



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR – LABOMAR**  
**CURSO DE OCEANOGRAFIA**

**BRUNO NOGUEIRA CATUNDA**

**CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DESTINADA AO DESCARTE DE SEDIMENTOS**  
**DRAGADOS NO PORTO DE FORTALEZA/CE: ANÁLISE TEXTURAL E**  
**MORFOLÓGICA.**

**FORTALEZA/CE**

**2013**

BRUNO NOGUEIRA CATUNDA

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DESTINADA AO DESCARTE DE SEDIMENTOS  
DRAGADOS NO PORTO DE FORTALEZA/CE: ANÁLISE TEXTURAL E  
MORFOLÓGICA.

Trabalho de conclusão do curso de Oceanografia do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Oceanografia. Área de concentração: Oceanografia Geológica.

Orientador: Prof. Dr. Luis Parente Maia

FORTALEZA

2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Rui Simões de Menezes

- 
- C361c      Catunda, Bruno Nogueira.  
              Caracterização da área destinada ao descarte de sedimentos dragados no porto de Fortaleza/CE: análise textual e morfológica / Bruno Nogueira Catunda. – 2013.  
              50 f. : il. color., enc. ; 30 cm.
- Monografia (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Curso de Oceanografia, Fortaleza, 2013.
- Orientação: Prof. Dr. Luis Parente Maia.
1. Relevo submarino. 2. Sedimentos (Geologia). 3. Áreas portuárias. I. Título.

BRUNO NOGUEIRA CATUNDA

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DESTINADA AO DESCARTE DE SEDIMENTOS  
DRAGADOS NO PORTO DE FORTALEZA/CE: ANÁLISE TEXTURAL E  
MORFOLÓGICA.

Trabalho de conclusão do curso de Oceanografia do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Oceanografia. Área de concentração: Oceanografia Geológica.

Aprovado em: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Luis Parente Maia (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará

---

Prof. Dr. Lidriana de Souza Pinheiro (Membro interno)  
Companhia Docas do Ceará

---

Prof. Dr. Jader Onofre de Moraes (Membro externo)  
Universidade Estadual do Ceará

---

Profa. Dra. Maria Ozilea Bezerra Menezes (Membro suplente)  
Universidade Federal do Ceará

## AGRADECIMENTOS

Aos meus familiares e amigos, que participaram de muitos os momentos importantes durante minha graduação.

Ao meu tio Márcio Catunda (Roi) por todo apoio antes de entrar na Universidade.

Ao meu Pai, que sempre foi inspiração para determinação e força nos estudos. A minha mãe pelo apoio incondicional e coversas sobre como seria meu TCC. Aos meus irmãos, que são meus companheiros. A Iolanda (Io), minha parceira de café da manhã.

Aos amigos do Laboratório de Dinâmica Costeira, pelo aprendizado, amizade e trabalhos de campo animados: Gleidson, Mario Godoy, Rodolfo, Kleber Melo e Airton (Gato Guerreiro).

A todos os meus colegas de classe, a primeira turma de Oceanografia da Universidade Federal do Ceará, por uma graduação incrível: Andréa da Consolação, Andrea Oliveira, Cecília Perdigão (Ceci), Jorge Felipe, Clarissa Dantas, Francisco Bruno, Francisco Jailton (Jota), Ítalo Góis (Gozão), José Filho (Zezão), José Gabriel, Liana Pacheco (irmã), Lucas Antunes, Pedro Paulo (irmão), Pedry e Rayza Araruna (minha miguxa).

A todos os professores e funcionários do Instituto de Ciências do Mar.

Ao Leonardo Hislei, pelas oportunidades e orientações durante o curso.

A Prof(a). Maria Ozilea pelo apoio, oportunidade de trabalho e confiança.

Ao meu orientador, prof. Dr. Luis Parente Maia, pelas oportunidades que me ofereceu, melhorando minha formação.

A minha namorada, Marília di Albuquerque, que me ajudou e apoiou incansavelmente para a conclusão deste trabalho.

Este trabalho é resultado do Projeto do Plano Básico Ambiental da Obra de Aprofundamento do Porto (Contrato N°041/2010 Companhia Docas do Ceará-CDC/UFC-LABOMAR/FCPC e Secretaria Especial de Portos-SEP).

## Resumo

A capital do Estado do Ceará, Fortaleza, está se desenvolvendo rapidamente. Como consequência deste crescimento, o porto da cidade, que era localizado na Praia Formosa, hoje, situa-se no Bairro Mucuripe. Este local sofreu reformas e ampliações até chegar à configuração atual. Devido à ação de fatores ambientais, o porto de Fortaleza necessita de processos de dragagem para retirar o sedimento que chega à área portuária e ali se deposita. Este fenômeno pode prejudicar e, inclusive, impedir a locomoção dos navios que precisam atracar em Fortaleza para embarque e desembarque de produtos. Para o porto de Fortaleza é recomendada a dragagem de manutenção, já que trabalha com a remoção do material assoreado, que se deposita no leito dos canais de navegação, podendo então assegurar as profundidades do projeto desses canais. A maior dificuldade desse tipo de dragagem é o destino dado ao sedimento removido. Neste caso, o material foi liberado ao longo da área de estudo desta pesquisa. O presente trabalho pretende gerar a caracterização do relevo submerso após a liberação dos sedimentos na área de estudo e realizar a comparação granulométrica de acordo com os anos de 2010 e 2011, analisando aspectos como a dimensão dos sedimentos, a concentração de  $\text{CaCO}_3$  e de matéria orgânica, antes e depois da atividade de liberação do material dragado. Ao examinar o relevo submerso, duas formas de fundo se destacaram no transcorrer do levantamento. Uma relaciona o alto-fundo, na porção centro-leste, que possui 1,03 Km de largura; 1,40 Km de comprimento; e área de, aproximadamente,  $1,3 \text{ Km}^2$ . A outra forma aborda o canal situado a leste do levantamento, medindo 0,3 Km e 1,0 Km em suas larguras; 1,25 Km de comprimento; e, aproximadamente,  $0,84 \text{ Km}^2$  de área. Através da análise, identificou-se consideráveis variações na concentração de  $\text{CaCO}_3$  e de matéria orgânica. Mediante a comparação dos dois mapas com a dimensão dos sedimentos (2010 e 2011), observou-se que na segunda campanha há predominância de sedimentos finos em quase todo o levantamento. No entanto, no espaço a leste do levantamento há preponderância de sedimentos grossos, indicando possível liberação irregular dos sedimentos ao longo da área de estudo.

**Abstract**

The State Capital of Ceará, Fortaleza, is developing rapidly. As a result of this increase, the port of the city, which was located in Praia Formosa, nowadays, is situated in District Mucuripe. This place has undergone renovations and expansions to reach the current configuration. Because of the action of environmental factors, the port of Fortaleza requires dredging processes to remove sediment that reaches the port area, and there is deposited. This phenomenon can damage and even block the movement of ships that need docking in Fortaleza to load and unload cargo. The maintenance dredging is the most recommended for the port of Fortaleza, since this works removing silted material, which is deposited in the seabed of navigation channels, so being able to ensure the depths of these channels project. The main difficulty of this type of dredging is the destination of the sediment removed. In this case, the material was released over the study area of this research. This present work intends to generate the characterization of submerged relief after the releasing of sediments in the study area and performing the granulometric comparison according to the years 2010 and 2011, analyzing aspects such as the size of the sediment, the concentration of CaCO<sub>3</sub> and organic matter, pre and post-activity of releasing dredged material. When examining the submerged relief, two forms of bottoms stood out during the survey. One lists the top-bottom, in the central-east, having width of 1.03 Km; length of 1.4 Km; and an area of approximately 1.3 km<sup>2</sup>. The another form addresses the channel located east of the survey, measuring 0.3 km and 1.0 km in their widths; 1.25 km in length; and approximately 0.84 Km<sup>2</sup> area. By analysis, we found considerable variation in the concentration of CaCO<sub>3</sub> and organic matter. By comparing the two maps with the size of the sediments (2010 and 2011), we observed that predominates, in the second campaign, fine sediments in almost the entire survey. However, there is a preponderance of gross sediments in the east area of the survey, indicating a possible irregular release of sediments along the study area.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa com batimetria da área de estudo.....	29
Figura 2: Mapa com a batimetria da área de estudo e com os perfis traçados .....	31
Figura 3: Perfil 1 traçado a leste do levantamento. ....	32
Figura 4: Perfil 2 corta o alto-fundo. ....	32
Figura 5: Perfil 3 traçado na área central do levantamento. ....	33
Figura 6: Perfil 4 é o penúltimo da direita para esquerda.....	33
Figura 7: Perfil 5 traçado a oeste do levantamento. ....	34
Figura 8: Mapa com pontos de coleta e textura do sedimento (2010).....	35
Figura 9: Mapa com os pontos de coleta e a textura do sedimento de 2011. ....	36
Figura 10: Mapa com as facies sedimentares relacionadas ao diâmetro do sedimento de 2010. .....	38
Figura 11: Mapa com as facies sedimentares relacionadas ao diâmetro do sedimento de 2011. .....	39
Figura 12: Mapa que relaciona a distribuição de $\text{CaCO}_3$ de 2010.....	41
Figura 13: Mapa com a distribuição de $\text{CaCO}_3$ do ano de 2011.....	42
Figura 14: Mapa que relaciona a variação da distribuição de $\text{CaCO}_3$ , entre os anos de 2010 e 2011. ....	43
Figura 15: Mapa com a distribuição de Matéria Orgânica do ano de 2010. ....	44
Figura 16: Mapa que relaciona a distribuição de Matéria Orgânica de 2011. ....	45
Figura 17: Mapa que relaciona a variação da distribuição de Matéria Orgânica, nos anos de 2010 e 2011. ....	46

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Comparação da dimensão dos sedimentos em pontos próximos coletados nos anos de 2007, 2010 e 2011. Os dados relativos ao ano de 2007 foram adquiridos através da tese de doutorado de Silva (2012). .....	37
Tabela 2: Comparação da porcentagem de $\text{CaCO}_3$ dos sedimentos em pontos próximos coletados nos anos de 2007, 2010 e 2011. Os dados relativos ao ano de 2007 foram adquiridos através da tese de doutorado de Silva (2012). .....	40
Tabela 3: Comparação da porcentagem de Matéria Orgânica dos sedimentos em pontos próximos coletados nos anos de 2007, 2010 e 2011. Os dados relativos ao ano de 2007 foram adquiridos através da tese de doutorado de Silva (2012). .....	44

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>1.1 Dragagem .....</b>	<b>14</b>
<b>1.1.1 Dragagem de aprofundamento ou de implantação .....</b>	<b>15</b>
<b>1.1.2 Dragagem de manutenção.....</b>	<b>16</b>
<b>1.1.3 Dragagem ambiental ou de remediação .....</b>	<b>16</b>
<b>1.1.4 Dragagem de mineração .....</b>	<b>17</b>
<b>1.2 Caracterização da Área.....</b>	<b>17</b>
<b>1.2.1 Clima.....</b>	<b>18</b>
<b>1.2.2 Correntes .....</b>	<b>19</b>
<b>1.2.3 Geologia .....</b>	<b>20</b>
<b>1.2.4 Ondas e Marés .....</b>	<b>21</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>23</b>
<b>3. JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>24</b>
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>25</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>29</b>
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>48</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>49</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A cidade de Fortaleza, capital cearense, é uma metrópole urbana que cresce e se desenvolve a passos largos. Com o aumento da população e da industrialização da cidade e de seus municípios adjacentes, tornou-se indispensável realizar obras de infraestrutura em toda região.

O posicionamento geográfico da cidade de Fortaleza favorece as relações comerciais por vias marítimas, tornando-a capaz de atender a vários países do globo, incluindo os europeus. Portanto, fez-se necessário desenvolver um porto que atenda a esta demanda em nível internacional.

De acordo com Valentini (1994), a faixa litorânea do Ceará, em seu eixo mais próximo à cidade de Fortaleza, está sofrendo obras de engenharia costeira e portuária há quase dois séculos. A autora ressalta que

A primeira intervenção foi feita em 1807, com a construção do porto da então Vila de Fortaleza. Tratava-se de um ancoradouro ao largo da "Prainha", atualmente praia Formosa. As profundidades naturais variavam entre 8 e 20 m na área de aproximação reduzindo-se para 3 m na região abrigada. A estrutura de proteção era constituída por recifes naturais que se estendiam paralelamente a linha de costa, de alinhamento geral Leste-oeste. [...] O desenvolvimento da região levou a necessidade de expansão do porto de Fortaleza, de forma a atender adequadamente as necessidades econômicas e comerciais. Foram muitos os projetos e estudos nesse sentido. João Bloem, em 1825 já investigava a enseada de Mucuripe, outros autores insistiam em encontrar solução para um porto junto a cidade. (VALENTINI, 1994, p.6)

Segundo Valentini (1994) a partir das primeiras construções executadas para reparos no porto de Fortaleza, podem-se identificar assoreamentos no espaço portuário. A primeira ampla reforma aconteceu no final do século XIX, com projeto de John Hawkshaw, em 1895, que prognosticava a construção de um quebra-mar de aproximadamente 670 m, paralelo à linha costeira e conectado a ela através de um viaduto sobre pilastras.

A autora destaca que o assoreamento na área de sombra da construção aumentava na medida em que a obra progredia. "O assoreamento foi tal que antes da virada do século a linha de costa junto a "Muralha Hawkshaw" já havia avançado 400 m mar adentro". VALENTINI, 1994, p,7). À época, não se possuía concepções sobre o sistema litorâneo. Assim, não foram devidamente correlacionadas as alterações acarretadas pelas construções no porto, dentro e fora d'água, na dinâmica sedimentar costeira com o assoreamento.

os anos de 1930, inicia-se o processo de averiguação sobre a mudança do porto de Fortaleza para a Ponta de Mucuripe, mas só em 1948 o antigo porto de Fortaleza foi desativado e passou a funcionar nas instalações construídas no Mucuripe. A partir daí, o Porto vem exigindo manutenção quase que constante e ações corretivas em áreas vizinhas. Valentini (1994) afirma que

A construção do novo porto se estendeu por 5 anos, e ao término das obras já eram verificados sinais de erosão na praia de Iracema que chegaram a totalizar 128.000 m<sup>2</sup> de terrenos a beira-mar no início dos anos 50. Por outro lado, o assoreamento junto ao molhe inviabilizava o uso do porto onde chegou a haver a formação de uma praia no interior da área protegida. O molhe de abrigo projetado para a ponta de Mucuripe barra os sedimentos que são transportados de Leste para Oeste pelas correntes geradas por ondas junto a costa. Esse barramento acarreta um deficit na disponibilidade de material no trecho de soltamar onde o escoamento continua com a mesma capacidade de transporte, pois o regime de ondas é o mesmo, e conseqüentemente a erosão desse trecho. (VALENTINI, 1994, p.7)

Em contrapartida, devido à expansão da área de arrebentação ao longo da estrutura do molhe, um gradativo decréscimo das profundidades ocorreu no cabeço, gerando meios propícios para que os sedimentos atravessassem esse local, armazenando-se dentro da zona abrigada, sob a ação das ondas difratadas nesta estrutura.

Segundo Valentini (1994), na década de 1950, Brasil e França realizaram pesquisas com o intuito de solucionar o problema do assoreamento da área abrigada do porto e da erosão no litoral a Oeste do mesmo local. As sugestões para resolver a questão foram:

- a) Estender o molhe da ponta de Mucuripe, que, após a obra, passou a medir 1910;
- b) Construir um espigão de 550 m na praia do Futuro, com o propósito de evitar que os sedimentos vindos de Leste adentrassem no espaço portuário; e
- c) Realizar um transpasse de areia da Praia do Futuro para a região sotamar da área de sombra do quebramar do Mucuripe.

A segunda medida enumerada pela autora foi realizada, em contrapartida, a terceira nunca foi executada. Assim foi possível identificar que a área a Leste da obra efetuada na Praia do Futuro passou a ter crescentes índices de assoreamento e o litoral Oeste do Porto de Fortaleza sofreu erosão.

Devido à erosão e ao assoreamento detectados, um conjunto de decisões foram tomadas com a intenção de amenizar os impactos, tais como:

- a) Edificação de quatro espigões na praia Formosa, com o propósito de minimizar os processos erosivos nesse local;
- b) Construção sete espigões a partir da Iracema até a Barra do Ceará;
- c) Estender o espigão da Praia do Futuro em 450 m, que passou a medir 1 km;
- d) Dragar 4,7 milhões de m<sup>3</sup> de sedimentos na área do Porto do Fortaleza em duas etapas. Sendo 2,2 milhões de m<sup>3</sup> entre os anos de 1963 e 1972 e 2,5 milhões de m<sup>3</sup> em 1980 (PORTOBRÁS, 1979 *apud* VALENTINI, 1994, p.15).

A velocidade com que os regimes de assoreamento e erosão sucederam nesta área deixa a entender que o transporte litorâneo seja bastante ativo. Ao se impedir o transporte dos sedimentos, acarretará o assoreamento a barlamar. Entretanto, o escoamento a sotamar permanece com força de transporte idêntica, porém sem a mesma disponibilidade de sedimentos para serem conduzidos ao longo do litoral Oeste de Fortaleza, ocasionando erosão neste local.

### 1.1 Dragagem

A área de estudo em questão foi selecionada para receber os sedimentos dragados do porto do fortaleza. Esta região possui atividades de dinâmica costeira bastante intensa, o que resultaria em uma redistribuição destes sedimentos ao longo da costa oeste da cidade, em curto prazo.

De acordo com Goes Filho (2004), dragagem é o “processo de relocação de sedimentos e solos para fins de construção e manutenção de vias aquáticas, de infraestrutura de transporte, de aterros e de recuperação de solos ou de mineração”. O autor ressalta que

Considerando que os serviços de dragagem, normalmente, exigem não só elevados investimentos na sua execução, mas ainda, técnicas bastante especializadas, é preciso que seja realizado um cuidadoso planejamento das obras a serem executadas, como providência preliminar e fundamental. (GOES FILHO, 2004, p.4)

Visando o estudo pleno de um projeto de dragagem, é indispensável compreender a classificação técnica dos tipos de dragagem. Goes Filho (2004) apresenta as seguintes distribuições:

#### 1.1.1 Dragagem de aprofundamento ou de implantação

Este tipo de dragagem abrange a criação ou alargamento de bacias portuárias e o aprofundamento de canais navegáveis ou lagos em zonas não dragadas antes. Também envolve a instituição de áreas aterradas com finalidade industrial ou portuária. Em geral, estes projetos são caracterizados por:

- a) Movimentações de grandes quantidades de material;
- b) Remoções de solos compactos;
- c) Dragagens de camadas de solo não alteradas;
- d) Baixa presença de contaminantes;
- e) Camadas com espessura considerável;
- f) Atividades de dragagem não repetitivas.

Goes Filho (2004) se apoia nos dados da INTERNATIONAL NAVIGATION ASSOCIATION - PIANC (1992) para apontar que as problemáticas ambientais geradas pela dragagem de aprofundamento ou de implantação, assim como as questões causadas pelas atividades de disposição conjugadas a este tipo de dragagem, geralmente, são:

- a) A destruição de *habitats* naturais devido ao aterramento de zonas aquáticas;
- b) A distribuição de material dragado em áreas biologicamente frágeis;
- c) A extinção de bancos de sedimento em faixas de maré.  
(PIANC, *Beneficial Uses of Dredged Material*, 1992).

Em contrapartida, podemos avaliar como principal vantagem de tal processo, o desenvolvimento de zonas de terra aquáticas e bancos nas faixas de maré, contribuindo destacadamente para algumas regiões que estão sofrendo ação erosiva.

### 1.1.2 Dragagem de manutenção

É a remoção do material assoreado que se assenta no leito dos canais através de métodos naturais. Este tipo de dragagem é necessário para assegurar as profundidades do projeto dos canais de navegação e portos. As características principais da dragagem de manutenção são:

- a) Volume de material inconstante;
- b) A retirada de sedimentos incompactados;
- c) A probabilidade de haver contaminantes;
- d) Frequentemente aplicada em canais de navegação e portos;
- e) Ação recorrente e rotineira.

A dragagem de manutenção gera poucos impactos ambientais em áreas de navegação portuária, pois estes ambientes possuem canais aprofundados artificialmente. O impacto maior do tipo de dragagem supracitado está relacionado à disposição do produto dragado e do aumento do material particulado em suspensão, o que pode impulsionar a dissipação de contaminantes. Estes efeitos podem ser amenizados através da seleção de aparelhagem de dragagem adequada e dos métodos a serem adotados.

### 1.1.3 Dragagem ambiental ou de remediação

Esta qualidade de dragagem objetiva o saneamento de regiões contaminadas e possui características diferentes dos outros tipos de dragagem. Ela é utilizada para retificar atividades que tiveram como consequência a deposição de material contaminado em áreas inadequadas (*IADC - International Association Of Dredging Companies, Environmental Aspects of Dredging, Guide 4, 1997 apud GOES FILHO, 2004, p. 6*).

As consequências ambientais deste tipo de dragagem, normalmente, são positivas. Pois o referido processo é aplicado, principalmente, para minimizar os impactos de uma circunstância adversa existente. Para que a dragagem sanitária obtenha resultado duradouro, é necessário que previamente retire-se a fonte de poluentes desta região, evitando, assim, que os processos de dragagem sejam repetidos constantemente.



#### 1.1.4 Dragagem de mineração

A dragagem de mineração destina-se especificamente a extrair minerais que apresentem algum valor econômico, tais como: argilas, areias e cascalho (para proveito da construção civil). Este tipo de dragagem pode também se executado para extração de ouro e de diamantes nos aluviões fluviais.

#### 1.2 Caracterização da Área

O litoral cearense é uma entidade geomorfológica e biológica bastante vulnerável à atividade antrópica. O manejo apropriado desta área é essencial para o bem estar das populações que nela residem. Segundo Smith & Morais (1984),

Pela erosão local das falésias e encostas há uma perda de sedimentos do sistema litorâneo, tornando a costa do Ceará bastante vulnerável. Com exceção da construção do Porto do Mucuripe, em Fortaleza, as atividades do homem até agora determinaram modificações de caráter reduzido; entretanto, pelo que foi observado preliminarmente, qualquer modificação efetuada em um determinado local da costa vai provocar mudanças no sentido de oeste. (SMITH & MORAIS, 1984, p.86)

Os autores afirmam que plataforma continental adjacente é formada por uma espessura razoável de extratos sedimentares das eras mesozóica e cenozóica, imersa por sedimentos inconsolidados. A espessura destes sedimentos pode variar de 15 a 20 metros. O transporte de material inconsolidado segue paralelo à linha de costa, nos sentidos noroeste e oeste, e são gradativamente depositados nas áreas mais profundas (SMITH & MORAIS, 1984, p.87).

Na interface terra – mar se encontra a praia. Este ambiente é equivalente à faixa que rodeia um corpo aquícula, composto por sedimentos inconsolidados, normalmente arenoso ou incomumente formado por cascalhos e conchas de moluscos, que se alargam a partir nível de baixa mar médio até a faixa de vegetação permanente ou onde há alterações em áreas como zona de dunas ou de falésias marinhas (SUGUIO, 1992, p. 99 *apud* SILVA, 2012, p.43).

A praia da Leste-Oeste, localizada nas proximidades da área de estudo desta pesquisa, possui uma extensão de aproximadamente 8 km, compreendendo os seguintes bairros: Moura Brasil, Jacarecanga, Pirambu, Cristo Redentor e Barra do Ceará.

É relevante, portanto, para este trabalho conhecer alguns aspectos oceanográficos do referido ambiente, os quais abrangem:

### 1.2.1 Clima

O Nordeste brasileiro se enquadra no clima semiárido, pois exhibe altas temperaturas e variações temporais e espaciais de precipitação pluviométrica no decorrer do ano (AZEVEDO, P. V. et al., 1998 apud FERREIRA & MELO, 2005, p. 16). Embora apresente elevadas temperaturas, as magnitudes térmicas máximas são próximas aos 6°C.

Ferreira & Melo (2005) se amparam em Uvo & Berndtsson (1996) para citar alguns dispositivos que regem o sistema de chuvas da região Nordeste:

a) A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) - regime meteorológico mais determinante na abundância ou na deficiência pluviométrica no setor norte do Nordeste brasileiro. Em geral, a ZCIT se desloca sazonalmente para posição mais ao norte, aproximadamente 12°N, em agosto-setembro e para posições mais ao sul, aproximadamente 4°S, em março-abril.

A Zona em questão é um conjunto de nuvens que rodeia a faixa equatorial do planeta, composta essencialmente pela confluência dos ventos alísios do hemisfério norte com os mesmos ventos oriundos do hemisfério sul. Esta Zona é mais expressiva sobre os Oceanos, sendo esta a causa da Temperatura da Superfície do Mar-TSM se tornar um quesito decisivo na sua posição e intensidade.

b) Frentes Frias - aglomerados de nuvens organizadas que se constituem na área de confluência entre uma massa de ar frio (mais densa) com uma massa de ar quente (menos densa). A primeira adentra por baixo da segunda e faz com que o ar quente e úmido se eleve, formando as nuvens e, por consequência, ocasionando as chuvas. As Frentes Frias em latitudes tropicais ocorrem do mês de novembro ao mês de janeiro.

c) Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS) – conjunto de nuvens que possuem a forma parecida com a de um círculo, girando no sentido horário. Ao seu redor são constituídas nuvens, que ocasionam chuva, e no centro existem oscilações de ar de cima para baixo (subsistência), elevando a pressão e bloqueando o desenvolvimento de nuvens. As VCAS se organizam no Oceano Atlântico entre os meses de outubro e março. Sua rota, em geral, é de leste para oeste, frequentemente no período de janeiro e fevereiro.

d) Linhas de Instabilidade (LI) - bandas de nuvens geradoras de chuva, em geral, do tipo cumulus, estabelecidas em forma de linha. As LIs se formam sobretudo no período de verão no hemisfério sul (dezembro a março). Estas se encontram ao sul da Linha do Equador, influenciando as chuvas na costa norte do Nordeste e áreas próximas, incidindo na fase da tarde e começo da noite.

e) Complexos Convectivos de Mesoescala - conjunto de nuvens constituído graças às circunstâncias locais propícias (temperatura, relevo, pressão etc.), acarretando forte pluviometria de curta duração. Geralmente, as chuvas associadas a este fenômeno acontecem isoladamente.

f) Ondas de Leste – formam-se na faixa tropical do planeta, na área que sofre influência dos ventos alísios. Movimentam-se de oeste para leste, isto é, da costa da África para o litoral leste do Brasil. O Estado do Ceará, em especial, registra pluviometria influenciada pelo sistema atmosférico em questão nos meses de junho a agosto.

### 1.2.2 Correntes

De acordo com Silva (2012), as correntes costeiras para zonas com profundezas menores que 100m são resultado da influência mútua dos ventos e das flutuações da maré. A atuação dos ventos pode ocasionar dois sistemas de correntes:

a) Corrente Sazonal – mais importante paralela à costa, que adota o modelo de variação dos ventos regionais;

b) Corrente Secundária - segue perpendicular à zona costeira, produzida pelos regimes de brisas locais.

É fundamental destacar que a faixa costeira pode exibir um elemento adicional, produzido por alterações no gradiente de densidade, graças aos rios.

A zona litorânea do Nordeste brasileiro é determinantemente influenciada pela Corrente Sul-Equatorial, vinda da costa africana, seguindo paralela à linha do Equador, numa velocidade média de 0,75 m/s. Nas áreas adjacentes ao Cabo de São Roque, na Paraíba, esta Corrente sofre bifurcação, onde um dos ramos prossegue em sentido norte, constituindo a Corrente das Guianas. Já o outro ramo segue em direção sul, formando a Corrente do Brasil, cuja velocidade atinge 0,96 m/s. As temperatura e salinidade destas Correntes são altas e pobres em sais nutrientes (PENTEADO, 1968; DIAS-NETO & DORNELES, 1996 *apud* SILVA, 2012, p. 59).

As correntes importantes para esta pesquisa são responsáveis pela transferência de altos volumes de água e de detritos, o que pode influenciar no clima e desempenhar papel relevante na formação e caracterização das faixas litorâneas e na condução de materiais inconsolidados.

### 1.2.3 Geologia

Silva (2012) explica que a faixa litorânea de Fortaleza é formada de componentes geológicos característicos da Formação Barreiras (Idade Terciária), sendo encoberta por areias praias, eólicas, flúvio-marinhas e dunas (Idade Quaternária).

Os sedimentos arenosos desta região possuem espessuras diversas. Eles são compostos por areia grossa com alta permeabilidade, o que propicia a lixiviação da água, que é captada perpendicularmente até entrar em contato com uma superfície impermeável (IPLANCE, 1993, p. 9 *apud* SILVA, 2012, p. 49).

De acordo com Silva (2012), a extensão da faixa litorânea norte e nordeste de Fortaleza é caracterizada pela presença preponderante de *beachrocks* (rochas de praia), incluídas nos material inconsolidado da região praial, visualizadas a partir do nível das marés baixas até as proximidades das marés altas. Em grau menos acentuado, detecta-se o aparecimento de rochas da Formação Barreiras sobre o embasamento cristalino (pré-cambriano), nos arredores da zona portuária.

As rochas presentes na plataforma de abrasão marinha são formadas de arenitos argilosos, que possuem tons variantes entre avermelhados, creme ou amarelados. Os grãos apresentam granulometria que difere de fina a média, são subarredondados e mal selecionados. Expõem matriz argilosa caulínica, com cimentação argilosa ou silicosa. (DNPM, 1998 *apud* SILVA, 2012, p.49).

A faixa costeira de Fortaleza reúne alto índice de material inconsolidado da Era Quaternária, trabalhados por ações dos ventos, do mar, dos rios etc. As zonas praias ocupam toda a área costeira, exibindo larguras desiguais, a partir da faixa de maré baixa até o início das dunas móveis (DNPM, 1998 *apud* SILVA, 2012, p.49).

#### 1.2.4 Ondas e Marés

O comprimento das ondas é um fator determinante nas suas classificações, que podem ser entendidas como *seas* (vagas) e *swell* (ondulação), de acordo com as características de suas irregularidades com (MORAIS, 1996 *apud* SILVA, 2012, p. 57).

De acordo com Maia (1998), as ondas *seas* são reconhecidas segundo sua irregularidade, possuem cristas pontiagudas e estão sujeitas às direção, duração e intensidade dos ventos; abarcam as ondas desenvolvidas por ventos locais. Em contrapartida, as ondas *swell* caracterizam-se pela suavidade, contorno sinusoidal e são produzidas em áreas de ventos distantes.

Para as pesquisas relativas às marés na área de estudo, Maia (1998) analisou as informações registradas pelo marégrafo LNG-15 – equipamento próprio do Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias (Rio de Janeiro, Brasil) – que foi implantado no Porto de Fortaleza, sob a localização: Latitude 03 ° 43,0 'S e Longitude 38 ° 28,7' W. As leituras ocorreram no horário local, que corresponde ao meridiano de 45 ° W, o que significa aproximadamente três horas de Greenwich.

O marco "zero" do marégrafo e condições de observação foram corrigidos ao zero hidrográfico do Porto de Fortaleza, que se encontra próximo de 52 cm abaixo do plano de referência do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Maia (1998) observou que as magnitudes de marés oscilam na temporada de um semestre para importâncias extremadas, o que aponta um controle do tempo pelas forçantes astronômicas sobre a maré, em longo prazo. O autor também avaliou o acréscimo da amplitude das marés tanto no período quadratura quanto de sizígia entre junho e dezembro. No entanto, de março a setembro, Maia (1998) identificou o fenômeno contrário, espaço temporal no qual constatou diferenças de tempo na magnitude de marés de sizígia de 0,30-0,40 m e nas de quadratura de 0,40-0,50 m.

A maré no litoral oeste de Fortaleza é classificada como semi-diúrna. Suas características indicam a presença de duas preamares e duas baixa-mares no período 24h 50min (um dia lunar). A magnitude das marés é de aproximadamente 2,3m, classificando-a em um regime de mesomaré (MAIA, 1998).

Para caracterizar as ondas, Maia (1998) observou durante quatro anos (1991 a 1994) o comportamento das ondas na região e se fundamentou nos registros e relatórios do período de medições, que ocorreram no Porto de Fortaleza através do Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias (INPH).

Os dados foram captados com uma boia *Waverider (Datawell)*, localizada nas coordenadas geográficas 03 ° 42 '14" de latitude sul e 38 ° 27 '11" de longitude Oeste. O equipamento foi disposto a uma profundidade aproximada de 16 m a leste do molhe na praia do Futuro. As informações foram colhidas todos os dias em intermitências de três horas e vinte minutos.

Em posse dos registros coletados, o autor apontou a predominância de ondas classificadas como *sea*, correspondendo a 94,2%. Enquanto as de *swell* relacionaram 0,28% de incidência e as demais, representando 5,52%, não conseguiram ser identificadas, devido suas características mistas.

Maia (1998) observou ainda que a velocidade e a direção dos ventos determinavam as propriedades das ondas, definindo certa preponderância das ondas de Leste, variando entre Leste-Sudeste e Leste-Nordeste e com menos intensidade de Nordeste.

## 2. OBJETIVOS

O presente trabalho busca descrever o relevo submerso da área destinada à liberação dos sedimentos dragados no porto de Fortaleza, e realizar uma análise textural, comparando o sedimento encontrado antes e depois do despejo com os dados encontrados na literatura. Na área de descarte quis se verificar as modificações no perfil batimétrico após as operações de descarte da draga. Ao final, deseja-se concluir o estudo com uma análise e interpretação da morfologia da área.

### 3. JUSTIFICATIVA

A liberação de sedimentos dragados em áreas marinhas geralmente ocasionam impactos diretos no meio em questão. Os seres vivos que vivem nestas regiões sofrem com o aterro da moradia e de fontes de alimento, além-de o material particulado em suspensão que aumenta com rapidez podendo causar intoxicação dos animais e até a morte. Entender os efeitos locais da liberação destes sedimentos é de suma importância para a seleção de áreas mais apropriadas e que sofram o mínimo de impactos possíveis.



#### 4. MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados sedimentológicos desta pesquisa pertencem ao banco de dados do Laboratório de Dinâmica Costeira do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR) coordenado pelo Prof. Dr. Luis Parente Maia. A coleta das amostras foi realizada em duas campanhas, cuja primeira ocorreu nos dias 28 e 29 de setembro de 2010 e a segunda no dia 20 de fevereiro de 2011. Para o desenvolvimento deste estudo, as amostras foram selecionadas de acordo com a proximidade da área de trabalho.

As amostras foram coletadas a boreste da embarcação, com o barco ligado e se mantendo em cima do ponto de amostragem previamente selecionado e disposto no *Global Positioning System* (GPS). A coleta foi realizada com uma draga busca-fundo do tipo *Van Veen* e cada amostragem teve duração média de cinco minutos. Cada amostra possuiu, em média, um quilograma de sedimento, que foi armazenada em sacos plásticos, recebeu etiquetas de identificação e acondicionado em uma caixa com baixa temperatura, sendo posteriormente analisada em laboratório.

No Laboratório de Oceanografia Geológica do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR) da Universidade Federal do Ceará (UFC), as amostras recolhidas em campo foram submetidas a processos de análises sedimentológicas (granulometria, teores de carbonato, matéria orgânica e estudo morfoscópico dos grãos).

Ainda no laboratório, as amostragens foram levadas à estufa para secagem com temperatura de 60°C, durante 48 horas. Em seguida, os processos de quarteamento e de fracionamento em 100,0g de cada amostra foram realizados. O processado em questão seguiu para peneiramento úmido, cuja peneira possuía furos com espessura de 0,062mm, o que possibilitou o isolamento da fração lama (finos) da fração arenosa.

Após o procedimento supracitado, o restante da amostragem voltou à estufa para nova secagem, à mesma temperatura citada anteriormente. Então, as amostras foram sujeitadas ao peneiramento mecânico, com auxílio de *rotap* - etapa em que se distinguem as classes arenosas, com frações de 0,062mm até 2,00mm diamétrais, dos cascalhos, com frações de diâmetro superiores a 2,00mm.

O programa de análise ANASED 4.3i - desenvolvido pelo Laboratório de Geologia Marinha e Aplicada (LGMA) da UFC - foi utilizado para processar os dados granulométricos.

De acordo com informações gráficas obtidas das sinuosidades acumulativas da classificação e repetição, organizadas na escala ( $\phi$ ), os padrões granulométricos são computados e descrevem a curva em relação à sua disposição central e graus de dispersão, assimetria e agudez dos picos. Estes valores, conforme a categorização de Folk & Ward (1957), analisam a caracterização dos sedimentos consoante suas diversas propriedades, compreendendo a média e a mediana, adquirindo-se os valores de tendência central, os graus de seleção, assimetria e curtose.

A avaliação das quantidades de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) foi realizada segundo o método do Calcímetro de *Bernard* adaptado, de acordo com o qual as amostras reagiram com ácido clorídrico (HCL) com concentração de 10% em um conjunto interligado com uma mangueira.

Em seguida, foi retirada uma fração de 0,5g de cada amostra anteriormente seca à 60°C em estufa. Estas foram depositadas em um *erlenmeyer* ajustado a um tudo de ensaio, unido a um tubo de provetas cheio de água. O gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) que é liberado após a reação do ácido clorídrico com o carbonato de cálcio pré-existente na amostra, ocasionando o afastamento da coluna d'água no interior da proveta. É adotado uma importância máxima de deslocamento para uma amostra de 99% de  $\text{CaCO}_3$ , correlacionando este deslocamento em centímetros com o afastamento encontrado nas amostras, permitindo o cálculo do percentual de carbonato de cálcio.

A matéria orgânica total foi calculada conforme o método gravimétrico, realizando a combustão de 2g da amostra antecipadamente seca em forno mufla, procedimento executado em duplicata à 450°C, durante 24 horas (LORING & RANTALA, 1992). A quantidade de matéria orgânica [MO] avaliada foi calculada de acordo com a expressão:  $[\text{MO}] = (\text{mc} \times 100) / \text{ms}$ , cuja “mc” representa a massa deteriorada após calcinação e “ms” significa a massa total do sedimento.

Os procedimentos tradicionais utilizados para analisar dados de georreferenciamento se valem de informações na forma vetorial, conferindo pontos, linhas e polígonos para buscar

simular os atributos físicos e geográficos do ambiente de estudo. Em relação ao uso de softwares, como o *ArcView* (módulo basilar), toda a unidade de análise admite os valores iguais, para realizar análise dos dados tabulares.

Um método mais eficaz para apreciação de dados se fundamenta na interpolação destas informações. Desta forma, os atributos intermediários dos dados são resguardados e a consequência final é uma área ininterrupta de dados mais atenuados, reduzindo as oposições entre os polígonos e facilitando a visualização das informações referentes à matéria orgânica e ao carbonato de cálcio.

A Krigagem é considerada uma boa metodologia de interpolação de dados. Ela utiliza o dado tabular e sua posição geográfica para calcular as interpolações. Utilizando o princípio da Primeira Lei de Geografia de Tobler, que diz que unidades de análise mais próximas entre si são mais parecidas do que unidades mais afastadas, a krigagem utiliza funções matemáticas para acrescentar pesos maiores nas posições mais próximas aos pontos amostrais e pesos menores nas posições mais distantes, e criar assim os novos pontos interpolados com base nessas combinações lineares de dados (JAKOB, 2002, p. 1 e 2).

O mapeamento batimétrico é uma técnica que pode ser definida como a análise morfológica do substrato de um corpo d'água, por intermédio de medições da profundidade local. Para isso, pode-se utilizar o equipamento denominado ecobatímetro, que mede a profundidade através de transmissão e recepção de ondas sonoras.

Dentro dos objetivos do monitoramento ambiental do projeto de aprofundamento do canal de acesso ao Porto de Fortaleza, foi definida a área para a realização do levantamento batimétrico, que é nomeada de área de descarte.

O levantamento batimétrico foi realizado na área de descarte onde se estabeleceu o local do lançamento dos sedimentos dragados no entorno do Porto de Fortaleza. Os perfis batimétricos foram traçados na escala 1: 5.000, gerando informações bastante detalhadas da área. A área de trabalho está localizada ao largo do litoral oeste de Fortaleza, próximo à praia da Leste-oeste entre as ruas Senador Robert Kennedy e Padre Mororó. A região encontra-se a 6 Km de distância do Porto e está limitada pelas coordenadas UTM (a) 547631E/9594769N, (b) 551774E/9592136N, (c) 551763E/9589297N e (d) 547629E/9591910N. O formato é de um retângulo inclinado de comprimento 2,8Km, 4,1 Km de largura e área de 11,8Km<sup>2</sup>. Porém, durante o levantamento observou-se limitações para a navegação que resultou em uma área

irregular com 5,5 Km de comprimento, 2,0 Km de largura e 8,7Km<sup>2</sup>, limitada pela isobata de 6,0 metros.

Para o levantamento batimétrico, utilizou-se uma ecossonda conjugada a um GPS, modelo GPSMAP 421s GARMIN, conectada a um laptop para a aquisição dos dados em tempo real. Esse sistema capta dados de profundidade, temperatura, horas e coordenadas geográficas. A taxa de transmissão dos dados foi de 1/segundo e as informações eram salvas em formato ASCII. Após a aquisição dos dados foi realizado o processamento para a correção do nível da maré e conversão de coordenadas geográficas para planas (UTM). Todos os dados foram plotados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) para a produção dos mapas e layouts finais

Os dados de profundidade foram corrigidos ao nível do Zero Hidrográfico, nível reduzido, baseado na tábua de maré do Porto de Fortaleza, fornecido pela da Diretoria de Hidrografia e Navegação – Marinha do Brasil (DHN). A curva de maré foi desenvolvida a partir de medidas em campo e posteriormente correlacionadas com a tábua de maré do porto do Fortaleza. As observações da oscilação do nível do mar foram realizadas a partir dos dados coletados com um marégrafo-ondógrafo RBR modelo 2050, fundeado sobre a área de estudo.

Após a correção das oscilações da maré sobre os pontos batimétricos observados foi gerada uma base de dados no formato XYZ, que possibilitou a geração de modelos de superfície batimétrica a partir de Interpoladores Triangulares (TIN), onde o ponto observado corresponde ao ponto interpolado, minimizando os erros de estimativas dos modeladores. A partir da geração do modelo de superfície foi possível calcular a declividade (qual a unidade) e o aspecto (direção de declive) das feições submersas identificadas pelo método.

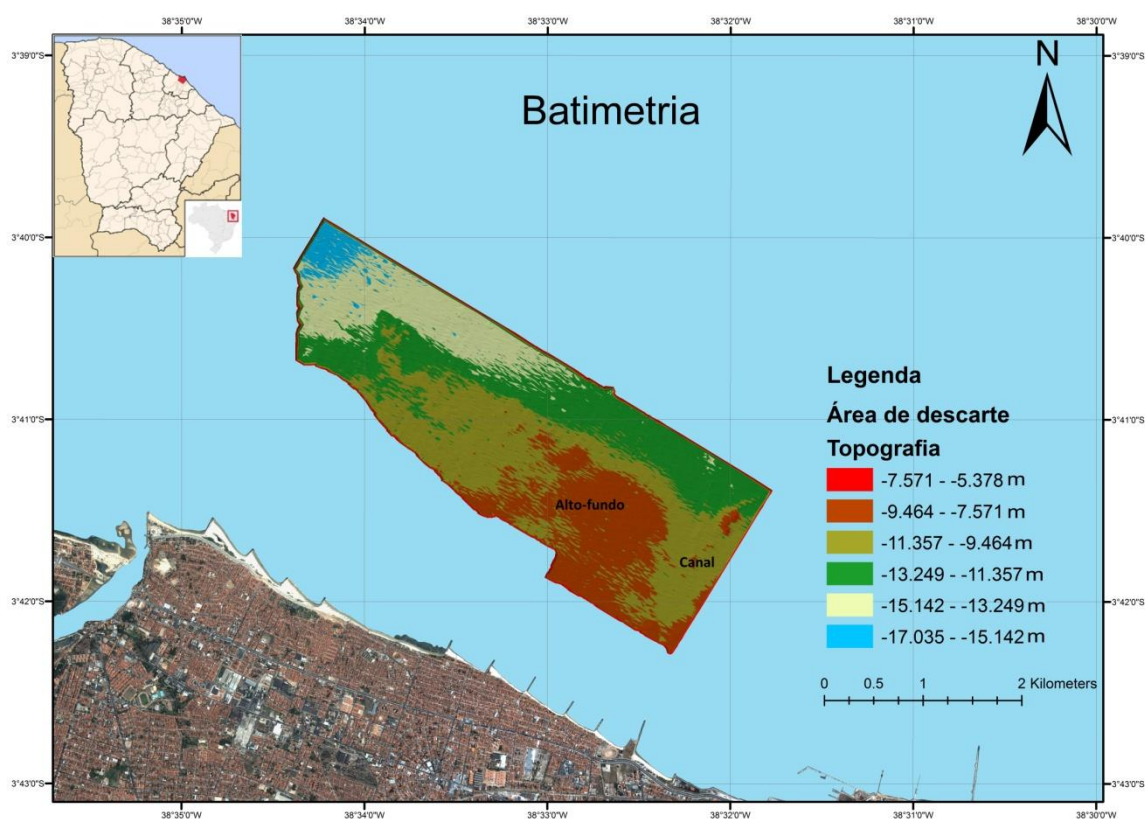
O levantamento batimétrico da Área de Descarte foi realizado nos dias 21 e 22 de fevereiro de 2011. A embarcação utilizada foi uma lancha *Flexboat Zodiac* com motor de popa com 150hp. Foram realizados 106 perfis, espaçamento de 50 m e comprimento variando de 640 a 2.000 m. O percurso total do levantamento foi de aproximadamente 190 Km.

Para os *layouts* finais dos mapas foram utilizados dois métodos de interpolação de dados visando facilitar a interpretação dos dados.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A batimetria realizada na área de descarte mapeou uma extensão de aproximadamente 8,7 Km<sup>2</sup>, com a cobertura de 48,036 pontos cotados. A maior profundidade encontrada foi de 17,03m e a menor 5,37 m. Os perfis apresentam pontos com espaçamento médio de 3 m de distância. Na área, foi constatado o limite costeiro da navegação na isobata de 6 m, devido a presença de recifes submersos, o que possibilitou a realização de apenas 74% da área total do mapeamento. A Figura 1 apresenta o mapa com um modelo Triangular Irregular *Network* (TIN), que permite visualizar a topografia local, identificando as principais feições.

Figura 1: Mapa com batimetria da área de estudo.



Fonte: O autor.

Através do mapeamento batimétrico referente à área de descarte, foi possível observar a presença de um alto fundo na porção centro-leste do levantamento, feição identificada anteriormente em levantamentos de perfis na região (RELATÓRIO PARCIAL DO PORTO, 2010). Foi observada, também, a presença de um canal inciso na porção leste do levantamento.

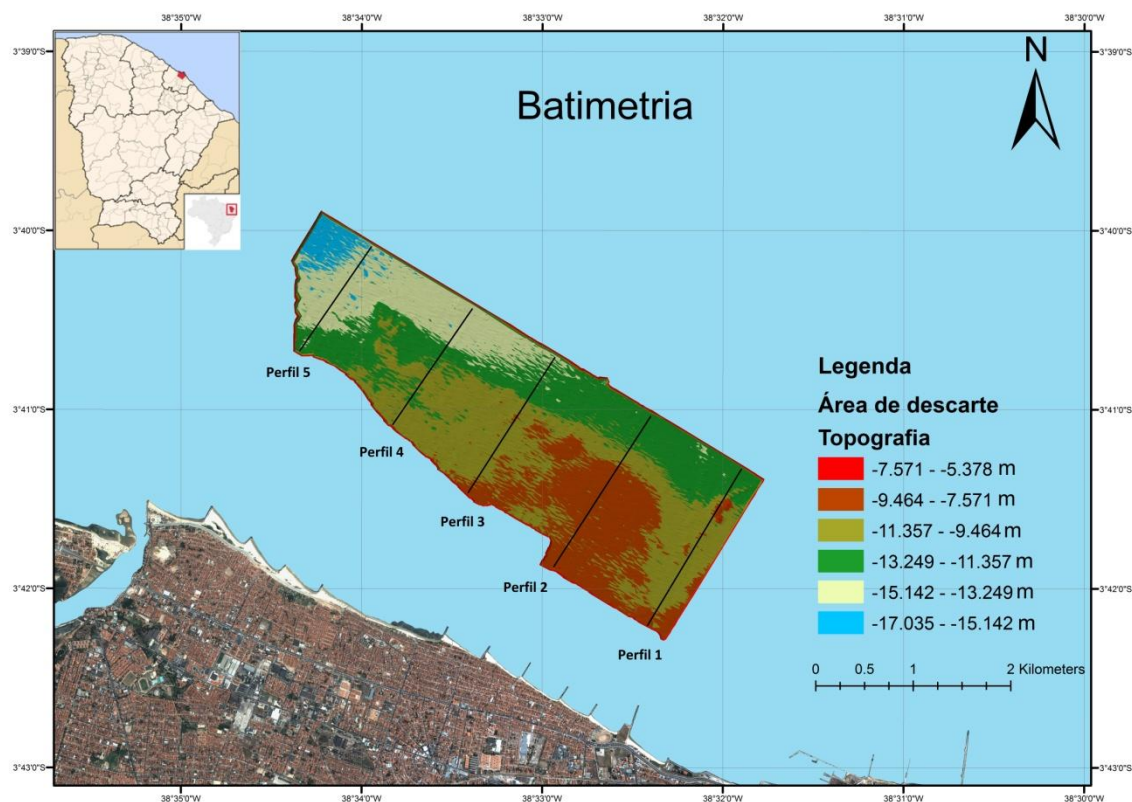
O alto fundo possui 1,03 Km de largura, 1,40 Km de comprimento e área de, aproximadamente, 1,3 Km<sup>2</sup>. O canal situado a leste do levantamento possui 0,3 Km e 1,0 Km em suas larguras; 1,25 Km de comprimento; e de cerca de 0,84 Km<sup>2</sup> de área.

O relevo submerso desta área demonstrou declividade mínima de 0,0014° e máxima de 71,09°, apresentando uma média de 3,26°, com o desvio padrão de 3,53°. A predominância de 85% das observações de declividade se refere aos valores entre 0,0014° e 15° e os ângulos maiores ocorrem de forma pontual indicando, provavelmente, contato entre os recifes e o substrato arenoso.

O mapa de aspecto identificou três sentidos predominantes para o declive: (1) ESE-ONO, na porção localizada mais à direita da área; (2) SSO-NNE na porção central da área; (3) e SSE-NNO na porção mais a esquerda da área. Definindo, assim, as facies das principais feições submersas entre o alto-fundo e o canal natural, porção localizada à direita da área norte.

Foram produzidos cinco perfis para visualização ao longo do levantamento, nomeados em ordem numérica da direita para esquerda. O perfil 1 está localizado em cima do canal, que se encontra na porção leste do levantamento, e o perfil 2 está situado acima do alto-fundo como mostra a Figura 2.

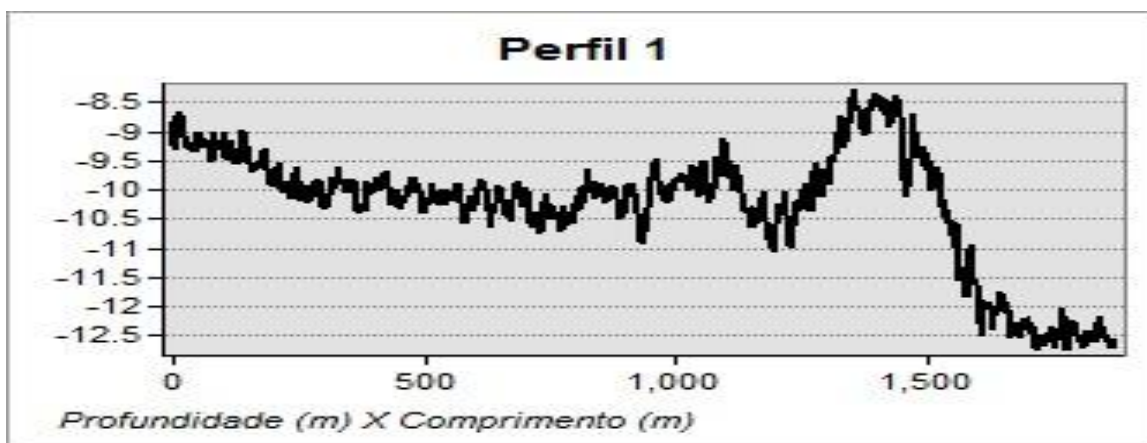
Figura 2: Mapa com a batimetria da área de estudo e com os perfis traçados.



Fonte: O autor.

A Figura 3 exibe o perfil 1, traçado acima do canal que está na porção leste do levantamento, onde este perfil apresenta um relevo com declividade bastante suave, até, aproximadamente, 1000 m, seguido por um aumento abrupto da profundidade entre 1100 e 1300 m. No intervalo de 1400 e 1500 m ocorre diminuição da profundidade de, aproximadamente, 2,5 m. Já de 1500 m a 1650 m, a profundidade aumenta rapidamente até 12,5 m. A partir deste momento ele apresenta declividade suave.

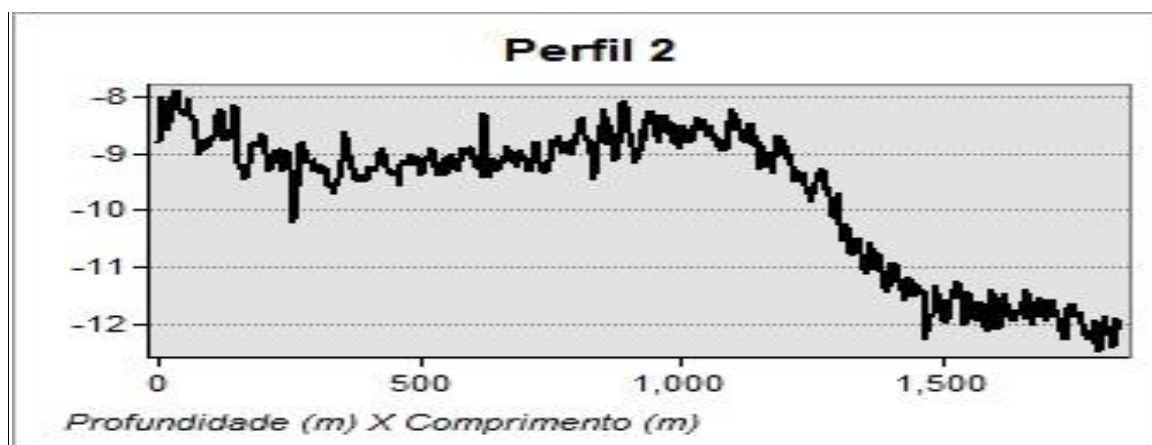
Figura 3: Perfil 1 traçado a leste do levantamento.



Fonte: o autor

O perfil 2, correspondente à figura 4, mostra declividade muito suave, com profundidade variável em no máximo 2 m. Porém, na maior parte deste trajeto, a profundidade muda 0,5 a 1 m, até o comprimento de 1200 m. Este trecho do perfil equivale ao alto-fundo descrito acima. Entre 1200 e 1500 m, a profundidade aumenta de -8.5 à -12 m, deste ponto em diante o relevo passa a ser mais suave.

Figura 4: Perfil 2 corta o alto-fundo.

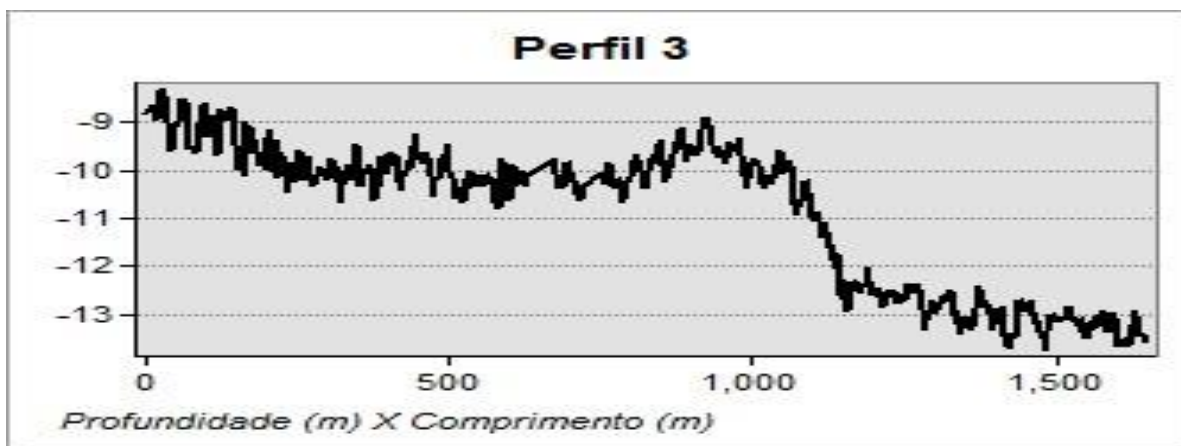


Fonte: O autor

A Figura 5 apresenta o perfil 3, que exibe relevo bastante suave até 800 m do início do perfil. Deste segmento em diante surge um pequeno morro, com altura de 1 m. Este alto se estende de 800 a 1100 m de comprimento, neste marco ocorre um aumento brusco da profundidade, variando -10 m a -13 m, entre 1100 e 1150 m de extensão aproximadamente. Após 1150 m, o relevo segue suave sua queda.



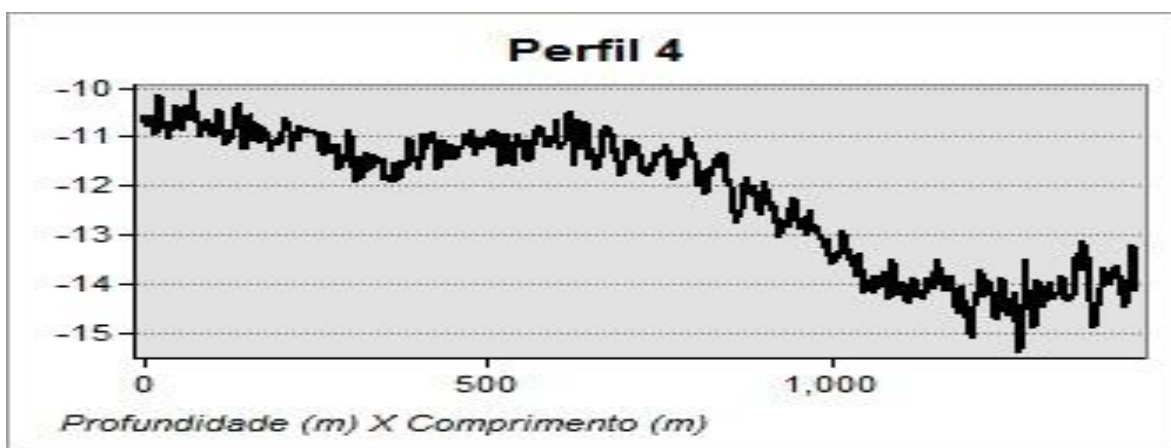
Figura 5: Perfil 3 traçado na área central do levantamento.



Fonte: O autor

O perfil 4, conforme a Figura 6, apresenta o relevo com declividade bastante suave até 800 m do começo do perfil. Nesta demarcação sofre uma variação da profundidade que vai de 11,5 a 14 m, em 200 m de comprimento. A partir dos 1000 m, a declividade é bastante reduzida.

Figura 6: Perfil 4 é o penúltimo da direita para esquerda.

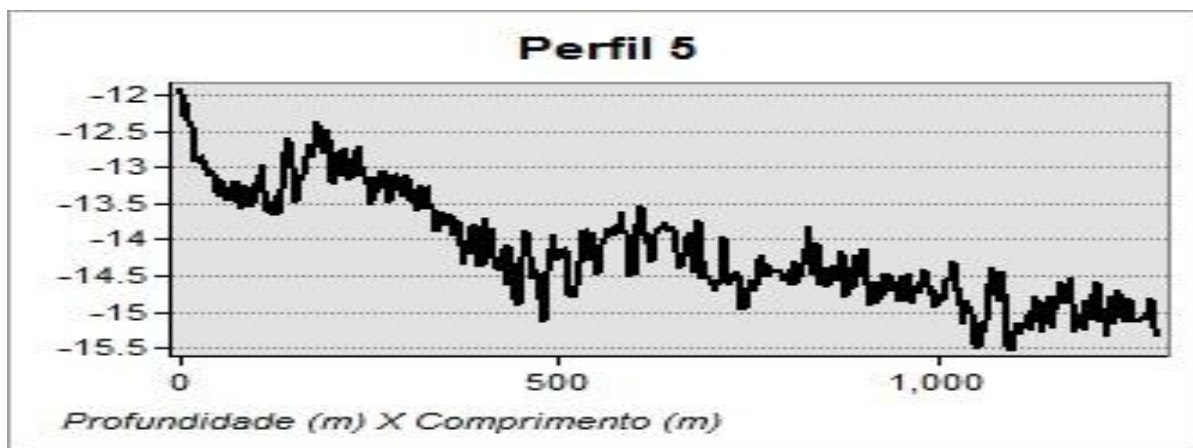


Fonte: O autor

A Figura 7 exibe o último perfil traçado. Ele se encontra na porção mais oeste do levantamento e possui o início do perfil muito irregular. A profundidade variou de 12 m para 13,5 m nos primeiros 100 m de comprimento desta sessão. Deste marco até aproximadamente 250 m, a profundidade diminuiu e passou a medir 12,5 m. De 250 a 500 m, a profundidade

aumenta rapidamente, variando de 12,5 até 15 m. Neste momento, o relevo apresenta declividade suave.

Figura 7: Perfil 5 traçado a oeste do levantamento.



Fonte: O autor

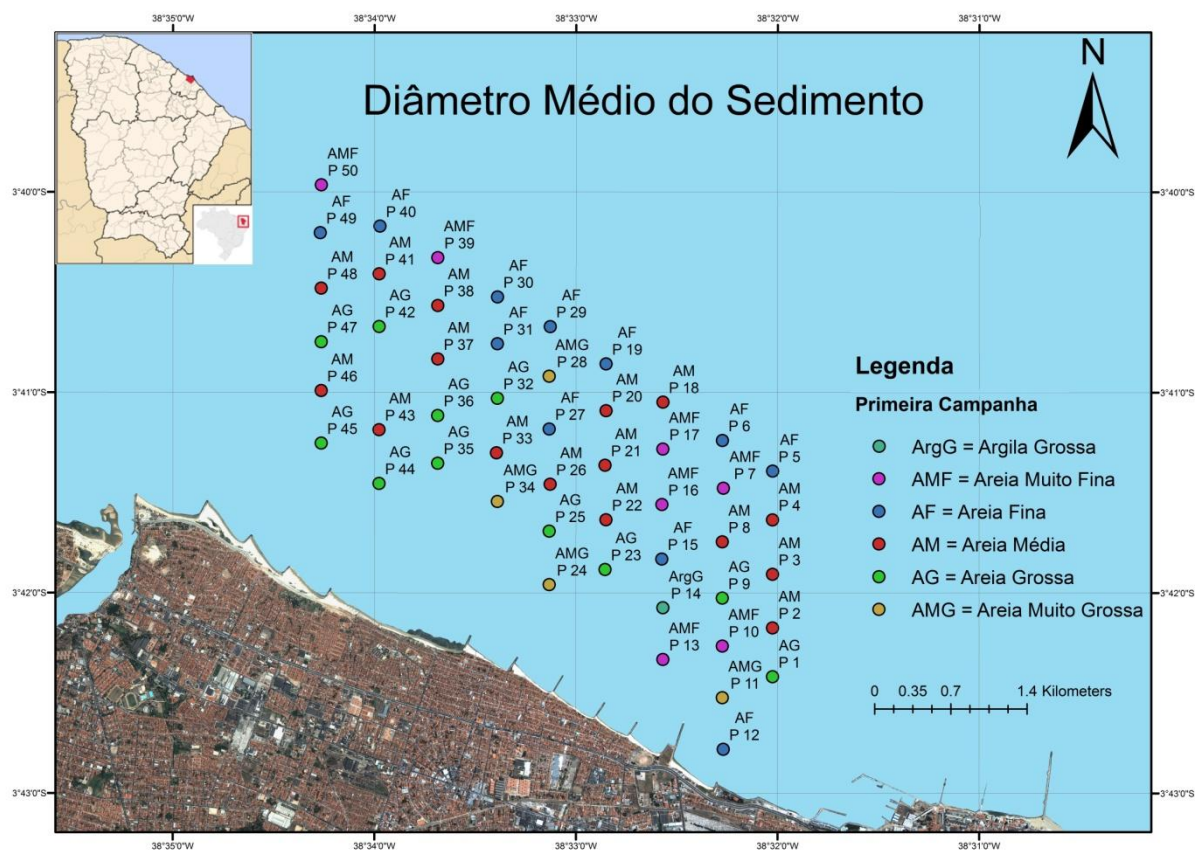
A área de estudo sofre influência direta do material liberado pelo emissário submarino de Fortaleza, local que apresenta problemáticas ambientais dignas de estudos mais aprofundados.

Silva (2012) fundamentado em Turekian (1996) analisa que os materiais inconsolidados proveniente do ambiente marinho são formados por material detrítico advindo dos continentes e de conteúdos retirados da água dos mares através de reações químicas ou biológicas. Os sedimentos marinhos podem ser classificados de acordo com a granulação dos substratos e conforme sua composição.

Os sedimentos da zona de estudo são caracterizados pela presença de areia quartzosa e biodetrítica, com granulometria variável de acordo com a espessura (muito fina, fina, média, grossa e muito grossa) e pela detecção de matéria orgânica, fragmentos de conchas, cascalho e placas de *Halimeda* (SILVA, 2012, p.89).

O mapa a seguir apresenta a distribuição dos pontos onde foi realizada a amostragem dos sedimentos no ano de 2010. Os espaços vazios entre os pontos P 42 e P 43 e abaixo dos pontos P 34 e P 35 ocorrem devido a impossibilidade de coletar a amostra, graças à rochosidade do fundo.

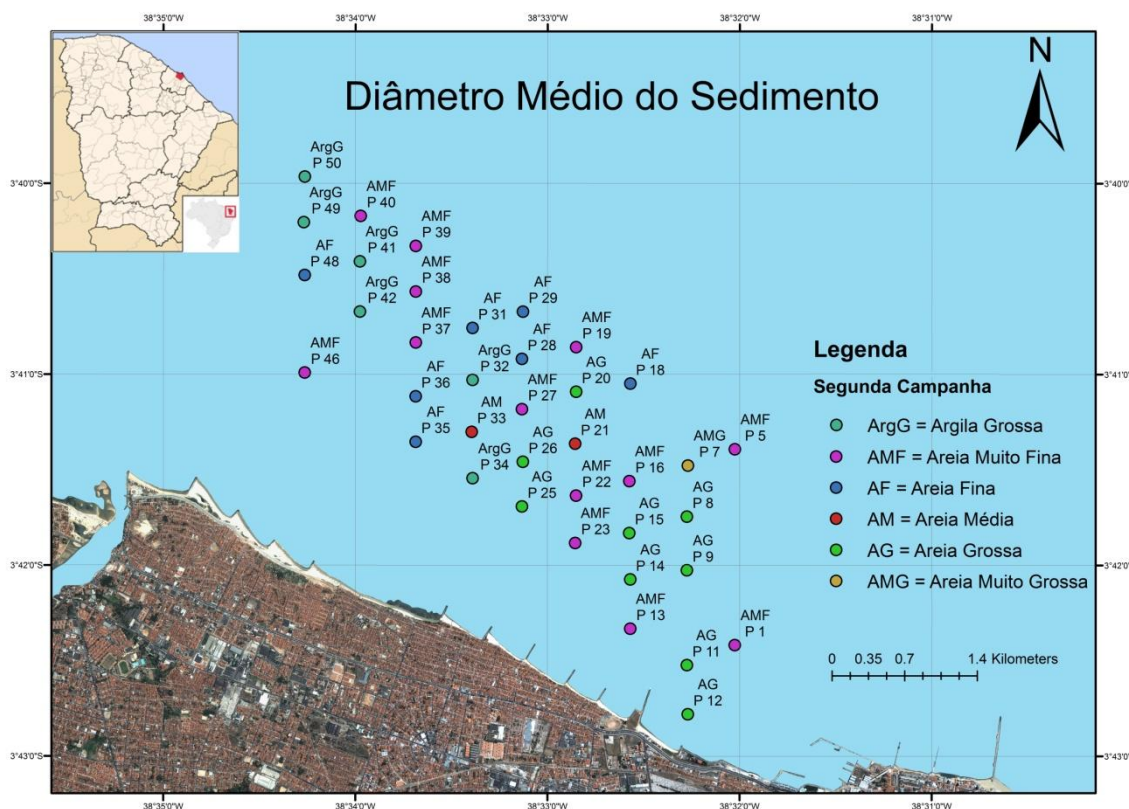
Figura 8: Mapa com pontos de coleta e textura do sedimento (2010).



Fonte: O autor

O mapa a seguir, correspondente à Figura 9, apresenta a distribuição das amostras coletadas em 2011, na segunda campanha. Dois pontos que se localizavam abaixo do ponto P 42; um ponto que se encontrava abaixo do ponto P 48; um ponto acima do ponto P 31; e os pontos P 2, P 3 e P 4 (que foram caracterizados com areia média em 2010) não foram coletados em 2011.

Figura 9: Mapa com os pontos de coleta e a textura do sedimento de 2011.



Fonte: O autor

Algumas amostras mudaram a dimensão dos grãos após o descarte dos sedimentos dragados no porto de Fortaleza, sobre as quais descreveremos as de maior relevância. O ponto P 7, em 2010, foi identificado como areia muito fina, porém, em 2011 foi caracterizado como areia muito grossa.

Os pontos P 41, P 42, P 49 e P 50, que em 2010 foram caracterizados, respectivamente, como areia média, areia grossa, areia fina e areia muito fina; em 2011, todas estas amostras foram identificadas como argila grossa.

Os pontos P 1 e P 23 foram reconhecidos como areia grossa, em 2010, e como areia muito fina em 2011. Os pontos P 35 e P 36 aparecem descritos como areia grossa, em 2010, e como areia fina, em 2011. Os pontos P 32, P 34, P 28 e P 46 foram identificados, respectivamente, em 2010, como areia grossa, areia muito grossa, areia muito grossa e areia média. Porém, em 2011, os pontos P 32 e P 34 são reconhecidos como argila grossa e os pontos P 28 e P 46 aparecem como areia fina e areia muito fina, respectivamente. Os

sedimentos encontrados nos pontos P 12 e P 15 estão caracterizados como areia fina, em 2010, e areia grossa, em 2011.

Tabela 1: Comparação da dimensão dos sedimentos em pontos próximos coletados nos anos de 2007, 2010 e 2011. Os dados relativos ao ano de 2007 foram adquiridos através da tese de doutorado de Silva (2012).

Amostras	2007	2010	2011
P 16	Areia Muito Fina	Areia Muito Fina	Areia Muito Fina
P 23	Areia Muito Grossa	Areia Grossa	Areia Muito Fina
P 26	Areia Média	Areia Média	Areia Grossa
P 28	Areia muito Fina	Areia Muita Grossa	Areia Fina

Fonte: O autor

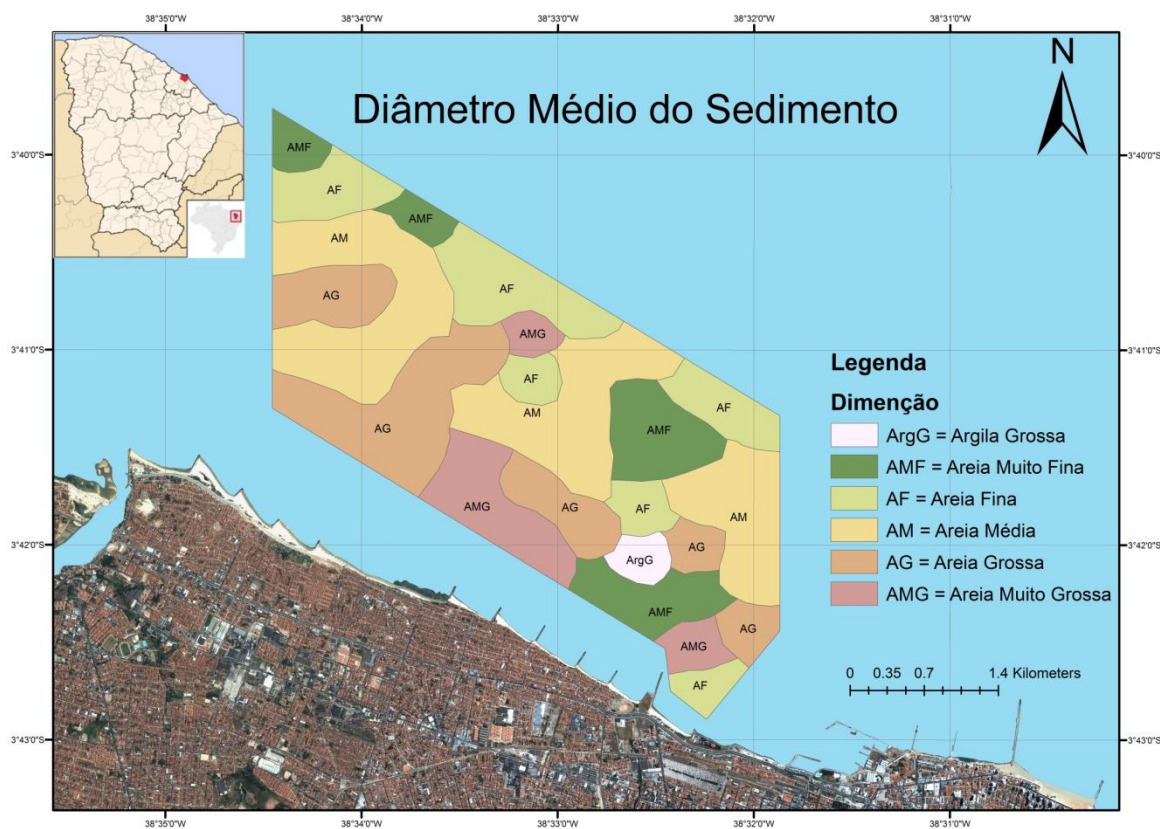
O ponto P 16 parece não ter sofrido influência alguma das operações realizadas nesta área. No entanto, os pontos P 23 e P 26 receberam características muito diferentes em 2011, quando comparados aos anos de 2007 e 2010, indicando um reflexo da ação de liberação dos sedimentos dragados no canal portuário de Fortaleza. Nos anos de 2007 e 2010 o ponto P 28 teve grande variação de características sedimentológicas, mas, em 2011, ele volta a ter, predominantemente, grãos finos. Esta alteração ocorreu devido à dispersão dos sedimentos pela corrente de deriva litorânea, que será explicada mais adiante.

Os mapas referentes às Figuras 10 e 11 apresentam as facies granulométricas dos sedimentos encontrados na área de estudo. No modelo do ano de 2010 é possível observar que os sedimentos estão divididos em pequenas porções de mesma característica e abrangem grãos que denominam areia muito fina, areia fina, areia média, areia grossa, areia muito grossa e argila grossa.

Na porção a oeste do levantamento, o mapa apresenta porções maiores, com grãos que assinalam predominância de areia média, areia grossa e areia muito grossa; com o aparecimento de pequenas porções de areia fina e areia muito fina.



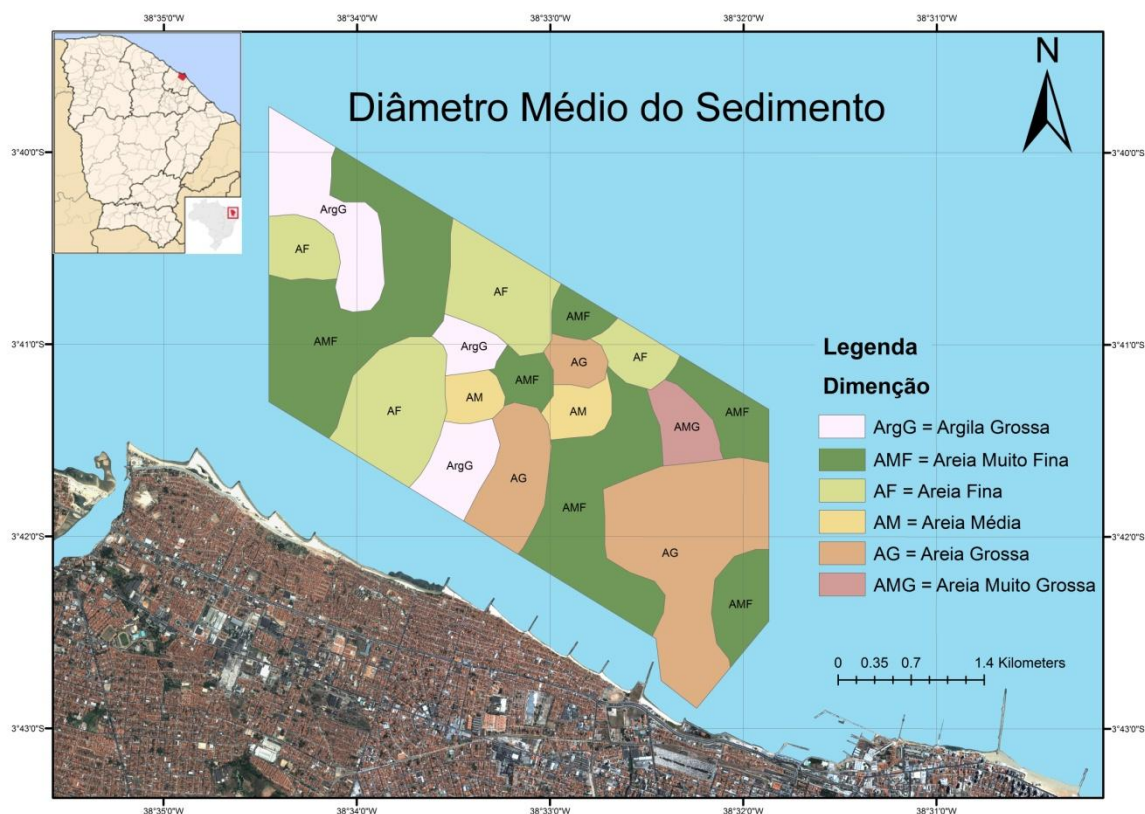
Figura 10: Mapa com as facies sedimentares relacionadas ao diâmetro do sedimento de 2010.



Fonte: O autor.

No mapa onde constam as informações do ano de 2011, pode-se notar a predominância de verde, verde claro e branco, o que caracteriza maior presença de areia muito fina, areia fina e argila grossa (grãos pequenos). Na amostra a leste do levantamento há presença de uma grande porção, qualificada por sedimentos que identificam areia grossa, e uma pequena porção, que apresenta areia muito grossa.

Figura 11: Mapa com as facies sedimentares relacionadas ao diâmetro do sedimento de 2011.



Fonte: O autor.

Comparando os dois mapas, em que segundo apresenta os sedimentos desta área após a liberação dos substratos dragados na zona portuária de Fortaleza, é possível notar que em 2011 há predominância de sedimentos finos em quase todo o levantamento. No entanto, no espaço a leste do levantamento há preponderância de sedimentos grossos.

Este fenômeno deve-se à corrente de deriva litorânea, que segue praticamente paralela à costa. Quando os sedimentos dragados foram liberados na área de estudo, os sedimentos mais grosseiros precipitaram rapidamente, enquanto os mais finos eram carregados pela corrente de deriva e precipitavam ao longo da zona de estudo. Observa-se que a partir do centro do levantamento, em direção a oeste, quase ocorre formação de faixas, onde a mais próxima do centro é constituída principalmente por areia fina; a do meio é composta principalmente de areia muito fina; e a oeste do levantamento há uma grande porção de argila grossa.

Tabela 2: Comparação da porcentagem de  $\text{CaCO}_3$  dos sedimentos em pontos próximos coletados nos anos de 2007, 2010 e 2011. Os dados relativos ao ano de 2007 foram adquiridos através da tese de doutorado de Silva (2012).

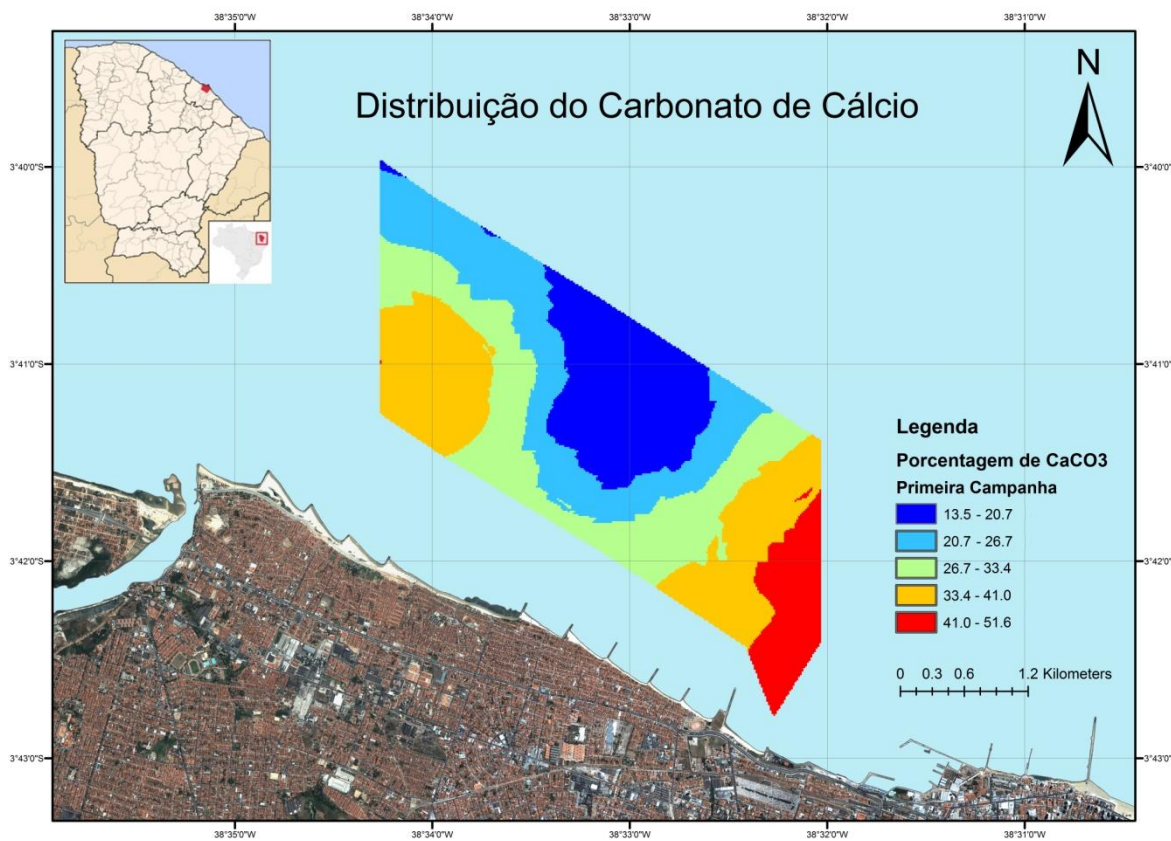
Amostras	2007	2010	2011
P 16	29.17	15.56	5.23
P 23	56.64	29.7	24.66
P 26	12.01	6.72	16.81
P 28	21.98	32.18	6.73

Fonte: O autor .

Os pontos P 16 e P 23 apresentaram uma tendência de diminuição da concentração de  $\text{CaCO}_3$ , enquanto no ponto P 23 e em suas proximidades as concentrações maiores apareceram em 2007 e 2011. No ponto P 28 ocorre uma variação positiva nos anos de 2007 e 2010, porém, em 2011, há um grande decréscimo na concentração de  $\text{CaCO}_3$ , que varia de 25,45%.



Figura 12: Mapa que relaciona a distribuição de  $\text{CaCO}_3$  de 2010.

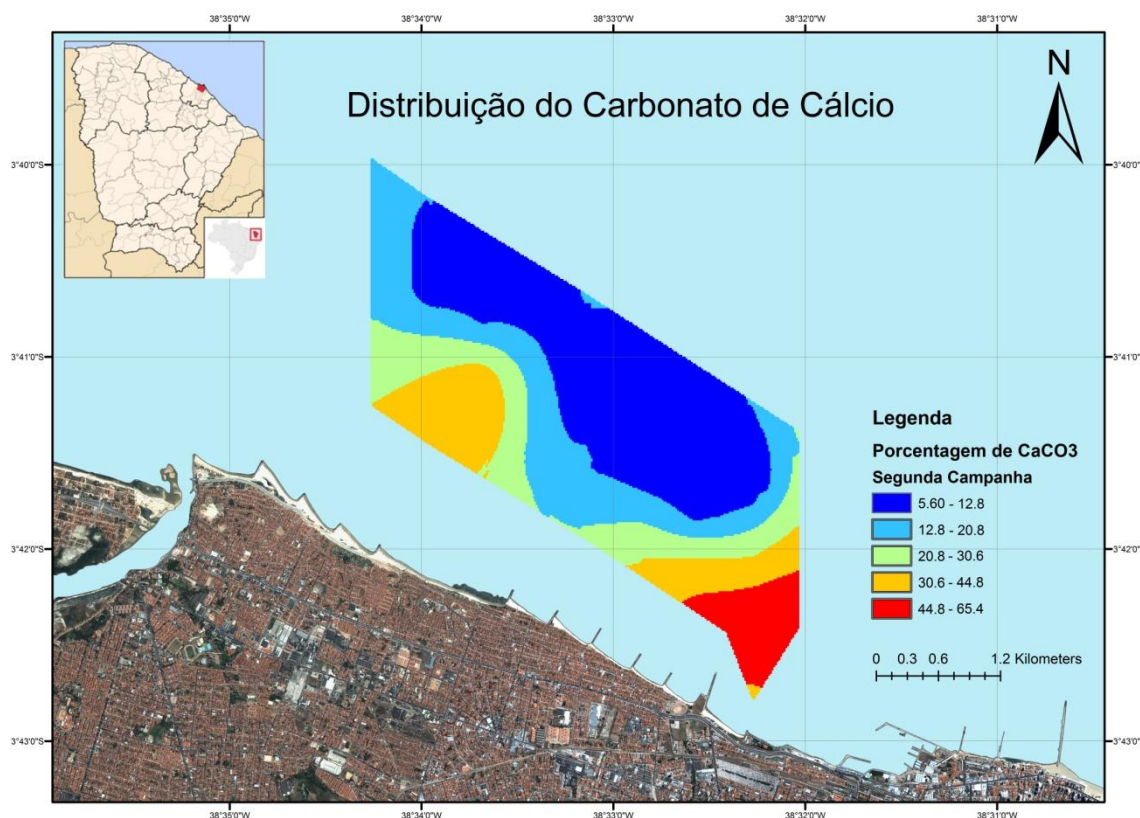


Fonte: O autor.

A Figura 12 apresenta um mapa com a distribuição, em porcentagem, do carbonato de cálcio ao longo da área de estudo, em 2010. As concentrações variaram de 13,52 a 51,66%, mas o maior domínio de  $\text{CaCO}_3$  é encontrado na porção a leste do levantamento e em outra grande área localizada a oeste.

A partir destas áreas com maior concentração em direção ao meio-norte do levantamento, ocorre um decréscimo gradativo de carbonato de cálcio e, no meio-norte da área estudada, aparece uma grande área azul, que corresponde às concentrações mínimas, variáveis de 13,52 a 20,71%.

Figura13: Mapa com a distribuição de  $\text{CaCO}_3$  do ano de 2011.

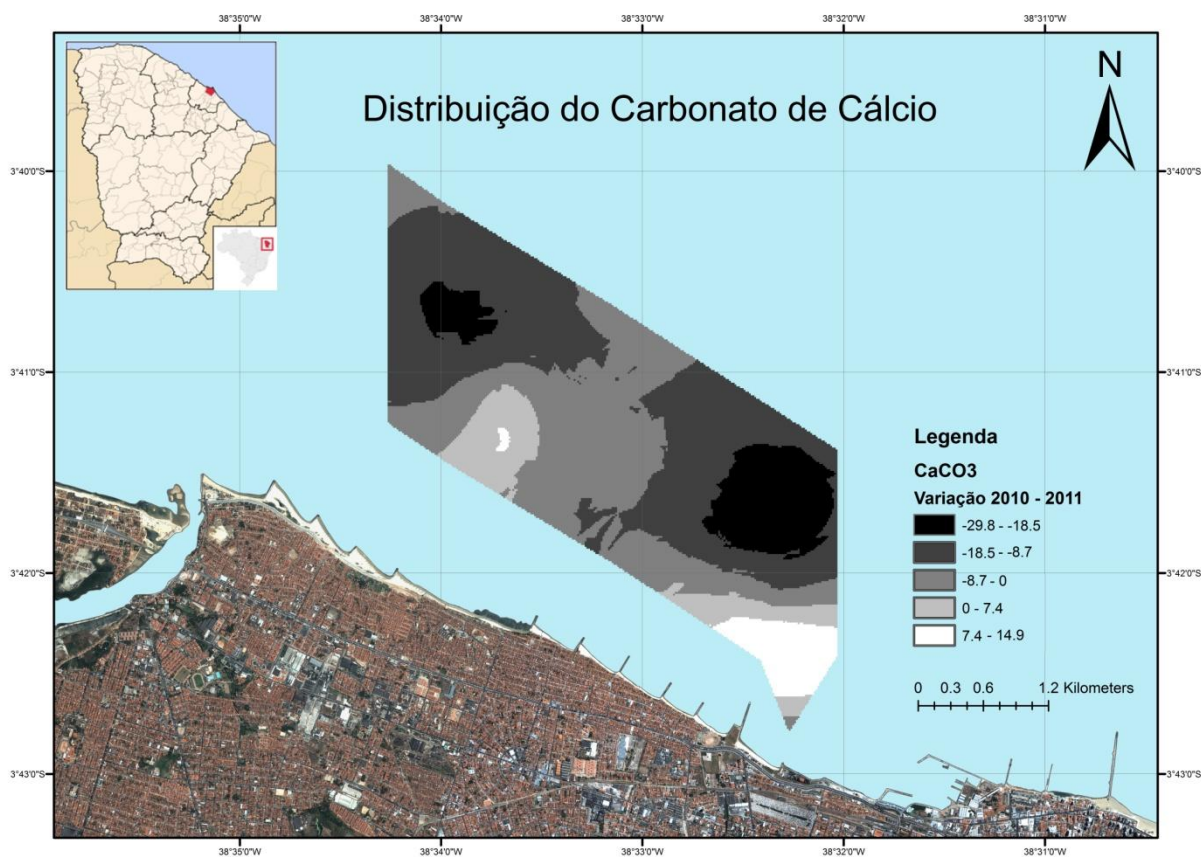


Fonte: O autor

A Figura 13 apresenta o mapa com a distribuição, em porcentagem, do carbonato de cálcio ao longo da área de estudo em 2011. As concentrações alternaram de 5,60 a 65,43%, mas o maior domínio de  $\text{CaCO}_3$  é detectado na porção a sudeste do levantamento e, em outra área localizada a oeste, com concentrações que variam de 30,60 a 65,43% .

A partir destas áreas, com maior concentração em direção ao meio-norte do levantamento, como aconteceu no mapa da Figura 12, há um decréscimo gradativo de carbonato de cálcio e no meio-norte da área estudada aparece uma grande área azul, que se estende praticamente de leste para oeste, correspondente às concentrações mínimas, variáveis de 5,60 a 12,80%.

Figura 14: Mapa que relaciona a variação da distribuição de  $\text{CaCO}_3$ , entre os anos de 2010 e 2011.



Fonte: O autor.

O mapa acima (Figura 14) mostra a variação da concentração de carbonato de cálcio nos anos de 2010 e 2011, cujas cores branca e cinza clara representam o aumento da concentração de  $\text{CaCO}_3$ , neste intervalo de tempo. Os outros tons de cinza e a cor preta simbolizam as áreas onde ocorreram a diminuição da concentração de  $\text{CaCO}_3$ .

É possível observar uma diminuição na concentração de carbonato de cálcio em quase toda a área levantada e, principalmente, em duas porções mais arredondadas (uma porção maior no lado leste do levantamento e outra menor no lado oeste), porém, há pequenas áreas com variação positiva (uma na porção sudeste do levantamento e outra na porção centro-oeste).

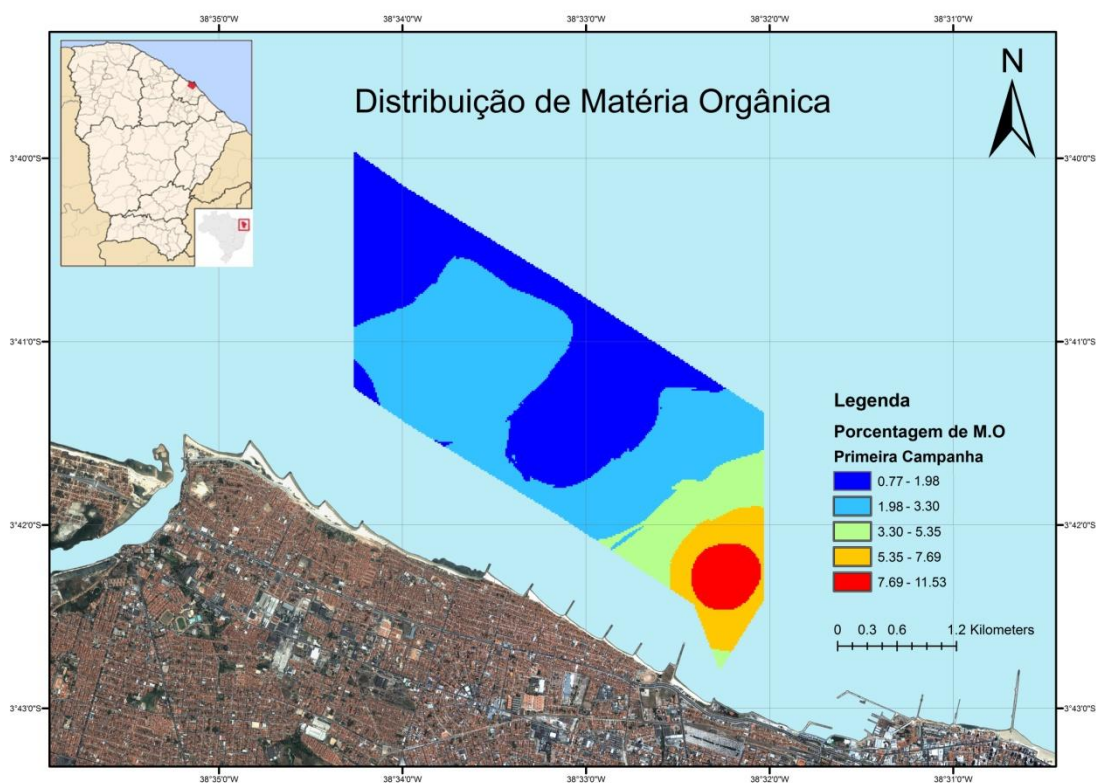
Tabela 3: Comparação da porcentagem de Matéria Orgânica dos sedimentos em pontos próximos coletados nos anos de 2007, 2010 e 2011. Os dados relativos ao ano de 2007 foram adquiridos através da tese de doutorado de Silva (2012).

Amostras	2007	2010	2011
P 16	0.83	1.62	1.16
P 23	3.25	3.23	0.87
P 26	0.46	0	2.25
P 28	1.19	3.21	1.2

Fonte: O autor.

Os pontos P 16 e P 28 seguem um padrão, que detecta o aumento de matéria orgânica (M.O), em 2010, e um decréscimo, em 2011. O ponto P 23 sofre uma pequena variação entre 2007 e 2010, no entanto, em 2011, a quantidade de M.O diminui consideravelmente. O ponto P 26 é o único ponto que sofre um amplo aumento na concentração de M.O.

Figura 15: Mapa com a distribuição de Matéria Orgânica do ano de 2010.



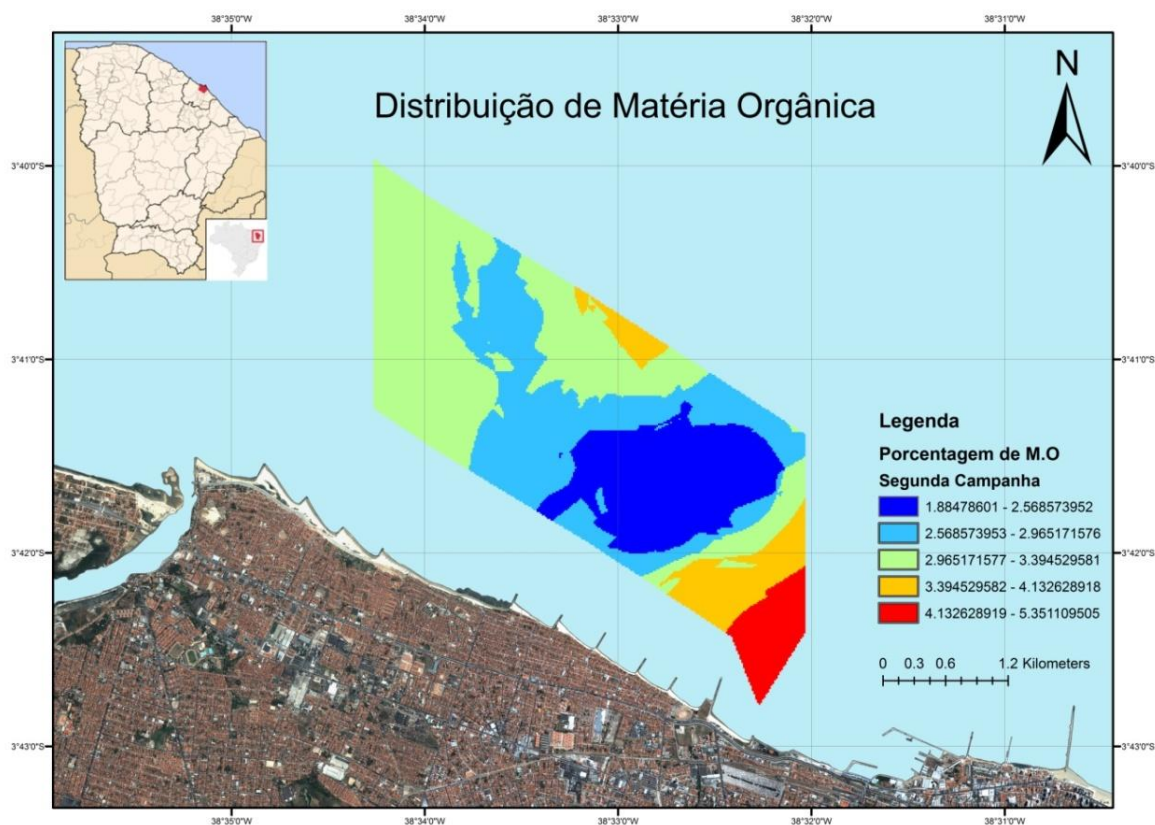
Fonte: O autor



O mapa superior (Figura 15) apresenta a distribuição da Matéria Orgânica ao longo da área de estudo, durante a primeira campanha, em 2010. As concentrações variaram de 0,77 a 11,53% das amostras e o maiores valores de M.O são encontrados na porção a sudeste do levantamento, nas proximidades do emissário submarino de Fortaleza.

Desta região em direção à porção oeste do levantamento, as concentrações de M.O seguem diminuindo até as proximidades do centro do levantamento, onde a partir de então sofre um pequeno aumento e, em seguida, volta a decrescer.

Figura 16: Mapa que relaciona a distribuição de Matéria Orgânica de 2011.

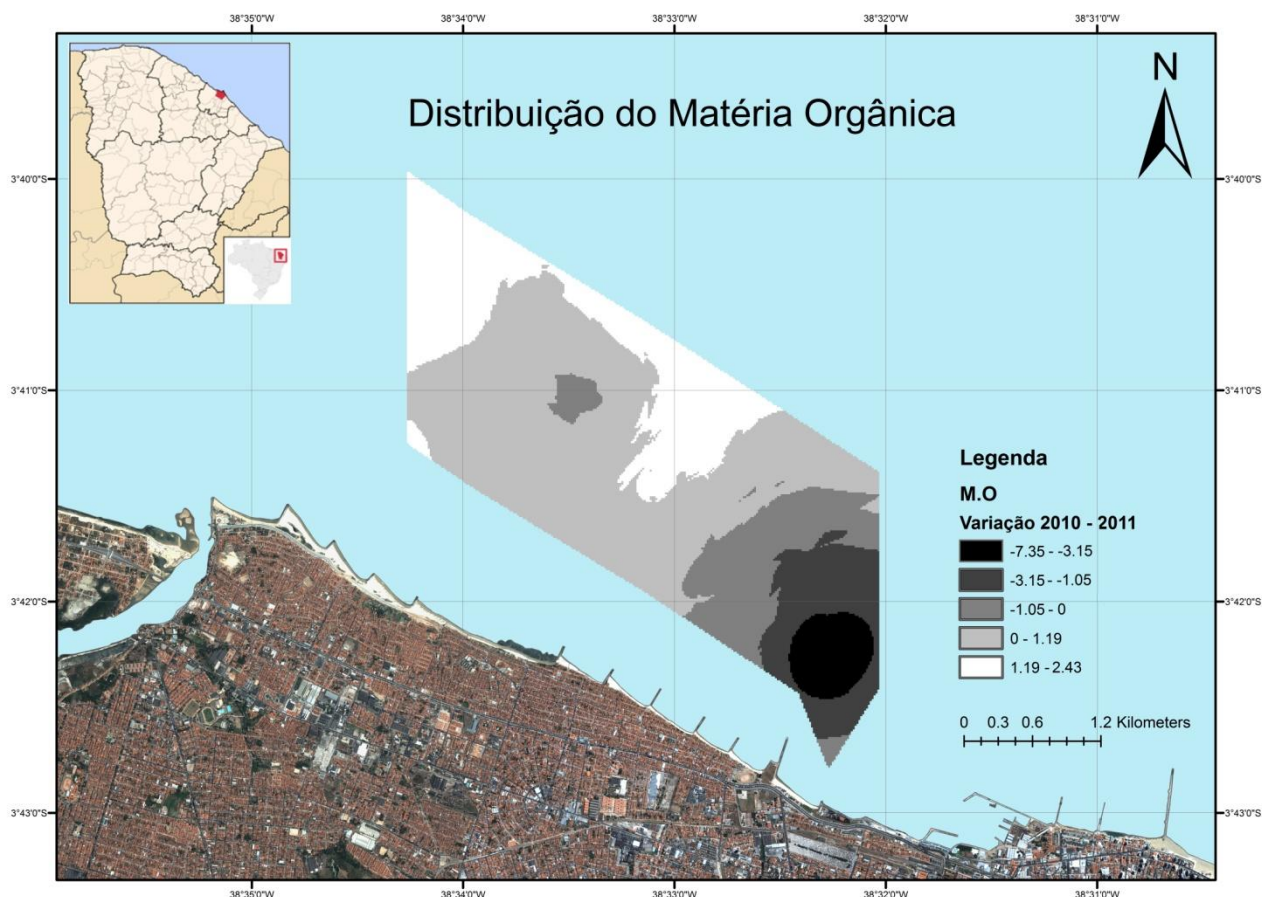


Fonte: O autor.

A Figura 16 indica o mapa com a distribuição da matéria orgânica ao longo da área de estudo, durante a segunda campanha, realizada em 2011. As concentrações de M.O variaram de 1,88 a 5,35% nas amostras e o maiores valores de M.O também aparecem na porção a sudeste do levantamento, porém com valores consideravelmente menores.

A matéria orgânica aparece distribuída quase em zonas circulares, cujo centro possui menor concentração e as faixas ao redor aumentam a concentração de M.O gradativamente, como exhibe o mapa acima (Figura 16).

Figura 17: Mapa que relaciona a variação da distribuição de Matéria Orgânica, nos anos de 2010 e 2011.



Fonte: O autor

A Figura 17 apresenta um mapa com a variação de M.O nos anos de 2010 e 2011, cujas cores branca e a cinza clara simbolizam o aumento da concentração de M.O, nesse intervalo de tempo. Os outros tons de cinza e o preto representam áreas onde ocorreram diminuições da concentração de matéria orgânica.

É possível notar o aumento da concentração de M.O em quase toda a área levantada e, principalmente, do centro do levantamento para o oeste. A porção mais próxima do emissário sofreu diminuição razoável.

Analisando o mapa de facies sedimentares da Figura 11 e o mapa da distribuição de M.O da Figura 17, é possível observar que o aumento da concentração de M.O ocorre em áreas onde o sedimento é, predominantemente, areia fina, areia muito fina e argila grossa. Isso ocorre devido à maior superfície de contato que os grãos de sedimento menores possuem, fazendo com que este material seja mais facilmente aderido à superfície dos grãos.

## 6. CONCLUSÃO

Através dos levantamentos batimétricos trabalhados, foi possível observar e detectar algumas estruturas que se destacavam no relevo submerso da área de estudo. O alto-fundo localizado na porção centro-leste e a presença de um canal na porção leste do levantamento realizado na área de descarte são estruturas que chamam atenção.

É necessário realizar novos levantamentos na região estudada por esta pesquisa para quantificar possíveis mudanças de localização das estruturas supracitadas, ocasionadas pela ação da dinâmica costeira, caso as alterações tenham sido provocadas pela liberação dos sedimentos dragados na área do porto.

Através deste trabalho, foi possível identificar algumas mudanças granulométricas interessantes. Em vários pontos foram detectadas extremas variações na dimensão dos grãos, na concentração de carbonato de cálcio e na concentração de matéria orgânica.

O descarte dos grãos liberados pela dragagem na região estudada, aparentemente, foi realizado de forma irregular, sendo a maior parte dos sedimentos liberados nas porções leste e central da área destinada ao descarte, onde há maior ocorrência de areia grossa e areia muito grossa.

Caso a área estudada por esta pesquisa seja escolhida novamente para mesma atividade, é imperativo realizar novos levantamentos, a fim de verificar se a dinâmica costeira será capaz de remobilizar e dispersar os sedimentos que podem ser liberados nesta região.



## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FERREIRA, Antonio Geraldo; MELLO, Namir Giovanni da Silva. **Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos oceanos pacífico e atlântico no clima da região.** Revista Brasileira de Climatologia, Fortaleza, v. 1, n. 1, p.15-27, dez. 2005.

FOLK, R. L. e WARD, W.C. **Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters.** *Journal of. Sed. Petrol.*, n. 27, p. 3-27, 1957.

GOES FILHO, Hildebrando de Araujo. **Dragagem e gestão dos sedimentos.** 2004. 162 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências em Engenharia Civil, Departamento de Pós-graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

JAKOB, Alberto Augusto Eichman. **A Krigagem como Método de Análise de Dados Demográficos.** In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 13., 2002, Ouro Preto.

LORING, D.H.; RANTALA, R.T.T., **Manual for the geochemical analyses of marinesediments and suspended particulate matter.** Earth-Science Reviews, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam: 32, p. 235-283, 1992.

MAIA, Luis Parente. **Procesos y balance sedimentário a ló largo de Fortaleza (NE-Brasil): implicaciones para uma gestión adecuada de La zona litoral.** 1998. 281p. Tese (Doutorado em ciências Del mar) – Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona, Barcelona, 1998.

SILVA, Paulo Roberto Ferreira Gomes Da. **Avaliação ambiental da área marinha do sistema de disposição oceânica dos esgotos sanitários e das praias do litoral oeste de fortaleza, ceará, brasil.** 2012. 173 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Departamento de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

SMITH, Alec James; MORAIS, Jáder Onofre de. **Estudos preliminares sobre a geologia ambiental costeira do Estado do Ceará, Nordeste do Brasil.** Arquivo de Ciências do Mar, Fortaleza, n. , p.85-96, jul. 1984.

VALENTINI, Enise Maria Salgado. **Avaliação de processos litorâneos e consequências para o gerenciamento costeiro no Ceará.** 1994. 80 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências em Engenharia Oceânica, Departamento de Pós-graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1994.