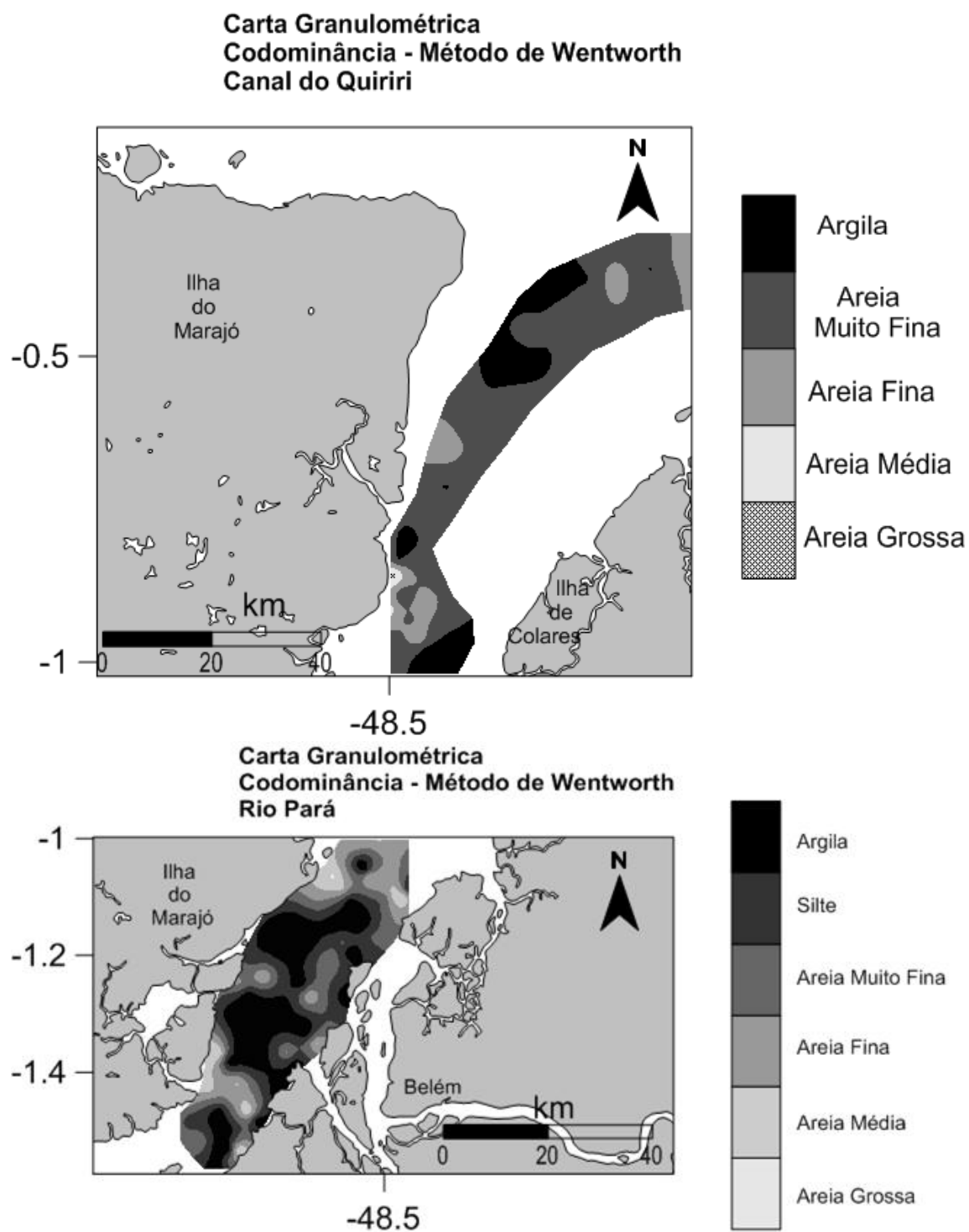
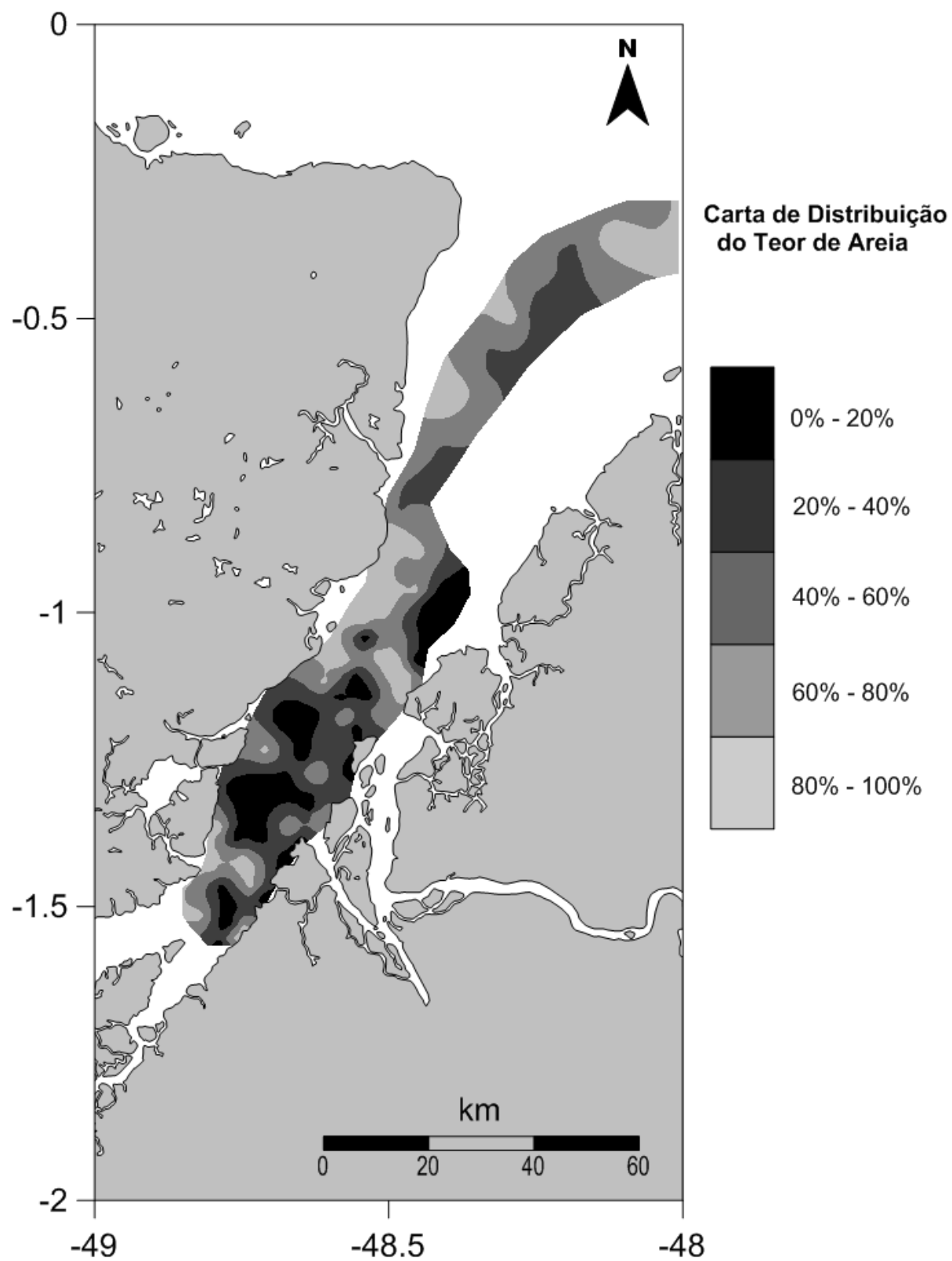


Figura 10 – Carta de distribuição do teor de areia total presente nas amostras.



6.1.2 Método de Shepard

A classificação proposta por Shepard (1954) agrupa os grãos em 12 classificações conforme está listado na figura 11, onde estão distribuídas em um diagrama triangular em que as amostras se localizam de acordo com sua percentagem de areia, silte e argila, entre as quais são estabelecidas diversas outras classificações. Para a obtenção dos resultados os dados obtidos através da granulometria a laser foram processados no software Sysgran 3.0, desenvolvido por Camargo (1999), que classificou as amostras de acordo com o cálculo de Folk & Ward (1957).

De acordo com resultados obtidos, a classificação predominante em 40 das 93 amostras foi areia, totalizando 44% do espaço amostral, seguido por uma fração bem mais fina de silte argiloso em 29% das amostras. Isso é devido ao fato desta classificação não subdividir a fração areia em diversas outras o que permite o agrupamento destas em uma fração maior e que, nesta classificação se torna mais significativa (figura 12).

Além destes que foram os valores mais significativos também foram observadas amostras classificadas como areia siltica (14%), silte arenoso (9%) e silte (4%) porém em menor expressividade.

O mapa gerado a partir da interpolação dos resultados obtidos mostrou que os resultados condizem com os obtidos a partir da classificação de Wentworth (1922), uma vez que as a região central do Rio Pará, abriga a fração fina de sedimento, classificada como silte argiloso e mais próximo à margem estão localizadas as amostras com predominância de areia (figura 14).

Na região do canal, predominaram as frações de areia na região mais externa, e próxima à costa leste do Marajó e ao sul e próximo ao nordeste do Pará localiza-se uma região caracterizada pela presença de areia siltica.

Figura 11 – Diagrama de Shepard para classificação textural, com todos os pontos inseridos em suas respectivas convenções.

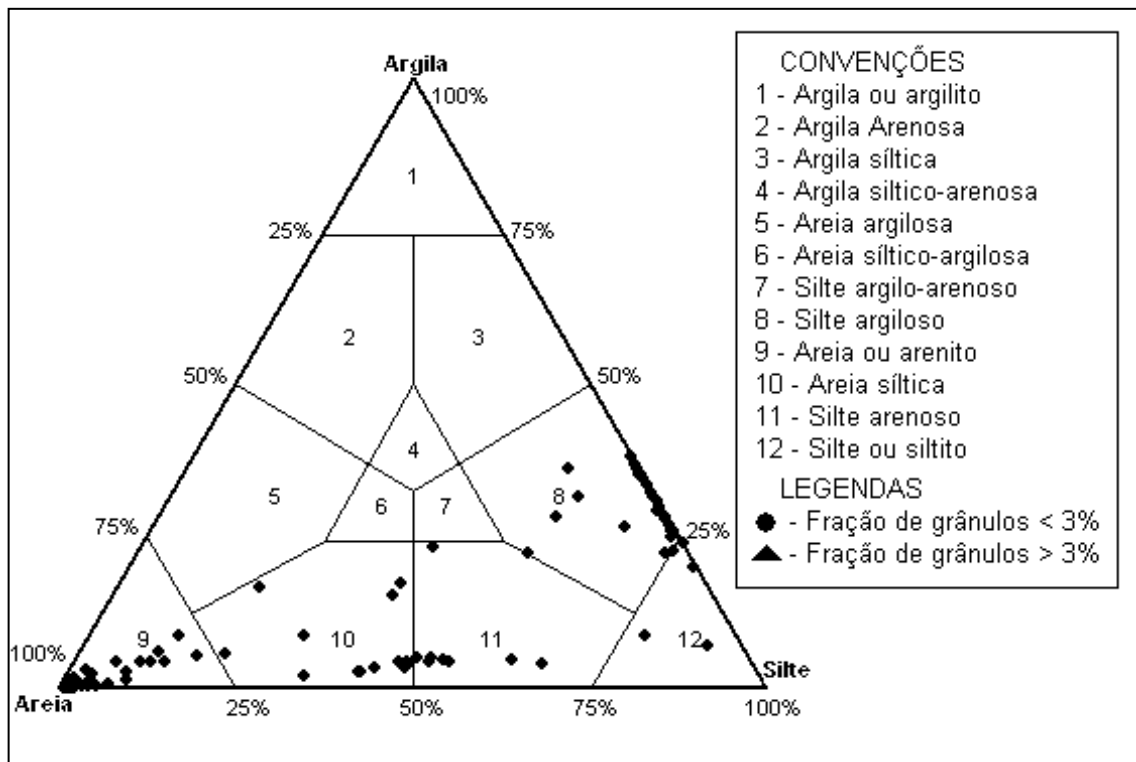
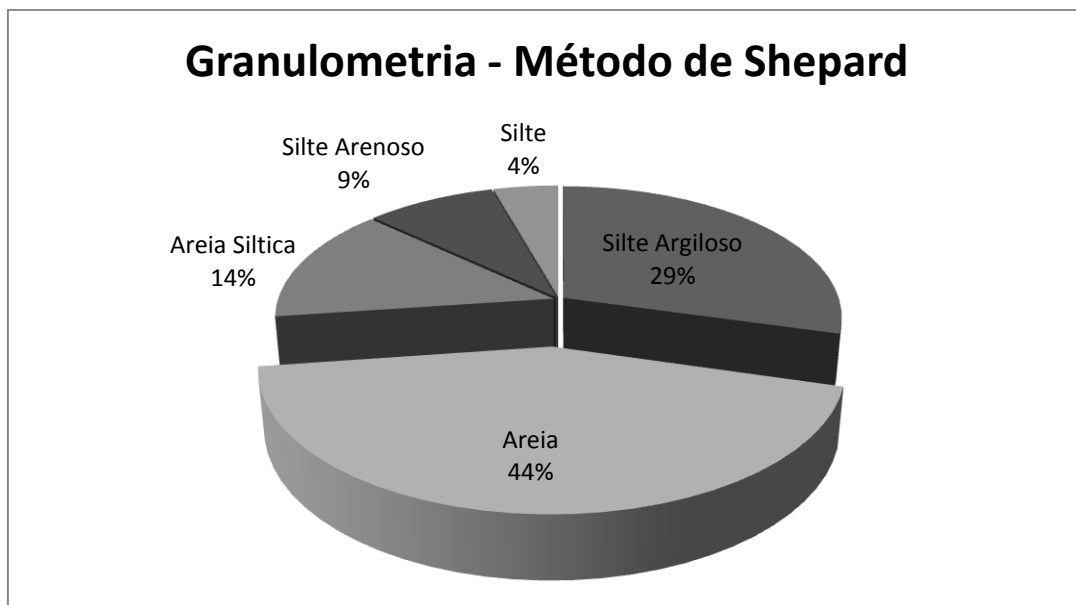


Figura 12 – Gráfico em pizza das classificações texturais de acordo com os resultados obtidos no diagrama de Shepard.



6.1.3 Cálculo de Folk & Ward

Folk & Ward (1957) e Folk (1954) classificam os sedimentos de acordo com sua análise textural em diversos rótulos e em dois diagramas triangulares, um para as frações mais grossas e outro para frações finas, porém seu cálculo realizado a partir do software Sysgran, pode ser utilizado para obter os resultados de acordo com as classificações mais disseminadas na comunidade acadêmica, são elas: silte, argila e areia. É a partir deste contexto que foram classificadas as amostras deste trabalho, onde a análise do diâmetro médio dos sedimentos presentes em cada amostra ofereceu resultados que puderam ser classificados dentro de um intervalo entre a fração de argila grossa até um material mais grosseiro, neste trabalho, representado pela areia média.

As amostras apresentaram certo grau de equilíbrio, do total de 93 amostras 22 delas demonstraram ser classificadas como argila grossa, enquanto que outras 21 foram incluídas na classificação de areia muito fina, em 16 amostras predominou a fração silte médio e em 13 amostras a areia fina. Houveram ainda amostras classificadas como silte fino, silte muito fino e areia média, sendo a menos representativa, predominando em 4 das amostras, como pode ser observado na figura 13.

De acordo com a carta que foi gerada a partir destes resultados, é possível observar que mais ao sul da área de trabalho, em sua porção central localizam-se os sedimentos mais finos, classificados como argila grossa e sedimentos mais grossos conforme aumenta a proximidade com as margens, onde as amostras apresentaram resultados que passaram pela fração silte, chegando inclusive à areia média em alguns pontos (figura 15).

Já na região próxima ao canal do Quiriri, ao norte da área de estudo estão as amostras com sedimentos classificados entre os intervalos de silte fino e areia fina, porém de acordo com Corrêa (2005) a parte norte do estuário é caracterizada pela predominância de argila (30% - 50%).

Figura 13 - Gráfico em pizza das classificações texturais de acordo com o método de Folk & Ward.

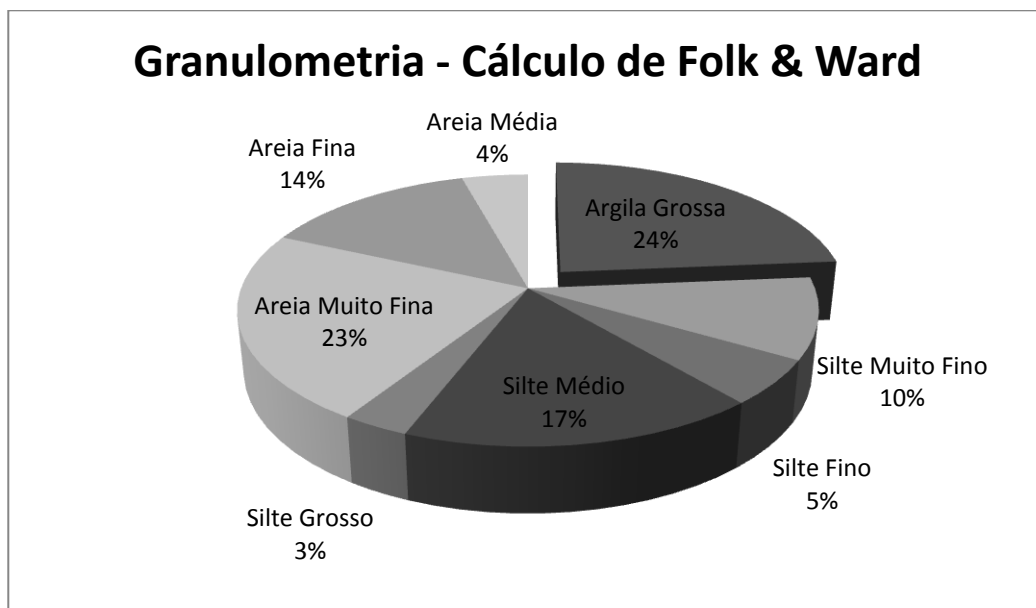


Figura 14 – Carta de distribuição granulométrica de acordo com o método de Shepard.

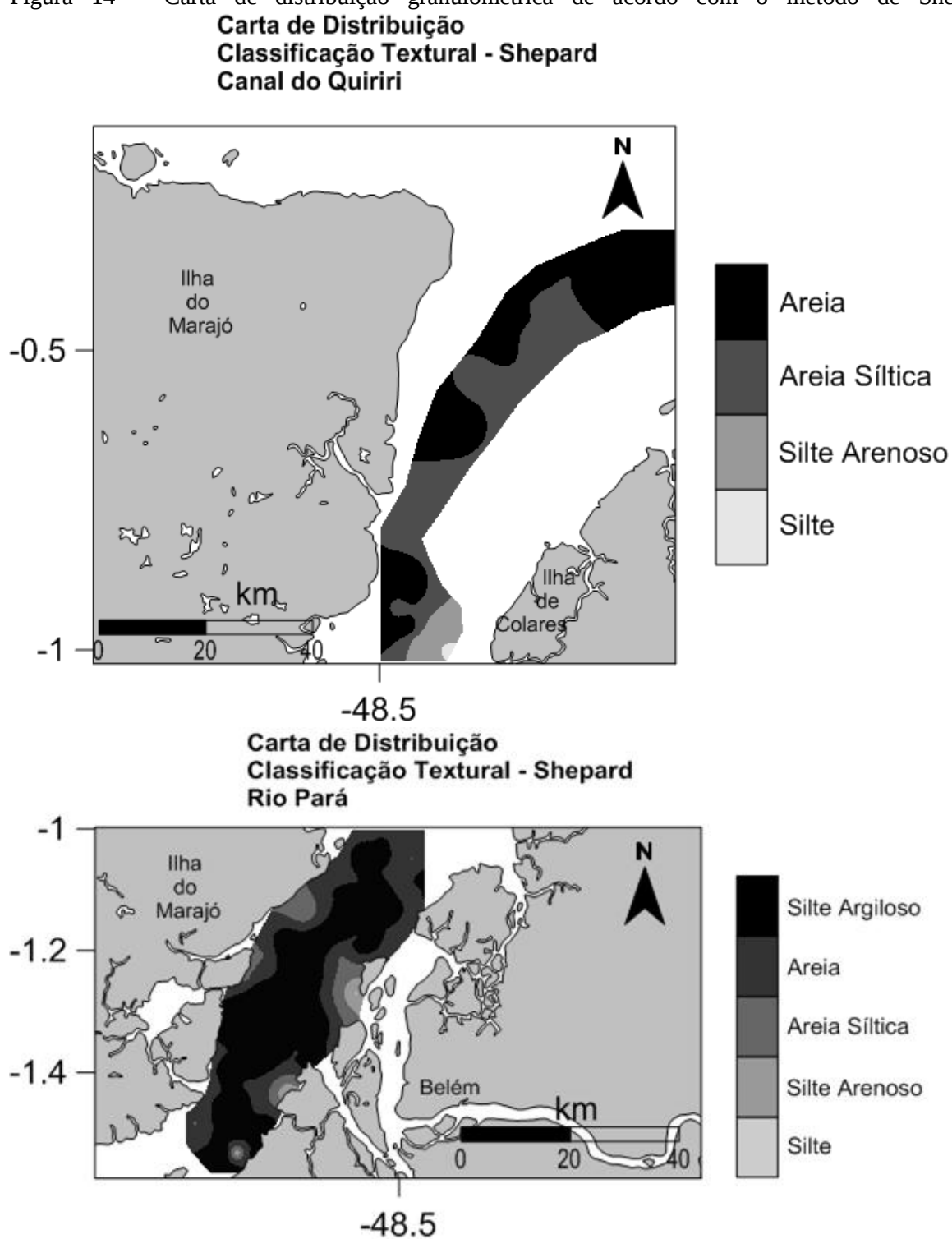
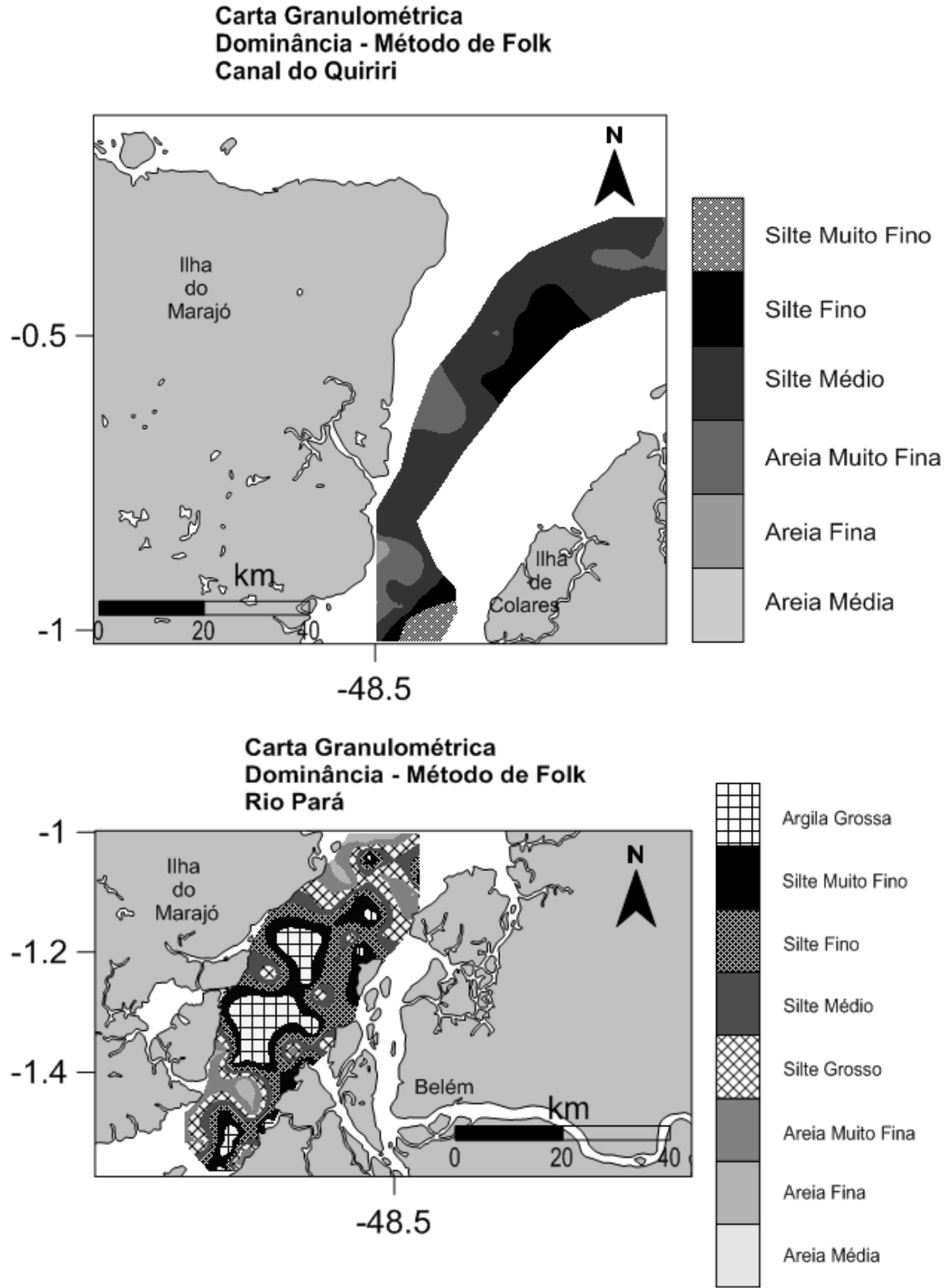


Figura 15 – Carta de distribuição granulométrica de acordo com o método de Folk & Ward



6.1.4 Assimetria

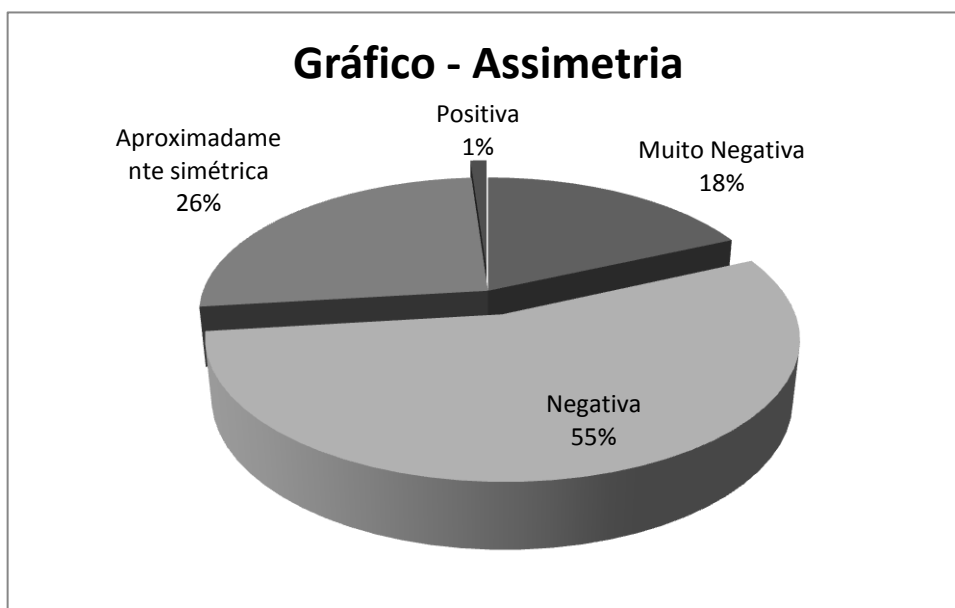
A assimetria negativa predominou na grande maioria das amostras, aparecendo em 51 das 93 amostras, enquanto a muito negativa apareceu em 17 amostras e 24 foram classificadas como aproximadamente simétrica. Apenas uma amostra mostrou resultado positivo para assimetria (figura 16).

Estes dados não corroboram com aqueles obtidos por Corrêa (2005), que afirma que os sedimentos que recobrem a foz são constituídos por areia fina, com assimetria variando de simétrica a assimétrica positiva.

As amostras assimétricas estão amplamente distribuídas, podendo ser encontradas ao longo de toda a área de estudo, intercaladas em alguns pontos por simetria muito negativa ou aproximadamente simétrica, o que destoa dos resultados esperados, uma vez que assimetria negativa caracteriza predominância de sedimentos grosseiros, e em algumas regiões onde a predominância é de argila os resultados para assimetria continuaram sendo muito negativos, onde seriam esperados resultados tendendo para a assimetria positiva (figura 18).

Porém estes resultados podem estar associados à dinâmica sedimentar da região, onde nas áreas de assimetria negativa estaria ocorrendo a remoção dos sedimentos, devido à alta hidrodinâmica da região.

Figura 16 - Gráfico em pizza das classificações da assimetria das amostras



6.1.5 Curtose

Nos resultados para a curtose, registrou-se um balanço entre as amostras classificadas como Mesocúrtica e Platicúrtica, onde a primeira ocorreu em 36% do número total de amostras e a segunda com 42%, também foram registradas amostras classificadas como Leptocúrtica (10%) e muito leptocúrtica (12%) tais fatos podem ser observados no gráfico da figura 17.

Quanto a sua distribuição, as amostras mesocúrticas se dispõem ao longo de quase toda a região, salpicadas por alguns pontos onde a curtose apresentou-se platicúrtica e em alguns poucos pontos e com distribuição bastante restrita estão as amostras leptocúrticas e muito leptocúrticas (figura 19).

A presença da curtose platicúrtica parece estar associadas a sedimentos mais finos, porém para qualquer uma das quatro classificações é bastante difícil estabelecer um padrão ou realizar ligações com outros parâmetros da região.

Figura 17 – Gráfico em pizza das classificações da curtose nas amostras

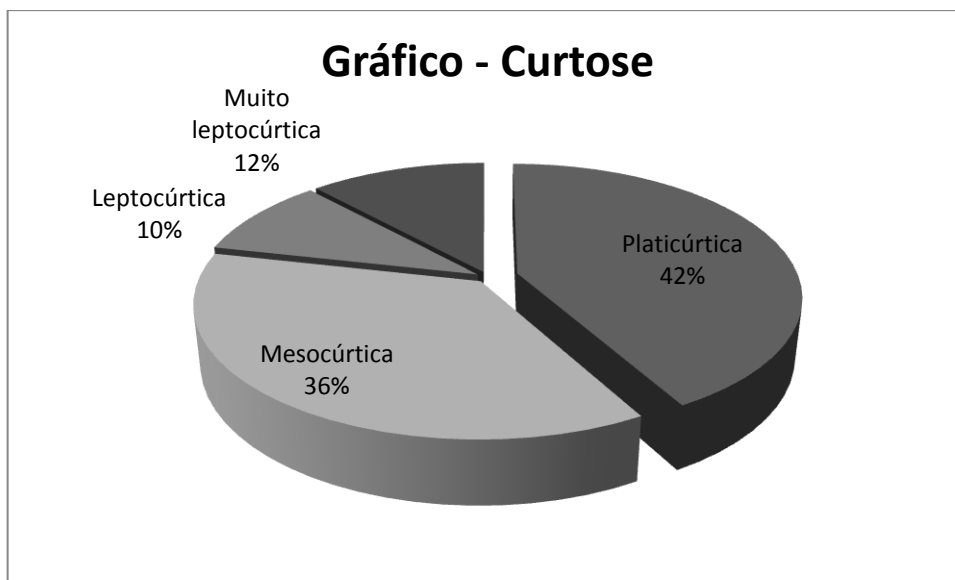


Figura 18 – Carta de distribuição espacial dos valores de assimetria

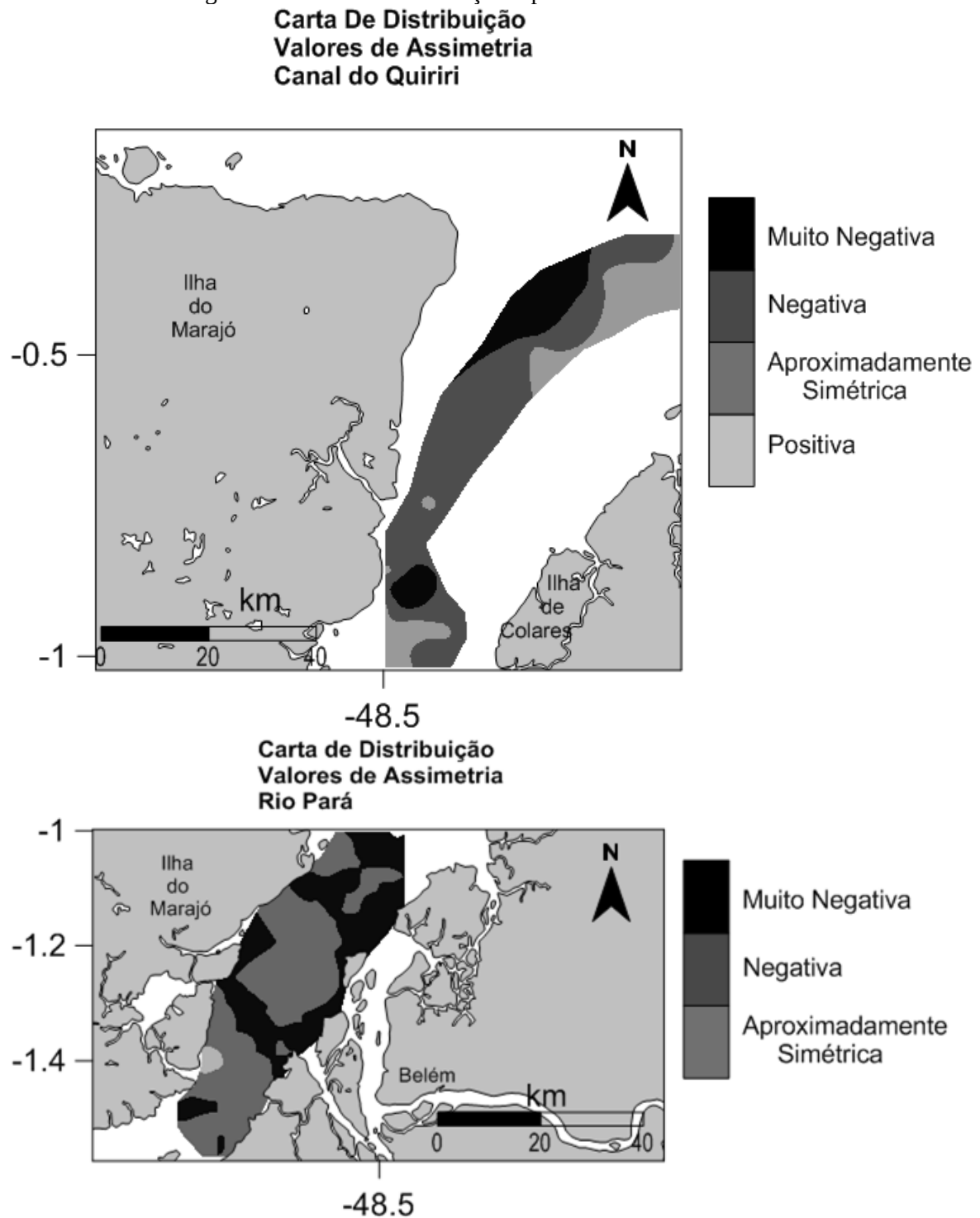
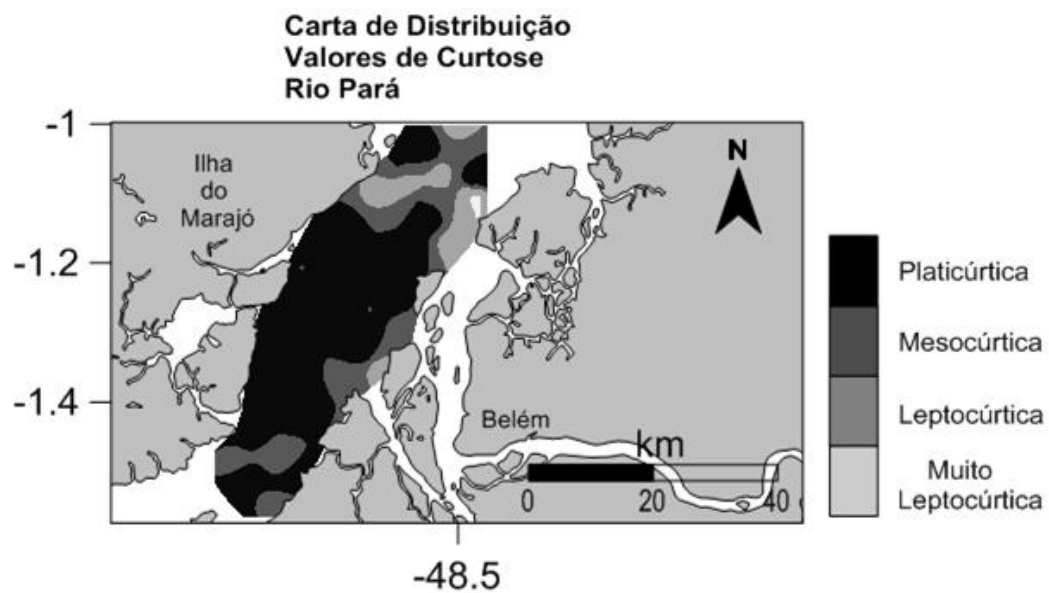
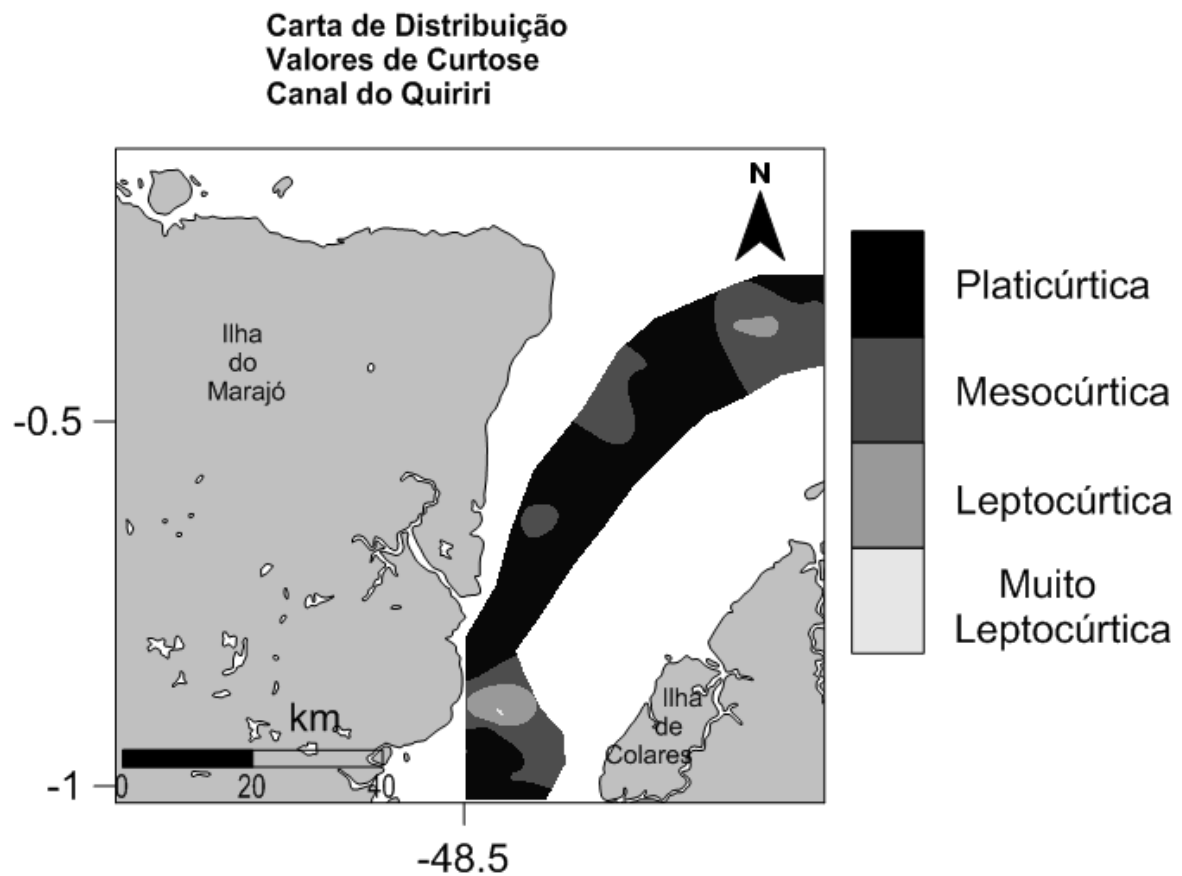


Figura 19 – Carta de distribuição espacial dos valores de curtose



6.2 HIDRODINÂMICA

Corrêa (2005) descreveu a hidrodinâmica da região a partir do Diagrama de Pejrup e concluiu que este método se mostrou extremamente eficiente para estudos dessa natureza na região estuarina da Baía do Marajó.

A partir do Diagrama de Pejrup (1988), ilustrado na figura 20, foi inferida a hidrodinâmica da área, obtendo-se valores de hidrodinâmica alta a muito alta, observando-se que as amostras de sedimentos mais finos, onde o percentual de areia é menor, estão, em sua maioria, localizadas na área de hidrodinâmica alta, já as amostras com maiores teores de areia predominam em regiões de hidrodinâmica muito alta. A quantidade total de amostras e suas classificações estão ilustradas no gráfico da figura 21.

Também foi montada uma carta de distribuição da hidrodinâmica (figura 23), onde se pode notar que esta é maior na região do canal do Quiriri, e que a região de predominância do Silte mostrada no mapa de distribuição é justamente onde a hidrodinâmica é menos acentuada, e ao longo da região mais ao sul da área de estudo pode-se observar com facilidade que os pontos que apresentaram sedimentos mais finos estão justamente localizados em áreas de hidrodinâmica alta.

Figura 20 – Pontos de amostragem plotados no diagrama de Pejrup.

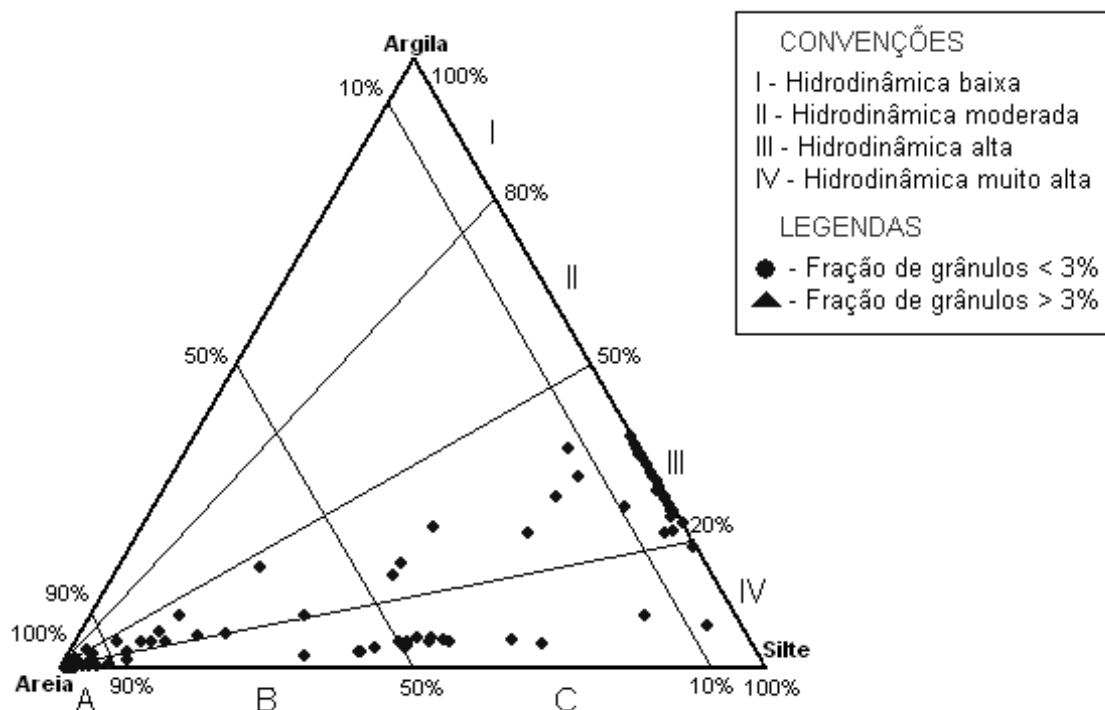
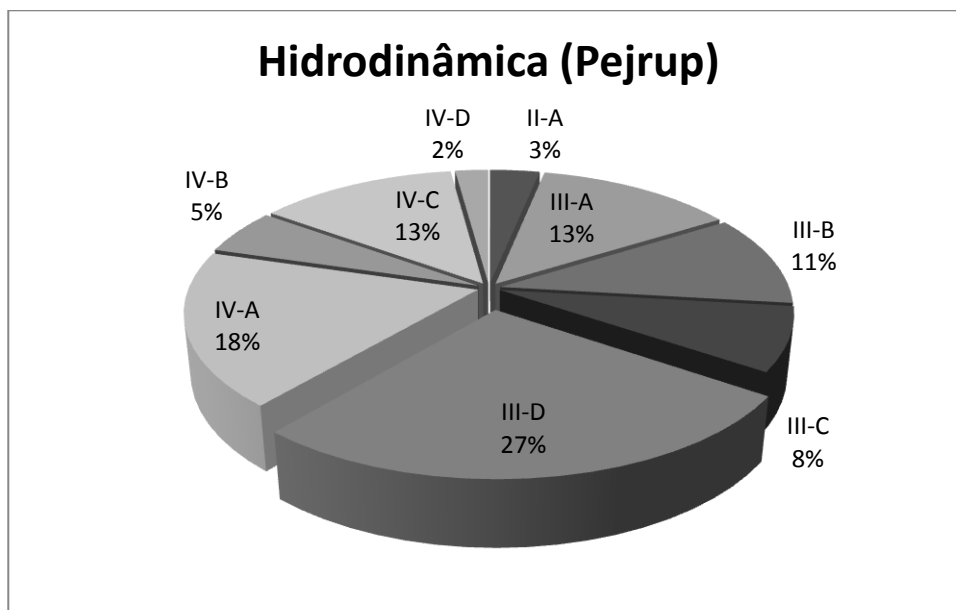


Figura 21 – Gráfico em pizza do resultados obtidos da hidrodinâmica através do diagrama de Pejrup



6.3 MATÉRIA ORGÂNICA

Quanto ao teor de matéria orgânica presente nos sedimentos de fundo, este não foi tão elevado, apesar do pico de 13,2% a maioria das amostras se enquadrou na faixa do 0% a 2%, como demonstrado na figura 22.

A distribuição espacial do teor de matéria orgânica foi demonstrada a partir da geração de uma carta, ilustrada na figura 24.

Figura 22 – Gráfico em pizza do teor de matéria orgânica das amostras

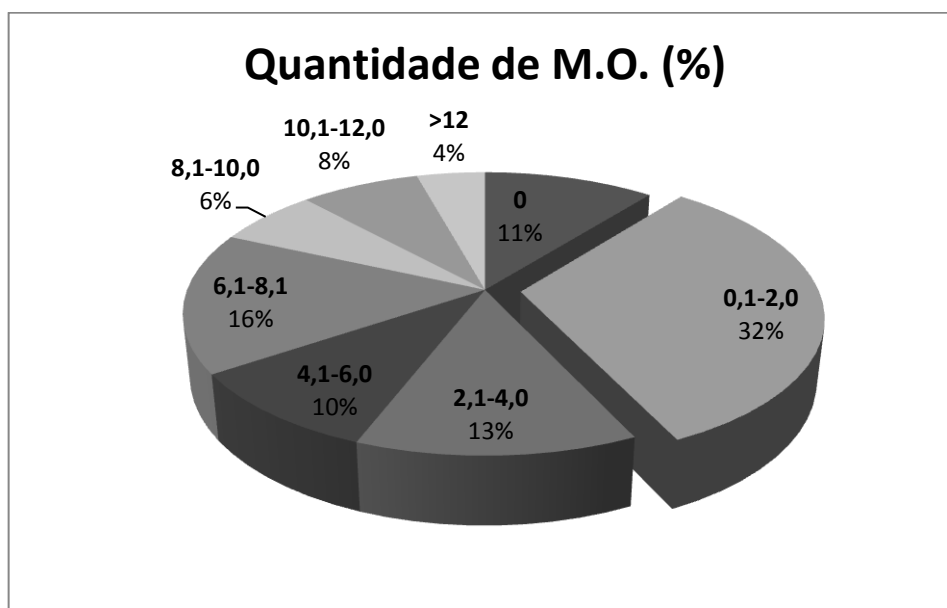


Figura 23 – Carta de distribuição espacial da classificação hidrodinâmica inferida pelo diagrama de Pejrup

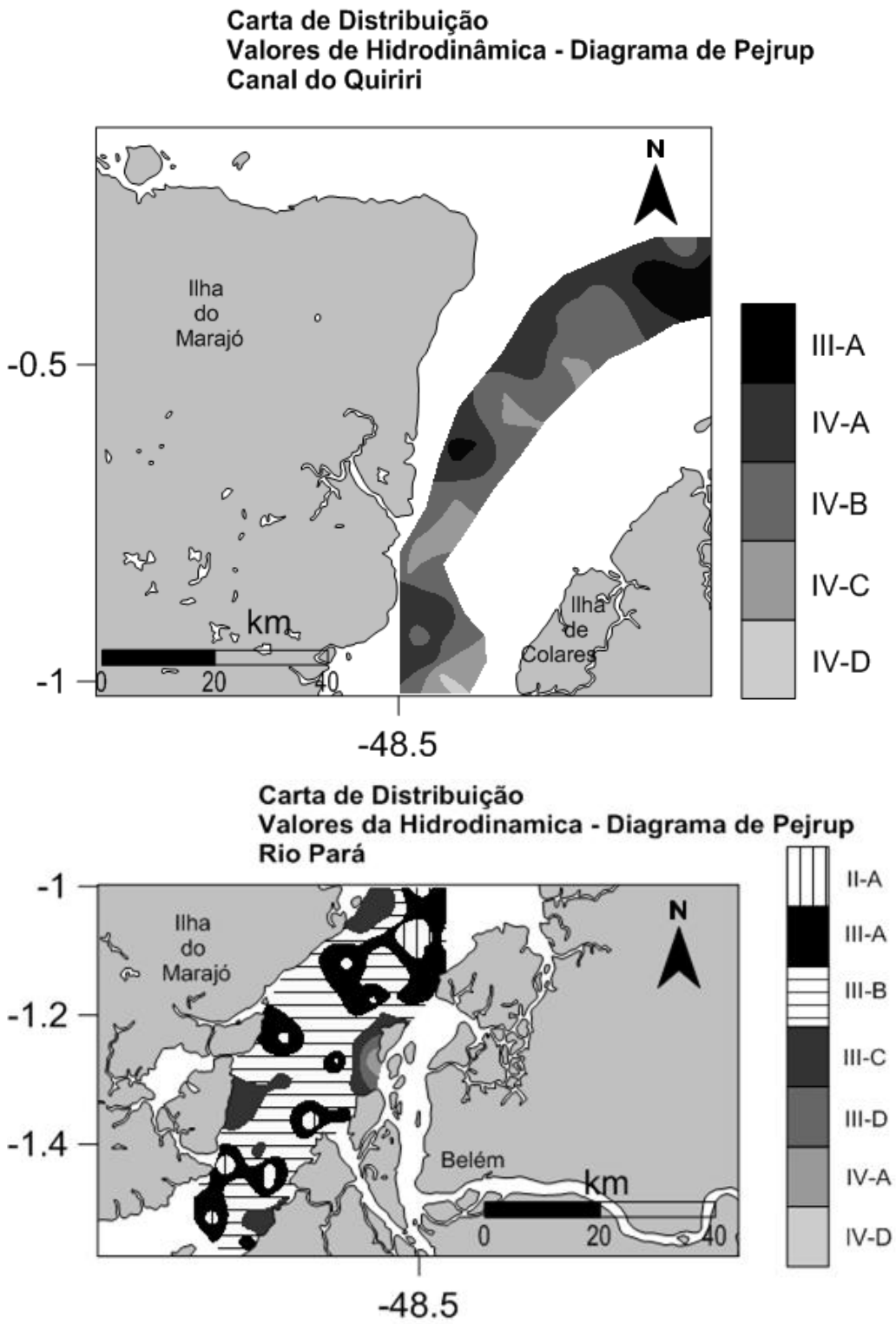
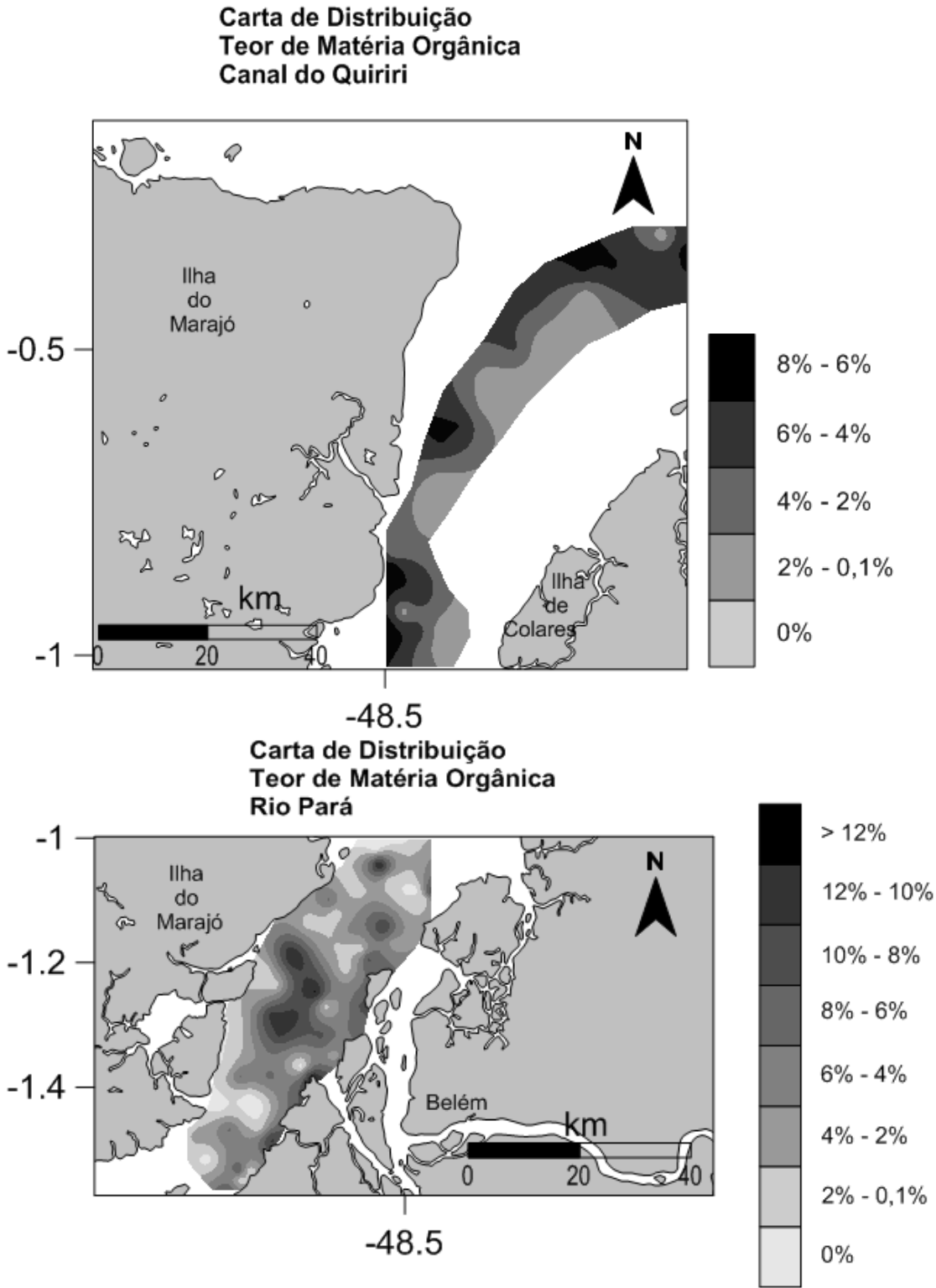


Figura 24 – Carta de distribuição do teor de matéria orgânica



6.4 BATIMETRIA

6.4.1 Mapa batimétrico

Um mapa da morfologia de fundo da área de estudo foi gerado a partir de dados obtidos na carta náutica da DHN (figura 13), onde a interpolação se mostrou muito eficiente na visualização das feições da área, evidenciando muito canais e bancos conhecidos na região, como o canal estudado, o canal do Quiriri, um dos maiores do local, chegando a ter uma coroa emersa tamanho é o aporte de sedimento, além do Banco do Cambu, Coroa Grande e Coroa da Muriçoca. A carta evidenciou também o canal, localizado na região mais central do rio, além dos pontos de maiores profundidades localizados na altura de Barcarena.

Para que a visualização fosse ainda mais facilitada foi gerada também bloco-diagrama, onde a morfologia se apresenta de uma forma mais realista dando uma dimensão maior de como seriam as feições na realidade (figura 24).

A região da desembocadura do rio Pará, onde se observa uma profundidade pequena, é a região de mais alta hidrodinâmica e também onde há predominância de sedimentos mais grossos (areia), já os sedimentos finos predominam, principalmente nas regiões mais profundas.

6.4.2 Perfis batimétricos

Foram elaborados dez perfis, dispostos de acordo com o mapa da figura 26, todos os perfis foram digitalizados a partir do lado esquerdo e as feições morfológicas puderam ser observadas e descritas, cada perfil foi analisado individualmente:

Figura 25 – Carta batimétrica, acima uma imagem bidimensional evidenciando os valores de profundidade e abaixo uma imagem tridimensional evidenciando a morfologia.

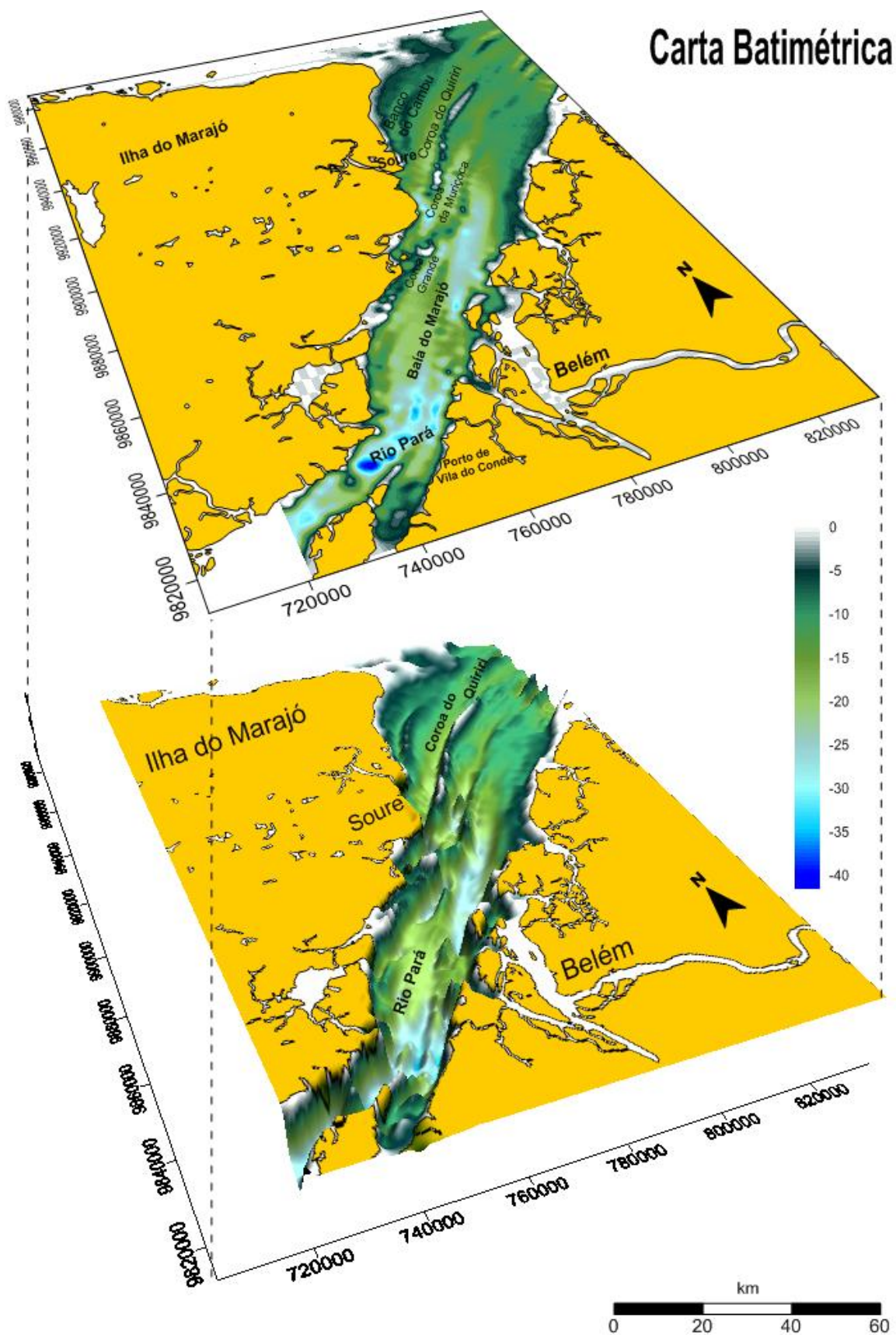
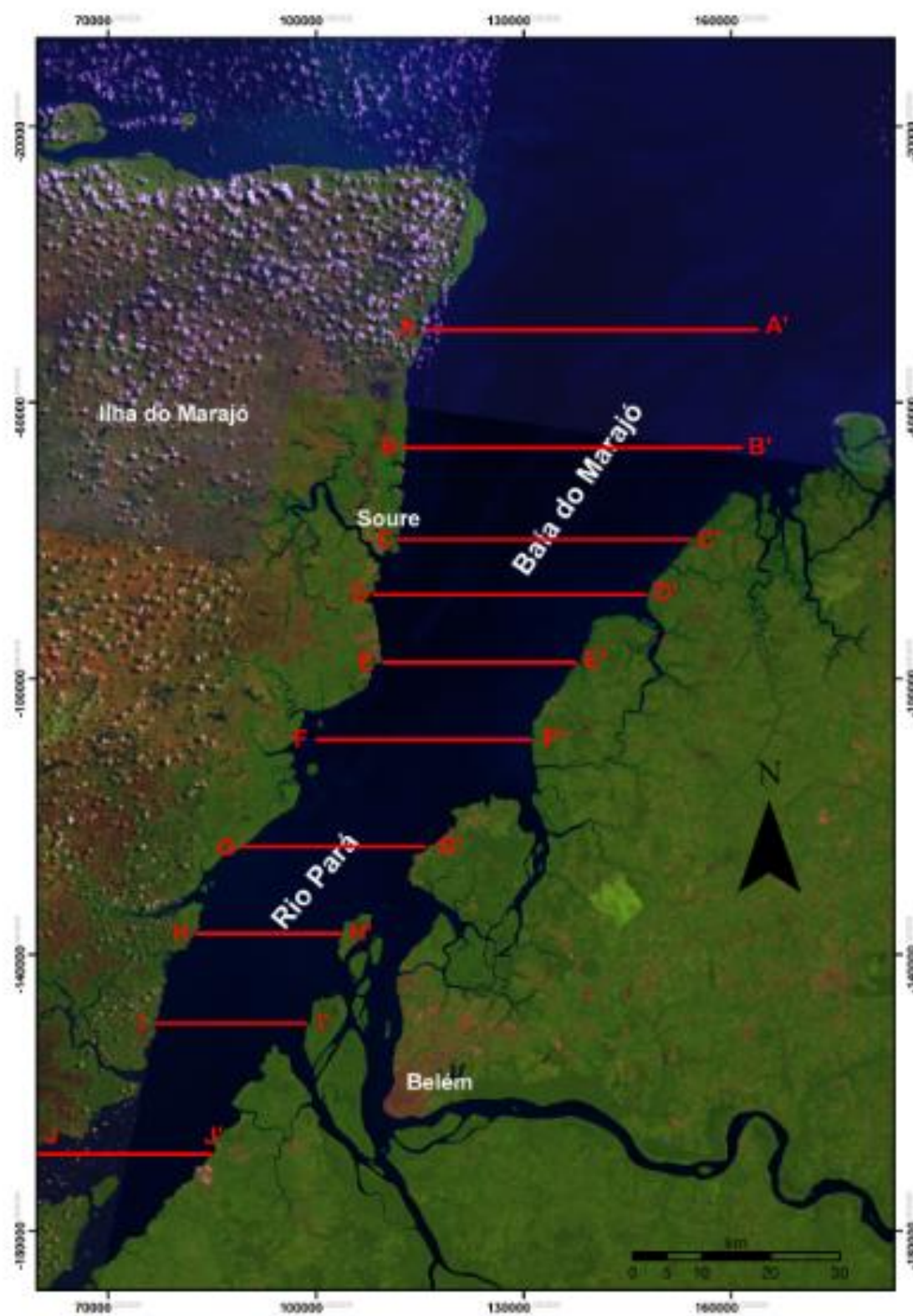


Figura 26 – Localização dos perfis batimétricos na área de estudo.



- **PERFIL A – A’:** Possui aproximadamente 49 quilômetros de extensão, sendo este o perfil mais longo dentre todos, pois está localizado na região mais larga do canal, a área mais próxima da desembocadura para o oceano Atlântico. Logo no início do perfil, próximo à costa leste da Ilha de Marajó está localizado o Canal do Siri, apresentando por volta de 8 metros de profundidade, ao lado dele um canal mais profundo, alcançando os 10 metros, seguido de um banco que diminui a profundidade para 7 metros, ambos sem nome. Um dos pontos mais profundo alcançados no perfil está localizado a oeste da Coroa do Quiriri, alcançando 13 metros de profundidade, e um aumento brusco desta para 5 metros na Coroa do Quiriri, o que para navios de grandes calados, já pode significar zonas de perigo durante a navegação. Mais a leste estão localizados outros conhecidos bancos, são eles: o banco de São João e do Clemente, ambos com 8 metros de profundidade, aproximando-se do fim do perfil há um canal de profundidade elevada, com aproximadamente 16 metros de profundidade (figura 27).
- **PERFIL B – B’:** Este perfil tem extensão pouco menor que o perfil anterior, de 47 quilômetros, apresenta o prolongamento do Canal do Siri, porém com sua profundidade um pouco maior, aproximadamente 10m, e a leste do canal está localizado o banco do Cambu, cuja profundidade é de 5m, após o banco há um aumento gradual da profundidade até alcançar o seu valor máximo ao longo de todo esse perfil, evidenciando um canal imediatamente anterior à Coroa do Quiriri, esse canal possui 16m de profundidade e um aumento abrupto devido à feição conhecida como Coroa do Quiriri, uma região de granulometria mais grossa e de menor profundidade, por volta dos 4 – 4,5m. Após a coroa ocorre novamente um aumento gradual da profundidade, alcançando 15m e há a formação de um extenso banco, diminuindo a profundidade para 10m aproximadamente (figura 27).
- **PERFIL C – C’:** Com extensão de aproximadamente 40 quilômetros, este perfil não apresenta feições muito variadas, alcançando sua profundidade máxima logo no início do transecto, apresentando 20m e uma imediata redução da profundidade para 3 metros de profundidade, aproximadamente, evidenciando um ponto da coroa do Quiriri que em determinadas épocas do ano, pode inclusive ficar emersa, tendo sua profundidade extremamente reduzida, esta área torna-se de grande perigo para a navegação na região. Um repentino aumento na profundidade alcançando por volta dos 18m, evidenciando um novo canal, porém ainda sem um

nome conhecido, após este canal ocorre um aumento gradual da profundidade até o final do perfil (figura 28).

- PERFIL D – D': Apresentando 35km de comprimento, tem seu ponto inicial D, localizado a norte do Igarapé do Limão na costa leste da Ilha de Marajó e final no norte da Ilha de Colares em um banco conhecido com banco do Correio. Sua primeira feição é um largo canal, ocupando aproximadamente 10km de todo o transecto e com profundidade máxima de 10m, este canal é limitado a leste pela Coroa da Muriçoca, um banco bastante significativo que em seu ponto mais alto, atinge a superfície e fica emerso, após o banco citado há novamente um canal, onde foi registrada a profundidade máxima de todo o perfil, ultrapassando os 21m de profundidade, este canal é limitado por uma diminuição brusca de profundidade para 15m, aproximadamente, após a qual se observa uma diminuição gradativa até o fim do perfil, no Banco do Correio (figura 28).
- PERFIL E – E': Tem 28km de comprimento, e caracteriza-se por possuir apenas uma feição identificada ao longo de todo o transecto. Logo no início o perfil apresenta sua profundidade máxima, em frente à cidade de Joanes, onde alcança os 30m. Então diminui para 20m e mantém esse valor constante no que parece caracterizar um banco até que atinge a Coroa Seca, quase no meio do perfil, com 10m de profundidade, observa-se um novo aumento da profundidade, mais uma vez para os 20m, porém com um aumento gradual até o fim do perfil, na boca do Furo Tupinambás localizado na Ilha de Colares (figura 28).
- PERFIL F – F': Apresenta um aumento em sua extensão, em relação ao perfil anterior, pois apresenta 31km de comprimento, o perfil se inicia com uma feição que parece ser um pequeno canal, alcançando profundidades de 14m e posteriormente apresenta a Coroa Grande que, apesar de não ser o caso do ponto alcançado pelo transecto, apresenta uma grande áreas de deposição de areia emersa. Porém o ponto da Coroa grande observada neste perfil está a 5 metros de profundidade, aproximadamente, após este banco esta a Coroinha, outro ponto de baixa profundidade, onde é possível observar uma área de 7m de profundidade, entre a Coroa grande e a Coroinha localiza-se um estreito canal de 14m de profundidade, a leste da Coroinha, em um brusco aumento da profundidade está o ponto mais profundo de todo o perfil, alcançando o valor de 28 metros de profundidade, e que, posteriormente, apresenta uma diminuição quase constante da

profundidade até o final do perfil entre a Ponta do Cocal e a Ponta do Arari da Ilha de Colares (figura 29).

- PERFIL G – G': Este perfil tem 26km de extensão e logo em seu início apresenta uma região de maior profundidade, dez metros, após a qual está localizado o Baixo do Xipaiá, uma região de profundidade bem pequena, aonde uma pequena área chega a ficar emersa, após este está, o que parece ser um largo canal muito extenso, alcançando valores de 20 a 25 metros de profundidade com uma região de profundidade um pouco menor em seu centro, chegando a 15m, posteriormente ao ponto mais profundo a profundidade cai bruscamente, estabilizando-se por volta dos 6m e depois diminuindo novamente no final do perfil, na Ilha do Mosqueiro (figura 29).
- PERFIL H – H': É o perfil que possui o menor comprimento dentre todos, com apenas 20km de extensão, está localizado entre as Ilhas de Santana e de Cotijuba, a região do substrato está quase toda abaixo da isóbata dos 15m de profundidade, com exceção dos pontos final e inicial e suas proximidades e de um banco não identificado, localizado próximo à Ilha de Cotijuba e que possui por volta de 8m de profundidade. Sua profundidade máxima está por volta dos 23m em um ponto próximo ao início do transecto (figura 29).
- PERFIL I – I': Localizado entre as Ilhas de Marajó e de Arapiranga, o perfil possui, por volta de 21km de extensão e logo no início alcança uma zona de elevada profundidade, 16m, após a qual há uma pequena diminuição e novamente um aumento gradual da profundidade porém desta vez de forma muito menos acentuada, até alcançar seu ponto de máxima profundidade próximo ao centro do transecto, onde alcança 27m, próximo ao ponto I' apresenta um banco significativo, embora sem nome, diminuindo a profundidade para aproximadamente 5 metros, seguido por um também significativo canal imediatamente após o banco onde a profundidade novamente se aproxima do valor máximo encontrado no perfil, de 27m, diminuindo em seguida próximo à Ilha de Arapiranga na desembocadura do canal Carnapijó (figura 30).
- PERFIL J – J': Tem seu ponto final J' pouco ao norte do Porto de Vila do Conde, com um comprimento total de 27km este perfil apresenta o ponto de maior profundidade observado entre todos os perfis, próximo ao seu ponto inicial J, forma um canal que alcança os 60 metros de profundidade, é também um dos

pontos mais profundos de toda a área estudada, posteriormente ao canal localiza-se uma região de profundidade constante, por volta dos 40m de profundidade e então aumenta no chamado Baixo do Macau, chegando a ficar emerso em seu ponto mais alto, depois diminui novamente alcançando valores de até 20m de profundidade, aumentando próximo ao final do perfil (figura 30).

Figura 27 – Perfis A – A' e B – B' e suas principais feições identificadas de acordo com as cartas náuticas da DHN.

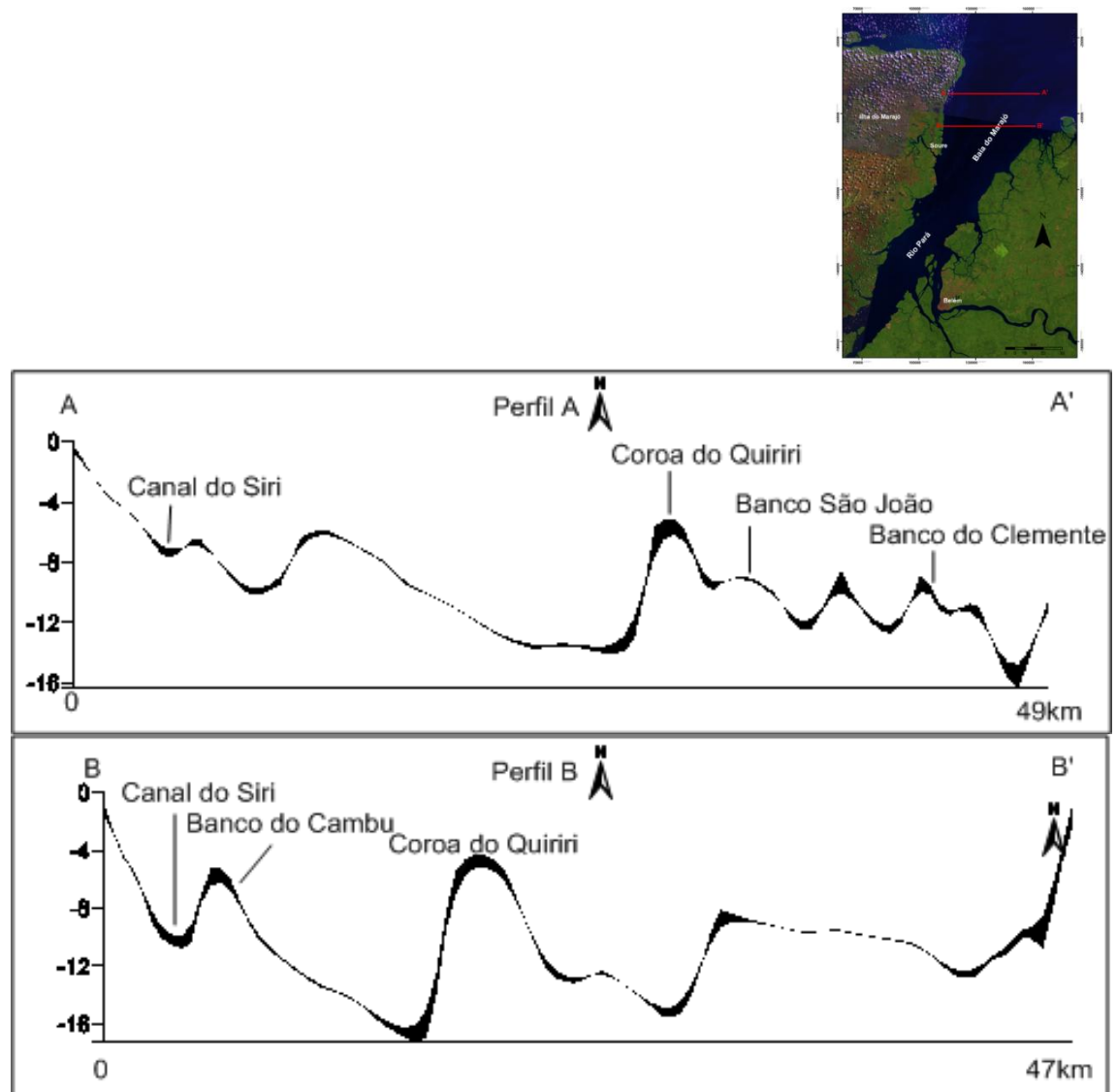


Figura 28 - Perfis C – C', D – D' e E – E' e suas principais feições identificadas de acordo com as cartas náuticas da DHN.

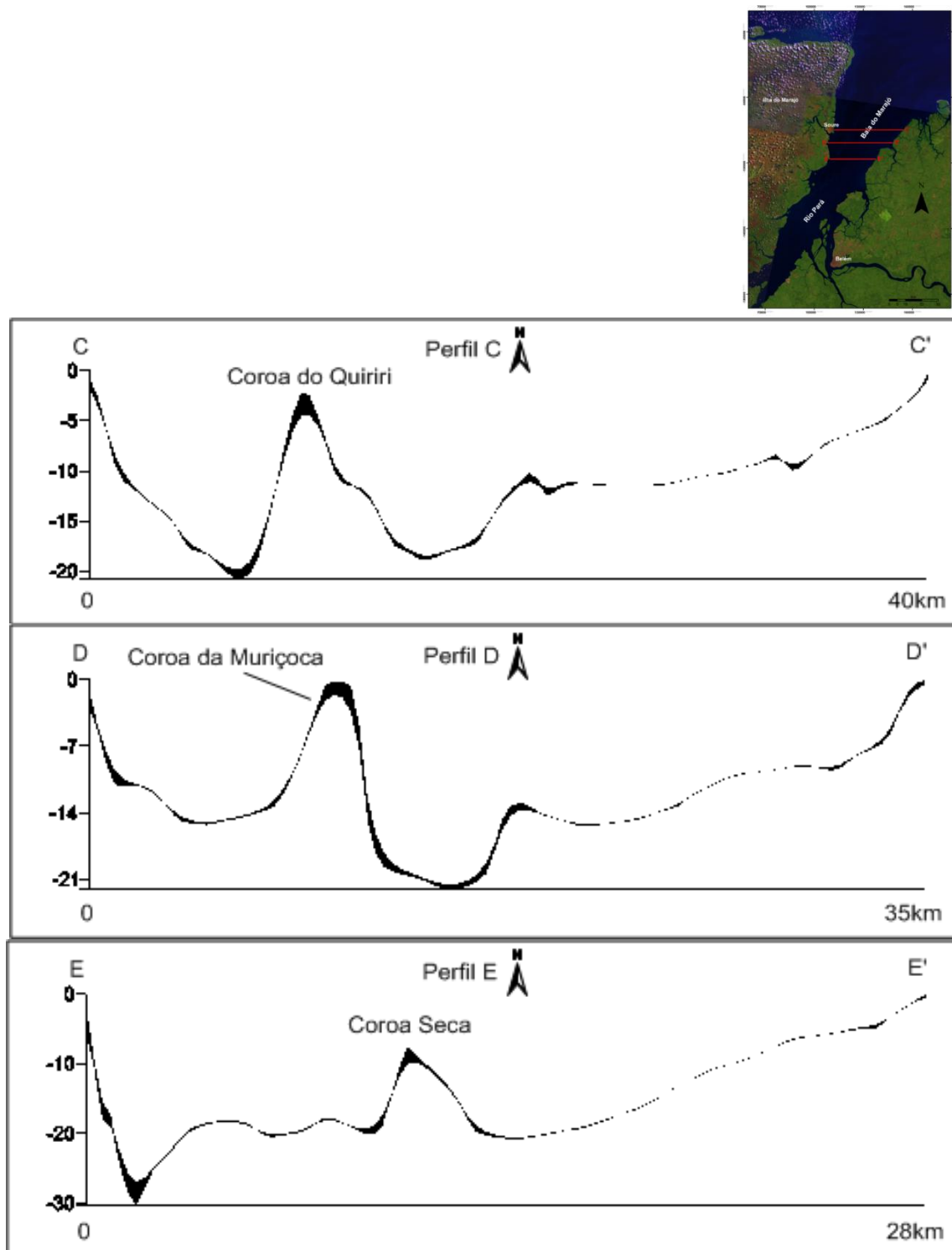


Figura 29 - Perfis F – F', G – G' e H – H' e suas principais feições identificadas de acordo com as cartas náuticas da DHN.

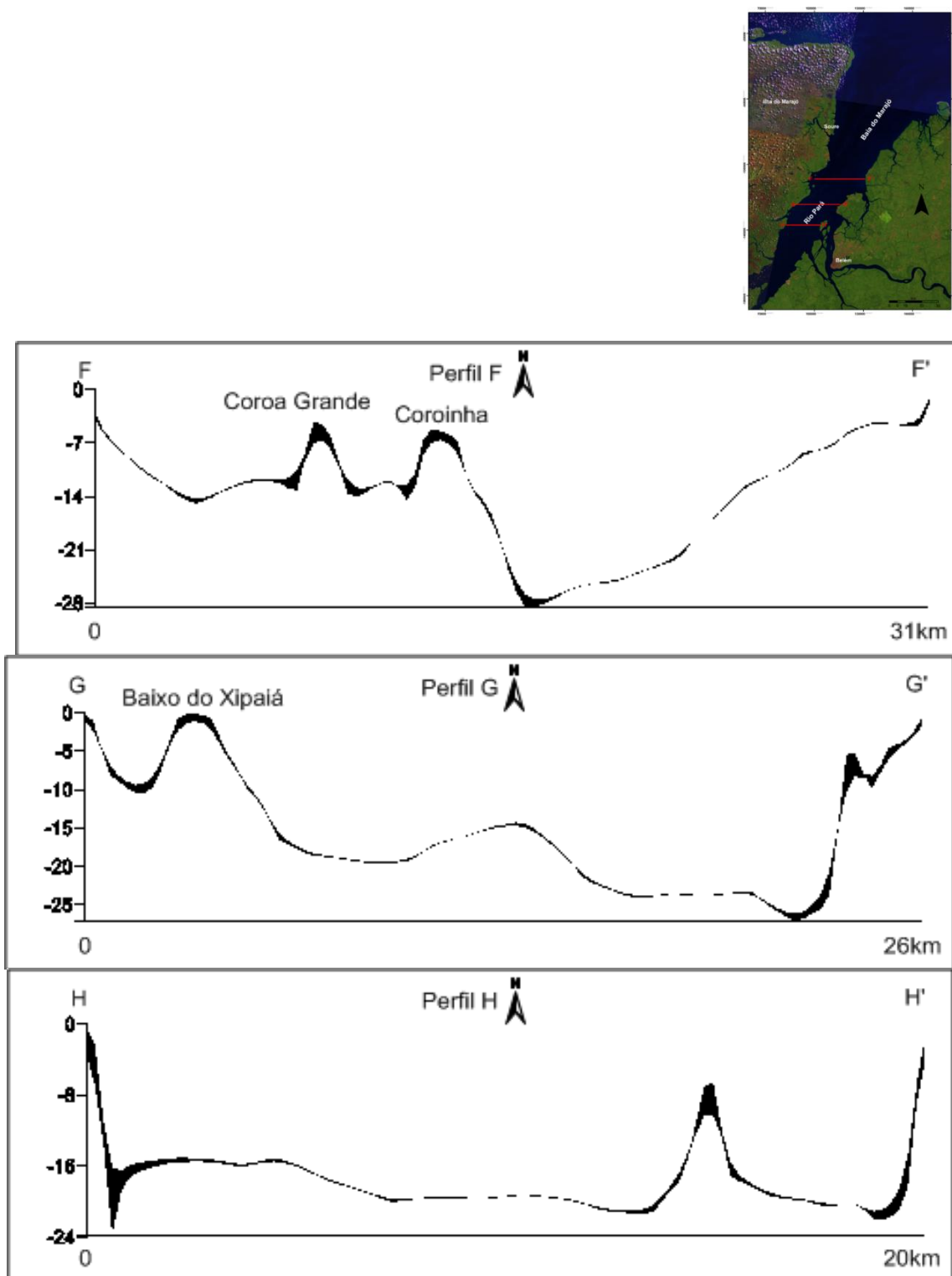
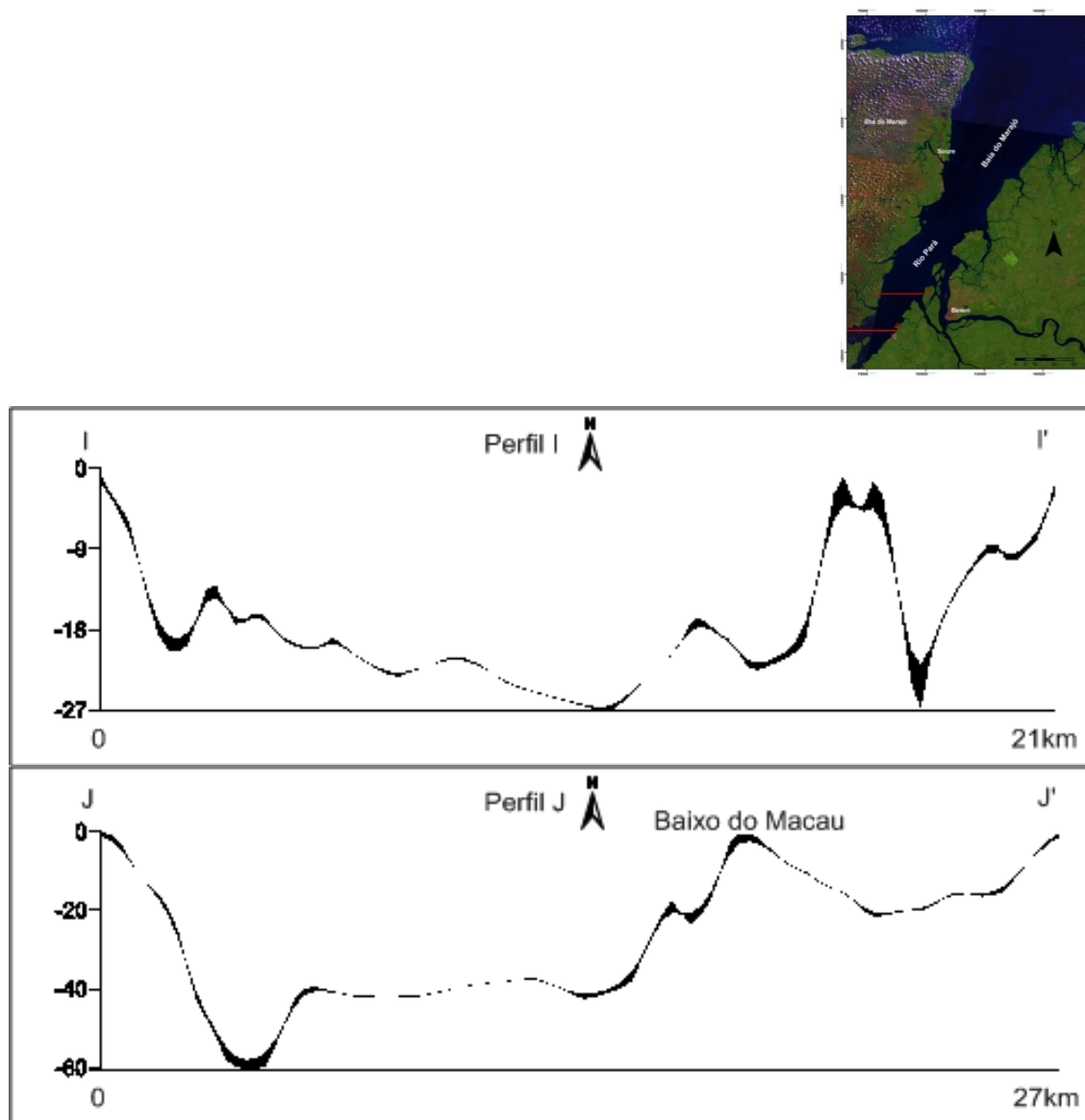


Figura 30 - Perfis I – I' e J – J' e suas principais feições identificadas de acordo com as cartas náuticas da DHN.



7 DISCUSSÃO

7.1 CLASSIFICAÇÃO TEXTURAL

7.1.1 Método de Wentworth

De acordo com a classificação textural pelo método de Wentworth (1922) os sedimentos mais finos foram encontrados em uma região central do canal do rio Pará, classificados pela predominância da fração silte. Estes pontos são caracterizados por apresentar um substrato bastante lamoso devido à associação do silte com a argila, principal componente secundário da amostra total na maioria dos pontos onde o silte predominou ao sul da área de estudo.

Como esperado, esta foi a zona onde se alcançou o menor grau de participação de areia na amostra total, enquadradas entre os valores de 0% a 20% do teor de areia total.

Nesta região também é observada a menor hidrodinâmica, classificada de acordo com o Diagrama de Pejrup (1988) apenas através da análise dos grãos, como uma área de hidrodinâmica alta, enquanto outras áreas foram classificadas como de hidrodinâmica muito alta, o que provavelmente possibilitou a deposição dos sedimentos mais finos neste local, caracterizados por um maior teor de silte e de argila do que areia.

Nas margens desse zona central dominada por sedimentos finos temos um combinação do silte com areia muito fina e um pouco mais distante a granulometria começa a aumentar, nas imediações da zona com predominância de silte, há uma área em que a areia muito fina passa a ser predominante, dessa vez combinada com o silte porém este assume um papel secundário e, em alguns casos a areia muito fina combina-se com areia fina, revelando um padrão mais arenoso.

Já próximo às margens do rio, há uma granulometria bem mais grossa, em regiões onde predominam a areia média, combinada principalmente com areia grossa.

Ao norte da área de estudo, próximo à desembocadura do rio Pará para o oceano Atlântico, não há um padrão do comportamento granulométrico das amostras, podendo ser encontradas tanto áreas de predominância de silte, como de areia muito fina e média, porém um fato que merece ser frisado é de que nesta região as amostras predominadas por silte, se combinam principalmente como areia muito fina, e não com argila como observado na região

ao sul da área estudada, enquanto que as áreas dominadas por areia muito fina, combinam-se com sedimentos também arenosos porém de frações mais grossas.

Predominantemente esta é a região onde o teor de areia foi mais significativo, alcançando valores de 40% a 80%, a área de localização da Coroa do Quiriri, um grande banco caracterizado pelo intenso aporte de sedimentos arenosos, que ficou bastante evidente nos mapas de batimetria confeccionados também neste trabalho.

7.1.2 Método de Shepard

Mostrou-se bastante condizente com os resultados obtidos a partir do método de Wentworth, onde a zona de predominância do silte, combinado com a argila que apareceu em segundo lugar no grau de dominância da amostra total é, de acordo com o diagrama de Shepard (1954), classificada como silte argiloso, evidentemente pela presença destas duas frações de forma abundante e quase equilibrada. E ao seu redor zonas nomeadas como areia ou areia áiltica.

Na região do Canal do Quiriri, As principais classificações obtidas foram de areia, o que novamente confirmou os resultados obtidos pelo método anterior que demonstrou que nesta região há mesmo um sedimento mais arenoso, e onde o silte apareceu de forma significativa, o Diagrama de Shepard, classificou como areia siltica, evidentemente devido também significativa presença das areias mesmo nas amostras, onde esta não foi predominante.

7.1.3 Método de Folk & Ward

Este foi o método que mais se distanciou dos anteriores, na zona que anteriormente foi classificada como silte arenoso, desta vez apareceu como argila grossa contornada por regiões predominadas por silte, sendo ele sub-classificado como muito fino, fino, médio e grosso. E sedimentos classificados como areia apenas foram evidentes em alguns pontos.

Na região do Quiriri, também, houve uma região classificada como silte médio e grosso, apenas aparecendo a areia em sua forma muito fina. Esta classificação, portanto, parece tender com os resultados para uma classificação mais fina que os demais métodos, indo de encontro com os demais resultados, porém este fato não é suficiente para tornar esta classificação incompatível com as demais, uma vez que seguem a mesma tendência porém esta última atribui pesos maiores as frações codominantes encontradas nas amostras.

7.1.4 Assimetria e Curtose

A existência de uma zona de sedimentos lamosos, foi amplamente citada neste trabalho, esta região encontra-se em áreas de grandes profundidades para o padrão da região estudada, tais características remetem a um ambiente onde a assimetria apresentaria valores positivos, estando assimetricamente tendendo para a granulometria de finos, uma vez que estes predominam na região, entretanto não foi o que ocorreu, a assimetria negativa predominou ao longo de quase toda a área estudada, havendo apenas algumas exceções, o que está associado à granulometria mais grosseira.

De acordo com Dias (2004), este resultado pode ser referente a um enriquecimento de material grosso nesta região, o que caracterizaria um período de energia mais elevada possibilitando, principalmente, a deposição deste tipo de material ao longo da área de estudo.

Estes resultados podem significar também que as áreas estão sofrendo remoção de seus sedimentos, portanto, enfrentando problemas erosivos, ao passo que as características morfológicas e sedimentares apontam para uma zona de deposição, uma vez que é a região com a menor hidrodinâmica, com os sedimentos mais finos e localizada na área de maior profundidade.

Quanto aos valores de curtose pouco se tem para a montagem de um padrão, o que se pode inferir sobre este parâmetro é que em seus valores platicúrticos está quase sempre ligada a sedimentos mais finos, já a mesocúrtica apareceu principalmente nas zonas onde predominam a areia ou onde esta está presente nas amostras de maneira significativa.

7.2 BATIMETRIA

O mapa batimétrico confeccionado a partir da digitalização dos dados presentes na carta náutica, demonstrou ser muito mais detalhado, evidenciando de forma mais eficiente variações de profundidade em pequena e média escala, demarcou de forma mais acentuada as regiões de maior profundidade. Em sua versão tridimensional houve o efeito adicional que possibilitou perceber a estrutura morfológica do fundo da região de estudo, detalhes estes que foram descritos individualmente com a confecção dos perfis batimétricos ao longo de toda a área de estudo.

Estes perfis possibilitaram a identificação e o detalhamento de diversas feições morfológicas evidenciadas nas cartas náuticas e também de feições ainda sem nome

identificado, foi possível estudá-los de forma bastante eficiente e perceber suas características, tanto no sentido de sua extensão quanto de sua profundidade e de estabelecer uma forma de comparar determinadas feições entre si ou de acordo com a região como um todo.

8 CONCLUSÃO

A área de estudo do trabalho apresenta claramente duas regiões muito distintas, uma delas localizada ao sul, mas adentro do Rio Pará e ainda sob muita influência das diversas contribuições dos rios Amazonas, Tocantins, Baía de Guajará, dentre outros. Apresenta elevada profundidade, onde foi observado o valor máximo de 60 metros no Perfil J, e de hidrodinâmica relativamente menor, uma vez que apenas valores de hidrodinâmica alta e muito alta foram registrados e esta região se enquadra na primeira. Caracteriza-se principalmente por possuir em sua porção central um substrato mais lamoso devido a combinação de silte e argila e à medida que os pontos se afastam da porção central e alcançam menores profundidades a granulometria de seus sedimentos torna-se maior e mais arenosa. Sua morfologia é caracterizada por canais profundos em sua margem esquerda e bancos ou regiões de menor profundidade localizados em sua porção direita.

A segunda região mais ao norte da área de estudo, localizada na desembocadura do rio Pará pode ser caracterizada pela presença mais significativa de sedimentos arenosos, por ser uma região de hidrodinâmica muito alta, possibilita o aporte sedimentar apenas das frações mais grosseiras, possui menores profundidades e numerosos bancos que recortam sua morfologia.

Os mapas de distribuição se mostraram bastante eficientes ao evidenciar os parâmetros analisados dispostos geograficamente ao longo da área de estudo, possibilitando uma comparação entre eles e caracterização do ambiente de acordo com as interações existentes entre tais parâmetros. O de batimetria, especificamente, pode ser bem aproveitado para a navegação na região, uma vez que demonstra de maneira mais detalhada os bancos existentes.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. **Zoneamento fisiográfico e ecológico do espaço total da Amazônia Brasileira**. Estudos Avançados 24 (68), 2010
- BARTHEM, R. B; SCHWASSMANN, H. O. **Amazon river influence on the seasonal displacement of the salt wedge in the Tocantins river estuary, Brazil 1983 – 1985**. Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi. 1994
- BLOTT, S. J. AND PYE, K. **Particle size distribution analysis of sand-sized particles by laser diffraction: an experimental investigation of instrument sensitivity and the effects of particle shape**. Sedimentology. 2006.
- BOYD, R.; DALRYMPLE, R; ZAITLIN, B.A.; **Classification of clastic coastal depositional environments**. Sedimentary Geology. V. 80, p. 139 – 150. 1992
- BULHÕES, M. R. B.; ESTRADA, A. F. D. **Distribuição e Transporte de Sedimentos Costeiros em Ambientes de Baixa Energia, Enseada de Ferradura, Armação de Búzios, Rio de Janeiro, Brasil**. GRAVEL, V.9 n°1,p. 41-46. 2011.
- CAMARGO, M. G. **Software para análise granulométrica SysGran**, Curitiba, UFPR. 1999.
- CAMERON, W. M.;PRITCHARD, D. W. Estuaries. **The Sea: Ideas and Observations on Progress in the Study of the Seas**. Volume 2. M.N. Hill (ed) Interscience Publishers, New York. 1963.
- CORRÊA, I. C. S. **Aplicação Do Diagrama De Pejrup Na Interpretação Da Sedimentação E Da Dinâmica Do Estuário Da Baía De Marajó-Pa**. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Trabalho integrado ao Programa de Geologia e Geofísica Marinha-PGGM. 2005
- COSTA, J. B. S.; BEMERGUY, R. L.; HASUI, Y.; BORGES, M. S.; FERREIRA JR, C. R. P.; BEZERRA P. E. L.; COSTA, M. L.; FERNANDES, J. M. G. **Neotectônica da região amazônica: aspectos tectônicos, geomorfológicos e deposicionais**. Geonomos, V. 4, p. 23-44, 1996.

DIAS, K. A. **Estudos das Texturas Sedimentares da Superfície de Fundo Oceânico da Baía de Todos os Santos**. Universidade Federal da Bahia. Salvador. 2003

Diretoria de Hidrografia e Navegação – DHN. **Carta Náutica do Cabo Maguari a Mosqueiro**. Rio de Janeiro. Mapa. Escala: 1:100002. 2ª ed. 1983, corrigido em 2006.

_____. **Carta Náutica de Mosqueiro à Abaetetuba**. Rio de Janeiro. Mapa. Escala: 1:99980. 3ª ed. 1988, corrigido em 2007.

_____. **Carta Náutica da Boca da Vigia a Mosqueiro**. Rio de Janeiro. Mapa. Escala: 1:49996. 3ª ed. 2005, corrigido em 2006.

_____. **De Mosqueiro a Belém**. Rio de Janeiro. Mapa. Escala: 1:44990. 5ª ed. 2003, corrigido em 2007.

DUANE, D. **Significance of Skewness in recent sediments, Western Pamlico Sound, North Carolina**, Journal of Sedimentary Petrology. V. 34. USA. 1964

FOLK, R. L. **The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary-rock nomenclature**. Journal of Geology. V.62 (4), p. 344-359. 1954

FOLK, R. L.; WARD, W. C. 1957. **Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters**. Journal of Sedimentology and Petrology. V. 27(1), p. 3-27.

FRANÇA, C. F. **Morfologia e mudanças costeiras da margem leste da ilha de Marajó (PA)**. Tese de Doutorado apresentada a Pós Graduação em Geologia e Geoquímica da Universidade Federal do Pará/UFPA. 2003.

GREGÓRIO, A. M. S. MENDES, A. C.; SOUZA, D. C.; SANTOS, C. A.; MARTINS, S. E. M.; MOTA, M. C. S. **Estudo do teor de matéria orgânica nos sedimentos de fundo da baía de Guajará (Belém /Pa - Brasil): subsídios para gestão e monitoramento geoambiental**. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 43. Resumos expandidos. Aracaju – SE. SBG, 2006

GREGÓRIO, A. M. S.; MENDES, A.C. **Batimetria E Sedimentologia Da Baía Do Guajará, Belém, Estado Do Pará, Brasil.** Amazônia: Ciência & Desenvolvimento. V.5 (9). 2009.

HORN FILHO, N. O. **Granulometria das Praias Arenosas da Ilha de Santa Catarina, SC.** GRAVEL, V.4, p. 1 – 21. Porto Alegre, Brasil

KRUMBEIN, W. C., PETTIJOHN, F. J. **Manual of Sedimentary Petrography** Appleton-Century-Crofts, New York, 549p. 1938.

LAMOUR, R. M.; SOARES, C. R.; CARRILHO, J. C. **Mapas De Parâmetros Texturais De Sedimentos De Fundo Do Complexo Estuarino De Paranaguá – PR.** Boletim Paranaense de Geociências, n. 55, p. 77-82, 2004. Editora UFPR

MARTINS L. R. **Recents Sediments and Grain-Size Analysis** Gravel, V.1, p. 90 – 105, Porto Alegre, Brasil. 2003.

_____. **Relações Texturais das Areias da Zona Costeira do Rio Grande do Sul.** GRAVEL, 4: 63 – 72. Porto Alegre, Brasil. 2006

MARTINS, S. E. M. **Geomorfologia E Sedimentologia Dos Depósitos Sedimentares Recentes Da Porção Superior Do Estuário Do Rio Pará (Baía De Marajó, Amazônia).** Dissertação de Mestrado em Geologia Marinha, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. 2010

_____. **Caracterização Sedimentológica de fundo da área de influência do porto de Vilda do Conde – margem leste do rio Pará, Barcarena/PA.** Trabalho de conclusão de curso. Faculdade De Oceanografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará. 2007

MENDES, A. C.; SILVA, C. A.; GREGÓRIO, A. M. S.; FRAZÃO, E. P. **Análise batimétrica da Baía de Guajará Belém/PA.** In: workshop final da primeira fase da rede cooperativa norte-nordeste em monitoramento ambiental de áreas sob influência da indústria petrolífera - Natal. 2006.

MIRANDA, A. G. O. **Dinâmica batimétrica da Baía do Guajará, Belém –Pa.** Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade de Oceanografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2006.

MONTEIRO, S. M. **Dinâmica Dos Parâmetros Abióticos Na Zona De Mistura Do Estuário Do Rio Paracauari, Ilha De Marajó – PA. 2009.** Dissertação de mestrado. Curso de Pós- Graduação em Geologia e Geoquímica – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, 2009.

PEJRUP, M. **The triangular diagram used for classification of estuarine sediments: a new approach.** Inst. Of Geog, Oster Voldgade. V.10, 1350 Copenhagen . Dinamarca. 1988.

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

PRITCHARD, D. W. 1981. **Circulação e mistura das águas nas regiões costeiras e estuários.** Oceanografia: A última fronteira

SFRENDRECH, D.M. **Comparação Metodológica Para Eliminação De Matéria Orgânica Em Sedimentos Lamosos: O Exemplo Em Amostras Do Rio Sucuriçu (Ap).** Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, 2009.

SHEPARD, F. P. **Nomenclature based on sand-silt-clay ratios.** *Journal Sedimentary Petrology*, V.24 p. 151-158. 1954.

SILVEIRA, O. F. M. **Estudo batimétrico sonográfico do Estuário Guajará, Belém/PA.** 98 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade Federal do Pará, Belém, 1992.

SORENSEN, R. M. **Basic Coastal Engineering**, 3rd Edition, Springer, p. 120. 2006.

SOUZA, D. C. C.; **Mapa faciológico da Baía de Guajará.** Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade de Oceanografia, Instituto de Geociências. Universidade federal do Pará,. 2007.

SOUZA, R. R. **Modelagem Numérica Da Circulação De Correntes De Maré Da Baía Do Marajó E Rio Pará (PA).** Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, SP. 2006

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

TABAJARA, L. L. MARTINS L. R. **Classificação Textural de Sedimentos praias e a Relação com os processos Morfogenéticos, Eólicos e Marinhos**. GRAVEL. V.4 p. 99 – 107. Porto Alegre, Brasil. 2006

VALIA, H. S.; CAMERON, B. **Skewness as a paleoenvironmental indicator**. Journal of Sedimentary Research. V.47 p.784-793. 1977.

VERONEZ, P. J.; BASTOS, A. C.; QUARESMA, V. S. **Morfologia E Distribuição Sedimentar Em Um Sistema Estuarino Tropical: Baía De Vitória, ES**. Revista Brasileira de Geofísica. V.27(4) p. 609-624. 2009

VIEIRA, S. R. S; MENDES, A. C.; ALVES, M. A. M. S.; BRAGA, F. P. S. **Protocolo Metodológico – Sedimentologia**. Projeto: Potenciais Impactos Ambientais do Transporte de Petróleo e Derivados na Zona Costeira Amazônica (PIATAM mar): Fase II. 2007

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