

ANEXO I.H

Diagnóstico do molhe

**RELATÓRIO 1 - LEVANTAMENTO ATUAL E ANÁLISES DAS CONDIÇÕES
ESTRUTURAIS DO MOLHE DO PORTO DE IMBITUBA – IMBITUBA – SC**



RELATÓRIO Nº HD-1061/1

HIDROTOPO CONSULTORIA E PROJETOS LTDA.

SETEMBRO/2024

ÍNDICE

1.	INFORMAÇÕES GERAIS	6
	Área do Levantamento	6
	Cronologia dos Eventos.....	8
	Equipe Técnica.....	8
	Empresa Executante	9
1.1.	LEVANTAMENTO HIDROGRÁFICO BATIMÉTRICO.....	9
1.1.1.	Trabalhos Executados.....	11
1.1.2.	Geodésia	11
1.1.2.1.	Informações Gerais	11
1.1.3.	Topografia.....	13
1.1.3.1.	Equipamento Utilizado.....	13
1.1.3.2.	Nivelamento da Estação Porto de Imbituba	14
1.1.4.	Observações Maregráficas.....	19
1.1.4.1.	Estação Maregráfica Porto de Imbituba	19
1.1.4.2.	Ficha da Estação Maregráfica Porto de Imbituba - DHN.....	20
1.1.4.3.	Ficha da Estação Maregráfica Porto de Imbituba - Hidrotopo	22
1.1.4.4.	Referência de Nível (RN).....	24
1.1.4.5.	Régua Maregráfica	25
1.1.4.6.	Marégrafo Utilizado.....	25
1.1.4.7.	Fator de Redução	27
1.1.4.8.	Registros do marégrafo	27
1.1.5.	Batimetria.....	36
1.1.5.1.	Sondagem Multifeixe	36
1.1.5.1.1.	Projeto de Linhas de Sondagem	37
1.1.5.1.2.	Equipamentos Utilizados	38
1.1.5.1.3.	Procedimentos.....	43
1.1.5.1.3.1.	Montagem da Embarcação	43
1.1.5.1.3.2.	Offsets dos Equipamentos na Embarcação	43
1.1.5.1.3.3.	Configuração do Sistema Multifeixe	47
1.1.5.1.3.4.	Execução do Serviço	47
1.1.5.1.3.5.	Aferições e Calibrações	48
1.1.5.1.3.5.1.	Perfilagem da Velocidade do Som na Água	48

1.1.5.1.3.5.2.	PatchTest	55
1.1.5.1.4.	Processamento dos dados	64
1.1.5.1.4.1.	Retirada de Dados Espúrios	64
1.1.5.1.4.2.	Análise de Incerteza do Levantamento	65
1.1.5.1.4.3.	Incertezas Vertical e Horizontal	66
1.1.5.1.4.3.1.	Incertezas Vertical	66
1.1.5.1.4.3.2.	Incertezas Horizontal	67
1.1.5.1.4.4.	Ordem do Levantamento	68
1.1.5.1.4.5.	Arquivo ASCII	70
1.1.6.	Amostragem de Fundo	71
1.1.6.1.	Equipamento Utilizado	71
1.1.6.2.	Procedimentos	72
1.1.6.3.	Análise das Amostras	73
1.1.7.	Documentos Cartográficos Produzidos	75
1.1.8.	Imagens 3D	76
1.1.9.	Relatório Fotográfico Batimetria Multifixe	82
1.2.	LEVANTAMENTO COM SONAR DE VARREDURA LATERAL	85
1.2.1.	Trabalhos Executados	85
1.2.1.1.	Sidescan	85
1.2.1.2.	Projeto de Linhas	86
1.2.1.3.	Equipamentos utilizados	87
1.2.2.	Procedimentos	90
1.2.2.1.	Montagem da Embarcação	90
1.2.2.2.	Offsets dos Equipamentos na Embarcação	91
1.2.2.3.	Documentos Produzidos	95
1.2.3.	Documentos Cartográficos Produzidos	105
1.2.4.	Conclusões	105
1.2.5.	Relatório Fotográfico Sidescan	106
1.3.	INSPEÇÃO À PARTE IMERSA DO MOLHE	108
1.3.1.	Documentos Produzidos	109
1.4.	INSPEÇÃO À PARTE EMERSA DO MOLHE	110
1.4.1.	Trabalhos Executados	110

1.4.2.	Fotografias.....	111
1.5.	LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO (AEROFOTOGRAMÉTRICO) DO MOLHE 171	
1.5.1.	Planejamento de Voo	171
1.5.2.	Ground Point Control (GPC).....	172
1.5.3.	Rastreamento dos GPC.....	173
1.5.4.	Processamento dos GPC	174
1.5.5.	Relatório de Processamento do Photoscan	177
1.5.6.	Área de Trabalho do Photoscan	187
1.5.7.	Imagens 3D do Mapeamento	187
1.5.8.	Equipamentos Utilizados	190
1.5.8.1.	Aéreo Não Tripulado (VANT).....	190
1.5.8.2.	Aquisição dos dados de Voo	191
1.5.8.2.1.	Decolagem.....	191
1.5.8.2.2.	Processamento de Dados	193
1.5.8.2.3.	Rastreamento pelo Método RTK dos GPC.....	194
1.5.8.2.4.	Documentos Cartográficos Produzidos	195
1.5.8.2.4.1.	Plantas Altimétricas	
	195	
1.6.	LEVANTAMENO GEOFÍSICO DA ÁREA EM FRENTE AO MOLHE	198
1.6.1.	Informações Gerais	198
1.6.2.	Levantamento Jet Probe.....	198
1.6.2.1.	Sistema de Posicionamento	199
1.6.2.2.	Resultado da Sondagem	201
1.6.2.3.	Documentos Cartográficos Produzidos	207
1.6.2.4.	Comentários Finais.....	207
1.6.2.5.	Relatório Fotográfico da Operação Jet Probe	207
1.6.3.	Levantamento 33kHz.....	211
1.6.3.1.	Projeto de Linhas de Sondagem	212
1.6.3.2.	Equipamentos Utilizados	213
1.6.3.3.	Procedimentos.....	217
1.6.3.3.1.	Montagem da Embarcação.....	217
1.6.3.3.2.	Configuração do Sistema Monofeixe.....	222
1.6.3.3.3.	Execução do Serviço	222
1.6.3.3.4.	Calibragem (Barcheck).....	223
1.6.3.3.5.	Processamento de Dados	224
1.6.3.3.6.	Arquivo ASCII	226
1.6.3.4.	Análise dos Perfis do Levantamento de 33kHz	227
1.7.	DIAGNÓSTICO E MAPEAMENTO DAS PATOLOGIAS.	247

1.7.1.	Informações Gerais	247
1.7.2.	Área da Inspeção.....	247
1.7.3.	Introdução.....	249
1.6.2.4.	Histórico de Imagens	250
1.7.5.	Investigação das Patologias Estruturais.....	258
1.7.5.1.	Fotografias.....	259
1.7.5.2.	Seções Molhe Levantamento 2024	272
1.8.	CONDIÇÕES HIDRODINÂMICAS E MORFOLOGIA.....	309
1.8.1.	Área de Estudo	309
1.8.2.	Medições Ondas, Correntes e Nível.....	311
1.8.3.	Equipamentos Utilizados	311
1.9.	MONITORAMENTO DE ESPÉCIES BÊNTICAS DO TIPO INCRUSTANTES DE FUNDOS CONSOLIDADOS.....	315
1.9.1.	Introdução.....	315
1.9.2.	Metodologia	316
1.9.3.	Resultados e Discussão	319
1.9.3.1.	Levantamento quali-quantitativo de organismos	319
1.9.3.2.	Principais índices ecológicos.....	323
1.9.3.3.	Caracterização dos principais táxons e suas contribuições na comunidade macrobentônica de substrato consolidado	328
1.9.4.	Conclusão.....	332
2.	REFERÊNCIAS	333

1. INFORMAÇÕES GERAIS

A **Hidrotopo Consultoria e Projetos Ltda.** apresenta à **SCPAR PORTO DE IMBITUBA**, o relatório técnico **HD 1061/1**, referente as informações levantadas nas inspeções, assim como a análise das condições estruturais do molhe, além de apresentar as condições hidrodinâmicas atuantes durante eventos extremos com o molhe na condição atual, Porto de Imbituba – Imbituba - SC.

Área do Levantamento

A área levantada recobre prioritariamente o molhe do Porto de Imbituba - SC (Figura 1).

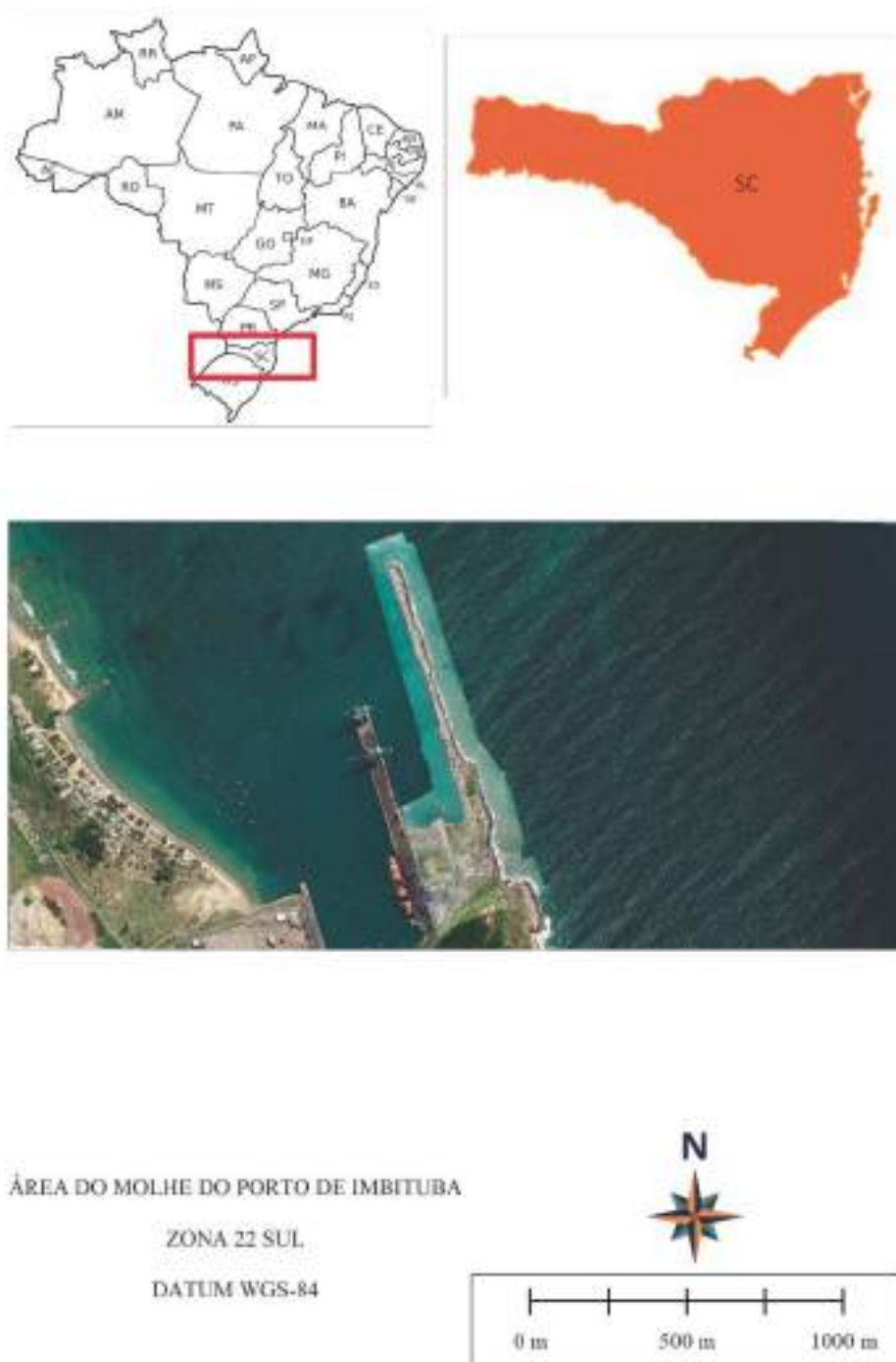


Figura 1 – Visão geral da área do molhe do Porto de Imbituba.

Cronologia dos Eventos

O cronograma básico do trabalho está apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Cronologia dos Eventos

Eventos	Data
Pedido de autorização ao CHM	22/08/2024
Autorização para início do Levantamento Hidrográfico (LH)	26/08/2024
Mobilização da equipe e equipamentos	29/08/2024
Instalação do Marégrafo e nivelamento	29/08/2024
Montagem da embarcação	29/08/2024
Calibragem do sistema (Patch Test)	30/08/2024
Início dos trabalhos de campo	29/08/2024
Conclusão dos trabalhos de campo	03/09/2024
Conclusão dos trabalhos de escritório com revisão do relatório final	04/12/2024

Equipe Técnica

A equipe técnica foi composta pelos seguintes profissionais (Tabela 2)

Tabela 2 – Equipe Técnica

	FUNÇÃO	PROFISSIONAL
Supervisão Geral	Engenheiro	Augusto Dantas Sampaio
Equipe de Campo	Geólogo	Francisco Rodrigues da Silva Jr.
	Téc. Sinalização Náutica	Nilton de Oliveira Santos
Equipe de Escritório	Engenheiro	Reginaldo Gonçalves Abreu
	Engenheira	Ana Beatriz da Rocha Sampaio
	Geólogo	Francisco Rodrigues da Silva Jr.
	Téc. Sinalização Náutica	Nilton de Oliveira Santos

Empresa Executante

HIDROTOPO CONSULTORIA E PROJETOS LTDA

Matriz: Av. Ayrton Senna, nº 3000, Bloco Grumari, Grupo 3051

Barra da Tijuca, Rio de Janeiro - RJ.

CNPJ nº 31.250.137/0001-28

Tel./Fax: +55 (021) 2533-0160

Filial: Rua Samuel Heusi, 190 sala 801

Centro – Itajaí – SC

CNPJ nº 31.250.137/0003-90

e-mail: hidrotopo@hidrotopo.com.br

1.1. LEVANTAMENTO HIDROGRÁFICO BATIMÉTRICO

Os levantamentos hidrográficos (LH) foram realizados com a utilização de equipamento multifeixe no dia 30/08/2024 e com ecobatímetro monofeixe no dia 02/09/2024, no entorno do molhe do Porto de Imbituba - SC, objetivando mapear o fundo marinho e com o propósito de atualizar as profundidades locais, de acordo com a NORMAM-501-DHN.

O serviço foi realizado conforme a autorização nº 511/24 – Categoria “B”, datada de 23 de agosto de 2024, para o período de 26/08/24 a 25/11/24, emitida pelo Centro de Hidrografia da Marinha – CHM.

**MARINHA DO BRASIL**
CENTRO DE HIDROGRAFIA DA MARINHA**AUTORIZAÇÃO Nº 511/24****CATEGORIA “B”**

O Diretor do Centro de Hidrografia da Marinha, de acordo com as delegações de competência estabelecidas pelas Portarias nº 156/MB, de 3 de junho de 2004 e nº 39/DHN, de 23 de março de 2012, Autoriza a HIDROTOPO Consultoria e Projetos Ltda, inscrita sob o nº 124 no Cadastro de Entidades Executantes de Levantamentos Hidrográficos, em conformidade com o art. 37 do Decreto-Lei nº 243, de 28/02/1967, e nos termos das Normas da Autoridade Marítima para Levantamentos Hidrográficos - NORMAM-501/DHN, a realizar Levantamento Hidrográfico nas proximidades do Molhe do Porto de Imbituba, no município de Imbituba, estado de Santa Catarina, no período de 26 de agosto de 2024 a 25 de novembro de 2024, conforme descrito no projeto de Levantamento Hidrográfico recebido por este Centro em 22 de agosto de 2024.

Esta Autorização não isenta a entidade requerente de obter outras autorizações e/ou licenças federais, estaduais e municipais legalmente exigíveis para realização desta atividade, incluindo aquelas relacionadas a órgãos ambientais e à segurança da navegação, emanadas por Agentes ou Representantes da Autoridade Marítima, sendo obrigatória a sua disponibilização no local de realização do Levantamento Hidrográfico, para efeito de fiscalização.

Conforme o artigo 2.3 da NORMAM-501/DHN, a coleta e/ou processamento dos dados deverão ser realizados exclusivamente pela Entidade Executante autorizada. A cessão dos dados a terceiros só deverá ser feita à Entidade Contratante do LH. Caso alguma discrepância seja observada, serão aplicadas as sanções cabíveis à Entidade Executante.

Niterói, 23 de agosto de 2024.

Por ordem:

EVERTON COLLING
NEDEL:02279542030Assinado eletronicamente por EVERTON COLLING NEDEL:02279542030
CPF nº 000.000.000-00, em 23/08/2024, no âmbito da Autoridade Certificadora de Dados
www.000.000.000-00.com.br/Assinatura, com Certificado PP AS
www.000.000.000-00.com.br/Assinatura, com Certificado PP AS
Data: 2024.08.23 10:44:45 -0300**ÉVERTON COLLING NEDEL****Primeiro-Tenente (RM2-EN)****Ajudante da Seção de Controle de Levantamentos Hidrográfico**

1.1.1. Trabalhos Executados

O levantamento batimétrico multifeixe foi realizado no exterior do molhe do Porto de Imbituba, localizado no município de Imbituba - SC, Carta Náutica nº 1921 (Figura 2).

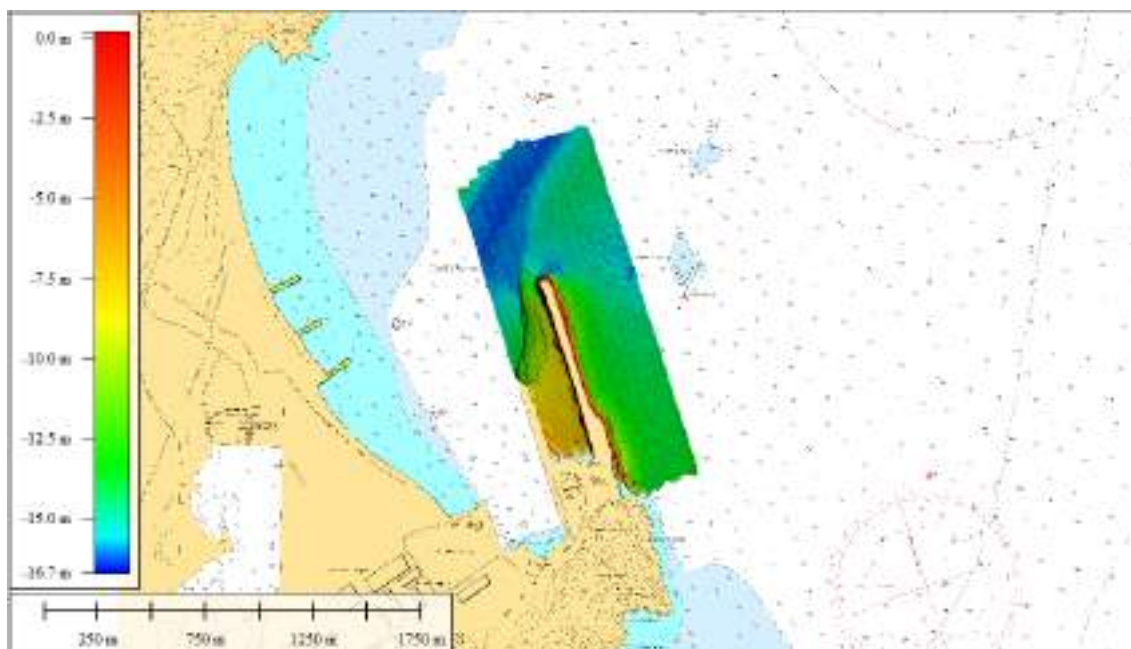


Figura 2 – Carta Náutica 1921, identificação da área onde foi realizado o levantamento.

1.1.2. Geodésia

1.1.2.1. Informações Gerais

- **Datum**

Para a realização do trabalho foi adotado o Datum WGS-84.

- **Sistema de posicionamento**

O DGPS Hemisphere Vector VS330 (Figura 3) fornece, em tempo real, o serviço de correção global Atlas GNSS de alta precisão, da Hemisphere, ao qual garante, precisões menores que 10 cm, em frequências de atualização da posição de até cinco vezes por segundo, dispensando o guarnecimento da estação-base e, conseqüentemente, de qualquer apoio topográfico.



Figura 3 – DGPS Vector VS330.

As principais características do Hemisphere Vector VS330 são mostradas na tabela abaixo:

Características do DGPS Hemisphere Vector VS330.

CARACTERÍSTICA		VALORES	
Posição	Fugros Marinestar	Horizontal:	10 cm 95%
		Vertical:	15 cm 95%
Precisão de Posicionamento		0.04m	
Taxa de dados		10/20Hz	
Voltagem de entrada		8 a 36DC	
n° mínimo de satélites		4 sats	
Tempo para Primeira Fixação (frio)		<40s	
Tempo para Primeira Fixação (quente)		<5s	

Foi utilizado o PPS (Pulse per Second) que fez o sincronismo do GPS com o multifeixe. O PPS corrige a diferença de tempo entre as informações enviadas pelos equipamentos que compõem o sistema multifeixe, visando assim, aumentar a acurácia da informação gerada.

As linhas de sondagens foram definidas por um projeto desenvolvido pela Hidrotopo, apoiado nas especificações técnicas encaminhadas, possibilitando que a embarcação navegasse em seções previamente estabelecidas, permitindo o recobrimento total da área de interesse.

As coordenadas geográficas adquiridas foram referenciadas ao Datum SIRGAS 2000 e convertidas para projeção UTM (Zona 22 Hemisfério Sul), meridiano central de 51° W.

1.1.3. Topografia

Nesse LH foram realizadas medições da variação do nível d'água na estação maregráfica, a saber: estação Porto de Imbituba Nº 60250. A respectiva ficha de Descrição de Estação Maregráfica está em anexo.

No dia 29/08/2024 foi realizada a instalação do Marégrafo e o nivelamento da régua já existente no Cais do Porto de Imbituba, constante na ficha descritiva F-41-1908-001/57 Versão 2/2021.

O nivelamento geométrico tem como objetivo determinar o desnível entre as RNs existentes e o Zero da régua maregráfica.

A planilha do nivelamento geométrico realizado pela HIDROTOPO e a Ficha de Descrição Maregráfica, referente ao mesmo, encontram-se em anexo.

1.1.3.1. Equipamento Utilizado

Na atividade de nivelamento geométrico foram utilizados: tripé, mirafalante e o Nível Sokkia modelo B30 (Figura 4).



Figura 4 – Nível Sokkia B30

As principais características do nível Sokkia B30 são mostradas na tabela abaixo:

Características do nível SOKKIA B30	
CARACTERÍSTICA	VALORES
Resolução	3,5"
Precisão	0,5mm
Precisão de Ajuste	0,3" /±15'

1.1.3.2. Nivelamento da Estação Porto de Imbituba

O nivelamento geométrico (Figuras 5 e 6) foi realizado, partindo da RN 3012X, cota 2294mm, passando pela RN 31225, cota 2568mm, chegando ao topo da régua maregráfica (3 metros de comprimento), cota 1756mm.

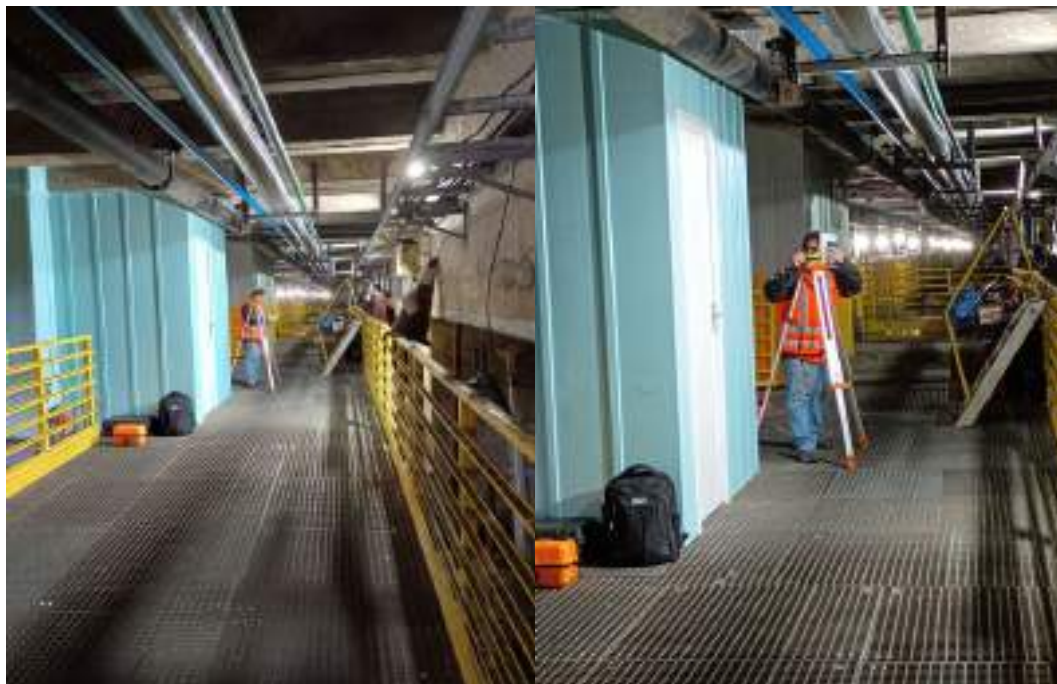


Figura 5 – Nivelamento geométrico.

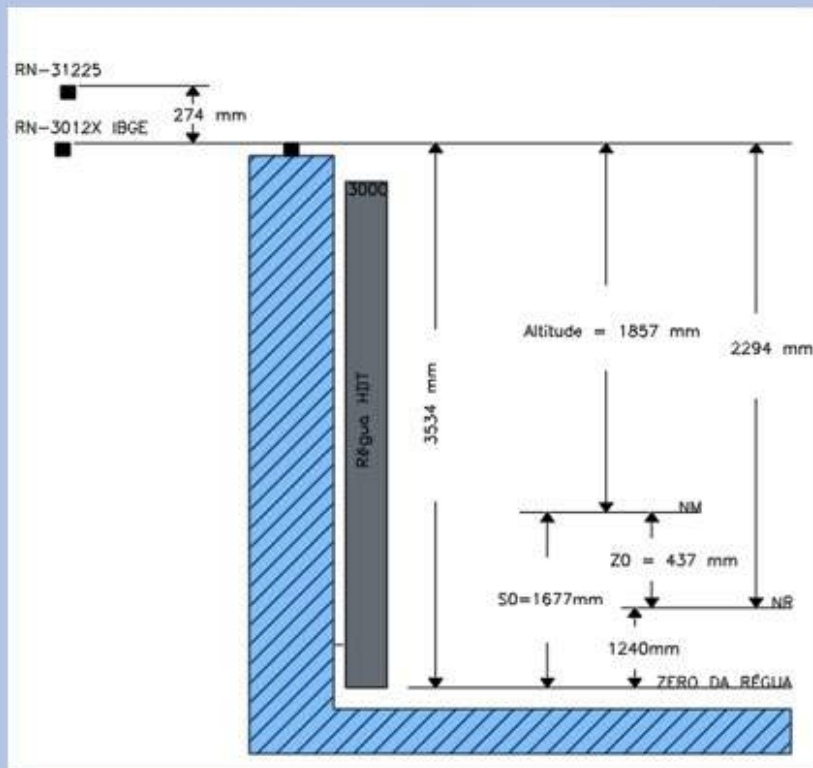


Figura 6 – Nivelamento geométrico.

HIDROTOPO[®] Desde 1987		PLANILHA DE NIVELAMENTO GEOMÉTRICO				EQUIPAMENTOS UTILIZADOS:		
		PROJETO -1081/24				Nível Sokkia B30		
		HIDROTOPO CONSULTORIA E PROJETOS LTDA.				Mira Falcão e Tripô		
NIVELAMENTO								
CLIENTE: SCPAR PORTO DE IMBITUBA			DATA: 23/08/2024		ESTAÇÃO: PORTO DE IMBITUBA		FOLHA 1/2	
DE: RN 3012X DHN			PARA: TOPO DA RÉGUA HDT DE 3m					
PONTO NIVELADO		LEITURAS		AR - AV	PR	COTA	OUTRAS ANOTAÇÕES	
RÉ	VANTE	RÉ	VANTE	±	C+RÉ	VANTE		
RN 3012X DHN		PO SUPERIOR	1846			4083	2254	RN DE PARTIDA: RN DHN COTA = 2254mm
		PO MÉDIO	1790					
		PO INFERIOR	1733					
	RN 31225 DHN	PO SUPERIOR		1580	274		2568	
		PO MÉDIO		1515				
		PO INFERIOR		1460				
RN 31225 DHN		PO SUPERIOR	1522			4020		
		PO MÉDIO	1458					
		PO INFERIOR	1393					
	TOPO RÉGUA HDT	PO SUPERIOR		2318	-612		1756	
		PO MÉDIO		2270				
		PO INFERIOR		2222				
		PO SUPERIOR						
		PO MÉDIO						
		PO INFERIOR						
		PO SUPERIOR						
		PO MÉDIO						
		PO INFERIOR						
		PO SUPERIOR						
		PO MÉDIO						
		PO INFERIOR						
		PO SUPERIOR						
		PO MÉDIO						
		PO INFERIOR						
		PO SUPERIOR						
		PO MÉDIO						
		PO INFERIOR						
		PO SUPERIOR						
		PO MÉDIO						
		PO INFERIOR						
		PO SUPERIOR						
		PO MÉDIO						
		PO INFERIOR						
		PO SUPERIOR						
		PO MÉDIO						
		PO INFERIOR						
		PO SUPERIOR						
		PO MÉDIO						
		PO INFERIOR						
		PO SUPERIOR						
		PO MÉDIO						
		PO INFERIOR						
		PO SUPERIOR						
		PO MÉDIO						
		PO INFERIOR						
		PO SUPERIOR						
		PO MÉDIO						
		PO INFERIOR						
		PO SUPERIOR						
		PO MÉDIO						
		PO INFERIOR						
		PO SUPERIOR						
		PO MÉDIO						
		PO INFERIOR						
		PO SUPERIOR						
		PO MÉDIO						
		PO INFERIOR						
		PO SUPERIOR						
		PO MÉDIO						
		PO INFERIOR						
→ O zero da régua está situado a 1,24m abaixo do Nível de Redução da DHN.								
→ Fator de Redução (FR) a ser adotado nas leituras feitas na régua das marés nivelada.								
→ Régua de 3,0 metros instalada no cais do Porto de Imbituba.								

		PLANILHA DE NIVELAMENTO GEOMETRICO					EQUIPAMENTOS UTILIZADOS:				
		PROJETO - 1061/24					Nível Sokkia B30				
		HIDROTOPO CONSULTORIA E PROJETOS LTDA.					Mira Falcão e Tripé				
CONTRA-NIVELAMENTO											
CLIENTE: SCPAR PORTO DE IMBITUBA				DATA: 28/08/2024		ESTAÇÃO: PORTO DE IMBITUBA			FOLHA 2/2		
DE: TOPO DA RÉGUA HDT DE 3m				PARA: RN 3012X DHN							
PONTO NIVELADO		LEITURAS			AR - AV	PR	COTA	OUTRAS ANOTAÇÕES			
RE	VANTE		RE	VANTE	±	C+RE	VANTE				
TOPO RÉGUA HDT		PI SUPERIOR	2338				1756	COTA TOPO DA RÉGUA DE 3m = 1756mm			
		PI MÉDIO	2291								
		PI INFERIOR	2243								
	RN 31225 DHN	PI SUPERIOR		1545	012		2561				
		PI MÉDIO		1479							
		PI INFERIOR		1413							
RN 31225 DHN		PI SUPERIOR	1632			4136					
		PI MÉDIO	1565								
		PI INFERIOR	1502								
	RN 3012X DHN	PI SUPERIOR		1586	-273		2295				
		PI MÉDIO		1541							
		PI INFERIOR		1786							
		PI SUPERIOR									
		PI MÉDIO									
		PI INFERIOR									
		PI SUPERIOR									
		PI MÉDIO									
		PI INFERIOR									
		PI SUPERIOR									
		PI MÉDIO									
		PI INFERIOR									
		PI SUPERIOR									
		PI MÉDIO									
		PI INFERIOR									
		PI SUPERIOR									
		PI MÉDIO									
		PI INFERIOR									
		PI SUPERIOR									
		PI MÉDIO									
		PI INFERIOR									
Erro = (Ponto Inicial - Ponto Final) / 2				Topo da régua + erro =				NR = Tamanho da régua - (Topo da régua + erro)			
-0.5mm				1755.5mm				Tamanho da régua → 3000mm			
								NR	1245mm	FR	1.24m
→ O zero da régua está situado a 1.24m abaixo do Nível de Redução da DHN.										→ Régua de 3,0 metros instalada no cab. do Porto de Imbituba.	
→ Fator de Redução (FR) a ser adotado nas leituras feitas na régua das marés nivelada.											

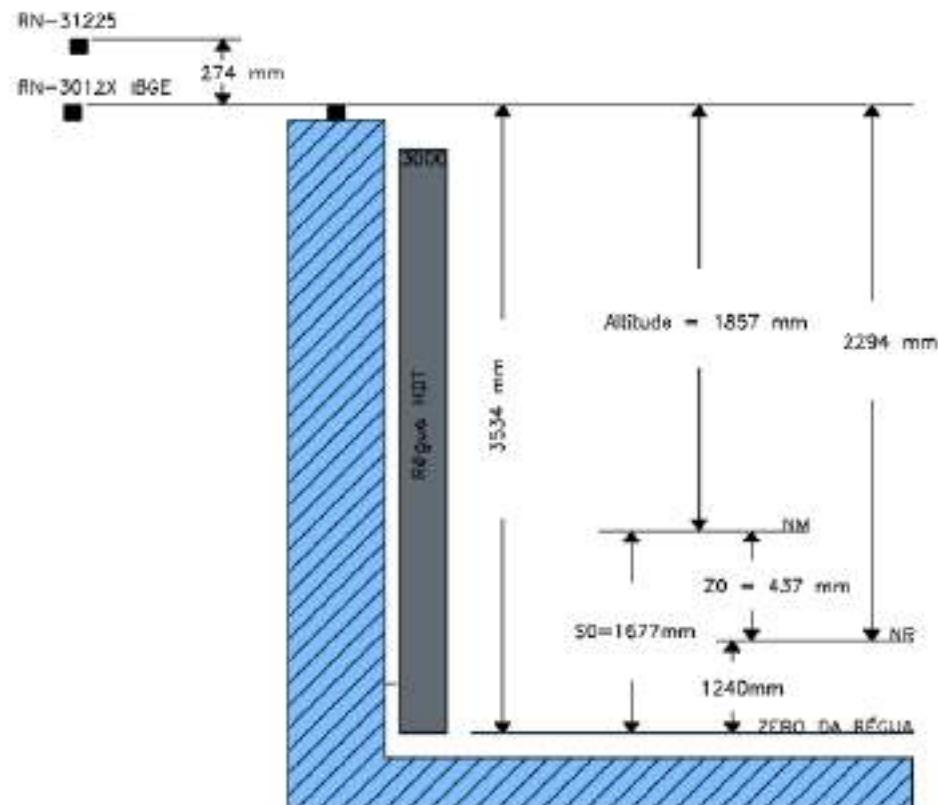
DIAGRAMA



IMAGEM



Após obter as cotas das RNs e do topo da régua maregráfica foi feito o diagrama da estação maregráfica, conforme demonstrado abaixo:



1.1.4. Observações Maregráficas

Para a realização deste levantamento foi utilizada a estação maregráfica Porto de Imbituba.

1.1.4.1. Estação Maregráfica Porto de Imbituba

Estação maregráfica 60250, Porto de Imbituba, conforme dados da ficha F-41-1908-001/57, versão 2/2021, está localizada nas coordenadas geográficas Latitude 28° 13'.8 S e Longitude 048° 39'.0 W, na localidade de Imbituba – SC (Figura 7). A ficha F-41 atual foi baixada no site do CHM.



Figura 7 – Localização da Estação Porto de Imbituba.

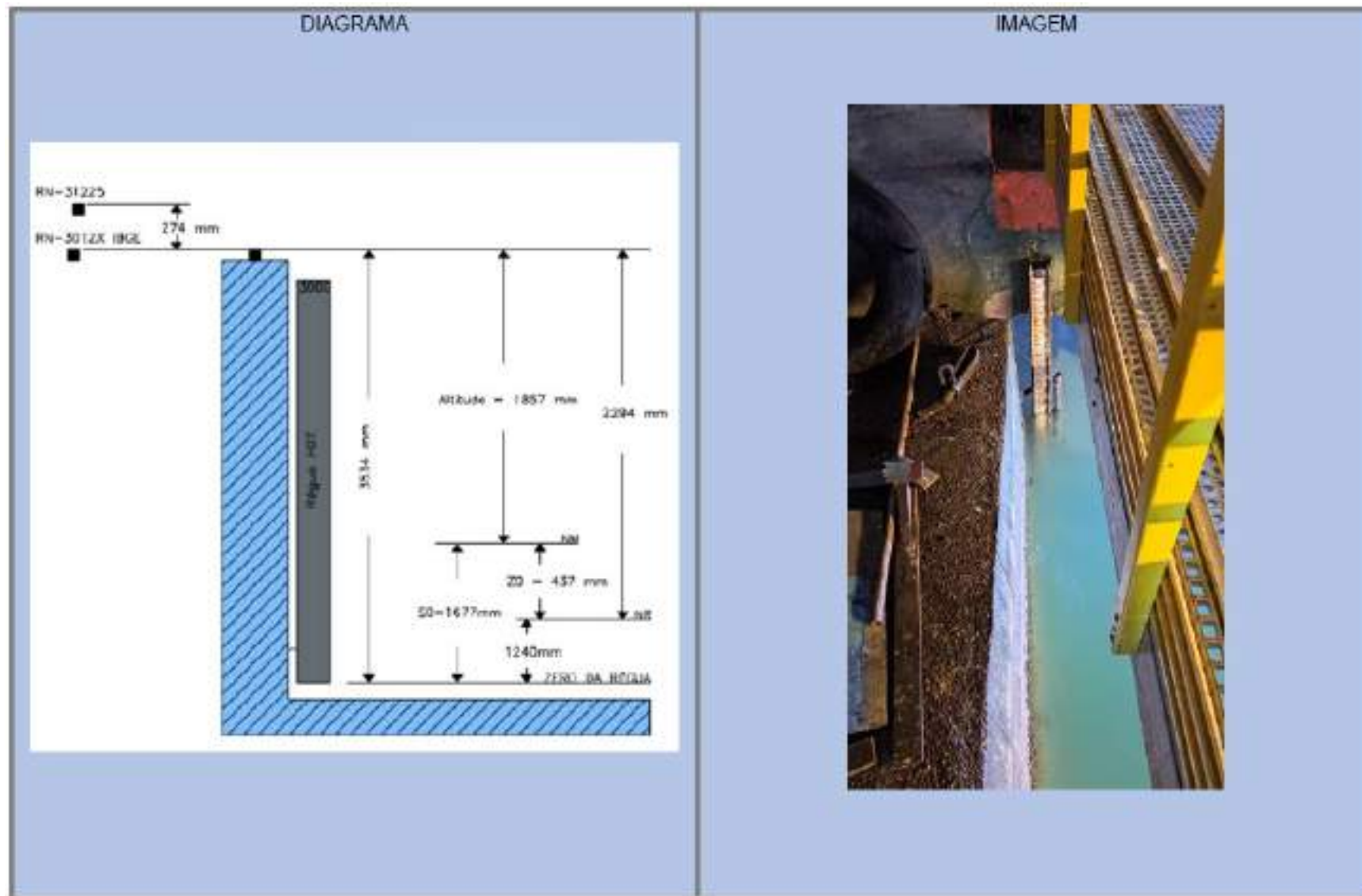
1.1.4.2. Ficha da Estação Maregráfica Porto de Imbituba - DHN

		60250	TABUAS DAS MARES		F41 - Padrão - PORTO DE IMBITUBA - 60250 - Versão 2/2021
F - 41		DESCRIÇÃO DE ESTAÇÃO MAREGRÁFICA			
Estação: PORTO DE IMBITUBA LH Carta: 1908 - Porto de Imbituba		Estado: SC	Localidade: Imbituba	Navio: L.A.G.S	Ano: 1957
Coordenadas geográficas: Lat: 28° 33' S Long: 048° 39' W Datum Fuso: +03		O nível de referência está 30,51 centímetros acima do zero da régua. Fonte de informação: Antena com o critério de Balay de 140 dias de observação da maré Tipo de mareógrafo: Não informado Zero do mareógrafo: Coincide com o zero da régua			
Descrição da régua de marés Não há descrição da régua de marés. Esta ficha foi compilada do Modelo DHN-5502 de 1957 e das F-41-1908-001/00, F-41-1908-001/03, F-41-1908-001/06, F-41-1908-001/18, NG-Spectrah-P-2018-003, F-41-1908-001/21 e Compilação dos Níveis de Referência - Estação da RMPO em Imbituba (BOE). Em função do excessivo número de RNs niveladas nesta estação, omite-se: RN 2A-CBD, RN 3010A-BOE e RN4-DHN. ATENÇÃO USUÁRIOS: Esta não é necessariamente a régua do IBGE instalada atualmente na estação. Para adotar a régua do IBGE, esta deverá ser nivelada e deverão ser seguidos os mesmos procedimentos caso fosse instalada nova régua. Para adotar os dados de maré dos sensores instalados pelo IBGE, deverá ser obtida a cota destes sensores em relação ao zero da régua, para que sejam feitos os ajustes dos dados em relação à régua.			Descrição das referências de nível RN-2 UFPR - Fixada na costa das pedras na extremidade sul do cais, aproximadamente 25 m da RN-2A da CBD. Citada a partir de 2006. RN-3012X IBGE - Fixada na galeria sob o cais, entre o 3º par de colunas de sustentação no sentido sul-norte, próximo à régua. Citada a partir de 2006. RN-3012Z IBGE - Fixada na galeria sob o cais, entre o 6º par de colunas de sustentação no sentido sul-norte. Citada a partir de 2006. RN 3125D-UFPR - Chapa fixada na 8ª viga inferior de sustentação do berço 01 (subseio). RN-1 DHN - Cravada no início do pilar de concreto, próximo ao marso nº. 3012 Z do IBGE. Citada a partir de 2006. RN-31225 - Fixada em viga de concreto à direita do início do berço 01 (subseio) do Porto. RN-5 DHN - Fixada junto à parede frontal, na extremidade norte do armazém frigorífico (ao norte do cais), implantada em 2006.		
DHN-6016-A		Arquivo Técnico a ser preenchido no CHM Documento de referência: LH-002/08 - RA-616/07 LH-036/18 - RA-625/19 RA 643/2019 RA 274/2021		Observações: 1. Período de observação para obtenção dos elementos de maré: 01/01/2021 a 30/08/2021. 2. As cotas desta ficha podem não ser as mesmas utilizadas pelo IBGE como referência para o Datum Atimétrico de Imbituba. 3. Posição da estação foi ajustada para Lat.: 28° 33' 51,70"S; Long.: 048° 39' 01,52"W. 4. Atualizada em 01/12/2021.	



1.1.4.3. Ficha da Estação Maregráfica Porto de Imbituba - Hidrotopo

HIDROTOPO [®] Desde 1987		DESCRIÇÃO DE ESTAÇÃO LINIMÉTRICA			
Estação:	Porto de Imbituba	Cidade:	Imbituba	Estado:	SC
Procedência:	F-41-1908-001-57 versão 2/2021	Datum Vertical:	Zero Hidrográfico DHN	Data:	29/08/2024
Coordenadas Geográficas		Observações			
Lat.: 28° 13' 8 S		O nível de redução (NR) está a 1.24m acima do zero da régua.			
Long.: 048° 39' 0 W					
Fuso: +3 HORAS					
Descrição da régua de marés			Descrição das referências de nível		
Régua de madeira padrão com 3000 mm de comprimento numerada e graduada de 5cm em 5cm, fixada no cais do Porto de Imbituba.			Identificação: RN-3012X IBGE, Cota: 2294mm. Localização: encontra-se fixada na galeria sob o cais, entre o 3º par de colunas de sustentação no sentido sulnorte, próximo à régua. Citada a partir de 2008. Identificação: RN-31225, Cota: 2568mm. Localização: encontra-se fixada na viga de concreto à direita do início do berço 01 (subsolo) do Porto.		



1.1.4.4. Referência de Nível (RN)

As duas referências de níveis (RN) que serviram de apoio ao nivelamento geométrico, consistem de placas de alumínio gravadas com: RN3012X-DHN, RN-31225-DHN (Figuras 8 e 9). Os marcos estão dispostos na galeria sob o cais.



Figura 8 – Referência de Nível 3012X.



Figura 9 – Referência de Nível 31225.

1.1.4.5. Régua Maregráfica

A régua maregráfica existente possui três metros de comprimento, dividida de 1 em 1 cm e graduada de 5 em 5 cm (Figura 10). As seções foram presas a uma base de alumínio e fixada no cais do Porto de Imbituba.



Figura 10 – Localização da régua maregráfica.

1.1.4.6. Marégrafo Utilizado

O marégrafo utilizado foi o Cello CSO, da TECHNOLOG (Figura 11), foi configurado no horário de Brasília, no fuso, PAPA e os registros baixados ao final de cada dia de sondagem.



Figura 11 – Marégrafo Cello CSO.

As principais características do marégrafo Cello CSO são mostradas na tabela abaixo:

Características do Marégrafo Cello CSO

CARACTERÍSTICA	VALORES
Faixa de Profundidade	0.2 a 3m
Acurácia	±0.01m

A instalação do marégrafo atendeu os requisitos previstos no Subitem 3.2 da NORMAM-501/DHN (Figura 12). Os registros estão sendo encaminhados, em anexo, no formato digital.



Figura 12 – Marégrafo Cello CSO instalado no cais do Porto de Imbituba.

1.1.4.7. Fator de Redução

O Fator de Redução adotado para estação Porto de Imbituba está situado a 1,24m acima do zero da régua.

1.1.4.8. Registros do marégrafo

Durante o levantamento foram analisadas as leituras do marégrafo com a finalidade de observar a curva da maré. Os gráficos de marés são apresentados abaixo:

				ANOTAÇÕES DE MARÉS			
CLIENTE: SCPAR				PROJETO Nº 1061/24		FOLHA	
LOCAL: PORTO DE IMBITUBA - SC				DATA: 30/08/2024		1/3	
HORA PAPA	LEITURA (m)	NR (m) FR	MARÉ REAL	HORA PAPA	LEITURA (m)	NR (m) FR	MARÉ REAL
0:00	1.56	1.24	0.32	5:30	1.17	1.24	-0.07
0:10	1.55	1.24	0.31	5:40	1.17	1.24	-0.07
0:20	1.54	1.24	0.30	5:50	1.17	1.24	-0.07
0:30	1.53	1.24	0.29	6:00	1.16	1.24	-0.08
0:40	1.52	1.24	0.28	6:10	1.17	1.24	-0.07
0:50	1.50	1.24	0.26	6:20	1.16	1.24	-0.08
1:00	1.50	1.24	0.26	6:30	1.17	1.24	-0.07
1:10	1.49	1.24	0.25	6:40	1.18	1.24	-0.06
1:20	1.49	1.24	0.25	6:50	1.19	1.24	-0.05
1:30	1.47	1.24	0.23	7:00	1.21	1.24	-0.03
1:40	1.47	1.24	0.23	7:10	1.22	1.24	-0.02
1:50	1.48	1.24	0.24	7:20	1.25	1.24	0.01
2:00	1.49	1.24	0.25	7:30	1.27	1.24	0.03
2:10	1.48	1.24	0.24	7:40	1.28	1.24	0.04
2:20	1.46	1.24	0.22	7:50	1.30	1.24	0.06
2:30	1.46	1.24	0.22	8:00	1.30	1.24	0.06
2:40	1.45	1.24	0.21	8:10	1.32	1.24	0.08
2:50	1.43	1.24	0.19	8:20	1.32	1.24	0.08
3:00	1.42	1.24	0.18	8:30	1.34	1.24	0.10
3:10	1.40	1.24	0.16	8:40	1.36	1.24	0.12
3:20	1.38	1.24	0.14	8:50	1.38	1.24	0.14
3:30	1.36	1.24	0.12	9:00	1.39	1.24	0.15
3:40	1.35	1.24	0.11	9:10	1.42	1.24	0.18
3:50	1.32	1.24	0.08	9:20	1.45	1.24	0.21
4:00	1.30	1.24	0.06	9:30	1.46	1.24	0.22
4:10	1.28	1.24	0.04	9:40	1.48	1.24	0.24
4:20	1.26	1.24	0.02	9:50	1.50	1.24	0.26
4:30	1.25	1.24	0.01	10:00	1.52	1.24	0.28
4:40	1.22	1.24	-0.02	10:10	1.54	1.24	0.30
4:50	1.21	1.24	-0.03	10:20	1.56	1.24	0.32
5:00	1.20	1.24	-0.04	10:30	1.59	1.24	0.35
5:10	1.19	1.24	-0.05	10:40	1.61	1.24	0.37
5:20	1.18	1.24	-0.06	10:50	1.62	1.24	0.38
ESTAÇÃO: PORTO DE IMBITUBA							
PONTO DE APOIO: RN 3012X DHN				RÉGUA () TRENA () MARÉGRAFO (X)			
OBSERVAÇÕES:							
ANOTADOR:							
ASSINATURA DO RESPONSÁVEL:							

				ANOTAÇÕES DE MARÉS			
CLIENTE: SCPAR				PROJETO Nº 1061/24		FOLHA	
LOCAL: PORTO DE IMBITUBA - SC				DATA: 30/08/2024		2/3	
HORA PAPA	LEITURA (m)	NR (m) FR	MARÉ REAL	HORA PAPA	LEITURA (m)	NR (m) FR	MARÉ REAL
11:00	1.63	1.24	0.39	16:30	1.67	1.24	0.43
11:10	1.65	1.24	0.41	16:40	1.67	1.24	0.43
11:20	1.67	1.24	0.43	16:50	1.65	1.24	0.41
11:30	1.68	1.24	0.44	17:00	1.64	1.24	0.40
11:40	1.70	1.24	0.46	17:10	1.63	1.24	0.39
11:50	1.72	1.24	0.48	17:20	1.61	1.24	0.37
12:00	1.74	1.24	0.50	17:30	1.60	1.24	0.36
12:10	1.76	1.24	0.52	17:40	1.59	1.24	0.35
12:20	1.77	1.24	0.53	17:50	1.57	1.24	0.33
12:30	1.78	1.24	0.54	18:00	1.57	1.24	0.33
12:40	1.79	1.24	0.55	18:10	1.54	1.24	0.30
12:50	1.79	1.24	0.55	18:20	1.52	1.24	0.28
13:00	1.80	1.24	0.56	18:30	1.52	1.24	0.28
13:10	1.80	1.24	0.56	18:40	1.51	1.24	0.27
13:20	1.79	1.24	0.55	18:50	1.50	1.24	0.26
13:30	1.80	1.24	0.56	19:00	1.50	1.24	0.26
13:40	1.80	1.24	0.56	19:10	1.49	1.24	0.25
13:50	1.80	1.24	0.56	19:20	1.50	1.24	0.26
14:00	1.80	1.24	0.56	19:30	1.50	1.24	0.26
14:10	1.79	1.24	0.55	19:40	1.51	1.24	0.27
14:20	1.78	1.24	0.54	19:50	1.51	1.24	0.27
14:30	1.77	1.24	0.53	20:00	1.51	1.24	0.27
14:40	1.76	1.24	0.52	20:10	1.53	1.24	0.29
14:50	1.74	1.24	0.50	20:20	1.53	1.24	0.29
15:00	1.74	1.24	0.50	20:30	1.54	1.24	0.30
15:10	1.72	1.24	0.48	20:40	1.54	1.24	0.30
15:20	1.73	1.24	0.49	20:50	1.56	1.24	0.32
15:30	1.72	1.24	0.48	21:00	1.58	1.24	0.34
15:40	1.71	1.24	0.47	21:10	1.59	1.24	0.35
15:50	1.71	1.24	0.47	21:20	1.60	1.24	0.36
16:00	1.70	1.24	0.46	21:30	1.61	1.24	0.37
16:10	1.69	1.24	0.45	21:40	1.63	1.24	0.39
16:20	1.69	1.24	0.45	21:50	1.65	1.24	0.41
ESTAÇÃO: PORTO DE IMBITUBA							
PONTO DE APOIO: RN 3012X DHN				RÉGUA () TRENA () MARÉGRAFO (X)			
OBSERVAÇÕES:							
ANOTADOR:							
ASSINATURA DO RESPONSÁVEL:							

[illegible]

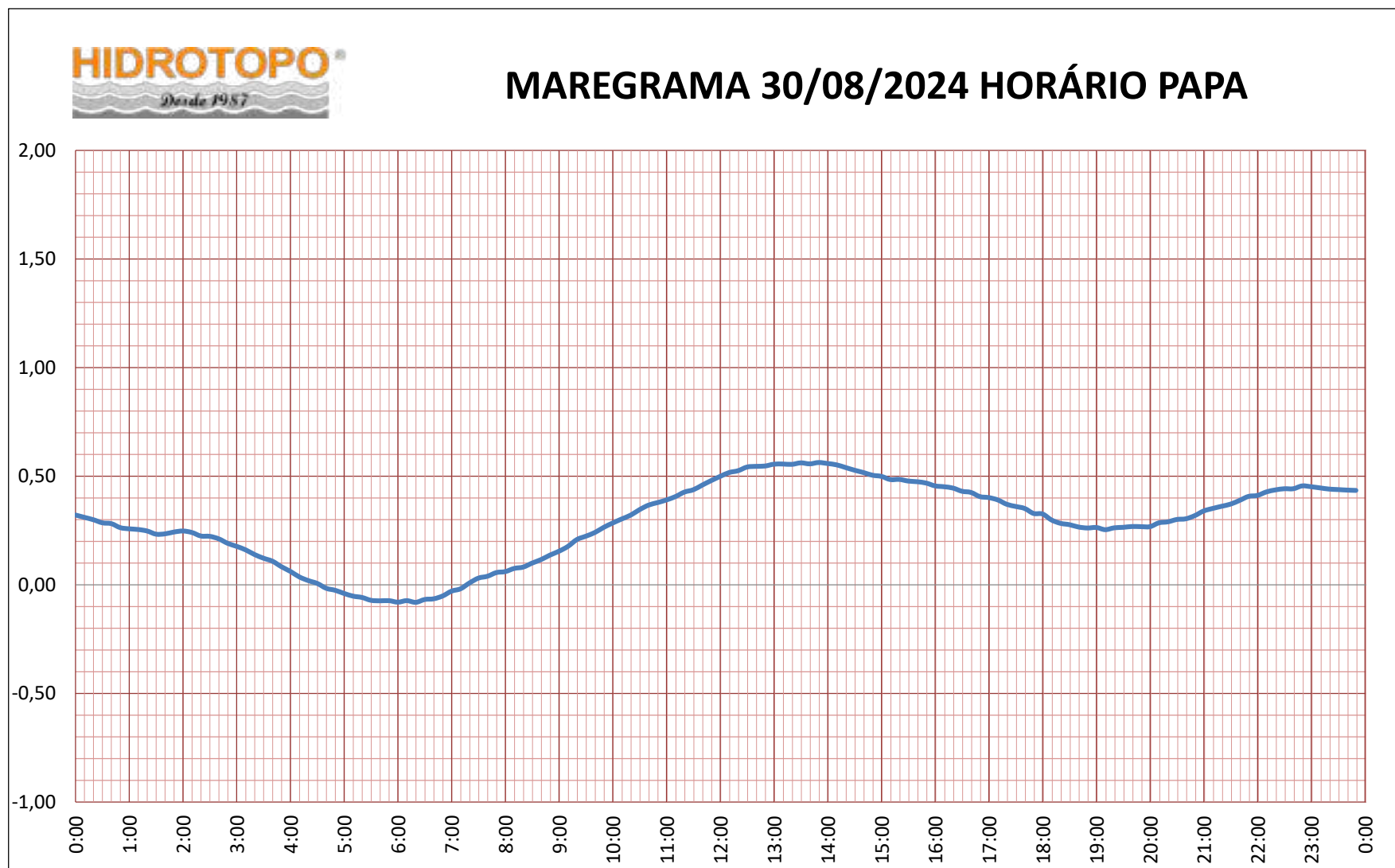


Figura 13 – Gráfico de Maregrafia do dia 30/08/2024.

				ANOTAÇÕES DE MARÉS			
CLIENTE: SCPAR				PROJETO Nº 1061/24		FOLHA 1/3	
LOCAL: PORTO DE IMBITUBA - SC				DATA: 02/09/2024			
HORA PAPA	LEITURA (m)	NR (m) FR	MARÉ REAL	HORA PAPA	LEITURA (m)	NR (m) FR	MARÉ REAL
0:00	1.89	1.24	0.65	5:30	1.38	1.24	0.14
0:10	1.90	1.24	0.66	5:40	1.36	1.24	0.12
0:20	1.91	1.24	0.67	5:50	1.34	1.24	0.10
0:30	1.91	1.24	0.67	6:00	1.31	1.24	0.07
0:40	1.91	1.24	0.67	6:10	1.29	1.24	0.05
0:50	1.90	1.24	0.66	6:20	1.27	1.24	0.03
1:00	1.89	1.24	0.65	6:30	1.25	1.24	0.01
1:10	1.88	1.24	0.64	6:40	1.24	1.24	0.00
1:20	1.87	1.24	0.63	6:50	1.22	1.24	-0.02
1:30	1.87	1.24	0.63	7:00	1.21	1.24	-0.03
1:40	1.85	1.24	0.61	7:10	1.20	1.24	-0.04
1:50	1.84	1.24	0.60	7:20	1.19	1.24	-0.05
2:00	1.82	1.24	0.58	7:30	1.19	1.24	-0.05
2:10	1.80	1.24	0.56	7:40	1.19	1.24	-0.05
2:20	1.77	1.24	0.53	7:50	1.19	1.24	-0.05
2:30	1.75	1.24	0.51	8:00	1.20	1.24	-0.04
2:40	1.73	1.24	0.49	8:10	1.21	1.24	-0.03
2:50	1.71	1.24	0.47	8:20	1.23	1.24	-0.01
3:00	1.70	1.24	0.46	8:30	1.24	1.24	0.00
3:10	1.68	1.24	0.44	8:40	1.26	1.24	0.02
3:20	1.66	1.24	0.42	8:50	1.27	1.24	0.03
3:30	1.63	1.24	0.39	9:00	1.28	1.24	0.04
3:40	1.61	1.24	0.37	9:10	1.30	1.24	0.06
3:50	1.57	1.24	0.33	9:20	1.31	1.24	0.07
4:00	1.55	1.24	0.31	9:30	1.33	1.24	0.09
4:10	1.52	1.24	0.28	9:40	1.35	1.24	0.11
4:20	1.50	1.24	0.26	9:50	1.38	1.24	0.14
4:30	1.48	1.24	0.24	10:00	1.42	1.24	0.18
4:40	1.46	1.24	0.22	10:10	1.46	1.24	0.22
4:50	1.45	1.24	0.21	10:20	1.51	1.24	0.27
5:00	1.44	1.24	0.20	10:30	1.54	1.24	0.30
5:10	1.42	1.24	0.18	10:40	1.59	1.24	0.35
5:20	1.40	1.24	0.16	10:50	1.63	1.24	0.39
ESTAÇÃO: PORTO DE IMBITUBA							
PONTO DE APOIO: RN 3012X DHN				RÉGUA () TRENA () MARÉGRAFO (X)			
OBSERVAÇÕES:							
ANOTADOR:							
ASSINATURA DO RESPONSÁVEL:							

				ANOTAÇÕES DE MARÉS			
CLIENTE: SCPAR				PROJETO Nº 1061/24		FOLHA	
LOCAL: PORTO DE IMBITUBA - SC				DATA: 02/09/2024		2/3	
HORA PAPA	LEITURA (m)	NR (m) FR	MARÉ REAL	HORA PAPA	LEITURA (m)	NR (m) FR	MARÉ REAL
11:00	1.67	1.24	0.43	16:30	1.82	1.24	0.58
11:10	1.70	1.24	0.46	16:40	1.80	1.24	0.56
11:20	1.73	1.24	0.49	16:50	1.80	1.24	0.56
11:30	1.77	1.24	0.53	17:00	1.78	1.24	0.54
11:40	1.80	1.24	0.56	17:10	1.77	1.24	0.53
11:50	1.82	1.24	0.58	17:20	1.75	1.24	0.51
12:00	1.86	1.24	0.62	17:30	1.74	1.24	0.50
12:10	1.88	1.24	0.64	17:40	1.73	1.24	0.49
12:20	1.91	1.24	0.67	17:50	1.71	1.24	0.47
12:30	1.92	1.24	0.68	18:00	1.69	1.24	0.45
12:40	1.94	1.24	0.70	18:10	1.67	1.24	0.43
12:50	1.95	1.24	0.71	18:20	1.66	1.24	0.42
13:00	1.96	1.24	0.72	18:30	1.64	1.24	0.40
13:10	1.96	1.24	0.72	18:40	1.63	1.24	0.39
13:20	1.98	1.24	0.74	18:50	1.61	1.24	0.37
13:30	1.98	1.24	0.74	19:00	1.60	1.24	0.36
13:40	1.99	1.24	0.75	19:10	1.59	1.24	0.35
13:50	2.00	1.24	0.76	19:20	1.57	1.24	0.33
14:00	2.01	1.24	0.77	19:30	1.56	1.24	0.32
14:10	2.01	1.24	0.77	19:40	1.56	1.24	0.32
14:20	2.01	1.24	0.77	19:50	1.56	1.24	0.32
14:30	2.02	1.24	0.78	20:00	1.56	1.24	0.32
14:40	2.01	1.24	0.77	20:10	1.56	1.24	0.32
14:50	2.00	1.24	0.76	20:20	1.56	1.24	0.32
15:00	1.99	1.24	0.75	20:30	1.57	1.24	0.33
15:10	1.97	1.24	0.73	20:40	1.58	1.24	0.34
15:20	1.96	1.24	0.72	20:50	1.59	1.24	0.35
15:30	1.95	1.24	0.71	21:00	1.59	1.24	0.35
15:40	1.92	1.24	0.68	21:10	1.60	1.24	0.36
15:50	1.89	1.24	0.65	21:20	1.62	1.24	0.38
16:00	1.87	1.24	0.63	21:30	1.65	1.24	0.41
16:10	1.86	1.24	0.62	21:40	1.66	1.24	0.42
16:20	1.84	1.24	0.60	21:50	1.68	1.24	0.44
ESTAÇÃO: PORTO DE IMBITUBA							
PONTO DE APOIO: RN 3012X DHN				RÉGUA () TRENA () MARÉGRAFO (X)			
OBSERVAÇÕES:							
ANOTADOR:							
ASSINATURA DO RESPONSÁVEL:							

34

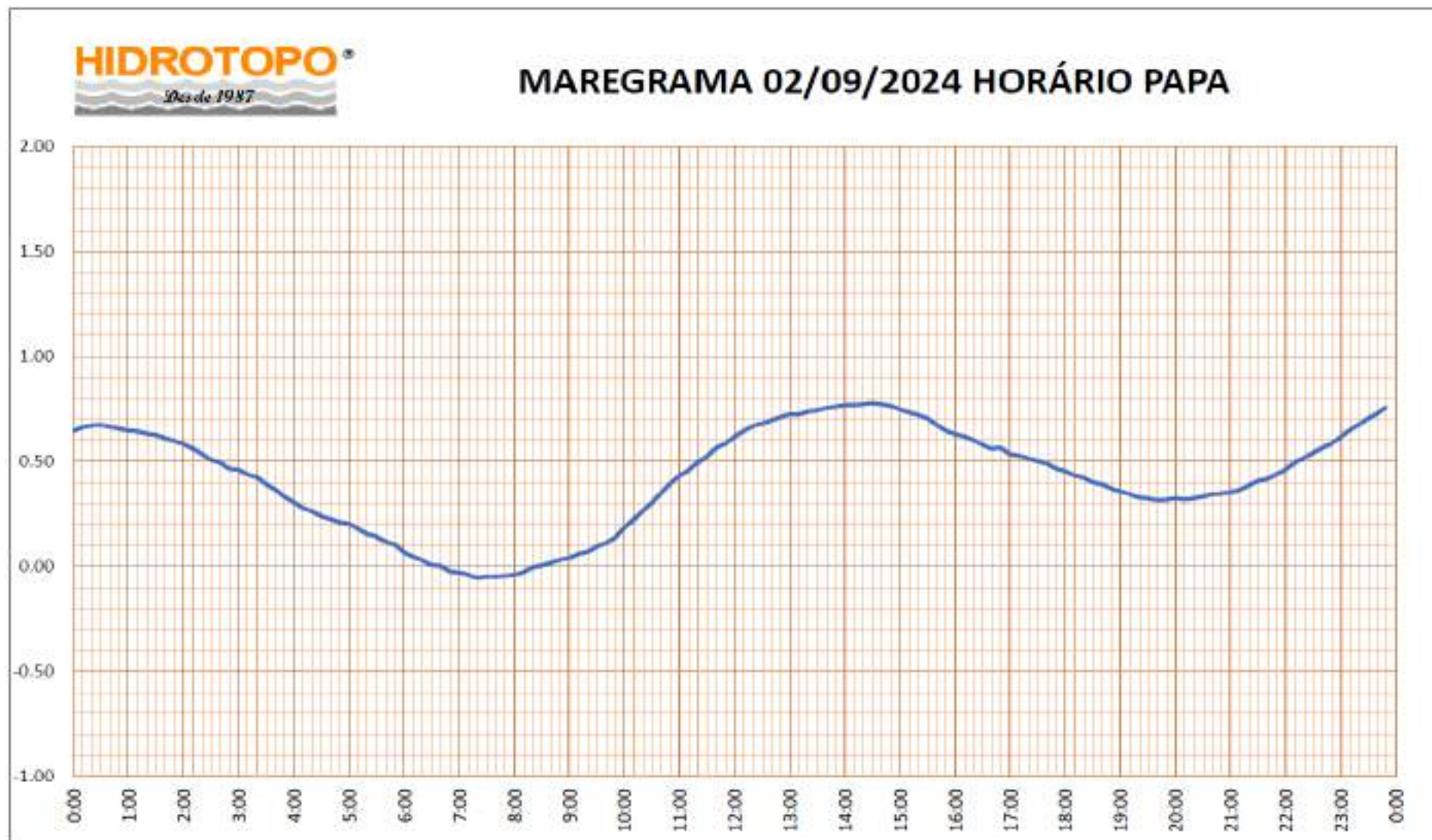


Figura 14 – Gráfico de Maregrafia do dia 02/09/2024

1.1.5. Batimetria

1.1.5.1. Sondagem Multifeixe

O levantamento batimétrico realizado nas proximidades do molhe do Porto de Imbituba foi praticado com sistema multifeixe NORBIT (Figura 15). Esse sistema é capaz de adquirir dados de profundidades em uma espécie de “varredura” do fundo, realizando a cobertura total da área estudada. O ecobatímetro multifeixe efetua várias medidas de profundidade com um mesmo ping, que é emitido por múltiplos feixes, que são arranjados angularmente de maneira a mapear áreas contíguas na direção perpendicular à navegação, propiciando levantar faixas extensas (variando com a profundidade) do fundo.

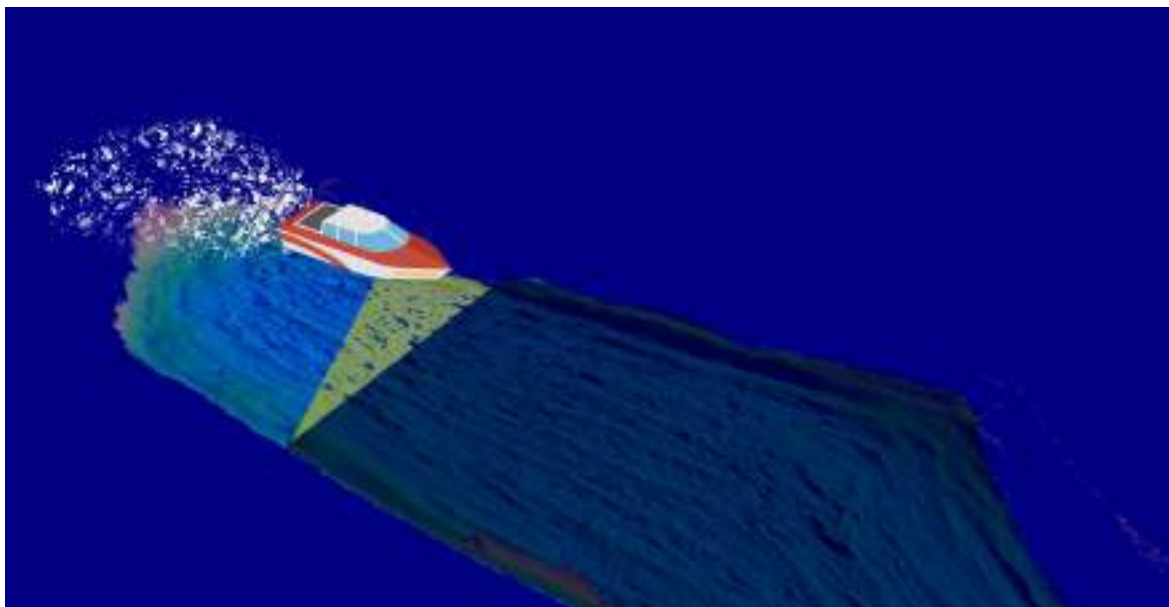


Figura 15 – Imagem Ilustrativa da batimetria multifeixe.

A sondagem foi realizada com o sistema multifeixe NORBIT modelo iWBMS, no fuso horário ZULU (Greenwich). Os equipamentos foram montados na embarcação utilizando os seguintes sensores:

- Ecobatímetro Multifeixe NORBIT iWBMS
- Giros/GPS Hemisphere Vector VS330
- Sensor de Movimento SBG Ekinox 2-A
- Sensor de Velocidade do som SVP AML – X2 CHANGER
- Perfilador de velocidade do som AML-3 LGR

O ecobatímetro NORBIT operou com recobrimento lateral de 200%, sendo que o feixe central passa a uma distância de $\frac{1}{2}$ da largura total da varredura dos feixes externos adjacentes (Figura 16).



Figura 16 – Recobrimento lateral do ecobatímetro.

1.1.5.1.1. Projeto de Linhas de Sondagem

As linhas de sondagens foram definidas por um projeto desenvolvido pela Hidrotopo no software HYPACK, apoiado nas especificações técnicas encaminhadas, permitindo que a embarcação navegasse em seções previamente estabelecidas visando o recobrimento total da área de interesse. As linhas regulares estavam espaçadas de 10 em 10 metros longitudinais ao canal de navegação e linhas de controle transversais de 150 metros (Figura 17).



Figura 17 – Localização das linhas de sondagem do sistema multifeixe.

1.1.5.1.2. Equipamentos Utilizados

▪ TRANSDUTOR MULTIBEAM NORBIT iWBMS

O transdutor NORBIT iWBMS (Figura 18) foi projetado para trabalhar em profundidades até 275m. O ângulo de varrimento deste sistema é de até 210°, dispondo de 512 feixes por cada emissão acústica. A frequência de operação deste sonar foi de 400 kHz.

Pelo fato de o sistema trabalhar com faixas de varredura, nas sondagens com emprego do sistema multifeixe não é gerado ecograma.

Esse equipamento foi utilizado acoplado a um microcomputador. Os dados de profundidades registrados pelo transdutor são transmitidos para o processador (CPU). As informações recebidas pela CPU são transferidas para o computador através de "interface" Network (cabo de rede), acoplado ao software HYPACK, que tem capacidade para integrar os sistemas de aquisição de dados batimétricos, de posicionamento e efetuar a navegação em tempo real. Os arquivos gerados do levantamento são gravados em meio digital.



Figura 18 – Componentes básicos do Norbit iWBMS – Transdutor e CPU.

As principais características do Norbit iWBMS são mostradas na tabela abaixo:

Características do Ecobatímetro Multifeixe NORBIT iWBMS	
CARACTERÍSTICA	VALORES
Frequência acústica de Operação	200 a 700kHz
Número de Feixes	256 a 512
Setor de Cobertura Horizontal	5° a 210°
Faixa de Profundidade	0.1m a 275m

▪ SISTEMA DE POSICIONAMENTO E DE COMPENSAÇÃO DE MOVIMENTOS

Com a incidência das ondas, uma embarcação sofre movimentos translacionais e rotacionais. A embarcação desloca-se sobre uma superfície móvel, sendo necessário medir e calcular seu movimento.

O comportamento dinâmico da embarcação é verificado pelos movimentos de translação, longitudinais no eixo X (surge), transversais no eixo Y (sway) e no eixo Z (heave). Já os movimentos de rotação na direção dos eixos x, y, e z são respectivamente balanço (roll), caturro (pitch) e cabeceio ou guinada (yaw) (Figura 19).

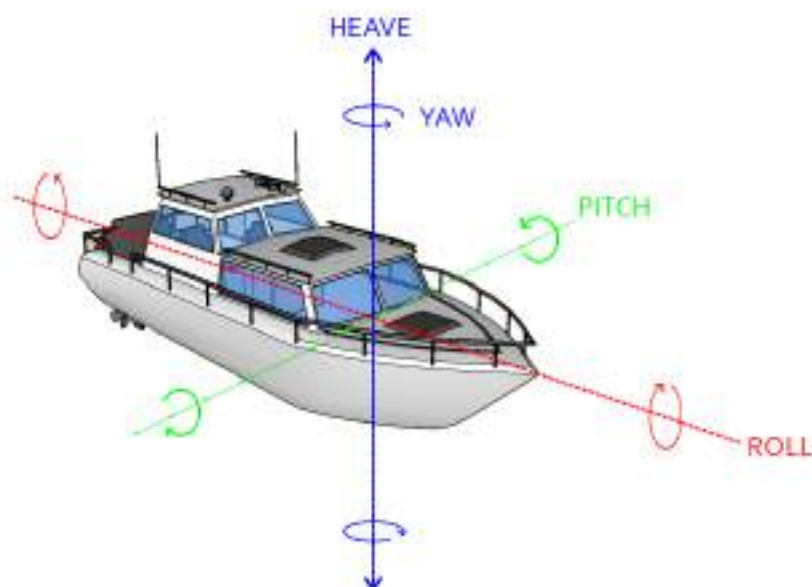


Figura 19 – Movimentos da embarcação.

Os movimentos de rotação descrevem a atitude da embarcação e podem ser obtidos através do sensor de movimento. O efeito heave é o efeito que predomina no caso de deslocamentos verticais da embarcação.

O SBG Ekinox2-A (Figura 20) combina dados GNSS com dados de taxa angular e aceleração de um IMU e encaminhamento do Sistema de Medição de Azimute GNSS (GAMS) para produzir uma solução de posição e orientação completa.

O SBG Ekinox2-A foi utilizado com o propósito de prover precisão ao ecobatímetro NORBIT iWBMS, utilizado neste levantamento, fornecendo informações de altitude da embarcação, balanço (roll), caturro (pitch) e afundamento (heave).

Esse equipamento foi projetado para uso com o sistema multifeixe, permitindo atender aos padrões da OHI (Organização Hidrográfica Internacional). O software de operação dos dados do SBG Ekinox2-A é interno, permitindo que operador acesse o menu do equipamento digitando o endereço de IP em um navegador (Chrome, por exemplo).

O software utilizado para conversão dos dados foi o SBGCenter.



Figura 20 – Ekinox2-A

As principais características, do sensor SBG Ekinox 2-A, são mostradas na tabela abaixo:

Características do sensor de movimento SBG Ekinox 2-A			
CARACTERÍSTICA	VALORES		
Acurácia Dinâmica	Delay de Heave	Heave	Pitch e Roll
	2cm or 2%	5cm ou 5%	0.03°
Heading	0.05° with 4 m baseline		
	0.1° with 2 m baseline		

▪ SENSOR DE VELOCIDADE DO SOM DA CABEÇA DO TRANSDUTOR AML SV XCHANGE

Para o cálculo da refração sofrida pelos feixes em sua propagação na coluna d'água, o sistema multifeixe dispõem de um sensor de velocidade do som AML SV XCHANGE (Figura 21) instalado próximo ao seu transdutor NORBIT,

para medição da velocidade do som continuamente, nas diferentes profundidades, permitindo que o sistema execute o correto direcionamento dos feixes quando estes forem transmitidos pelos transdutores.



Figura 21 – AML SV XCHANGE

As principais características do sensor AML SV XCHANGE são mostradas na tabela abaixo:

CARACTERÍSTICAS DO PERFILADOR DE SOM SVP AML SV XCHANGE.

CARACTERÍSTICA	VALORES
Faixa de Velocidade do Som	1375 a 1625 m/s
Precisão	0.006 m/s
Acurácia	±0.025 m/s
Profundidade de submersão	6000 m

▪ **PERFILADOR DE VELOCIDADE DO SOM DA COLUNA D'ÁGUA
AML-3 LGR**

A onda acústica ao se propagar na coluna d'água sofre uma refração devido às mudanças de temperatura e salinidade. A velocidade da onda pode variar de acordo com o tempo e a profundidade. Para corrigir os possíveis erros no cálculo da profundidade devido às variações acima citadas foi utilizado um perfilador de velocidade do som AML -3 LGR (Figura 22). Perfis de velocidade foram adquiridos durante o levantamento toda vez que era observada a perda na qualidade dos dados por problemas de refração dos feixes externos.



Figura 22 – AML-3 LGR

As principais características do sensor AML-3 LGR, são mostradas na tabela abaixo:

Características do Sensor de Velocidade do Som AML-3 LGR	
CARACTERÍSTICA	VALORES
Faixa de Velocidade do Som	1375 a 1625m/s
Faixa de Temperatura	-20°C a 45°C
Resolução do sensor	+/- 0.006 m/s
Acurácia do Sensor	+/- 0.025 m/s

▪ COMPUTADOR

Para a aquisição de dados foi necessário à utilização de um computador (Figura 23), conectado ao software de operação.



Figura 23 – Notebook utilizado no levantamento.

1.1.5.1.3. Procedimentos

1.1.5.1.3.1. Montagem da Embarcação

A embarcação utilizada nesses levantamentos foi o barco Comte Humberto, autorizada para o tipo de operação que foi realizada, conforme as condições de segurança exigidas nesse serviço (Figura 24).

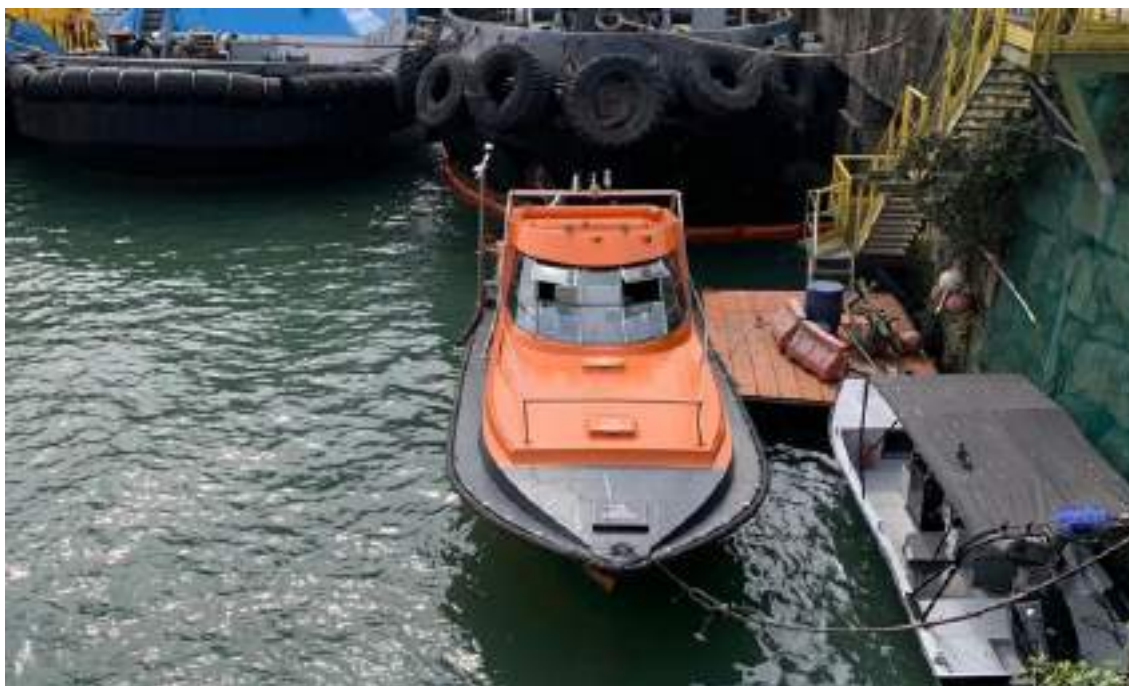


Figura 24 – Barco utilizado no levantamento.

1.1.5.1.3.2. Offsets dos Equipamentos na Embarcação

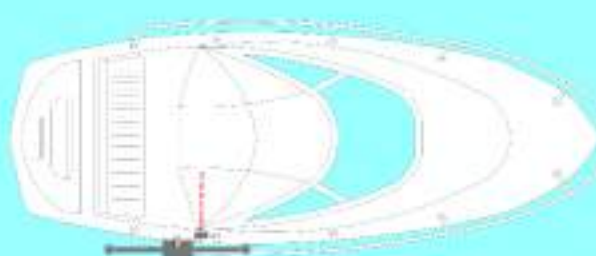
No dia 30/08/2024 foram medidas as distâncias (offsets) entre os equipamentos, estabelecendo um ponto de referência, de forma precisa a fim de minimizar possíveis erros no levantamento batimétrico.

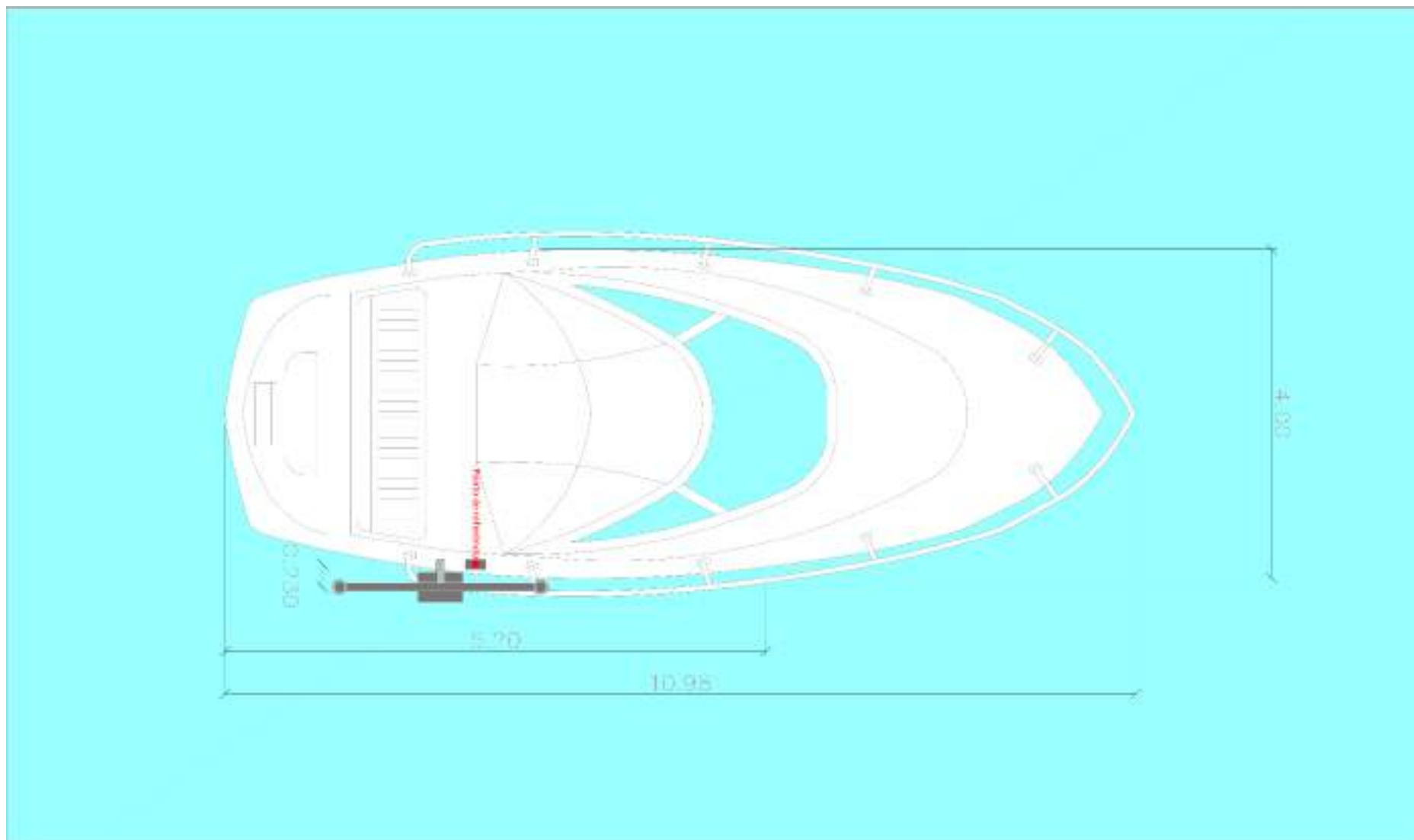
A distância entre a lâmina d'água e o ponto de referência, denominado waterline, foi realizada todos os dias antes e após a sondagem.

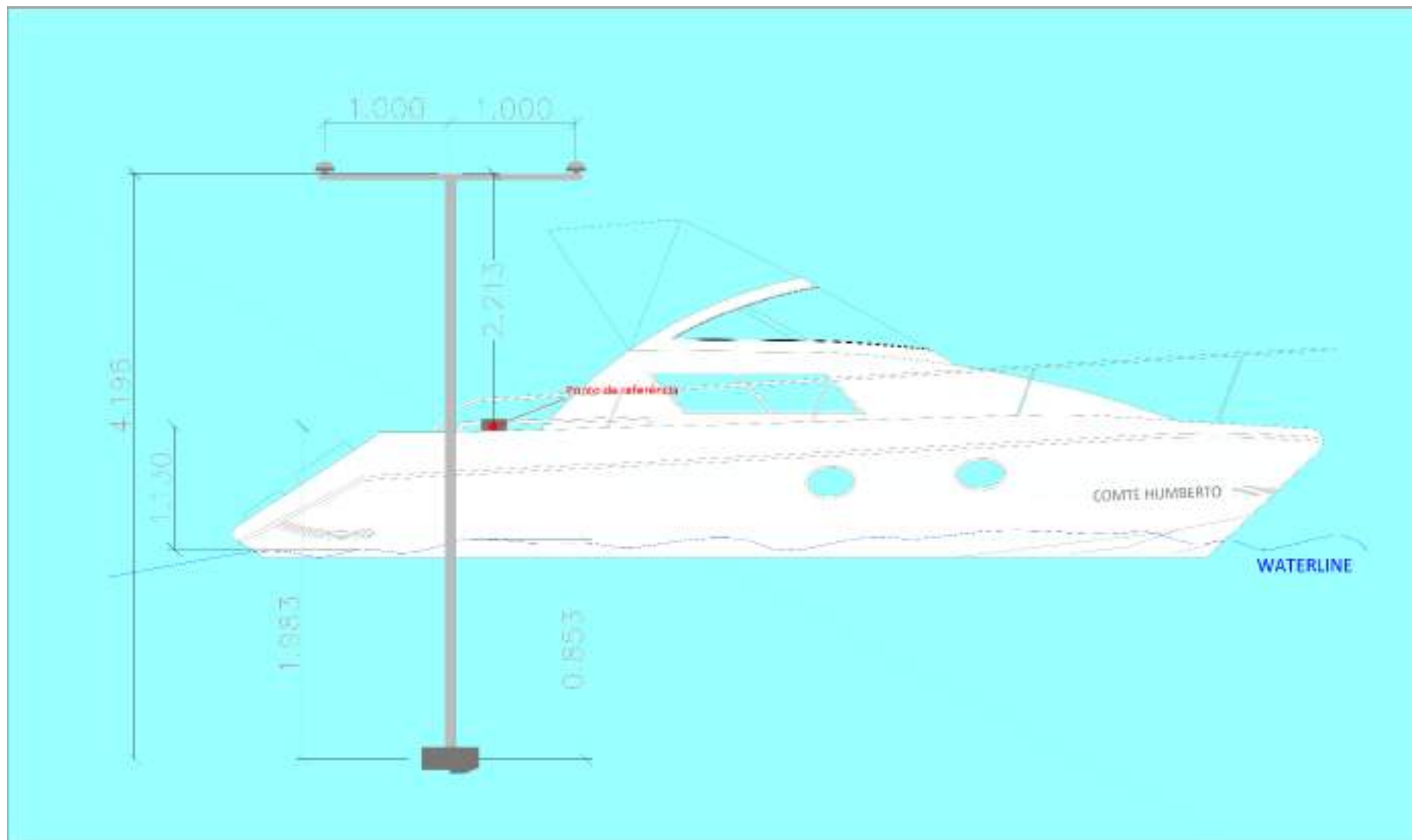
A tabela e a Figura abaixo demonstram os offsets e o croqui da montagem dos equipamentos na embarcação, respectivamente.

Waterline	
30/08/2024	1.130

OFFSETS 30-08-2024 – SISTEMA MULTIFEIXE

Cliente: Porto de Imbituba		Localização: IMBITUBA / SC		Projeto: 1060-24		Data: 30/08/2024		Embarcação: COMTE HUMBERTO		
OFFSETS DOS EQUIPAMENTOS										
IDENTIFICAÇÃO		DESCRIÇÃO		X		Y		Z		
1		IMU SBG EKINOX		0.000		0.000		0.000		
2		WBMS NORBIT		0.230		0.345		1.983		
3		ANT. PRIMÁRIA		0.230		-0.655		-2.213		
4		ANT. SECUNDÁRIA		0.230		1.345		-2.213		
5		SVP AML		0.230		0.345		1.983		
PATCH TEST										
Latência 0.00s (PPS)			Pitch -5.800°			Roll 7.380°			Yaw 6.500°	
CROQUI DA EMBARCAÇÃO										
										
Observações: Waterline -1.130m										





1.1.5.1.3.3. Configuração do Sistema Multifeixe

Nesse levantamento, foi utilizado o ecobatímetro multifeixe modelo NORBIT, operando com abertura angular do feixe de 120°, frequência de 400 kHz e 512 feixes. Os dados coletados do transdutor em conjunto com sistema multifeixe, permite atender aos padrões da OHI (Organização Hidrográfica Internacional). Os dados foram adquiridos pelo software NORBIT WBMS QUI, transferidos através de cabeamento do tipo RJ45 (cabo de rede) no software de aquisição Hypack. O LH foi realizado com recobrimento de 200% das áreas investigadas.

1.1.5.1.3.4. Execução do Serviço

Antecede o início do trabalho a realização do patch test, que tem como propósito a verificação dos valores de correção de pitch, roll e yaw. As informações adquiridas são processadas e, com isso, é estabelecido os valores de precisão exigida para o levantamento (Figura 25).

Ao longo do serviço foram coletados os perfis de velocidade do som na coluna d'água, em intervalos periódicos e quando são observadas mudanças na variação de velocidade do som.

A coleta dos dados batimétricos foi realizada utilizando um sistema de bordo computadorizado, conforme a navegação era direcionada para as linhas de projeto, assim, recobrindo toda área solicitada.

Na aquisição dos dados foram realizadas análises de controle de qualidade das informações coletados, descartando quaisquer dados duvidosos.



Figura 25 – Fluxograma da execução do serviço.

1.1.5.1.3.5. Aferições e Calibrações

1.1.5.1.3.5.1. Perfilagem da Velocidade do Som na Água

Para a determinação precisa das velocidades do som na coluna de água e calibração do NORBIT, foi utilizado o perfilador AML - 3 LGR (Figura 22). Esse procedimento é mais rápido e mais seguro que a placa de aferição tradicional.

O equipamento é constituído por um perfilador que, quando submergido, detecta a velocidade do som nos diferentes estratos da coluna d'água (Figuras 26 e 27). Os valores são disponibilizados na unidade m/s.

Utiliza-se o princípio “sing-around” de medida de velocidade, que compensa automaticamente todas as influências, inclusive pressão, temperatura e salinidade da água. Sendo assim, considera-se o equipamento com alto grau de acurácia independente do estado do mar ou da velocidade da corrente.



Figura 26 – Imagem Ilustrativa do procedimento de lançamento da velocidade do som.

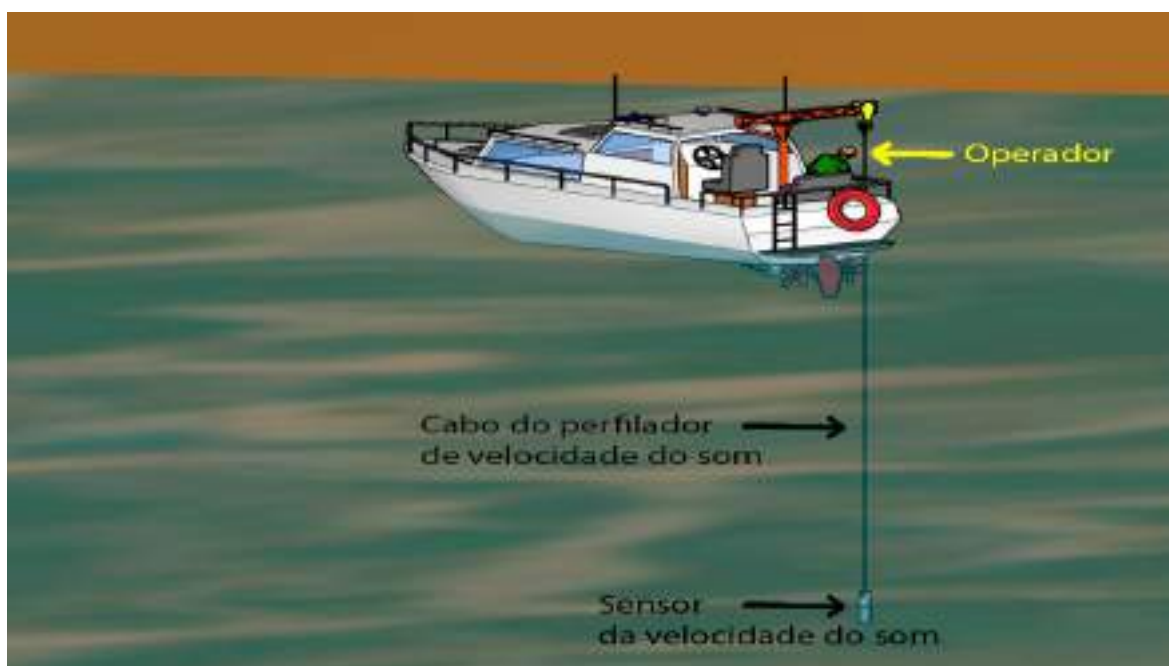
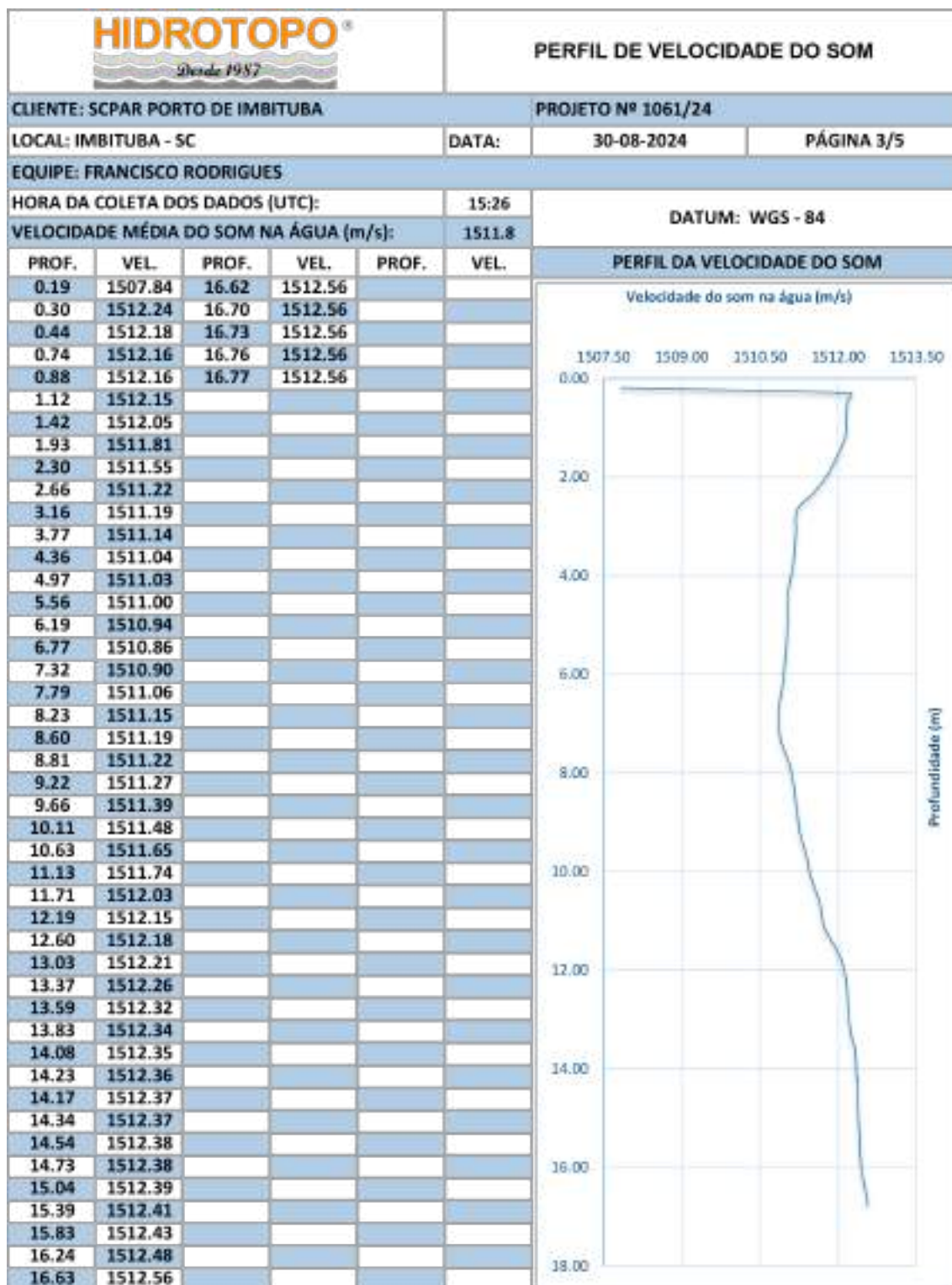


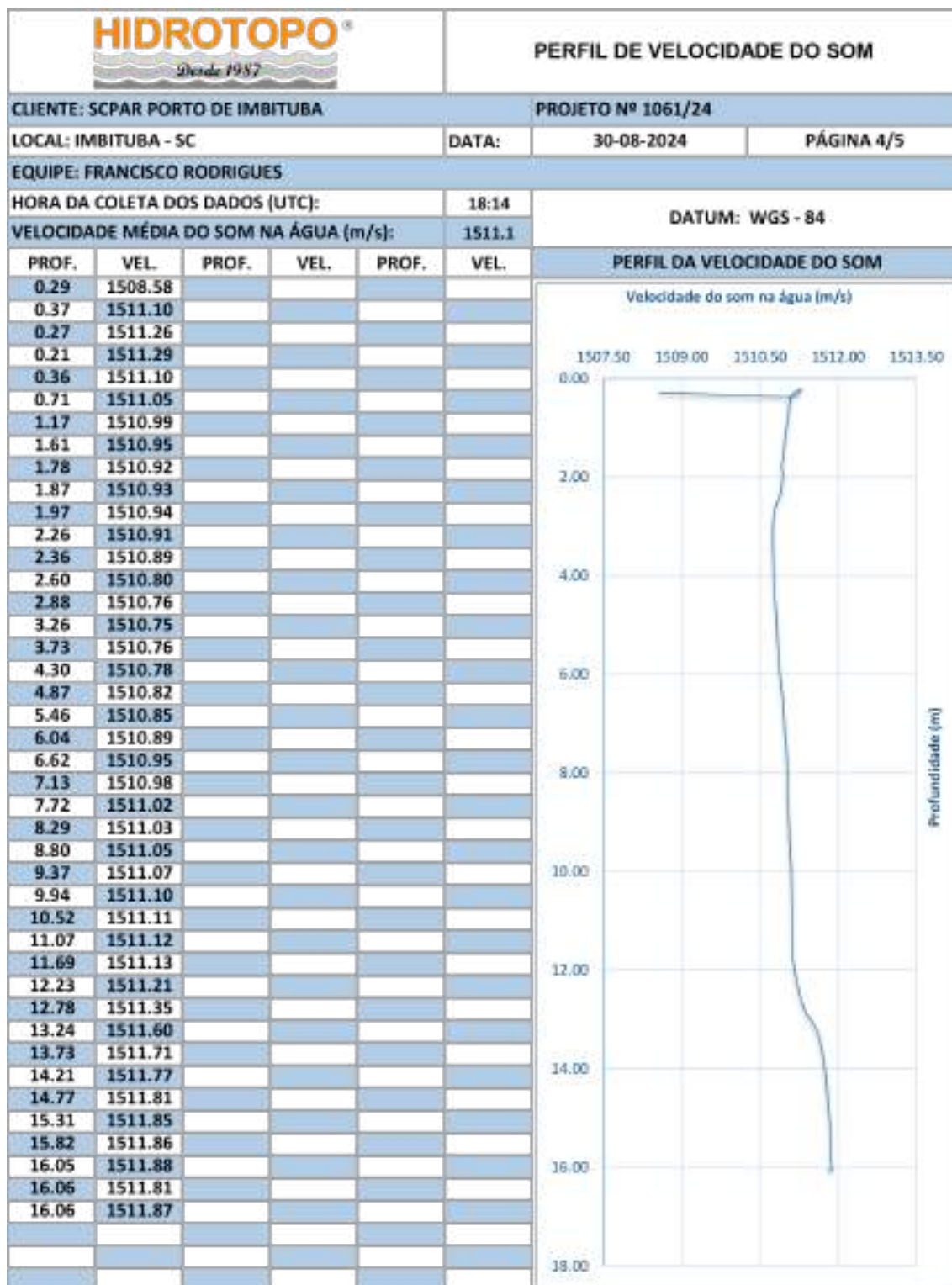
Figura 27 – Imagem Ilustrativa do procedimento de lançamento da velocidade do som.

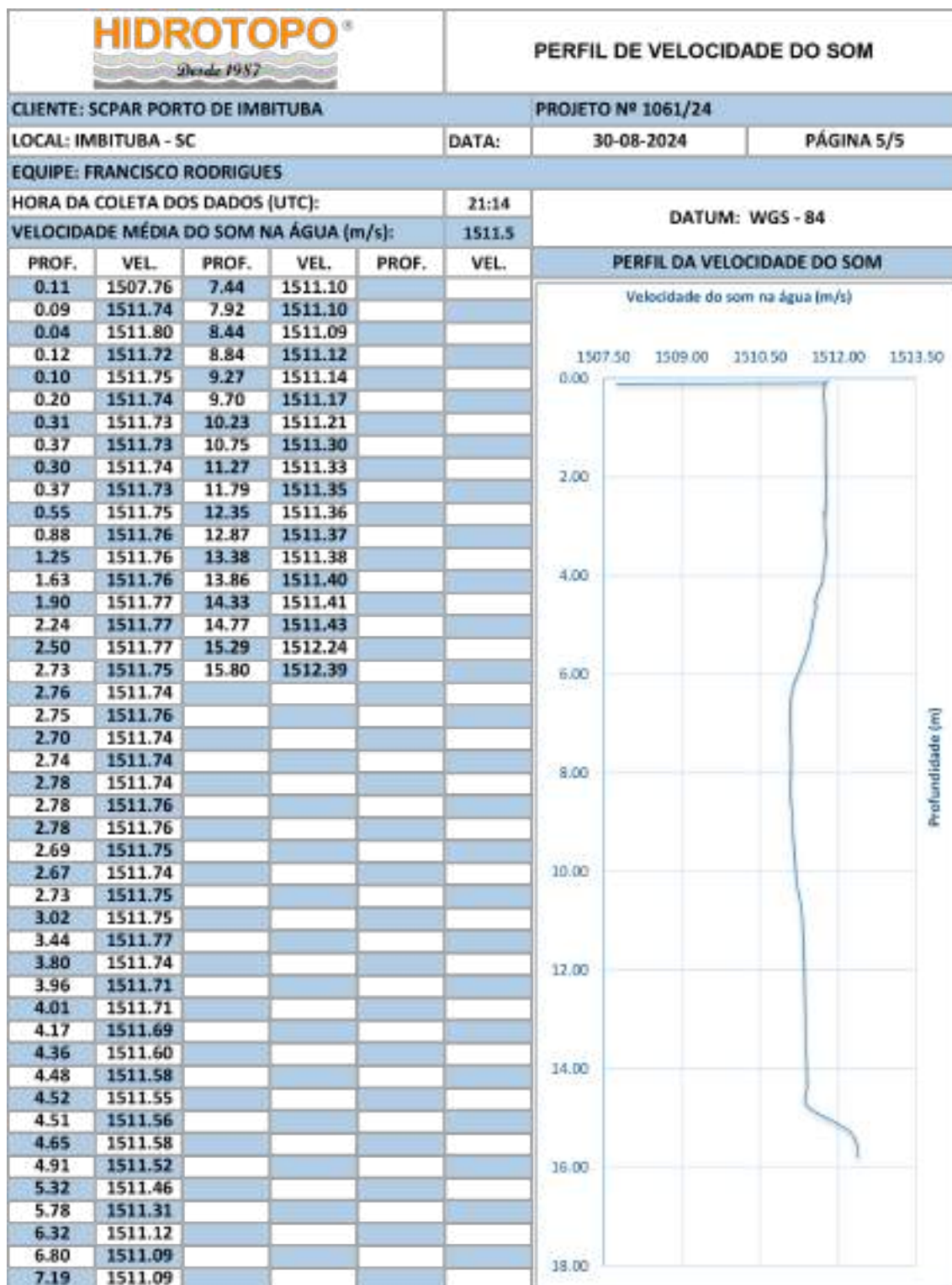
Os valores de velocidade do som na água para as diferentes profundidades coletados pelo AML - 3 LGR (em anexo) foram armazenados em meio digital. Na fase de processamento, o arquivo contendo os valores da velocidade do som para cada profundidade é introduzido no software CARIS HIPS 11.4. Segue abaixo os perfis de velocidade do som coletados.

50

51



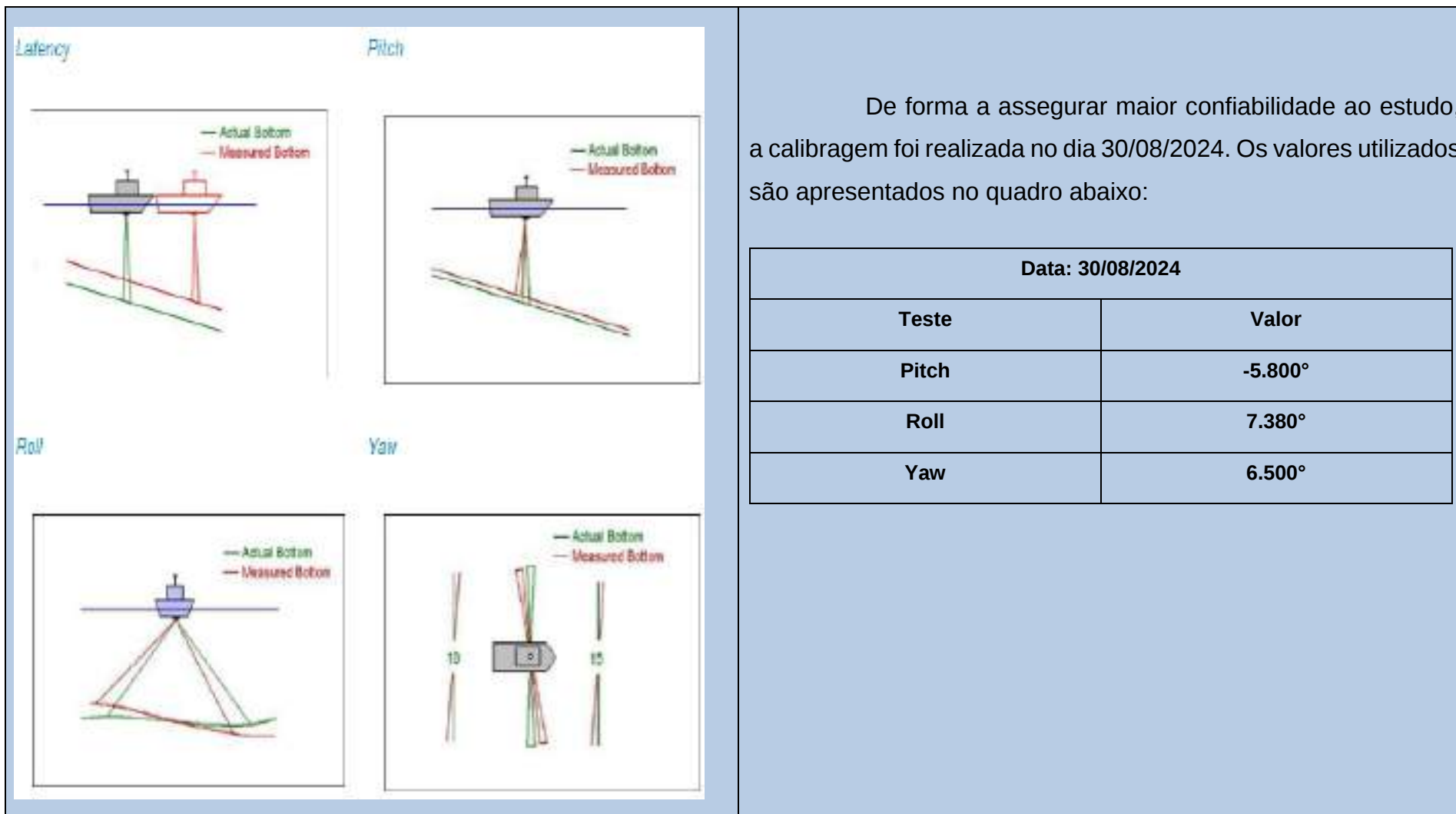




1.1.5.1.3.5.2. PatchTest

A Calibração (Patch Test), que é um procedimento para verificação dos valores corretores para balanço (roll), caturro (pitch) e proa (yaw), nesses levantamentos apresentaram resultados dentro dos parâmetros normais.

- **Latência ou atraso de posicionamento**→ é a diferença em tempo entre o posicionamento e a determinação da profundidade. Para a determinação da latência são efetuadas duas linhas sobrepostas, no mesmo sentido e velocidades diferentes, num fundo inclinado. Nesse LH, foi utilizado o PPS (*Pulse per Second*), que fez o sincronismo do GPS com o MULTIFEIXE.
- **Desvio em pitch ou caturro**→ Para se determinar o desvio em *pitch* são efetuadas duas linhas sobrepostas, em sentidos opostos e à mesma velocidade, num fundo inclinado.
- **Desvio em roll ou balanço**→ Para se determinar o desvio em *roll* são efetuadas duas linhas sobrepostas, em sentidos opostos e à mesma velocidade, num fundo plano e regular.
- **Desvio em yaw ou proa**→ O procedimento para determinar o desvio em proa consiste em realizar um par de linhas adjacentes e recíprocas, à mesma velocidade, numa área com uma estrutura batimétrica bem definida, por exemplo, um baio.



CALIBRAÇÃO DO SISTEMA MULTIFEIXE NORBIT - PATCH TEST – 30/08/2024**TESTE DE LATÊNCIA**

Latência ou atraso de posicionamento → é a diferença em tempo entre o posicionamento e a determinação da profundidade. Para a determinação da latência são efetuadas duas linhas sobrepostas, no mesmo sentido e velocidades diferentes, num fundo inclinado. Nesse LH, foi utilizado o PPS (Pulse per Second), que fez o sincronismo do GPS com o Multifeixe.

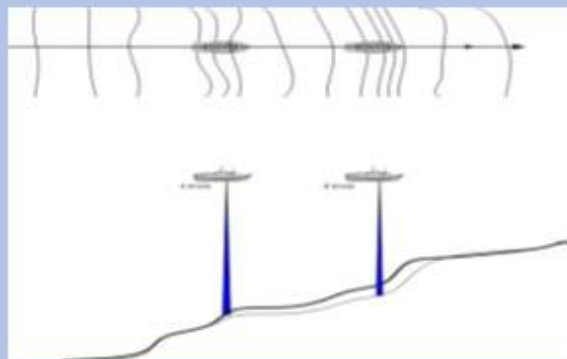


Imagem ilustrativa - R2 SONIC Multibeam Calibration: The Patch Test.

VALOR = 0.00 s

OBSERVAÇÃO:

Foi utilizado o PPS (Pulse per Second) que fez o sincronismo do GPS com o multifeixe. O PPS corrige a diferença de tempo entre as informações enviadas pelos diferentes equipamentos que compõem o sistema multifeixe, visando assim, aumentar a acurácia da informação gerada.

TESTE DE PITCH

Desvio em pitch ou caturro → Para se determinar o desvio em pitch são efetuadas duas linhas sobrepostas, em sentidos opostos e à mesma velocidade, num fundo inclinado.

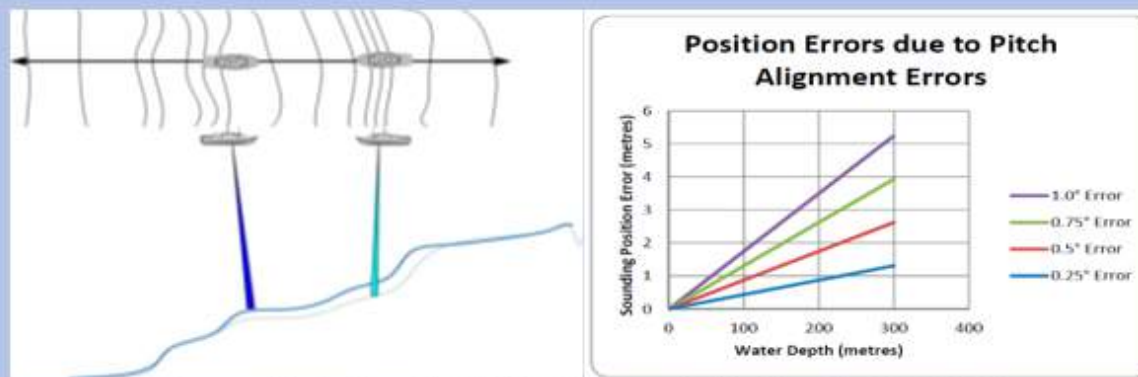
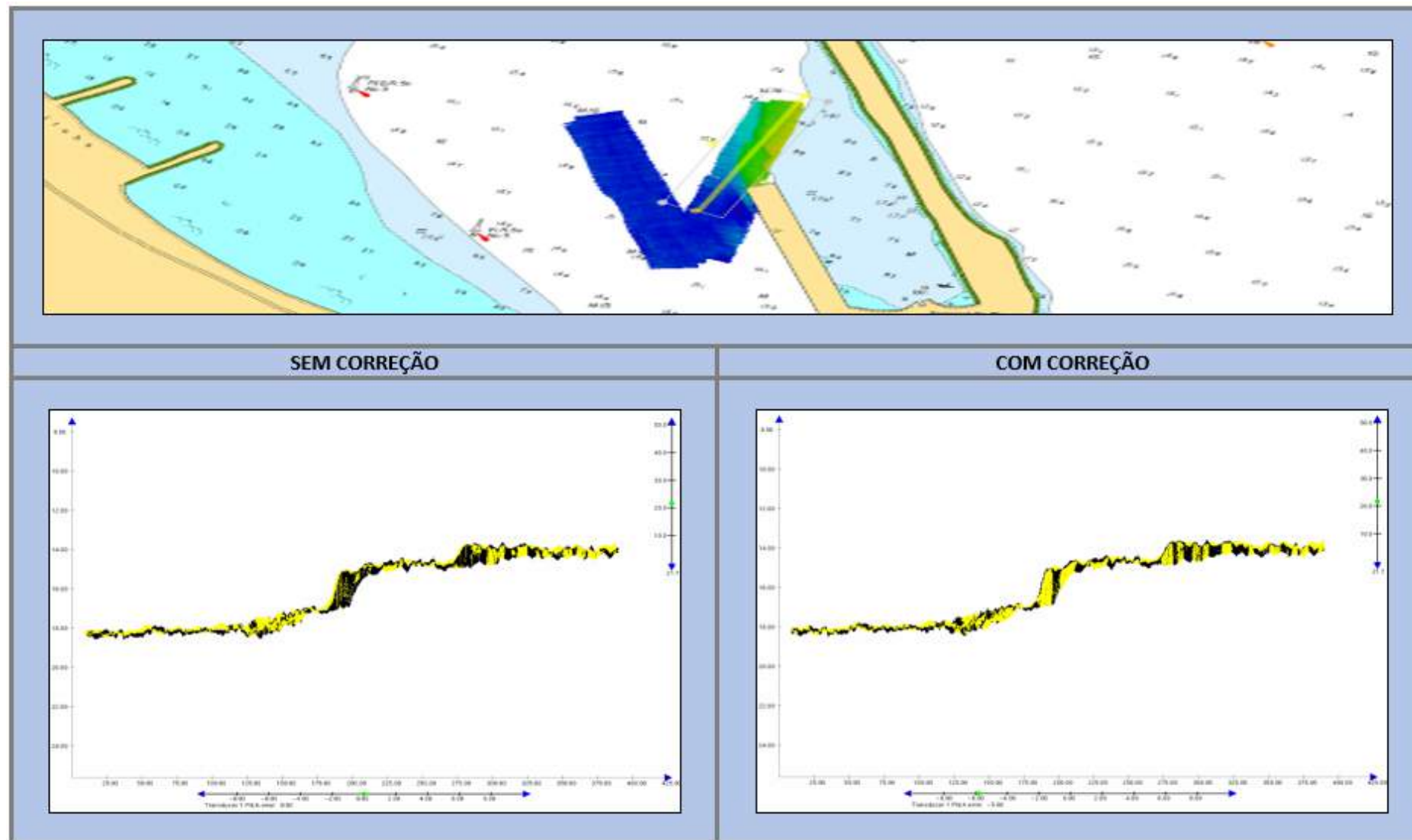


Imagem ilustrativa - R2 SONIC Multibeam Calibration: The Patch Test.

Seq.	Hora UTC	Linha	Rumo	Vel. (nós)	Resultado
1	14:15	0000_1415	196	5.0	-5.800°
2	14:20	0000_1420	17	5.0	



TESTE DE ROLL

Desvio em roll ou balanço → Para se determinar o desvio em roll são efetuadas duas linhas sobrepostas, em sentidos opostos e à mesma velocidade, num fundo plano e regular.

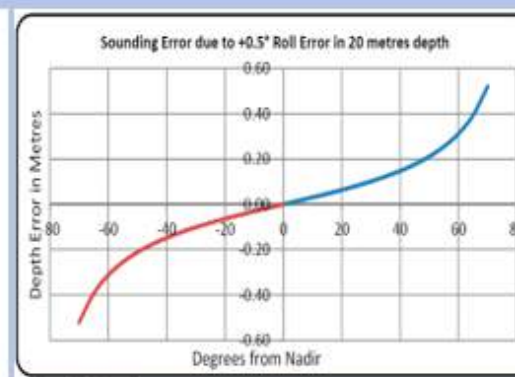
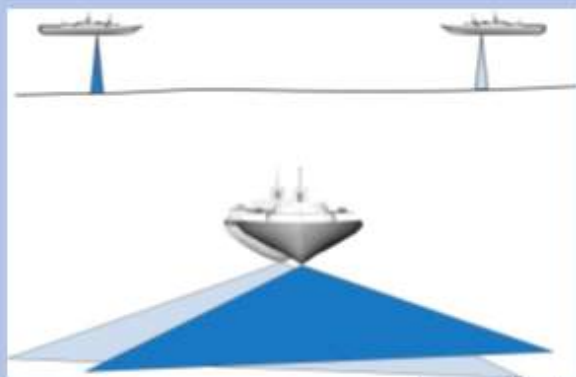
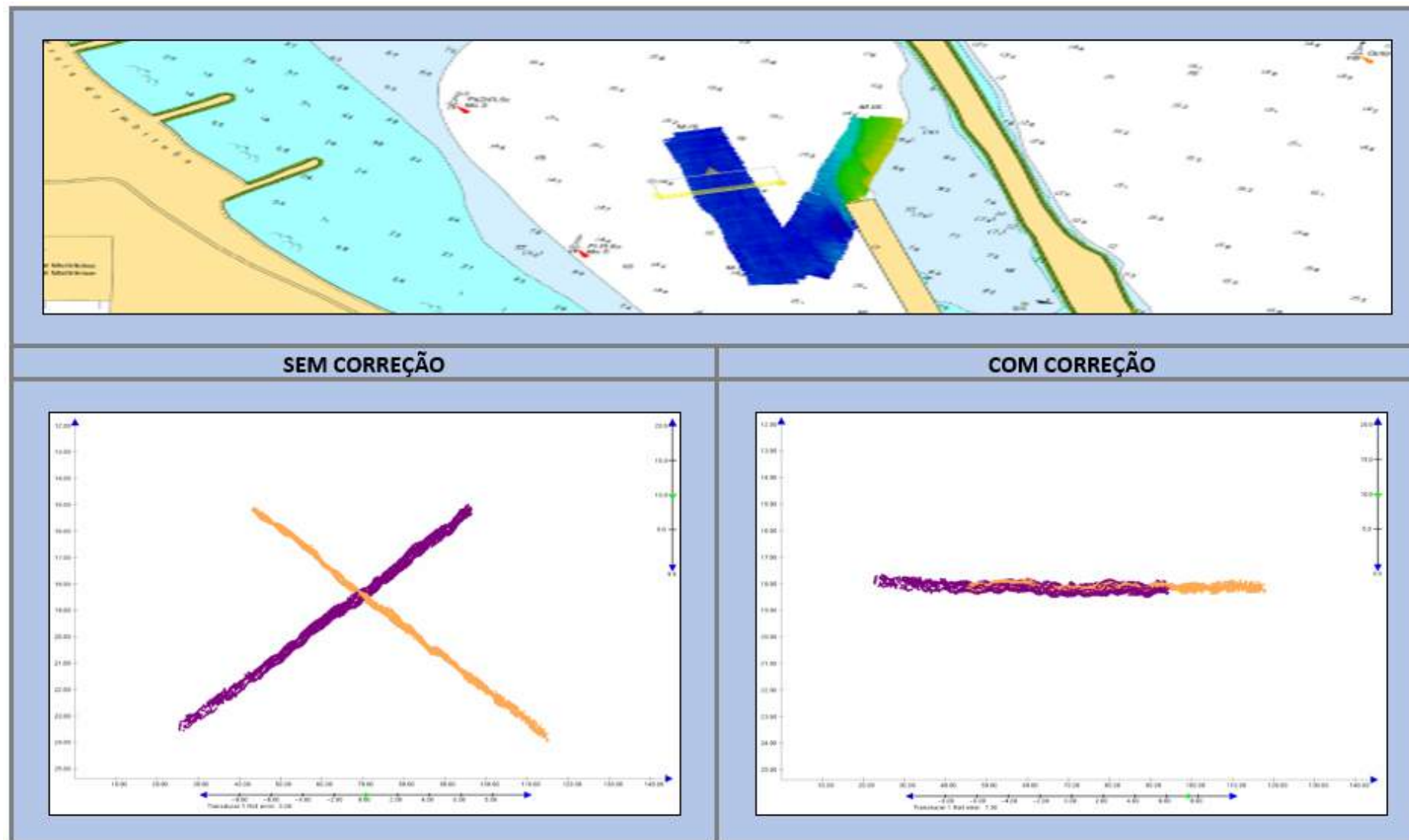


Imagem ilustrativa - R2 SONIC Multibeam Calibration: The Patch Test.

Seq.	Hora UTC	Linha	Rumo	Vel. (nós)	Resultado
1	13:57	0000_1357	162	5.0	7.380°
2	14:01	0000_1401	342	5.0	



TESTE DE YAW

Desvio em yaw ou proa → O procedimento para determinar o desvio em proa consiste em realizar um par de linhas adjacentes e recíprocas, à mesma velocidade, numa área com uma estrutura batimétrica bem definida, por exemplo, um baixio.

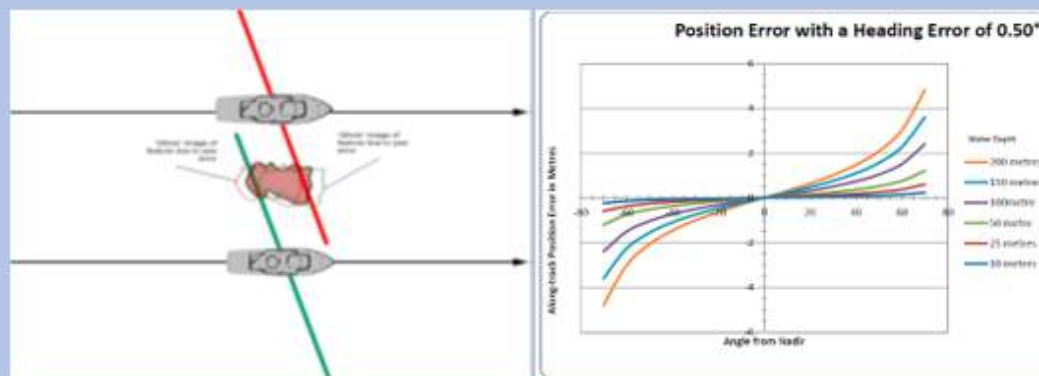
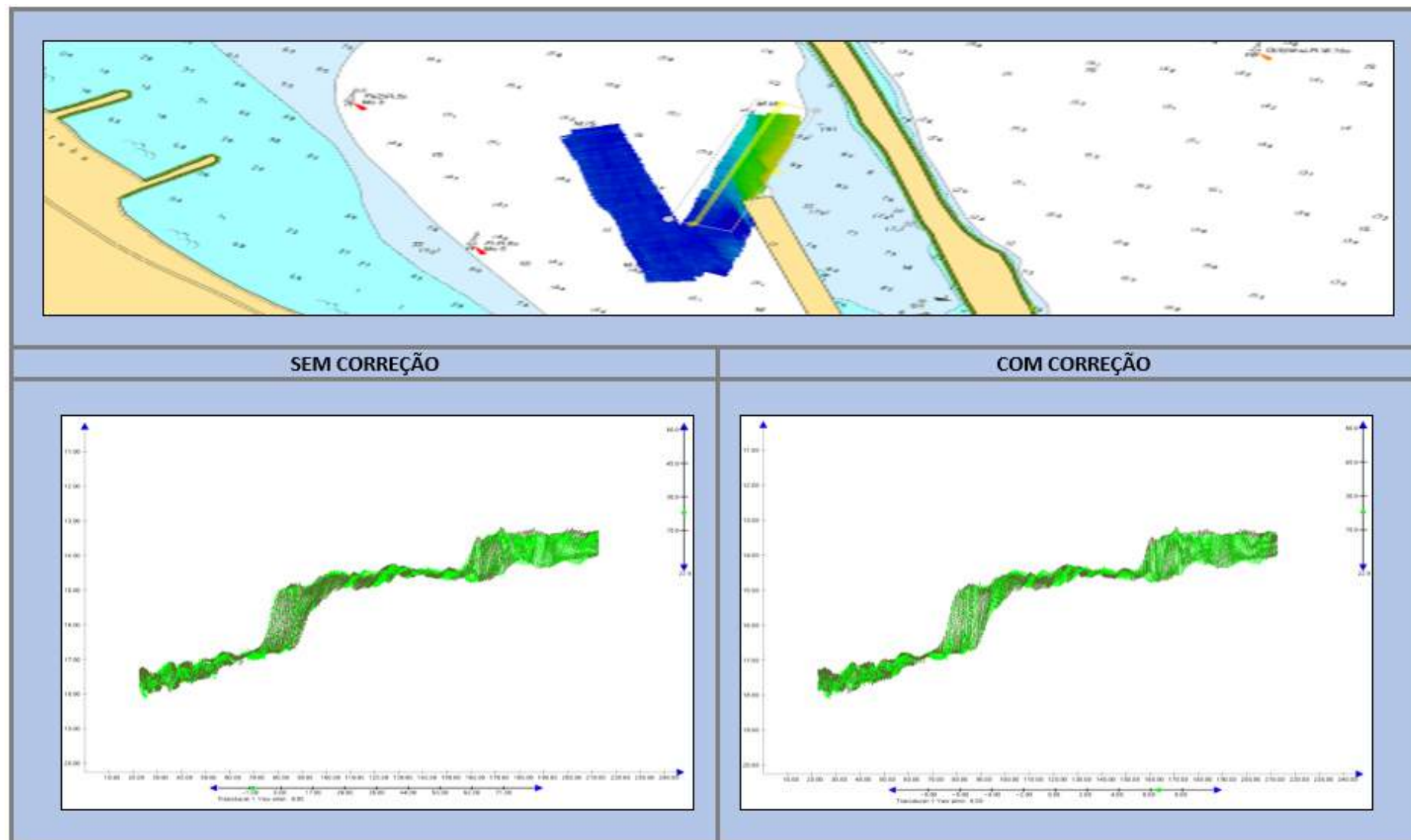


Imagem ilustrativa - R2 SONIC Multibeam Calibration: The Patch Test.

Seq.	Hora UTC	Linha	Rumo	Vel. (nós)	Resultado
1	14:07	0000_1407	196	5.0	6.500°
3	14:15	0000_1415	196	5.0	



1.1.5.1.4. Processamento dos dados

O processamento dos dados batimétricos adquiridos em campo foi realizado utilizando o software CARIS HIPS and SIPS 11.4, o qual possibilita uma análise criteriosa dos dados. Por meio da ferramenta Subset Editor são retirados os dados espúrios. Na fase de pós processamento é avaliado a qualidade do levantamento utilizando a ferramenta QC Report e logo após é gerado o arquivo xyz. O programa segue a cronologia informada abaixo:

- ✓ Criação da embarcação;
- ✓ Importação dos dados brutos “HSX” para o formato Hips;
- ✓ Importação dos dados de TrueHeave (POSMV);
- ✓ Inserção do perfil de velocidade do som;
- ✓ Inserção da maré reduzida;
- ✓ Atualização de todas as informações;
- ✓ Computação dos dados de incertezas dos equipamentos (TPU);
- ✓ Criação da superfície;
- ✓ Retirada dos dados espúrios;
- ✓ Análise da qualidade dos dados.

1.1.5.1.4.1. Retirada de Dados Espúrios

Utilizando a ferramenta **Subset Editor**, os registros foram, então, analisados e os dados considerados espúrios ou spykes foram retirados do registro (Figuras 28 e 29).



Figura 28 – Exemplo de dados espúrios no software Caris Hips And Sips 11.4

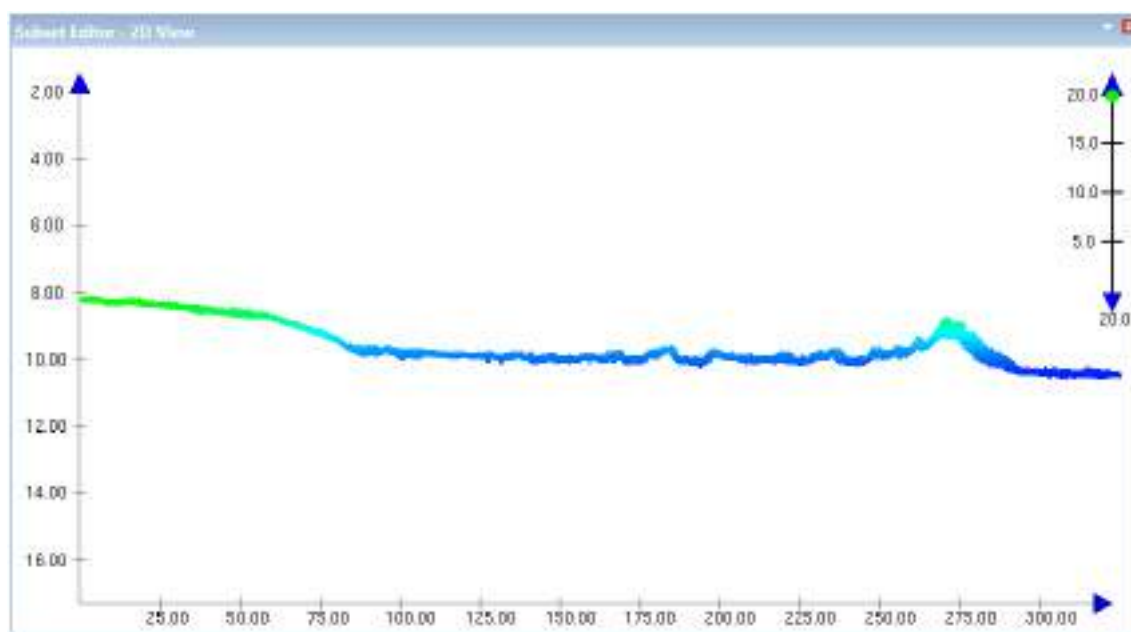


Figura 29 – Exemplo de dados processados no software Caris Hips And Sips 11.4

1.1.5.1.4.2. Análise de Incerteza do Levantamento

Os valores Total de Incerteza Propagada (TPU) foram inseridos na embarcação no Caris, ou seja, a acurácia de cada sensor utilizado no levantamento foi informada para análise dos erros encontrados. Após a retirada dos dados espúrios foi analisado a confiabilidade do levantamento, conforme a incerteza vertical e horizontal utilizando a ferramenta **TPU Analysis**.

1.1.5.1.4.3. Incertezas Vertical e Horizontal

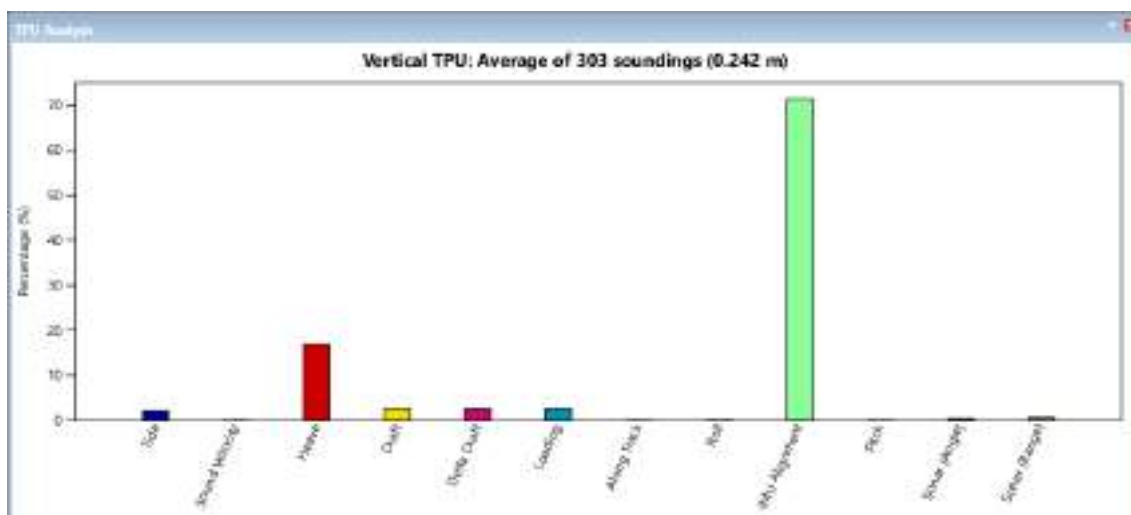
Para determinação das incertezas vertical e horizontal, todas as linhas do levantamento foram analisadas e o programa calculou o erro proporcional em várias fontes que compõem o TPU.

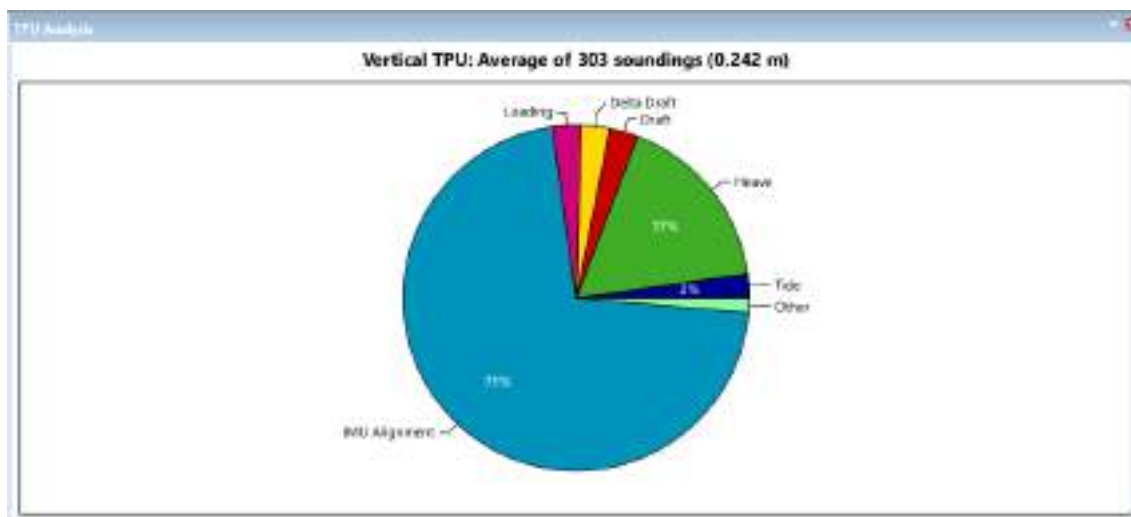
Dp TPU (m)	Hz TPU (m)	IHO S-44
0.22	0.56	Special Order
0.22	0.56	Special Order
0.23	0.56	Special Order
0.23	0.56	Special Order
0.23	0.56	Special Order
0.23	0.56	Special Order
0.23	0.56	Special Order
0.23	0.56	Special Order
0.23	0.56	Special Order
0.23	0.56	Special Order
0.23	0.56	Special Order
0.23	0.56	Special Order
0.24	0.56	Special Order
0.24	0.56	Special Order
0.24	0.57	Special Order

1.1.5.1.4.3.1. Incertezas Vertical

A incerteza vertical encontrada para esse levantamento foi em média 0,18m.

➤ Gráficos de Incerteza Vertical

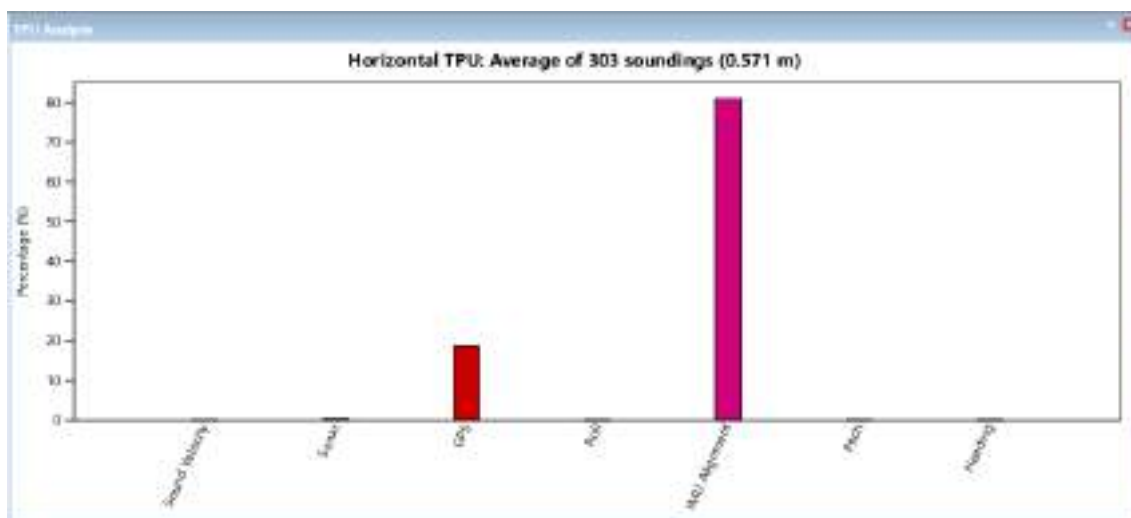


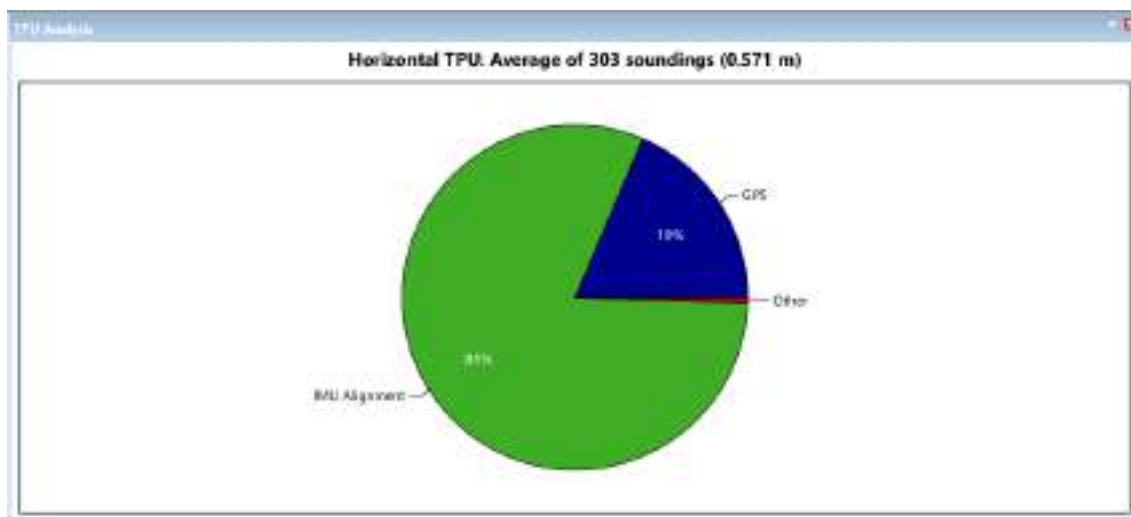


1.1.5.1.4.3.2. Incertezas Horizontal

A incerteza horizontal encontrada para esse levantamento foi em média 0,50m.

➤ Gráficos de Incerteza Horizontal





1.1.5.1.4.4. Ordem do Levantamento

Para determinação da ordem do levantamento utilizou-se da ferramenta **QC Reports**, para quantificar a qualidade da batimetria multifeixe, tendo como base a publicação **S-44 5ª edição da OHI**, conforme mostrado na tabela abaixo:

Tabela - Requisitos Mínimos para Levantamentos Hidrográficos

(para ser lida em conjunção com o texto integral da publicação S-44 5ª Edição 2008)

Referência	Ordem	Especial	1a	1b	2
Capítulo 1	Descrição de áreas	Áreas onde o resguardo ao fundo é crítico	Áreas com profundidades inferiores a 100 metros onde o resguardo ao fundo é menos crítico, mas onde possam existir estruturas que constituam preocupação para a navegação de superfície	Áreas com profundidades inferiores a 100 metros onde o resguardo ao fundo não é considerado uma limitação para a navegação de superfície esperada para a área	Áreas com profundidades geralmente superiores a 100 metros onde o conhecimento geral do fundo é considerado adequado
Capítulo 2	Mínima TPU admisivél (95% de nível de confiança)	2 metros	5 metros + 5% da profundidade	5 metros + 5% da profundidade	20 metros + 10% da profundidade
Parágrafo 3.2 e nota 1	Mínima TPU admisivél (95% de nível de confiança)	a = 0.25 metros b = 0.0075	a = 0.5 metros b = 0.025	a = 0.5 metros b = 0.015	a = 1.0 metros b = 0.025
Glossário e nota 2	Banco total do fundo	Obrigatória	Obrigatória	Não obrigatória	Não obrigatória
Parágrafo 2.1 Parágrafo 3.4 Parágrafo 3.5 e nota 3	Capacidade de detecção de estruturas	Estruturas cubicas > 1 metro	Estruturas cubicas > 2 metros, em profundidades até aos 40 metros ou 10% da profundidade para além dos 40 metros	Não aplicável	Não aplicável
Parágrafo 3.6 e nota 4	Espaçamento mínimo recomendado entre linhas de sondagem	Não aplicável. Resposta banco total do fundo	Não aplicável. Resposta banco total do fundo	3 x profundidade média ou 25 metros, o que for maior. Para LIDAR batimétrico um espaçamento local de 5 x 5 metros	4 x profundidade média
Capítulo 2 e nota 5	Ajudas a navegação fixas e objetos conspicuos para a navegação (95% de nível de confiança)	2 metros	2 metros	2 metros	5 metros
Capítulo 2 e nota 5	Linhas de costa e topografia de costa menos importante para a navegação (95% de nível de confiança)	10 metros	20 metros	20 metros	10 metros
Capítulo 2 e nota 5	Posição média das ajudas a navegação flutuantes (95% de nível de confiança)	10 metros	10 metros	10 metros	20 metros

Ver as notas na página seguinte. (Texto integral da S-44 5ª Edição disponível gratuitamente a partir de www.who.org)

A metodologia utilizada através da ferramenta **QC Reports** qualificou o **levantamento batimétrico multifeixe no exterior do molhe do Porto de Imbituba** como **ORDEM ESPECIAL** dos requisitos mínimos para levantamentos hidrográficos.

Analizando também a superfície final com o auxílio de ferramentas do software HIPS And SIPS 11.4 foi possível visualizar que o levantamento se enquadrou na Ordem Especial conforme a imagem abaixo (Figuras 30 a 32).

IHO S-44 Special Order:
Range: 0.000 to 100.000
Number of nodes considered: 985724
Number of nodes within: 964505 (97.85%)
Residual mean: -0.174

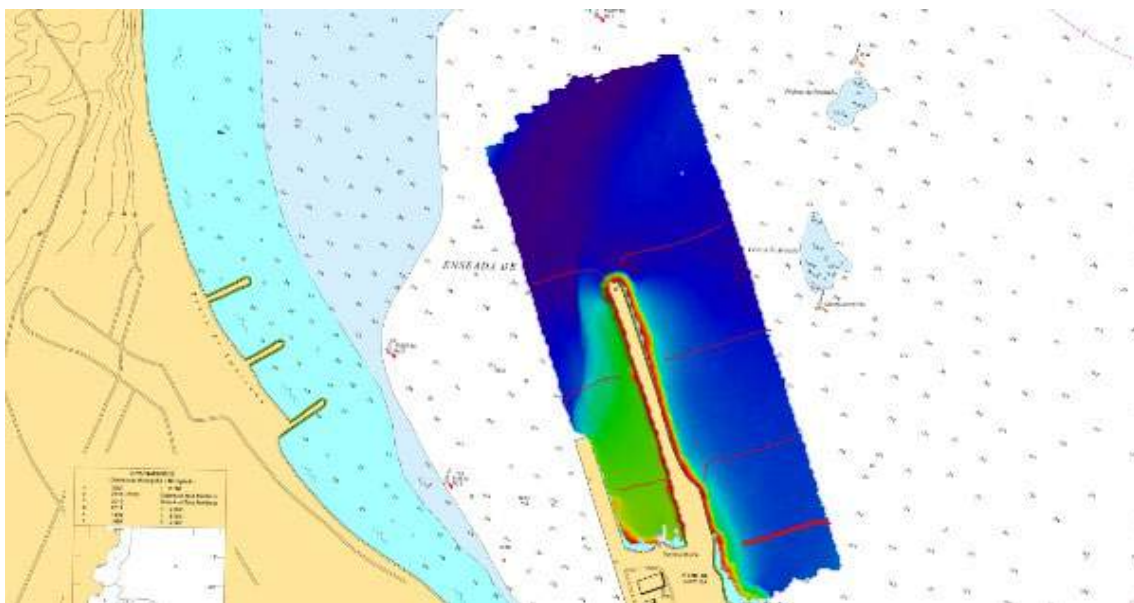


Figura 30 – Imagem das linhas de verificações, utilizadas na ferramenta QC Reports.

Beam Angle	Count	Max (+)	Min (-)	Mean	Std Dev	Special Order (%)	Order 1a (%)	Order 1b (%)
0.0 - 2.0	433,066	6.307	5.127	0.006	0.205	95.777	97.421	97.421
2.0 - 4.0	438,778	4.845	5.080	0.007	0.201	95.846	97.508	97.508
4.0 - 6.0	447,071	4.673	4.155	0.007	0.196	95.894	97.541	97.541
6.0 - 8.0	455,413	4.474	4.625	0.006	0.200	95.960	97.530	97.530
8.0 - 10.0	466,141	3.942	5.144	0.005	0.196	96.083	97.579	97.579
10.0 - 12.0	477,981	4.451	5.186	0.005	0.196	96.080	97.581	97.581
12.0 - 14.0	490,958	4.207	5.212	0.006	0.196	95.999	97.599	97.599
14.0 - 16.0	506,107	4.387	5.254	0.006	0.199	95.914	97.553	97.553
16.0 - 18.0	522,793	4.404	4.264	0.006	0.203	95.853	97.453	97.453
18.0 - 20.0	541,926	4.208	4.127	0.004	0.201	95.843	97.435	97.435
20.0 - 22.0	563,289	5.240	4.209	0.003	0.206	95.863	97.326	97.326
22.0 - 24.0	587,910	4.537	4.264	0.004	0.208	95.815	97.352	97.352
24.0 - 26.0	615,262	4.595	5.299	0.004	0.216	95.816	97.312	97.312
26.0 - 28.0	646,660	4.503	5.877	0.004	0.217	95.816	97.349	97.349
28.0 - 30.0	681,191	6.118	5.858	0.005	0.216	95.881	97.465	97.465
30.0 - 32.0	712,766	5.979	5.364	0.006	0.218	95.852	97.457	97.457
32.0 - 34.0	751,748	5.457	5.599	0.008	0.223	95.922	97.404	97.404
34.0 - 36.0	802,699	5.356	5.654	0.010	0.228	95.863	97.402	97.402
36.0 - 38.0	864,042	7.166	4.001	0.012	0.233	95.772	97.311	97.311
38.0 - 40.0	935,588	5.730	4.311	0.012	0.236	95.644	97.200	97.200
40.0 - 42.0	1,017,883	5.589	4.601	0.009	0.228	95.638	97.259	97.259
42.0 - 44.0	1,113,758	5.346	4.715	0.006	0.221	95.708	97.340	97.340
44.0 - 46.0	1,226,763	6.003	4.731	0.005	0.217	95.850	97.532	97.532
46.0 - 48.0	1,357,706	5.063	4.023	0.004	0.211	96.099	97.705	97.705
48.0 - 50.0	1,495,956	5.461	4.249	0.003	0.200	96.585	98.012	98.012

Figura 31 – Imagem da tabela mostrando a ordem alcançada neste levantamento.



Figura 32 – Imagem do gráfico mostrando a ordem alcançada neste levantamento.

1.1.5.1.4.5. Arquivo ASCII

Os dados do multifeixe foram coletados com objetivo de gerar os arquivos ASCII de XYZ e a imagem do *grid* batimétrico (Figura 33), apresentados como forma de planta batimétrica.

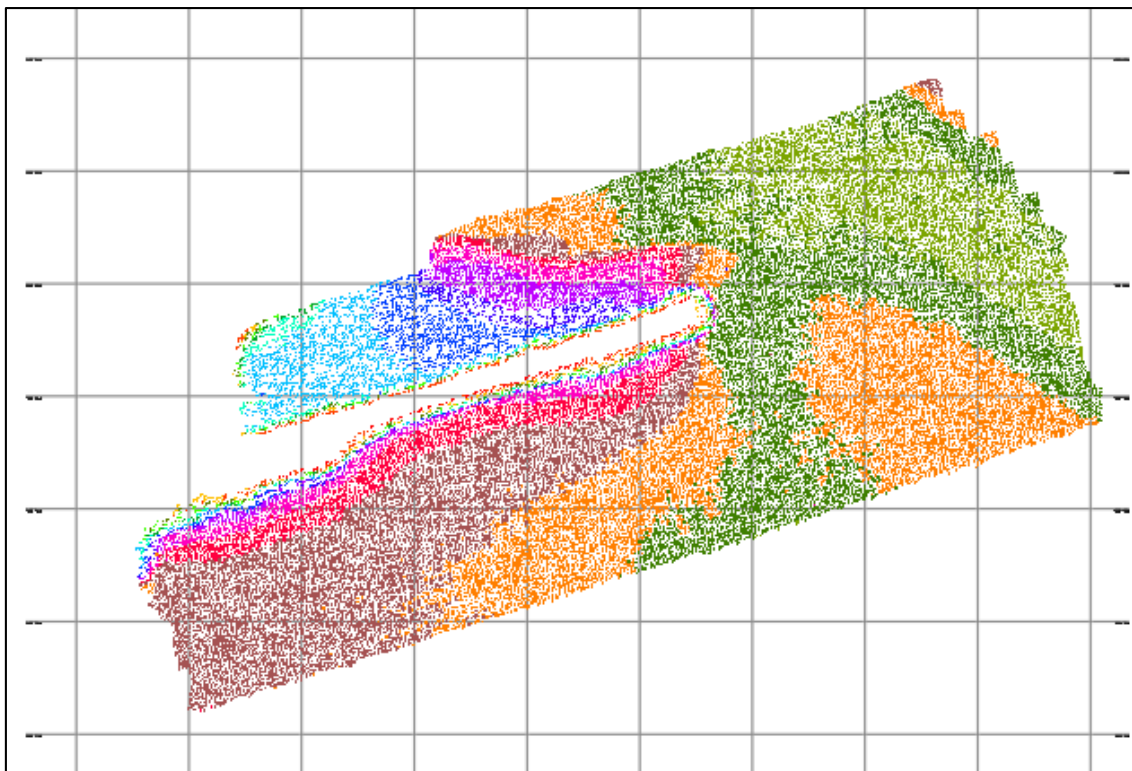


Figura 33 – Xyz gerado no programa AutoCAD.

1.1.6. Amostragem de Fundo

A coleta de amostra geológica na área sondada, visa determinar a natureza do fundo, auxiliando no cuidado adequado na hora do processamento dos dados adquiridos. Foi coletada 1 amostra de sedimentos nas proximidades do molhe no Porto de Imbituba.

1.1.6.1. Equipamento Utilizado

Para a coleta das amostras foi utilizado o amostrador tipo Van Veen (Figura 34).



Figura 34 – Amostrador Van Veen.

1.1.6.2. Procedimentos

A embarcação foi posicionada no ponto de coleta e o operador apoiado na borda do barco lança o equipamento Van Veen, que é constituído de duas conchas articuladas por uma dobradiça através de duas barras cruzadas presas ao cabo de aço. As conchas se mantêm abertas por um sistema de trava que é liberado assim que o equipamento toca o fundo. O recolhimento do cabo faz com que as conchas se fechem apanhando o sedimento, conforme demonstrado na Figura 35, abaixo:

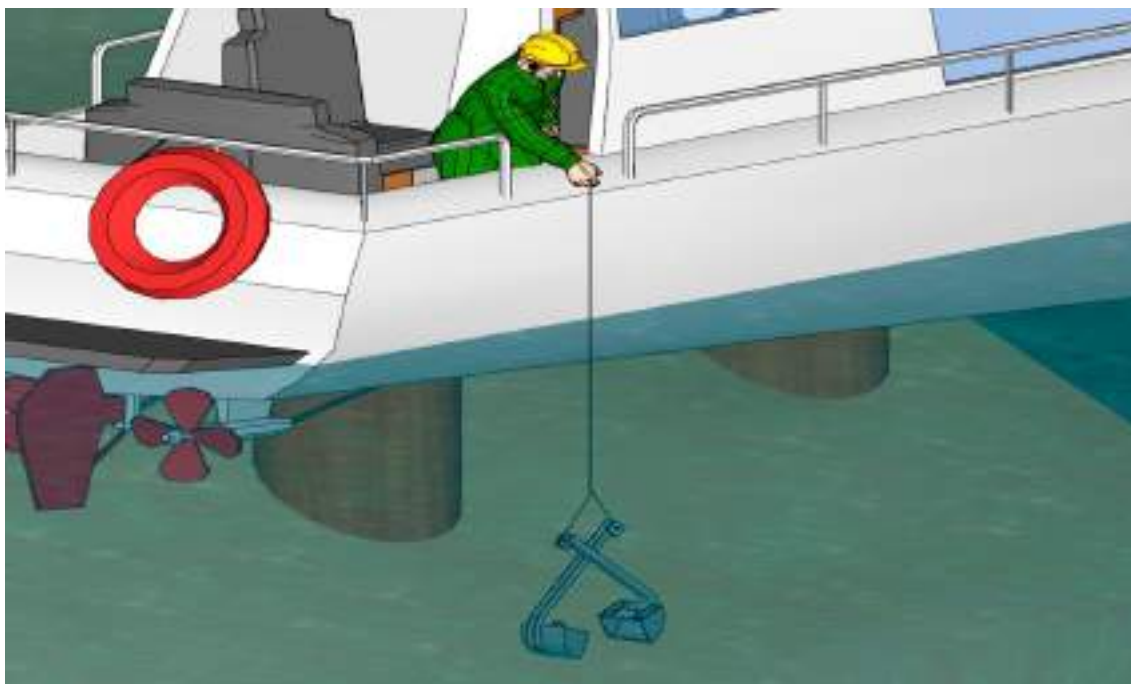


Figura 35 – Imagem ilustrativa da operação de coleta de sedimentos.

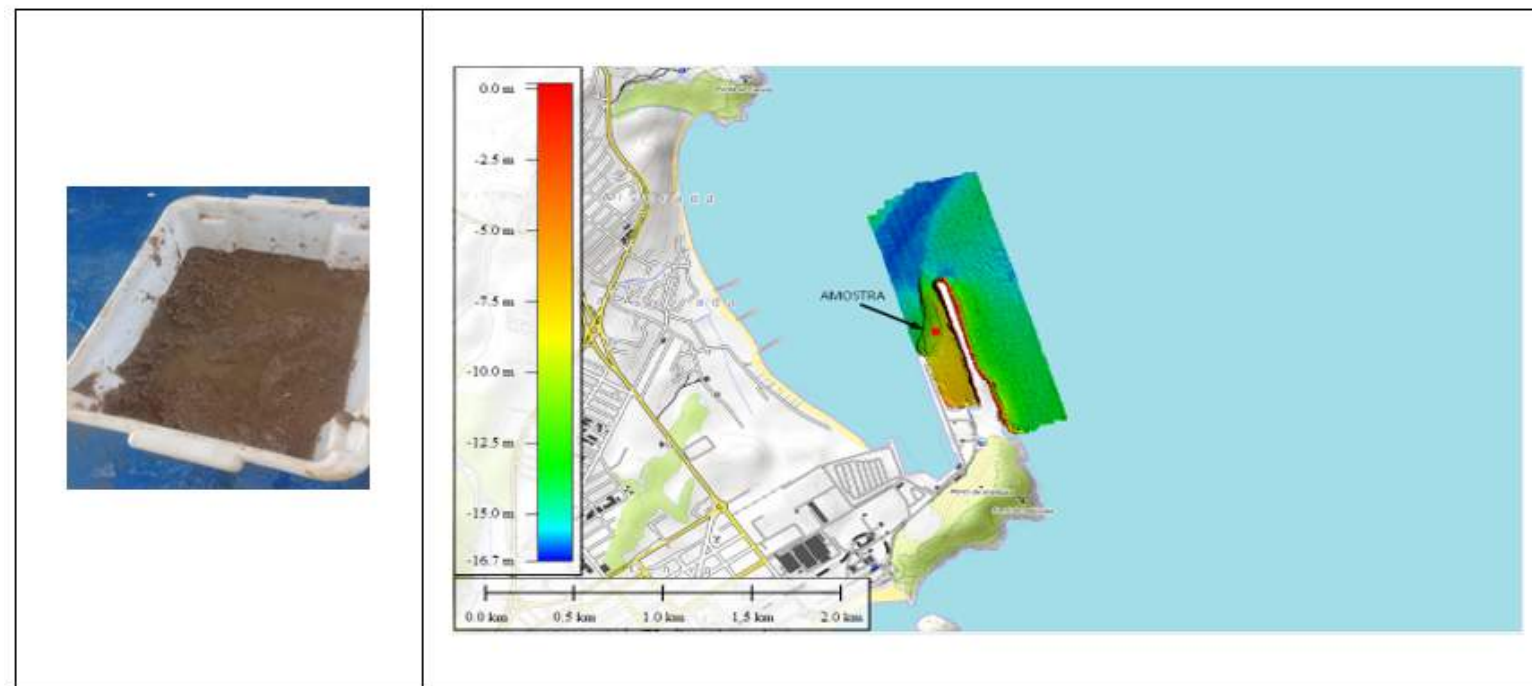
1.1.6.3. Análise das Amostras

A bordo da embarcação foi realizada a análise da amostragem geológica do fundo marinho pelo técnico da Hidrotopo, definindo os parâmetros do sedimento de fundo. A ficha de coleta de sedimentos abaixo apresenta a descrição e imagem do material coletado.

	Ficha de Coleta de Sedimento	Equipamentos Utilizados:
	Projeto 1061/24	Amostrador Draga Van Veen
	HIDROTOPO CONSULTORIA E PROJETOS LTDA.	

Cliente: SCPAR PORTO DE IMBITUBA	Local: IMBITUBA - SC	Data: 30/08/2024	Datum: WGS-84
Área: PORTO DE IMBITUBA	Meridiano Central: 051°W	Embarcação: COMTE HUMBERTO	Página: 1/1

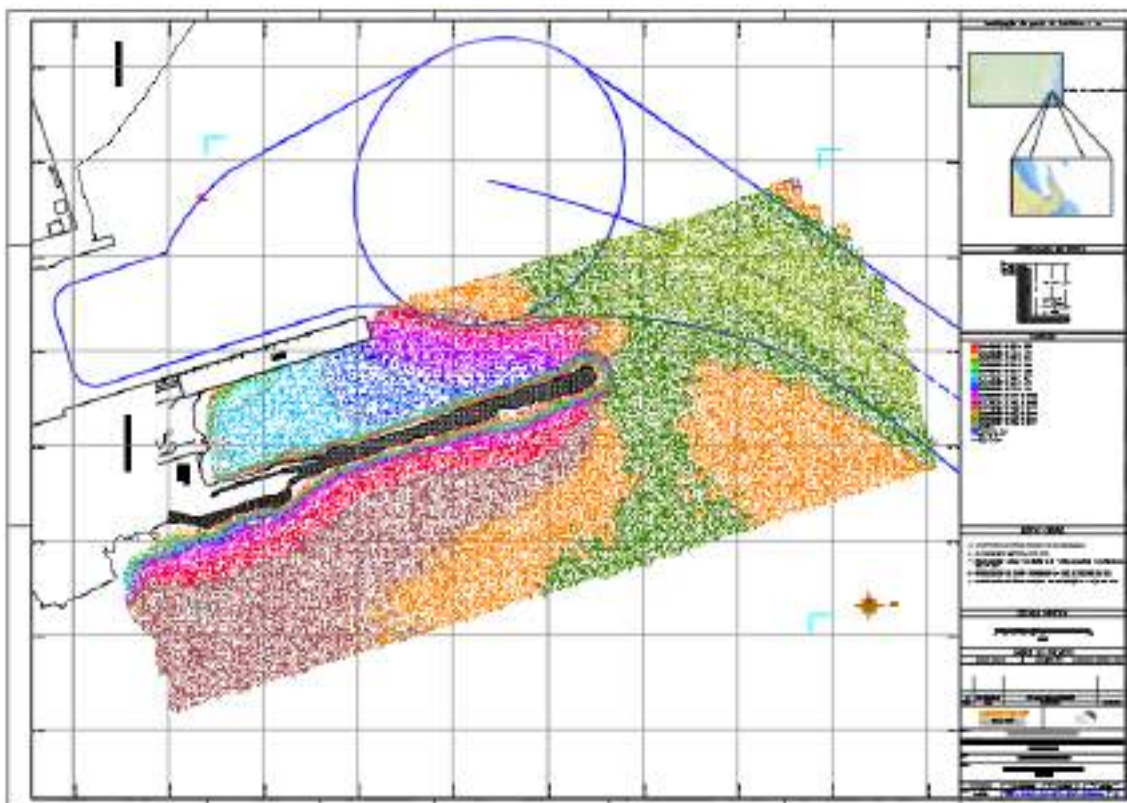
Nº Amostra	Latitude	Longitude	Eixo X	Eixo Y	Prof. (m)	Descrição
01	28° 13' 25.52" S	48° 39' 07.29" W	730.416.81	6.875.777.60	10.20	Argila e Areia.



1.1.7. Documentos Cartográficos Produzidos

Após o processamento dos dados, foi confeccionado uma planta batimétrica no formato A0 da ABNT, na projeção UTM do sistema de GAUSS, sendo:

- HDT-1061-24-001-BAT, na escala de 1:2000.



Nessa planta estão representadas as profundidades, em metros e decímetros e as coordenadas em UTM além de três cruces de acerto.

1.1.8. Imagens 3D

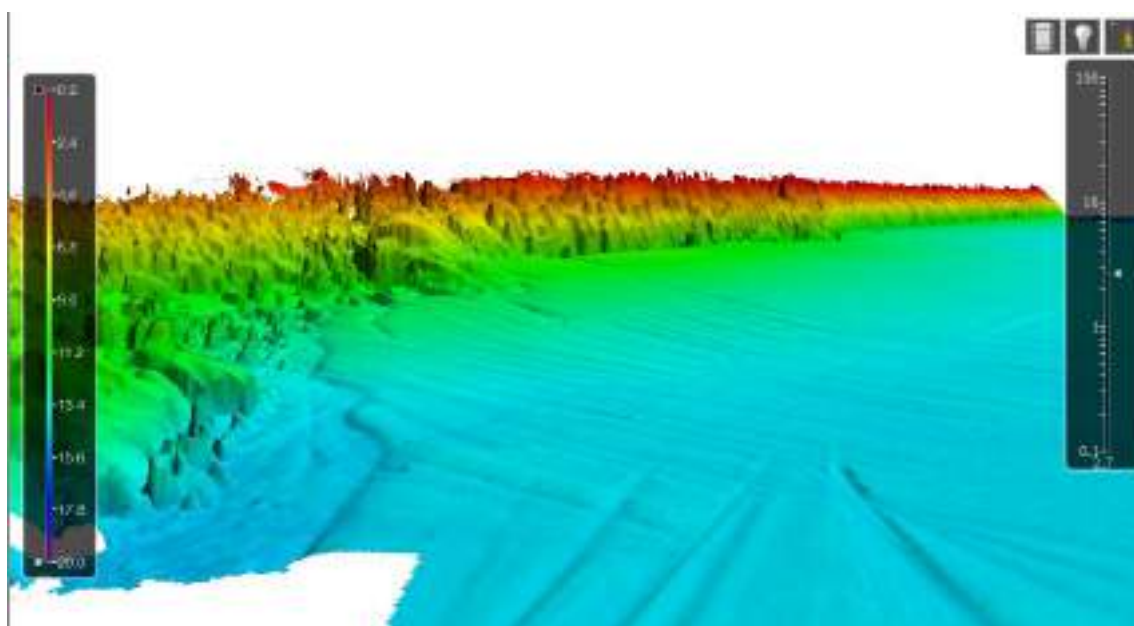


Figura 36 – Imagem 3D da área de levantamento.

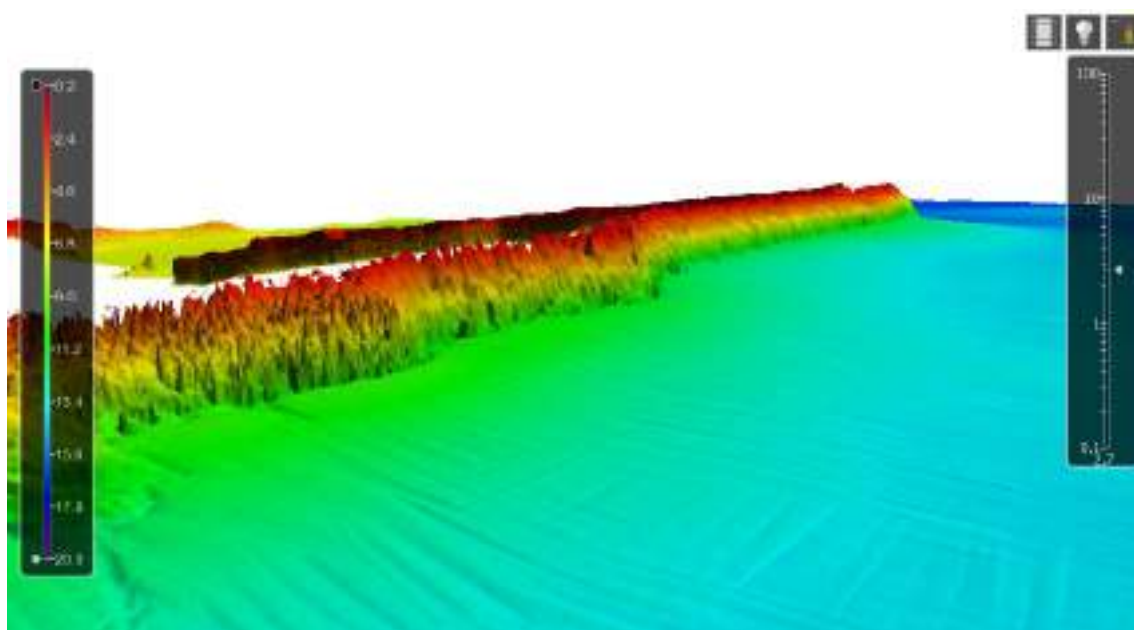


Figura 37 – Imagem 3D da área de levantamento.

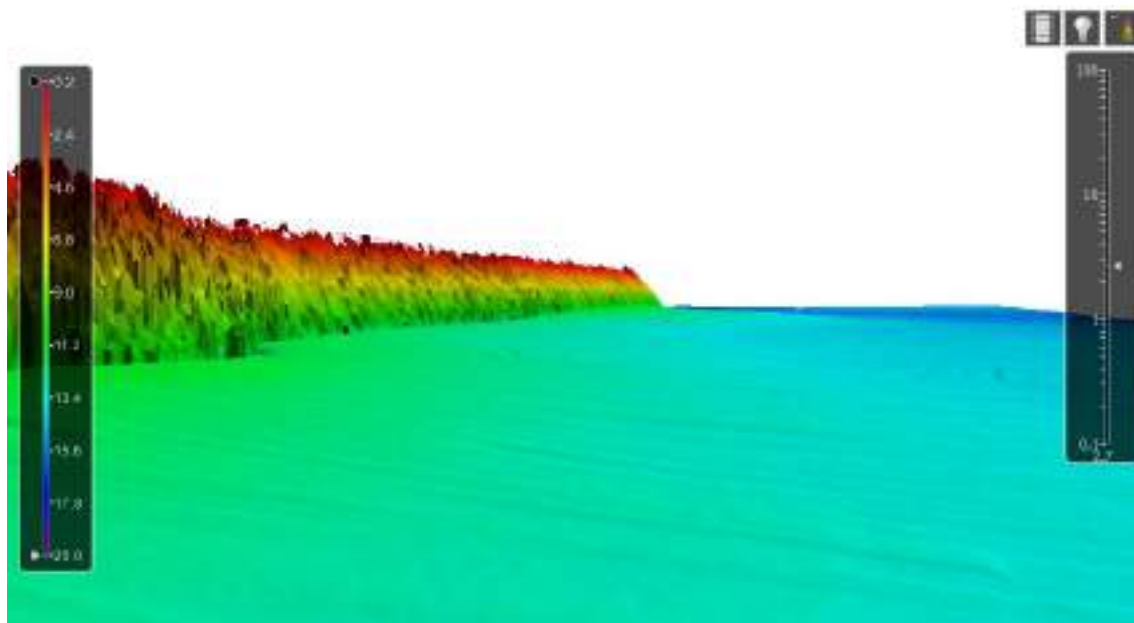


Figura 38 – Imagem 3D da área de levantamento.

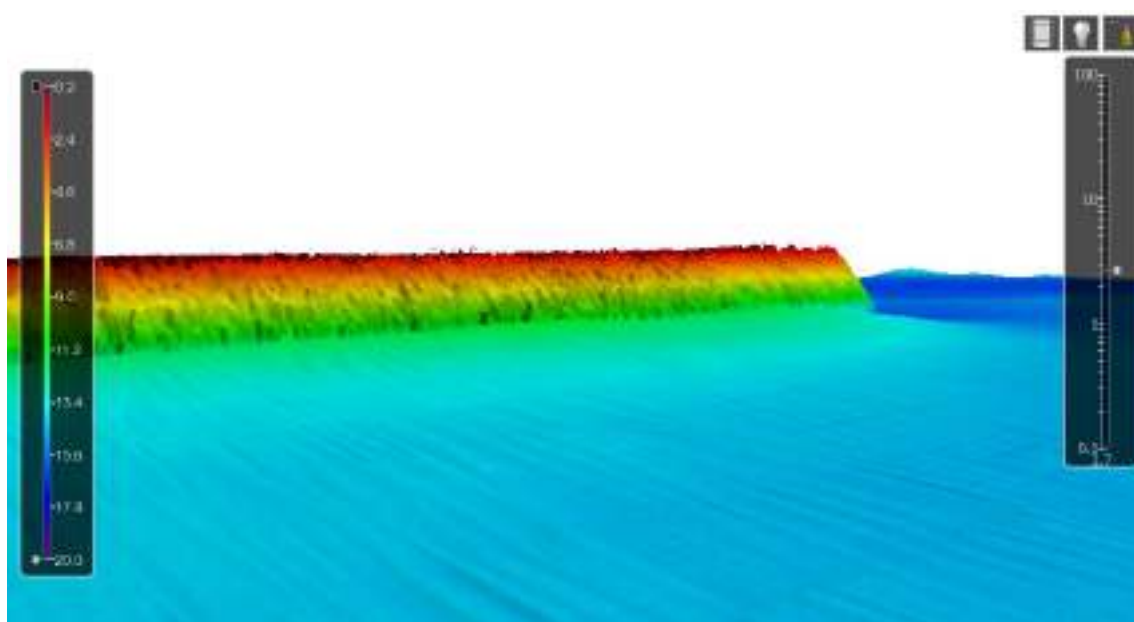


Figura 39 – Imagem 3D da área de levantamento.

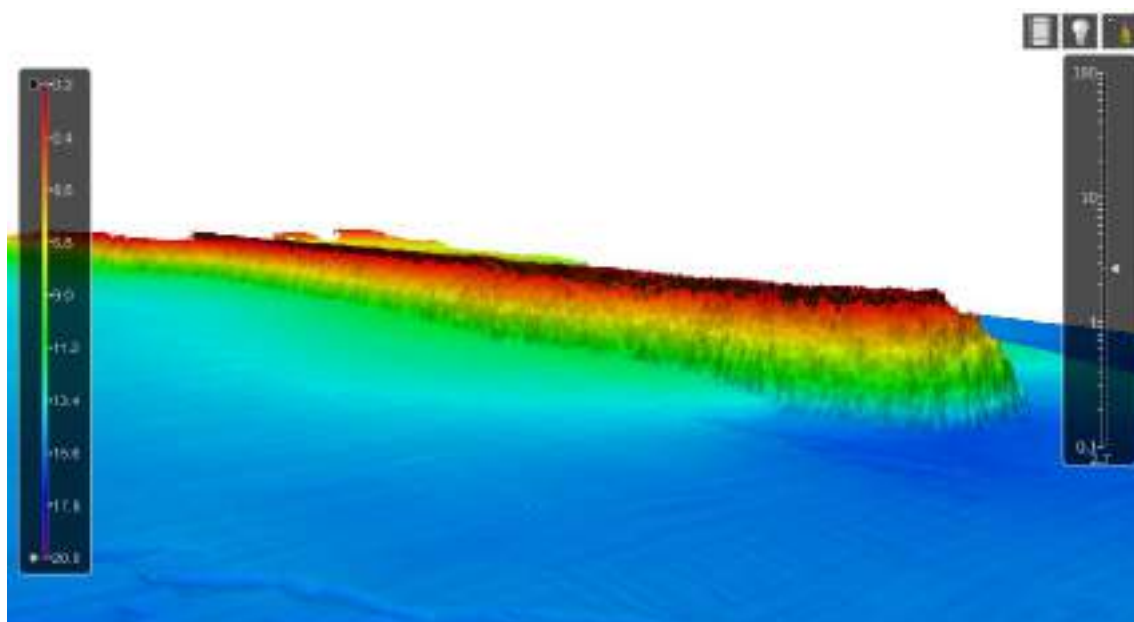


Figura 40 – Imagem 3D da área de levantamento.

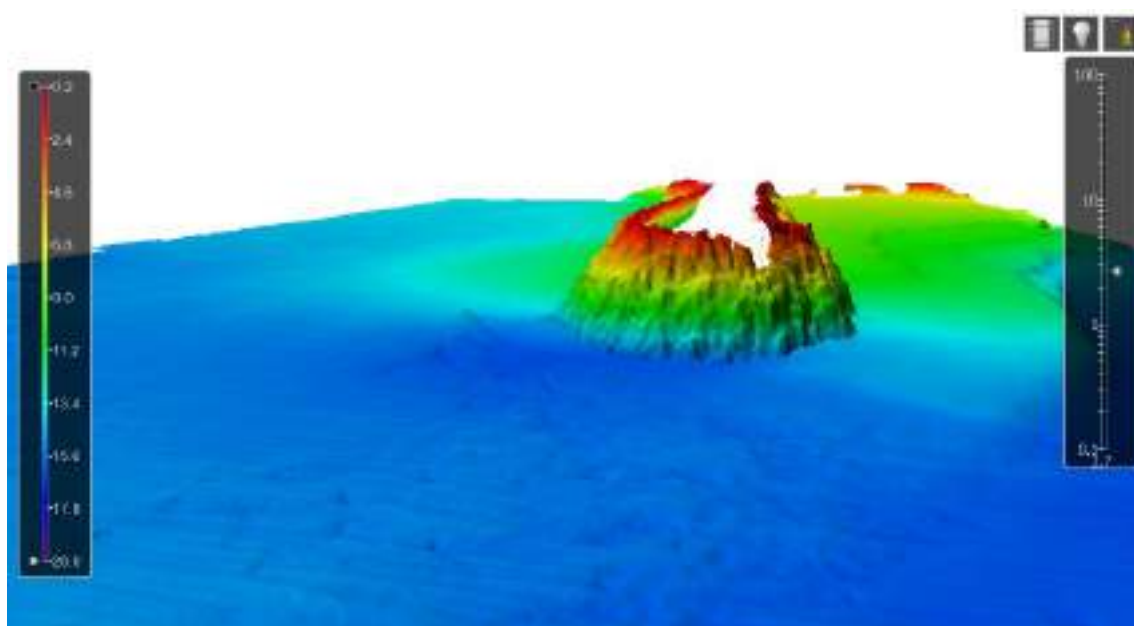


Figura 41 – Imagem 3D da área de levantamento.

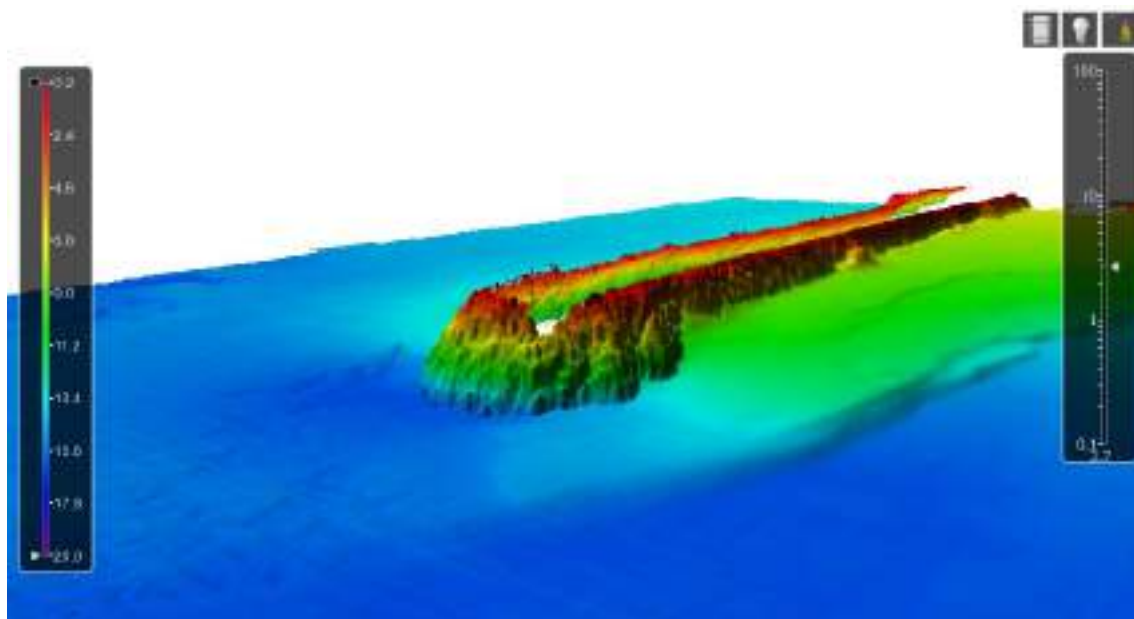


Figura 42 – Imagem 3D da área de levantamento.

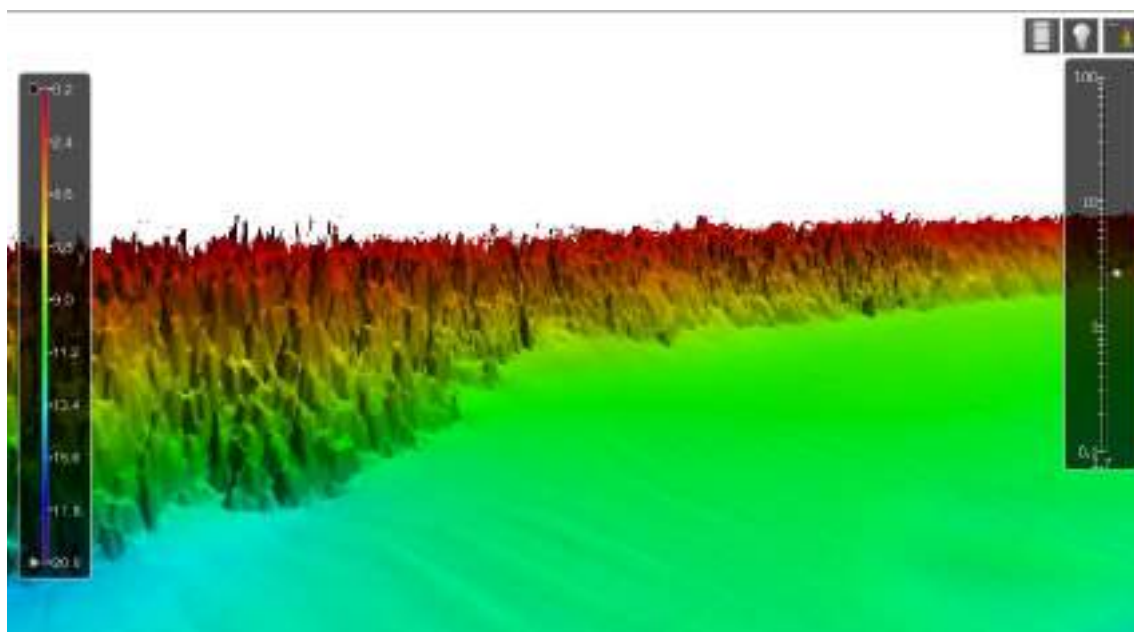


Figura 43 – Imagem 3D da área de levantamento.

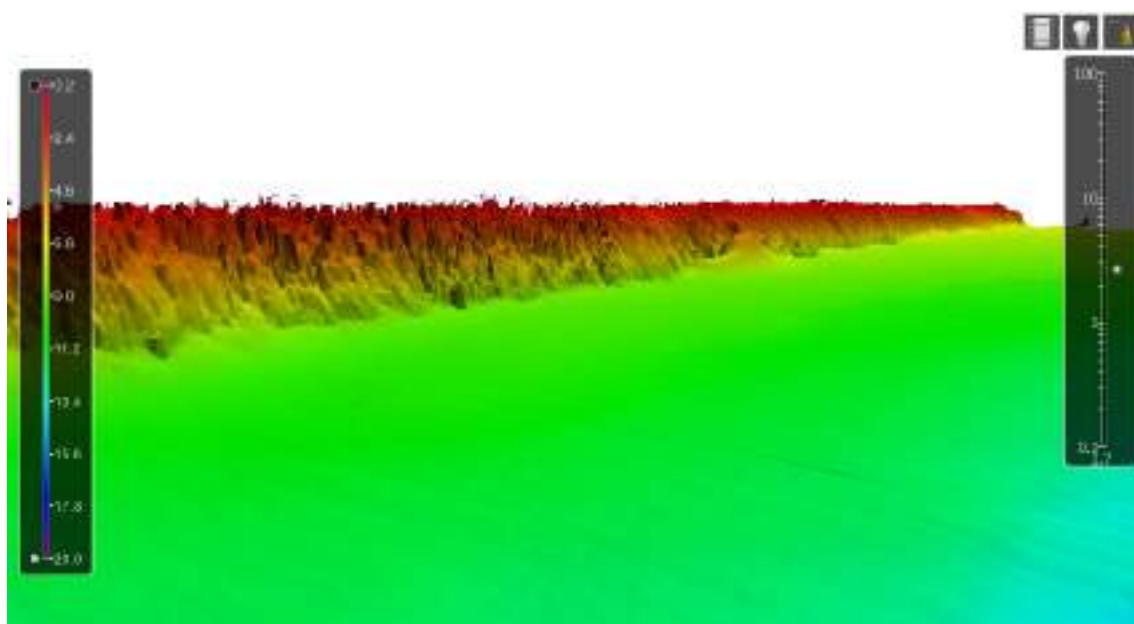


Figura 44 – Imagem 3D da área de levantamento.

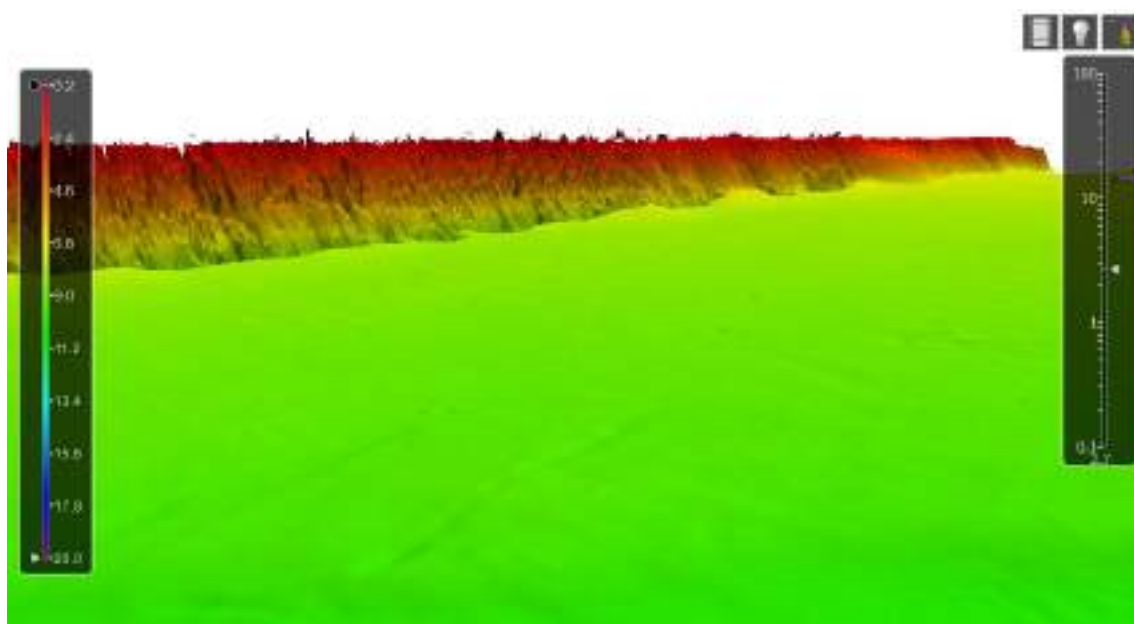


Figura 45 – Imagem 3D da área de levantamento.

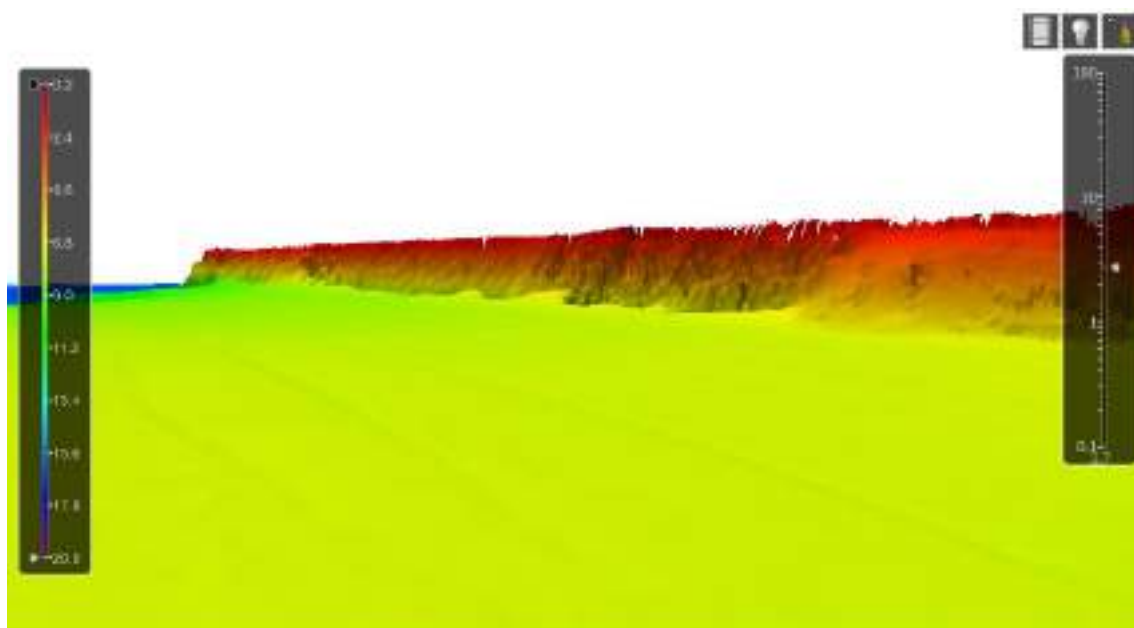


Figura 46 – Imagem 3D da área de levantamento.

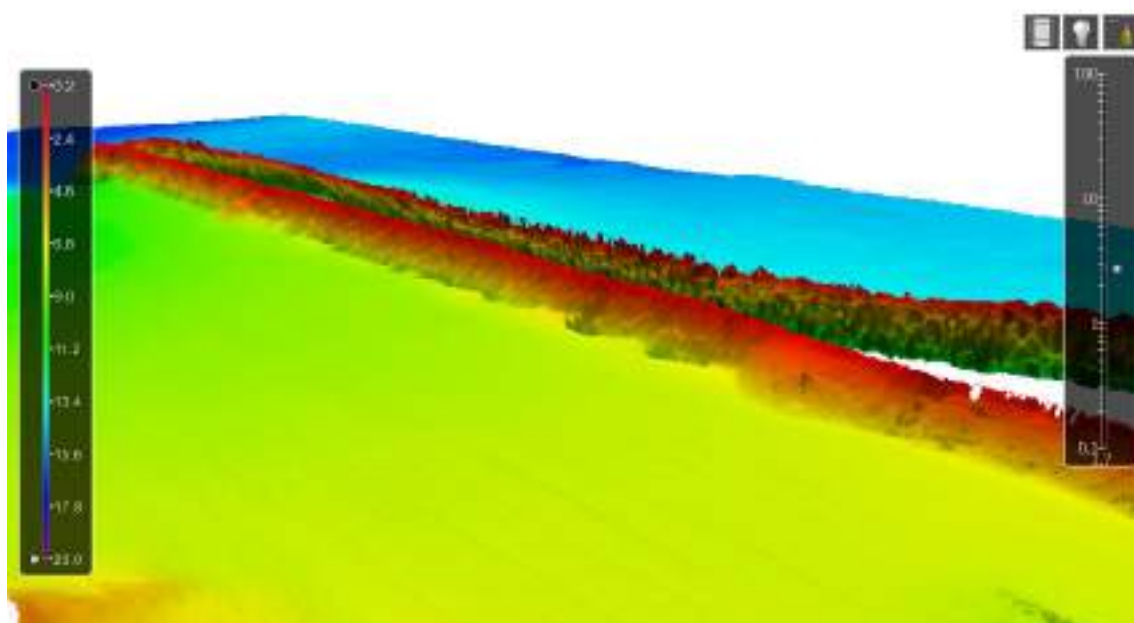


Figura 47 – Imagem 3D da área de levantamento.

1.1.9. Relatório Fotográfico Batimetria Multifeixe



Figura 48 – Embarcação utilizada no levantamento.



Figura 49 – Antenas DGPS/GIROS montados na embarcação.



Figura 50 – Estrutura de aço inox fixado na borda da embarcação.



Figura 51 – Console do multibeam NORBIT iWBMS e SBG Ekinox2



Figura 52 – Operador da Hidrotopo no momento do levantamento.



Figura 53 – Momento do levantamento batimétrico multifeixe.

1.2. LEVANTAMENTO COM SONAR DE VARREDURA LATERAL

O levantamento Side Scan foi realizado com a utilização de equipamento C-MAX CM2 no dia 03/09/2024, no exterior do molhe do Porto de Imbituba - SC, objetivando mapear objetos embaixo d'água.

O serviço foi realizado conforme a autorização nº 511/24 – Categoria “B”, datada de 23 de agosto de 2024, para o período de 26/08/24 a 25/11/24, emitida pelo Centro de Hidrografia da Marinha – CHM.

1.2.1. Trabalhos Executados

1.2.1.1. Sidescan

O levantamento com o sonar de varredura lateral teve como objetivo identificar e fornecer uma imagem atualizada da situação geológica e morfológica geral do fundo marinho na área, visando a identificação do molhe.

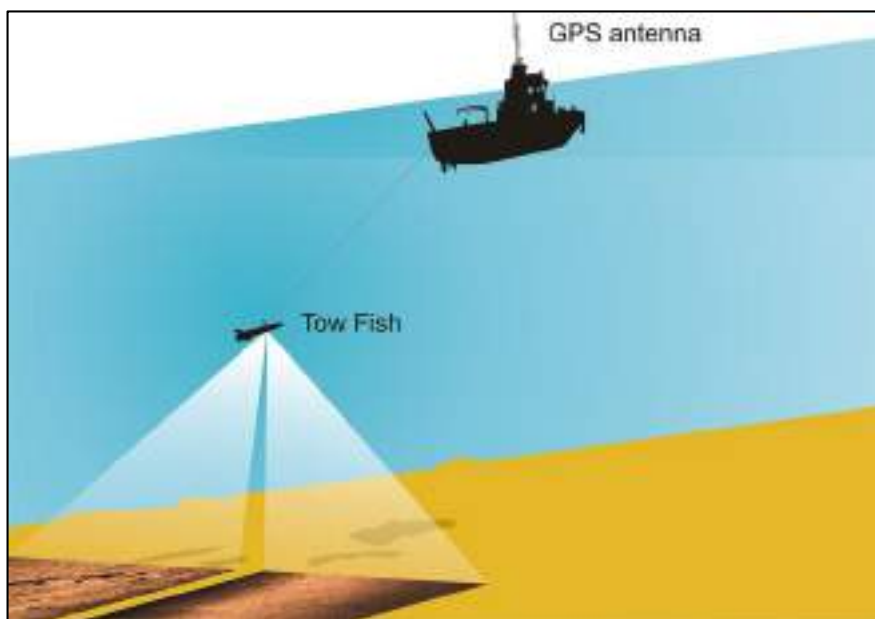


Figura 54 – Imagem Ilustrativa do sistema Side Scan

Durante o levantamento foi utilizado o Sonar de Varredura Lateral da C-Max, modelo CM2 (Figura 56). O software utilizado na aquisição dos dados digitais foi o C-Max MaxView. Os dados obtidos foram gravados no formato .cm2 sendo transformados para o formato .xtf (Extended Triton Format) no próprio software. O sensor (towfish) do Sonar de Varredura Lateral foi posicionado sob a antena DGPS

GTR G2, dispensando desta maneira a utilização do sistema de posicionamento acústico USBL (Ultra Short Base Line) em função do pequeno offset utilizado, assim como os ruídos presentes em lâminas d'água menores do que 20m, predominantes nas áreas levantadas, que não contribuíram para a melhor performance de tal sistema. Os equipamentos utilizados para esse levantamento foram os seguintes:

- C-MAX CM2
- DGPS GTR G2
- Perfilador de velocidade do som AML-3 LGR

1.2.1.2. Projeto de Linhas

As linhas do levantamento foram definidas por um projeto desenvolvido pela Hidrotopo no software HYPACK, apoiado nas especificações técnicas encaminhadas, permitindo que a embarcação navegasse em seções previamente estabelecidas visando o recobrimento total da área de interesse. As linhas estavam espaçadas de 25 em 25 metros junto ao molhe e 40 em 40 metros no restante da área. (Figura 55).

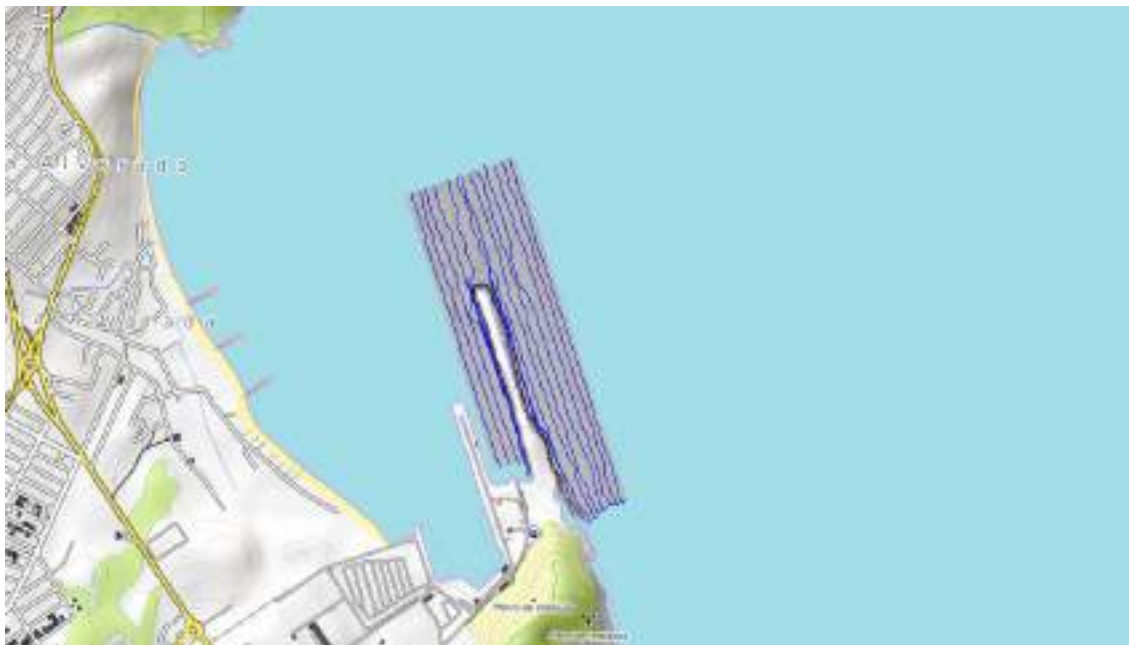


Figura 55 – Linhas de Sondagem

1.2.1.3. Equipamentos utilizados

▪ SIDE SCAN C-MAX CM2

O Side Scan C-MAX CM2 tem como objetivo mapear e identificar objetos embaixo d'água, realizando uma varredura lateral.

A geração de imagens através da varredura lateral é um método onde se utiliza-se feixes estreitos da energia acústica (som) transmitidos pelo towfish ao o fundo do mar ou lago.

A recepção deste pulso chega até o Side Scan com um dado, onde cálculos matemáticos são realizados por um computador, gerando logo após, as imagens do fundo marinho.



Figura 56 – Sonar de Varredura Lateral C-Max Modelo CM2.

As principais características do sonar são mostradas na Tabela 13.

Tabela 13 - Características do Sonar C-Max CM2

CARACTERÍSTICA	VALORES
Frequência	100kHz - 325 kHz
Alcance (100kHz)	100m a 500m
Alcance (325kHz)	25m a 150m

▪ **ANTENA DGPS GTR G2**

O DGPS TechGeo modelo GTR-G2 (Figura 57) fornece, em tempo real, o serviço GNSS de alta precisão do Marinestar, ao qual garante, precisões menores que 10 cm, em frequências de atualização da posição de até cinco vezes por segundo, dispensando o guarnecimento da estação-base e, conseqüentemente, de qualquer apoio topográfico.



Figura 57 – Processador e antena GTR-G2™

As principais características do GTR-G2™ são mostradas na tabela abaixo:

Características do DGPS GTR-G2™			
CARACTERÍSTICA		VALORES	
Posição	Fugros Marinestar	Horizontal:	10 cm 95%
		Vertical:	15 cm 95%
Taxa de dados		5/20/50 Hz	
Voltagem de entrada		+9 a +28 VDC	
n° mínimo de satélites		4 sats	
Tempo para Primeira Fixação (frio)		60s	
Tempo para Primeira Fixação (quente)		35s	

As linhas do levantamento foram definidas por um projeto desenvolvido pela Hidrotopo, apoiado nas especificações técnicas encaminhadas, possibilitando que a embarcação navegasse em seções previamente estabelecidas, permitindo o recobrimento total da área de interesse.

As coordenadas geográficas adquiridas foram referenciadas ao Datum WGS-84 e convertidas para projeção UTM (Zona 22S), meridiano central de 51° W.

▪ PERFILADOR DE VELOCIDADE DO SOM DA COLUNA D'ÁGUA AML-3 LGR

A onda acústica ao se propagar na coluna d'água sofre uma refração devido às mudanças de temperatura e salinidade. A velocidade da onda pode variar de acordo com o tempo e a profundidade. Para corrigir os possíveis erros no cálculo da profundidade devido às variações acima citadas foi utilizado um perfilador de velocidade do som AML-3 LGR (Figura 58). Perfis de velocidade foram adquiridos durante o levantamento toda vez que era observada a perda na qualidade dos dados.



Figura 58 – AML-3 LGR

As principais características do sensor AML-3 LGR, são mostradas na tabela abaixo:

Características do Sensor de Velocidade do Som AML-3 LGR	
CARACTERÍSTICA	VALORES
Faixa de Velocidade do Som	1375 a 1625m/s
Faixa de Temperatura	-20°C a 45°C
Resolução do sensor	+/- 0.006 m/s
Acurácia do Sensor	+/- 0.025 m/s

▪ COMPUTADORES

Para a aquisição de dados foi necessário à utilização de dois computadores, sendo um conectado ao software de C-Max MaxView para aquisição de dados e outro computador com software HYPACK para utilização do sistema de posicionamento (Figura 59).



Figura 59 – Notebooks utilizados no levantamento (aquisição e posicionamento).

1.2.2. Procedimentos

1.2.2.1. Montagem da Embarcação

A embarcação utilizada nesses levantamentos foi o barco Comte Humberto, autorizada para o tipo de operação que foi realizada, conforme as condições de segurança exigidas nesse serviço (Figura 60).

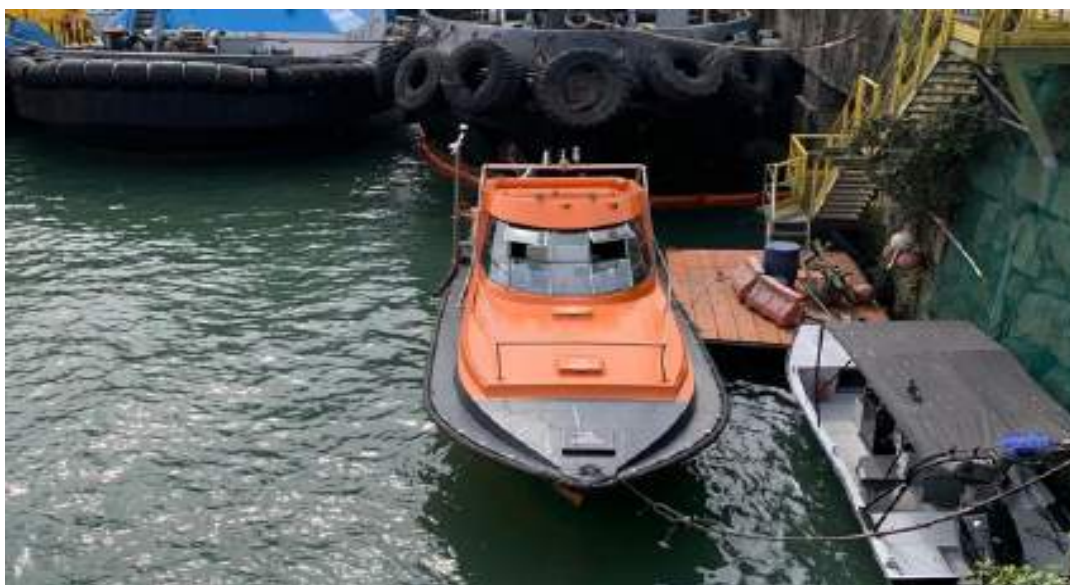
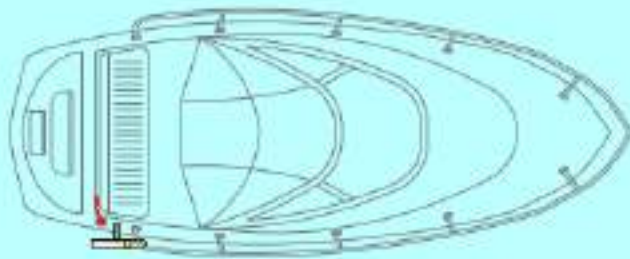
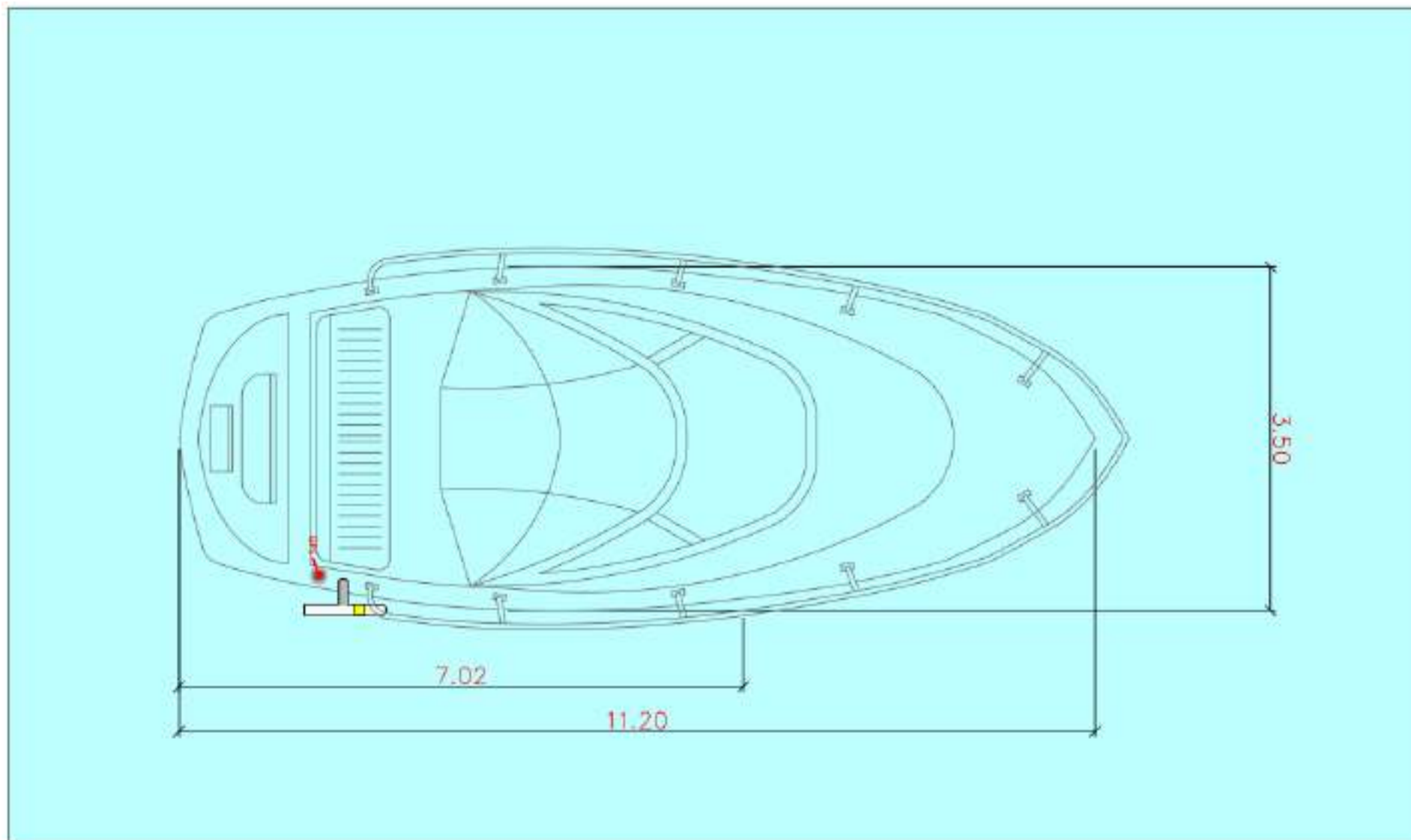


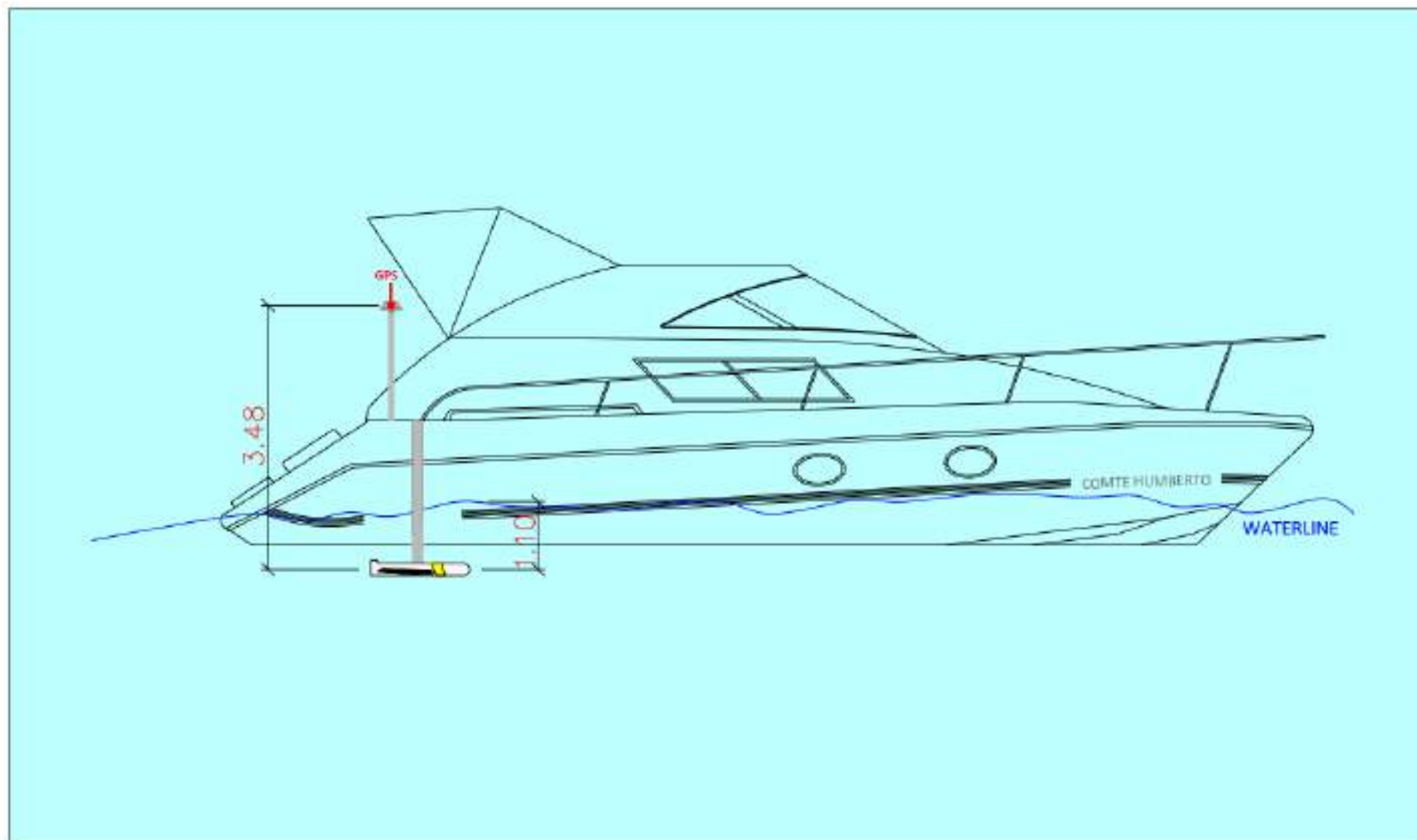
Figura 60 – Barco utilizado no levantamento.

1.2.2.2. Offsets dos Equipamentos na Embarcação

No dia 03/09/2024 foram medidas as distâncias (offsets) entre os equipamentos, estabelecendo um ponto de referência, de forma precisa a fim de minimizar possíveis erros no levantamento de Side Scan.

Cliente: SCAPAR PORTO DE IMBITUBA		Localização: IMBITUBA/ SC		Projeto: 1061-24		Data: 03/09/2024		Embarcação: COMTE HUMBERTO	
OFFSETS DOS EQUIPAMENTOS									
IDENTIFICAÇÃO	DESCRIÇÃO	X	Y	Z					
1	PR(C-MAX CM2)	0.000	0.000	0.000					
2	GPS	0.000	0.230	-3.480					
CROQUI DA EMBARCAÇÃO									
									





1.2.2.3. Documentos Produzidos

As imagens sonográficas (em anexo) foram obtidas através das linhas primárias, programadas e navegadas em conformidade com as direções das várias áreas de levantamento. A largura da varredura variou de acordo com as profundidades da área e as imagens foram adquiridas com a sobreposição necessária para alcançar 200% de cobertura. O alcance lateral utilizado para a varredura variou entre 25 m e 50 m. As imagens permitiram o detalhamento do molhe alvo do estudo. (Figura 61 a 71).

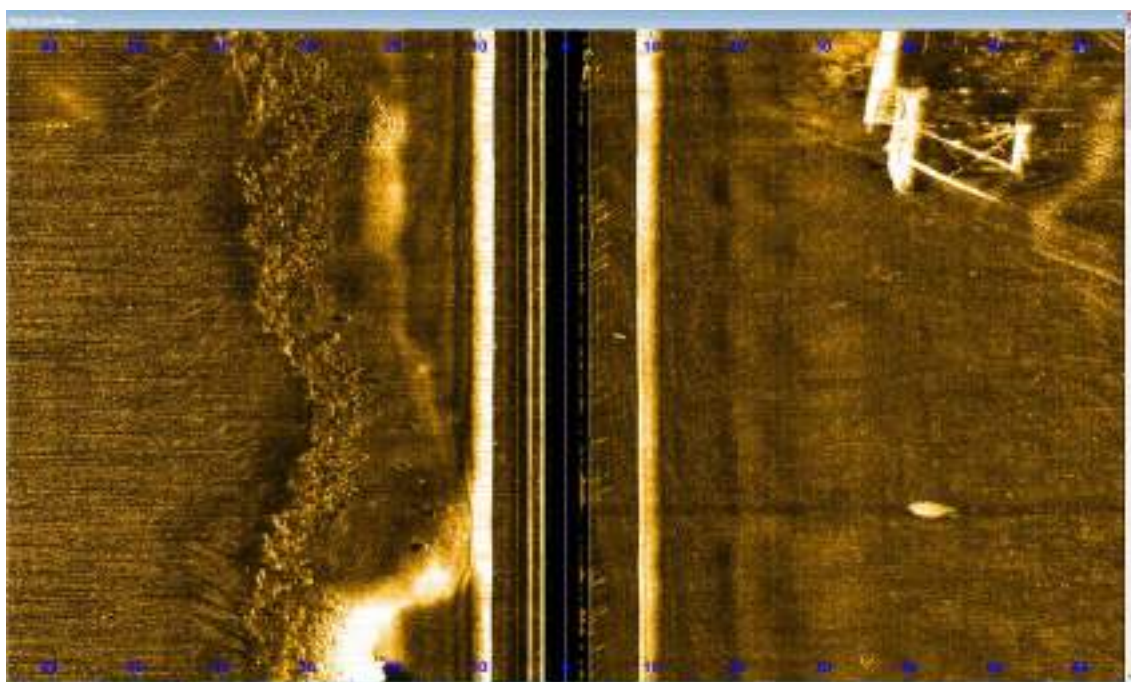


Figura 61 – Imagem Side Scan do molhe.

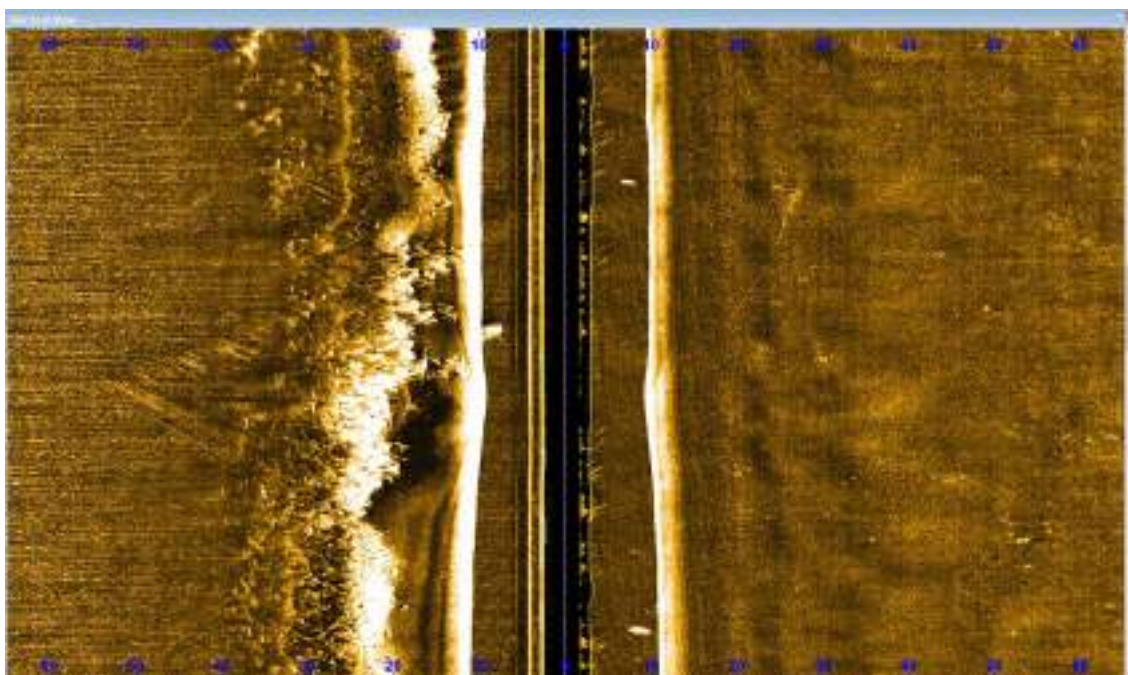


Figura 62 – Imagem Side Scan do molhe.

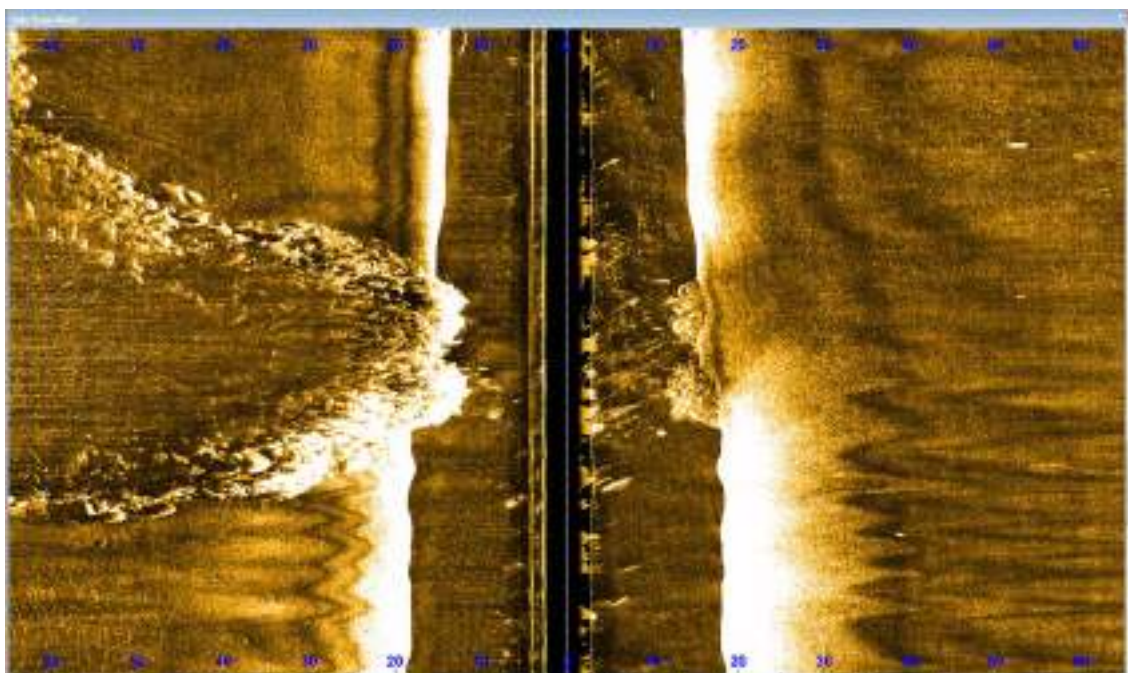


Figura 63 – Imagem Side Scan do molhe.

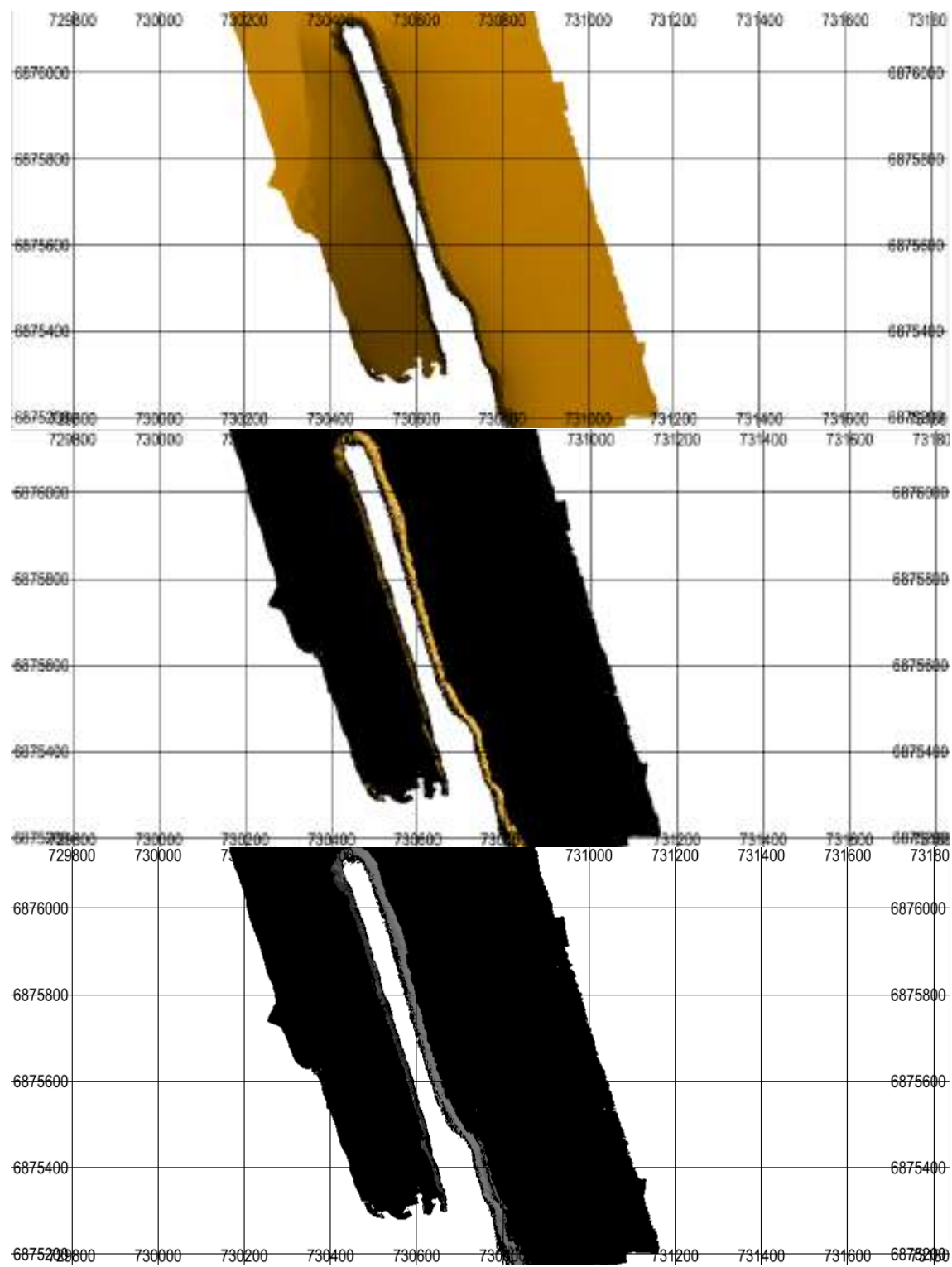


Figura 64 – Mosaico da imagem Side Scan do molhe.

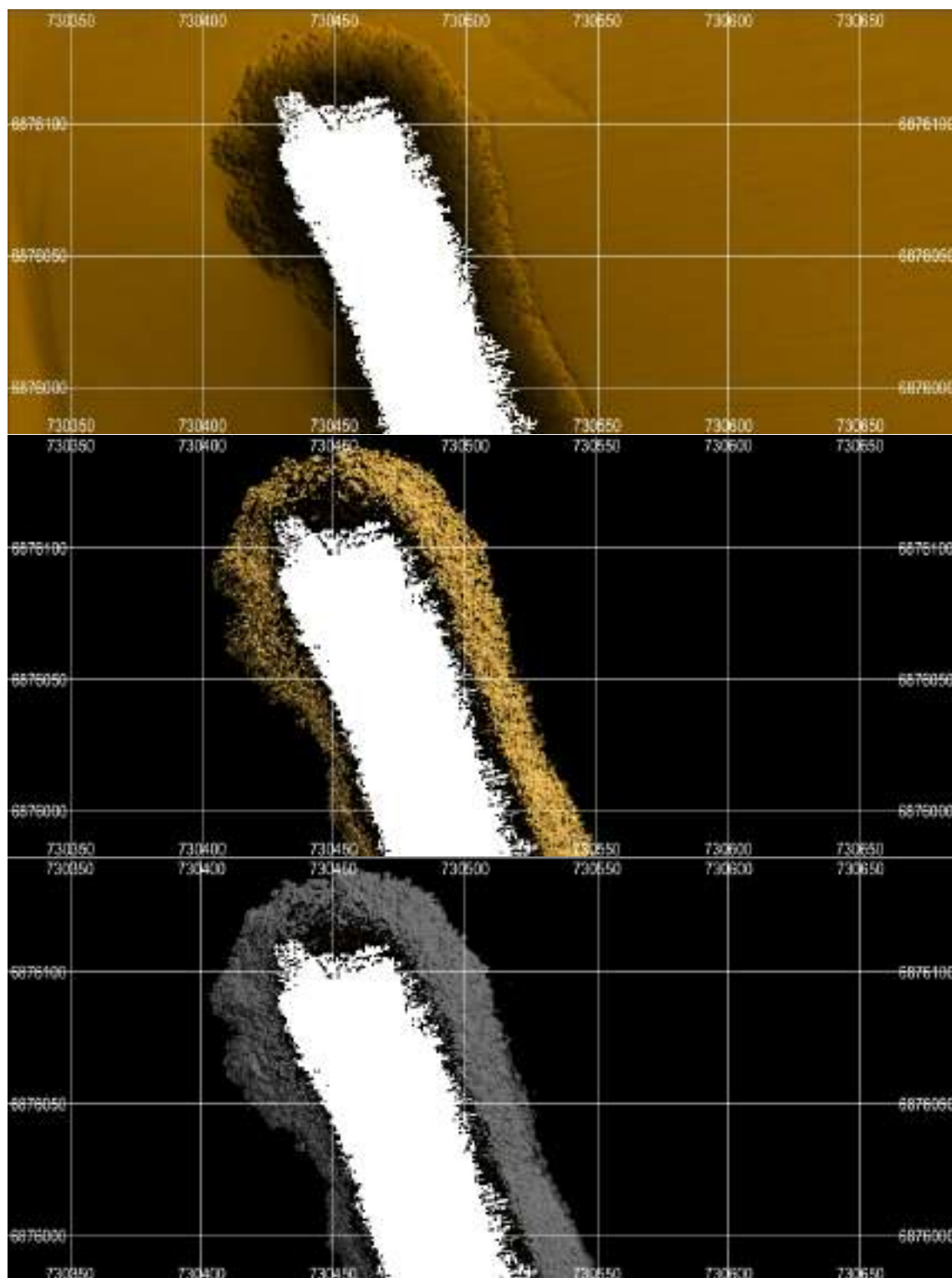


Figura 65 – Imagem do detalhamento 1 do molhe.

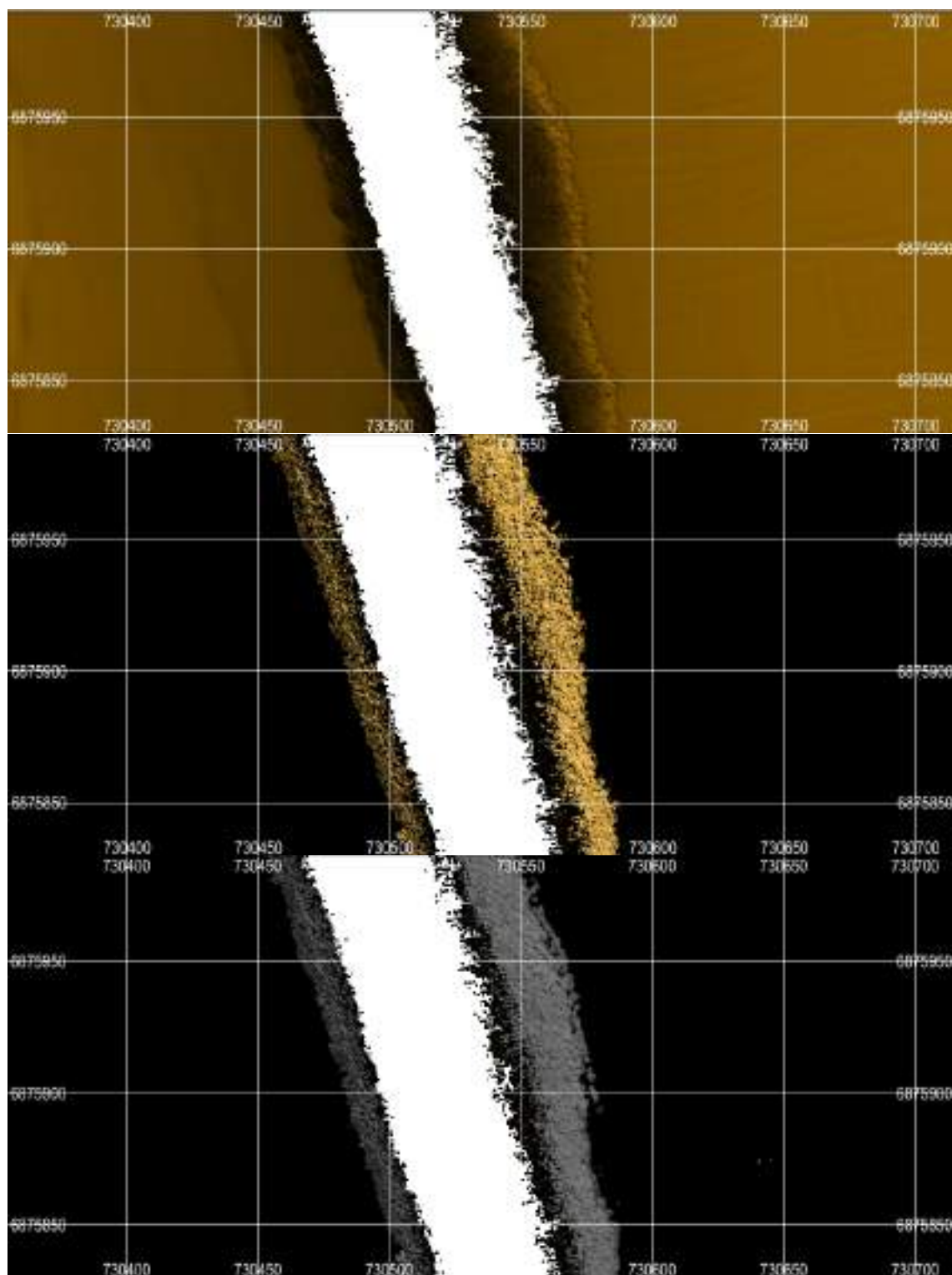


Figura 66 – Imagem do detalhamento 2 do molhe.

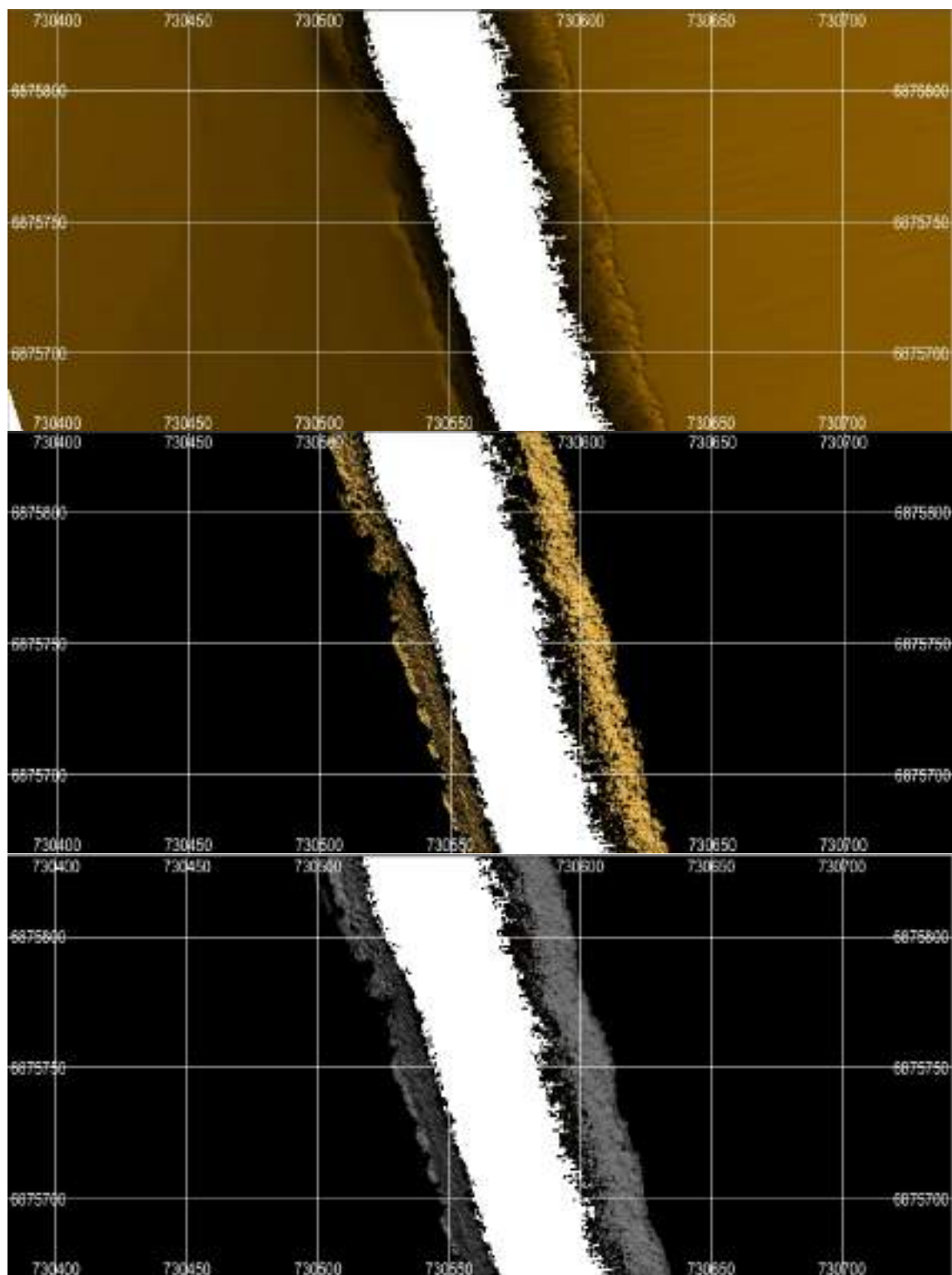


Figura 67 – Imagem do detalhamento 3 do molhe.

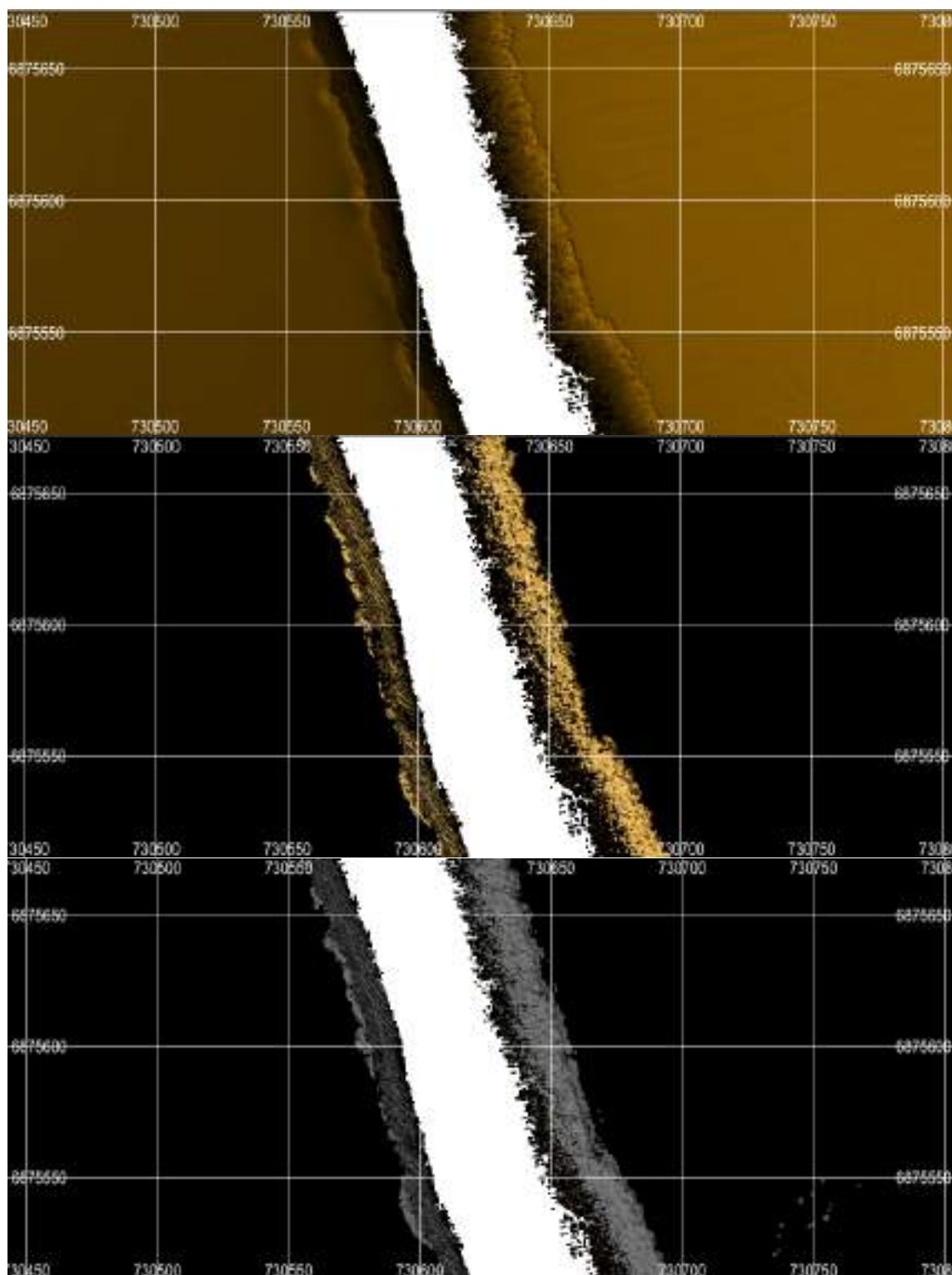


Figura 68 – Imagem do detalhamento 4 do molhe.

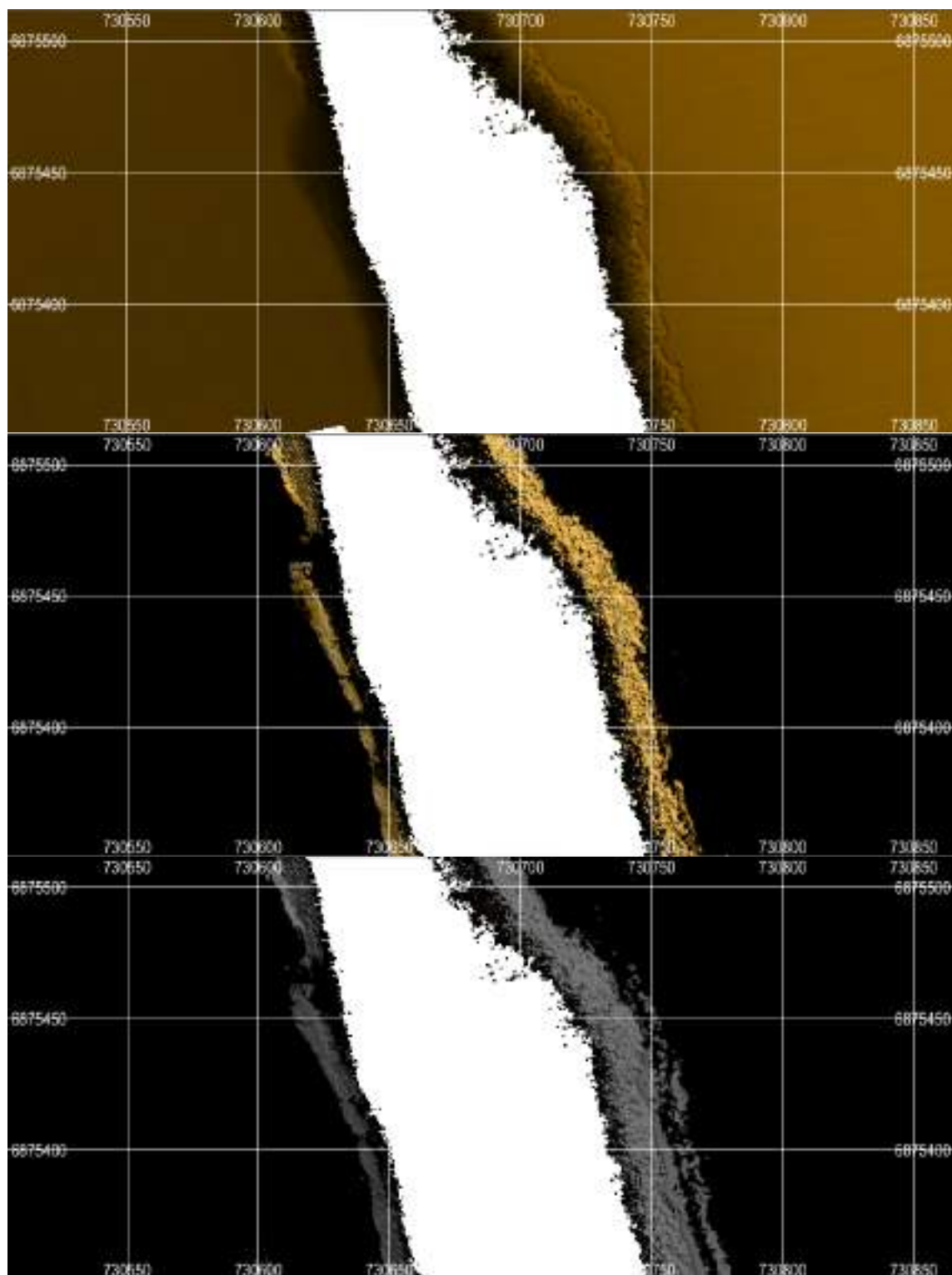


Figura 69 – Imagem do detalhamento 5 do molhe.

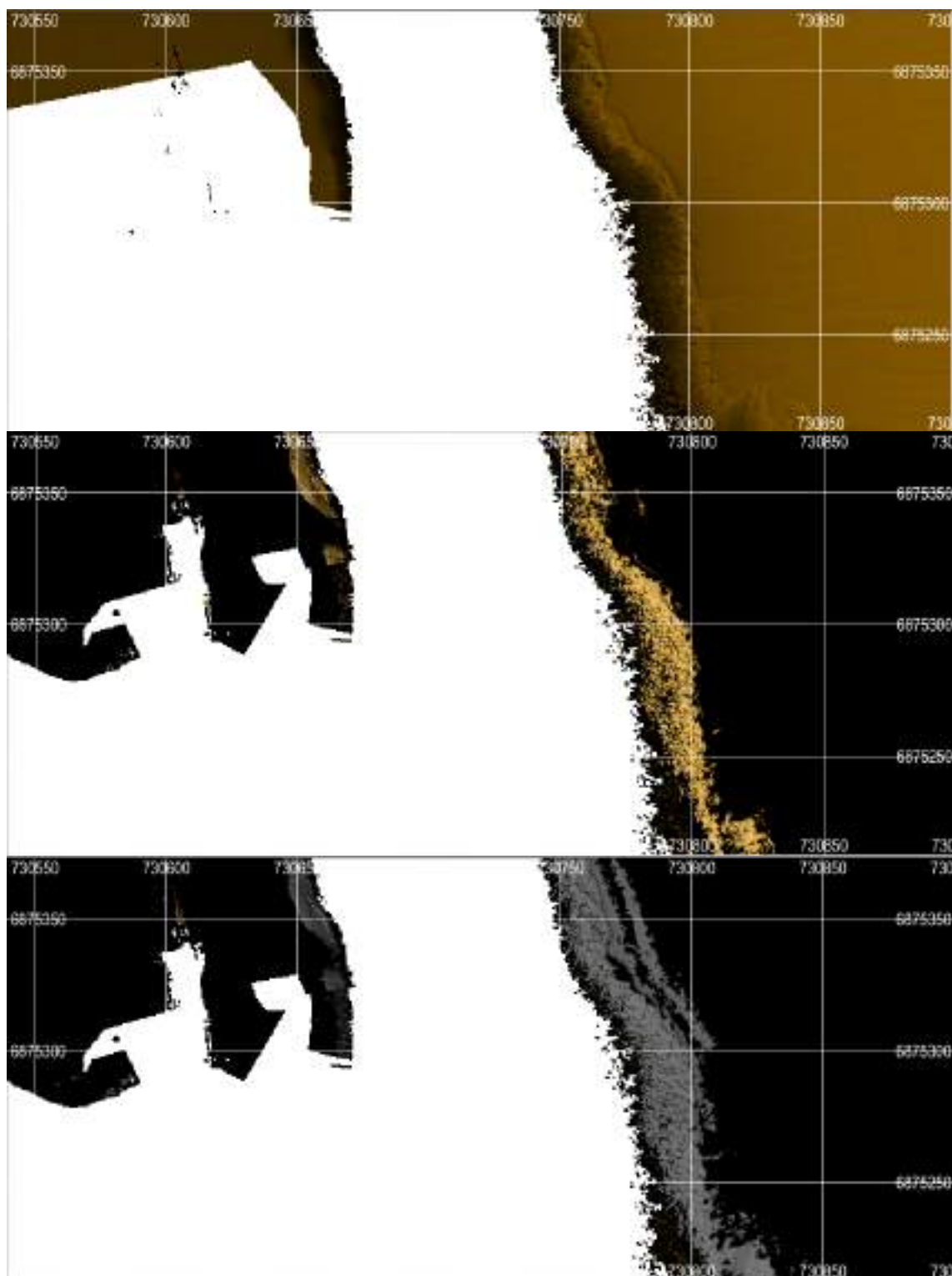


Figura 70 – Imagem do detalhamento 5 do molhe.

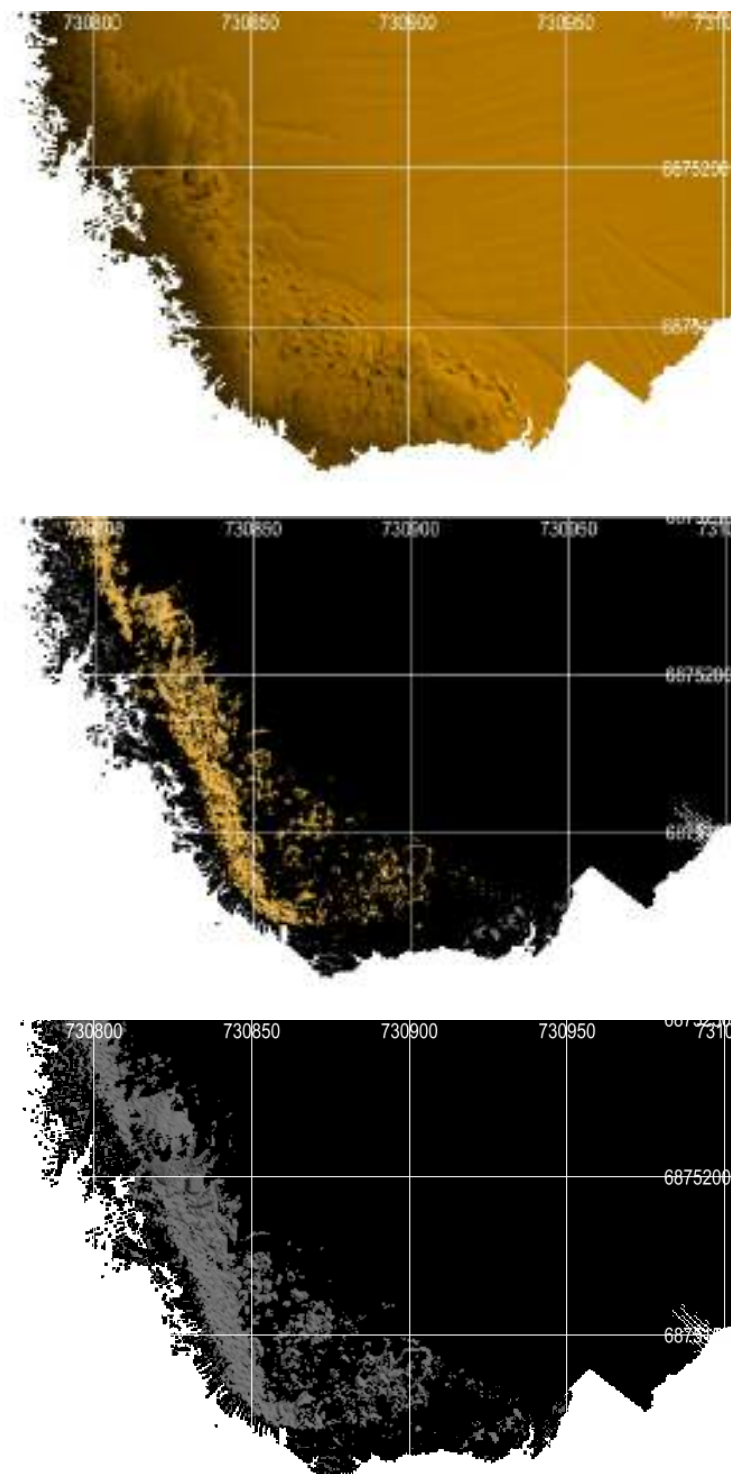
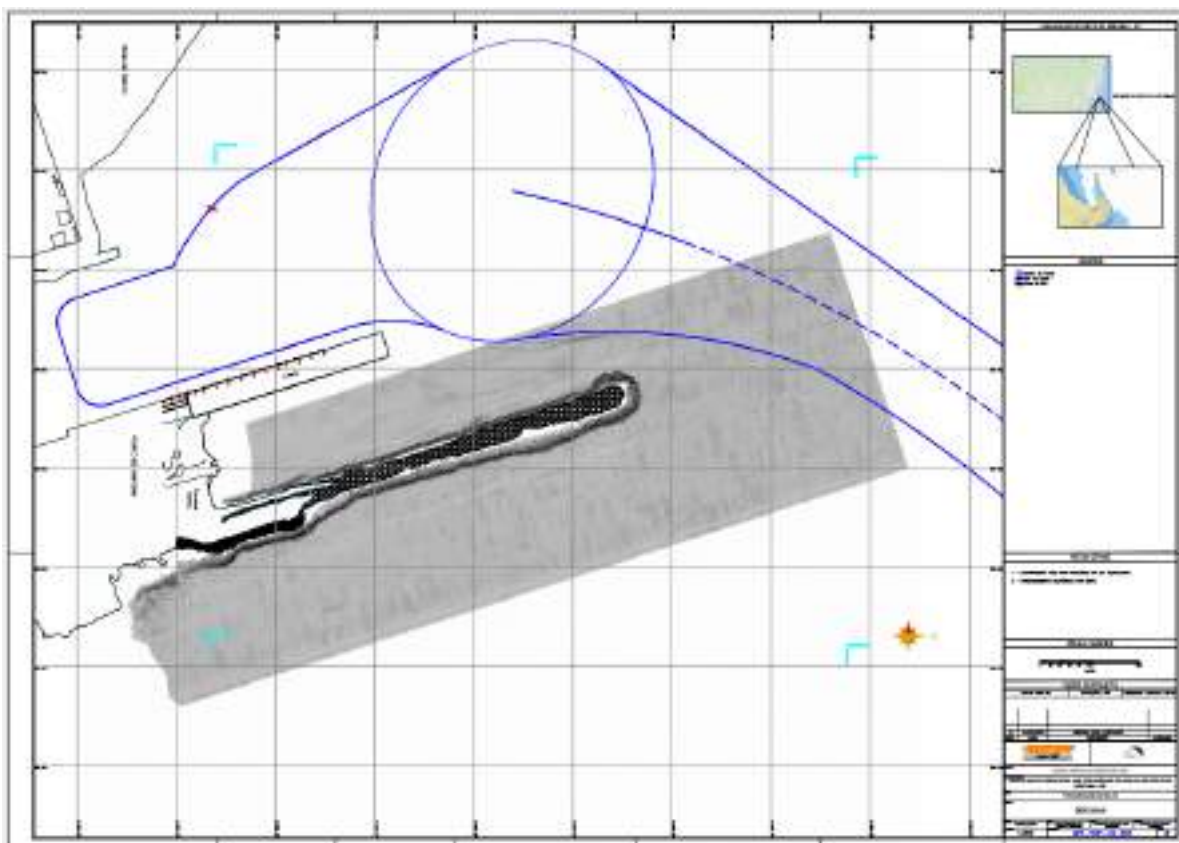


Figura 71 – Imagem do detalhamento 6 do molhe.

1.2.3. Documentos Cartográficos Produzidos

Foi confeccionada uma planta de Side Scan, desenho nº HDT-1061-24-001-SSS, na escala de 1:2000 no formato A0 da ABNT, na projeção UTM do sistema de GAUSS.

- HDT-1061-24-001-SSS, na escala de 1:2000.



1.2.4. Conclusões

Em toda a extensão da região definida para a pesquisa foi possível caracterizar, de forma precisa, todo o enrocamento do molhe do Porto de Imbituba.

1.2.5. Relatório Fotografico Sidescan



Figura 72 – Momento da operação Side Scan.



Figura 73 – Embarcação utilizada na operação Side Scan.



Figura 74 – Computador utilizado na aquisição de dados.



Figura 75 – Técnico na aquisição de dados.

1.3. INSPEÇÃO À PARTE IMERSA DO MOLHE

A inspeção subáguatica foi realizada no dia 19/11/2024 com uma equipe de mergulhadores experientes para este tipo de serviço, utilização de câmeras de alta resolução com recurso de gravação em áudio e vídeo, no molhe do Porto de Imbituba - SC, objetivando detalhar as condições atuais da saia do enrocamento submersa.

Essa operação foi efetuada por um técnico abordo e por mergulhadores que se deslocaram na extensão de todo o molhe.



Figura 76 – Identificação da área onde foi realizada a inspeção subaquática.



Figura 77 – Identificação da área onde foi realizada a inspeção subaquática.



Figura 78 – Identificação da área onde foi realizada a inspeção subaquática.

1.3.1. Documentos Produzidos

Encontra-se em anexo os arquivos de vídeos da inspeção subaquática.

1.4. INSPEÇÃO À PARTE EMERSA DO MOLHE

A inspeção visual foi realizada com a utilização de equipamento fotográfico no dia 03/09/2024, no molhe do Porto de Imbituba - SC, objetivando detalhar as condições atuais.

1.4.1. Trabalhos Executados

A inspeção do molhe foi realizada no Porto de Imbituba, localizado no município de Imbituba - SC (Figura 79).



Figura 79 – Identificação da área onde foi realizada a inspeção.

1.4.2. Fotografias

Molhe do Porto de Imbituba.



Tetrápodes e pedras menores.



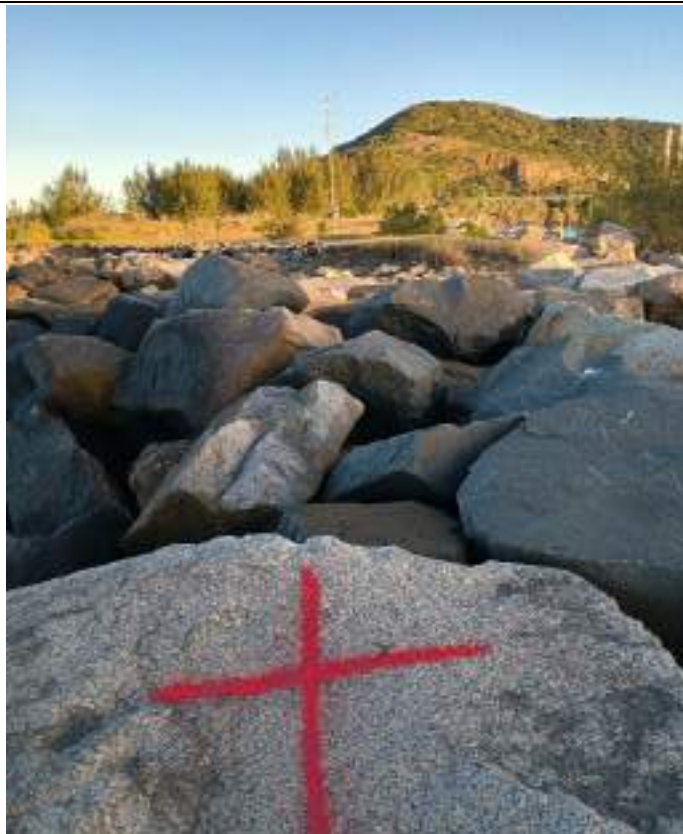
Pedras grandes, médias e pequenas.



Tetrápodes e pedras menores.



Pedras grandes e médias.



Pedras grandes, médias e pequenas.



Pedras grandes, médias, pequenas e saibro.



Pedras grandes, médias, pequenas e saibro.



Pedras grandes, médias, pequenas e saibro.



Pedras grandes, médias, pequenas e saibro.



Pedras grandes, médias, pequenas e saibro.



Pedras grandes, médias e pequenas lado oeste.



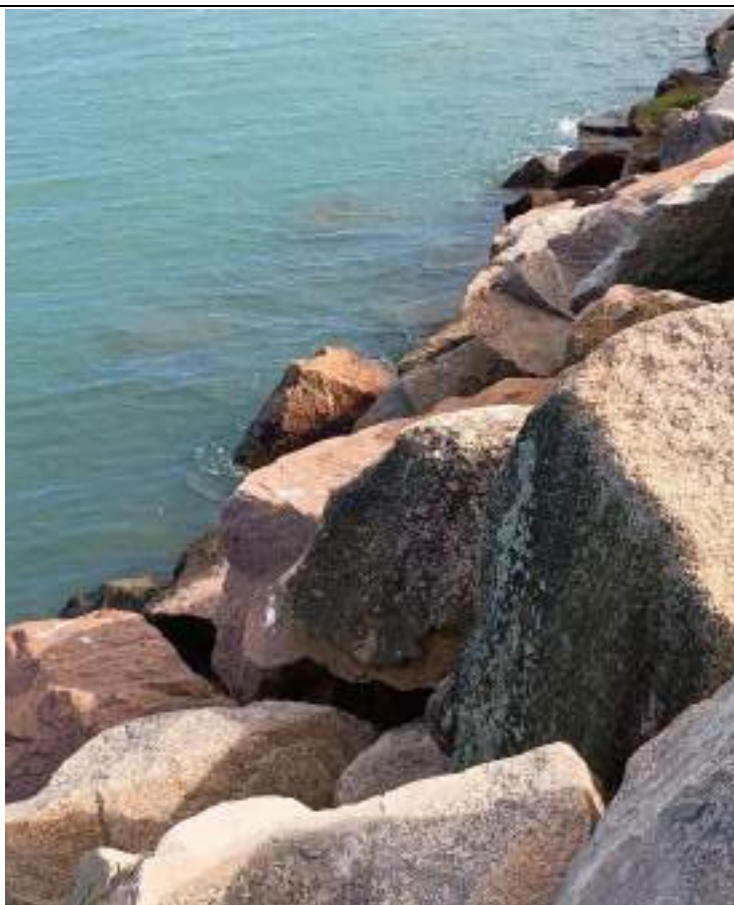
Pedras grandes, médias e pequenas lado oeste.



Pedras grandes lado oeste.



Pedras grandes lado oeste.



Pedras grandes lado oeste.



Tetrápodes lado leste.



Tetrápodes e pedras menores lado leste.



Pedras grandes, médias e pequenas lado leste.



Tetrápodes lado leste.



Estrutura do molhe lado Leste.



Estrutura do molhe lado Leste.



Estrutura do molhe lado Leste.



Estrutura do molhe lado Leste.



Estrutura do molhe lado Oeste.



Estrutura do molhe lado Oeste.



Estrutura do molhe lado Oeste.



Estrutura do molhe lado Oeste.



Estrutura do molhe lado Oeste.



Estrutura do molhe lado Oeste.



Estrutura do molhe lado Oeste.



Estrutura do molhe lado Oeste.



Estrutura do molhe lado Oeste.



Estrutura do molhe lado Oeste.



Estrutura do molhe lado Oeste.



Estrutura do molhe lado Oeste.



Estrutura do molhe lado Oeste.



Estrutura do molhe lado Oeste.



Estrutura do molhe lado Oeste.



Tetrápodes e pedras médias e pequenas.



Tetrápodes e pedras médias e pequenas.



Pedras grandes, médias e pequenas.



Pedras grandes e médias.



Pedras grandes e médias.



Pedras grandes.



Pedras grandes, médias e pequenas.



Pedras grandes, médias e pequenas.



Tetrápodes, pedras grandes, médias e pequenas.



Pedras grandes, médias e pequenas.



Tetrápodes, pedras grandes, médias e pequenas.



Pedras grandes, médias e pequenas.



Tetrápodes, pedras grandes, médias e pequenas.



Pedras grandes, médias e pequenas.



Pedras grandes, médias, pequenas e saibro.



Tetrápodes



Pedras grandes.



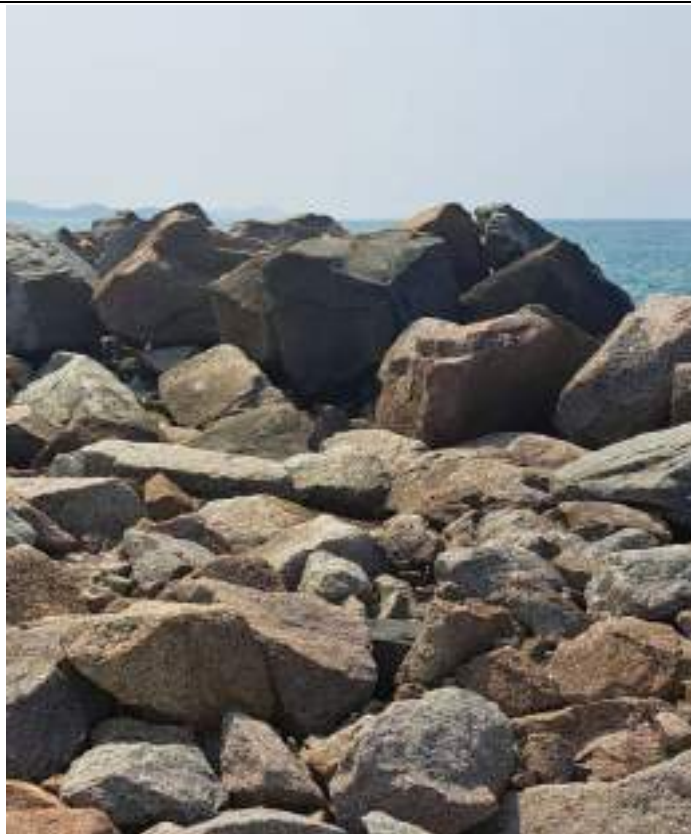
Pedras grandes.



Pedras grandes, médias e pequenas.



Pedras grandes, médias e pequenas.



Tetrápodes e pedras menores.



Pedras grandes, médias e pequenas.



Pedras grandes e médias.



Pedras grandes, médias e pequenas.



Tetrápodes, pedras grandes, médias e pequenas.



Início do Molhe lado leste.



Início do Molhe lado leste (Detalhamento 1).



Início do molhe, lado leste (Detalhamento 1 Parte 1-5).



Início do molhe, lado leste (Detalhamento 1 Parte 2-5).



Início do molhe, lado leste (Detalhamento 1 Parte 3-5).



Molhe lado leste (Detalhamento 1 Parte 4-5).



Molhe lado leste (Detalhamento 1 Parte 5-5).



Molhe lado oeste e leste (Detalhamento 2).



Molhe lado leste (Detalhamento 2 Parte 1-6).



Molhe lado leste (Detalhamento 2 Parte 2-6).



Molhe lado leste (Detalhamento 2 Parte 3-6).



Molhe lado oeste (Detalhamento 2 Parte 4-6).



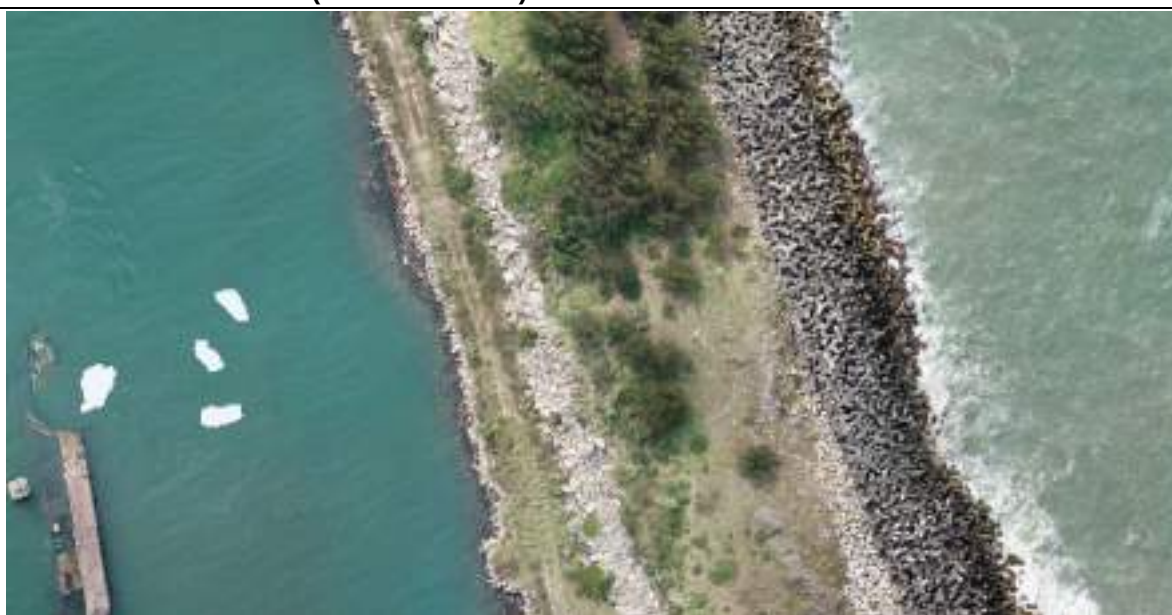
Molhe lado oeste (Detalhamento 2 Parte 5-6).



Molhe lado oeste (Detalhamento 2 Parte 6-6).



Molhe lado oeste e leste (Detalhamento 3).



Molhe lado leste (Detalhamento 3 Parte 1-6).



Molhe lado leste (Detalhamento 3 Parte 2-6).



Molhe lado oeste (Detalhamento 3 Parte 3-6).



Molhe lado oeste (Detalhamento 3 Parte 4-6).



Molhe lado oeste (Detalhamento 3 Parte 5-6).



Molhe lado oeste (Detalhamento 3 Parte 6-6).



Molhe lado oeste e leste (Detalhamento 4).



Molhe lado leste (Detalhamento 4 Parte 1-8).



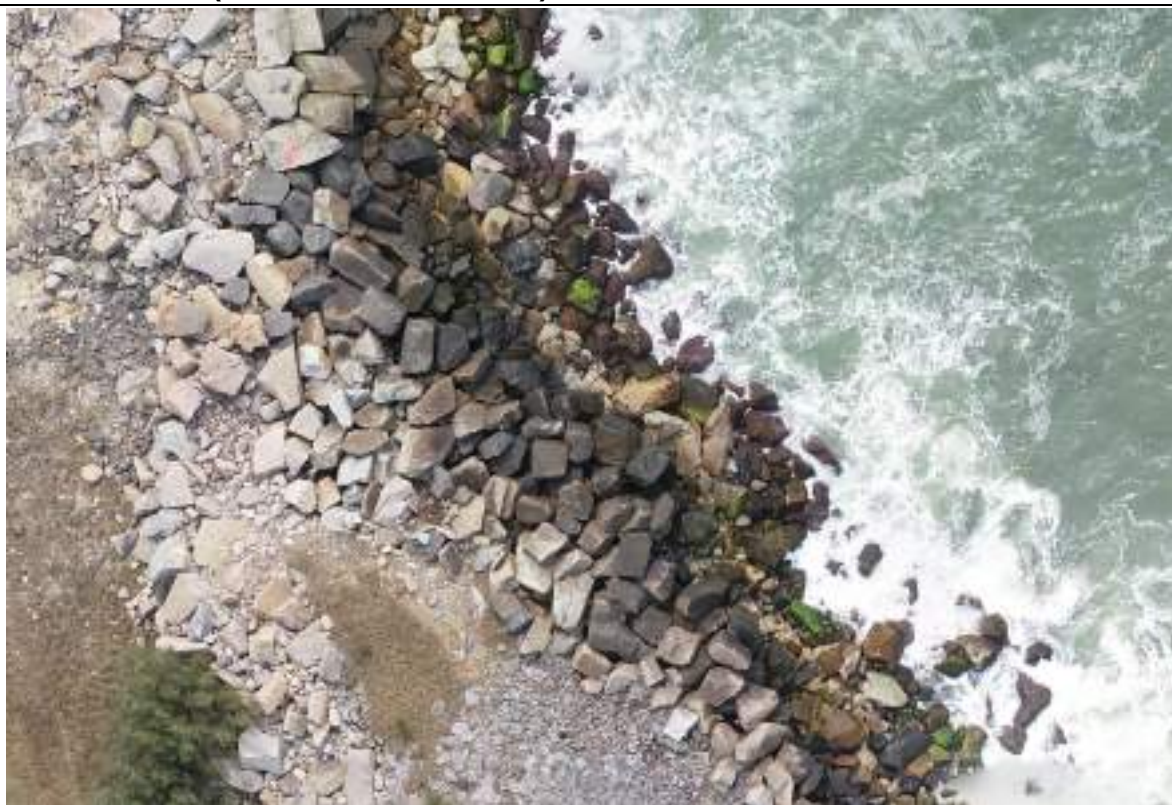
Molhe lado leste (Detalhamento 4 Parte 2-8).



Molhe lado leste (Detalhamento 4 Parte 3-8).



Molhe lado leste (Detalhamento 4 Parte 4-8).



Molhe lado oeste (Detalhamento 4 Parte 5-8).



Molhe lado oeste (Detalhamento 4 Parte 6-8).



Molhe lado oeste (Detalhamento 4 Parte 7-8).



Molhe lado oeste (Detalhamento 4 Parte 8-8).



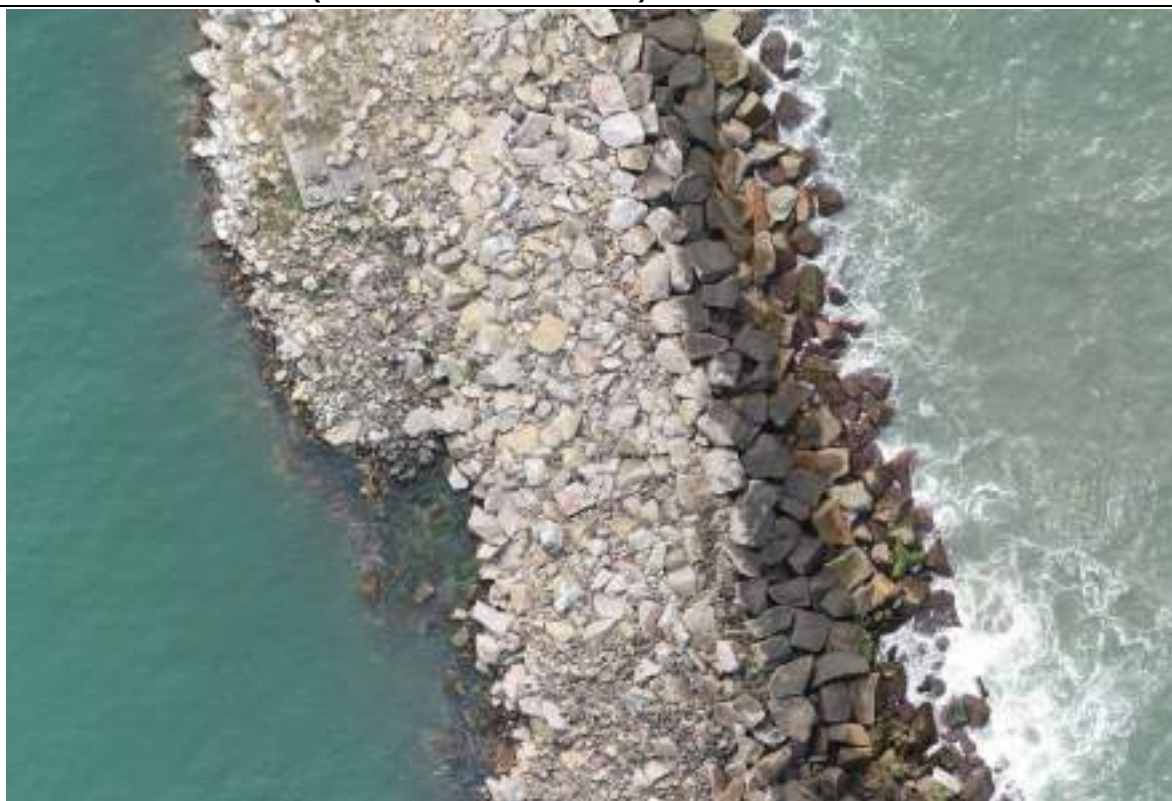
Molhe lado oeste e leste (Detalhamento 5).



Molhe lado oeste e leste (Detalhamento 5 Parte 1-3).



Molhe lado oeste e leste (Detalhamento 5 Parte 2-3).



Molhe lado oeste e leste (Detalhamento 5 Parte 3-3).



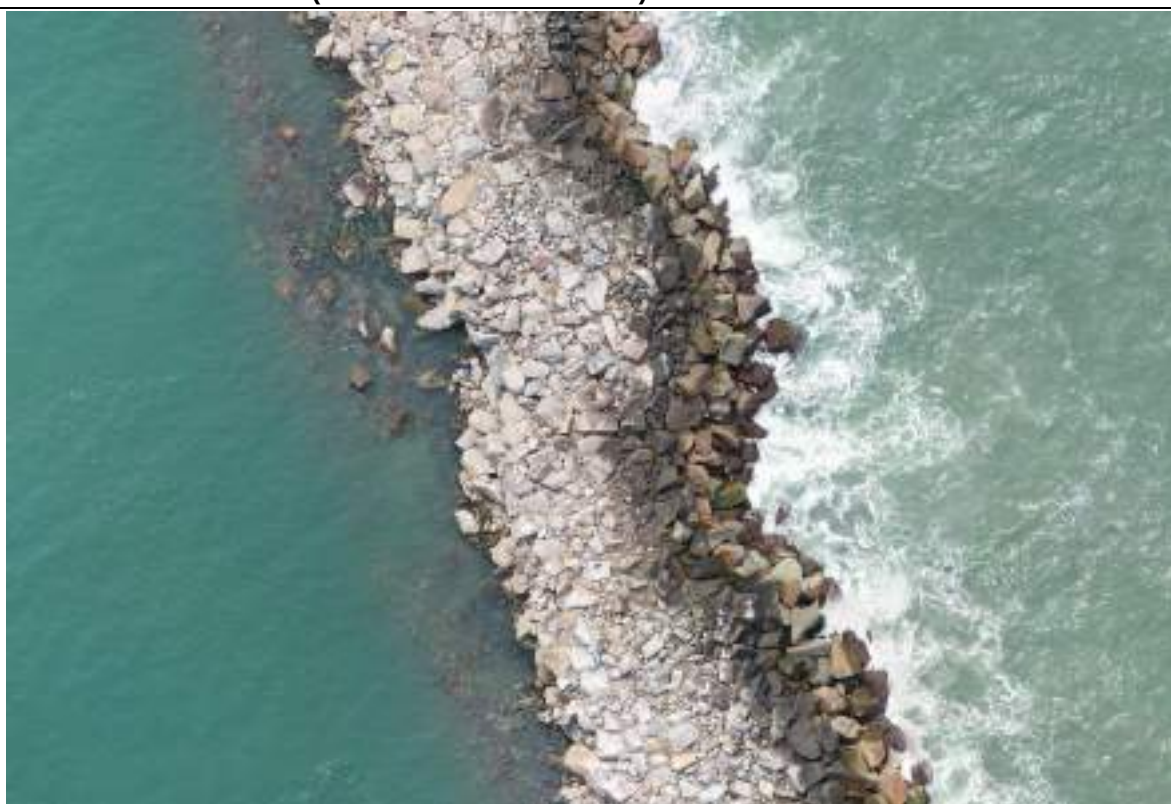
Molhe lado oeste e leste (Detalhamento 6).



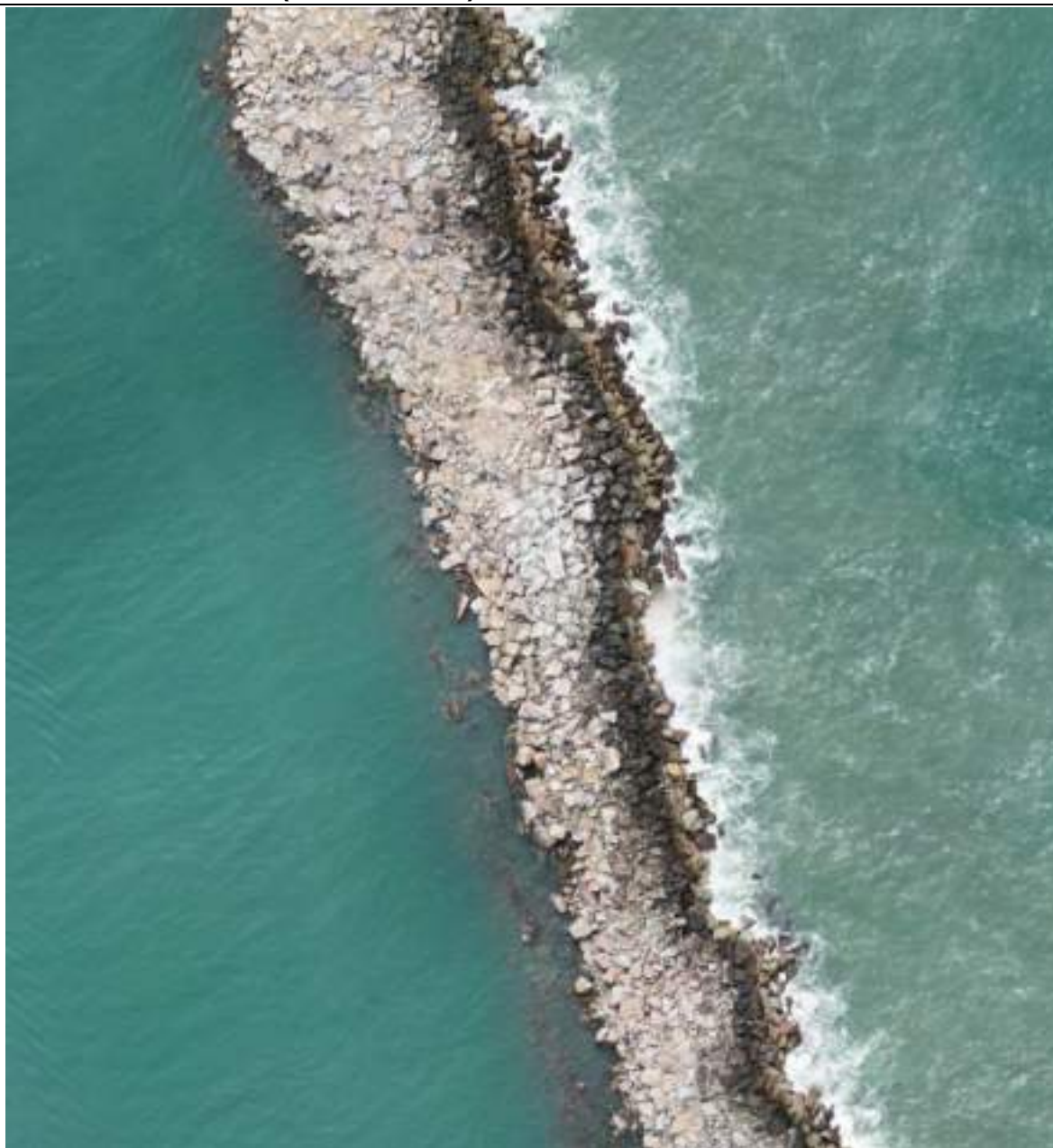
Molhe lado oeste e leste (Detalhamento 6 Parte 1-2).



Molhe lado oeste e leste (Detalhamento 6 Parte 2-2).



Molhe lado oeste e leste (Detalhamento 7).



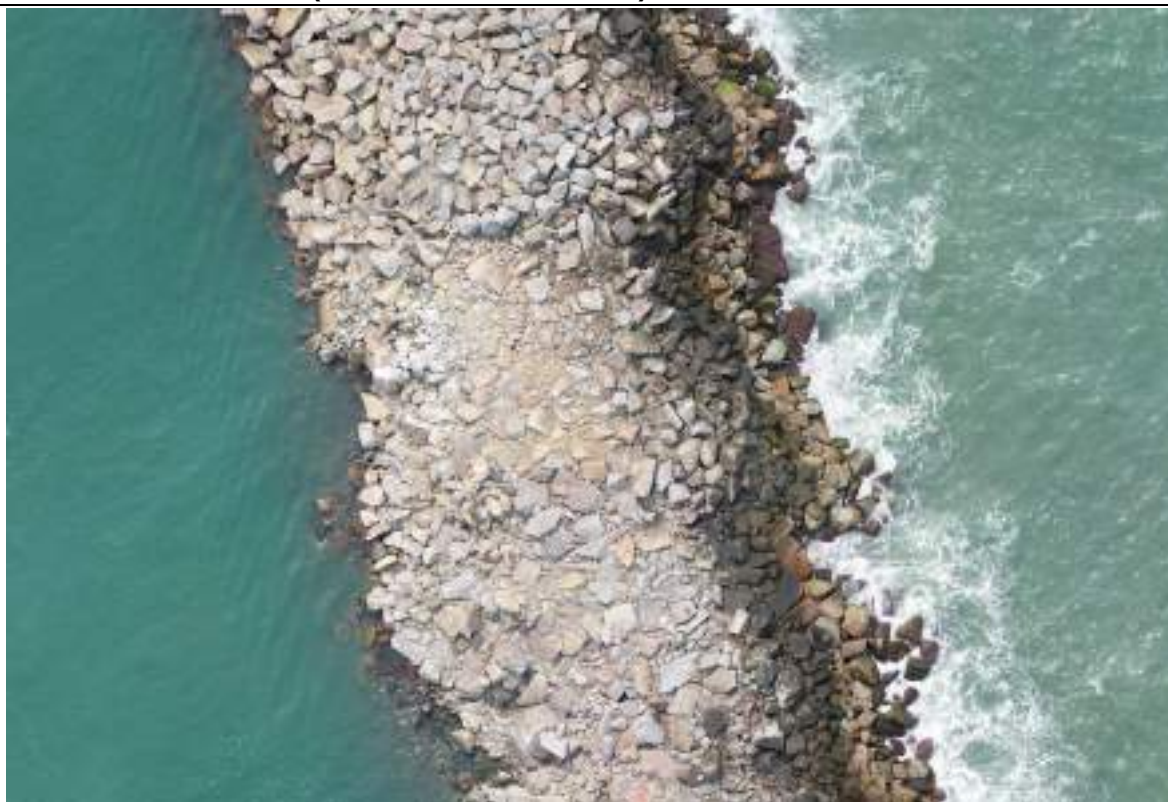
Molhe lado oeste e leste (Detalhamento 7 Parte 1-3).



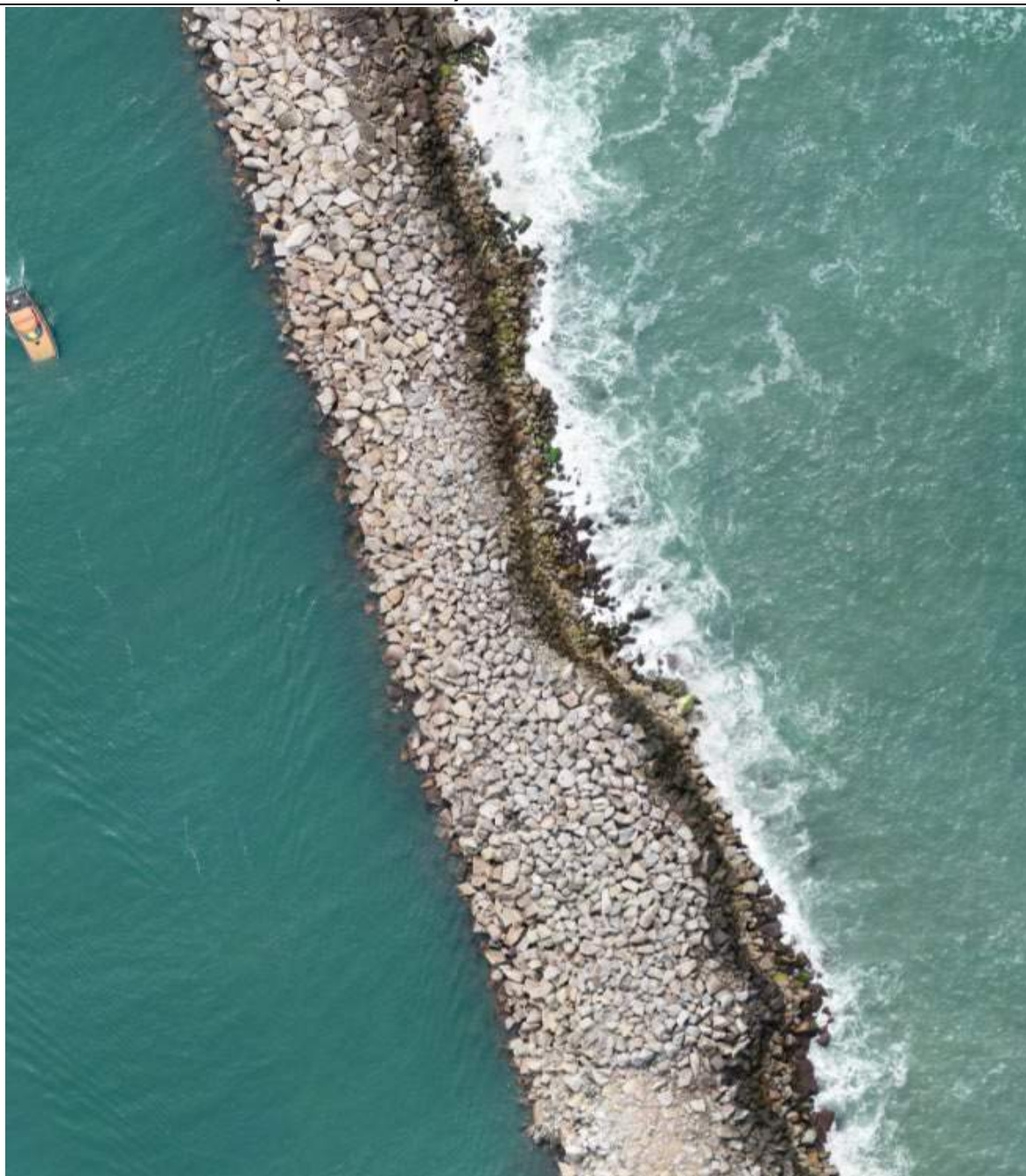
Molhe lado oeste e leste (Detalhamento 7 Parte 2-3).



Molhe lado oeste e leste (Detalhamento 7 Parte 3-3).



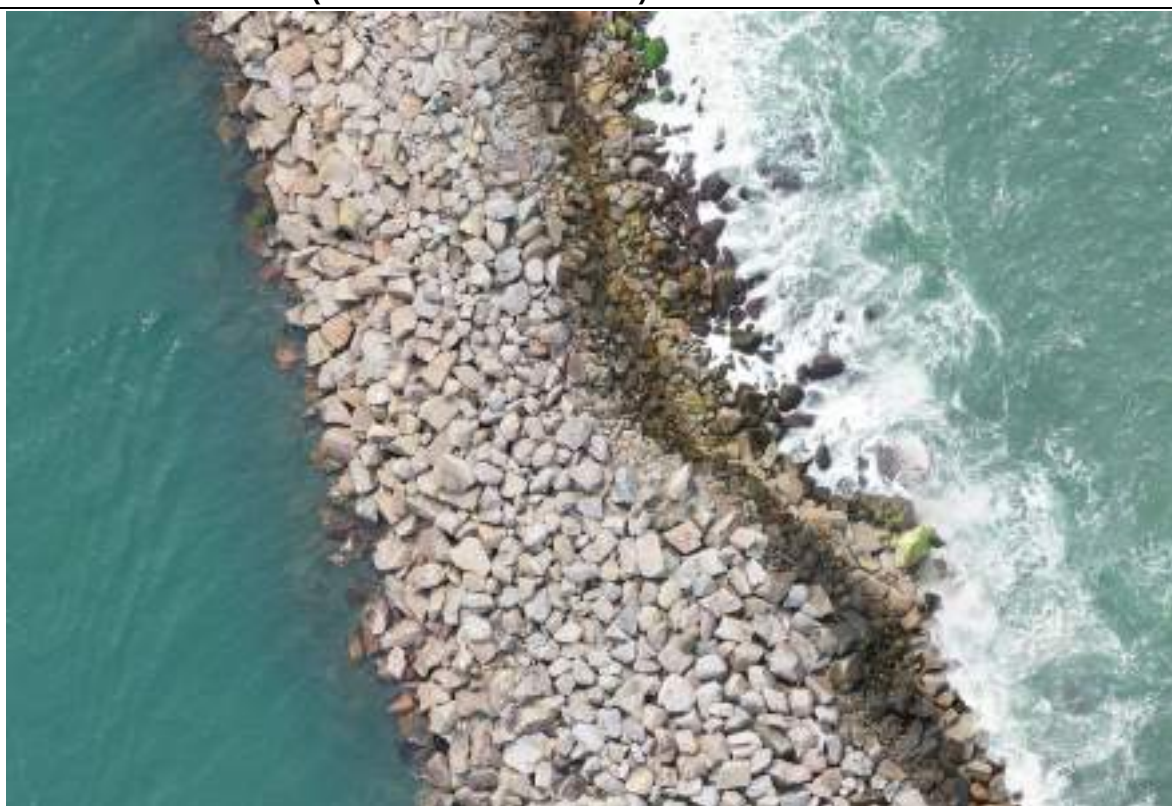
Molhe lado oeste e leste (Detalhamento 8).



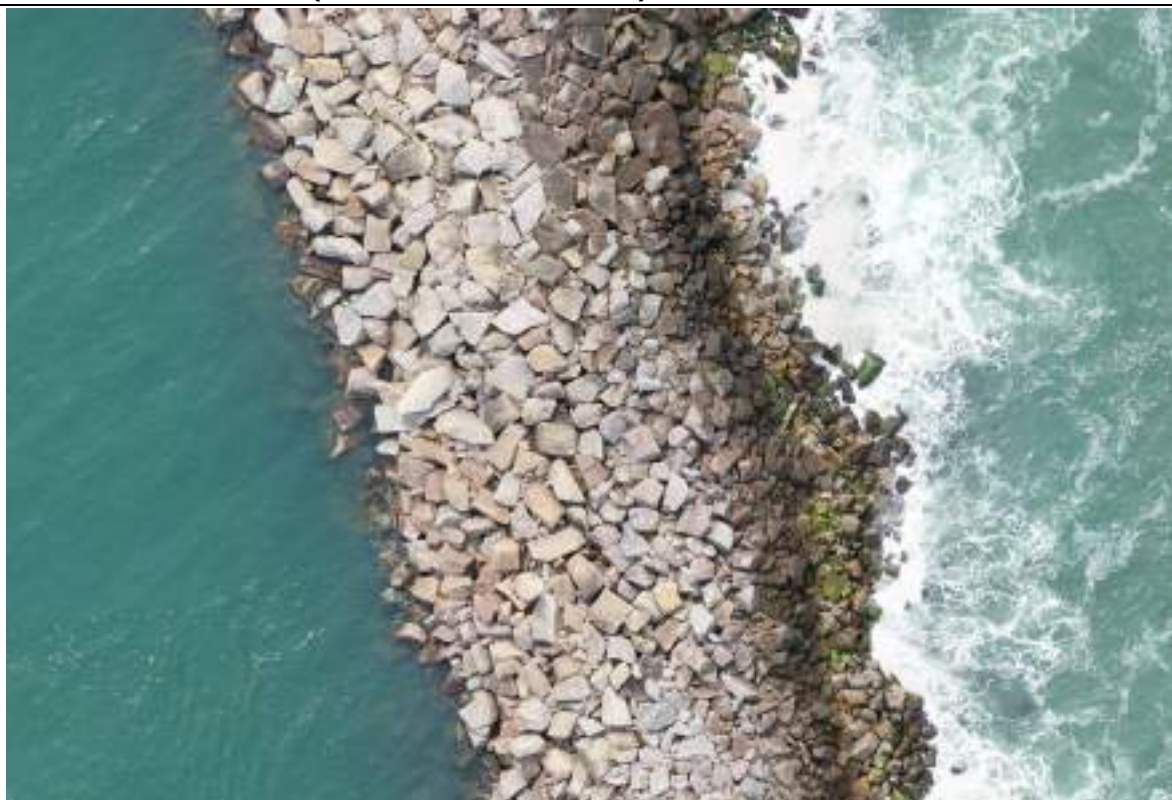
Molhe lado oeste e leste (Detalhamento 8 Parte 1-3).



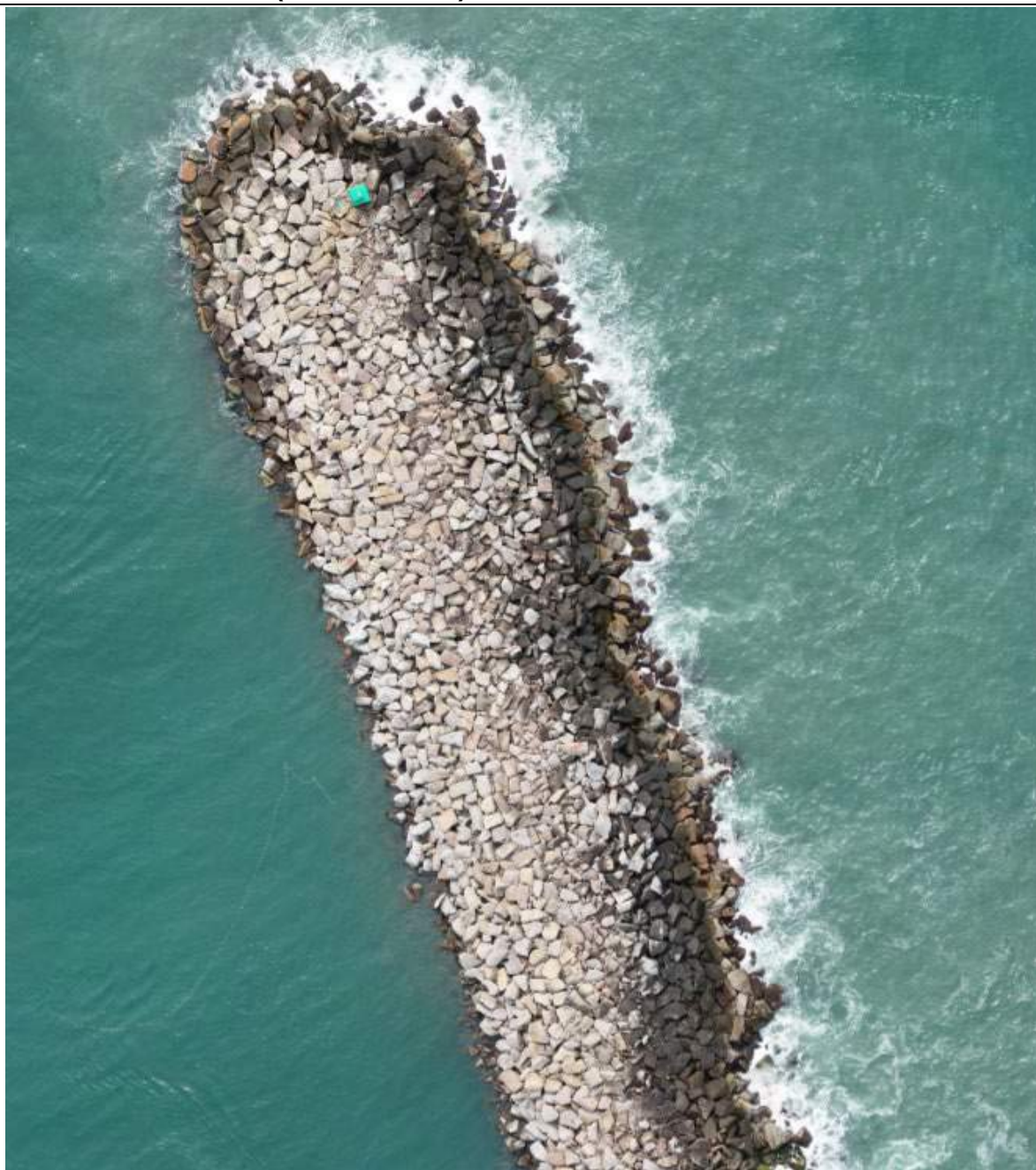
Molhe lado oeste e leste (Detalhamento 8 Parte 2-3).



Molhe lado oeste e leste (Detalhamento 8 Parte 3-3).



Molhe lado oeste e leste (Detalhamento 9).



Molhe lado oeste e leste (Detalhamento 9 Parte 1-3).



Molhe lado oeste e leste (Detalhamento 9 Parte 2-3).



Molhe lado oeste e leste (Detalhamento 9 Parte 3-3).



1.5. LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO (AEROFOTOGRAMÉTRICO) DO MOLHE

O mapeamento aéreo foi realizado no Molhe do Porto de Imbituba (Figura 77), localizado no município de Imbituba - SC, e tem como objetivo adquirir a planimetria e a altimetria da extensão do molhe.



Figura 80 – Área do mapeamento aerofotogramétrico.

1.5.1. Planejamento de Voo

O plano de voo (Figura 81) empregado neste serviço foi desenvolvido no escritório da Hidrotopo, de modo que o VANT voasse nas linhas previamente estabelecidas visando o recobrimento total da área de interesse.

O projeto supracitado foi idealizado com o auxílio do software DroneDeploy, que confere automação ao voo programado fazendo com que não haja atenuação durante a fase de aquisição de dados. Todo planejamento de voo foi elaborado no datum WGS-84 Zona 22S.

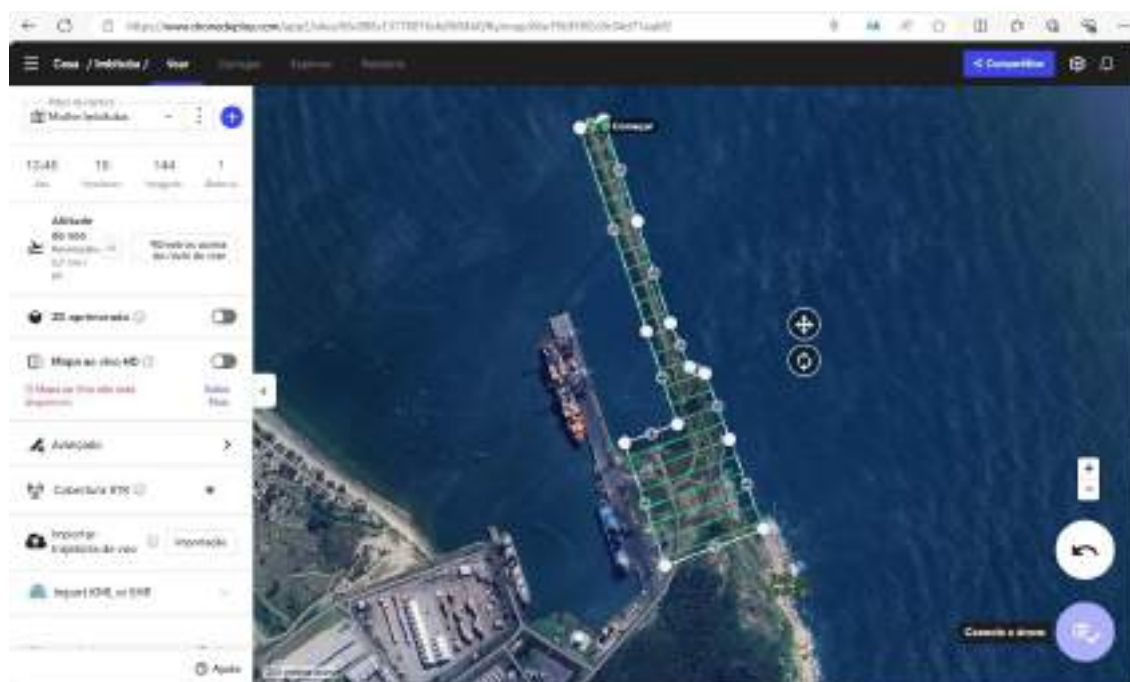


Figura 81 – Plano de voo.

As características empregadas neste voo buscaram entregar a melhor qualidade sem perder autonomia de voo.

CARACTERÍSTICA	VALORES
Tempo de voo	14:53min
Área	0.26km ²
Imagens	280
Altitude	90m
Resolução	2.7cm/px
Sobreposição frontal	75%
Sobreposição lateral	65%

1.5.2. Ground Point Control (GPC)

Com o propósito de conferir maior precisão ao levantamento executado, junto ao mapeamento aéreo, foram realizados pontos de controles (*Ground Point Control*) que servem como subsídio aos dados adquiridos pelo Phantom 4 PRO.

As marcações dos pontos de controle (Figura 82) foram desenvolvidos no escritório da Hidrotopo, de modo que fosse possível distribuí-los uniformemente em toda extensão do mapeamento.

A implantação dos pontos de controle é feita antes do levantamento aerofotogramétrico, já que é necessário que o VANT capture os pontos instaurados. A marcação desses pontos foi realizada diretamente no solo, com o uso de tinta vermelha. Deste modo, evitamos a perda do ponto em caso de superexposição das fotos adquiridas.



Figura 82 – Implantação dos pontos de controle.

1.5.3. Rastreamento dos GPC

A fase de rastreamento teve início imediatamente após as marcações dos pontos, de modo a evitar a perda de alguma marcação por quaisquer imprevistos que pudessem acontecer, garantindo assim a efetivação do trabalho.



Figura 83 – Rastreamento dos pontos de controle.

1.5.4. Processamento dos GPC

O processamento dos pontos de controle se deu no escritório sede da Hidrotopo, com o auxílio do software Magne Tools.

Para o ajustamento dos pontos foi utilizado o ponto SAT 94077 do IBGE, o mesmo foi referenciado a cota DHN, partindo da RN-3012X, ficha F-41-1908-001/57.

Após o processamento dos pontos de controle, os seguintes resultados foram encontrados:

PONTOS PÓS PROCESSAMENTO			
Name	Este	Norte	Vert RMS (m)
B1	6874921.97	730565.32	7.167
1	6875253.88	730671.27	7.503
2	6875295.46	730701.98	5.263
3	6875276.55	730747.46	4.781
4	6875240.08	730749.14	4.510
5	6875316.69	730732.60	5.005
6	6875342.96	730727.27	5.500
7	6875372.66	730717.07	5.101
8	6875352.21	730684.23	5.431
9	6875401.77	730667.03	5.344
10	6875450.07	730656.53	5.921
11	6875446.86	730689.34	5.928
12	6875499.78	730649.28	5.603
13	6875535.29	730627.86	5.097
14	6875560.75	730630.02	5.662
15	6875589.24	730609.36	4.782
16	6875616.98	730610.97	5.516
17	6875644.70	730590.73	5.210
18	6875678.18	730588.38	4.878
19	6875707.63	730570.34	4.188
20	6875733.89	730570.18	6.086
21	6875778.35	730563.21	6.470
22	6875799.75	730543.11	5.135
23	6875836.26	730543.13	7.035
24	6875856.13	730525.54	7.315
25	6875886.68	730523.94	6.980
26	6875910.41	730504.56	6.393
27	6875940.91	730503.86	6.794
28	6875970.30	730485.19	5.334
29	6876016.97	730485.64	7.159
30	6876040.09	730457.65	3.702
31	6876061.96	730477.37	6.313
32	6876077.32	730444.71	4.819
33	6876085.35	730466.30	6.078
34	6876091.03	730450.68	6.053
35	6875178.83	730723.46	7.724
36	6875168.42	730648.07	6.560
37	6875126.13	730688.74	7.526
38	6875109.05	730721.38	7.613
39	6875089.66	730671.24	7.656
40	6875202.85	730631.86	5.007

41	6875221.42	730605.65	3.579
42	6875240.28	730620.53	2.669
43	6875286.23	730606.46	1.464
44	6875272.02	730579.41	1.712
45	6875234.94	730546.53	5.735
47	6875178.23	730607.17	6.896
41A	6875249.28	730596.00	2.610
48	6875110.88	730598.38	6.700
49	6875016.96	730637.20	8.031
50	6875046.71	730698.76	8.386
RN 3130A	6874933.53	730555.40	6.327
RN 4	6874931.38	730554.49	6.434
36A	6875159.33	730634.39	7.027

PONTO BASE SAT 94077

IBGE Relatório de Estação Geodésica

Estação : 94077 Nome da Estação : 94077 Tipo : Estação GPS
Município : IMBITUBA UF : SC
Última Visita : 31/03/2022 Situação Marco Principal : BOM Última Atualização : 05/05/2023
Inscrição chapa : ---

DADOS PLANIALTIMÉTRICOS		DADOS ALTIMÉTRICOS		DADOS GRAVIMÉTRICOS	
Latitude	28° 13' 58.1000" S	Altitude Normal (m)		Gravidade (mGal)	
Longitude	48° 29' 01.2110" W	Fonte		Datum	
Altitude Geométrica (m)	5.190	Sigma Altitude (m)		Data Medição	
Fonte	GPS Geodésico	Datum		Data Cálculo	
Origem	Ajustada	Data Medição			
Datum	SRGAS2000	Data Cálculo			
Data Medição	28/09/2015				
Data Cálculo	18/12/2016				
Sigma Latitude (m)	0.002				
Sigma Longitude (m)	0.002				
Sigma Altitude (Geométrica) (m)	0.010				
UTM (N)	83T4 821.987				
UTM (E)	730 585.317				
MC	-81				

- Ajustamento Altimétrico Simultâneo da Rede Altimétrica em 2007/2008 - RICALT 2008 2ª edição disponível em : <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/temas/tv/01508.pdf>

- Ajustamento Planimétrico SBRAS2000 em 23/11/2004 e 05/03/2006 - Relatório em : http://geofp.ibge.gov.br/formacao_cobranca_posicionamento_geodestico/relatorio_planialtimetrico/relatorio_alga2000.pdf

- As informações de coordenadas estão referenciadas ao sistema SBRAS2000, em conformidade com a RPPN 01/2012 de 24/02/2013 disponível em : http://geofp.ibge.gov.br/medidas_e_outros_documentos_de_referencia/temas/tv_01_2013_srgas2000.pdf

Observações:
No Porto de Imbituba, a 10 m da escada de acesso às estações maregráficas e a 200 m a réis da escada para embarque do navio.

Descrição:
Cilindro de concreto com 40 cm de diâmetro e 45 cm de altura; sobre uma base quadrangular de concreto de 1 m x 1 m. Possui no topo um giro de centragem forçada.

Foto(a)



1.5.5. Relatório de Processamento do Photoscan

Agisoft PhotoScan

Processing Report
11 September 2024



Survey Data

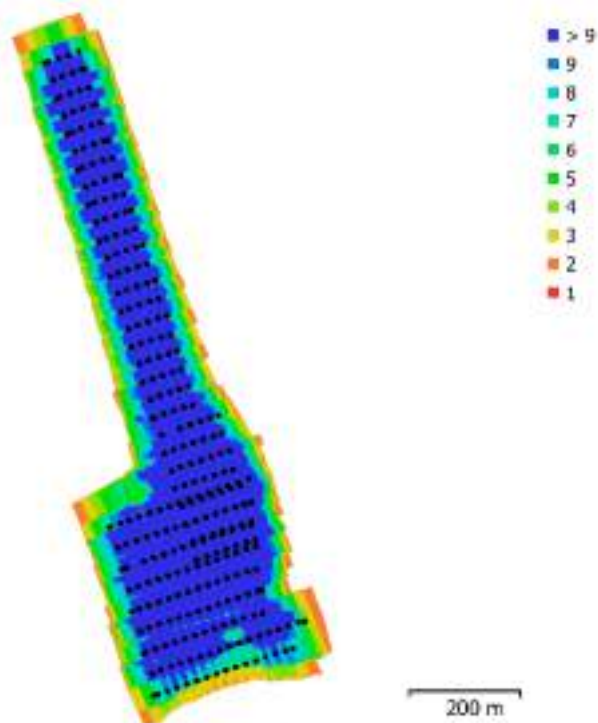


Fig. 1. Camera locations and image overlap.

Number of images:	298	Camera stations:	298
Flying altitude:	96.9 m	Tie points:	215,356
Ground resolution:	2.4 cm/pix	Projections:	944,285
Coverage area:	0.29 km ²	Reprojection error:	1.17 pix

Camera Model	Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibrated
FC6310 (8.8mm)	4864 x 3648	8.8 mm	2.61 x 2.61 μ m	No

Table 1. Cameras.

Camera Calibration

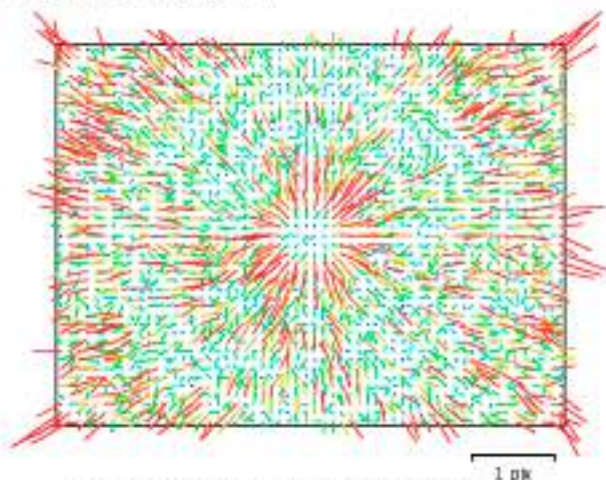


Fig. 2. Image residuals for FC6310 (8.8mm).

FC6310 (8.8mm)

298 Images

Type
Frame

Resolution
4864 x 3648

Focal Length
8.8 mm

Pixel Size
2.61 x 2.61 μm

	Value	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
F	3682.38	0.89	1.00	0.57	0.11	0.20	-0.12	0.20	0.06	-0.00
Cx	-7.93488	0.061		1.00	0.11	0.13	-0.08	0.12	0.41	0.07
Cy	22.3628	0.057			1.00	0.01	-0.01	0.02	0.02	0.40
K1	0.00690826	6.4e-05				1.00	-0.69	0.67	0.28	0.06
K2	-0.0194631	0.00015					1.00	-0.98	-0.02	0.00
K3	0.0225985	0.00016						1.00	0.03	-0.00
P1	-0.000735825	1.5e-06							1.00	0.11
P2	-0.000260893	2.3e-06								1.00

Table 2. Calibration coefficients and correlation matrix.

Camera Locations

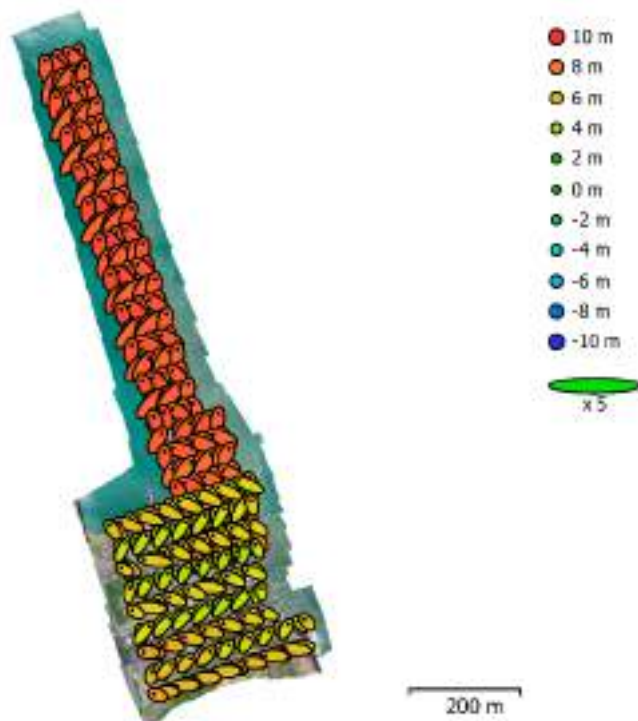


Fig. 3. Camera locations and error estimates.

Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape.
Estimated camera locations are marked with a black dot.

X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	XY error (m)	Total error (m)
3.39113	4.24578	7.29274	5.43382	9.09453

Table 3. Average camera location error.

X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Ground Control Points



Fig. 4. GCP locations and error estimates.

Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape.
Estimated GCP locations are marked with a dot or crossing.

Count	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total (cm)
51	1.80189	4.44918	16.7994	4.80021	17.4717

Table 4. Control points RMSE.

X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Label	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
1	-0.773955	2.64086	0.527211	2.80198	0.416 (12)
2	0.923578	1.08135	4.19514	4.40985	0.604 (12)
3	-3.1503	2.76767	-13.7851	14.4388	0.458 (13)
4	-3.18527	3.32025	-22.9501	23.4157	0.411 (12)
5	-4.21709	2.90496	-7.68909	9.40585	0.970 (20)
6	-1.07463	-0.122599	-6.04811	6.1441	0.753 (9)
7	-0.899266	1.73173	3.71666	4.19775	0.648 (9)
8	-2.31767	1.02337	5.57919	6.1275	0.578 (11)
9	0.294655	2.29112	11.7408	11.2566	0.301 (8)
10	0.103409	-2.57928	7.3989	17.5917	0.458 (7)
11	-2.03296	-2.11033	8.13764	8.64914	0.396 (8)
12	0.65556	4.52405	7.4002	18.0277	0.301 (7)
13	0.611748	-3.56857	9.2126	19.6273	0.330 (9)
14	1.06269	-7.42155	18.961	20.3921	0.532 (18)
15	0.52891	7.37091	23.6507	24.757	0.625 (17)
16	0.37449	-6.14829	19.5855	20.6444	0.608 (18)
17	1.13185	-6.65862	22.0863	23.096	0.581 (17)
18	3.02224	7.27197	18.0077	19.6543	0.460 (17)
19	2.68881	-6.62503	19.9371	21.2438	0.415 (16)
20	1.11028	-6.16856	16.9248	18.0481	0.439 (16)
21	2.8532	-6.59862	14.7801	16.4357	0.523 (19)
22	0.857896	5.59445	14.3038	15.4666	0.397 (14)
23	0.716553	-2.77753	10.9168	11.2874	0.685 (17)
24	0.285278	-1.95014	9.25062	9.46031	0.360 (14)
25	1.50636	-1.77828	6.09311	6.5226	0.343 (15)
26	-0.583787	0.0171713	1.54056	1.65316	0.520 (17)
27	-0.83716	1.33964	-3.84481	4.15668	0.713 (20)
28	1.06732	0.740724	-6.32916	6.46112	0.665 (16)
29	-2.49334	0.46035	-15.0464	16.5634	0.642 (15)
30	-1.6664	4.90086	-23.5573	24.1303	0.614 (16)
31	1.02893	7.81065	23.4765	24.7531	0.331 (15)

Label	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
32	-3.26197	8.47158	-30.5062	31.913	0.510 (13)
33	0.395506	0.18915	24.8972	26.5418	0.701 (15)
34	-3.62852	0.97909	-29.8356	31.3918	0.683 (14)
35	-1.16972	2.69796	-22.5339	22.7249	0.601 (15)
36	0.307309	2.97791	-4.16867	5.13228	0.623 (14)
37	0.727813	2.75799	20.0417	20.2437	0.681 (15)
38	-1.94603	5.42314	-28.5405	29.167	0.704 (16)
39	0.582134	4.31391	-21.0136	21.4597	0.427 (14)
40	0.903266	0.014445	0.601641	1.08539	0.663 (19)
41	-1.69597	-0.174833	7.39887	7.40564	0.566 (14)
42	-0.791609	-1.44454	8.30984	8.47153	0.377 (11)
43	0.911679	-1.55281	12.5725	12.702	0.543 (12)
44	0.980344	-1.37423	17.7819	17.8619	0.548 (16)
45	3.72637	-2.67559	23.1451	23.6189	0.784 (14)
47	2.10535	0.219505	3.33512	3.95215	0.504 (16)
41A	2.2793	-1.21837	16.206	16.4108	0.924 (14)
48	2.35136	0.709818	-2.11575	3.23867	0.573 (16)
49	0.958829	1.7244	-23.1038	23.1879	0.547 (14)
50	0.69707	6.42048	29.9388	30.6326	0.780 (15)
36A	1.57203	0.4453	3.94481	4.26979	0.857 (12)
Total	1.80189	4.44918	16.7994	17.4717	0.621

Table 5. Control points.
X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Digital Elevation Model

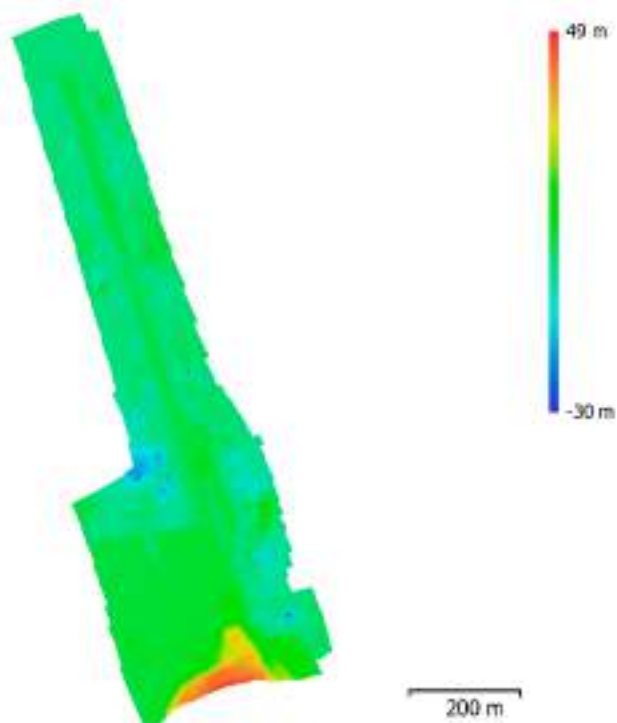


Fig. 5. Reconstructed digital elevation model.

Resolution: 9.6 cm/pix
Point density: 108 points/m²

General

[illegible]

Tratamento	Tratamento físico
Reconstruction parameters	
Source data	Source data
Elevation	255
Project grid (m)	30
Tolerance (m)	12 minutes (15 seconds)
DEM	
File	S:\175 x 17.829
Coordinate system	WGS 84 / UTM zone 22s (Elev: 22722)
Reconstruction parameters	
Source data	Source data
Elevation	255
Tolerance (m)	12 minutes (15 seconds)
Orthomosaic	
File	Ortho.tif (1.6MB)
Coordinate system	WGS 84 / UTM zone 22s (Elev: 22722)
Units	1 minute (15 seconds)
Reconstruction parameters	
Accuracy model	Fixed
Source data	DEM
Tolerance (m)	30
Tolerance (m)	12 minutes (15 seconds)
Software	
Version	1.4.5 (2017.10)
Author	ATC/SCPAR

1.5.6. Área de Trabalho do Photoscan

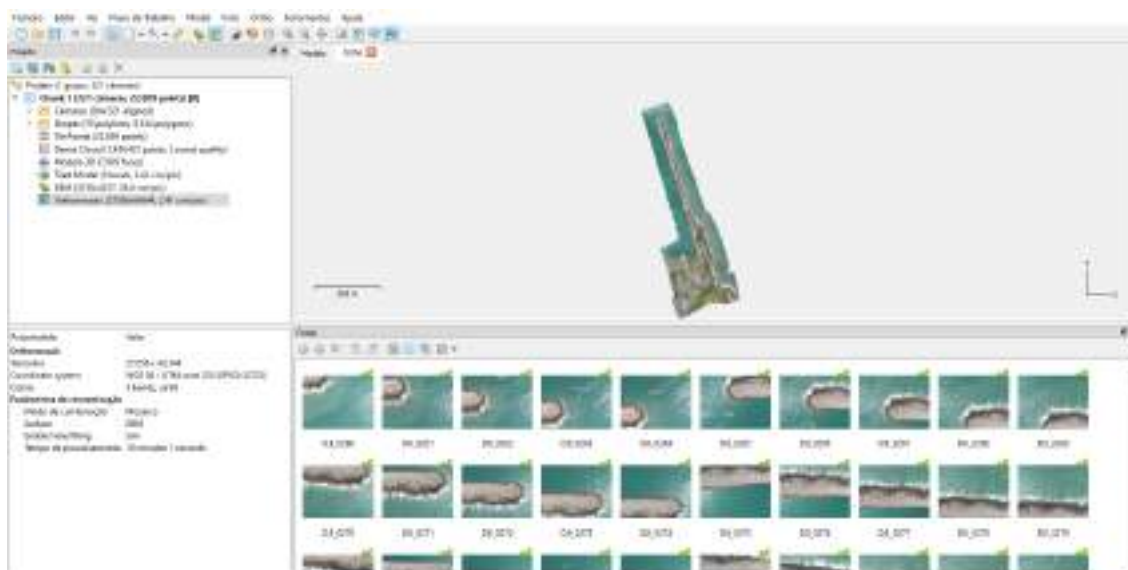


Figura 84 – Imagem geral da ortomosaico produzida.

1.5.7. Imagens 3D do Mapeamento

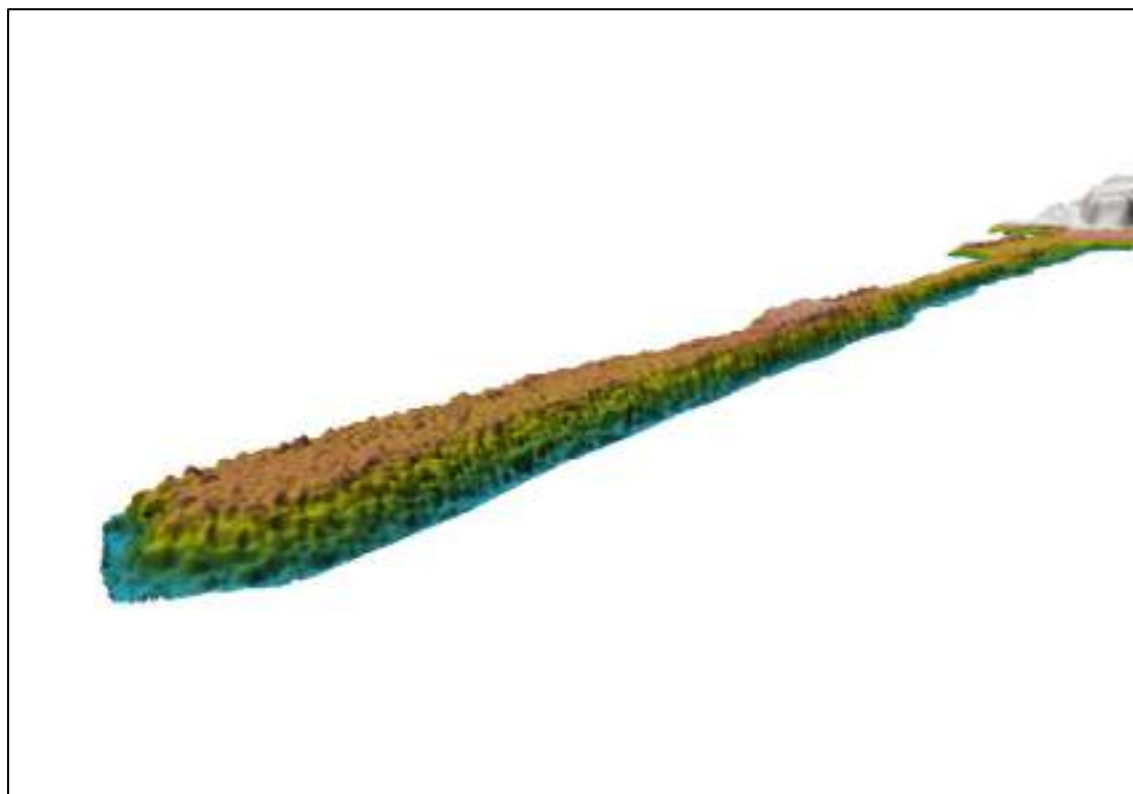


Figura 85 – Imagem 3D do molhe de Imbituba.

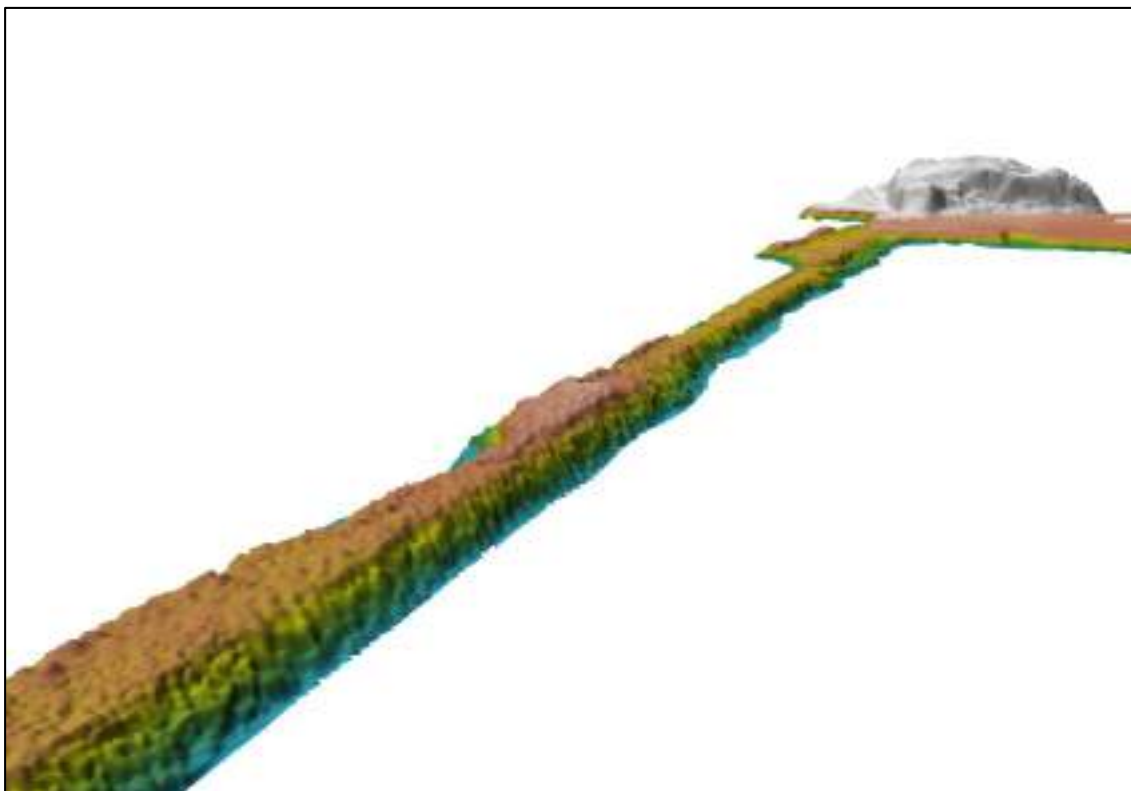


Figura 86 – I Imagem 3D do molhe de Imbituba.

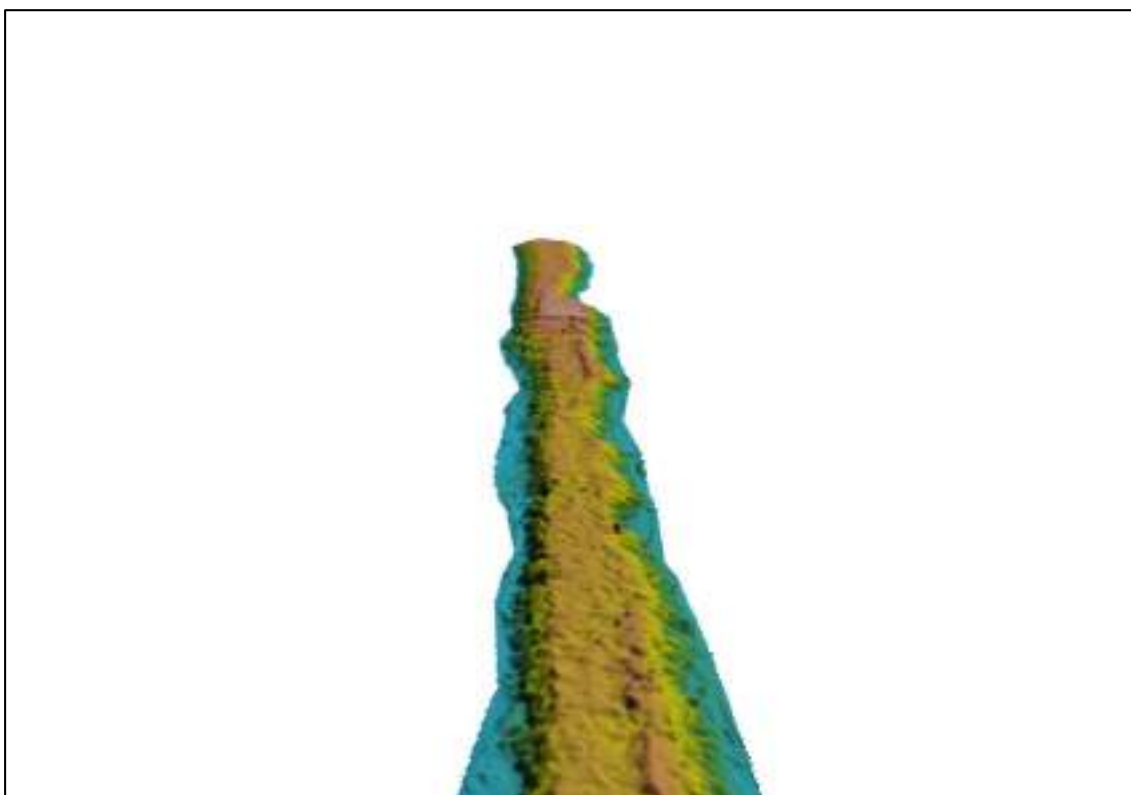


Figura 87 – Imagem 3D do molhe de Imbituba.

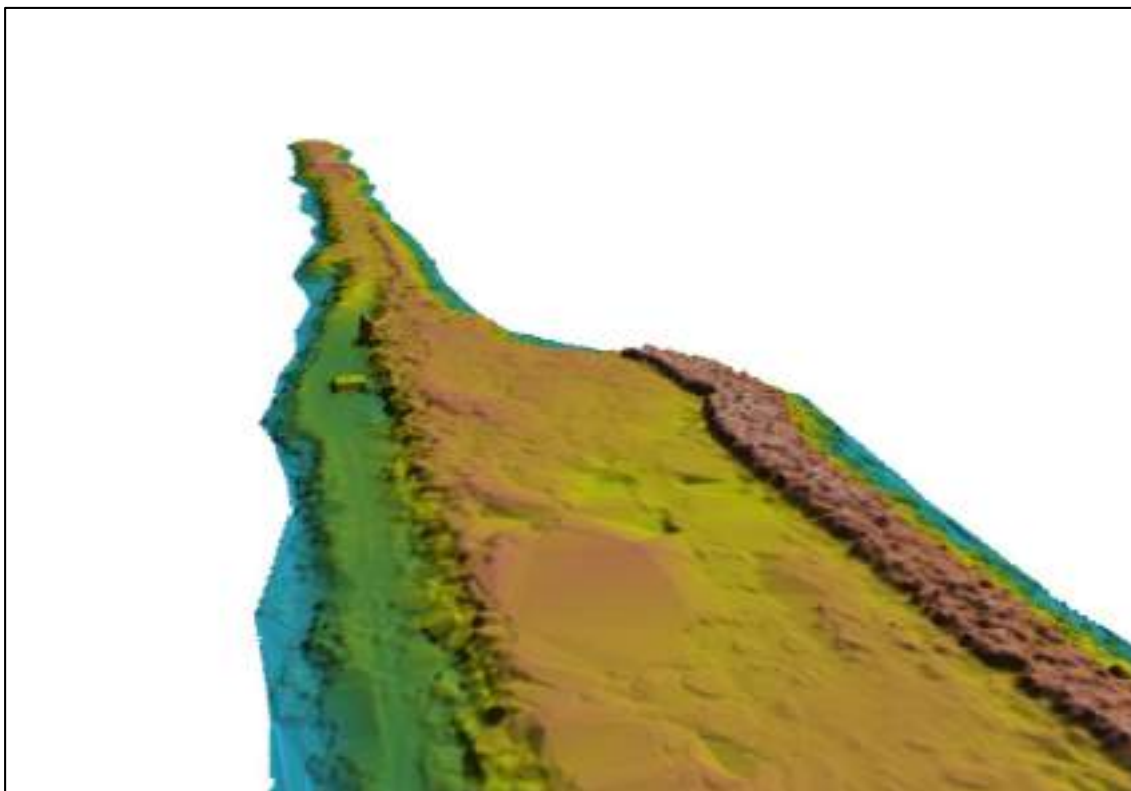


Figura 88 – Imagem 3D do molhe de Imbituba.

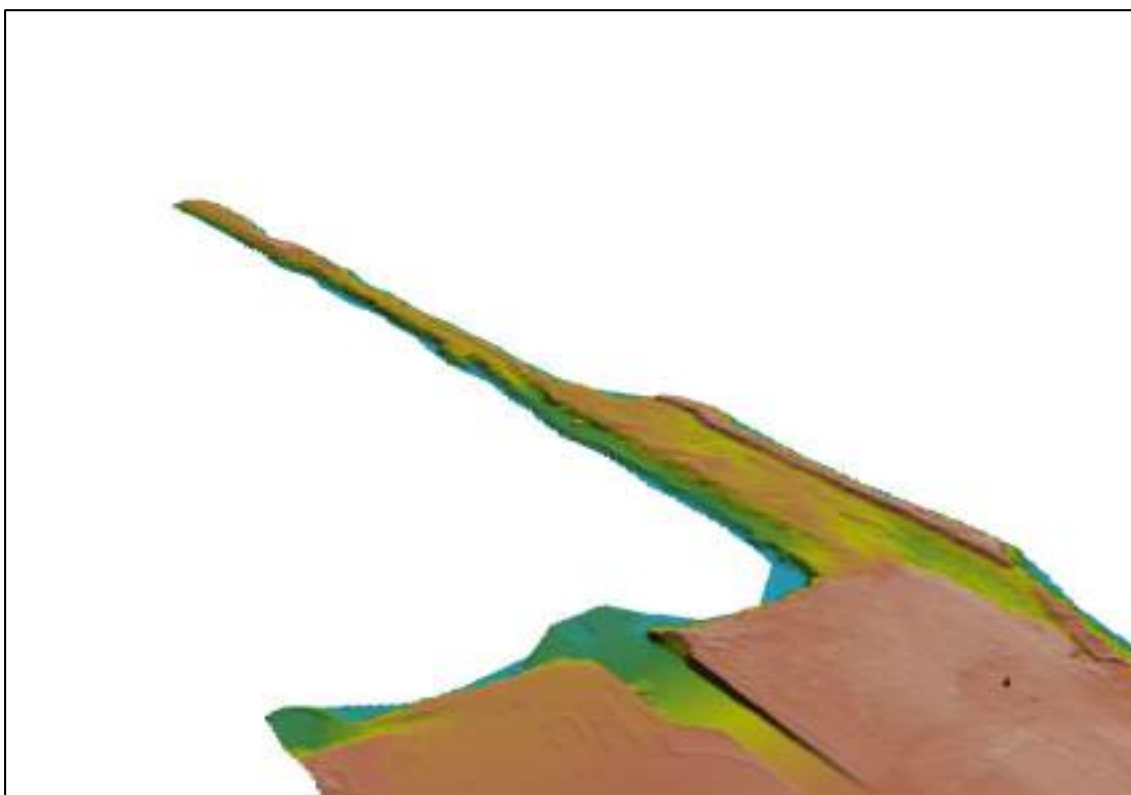


Figura 89 – Imagem 3D do molhe de Imbituba

1.5.8. Equipamentos Utilizados

1.5.8.1. Aéreo Não Tripulado (VANT)

O veículo aéreo não tripulado (VANT) utilizado neste trabalho foi o modelo Phantom 4 PRO, da DJI (Figura 86) e dispõe de um sensor CMOS de 1" com 20mp, sendo capaz de efetuar imagens com resolução de 5472x3648.

Características	Especificação
Peso (incluindo bateria e hélices)	1388 g
Máxima Velocidade de Decolagem	Modo S: 6m/s Modo P: 5m/s
Máxima Velocidade de Descida	Modo S: 4m/s Modo P: 3m/s
Máxima Velocidade	72 km/h (modo S) 58 km/h (modo A) 50 km/h (modo P)
Temperatura de Funcionamento	0º a 40º C
Teto Máximo de Serviço Acima do Nível do Mar	6000 m
Tempo de Voo Máximo	Aprox. 30 minutos
Temperatura de operação	0º a 40º C
Sistemas de Posicionamento por Satélite	GPS / GLONASS
Faixa de precisão do GPS	Vertical: $\pm 0,1$ m (com posicionamento da visão); $\pm 0,5$ m (Com Posicionamento GPS)
	Horizontal: $\pm 0,3$ m (com posicionamento da visão); $\pm 1,5$ m (Com Posicionamento GPS)
Sensor	1" CMOS; Pixels efetivos: 20MB
Lente	FOV (campo de visão) 84°, 8,8mm / 24 mm (formato equivalente a 35 mm), FOV (campo de visão) 84°, 8,8mm / 24
Tamanho máximo da imagem	3:2 Relação de aspecto: 5472 × 3648
	4:3 Relação de aspecto: 4864 × 3648
	16:9 Relação de aspecto: 5472 × 3078

Por ser um modelo quadricóptero, o Phantom 4 PRO, em conjunto com seu sistema de GPS/GLONASS integrado, consegue empregar uma estabilidade e precisão que são essenciais na aquisição de imagens para o mapeamento aéreo.



Figura 90 – Phantom 4 PRO.

1.5.8.2. Aquisição dos dados de Voo

1.5.8.2.1. Decolagem

A primeira etapa que antecede a decolagem é a montagem do equipamento, e posteriormente, a realização da calibragem da bússola do VANT. Em seguida, o VANT é posicionado em um local descampado de modo a evitar quaisquer obstáculos nos procedimentos de decolagem e aterrissagem.



Figura 91 – Montagem do equipamento.

Com o auxílio do software de voo DroneDeploy, o VANT demarca um local de pouso programado que possibilita o seu retorno automático ou manual em caso de incidentes, esse local é conhecido como *home point*.



Figura 92 – Memorização do ponto de decolagem.

Após a marcação do *home point*, o VANT inicia um processo de checklist autônomo antes de autorizar a decolagem.



Figura 93 – Etapa de decolagem.

1.5.8.2.2. Processamento de Dados

Para a realização do processamento das imagens geradas pelo VANT foi empregado o uso do software PhotoScan, da Agisoft.

Nesta etapa do trabalho foram incluídos os *ground points control* já processados. O fluxo de trabalho segue a cronologia descrita abaixo:

- Inclusão das imagens
- Configuração da Zona de trabalho
- Alinhamento das imagens
- Inclusão dos *ground point control*
- Alinhamento das imagens
- Construção de nuvem de pontos
- Construção de malha
- Construção de textura
- Construção de modelo
- Construção de modelo digital de elevação
- Construção de ortomosaico

1.5.8.2.3. Rastreamento pelo Método RTK dos GPC

O equipamento utilizado para a aquisição dos dados de rastreamento foi o Hiper V, da Topcon (Figura 94). O Hiper V é um receptor GNSS de alta performance desenvolvido para aplicações de base e móvel, detendo de uma grande flexibilidade e acurácia, maximizando os resultados de posicionamento do levantamento aerofotogramétrico.



Figura 94 – Processador e antena Hiper V GNSS Receiver.

CARACTERÍSTICA	VALORES
Precisão de Posicionamento RTK (L1 + L2)	H: 5mm + 0,5ppm V: 10mm + 0,8ppm
Taxa de dados	5/20/50 Hz
Fonte de alimentação	Bateria recarregável de Li-íon, removível, 7,2 V; 4,3 Ah
Nº mínimo de satélites	4 sats
Número de canais	226 canais com tecnologia de rastreamento universal

1.5.8.2.4. Documentos Cartográficos Produzidos

1.5.8.2.4.1. Plantas Altimétricas

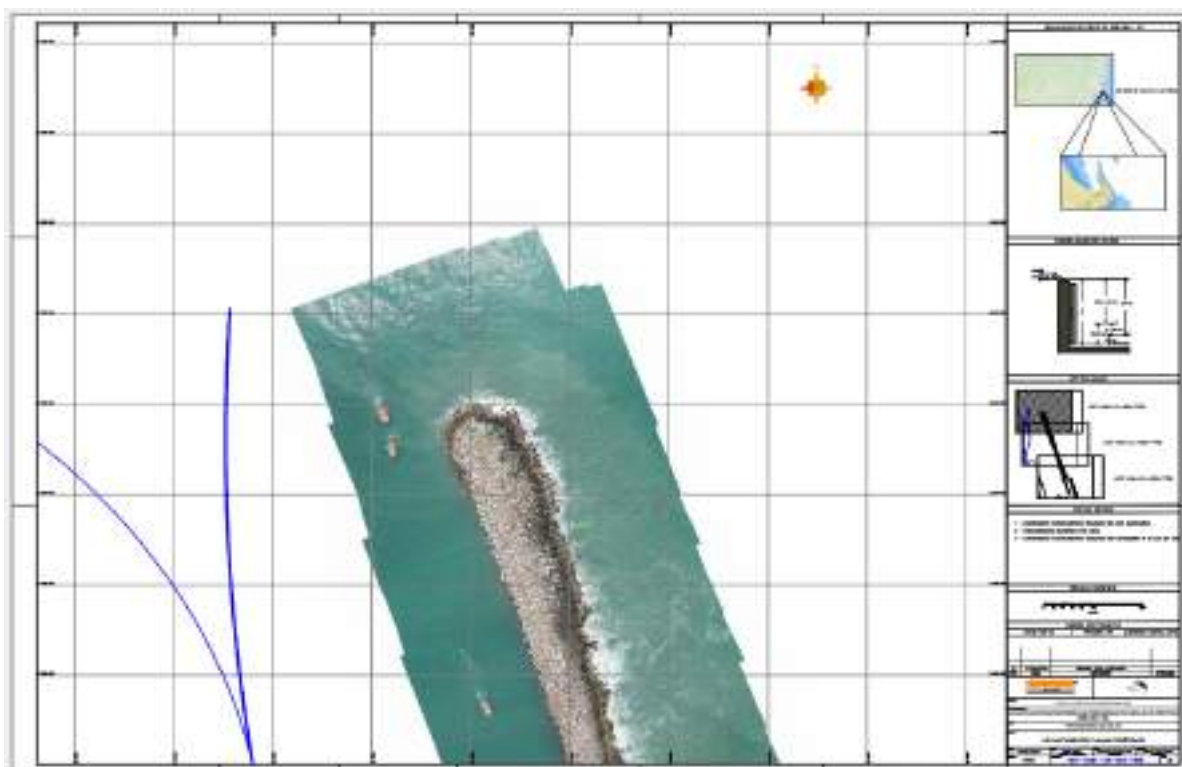
Após o processamento dos dados, foram confeccionadas quatro plantas planialtimétricas, na escala de 1:500 no formato A1 da ABNT, na projeção UTM do sistema de GAUSS.

Nessas plantas estão representadas as altimetrias, em metros e decímetros.

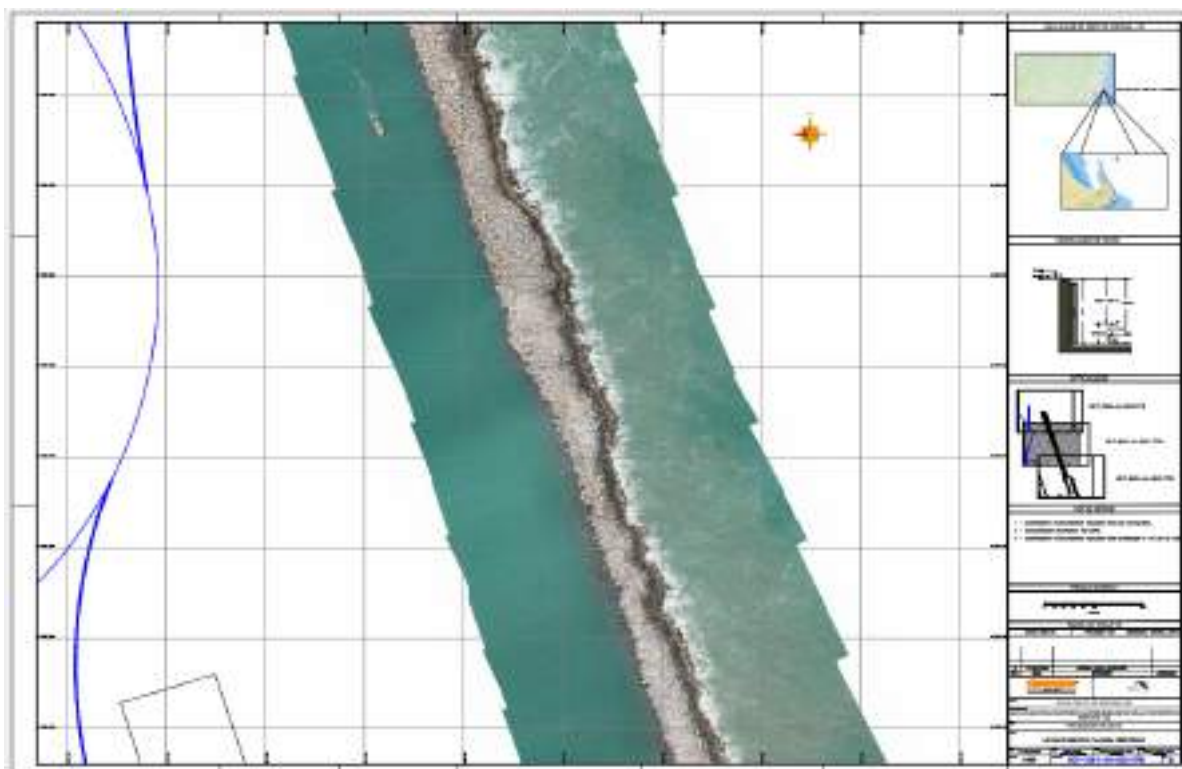
As plantas atendem pelos nomes abaixo mencionados, seguindo a divisão por suas respectivas áreas:

RELAÇÃO DE PLANTAS ALTIMÉTRICAS	
ÁREA	NOME
MOLHE PORTO DE IMBITUBA	HDT-1061-24-001-TPB
	HDT-1061-24-002-TPB
	HDT-1061-24-003-TPB
	HDT-1061-24-004-TPB

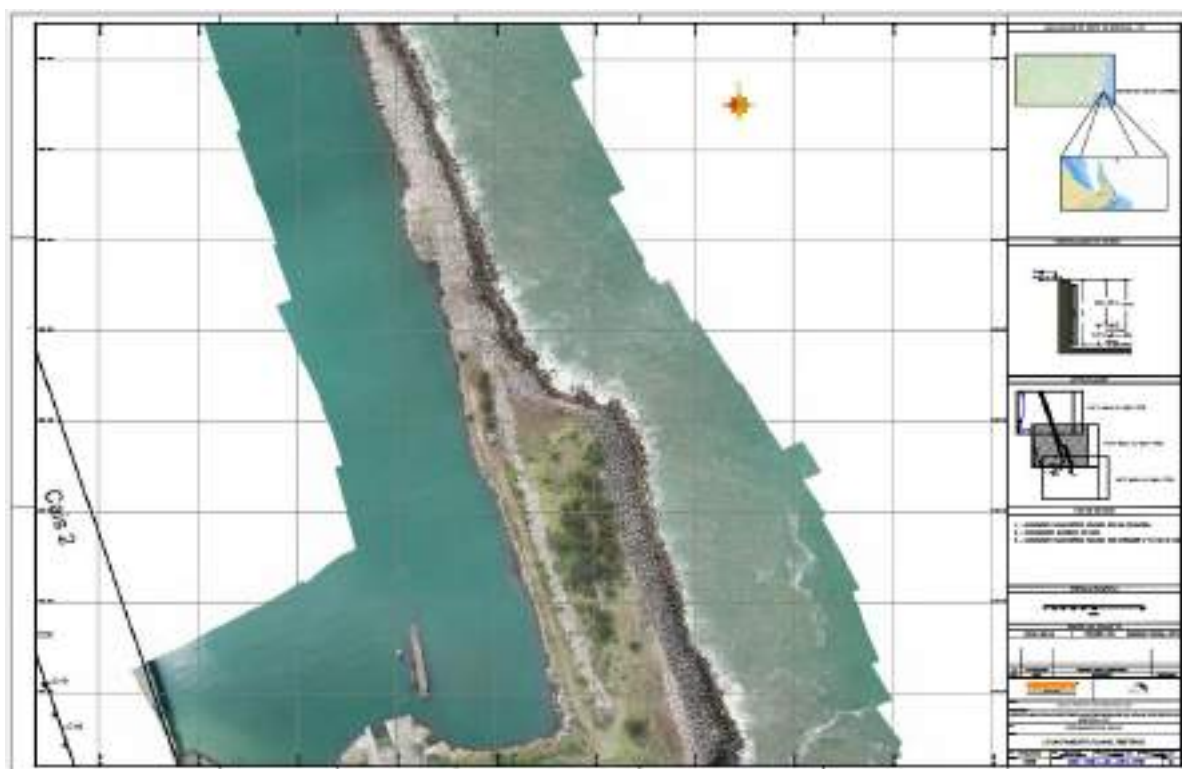
- HDT-1061-24-001-TPB, na escala de 1:500



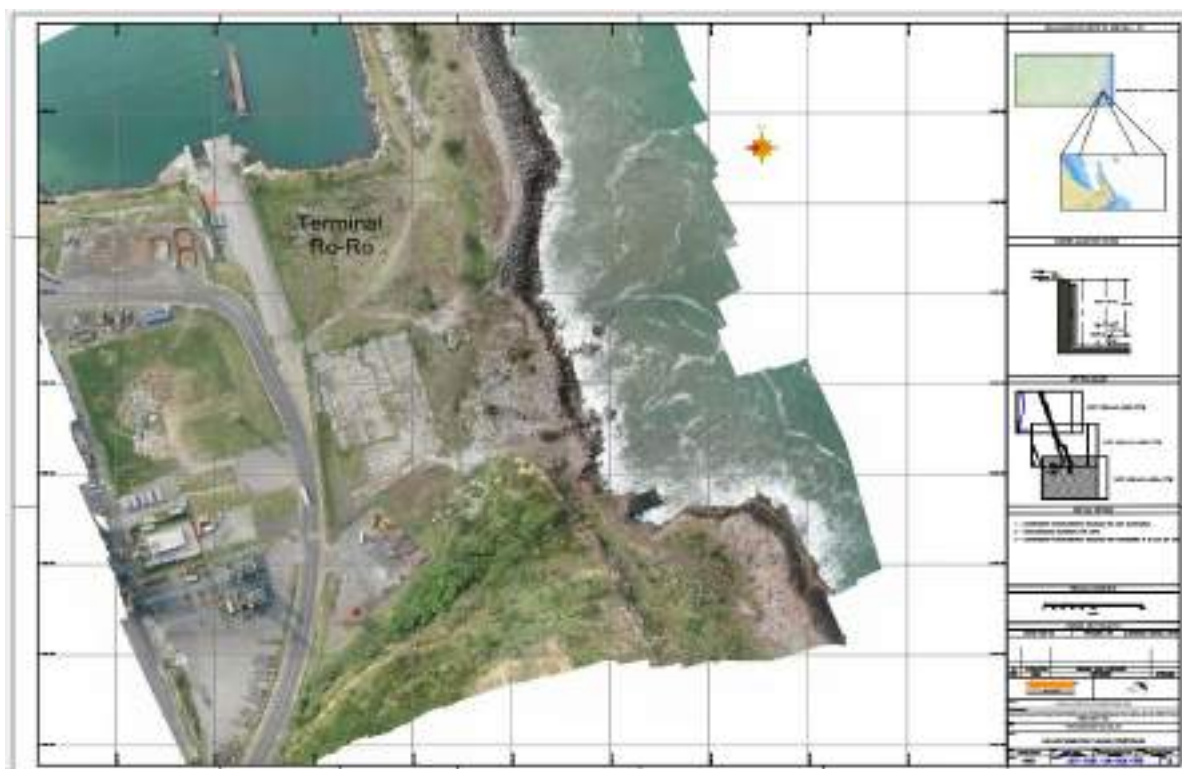
- HDT-1061-24-002-TPB, na escala de 1: 500.



- HDT-1061-24-003-TPB, na escala de 1: 500.



- HDT-1061-24-004-TPB, na escala de 1: 500.



1.6. LEVANTAMENO GEOFÍSICO DA ÁREA EM FRENTE AO MOLHE

1.6.1. Informações Gerais

Foram realizados levantamentos com sistema monofeixe de 33kHz e sondagem submersa por Jet Probe, na área em frente ao molhe com o objetivo principal de determinar se há rochas existente no local.

1.6.2. Levantamento Jet Probe

O método de sondagem Jet Probe, usando mergulhadores, consiste na cravação de uma haste com jatos de água até a profundidade de projeto ou até atingir o impenetrável para o sistema, utilizando o seguinte critério: elevando o sistema de circulação de água (trepano com as hastes de 1"Ø) a uma altura de aproximadamente 30 cm, e durante a sua queda imprimir manualmente um movimento de rotação na coluna de hastes.

Essa operação foi efetuada por um técnico abordo e por mergulhadores que posicionam os tubos nos locais de interesse. A embarcação era posicionada com o auxílio do dgps nas coordenadas do projeto e em seguida, lançava uma poita amarrada a uma bóia, marcando o local preciso do furo. Foram realizados 5 furos até encontrar o material impenetrável ou atingir a cota de projeto.

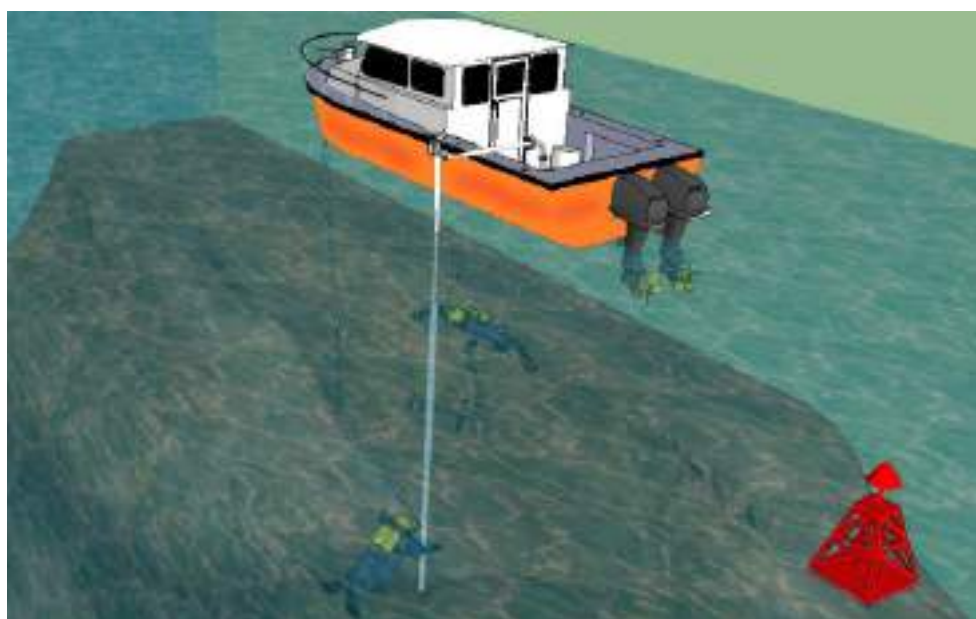


Figura 95 – Imagem Ilustrativa da operação com Jet Probe.

1.6.2.1. Sistema de Posicionamento

Para o preciso posicionamento da embarcação, nas coordenadas de projeto, foi utilizado o DGPS TechGeo modelo GTR-G2 (Figura 96) que fornece, em tempo real, o serviço GNSS de alta precisão do Marinestar, ao qual garante, precisões menores que 10 cm, em frequências de atualização da posição de até cinco vezes por segundo, dispensando o guarnecimento da estação-base e, conseqüentemente, de qualquer apoio topográfico.



Figura 96 – Processador e antena GTR-G2™

As principais características do GTR-G2™ são mostradas na tabela abaixo:

Características do DGPS GTR-G2™

CARACTERÍSTICA		VALORES	
Posição	Fugros Marinestar	Horizontal:	10 cm 95%
		Vertical:	15 cm 95%
Taxa de dados		5/20/50 Hz	
Voltagem de entrada		+9 a +28 VDC	
nº mínimo de satélites		4 sats	
Tempo para Primeira Fixação (frio)		60s	
Tempo para Primeira Fixação (quente)		35s	

As coordenadas geográficas adquiridas foram referenciadas ao Datum WGS-84 e convertidas para projeção UTM (Zona 22S), meridiano central de 51° W. O posicionamento dos pontos levantados foi pré-estabelecido de acordo com o Termo de Referência, conforme a tabela abaixo e a imagem seguinte (Figura 97):

Posicionamento dos furos Jet Probe
PONTOS FUROS JET PROBE IMBITUBA

PONTOS	ESTE	NORTE	LATITUDE	LONGITUDE
JP-01	730365	6876023	28° 13.293' S	048° 39.155' W
JP-02	730365	6876066	28° 13.269' S	048° 39.156' W
JP-03	730375	6876148	28° 13.255' S	048° 39.151' W
JP-04	730437	6876358	28° 13.111' S	048° 39.116' W
JP-05	730526	6876585	28° 12.987' S	048° 39.064' W



Figura 97 – Localização dos Furos Jet Probe.

A tabela seguinte mostra a cota batimétrica referente a cada furo, a penetração da haste e a cota atingida.

Furos Jet Probe
PONTOS FUROS JET PROBE IMBITUBA

PONTOS	COTA BATIMÉTRICA (m)	PENETRAÇÃO (m)	COTA DE INTERRUPÇÃO DO FURO (m)
JP-01	12.70	6.00	18.70
JP-02	13.10	6.00	19.10
JP-03	14.50	6.00	20.50
JP-04	14.80	6.00	20.80
JP-05	14.80	6.00	20.80

1.6.2.2. Resultado da Sondagem

Dos 5 furos de sondagens predeterminados, foi possível executar todos em suas respectivas coordenadas.

Abaixo seguem as Fichas Descritivas dos furos Jet Probe realizados.

[illegible]

HIDROTOPO®		DESCRIÇÃO DE FURO JET PROBE	
CLIENTE:	SCPAR-SC	PROJETO:	1061-24
LOCAL:	PORTO DE IMBITUBA	DATUM:	WGS 84
ÁREA:	CANAL	DATA:	19/11/2024
POSICIONAMENTO DO FURO		LÂMINA D'ÁGUA:	13,10m
E: 730370	N: 6876081	PROFUNDIDADE ATINGIDA:	19,10m
DESCRIÇÃO DOS SEDIMENTOS		PERFIL GEOLÓGICO	
0,00 a 13,10m - Lâmina d'água.		DHN N.A.	
13,10 a 15,10m - Argila com areia fina.		13,10 Lâmina d'água	
15,10 a 16,10m - Cascalho fino.		15,10 Argila com areia fina	
16,10 a 19,10m - Areia fina.		16,10 Cascalho fino	
		19,10 Areia fina	
		Interrupção do furo	
FISCALIZAÇÃO		ESCALA TÉCNICA	FOEL
		1:100	02 de 05

		DESCRIÇÃO DE FURO JET PROBE	
CLIENTE:	SCPAR-SC	PROJETO:	1061-24
LOCAL:	PORTO DE IMBITUBA	DATUM:	WGS 84
AREA:	CANAL	DATA:	19/11/2024
POSICIONAMENTO DO FURO		IDENT. FURO: 3	
E: 730381	N: 6876147	LAMINA D'AGUA:	14.50m
		PROFUNDIDADE ATINGIDA:	20.50m
DESCRIÇÃO DOS SEDIMENTOS		PERFIL GEOLOGICO	
0,00 a 14,50m - Lâmina d'água	DHN N.A. 14,50 Lâmina d'água Cascalho fino 17,50 Areia fina 20,50 Interrupção do furo		
14,50 a 17,50m - Cascalho fino			
17,50 a 20,50m - Areia fina			
FISCALIZAÇÃO		ESCALA TÉCNICA: 1:100 DATA: 03 de 05	

HIDROTOPO®		DESCRIÇÃO DE FURO JET PROBE													
CLIENTE: SCPAR-SC		PROJETO: 1061-24	IDENT. FURO: 4												
LOCAL: PORTO DE IMBITUBA		DATUM: WGS 84													
ÁREA: CANAL		DATA: 19/11/2024	HORA: 10:25												
POSICIONAMENTO DO FURO		LÂMINA D'ÁGUA: 14,80m													
E: 730444	N: 6876357	PROFUNDIDADE ATINGIDA: 20,80m													
DESCRIÇÃO DOS SEDIMENTOS		PERFIL GEOLÓGICO													
0,0 a 14,80m - Lâmina d'água		DMN N.A. <table border="1"> <tr> <td>14,80</td> <td>Lâmina d'água</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Cascalho fino</td> </tr> <tr> <td>17,80</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Areia fina</td> </tr> <tr> <td>20,80</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Interrupção do furo</td> </tr> </table>		14,80	Lâmina d'água		Cascalho fino	17,80			Areia fina	20,80		Interrupção do furo	
14,80	Lâmina d'água														
	Cascalho fino														
17,80															
	Areia fina														
20,80															
Interrupção do furo															
FISCALIZAÇÃO		ESCALA VERTICAL: 1:100 DATA: 04 de 05													

[illegible]

1.6.2.3. Documentos Cartográficos Produzidos

Foi confeccionada uma planta de posicionamento dos furos jet probe, desenho nº **HDT-1061-24-001-POS-JP**, na escala de 1:2000 no formato A0 da ABNT, na projeção UTM do sistema de GAUSS.

1.6.2.4. Comentários Finais

Após a execução dos quatorze furos de amostragem propostos, os sedimentos encontrados mostrou-se predominante arenosos com intercalações de camadas de cascalho fino.

Na maioria dos furos, a penetração da haste foi possível com a rotação manual da mesma, sendo que por vezes foi necessário “socar” a haste (cascalho fino).

Valendo-se da experiência da equipe de campo, a quantidade (5 amostras) é suficiente para a caracterização do tipo de sedimentos no local.

Durante todo o período de coleta das amostras, a variação do nível d'água estava sendo monitorada.

1.6.2.5. Relatório Fotográfico da Operação Jet Probe



Figura 98 – Embarcação “Vento Sul” utilizada no apoio à realização dos furos JetProbe.

207



Figura 99 – Manobra de descida da embarcação na Praia do Porto.



Figura 100 – Motor bomba utilizado.



Figura 101 – Haste utilizada para a realização do furo.



Figura 102 – Jato d'água que proporciona o avanço da haste nos sedimentos.



Figura 103 – Bóia marcando o posicionamento exato para a realização do furo.



Figura 104 – Mergulhador se preparando para o início do furo.



Figura 105 – Descida da haste.

1.6.3. Levantamento 33kHz

O levantamento de 33kHz foi realizado na área em frente ao molhe do Porto de Imbituba (Figura 106), esse é método capaz de adquirir dados de profundidade do fundo marinho. A sondagem consiste em navegar com a embarcação dotada de DGPS, compensador de ondas e ecobatímetro monofeixe em linhas planejadas, de forma a cobrir a área de interesse.

Na batimetria monofeixe, apenas um feixe sonoro é emitido, e apenas uma profundidade é obtida em um determinado instante.

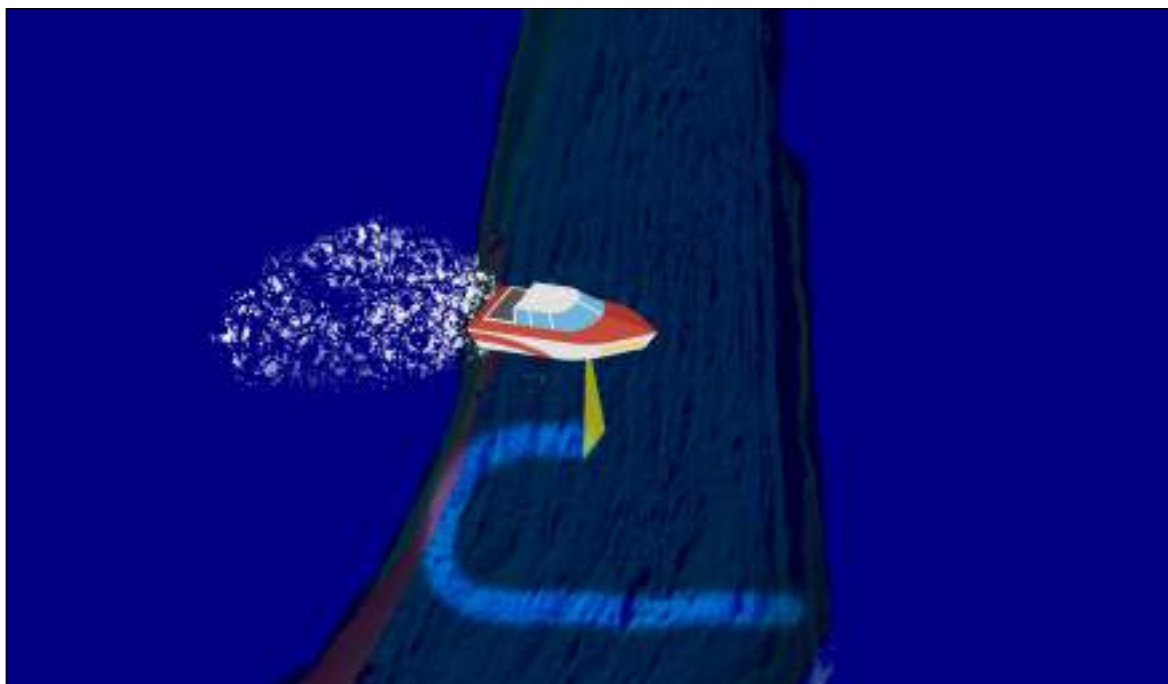


Figura 106 – Esquema de sondagem monofeixe.

A sondagem foi realizada no fuso horário PAPA (Brasília). Os equipamentos foram montados na embarcação utilizando os seguintes sensores:

- Ecobatímetro Echosound CVM
- DGPS GTR G2
- Sensor de Movimento TSS DMS 05
- Perfilador de velocidade do som AML-3 LGR
- Placa de Aferição

1.6.3.1. Projeto de Linhas de Sondagem

As linhas de sondagens foram definidas por um projeto desenvolvido pela Hidrotopo no software Hypack, apoiado nas especificações técnicas encaminhadas, permitindo que a embarcação navegasse em seções previamente estabelecidas visando o recobrimento da área de interesse. As linhas regulares estavam espaçadas de 20 em 20 metros transversais ao canal de navegação (Figura 107).



Figura 107 – Localização das linhas de sondagem do sistema monofeixe.

1.6.3.2. Equipamentos Utilizados

▪ ECOBATÍMETRO DIGITAL ECHOTRAC CVM

O ecobatímetro monofeixe possibilita a entrada de dados relativos à velocidade de propagação do som na água relativa ao transdutor. A sonda do transdutor instalado na embarcação emite um feixe de ondas sonoras (frequência de 33kHz) transmitida verticalmente, atravessando o meio líquido até atingir o fundo submerso e se reflete, retornando à superfície, onde é detectado por um receptor. O tempo decorrido entre a emissão do sinal e a recepção do eco refletido do fundo submerso é convertido em profundidade.

Para obtenção dos dados de batimetria, foi utilizado o ecobatímetro monofeixe Echotrac CVM (Figura 108), da Teledyne Odom Hydrographic.



Figura 108 – Ecobatímetro Echotrac CVM e Transdutor Odom Hydrographic OTSBB200/24-4/20.

As principais características do ecobatímetro Echotrac CVM são mostradas na tabela abaixo:

Características principais do ecobatímetro monofeixe CVM.	
ESPECIFICAÇÕES DO CVM	
Registro digital	
Frequência:	High 200kHz e Low 33kHz
Resolução:	0.01m
Precisão:	200kHz 0.01m / 33kHz 0.10m

▪ SENSOR DE MOVIMENTO TSS DMS - 05

O sensor de movimento TSS DMS 05 (Figura 109) é utilizado para prover informações relacionadas com a atitude da embarcação de sondagem, tais como balanço (roll), caturro (pitch) e afundamento (heave), que combinam dados de GPS com sensores inerciais, de forma a garantir a precisão das informações do ecobatímetro Echotrac CVM, o que possibilita atingir os padrões da Organização Hidrográfica Internacional (OHI).



Figura 109 – Sensor TSS DMS-05.

As principais características do sensor TSS DMS-05 são mostradas na tabela abaixo:

Características do sensor de movimento TSS DMS-05		
CARACTERÍSTICA	VALORES	
	Heave	Pitch e Roll
Acurácia Dinâmica	5cm ou 5%	0.05°
Variação Máxima	±10m	±60°
Bandwidth	0.05 a >30Hz	0 a 30Hz

▪ PERFILADOR DE VELOCIDADE DO SOM DA COLUNA D'ÁGUA AML-3 LGR

A onda acústica ao se propagar na coluna d'água sofre uma refração devido às mudanças de temperatura e salinidade. A velocidade da onda pode variar de acordo com o tempo e a profundidade. Para corrigir os possíveis erros no cálculo da profundidade devido às variações acima citadas foi utilizado um perfilador de velocidade do som AML-3 LGR (Figura 110). Perfis de velocidade foram adquiridos durante o levantamento toda vez que era observada a perda na qualidade dos dados por problemas de refração dos feixes externos.



Figura 110 – AML-3 LGR

As principais características do sensor AML-3 LGR são mostradas na tabela, a seguir.

Características do sensor de velocidade do som AML-3 LGR	
CARACTERÍSTICA	VALORES
Faixa de Velocidade do Som	1375 a 1625m/s
Faixa de Temperatura	-20°C a 45°C
Resolução do sensor	+/- 0.006 m/s
Acurácia do Sensor	+/- 0.025 m/s

▪ COMPUTADORES

Para a aquisição de dados foi necessária a utilização de um computador, conectado com os softwares HYPACK e Echart (Figura 111).



Figura 111 – Computador na operação de Batimetria

1.6.3.3. Procedimentos

1.6.3.3.1. Montagem da Embarcação

- **Embarcação Utilizada**

A embarcação utilizada no levantamento foi o barco “Cmte. Humberto” (Figura 112).

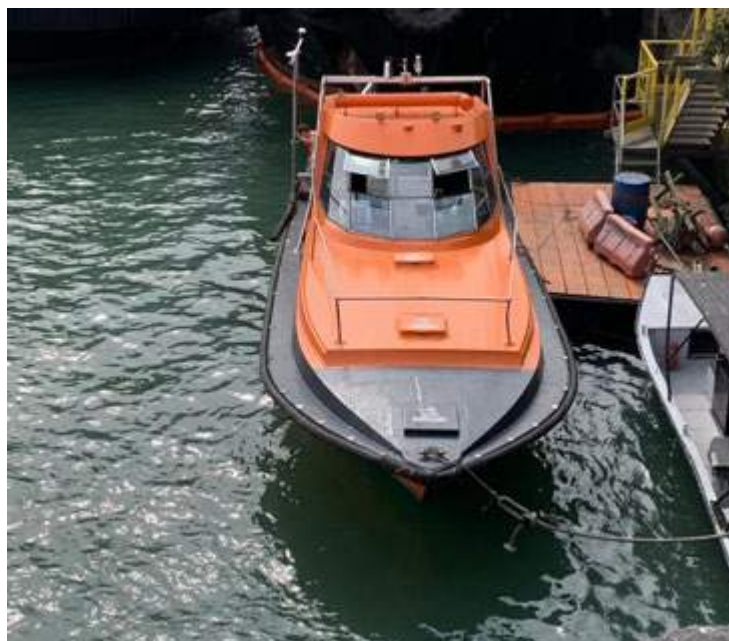


Figura 112 – Embarcação Cmte. Humberto utilizada no levantamento.

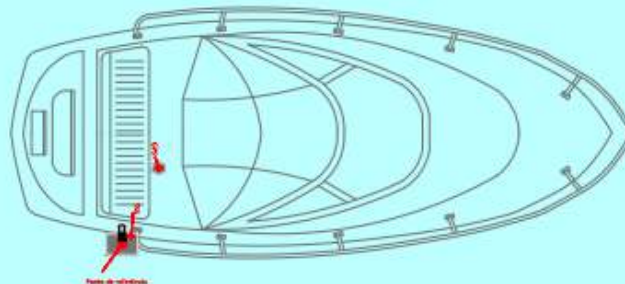
- **Offsets dos Equipamentos na Embarcação**

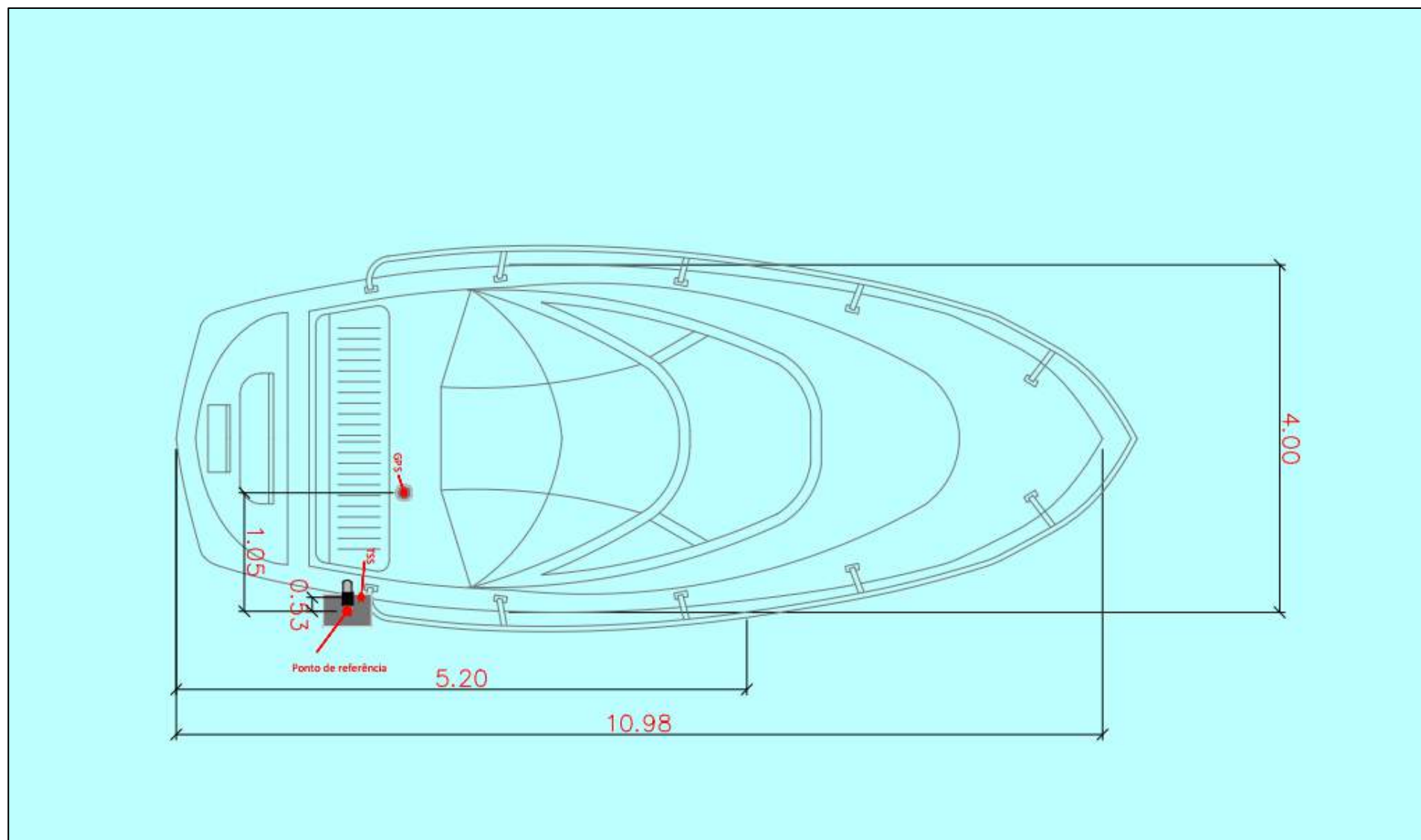
No dia 02/09/2024 foram medidas as distâncias (offsets) entre os equipamentos de forma precisa de modo a minimizar possíveis erros no levantamento batimétrico. Neste levantamento, foi utilizado como ponto de referência o centro acústico do transdutor monofeixe, adotando assim as medidas de X e Y como zero e a medida vertical Z foi mensurada até a linha d'água, sendo está inserida no software Echart. O software Echart, por sua vez, adquire os dados de profundidade e os envia com a devida correção para o software Hypack. Os offsets referentes ao DGPS e o sensor de movimentos foram inseridos diretamente no software Hypack.

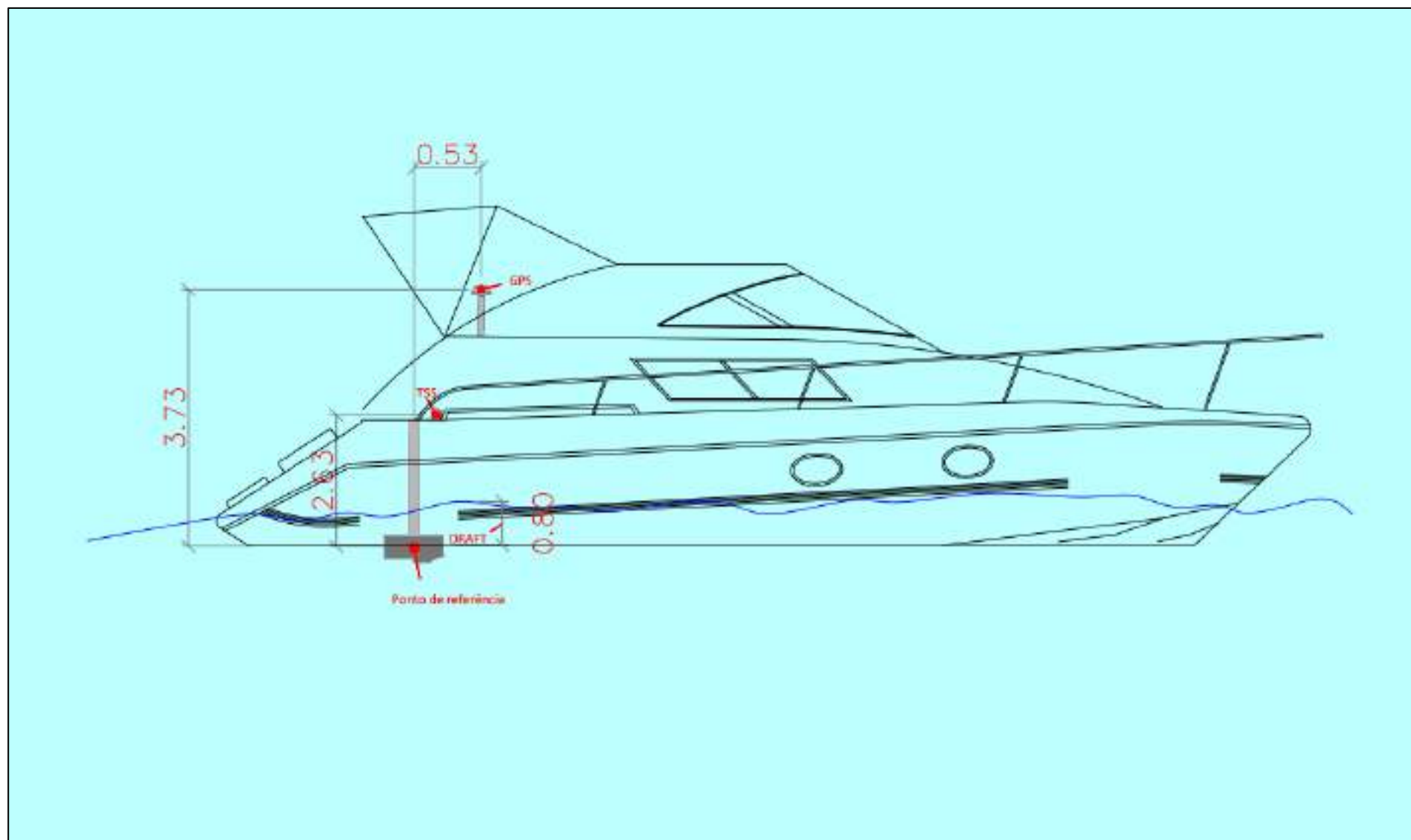
A distância entre a lâmina d'água e o centro do transdutor (draft), foi verificada no início do levantamento, descontando possíveis mudanças no peso da

embarcação, a fim de que a profundidade de imersão do equipamento fosse adicionada à profundidade medida.

A tabela e as imagens abaixo demonstram os offsets e o croqui da montagem dos equipamentos na embarcação, respectivamente.

Cliente: PORTO DE IMBITUBA	Localização: IMBITUBA/ SC	Projeto: 1061-24	Data: 02/09/2024	Embarcação: COMTE HUMBERTO
OFFSETS DOS EQUIPAMENTOS				
IDENTIFICAÇÃO	DESCRIÇÃO	X	Y	Z
1	PR - SONAR	0.000	0.000	0.000
2	GPS	-1.050	0.530	-3.730
3	TSS	-0.130	0.180	-2.630
PATCH TEST				
Latência 0.00s (PPS)	Pitch	Roll	Yaw	
CROQUI DA EMBARCAÇÃO				
				
Observações: Draft: 0.80m				





1.6.3.3.2. Configuração do Sistema Monofeixe

Nesse levantamento, foi utilizado ecobatímetro monofeixe digital ECHOTRAC CVM e Transdutor OTSBB200/24-4/20, da Teledyne Odom Hydrographic Systems Inc, com abertura angular do feixe de 20°, frequência de 33 kHz. Os dados coletados do transdutor em conjunto com TSS DMS-05, permite atender aos padrões da OHI (Organização Hidrográfica Internacional). Os dados são processados no software Hypack.

O LH foi realizado com linhas regulares que estavam com um espaçamento de 20 em 20 metros e transversais ao canal de navegação, com três linhas de controle longitudinais ao canal.

1.6.3.3.3. Execução do Serviço

No início do trabalho foi realizado a calibragem do ecobatímetro para determinação das profundidades precisas.

Ao longo do serviço foram coletados os perfis de velocidade do som na coluna d'água, em intervalos periódicos e quando são observadas mudanças na variação de velocidade do som.

A coleta dos dados batimétricos foi realizada utilizando um sistema de bordo computadorizado, conforme a navegação era direcionada para as linhas de projeto, assim, recobrando toda área solicitada.

No processamento dos dados foram realizadas análises de controle de qualidade das informações coletadas, descartando quaisquer dados duvidosos.



Figura 113 – Fluxograma da execução do serviço.

1.6.3.3.4. Calibragem (Barcheck)

O ecobatímetro foi calibrado, antes e após os dias de batimetria. A calibração do ecobatímetro é realizada através da medição da velocidade do som na coluna d'água, obtida através de um sensor AML-3 LGR associado ao procedimento de barcheck, onde uma placa metálica (Figuras 114 e 115), fixada a um cabo de aço graduado de metro a metro, arriada abaixo do transdutor mergulhado (draft) a 1,00 m do nível d'água. Essa calibragem foi realizada de 2 em 2 metros entre as profundidades de 2 e 8 metros.

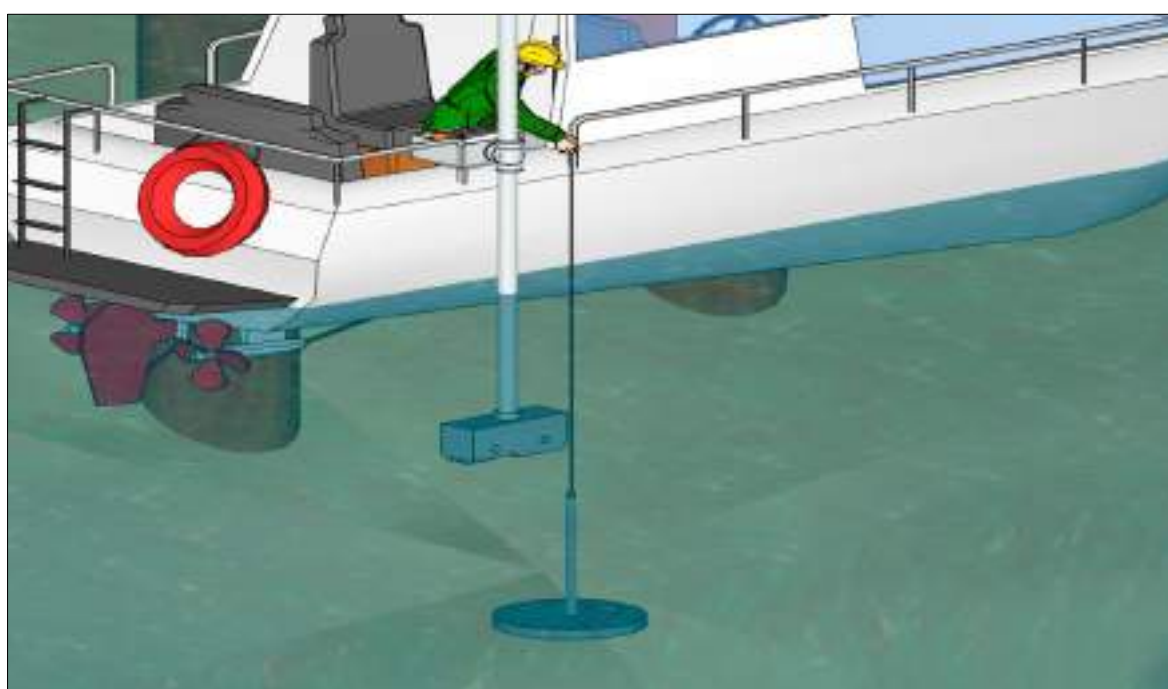


Figura 114 – Ilustração da operação de calibragem.



Figura 115 – Placa de Aferição.

1.6.3.3.5. Processamento de Dados

Na fase do processamento, no programa HYPACK, utilizou-se a ferramenta Single Beam Editor para retirada dos dados espúrios conforme NORMAM-501/DHN.

Os registros analógicos contínuos do ecobatímetro foram comparados com as profundidades registradas em meio digital, com o objetivo de verificar a coerência e validar o levantamento batimétrico. Ainda na etapa de pré-processamento, os registros foram processados e depurados, através da correção e retirada dos spykes, valores espúrios ou impurezas nos dados armazenados (Figura 116).

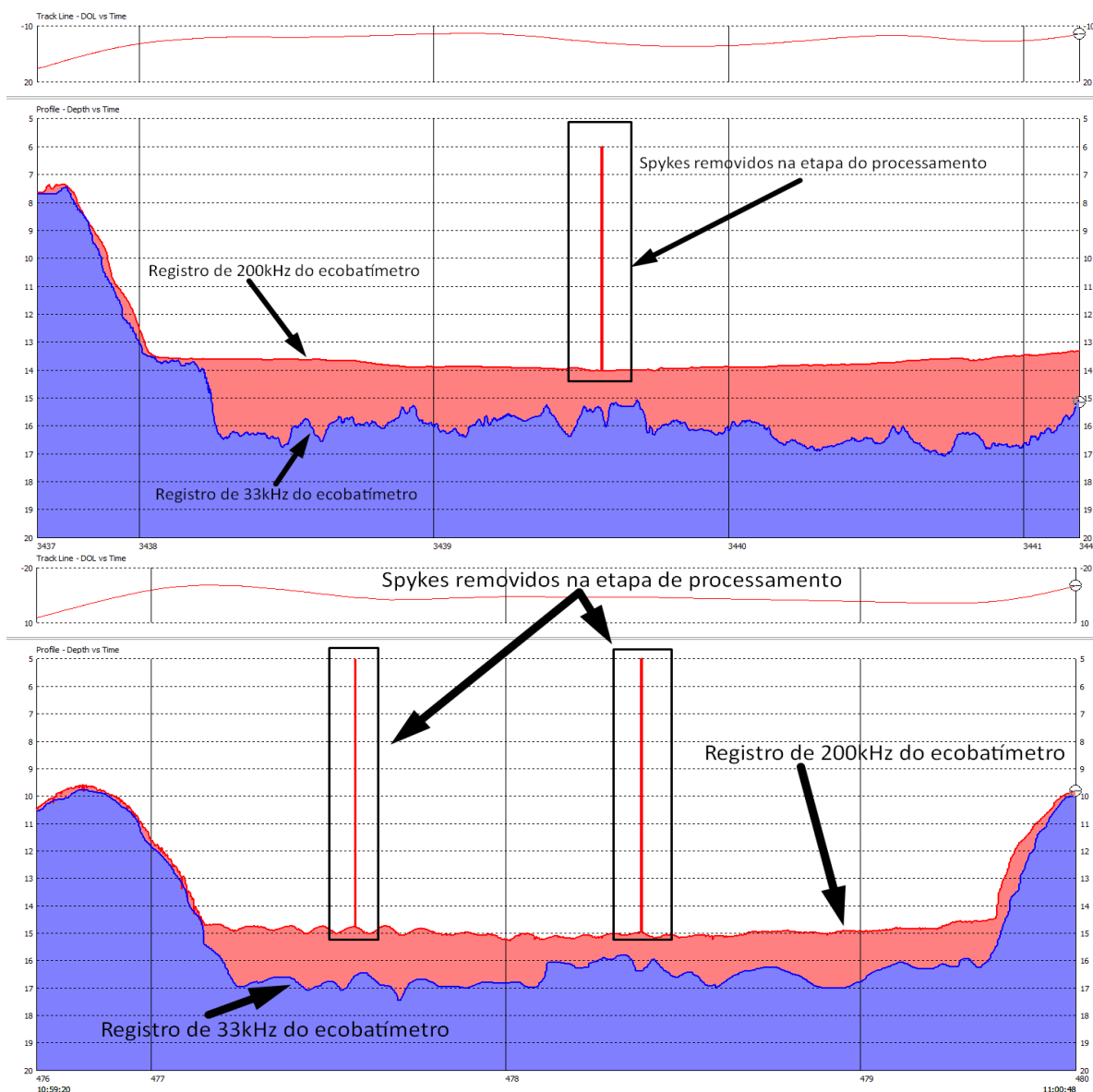


Figura 116 – Exemplos de registros digital do ecobatímetro Odom Echotrac CVM.

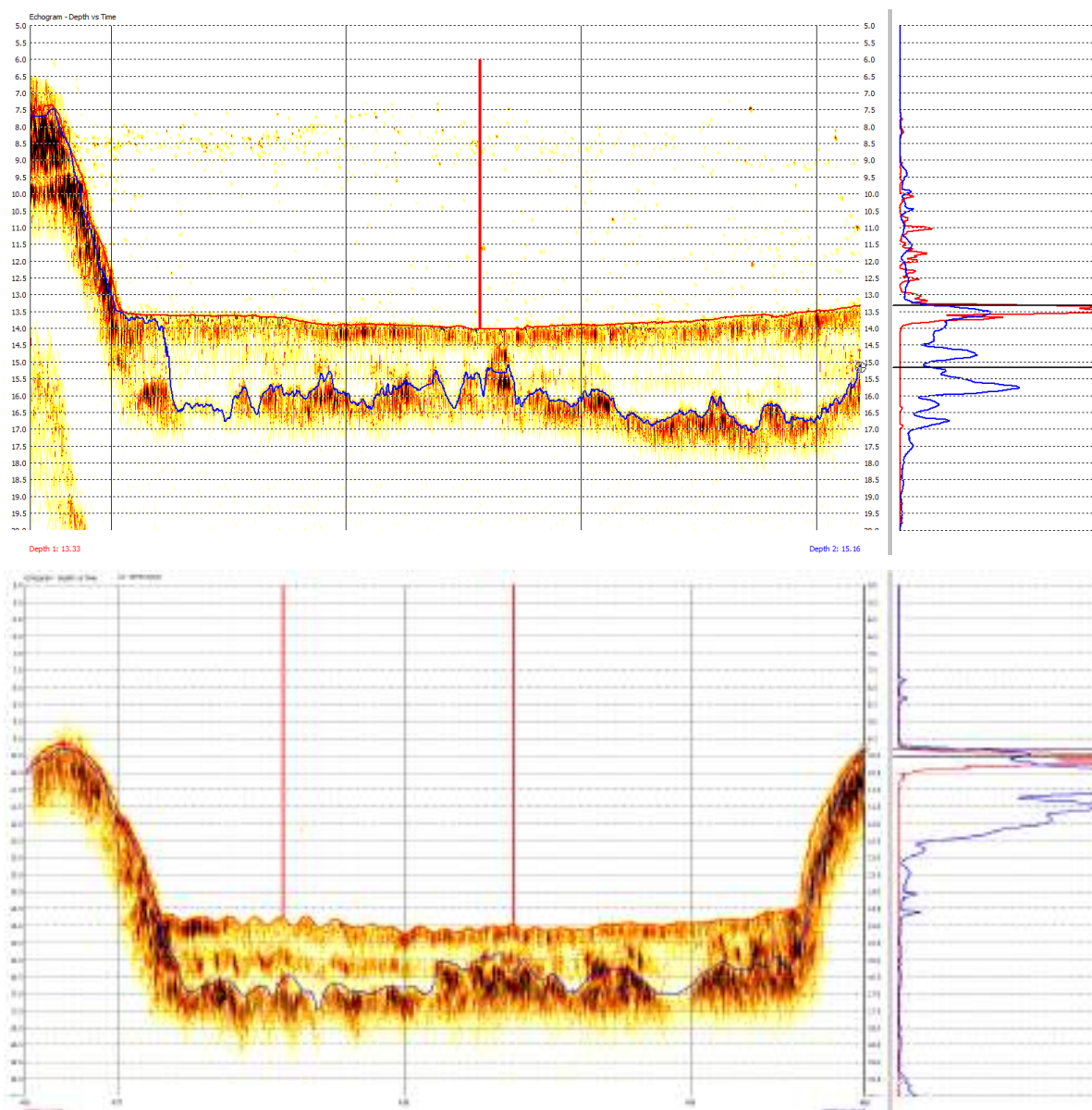


Figura 117 – Exemplos de registros ecograma do ecobatímetro Odom Echotrac CVM.

Após o processamento, ainda utilizando programa HYPACK, foi gerado arquivo de profundidades, em metros e centímetros, com espaçamento predefinido e em função da escala da planta e do arquivo de posicionamento.

1.6.3.3.6. Arquivo ASCII

Os dados do monofeixe foram coletados com objetivo de gerar os arquivos ASCII de XYZ e a imagem do *grid* batimétrico (Figura 118) e das linhas de controle apresentados como forma de plantas batimétricas.

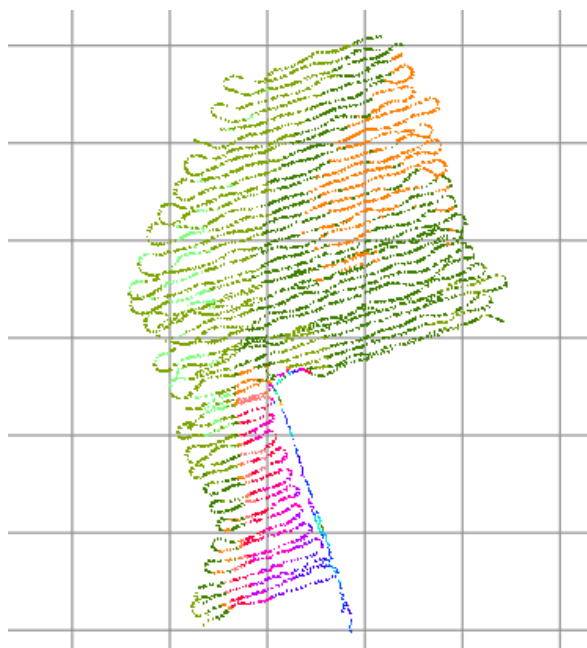
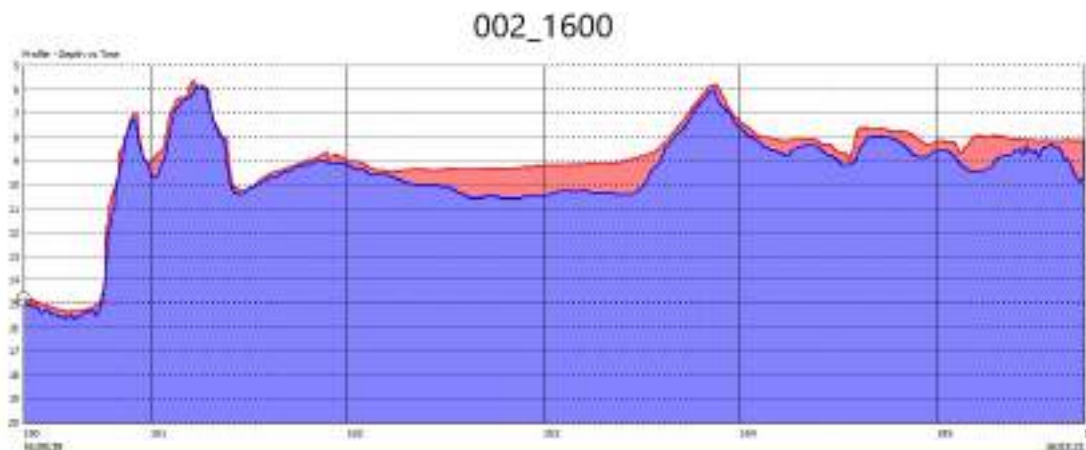


Figura 118 – XYZ gerado no programa AutoCad.

1.6.3.4. Análise dos Perfis do Levantamento de 33kHz

Para realização dos perfis foi utilizado o software Hypack, levantamento realizado em 02/09/2024. Nesse levantamento está sendo apresentado as seções a cada 20m.

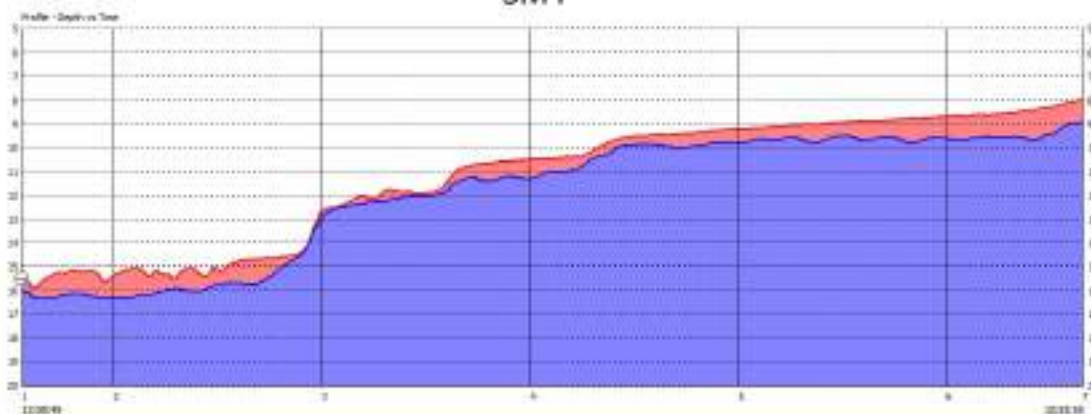
Os perfis estão sendo apresentados abaixo:



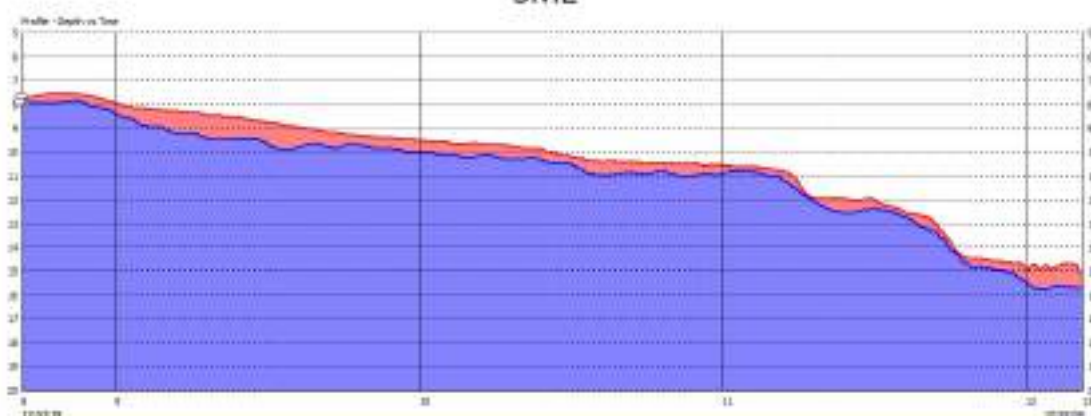
03_1557



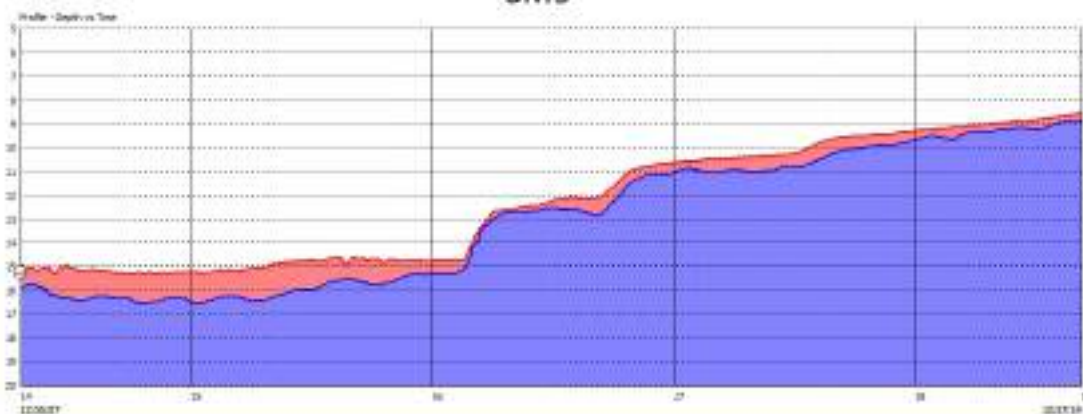
SM1



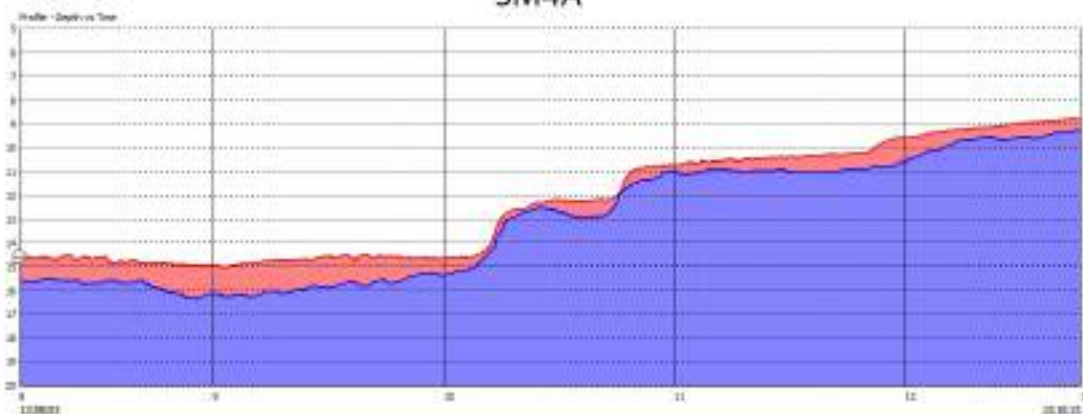
SM2



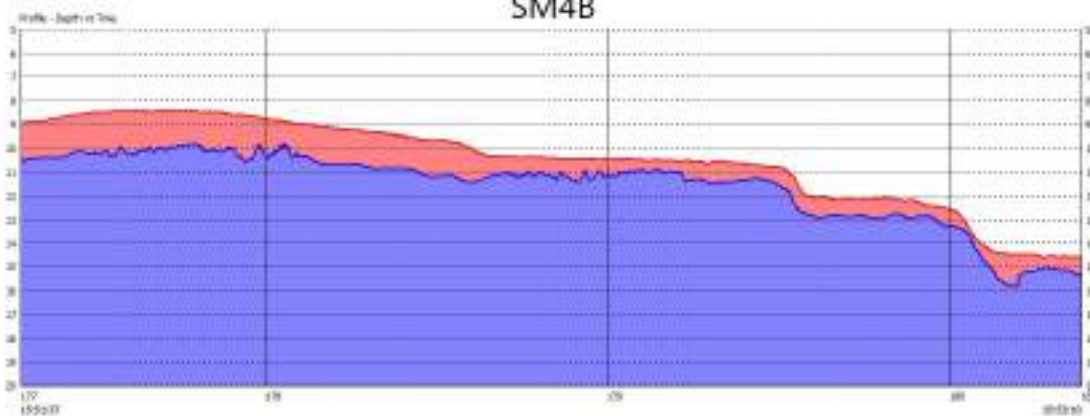
SM3

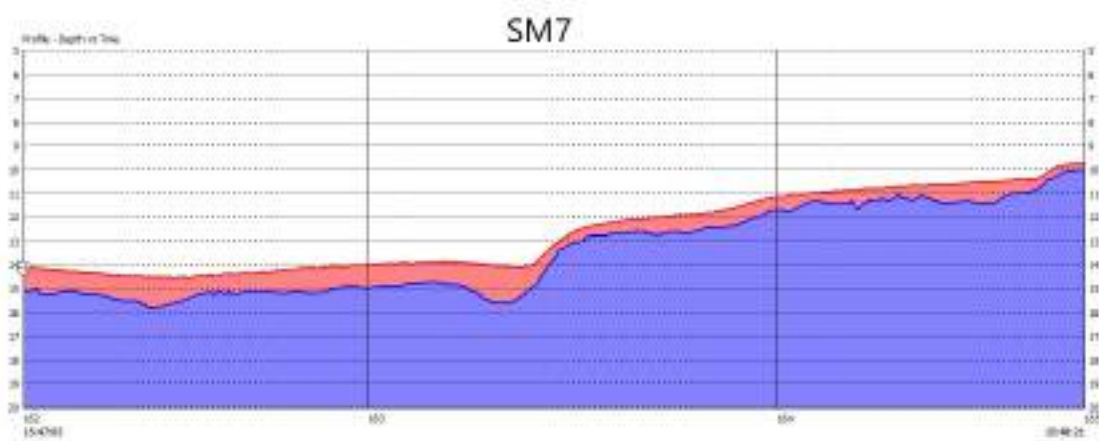
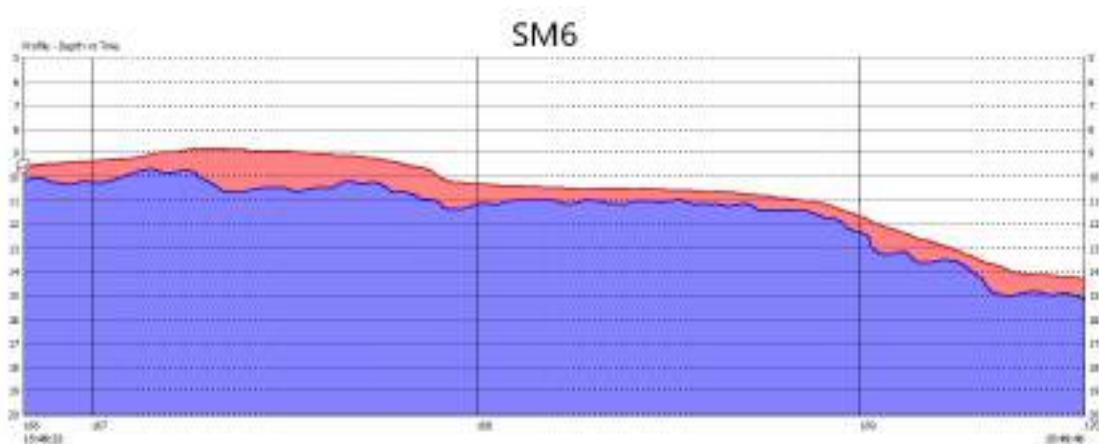
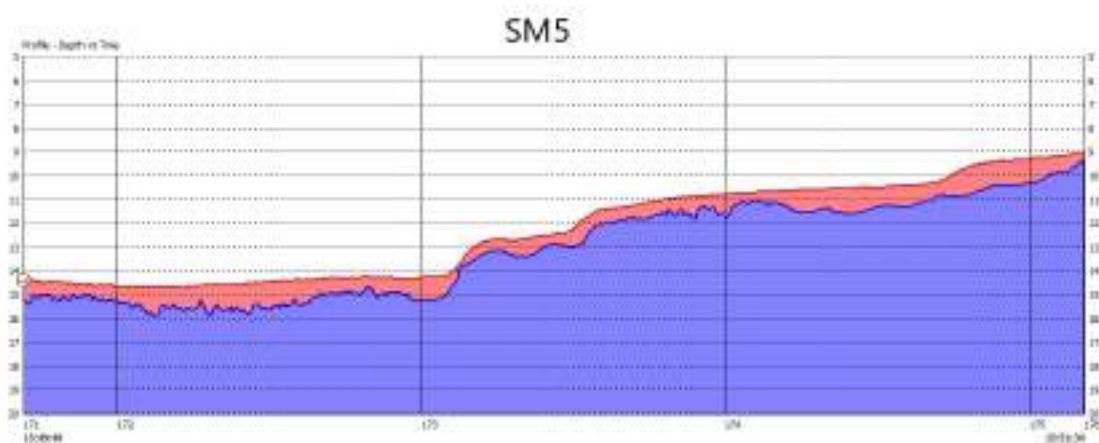


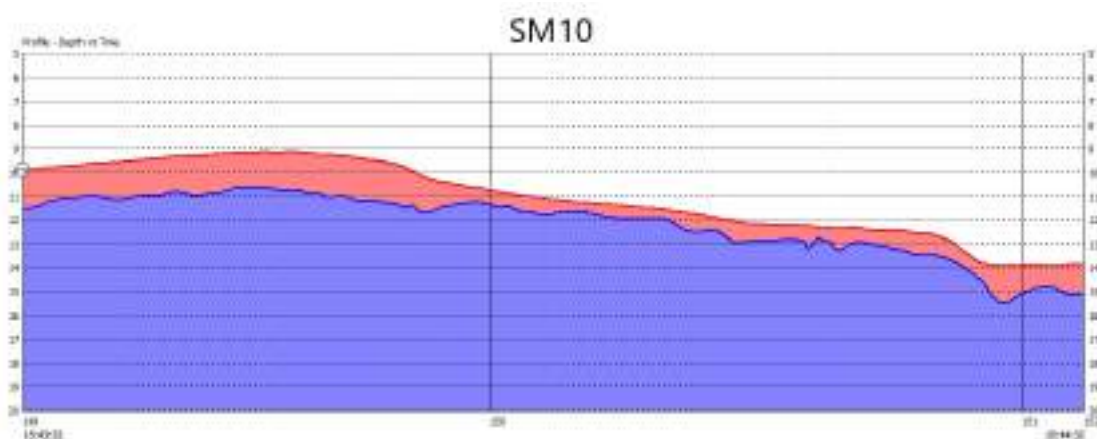
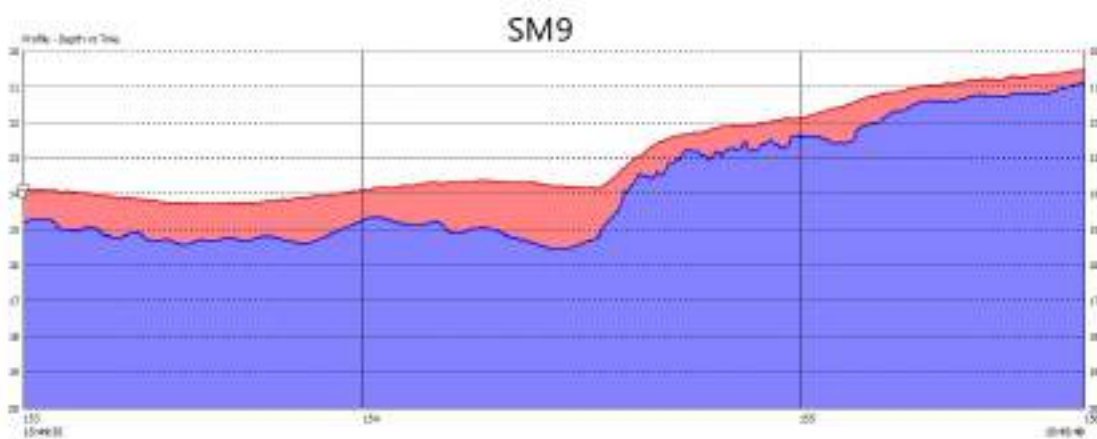
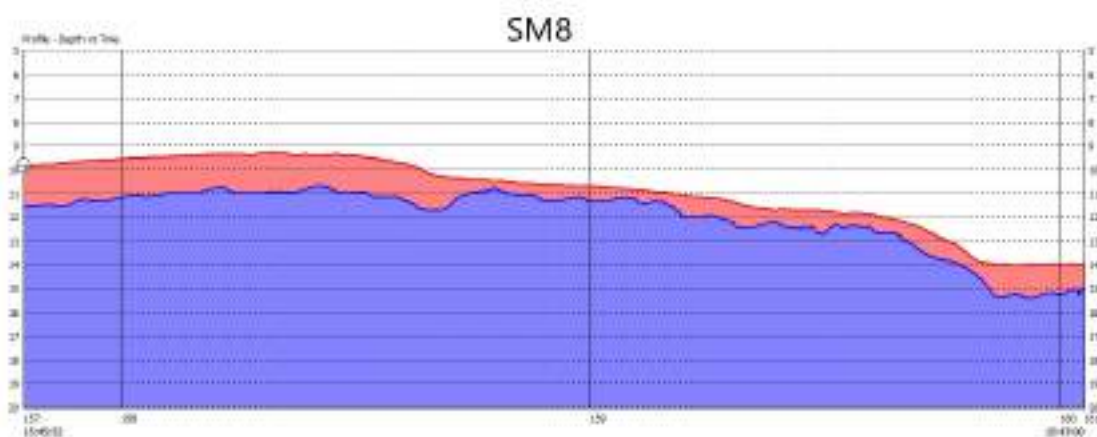
SM4A

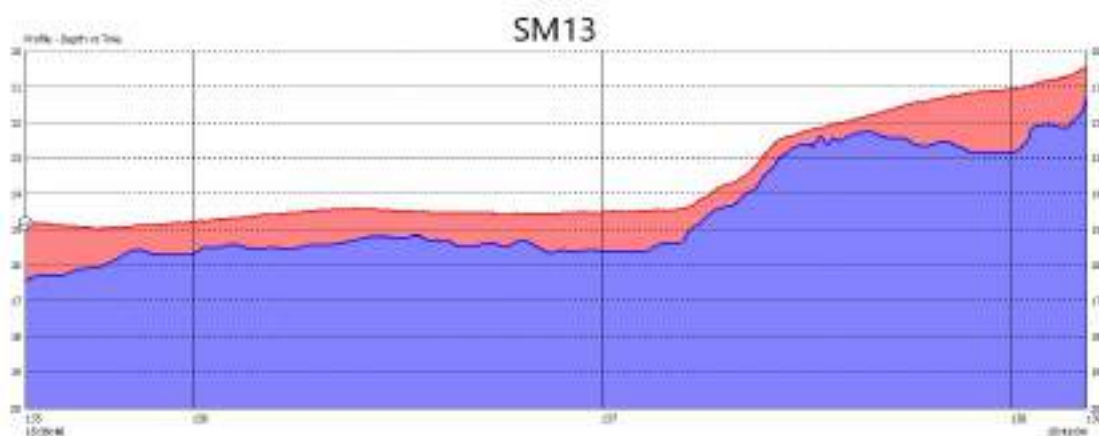
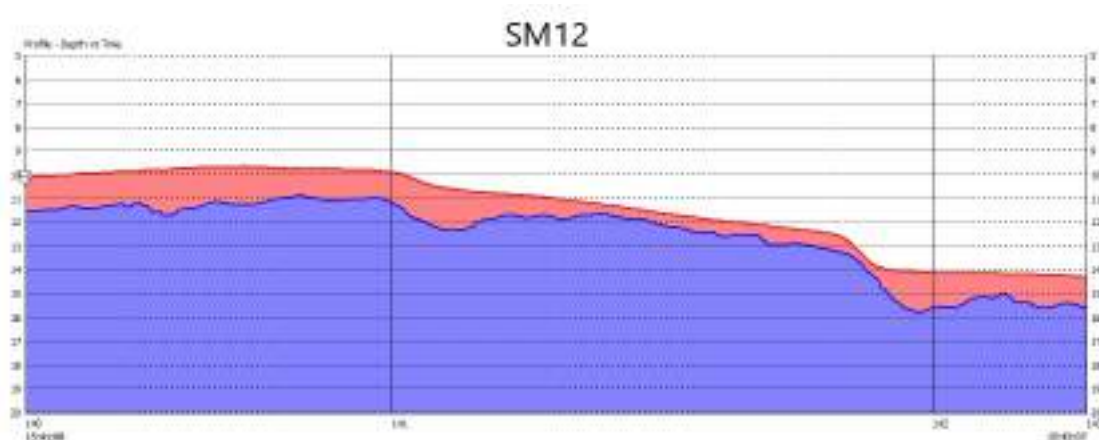
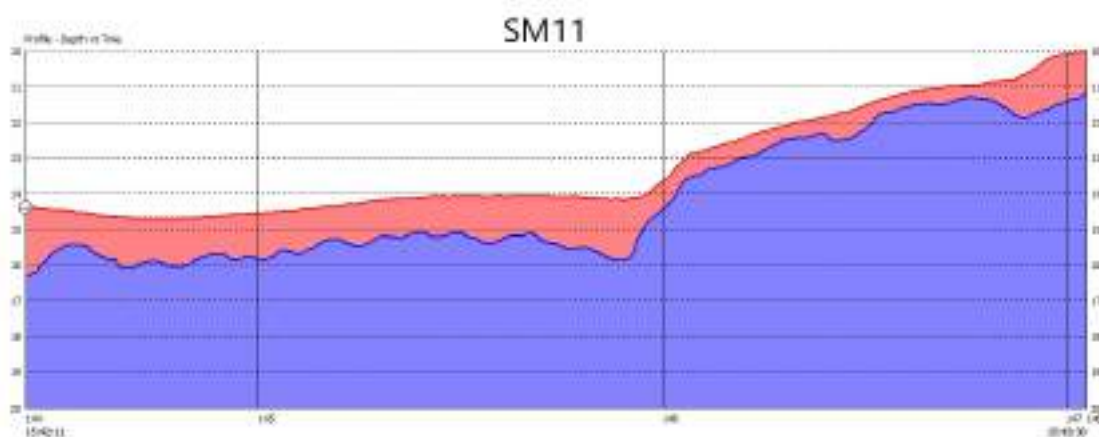


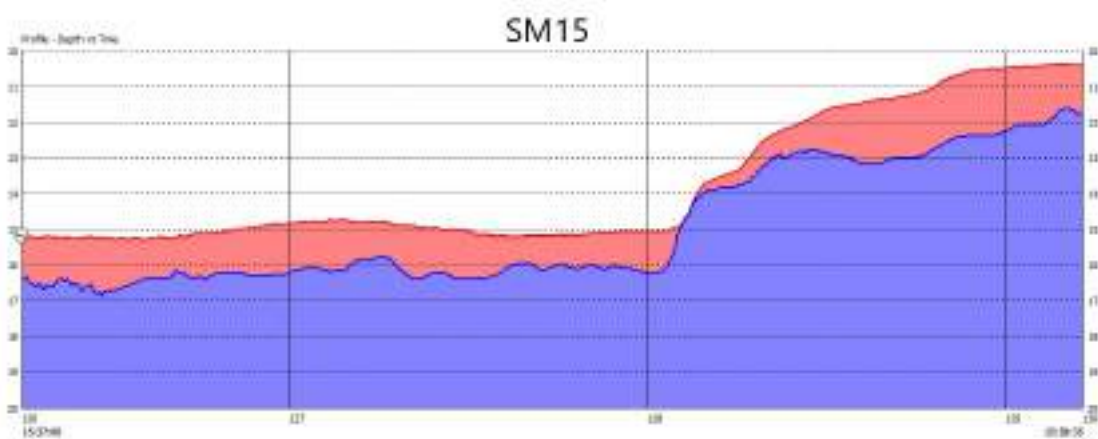
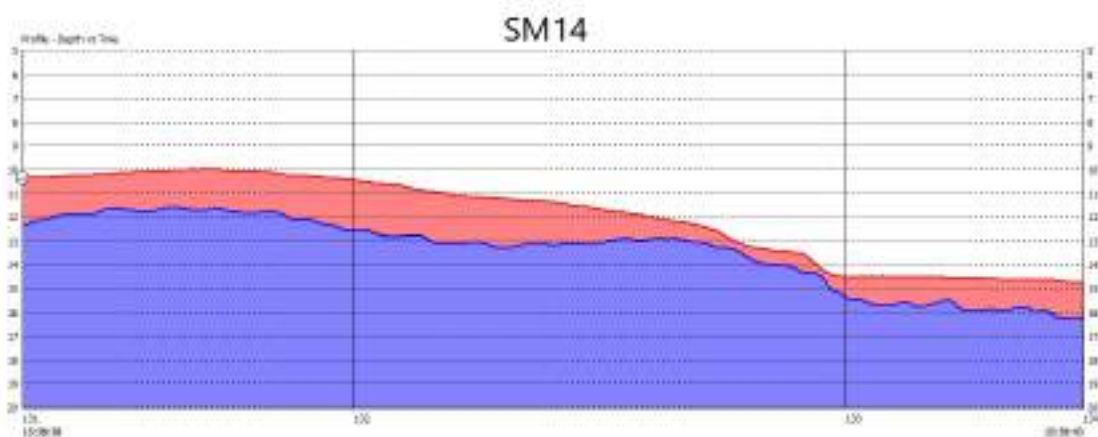
SM4B

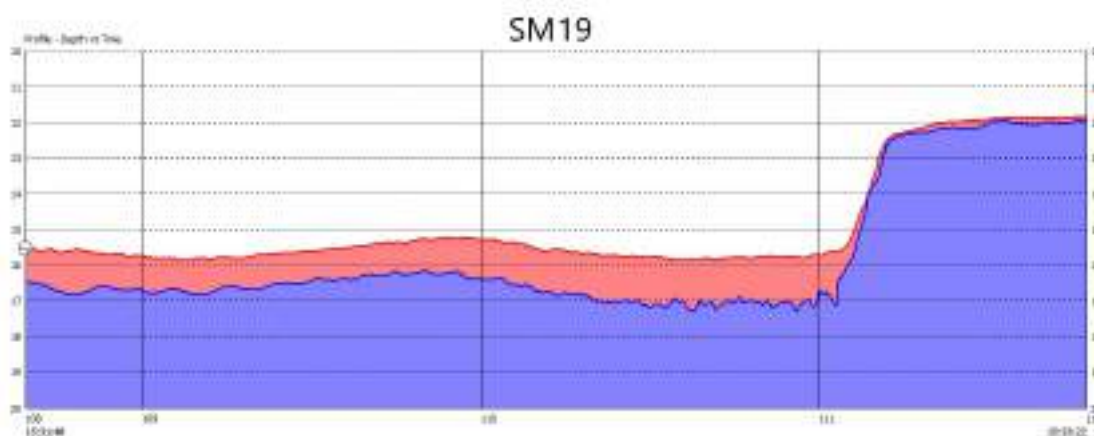
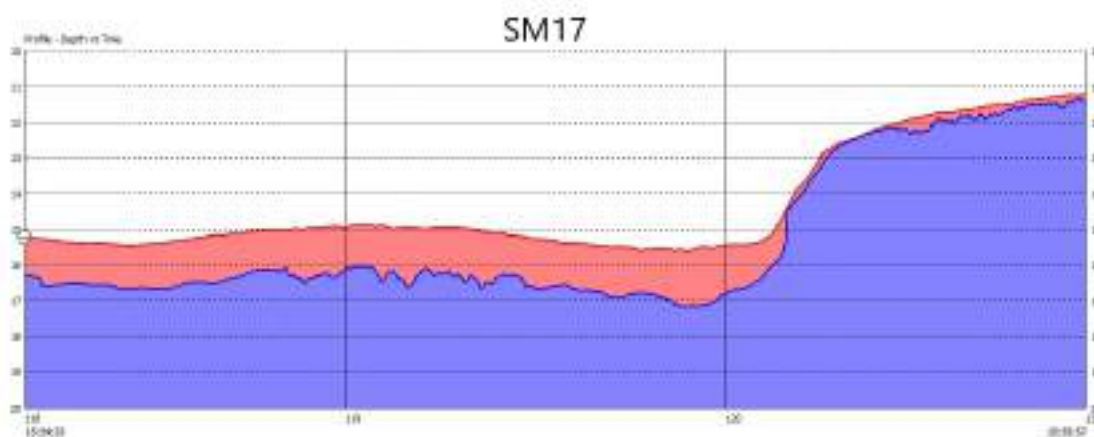


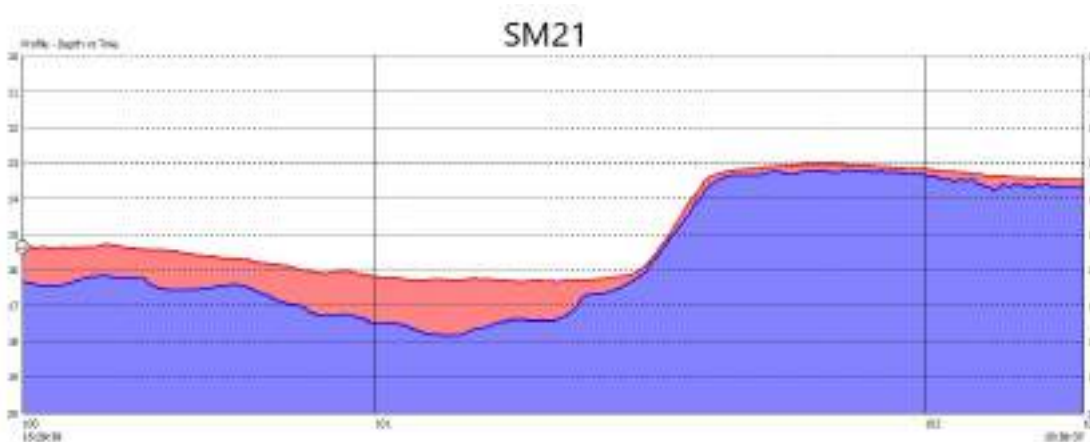
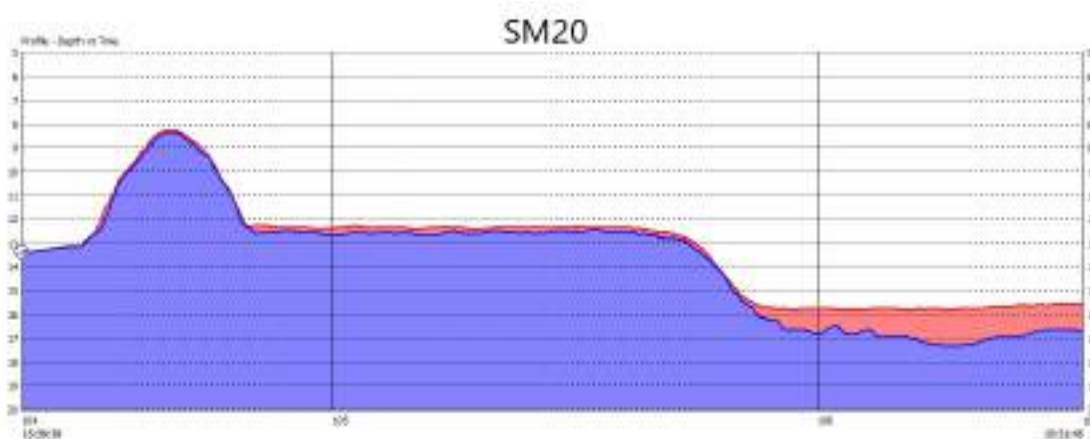




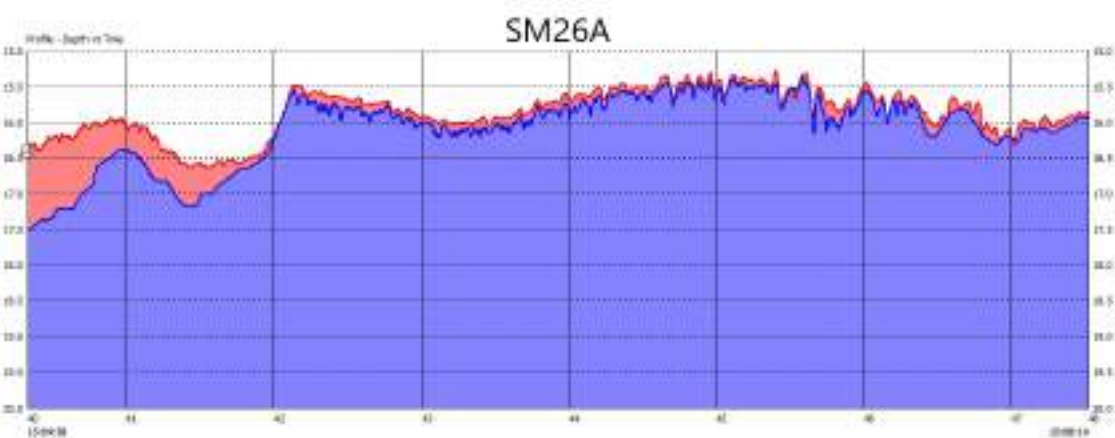


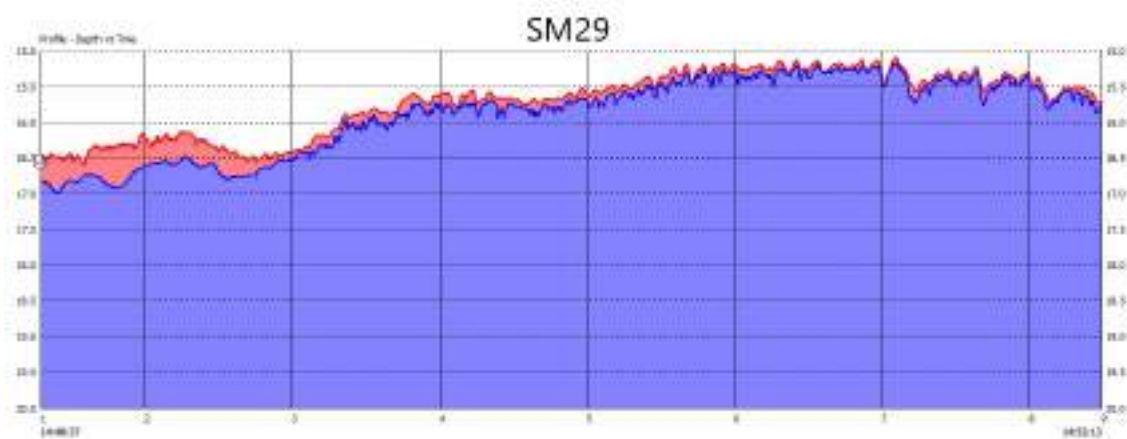












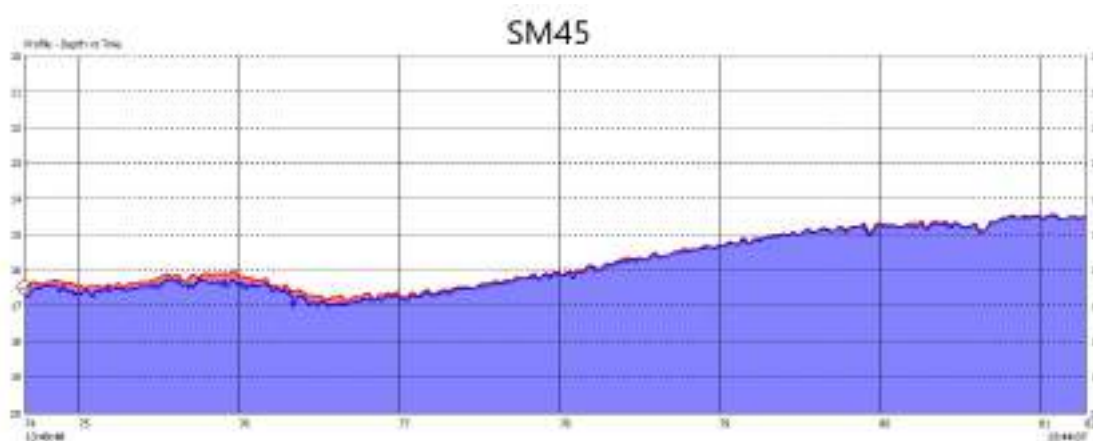


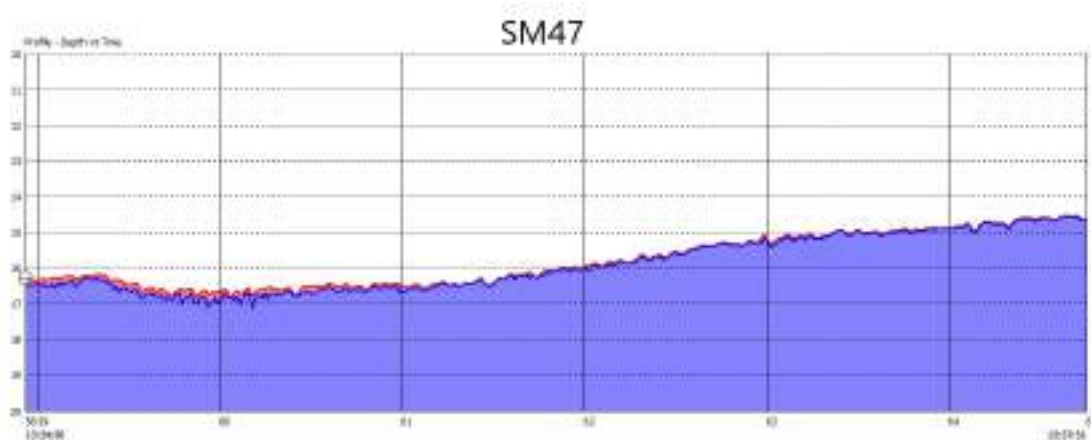
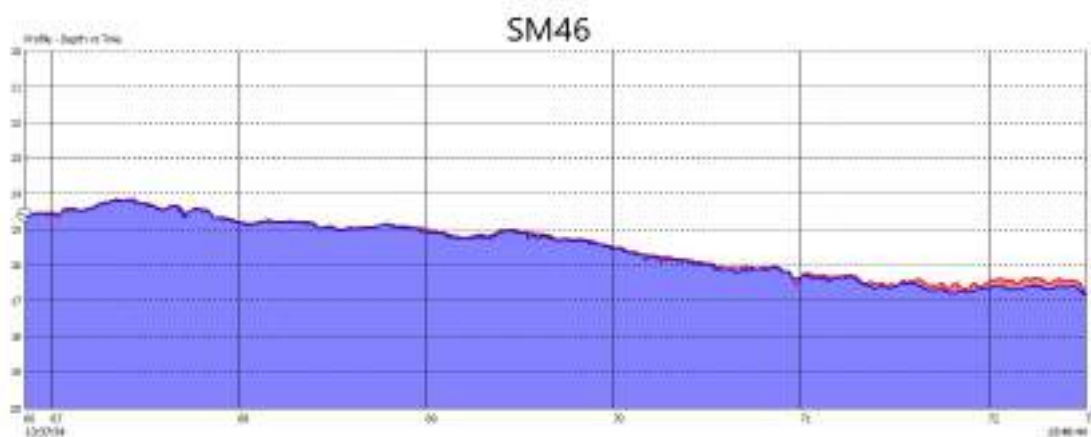




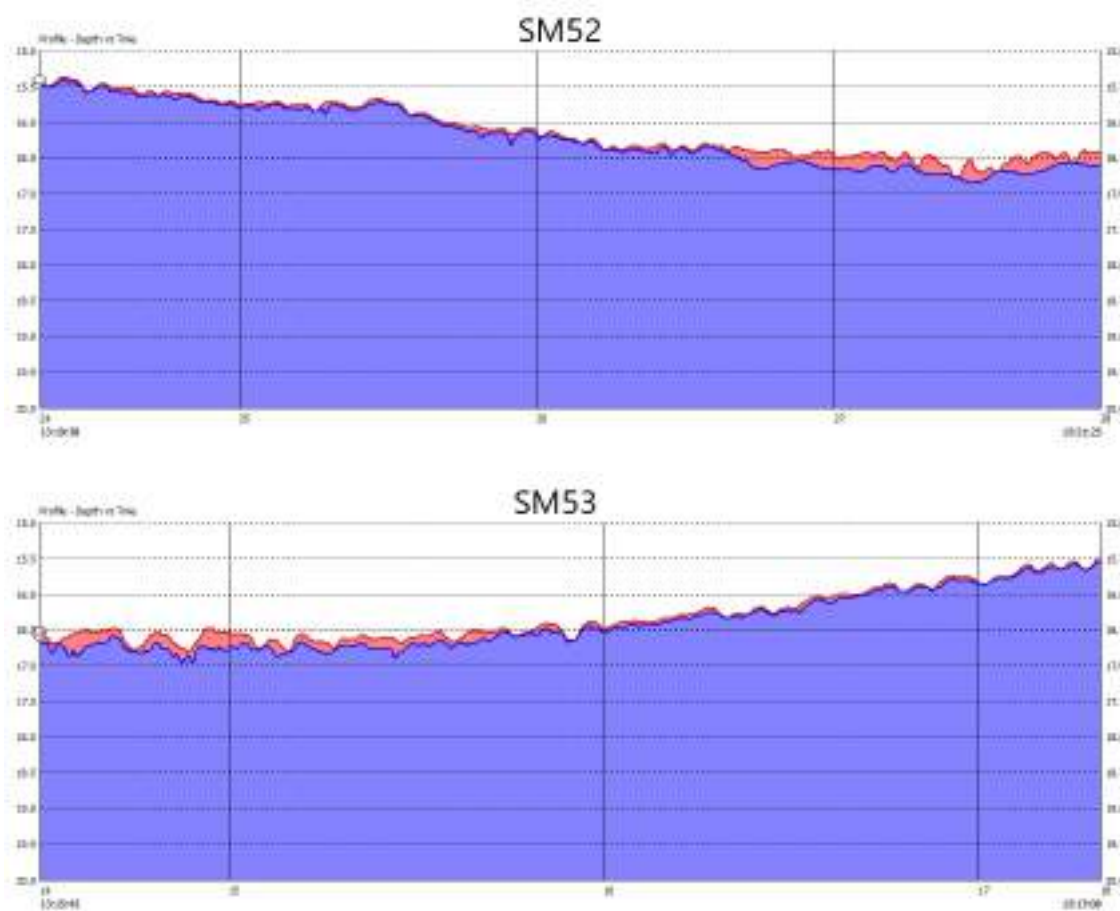












1.7. DIAGNÓSTICO E MAPEAMENTO DAS PATOLOGIAS.

1.7.1. Informações Gerais

A inspeção visual foi realizada com a utilização de equipamento fotográfico no dia 03/09/2024 e no dia 04/09/2024 uma equipe percorreu, a pé, toda a extensão do molhe, fotografando e tomando nota das ocorrências encontradas no molhe do Porto de Imbituba – SC.

Identificação de anomalias e patologias estruturais e caracterização e diagnóstico das suas causas e levantamentos realizados nas partes emersa e submersa dos molhes.

1.7.2. Área da Inspeção

A área inspecionada fica localizada no molhe do Porto de Imbituba - SC (Figura 119).

247

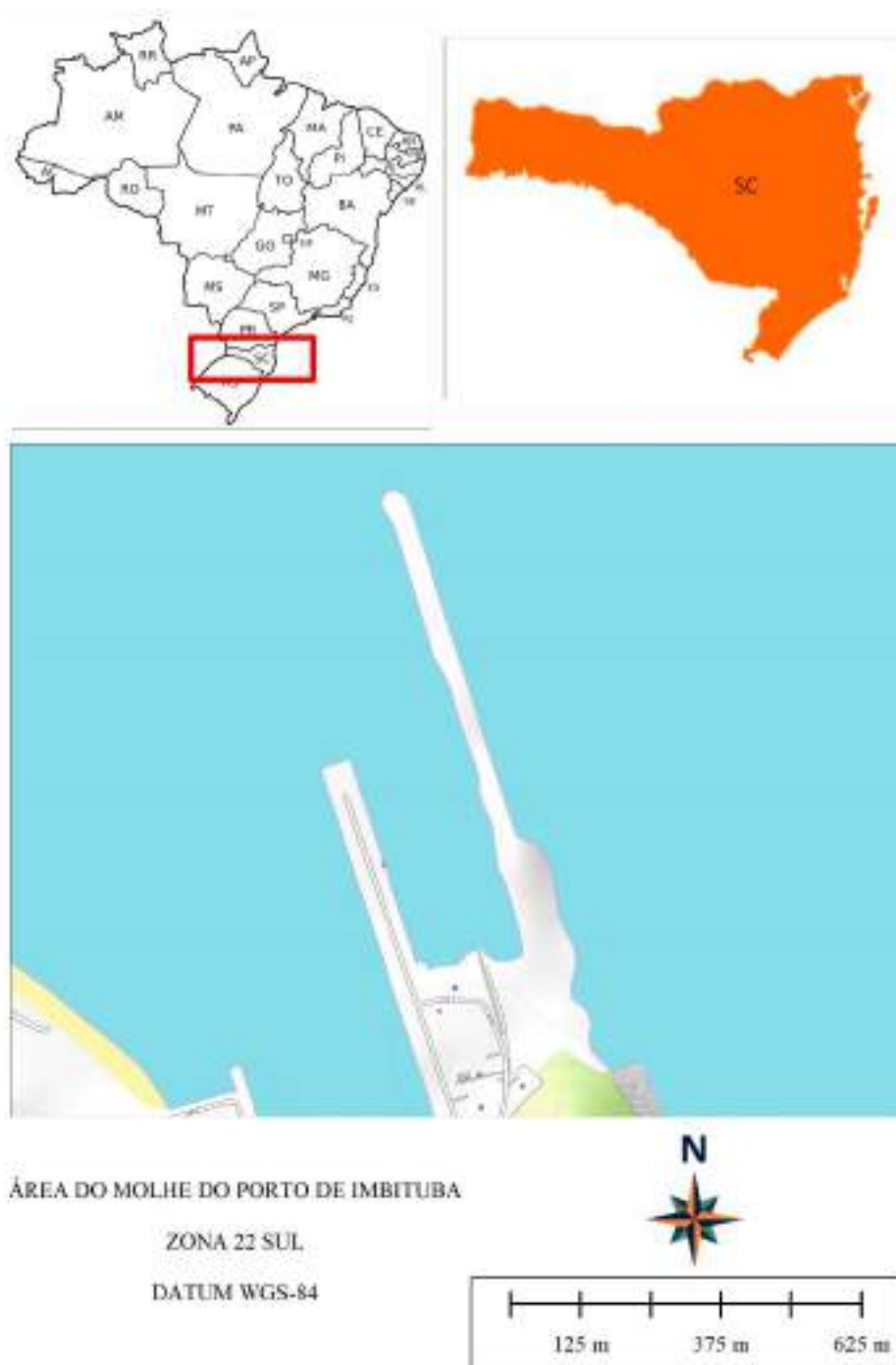


Figura 119 – Visão geral da área de trabalho (Molhe).

1.7.3. Introdução

Os molhes, estruturas construídas em conjunto de pedras e/ou concreto, são colocados ao longo da costa e no fundo do mar. Ajudam a reduzir a velocidade da água e a distribuir a energia das ondas, ajudando a impedir que a erosão ocorra. Eles são construídos com o intuito de proteger as embarcações dos fortes impactos das ondas e ventos, criando um canal navegável e seguro para a realização de atividades comerciais e de transportes.

Além disso, a aplicação dos molhes pode variar conforme a intensidade das condições climáticas e características do local, sendo um estudo prévio fundamental para garantir a eficiência dessas estruturas.

Eles são extremamente importantes para a infraestrutura portuária e ajudam a manter um fluxo seguro e estável de comércio marítimo.

O início da implantação do molhe de abrigo do Porto de Imbituba data da década de 60. Os estudos hidráulicos iniciais para a implantação do Terminal foram realizados em 1956 no Laboratoire Central D'Hydraulique de France (Maisons-Alfort). Posteriormente, já na década de 70, estudos complementares de estabilidade foram realizados no INPH. O molhe é constituído por blocos de rocha e tem 840m de comprimento, sendo que os últimos 340m constituem uma ampliação construída no início dos anos 80, portanto já a 43 anos. A última intervenção que se tem notícia foi realizada em 2012, pelo 10º Batalhão de Engenharia de Construção do Exército Brasileiro (INPH, 2023).

Observa-se que as últimas tempestades têm provocado ultrapassagens das ondas de forma intensa, colocando em risco as operações portuárias, tornando-se, portanto, necessário um projeto de restauração do molhe e sua rápida execução antes que o processo de degeneração da estrutura atinja níveis mais drásticos ainda (INPH, 2023).

1.7.4. Histórico de Imagens

a) Início do processo de degeneração da estrutura do molhe – imagem ano 2003



a) Degradação na porção norte, lado leste, em relação a 2003 - Imagem Ano 2006

250



b) Degradação na porção norte está mais acentuada e as obras de recuperação já podem ser vistas na porção sul do molhe - Imagem Ano 2009

251



c) Recuperação da estrutura na porção norte e as obras de recuperação em andamento na porção sul do molhe - Imagem Ano 2011



d) Obras de recuperação da estrutura concluída - Imagem Ano 2013



e) Imagem Ano 2016



f) Imagem Ano 2019

255



g) Imagem Ano 2022



h) Imagem Ano 2024

257



1.7.5. Investigação das Patologias Estruturais

258

1.7.5.1. Fotografias

Molhe do Porto de Imbituba.



Tetrapodes, seção-17, molhe lado leste.



Tetrapodes, vista para sul a partir da seção 20, molhe lado leste.



Tetrapodes, vista para norte, seção 21, molhe lado leste.



Tetrapodes, seção 31 - limite da área dom tetrápodes, molhe lado leste.



Tetrapodes, seção 31 - limite da área dos tetrápodes, molhe lado leste. Mostra a degradação provocada pela erosão.



Tetrapodes, seção 33 - limite da área dos tetrápodes, molhe lado leste. Mostra a degradação provocada pela erosão.



Topo do Enrocamento, seção 31 - lado oeste.



Enrocamento, vista para sul, seção - lado oeste.



Enrocamento, vista para sul, seção - lado oeste.



Enrocamento, vista para norte, seção 37 - lado oeste.



Enrocamento, vista para norte, seção 32 - lado oeste.



Enrocamento, vista para norte, seção 24



Enrocamento, seção 37 - lado oeste.



Enrocamento, vista para sul a partir da seção 41 - lado oeste.



Enrocamento, seção - , topo do molhe. A imagem da direita está com brilho aumentado para ter-se a noção da profundidade. Foi ouvido o barulho de água quando esta bate no talude leste do molhe.



Enrocamento, vista para sul a partir da seção 47.



Enrocamento, vista para sul a partir da seção 55. Neste ponto, a água, ao bater no molhe, atinge o lado oeste.



Enrocamento, seção 70.

267



Enrocamento, seção- .



Enrocamento, seção - mesmo ponto, com vista para sul e com vista para oeste.



Enrocamento, vista para norte a partir da seção 70.



Enrocamento, vista para norte a partir da seção 76, lado leste.



Enrocamento, vista para norte a partir da seção 77, lado leste.



Enrocamento, vista para sul a partir da seção- .

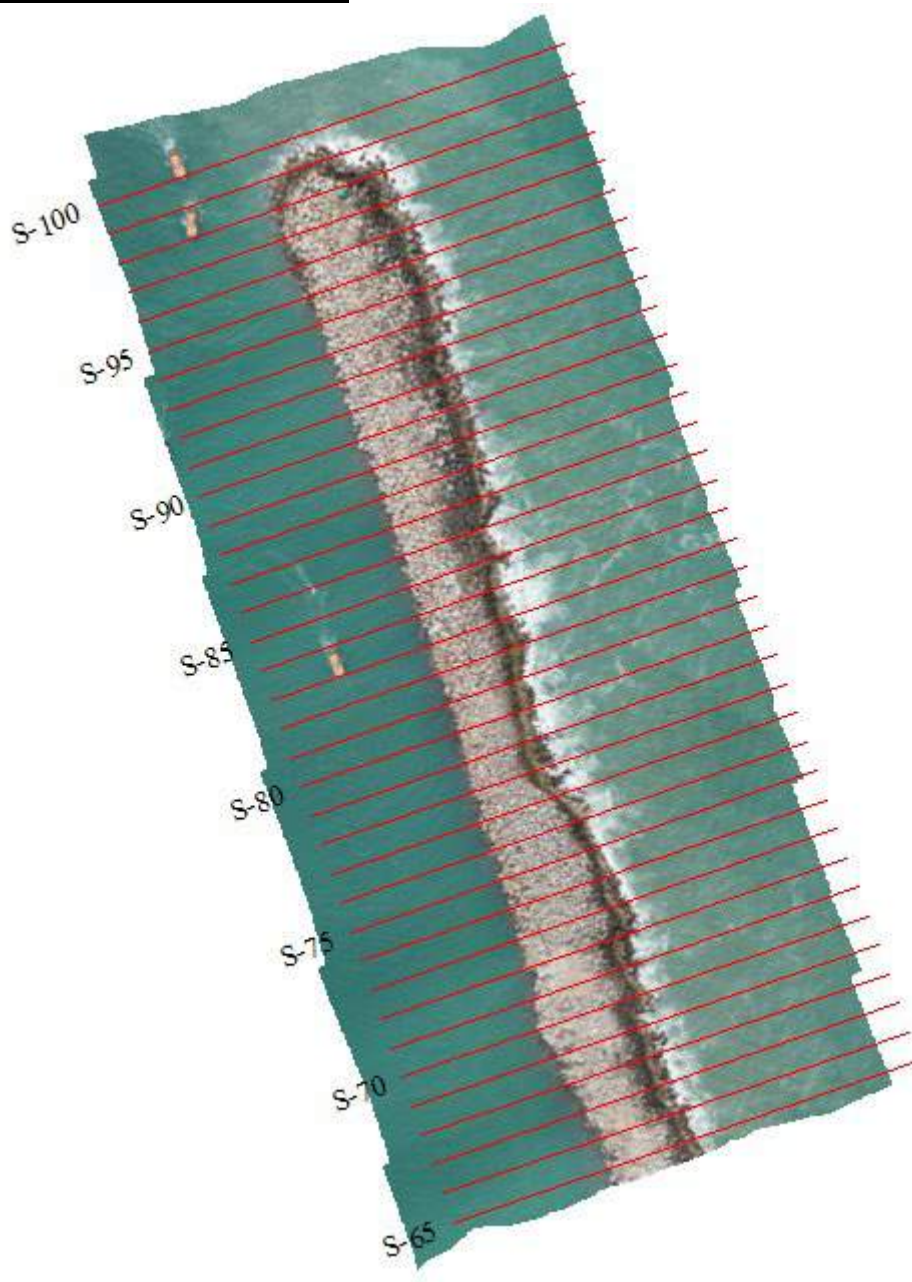


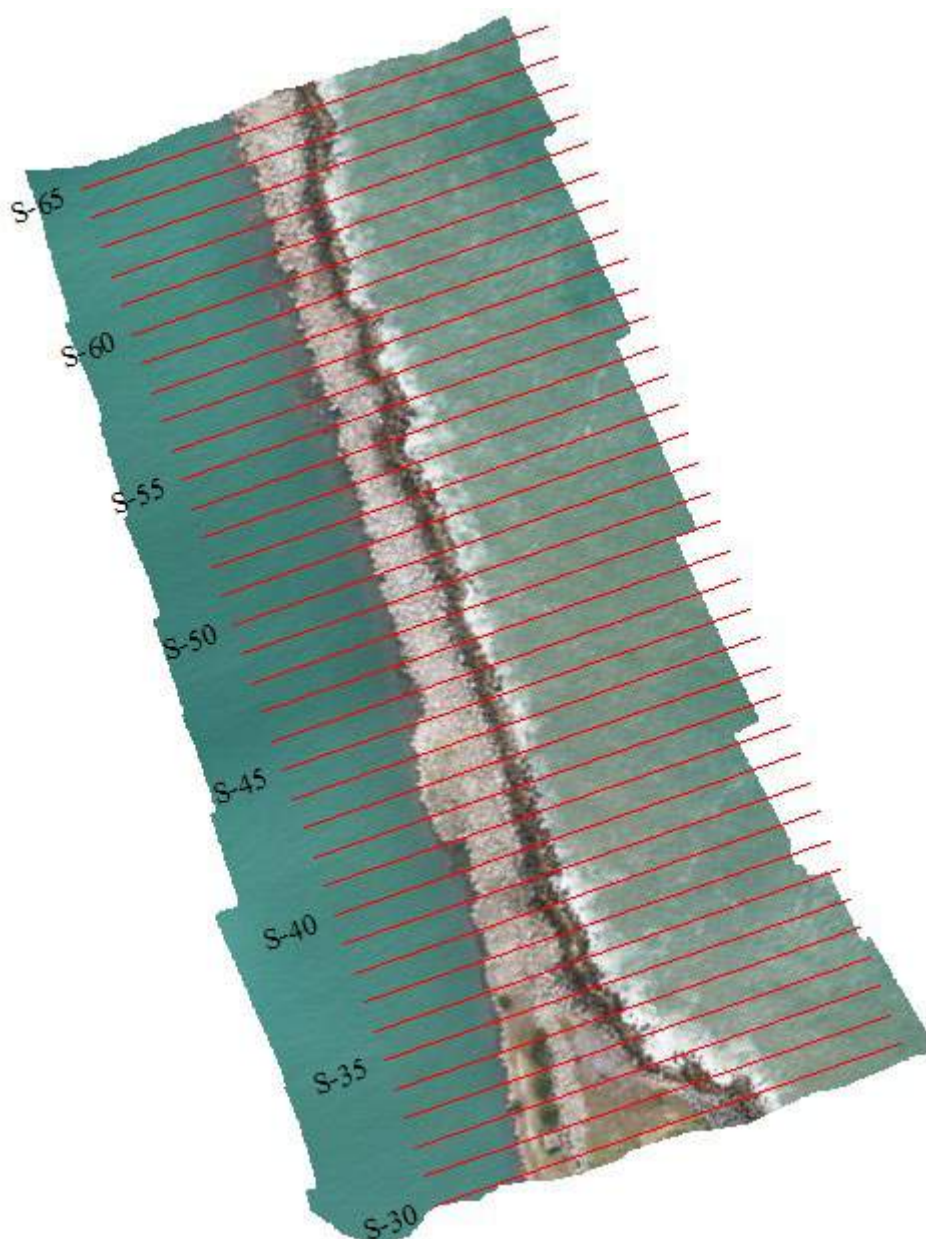
Enrocamento, vista para sul a partir da seção 98. A esquerda da imagem é vista a base da estrutura do Farol.

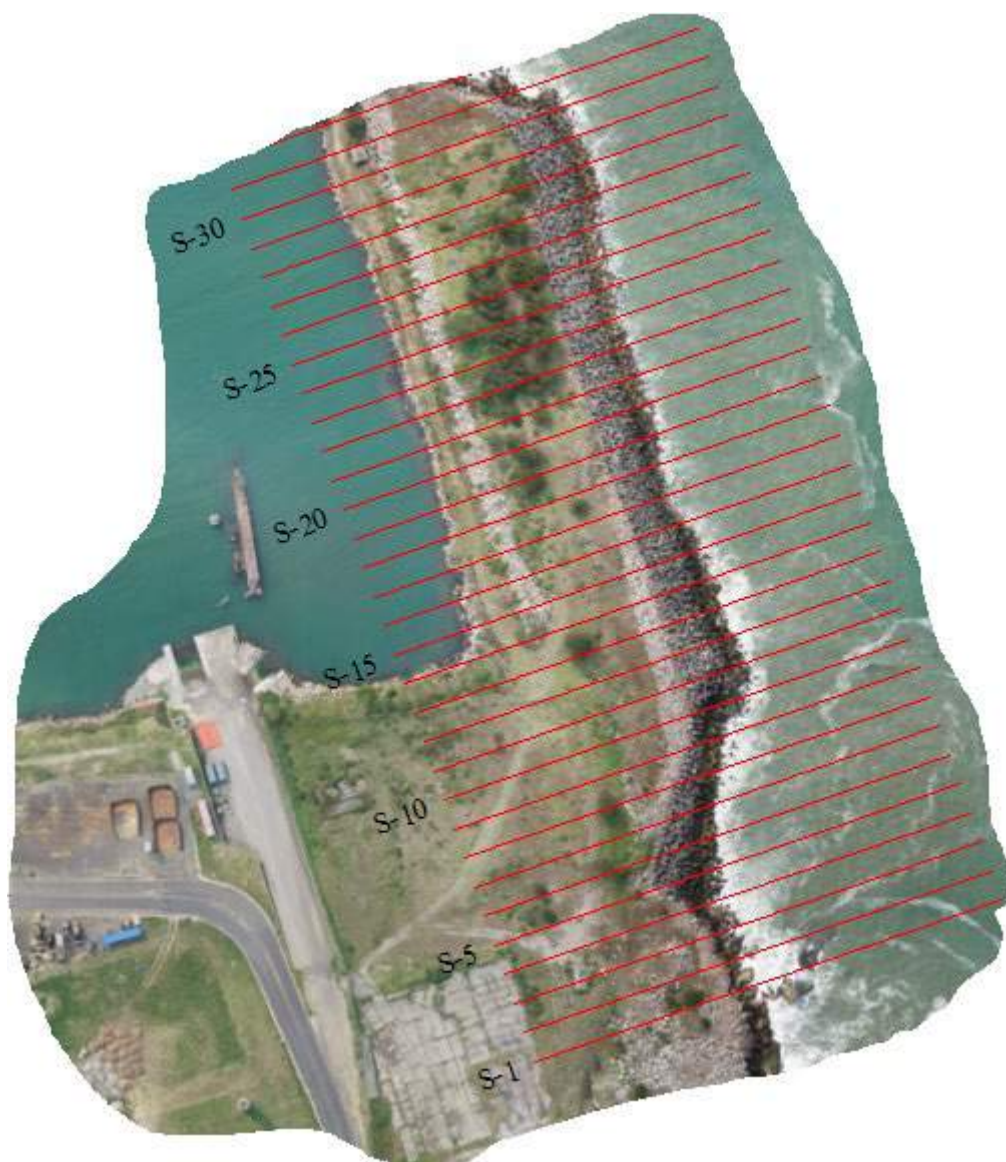


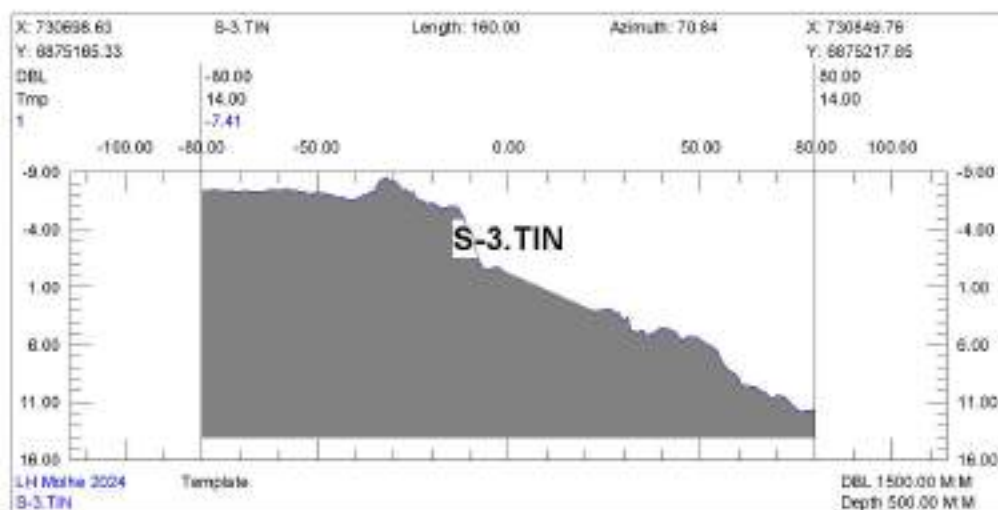
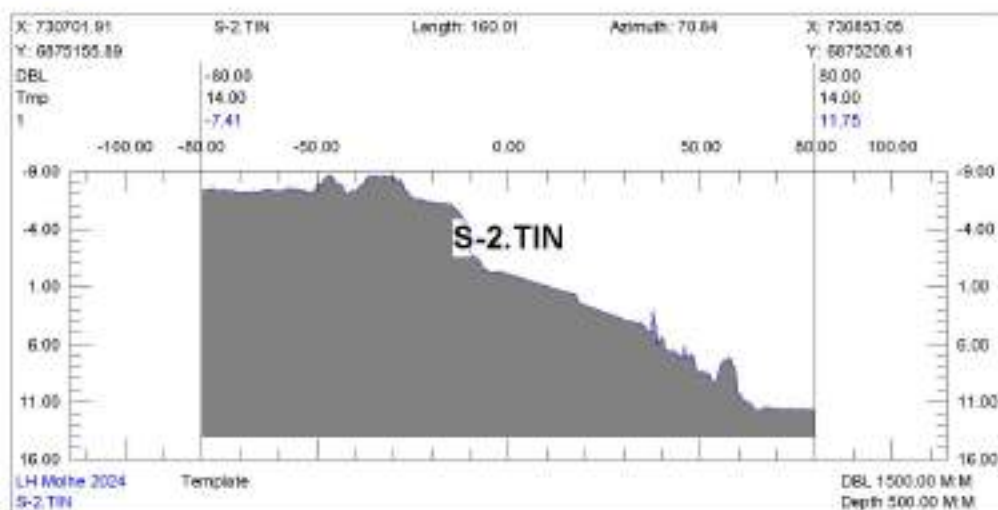
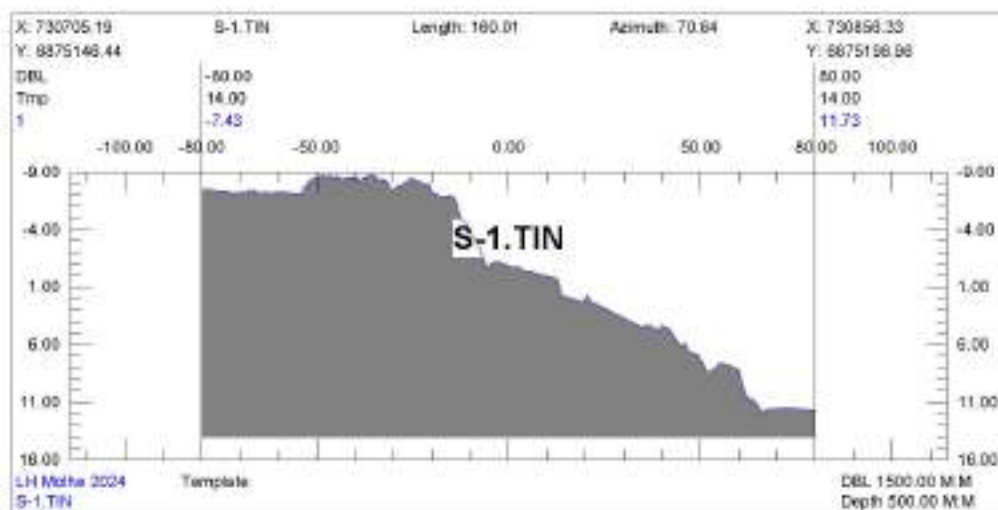
1.7.5.2. Seções Molhe Levantamento 2024

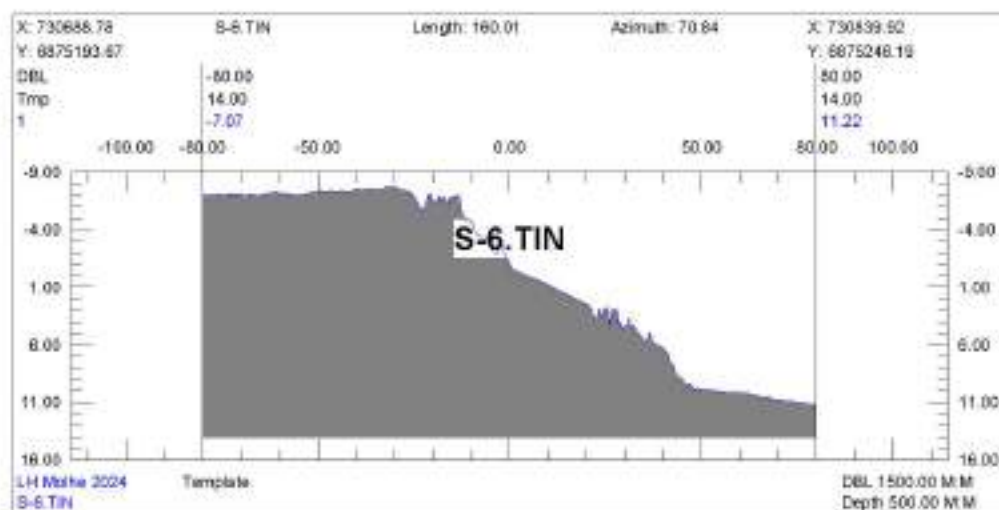
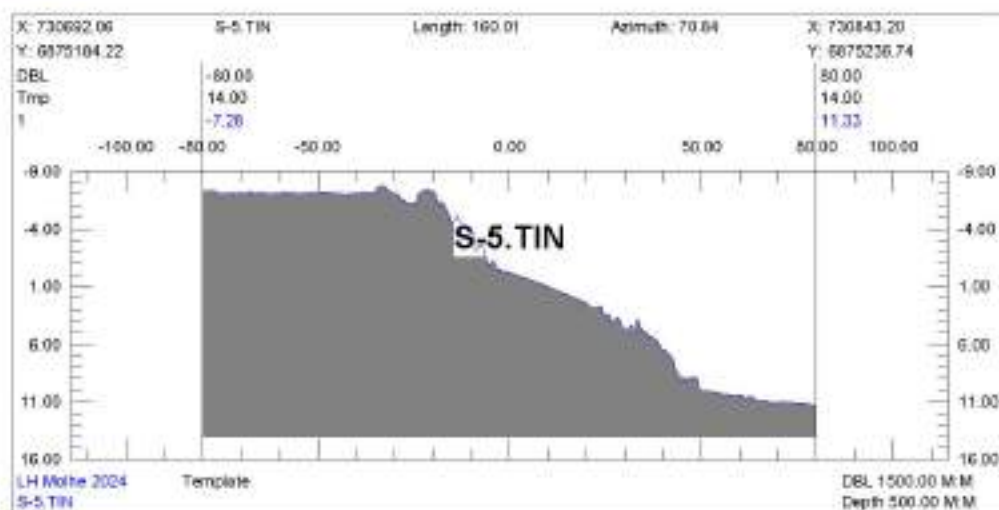
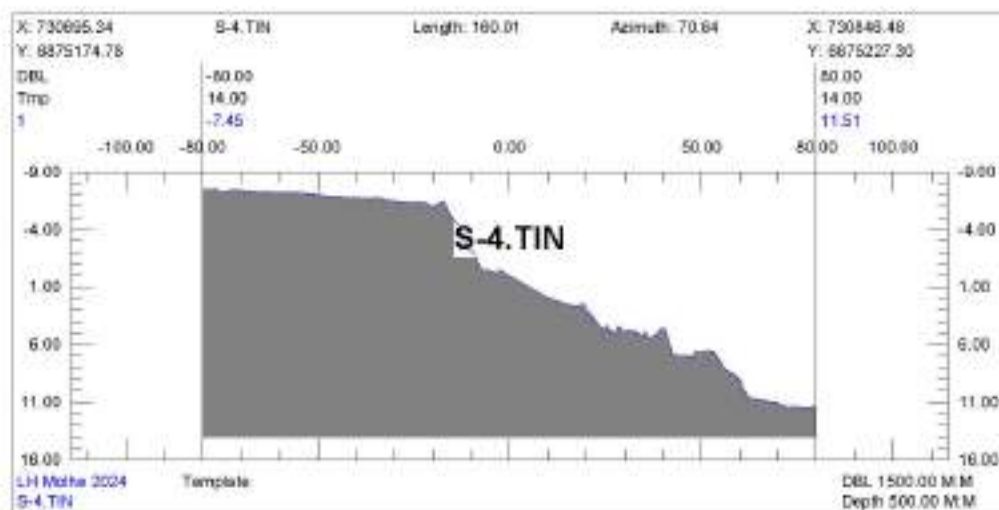
✓ Seções Molhe Imagem 2024

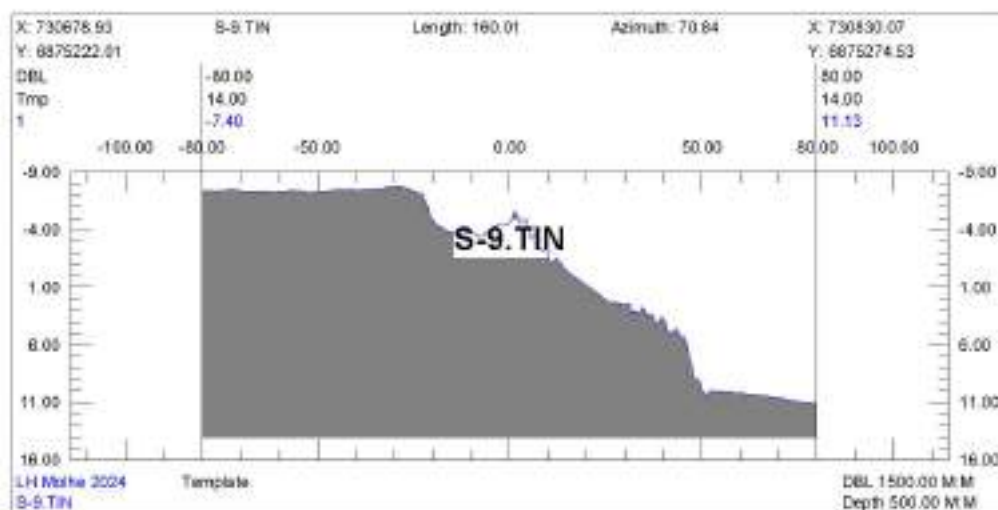
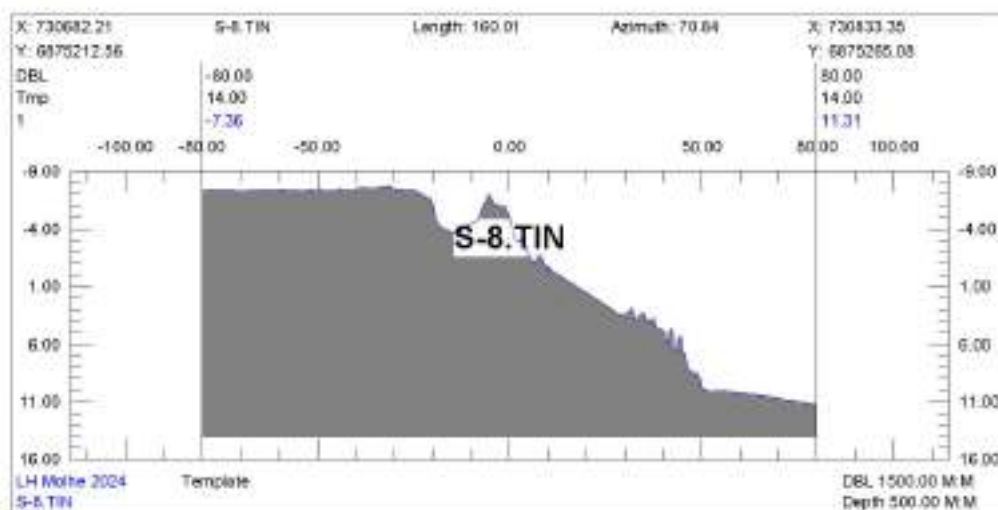
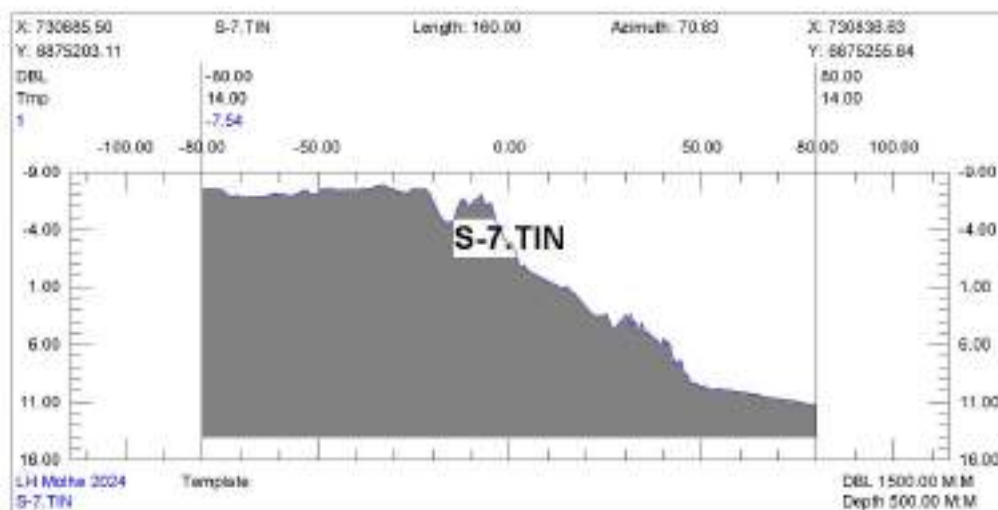


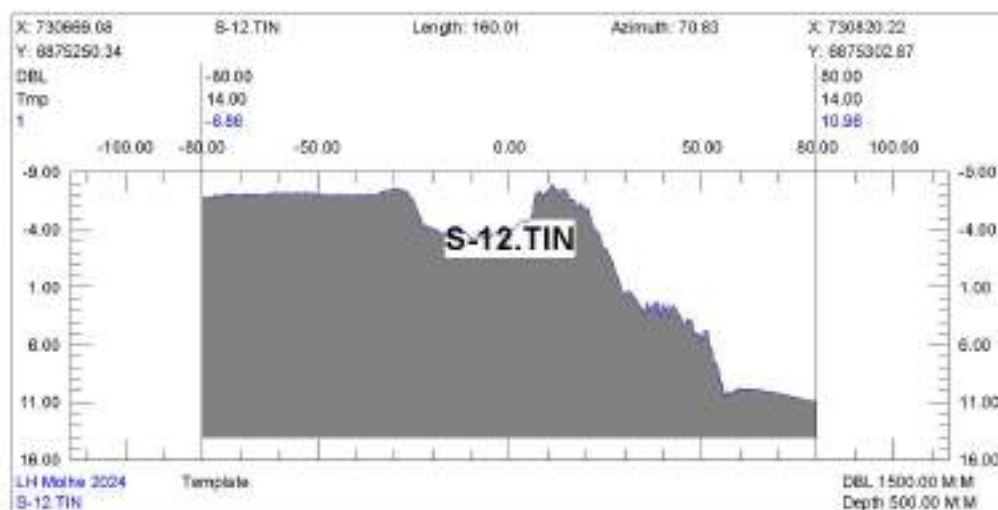
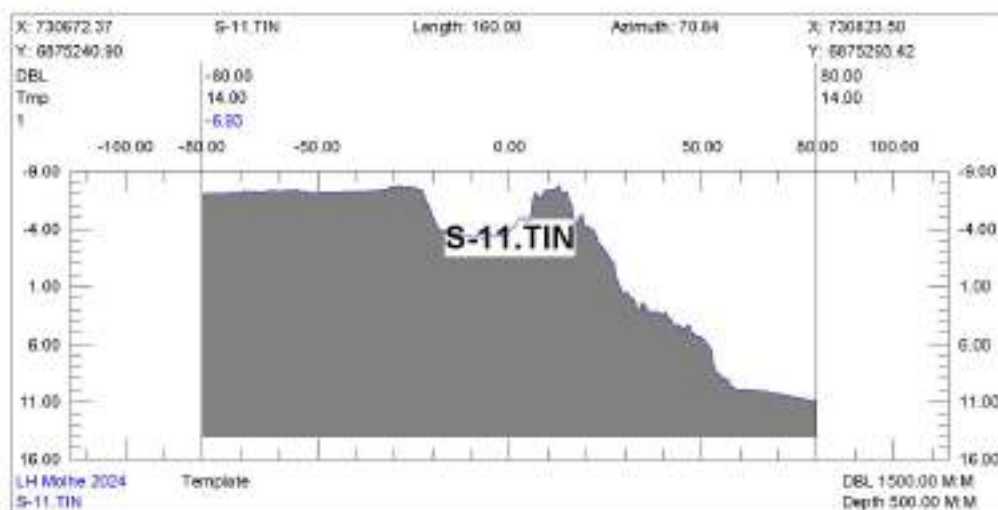
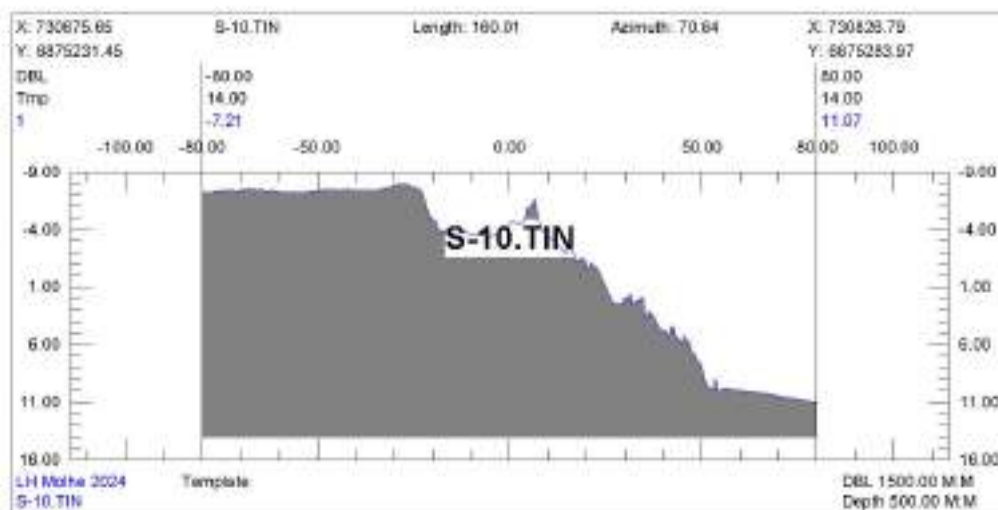


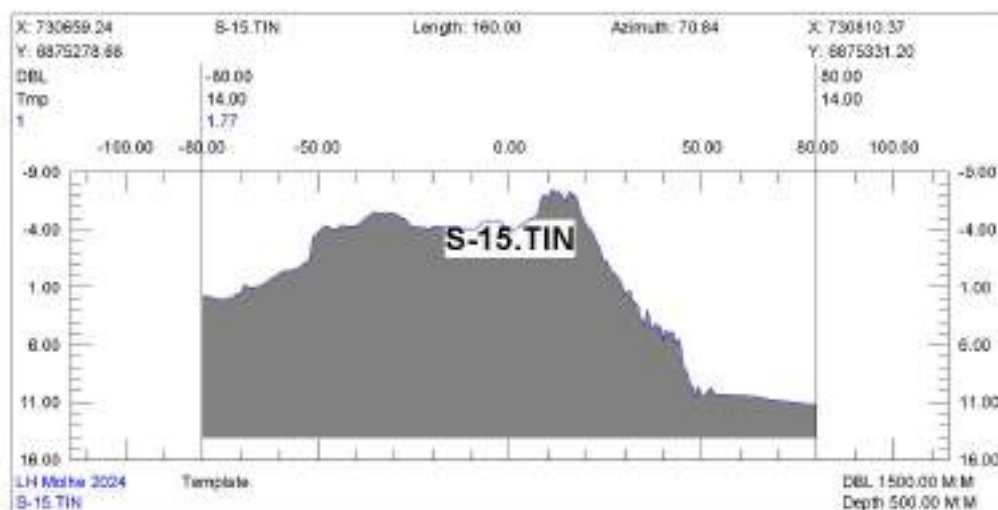
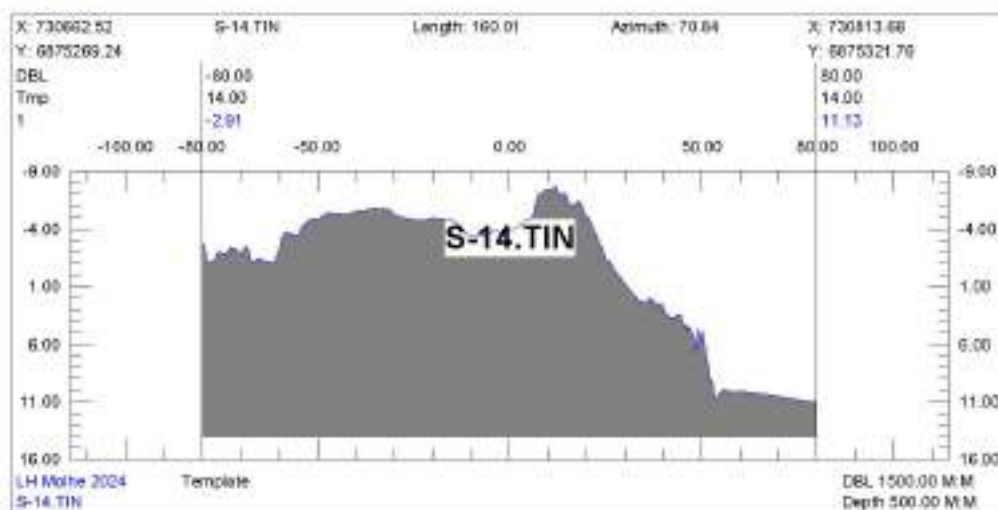
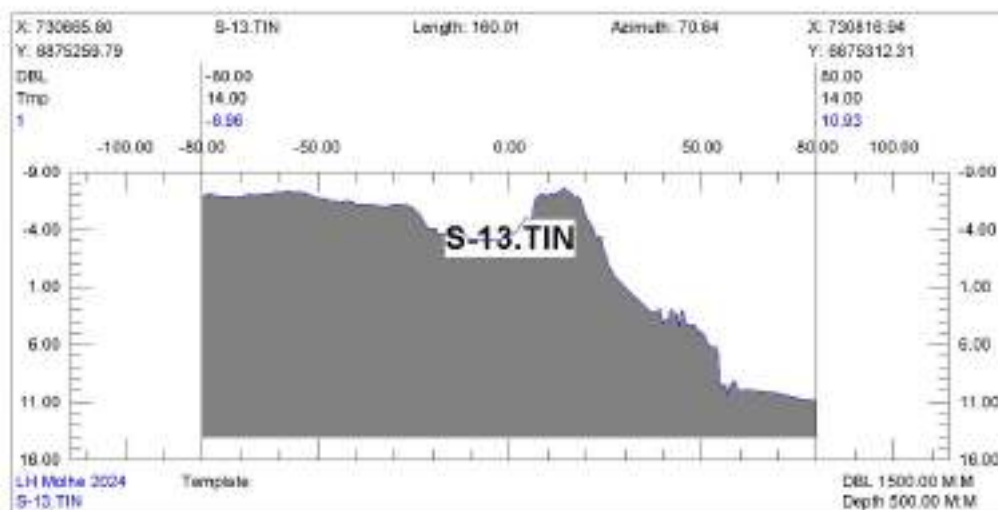


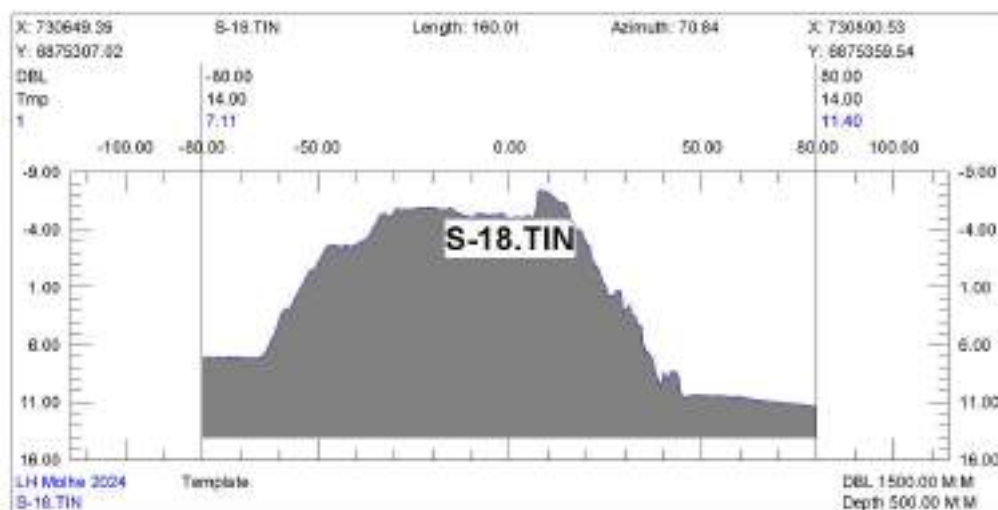
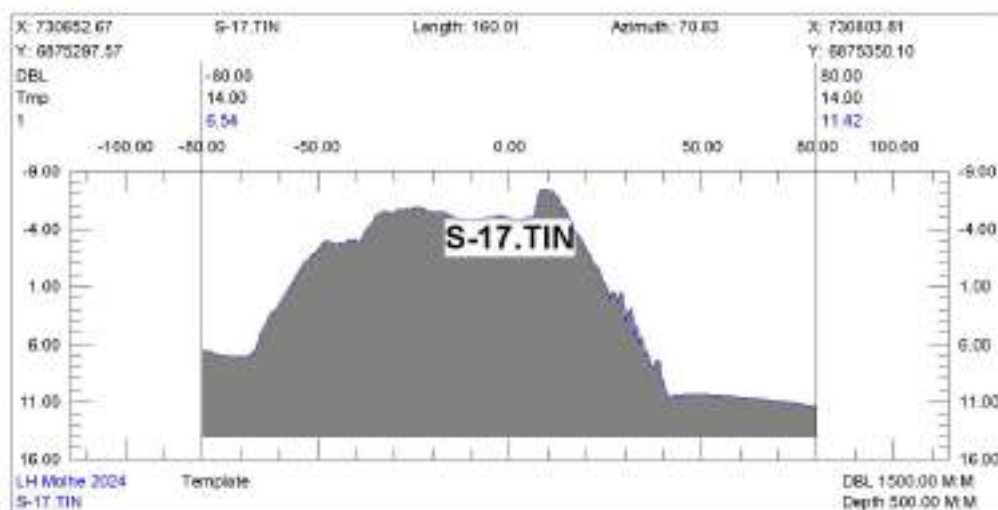
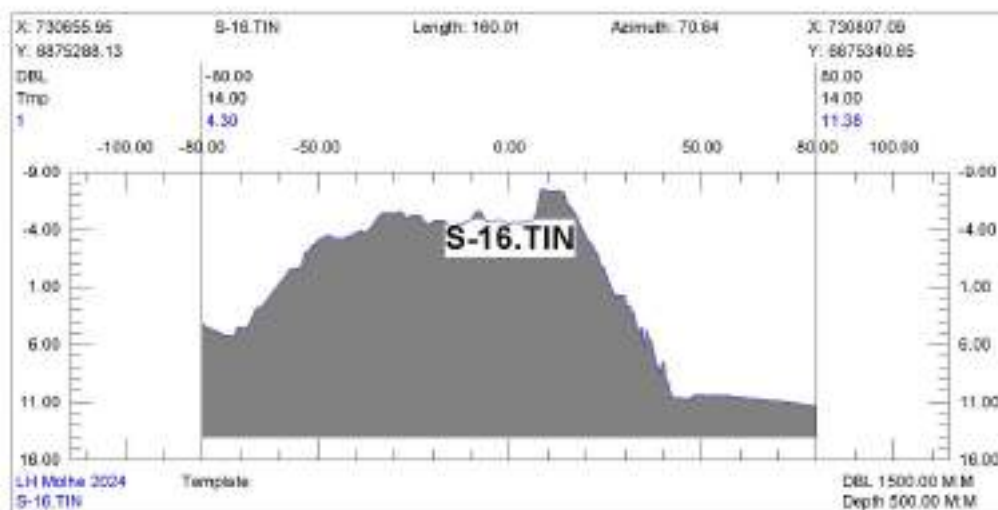


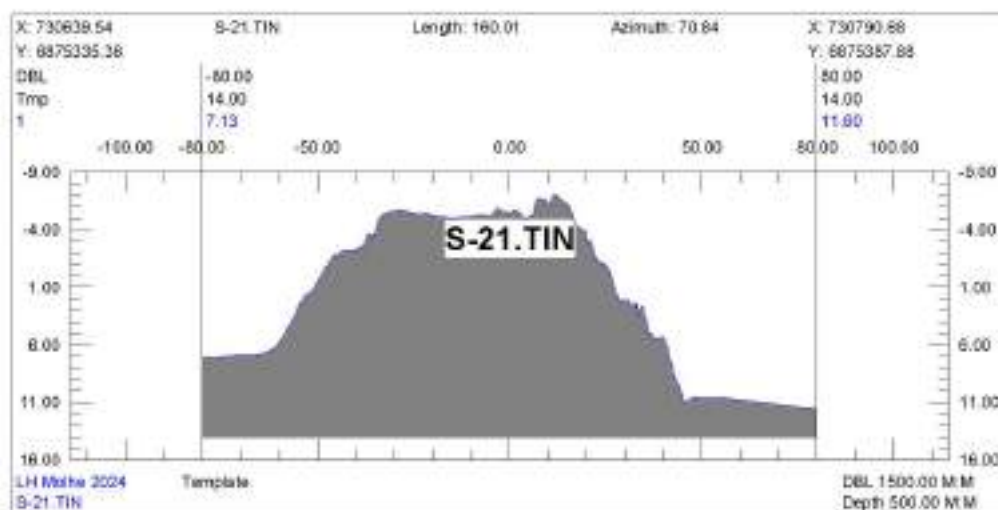
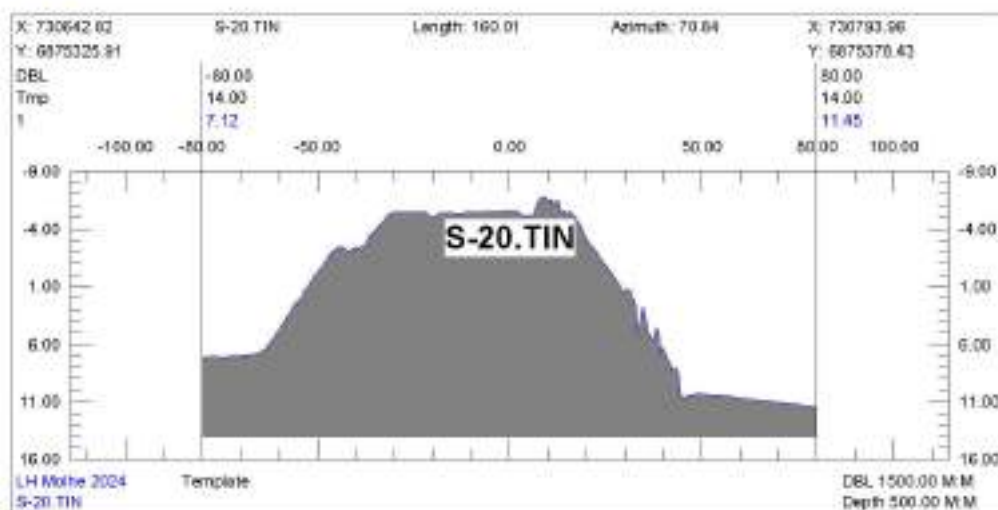
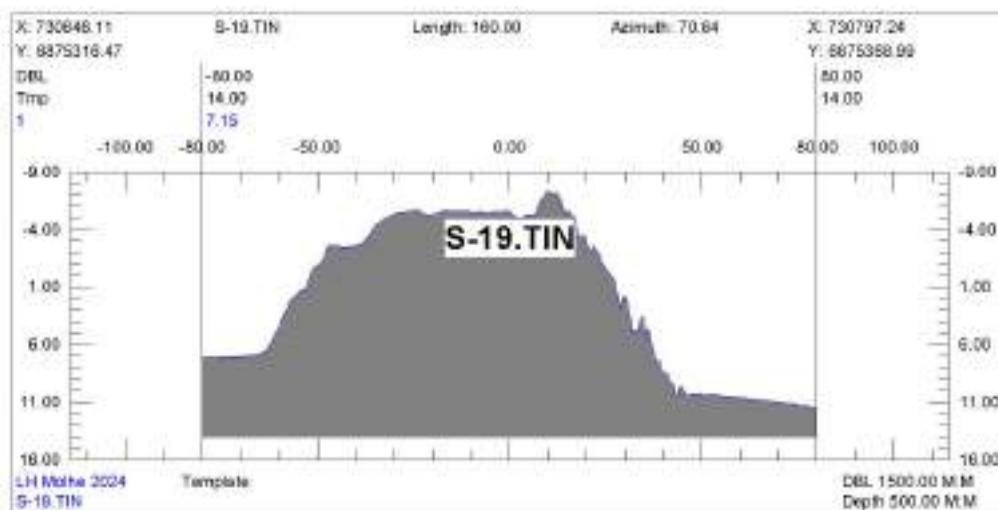


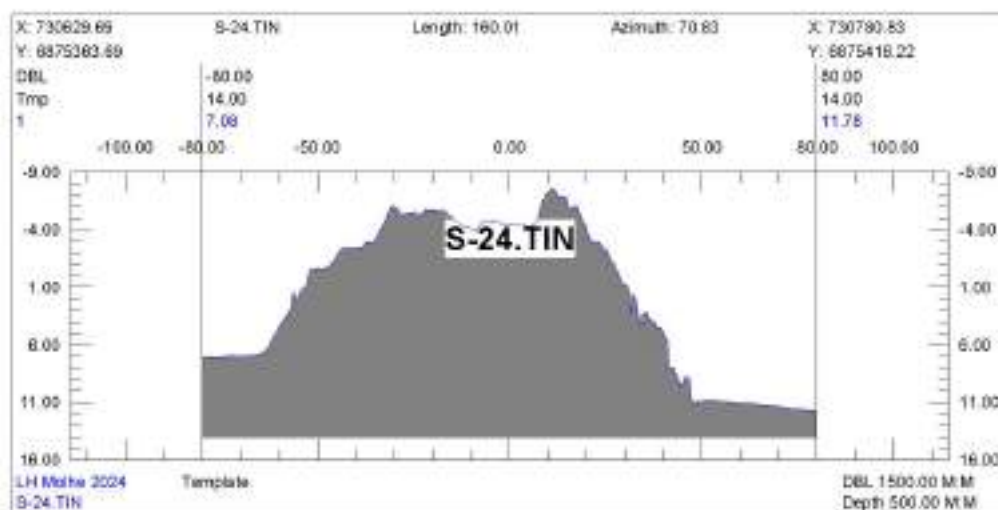
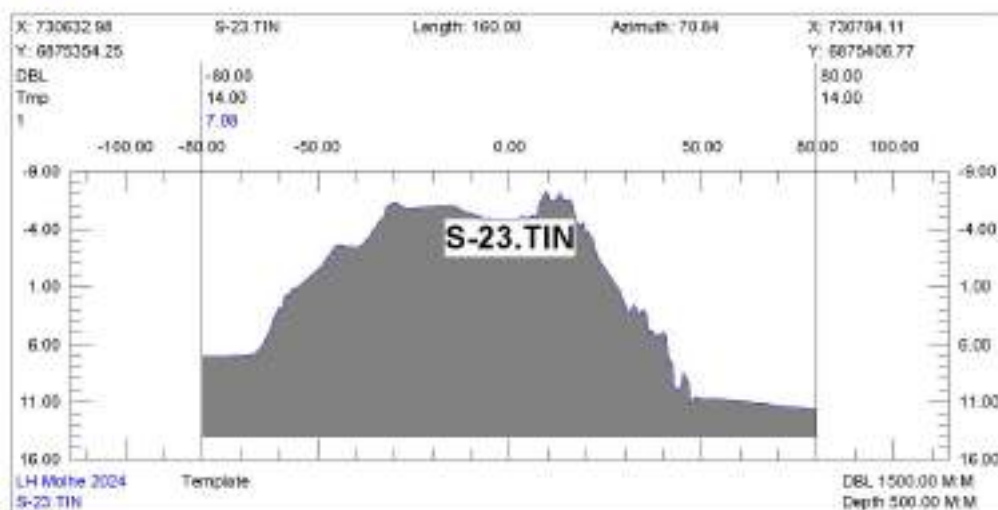
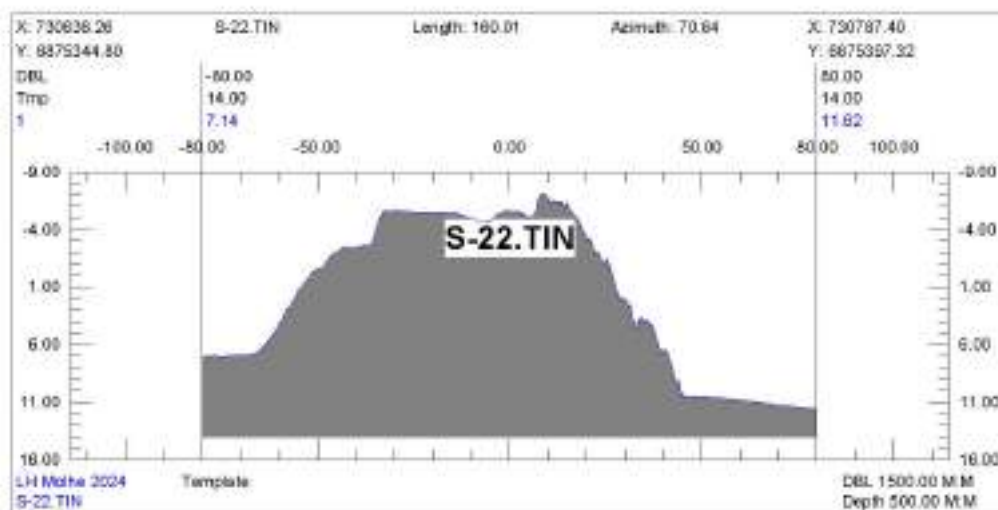


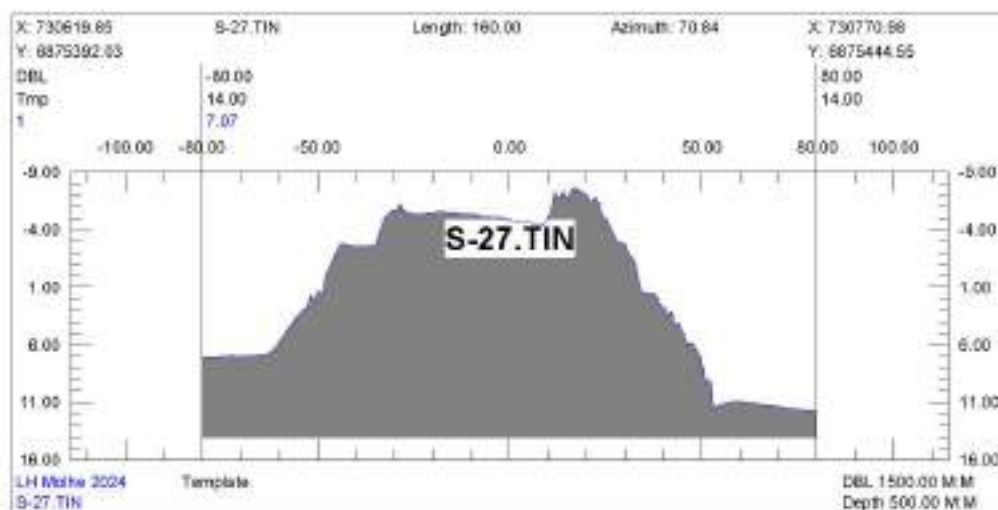
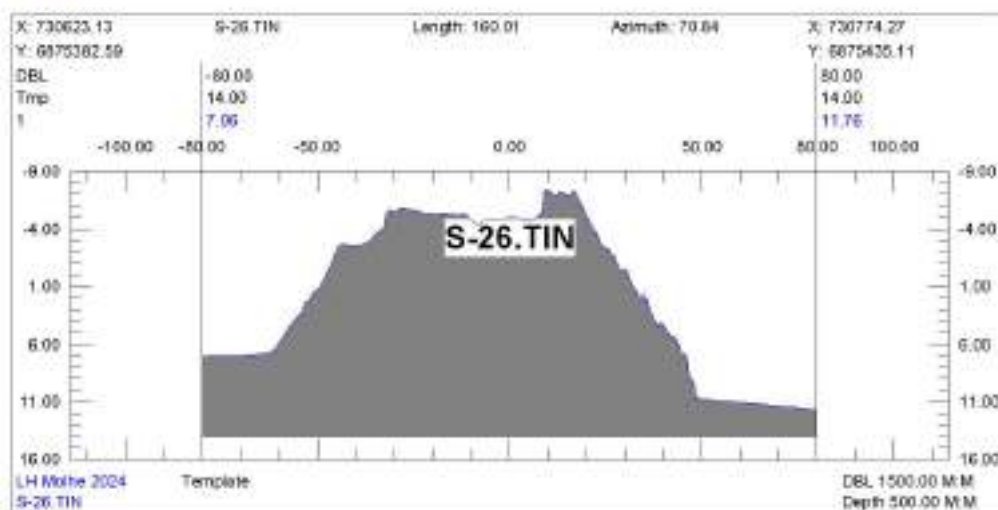
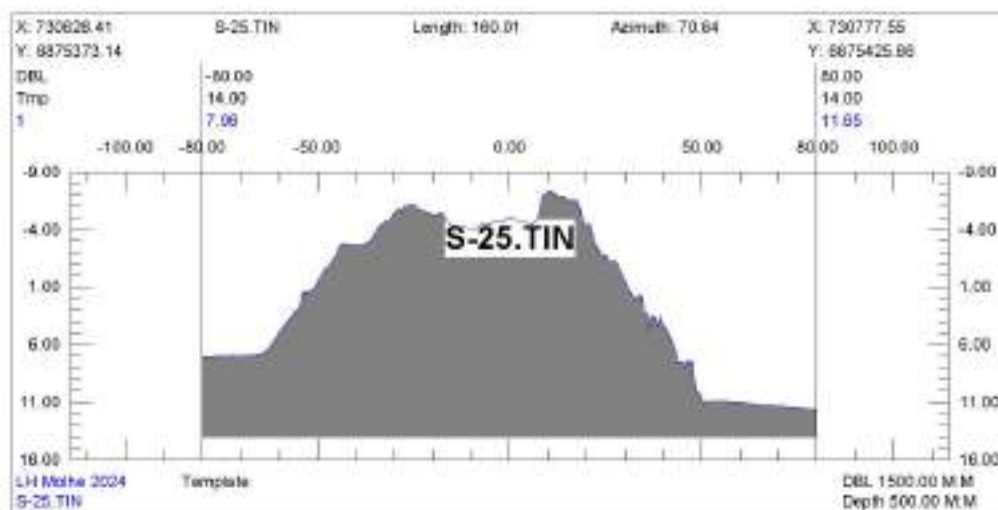


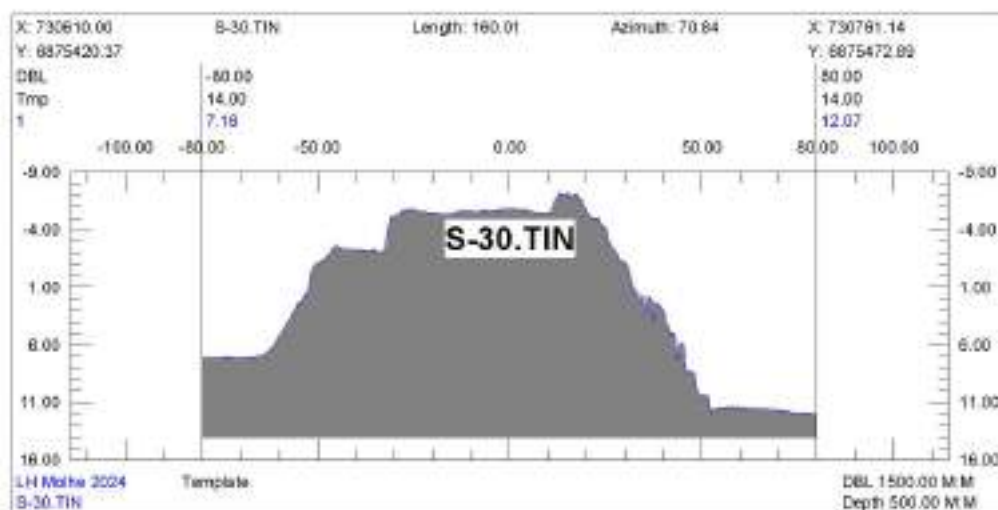
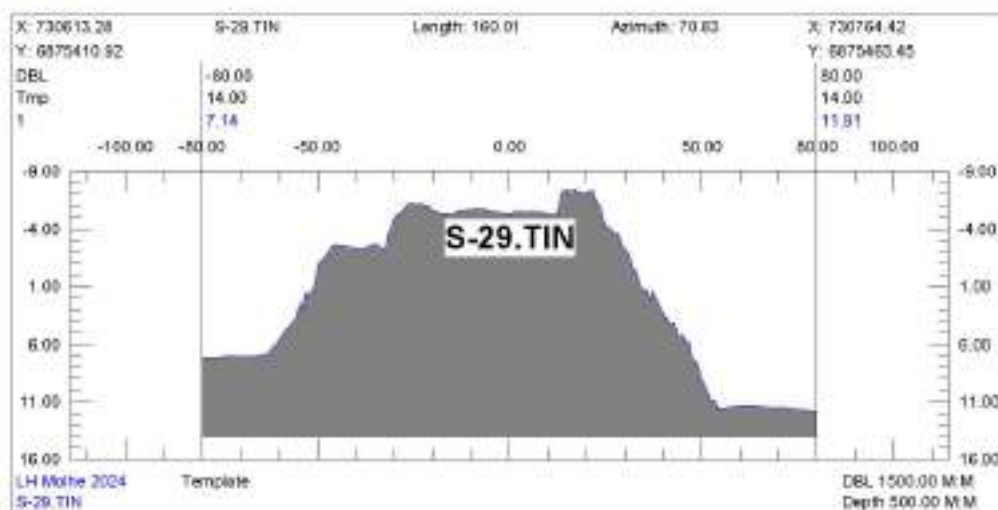
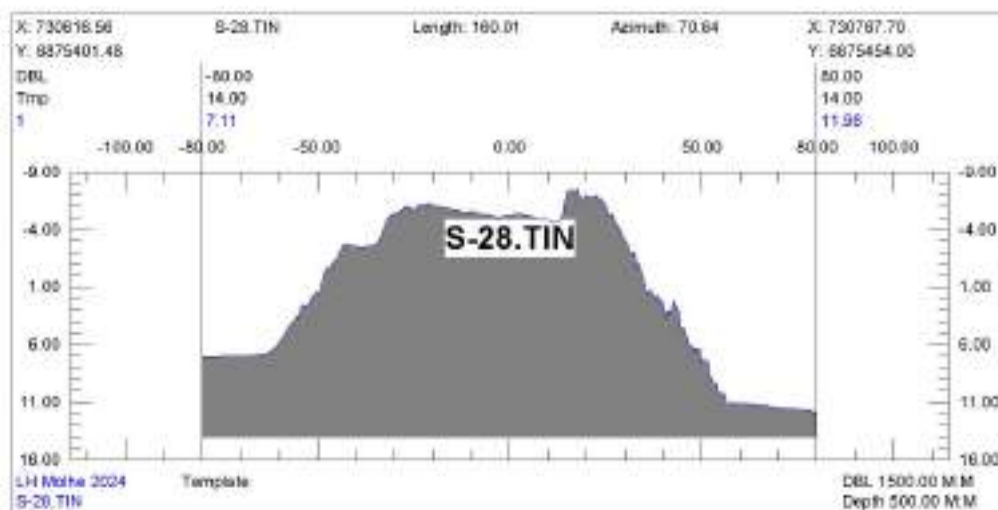


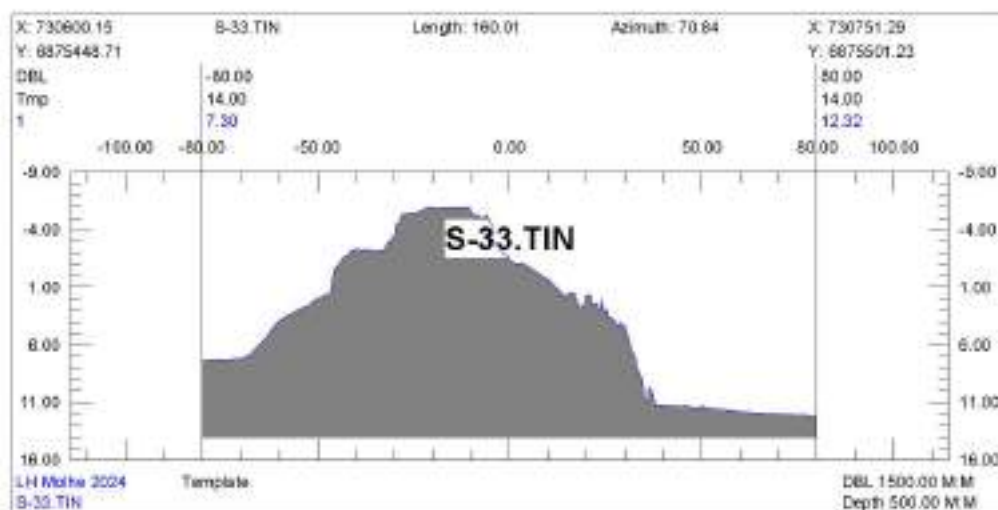
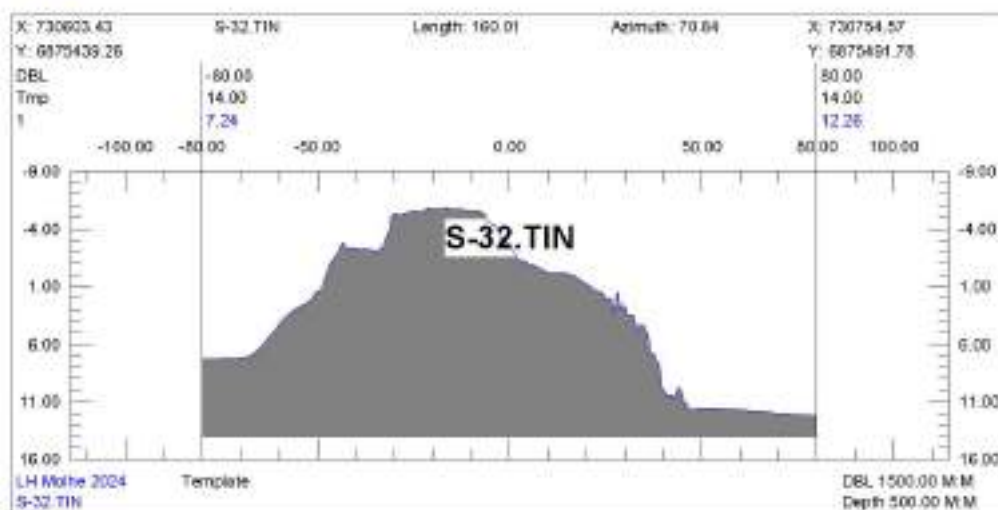
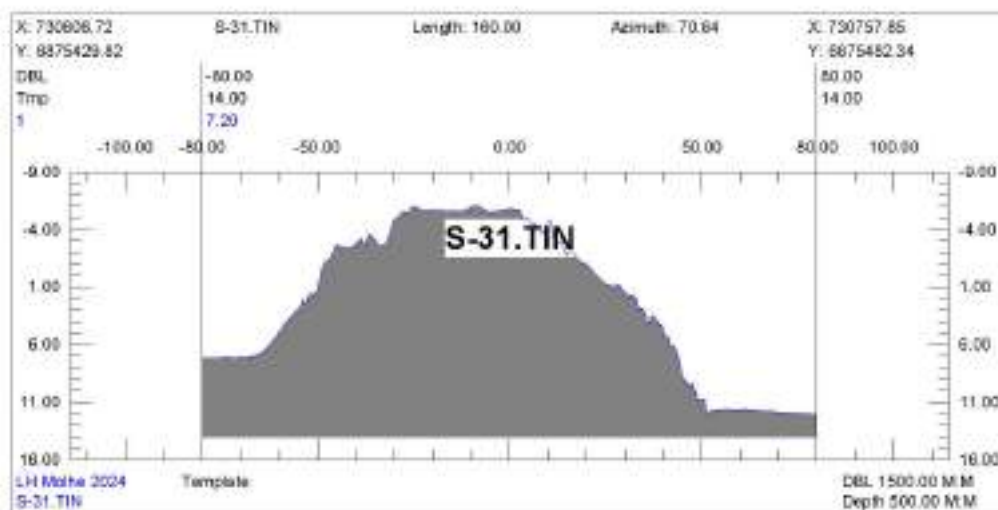


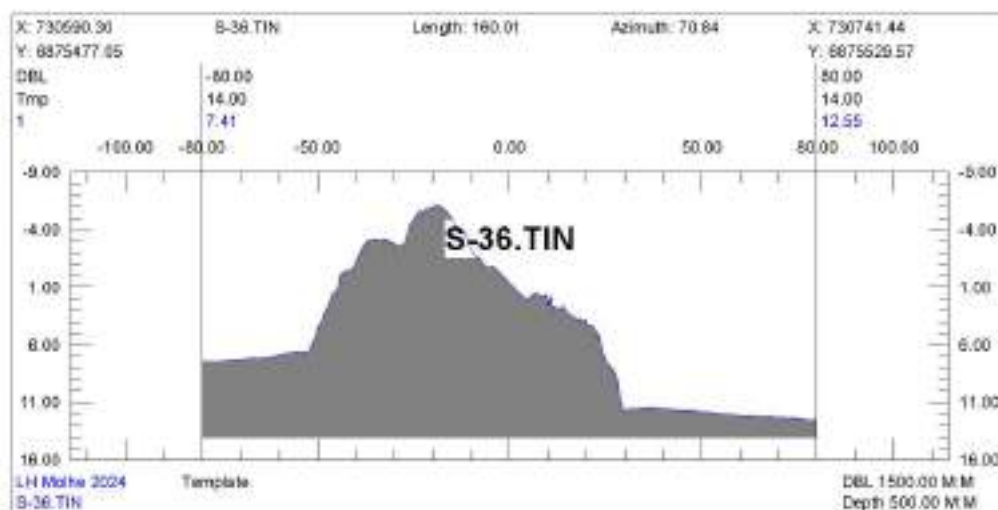
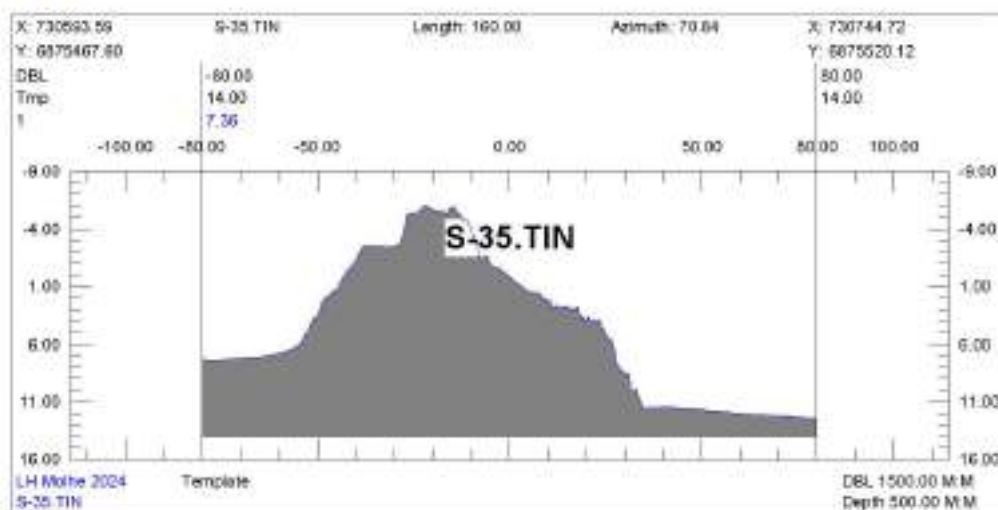
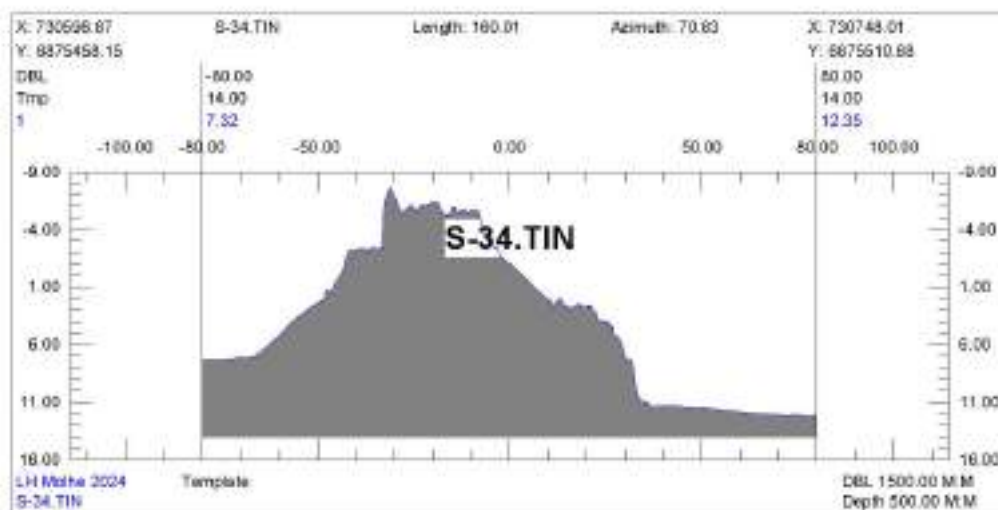


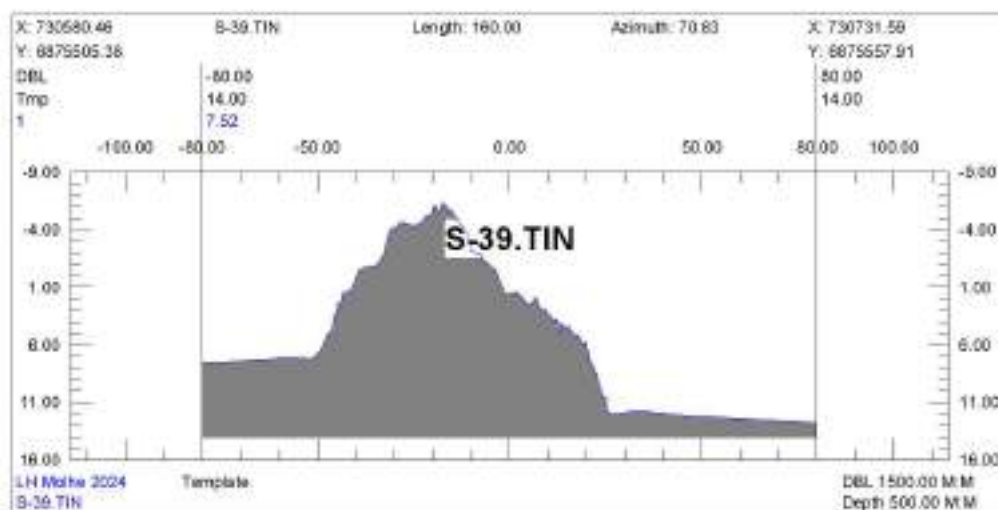
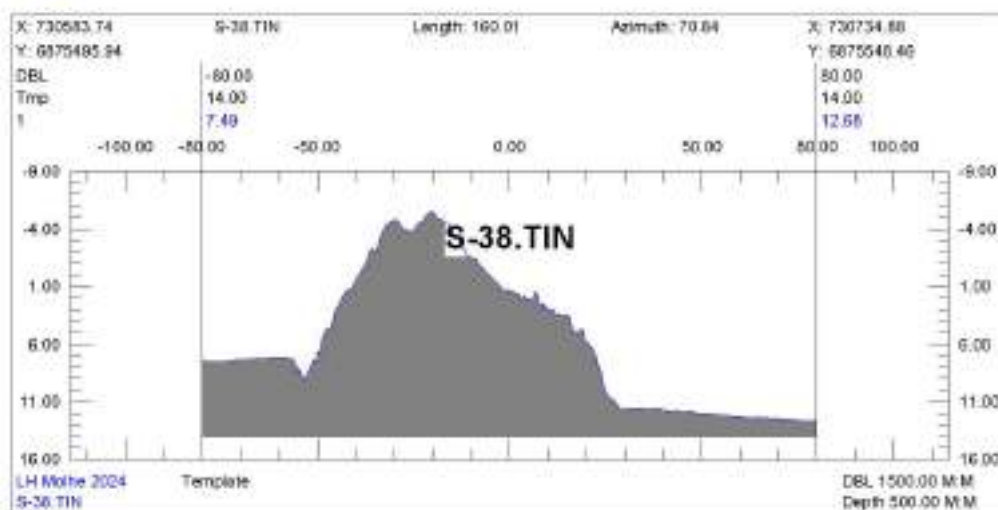
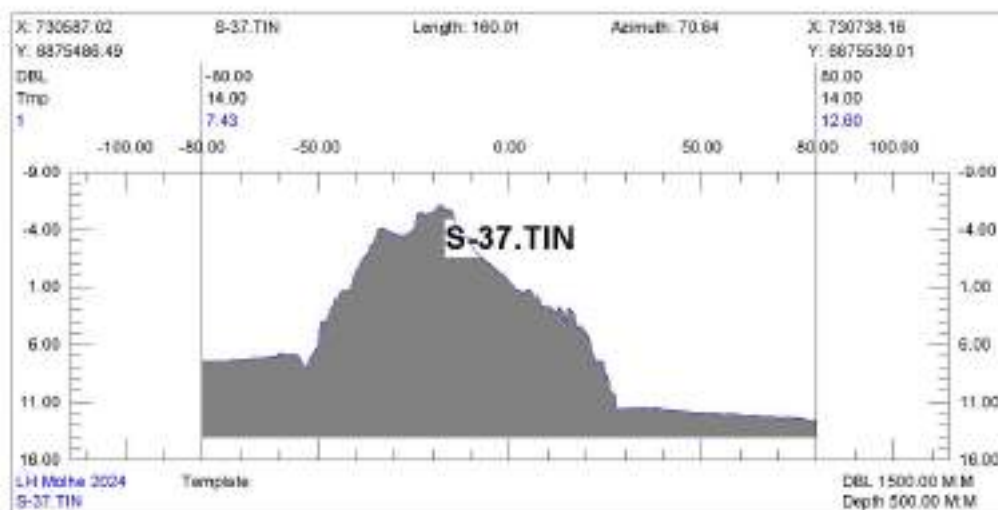


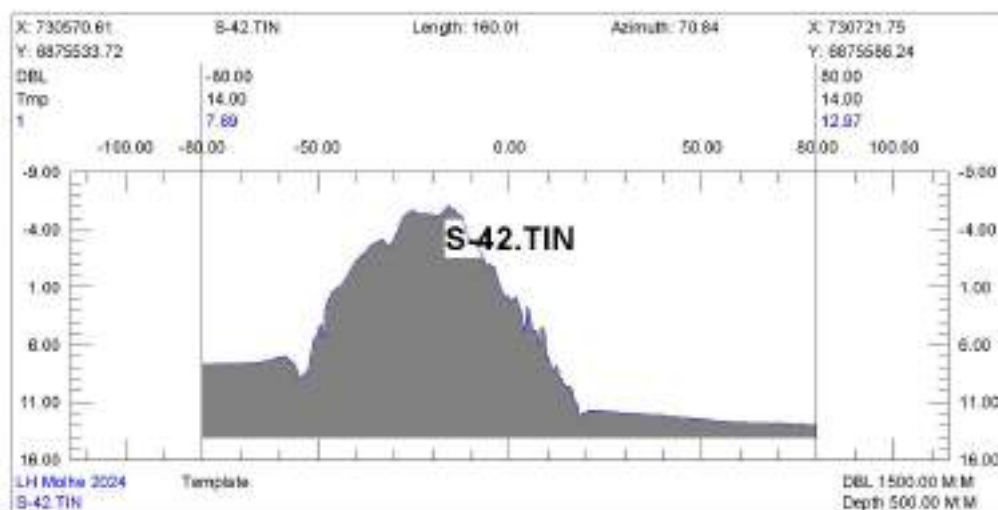
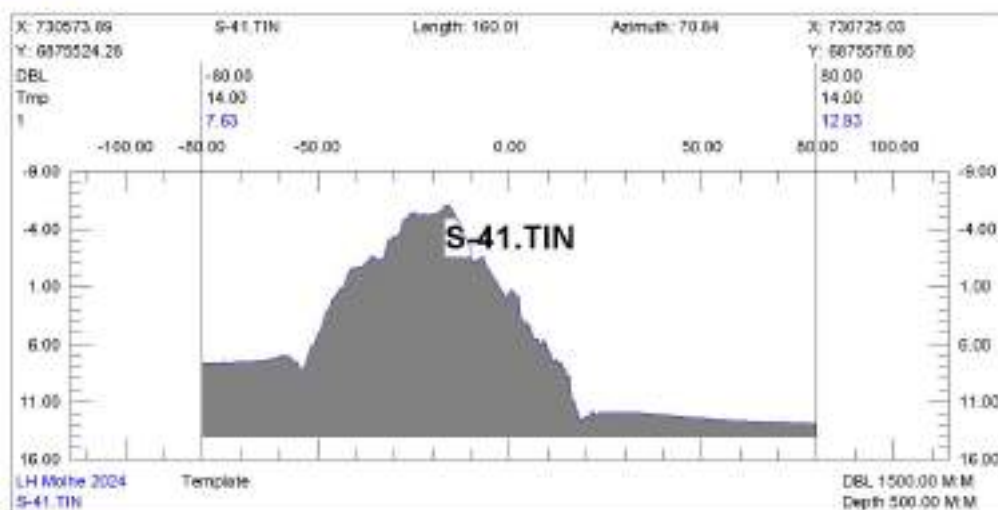
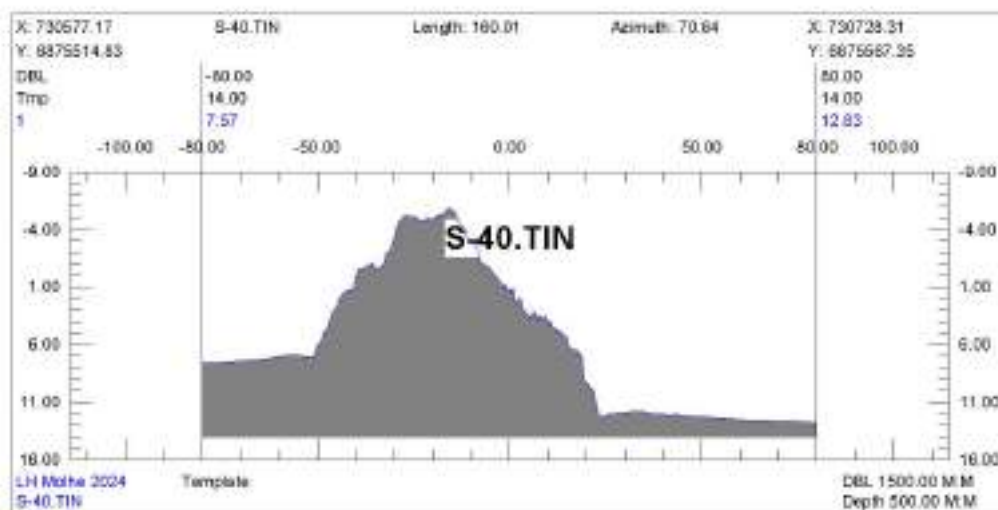


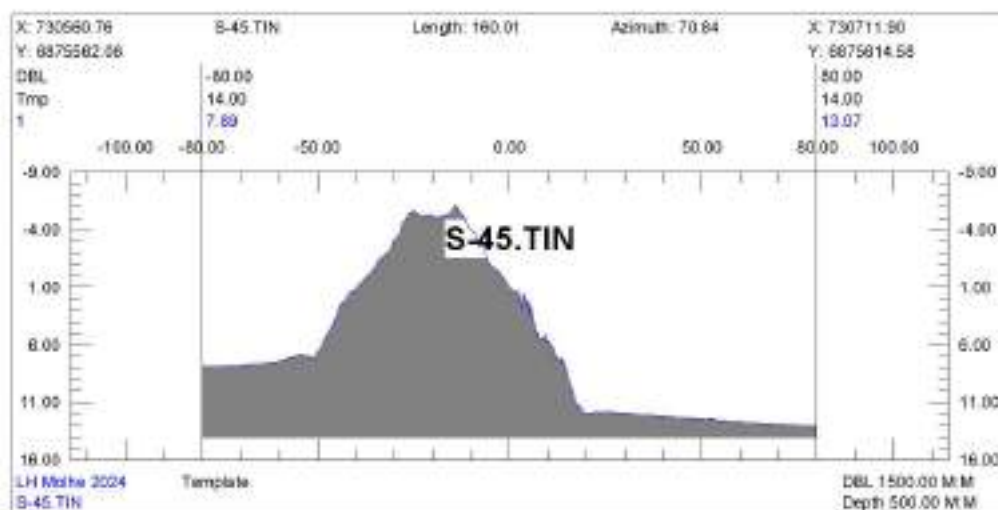
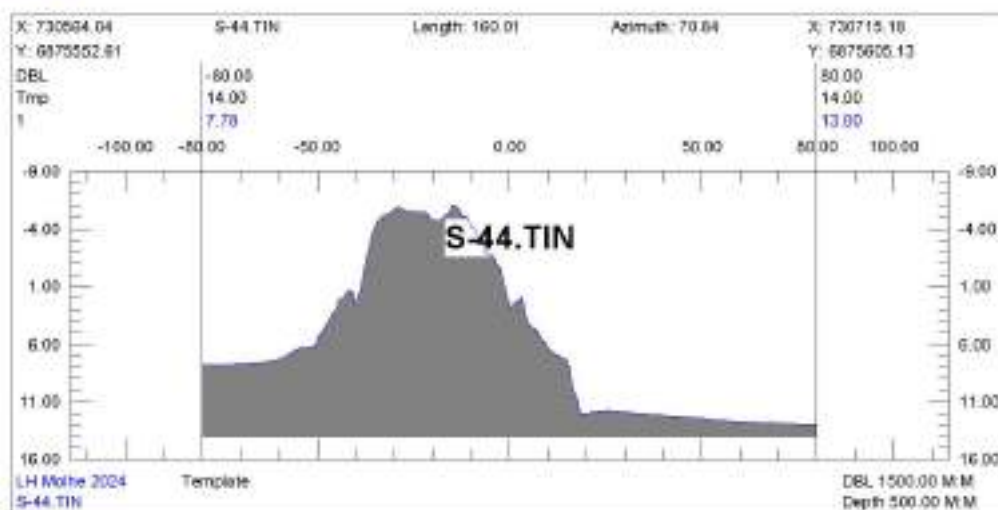
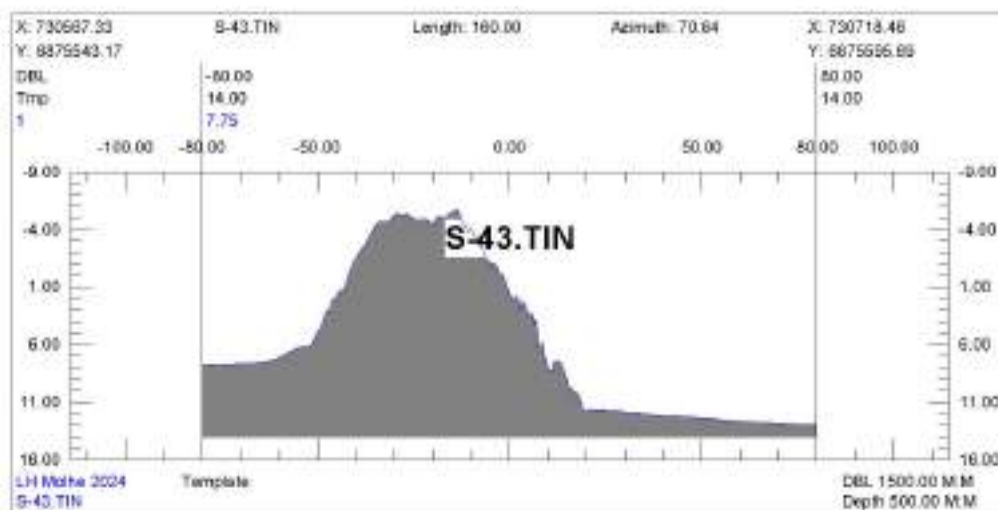


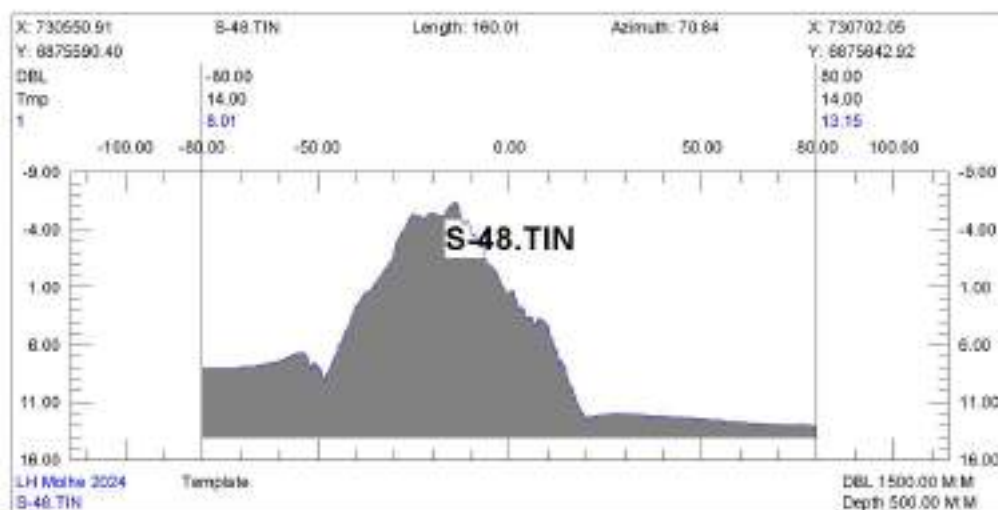
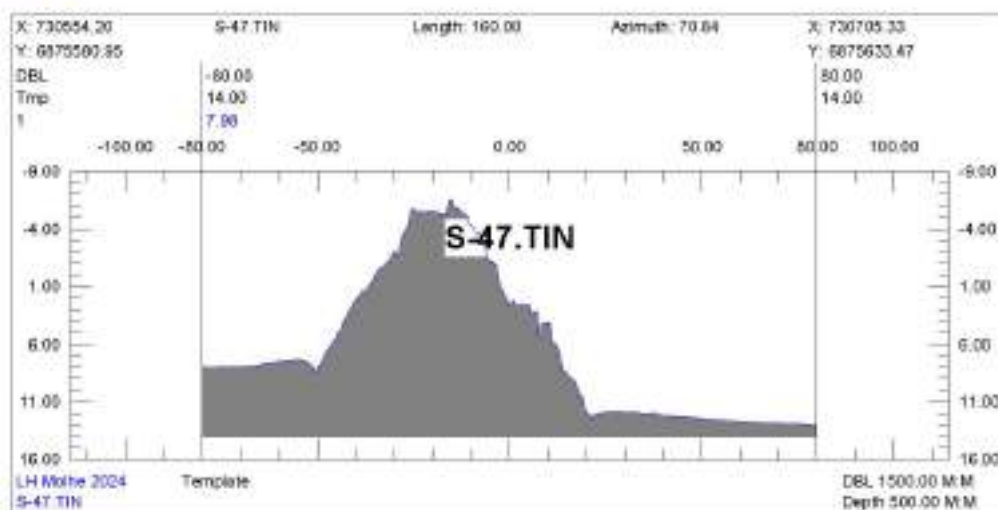
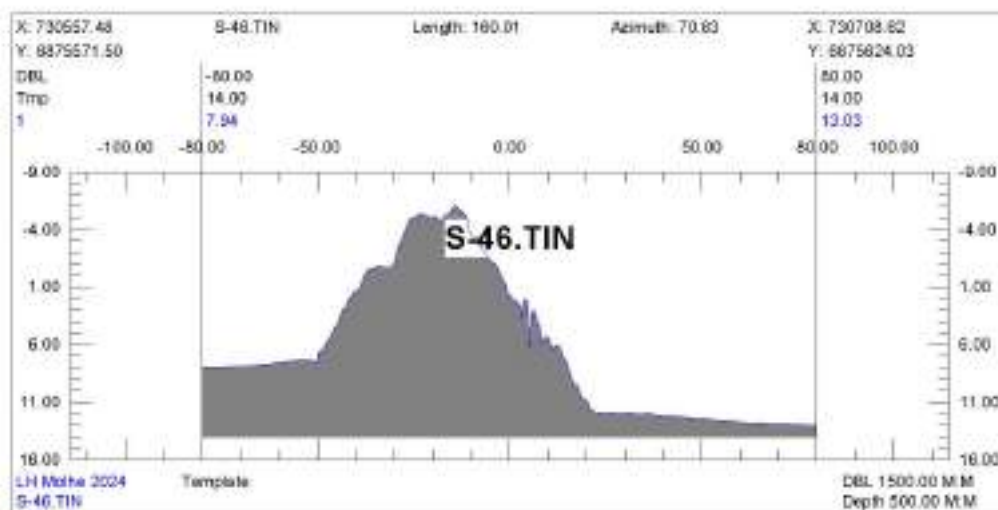


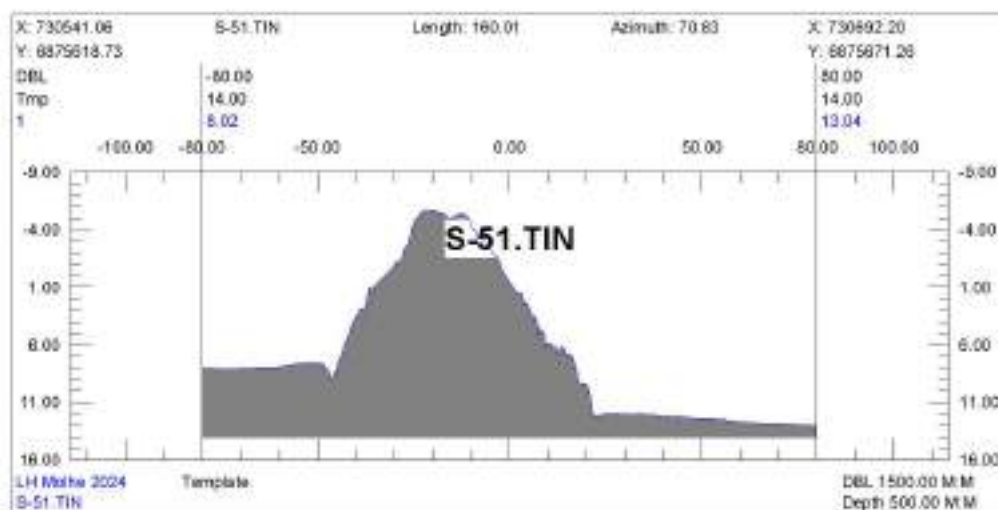
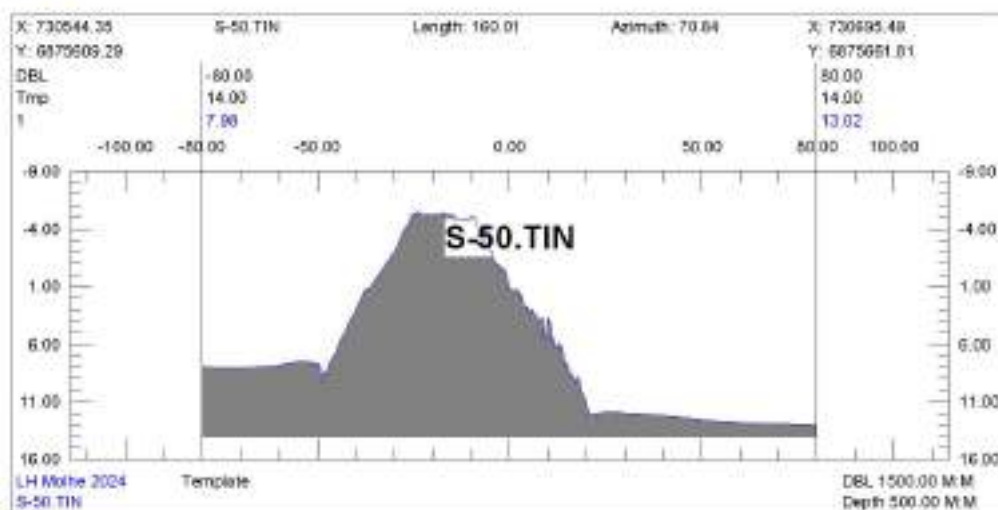
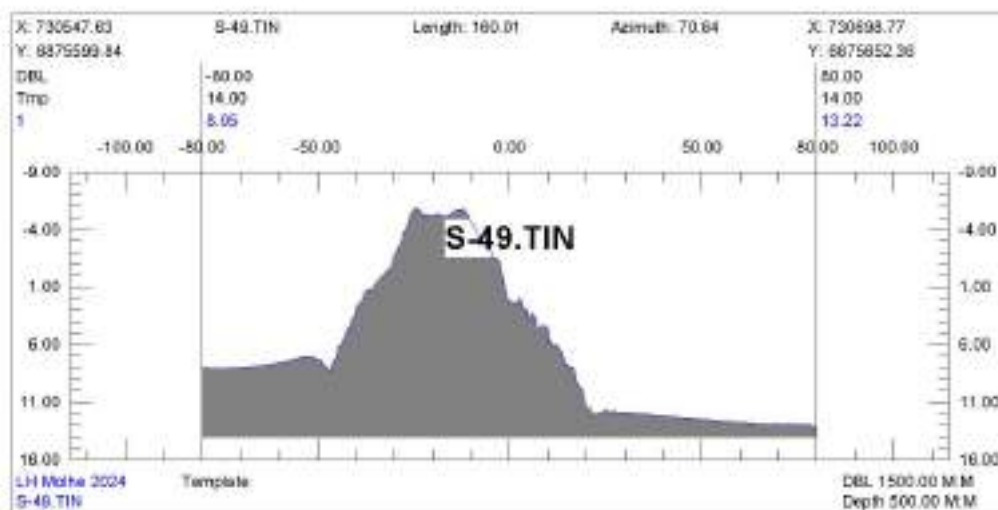


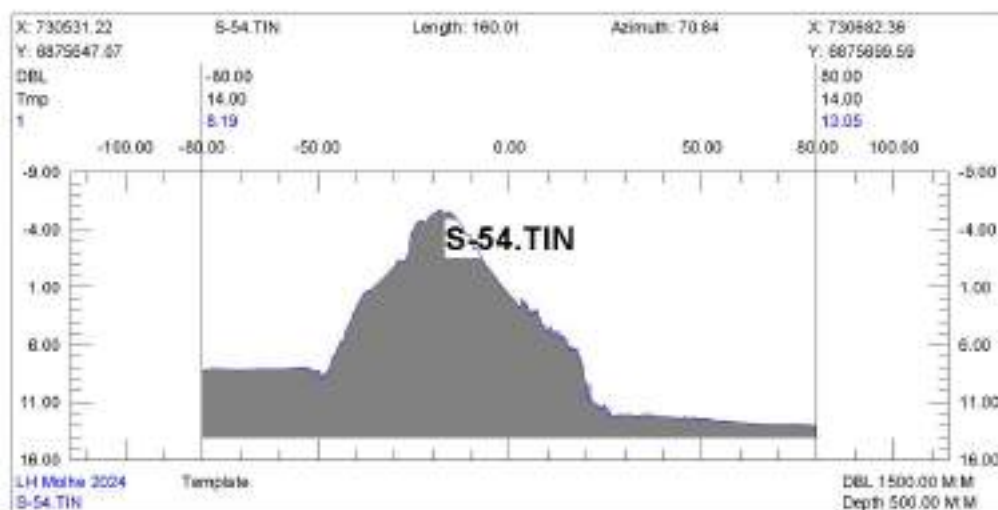
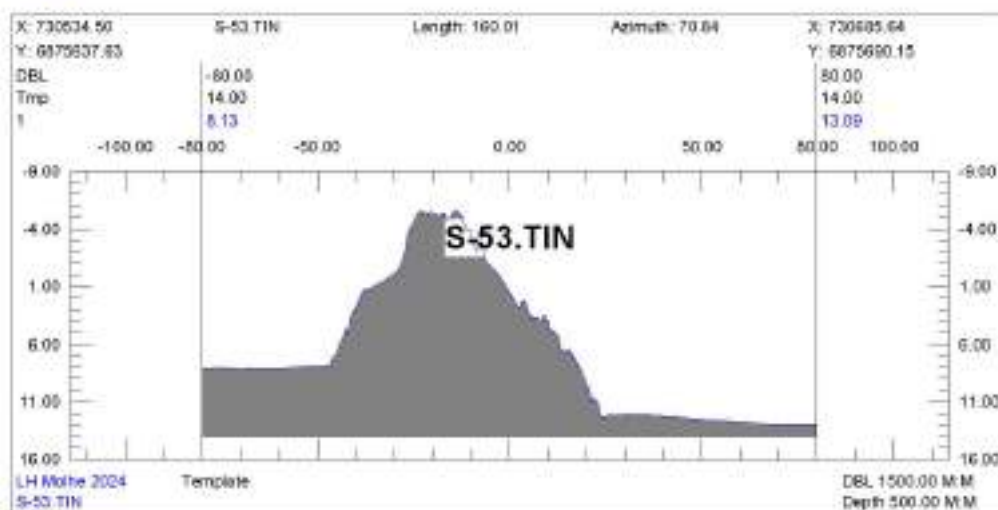
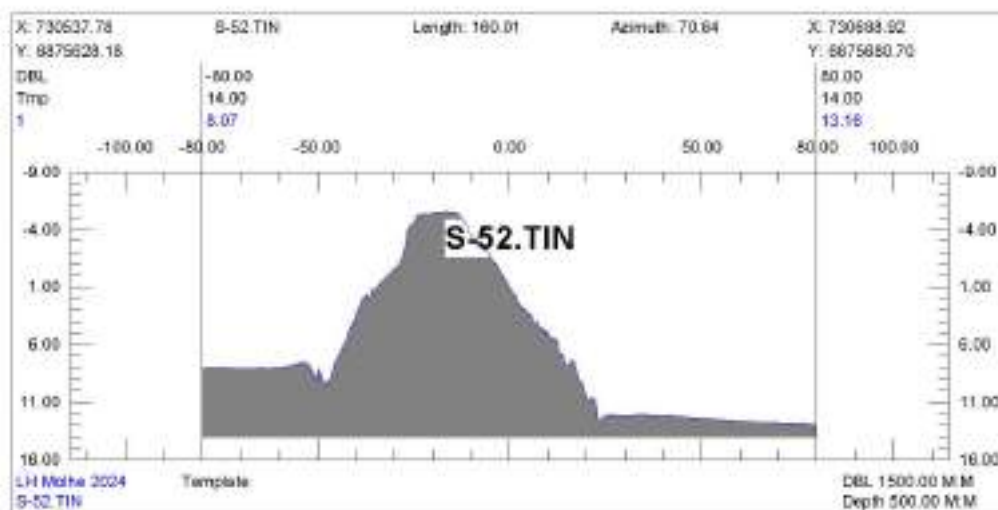


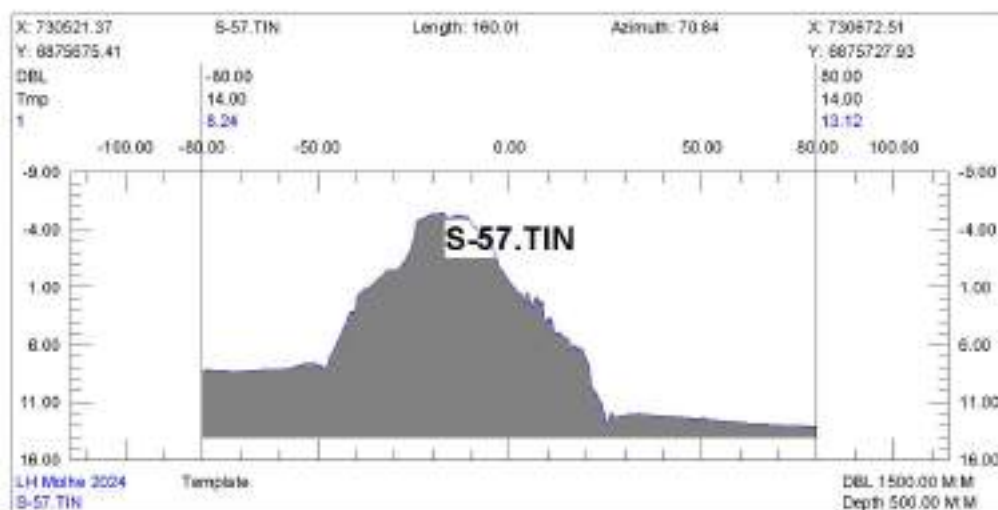
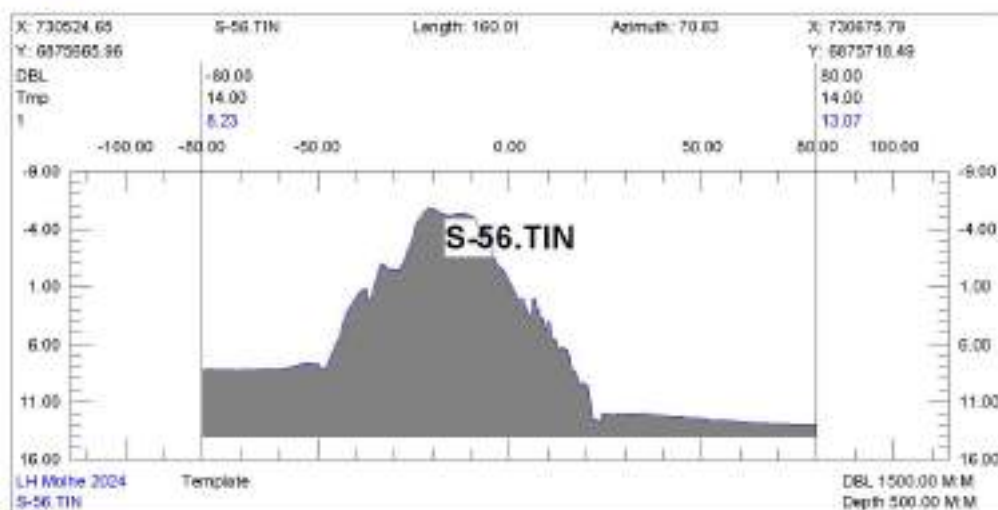
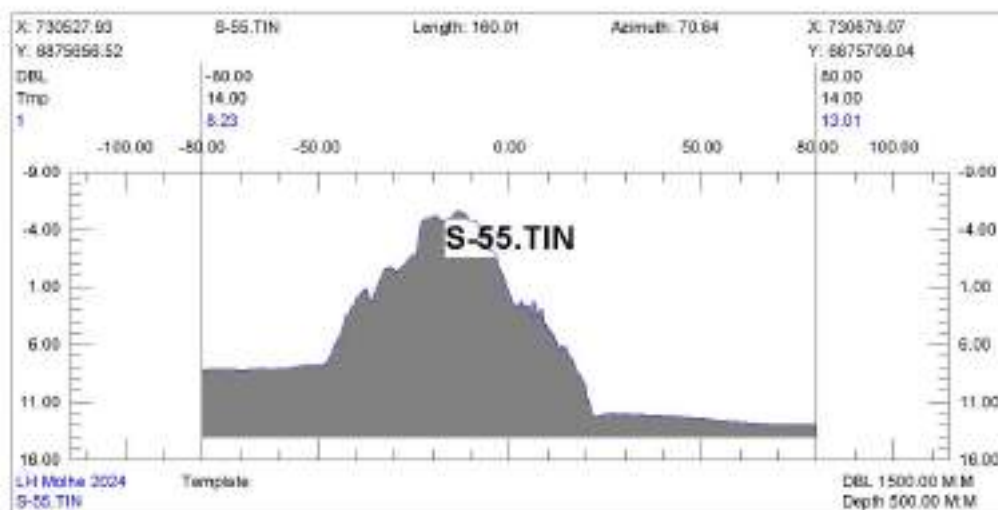


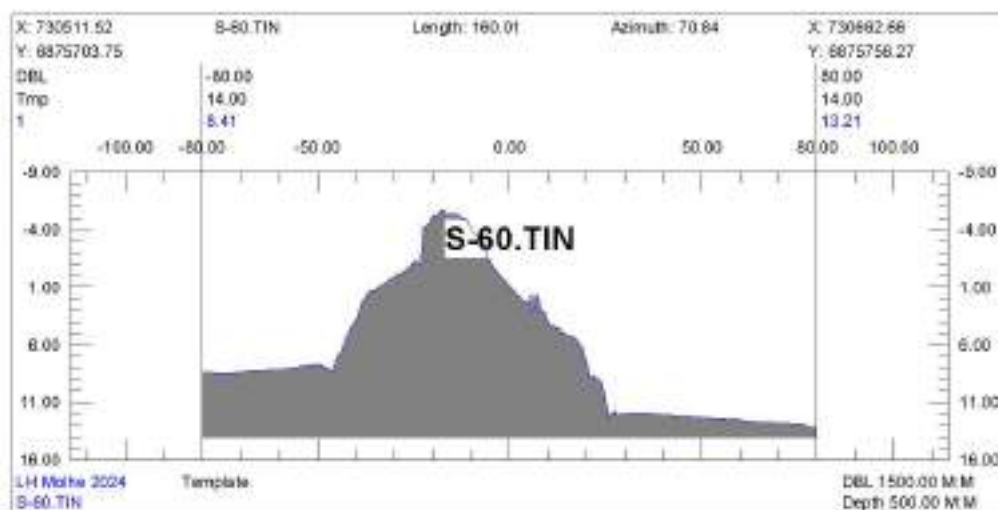
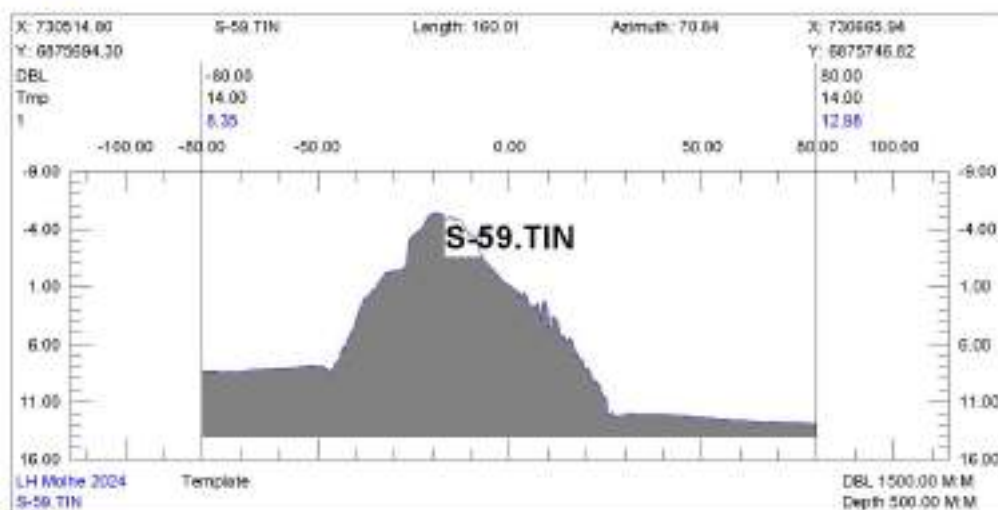
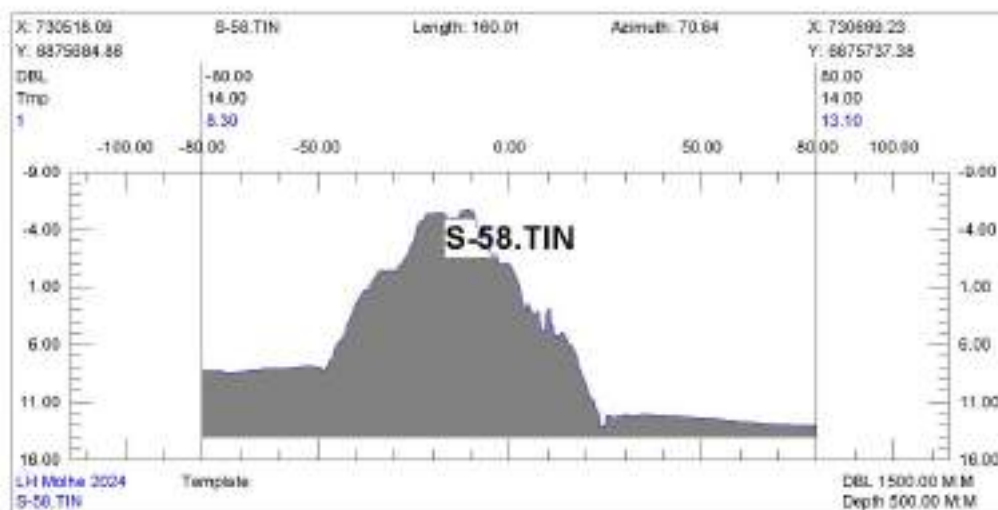


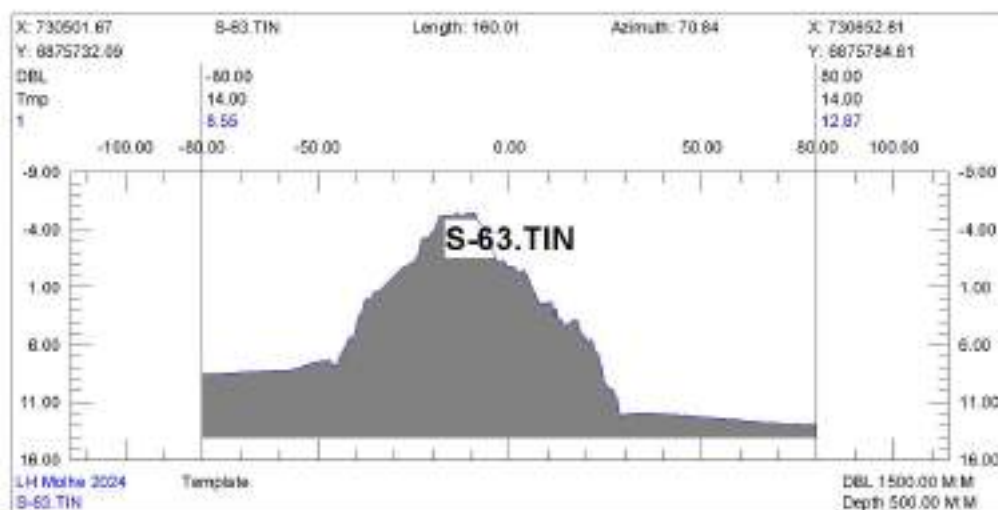
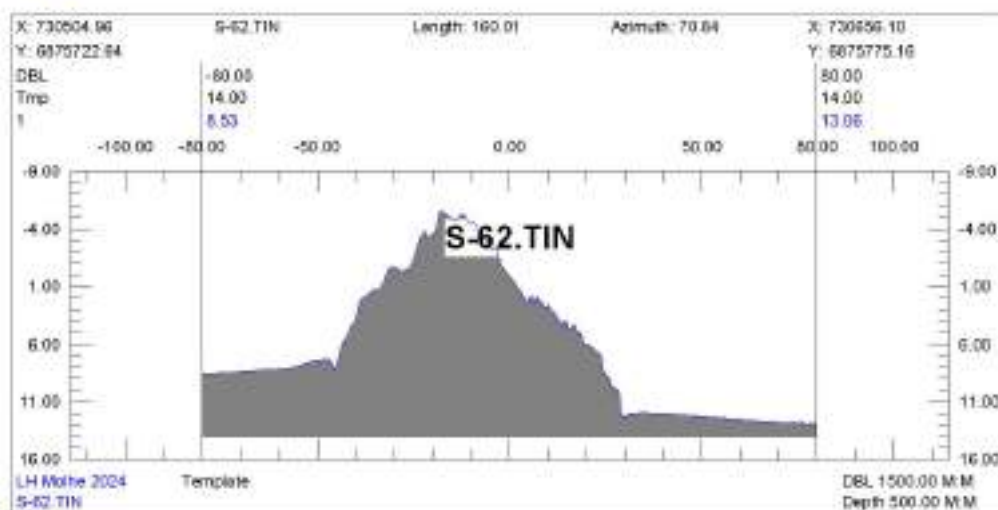
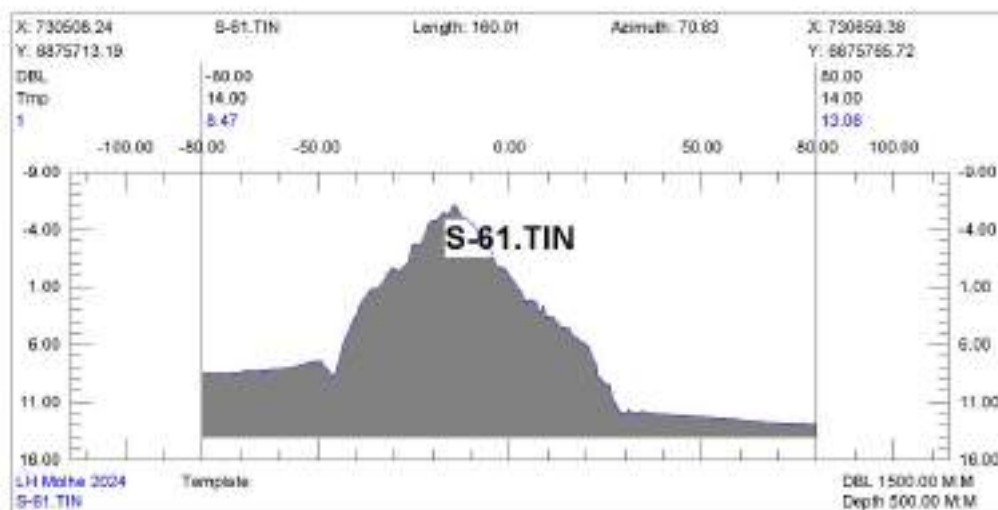


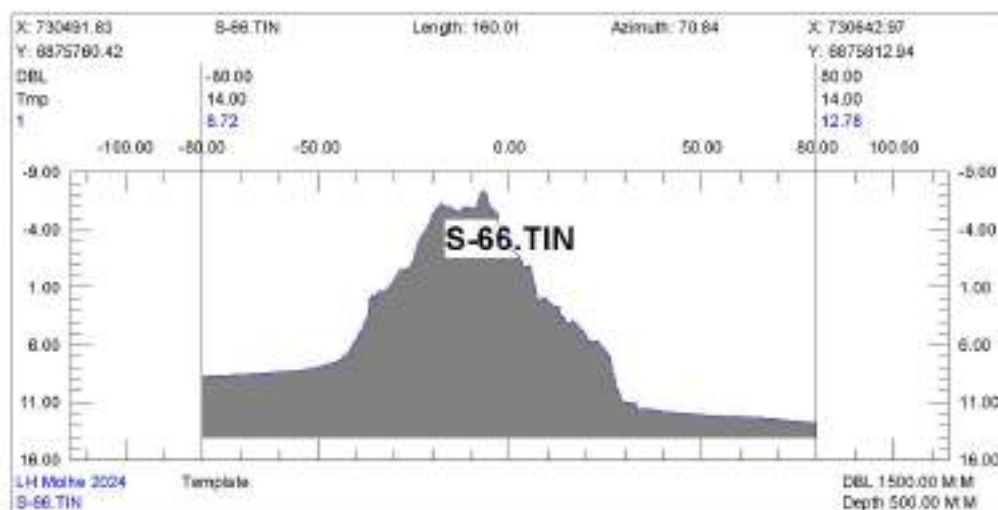
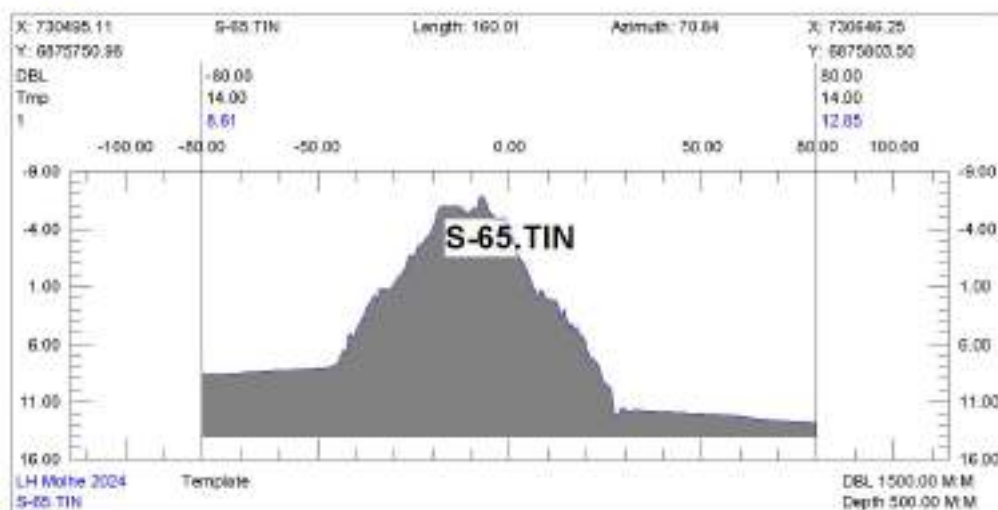
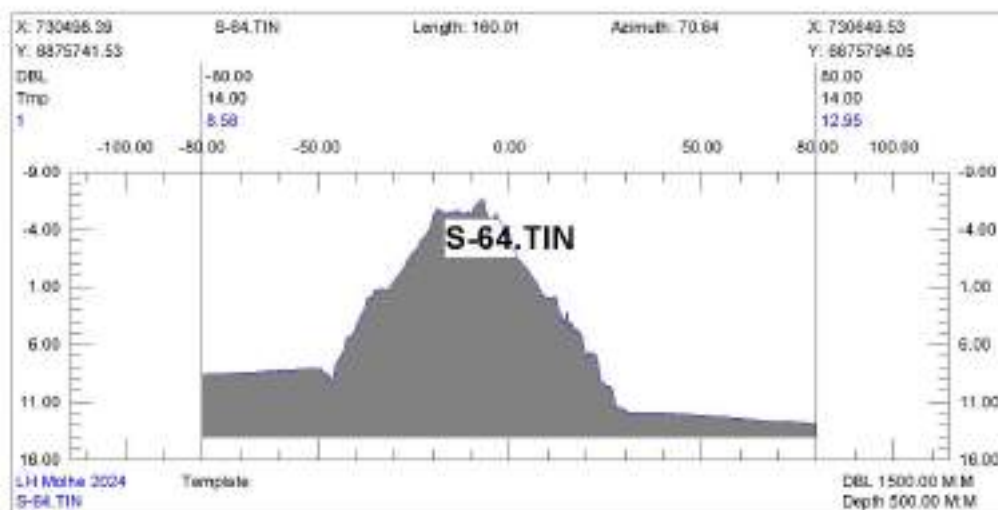


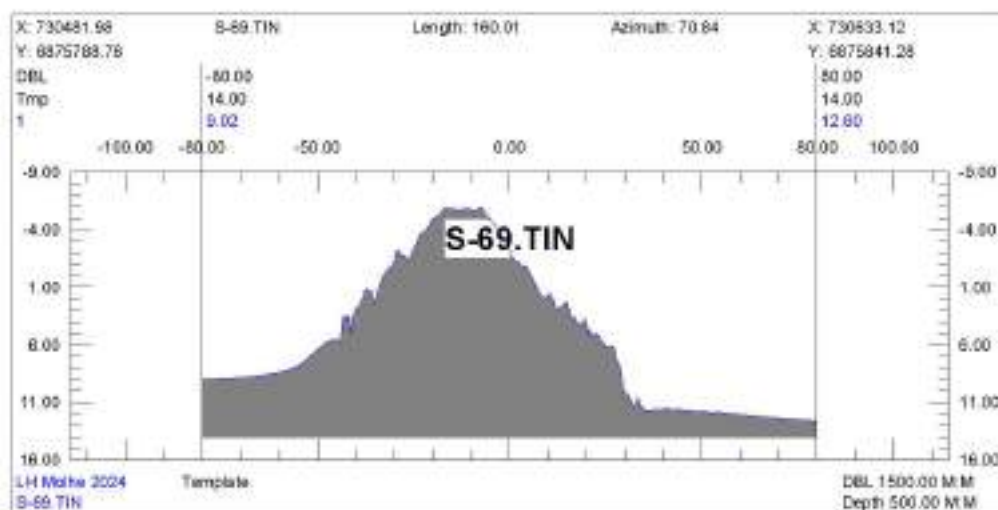
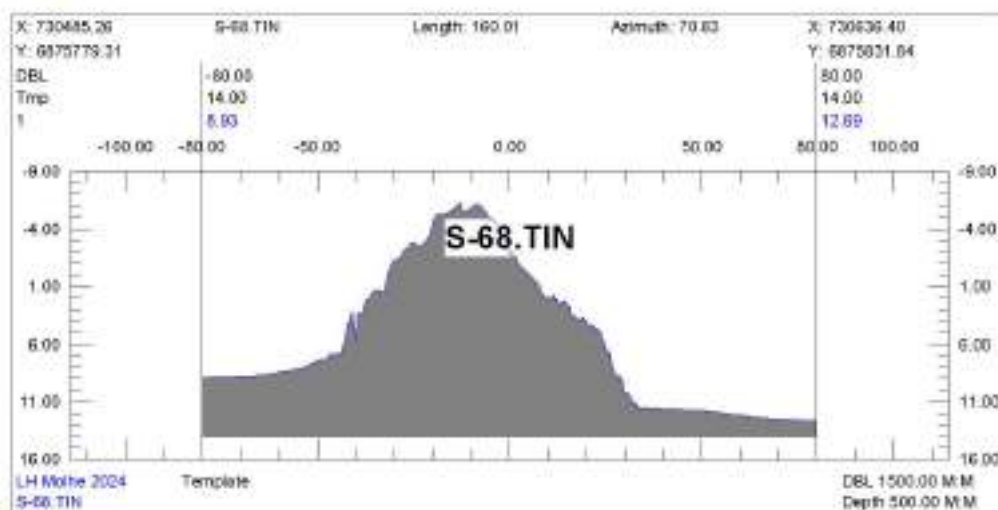
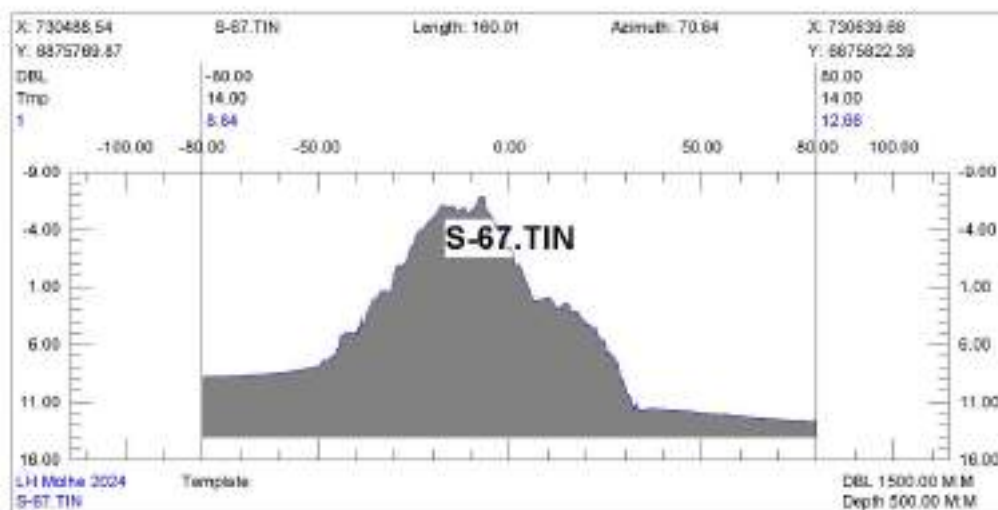


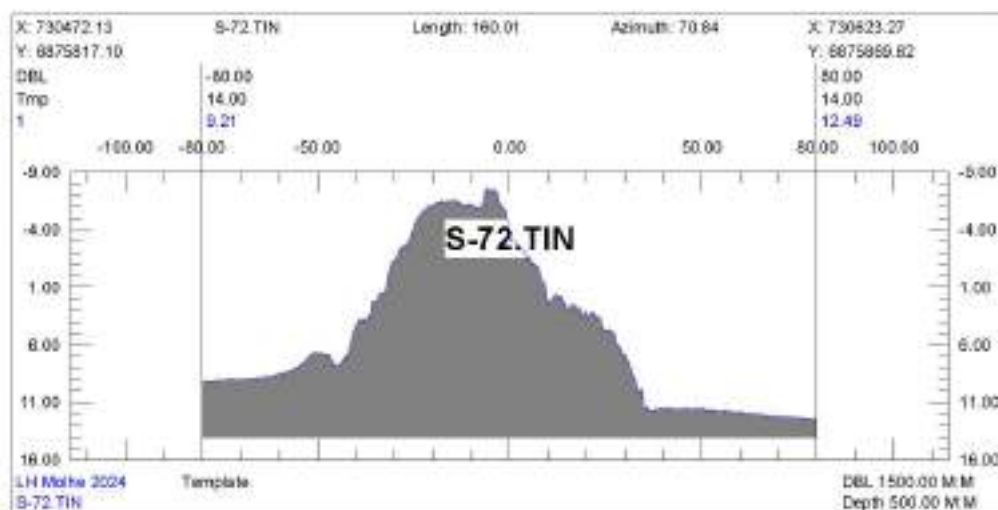
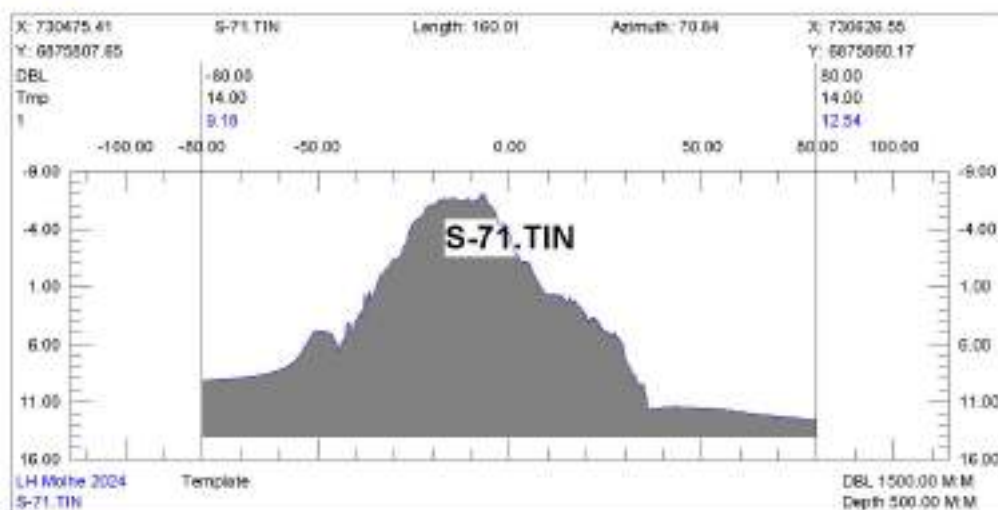
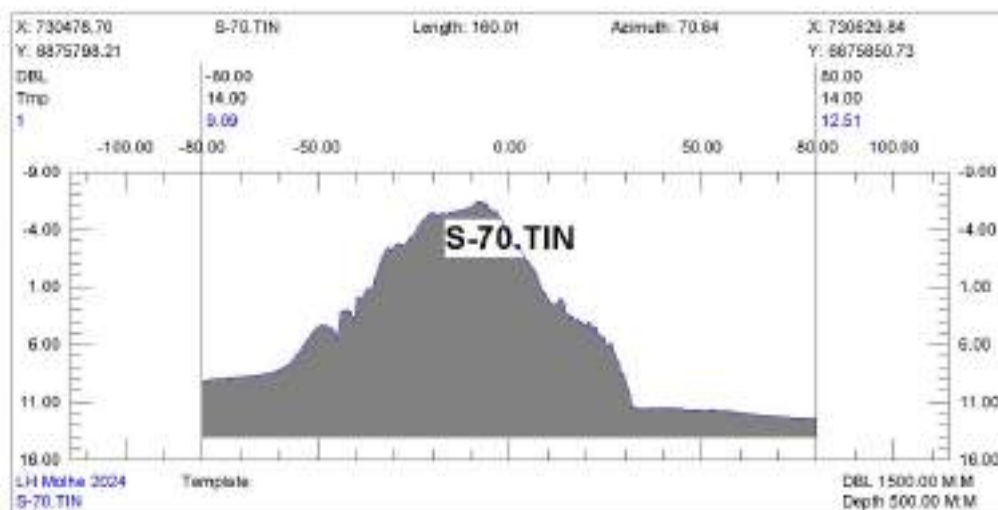


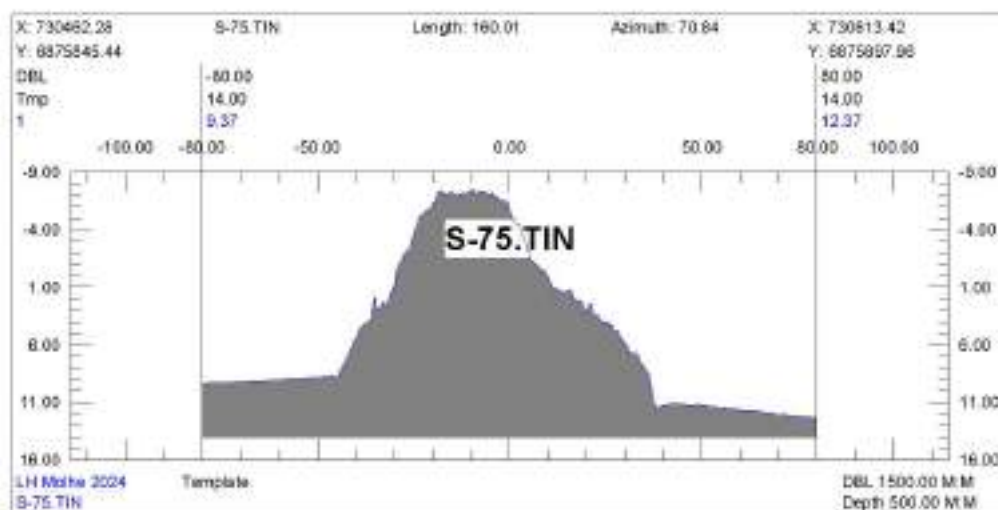
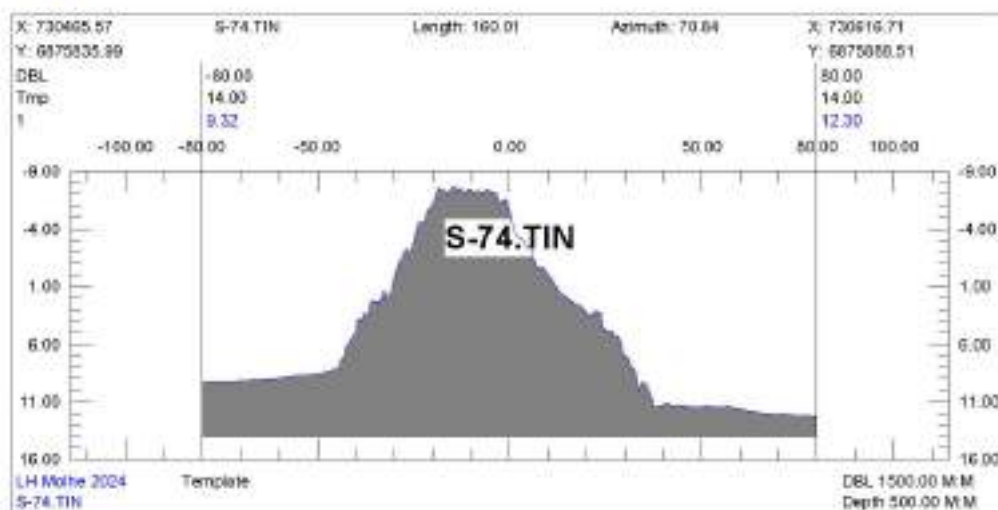
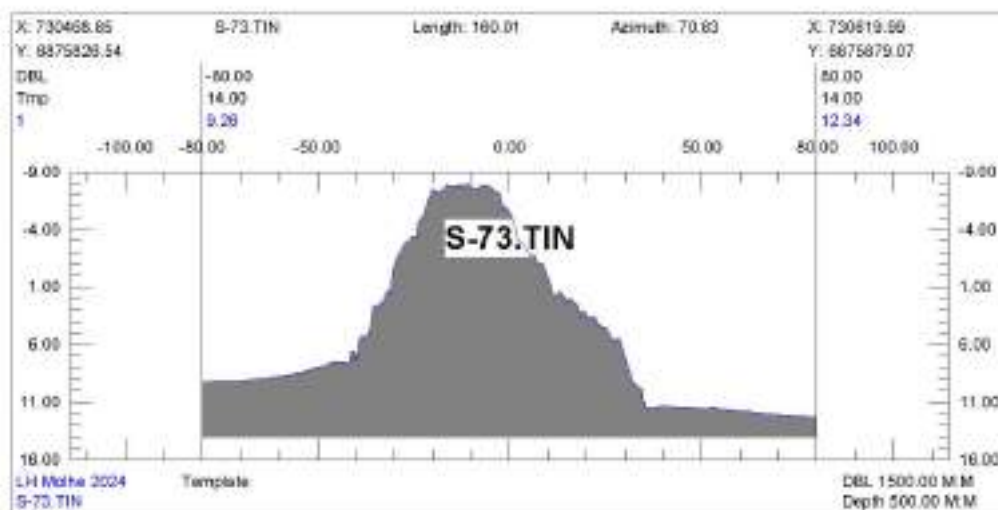


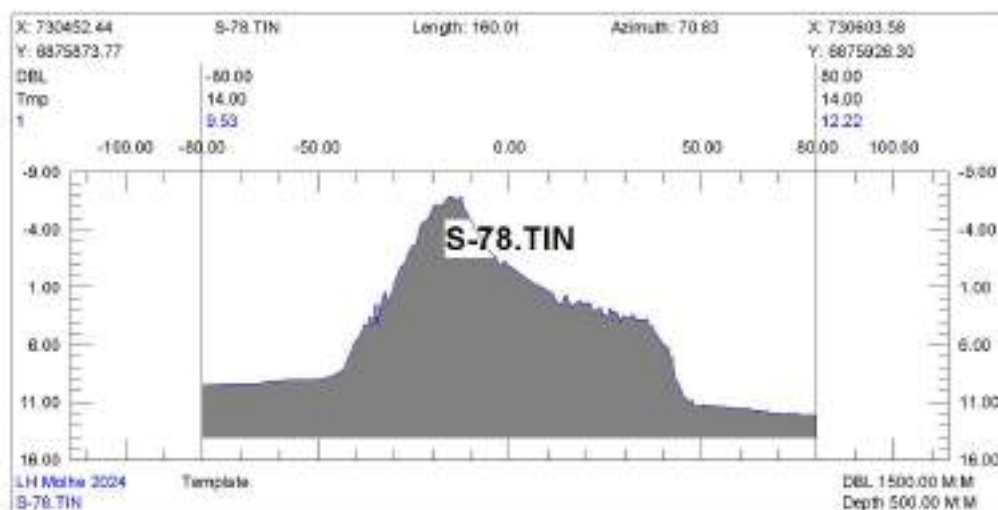
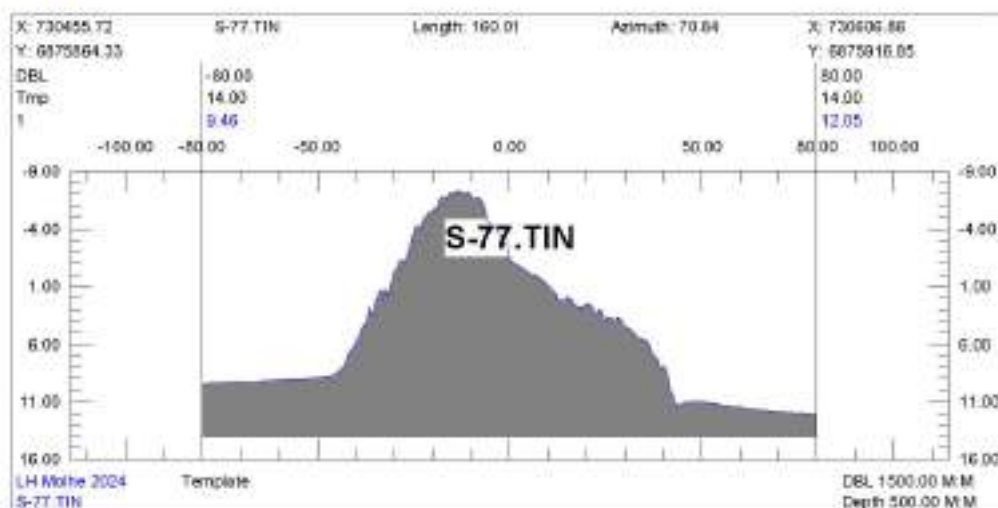
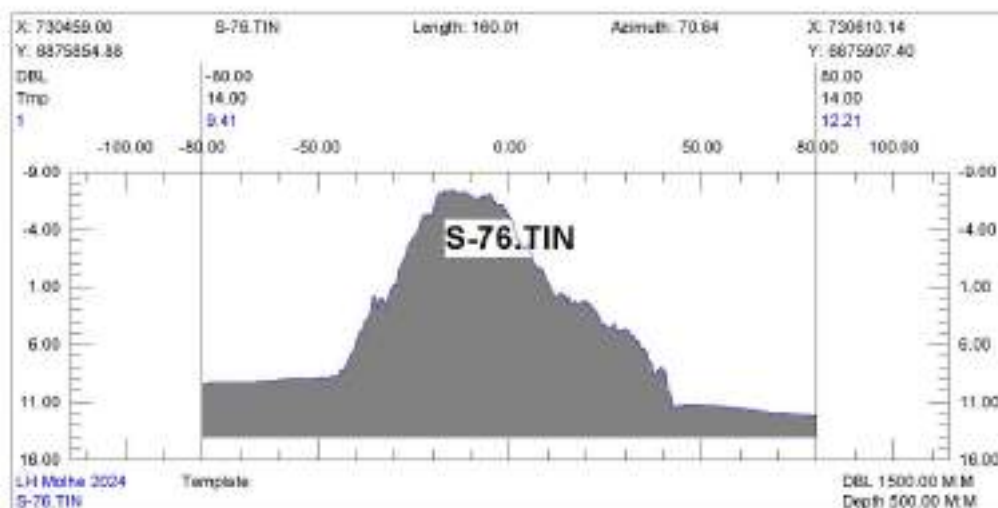


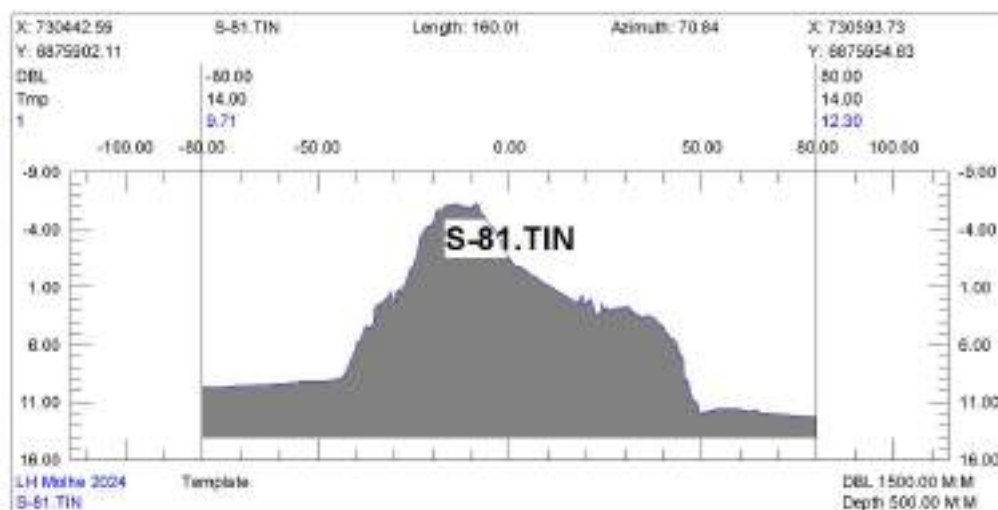
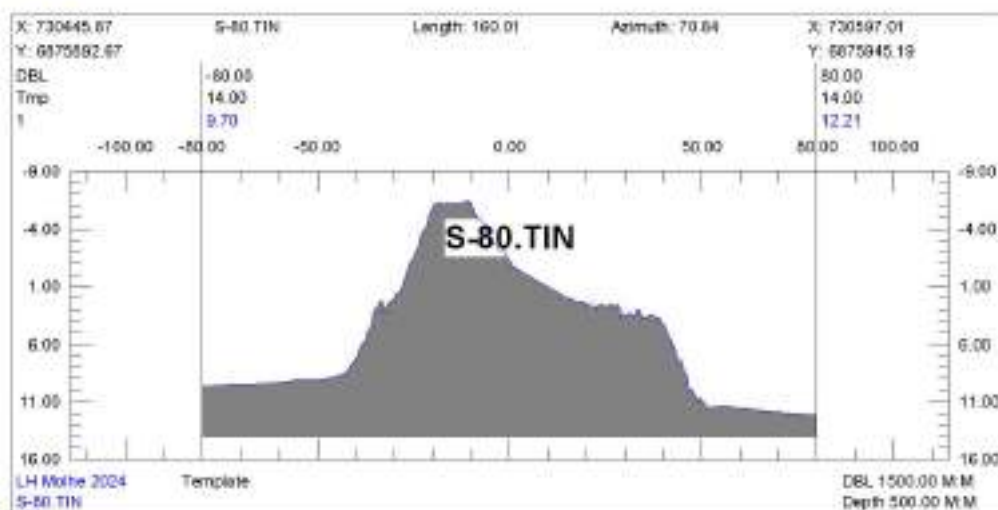
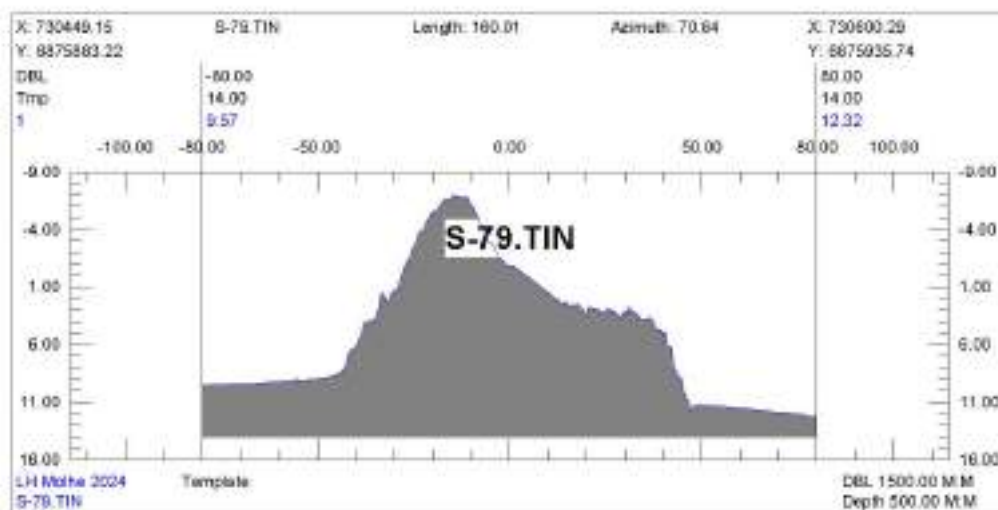


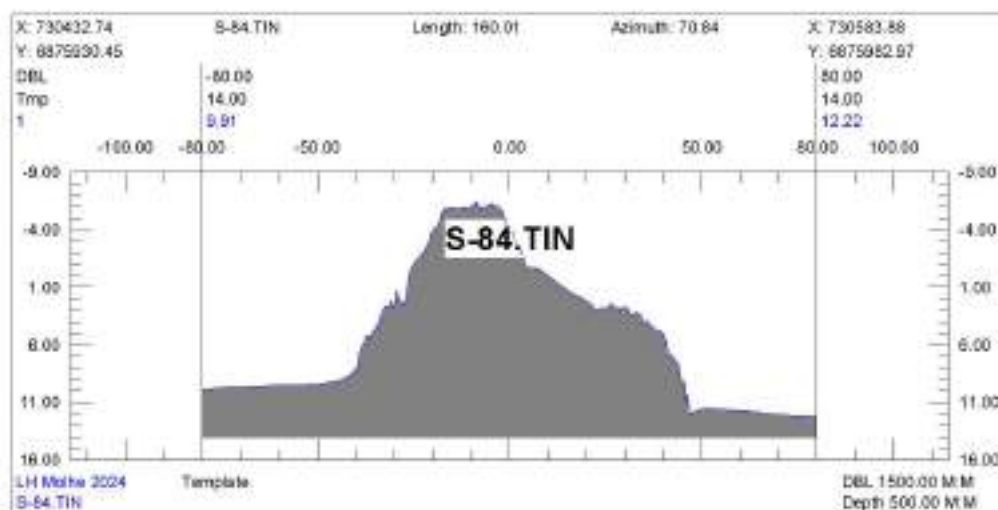
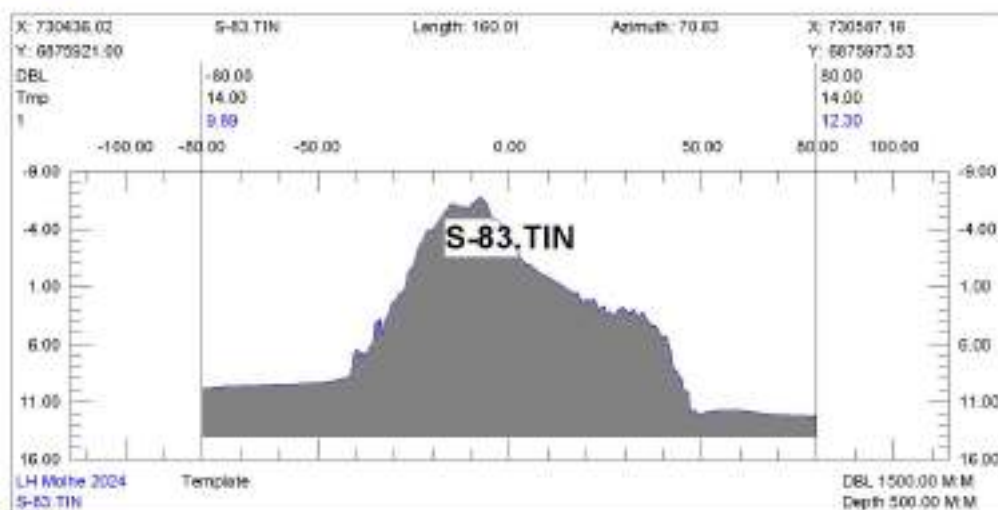
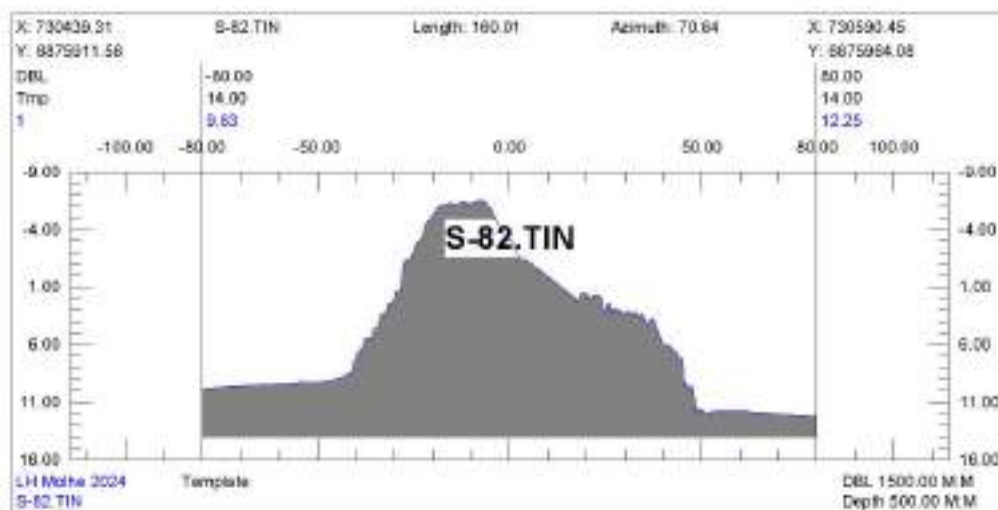


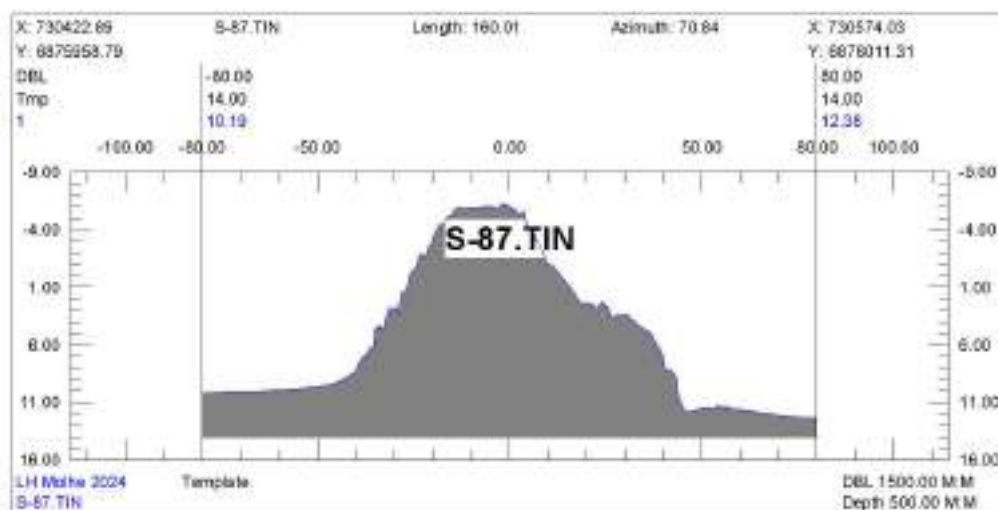
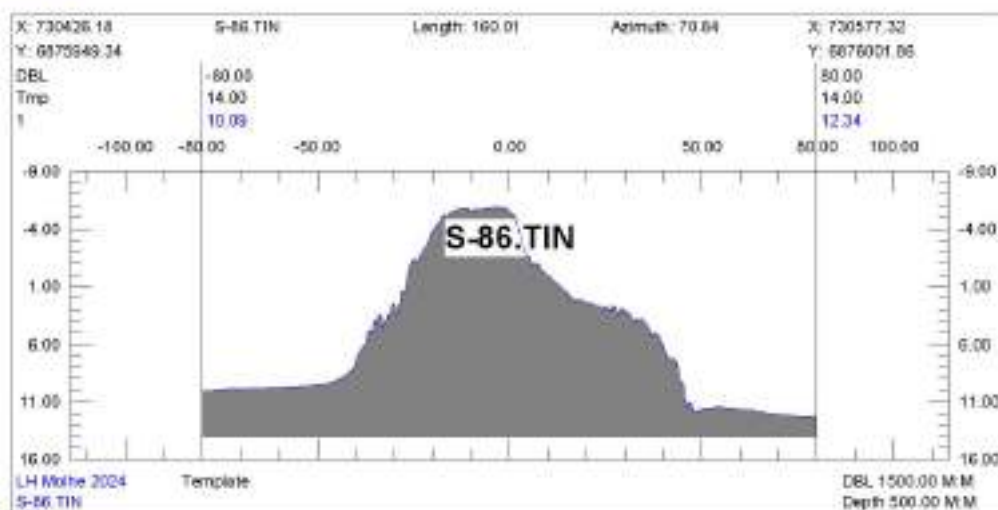
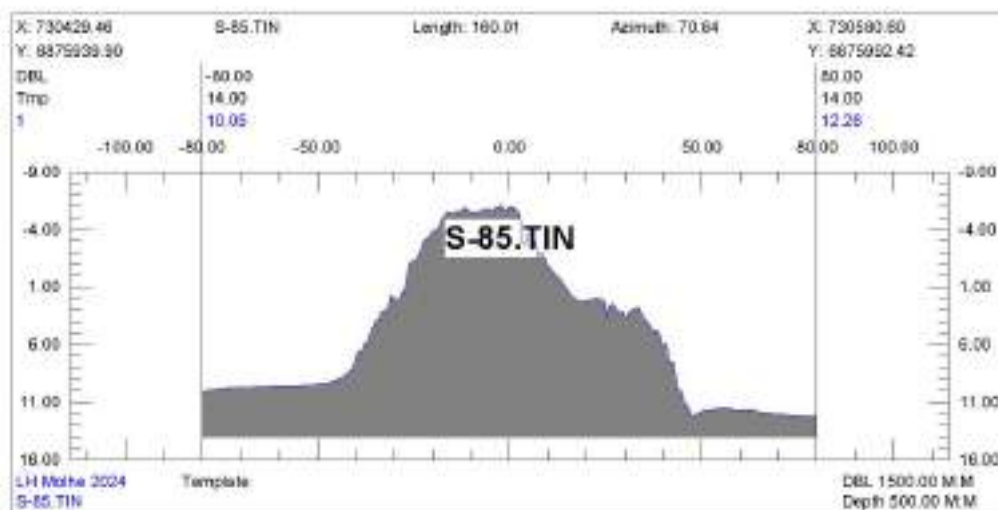


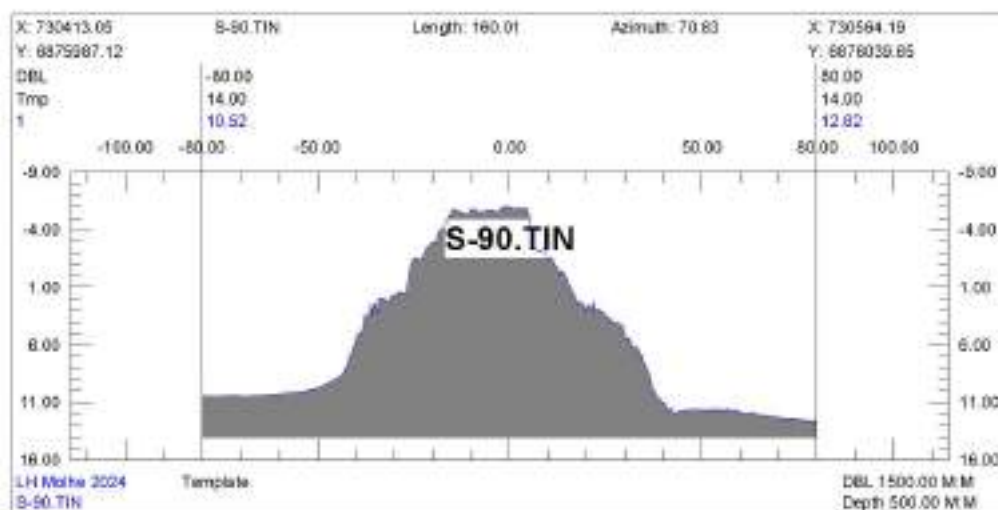
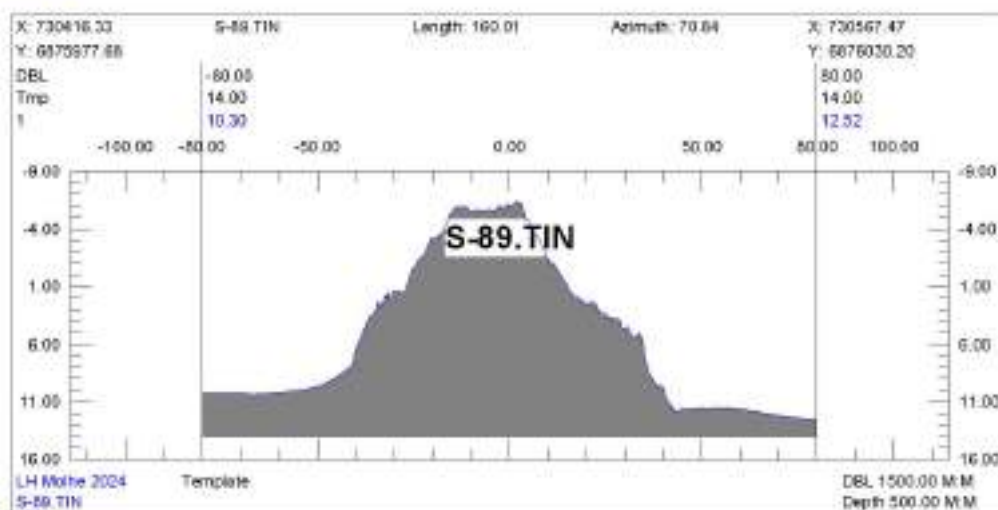
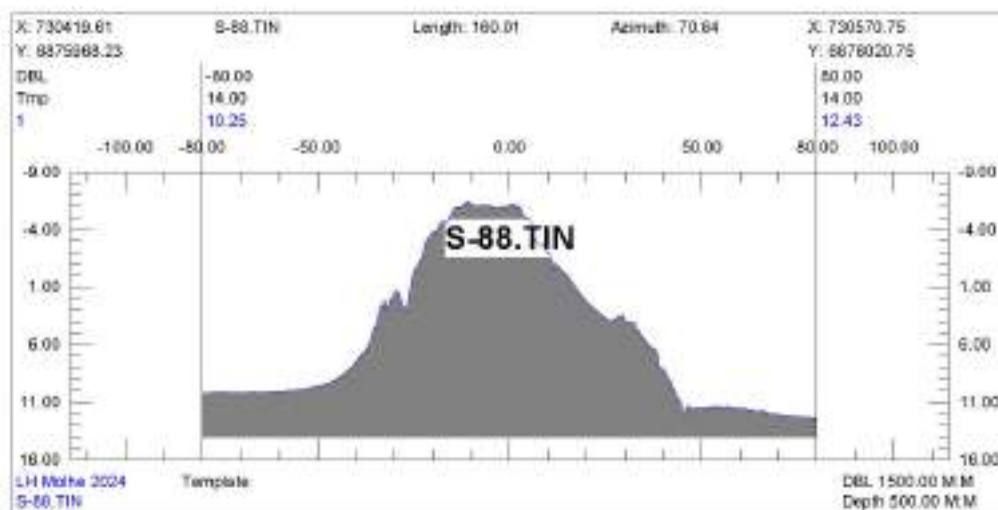


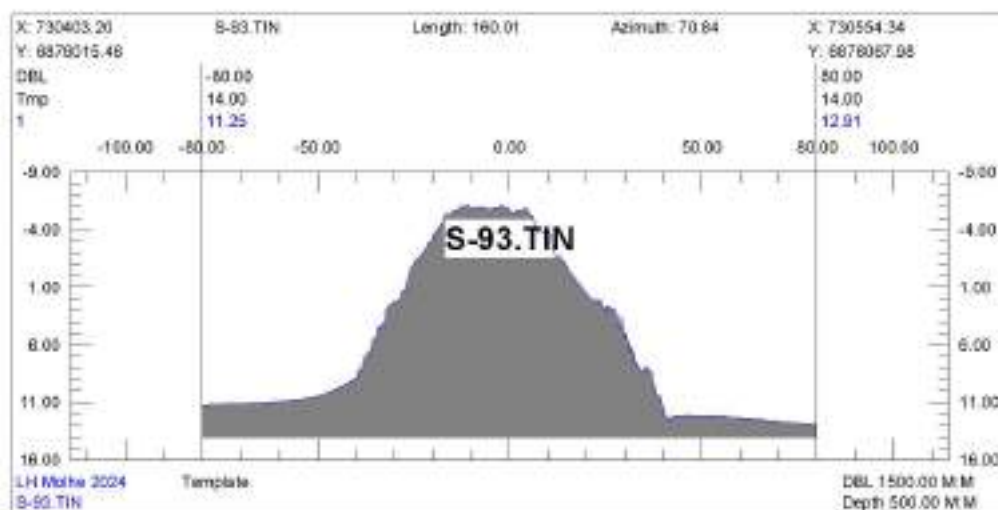
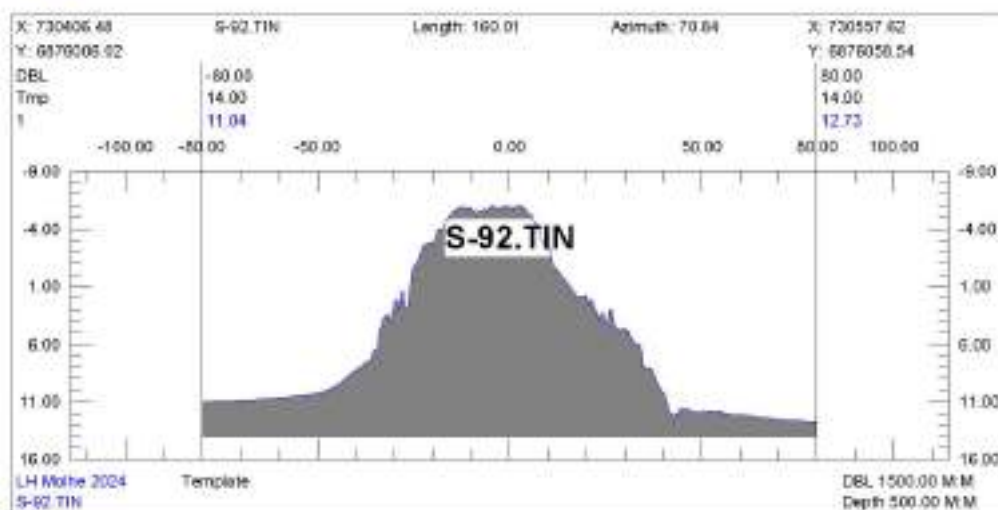
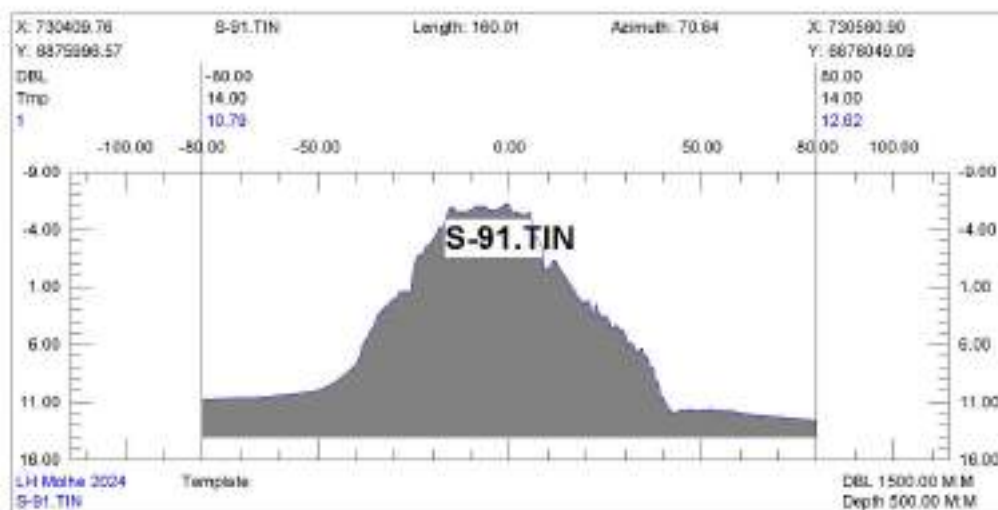


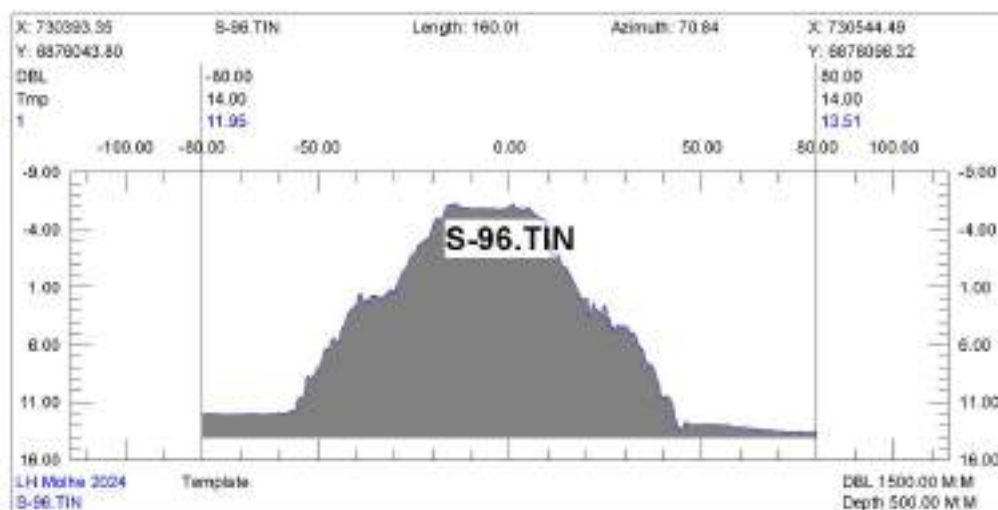
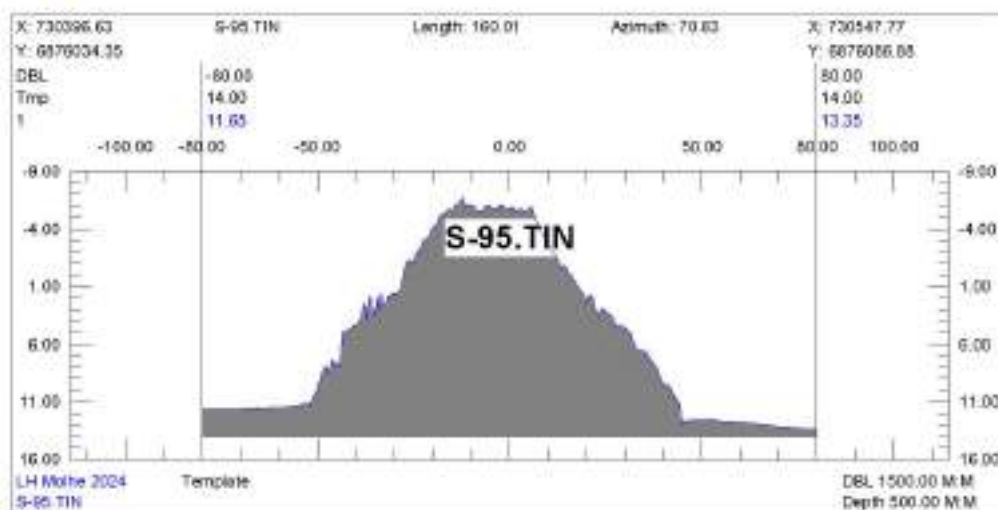
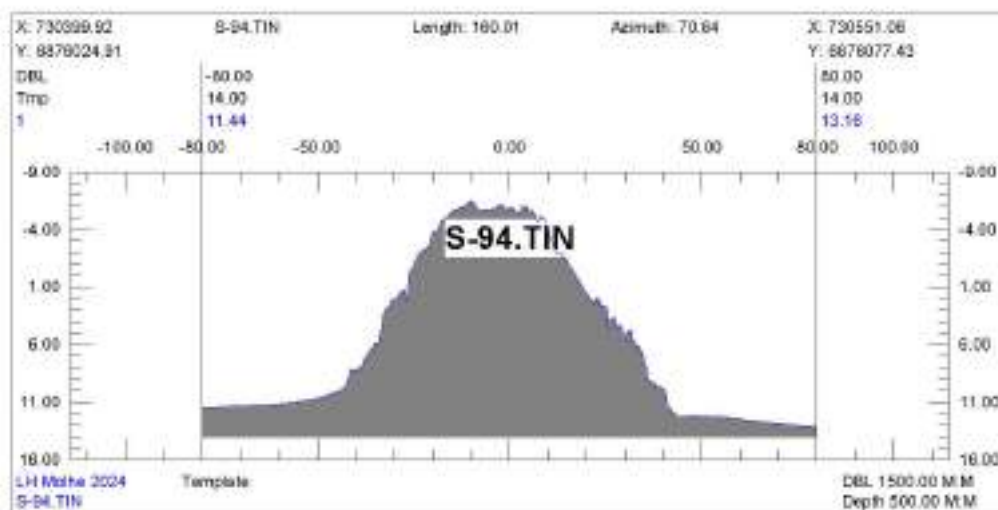


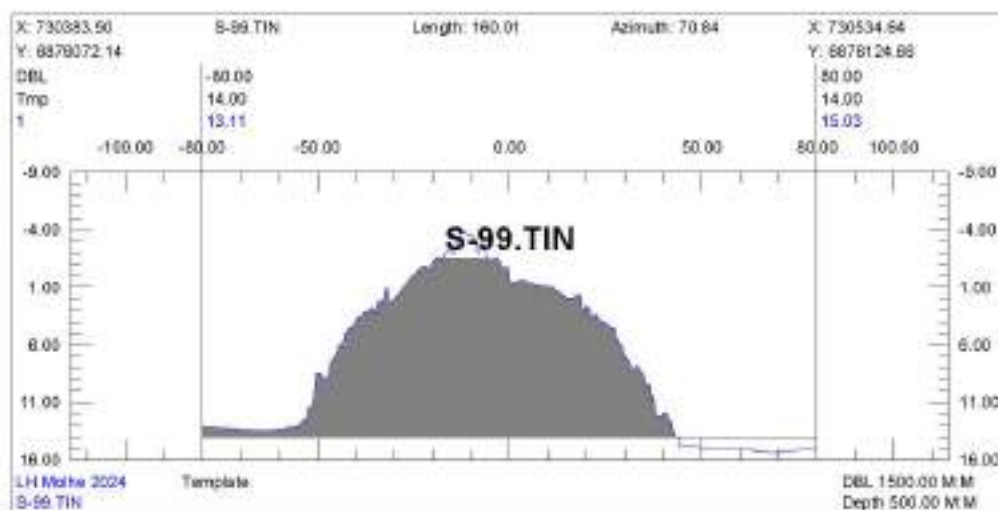
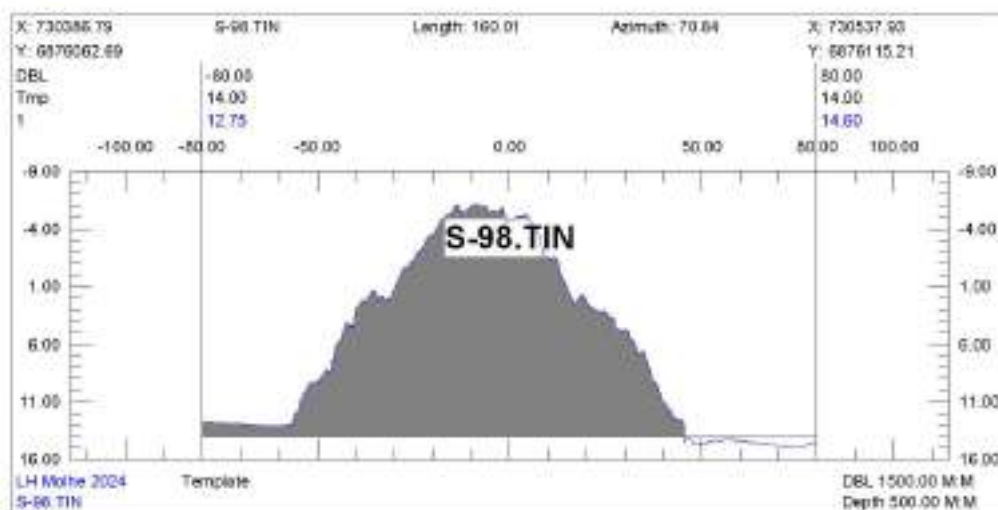
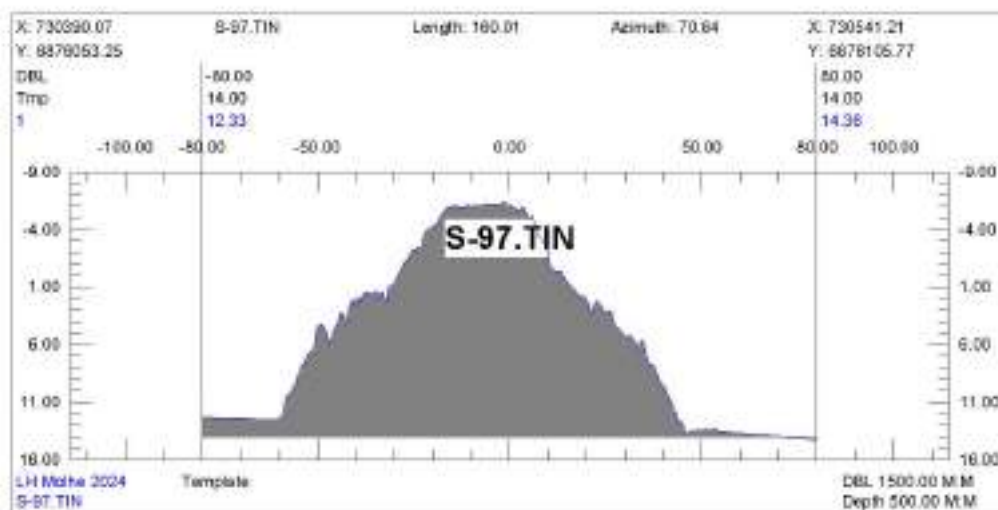


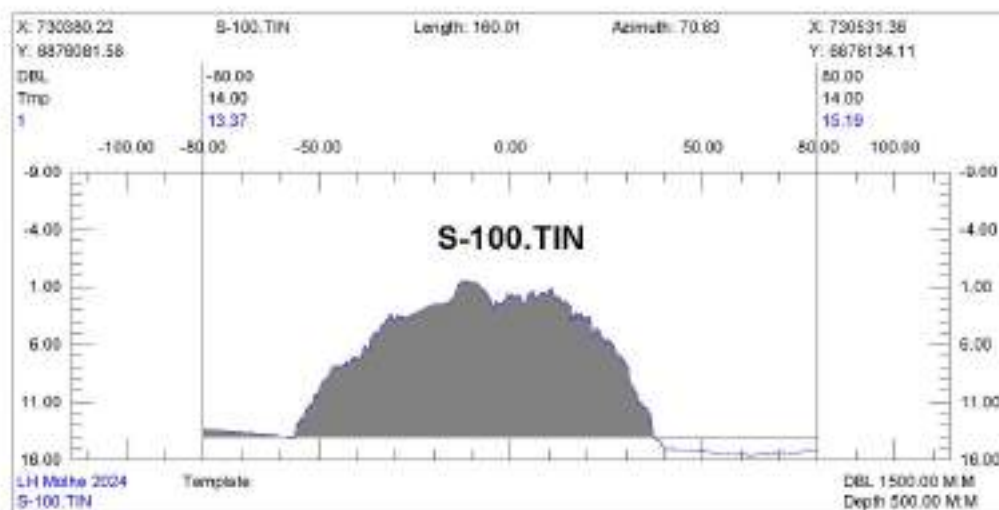












1.8. CONDIÇÕES HIDRODINÂMICAS E MORFOLOGIA.

A execução do estudo de hidrodinâmica, através do fundeio de um ADCP, visa analisar o comportamento das correntes quando ocorrem eventos extremos e as ondas transpassam o molhe no Porto de Imbituba.

Será apresentada uma análise dos dados meteoceanográficos (correntes, ondas, maré e vento) adquiridos nas proximidades do Portuário de Imbituba, município de Imbituba – SC.

1.8.1. Área de Estudo

A área levantada está localizada nas proximidades do molhe do Porto de Imbituba - SC (Figura 120).

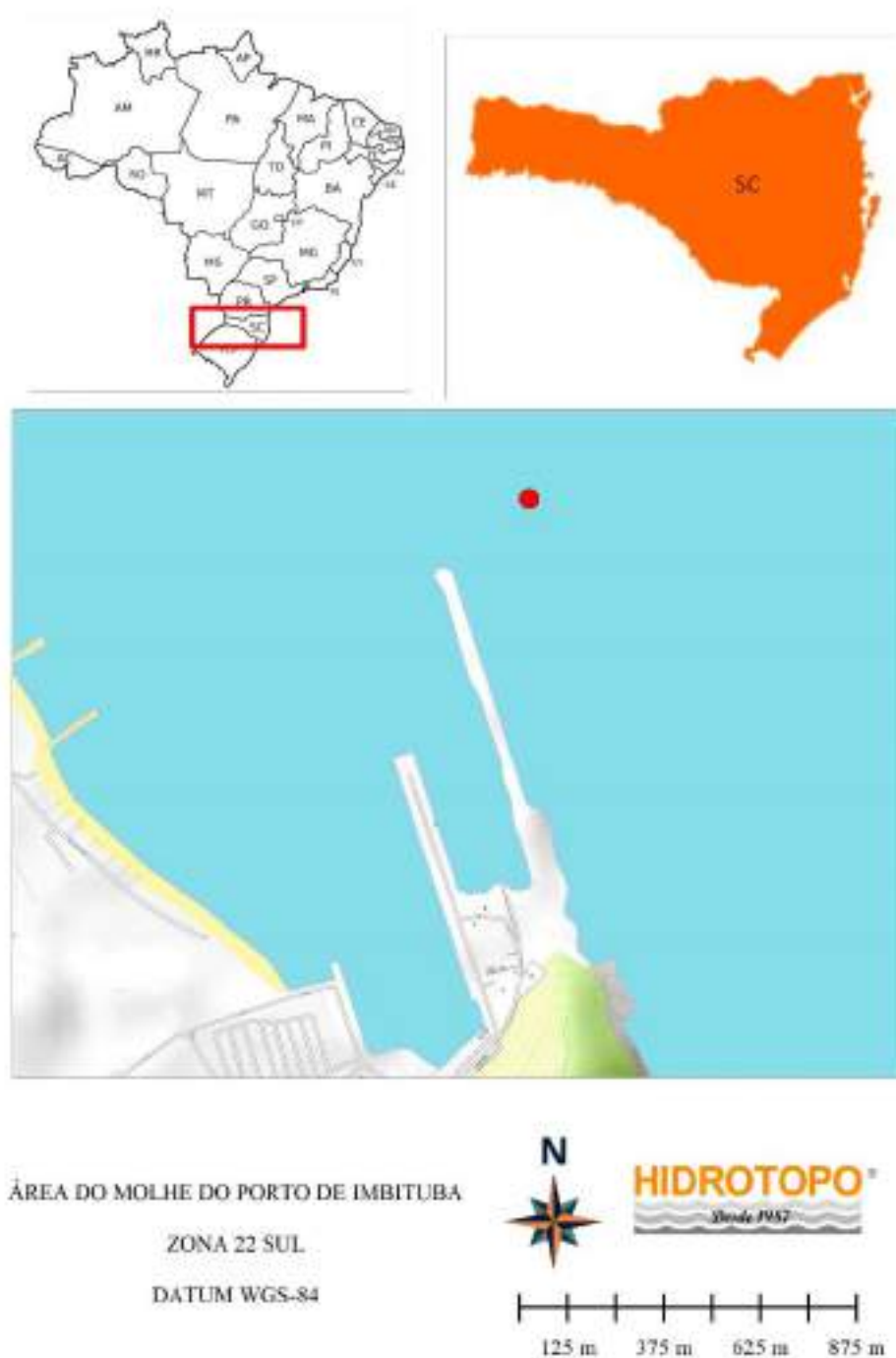


Figura 120 – Visão geral da área de trabalho (Molhe).

1.8.2. Medições Ondas, Correntes e Nível

A instalação da ADCP foi realizada nas proximidades do molhe do Porto de Imbituba, em posição determinada pela equipe da Hidrotopo. O instrumento foi fixado em uma estrutura metálica e fundeada no local de interesse.

O ADCP é projetado para realizar a medição do perfil de correntes, ondas direcionais. A maregrafia utilizada nesse trabalho de modelagem será realizada com os dados medidos pelo marégrafo de radar instalado no Porto de Imbituba.

Dados da Estação de Coleta

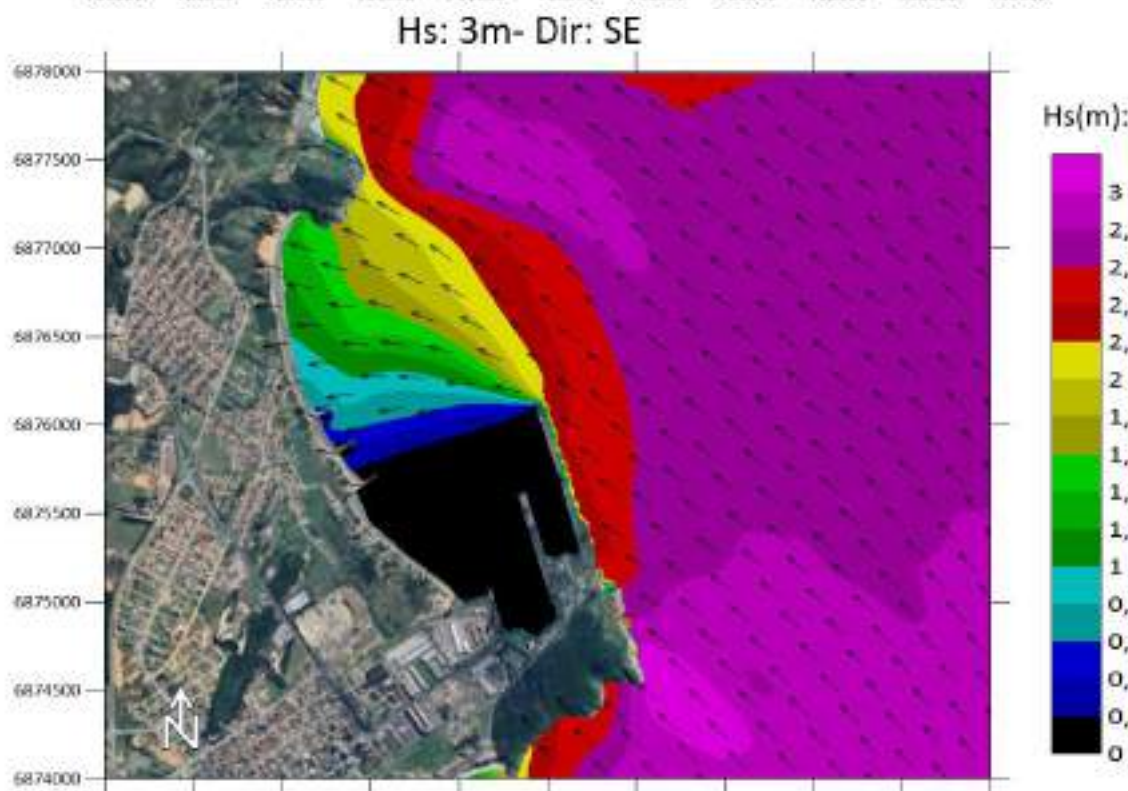
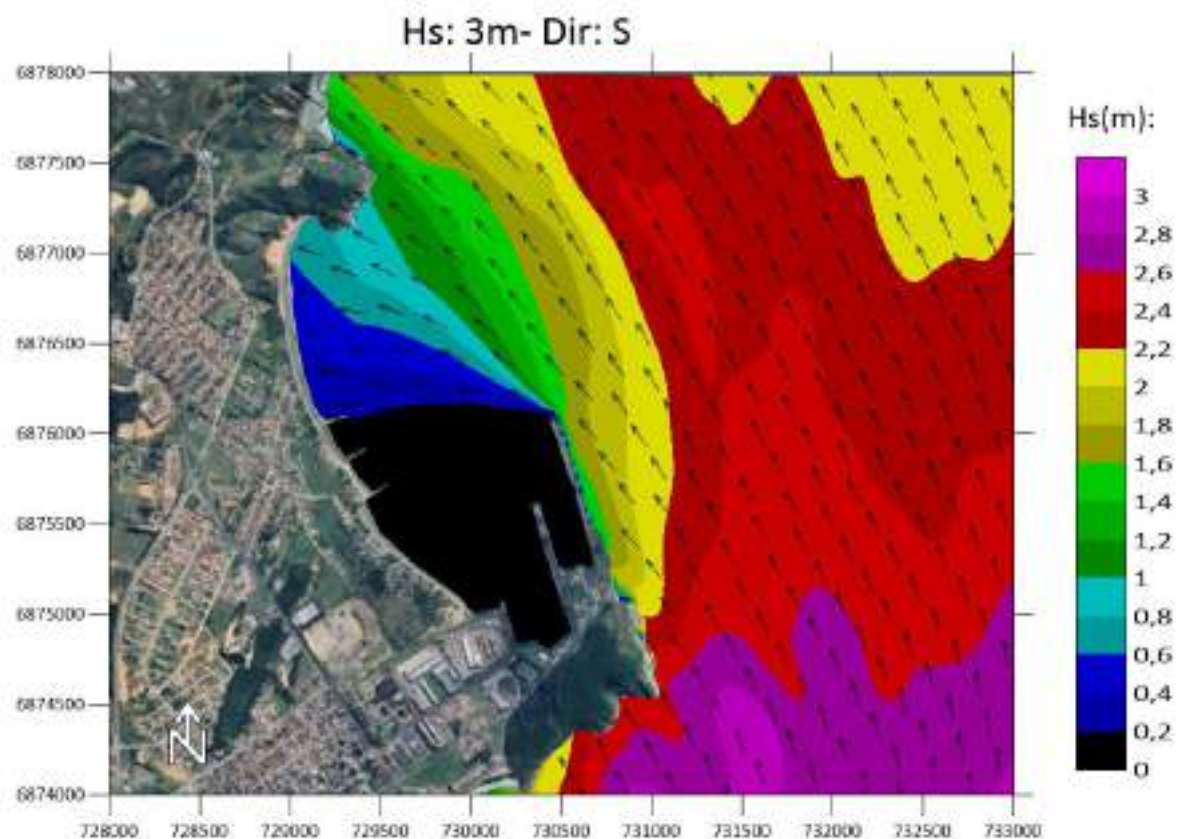
Característica	Porto de Imbituba
Coordenadas geográficas	28°13'8.96"S e 48°38'58.14"O
Data de referência	26/03/2017
Equipamento instalado	
Distância do fundo ao centro do sensor de medição (m)	1.85
Profundidade (m)	14
Variação da maré (amplitude em m)	1.6
Período de coleta	

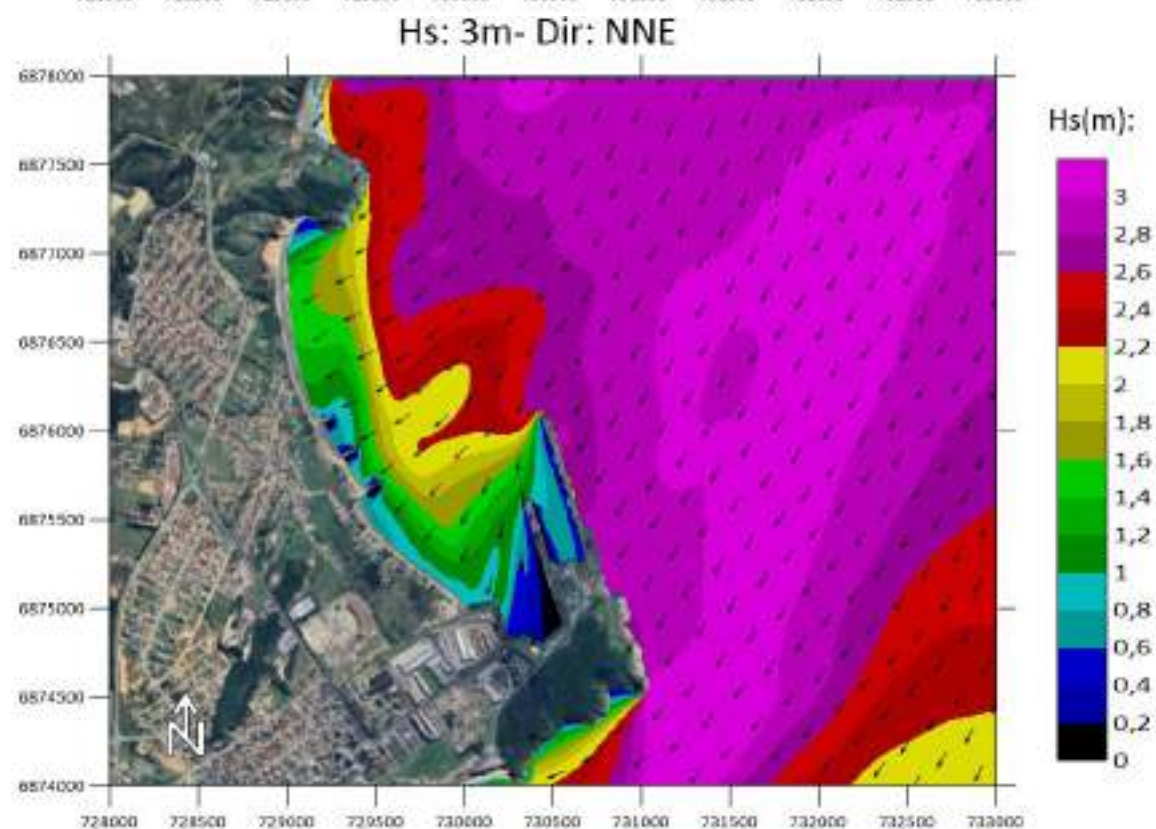
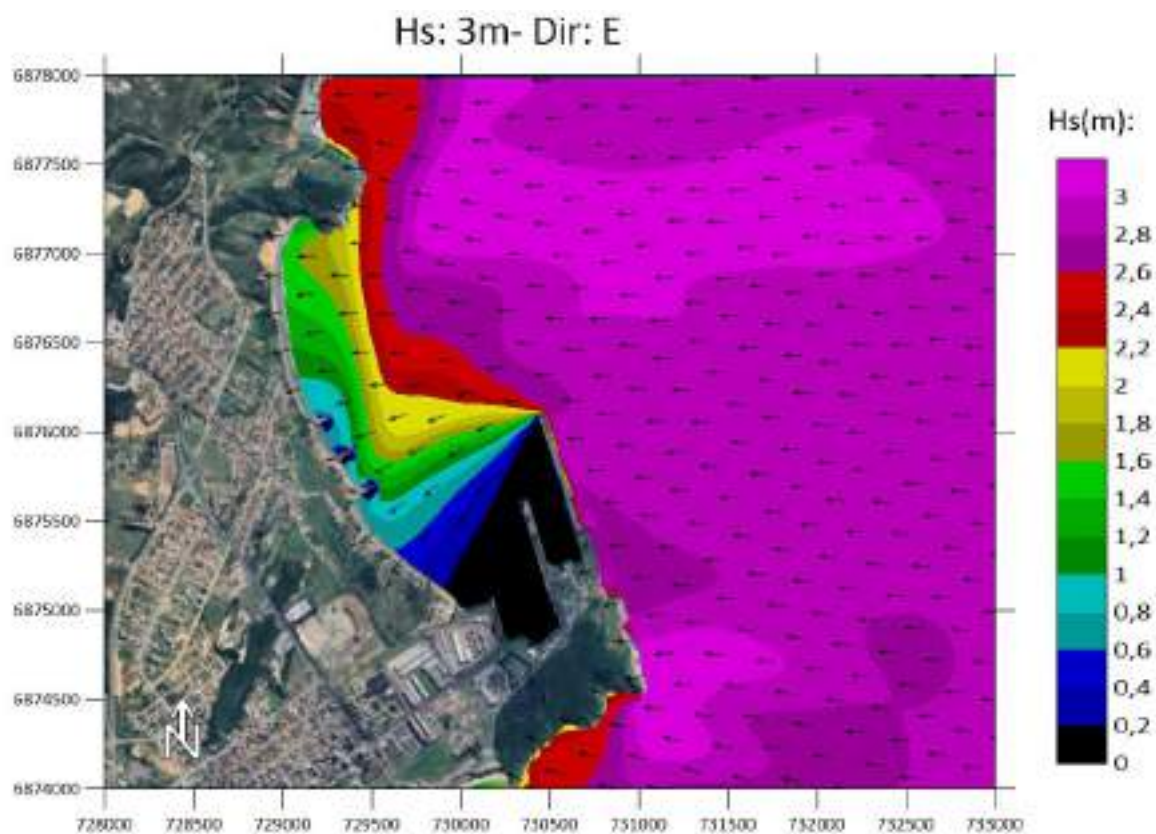
1.8.3. Equipamentos Utilizados

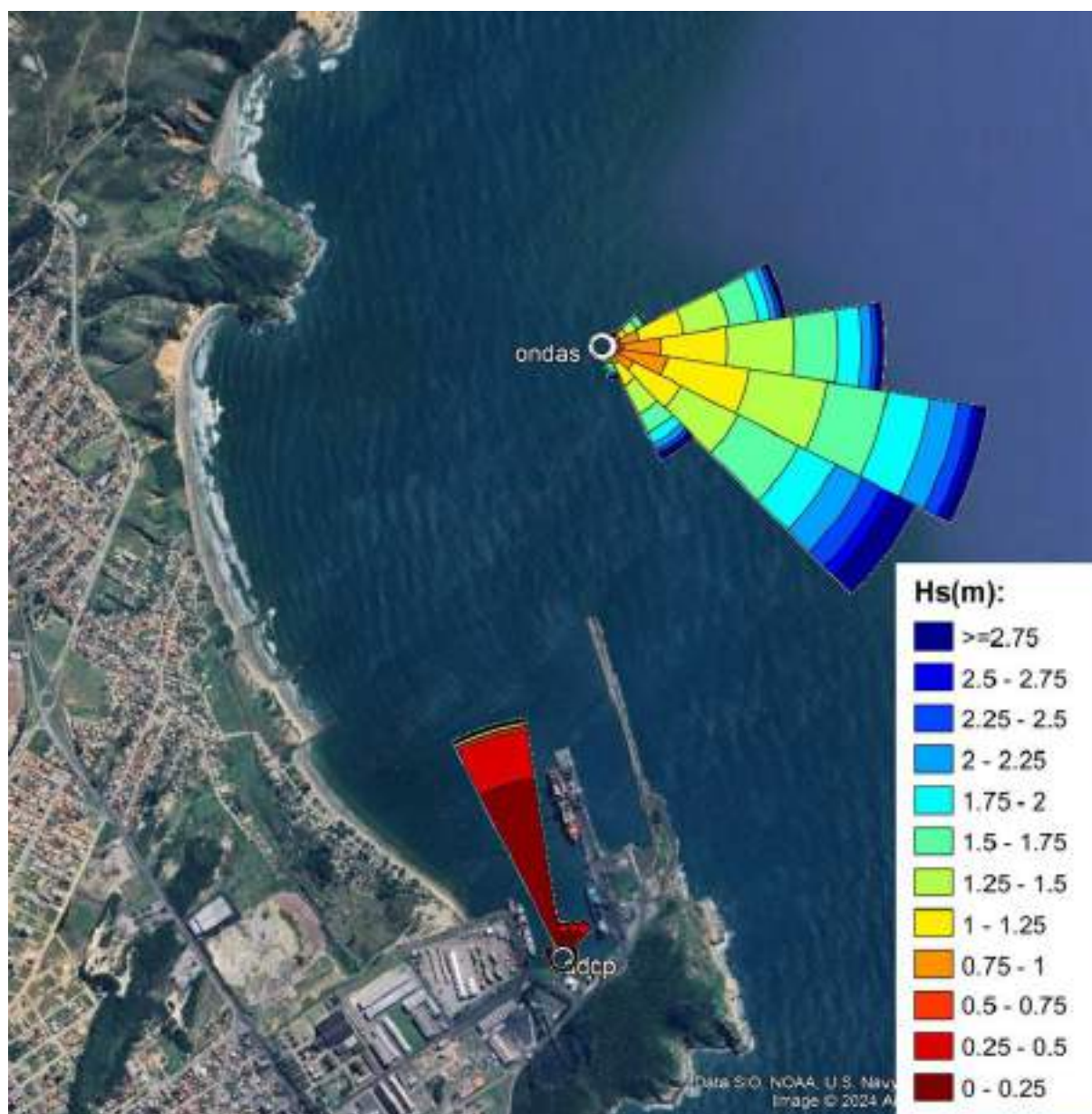
O SeaWAVE ADCP (Figura 121) mede a direção e a altura das ondas, ao mesmo tempo em que fornece dados completos do perfil de corrente, o equipamento usa um feixe vertical e um sensor de pressão para medir com precisão o alcance da superfície. O feixe vertical funciona de forma semelhante a um ecobatímetro invertido, fornecendo medições de onda mais precisas e de frequência mais alta.



Figura 121 – Equipamento SeaWAVE ADCP.







1.9. MONITORAMENTO DE ESPÉCIES BÊNTICAS DO TIPO INCRUSTANTES DE FUNDOS CONSOLIDADOS

1.9.1. Introdução

Os organismos da macrofauna incrustante são aqueles que se aderem a substratos consolidados naturais e artificiais, e sendo sésseis, ali se estabelecem. A macrofauna bêntica incrustante é diversa e abrange múltiplos grupos taxonômicos, como poríferos, cnidários, briozoários, moluscos e crustáceos. Além disso, nos ambientes com incrustação fica favorecida também a ocorrência de fauna acompanhante ou associada (GAMA et al., 2009), que aumenta a quantidade de espécies e a complexidade ecológica desses micro-habitats. Muitos organismos sésseis e macroalgas geram naturalmente a possibilidade de abrigar anelídeos, moluscos e crustáceos, e até mesmo larvas de insetos aquáticos. A biodiversidade costeira pode ser uma ferramenta importante para indicação da integridade biológica dos ambientes, demonstrando através dos serviços ecossistêmicos que fornece qual a situação ambiental (WALLACE, 2007). Contudo, os organismos macrobentônicos também podem acarretar em problemas em áreas e empreendimentos litorâneos, uma vez que a incrustação pode causar gradativa erosão das superfícies artificiais, levando a altos custos de prevenção e manutenção.

Adicionalmente, a crescente introdução de espécies exóticas advindas de água de lastro e cascos de navios é mais um ponto de atenção, que pode impactar as comunidades locais e acelerar a deterioração das estruturas artificiais. Como boa parte dos propágulos de organismos marinhos tem hábito planctônico, a dispersão acaba sendo facilitada, o que possibilita abranger grandes superfícies e chegar a longas distâncias a depender das condições ambientais, físicas e químicas (PRENDERGAST, 2009). Construções fixas, como píeres, docas e molhes, tendem a apresentar incrustações e passar por suas implicações a longo prazo (CHAMP; LOWENSTEIN, 1987). Exemplos são o estímulo à corrosão, o aumento do peso em instalações flutuantes e o entupimento de orifícios e tubulações.

Por essas razões, o monitoramento das comunidades bentônicas incrustantes torna-se uma interessante ferramenta para compreensão da ecologia e saúde dos ambientes costeiros e estruturas a eles associadas.

1.9.2. Metodologia

A coleta foi realizada em 06 de setembro de 2024, em clima ensolarado. Priorizou-se o período de maré baixa, visando que a estrutura do molhe apresentasse maior superfície exposta, possibilitando explorar as possíveis áreas de coleta e sua diversidade. As coletas se concentraram no período da manhã, com clima ensolarado. Para delimitar as áreas de coleta, foram utilizados delimitadores de dimensão 10 x 10 cm (totalizando 100 cm²), confeccionados em PVC (Figura 119). Os pontos foram posicionados em áreas escolhidas aleatoriamente em diferentes partes do molhe (Figura 120). Toda a área abrangida pelo delimitador teve os organismos extraídos com o uso de espátulas, martelos e pontas de aço.



Figura 122 – Delimitador e espátula utilizados para remoção de organismos incrustantes na estrutura do molhe. Fonte: Hidrotopo, 2024..



Figura 123 – Procedimento de coleta de fauna em substrato consolidado.

A) Posicionamento do delimitador em área aleatória; B) Delimitador abrangendo área com organismos incrustantes, macroalgas e fauna associada; C) Retirada dos organismos dentro da área pré-definida; D) Exemplo de substrato de crescimento de fauna incrustante. Fonte: Hidrotopo, 2024.

Os pontos amostrais abrangeram tanto a região externa do molhe (Ponto 1) quanto a região interna (Ponto 2 a Ponto 5), que foram georreferenciados e têm suas coordenadas descritas na Tabela 1. A localização dos pontos amostrais é apresentada na Figura 121.

Devido às condições adversas que colocavam em risco a equipe de coleta (como presença intensa de limo e áreas demasiado íngremes), não foi possível coletar pontos adicionais na face externa do molhe. As amostras foram coletadas em duplicata, e todo o material extraído foi armazenado em sacos plásticos reforçados, e preservado em álcool 70% para posterior análise laboratorial e identificação de espécies.

Tabela 1. Pontos de amostragem de comunidade incrustante.

Área		Latitude	Longitude
Ponto 1	Principal	28°13'42.74"S	48°38'54.04"W
	Réplica		
Ponto 2	Principal	28°13'38.65"S	48°38'58.24"W
	Réplica		
Ponto 3	Principal	28°13'22.06"S	48°39'4.14"W
	Réplica		
Ponto 4	Principal	28°13'24.61"S	48°39'3.35"W

317

	Réplica		
Ponto 5	Principal	28°13'28.38"S	48°39'1.62"W
	Réplica		



Figura 124 – Distribuição dos pontos de coleta ao longo da estrutura do molhe.
Fonte: Hidrotopo, 2024.

A etapa laboratorial consistiu na observação das estruturas morfológicas dos organismos em estereomicroscópio, e a identificação taxonômica seguiu bibliografia especializada para cada um dos grupos (AL-OMARI, 2011; AMARAL et al., 2005; GARCÍA; CAPOTE, 2015; SEREJO et al., 2022; STEINER et al., 2021; THOMÉ et al., 2010; VICENTE et al., 2024; WILSON et al., 2023). Para as análises de índices de diversidade e organização de cluster, utilizou-se o software PAST 4.17 (HAMMER et al., 2001). O cluster de similaridade foi gerado a partir do algoritmo UPGMA, utilizando o índice de similaridade de Bray-Curtis para comparação da composição de espécies entre os pontos.

Quanto as métricas calculadas pelos índices ecológicos, se estabelece: que o valor de riqueza refere-se ao número total de taxa amostrados; abundância total refere-se à soma simples dos organismos encontrados; Diversidade de Shannon-Weiner (H') refere-se à medida de diversidade em dados categóricos, e é calculada conforme descrito em SHANNON, 1948; Equitatividade de Pielou (J') refere-se à medida de uniformidade da distribuição dos dados categóricos, e é calculada conforme descrito em PIELOU, 1966.

Para categorização do estado ambiental de cada um dos pontos com base na comunidade bentônica, utilizou-se o índice AMBI - AZTI Marine Biotic Index v. 6.0 (<https://ambi.azti.es/>; BORJA; MUXIKA, 2005). O índice classifica os organismos pertencentes a comunidades marinhas em diferentes grupos ecológicos, de acordo com seu grau de tolerância aos impactos ambientais (I: espécies sensíveis; II: espécies indiferentes; III: espécies tolerantes; IV: espécies oportunistas; V: espécies indicadoras de poluição), e a partir desses grupos afere a condição ambiental local. Para avaliação dos táxons que não constavam no banco de dados, foram consideradas espécies semelhantes (de mesmo gênero e ecologia), e para aquelas em que não havia nenhuma correspondência, utilizou-se o rótulo de não atribuição a nenhum dos grupos ecológicos.

1.9.3. Resultados e Discussão

1.9.3.1. Levantamento quali-quantitativo de organismos

Os organismos pertencentes à fauna macrobentônica levantados para cada um dos pontos amostrais são a seguir listados (Tabela 2). De semelhante forma, as macroalgas bentônicas que constaram na amostragem estão listadas na Tabela 3.

Tabela 2. Fauna macrobentônica inventariada após coleta nas faces interna e externa do molhe - levantamento quali-quantitativo.

Táxon	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5
Reino Animalia					
Filo Arthropoda					
Classe Malacostraca					
Ordem Amphipoda					
<i>Apohyale media</i> (Dana, 1853)	81	0	8	13	0
<i>Elasmopus</i> sp.	5	1	4	0	3
<i>Caprella penantis</i> Leach, 1814	9	0	0	0	0
<i>Jassa</i> cf. <i>falcata</i> (Montagu, 1808)	3	2	0	8	0
Ordem Decapoda					
<i>Epialtus bituberculatus</i> H. Milne Edwards, 1834	1	0	0	0	0
<i>Pachygrapsus transversus</i> (Gibbes, 1850)	3	1	2	2	4
Ordem Isopoda					
<i>Ligia (Megaligia) exotica</i> Roux, 1828	7	0	8	0	0

319

<i>Paradella diana</i> (Menzies, 1962)	2	26	14	7	29
Ordem Tanaidacea					
<i>Zeuxo</i> (<i>Parazeuxo</i>) cf. <i>coralensis</i> Sieg, 1980	0	48	0	6	5
Classe Maxillopoda					
Ordem Sessila					
<i>Chthamalus stellatus</i> (Poli, 1791)	0	0	0	12	5
<i>Tetracilita stalactifera</i> (Lamarck, 1818)	0	23	58	21	5
Classe Insecta					
Ordem Diptera					
Orthocladinae	0	15	1	0	11
Filo Annelida					
Classe Polychaeta					
Ordem Eunicida					
<i>Marphysa</i> sp.	1	0	0	0	0
Ordem Phyllodocida					
<i>Alitta succinea</i> (Leuckart, 1847)	0	1	0	1	1
<i>Lepidonotus</i> sp.	2	0	0	0	0
<i>Nereis</i> sp.	0	0	1	0	0
<i>Perinereis</i> sp.	11	0	1	0	0
<i>Pseudonereis</i> sp.	1	0	0	0	0
<i>Syllis</i> sp.	16	0	0	0	0
Ordem Sabellida					
<i>Phragmatopoma caudata</i> Krøyer, 1863	28	0	0	0	0
Ordem Spionida					
<i>Boccardia proboscidea</i> Hartman, 1940	0	0	0	0	5
<i>Polydora cornuta</i> Bosc, 1802	0	0	0	0	1
Filo Echinodermata					
<i>Lytechinus variegatus</i> (Lamarck, 1816)	1	0	0	0	0
Filo Mollusca					
Classe Bivalvia					
Ordem Mytilida					
<i>Brachidontes exustus</i> (Linnaeus 1758)	0	13	17	5	5
<i>Mytilus edulis</i> Linnaeus, 1758	2	127	4	0	9
<i>Perna perna</i> (Linnaeus, 1758)	10	14	7	2	0
Ordem Ostreida					
<i>Crassostrea</i> sp.	0	0	0	0	7
<i>Isognomon bicolor</i> (C. B. Adams, 1845)	25	0	0	0	0
Classe Gastropoda					
Ordem Lepetellia					
<i>Fissurella nimbose</i> (Linnaeus, 1758)	4	0	0	0	0
Ordem Neogastropoda					

<i>Stramonita haemastoma</i> (Linnaeus, 1767)	1	2	2	1	3
Ordem Patellogastropoda					
<i>Lottia leucopleura</i> (Gmelin, 1791)	0	1	0	0	0
<i>Propilidium curumim</i> Leal & Simone, 1998	0	1	12	0	0
<i>Lottia subrugosa</i> (A. d'Orbigny, 1841)	0	6	10	1	8
Filo Platyhelminthes					
Classe Tuberllaria					
<i>Armatoplana leptalea</i> (Marcus, 1947)	0	1	0	0	0

Alguns dos organismos com alta densidade e frequência na amostragem estão representados na Figura 122. Pontua-se ainda que muitos espécimes dentre organismos inventariados estiveram associados principalmente às espécies sésseis, como as cracas, e aos aglomerados de macroalgas marinhas presentes no molhe. Por essa razão, muitos dos organismos apresentaram tamanho reduzido, estando aderidos em superfícies naturais maiores.

Essa observação é especialmente relevante no caso dos bivalves, que apresentam espécies que se valem do bisso para aderência nos substratos. Assim, para esse grupo foram observados desde organismos jovens até organismos adultos e já bem estabelecidos. Os crustáceos também foram parte representativa da amostragem, apresentando ampla gama de tamanhos dentre os indivíduos.



Figura 125 – Táxons abundantes na amostragem do molhe. A) *Mytilus edulis* B) *Tetracitella stalactifera* C) *Apothyale media* D) *Paradella diana*. Fonte: Hidrotopo 2024.

Tabela 3. Macroalgas bentônicas inventariadas após coleta nas faces interna e externa do molhe - levantamento qualitativo.

Táxon	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5
Reino Plantae Filo Chlorophyta Classe Ulvophyceae Ordem Ulvales					
<i>Ulva clathrata</i> (Roth) C.Agardh	X				
<i>Ulva lactuca</i> L.	X	X	X	X	X
Filo Rhodophyta Classe Florideophyceae Ordem Corallinales					
<i>Corallina officinalis</i> L.	X				
Ordem Ceramiales					
<i>Ceramium</i> sp.	X				

A ocorrência da espécie de macroalga *Ulva lactuca* (Figura 123) foi registrada para todos os pontos amostrais, independentemente da localização na face interna ou externa do molhe. A espécie atua como abrigo e alimento para muitas espécies macrobentônicas móveis, e tende a ocorrer em costão rochoso e demais substratos consolidados (HEBERT et al., 2017; HIGGINS et al., 2019). Mais de sua ecologia será discutido em tópicos posteriores, tal como sua relevância enquanto parte estruturante da diversidade amostrada.



Figura 126 – Exemplo de *Ulva lactuca*, a macroalga que esteve presente em todos os pontos na amostragem do molhe. Fonte: Hidrotopo 2024.

1.9.3.2. Principais índices ecológicos

Em termos de diversidade ecológica, os pontos apresentaram diferentes características, conforme detalhado na Tabela 4. A maior quantidade de táxons foi registrada no Ponto 1 (face externa do molhe). Já em quantidade de indivíduos amostrados, o Ponto 2 foi o de maior destaque. No que se refere à Dominância, o Ponto 2 destaca-se novamente, devido à presença predominante do bivalve *Mytilus edulis* em densidades superiores quando comparado aos demais táxons registrados no ponto. Para a Diversidade de Shannon (H), os valores foram próximos para a maioria dos pontos, com o Ponto 5 apresentando o maior valor. Essa métrica indica comunidades bem estruturadas, com estabilidade ecológica considerada moderada (valores entre 2 e 3) para a maioria dos pontos, à exceção do Ponto 2 que seria considerado pobre (valores entre 1 e 2). Já em termos de Equabilidade (J), mais uma vez o Ponto 5 destacou-se como o de maior valor, o que implica em representação mais igualitária da distribuição dos organismos entre os diferentes táxons nesse ponto.

Tabela 4. Índices de diversidade ecológica registrados para os pontos amostrais no molhe.

Índice ecológico	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5
Riqueza	20	16	15	12	15
Abundância	213	282	149	79	101
Dominância	0,19	0,25	0,19	0,15	0,12
Diversidade de Shannon (H)	2,16	1,80	2,09	2,10	2,37
Equitabilidade(J)	0,72	0,65	0,77	0,84	0,87

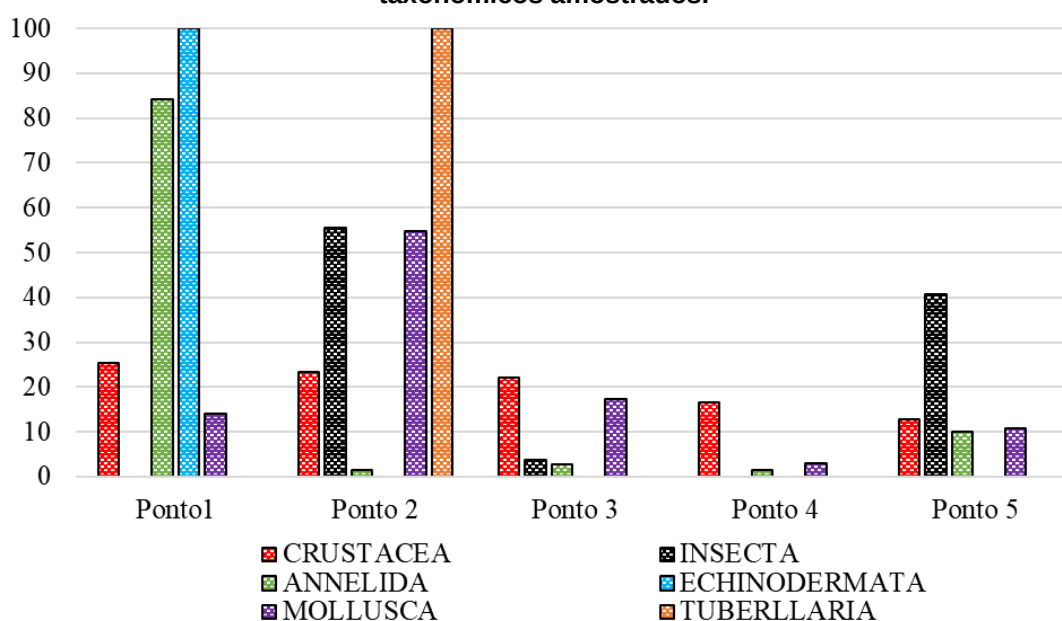
O padrão geral observado na zonação de costões rochosos é de dominância de poucas espécies tolerantes em zonas mais elevadas, e uma representação mais igualitária de táxons distribuídos nas zonas mais abaixo.

O Gráfico 1 mostra a contribuição percentual de cada um dos grandes grupos bentônicos de maior relevância na amostragem. É possível notar que cada um deles apresenta uma constituição distinta, e diferentes grupos como contribuição. O

323

Ponto 1 apresentou grande quantidade de anelídeos, e a totalidade dos equinodermos. Ressalta-se que esse é o único ponto localizado na face externa do molhe. Já no Ponto 2, se encontra a totalidade das Turbellaria, e estão alocadas também as maiores porcentagens de insetos e moluscos. O Ponto 3 por sua vez apresentou poucos grupos, sendo as contribuições para os crustáceos e insetos as mais relevantes. O Ponto 4 seguiu o padrão de poucos grupos, com a maioria da contribuição representada por crustáceos. Por fim, no Ponto 5 a contribuição dos insetos foi a de maior relevância. Todos esses pontos, localizados em diferentes partes do molhe interno, demonstram como há grupos e espécies em comum a todos os pontos, mas também diversidade distinta em cada microambiente que compõe o substrato consolidado do molhe.

Gráfico 1. Representação percentual da contribuição de cada ponto para os principais grupos taxonômicos amostrados.



Em análise de cluster agrupando todas as réplicas de acordo com as abundâncias (Figura 5), o que se nota é que o Ponto 4 (principal) e o Ponto 1 são os que estiveram menos relacionados a todos os outros. Os demais pontos estiveram pareados entre suas coletas principais e réplicas, estando mais proximamente relacionadas. No caso do Ponto 3, coleta principal e réplica foram similares entre si, e também se agruparam com a réplica do Ponto 4. Essa configuração se justifica, no caso do Ponto 1, por alguns táxons que só estão presentes nele; e no caso do Ponto

4, pela baixa diversidade encontrada na coleta principal (o que não ocorre na réplica, onde mais táxons foram registrados).

Além disso, os pontos 1 e 2 estão fisicamente próximos, na porção inicial do molhe, embora em faces diferentes, enquanto os demais se localizam todos na ponta da face interna.

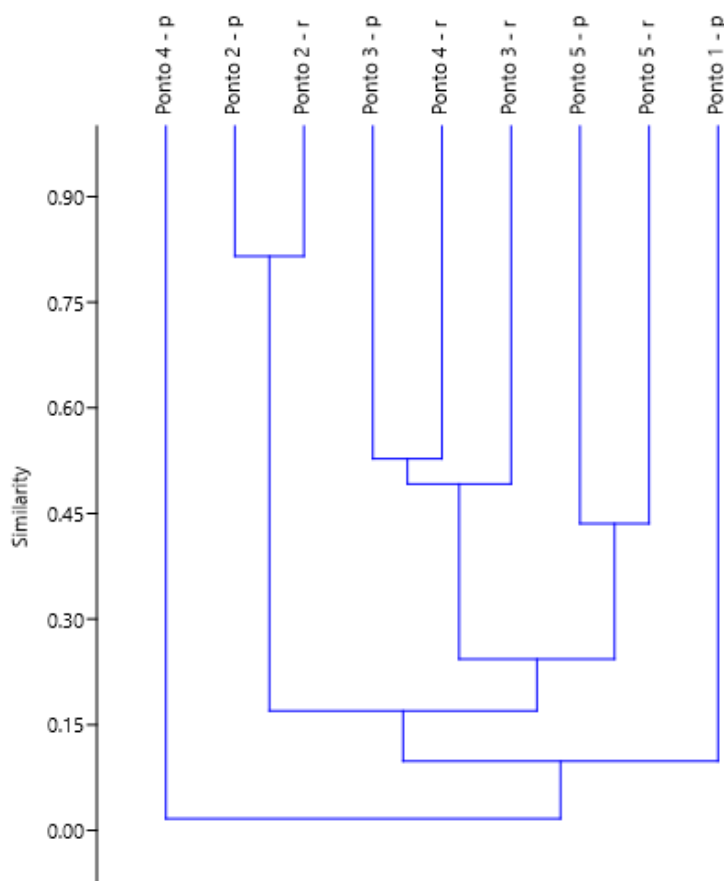


Figura 127 – Cluster representando a similaridade entre os pontos amostrados (p - principais e r- réplicas).

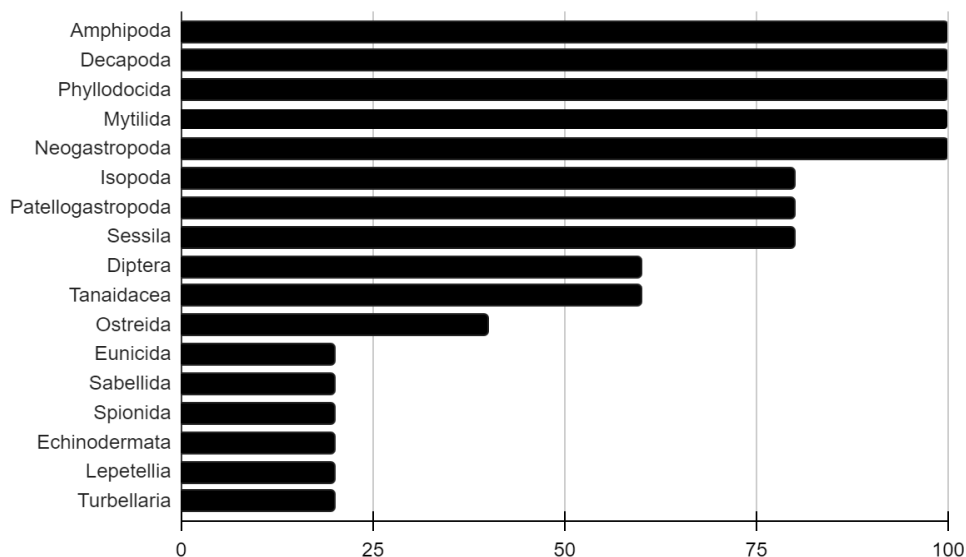
Valor de correlação cofenética: 0,93.

Avaliações em ambientes similares demonstram que os períodos de imersão/emersão da maré e o grau de exposição às ondas são fatores que influenciam a biodiversidade das diferentes camadas de macrofauna em substrato consolidado (MASI; ZALMON, 2008), além do recrutamento por cracas e mexilhões (PFAFF et al., 2011). Além disso, o grau de exposição da área também influencia a ocorrência dos

organismos, e no grau de dessecação sofrido por eles. Com isso, as dimensões da zona entre marés variam de um ambiente para outro, tendendo a ser mais extensas em ambientes de maior exposição às ondas. Para as macroalgas, maiores abundâncias são esperadas nas áreas mais protegidas.

A frequência de ocorrência dos grupos é apresentada no Gráfico 2. É possível verificar que as Ordens que ocorreram em 100% das amostras foram: os crustáceos Amphipoda e Decapoda; os anelídeos Phyllodocida; os moluscos Mytilida e Neogastropoda. As Ordens citadas foram representadas por táxons de ocorrência comum, considerados como representativos de ambientes de substrato consolidado e costão rochoso. Considerando que os pontos abrangem tanto a região interna quanto externa do molhe, esses foram os grupos que são similares em ambas as faces, tolerando bem tanto as regiões de maior exposição quanto as mais protegidas dos fatores ambientais. As demais ordens apresentaram frequências de ocorrência variadas, com algumas amostras concentrando organismos específicos que só ocorreram em um dos pontos amostrais.

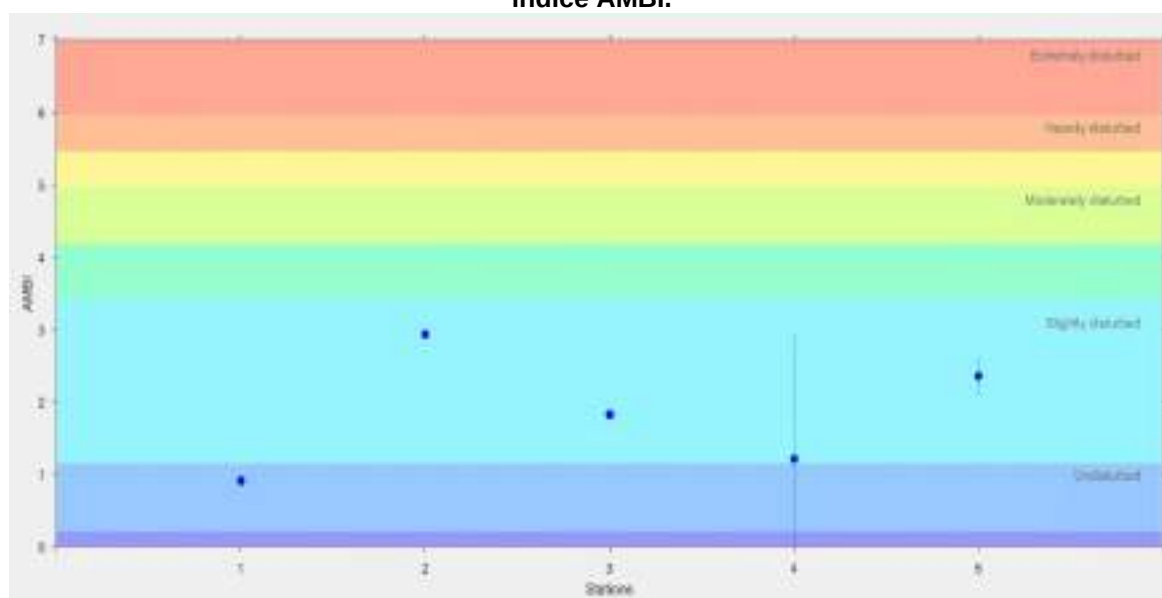
Gráfico 2. Frequência de ocorrência dos principais grupos taxonômicos amostrados.



A classificação do estado ambiental de cada ponto através do índice AMBI - AZTI Marine Biotic Index é retratada no Gráfico 3. O Ponto 1 (molhe externo) foi o único que se enquadrou no status de sem perturbação. Todos os demais pontos se enquadram na faixa de tolerância de ambientes ligeiramente perturbados. Possíveis explicações para essa diferença são a ocorrência de maior diversidade de poliquetos,

e a presença de uma espécie considerada mais sensível ambientalmente (*Lytechinus variegatus*). No entanto, vale ressaltar que o Ponto 1 foi composto de uma única réplica, ao contrário dos demais pontos amostrais.

Gráfico 3. Classificação dos pontos de coleta quanto ao grau de perturbação de acordo com o índice AMBI.

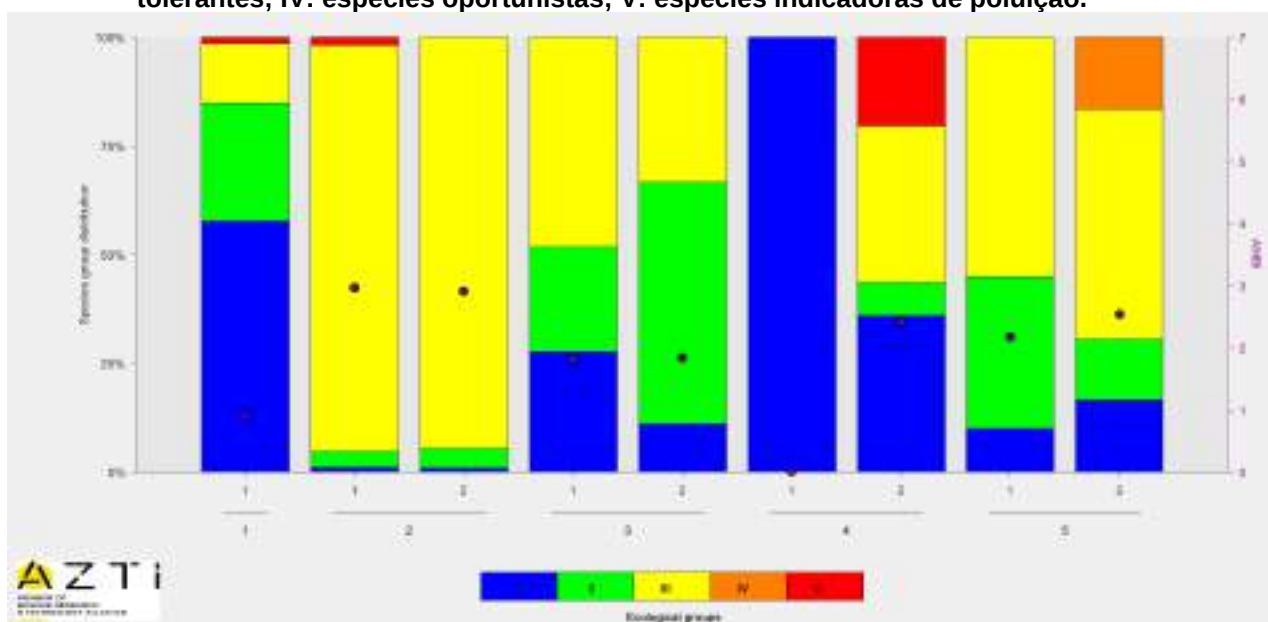


Em termos de categorização das espécies que compõem cada um dos pontos, os grupos ecológicos mais frequentes foram as categorias I a III (I: espécies sensíveis; II: espécies indiferentes; III: espécies tolerantes). A distribuição dos grupos ecológicos está representada no Gráfico 4. Contudo, é necessário ressaltar que alguns dos pontos apresentaram altas porcentagens de espécies que não estão atribuídas a nenhum grupo ecológico (foi o caso do Ponto 3, com 43,3%; e Ponto 4, com 29,2%). Assim, o índice deve ser encarado apenas como um indicador genérico da saúde ambiental, que por vezes pode superestimar o status ambiental para ambientes como costões rochosos (TIAN et al., 2023). Contudo, o uso desse índice tem se mostrado uma abordagem interessante em substratos consolidados

(MEHDIPOUR et al., 2018), embora seu foco principal sejam sedimentos inconsolidados.

Os estudos brasileiros que utilizam o índice apontam a ausência de algumas espécies que são comuns na América do Sul, e incorporam novos registros à base de dados do índice. Por isso, deve ser complementado por outros índices ecológicos, e contar com avaliação criteriosa quanto aos impactos ambientais locais, e o grau de tolerância das espécies, para que possa melhor refletir a saúde ecológica da comunidade (BRAUKO et al., 2016; MUNIZ et al., 2005).

Gráfico 4. Divisão dos grupos funcionais de cada ponto e suas réplicas, de acordo com o índice AMBI. Grupos Ecológicos - I: espécies sensíveis; II: espécies indiferentes; III: espécies tolerantes; IV: espécies oportunistas; V: espécies indicadoras de poluição.



1.9.3.3. Caracterização dos principais táxons e suas contribuições na comunidade macrobentônica de substrato consolidado

A biodiversidade costeira responde a variáveis como o tipo de sedimento, o grau de exposição, a temperatura e a salinidade (ALVES et al., 2006), de maneira que as flutuações ambientais definem a composição das comunidades.

No que se refere aos organismos amostrados, os peracáridos (como as ordens Amphipoda, Isopoda e Tanaidacea) foram representantes frequentes nos pontos, e são considerados habitantes comuns de corais e conglomerados de algas (IZQUIERDO; GUERRA-GARCÍA, 2011). Nas macroalgas, é comum a colonização por diversas espécies, uma vez que entre elas existe grande diversificação dos estilos de vida - desde espécies formadoras de tubos até as de vida livre, e cujo hábito alimentar pode ser herbívoro, detritívoro (como é o caso de *Ligia exotica* e *Zeuxo coralensis*), carnívoro ou onívoro (como é o caso de *Apothyale media*) (GUERRA-GARCÍA et al., 2014). Com isso, as espécies de beneficiam dos aglomerados algais de diferentes maneiras: algumas em busca de proteção, outras em busca de outros organismos que possam servir como alimento, e ainda aquelas que se valem da decomposição das algas para se alimentar. Portanto, a robustez ecológica da comunidade associada ao molhe tende a aumentar.

Ainda em se tratando dos crustáceos, porém com enfoque nos táxons sésseis, as duas espécies de cracas registradas são de ocorrência comum em substratos consolidados.

Quanto aos moluscos, a espécie *Brachionus exustus* tem alta variabilidade de seus caracteres morfológicos, o que indica que este táxon corresponde a um complexo de espécies, com diferentes características de acordo com o gradiente ambiental em que se encontra (LEE; Ó FOIGHIL, 2004; BENNETT et al., 2011). O mesmo ocorre para o mexilhão *Mytilus edulis*, que também se refere a um complexo de espécies dentre as quais algumas são nativas da América do Sul e cuja avaliação genética vem tornando gradualmente possível o melhor entendimento de suas características (OYARZÚN et al., 2021).

O mexilhão *Perna perna* é um exemplo de táxon exótico invasor cujo histórico é longo e que hoje é habitual em substratos consolidados. Podem formar densas populações em substratos naturais e artificiais (MMA, 2009), e seu hábito filtrador facilita a obtenção de alimento. Reporta-se que os mexilhões ocorrem na região eulitorânea de costões mais expostos (BOAVENTURA et al., 2008). Outro

bivalve invasor, *Isognomon bicolor*, cuja ocorrência e distribuição já tem registros robustos (DOMANESCHI; MARTINS, 2002). Pode interferir no crescimento e fixação da espécie, mas suas altas densidades em costões rochosos brasileiros sugere que são capazes de gerar mudanças significativas na composição das comunidades nativas (RAPAGNÃ, 2004; BREVES-RAMOS et al., 2010). Para ambas as espécies mencionadas, o recrutamento ocorre ao longo de todo o ano, o que implica em constante reprodução e maior potencial bioinvasivo. Ações que modificam ou degradam os ambientes ou o regime hidrográfico local favorecem a sobrevivência e permanência de espécies introduzidas, criando repetidas oportunidades novas para seu estabelecimento.

Dentre os gastrópodes, a espécie *Stramonita haemastoma* é carnívora, e comum nas fendas de ambientes como molhes, sobretudo aqueles mais protegidos da ação da maré (MASI; ZALMON, 2008). As espécies *Fissurella nimbosa* e ambas as espécies de *Lottia* registradas na amostragem (*L. subrugosa* e *L. leucopleura*) são nativas para as costas brasileiras e/ou para as Américas, sendo frequentemente encontradas em costões rochosos.

Já os *Polychaeta* são organismos que se encontram associados a outros organismos bentônicos como mexilhões e esponjas, além de bancos de algas. O gênero *Polydora* é considerado bioindicador devido a sua alta resistência a níveis de eutrofização elevados, e apresenta espécies que são invasoras para o Brasil. A espécie *P. cornuta*, em especial, é considerada uma das cem piores espécies invasoras existentes (STREFTARIS; ZENETOS, 2006), em função dos danos que acarreta para a aquicultura e biodiversidade. A família *Nereidae*, por sua vez, abriga táxons altamente adaptáveis às concentrações de metais pesados em água e sedimento (OLIVEIRA, 2013).

A espécie *Boccardia proboscidea* também possui registros de danos provocados por sua presença em densidades excessivas, levando à redução da biodiversidade em especial quando os ambientes recebem cargas de esgoto (ELÍAS et al., 2015). A espécie *Alitta succinea* é considerada oportunista e tolerante, com registros de ocorrência abundante em áreas com enriquecimento nutricional artificial, como despejo de esgoto em áreas da costa da América do Sul (SÁNCHEZ et al., 2013).

Alguns dos organismos invasores mencionados são exemplificados na Figura 125.

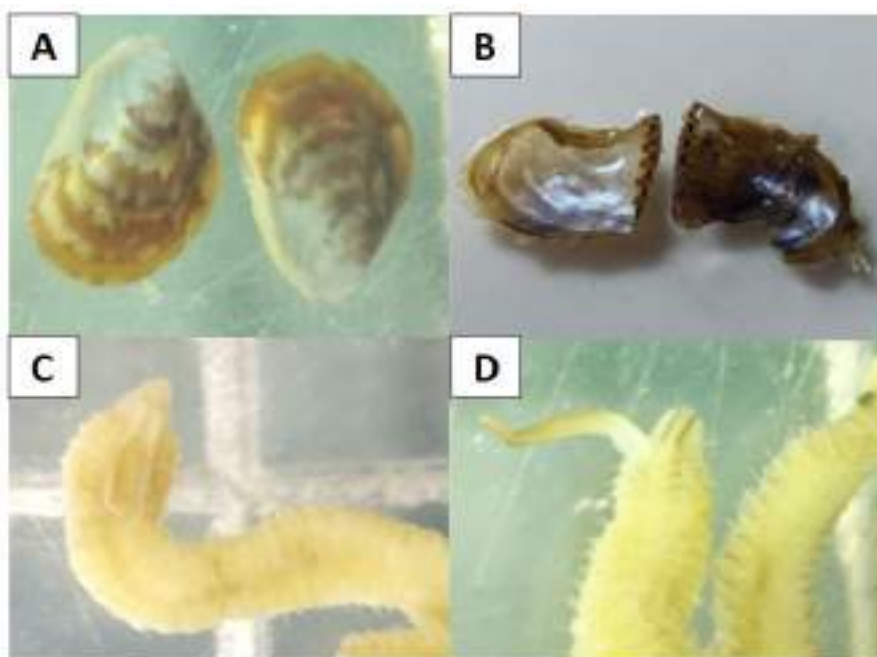


Figura 128 – Táxons exóticos e invasores para a costa brasileira com ocorrência na amostragem do molhe. A) Perna perna (jovens) B) Isognomon bicolor C) Polydora cornuta D) Boccardia proboscidea. Fonte: Hidrotopo 2024.

Outro fator que vale ser ressaltado é a presença de imaturos de insetos aquáticos (Diptera - Orthoclaadiinae). Esses organismos se desenvolvem em água doce até a fase adulta, e são conhecidos por sua alta tolerância às condições ambientais adversas, sendo organismos generalistas e facilmente adaptáveis. Nesse contexto, apesar da salinidade e da maré, esses organismos encontraram na fauna consolidada proteção, alimento e boas condições para reprodução, valendo-se dos túneis de organismos e espaços vazios entre as incrustações e algas para se desenvolver (FARRAPEIRA et al., 2009).

Dentre as espécies registradas, apenas o equinodermo Lytechinus variegatus é considerado em status de ameaça, estando listado como “Vulnerável” (VU) na mais recente atualização da lista de espécies ameaçadas no território brasileiro (BRASIL, 2022). Nenhuma das espécies está listada em grau de ameaça nas bases da International Union for Conservation of Nature (IUCN, 2024).

Em relação às macroalgas, nota-se que para todos os pontos de coleta a alga predominante foi a espécie *Ulva lactuca*, presente em todos os pontos. O gênero *Ulva* é tido como cosmopolita e de hábito predominantemente marinho, ocupando regiões tropicais e subtropicais nos ambientes entre-marés, podendo também ocorrer

331

em água doce, salobra e em estuários. Possuem formas crípticas, e desenvolvem-se de maneira livre-flutuante e também aderidas a substratos diversos, especialmente em praias urbanas (COTO; PUPO, 2009; HOFMANN et al., 2010). Há espécies do gênero que são indicadoras ambientais, tolerantes à altas concentrações nutricionais e de metais em água. Por essas razões, são consideradas oportunistas e desenvolvem-se com sucesso em áreas impactadas (JUANES et al., 2008). São também causadoras da “maré verde”, reflexo do enriquecimento nutricional e poluição das águas em função de atividades antrópicas (HO, 1990; FAVERO, et al. 1996; WAN et al., 2017).

Além da função de produtoras primárias nos sistemas marinhos, as macroalgas oferecem ainda micro habitats propícios à ocorrência de organismos associados, tanto sésseis quanto móveis (VIANA et al., 2021). No caso do gênero *Ulva*, por serem algas laminares, oferecem pouca proteção e abrigo aos organismos do costão rochoso, o que pode fazer com que estejam associadas a menor diversidade de táxons quando comparadas às macroalgas de formas mais arbustivas (AMARAL; NALLIN, 2011). Ainda assim, muitos dos organismos registrados estiveram associados aos aglomerados de alga, valendo-se de sua proteção e disponibilidade alimentar.

1.9.4. Conclusão

Os organismos levantados são considerados em sua maioria comuns nos ambientes litorâneos brasileiros, sobretudo em costões rochosos. Muitas das espécies são cosmopolitas e bastante resistentes a impactos e alterações ambientais, de maneira que são capazes de ocorrer em uma ampla gama de ambientes e condições. Nenhuma das espécies apresentou dominância absoluta no molhe, sendo este um indício de que não há, até o momento, nenhuma proliferação de macrofauna que possa ser considerada nociva. No entanto, especial atenção deve ser prestada aos organismos com potencial invasor, como algumas espécies de *Polychaeta* e *Bivalvia* que quando estabelecidos podem ocasionar em danos ambientais e estruturais. De maneira geral, o ambiente foi classificado como ligeiramente impactado, devido à ecologia das espécies nele presentes. Além disso, a ocorrência de um ouriço-do-mar

(*Lytechinus variegatus*) em status de ameaça reforça a robustez ecológica do ambiente.

Quanto às macroalgas, o destaque é a espécie *Ulva lactuca*, também comum e amplamente distribuída. Vale ressaltar que a ausência de outros táxons macrobentônicos nessa amostragem não implica necessariamente em sua não existência no ambiente, uma vez que podem ocorrer variações sazonais e a amostragem é um recorte temporal e espacial da diversidade do molhe. Mesmo em um único local ou em pontos de locais muito semelhantes, é importante que todos os substratos sejam explorados, pois podem fornecer agrupamentos de espécies diferentes entre si. Além disso, ficou inviabilizada a comparação estatística entre as faces externa e interna, uma vez que o número amostral de réplicas não foi padronizado, e pode gerar viés na comparação. No entanto, a ocorrência de grupos em comum em ambas as faces pode ser um indicativo de que a macrofauna é similar. Pontos diferenciais para a face externa do molhe foram a maior diversidade de Polychaeta, e a ocorrência exclusiva do ouriço-do-mar (que atribuiu ao ponto melhor condição no índice AMBI em relação aos demais).

Sendo assim, o que se conclui através do presente levantamento é que a diversidade de organismos incrustantes e fauna associada é composta por táxons de ocorrência comum, e não há clara predominância de nenhum táxon em específico. A comunidade se apresenta funcional e bem estruturada ecologicamente para a maioria dos pontos. No entanto, é necessária a continuidade dos levantamentos, uma vez que a estrutura do molhe está suscetível à chegada de organismos exóticos invasores que podem, a longo prazo, se estabelecer de maneira prejudicial à fauna local e à integridade da construção.

2. REFERÊNCIAS

- ✓ Normas da Autoridade Marítima para Levantamentos Hidrográficos - NORMAM-501/DHN.
- ✓ Especificações para Levantamentos Hidrográficos, Publicação S-44 da OHI.
- ✓ FRANCO, Alberto dos Santos, and J. B. Alvarenga. "Marés: fundamentos, análise e previsão." DHN, Niterói, RJ (2009).

- ✓ AL-OMARI, N.H.A. A guide to polychaetes (Annelida) in Qatar Marine Sediments. Qatar: Environmental Studies Center- Qatar University, 180 p., 2011.
- ✓ AMARAL, Antônia Cecília Zacagnini; RIZZO, Alexandra E; ARRUDA, Eliane Pintor. (org) Manual de Identificação dos Invertebrados Marinhos da Região Sudeste-Sul do Brasil. Volume 1. São Paulo: EDUSP, 288 p., 2005.
- ✓ AMARAL, Antônia Cecília Zacagnini; NALLIN, Silvana Aparecida Henriques. (org.) Biodiversidade e ecossistemas bentônicos marinhos do Litoral Norte de São Paulo, Sudeste do Brasil. Campinas: UNICAMP/IB, 574 p., 2011.
- ✓ ALVES, O.F.S.; MUEHE, D.; DOMINGUEZ, J.M.L. Carbonate contents of bottom sediments of Todos os Santos Bay, Bahia, Brazil: their importance for biodiversity. Journal of Coastal Research, SI 39, 1671-1675, 2006.
- ✓ BENNETT, Kyle, F.; REED, Andrew J.; LUTZ, Richard A. DNA barcoding reveals Brachidontes (Bivalvia: Mytilidae) from two ecologically distinct intertidal habitats on Long Key, Florida Keys, are cryptic species, not ecotypes. The Nautilus, v. 125, n.2, p. 63-71, 2011.
- ✓ BOAVENTURA, Diana et al. Intertidal Rocky Shore Communities of the Continental Portuguese Coast: Analysis of Distribution Patterns. Marine Ecology, v. 23, n. 1, p. 69-90, 2008.
- ✓ BORJA A, MUXIKA I; AZTI, Department of Oceanography and Marine Environment, Herrera Kaia, Portualdea sin 20110 Pasaia, Spain. Guidelines for the use of AMBI (AZTI's Marine Biotic Index) in the assessment of the benthic ecological quality. Marine Pollution Bulletin. v. 50, n. 7, p. 787-789, 2005.
- ✓ BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Portaria MMA nº 148, de 7 de Junho de 2022. Altera os Anexos da Portaria nº 443, de 17 de dezembro de 2014, da Portaria nº 444, de 17 de dezembro de 2014, e da Portaria nº 445, de 17 de dezembro de 2014, referentes à atualização da Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção. Diário oficial da União. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-mma-n--148-de-7-de-junho-de-2022-406272733>> Acesso em: 01 de Outubro de 2024.
- ✓ BRAUKO, Kalina Manabe et al. Assessing the suitability of five benthic indices for environmental health assessment in a large subtropical South American estuary. Ecological Indicators, v. 64, p. 258–265, 2016.

- ✓ BREVES-RAMOS, André et al. Population structure of the invasive bivalve *Isognomon bicolor* on rocky shores of Rio de Janeiro State (Brazil). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, v. 3, p. 453-459, 2010.
- ✓ CHAMP, M.A.; LOWENSTEIN, F.L. TBT - The dilemma of high-technology antifouling paints. *Oceanus*, v. 35. n.3, p. 69-77, 1987.
- ✓ COTO, Ana Carolina Saraiva Pena; PUPO, Diclá. Flora ficológica do estado de São Paulo. Vol. 3. Ulvophyceae. São Paulo: Rima. 96 p., 2009.
- ✓ DOMANESCHI, Osmar; MARTINS, Cláudio Mantovani. *Isognomon bicolor* (C.B. Adams) (Bivalvia, Isognomonidae): first record to the Brazilian littoral, redescription of the species and comments on the occurrence and distribution of *Isognomon* in the Brazilian coast. *Revista Brasileira de Zoologia*, v.19, n.2, p. 611-627, 2002.
- ✓ ELÍAS, Rodolfo et al. Effect of the invader *Boccardia proboscidea* (Polychaeta: Spionidae) on richness, diversity and structure of SW Atlantic epilithic intertidal community. *Marine Pollution Bulletin*, v. 91, n.2, p.530–536, 2015.
- ✓ GAMA, Bernardo Antonio Perez Da; PEREIRA, Renato Crespo; COUTINHO, Ricardo. A bioincrustação marinha. In: PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES, A. (Orgs.). *Biologia Marinha*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, p. 299-318, 2009.
- ✓ FARRAPEIRA, Cristiane Maria Rocha et al. Vertical zonation of the hard substrata macrofauna of the Massangana River estuary, Suape Bay (Pernambuco, Brazil). *Biota Neotropica*, v.9, n. 1, p. 87-100, 2009.
- ✓ FAVERO, N.; CATTALINI, F.; BERTAGGIA, D.; ALBERGONI, V. Metal accumulation in a biological indicator (*Ulva rigida*) from the lagoon of Venice (Italy). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, v. 31, p. 9-18, 1996.
- ✓ GARCÍA, Yander Luis Diez; CAPOTE, Abdiel Jover. List of marine crabs (Decapoda: Anomura and Brachyura) of shallow littoral of Santiago de Cuba, Cuba. *Check List*, v. 11, n.2, 1601, 2015.
- ✓ GUERRA-GARCÍA J.M. et al. Dietary analysis of the marine Amphipoda (Crustacea: Peracarida) from the Iberian Peninsula. *Journal of Sea Research*, v. 85, p. 508–517, 2014.

- ✓ HAMMER, O.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, vol. 4, n. 1, 9 p. 2001.
- ✓ HERBERT, R.J.H. et al. Epibenthic and mobile species colonization of a geotextile artificial surf reef on the south coast of England. *PLoS ONE*, v.12, n. 9, e0184100, 2017.
- ✓ HIGGINS, E., R.E. et al. Metaxas. Benthic community succession on artificial and natural coral reefs in the northern Gulf of Aqaba, Red Sea. *PLoS ONE*, v. 14, n. 2, e0212842, 2019.
- ✓ HO, Y. B. *Ulva lactuca* as bioindicator of metal contamination in intertidal waters in Hong Kong. *Hydrobiologia*, v. 203, p. 73-81, 1990.
- ✓ HOFMANN LAURIE C.; NETTLETON, Jeremy C.; NEEFUS Christopher D.; MATHIESON Arthur C. Cryptic diversity of *Ulva* (Ulvales, Chlorophyta) in the Great Bay Estuarine System (Atlantic USA): introduced and indigenous distromatic species. *European Journal of Phycology*, v. 45, n.3, p. 230-239, 2010.
- ✓ IUCN. 2024. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2024-1. <https://www.iucnredlist.org>. Acesso em 01 de Outubro de 2024.
- ✓ IZQUIERDO D.; GUERRA-GARCÍA J.M. Distribution patterns of the peracarid crustaceans associated with the alga *Corallina elongata* along the intertidal rocky shores of the Iberian Peninsula. *Helgoland Marine Research*, v. 65, p. 233–243, 2011.
- ✓ JUANES, J.A. et al. Macroalgae, a suitable indicator of the ecological status os coastal rocky communities in the Atlantic. *Ecological Indicators*, v.8, n.4, p. 351-359, 2008.
- ✓ LEE, T.; Ó FOIGHIL, D. Hidden Floridian biodiversity: mitochondrial and nuclear gene trees reveal four cryptic species within the scorched mussel, *Brachidontes exustus*, species complex. *Molecular Ecology*, v. 13, n.11, p. 3527-3542, 2004.
- ✓ MASI, B.P.; ZALMON, I.R. Zonação de comunidade bêntica do entremarés em molhes sob diferente hidrodinamismo na costa norte do estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 25, n. 4, p. 662-673, 2008.
- ✓ MEHDIPOUR, N.; GERAMI, M.H.; NEMATI, H. Assessing benthic health of hard substratum macrobenthic community using soft bottom indicators and their

- relationship with environmental condition. Iranian Journal of Fisheries Sciences, v. 17, n. 4, p. 641-656, 2018.
- ✓ MMA - Ministério do Meio Ambiente. Informe sobre as espécies exóticas invasoras marinhas no Brasil. Brasília: MMA/SBF, 440 p., 2009.
 - ✓ MUNIZ, P. et al. Testing the applicability of a Marine Biotic Index (AMBI) to assessing the ecological quality of soft-bottom benthic communities, in the South America Atlantic region. Marine Pollution Bulletin, v. 50. n. 6, p. 624–637, 2005.
 - ✓ OLIVEIRA, F. S. C. Distribuição espacial da fauna de anelídeos poliquetas de praias arenosas ao longo de um gradiente de poluição orgânica na Baía de Guanabara, RJ. 2013. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia, 92 p., 2013.
 - ✓ OYARZÚN, Pablo A. et al. Blue mussels of the *Mytilus edulis* species complex from South America: The application of species delimitation models to DNA sequence variation. PLoS One, v. 16, n. 9, e0256961, 2021.
 - ✓ PFAFF, Maya C. et al. Upwelling intensity and wave exposure determine recruitment of intertidal mussels and barnacles in the southern Benguela upwelling region. Marine Ecology Progress Series, v. 425, p.141–152, 2011.
 - ✓ PRENDERGAST, Gabrielle S. Settlement and Behaviour of Marine Fouling Organisms In: DÜRR, Simone; THOMASON, Jeremy C. Biofouling, p. 30–59, 2009.
 - ✓ PIELOU, Evelyn C. The measurement of diversity in different types of biological collections. Journal of theoretical biology, v. 13, p. 131-144, 1966.
 - ✓ RAPAGNÃ, L.C. Estudo da estrutura das populações dos bivalves *Isognomon bicolor* (C.B. Adams, 1845), *Perna perna* (Linnaeus, 1758) e *Pinctada imbricata* (Röding, 1798) nos costões rochosos de Arraial do cabo, RJ, Brasil. 2004. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Fluminense, 83 p., 2004.
 - ✓ SÁNCHEZ, María A. et al. Spatial and long-term analyses of reference and sewage-impacted sites in the SW Atlantic (38°S, 57°W) for the assessment of sensitive and tolerant polychaetes. Marine Pollution Bulletin, v.74, n.1, p. 325–333, 2013.

- ✓ SEREJO, C.S.; CARDOSO, I.A.; FISCHER, L.G. (eds.) Fauna do entremarés de costões rochosos – Volume 1 Crustacea Decapoda e Peracarida. Macaé: Editora NUPEM/UFRJ. 128 p., 2022.
- ✓ SHANNON, Claude Elwood. A mathematical theory of communication. The Bell system technical journal, v. 27, n. 3, p. 379-423, 1948.
- ✓ STEINER, Tatiana Menchini; AMARAL, Antônia Cecília Zacagnini; BORGES, Michela. (org). Manual de Identificação dos Invertebrados Marinhos da Região Sudeste-Sul do Brasil. Volume 2. São Paulo: EDUSP, 344 p., 2021.
- ✓
- ✓ STREFTARIS, N.; ZENETOS, A. Alien marine species in the Mediterranean - the 100 Worst Invasives and their impact. Mediterranean Marine Sciences, v. 7, n.1., p. 87-118.
- ✓ THOMÉ, J.W.; GIL, G.; BERGONCI, P.E.A.; TARASCONI, J.C. As conchas das nossas praias. 2ª Edição. Porto Alegre: Redes Editora, 224 p., 2010.
- ✓ TIAN, S. et al. Assessment of macrobenthic communities of rocky intertidal zone from Zhejiang offshore islands with AZTI marine biotic index. Ecological Indicators, v. 154, p. 1-9, 2023.
- ✓ VIANA, D.L.; OLIVEIRA, J.E.L.; HAZIN, F.H.V.; SOUZA, M.A.C. (org.) Ciências do mar: dos oceanos do mundo ao nordeste do Brasil: bioecologia, pesca e aquicultura - Volume 2. Olinda: Via design Publicações, 512 p., 2021.
- ✓ VICENTE, V.S.; LONGO, P.A.S.; MANSUR, K.F.R.; SERRANO, H.; BASTIÃO, A.R.; LEITE, F.P.P. Biodiversity of macroalgae-associated invertebrates in the marine protected area of Alcatrazes archipelago, southeastern Brazil. Biota Neotropica, v. 24, n. 2, e20241610, 2024.
- ✓ WALLACE, K.J. Classification of ecosystem services: Problems and solutions. Biological Conservation, v. 139, p. 235-246, 2007.
- ✓ WAN, Alex H.L. et al. Assessment and characterisation of Ireland's green tides (Ulva species). PLoS ONE, v. 12, n.1, e0169049, 2017.
- ✓ WILSON, R.S.; GLASBY, C.J.; BAKKEN, T. The Nereididae (Annelida) – diagnoses, descriptions, and a key to the genera. ZooKeys, v. 1182, p. 35-134, 2023.

Eng. Augusto Dantas Sampaio
Diretor