

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

WILLIAN PATRICK DOS SANTOS TEIXEIRA

LEVANTAMENTO E ANÁLISE BATIMÉTRICA PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UM
CANAL DE APROXIMAÇÃO: ESTUDO DE CASO PARA UM DIQUE FLUTUANTE
EM PONTAL DO PARANÁ

PONTAL DO PARANÁ

2024

WILLIAN PATRICK DOS SANTOS TEIXEIRA

LEVANTAMENTO E ANÁLISE BATIMÉTRICA PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UM
CANAL DE APROXIMAÇÃO: ESTUDO DE CASO PARA UM DIQUE FLUTUANTE
EM PONTAL DO PARANÁ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Graduação em Engenharia Civil, Campus Pontal do Paraná – Centro de Estudos do Mar, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Pacheco Tomas

Coorientador: Prof. Dr. Alexandre Bernardino Lopes

PONTAL DO PARANÁ

2024

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DO CENTRO DE ESTUDOS DO MAR

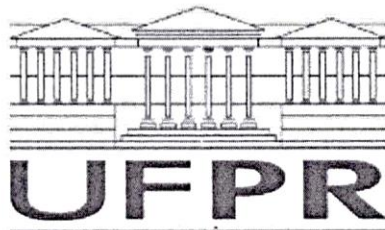
Teixeira, Willian Patrick dos Santos
T266l Levantamento e análise batimétrica para implementação de um canal de aproximação:
estudo de caso para um dique flutuante em Pontal do Paraná / Willian Patrick dos Santos
Teixeira. – Pontal do Paraná, 2024.
1 arquivo [82 f.] : PDF.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Pacheco Tomas
Coorientador: Prof. Dr. Alexandre Bernardino Lopes

Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Paraná, Campus Pontal do
Paraná, Centro de Estudos do Mar, Curso de Engenharia Civil.

1. Engenharia civil. 2. Dragagem. I. Tomas, Gustavo Pacheco. II. Lopes, Alexandre
Bernardino. III. Título. IV. Universidade Federal do Paraná.

CDD – 624



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

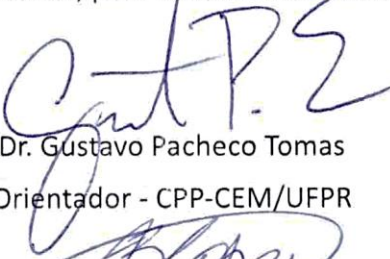
ATA DE REUNIÃO

TERMO DE APROVAÇÃO

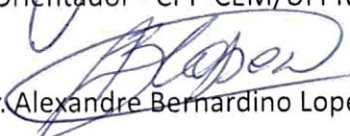
WILLIAN PATRICK DOS SANTOS TEIXEIRA

**“LEVANTAMENTO E ANÁLISE BATIMÉTRICA PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UM CANAL DE APROXIMAÇÃO:
ESTUDO DE CASO PARA UM DIQUE FLUTUANTE EM PONTAL DO PARANÁ”**

Monografia aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil, da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos membros:


Prof. Dr. Gustavo Pacheco Tomas

Prof. Orientador - CPP-CEM/UFPR


Prof. Dr. Alexandre Bernardino Lopes

CPP-CEM/UFPR


Dr. Philippe Ratton,

UNILIVRE - ITI


Eng. Civil Isaac Vitorino Alexandre

GEPLAN/PROSUL

Pontal do Paraná, 09 de agosto de 2024

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, que me capacitou e me deu forças para enfrentar todas as dificuldades ao longo da faculdade.

Aos meus pais, meu mais profundo agradecimento. Seu apoio incondicional foi fundamental para que eu pudesse dedicar-me aos estudos. Sem vocês, este sonho não teria se tornado realidade. Sou eternamente grato pelo amor e confiança que sempre depositaram em mim.

Agradeço de coração à minha namorada, por sua paciência e compreensão durante todos os dias em que precisei dedicar-me aos estudos. Seu apoio constante me ajudou a alcançar meu objetivo.

Ao meu orientador, Prof. Gustavo Pacheco Tomas, e ao meu coorientador, Prof. Alexandre Bernardino Lopes, agradeço imensamente pelo suporte prestado. Suas orientações, paciência e conhecimentos compartilhados foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho. Obrigado por acreditarem em meu potencial e me guiarem durante todo o processo.

Gostaria de expressar minha sincera gratidão à Universidade Federal do Paraná pela oportunidade de realizar minha formação acadêmica em um ambiente de excelência. Agradeço aos professores, cujas valiosas orientações e ensinamentos foram fundamentais para a construção deste trabalho, e aos colegas de curso, cuja colaboração e apoio foram indispensáveis durante essa jornada. Meu reconhecimento também se estende aos funcionários da UFPR, cujo trabalho diário assegura o bom funcionamento da instituição e contribui para a qualidade do ensino oferecido.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, deixo meu mais sincero agradecimento. Este trabalho é fruto de um esforço coletivo, e sou profundamente grato por cada apoio recebido ao longo desta jornada.

RESUMO

Os canais de navegação desempenham um papel fundamental na logística de países com vasta extensão costeira e vias fluviais navegáveis, como o Brasil. A segurança da navegação é assegurada por meio de técnicas especializadas, como a batimetria e a dragagem, que visam manter a profundidade adequada dos canais para a navegação segura. Ambos os processos são empregados em conjunto, principalmente na manutenção para melhoria de canais de navegação, bem como no controle de enchentes e obras de infraestrutura como pontes, eclusas e portos. Nesse contexto, este trabalho objetiva dimensionar e avaliar a implementação de um canal de aproximação para um dique flutuante, por meio da análise batimétrica do local e do cálculo do volume total de dragagem necessário para o projeto. Para o dimensionamento do canal, foi adotado a metodologia da PIANC (2014), resultando em um canal com 52,20 metros de largura e 8,58 metros de profundidade. A análise batimétrica permitiu calcular o volume de dragagem necessário para a implementação do canal, totalizando 36.410,20 m³.

Palavras-Chave: Canais de navegação; Dragagem; Batimetria; Infraestrutura Aquaviária; Dimensionamento.

ABSTRACT

Navigation channels play a fundamental role in the logistics of countries with extensive coastlines and navigable waterways, such as Brazil. Navigation safety is ensured through specialized techniques, such as bathymetry and dredging, aimed at maintaining the adequate depth of channels for safe navigation. Both processes are employed together, primarily in maintenance to improve navigation channels, as well as in flood control and infrastructure works such as bridges, locks, and ports. In this context, this work aims to dimension and evaluate the implementation of an approach channel for a floating dock, through the bathymetric analysis of the site and the calculation of the total dredging volume required for the project. For the channel dimensioning, the methodology of PIANC (2014) was adopted, resulting in a channel with a width of 52.20 meters and a depth of 8.58 meters. The bathymetric analysis allowed calculating the dredging volume necessary for the channel implementation, totaling 36,410.20 m³.

Keywords: Navigation channels; Dredging; Bathymetry; Waterway Infrastructure; Dimensioning.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ.	14
FIGURA 2 – ADCP RIVERSURVEYOR M9.	18
FIGURA 3 – INTERFACE DO SOFTWARE HYDROSURVEYOR.	19
FIGURA 4 – SEÇÕES PARALELAS.	21
FIGURA 5 - EXEMPLO DO MÉTODO DE SUPERFÍCIES.....	21
FIGURA 6 - ESTALEIRO ATLÂNTICO SUL (EAS).	22
FIGURA 7 - INAUGURAÇÃO DE DIQUE FLUTUANTE, NA BAHIA.	23
FIGURA 8 – SKYLIFT 6000.	24
FIGURA 9 – REBOCADOR BOURBON YACK.	25
FIGURA 10 – PLANTA BAIXA E PERFIL DA EMBARCAÇÃO TIPO (SEM ESCALA).	26
FIGURA 11 - MAPA DA REGIÃO DE ESTUDO.....	27
FIGURA 12 - MAPA DO LOCAL DE ESTUDO.....	28
FIGURA 13 - CARTA NÁUTICA ADAPTADA A REGIÃO DO PRESENTE ESTUDO.	29
FIGURA 14 – COMPONENTES U (AZUL) E V (VERMELHO) DA CORRENTE MEDIDA NA BÓIA DE SINALIZAÇÃO DO CANAL DE ACESSO AO PORTO DE PARANAGUÁ.....	30
FIGURA 15 – ROSA DOS VENTOS	31
FIGURA 16 – ROSA DE ONDAS.	32
FIGURA 17 – EMBARCAÇÃO “STRATUS”.	34
FIGURA 18 - MAPA DO LOCAL DA MARINA.....	34
FIGURA 19 – LINHAS DE SONDAGEM UTILIZADOS COMO REFERÊNCIA.	35
FIGURA 20 – LINHAS DE SONDAGEM INTEGRADAS AO SOFTWARE HYDRO SURVEYOR.	36
FIGURA 21 - VISOR DO ECHOMAP GARMIN (À ESQUERDA) E VISOR DA COLETORA LEICA (À DIREITA).	37
FIGURA 22 - TELA INICIAL DO SOFTWARE HOMEPORT (À ESQUERDA) E COLETA DE DADOS DO ECOBATÍMETRO (À DIREITA).....	38
FIGURA 23 - DESCRIÇÃO DA ESTAÇÃO MAREGRÁFICA.	40
FIGURA 24 – DIAGRAMA E LOCALIZAÇÃO DA ESTAÇÃO MAREGRÁFICA.	40

FIGURA 25 - RELAÇÃO ENTRE A RÉGUA UTILIZADA NO LEVANTAMENTO E A F-41.....	41
FIGURA 26 - LEITURA DO DIA 20/09/23 (À ESQUERDA) E DO DIA 21/09/23 (À DIREITA).....	42
FIGURA 27 - NUVEM DE PONTOS.....	43
FIGURA 28 – FILTRAGEM DOS PONTOS.....	44
FIGURA 29 - GRAUS DE LIBERDADE DE UMA EMBARCAÇÃO.	45
FIGURA 30 - MODELO DIGITAL DE TERRENO COM ELEVAÇÕES.....	45
FIGURA 31 – SEÇÃO TIPO DO CANAL DE NAVEGAÇÃO.	50
FIGURA 32 – TRAÇADO DO CANAL.	52
FIGURA 33 – DETALHAMENTO DO PROJETO GEOMÉTRICO.....	53
FIGURA 34 – SUPERFÍCIE GERADA PELO PROJETO GEOMÉTRICO.	53
FIGURA 35 – VERIFICAÇÃO DA NECESSIDADE DE DRAGAGEM NO CANAL DE APROXIMAÇÃO.....	54
FIGURA 36 – VERIFICAÇÃO DA NECESSIDADE DE DRAGAGEM NA REGIÃO DO DIQUE FLUTUANTE.....	54
FIGURA 37 – ESTAQUEAMENTO PARA CÁLCULO DE VOLUME.....	55
FIGURA 38 - INSTALAÇÃO DO SUPORTE E HASTE COM O ADCP E ROVER. ...	70
FIGURA 39 - INSTALAÇÃO DO SENSOR ECHOMAP™ E GNSS ROVER.....	70
FIGURA 40 - TRANSDUTOR GARMIN GT20-TM.	71
FIGURA 41 - INSTALAÇÃO DO SENSOR ECHOMAP™ E GNSS ROVER.....	71
FIGURA 42 - INSTALAÇÃO DA BASE GNSS LEICA GEOSYSTEMS GS15 (À ESQUERDA) E INSTALAÇÃO DA BASE GPS RTK SONTEK E SEU MÓDULO DE ENERGIA E COMUNICAÇÃO (À DIREITA).....	72
FIGURA 43 - INSTALAÇÃO DA RÉGUA DE ALUMÍNIO PARA AFERIÇÃO DA VARIAÇÃO DE MARÉ (À ESQUERDA) E CONFIGURAÇÃO DOS SENSORES DO ADCP NO HYDROSURVEYOR (À DIREITA)	72
FIGURA 44 – DISPOSIÇÃO FINAL DA EMBARCAÇÃO E EQUIPAMENTOS.....	73
FIGURA 45 - ESTACAS 0 A 2.....	74
FIGURA 46 - ESTACAS 3 A 5.....	75
FIGURA 47 - ESTACAS 5 A 8.....	76
FIGURA 48 – DETALHAMENTO DO PROJETO GEOMÉTRICO.....	77
FIGURA 49 – SUPERFÍCIE GERADA PELO PROJETO GEOMÉTRICO.	78

FIGURA 50 – VERIFICAÇÃO DA NECESSIDADE DE DRAGAGEM NO CANAL DE APROXIMAÇÃO.....	79
FIGURA 51 – VERIFICAÇÃO DA NECESSIDADE DE DRAGAGEM NA REGIÃO DO DIQUE FLUTUANTE.....	80
FIGURA 52 – ESTAQUEAMENTO PARA CÁLCULO DE VOLUME.....	81

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – DADOS SINCRONIZADOS.	38
TABELA 2 - DADOS SINCRONIZADOS COM AS LEITURAS DE RÉGUA.....	42
TABELA 3 - COMPONENTES DE PROFUNDIDADE DO CANAL PARA O PROJETO CONCEITUAL.	47
TABELA 4 - DECLIVIDADE PARA OS TALUDES EM FUNÇÃO DA NATUREZA DO SOLO.	48
TABELA 5 – DIMENSIONAMENTO DA LARGURA DO CANAL.....	48
TABELA 6 - PROFUNDIDADE PARA IMPLEMENTAÇÃO DO DIQUE FLUTUANTE.	51
TABELA 7 - VOLUME DE DRAGAGEM.	56
TABELA 8 - LARGURA DA FAIXA DE MANOBRA DO CANAL EM RELAÇÃO A MANOBRABILIDADE.....	66
TABELA 9 - LARGURA ADICIONAL EM RELAÇÃO A VELOCIDADE MÉDIA DA EMBARCAÇÃO.....	66
TABELA 10 - LARGURA ADICIONAL EM RELAÇÃO A AÇÃO DOS VENTOS.....	66
TABELA 11 - LARGURA ADICIONAL DEVIDO CORRENTES TRANSVERSAIS	67
TABELA 12 - LARGURA ADICIONAL DEVIDO CORRENTES LONGITUDINAIS....	67
TABELA 13 - LARGURA ADICIONAL DEVIDO AÇÃO DAS ONDAS.	67
TABELA 14 - LARGURA ADICIONAL DEVIDO AUXÍLIOS À NAVEGAÇÃO.....	68
TABELA 15 - LARGURA ADICIONAL EM RELAÇÃO A PROFUNDIDADE/CALADO.	68
TABELA 16 - LARGURA ADICIONAL EM RELAÇÃO A SUPERFÍCIE DE FUNDO DO CANAL.....	68
TABELA 17 - LARGURA ADICIONAL EM RELAÇÃO AO RISCO DE CARGA	69
TABELA 18 - FAIXA DE APROXIMAÇÃO DOS TALUDES.	69

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO DIQUE FLUTUANTE.	24
QUADRO 2 - PRINCIPAIS INFORMAÇÕES DA EMBARCAÇÃO TIPO.	26
QUADRO 3 – CORRENTE LONGITUDINAL E TRANSVERSAL.....	30

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	11
1.2	OBJETIVO.....	13
1.2.1	Objetivo Geral.....	13
1.2.2	Objetivos Específicos	13
1.3	ORGANIZAÇÃO DO TEXTO.....	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1	CANAL DO COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ.....	14
2.2	CANAIS DE NAVEGAÇÃO.....	15
2.3	LEVANTAMENTOS BATIMÉTRICOS	16
2.3.1	Metodologia Direta	16
2.3.2	Metodologia Indireta	17
2.3.2.1	Ecobatímetro Monofeixe.....	17
2.3.2.2	ADPC	18
2.4	CRIAÇÃO DA SUPERFÍCIE.....	19
2.4.1	Modelo Digital do Terreno (MDT)	19
2.5	MÉTODOS DE CÁLCULO DE VOLUME.....	20
2.5.1	Método das Seções Transversais	20
2.5.2	Método de Superfícies.....	21
2.6	PROJETOS DE ESTALEIROS.....	21
2.7	REBOCADORES.....	25
3	ÁREA DE ESTUDO	26
3.1	APRESENTAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO	26
3.2	CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL	28
3.2.1	Batimetria	29
3.2.2	Correntes.....	29
3.2.3	Ventos	31
3.2.4	Altura da Onda	32
3.2.5	Natureza do Solo.....	33
4	METODOLOGIA	33
4.1	LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO NO LOCAL DE IMPLEMENTAÇÃO	33

4.2	PROCESSAMENTO DE DADOS GNSS E INTEGRAÇÃO DOS DADOS GNSS E DO ECOBATÍMETRO	37
4.3	CORREÇÃO DE MARÉ	39
4.4	ANÁLISE DO LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO COM ECOBATÍMETRO	43
4.5	DIMENSIONAMENTO DO CANAL DE APROXIMAÇÃO	46
4.5.1	Análise de Profundidade	46
4.5.2	Análise do Talude	47
4.5.3	Análise da Largura	48
4.5.4	Seção Tipo	50
4.5.5	Análise da Bacia de Evolução	50
4.5.6	Análise do Dique Flutuante.....	51
4.5.7	Traçado do Canal de Navegação	51
4.6	DETERMINAÇÃO DO VOLUME DE DRAGAGEM	52
5	RESULTADOS	56
6	CONCLUSÃO	56
	REFERÊNCIAS.....	58
	ANEXOS	64
	ANEXO I – PIANC: TABELAS DE DIMENSIONAMENTO DO CANAL	65
	ANEXO II – ATIVIDADES DE CAMPO: LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO	70
	ANEXO III – SEÇÕES TRANSVERSAIS DE DRAGAGEM.....	74
	ANEXO IV – PROJETO GEOMÉTRICO E ÁREAS DE DRAGAGEM.....	77

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Em um contexto onde o transporte aquaviário assume uma relevância incontestável na infraestrutura logística do Brasil, sua extensa costa e numerosos rios navegáveis destacam-se como fatores preponderantes que justificam a constante busca por melhorias e implantações de obras portuárias (ALFREDINI, 2005).

Durante o primeiro trimestre de 2023, o setor portuário brasileiro registrou um aumento na movimentação de mercadorias de 1,64% em comparação com o mesmo período do ano anterior. Isso significa que, entre janeiro e março de 2023, aproximadamente 279,5 milhões de toneladas de mercadorias foram movimentadas (BRASIL, 2023a). Essa tendência aponta para um contínuo crescimento no volume de atividades portuárias, consolidando ainda mais sua importância no contexto nacional.

O Ministério de Portos e Aeroportos contabiliza 74 áreas portuárias públicas registradas no Brasil, sendo 39 portos fluviais e 35 portos públicos organizados, dos quais 17 são delegados (a estados, municípios ou consórcios públicos) e 18 são administrados pela união através de companhias docas (BRASIL, 2024). Entre os principais portos públicos está o porto de Paranaguá, localizado na região litorânea do Paraná e tendo como autoridade portuária a Administração dos Portos de Paranaguá e Antonina (APPA). Atualmente, o porto apresenta a segunda maior movimentação de carga entre os portos públicos do Brasil, com cerca de 27,4 milhões de toneladas movimentadas (LEAL, 2023).

O acesso marítimo ao porto de Paranaguá é realizado por meio do Canal da Galheta, sendo detalhada nas Cartas Náuticas disponibilizadas pela Marinha do Brasil. O canal abrange cerca de 150 a 200 metros de largura, além de possuir 30 quilômetros de extensão e cerca de 15 metros de profundidade (BRASIL, 2023b).

Na operação de aproximação de um navio para um porto, o processo de atracação emerge como um dos momentos mais críticos, podendo ter a necessidade de determinados auxílios, como a atuação da praticagem. Durante essa etapa, a embarcação é sujeita a uma série de variáveis que podem influenciar significativamente a segurança da manobra, como a intensidade do vento e das correntes.

Para uma maior eficácia da movimentação de acostagem, pode-se empregar equipamentos auxiliares, como os rebocadores. A função primordial dessas embarcações auxiliares reside em orientar e facilitar a manobrabilidade dos navios de carga durante o processo de atracação, tornando possível a realização desta tarefa de forma eficiente.

Para garantir um eficiente desempenho, os rebocadores necessitam passar regularmente por manutenções preventivas e corretivas, especialmente no casco, que está em contato direto com a água do mar. As manutenções devem ocorrer em estaleiros especializados neste tipo de serviço.

De acordo com o Sindicato Nacional da Indústria da Construção e Reparação Naval e Offshore (SINAVAL), existem aproximadamente 42 estaleiros no Brasil, distribuídos por vários estados, mas o Paraná não está incluído nessa lista (SINAVAL, 2014). A realidade destoa com a alta demanda por rebocadores em Paranaguá, reforçando a carência desse tipo de instalação no estado do Paraná.

Em função da necessidade apresentada, este estudo considerou hipoteticamente, a construção de um estaleiro na região denominada como Ponta do Poço, no município de Pontal do Paraná. Para receber as embarcações na região escolhida, é necessário a implementação de um canal de aproximação para um dique flutuante.

O objetivo deste estudo consiste em avaliar a implantação de um canal de aproximação e o espaço para a instalação de um dique flutuante, verificando os pontos e o volume de dragagem necessário.

Para caracterização da área avaliada, foram realizadas medições batimétricas no local proposto, utilizando equipamentos como um ecobatímetro e um Perfilador Acústico de Correntes por efeito Doppler (ADCP). Embora o levantamento tenha sido realizado com ambos os equipamentos, o estudo utilizou apenas os dados obtidos pelo ecobatímetro.

1.2 OBJETIVO

1.2.1 Objetivo Geral

Dimensionar um canal de aproximação e um dique flutuante, e calcular os volumes de dragagem para sua implantação, a partir de dados batimétricos levantados em campo.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar os dados existentes sobre a região em estudo;
- Realizar o levantamento batimétrico da área de estudo utilizando um ecobatímetro monofeixe integrado a um GNSS;
- Gerar um Modelo Digital de Terreno (MDT) georreferenciado com as profundidades obtidas em campo;
- Determinar as características do canal de aproximação;
- Identificar os pontos de dragagem e calcular o volume necessário para a navegação segura dentro do canal de aproximação.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO

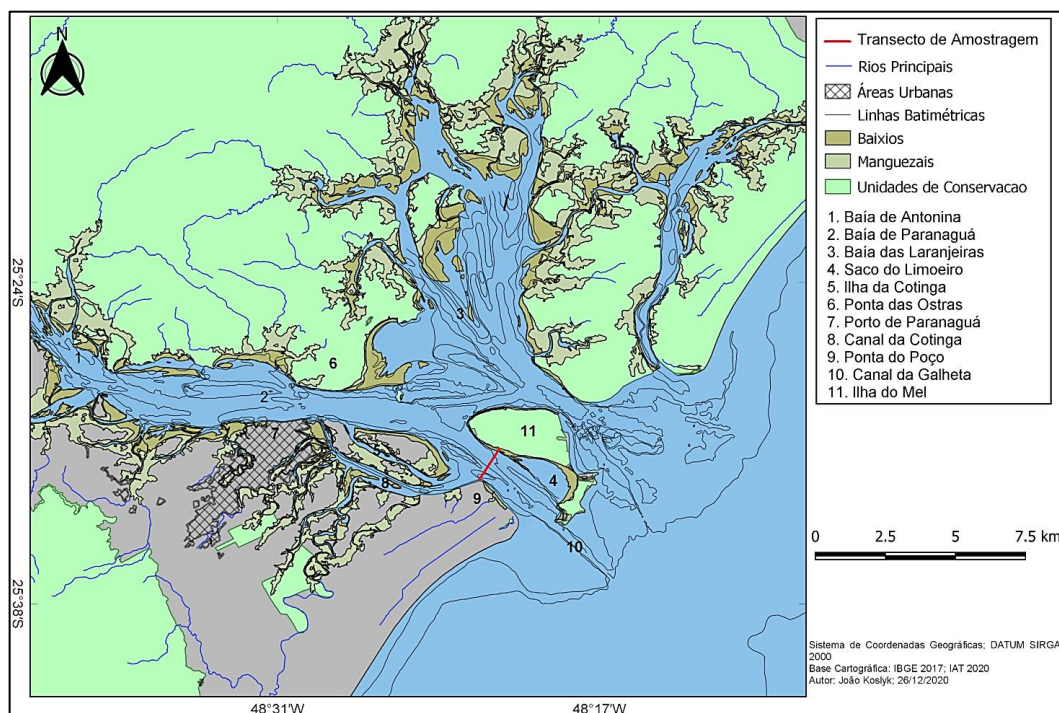
O presente estudo foi organizado em 6 capítulos, sendo o primeiro para contextualização e apresentação dos objetivos. O segundo capítulo trata da fundamentação teórica necessária para aplicação das metodologias propostas. A caracterização da área de estudo é apresentada no terceiro capítulo. O capítulo 4 aborda a metodologia adotada, sendo os resultados apresentados na sequência, no quinto capítulo. Por fim, no capítulo 6, a implementação do canal é analisada, conforme os objetivos do estudo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CANAL DO COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ

O Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP), localizado no estado do Paraná, Brasil, é uma área costeira de extrema importância ambiental e econômica, abrangendo cerca de 677 mil quilômetros quadrados. Este complexo é composto por estuários, baías, manguezais e ilhas que sustentam sua rica biodiversidade marinha e terrestre (PASSOS et al., 2012).

FIGURA 1 – COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ.



FONTE: Koslyk, 2020.

O Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP) abriga os portos de Paranaguá e Antonina, essenciais para a economia do Paraná e do Brasil, movimentando cargas como grãos e produtos industriais. Além disso, a região inclui áreas de conservação, como o Parque Nacional de Superagui, voltado para a proteção da fauna e flora (BRASIL, 2020).

Este local tem despertado considerável interesse acadêmico devido à presença dos portos de Paranaguá e Antonina. Diversos estudos foram produzidos com foco na navegação e na hidrodinâmica costeira, incluindo pesquisas como o estudo da dinâmica sedimentar do Canal da Galheta, conforme abordado por Lamour (2000), e

a análise dos processos erosivos na região litorânea do município de Pontal do Paraná, conforme desenvolvido por Kirinus e Tomas (2021).

2.2 CANAIS DE NAVEGAÇÃO

Um canal de navegação, seja natural ou artificial, serve para facilitar o tráfego seguro e eficiente de embarcações.

Os canais de navegação podem exibir distintas características de acordo com sua exposição ao ambiente, sendo divididos em duas categorias principais: canais externos e canais internos. Canais externos são aqueles que enfrentam forças intensas da natureza, tais como ondas, ventos e correntes marítimas. Em contrapartida, os canais internos estão localizados em regiões resguardadas, como estuários e rios, ou são protegidos por estruturas costeiras de abrigo.

Os canais de navegação utilizados para a aproximação de portos e hidrovias no Brasil passam por um processo de homologação conduzido pela Marinha do Brasil. Esse procedimento visa assegurar a segurança das operações de navegação ao longo desses canais. Atualmente, a Autoridade Marítima Brasileira tem adotado a metodologia descrita nas publicações da PIANC (*Permanent International Association Of Navigation Congresses*), uma vez que a NBR 13246/1995 foi cancelada (ABNT, 1995).

A PIANC é uma associação internacional, que tem como objetivo promover condições de exploração e segurança da navegação interior e marítima, sendo sua metodologia descrita na publicação *Harbour Approach Channels – Design Guidelines* (PIANC, 2014) aceita por muitos países.

Com base na metodologia da PIANC, pode-se determinar as dimensões adequadas para um canal de navegação, englobando a análise da sua largura, comprimento e profundidades requeridas para acomodar uma embarcação tipo. Adicionalmente, este método incorpora a consideração de diversos fatores que podem impactar o processo de dimensionamento, tais como incertezas relacionadas ao calado, variações na densidade da água, efeito *squat*, salto dinâmico, influência das ondas, incertezas do leito do canal e sobre dragagem.

Além do canal de navegação, a PIANC (2014) também estabelece parâmetros para o dimensionamento da bacia de evolução, a qual consiste em uma área

destinada para que as embarcações possam realizar manobras de parada e giro com segurança.

Embora a PIANC (2014) não apresente orientações sobre as inclinações dos taludes, a norma ABNT NBR 13246/1995 oferece diretrizes que permitem estabelecer a inclinação adequada dos taludes de acordo com as características do solo (ABNT, 1995).

2.3 LEVANTAMENTOS BATIMÉTRICOS

A batimetria desempenha um papel fundamental na exploração e compreensão dos ecossistemas aquáticos, abrangendo oceanos, mares, rios e lagos, podendo ser caracterizada como uma ferramenta de grande utilidade para compreender os fenômenos nos ambientes aquáticos (SOUZA e PINTO, 2020), empregando diversos métodos para caracterizar a topografia submersa (GAGG, 2016).

O produto final de um levantamento batimétrico são as curvas isobatimétricas, caracterizadas como altitudes (ou profundidades) do assoalho marinho. De acordo com Gagg (2016), o levantamento batimétrico pode ser classificado por meio de dois métodos distintos: direto ou indireto.

2.3.1 Metodologia Direta

Considerado como o mais tradicional, o método direto envolve a medição da profundidade utilizando equipamentos manuais, como varas de sondagem e embarcações simples, como botes (AZAMBUJA, 2012; apud GAGG, 2016).

Apesar de ser um método simples e de baixo custo operacional, sua aplicação apresenta uma série de limitações, principalmente em termos de segurança e cobertura de grandes áreas ou profundidades. Outrossim, a coleta de dados é pontual, o que resulta em baixa produtividade e possibilidade de erros de leitura (AZAMBUJA, 2012; apud GAGG, 2016).

2.3.2 Metodologia Indireta

O método indireto envolve a exploração do fundo subaquático por meio da propagação de sinais acústicos, oferecendo uma abordagem viável e altamente eficaz (GAGG, 2016).

Na literatura, são destacados pelo menos três diferentes equipamentos para a obtenção de dados do fundo marinho, a saber: o ADCP (Perfilador acústico de correntes por efeito Doppler), o Ecobatímetro monofeixe e o Ecobatímetro multifeixe.

Cada uma dessas abordagens desempenha um papel fundamental na coleta de informações sobre a topografia submersa, adaptando-se às diversas demandas e características de cada ambiente aquático (GAGG, 2016).

Os equipamentos relevantes para o presente estudo estão, resumidamente, descritos na sequência.

2.3.2.1 Ecobatímetro Monofeixe

O ecobatímetro tem como função determinar a profundidade abaixo da embarcação, através da emissão de pulsos sonoros. Para isso, ele mede o tempo entre a transmissão do sinal e a recepção do seu eco correspondente para calcular a profundidade (MATOS, 2012).

Os sistemas de ecobatímetros monofeixe registram uma única medida de profundidade a cada pulso acústico emitido, criando linhas batimétricas ao longo da rota de navegação, exigindo múltiplos perfis paralelos para criar um mapa batimétrico detalhado (GAGG, 2016).

Para esse tipo de levantamento, o grau de detalhamento das informações sobre o leito marinho vai depender diretamente do planejamento das linhas de sondagem, o qual pode ser determinado com base na cobertura batimétrica relacionada a ordem do levantamento (IHO, 2005).

Este equipamento pode ser utilizado em conjunto com um sistema de posicionamento como um GNSS, possibilitando a obtenção das coordenadas horizontais durante o levantamento. No entanto, é importante destacar que o movimento de uma embarcação apresenta seis graus de liberdade, compreendendo três translações e três rotações.

O sistema GNSS garante um correto posicionamento horizontal dos pontos medidos, podendo ser combinado com um ecobatímetro, permitindo assim a mitigação dos deslocamentos de translação da embarcação. Entretanto, esse método não é capaz de corrigir as oscilações de rotação, exigindo, portanto, o emprego de dispositivos suplementares, como sensores de inclinação e elevação, juntamente com um medidor de aceleração (KRUEGER, 1999).

2.3.2.2 ADPC

O ADCP é conhecido por ser um dispositivo versátil, sendo frequentemente empregado no estudo de corpos hídricos. Sua versatilidade ocorre devido seu método de funcionamento, que permite a simultânea determinação da profundidade e da vazão de um curso d'água (Tulio et al., 2011).

Entre os modelos de ADCP existentes no mercado, o Modelo M9 (Figura 2), fabricado pela *SonTek*, destaca-se por ser equipado com 2 conjuntos de 4 transdutores (1 MHz e 3MHz) para medição de velocidades e 1 transdutor vertical para profundidade (0,5 MHz). Além disso, o dispositivo possui um feixe vertical que funciona como um ecobatímetro monofeixe, coletando somente dados de profundidade.

FIGURA 2 – ADCP RIVERSURVEYOR M9.

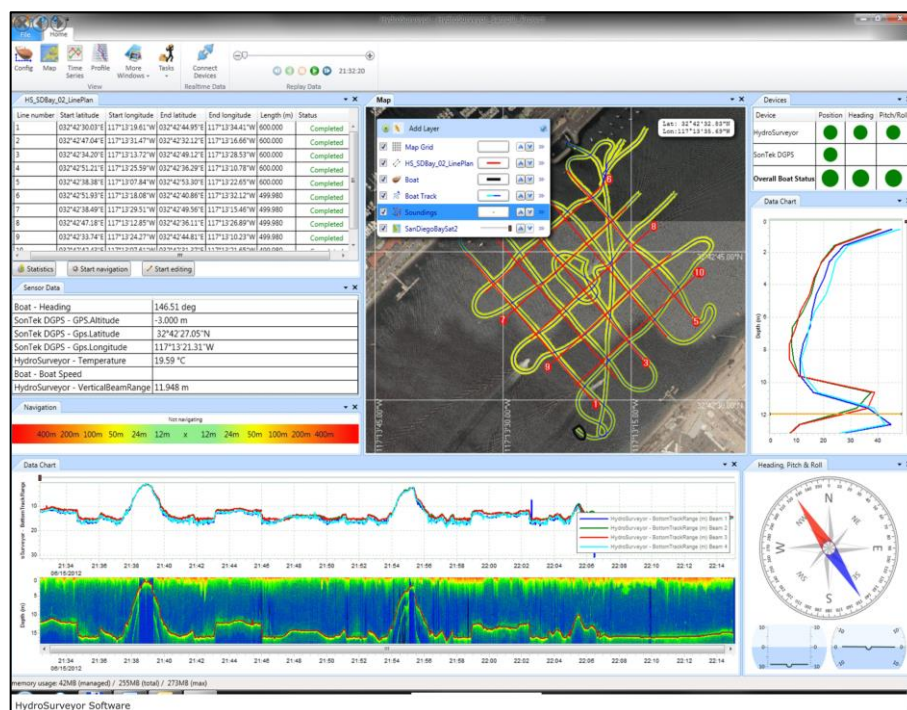


FONTE: SonTek (2023).

O equipamento possui bússola interna e acelerômetro, que possibilitam corrigir as movimentações da embarcação durante o levantamento. Outrossim, esse equipamento pode ser acoplado a um sistema de posicionamento externo como um RTK GPS, possibilitando a obtenção das coordenadas horizontais.

Ambos os equipamentos operam conectados a um notebook que utiliza o software HYDROSURVEYOR, o qual é responsável pela interface de configuração dos parâmetros medidos como a posição do ADCP em relação à embarcação, e a profundidade em relação ao nível da água. Além disso, o software é responsável pela obtenção e sincronização de dados e seu processamento após levantamento (SONTEK, 2014).

FIGURA 3 – INTERFACE DO SOFTWARE HYDROSURVEYOR.



FONTE: SonTek (2014).

2.4 CRIAÇÃO DA SUPERFÍCIE

2.4.1 Modelo Digital do Terreno (MDT)

Um modelo digital do terreno (MDT) é uma representação digital do relevo da superfície terrestre, sendo necessário a coleta de dados geoespaciais do local para sua criação. Normalmente, essa coleta de dados é realizada de forma pontual,

resultando em áreas sem amostragem, sendo necessário o emprego de técnicas de interpolação que possibilitem a estimativa dos valores dessas áreas não amostradas (PEREIRA et al., 2022).

Existem uma variedade de métodos de interpolação que podem ser empregados no aprimoramento dos dados coletados em campo. Alguns desses métodos incluem: IDW (inverso da distância ponderada), *Spline*, Vizinho Natural, TIN (Rede Triangular Irregular), *Topo to Raster* e Krigagem (MIRANDA, 2017). Destes, destaca-se a Krigagem como o mais indicado para levantamentos batimétricos (LEITE et al., 2020).

2.5 MÉTODOS DE CÁLCULO DE VOLUME

O levantamento de volumes é uma etapa crucial em diversas áreas da engenharia civil, pois fornece informações essenciais para o planejamento e execução de projetos. Existem diferentes métodos que tornam possível calcular esses volumes, como o método das seções transversais e o método de superfícies.

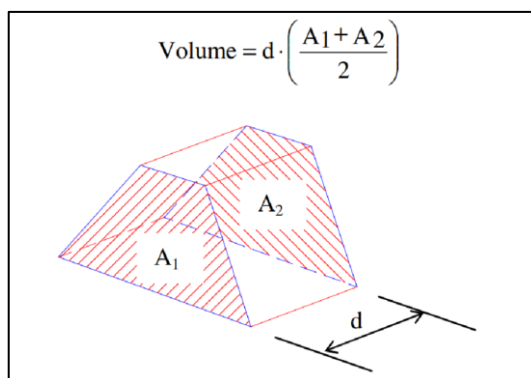
Os dois métodos podem ser aplicados diretamente em softwares específicos, como o Autodesk Civil 3D, agilizando a determinação do volume que deve ser movimentado.

O método de cálculo de volume através da superfície é considerado mais preciso porque utiliza de modelos digitais de terreno detalhados, permitindo uma análise tridimensional exata das superfícies envolvidas, minimizando erros associados à simplificação geométrica presente em métodos tradicionais como o método das seções (AutoCAD Civil 3D®, 2024).

2.5.1 Método das Seções Transversais

Este método é capaz de calcular o volume de um sólido multiplicando a distância entre duas seções transversais pela média de suas áreas (FERNANDES, 2014), sendo muito utilizado em projetos de engenharia que envolvem realizar movimentações de terra como em projetos de terraplenagem e vias de transporte (SILVA, 2023).

FIGURA 4 – SEÇÕES PARALELAS.

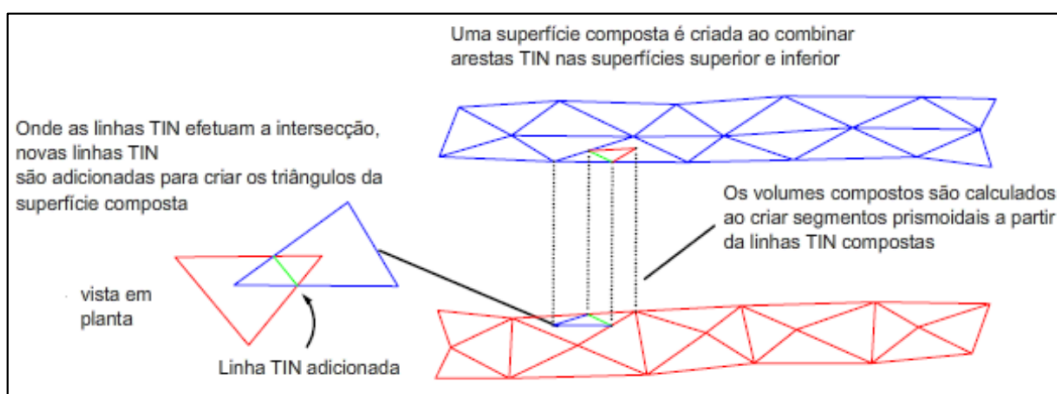


FONTE: Fernandes, 2014.

2.5.2 Método de Superfícies

Também conhecido como método de volume composto, esse método calcula o volume ao comparar duas superfícies trianguladas. Ele faz isso ao criar e comparar pequenos prismas formados onde os triângulos das duas superfícies se encontram, permitindo uma estimativa mais precisa do volume total.

FIGURA 5 - EXEMPLO DO MÉTODO DE SUPERFÍCIES.



FONTE: AutoCAD Civil 3D®, 2024.

2.6 PROJETOS DE ESTALEIROS

Um estaleiro naval é uma instalação industrial onde ocorre diversas atividades relacionadas à construção naval, como a manutenção, reparação e construção de navios e embarcações (PINHÃO et al., 2019).

Os estaleiros de construção naval são responsáveis pela construção de embarcações e navios. Esse tipo de estaleiro deve possuir instalações e equipamentos adequados para cada etapa do processo de construção, além do lançamento do navio. Alguns estaleiros de construção naval também oferecem serviços de manutenção e reparo, como é o caso do Estaleiro Atlântico Sul (EAS), localizado em Pernambuco (Figura 6), este estaleiro ocupa uma área de 1.600.000 metros quadrados e tem grande capacidade de processamento de aço (PINHÃO et al., 2019).

FIGURA 6 - ESTALEIRO ATLÂNTICO SUL (EAS).



FONTE: Click Petróleo e Gás, 2022.

Os estaleiros de reparo e manutenção naval podem operar através de diques secos, diques flutuantes ou por meio do cais. Diferentemente dos estaleiros de construção, que demandam equipamentos de alto custo como guindastes com alta capacidade de carga, o estaleiro de reparo e manutenção demanda equipamentos menores devido à natureza das atividades desenvolvidas neste tipo de instalação (pequenas e médias embarcações) (PINHÃO et al., 2019).

Um exemplo de estaleiro de reparo e manutenção para pequenas e médias embarcações é o dique flutuante da empresa BELOV Engenharia (Figura 7), inaugurado em 2019 na Bahia.

FIGURA 7 - INAUGURAÇÃO DE DIQUE FLUTUANTE, NA BAHIA.



FONTE: Click Petróleo e Gás, 2019.

A localização geográfica é um fator crucial na construção de estaleiros navais. Embora a localização não seja um fator determinante para os estaleiros de construção, devido ao longo período necessário para a construção de uma embarcação, ela desempenha um papel fundamental para os estaleiros especializados em reparo e manutenção. Esses estaleiros são estrategicamente construídos próximos às rotas de navegação, pois os serviços de reparo e manutenção exigem prazos reduzidos. Dessa forma, a proximidade com as rotas marítimas facilita o acesso e a logística para as embarcações que necessitam desses serviços (PINHÃO et al., 2019).

Um exemplo de dique flutuante disponível no mercado é o *Skylift-6000* (Figura 8), produzido e comercializado pela empresa holandesa *Skylift Marine*, especializada na fabricação desse tipo de equipamento (SKYLIFT, 2018).

FIGURA 8 – SKYLIFT 6000.



FONTE: Skylift Marine, 2018.

As informações sobre as dimensões físicas e a capacidade do dique flutuante estão disponíveis no site do fabricante. O Quadro 1 apresenta as principais características do equipamento.

QUADRO 1 – PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO DIQUE FLUTUANTE.

Comprimento externo	80,00 metros
Largura externa	33,00 metros
Altura do Pontoon	4,00 metros
Largura interna	23,00 metros
Altura dos picadeiros	Variável
Comprimento máximo da estaca abaixo da barça	40,00 metros
Capacidade de carga	6.000,00 toneladas

FONTE: Adaptado de Skylift, 2018.

Nesse contexto, "pontoon" refere-se à plataforma flutuante utilizada para formar a estrutura principal do dique, enquanto os "picadeiros" são estruturas responsáveis por sustentar o navio quando estiver em seco.

A altura dos picadeiros pode variar conforme o tipo de embarcação e o tipo de manutenção a ser realizada, sendo possível encontrar na literatura valores próximos a 1,80 metros (RAMÓN, 2016).

2.7 REBOCADORES

A navegação de apoio portuário é fundamental para realização segura de operações como chegada e saída de navios nos portos. Essa atividade é desempenhada pelos rebocadores, que são embarcações menores, mas com grande mobilidade e potência. Os rebocadores são capazes de auxiliar nas manobras de atracação e desatracação de navios, puxar e empurrar embarcações e plataformas de petróleo e outros serviços relacionados ao apoio portuário e marítimo (MENDES, 2017).

No contexto do presente estudo, detalha-se as características do rebocador Bourbon Yack, da série Rastar 3800, produzida pela empresa Grandweld de Dubai e disponibilizada através da empresa Bourbon Offshore.

FIGURA 9 – REBOCADOR BOURBON YACK.



FONTE: Bourbon Offshore, 2014.

Devido à sua propulsão por dois propulsores azimutais, juntamente com um propulsor de proa, aliado ao seu casco compacto, o Bourbon Yack é considerado uma embarcação altamente manobrável. Essa característica o torna altamente eficiente em operação, como na prestação de assistência a petroleiros offshore, seja realizando manobras de tração ou empurrando-os (Bourbon Offshore, 2014).

O Quadro 2 contém as principais informações sobre a embarcação tipo considerada.

QUADRO 2 - PRINCIPAIS INFORMAÇÕES DA EMBARCAÇÃO TIPO.

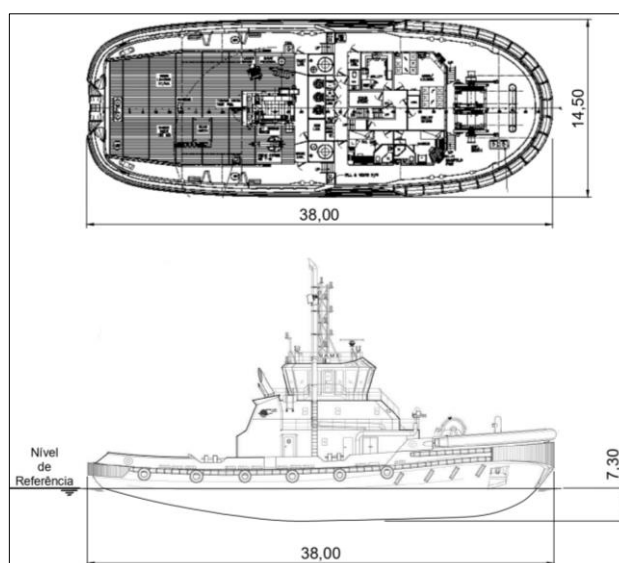
Comprimento	38,00 metros
Largura	14,50 metros
Calado operacional	7,30 metros
Velocidade de cruzeiro	10,5 nós
Motores principais	2 x 2.970,00 kW

FONTE: Adaptado de Bourbon Offshore, 2014.

Considerando que a área de estudo não possui interferências como pontes, cabos suspensos, linhas de transmissão de energia ou quaisquer outras estruturas aéreas que possam interferir com a passagem da embarcação, o calado aéreo foi desconsiderado na análise e dimensionamento do canal.

A Figura 10 apresenta um modelo da embarcação descrita, incluindo suas dimensões.

FIGURA 10 – PLANTA BAIXA E PERFIL DA EMBARCAÇÃO TIPO (SEM ESCALA).



FONTE: Adaptado de Bourbon Offshore, 2014.

3 ÁREA DE ESTUDO

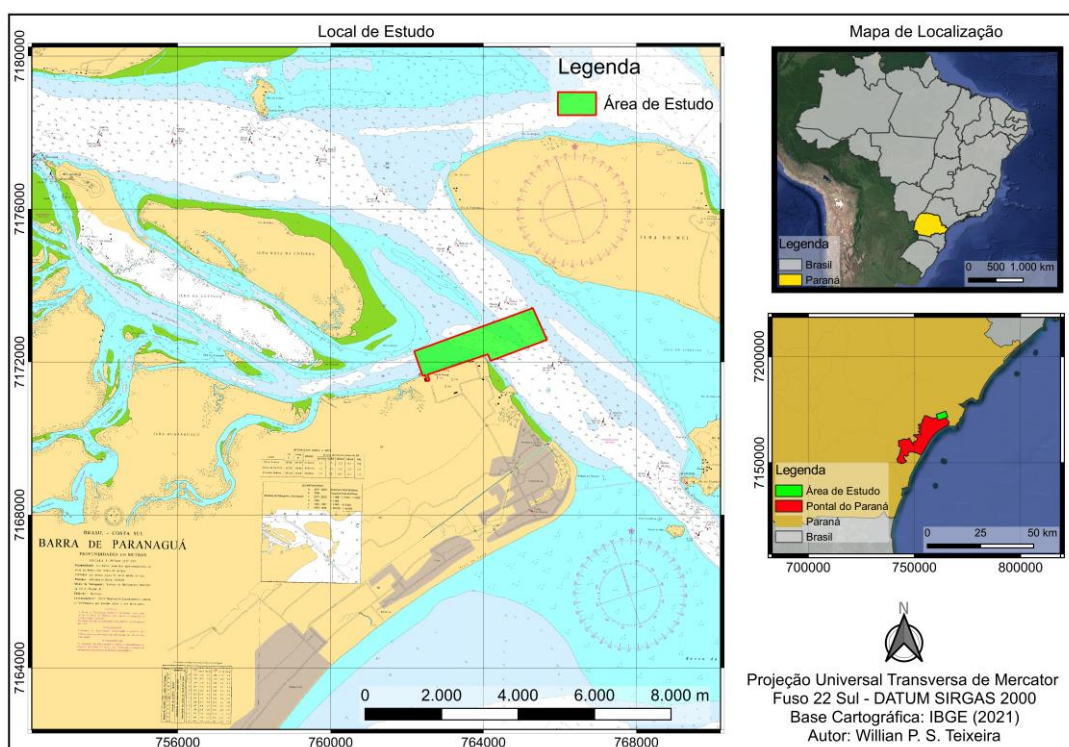
3.1 APRESENTAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

O local escolhido para o atual estudo é situado no município de Pontal do Paraná-PR, no balneário Pontal do Sul, conforme ilustra a Figura 11 e Figura 12. A

área de estudo, que por sua vez, está delimitada em vermelho, compreende cerca de 2,3 km².

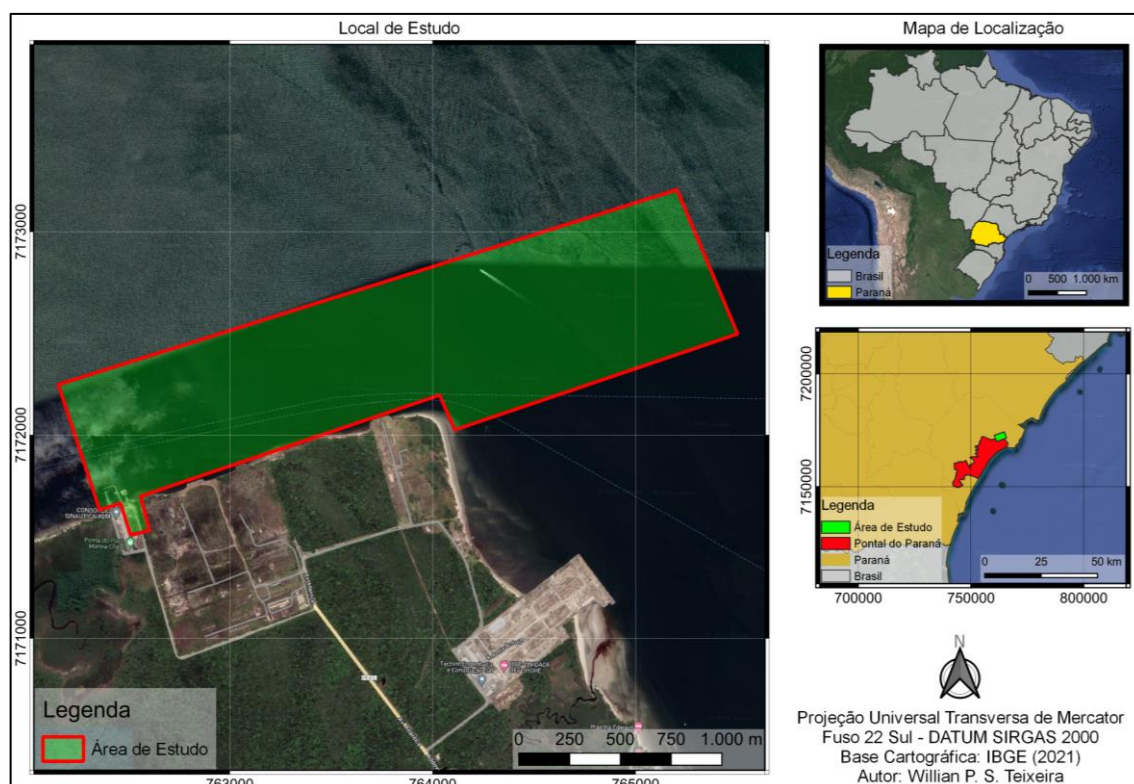
Próximo ao local de estudo, estão situadas instalações que oferecem serviços na área marítima, como uma marina de barcos administrada pelo Consórcio Sinautica AJM, e uma unidade *offshore* administrada pela Techint Engenharia e Construção A.S.

FIGURA 11 - MAPA DA REGIÃO DE ESTUDO.



FONTE: De autoria própria.

FIGURA 12 - MAPA DO LOCAL DE ESTUDO.



FONTE: De autoria própria.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL

A fim de iniciar a caracterização da área de estudo, serão considerados os dados relativos às correntes, ventos e altura das ondas na região, bem como informações pertinentes sobre a composição do solo que constitui o leito do corpo hídrico. Tais informações foram obtidas por meio do Plano de Emergência Individual (APPA, 2013) e do Estudo de Capacidade do Canal da Galheta (HAURELHUK, 2014).

O Plano de Emergência Individual (PEI) tem como finalidade estabelecer um planejamento para lidar com situações de emergência relacionadas a incidentes de poluição por óleo em instalações portuárias, como é o caso do Porto de Paranaguá. Ele engloba uma variedade de informações pertinentes às características gerais da região sob influência do Porto de Paranaguá (APPA, 2013).

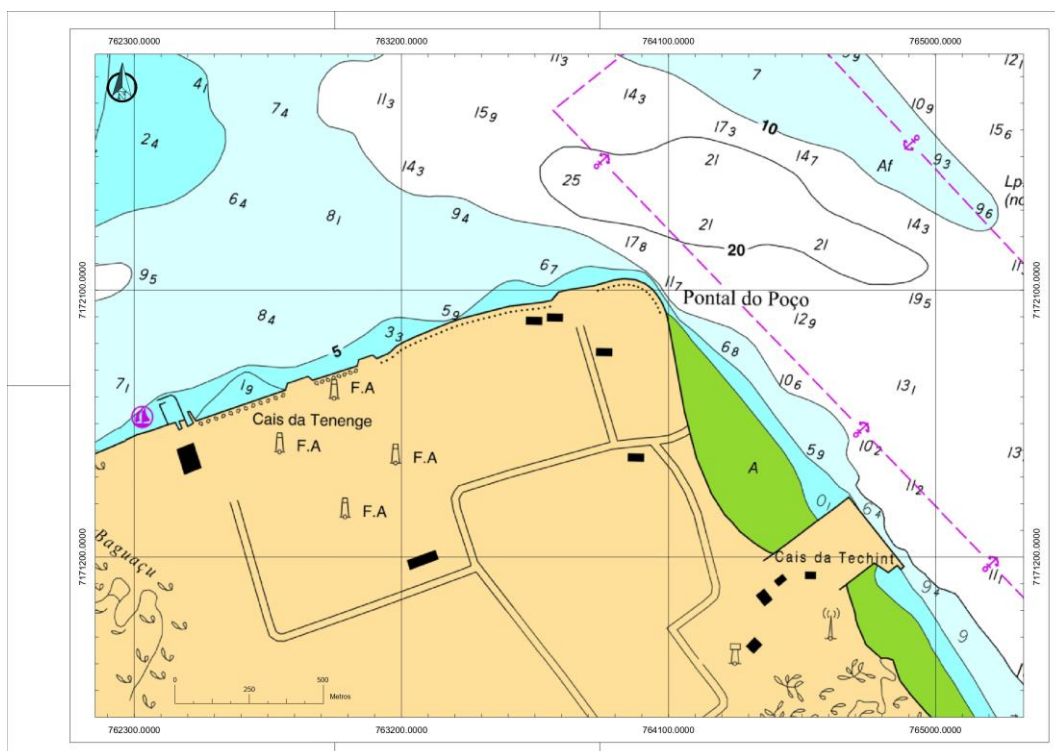
3.2.1 Batimetria

O local em estudo é caracterizado pela carta náutica Nº1820, denominada como “PROXIMIDADES DA BARRA DE PARANAGUÁ”, disponibilizada pela Marinha do Brasil (BRASIL, 2023b). A análise desta carta revelou profundidades que variam entre 1,90 e 21 metros no local em questão.

Entretanto, é importante ressaltar que os levantamentos dessa área foram realizados em 1998, o que perfaz um total de 26 anos até a data deste estudo, logo se faz necessário o levantamento batimétrico para atualização das condições locais.

Sendo assim, torna-se imperativo realizar a atualização das profundidades por meio de um levantamento batimétrico.

FIGURA 13 - CARTA NÁUTICA ADAPTADA A REGIÃO DO PRESENTE ESTUDO.



FONTE: Adaptado de Brasil, 2023b.

3.2.2 Correntes

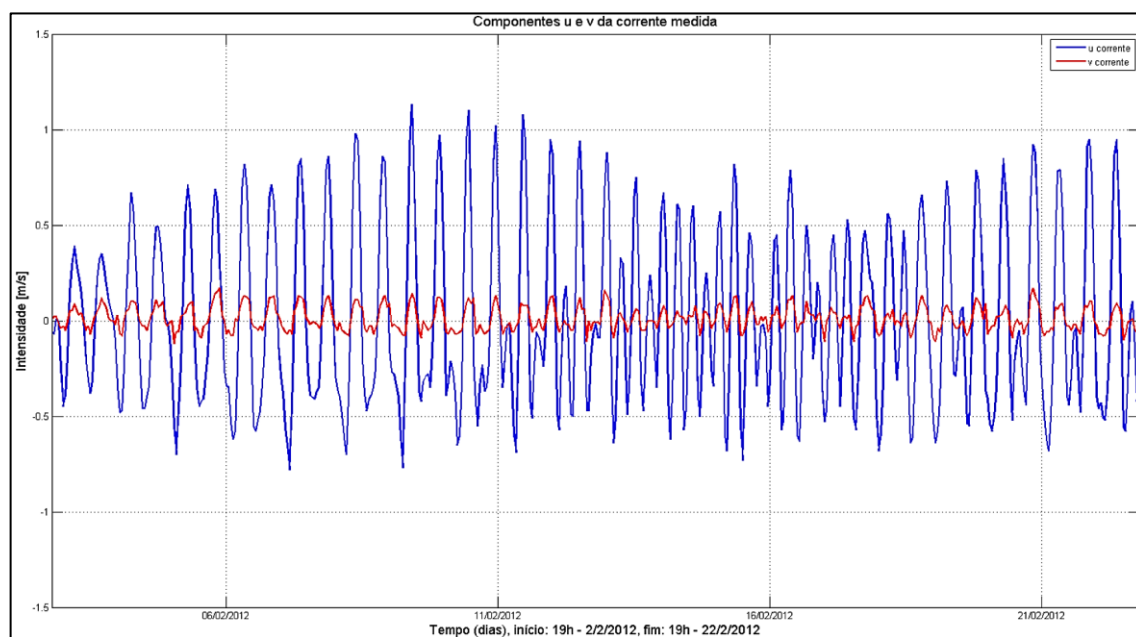
Conforme descrito pela APPA (2013), durante o mês de fevereiro de 2012, foram coletados dados de corrente longitudinal e transversal por meio de uma boia

sinalizadora instalada no canal de acesso ao Porto de Paranaguá, próximo ao local de estudo.

Os resultados revelam um fluxo de corrente bidirecional, com uma intensidade mais significativa na direção longitudinal ao canal, indicando uma influência direta dos efeitos das marés de vazante e enchente (APPA, 2013).

Os resultados dessas medições são apresentados na Figura 14.

FIGURA 14 – COMPONENTES U (AZUL) E V (VERMELHO) DA CORRENTE MEDIDA NA BÓIA DE SINALIZAÇÃO DO CANAL DE ACESSO AO PORTO DE PARANAGUÁ.



FONTE: APPA (2013).

Com base na análise da Figura 14, é possível obter uma aproximação dos valores máximos da corrente longitudinal (componente u) e transversal (componente v), conforme apresentado no Quadro 3.

QUADRO 3 – CORRENTE LONGITUDINAL E TRANSVERSAL.

Corrente longitudinal	1,2 m/s (equivalente a 2,33 nós)
Corrente transversal	0,12 m/s (equivalente a 0,23 nós)

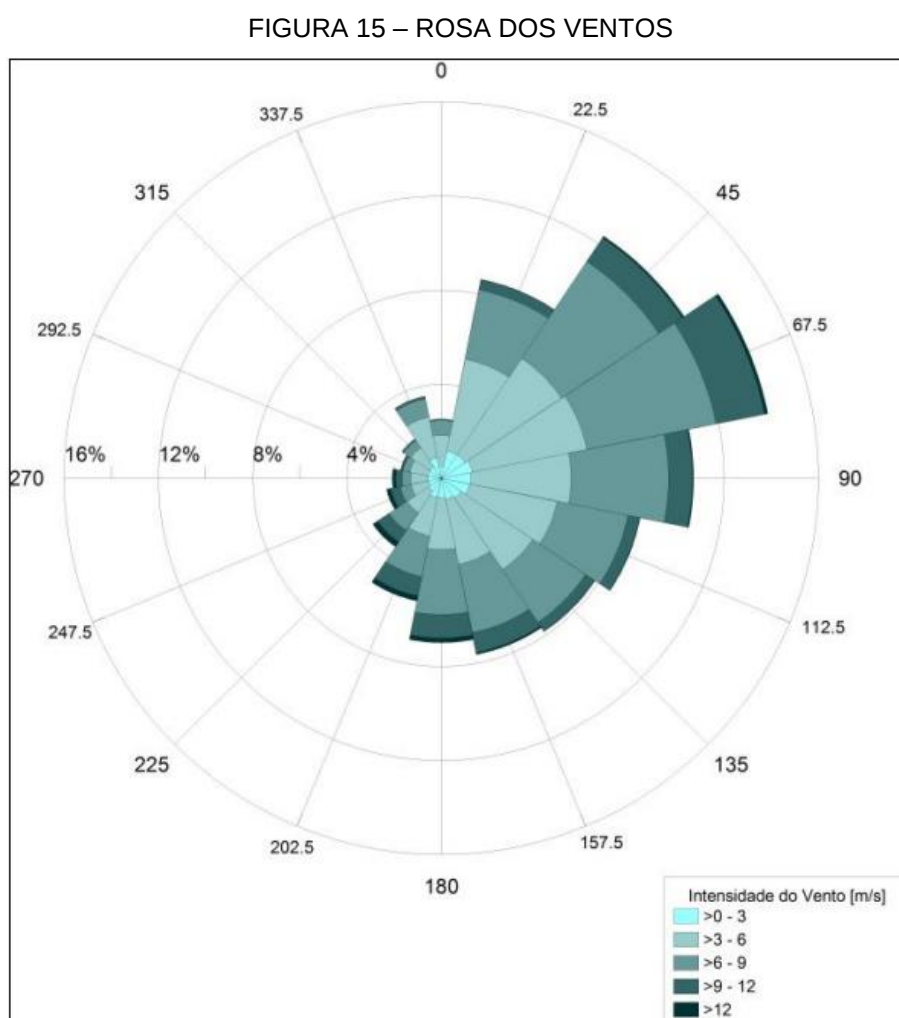
FONTE: Adaptado de APPA, 2013.

Cabe ressaltar que esses dados foram coletados no ano de 2012, e podem estar sujeitos a variações decorrentes do intervalo de tempo entre a coleta e o

presente estudo, bem como em função do período de amostragem o qual pode variar conforme a estação do ano.

3.2.3 Ventos

Os dados de vento apresentado pela APPA (2013), foram obtidos através do programa de reanálise dos Centros Nacionais de Previsão Ambiental (NCEP) para o período compreendido entre 1996 e 2010. Os resultados obtidos são apresentados na Figura 15.



FONTE: APPA (2013).

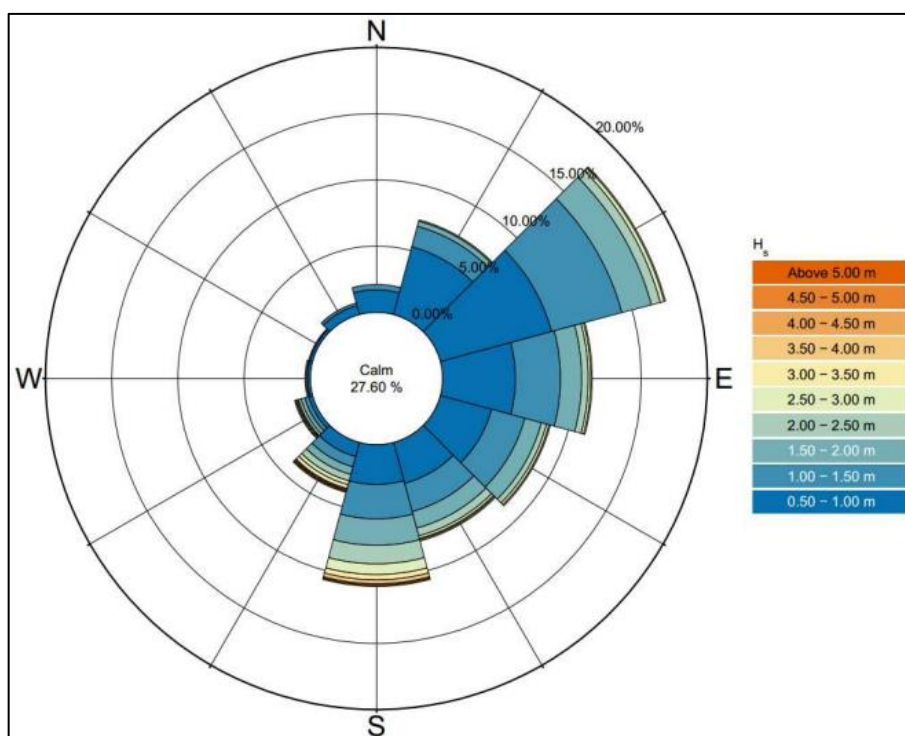
Com base na análise da Figura 15, é possível identificar que na região do CEP, a intensidade do vento com maior ocorrência ocorre na direção lés-nordeste (67,5°), com velocidade média variando entre 6 e 9 m/s.

Deste modo, considera-se que a intensidade dos ventos, em nós, é equivalente a 17,5 na direção lés-nordeste (67,5°).

3.2.4 Altura da Onda

Com base em dados coletados pelo Terminal de Contêineres de Paranaguá na região do Porto de Paranaguá, é possível afirmar que a direção predominante das ondas nesta região fica entre nordeste e lés-nordeste, com altura média entre 0,50 e 1,00 metro (HAURELHUK, 2014).

FIGURA 16 – ROSA DE ONDAS.



FONTE: Haurelhuk, 2014.

Com base na análise da Figura 16, é possível identificar que a maior ocorrência de ondas ocorre entre a direção nordeste e lés-nordeste, com a altura variando entre 0,50 a 1,00 metro.

Deste modo, adotou-se neste trabalho 1 metro a altura das ondas.

3.2.5 Natureza do Solo

As características geotécnicas do solo no leito do Canal da Galheta indicam predominantemente a presença de areia fina (ARAÚJO, 2001; apud HAURELHUK, 2014).

4 METODOLOGIA

4.1 LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO NO LOCAL DE IMPLEMENTAÇÃO

As atividades de campo foram executadas entre os dias 20 e 21 de setembro de 2023, para tais atividades foram necessários os seguintes equipamentos:

- GPS/Plotter Garmin *echoMAP™* 42dv
- Transdutor Garmin GT20-TM
- GNSS *Leica Geosystems* GS15
- Haste metálica
- Medidor Hidrográfico ADCP SonTek HydroSurveyor M9
- GNSS RTK SonTek
- Suporte e haste para o ADCP
- Régua de alumínio graduada em centímetros
- Notebook Dell
- Embarcação de fibra de vidro

Antes da realização do levantamento, houve a necessidade de agendar uma embarcação. Neste contexto, o Centro de Estudos do Mar (CEM) disponibilizou a embarcação de fibra de vidro, denominada "STRATUS", permitindo a instalação dos equipamentos e, por conseguinte, a execução do levantamento batimétrico.

A utilização da embarcação durante as atividades de campo é ilustrada na Figura 17.

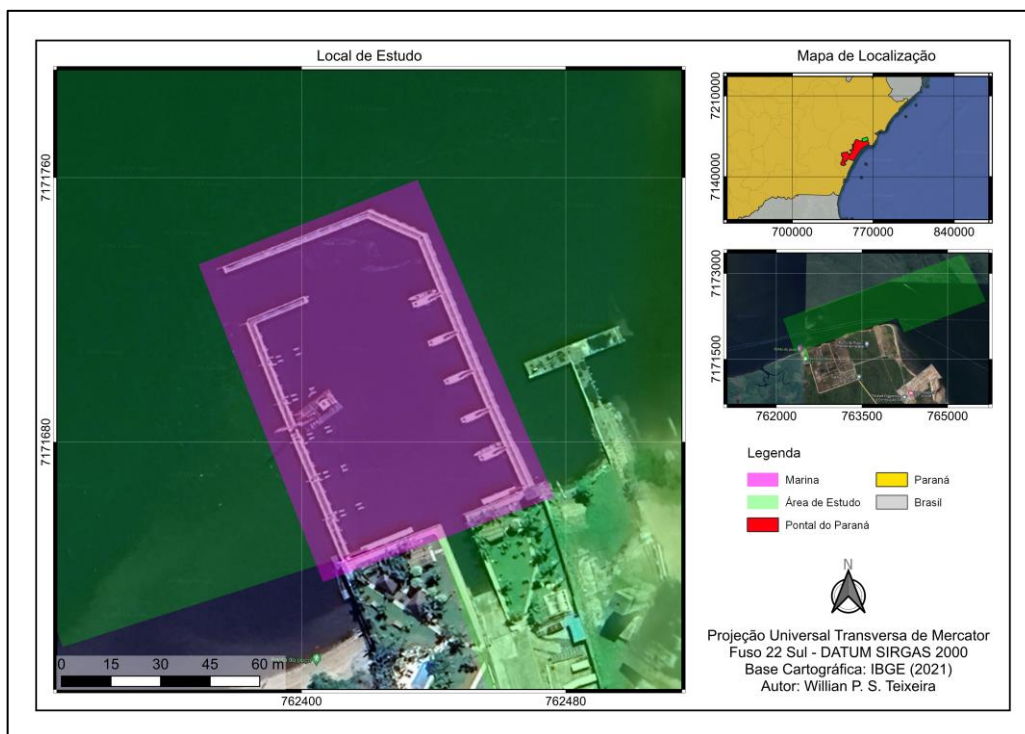
FIGURA 17 – EMBARCAÇÃO “STRATUS”.



FONTE: De autoria própria.

Além da embarcação, também foi necessário escolher antecipadamente um local capaz de fornecer as instalações necessárias para o levantamento. Nesse contexto, optou-se pela Marina Club - Ponta do Poço devido à sua proximidade com a área de estudo e à disponibilidade de acesso e instalações para os equipamentos.

FIGURA 18 - MAPA DO LOCAL DA MARINA.

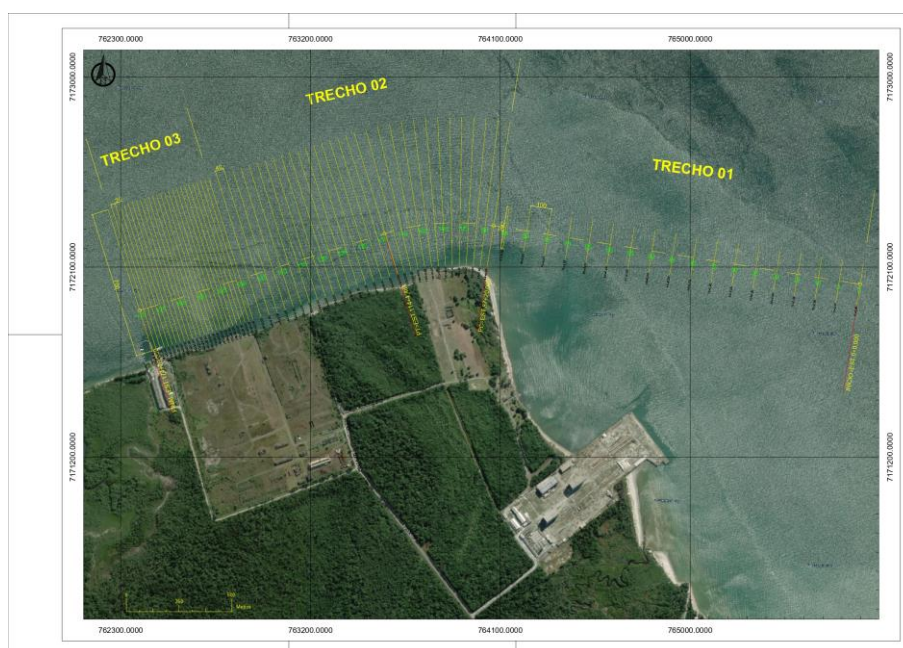


FONTE: De autoria própria.

No primeiro dia de levantamento, pela manhã, as atividades incluíram a configuração e instalação dos equipamentos na embarcação e na marina. Essas atividades são detalhadas no ANEXO II – ATIVIDADES DE CAMPO: LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO.

Com a instalação de todos os equipamentos dentro e fora da embarcação, foi possível iniciar o levantamento batimétrico. Por se tratar de uma área aberta, foi realizado previamente um plano de linhas de sondagem, pelo qual foi possível usar de referência durante a navegação.

FIGURA 19 – LINHAS DE SONDAGEM UTILIZADOS COMO REFERÊNCIA.

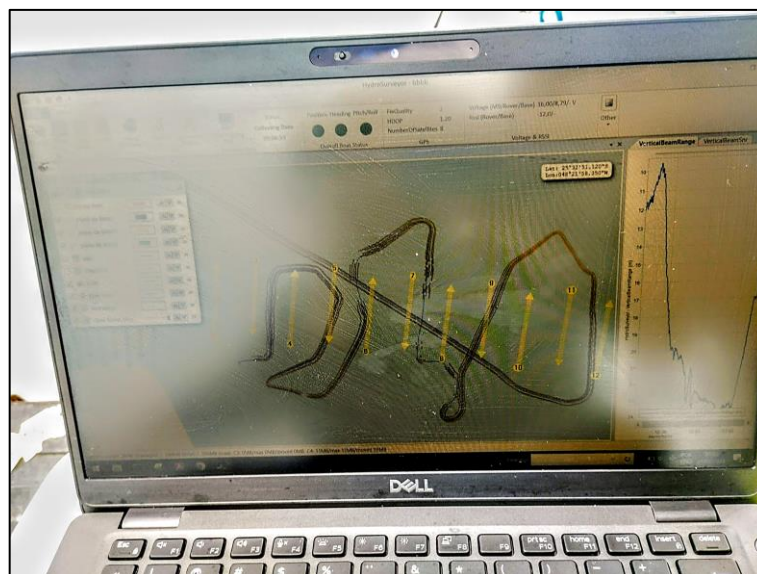


FONTE: De autoria própria.

As linhas de sondagem foram divididas em três segmentos. No trecho 01, apenas uma batimetria de verificação foi planejada, com linhas a cada 100 metros, enquanto para os demais trechos, as linhas foram estabelecidas com intervalos variando entre 20 e 40 metros.

Para acessar as linhas de sondagem durante o levantamento, foi utilizado o *Software SonTek Hydro Surveyor v0.85*, conforme apresentado na Figura 20.

FIGURA 20 – LINHAS DE SONDAGEM INTEGRADAS AO SOFTWARE HYDRO SURVEYOR.



FONTE: De autoria própria.

Ao iniciar cada fase do levantamento, deve ser dado um comando para cada equipamento iniciar a leitura dos dados, no caso do ADCP e GNSS RTK SonTek, seus comandos são inseridos através do *software Hydro Surveyor*.

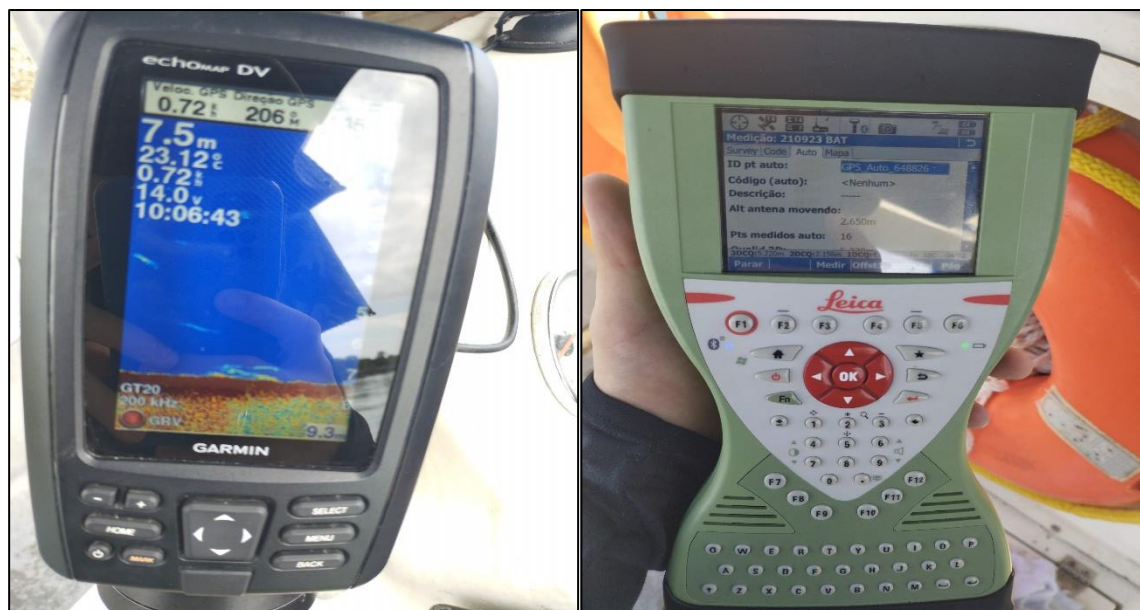
No caso do sensor *echoMap Garmin*, os dados são registrados e apresentados através de seu visor, enquanto no GNSS *Leica*, a coleta de dados pode ser iniciada por meio de sua coletora (Figura 21).

Todos os equipamentos foram configurados para registrar pontos em intervalos de 1 segundo o que permitiu a integração de diferentes dispositivos por meio desta variável.

Conforme análise da carta náutica do local em estudo, as profundidades na região variam entre 1,90 e 21 metros, deste modo, o sensor foi configurado para a frequência de 200 kHz, conforme aconselhado pelo manual de hidrografia para essa profundidade (IHO, 2005). Ao utilizar essa frequência neste sensor, sua resolução do feixe vertical é de 0,01 metro (CHAGAS, 2022).

Quanto ao posicionamento horizontal levantado pelo GNSS, foi realizado o método de posicionamento relativo cinemático. Neste método a estação de referência é mantida estática em um ponto, enquanto o receptor fica em movimento. Esse método proporciona uma precisão na ordem centimétrica (IBGE, 2008).

FIGURA 21 - VISOR DO ECHOMAP GARMIN (À ESQUERDA) E VISOR DA COLETORA LEICA (À DIREITA).



FONTE: De autoria própria.

Ao iniciar a coleta de dados por meio dos equipamentos eletrônicos, simultaneamente, foi iniciada a leitura da régua, a qual foi realizada de maneira manual em intervalos de 10 minutos.

4.2 PROCESSAMENTO DE DADOS GNSS E INTEGRAÇÃO DOS DADOS GNSS E DO ECOBATÍMETRO

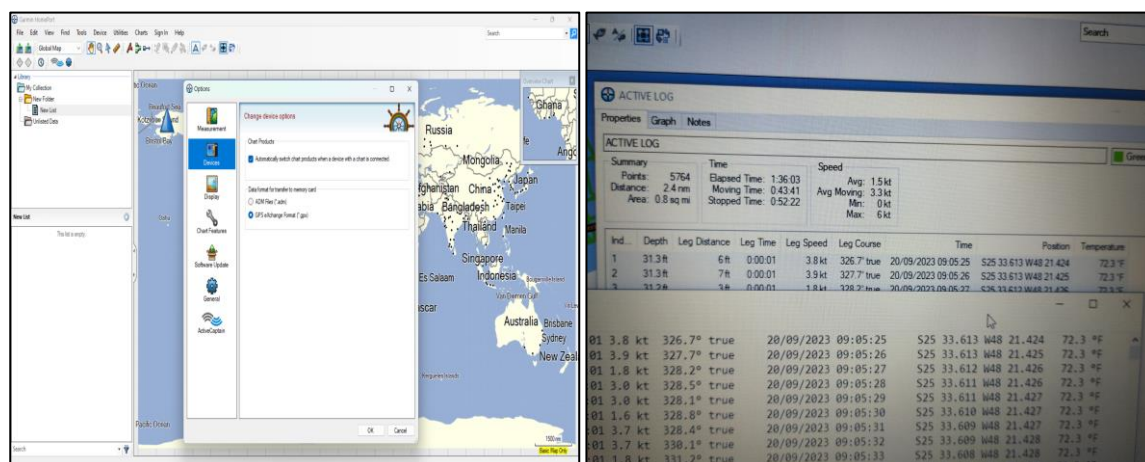
Os dados provenientes da base local GNSS foram processadas no software Leica Geo Office com os dados da RBMC (Curitiba, Cananéia e Joinville) e os dados do rover foram processados com os dados da base local instalada. Para garantir a sincronização, ambos o GNSS e o ecobatímetro foram configurados para registrar pontos em intervalos de 1 segundo.

O resultado do processamento são as coordenadas horizontais e altitude geométrica de cada ponto coletado durante o levantamento.

Os dados obtidos do ecobatímetro são armazenados dentro de um cartão de memória previamente instalado no GPS/Plotter Garmin, o qual pode ser descarregado através do software HomePort™, desenvolvido pela mesma fabricante do ecobatímetro. Durante o levantamento, o transdutor coleta informações como

profundidade, temperatura da água, coordenadas horizontais, data e hora de cada ponto coletado, as quais são mostradas na Figura 22.

FIGURA 22 - TELA INICIAL DO SOFTWARE HOMEPOR (À ESQUERDA) E COLETA DE DADOS DO ECOBATÍMETRO (À DIREITA).



FONTE: De autoria própria.

Após a extração dos dados do ecobatímetro e o pós-processamento dos dados do GNSS, é possível realizar a sincronização de ambos por meio da variável tempo, o qual foi feito através de uma planilha eletrônica, conforme apresentado na Tabela 1.

TABELA 1 – DADOS SINCRONIZADOS.

Data	GNSS GPS										GARMIN		
	HORA	Tipo	Norte	Este	h (Altitude Geométrica)	n (ondulação geoidal)	H (Altitude Ortométrica)	DP Lat	DP Long	DP h	HORA	PROF (m)	TEMP (°C)
09/20/2023	10:22:18	Fase: tudo fixo	7.171.712,819	762.442,041	-0,884	-0,580	-0,304	0,004	0,008	0,009	10:22:18	9,540	22,400
09/20/2023	10:22:20	Fase: tudo fixo	7.171.712,837	762.442,041	-0,885	-0,580	-0,305	0,004	0,008	0,009	10:22:20	9,480	22,400
09/20/2023	10:22:22	Fase: tudo fixo	7.171.712,790	762.442,031	-0,920	-0,580	-0,340	0,004	0,009	0,010	10:22:22	9,510	22,400
09/20/2023	10:22:24	Fase: tudo fixo	7.171.712,771	762.442,005	-0,905	-0,580	-0,325	0,003	0,008	0,009	10:22:24	9,570	22,400
09/20/2023	10:22:26	Fase: tudo fixo	7.171.712,757	762.442,013	-0,899	-0,580	-0,319	0,003	0,008	0,009	10:22:26	9,570	22,400
09/20/2023	10:22:28	Fase: tudo fixo	7.171.712,804	762.442,053	-0,880	-0,580	-0,300	0,003	0,009	0,009	10:22:28	9,600	22,400
09/20/2023	10:22:30	Fase: tudo fixo	7.171.712,803	762.442,091	-0,873	-0,580	-0,293	0,003	0,008	0,008	10:22:30	9,570	22,400
09/20/2023	10:22:32	Fase: tudo fixo	7.171.712,760	762.442,099	-0,888	-0,580	-0,308	0,003	0,008	0,008	10:22:32	9,600	22,400
09/20/2023	10:22:34	Fase: tudo fixo	7.171.712,773	762.442,101	-0,897	-0,580	-0,317	0,003	0,009	0,009	10:22:34	9,690	22,400
09/20/2023	10:22:36	Fase: tudo fixo	7.171.712,790	762.442,094	-0,895	-0,580	-0,315	0,003	0,008	0,009	10:22:36	9,720	22,400

FONTE: De autoria própria.

As colunas à esquerda da tabela são os dados obtidos através do pós-processamento do receptor GNSS, já as colunas à direita são os dados obtidos do ecobatímetro através do software HomePort.

É possível verificar a sincronização dos dados pela variável tempo, a qual foram ajustadas para iniciar no mesmo instante de tempo, fazendo assim com que toda a sequência de dados esteja sincronizada entre os dois equipamentos.

Desde modo, após a sincronização dos dados, foi possível realizar a correção de maré, para posterior criação de um modelo digital do terreno subaquático levantado.

4.3 CORREÇÃO DE MARÉ

Durante um levantamento hidrográfico em regiões onde existem influência oceânica, é comum haver variações de maré, as quais vão influenciar diretamente na leitura de profundidade realizada pelo transdutor.

Deste modo, a Marinha do Brasil disponibiliza os dados de estações maregráficas ao longo da costa brasileira, os quais podem ser utilizados para correção da variação de maré.

Essa correção é realizada através de um plano de referência denominado de nível de redução (NR), a qual representa um valor de 90% de permanência, ou seja, apenas em 10% das ocasiões, a maré será mais baixa que o nível de redução.

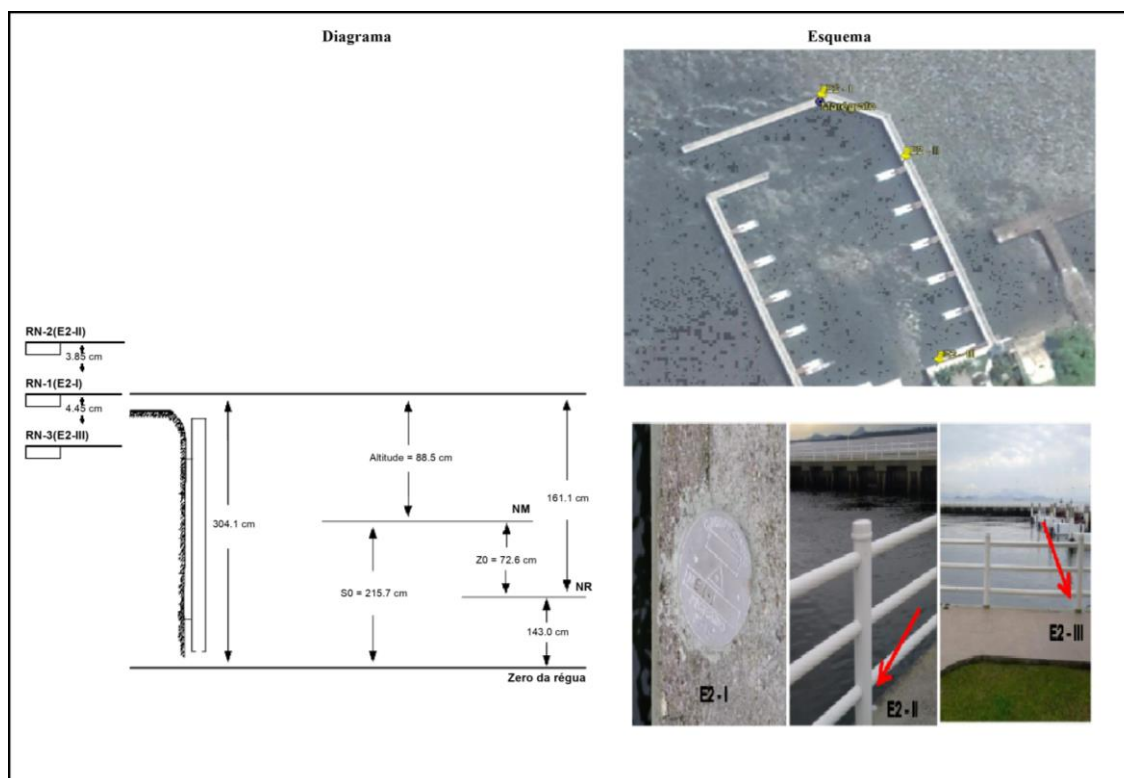
Logo, os dados de profundidade obtidos durante o levantamento batimétrico foram corrigidos através da estação maregráfica F41 – 60148, instalada na Marina do Poço, mesma localização onde foram instalados os equipamentos do levantamento.

FIGURA 23 - DESCRIÇÃO DA ESTAÇÃO MAREGRÁFICA.

		60148	F41 - Padrão - MARINA DO POÇO - 60148 - Versão 1/2021	
F - 41		DESCRIÇÃO DE ESTAÇÃO MAREGRÁFICA		F41-1821-001/2021
Estação: MARINA DO POÇO		Estado: PR	Localidade: PONTAL DO SUL	
LH	Carta: 1821 Barra de Paranaguá	Navio: CBI BRASIL	Ano: 2021	
Coordenadas geográficas Lat: 25° 32' 9 S Long: 048° 23' 3 W Datum Fuso: +03		O nível de redução está 143,00 centímetros acima do zero da régua. Fonte de informação: Análise estatística e harmônica de 82 dias de observação da maré. Tipo de mareógrafo: Radar VRS-20 da Valeport. Zero do mareógrafo: não coincide com o zero da régua.		
Descrição da régua de marés A régua mareográfica possui 3 metros de comprimento, composta por 3 seções de 1 m, graduada de 1 cm em 1 cm.		Descrição das referências de nível RN-3(E2-III) - Marco implementado no lado direito da rampa de acesso das embarcações da marina. RN-1(E2-I) - Marco materializado ao lado do mareógrafo radar. RN-2(E2-II) - Marco fixado no último flutuante do trapiche, ao lado direito da marina.		
DHN-6016-A	Arquivo Técnico a ser preenchido no CHM Documento de referência: RA_693/2021.	Observações 1. Período de observação para obtenção dos elementos de maré: 14/04/2021 a 05/07/2021. 2. A análise foi efetuada utilizando o método harmônico, sendo os dados processados pelo BNDO. 3. Atualizado em 05/11/2021.		

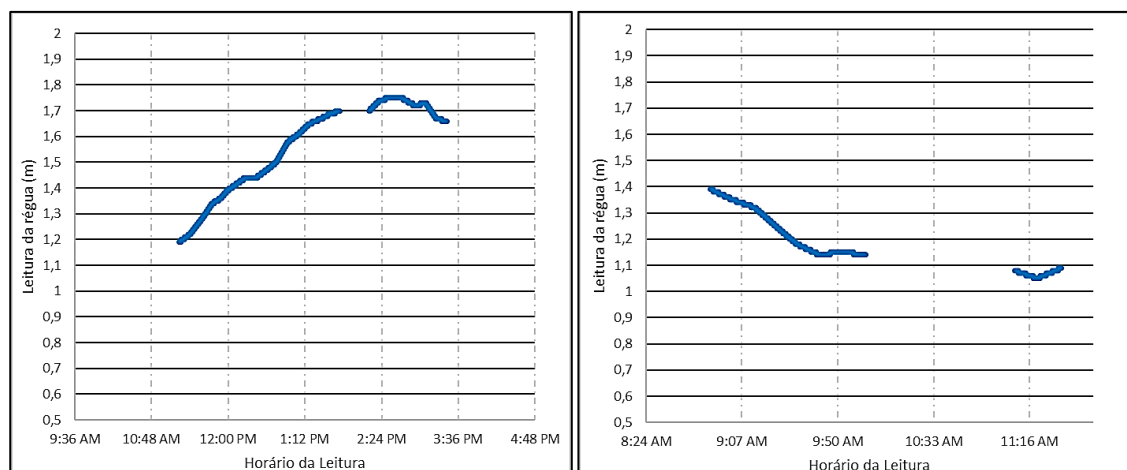
FONTE: Adaptado de Marinha do Brasil, 2021.

FIGURA 24 – DIAGRAMA E LOCALIZAÇÃO DA ESTAÇÃO MAREGRÁFICA.



FONTE: Adaptado de Marinha do Brasil, 2021.

FIGURA 26 - LEITURA DO DIA 20/09/23 (À ESQUERDA) E DO DIA 21/09/23 (À DIREITA).



FONTE: De autoria própria.

Em sequência, as leituras de régua foram acrescentadas ao conjunto de dados apresentados na Tabela 1, e sincronizados através da variável tempo, conforme apresentado na Tabela 2.

TABELA 2 - DADOS SINCRONIZADOS COM AS LEITURAS DE RÉGUA.

GNSS PÓS-PROCESSADO						GARMIN				Leitura de Régua		NR	Profundidade Corrigida com o NR (m)
Data		Hora		Este [m]	Norte [m]	Hora		Profundidade (m)	Hora	Leitura	1,689		
dd/mm/aaaa	hh	mm	ss			hh	mm					ss	
20/09/2023	11	14	0	762.342,449	7.171.758,795	11	14	0	7,590	11:14:00	1,190	0,499	8,089
20/09/2023	11	14	2	762.344,186	7.171.759,998	11	14	2	7,470	11:14:02	1,190	0,499	7,969
20/09/2023	11	14	4	762.346,077	7.171.760,774	11	14	4	7,410	11:14:04	1,190	0,499	7,909
20/09/2023	11	14	6	762.348,052	7.171.761,172	11	14	6	7,650	11:14:06	1,190	0,499	8,149
20/09/2023	11	14	8	762.350,082	7.171.761,281	11	14	8	7,740	11:14:08	1,190	0,499	8,239
20/09/2023	11	14	10	762.352,131	7.171.761,169	11	14	10	7,650	11:14:10	1,190	0,499	8,149
20/09/2023	11	14	12	762.354,205	7.171.760,887	11	14	12	7,500	11:14:12	1,190	0,499	7,999
20/09/2023	11	14	14	762.356,269	7.171.760,359	11	14	14	7,500	11:14:14	1,190	0,499	7,999
20/09/2023	11	14	16	762.358,300	7.171.759,637	11	14	16	7,590	11:14:16	1,190	0,499	8,089
20/09/2023	11	14	18	762.360,347	7.171.758,977	11	14	18	7,530	11:14:18	1,190	0,499	8,029

FONTE: De autoria própria.

Na Tabela 2, estão listadas as coordenadas horizontais sincronizadas temporalmente com as profundidades obtidas pelo ecobatímetro, acompanhadas das respectivas medições de régua. Esses dados permitiram calcular o nível de redução para cada ponto coletado, possibilitando também a correção das profundidades levantadas, como indicado na última coluna da tabela.

Foram constatadas leituras de régua tanto acima do nível de redução, as quais foram reduzidas, quanto leituras abaixo do nível de redução, as quais foram acrescidas.

Concluída as etapas de sincronização de dados e correção de maré, é possível iniciar a elaboração de um modelo digital de terreno, o qual será detalhado nos tópicos subsequentes.

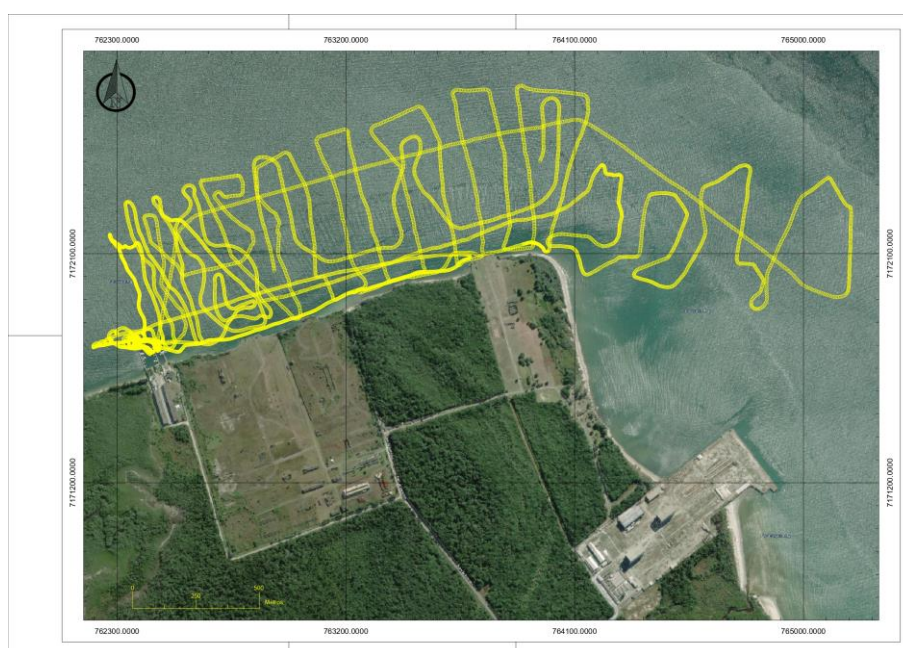
4.4 ANÁLISE DO LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO COM ECOBATÍMETRO

Devido às limitações de tempo para este projeto, optou-se por utilizar exclusivamente os dados do ecobatímetro monofeixe, uma vez que os objetivos do presente estudo são plenamente atendidos com os dados obtidos deste equipamento.

Após a conclusão de todas as etapas de sincronização previamente delineadas, procedeu-se à fase inicial da modelagem do terreno, empregando-se o software AutoCAD Civil 3D, desenvolvido pela empresa norte-americana Autodesk.

Primeiramente, os pontos sincronizados foram exportados da planilha eletrônica em formato de arquivo de texto (.txt), possibilitando, dessa forma, a importação destes no software e, conseqüentemente, a geração de uma nuvem de pontos, conforme apresentado na Figura 27.

FIGURA 27 - NUVEM DE PONTOS.



FONTE: De autoria própria.

Posteriormente, foi necessário efetuar um processo de filtragem dos pontos, eliminando aqueles redundantes que não são essenciais para a constituição da superfície, conforme demonstrado a seguir.

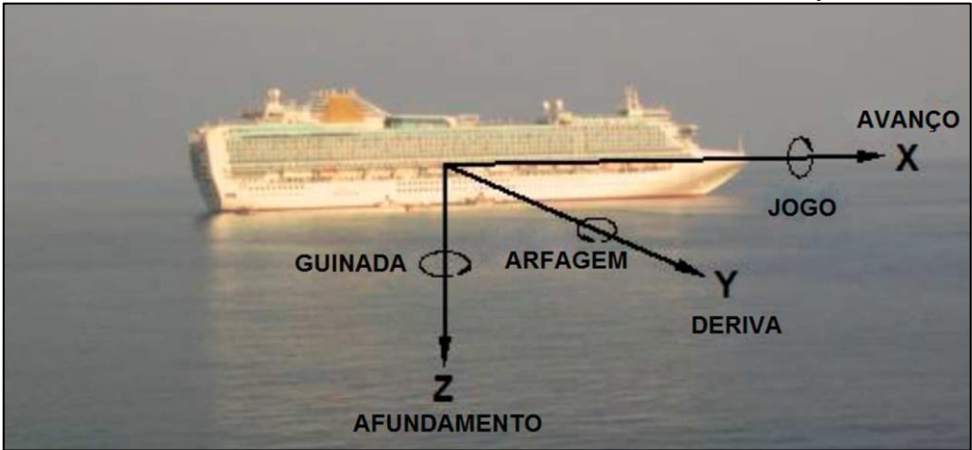
FIGURA 28 – FILTRAGEM DOS PONTOS.



FONTE: De autoria própria.

A nuvem de pontos sinalizada na Figura 28 ocorreu durante o processo de calibração dos equipamentos, os quais precisam simular situações extremas de navegação, com movimentações de rotação como arfagem (pitch), balanço (roll) e cabeceio (yaw), bem como deslocamentos lineares como afundamento/alteamento (heave), deriva lateral (sway) e movimento ao longo do eixo longitudinal da embarcação, seja em direção à proa ou popa (surge).

FIGURA 29 - GRAUS DE LIBERDADE DE UMA EMBARCAÇÃO.

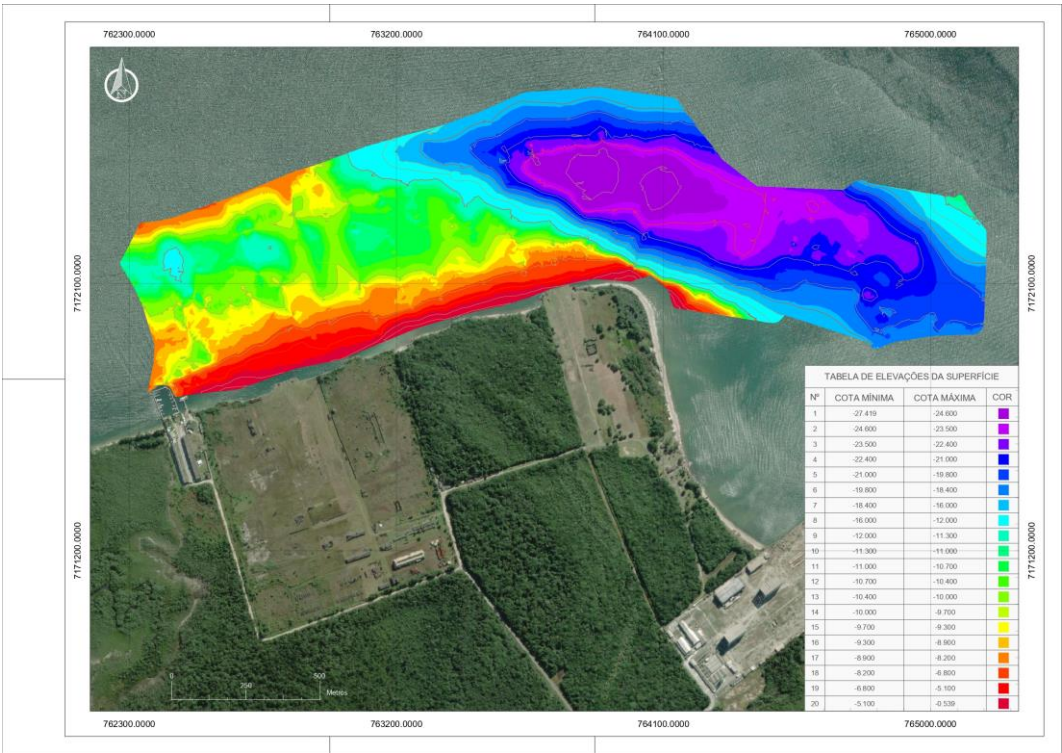


FONTE: Adaptado de PIANC, 2014.

Deste modo, esses pontos não serão proveitosos para a modelagem do leito marinho, haja vista terem sido adquiridos em circunstâncias extremas de navegação, potencialmente comprometendo as leituras de profundidade.

Em sequência, foi possível criar a superfície através da triangulação entre os pontos obtidos da batimetria, para isso, foi utilizado o método de krigagem para interpolação dos dados.

FIGURA 30 - MODELO DIGITAL DE TERRENO COM ELEVAÇÕES.



FONTE: De autoria própria.

Através do MDT criado a partir da batimetria, é possível verificar uma variação de aproximadamente 27 metros na área levantada, tendo como menor profundidade registrada o valor de 0,539 metros e maior profundidade o valor de 27,419 metros.

As legendas das imagens foram geradas automaticamente pelo software Civil 3D, utilizando o termo 'cota', uma vez que este é o padrão para projetos de topografia. Como as tabelas não são editáveis, o termo 'cota' foi mantido, apesar de o trabalho tratar de profundidades.

4.5 DIMENSIONAMENTO DO CANAL DE APROXIMAÇÃO

O planejamento de um canal de aproximação engloba diversas disciplinas, que vão desde fatores relacionados a embarcação e engenharia marítima até a concepção de hidrovias que atendam aos padrões desejados de navegabilidade e segurança.

Desse modo, o dimensionamento do canal será realizado seguindo as diretrizes da PIANC - *Approach Channels A Guide for Design*, conforme abordado anteriormente no item 2.2 do presente trabalho.

Quanto a embarcação tipo, foi escolhido o Bourbon Yack, conforme apresentado no item 2.7.

4.5.1 Análise de Profundidade

A análise de profundidade de projeto para o canal de aproximação pode ser obtida através da Tabela 3, para isso, são necessários dados de entrada, sendo eles: Velocidade da embarcação tipo (12,5 nós); Canal do tipo interno; e tipo de material depositado no fundo (areia/argila).

TABELA 3 - COMPONENTES DE PROFUNDIDADE DO CANAL PARA O PROJETO CONCEITUAL.

Descrição	Velocidade da Embarcação	Condições de Onda	Fundo do Canal	Canal Interno	Canal Externo
Fatores relacionados ao navio F_s					
Profundidade	≤ 10 nós	Nenhum		1,10T	
	10 - 15 nós			1,12T	
	> 15 nós			1,15T	
	Todos	Onda baixa ($H_s < 1$ m)			1,15T a 1,2T
		Onda moderada ($1 \text{ m} < H_s < 2 \text{ m}$)			1,2T a 1,3T
		Ondas grandes ($H_s > 2 \text{ m}$)			1,3T a 1,4T
		Adicionar para o tipo de fundo do canal			
		Todos	lama	Nenhum	Nenhum
			Areia/Argila	0,4 m	0,5 m
			Rocha/Coral	0,6 m	1,0 m

FONTE: Adaptado de PIANC (2014).

Desse modo, a equação que define a profundidade de projeto pode ser expressa da seguinte maneira:

$$F_s = 1,12 \cdot T + 0,4$$

$$F_s = 1,12 \cdot 7,30 + 0,4$$

$$F_s = 8,58 \text{ metros}$$

4.5.2 Análise do Talude

A metodologia da PIANC não estipula critérios específicos para a determinação dos ângulos dos taludes laterais do canal. Nesse contexto, será adotado a NBR 13246 como guia de referência. A avaliação dos taludes projetados conforme a NBR 13246 se baseia em uma relação direta entre as características do solo presente no leito do canal e a inclinação adequada, conforme tabela a seguir.

TABELA 4 - DECLIVIDADE PARA OS TALUDES EM FUNÇÃO DA NATUREZA DO SOLO.

Natureza do Solo	Declividade para os taludes
Rocha	Próximo à vertical
Argila rija a média	1:1 a 1:3
Argila arenosa	1:3 a 1:4
Areia grossa a fina	1:4 a 1:6
Areia fina siltosa	1:6 a 1:10
Areia mole e vazia	No máximo 1:10

FONTE: Adaptado da NBR 13246 (1995).

Desse modo, a declividade para os taludes laterais será adotada como 1:6 metros.

4.5.3 Análise da Largura

O dimensionamento da largura de um canal, de acordo com a metodologia da PIANC, envolve a soma da largura da faixa de manobrabilidade (WBM) com a largura das zonas de aproximação dos taludes (WBR e WBG), juntamente com outras larguras adicionais ($\sum W_i$).

Esses valores são obtidos de tabelas que estabelecem correlações entre fatores relacionados ao tipo de embarcação e forças externas, associando-os às suas respectivas larguras. A dedução das tabelas e da equação fornecida pela PIANC é explicada com maior detalhamento no ANEXO I.

A seguir, é apresentado um resumo do cálculo para determinar a largura do canal de aproximação.

TABELA 5 – DIMENSIONAMENTO DA LARGURA DO CANAL.

CÁLCULO DA LARGURA DO CANAL			SOMATÓRIO DE LARGURAS
Manobrabilidade (WBM)	Coef. de manobrabilidade	Larg. Adicional	1,3 x 14,5 = 18,85
	Excelente	1,3B	
	Boa	1,5B	
	Ruim	1,8B	
Velocidade média da embarcação (Vm)	Veloc. da embarcação (nós)	Larg. Adicional	0,1 x 14,5 = 1,45
	Alta (Acima de 12)	0,0B	
	Moderada (8 a 12)	0,1B	
	Baixa (5 a 8)	0,2B	
Ação dos ventos (w)			0,4 x 14,5 = 5,80
Intensidade do vento (nós)	Veloc. da embarcação (Larg. Adicional)		
Baixa (< 15)	Alta (0,1B) - Moderada (0,2B) - Baixa (0,3B)		
Moderada (15 a 33)	Alta (0,3B) - Moderada (0,4B) - Baixa (0,5B)		
Alta (>33)	Alta (0,5B) - Moderada (0,7B) - Baixa (1,1B)		

Influência das correntes fluviais transversais (Ft)			0,2 x 14,5 = 2,90
Intensidade das correntes (nós)	Veloc. da embarcação (Larg. Adicional)		
Desprezível (< 0,2)	Alta (0,0B) - Moderada (0,0B) - Baixa (0,0B)		
Baixa (0,2 a 0,5)	Alta (0,1B) - Moderada (0,2B) - Baixa (0,3B)		
Moderada (0,5 a 1,5)	Alta (0,5B) - Moderada (0,7B) - Baixa (1,0B)		
Alta (>1,5)	Alta (0,7B) - Moderada (1,0B) - Baixa (1,3B)		
Influência das correntes fluviais longitudinais (Fl)			0,1 x 14,5 = 1,45
Intensidade das correntes (nós)	Veloc. da embarcação (Larg. Adicional)		
Baixa (≤1,5)	Alta (0,0B) - Moderada (0,0B) - Baixa (0,0B)		
Moderada (1,5 a 3,0)	Alta (0,0B) - Moderada (0,1B) - Baixa (0,2B)		
Alta (>3,0)	Alta (0,0B) - Moderada (0,2B) - Baixa (0,4B)		
Influência das ondas (Hs)	Altura de onda (m)	Larg. Adicional	0,0 x 14,5 = 0,00
	≤ 1,0	0,0B	
	1,3 a 3,0	0,5B	
	> 3,0	1,0B	
Auxílio à navegação (N)	Auxílios à navegação	Larg. Adicional	0,2 x 14,5 = 2,90
	Excelente	0,0B	
	Boa	0,2B	
	Moderada com visibilidade moderada	0,4B	
	Moderada com visibilidade ruim	0,5B	
Profundidade/Calado (D/d)	Profundidade/Calado	Larg. Adicional	0,2 x 14,5 = 2,90
	> 1,50	0,0B	
	1,15 a 1,50	0,2B	
	< 1,15	0,4B	
Influência da superfície de fundo do canal (S)			0,1 x 14,5 = 1,45
Superfície de Fundo	Profundidade/Calado → Largura Adicional		
Regular	Para D/d > 1,50 → 0,0B - Para D/d < 1,50 → 0,1B		
Irregular	Para D/d > 1,50 → 0,0B - Para D/d < 1,50 → 0,1B		
Severamente acidentado	Para D/d > 1,50 → 0,0B - Para D/d < 1,50 → 0,2B		
Risco de Carga (RC)	Neste contexto, os rebocadores não têm a função de transportar carga, portanto, esse parâmetro pode ser desconsiderado		0
Taludes laterais (WBR e WBG) para Canal Interno			0,5 x 14,5: WBR = 7,25 WBG = 7,25
Inclinação do talude	Velocidade da embarcação	Larg. Adicional	
Inclinação suave (1:10 ou menos íngreme)	Alta	0,2B	
	Moderada	0,1B	
	Baixa	0,0B	
Bordas de canal inclinadas e bancos de areia	Alta	0,7B	
	Moderada	0,5B	
	Baixa	0,3B	
Encostas íngremes e estruturas sólidas	Alta	1,3B	
	Moderada	1,0B	
	Baixa	0,5B	
TOTAL (metros)			52,2

FONTE: De autoria própria.

Tendo todas as variáveis calculadas, é possível concluir o cálculo para a largura total do canal de navegação, conforme equações a seguir:

$$W = WBM + \sum Wi + WBR + WBG$$

$$W = WBM + \left(Vm + w + Ft + Fl + Hs + N + \frac{D}{d} + S + RC \right) + WBR + WBG$$

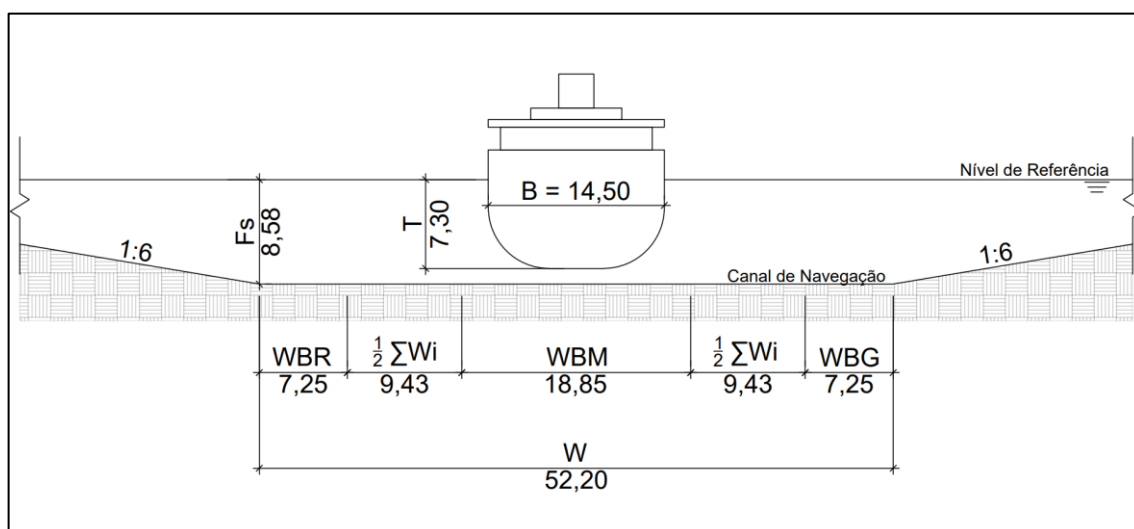
$$W = 18,85 + (1,45 + 5,80 + 2,90 + 1,45 + 0 + 2,90 + 2,90 + 1,45 + 0) + 7,25 + 7,25$$

$$W = 52,20 \text{ metros}$$

4.5.4 Seção Tipo

Com base nos cálculos realizados anteriormente, é possível determinar a seção tipo do canal de navegação, conforme apresentado na Figura 31.

FIGURA 31 – SEÇÃO TIPO DO CANAL DE NAVEGAÇÃO.



FONTE: De autoria própria.

4.5.5 Análise da Bacia de Evolução

Conforme descrito pela PIANC (2014), uma bacia de evolução é uma área designada para que as embarcações possam ancorar ou executar manobras, e seu dimensionamento deve contemplar tanto o diâmetro nominal quanto a profundidade necessária.

Neste contexto, o valor referencial para o diâmetro nominal da bacia de evolução é de duas vezes o comprimento total da embarcação tipo (PIANC, 2014), e sua profundidade deve ser igual ao seu canal de acesso (ASCE, 2005, apud HAURELHUK, 2014).

Dado que a embarcação tipo possui 38 metros de comprimento, o diâmetro nominal da bacia de evolução deve ser o dobro desse valor, ou seja, 76 metros.

Quanto à profundidade, será adotada a mesma do canal de acesso, que é de 8,58 metros.

4.5.6 Análise do Dique Flutuante

Conforme especificado no item 2.6, o dique flutuante adotado para o presente trabalho possui 80 metros de comprimento, 33 metros de largura e 4 metros de altura do pontoon.

Deste modo, para determinar a profundidade necessária para que a embarcação tipo entre no dique flutuante, bastou somar a altura do pontoon, altura dos picadeiros e a profundidade dimensionada para o canal de aproximação resultando em uma profundidade total de 14,38 metros.

TABELA 6 - PROFUNDIDADE PARA IMPLEMENTAÇÃO DO DIQUE FLUTUANTE.

Altura do pontoon	4 metros
Altura dos picadeiros	1,80 metros
Profundidade	8,58 metros
Total	14,38 metros

FONTE: De autoria própria.

4.5.7 Traçado do Canal de Navegação

A escolha do traçado do canal de navegação foi realizada com base na batimetria realizada e na carta náutica do CEP.

Seu ponto inicial se deu próximo ao canal de acesso ao Porto de Paranaguá, sendo este local constantemente monitorado pela APPA devido a ser o único ponto de acesso ao Porto, o que garante que esse local seja seguro para iniciar o canal.

Os demais trechos foram escolhidos com base nas profundidades dimensionadas para o canal e na batimetria levantada, tendo como objetivo evitar profundidades inferiores à calculada para o canal, além de incluir um trecho curvo entre as estacas 50 e 75.

De acordo com as diretrizes da PIANC (2014), para a curva localizada entre as estacas 50 e 75, não é necessário adicionar sobrelargura, uma vez que o raio desta

curva (1.522,20 metros) é maior que 2,8 vezes o comprimento da embarcação tipo (106,40 metros).

FIGURA 32 – TRAÇADO DO CANAL.



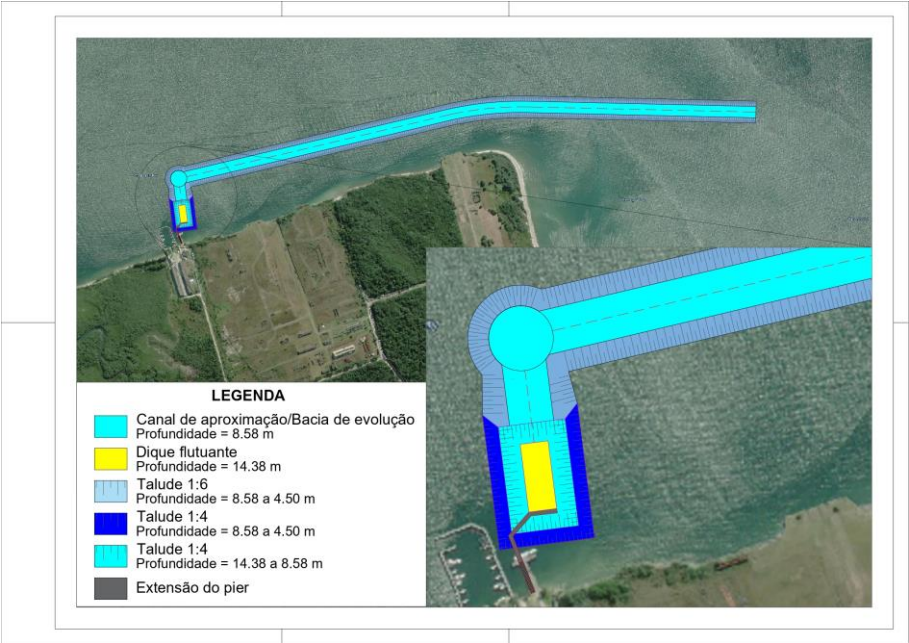
FONTE: De autoria própria.

4.6 DETERMINAÇÃO DO VOLUME DE DRAGAGEM

Com base no dimensionamento do canal, foi criada a superfície do projeto geométrico (Figura 33 e Figura 34), a qual serviu como base de comparação com a superfície gerada a partir do levantamento batimétrico (primitiva), indicada pela Figura 30.

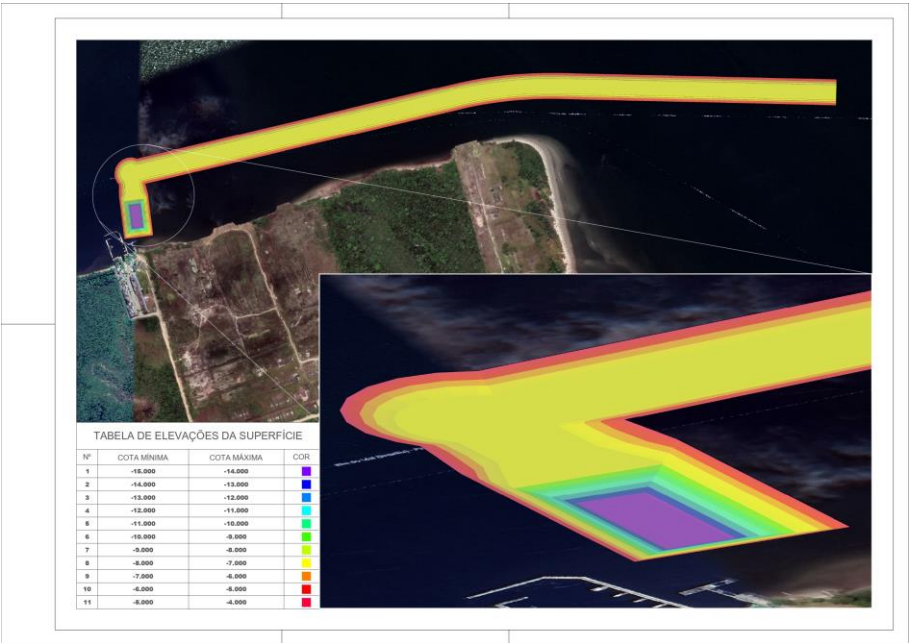
Assim, os pontos em que o projeto excede a superfície primitiva indicam áreas que necessitarão de dragagem.

FIGURA 33 – DETALHAMENTO DO PROJETO GEOMÉTRICO.



FONTE: De autoria própria.

FIGURA 34 – SUPERFÍCIE GERADA PELO PROJETO GEOMÉTRICO.



FONTE: De autoria própria.

Para conferir quais áreas serão necessários dragagem, a superfície da batimetria foi filtrada de modo a separar as profundidades acima e abaixo do projeto do canal de aproximação, conforme apresentado na Figura 35.

Além disso, foi necessário implementar uma nova filtragem, agora levando em consideração a profundidade da área de implantação do dique flutuante, conforme ilustrado na Figura 36.

FIGURA 35 – VERIFICAÇÃO DA NECESSIDADE DE DRAGAGEM NO CANAL DE APROXIMAÇÃO.



FONTE: De autoria própria.

FIGURA 36 – VERIFICAÇÃO DA NECESSIDADE DE DRAGAGEM NA REGIÃO DO DIQUE FLUTUANTE.



FONTE: De autoria própria.

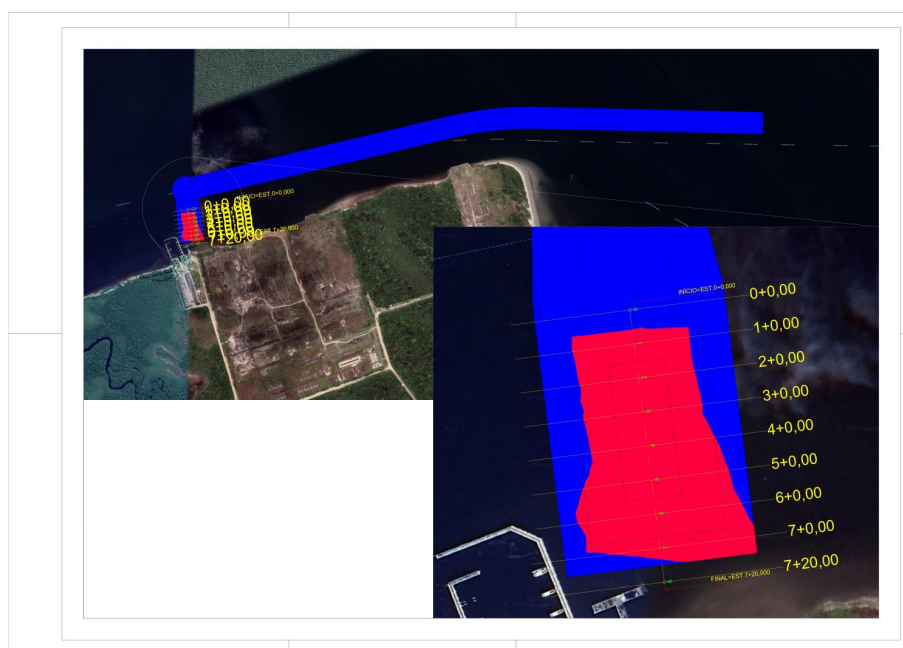
Com base na análise da Figura 35, conclui-se que ao longo de toda a extensão do canal de aproximação, não serão necessárias intervenções de dragagem devido ao calado natural ser compatível com a profundidade de projeto.

No entanto, ao comparar a profundidade de projeto para o dique flutuante com o leito marinho (Figura 36), verifica-se que o projeto excede a profundidade atual, tornando necessária a implementação de dragagem nessa área.

Assim, o volume de dragagem foi calculado utilizando o software AUTODESK Civil 3D, por meio da comparação entre as duas superfícies TIN (Projeto do canal e Levantamento batimétrico), utilizando o método de superfícies.

Para representação gráfica, foi criado um alinhamento estaqueado a cada 20 metros pelo qual foi possível criar seções transversais, conforme apresentado a seguir.

FIGURA 37 – ESTAQUEAMENTO PARA CÁLCULO DE VOLUME.



FONTE: De autoria própria.

Na Figura 37, além do estaqueamento, é apresentado também a área de dragagem, onde a cor vermelha apresenta o local onde será necessário dragar, e em azul o local onde não serão precisas intervenções de dragagem.

5 RESULTADOS

Através do dimensionamento do canal, previamente apresentado, foi possível definir sua profundidade, largura, bacia de evolução e as respectivas inclinações de talude. Seguindo o método estabelecido pela PIANC (2014), também foi dimensionada a área onde ficará localizado o dique flutuante.

O volume calculado de dragagem, necessário para a implantação do canal de aproximação e do dique flutuante, totaliza 36.410,20 m³, conforme apresentado na Tabela 7.

Apesar de o volume ter sido calculado utilizando o método de superfícies, é possível apresentar também as seções transversais com a área de corte em cada estaca. Essas informações detalhadas serão disponibilizadas no ANEXO III – SEÇÕES TRANSVERSAIS DE DRAGAGEM.

TABELA 7 - VOLUME DE DRAGAGEM.

VOLUME TOTAL							
Estaca	Área de Corte (m ²)	Área de Aterro (m ²)	Volume de Corte (m ³)	Volume de Aterro (m ³)	Volum. Corte Acum. (m ³)	Volum. Aterro Acum. (m ³)	Volume Líquido (m ³)
0+0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1+0,00	0,00	0,00	545,73	0,00	545,73	0,00	545,73
2+0,00	0,00	0,00	3939,24	0,00	4484,97	0,00	4484,97
3+0,00	0,00	0,00	4555,33	0,00	9040,3	0,00	9040,30
4+0,00	0,00	0,00	5020,04	0,00	14060,34	0,00	14060,34
5+0,00	0,00	0,00	6943,2	0,00	21003,54	0,00	21003,54
6+0,00	0,00	0,00	9258,76	0,00	30262,3	0,00	30262,30
7+0,00	0,00	0,00	5451,26	0,00	35713,56	0,00	35713,56
8+0,00	0,00	0,00	696,64	0,00	36410,20	0,00	36410,20

FONTE: De autoria própria.

6 CONCLUSÃO

Diante do crescimento do Porto de Paranaguá e das perspectivas de novas atividades econômicas relacionadas ao transporte hidroviário na região, como o projeto do Porto Guará em Paranaguá, a movimentação de navios tende a aumentar significativamente, resultando diretamente em uma maior demanda por rebocadores nesta região.

Nesse contexto, torna-se imperativo contar com infraestruturas próximas ao CEP capazes de realizar manutenções em embarcações, como é o caso do dique flutuante abordado neste estudo.

A análise realizada com base na metodologia PIANC para o dimensionamento do canal de aproximação, juntamente com a batimetria realizada e os cálculos de volume de dragagem, demonstram a viabilidade técnica para a implantação desta infraestrutura, resultando em um canal com 52,20 metros de largura e 8,58 metros de profundidade.

Quanto à dragagem, foi constatado que em todo o canal de aproximação e bacia de evolução não serão necessárias intervenções, pois o calado natural é suficiente para atender à embarcação tipo, sendo necessário dragagem apenas nos pontos próximos à costa, onde o dique flutuante deverá operar.

Uma das limitações do estudo foi a ampla gama de questões envolvidas na implementação de uma infraestrutura deste porte, incluindo aspectos ambientais, sociais e econômicos. Para estudos futuros, sugere-se uma abordagem específica para cada um desses temas, a fim de melhor compreender os impactos e as necessidades associadas à construção e operação do dique flutuante.

Outra limitação do estudo foi relacionada à execução da dragagem. Para realizar essa atividade de forma eficiente, é crucial um planejamento específico dedicado exclusivamente a esse processo. Isso envolve a escolha adequada do tipo de draga para a situação específica, a estimativa do tempo necessário para a realização da dragagem e uma análise detalhada dos custos envolvidos na operação.

Deste modo, recomenda-se uma análise comparativa entre diferentes tipos de dragas, levando em conta tanto a eficiência operacional quanto os custos associados, com o objetivo de selecionar o equipamento mais adequado para essa situação.

Um estudo prévio para identificação do local adequado de depósito do material dragado também é sugerido. Recomenda-se uma análise mais profunda do processo de licenciamento ambiental, incluindo avaliação dos requisitos, procedimentos e monitoramento ambiental durante e após a dragagem.

REFERÊNCIAS

ALFREDINI, Paolo. **Obras e gestão de portos e costas: a técnica aliada ao enfoque logístico e ambiental**. São Paulo, SP : Blucher, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13246: Planejamento portuário - Aspectos náuticos**. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.

ADMINISTRAÇÃO DOS PORTOS DE PARANAGUÁ E ANTONINA - APPA. **Plano de Emergência Individual - PEI**. Setembro de 2013. Disponível em: https://www.portosdoparana.pr.gov.br/sites/portos/arquivos_restritos/files/documento/2019-07/peiappa6edicaorev0216072015.pdf. Acesso em: 14 ago. 2023.

AutoCAD Civil 3D® autodesk® 2024. Disponível em: <https://www.autodesk.com/>. Acesso em: 10 abr. 2024.

BOURBON OFFSHORE. **Rastar 3800 Series**. 2014. Disponível em: <https://www.bourbonoffshore.com/sites/default/files/2021-08/tug-rastar-3800-series.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2023.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ). **Movimentação Portuária fecha o primeiro trimestre com balanço positivo**. Brasília, DF: Agência Nacional de Transportes Aquaviários, 10 mai. 2023a. Disponível em: <https://www.gov.br/antag/pt-br/noticias/2023/movimentacao-portuaria-feche-o-primeiro-trimestre-com-balanco-positivo>. Acesso em: 14 ago. 2023.

BRASIL. Marinha do Brasil. **Proximidades da Barra de Paranaguá**. Brasília, DF: Marinha do Brasil, 3 jul. 2023b. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-segnav-cartas-raster-5>. Acesso em: 10 set. 2023.

BRASIL. Ministério de Portos e Aeroportos. **Sistema Portuário Nacional**. Brasília, DF: Ministério de Portos e Aeroportos, 20 mar. 2024. Disponível em:

<https://www.gov.br/portos-e-aeroportos/pt-br/assuntos/transporte-aquaviario/sistema-portuario>. Acesso em: 4 mai. 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). **Parque Nacional do Superagui**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/marinho/lista-de-ucs/parna-do-superagui/informacoes-sobre-visitacao-2013-parna-do-superagui#:~:text=O%20Parque%20Nacional%20do%20Superagui%20completou%2031%20anos%20em%202020,comunidade%20da%20Barra%20do%20Superagui>. Acesso em: 5 mai. 2024.

CHAGAS, Suelen Ramos. **Levantamento batimétricos oriundos da integração de dados GNSS e ecobatimetria no canal do DNOS em Pontal do Paraná/PR**. Orientador: Alexandre Bernardino Lopes. 2022. 42 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Setor de Ciências da Terra, Centro de Estudos do Mar, Universidade Federal do Paraná, Pontal do Paraná, 2022.

CLICK PETRÓLEO E GAS. **Bahia inaugura o primeiro e maior dique flutuante do Nordeste**. 2019. 1 imagem. 830x450 pixels. Disponível em: <https://clickpetroleoegas.com.br/bahia-inaugura-o-primeiro-e-maior-dique-flutuante-do-nordeste>. Acesso em: 10 jun. 2023.

CLICK PETRÓLEO E GAS. **Concorrentes da Maersk pelo Estaleiro Atlântico Sul se aliam e conseguem suspender leilão**. 2022. 1 imagem. 830x450 pixels. Disponível em: <https://clickpetroleoegas.com.br/concorrentes-da-maersk-pelo-estaleiro-atlantico-sul-se-aliam-e-conseguem-suspender-leilao>. Acesso em: 10 jun. 2023.

FERNANDES, R. O. de. **Elementos de terraplenagem: Cálculo de volumes e movimento de terra**. In: FERANDES, R. de O. Estradas II (Disciplina). Engenharia Civil. Universidade Regional do Cariri, Crato-CE, [2014]. 48 slides. Notas de aula.

Disponível em: <http://wiki.urca.br/dcc/lib/exe/fetch.php?media=elemento-terraplenagem.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2023.

GAGG, G. **Apostila de Levantamentos hidrográficos – Noções gerais**. IGEO – Departamento de Geodesia. UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2016. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/157210/001020445.pdf?sequence=1>. Acesso em: 10 jun. 2023.

HAURELHUK, Samuel Sembalista. **Estudo de capacidade do canal da galheta (Porto de Paranaguá)**. Orientador: Amir Mattar Valente. 2014. 111 f. TCC (Graduação) – Engenharia Civil, Faculdade de Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/127515/TCC_SSH.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 3 set. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Recomendações para levantamentos relativos estáticos – GPS**. 2008. 35 p. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/recom_gps_internet.pdf. Acesso em: 4 out. 2023.

INTERNATIONAL HYDROGRAPHIC ORGANIZATION – IHO. **Manual on Hydrography**. Principauté de Mônaco: International Hydrographic Bureau, 2005. 540p. Disponível em: <https://www.acls-aatc.ca/wp-content/uploads/2017/06/iho-manual.pdf>. Acesso em: 4 out. 2023.

KOSLYK, João Guilherme Alves. **Ações antrópicas no complexo estuarino de Paranaguá e seus efeitos sobre a desembocadura**. Orientador: Marcelo R. Lamour. 2020. 59 f. Monografia (Graduação em Oceanografia) – Setor de Ciências da Terra, Centro de Estudos do Mar, Universidade Federal do Paraná, Pontal do Paraná, 2020. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/72480/KOSLYK%2c%20Joao%20Guilherme.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 3 set. 2023.

KRUEGER, C.P. **Integração do GPS e Ecobatimetria**. Boletim de Ciências Geodésicas, Curitiba, v. 5, p.55-68, 1999. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/bcg/article/view/1520>. Acesso em 12 ago. 2023.

LAMOUR, M. R. **Dinâmica Sedimentar do Canal da Galheta Via de Acesso ao Porto de Paranaguá, Estado do Paraná**. Orientador: Rodolfo José Angulo. 2000. 115 f. Dissertação (Mestrado) - Geologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/43854>. Acesso em: 30 ago. 2023.

LEAL, Vinicius. **Brasil bate recorde de movimentação nos portos**. G1, 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/noticia/2023/08/09/brasil-bate-recorde-de-movimentacao-nos-portos.ghtml>. Acesso em: 30 ago. 2023.

LEITE, I. V. et al. **Evaluation of interpolation methods of bathymetric data at the Poxim-Açu river dam – SE**. Research, Society and Development, [S. l.], v. 9, n. 9, p. e690997755, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i9.7755. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/7755>. Acesso em: 3 nov. 2023.

MATOS, Artur José Soares. **Melhorias qualitativas na modelagem de levantamentos batimétricos em reservatórios por meio da ferramenta computacional "CAV-NH"**. 2012. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-25102012-104425/>. Acesso em: 05 mai. 2024.

MENDES, André Pompeo do Amaral et al. **Rebocadores portuários e marítimos**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 46, p. 127-165, set. 2017. Disponível em: <http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/14135>. Acesso em: 4 set. 2023.

MIRANDA, Gisele Horta Barroso. **Análise de amostras e interpolação na geração de MDE**. Orientador: Nilcilene das Graças Medeiros. 2017. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Minas

Gerais, 2017. Disponível em:
<https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/10840/1/texto%20completo.pdf>.
 Acesso em: 4 set. 2023.

PASSOS, A.C. dos et al. **Fishes of Paranaguá Estuarine Complex, South West Atlantic**. Biota Neotropica, v. 12, n. 3, p. 226–238, set. 2012. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/bn/a/hV9TTt54gP8qqZNR6LKjt6N/?format=pdf&lang=en>.
 Acesso em: 05 mai. 2024.

PEREIRA, D. P. *et al.* **Métodos de interpolação espacial para determinação de modelos digitais do terreno no planejamento florestal**. Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Inovação, Uberaba - MG, v. 6, n. 2, p. 14–24, 2022. DOI: 10.18554/rbcti.v6i2.5429. Disponível em:
<https://seer.uftm.edu.br/revistaeletronica/index.php/rbcti/article/view/5429>. Acesso em: 3 nov. 2023.

PIANC. **Approach Channels - A Guide for Design**. 2014. Disponível em:
<https://www.pianc.org/publication/joint-pianc-iaph-report-on-approach-channels-a-guide-for-design-volume-2/>. Acesso em: 10 ago. 2023.

PINHÃO, Caio Márcio de Avila Martins et al. **Estaleiro de reparo e manutenção naval**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, v. 25, n.50 , p. [67]-107, set. 2019. Disponível em:
https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/19100/1/PRArt214969_Estaleiro%20de%20reparo%20e%20manutan%c3%a7%c3%a3o%20naval_P_BD.pdf. Acesso em: 3 set. 2023.

RAMÓN, Sandra García. **Otimização das operações de dique flutuante**. Orientadores: Severino Fonseca da Silva Neto e Marta Cecilia Tapia Reyes. 2016. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Oceânica, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em:
https://w1files.solucaoatrio.net.br/atrio/ufrj-peno_upl//THESIS/6000113/2016_mestrando_sandra_garca_ramn_20200404193514845.pdf. Acesso em: 3 set. 2023.

SILVA, Irineu da; SEGANTINE, Paulo C. **Topografia para Engenharia: Teoria e Prática de Geomática**. Grupo GEN, 2023. E-book. ISBN 9788595159211. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595159211/>. Acesso em: 27 mai. 2024.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO E REPARAÇÃO NAVAL E OFFSHORE (SINAVAL). **Mapa dos Estaleiros no Brasil**. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: http://sinaval.org.br/wp-content/uploads/Mapa_Brasil_Dez14.pdf. Acesso em: 15 ago. 2023.

SKYLIFT MARINE. **Skylift 6000: data sheet**. 2018. Disponível em: <https://skyliftmarine.com/wp-content/uploads/2020/02/Skylift-6000-data-sheet-UK-2018.pdf>. Acesso em: 10 set. 2023.

SONTEK. SonTek M9. Disponível em: <https://www.ysi.com/hydrosurveyor>. Acesso em: 17 out. 2023.

SONTEK. Hydrosurveyor User's Manual (software – version 1.5; firmware – version 3.80). 149 f. San Diego/CA, 2014.

SOUZA, D. F. de; PINTO, A. L. **Levantamento batimétrico automatizado em ambiente lacustre brasileiro: o estudo de caso da Lagoa Maior**. Revista Cerrados, [S. l.], v. 18, n. 02, p. 536–552, 2020. DOI: 10.46551/rc24482692202028. Disponível em: <https://www.periodicos.unimontes.br/index.php/cerrados/article/view/3068>. Acesso em: 5 mai. 2024.

TULIO, S.; GAMARO, P. E. M.; MALDONADO, L. H. **Avaliação do uso do medidor de vazão doppler com feixe vertical em levantamentos batimétricos**. In Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Maceió/AL. p. 12. 2011. Disponível em: https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/153/aee0f450978d29e4b809033a129d9e0a_173a40eb3bbab0d1bb6e6bf347bba762.pdf. Acesso em: 10 ago. 2023.

ANEXOS

ANEXO I – PIANC: TABELAS DE DIMENSIONAMENTO DO CANAL

A metodologia da PIANC (2014) para dimensionamento de canais de navegação é um conjunto de diretrizes e procedimentos internacionalmente reconhecidos, amplamente adotados na engenharia marítima para o projeto e dimensionamento de canais navegáveis. Seu principal objetivo é assegurar que os canais sejam projetados com segurança e eficiência, atendendo às demandas da indústria marítima e garantindo a segurança da navegação.

A largura do canal de navegação pode ser calculada através da seguinte equação:

$$W = WBM + \sum W_i + WBR + WBG$$

Onde:

W = Largura total do canal (m)

WBM = Largura da faixa de manobrabilidade (m)

$\sum W_i$ = Somatória de larguras adicionais (m)

WBR e WBG = Largura de aproximação dos taludes (m)

As larguras adicionais ($\sum W_i$) são consideradas como um coeficiente de majoração da faixa de manobra, sendo elas as seguintes: largura adicional devido a velocidade média da embarcação (V_m), largura adicional devido a ação dos ventos (w), largura adicional devido a influência das correntes transversais (F_t) e longitudinais (F_l), largura adicional devido a influência de ondas (H_s), largura adicional devido as condições de auxílio à navegação (N), largura adicional devido a razão entre profundidade e calado (D/d), largura adicional devido a superfície de fundo do Canal (S) e largura adicional devido a risco de carga (RC).

A seguir, são apresentadas as principais tabelas utilizadas para o dimensionamento do canal.

- Faixa de manobrabilidade (WBM)

Esse parâmetro define a largura da faixa de manobra do canal, levando em consideração a manobrabilidade da embarcação tipo.

TABELA 8 - LARGURA DA FAIXA DE MANOBRA DO CANAL EM RELAÇÃO A MANOBRABILIDADE.

Manobrabilidade	Coefficiente de Manobrabilidade	Largura Adicional
Excelente	1,3	1,3B
Boa	1,5	1,5B
Ruim	1,8	1,8B

FONTE: Adaptado de PIANC (2014).

- Largura adicional: Velocidade média da embarcação (V_m)

Esse parâmetro proporciona uma largura adicional à faixa de manobra, levando em consideração a velocidade média da embarcação tipo.

TABELA 9 - LARGURA ADICIONAL EM RELAÇÃO A VELOCIDADE MÉDIA DA EMBARCAÇÃO.

Velocidade Média da Embarcação (nós)	Largura Adicional
Alta: Acima de 12	0,0B
Moderada: 8 a 12	0,1B
Baixa: 5 a 8	0,2B

FONTE: Adaptado de PIANC (2014).

- Largura adicional: Ação dos ventos (w)

Esse parâmetro proporciona uma largura adicional à faixa de manobra, levando em consideração a ação dos ventos que atuam na região em estudo.

TABELA 10 - LARGURA ADICIONAL EM RELAÇÃO A AÇÃO DOS VENTOS.

Intensidade do Vento (nós)	Velocidade da Embarcação		
	Alta	Moderada	Baixa
Baixa: < 15	0,1B	0,2B	0,3B
Moderada: 15 a 33	0,3B	0,4B	0,5B
Alta: > 33	0,5B	0,7B	1,1B

FONTE: Adaptado de PIANC (2014).

- Largura adicional: Influência das correntes fluviais transversais (F_t)

Esse parâmetro proporciona uma largura adicional à faixa de manobra, levando em consideração a ação das correntes fluviais transversais ao canal de aproximação projetado.

TABELA 11 - LARGURA ADICIONAL DEVIDO CORRENTES TRANSVERSAIS

Intensidade das Correntes (nós)	Velocidade da Embarcação		
	Alta	Moderada	Baixa
Desprezível: < 0,2	0,0B	0,0B	0,0B
Baixa: 0,2 a 0,5	0,1B	0,2B	0,3B
Moderada: 0,5 a 1,5	0,5B	0,7B	1,0B
Alta: >1,5	0,7B	1,0B	1,3B

FONTE: Adaptado de PIANC (2014).

- Largura adicional: Influência das correntes fluviais longitudinais (FI)

Esse parâmetro proporciona uma largura adicional à faixa de manobra, levando em consideração a ação das correntes fluviais longitudinais que ocorrem no local.

TABELA 12 - LARGURA ADICIONAL DEVIDO CORRENTES LONGITUDINAIS.

Intensidade das Correntes (nós)	Velocidade da Embarcação		
	Alta	Moderada	Baixa
Baixa: $\leq 1,5$	0,0B	0,0B	0,0B
Moderada: 1,5 a 3,0	-	0,1B	0,2B
Alta: > 3,0	-	0,2B	0,4B

FONTE: Adaptado de PIANC (2014).

- Largura adicional: Influência de ondas (Hs)

Esse parâmetro proporciona uma largura adicional à faixa de manobra, levando em consideração a altura das ondas registradas no local.

TABELA 13 - LARGURA ADICIONAL DEVIDO AÇÃO DAS ONDAS.

Altura de onda (m)	Largura adicional
$\leq 1,0$	0
1,0 a 3,0	0,5B
> 3	1,0B

FONTE: Adaptado de PIANC (2014).

- Largura adicional: Auxílio à navegação (N)

Esse parâmetro proporciona uma largura adicional à faixa de manobra, levando em consideração fatores que podem auxiliar na navegação.

TABELA 14 - LARGURA ADICIONAL DEVIDO AUXÍLIOS À NAVEGAÇÃO.

Auxílios à navegação	Largura adicional
Excelente	0,0B
Boa	0,2B
Moderada com visibilidade moderada	0,4B
Moderada com visibilidade ruim	0,5B

FONTE: Adaptado de PIANC (2014).

- Largura adicional: Relação entre a profundidade e calado (D/d)

Esse parâmetro proporciona uma largura adicional à faixa de manobra, levando em consideração a razão entre a profundidade calculada para o canal, e o calado da embarcação tipo.

TABELA 15 - LARGURA ADICIONAL EM RELAÇÃO A PROFUNDIDADE/CALADO.

Profundidade/Calado	Largura adicional
> 1,50	0,0B
1,15 a 1,50	0,2B
< 1,15	0,4B

FONTE: Adaptado de PIANC (2014).

- Largura adicional: Superfície de fundo do canal (S)

Esse parâmetro proporciona uma largura adicional à faixa de manobra, levando em consideração o assoalho marinho do canal.

TABELA 16 - LARGURA ADICIONAL EM RELAÇÃO A SUPERFÍCIE DE FUNDO DO CANAL.

Superfície de Fundo	Largura adicional	
	Profundidade/Calado > 1,50	Profundidade/Calado < 1,50
Regular	0,0B	0,1B
Irregular	0,0B	0,1B
Severamente acidentado	0,0B	0,2B

FONTE: Adaptado de PIANC (2014).

- Largura adicional: Risco de carga (RC)

Esse parâmetro proporciona uma largura adicional à faixa de manobra, levando em consideração o risco da carga transportada pela embarcação.

TABELA 17 - LARGURA ADICIONAL EM RELAÇÃO AO RISCO DE CARGA

Nível de Risco de Carga	Largura adicional
Baixo	0,0B
Moderado	$\geq 0,4B$
Alto	$\geq 0,8B$

FONTE: Adaptado de PIANC (2014).

- Faixa de aproximação dos taludes (WBR e WBG)

Esse parâmetro define a largura entre a faixa de manobra e o pé do talude projetado para o canal.

TABELA 18 - FAIXA DE APROXIMAÇÃO DOS TALUDES.

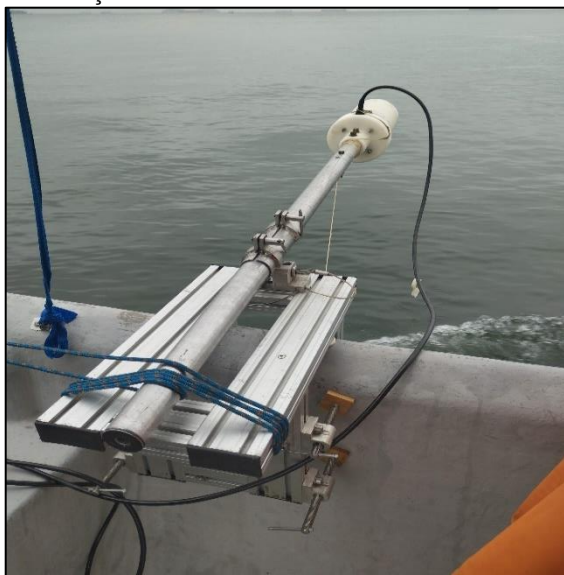
Largura para desobstrução de margem.	Velocidade da Embarcação	Canal Externo	Canal Interno
Inclinação suave (1:10 ou menos íngreme)	Alta	0,2B	0,2B
	Moderada	0,1B	0,1B
	Baixa	0,0B	0,0B
Bordas de canal inclinadas e bancos de areia.	Alta	0,7B	0,7B
	Moderada	0,5B	0,5B
	Baixa	0,3B	0,3B
Encostas íngremes e estruturas sólidas.	Alta	1,3B	1,3B
	Moderada	1,0B	1,0B
	Baixa	0,5B	0,5B

FONTE: Adaptado de PIANC (2014).

ANEXO II – ATIVIDADES DE CAMPO: LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO

São apresentadas a seguir, as atividades de configuração e instalação dos equipamentos na embarcação e na marina, juntamente com a disposição final da embarcação pronta para o levantamento batimétrico.

FIGURA 38 - INSTALAÇÃO DO SUPORTE E HASTE COM O ADCP E ROVER.



FONTE: De autoria própria.

FIGURA 39 - INSTALAÇÃO DO SENSOR ECHOMAP™ E GNSS ROVER.



FONTE: De autoria própria.

FIGURA 40 - TRANSDUTOR GARMIN GT20-TM.



FONTE: Adaptado de Chagas (2022).

FIGURA 41 - INSTALAÇÃO DO SENSOR ECHOMAP™ E GNSS ROVER.



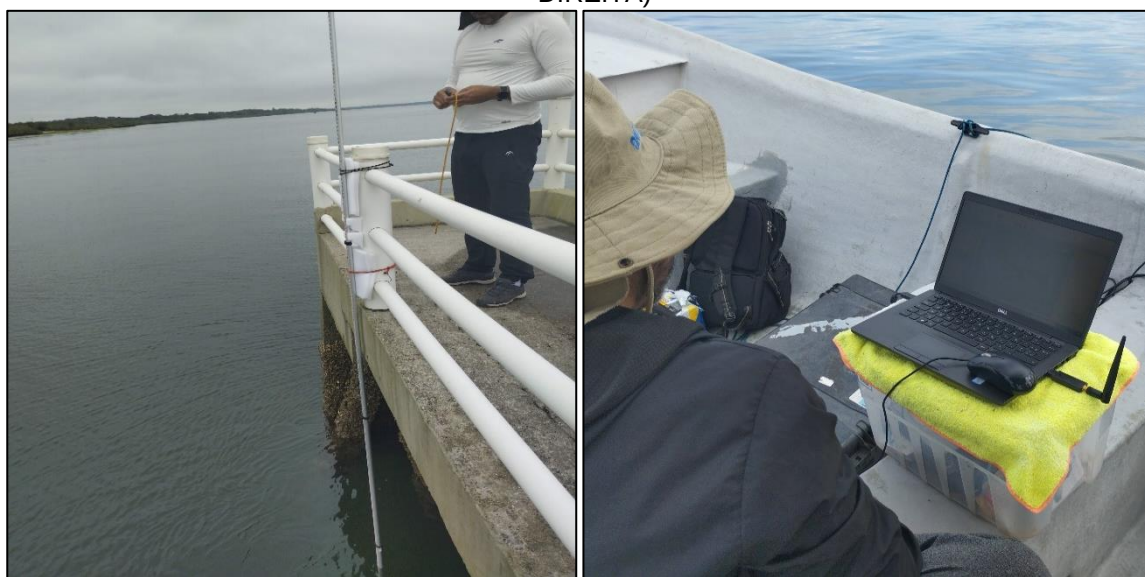
FONTE: De autoria própria

FIGURA 42 - INSTALAÇÃO DA BASE GNSS LEICA GEOSYSTEMS GS15 (À ESQUERDA) E INSTALAÇÃO DA BASE GPS RTK SONTEK E SEU MÓDULO DE ENERGIA E COMUNICAÇÃO (À DIREITA).



FONTE: De autoria própria.

FIGURA 43 - INSTALAÇÃO DA RÉGUA DE ALUMÍNIO PARA AFERIÇÃO DA VARIAÇÃO DE MARÉ (À ESQUERDA) E CONFIGURAÇÃO DOS SENSORES DO ADCP NO HYDROSURVEYOR (À DIREITA)



FONTE: De autoria própria.

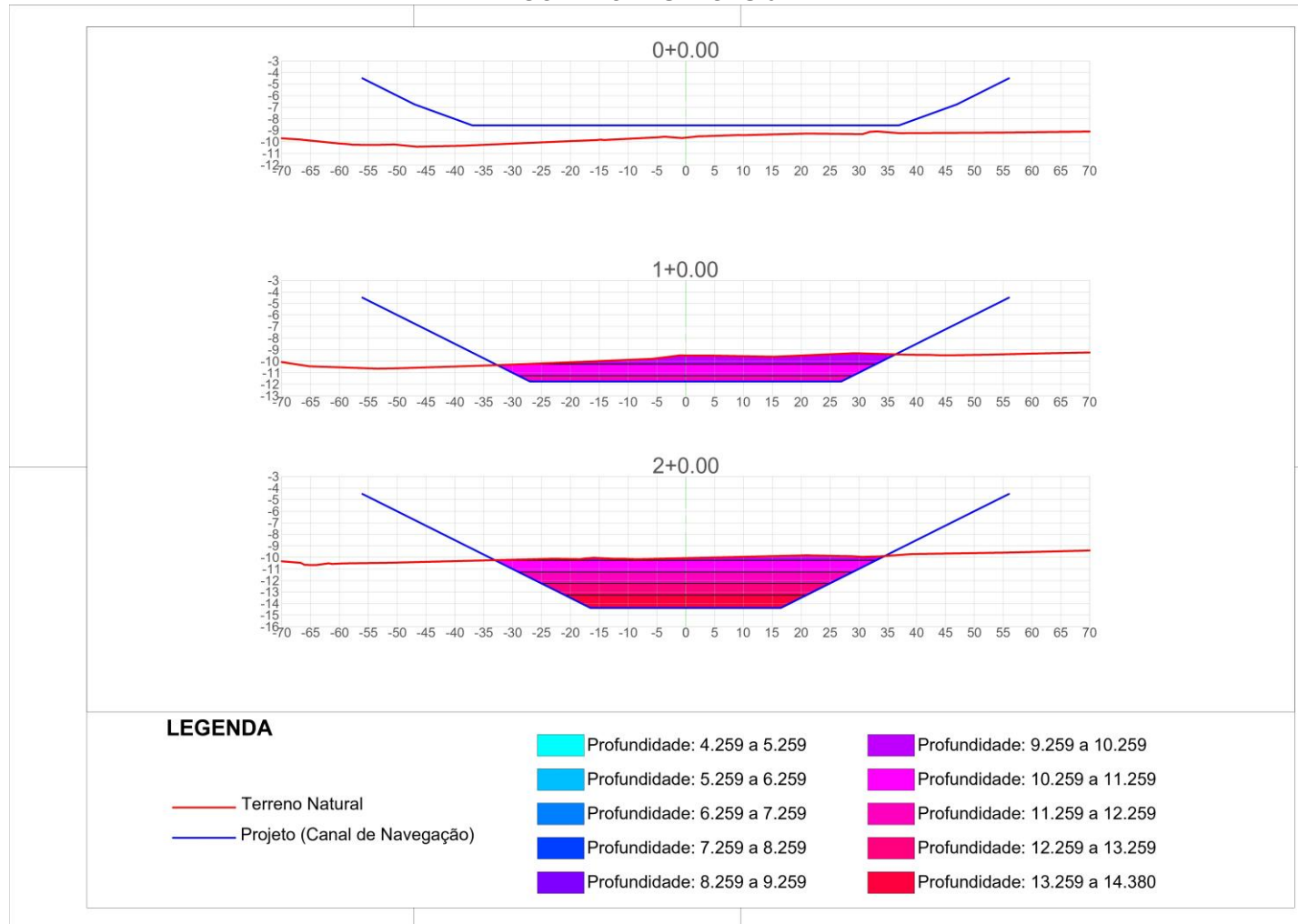
FIGURA 44 – DISPOSIÇÃO FINAL DA EMBARCAÇÃO E EQUIPAMENTOS.



FONTE: De autoria própria.

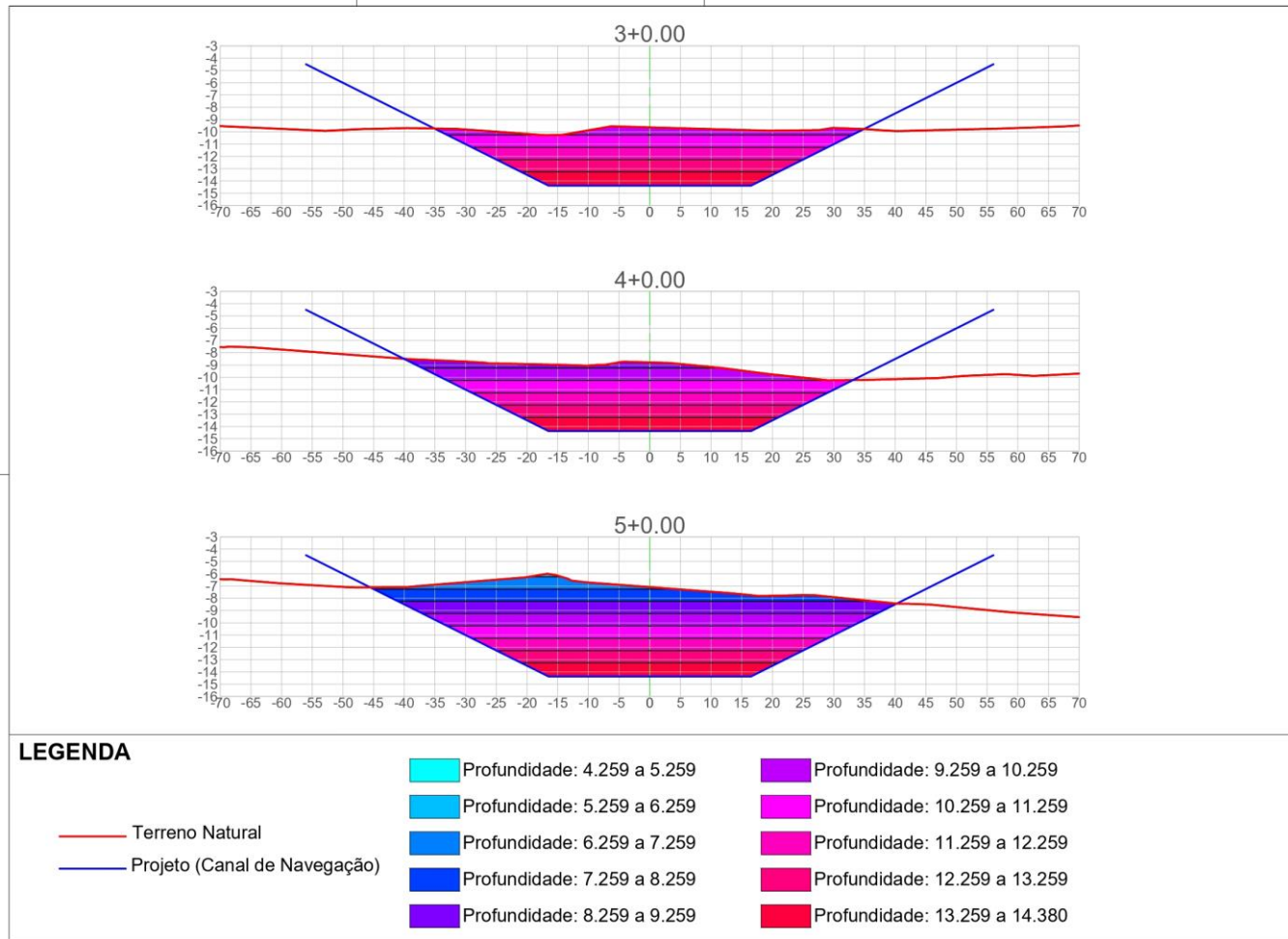
ANEXO III – SEÇÕES TRANSVERSAIS DE DRAGAGEM

FIGURA 45 - ESTACAS 0 A 2.



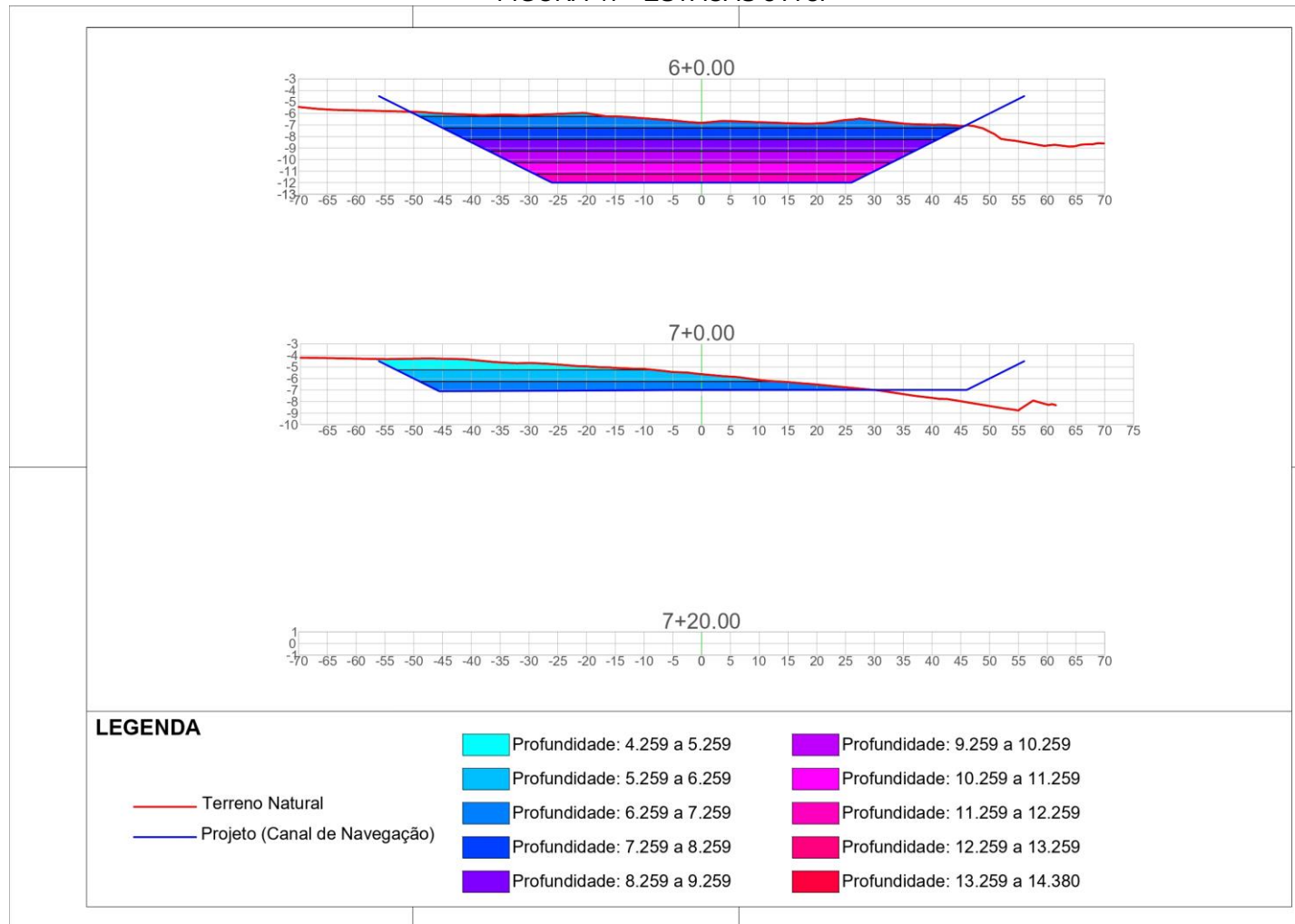
FONTE: De autoria própria.

FIGURA 46 - ESTACAS 3 A 5.



FONTE: De autoria própria.

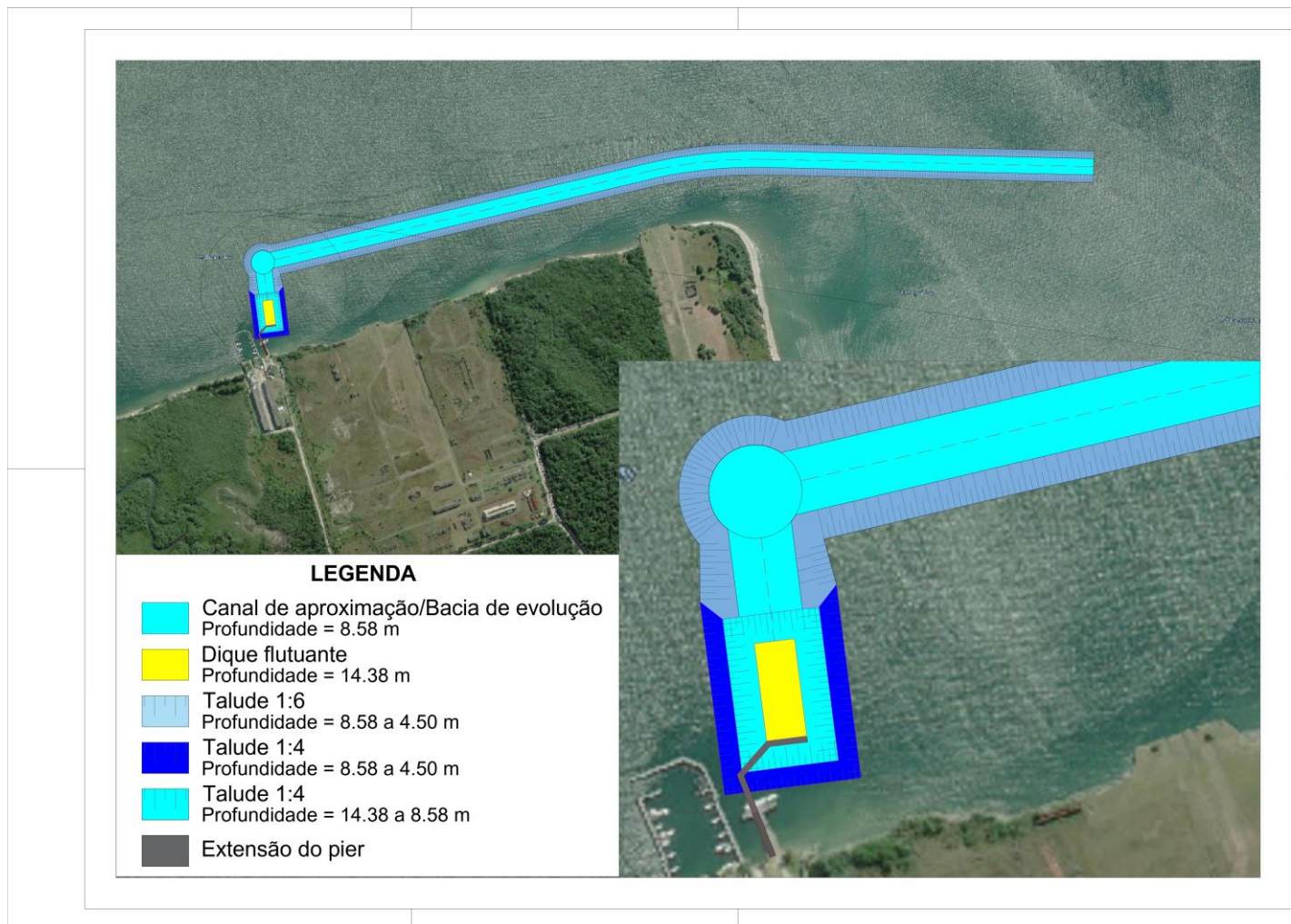
FIGURA 47 - ESTACAS 5 A 8.



FONTE: De autoria própria.

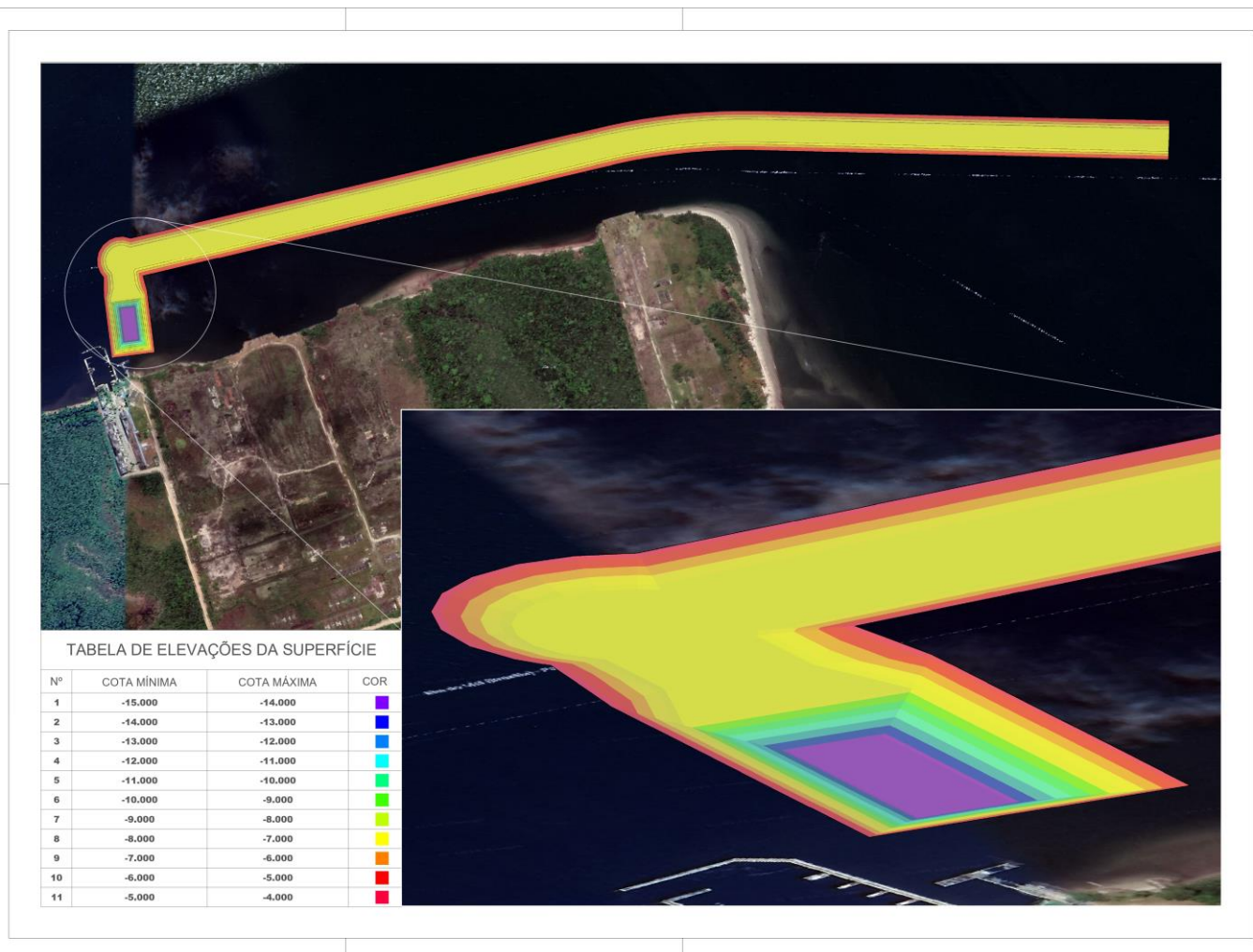
ANEXO IV – PROJETO GEOMÉTRICO E ÁREAS DE DRAGAGEM

FIGURA 48 – DETALHAMENTO DO PROJETO GEOMÉTRICO.



FONTE: De autoria própria.

FIGURA 49 – SUPERFÍCIE GERADA PELO PROJETO GEOMÉTRICO.



FONTE: De autoria própria.

FIGURA 50 – VERIFICAÇÃO DA NECESSIDADE DE DRAGAGEM NO CANAL DE APROXIMAÇÃO.



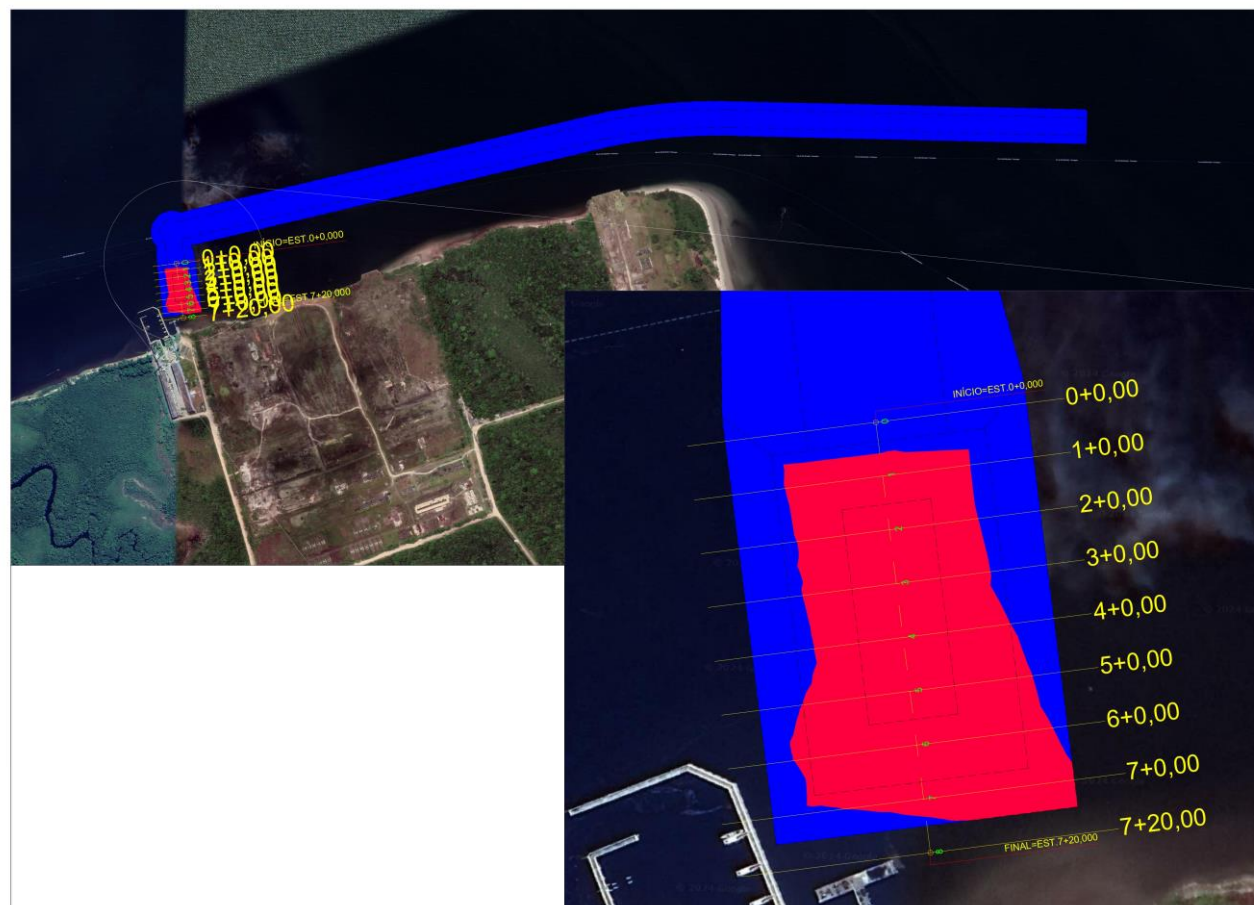
FONTE: De autoria própria.

FIGURA 51 – VERIFICAÇÃO DA NECESSIDADE DE DRAGAGEM NA REGIÃO DO DIQUE FLUTUANTE.



FONTE: De autoria própria.

FIGURA 52 – ESTAQUEAMENTO PARA CÁLCULO DE VOLUME.



FONTE: De autoria própria.