

Projeto:

**Avaliação da variabilidade espaço temporal da
qualidade da água e sedimento na Praia do
Futuro (Fortaleza-Ceará)**

Processo No. 08069195/2019-FUNCAP

1.0 BATIMETRIA

RELATÓRIO Nº 01

FORTALEZA
MARÇO DE 2020

Relatório de Resultados da Primeira Campanha Oceanográfica (Fase 1)

**Avaliação da variabilidade espaço temporal da
qualidade da água e sedimento na Praia do
Futuro (Fortaleza-Ceará)**

Processo No. 08069195/2019-FUNCAP

BATIMETRIA

RELATÓRIO Nº 01

Relatório de Resultados Preliminares da Primeira Campanha Oceanográfica de
Batimetria

FORTALEZA
MARÇO DE 2020

COORDENAÇÃO GERAL DO PROJETO LABOMAR/UFC

COORDENAÇÃO TÉCNICA DE EXECUÇÃO CIENTÍFICA

Prof. Dr. Rivelino Martins Cavalcante (Coordenador Geral)

Prof. Dr. Carlos Eduardo Peres Teixeira

Profa. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro

Prof. Dr. Rivelino Martins Cavalcante

Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Soares

EQUIPE TÉCNICO-CIENTÍFICA DAS ATIVIDADES DE CAMPO

Ms. Regimário Pereira Lima Filho (Oceanógrafo)

Bruno Jansen Franco (Oceanógrafo)

Leticia Mesquita Eduardo (Estudante de Oceanografia)

Letícia Costa da Cruz Sampaio (Estudante de Oceanografia)

EQUIPE TÉCNICO-CIENTÍFICA DO RELATÓRIO TÉCNICO

Profa. Dra. Lidriana de Souza Pinheiro

Ms. Regimário Pereira Lima Filho (Oceanógrafo)

José Victor Sousa Nascimento (Oceanógrafo)

ÍNDICE

1.	<i>INTRODUÇÃO</i>	5
2.	<i>OBJETIVOS</i>	6
2.1.	<i>Objetivo geral</i>	6
2.2.	<i>Objetivo específico</i>	6
3.	<i>METODOLOGIA</i>	7
3.1.	<i>Planejamento das linhas de sondagens batimétrica</i>	7
3.2.	<i>Aquisição dos dados</i>	7
4.	<i>RESULTADOS PRELIMINARES</i>	14
5.	<i>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	18

1. INTRODUÇÃO

O objetivo principal do projeto “Avaliação da variabilidade espaço temporal da qualidade da água e sedimento na Praia do Futuro (Fortaleza-Ceará)” é a avaliação da qualidade de água e sedimento em uma área prevista para captação de água marinha e lançamento de efluentes oriundos de uma planta de dessalinização. A motivação e justificativa deste projeto está vinculada a meta do Plano De Ações Estratégicas De Recursos Hídricos do estado do Ceará, que prevê a construção da primeira planta de dessalinização no estado do Ceará. Para tanto se faz necessário ações primárias, especialmente quanto a qualidade da água marinha a ser usada, bem como também dos fatores secundários de suma importância para o funcionamento da planta, o que influenciará na qualidade do recurso hídrico a ser produzido. É importante também um amplo planejamento do destino do resíduo produzido pela planta. Nesse contexto a qualidade da água marinha e do sedimento, bem como indicadores biológicos marinhos e a circulação oceânica na região serão investigados no intuito de promover o sucesso desse empreendimento.

Este subprograma tem o intuito de realizar levantamento batimétrico e caracterizar as alterações morfológicas sazonais, com intervalos semestrais, do setor de praia emersa e plataforma interna, localizado entre as isóbatas de 4 a 16 m, área de influência direta da captação e emissário do projeto de dessalinização.

Esses dados possibilitarão a zonação de áreas por cotas de profundidade, identificar feições e parâmetros morfológicos, e utilização nos estudos de modelagem computacional demandada pelo projeto aprovado na FUNCAP. Os levantamentos serão realizados em duas campanhas, com periodicidade semestral para avaliar as possíveis interferências sazonais na morfologia em áreas rasas.

Para isto foram delimitadas as seguintes áreas: a) Área de influência direta de captação e emissário (Área 1): Apresenta 1,364 km², com espaçamento entre linhas principais de 25 m, com linhas transversais de aferição de 1,2 km. b) Área de transição (Área 2) (condições de contorno): Área de 4,6 km², com espaçamento entre linhas de 100 m. As profundidades levantadas foram corrigidas para o nível de maré local do instante de levantamento, com base nos dados publicados na carta 710, vinculado a estação maregráfica de no. 4336G (Anexo).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Realizar levantamento batimétrico da área de influência direta e de transição (condições de contorno) da primeira planta de dessalinização no estado do Ceará.

2.2. Objetivo específico

Apresentar levantamento batimétrico na região onde serão instaladas as tubulações de captação e emissário no setor localizado entre as isóbatas de -4 a -16 m, entre as ruas Júlio Silva e Ismael por Deus, na Praia do Futuro.

3. METODOLOGIA

3.1. Planejamento das linhas de sondagens batimétrica

O planejamento das linhas de navegação foi realizado através do software QGIS e BaseCamp®. O plano de navegação foi elaborado com linhas dispostas perpendicularmente à costa, com espaçamento regular determinado de acordo com a profundidade da área a ser estudada, com base na carta Náutica No. 710. Para aferição do levantamento batimétrico dos perfis, foram planejadas linhas de verificação, dispostas de modo aproximadamente perpendicular às linhas regulares de sondagem (Figura 1).

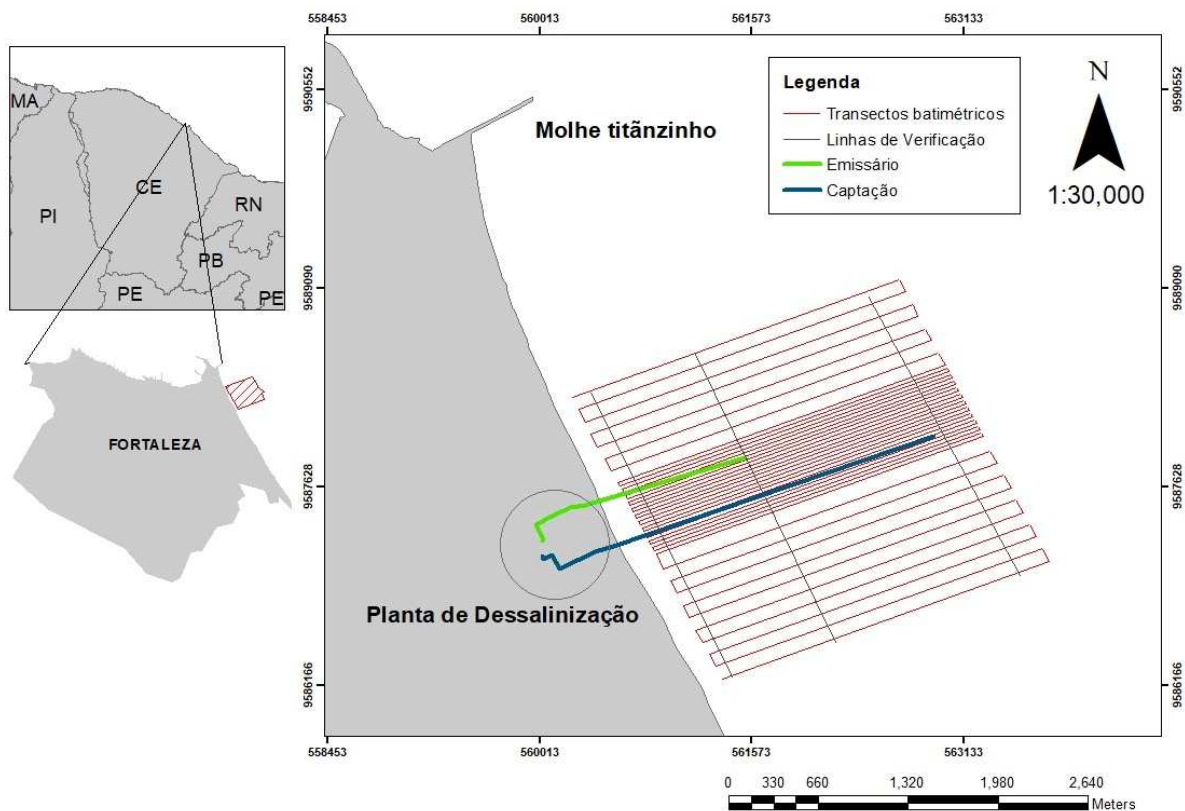


Figura 1: Linhas planejadas para levantamento batimétrico na Carta Náutica nº 710 DHN.

3.2. Aquisição dos dados

A aquisição de dados da porção foi realizada entre as isóbatas de -4m (condições de segurança para a navegação da embarcação) até a isóbata de -16 m (ver figura 2). Os levantamentos foram realizados em duas etapas: 1) a primeira no dia 19/02/2020 e a segunda no dia 03/03/2020. Informamos que as atividades posteriores ao dia 19/02/2020 foram suspensas devido ao alerta de segurança a navegação emitido da

Maria do Brasil, pela entrada de ondas *swell*. A continuidade dos levantamentos iniciou em 03/03/2020, com a finalização da malha. A embarcação utilizada foi SINAÉ. O levantamento batimétrico teve como finalidade mostrar a morfologia da subsuperfície de fundo marinho através de 40 perfis (transectos) transversais à linha de costa.

Para todos os dias de levantamento foi feita comunicação à Capitânia dos Portos (Marinha) via ofício entregue antes do início dos trabalhos em mar.

O levantamento batimétrico teve como finalidade mostrar a morfologia do fundo marinho através de 42 perfis transversais (transectos) à linha de costa, previamente elaborados para o levantamento, com distância de 25 metros para área 1 e 100 m para a área 2, respectivamente. O total do percurso foi de aproximadamente 60km.

Todas as medidas ecobatimétricas monofeixes foram realizadas através de levantamento apoiado pelo sistema de posicionamento geográfico, utilizando um receptor GPS conjugado com ecosonda modelo GARMIN GP 421 s Sounder, frequências suportadas de 50/200 kHz e profundidade máxima de alcance de 400 metros.

A ecosonda determina a distância entre o transdutor e o assoalho submerso, isso é feito através do cálculo de diferença de tempo entre o momento inicial de transmissão de uma onda ultrassônica até o fundo e o seu retorno ao transdutor. A aquisição dos dados é realizada em tempo real com intervalos de transmissão de 1,0 segundo. Todos os dados alfanuméricos foram coletados sob o formato da norma internacional NMEA (*National Marine Electronics Association*). A projeção definida foi o *Datum* SIRGAS 2000 e as medidas de profundidade em unidades métricas. Todos os dados foram armazenados em meio magnético, portado por um Laptop.

Para todos os dias de levantamento foram feitas medições da profundidade do transdutor sob a água ou *offset* a fim de adicionar os valores no fim do cálculo de profundidade, uma vez que, a sonda em estado submerso faz a aquisição do dado a partir da sua posição até o fundo marinho, registrando valor que não representa a profundidade real do ponto.

A fim de identificar a eficácia do levantamento, bem como os erros em valores de cotas da aquisição originados pela movimentação vertical das ondas e marés, uma vez que o trabalho foi feito em três dias diferentes, foram elaboradas linhas de verificação paralelas à linha de costa que cruzaram todos os transectos do levantamento total. Deste

Avaliação da variabilidade espaço temporal da qualidade da água e sedimento na Praia do Futuro (Fortaleza-Ceará) cruzamento, foram selecionados, de modo aleatório, 10 pontos centrais de interseção que têm em comum 4 pontos, assim como mostra o esquema na figura 8. O erro é representado pelo valor do desvio padrão dos valores de cotas para o conjunto de 5 pontos (Tabela 1). Os transectos de verificação foram feitos entre as cotas -4 e -16, abrangendo o maior intervalo entre os valores de cotas registrados na aquisição.

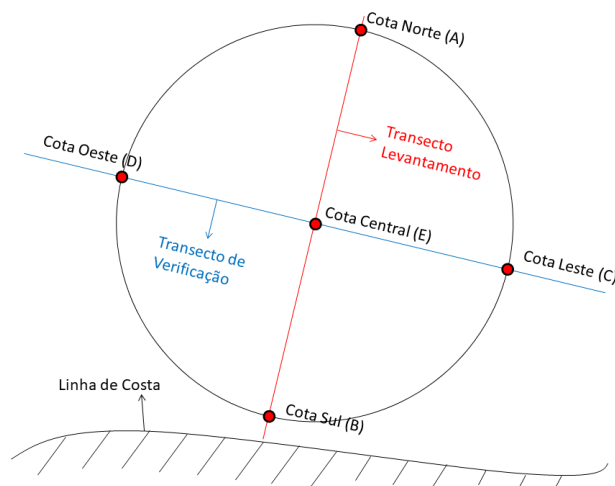


Figura 2. Esquema do conjunto de cotas utilizadas para o cálculo do erro por ponto do levantamento batimétrico.

Tabela 1 –Valores de cotas e desvio padrão (erro de cota) entre os cinco pontos para os 10 pontos amostrais.

Ponto Amostral da Interseção	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Cota Norte	-8,75	-5,73	-9,83	-11,39	-12,16	-12,62	-12,02	-13,61	-14,89	-14,32
Cota Sul	-8,13	-5,10	-9,73	-11,67	-12,85	-12,28	-12,64	-13,26	-15,44	-14,94
Cota Leste	-7,96	-5,61	-9,72	-11,39	-12,40	-12,21	-12,76	-13,23	-15,71	-15,11
Cota Oeste	-8,13	-5,92	-9,17	-10,85	-12,40	-12,62	-12,63	-13,16	-15,92	-14,90
Cota Central	-8,16	-5,63	-9,83	-11,32	-12,54	-12,56	-12,44	-12,99	-15,51	-14,83
MÉDIA	-8,23	-5,60	-9,66	-11,32	-12,47	-12,46	-12,50	-13,25	-15,49	-14,82
DESvio PADRÃO	0,27	0,27	0,25	0,27	0,23	0,18	0,26	0,20	0,35	0,27

O valor médio de desvio padrão (erro de levantamento) foi de 0,25 m (25 cm), com valor máximo de erro de 0,35 m e mínimo de 0,18 m (Tabela 2). Considerando o valor médio do desvio padrão de 0,25 m, o mesmo está abaixo do valor médio da altura

Avaliação da variabilidade espaço temporal da qualidade da água e sedimento na Praia do Futuro (Fortaleza-Ceará) significativa (Hs) da onda para os dois dias do levantamento que foi de 0,8 e 1,0 metros, de acordo com os dados do site <https://www.surfguru.com.br/previsao/brasil/ceara/fortaleza> (acesso no dia 13/03/2020) que utiliza o modelo *Wavewatch -III* da NOAA/NCEP. Por tanto, o erro médio total pôde ser considerado para o levantamento, sem prejuízo para o Modelo Digital de Terreno (MDT) de onde foram extraídos os perfis submersos.

O processamento dos dados batimétricos foi feito com base na norma da NMEA que define a interface entre os vários equipamentos eletrônicos utilizados para levantamentos em ambientes marinhos e costeiros. A norma permite a comunicação entre estes equipamentos e computadores a bordo da embarcação. Então, a maioria dos programas computacionais de navegação e aquisição, que utiliza esse protocolo de comunicação, registra as informações de posicionamento em tempo real. Estes dados incluem a posição, velocidade e Tempo (PVT) completo, a qual a solução é calculada pelo próprio receptor GPS.

O protocolo NMEA define uma linha de dados chamada de sentença, que é totalmente autossuficiente e independentes das demais. Existem sentenças padrões para cada categoria de dispositivo, tais como navegação sobre rota, desempenho de viagem, arrasto da embarcação, posicionamento geográfico, medições batimétricas e de temperatura da superfície do mar, estimativa de erro, entre outras. Todas as sentenças têm um prefixo de duas letras que define o dispositivo. Para receptores GPS é o prefixo GP, já as eco sondas têm o prefixo SD. Para o presente levantamento batimétrico foram utilizadas as sentenças que trouxeram as informações de posicionamento (latitude e longitude), data, hora UTC e profundidade em metros. As sentenças selecionadas foram a \$GPGLL e \$SDPT.

Tais sentenças foram levadas para planilha eletrônica Excel, como primeira etapa de processamento dos dados brutos, quando foram transformadas em arquivo X, Y e Z (X e Y, coordenadas, e Z profundidade). A partir dos dados em formato X, Y e Z foi feita a correção de maré, considerando a variação de maré para os três dias do levantamento. A correção de maré considerou o nível de referência dos dados da DHN (Diretório de Hidrografia e Navegação) disponíveis em <http://ondas.cptec.inpe.br/> (acesso no dia 03 de março de 2020), de acordo com a variação da maré correspondente a cada levantamento (Tabela 2), permitindo a correção dos dados para o nível zero hidrográfico, conforme o modelo geoidal da Terra e com base na RMPG do IBGE. Os dados

Avaliação da variabilidade espaço temporal da qualidade da água e sedimento na Praia do Futuro (Fortaleza-Ceará) escolhidos foram os do marégrafo do Porto do Mucuripe localizado no município de Fortaleza, distando cerca de 3 km do ponto central da área do levantamento.

Tabela 2. Variação das marés nos dias do levantamento batimétrico.

Dia 19/02/2020	Hora	Altura m
PREAMAR	02:02	2,2
BAIXAMAR	08:01	0,8
PREAMAR	14:12	2,5
BAIXAMAR	20:40	0,6
Dia 03/03/2020	Hora	Altura m
BAIXAMAR	04:14	1,1
PREAMAR	10:49	2,1
BAIXAMAR	17:17	1
PREAMAR	23:31	2

Fonte: DHN, 2020.

A correção de maré é feita a partir de uma equação gerada pela curva correspondente ao intervalo do levantamento. A equação polinomial (Figuras 3 e 4) ajusta os valores das cotas batimétricas para o nível zero hidrográfico da maré.

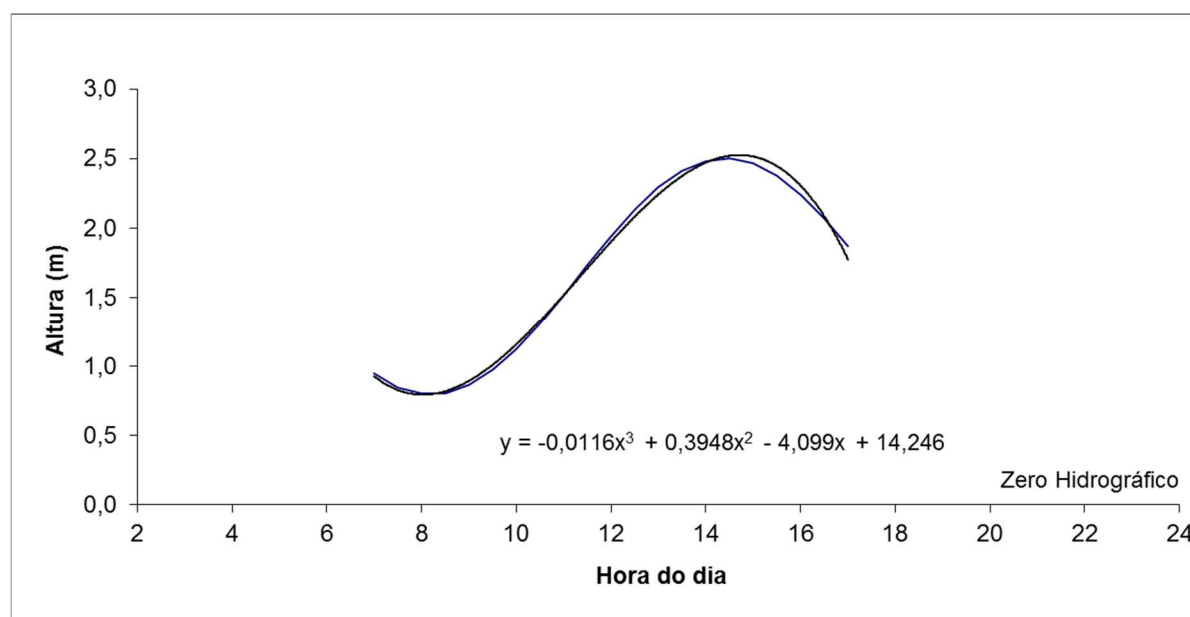


Figura 3 – Curva da maré e equação para o intervalo de levantamento do dia 19/02/2020. Levantamento batimétrico das 9 as 17hs.

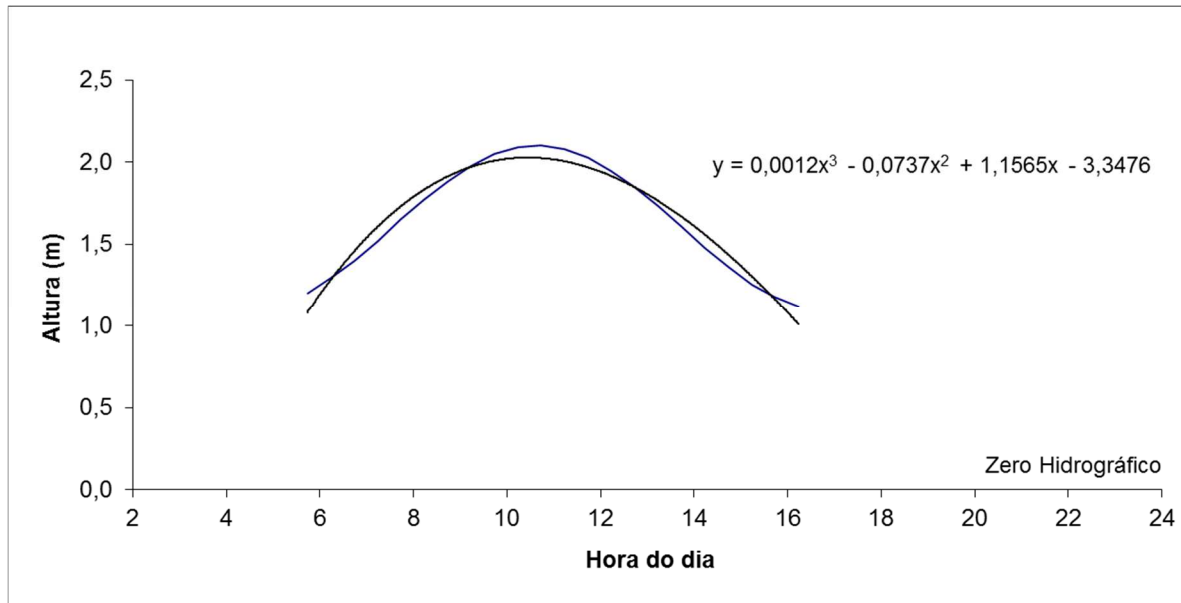


Figura 4 – Curva da maré e equação para o intervalo de levantamento do dia 03/03/2020. Levantamento batimétrico das 8 as 17.

Ainda dentro do mesmo ambiente da correção de maré e rebatimento para a cota zero hidrográfico de todas as cotas, foi adicionado os valores de offsets para cada dia de levantamento. Ao final da correção foi gerado o arquivo XYZ com 57.649 cotas batimétricas (Figura 5).

Em segunda etapa de processamento dos dados foi feita a retirada dos pontos que estavam fora da área do levantamento para uma melhor geração do Modelo Digital de Terreno (MDT) e mapas de cotas batimétricas.

Por último, em terceira etapa de processamento, a partir de histograma de todos os valores, foi feita a exclusão dos pontos com cotas e valores anômalos (outliers) ao levantamento, gerados por eventuais perturbações das ações hidrodinâmica das ondas e marés que pudessem causar distorções na krigagem dos dados e conseqüentemente anomalias no MDT.

A geração do MDT foi feita pelo método estatístico de krigagem no *software* Quantum GIS v.2.4.0. O método se trata de uma técnica de regressão linear generalizada. Este método calcula os dados a partir de um modelo de covariância, tornando a estimativa mais precisa, ou ainda, sob variância mínima em relação a sua verdadeira forma (Deutsch & Journel, 1998). A partir da análise espacial, os pesos de

Avaliação da variabilidade espaço temporal da qualidade da água e sedimento na Praia do Futuro (Fortaleza-Ceará) cada ponto são determinados baseados no semivariograma experimental, ou seja, as posições mais próximas vão possuir pesos maiores do que os pontos mais distantes. Ela utiliza o dado tabular e a posição geográfica para calcular as interpolações. Supondo uma região onde existe um ponto “u” não amostrado, entre o ponto “a” e “b” que foram amostrados e estão distribuídos no espaço. A partir do processo de estimativa por médias moveis desses pontos adjacentes (a e b) é possível inferir um valor para u.

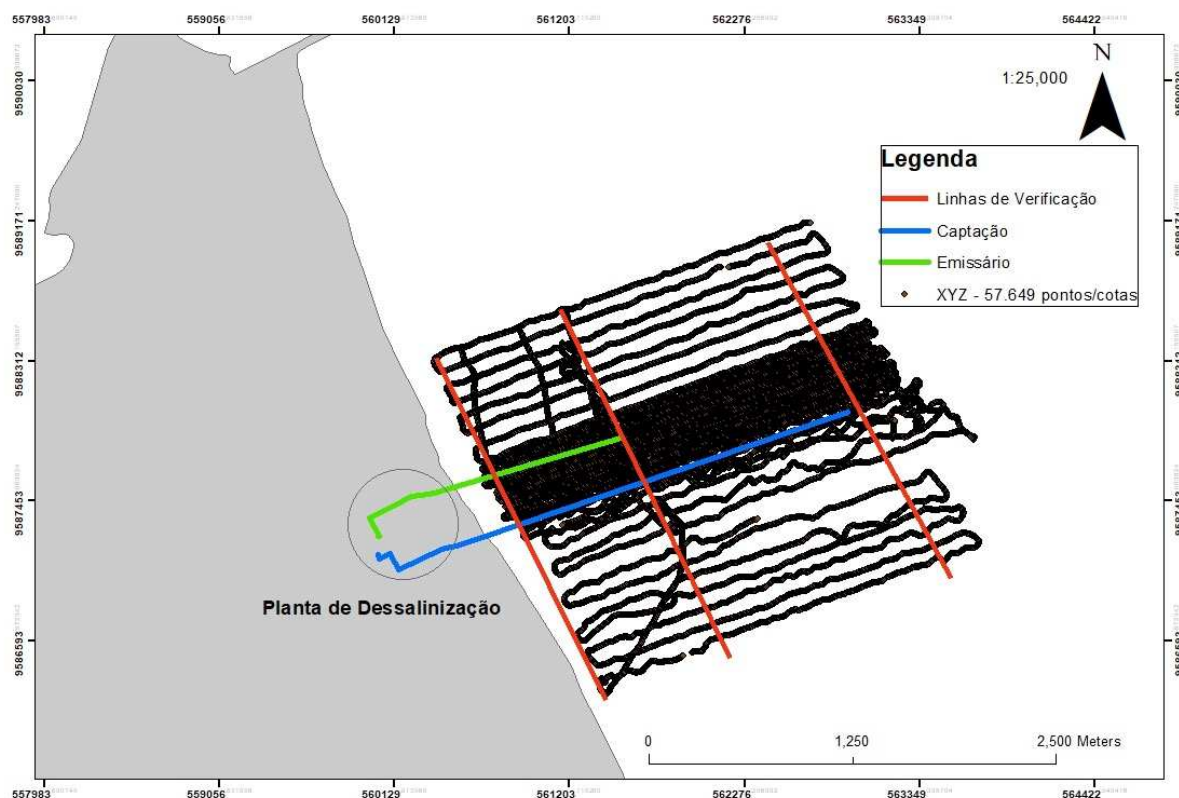


Figura 5 – Nuvem total de pontos dentro da área do levantamento após todas as etapas de tratamento de dados.

Após a interpolação dos dados através da krigagem, foi feita a carta batimétrica com as curvas de níveis, bem como o MDT para destacar o relevo no prolongamento dos perfis emersos (pós-praia, estirâncio e antepraia) até os submersos (antepraia). O modelo MDT foi elaborado utilizando *Datum* horizontal WGS 84 Zona 24 Sul (sistema de coordenadas UTM). E todas as cotas de profundidades batimétricas aqui mencionadas estão amarradas com o zero hidrográfico da maré.

4. RESULTADOS PRELIMINARES

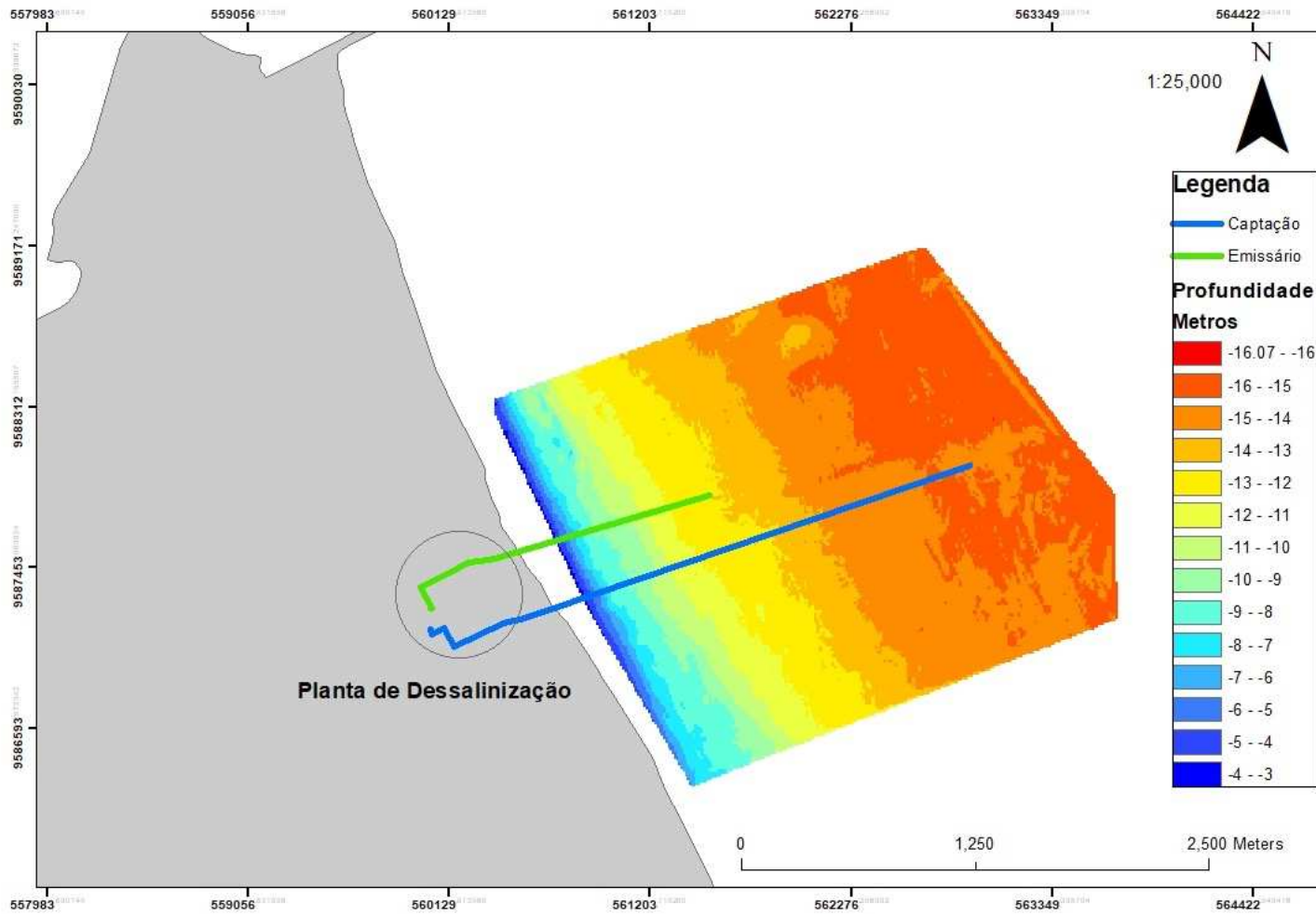


Figura 6 – Mapa Batimétrico da área da planta de dessalinização na Praia do Futuro

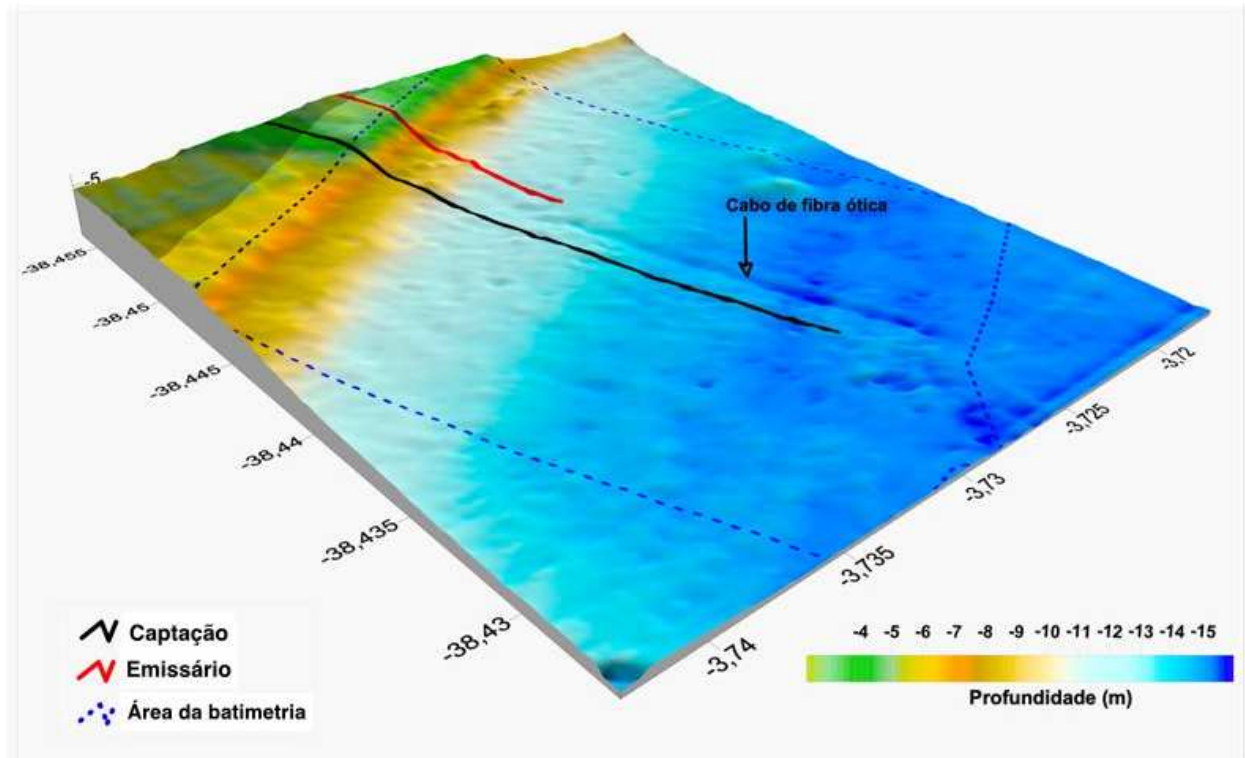


Figura 7 – Modelo Digital do terreno da da área da planta de dessalinização na Praia do Futuro

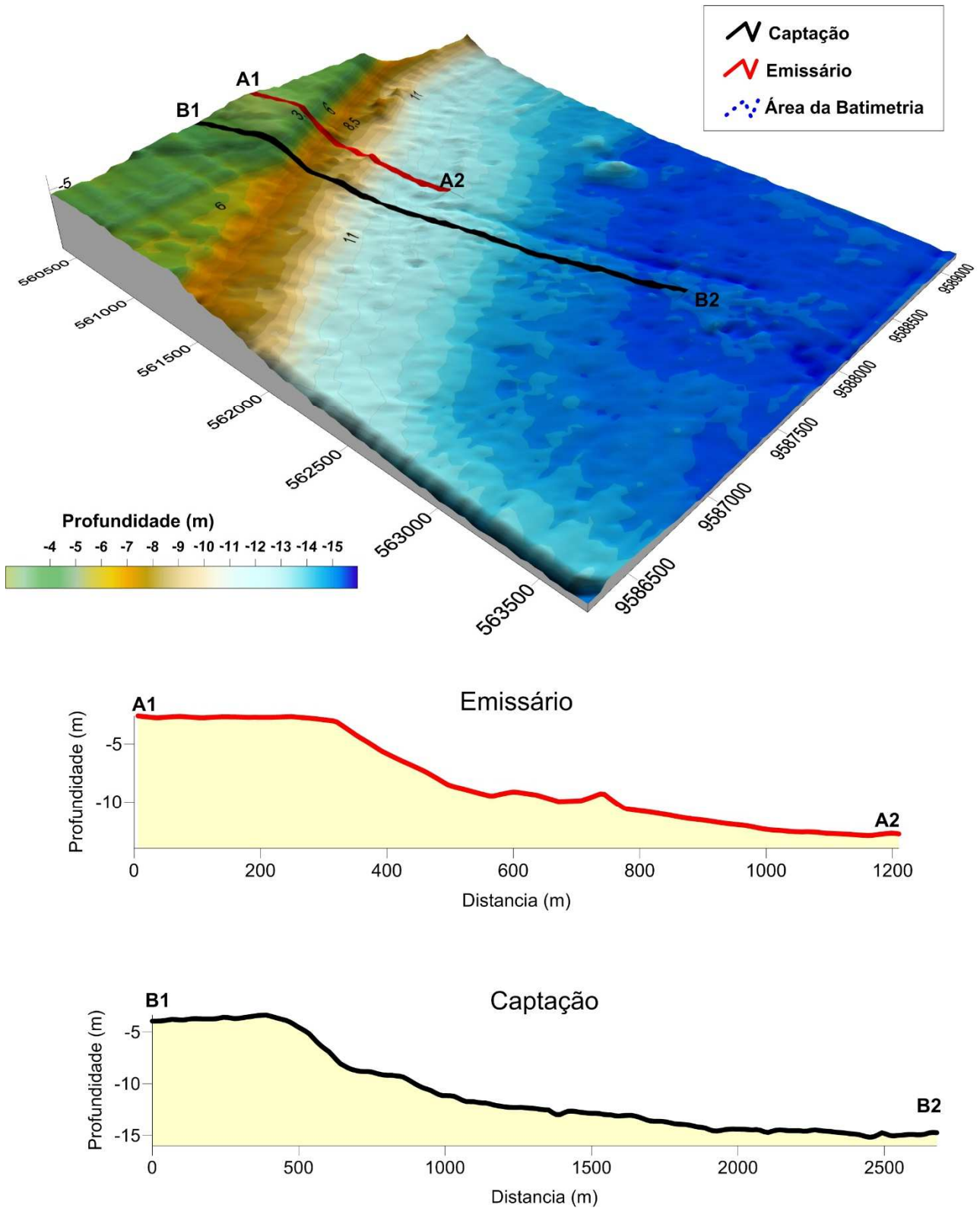


Figura 8 – Perfis batimétricos da área de instalação do Emissário e da estrutura de captação.

Os arquivos em shape e arquivos txt estão no anexo desse relatório (arquivo Dados Batimetria.rar).

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Deutsch, C.V. & Journel, A.G. 1998. *GSLIB - Geoestatistical Software Library and User'sGuide*. Oxford University Press, 2th. Edition.

Anexo 1



Relatório de Estação Geodésica

Estação :	96553	Nome da Estação :	96553	Tipo :	Estação GPS
Município :	FORTALEZA			UF :	CE
Última Visita:	16/07/2018	Situação Marco Principal :	BOM	Última Atualização :	12/09/2019
Conexões :	RN : 4336G				

DADOS PLANIALTIMÉTRICOS		DADOS ALTIMÉTRICOS		DADOS GRAVIMÉTRICOS	
Latitude	03° 42' 52,59448" S	Altitude Normal(m)	3,6712	Gravidade(mGal)	
Longitude	38° 28' 36,58827" W	Fonte	Nivelamento Geométrico	Datum	
Altitude Geométrica(m)	-5,499	Sigma Altitude(m)		(#) Data Medição	
Fonte	GPS Geodésico	Datum		Imbituba	Data Cálculo
Origem	Ajustada	Data Medição		15/05/2016	
Datum	SIRGAS2000	Data Cálculo		03/09/2019	
Data Medição	29/03/2010	Número Geopotencial (m ² /s ²)		35,906	
Data Cálculo	12/05/2010				
Sigma Latitude(m)	0,002				
Sigma Longitude(m)	0,003				
Sigma Altitude Geométrica(m)	0,018				
UTM(N)	9.589.401,076				
UTM(E)	558.095,033				
MC	-39				

- Ajustamento Altimétrico Simultâneo da Rede Altimétrica em 30/07/2018 - REALT 2018 2ª edição disponível em : <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101666.pdf>
- Ajustamento Planimétrico SIRGAS2000 em 23/11/2004 e 06/03/2006 - Relatório em : ftp://geofp.ibge.gov.br/informacoes_sobre_posicionamento_geodesico/rede_planialtimetrica/relatario/rel_sirgas2000.pdf
- Para obtenção de Altitude Ortométrica referente a levantamento SAT utilizar o MAPGED2015 disponível em : <https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/modelos-digitais-de-superficie/modelos-digitais-de-superficie/10855-modelo-de-ondulacao-geoidal.html>
- As informações de coordenadas estão relacionadas ao sistema SIRGAS2000, em conformidade com a RPR 01/2015 de 24/02/2015 disponível em : ftp://geofp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/rpr_01_2015_sirgas2000.pdf

Localização
10 m da estação maregráfica do Porto do Mucuripe; Junto ao cabeço nº 2" (amarrador para navios).
Descrição
Chapa metálica medindo 6 cm de diâmetro estampada: RN 4336G.
Itinerário
Porto do Mucuripe.

(#) Nota :
A Referência de Nível (RN) 4336G pertence a um ramal, isto é, uma linha de nivelamento geométrico que não forma circuito, cujos desníveis, portanto, não podem ser ajustados. Consequentemente, as respectivas altitudes são calculadas mediante simples transporte, sem as estimativas de desvio-padrão.

