

**RELATÓRIO DE AQUISIÇÃO DE DADOS  
PORTO DE IMBITUBA, IMBITUBA-SC**

**PREPARADO PARA:**



**PREPARADO POR:**

**CB&I**



**Mai 2017**

**ÍNDICE DE REVISÕES**

<b>VER</b>	<b>DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS</b>
00	ORIGINAL
01	ADEQUAÇÕES E ATENDIMENTO DAS SOLICITAÇÕES DA SCPAR
02	ADEQUAÇÕES E ATENDIMENTO DAS SOLICITAÇÕES DA SCPAR

	VER. 00	VER. 01	VER. 02	VER. 03	VER. 04	VER. 05	VER. 06
DATA	15/05/2017	05/06/2017	16/06/2017				
PROJETO	5270205	5270205	5270205				
EXECUÇÃO	MOAM/PR	MOAM/PR	MOAM/PR				
VERIFICAÇÃO	RCB	RCB/PR	RCB/CR				
APROVAÇÃO	RCB	RCB	RCB				

AS INFORMAÇÕES DESTE DOCUMENTO SÃO PROPRIEDADE DA CBI MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA LTDA., SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE.

A IMPRESSÃO OU REPRODUÇÃO DESTE DOCUMENTO TORNA A CÓPIA NÃO CONTROLADA.

## SUMÁRIO

<b>SUMÁRIO</b> .....	<b>III</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
<b>1.1 ÁREA DE ESTUDO</b> .....	<b>8</b>
<b>2 CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DAS ATIVIDADES</b> .....	<b>10</b>
<b>3 CAMPANHA DE MEDIÇÕES METEO-OCEANOGRÁFICAS</b> .....	<b>11</b>
<b>3.1 ONDAS, CORRENTES, NÍVEL E TEMPERATURA</b> .....	<b>11</b>
<b>3.1.1 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS E CONFIGURAÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>3.1.2 ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA DOS DADOS</b> .....	<b>17</b>
<b>3.1.3 PROCESSAMENTO DOS DADOS DE NÍVEL</b> .....	<b>21</b>
<b>3.2 VENTO E PRESSÃO ATMOSFÉRICA</b> .....	<b>22</b>
<b>3.2.1 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS E CONFIGURAÇÃO</b> .....	<b>22</b>
<b>4 MEDIÇÃO DE SEÇÕES VERTICAIS DE CORRENTE – <i>BOTTOM TRACKING</i></b> .....	<b>24</b>
<b>4.1 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS E CONFIGURAÇÃO</b> .....	<b>24</b>
<b>5 LEVANTAMENTO TOPO-BATIMÉTRICO</b> .....	<b>27</b>
<b>5.1 PLANEJAMENTO DAS LINHAS DE LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO MONOFEIXE PARA A ENSEADA E BOTA-FORA</b> .....	<b>27</b>
<b>5.2 PLANEJAMENTO DAS LINHAS DE LEVANTAMENTO TOPO-BATIMÉTRICO</b> .....	<b>29</b>
<b>5.3 EQUIPAMENTOS</b> .....	<b>31</b>
<b>5.4 METODOLOGIA</b> .....	<b>35</b>
<b>5.4.1 LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO REALIZADO COM EMBARCAÇÃO DE PEQUENO PORTE</b> .....	<b>35</b>
<b>5.4.2 LEVANTAMENTO TOPO-BATIMÉTRICO REALIZADO COM EMBARCAÇÃO TIPO MOTO-AQUÁTICA</b> .....	<b>38</b>
<b>5.4.3 MAREGRAFIA</b> .....	<b>42</b>
<b>5.4.4 PROCESSAMENTO DOS DADOS BATIMÉTRICOS</b> .....	<b>45</b>



<b>5.5 ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA DOS DADOS.....</b>	<b>46</b>
<b>6 ESTUDO SEDIMENTOLÓGICO .....</b>	<b>50</b>
<b>6.1 METODOLOGIA.....</b>	<b>54</b>
<b>6.1.1 SEDIMENTOS SUPERFICIAIS .....</b>	<b>54</b>
<b>6.1.2 ÁGUA PARA DETERMINAÇÃO DE MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO - MPS 55</b>	
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>56</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudo – Porto de Imbituba. ....	9
Figura 2. ADCP montado em sua estrutura de fixação. ....	13
Figura 3. Recuperação do ADCP. ....	13
Figura 4: Esquema mostrando o modo de medição do AWAC, instalado no Porto de Imbituba. .....	15
Figura 5: Esquema apresentando as profundidades de medição da célula e o grau de peso do dado coletado dentre de cada célula. ....	16
Figura 6: Amplitude do sinal de resposta no ST001 (33 dias de consistência). ....	17
Figura 7. Inclinação do equipamento no ST001 (33 dias de consistência). ....	18
Figura 8: Amplitude do sinal de resposta para ondas no ST001 (33 dias de consistência). ...	19
Figura 9. Ficha de Descrição de Estação Maregráfica do Terminal do Porto de Imbituba. ....	22
Figura 10. Anemômetro RM Young modelo 5106. ....	22
Figura 11. Barômetro RM Young modelo 61302V. ....	23
Figura 12. Estação meteorológica implantada no Porto de Imbituba. ....	23
Figura 13. Em sentido horário, a partir da figura superior: esquema de fixação dos equipamentos na embarcação; DGPS no topo da embarcação; visualização da trajetória e aquisição dos dados com o software WinRiver II; ADCP Workhorse Rio Grande. ....	25
Figura 14. Localização dos transectos de ADCP – <i>Bottom-Tracking</i> na área de estudo. ....	26
Figura 15. Levantamento batimétrico executado durante a primeira e segunda campanha. ..	28
Figura 16. Perfis de praia realizados durante a primeira e segunda campanha. ....	30
Figura 17. Ecobatímetro Odom teledyne Hydrographic EchoTrac CV100. ....	31
Figura 18. Transdutor Odom Teledyne Hydrographic modelo OTSBB200-9.....	32
Figura 19. Compensador de movimentos TSS/DMS-25. ....	32
Figura 20. Perfilador da velocidade do som na coluna d'água Odom Hydrographic Digibar Pro™ Model DB 1200. ....	33
Figura 21. Disco de aferição do transdutor do ecobatímetro ( <i>barcheck</i> ). ....	34
Figura 22. DGPS Trimble SPS852.....	35
Figura 23. Zonas (sub-áreas) de realização das duas batimetrias da Enseada da Praia do Porto de Imbituba. ....	37
Figura 24. Sistemática de redução de níveis em coleta de dados de perfil subaéreo através do uso de GNSS-RTK.....	39
Figura 25. Esquema de distribuição dos equipamentos utilizados nos levantamentos	

batimétricos com moto aquática. ....	40
Figura 26. Sistema de aquisição de dados batimétricos através da utilização de moto aquática. ....	41
Figura 27. Marégrafo modelo Seaguard WLR. ....	42
Figura 28. Ficha de Descrição de Estação Maregráfica do Terminal do Porto de Imbituba. ...	43
Figura 29. Croqui do nivelamento geométrico do marégrafo utilizado. ....	44
Figura 30. Fluxograma da metodologia utilizada para aquisição de dados de maré. ....	45
Figura 31. Exemplo de visualização do ecograma no tratamento dos dados. ....	46
Figura 32. Gráfico da Incerteza Vertical Total máxima permitida para diferentes profundidades segundo a NORMAM-25. ....	47
Figura 33. Gráfico de Incerteza Vertical Total – IVT – da primeira campanha de levantamento batimétrico monofeixe. ....	48
Figura 34. Gráfico de Incerteza Vertical Total – IVT – da segunda campanha de levantamento batimétrico monofeixe. ....	48
Figura 35. Gráfico de Incerteza Vertical Total – IVT – para a primeira campanha de levantamento batimétrico de perfis de praia. ....	49
Figura 36. Gráfico de Incerteza Vertical Total – IVT – para a segunda campanha de levantamento batimétrico de perfis de praia. ....	50
Figura 37. Localização das coletas de sedimentos superficiais e de água. ....	53
Figura 38. Coleta de sedimentos usando draga tipo “Van Veen”. ....	54
Figura 39: Amplitude do sinal de resposta para ondas no ST001 (Período total). ....	62
Figura 40: Inclinação do equipamento durante as campanhas no ST001 (Período total). ....	62
Figura 41: Amplitude do sinal de resposta para ondas no ST001 (Período total). ....	63

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Cronograma das atividades desenvolvidas durante a campanha de levantamento de dados na região do Porto de Imbituba, SC, realizada entre os dias 16 de janeiro e 29 de abril de 2017. ....	10
Tabela 2: Dados da estação de coleta instalada no Porto de Imbituba durante o período considerado. ....	14
Tabela 3: Distâncias das células de medição do AWAC® em relação ao fundo. ....	16
Tabela 4: Menores ondas passíveis de estimativas direcionais. ....	20
Tabela 5. Especificações técnicas do ecobatímetro monofeixe Odom teledyne hydrographic	



Echotrac CV100.....	31
Tabela 6. Transdutor <i>Odom Hydrographic</i> modelo OTSBB200-9. ....	31
Tabela 7. Especificações técnicas do sistema de compensador de movimentos. ....	32
Tabela 8. Especificações técnicas do perfilador de velocidade do som.....	33
Tabela 9. Especificações técnicas do DGPS Trimble SPS852.....	34
Tabela 10. <i>Offsets</i> utilizados no levantamento batimétrico realizado com embarcação de pequeno porte.....	36
Tabela 11. Datas de realização dos levantamentos batimétricos por zonas (sub-áreas).....	37
Tabela 12. <i>Offsets</i> utilizados no levantamento batimétrico realizado com embarcação tipo moto-aquática. ....	41
Tabela 13. Valores estatísticos extraídos através da comparação entre linhas regulares de sondagem com as linhas de verificação para a Campanha 1.....	48
Tabela 14. Valores estatísticos extraídos através da comparação entre linhas regulares de sondagem com as linhas de verificação para a Campanha 2.....	49
Tabela 15. Valores estatísticos extraídos através da comparação entre linhas regulares de sondagem com as linhas de verificação para a Campanha 1.....	50
Tabela 16. Valores estatísticos extraídos através da comparação entre linhas regulares de sondagem com as linhas de verificação para a Campanha 2.....	50
Tabela 17. Identificação e localização das coletas das amostras de sedimentos superficiais.	51
Tabela 18. Identificação e localização das coletas das amostras de água para determinação de material particulado em suspensão. ....	52

## 1 INTRODUÇÃO

O presente documento é um entregável do serviço constante no escopo de ELABORAÇÃO E EXECUÇÃO DE ESTUDO DE HIDRODINÂMICA PARA AVALIAR A TAXA DE ASSOREAMENTO NO PORTO DE IMBITUBA E PLUMA DE DISPERSÃO DE SEDIMENTOS, através do contrato de nº 089/2016, referente ao ANEXO I (Termo de Referência), Ítem G (Produtos Previstos), cláusula 7.1, sub-ítem: b) Relatório de aquisição de dados.

Neste documento é apresentada uma análise dos dados meteoceanográficos (correntes, ondas, maré e vento), hidrográficos e sedimentológicos, adquiridos no Terminal Portuário de Imbituba, município de Imbituba – SC, bem como a metodologia utilizada para a aquisição destes dados e seu tratamento.

O intuito principal do desenvolvimento do levantamento hidrográfico e sedimentológico foi gerar dados como subsídio para a análise e avaliação das causas do processo de assoreamento ocorrente no Porto de Imbituba.

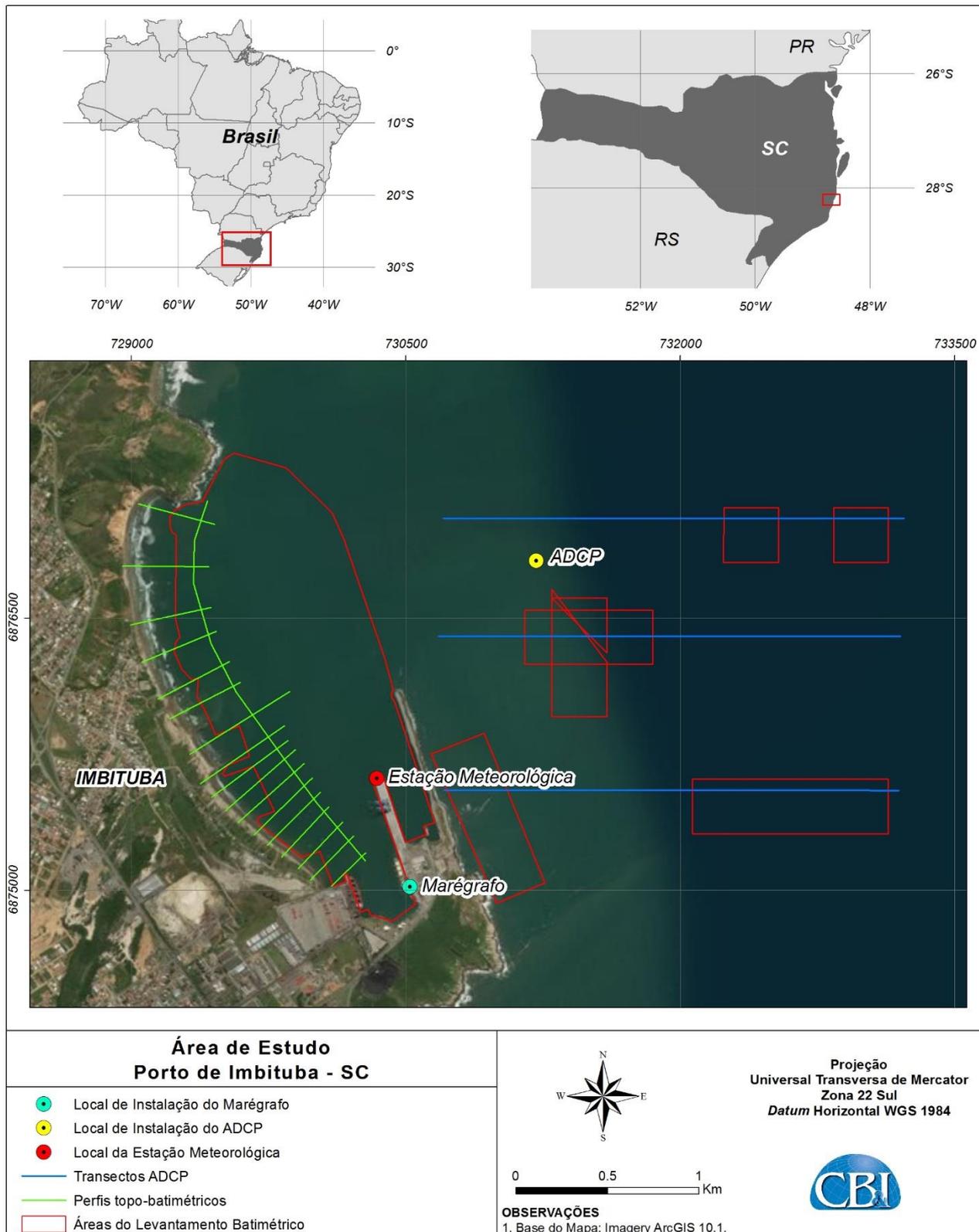
O levantamento hidrográfico realizado na área de estudo se enquadra na Categoria “B” e atende à Portaria nº 8 da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), que dispõe de normas e procedimentos para controle dos levantamentos hidrográficos em território nacional (NORMAM-25). Todos os dados estão referenciados ao nível de referência da DHN.

A campanha para aquisição dos dados ocorreu entre os dias 16 de janeiro a 4 de maio de 2017, sendo que no dia 29 de abril de 2017 o ADCP foi desmobilizado e dia 04 de maio de 2017 a estação meteorológica foi desmobilizada. Até o dia 4 de maio de 2017 a equipe esteve em campo com objetivo de tentar realizar uma última pequena porção da segunda batimetria da Enseada, o Berço 1, mas não obteve sucesso devido à questões logísticas do Porto. Os levantamentos de dados foram consuzidos pela CB&I Meio Ambiente e Infraestrutura Ltda., inscrita sob o nº 245 no cadastro de entidades executantes de Levantamento Hidrográfico, em conformidade com o art. 37 do Decreto- Lei nº 243 de 28/02/1967, de acordo com a autorização Nº 411/16 (Anexo 1), emitida no dia 27 de dezembro de 2016, pelo Centro de Hidrografia da Marinha (CHM) da DHN.

### 1.1 ÁREA DE ESTUDO

A área do levantamento está localizada na região costeira do município de Imbituba, a 90 km da capital estadual Florianópolis, nas latitudes 28° 13' 42,38" S e longitude 48° 39' 12,98" W no litoral sul de Santa Catarina.

Na Figura 1 está representada a área de realização do levantamento dos dados. A figura mostra a localização de instalação do ADCP, marégrafo, da estação meteorológica, das áreas de levantamento topo-batimétrico e dos transectos com ADCP.



**Figura 1. Área de estudo – Porto de Imbituba.**

## 2 CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DAS ATIVIDADES

A aquisição dos dados ocorreu entre os dias 16 de janeiro e 04 de maio de 2017.

O cronograma das atividades desenvolvidas durante a campanha estão descritas na Tabela 1, o qual foi elaborado com base nos RDOs (Relatório Diário de Operações), preenchidos diariamente durante toda a campanha de levantamentos. As cópias de todos os RDOs provenientes da campanha são apresentadas em ANEXO.

**Tabela 1. Cronograma das atividades desenvolvidas durante a campanha de levantamento de dados na região do Porto de Imbituba, SC, realizada entre os dias 16 de janeiro e 29 de abril de 2017.**

<b>Data</b>	<b>Atividades</b>
16/01/2017	Mobilização; Levantamento batimétrico
17/01/2017	Levantamento batimétrico; Verificação do barômetro
18/01/2017	Levantamento batimétrico
19/01/2017	Levantamento batimétrico
20/01/2017	Levantamento batimétrico
21/01/2017	Levantamento batimétrico
23/01/2017	Instalação do ADCP, barômetro e anemômetro
24/01/2017	Levantamento batimétrico
25/01/2017	Levantamento batimétrico
26/01/2017	Levantamento batimétrico
27/01/2017	Levantamento batimétrico
28/01/2017	Levantamento batimétrico
29/01/2017	Levantamento batimétrico
02/02/2017	Manutenção e recuperação dos dados meteorológicos
03/02/2017	Levantamento batimétrico
04/02/2017	Levantamento batimétrico
06/02/2017	Levantamento batimétrico
07/02/2017	Levantamento batimétrico
20/02/2017	Recuperação do ADCP e de dados; Manutenção do marégrafo e estação meteorológica
21/02/2017	Manutenção e instalação do ADCP
23/02/2017	Levantamento batimétrico
13/03/2017	Manutenção do marégrafo e da estação meteorológica
14/03/2017	Levantamento batimétrico
15/03/2017	Levantamento batimétrico
16/03/2017	Levantamento batimétrico
31/03/2017	Levantamento batimétrico
06/04/2017	Levantamento batimétrico
07/04/2017	Levantamento batimétrico
08/04/2017	Levantamento batimétrico
12/04/2017	Mobilização – Perfil de Praia
13/04/2017	Levantamento batimétrico
14/04/2017	Levantamento topográfico
17/04/2017	Levantamento batimétrico
18/04/2017	Levantamento batimétrico
19/04/2017	Levantamento batimétrico

Data	Atividades
26/04/2017	Tentativa de resgate do ADCP
29/04/2017	Recuperação do ADCP; Coleta de sedimentos
04/05/2017	Última tentativa de realização de batimetria Berço 1. Desmobilização da estação meteorológica

### 3 CAMPANHA DE MEDIÇÕES METEO-OCEANOGRÁFICAS

#### 3.1 ONDAS, CORRENTES, NÍVEL E TEMPERATURA

As atividades realizadas no presente estudo compreenderam duas campanhas de aquisição de dados de ADCP. As campanhas de medição de dados de onda, corrente e nível medidos com os sensores de pressão e com o ADCP e também dados medidos através da estação meteorológica (ventos e pressão) foram divididas em duas campanhas com uma visita de troca de baterias e manutenção destes equipamentos. A primeira campanha foi definida entre os dias 23/01/2017 e 20/02/2017, e a segunda entre os dias 21/02/2017 e 29/04/2017 (ou 04/05/2017 no caso da estação meteorológica), de forma a compreender todo o período em que houve aquisição de dados batimétricos e de topo-batimetria praias (duas campanhas de cada). Seguindo o escopo contratado pela SCPAR, a análise de consistência apresentada nesse Relatório, será mostrada para um período contínuo de 33 dias, entre 27/03/2017 e 29/04/2017, além da análise de consistência dos dados de batimetria e topo-batimetria. O motivo desta segmentação temporal é o atendimento da alínea do Termo de Referência que exige pelo menos 32 dias ininterruptos com performance de pelo menos 90% de aquisição. Como o período de tempo no qual os equipamentos ficaram aquisitando foi maior do que 32 dias, para o período total de dados existem *gaps* e inconsistências relativos ao trato com equipamentos, como a troca de baterias do ADCP (por exemplo) por conta do longo período em que esses equipamentos ficaram aquisitando dados. Assim a consistência e performance exigidas na TR foram mostradas neste documento considerando estes 32 dias pra aderência à exigência contratual. Todavia todo o período de dados medidos passaram por uma análise de consistência (ver ANEXO 3) e todo o período será utilizado tanto para a caracterização hidrodinâmica costeira quanto para modelagem numérica.

O ADCP é projetado para realizar a medição do perfil de correntes, sendo que o modelo empregado neste estudo tem ainda a capacidade de medir ondas direcionais e vem equipado com sensores distintos para registro da temperatura da água do mar e do nível instantâneo do mar no local onde o ADCP foi instalado. A maregrafia a ser usada nos trabalhos de modelagem será realizada com os dados medidos pelo sensor de ADCP que cobre todo o período a ser modelado.

Adicionalmente, dados de nível foram registrados também pelo marégrafo de pressão instalado dentro da área portuária (Figura 1), cujos dados foram preferencialmente utilizados para correção do levantamento batimétrico. Nesse sentido, os períodos em que este equipamento esteve registrando dados estão associados às datas em que houve levantamento. Dessa forma, foram realizadas medições com marégrafo em três períodos

distintos: de 12/01/2017 a 20/02/2017, de 13/03/2017 a 31/03/2017 e de 6/04/2017 a 19/04/2017. A primeira série temporal de maré medida por este equipamento será comparada com aquela registrada pelo sensor de pressão do ADCP concomitantemente, como forma de verificar a consistência dos resultados obtidos por este último.

Serão apresentadas abaixo a metodologia de coleta, compreendendo o modo de fundeio e configurações de aquisição, e uma análise de consistência dos dados coletados. Todas as informações foram adquiridas e são apresentadas em horário UTC.

A metodologia adotada neste estudo para medições de correntes, ondas, nível e temperatura, conhecida como Euleriana, mede temporalmente essas variáveis em um local fixo no espaço. Para tanto, em 23/01/2017 foi realizada a instalação de um perfilador acústico de correntes com capacidade de medição de ondas (ADCP) e com sensores de nível e temperatura em uma estação amostral localizada na enseada em que se encontra o Porto de Imbituba, em posição determinada previamente pela equipe da CB&I. Este instrumento foi fixado em uma estrutura metálica desenvolvida especialmente para este fim, em conjunto com um sistema de liberador acústico, que permite a recuperação do equipamento sem a necessidade de se realizar mergulho. Ainda de acordo com a metodologia comumente empregada pela CB&I, foram utilizados cabos de resgate para facilitar a recuperação dos equipamentos de maneira alternativa, em caso de falha do sistema de liberador acústico. A Figura 2 ilustra a estrutura montada, já no convés da embarcação utilizada para a campanha de instalação, pronta para ser fundeada.

Entre os dias 20 e 21/03/2017 foi realizada a manutenção preventiva deste equipamento, quando se verificou sua integridade e correto funcionamento, realizou-se limpeza do ADCP e de sua estrutura de suporte e foi feita a programação para um novo período de fundeio. Finalmente, em 29/04/2017 foi realizada a recuperação final do equipamento, com recuperação de todos os dados, posteriormente processados em escritório (Figura 3).



Figura 2. ADCP montado em sua estrutura de fixação.



Figura 3. Recuperação do ADCP.

São apresentadas na Tabela 2 as informações referentes à identificação e localização do ponto de coleta de dados (indicada também na Figura 1), bem como sua operacionalidade na presente campanha. O ponto do ADCP é chamado neste trabalho de ST001. A profundidade na estação amostral ST001 é o valor médio calculado a partir da série temporal de nível medida, acrescentado de 0,35 m, que representa a altura do sensor de pressão do equipamento a partir do leito marinho. A variação da maré foi obtida pela diferença entre o valor máximo e mínimo de altura da coluna d'água em toda a série.

**Tabela 2: Dados da estação de coleta instalada no Porto de Imbituba durante o período considerado.**

Característica	Porto de Imbituba	
Coordenadas geográficas* - ST001	28° 12' 48,24" S e 48° 38' 37,53" O	
Declinação magnética / Data de referência	18° 58' 48" W / 26/03/2017	
Equipamento instalado	Perfilador acústico de correntes (ADCP) Nortek – AWAC – série WAV 6559 – 1 MHz	
Distância do fundo ao centro da primeira célula de medição (m)	1,85	
Profundidade (m)	14,78	
Variação da maré (amplitude em m)	1,60	
Período de coleta	Corrente	Onda
	21/02/2017 (14:00h) - 29/04/2017 (17:30h)	21/02/2017 (14:05h) - 29/04/2017 (17:05h)
Período de dados cuja consistência é mostrada no presente relatório	Corrente	Onda
	27/03/2017 (0:00h) - 29/04/2017 (13:00h)	27/03/2017 (0:05h) - 29/04/2017 (12:05h)
Porcentagem de dados válidos dentro do período total medido considerado	Corrente	Onda
	99,92%	98,76%

\* Coordenadas Geográficas em SIRGAS2000.

### 3.1.1 Equipamentos Utilizados e Configuração

Para a coleta dos dados de correntes e ondas foi utilizado um perfilador acústico de correntes da marca Nortek, modelo AWAC 600 kHz. Este equipamento contém também sensores de pressão e temperatura.

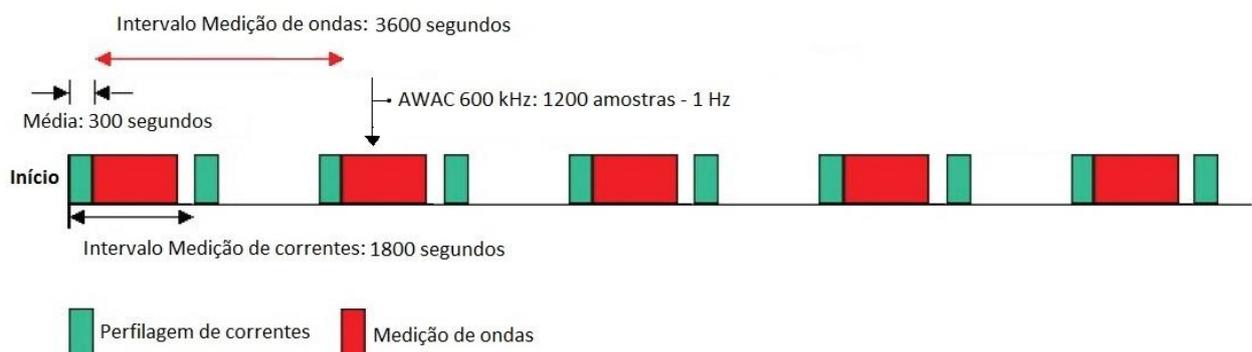
Os ADCPs (Acoustic Doppler Current Profilers) utilizam o princípio do efeito Doppler no cálculo de velocidade e direção de correntes. Na metodologia empregada, o instrumento realiza a transmissão de um pulso acústico com determinada inclinação em relação a horizontal, recebendo seu eco após a reflexão do som por partículas em suspensão presentes na água (material particulado em suspensão, os chamados refletores), observando então a modificação na frequência do eco após processamento do sinal recebido.

O conhecimento da mudança na frequência Doppler após a transmissão e recepção desta série de *pings* em alta frequência permite obter valores de velocidade de deslocamento das partículas em suspensão por cada transdutor. O vetor de corrente na porção de coluna d'água de medição é então definido através da combinação linear das medições realizadas por três transdutores, assumindo que os refletores se movem em média na mesma velocidade que a

corrente na qual estão inseridos e que o fluxo é uniforme no extrato vertical medido pelos três feixes de som emitidos pelos transdutores (NORTEK, 2005).

O equipamento modelo Nortek AWAC é capaz de realizar medições em várias porções da coluna d'água, a partir da posição em que é instalado, sendo assim reconhecido como um perfilador de correntes. Durante este estudo, as medições foram sempre realizadas com os equipamentos voltados para cima (*upward-looking*), sendo, portanto, a primeira célula vertical considerada aquela mais próxima ao leito marinho.

O equipamento instalado na enseada do Porto de Imbituba foi configurado para adquirir informações de correntes, pressão e temperatura com intervalo de amostragem de 30 minutos. O valor registrado a cada período de amostragem representa a média de 5 minutos de aquisição. Para a medição de ondas, o equipamento foi configurado para coletar dados a cada 1 hora com período de amostragem de 20 minutos, e uma taxa de aquisição de 1 Hz (1 dado a cada 1 s). Um esquema mostrando o modo e timing de coleta pelo equipamento é observado pela Figura 4.

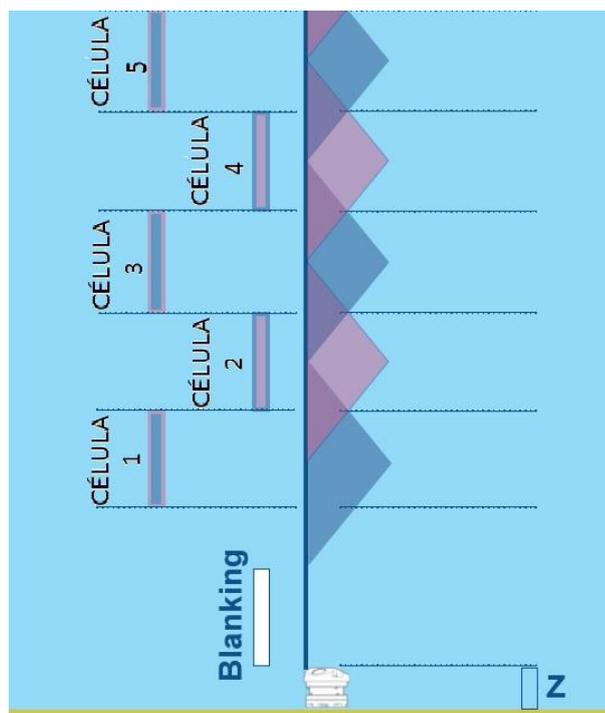


**Figura 4: Esquema mostrando o modo de medição do AWAC, instalado no Porto de Imbituba.**

O Acoustic Surface Tracking (AST) do AWAC® é uma característica que proporciona maior precisão em medições de ondas. Nesse sistema o feixe central do equipamento é responsável pela determinação da distância entre o sensor e a superfície da água em cada ping, através da transmissão e recepção de pulsos acústicos emitidos pelo sensor. Segundo Nortek (2005a), o número de amostras e a taxa de aquisição com a opção AST habilitada, como é o caso desta medição, representa 2 vezes a opção configurada. Assim, se a configuração realizada é igual a 1200 amostras a 1 Hz (1 s) teremos na realidade 2400 medidas da posição da superfície coletadas a 2 Hz (0,5 s).

Durante a aquisição de dados a distância do fundo da estrutura de sustentação do equipamento até o sensor de medição foi de 0,35 m e o valor do *blanking distance* (intervalo vertical próximo aos sensores do equipamento onde não é possível realizar medição) foi de 0,50 m. Ao longo da coluna d'água o tamanho das células de medição era 1 m, considerando que existe uma sobreposição de células, a distância do centro da primeira célula de medição

em relação ao fundo foi de 1,80 m. Para a definição do valor de corrente medida dentro de uma célula de medição, são levados em conta diferentes graus de peso, sendo estes pesos apresentando-se em forma triangular, com maior influência na região central da célula, conforme pode ser visualizado na Figura 5.



**Figura 5: Esquema apresentando as profundidades de medição da célula e o grau de peso do dado coletado dentro de cada célula.**

O instrumento foi configurado para funcionar com 20 células e, devido à profundidade do local de fundeio e aos efeitos das marés, 12 células registraram dados consistentes durante todo o período de amostragem. As distâncias das células de medição em relação ao fundo são apresentadas na Tabela 3.

**Tabela 3: Distâncias das células de medição do AWAC® em relação ao fundo.**

Número da Célula	Distância a partir do fundo (m)
Célula 1	1,85
Célula 2	2,85
Célula 3	3,85
Célula 4	4,85
Célula 5	5,85
Célula 6	6,85
Célula 7	7,85
Célula 8	8,85
Célula 9	9,85
Célula 10	10,85
Célula 11	11,85
Célula 12	12,85

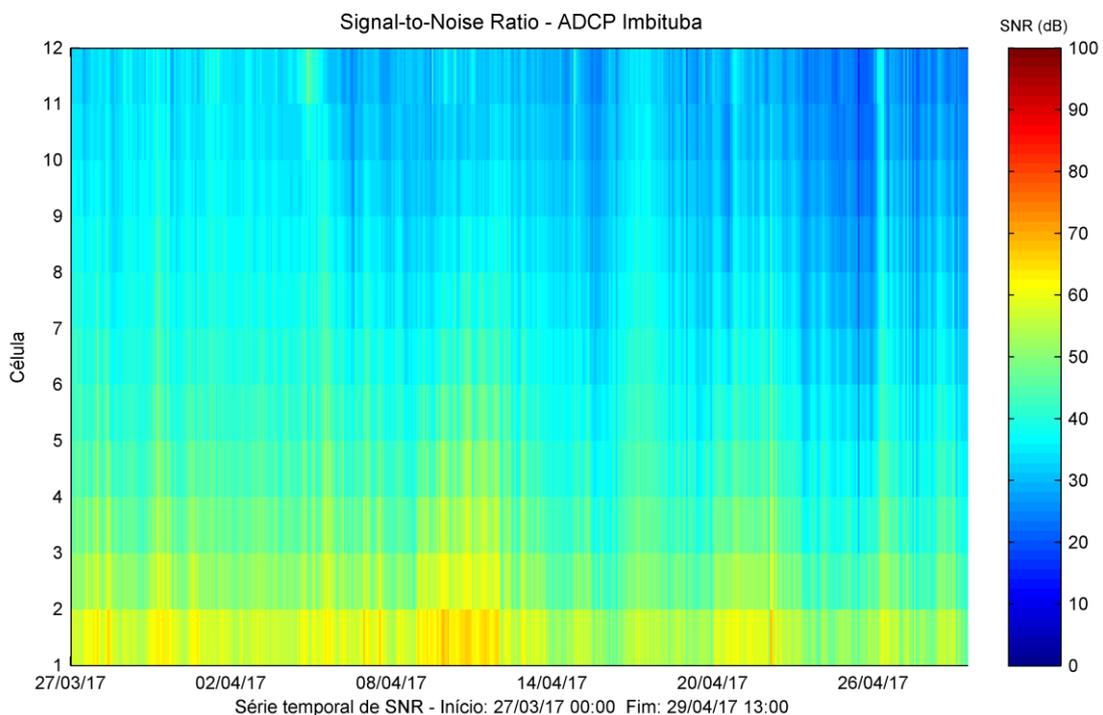
Medições de nível foram ainda realizadas através de marégrafo instalado na área portuária. Tendo em vista que este equipamento foi instalado com o intuito de ser utilizado para o levantamento batimétrico, sua descrição e suas configurações podem ser verificadas no item 5.4.3 desse Relatório.

### 3.1.2 Análise de Consistência dos Dados

Uma análise exploratória dos dados foi realizada com a utilização do *software* Storm® (Nortek) e de rotinas desenvolvidas pelos profissionais da CB&I em ambiente MATLAB®. Os softwares e rotinas utilizados foram validados segundo CB&I Brasil (2010).

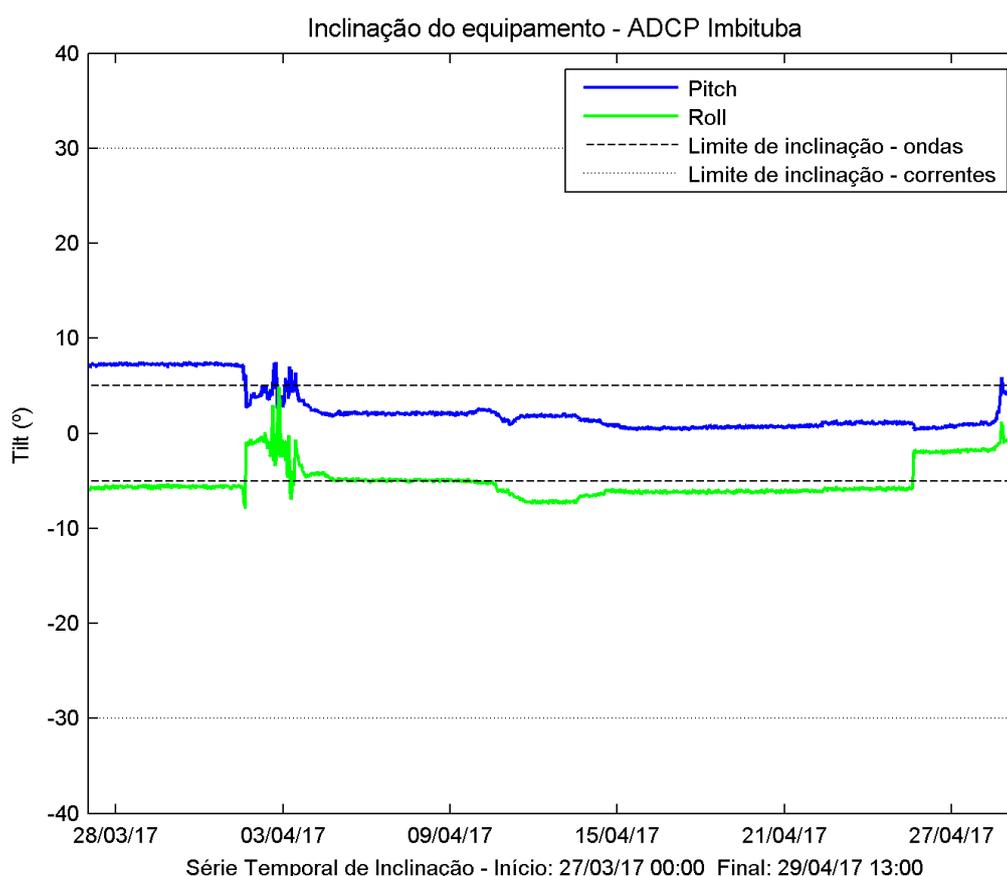
O primeiro passo na análise exploratória dos dados de correntes, ondas, nível e temperatura consistiu na análise visual das séries temporais adquiridas na sua forma bruta, objetivando a identificação dos padrões dos dados adquiridos, verificando a estabilidade eletrônica do equipamento, sendo esta avaliação prévia baseada na experiência dos profissionais da CB&I e noção preconcebida dos processos hidrodinâmicos da região.

Como parâmetro de qualidade interna do equipamento para correntes foi usada uma série temporal de *signal-to-noise ratio*, apresentada na Figura 6. Esta série temporal representa a média da intensidade do sinal acústico que retorna ao ADCP nos três feixes (*beams*), de cada célula ao longo da coluna d'água. Valores menores que 3 dB representam dados sem qualidade suficiente e que seriam então excluídos da série.



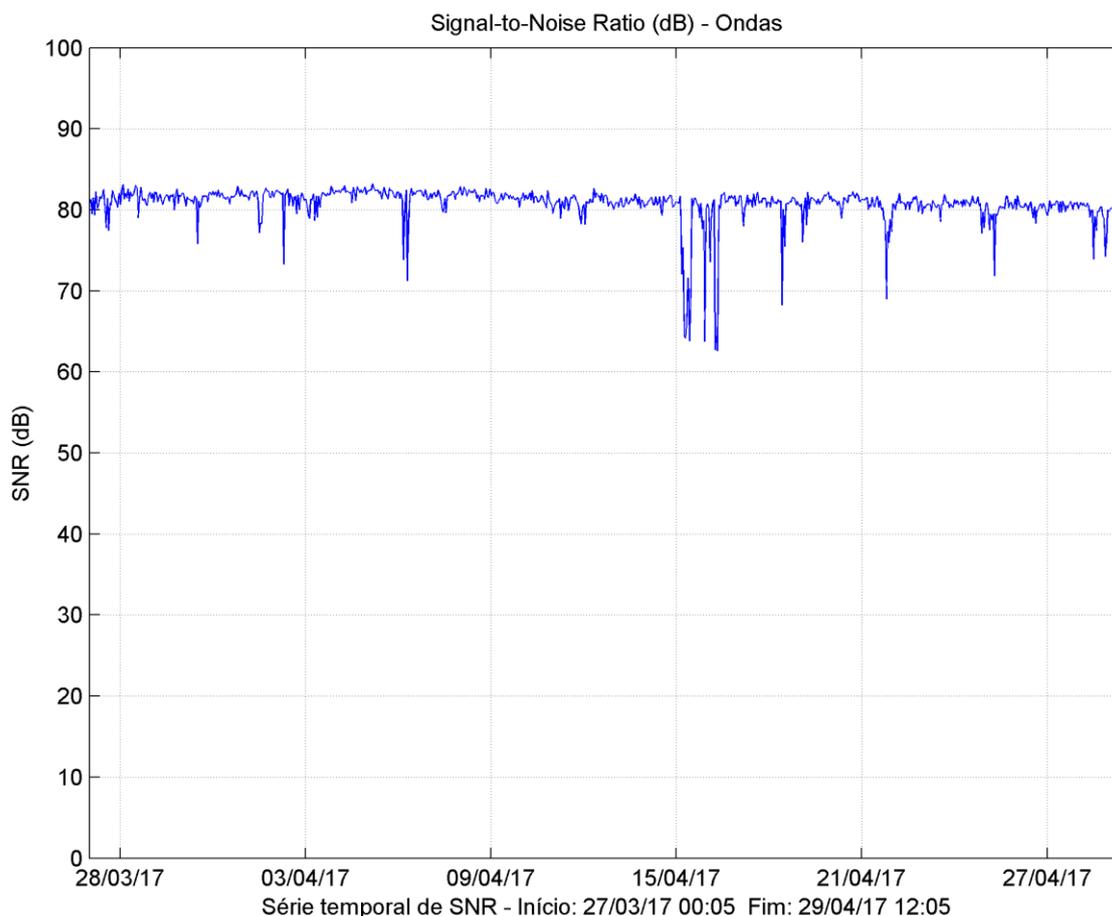
**Figura 6: Amplitude do sinal de resposta no ST001 (33 dias de consistência).**

Segundo Nortek (2005), os dados de corrente obtidos com o AWAC® são aceitáveis enquanto a inclinação do equipamento não ultrapassa 30°. Para dados de ondas, processados com o AST, esse limite é de 5°, mas pode ser estendido de acordo com o resultado da avaliação de qualidade dos dados. Nas séries temporais de *Pitch* (inclinação longitudinal) e *Roll* (inclinação lateral), apresentadas na Figura 7, observa-se que o equipamento ultrapassou o limite de inclinação para dados de ondas em alguns momentos, porém a análise dos resultados demonstrou que isso não prejudicou a qualidade dos dados obtidos.



**Figura 7. Inclinação do equipamento no ST001 (33 dias de consistência).**

As séries de parâmetros de ondas foram construídas a partir de dados de nível obtidos com a função AST do AWAC®. Para esses dados, foi usada como parâmetro de qualidade interno do equipamento a série temporal de *signal-to-noise ratio* do feixe central do equipamento, responsável pela detecção da superfície, na Figura 8. Valores menores que 3 dB representam dados sem qualidade suficiente, caso em que os parâmetros de onda gerados são considerados inválidos.



**Figura 8: Amplitude do sinal de resposta para ondas no ST001 (33 dias de consistência).**

A direção de ondas foi estimada utilizando uma matriz de pontos projetada pelos feixes emitidos pelo equipamento logo abaixo da superfície. Além dos feixes de medição de velocidade, o feixe do AST também é incluído na solução das direções, aumentando a precisão das estimativas direcionais. A distância entre os pontos projetados pelos feixes é o elemento limitante da estimativa de direção de ondas curtas. Conforme a teoria linear de ondas, somente podem ser resolvidas aquelas com comprimento maior que duas vezes a distância entre os pontos projetados. Em virtude da inclinação dos feixes de medição de velocidade, essa distância aumenta quanto maior é a profundidade no local de medição.

Para a atual campanha de obtenção de dados, são apresentados na Tabela 4 os menores comprimentos de onda cujas direções podem ser estimadas pelo equipamento. Segundo o fabricante (NORTEK, 2005), esses comprimentos mínimos são superestimados, indicando que ondas ligeiramente mais curtas ainda poderiam ter sua direção estimada com segurança. São indicados ainda na tabela, os períodos das menores ondas cujas direções podem ser resolvidas, calculados através da teoria linear de onda.

**Tabela 4: Menores ondas passíveis de estimativas direcionais.**

Estação Amostral	Porto de Imbituba	
Profundidade média da matriz projetada (m)		9,58
Distância entre os pontos projetados (m)	Com AST	4,47
	Sem AST	7,74
Menor comprimento de onda (m)	Com AST	8,93
	Sem AST	15,47
Período da menor onda (s)	Com AST	2,39
	Sem AST	3,15

Posteriormente, foram realizados os seguintes procedimentos de qualificação para as séries temporais de correntes, ondas, maré, temperatura, salinidade e pressão, quando aplicáveis:

- Correção da declinação magnética em função das coordenadas geográficas da estação amostral e da data da coleta das informações de corrente na área de estudo. A declinação magnética utilizada refere-se ao dia central do período de dados coletados durante a presente campanha, com valor informado na Tabela 2, obtido em <http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/#declination>.
- Identificação e exclusão de valores medidos enquanto o equipamento se encontrava fora d'água, antes e depois da instalação no ponto amostral. Esses dados não serão considerados no cálculo da Taxa de Recuperação de Dados;
- Identificação e exclusão de valores medidos fora dos limites dos sensores tanto do AWAC® como do Aquadopp®. Para correntes esses limites são -10 m/s a +10 m/s para o AWAC® e -5 m/s a +5 m/s para o Aquadopp®. Os sensores para pressão medem entre 0 e 100 m e de temperatura entre -4° C e +40 ° C;
- Identificação e exclusão de valores fora da faixa das condições ambientais. Para correntes, essa faixa foi considerada de 0 a 5 m/s em módulo, para pressão de 0 a 50 m, para temperatura de 0 a 40° e para altura de ondas de 0 a 5 m. Como a posição dos fundeios não está diretamente junto à linha de costa, todas as direções de correntes e ondas foram consideradas válidas;
- Verificação da sequência dos horários de aquisição, comprovando se o espaçamento e a ordem entre os intervalos medidos estão de acordo com a configuração do equipamento;
- Identificação e exclusão de dados subsequentes iguais;
- Identificação e separação das oscilações de alta frequência ao longo da série temporal através do uso de um filtro passa - alta do tipo média móvel, com o objetivo de identificar e eliminar *spikes* na alta frequência (neste caso, frequências maiores que 1 h). Nesta

etapa foram considerados como espúrios os dados que ultrapassaram os limiares de  $\mu \pm 4\sigma$  (média mais ou menos quatro vezes o desvio padrão da amostra), retendo, desta forma, um total de 99,9936% da informação original.

As componentes zonal (E-W) e meridional (N-S) da corrente, corrigidas da declinação magnética e apresentadas em horário UTC, foram chamadas neste relatório de Componentes u e v (m/s) da corrente, respectivamente.

### 3.1.3 Processamento dos dados de nível

A série temporal de dados de nível coletada pelo ADCP foi corrigida da pressão atmosférica, procedimento que se faz necessário uma vez que o instrumento mediu o nível d'água através de sensor de pressão.

Os valores de nível fornecidos pelo equipamento consideravam um valor fixo de pressão atmosférica durante todo o período de amostragem (o valor da pressão medida no momento em que o equipamento iniciou a aquisição de dados), o que não corresponde à realidade. Essa correção, portanto, consistiu em adicionar novamente esse valor fixo à série de pressão medida pelo instrumento e, em seguida, subtrair os valores da série temporal de pressão atmosférica medida por um barômetro instalado na área de estudo.

Em seguida, os dados de variação de nível de maré foram referenciados ao Nível de Redução da DHN (NR) descrito na ficha maregráfica do Porto de Imbituba F41-1908-001/57 versão 1/2013 (Figura 9). A partir dos dados medidos em campo e desta ficha, foram obtidos os parâmetros necessários para o referenciamento da profundidade medida pelo ADCP em relação ao *datum* vertical da DHN, de acordo com os procedimentos descritos na NORMAM 25. A série temporal de nível referenciada ao NR DHN foi então calculado da seguinte maneira:

$$\text{Dado nivelado NR DHN} = \text{dado medido} - (S_0 - Z_0)$$

Sendo  $S_0$  a altura do NMM (Nível Médio do Mar) medida pelo ADCP e  $Z_0$  a altura do NR abaixo do NMM na estação de amostragem. O valor de  $Z_0$  foi obtido diretamente na ficha maregráfica descrita acima, considerando-se que as características da maré nesta estação maregráfica são semelhantes às aquelas observadas no local onde estava instalado o ADCP.

O cálculo da maré meteorológica foi realizado submetendo-se a série de maré medida a um filtro passa-baixa desenvolvido especialmente para este fim (RORY, 1983). Dessa forma foi possível obter-se a série temporal de maré livre das variações inerciais e de maré astronômica.

	60 250 <b>F - 41</b>	<b>TÁBUAS DAS MARÉS</b>	F-41 – Verificada – Porto de Imbituba – 60250 – Versão 1/2013
<b>DESCRIÇÃO DE ESTAÇÃO MAREGRÁFICA</b>		F-41-1908-001/57	
Estação Porto de Imbituba	Estado SC	Localidade Imbituba	
LH 002/06	Carta N.º. 1908 – Porto de Imbituba	Navio I.A.G. S	Ano 1957
<b>Coordenadas geográficas</b> Lat: 28° 13' 51.70" S Long: 048° 39' 01.52" W Datum Fuso +3	<b>O nível de redução está 188,3 centímetros acima do zero da régua de 1957.</b> <b>Fonte de informação:</b> Análise com o critério de Balay de 365 dias de observação da maré. <b>Tipo de marégrafo:</b> <b>Zero do marégrafo:</b> Coincide com o zero da régua.		
<b>Descrição das réguas de marés</b> Não há descrição de régua de marés. Esta ficha foi compilada do Modelo DHN-5503 de 1957 e das F-41-1908-001/00, F-41-1908-001/03 e da F-41-1908-001/06. Atualizada em 06/09/2013.		<b>Descrição das referências de nível</b> RN1-DHN – Cravada no início do pilar de concreto, próximo ao marco n.º. 3012 Z do IBGE. Citada a partir de 2000. RN4-DHN – Fixada ao lado do topo do 1.º cabeço na extremidade sul do cais. Implantada em 2006. RN5-DHN – Fixada junto à parede frontal, na extremidade norte do armazém frigorífico (ao norte do cais). Implantada em 2006. RN3-A-CBD – Fixada no extremo sul do cais, próxima a subestação "Serra-Morena". Lat: 28°23' 53", 4312 S – Long: 048°39'01", 4333 W – (F-21-1908-001/06). Citada a partir de 2003. RN1-UFPR – Fixada na costa das pedras na extremidade sul do cais, aproximadamente 25 m da RN-3A da CBD. Citada a partir de 2006. RN-3010A-IBGE – Fixada na extremidade norte do cais. Citada a partir de 2006. RN-3012X-IBGE – Fixada na galeria sob o cais, entre o 3.º 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 6.º par de colunas de sustentação no sentido sul-norte. Citada a partir de 2003.	
<b>ATENÇÃO USUÁRIOS:</b> 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 do sensor de pressão instalado (IBGE), deverá ser obtida a cota deste sensor em relação ao zero da régua, para que sejam feitos os ajustes dos dados em relação à régua.		<b>Arquivo Técnico a ser preenchida no DHN</b> Recebida em: Documento de referência: LH-002/06 – RA-016/07	
DHN-6016-A	<b>Pessoal que tomou parte na montagem</b> <b>Equipe de 2003:</b> 3ºSG-HN Edson Carlos - 3ºSG-HN Milton CB-HN Brandão CB-HN Silva Filho - CB-HN Shatipamba <b>Chefe da equipe:</b> 1T Marcio Borges		<b>Equipe de 2006:</b> 3ºSG-HN Da Silva - 3ºSG-HN Eliotônio CB-HN Eugenio CB-HN Lira - CB-HN Altair CB-HN Moraes - CB-HN Ericson <b>Chefe da equipe:</b> 1T Teixeira

Figura 9. Ficha de Descrição de Estação Maregráfica do Terminal do Porto de Imbituba.

### 3.2 VENTO E PRESSÃO ATMOSFÉRICA

#### 3.2.1 Equipamentos Utilizados e Configuração

Para a coleta dos dados de vento e de pressão atmosférica foi implantada uma estação meteorológica dotada de equipamentos da marca RM Young composta de um anemômetro modelo 5106, ilustrado na Figura 10 e de um barômetro modelo 6130L, ilustrado na Figura 11.



Figura 10. Anemômetro RM Young modelo 5106.



Figura 11. Barômetro RM Young modelo 61302V.

A estação meteorológica foi fixada junto a um poste de iluminação localização no extremo norte do píer principal do Porto de Imbituba, na posição de latitude  $28^{\circ} 13' 30,81''$  S e longitude  $48^{\circ} 39' 9,80''$  O, conforme indicado na Figura 1 e ilustrado na Figura 12.



Figura 12. Estação meteorológica implantada no Porto de Imbituba.

A estação meteorológica foi implantada no dia 23/01/2017 e permaneceu realizando as medições até 4/05/2017, de forma a compreender todo o período em que houve aquisição de dados batimétricos. Seguindo o padrão de análise de consistência relacionada ao atendimento da alínea contratual, serão apresentadas nesse Relatório a análise de consistência para o período contínuo de 33 dias, entre 27/03/2017 e 29/04/2017 (mesmo período mostrado para o ADCP).

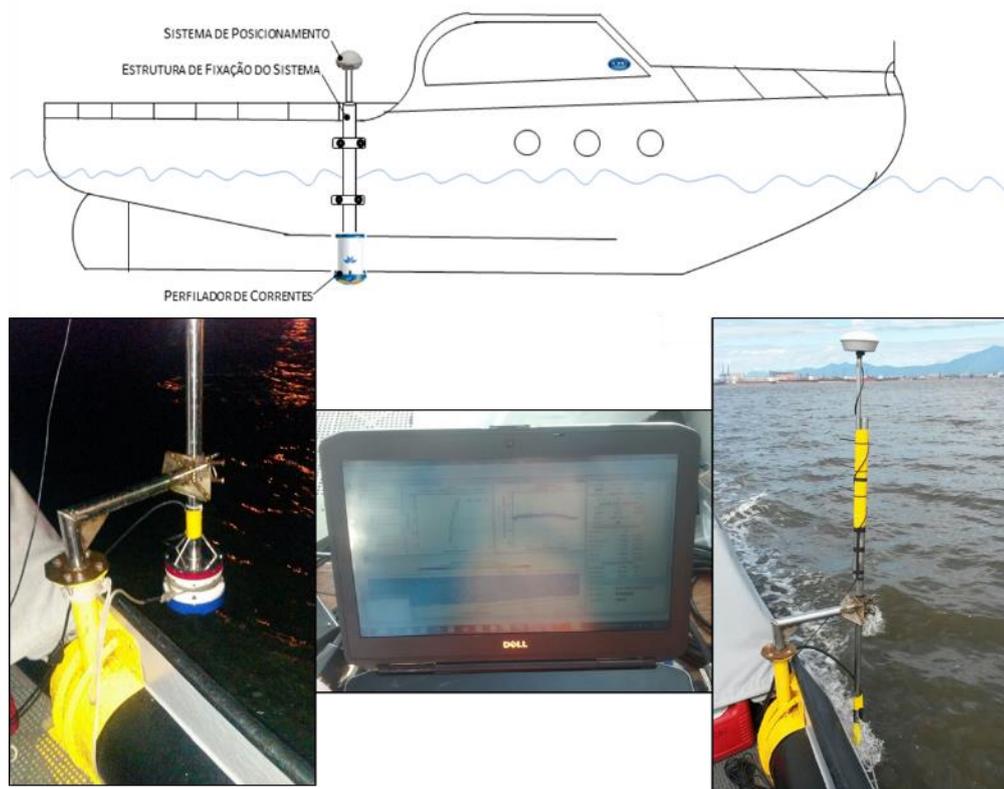
Os equipamentos instalados coletavam dados meteorológicos a uma taxa de amostragem de 1 Hz (um valor registrado a cada segundo). Durante a aquisição, no entanto, os equipamentos foram configurados para calcular a média dos dados registrados a cada 1 minuto, gravando em arquivo somente esses valores médios. Os dados medidos foram ainda processados em escritório, onde sua consistência foi verificada de acordo com os conhecimentos prévios da equipe CB&I sobre o ambiente no local e foram calculados os valores médios de cada parâmetro a cada 10 minutos de aquisição, sendo estes dados então apresentados como resultado. Durante o período de 33 dias considerado para aderência contratual, foram obtidos dados válidos em 96,3% do tempo.

#### 4 MEDIÇÃO DE SEÇÕES VERTICAIS DE CORRENTE – *BOTTOM TRACKING*

##### 4.1 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS E CONFIGURAÇÃO

O levantamento de fluxo de correntes foi realizado utilizando o sistema de *Bottom Tracking* (BT), no qual o vetor velocidade de corrente é estimado a partir das informações de deslocamento de partículas suspensas na água e de posicionamento da embarcação. Nesse sistema a velocidade da água é medida utilizando a metodologia do efeito Doppler, através de sinais acústicos emitidos em alta frequência (600 kHz). Para isso é utilizado um ADCP com os transdutores voltados para baixo (*downward-looking*) fixado no bordo da embarcação, cuja taxa de aquisição de dados é de 1 Hz. Essa metodologia corrige as velocidades do fluxo medido considerando o posicionamento da embarcação a cada pulso acústico emitido e recebido pelo equipamento, resultando assim em perfis verticais de corrente medidos ao longo do trajeto da embarcação (TELEDYNE RD INSTRUMENTS, 2007).

Para as medições de correntes nas seções pré-definidas foi utilizado o perfilador acústico de correntes do tipo ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*), modelo WorkHorse Rio Grande® da Teledyne RDI, acoplado a um sistema de posicionamento com correção diferencial (DGPS) para registrar o posicionamento da embarcação ao longo da campanha de medição. O DGPS foi posicionado no topo de uma haste instalada no bordo da embarcação enquanto o ADCP foi instalado na parte inferior desta mesma haste, a 0,2 metros abaixo da linha d'água. A Figura 13, abaixo, indica o sistema de fixação e os equipamentos utilizados na embarcação.



**Figura 13.** Em sentido horário, a partir da figura superior: esquema de fixação dos equipamentos na embarcação; DGPS no topo da embarcação; visualização da trajetória e aquisição dos dados com o software WinRiver II; ADCP Workhorse Rio Grande.

Os dados do ADCP foram obtidos em tempo real, utilizando o *software* WinRiver II, versão 2.07, da Teledyne. O mesmo programa permite realizar a configuração do equipamento, de acordo com as condições ambientais presentes na área do levantamento, determinando assim as condições ótimas de tamanho de células de medição, taxas de aquisição e outras configurações detalhadas. Para o presente estudo, o equipamento foi configurado no modo de aquisição 1, sendo este o mais flexível entre os modos automáticos oferecidos pelo *software*, adequado para áreas profundas com velocidades de fluxo lentas ou rápidas. Os dados obtidos pelo ADCP, inicialmente referenciados ao Norte magnético, foram corrigidos da declinação magnética local, obtida no site da NOAA (<http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/#declination>) para o local e data do levantamento realizado. Para as medições apresentadas neste relatório, essa correção foi de 18,98° para Oeste.

De acordo com o escopo do estudo, foram realizadas medições de seções de correntes em duas oportunidades: a primeira no dia 21/03/2017 entre 14:00 e 16:00 h, em condição de maré de quadratura; a segunda no dia 27/03/2017 entre as 9:00 h e 11:00 horas em condições de maré de sizígia. As campanhas foram realizadas através de medições em três transectos pré-definidos (Figura 14), sempre em condições de ondulação e vento fracos e navegando em velocidade inferior a 3 nós.

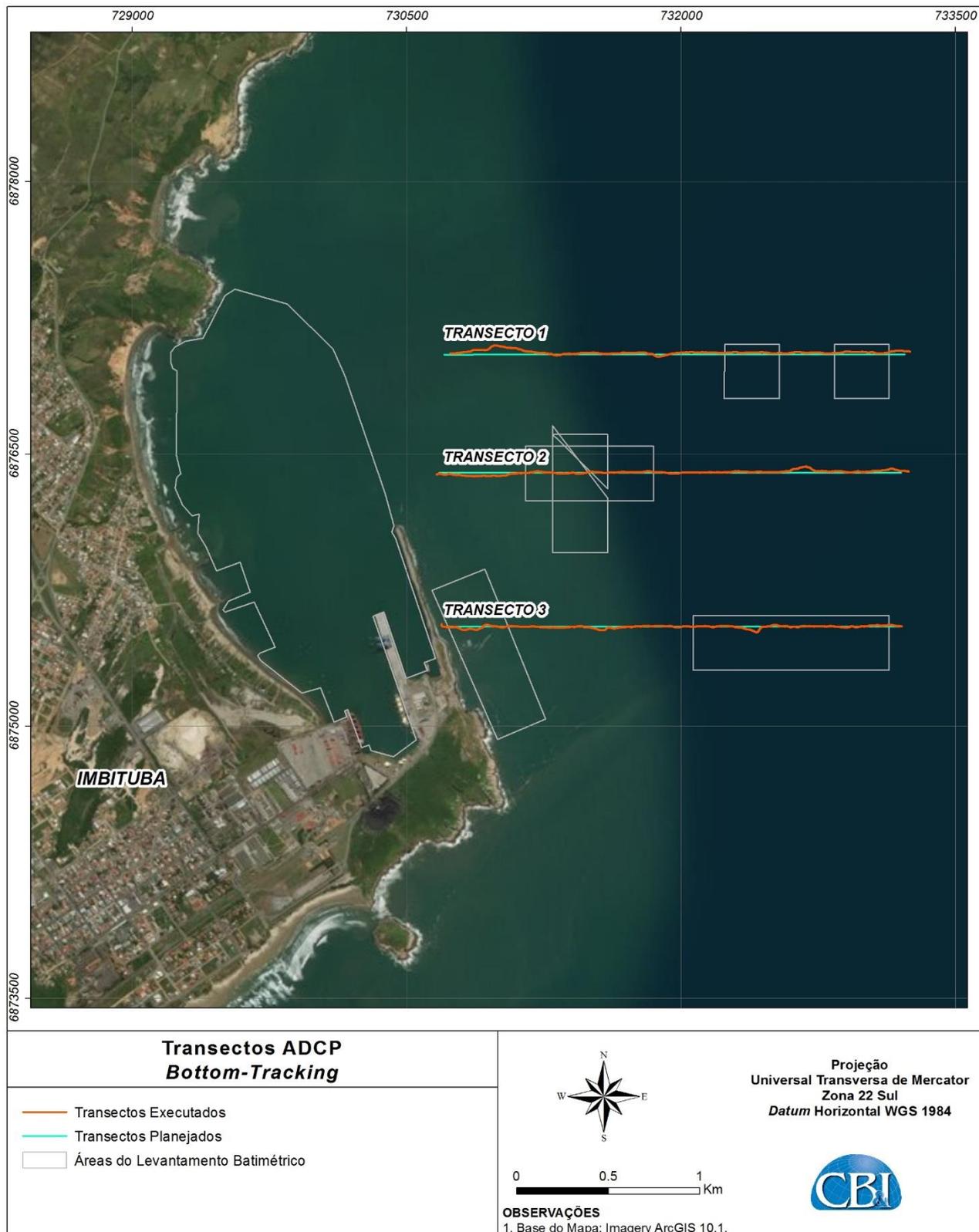


Figura 14. Localização dos transectos de ADCP – Bottom-Tracking na área de estudo.

Considerando que os resultados obtidos por essa metodologia contêm alta variabilidade, atrelada às características da metodologia doppler, foram calculados valores médios de

corrente a cada 10 s, ou a cada 10 *pings* do equipamento, o que resultou em valores coerentes de acordo com o conhecimento da equipe CB&I sobre a hidrodinâmica local.

## **5 LEVANTAMENTO TOPO-BATIMÉTRICO**

### **5.1 PLANEJAMENTO DAS LINHAS DE LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO MONOFEIXE PARA A ENSEADA E BOTA-FORA**

O planejamento das linhas de navegação foi realizado através do software Hypack 2016a® seguindo os padrões internacionais que constam na publicação especial nº 44 (S44 – 5a edição) da IHO (International Hydrographic Organization) e a Normam 25 / Anexo J / capítulo “Procedimentos para LH categoria 1B”.

O levantamento batimétrico foi realizado com linhas dispostas transversalmente à praia, abrangendo toda a área da enseada da praia do porto de Imbituba e algumas regiões de bota-fora (Figura 15), totalizando 478,3 Km na primeira campanha e 507,2 Km na segunda campanha.

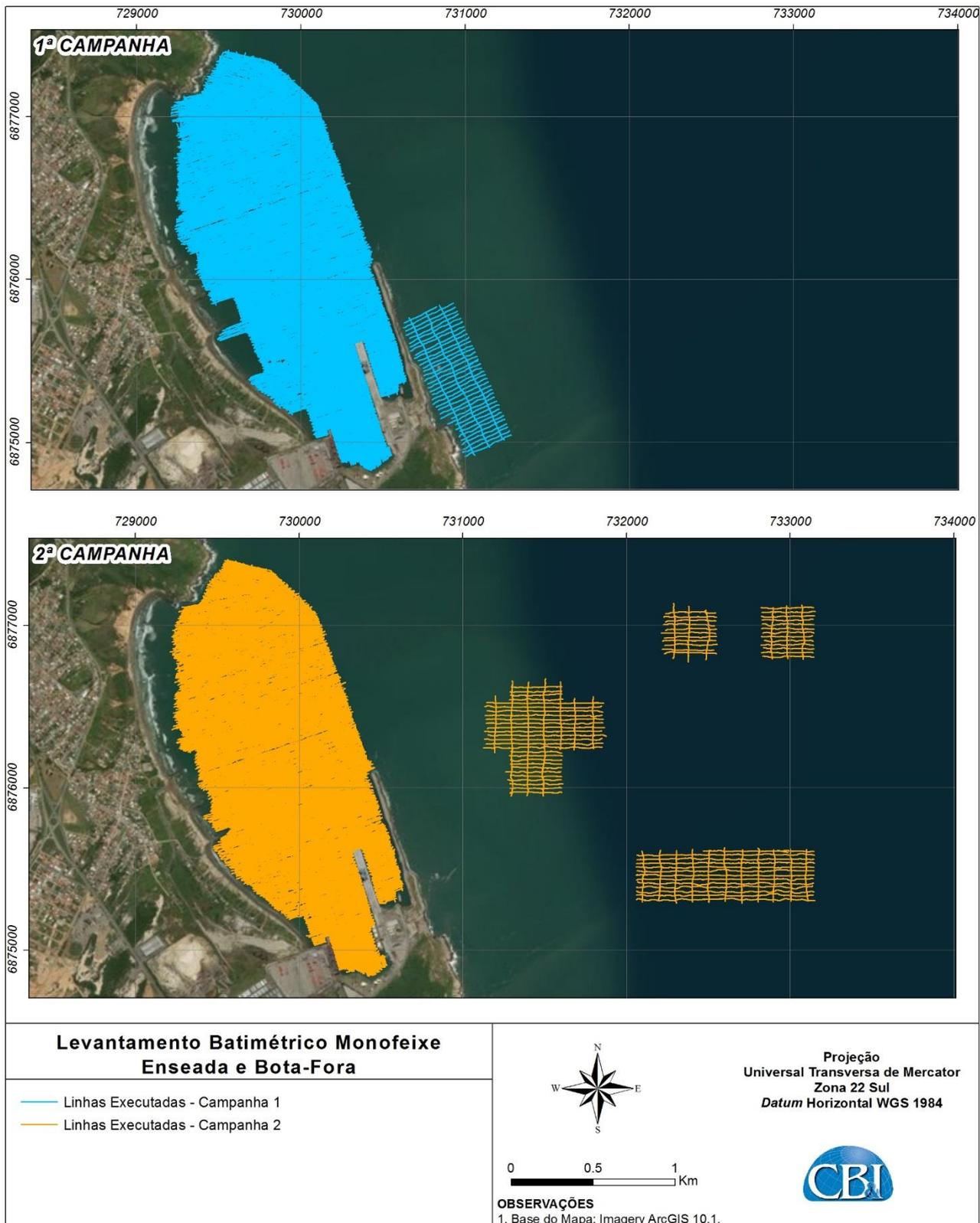


Figura 15. Levantamento batimétrico executado durante a primeira e segunda campanha.

## 5.2 PLANEJAMENTO DAS LINHAS DE LEVANTAMENTO TOPO-BATIMÉTRICO

Assim como o levantamento batimétrico da enseada e do bota-fora, o planejamento dos perfis de praia topo-batimétricos foi realizado através do software Hypack 2016a® seguindo os padrões internacionais que constam na publicação especial nº 44 (S44 – 5a edição) da IHO (International Hydrographic Organization) e a Normam 25 / Anexo J / capítulo “Procedimentos para LH categoria 1B”.

O levantamento foi realizado com linhas dispostas perpendicularmente à praia, compreendendo um mínimo de 17 perfis que se estenderam da região do pós-praia até a profundidade máxima aproximada de 15 metros. Para a primeira campanha foram considerados 18 perfis de praia na análise de comparação volumétrica com a segunda campanha, totalizando 1,6 Km de levantamento topográfico e 12,15 km de batimetria. Na primeira campanha foram ainda medidos mais perfis de praia e também realizados levantamentos topográficos para uso na modelagem numérica. Para a segunda campanha 17 perfis foram levantados, totalizando 1,2 Km de topografia e 9,03 Km de batimetria (Figura 16).

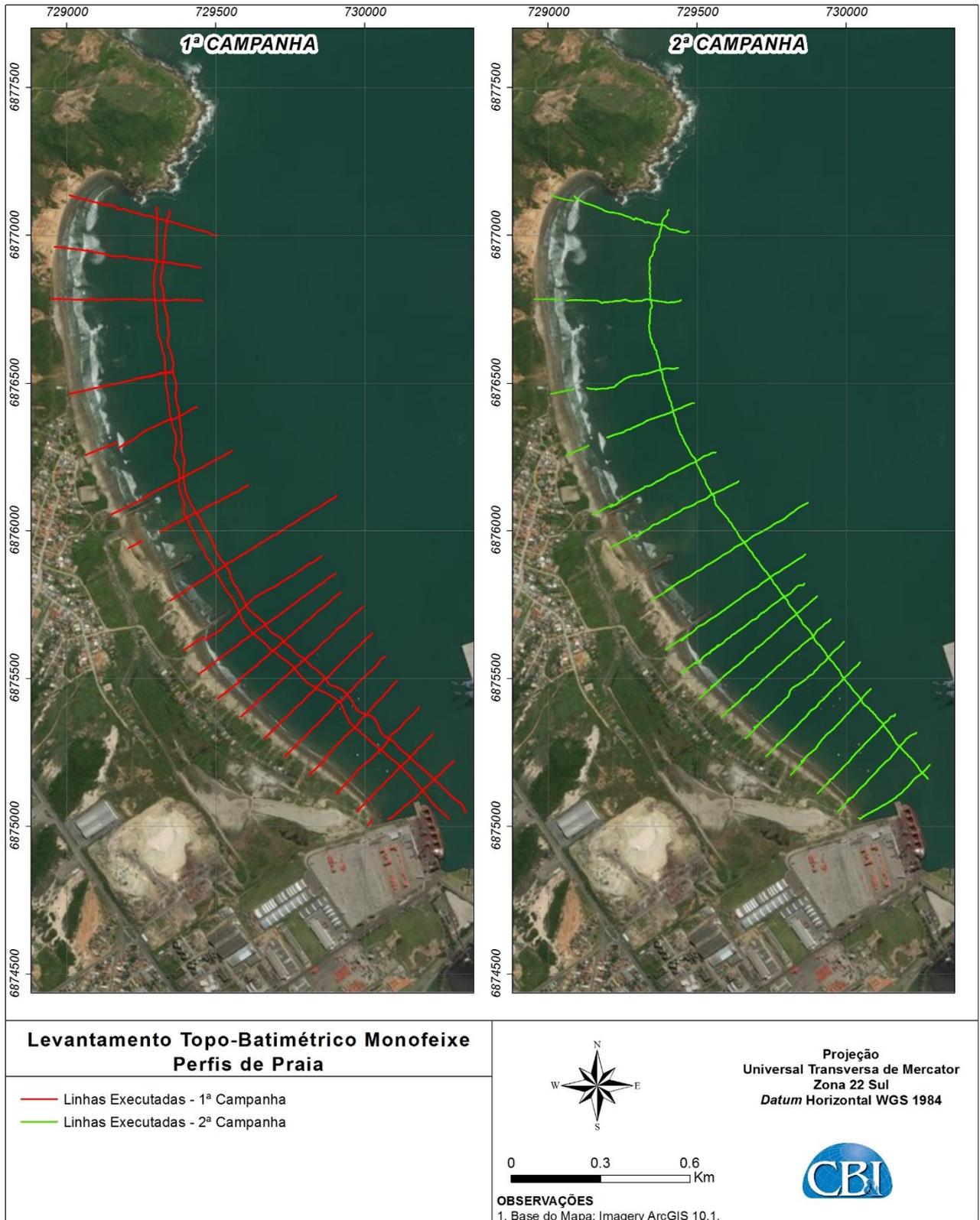


Figura 16. Perfis de praia realizados durante a primeira e segunda campanha.

### 5.3 EQUIPAMENTOS

Para a execução dos levantamentos hidrográficos, os seguintes equipamentos foram utilizados:

- Ecobatímetro monofeixe Odom Teledyne Hydrographic Echotrac CV100.

**Tabela 5. Especificações técnicas do ecobatímetro monofeixe Odom teledyne hydrographic Echotrac CV100.**

<i>Odom Teledyne Hydrographic Echotrac CV 100</i>	
<b>Resolução</b>	0,01 m
<b>Acurácia</b>	0,01 m +/- 0,1% da profundidade em frequência 200 kHz
<b>Range de profundidade</b>	0,2 - 200 m em frequência 200 kHz
<b>Dimensões</b>	280 mm x 230 mm x 115 mm
<b>Peso</b>	5 Kg



**Figura 17. Ecobatímetro Odom teledyne Hydrographic Echotrac CV100.**

- Transdutor monofeixe de alta frequência 200 kHz.

**Tabela 6. Transdutor *Odom Hydrographic* modelo OTSBB200-9.**

<i>Odom Hydrographic modelo OTSBB200-9</i>	
<b>Frequência</b>	200 kHz
<b>Largura do beam</b>	9o
<b>Tipo de cabo</b>	C43 (2-14 AWG) C43
<b>Peso</b>	1,5 Kg



Figura 18. Transdutor Odom Teledyne Hydrographic modelo OTSBB200-9.

- Compensador de movimentos Teledyne TSS/DMS-25 (Tabela 7 e Figura 19).

Tabela 7. Especificações técnicas do sistema de compensador de movimentos.

<i>Teledyne TSS/DMS-25</i>	
<b>Acurácia de Roll e Pitch</b>	0,05°
<b>Acurácia de Heave</b>	5 cm ou 5% para períodos de 20s ou menor



Figura 19. Compensador de movimentos TSS/DMS-25.

- Perfilador de velocidade do som na coluna de água Odom Hydrographic Digibar Pro™ Model DB 1200 (Tabela 8 e Figura 20).

Tabela 8. Especificações técnicas do perfilador de velocidade do som.

<i>Odom Hydrographic Digibar Pro™</i>	
<b>Range de velocidade</b>	1400 a 1600 m/s
<b>Resolução de velocidade</b>	0,1 m/s
<b>Range de temperatura</b>	4 – 40° C
<b>Frequência</b>	11 kHz
<b>Exatidão de velocidade</b>	± 0,3 m/s
<b>Taxa de aquisição</b>	10 Hz
<b>Exatidão do sensor de profundidade</b>	31 cm



Figura 20. Perfilador da velocidade do som na coluna d'água Odom Hydrographic Digibar Pro™ Model DB 1200.

- Disco de aferição metálico (*bar check*) com 60 cm de diâmetro e peso total de 4 Kg, recomendado pela *Odom Hydrographic* (Figura 21).



Figura 21. Disco de aferição do transdutor do ecobatímetro (*barcheck*).

- Sistema de posicionamento DGPS Trimble SPS 852 com sinal diferencial Marinestar, para o levantamento realizado com embarcação de pequeno porte (
- Tabela 9 e Figura 22).

Tabela 9. Especificações técnicas do DGPS Trimble SPS852

<i>DGPS Trimble SPS 852</i>	
<b>Acurácia horizontal</b>	< 1m
<b>Acurácia vertical</b>	0,3 m
<b>Taxa de atualização de posicionamento</b>	1Hz a 20Hz
<b>Dimensões</b>	24 x12 x 5 cm



Figura 22. DGPS Trimble SPS852.

- Receptor GPS *Trimble R6 RTK Base* (base fixa). Receptor GPS com antena GPS e rádio UHF integrados em uma única peça. Receptor GPS com 72 canais paralelos e tecnologia R-Track para rastreamento de GPS L1/CA/L2 com suporte para WASS e EGNOS, GLONASS L1/CA/L2, para o levantamento de perfis de praia realizado por embarcação tipo moto-aquática;
- Receptor GPS *Trimble R6 RTK Rover* (base móvel). Receptor GPS, antena GPS e rádio UHF, integrados em uma única peça. Receptor GPS com 72 canais paralelos e tecnologia R-Track para rastreamento de GPS L1/CA/L2 com suporte para WASS e EGNOS, GLONASS L1/CA/L2; Tecnologia de transmissão de dados sem fio, Bluetooth™, integrada. Capacidade de operar com GSM/GPRS para conexão à Internet para operar como *Rover* em uma rede Trimble VRS (*Virtual Reference Station*); Coletor de dados TSC2 em ambiente *Microsoft Windows Mobile for Pocket PC*, com Bluetooth e Wi-Fi integrados e programa *SurveyController*, para o levantamento de perfis de praia realizado por embarcação tipo moto-aquática.

## 5.4 METODOLOGIA

### 5.4.1 Levantamento Batimétrico realizado com embarcação de pequeno porte

Os levantamentos hidrográficos foram executados utilizando o ecobatímetro monofeixe *Odom teledyne Hydrographic CV100* acoplado a uma estação de aquisição de dados de bordo e navegação, o que permite o registro digital dos dados para posterior processamento. O espaçamento entre as linhas foi de 5 m (ver Plano de Trabalho, figura 14, página 22) e o controle dos parâmetros da sonda foi realizado através do *Echotrac CV100*. Os dados foram gravados nos arquivos brutos do *software Hypack 2016a* (\*.RAW), através de mensagens EC1 (NMEA). A instalação dos equipamentos na embarcação foi realizada de acordo com procedimentos descritos *IHO Standards for Hydrographic Surveys*. As distâncias (*offsets*) entre os equipamentos foram obtidas de forma mais precisa possível a fim de minimizar possíveis

erros nos levantamentos batimétricos. Nestes levantamentos foram utilizados como o centro de referência o 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 esta inserida no *software Odom Echart*, o qual adquire os dados de profundidade e os envia com a devida correção para o *software Hypack*. Os *offsets* referentes ao DGPS e MRU foram inseridos diretamente no *software Hypack*. Essas medições estão representadas no croqui da embarcação (Anexo 2). Na Tabela 10 a seguir são apresentados os *offsets* mensurados de todos os equipamentos utilizados nos presentes levantamentos.

**Tabela 10. Offsets utilizados no levantamento batimétrico realizado com embarcação de pequeno porte.**

Data 17/01 a 19/04/2017				
Offsets	X	Y	Z (17/01 a 02/02)	Z (03/02 a 19/04)
CV100	0,000 m	0,000 m	0,000 m	0,000 m
DGPS	0,760 m	1,910 m	-2,600 m	-2,400 m
MRU	0,430 m	1,860 m	-0,400 m	-0,400 m

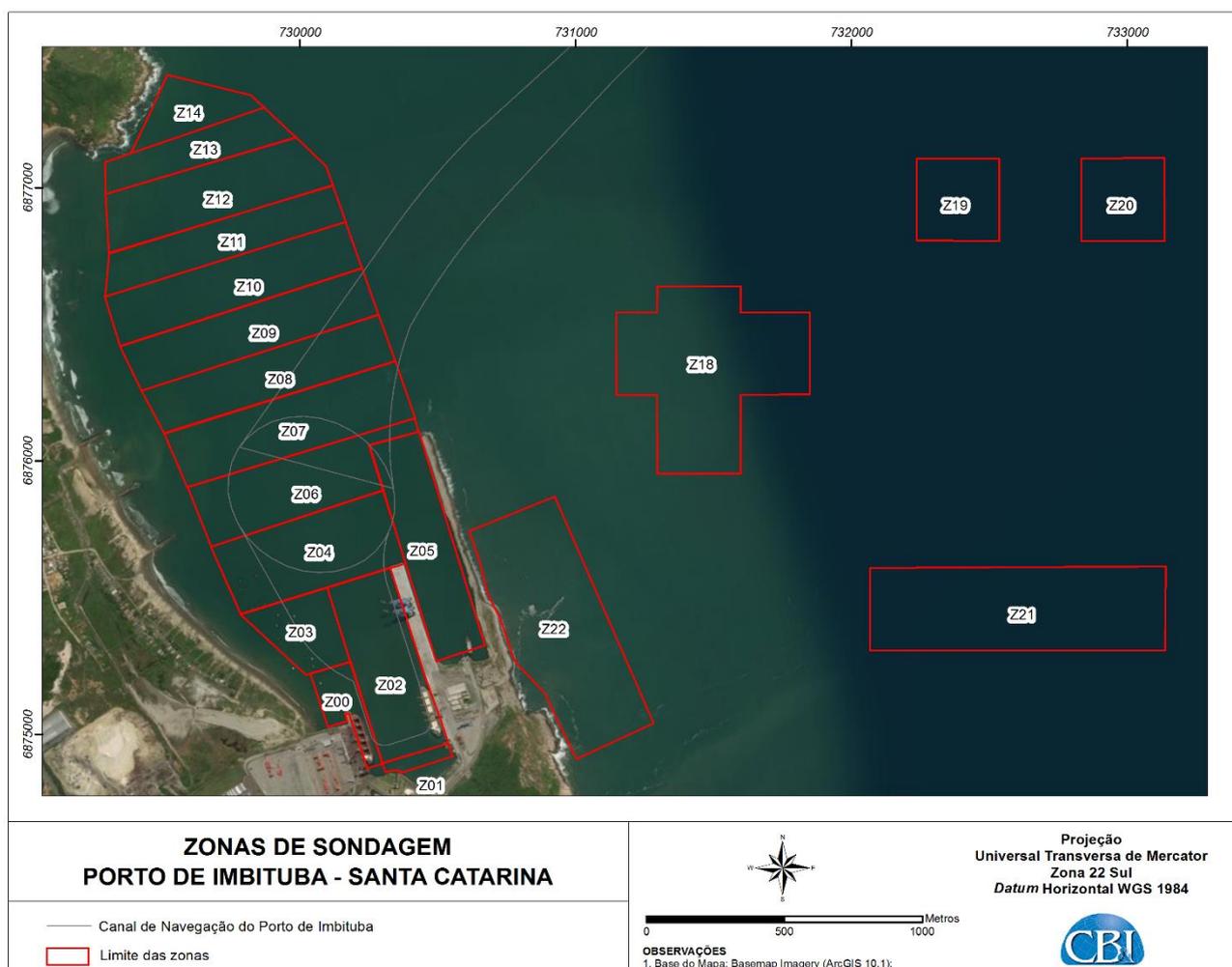
Também foram realizadas calibrações e aferições do ecobatímetro e do compensador de movimentos. A distância entre a lâmina d'água e o centro do transdutor (*draft*), foi verificada no início dos levantamentos, descontando possíveis mudanças no peso da embarcação, a fim de que a profundidade de imersão do equipamento fosse adicionada à profundidade medida.

No início e durante os levantamentos batimétricos foram realizadas perfilagens da coluna d'água para aferição e conferência da velocidade do som, utilizando o perfilador da velocidade do som na água *Odom Hydrographic Digibar Pro™*.

Com o objetivo de eliminar o efeito *heave*, *pitch* e *roll*, que correspondem aos movimentos triaxiais da embarcação provocados principalmente por ondas e correntes, foi utilizado um compensador de movimento (*Motion Reference Unit-MRU*), modelo TSS/DMS-25. Esse equipamento disponibiliza em formato digital informações sobre os ângulos instantâneos relacionados ao caturro (*pitch*) e balanço (*roll*) sofridos pela embarcação durante a navegação, podendo ser utilizados no processamento dos dados. Previamente ao início das atividades o mesmo foi calibrado seguindo especificações do fabricante, garantindo a precisão nas correções do movimento da embarcação.

Para o posicionamento, foi utilizado um receptor DGPS (*Differential Global Positioning System*) modelo *Trimble SPS852*, com diferencial fornecido pelo sistema *Marinestar*. Este sistema consiste na utilização de uma constelação de satélites, a qual localiza o usuário através do número de série do receptor GPS utilizado em um quadrante especificado por limites de latitude e longitude. Os dados de correção são enviados ao receptor de acordo com o

quadrante, fornecendo um nível de serviço submétrico. Como os dois levantamentos batimétricos da Enseada da Praia do Porto compreenderam toda a área da enseada e foram realizados com um espaçamento de linhas muito resolvido (5 m), a Enseada foi dividida em zonas (sub-áreas) para o aumento e maior controle da produtividade, além de facilitar a gestão entre condições propícias pra realizar o levantamento e condições de mar inadequadas. As áreas de bota fora também foram compartimentadas neste zoneamento. A Figura 23 ilustra esta compartimentação e a Tabela 11 apresenta todas as datas de levantamento hidrográfico em cada uma destas zonas.



**Figura 23. Zonas (sub-áreas) de realização das duas batimetrias da Enseada da Praia do Porto de Imbituba.**

**Tabela 11. Datas de realização dos levantamentos batimétricos por zonas (sub-áreas).**

Zona	Levantamento Batimétrico # 1	Levantamento Batimétrico # 2
<b>0</b>	29/01 e 23/02/2017	23/02 e 15/03/2017
<b>1</b>	16/03/2017	16/03 e 31/03/2017
<b>2</b>	16/01, 17/01 e 18/01/2017	15/03, 16/03 e 31/03/2017
<b>3</b>	07/02/2017	-

4	19/01/2017	14/03 e 15/03/2017
5	24/01/2017	16/03/2017
6	20/01/2017	-
7	21/01/2017	-
8	26/01 e 27/01/2017	-
9	27/01 e 28/01/2017	08/04, 17/04 e 18/04/2017
10	03/02/2017	18/04/2017
11	04/02/2017	06/04/2017
12	06/02/2017	19/04/2017
13	04/02/2017	07/04/2017
14	06/02/2017	-
15	28/01 e	-
16	25/01 e 26/01/2017	-
17	24/01 e 25/01/2017	-
18	-	-
19	-	-
20	-	07/04/2017
21	-	31/03/2017
22	06/02/2017	-

#### 5.4.2 Levantamento Topo-Batimétrico realizado com embarcação tipo moto-aquática

Os levantamentos da porção subaérea dos perfis de praia foram realizados através da marcação de pontos, com o equipamento GNSS-RTK.

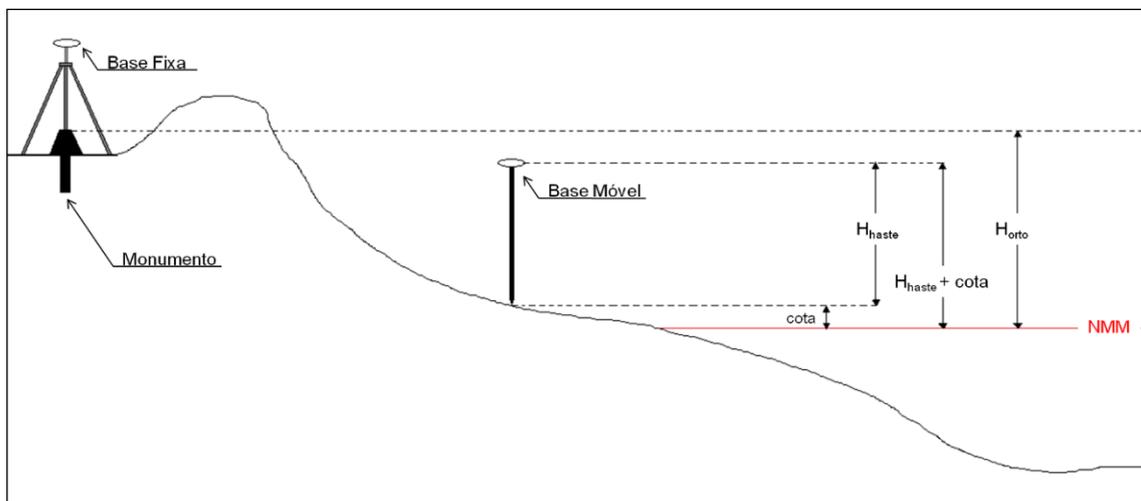
O GNSS-RTK (*Global Navigation Satellite System - Real Time Kinematics*) é um sistema que fornece o posicionamento nos três eixos dimensionais (X,Y,Z), a partir de posicionamento por satélites e por diferencial. Este último fornece uma precisão da ordem de 1 cm +/- 2 ppm, para coordenadas planimétricas, e de 1,5 - 2,0 cm +/- 2 ppm, para coordenadas altimétricas (SEEBER, 2003).

O diferencial é gerado a partir de uma base fixa posicionada acima de uma referência de nível (RN), ou monumento, que se comunica com a base móvel a partir de um sinal de rádio que pode atingir até 10.000 m de alcance.

O receptor da base fixa é posicionado em um tripé de alumínio e nivelado através de uma base nivelante. Já o receptor da base móvel gera o posicionamento a partir de sua oscilação, podendo repassar o mesmo a uma controladora ou ao software HYPACK, sendo acoplada na porção superior de uma haste de fibra de carbono. As alturas, tanto da haste quanto do tripé, são mensuradas com uma trena e corrigidas em termos verticais diretamente na controladora do aparelho.

Quando os levantamentos ocorrem na porção subaérea da praia, os dados de posicionamento são armazenados direto na controladora. Após a correção das alturas relativas, apresentadas

na Figura 24, o dado final a ser armazenado é a cota do ponto de coleta, referenciada ao nível médio do mar (NMM).



**Figura 24. Sistemática de redução de níveis em coleta de dados de perfil subaéreo através do uso de GNSS-RTK.**

Na porção subaquática dos perfis praias, os levantamentos foram realizados através da utilização de um ecobatímetro com posicionamento obtido através da base móvel do RTK.

O ecobatímetro emite ondas acústicas para a determinação da profundidade, com uma exatidão de até 0,01 m. É importante ressaltar que durante a coleta, a velocidade da embarcação sempre foi inferior a 4 nós.

A Figura 25 apresenta o esquema de instalação e distribuição dos equipamentos na moto aquática. Conforme pode ser observado, o transdutor do ecobatímetro encontra-se na base de uma haste e, no topo desta, é posicionada a base móvel do sistema de posicionamento.

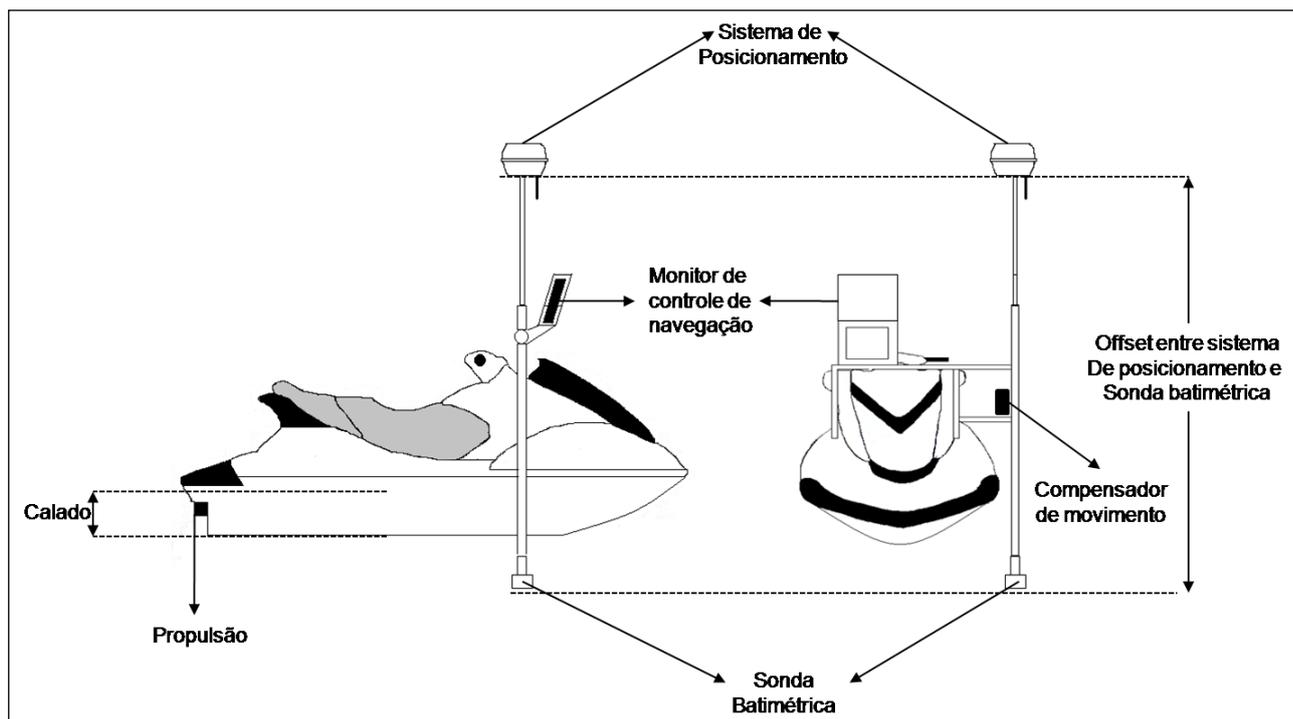


Figura 25. Esquema de distribuição dos equipamentos utilizados nos levantamentos batimétricos com moto aquática.

A diferença vertical entre os dois equipamentos (*offset*) é entrada como parâmetro de correção no *software* HYPACK de forma a nivelar a base do transdutor em relação ao nível zero do mar (Figura 26). Os valores de *offsets* podem ser No mesmo eixo foi acoplado o compensador de movimentos para medição de *heave*, *pitch* e *roll* relativos ao mesmo setor que se encontram os sensores na embarcação. Da mesma forma, o GNSS-RTK corrige a oscilação do nível do mar em frequência mareal através do posicionamento da base móvel no eixo z no mesmo setor em que se posiciona o transdutor, conforme apresentado por Ramos (2007), que trata sobre reduções batimétricas através do método GNSS diferencial preciso (DGNSS-RTK).

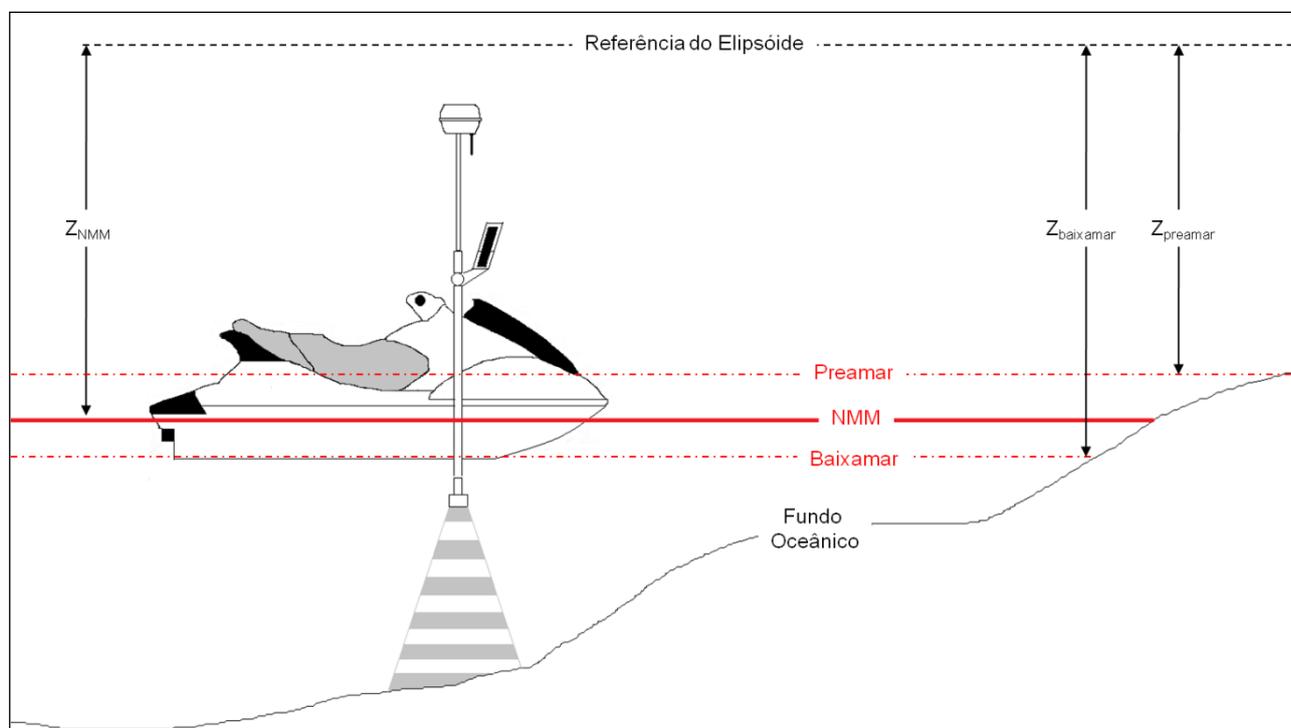
Na Tabela 12 a seguir são apresentados os *offsets* mensurados de todos os equipamentos utilizados no presente levantamento realizado com a moto-aquática.

**Tabela 12. Offsets utilizados no levantamento batimétrico realizado com embarcação tipo moto-aquática.**

Data 26/01, 27/01 e 13/04/2017			
Offsets	X	Y	Z
CV100	0,000 m	0,000 m	0,000 m
DGPS	0,000 m	0,000 m	-1,710 m
MRU	0,000 m	0,000 m	-0,910 m

A navegação foi realizada a partir de um computador portátil localizado no interior de uma caixa estanque, conectado ao ecobatímetro localizado em um compartimento na região frontal da embarcação, ao compensador de movimento e ao sistema RTK.

Todos os fatores de correção citados acima são incorporados ao *software HYPACK* para determinação das profundidades exatas nos pontos amostrados.



**Figura 26. Sistema de aquisição de dados batimétricos através da utilização de moto-aquática.**

A aferição (ajuste) do ecobatímetro foi realizada através da medição da velocidade do som na coluna d'água, obtida através de um sensor *Digibar Pro™ Model DB 1200* (Figura 20,

associada ao procedimento de *bar check*, onde o disco metálico (Figura 21) foi posicionado abaixo da sonda em profundidades conhecidas. As profundidades são definidas através da marcação a cada 1 metro no cabo utilizado para o *bar check*. Os procedimentos computacionais pertinentes ao procedimento do *bar check* estão descritos detalhadamente em CPE (2010a).

#### 5.4.3 Maregrafia

O marégrafo utilizado foi o modelo *Seaguard WLR*, fabricado pela AAnderaa (Figura 27) que utiliza sensor de pressão para a medição da variação de nível da água. Os sensores do marégrafo foram fixados juntamente com a base de uma régua linimétrica, dentro de um tubo com a extremidade inferior fechada e com furos de 10% do diâmetro do tubo de forma que o tubo representasse as variações do nível do mar eliminando oscilações de alta frequência. A inicialização do marégrafo foi realizada com mar calmo e ajustada para a aquisição de dados a um intervalo de aquisição a cada 2 segundos. Posteriormente foram calculadas médias de 1 minuto de variação do nível, sendo esses dados em seguida utilizados na redução da batimetria.



**Figura 27. Marégrafo modelo Seaguard WLR.**

A série temporal de dados de nível coletada pelo equipamento foi corrigida da pressão atmosférica, procedimento que se faz necessário uma vez que o instrumento mediu o nível d'água através de sensor de pressão.

Os valores de nível fornecidos pelo marégrafo consideravam um valor fixo de pressão atmosférica (1013 hPa) durante todo o período de amostragem, o que não corresponde à realidade. Essa correção, portanto, consistiu em adicionar novamente esse valor fixo à série

de pressão fornecida pelo instrumento e, em seguida, subtrair os valores da série temporal de pressão atmosférica medida por um barômetro instalado na área de estudo.

Os dados de nível fornecido pelo instrumento foram corrigidos ainda em relação à densidade da água, que depende da temperatura e da salinidade medidas pelos próprios instrumentos. Tal correção, assim como a da pressão atmosférica, foi aplicada aos dados de nível através da seguinte fórmula:

$$h = \frac{P - patm}{\rho g}$$

Onde  $h$  é o nível corrigido  $P$  é a pressão medida pelo instrumento,  $patm$  é a pressão atmosférica,  $\rho$  é a densidade da água e  $g$  a aceleração da gravidade.

Os dados de variação de nível de maré foram referenciados ao Nível de Redução (NR) descrito na ficha maregráfica do Porto de Imbituba F41-1908-001/57 versão 1/ 2013 (Figura 28). A redução foi aplicada a partir dos valores observados no nivelamento geométrico do marégrafo utilizado nos dias do levantamento, sendo o controle vertical transferido do marco de Referência de Nível RN3012X, homologado pela DHN, conforme ilustrado no Croqui do nivelamento geométrico do marégrafo (Figura 29).

Seguiram-se, para o nivelamento e cálculo da estação maregráfica, as diretrizes descritas na Norman-25 / Anexo J, assim como consulta a mais atualizada ficha maregráfica (F41) destinada à área do levantamento hidrográfico.

		60 250	<b>TÁBUAS DAS MARÉS</b>	F-41 - Verificada - Porto de Imbituba - 60250 - Versão 1/2013
F - 41		<b>DESCRIÇÃO DE ESTAÇÃO MAREGRÁFICA</b>		
Estação Porto de Imbituba		Estado SC		Localidade Imbituba
LH 002/06	Carta N.º. 1908 - Porto de Imbituba	Navio I.A.G. S	Ano 1957	
<b>Coordenadas geográficas</b> Lat: 28° 13' 51.70" S Long: 048° 39' 01.52" W Datum Fuso +3	O nível de redução está 188,3 centímetros acima do zero da régua de 1957. Fonte de informação: Análise com o critério de Balay de 365 dias de observação da maré. Tipo de marégrafo: Zero do marégrafo: Coincide com o zero da régua.			
<b>Descrição das régua de marés</b> Não há descrição de régua de marés. Esta ficha foi compilada do Modelo DHN-5503 de 1957 e das F-41-1908-001/00, F-41-1908-001/03 e da F-41-1908-001/06. Atualizada em 06/09/2013.		<b>Descrição das referências de nível</b> RN1-DHN - Cravada no início do pilar de concreto, próximo ao marco n.º. 3012 Z do IBGE. Citada a partir de 2006. RN4-DHN - Fixada ao lado do topo do 1.º cabeço na extremidade sul do cais. Implantada em 2006. RN5-DHN - Fixada junto a parede frontal, na extremidade norte do armazém frigorífico (ao norte do cais). Implantada em 2006. RN3-A-CBD - Fixada no extremo sul do cais, próxima a subestação "Serra-Morena". Lat: 28°23' 13", 4312 S - Long: 048°39'01", 4333 W - (F-21-1908-001/06). Citada a partir de 2003. RN2-UFPR - Fixada na costa das pedras na extremidade sul do cais, aproximadamente 25 m da RN-3A da CBD. Citada a partir de 2006. RN-3010A-IBGE - Fixada na extremidade norte do cais. Citada a partir de 2006. RN-3012X-IBGE - Fixada na galeria sob o cais, entre o 3.º 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 6.º par de colunas de sustentação no sentido sul-norte. Citada a partir de 2003.		
<b>ATENÇÃO USUÁRIOS:</b> 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 do sensor de pressão instalado (IBGE), deverá ser obtida a cota deste sensor em relação ao zero da régua, para que sejam feitos os ajustes dos dados em relação a régua.		<b>Pessoal que tomou parte na montagem</b> <b>Equipe de 2003:</b> 3.ºSG-HN Edson Carlos - 3.ºSG-HN Milton CB-HN Brandão CB-HN Silva Filho - CB-HN Shatipamba <b>Equipe de 2006:</b> 3.ºSG-HN Da Silva - 3.ºSG-HN Eliotomio CB-HN Eugenio CB-HN Lira - CB-HN Altair CB-HN Morsira - CB-HN Eriton <b>Chefe da equipe:</b> 1T Teixeira		
DHN-6016-A	Arquivo Técnico a ser preenchido no DHN Recebida em: Documento de referência: LH-002/06 - RA-016/07			

Figura 28. Ficha de Descrição de Estação Maregráfica do Terminal do Porto de Imbituba.

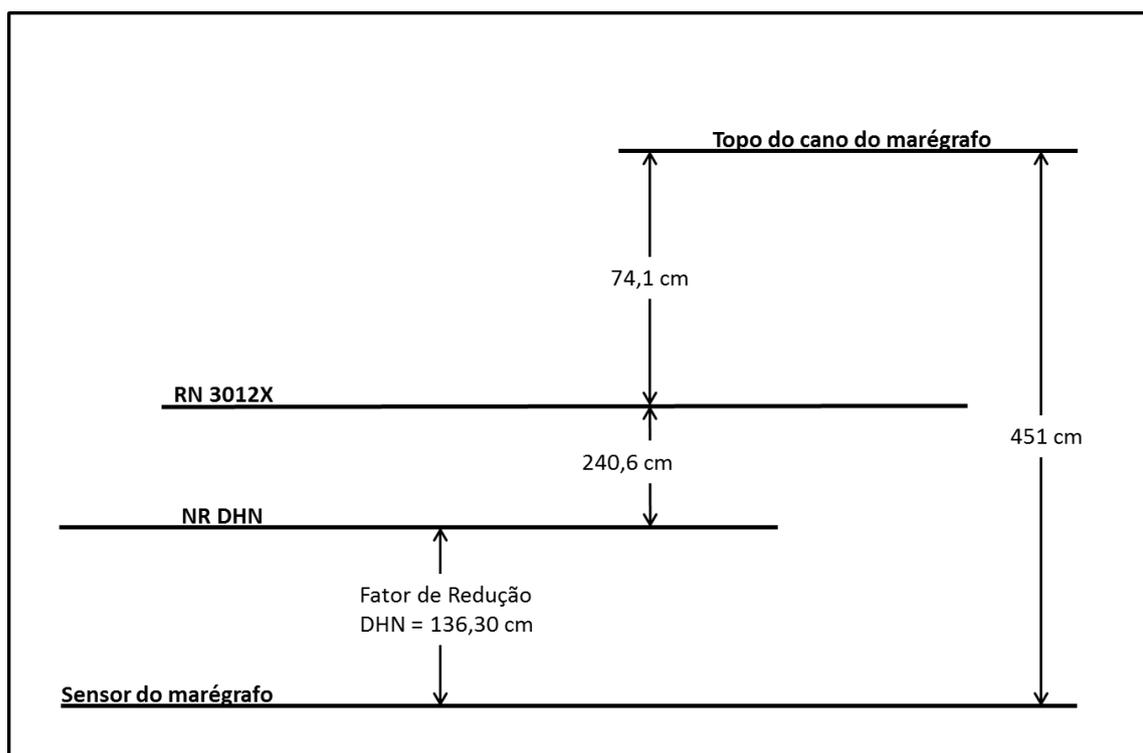


Figura 29. Croqui do nivelamento geométrico do marégrafo utilizado.

Para conferência na consistência dos dados medidos pelo marégrafo foi realizada ainda uma comparação entre os dados coletados com dados de previsão de maré para o local, para a validação dos mesmos.

Na Figura 30 é apresentado o fluxograma da metodologia de análise de dados maregráficos:

### Processamento de Dados Maregráficos

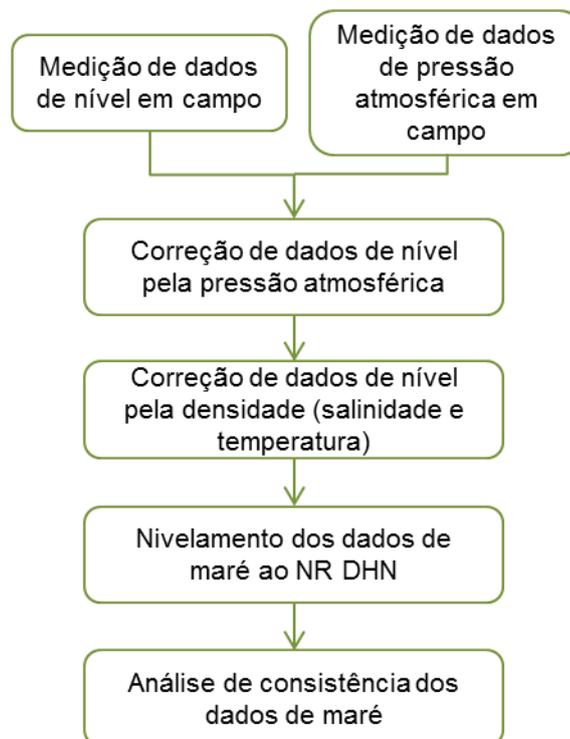


Figura 30. Fluxograma da metodologia utilizada para aquisição de dados de maré.

#### 5.4.4 Processamento dos Dados Batimétricos

O processamento dos dados batimétricos adquiridos em campo foi realizado utilizando o *software Hypack 2016a*, o qual possibilita uma análise criteriosa de cada linha de levantamento. Por meio da ferramenta single beam editor procede-se a remoção “ponto a ponto” de eventuais valores espúrios, ou *spikes*, decorrentes de ecos refletidos a partir de bolhas de ar, rastros de embarcações, material em suspensão e demais situações nas quais o registro correto do fundo é mascarado ou deturpado por fatores ambientais. Juntamente, foram avaliados os dados de navegação e atitude. Os dados de navegação correspondem à velocidade de navegação, posicionamento e curso de navegação durante o levantamento batimétrico. Os dados de atitude correspondem às informações de *heave*, *pitch* e *roll* adquiridos durante o levantamento. Salienta-se que estes dados não sofreram correções, portanto, foram mantidos os seus valores originais.

Para uma melhor avaliação e tratamento dos dados também foi utilizado o ecograma gerado pelo *software Hypack* (Figura 31), permitindo assim uma visualização do comportamento do sinal ao atingir o fundo marinho.

Foram adicionados aos dados os perfis de velocidade de som com o intuito de melhorar a acurácia dos dados e as reduções de todas as profundidades ao nível vertical DHN.

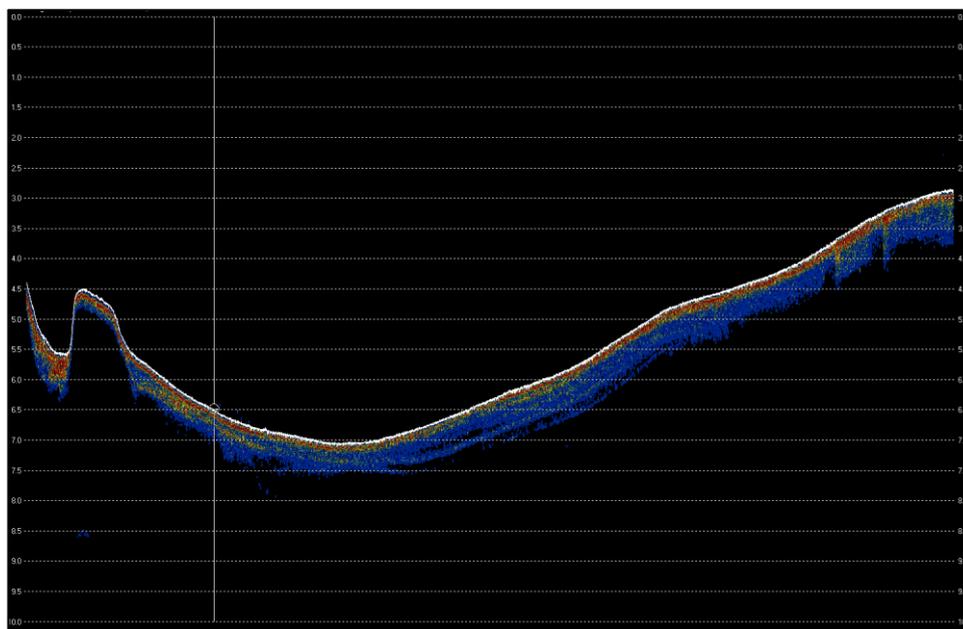
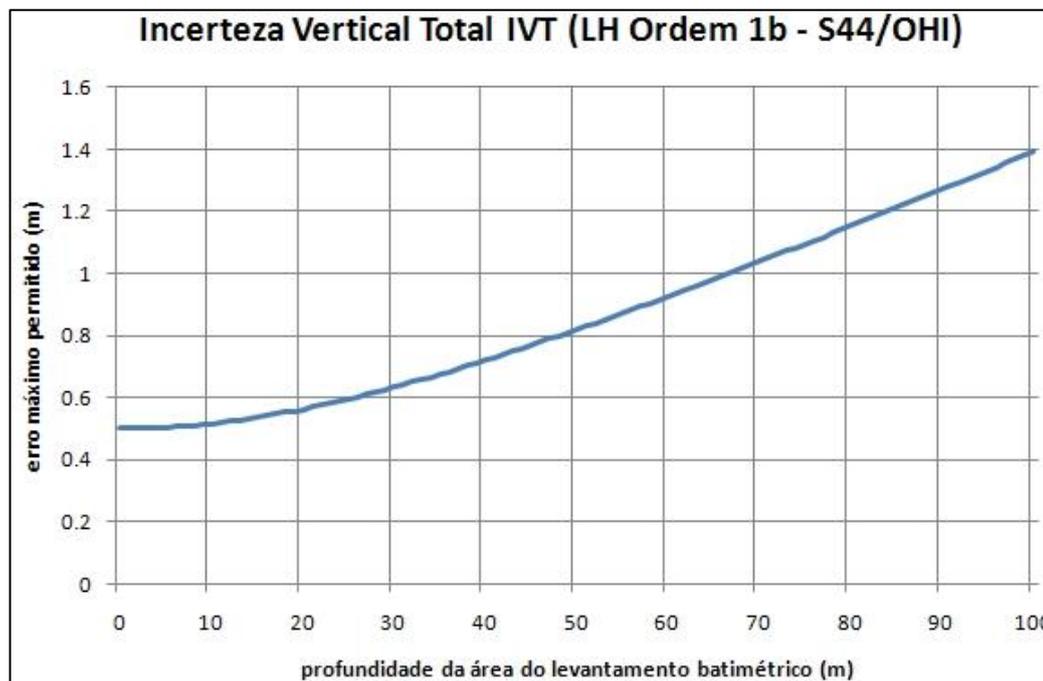


Figura 31. Exemplo de visualização do ecograma no tratamento dos dados.

## 5.5 ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA DOS DADOS

Foram realizadas linhas de verificação em toda a área, com o intuito de observar a diferença entre as profundidades observadas nestas linhas e as linhas regulares, conferindo assim a Incerteza Vertical Total do levantamento executado. De acordo com a NORMAM 25, Anexo J, Título IV, a Incerteza Vertical Total para as profundidades encontradas no levantamento não pode extrapolar o máximo estipulado no gráfico da IVT (Figura 32).

- a) *Nos casos de levantamentos monofeixe classificados como ordem 1b (de acordo com a publicação S44 da OHI), a incerteza vertical total (IVT), que corresponde à diferença entre a sondagem regular e a sondagem da linha de verificação, não deve ultrapassar os valores limites listados na tabela abaixo, conforme profundidade do local do levantamento:*

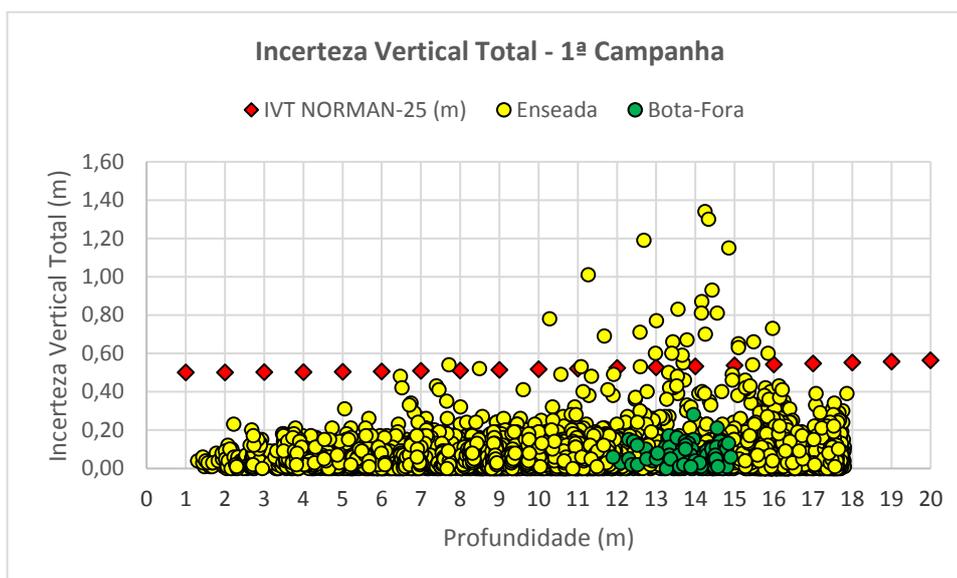


**Figura 32. Gráfico da Incerteza Vertical Total máxima permitida para diferentes profundidades segundo a NORMAM-25.**

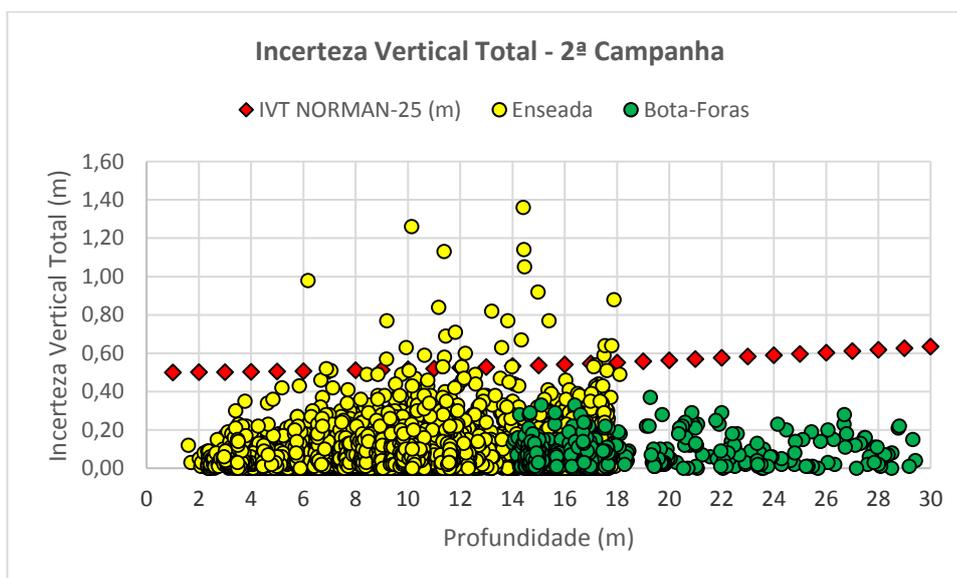
Tanto para a primeira quanto para a segunda campanha de levantamento batimétrico da enseada e bota-foras, 99,7% das profundidades observadas encontraram-se abaixo da IVT máxima permitida para um levantamento categoria 1b, como observado na Figura 33 e Figura 34.

Para a campanha 1, a diferença média foi de 0,06 m entre as linhas regulares e linhas de verificação, apresentando um valor máximo de 1,34 m (Tabela 13).

A segunda campanha apresentou resultados semelhantes à primeira, com uma diferença média de 0,07 m entre as linhas regulares e linhas de verificação, com um valor máximo de 1,36 m (Tabela 14).



**Figura 33. Gráfico de Incerteza Vertical Total – IVT – da primeira campanha de levantamento batimétrico monofeixe.**



**Figura 34. Gráfico de Incerteza Vertical Total – IVT – da segunda campanha de levantamento batimétrico monofeixe.**

**Tabela 13. Valores estatísticos extraídos através da comparação entre linhas regulares de sondagem com as linhas de verificação para a Campanha 1.**

<i>Nº de Intersecções</i>	<i>Desvio padrão</i>	<i>Diferença média</i>	<i>Diferença máxima</i>	<i>Diferença Mínima</i>
8980	0,07	0,06	1,34	0

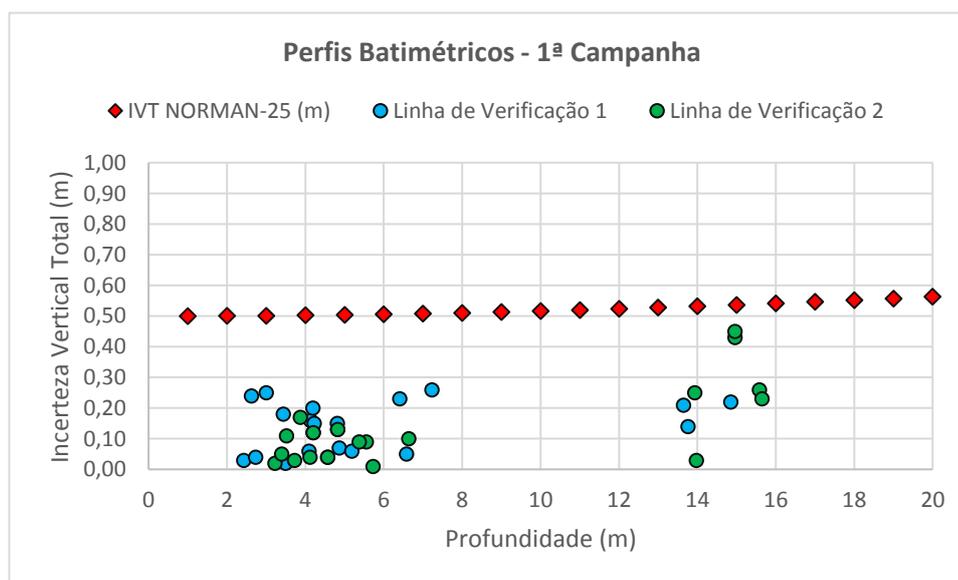
**Tabela 14. Valores estatísticos extraídos através da comparação entre linhas regulares de sondagem com as linhas de verificação para a Campanha 2.**

<i>Nº de Intersecções</i>	<i>Desvio padrão</i>	<i>Diferença média</i>	<i>Diferença máxima</i>	<i>Diferença Mínima</i>
8951	0,08	0,07	1,36	0

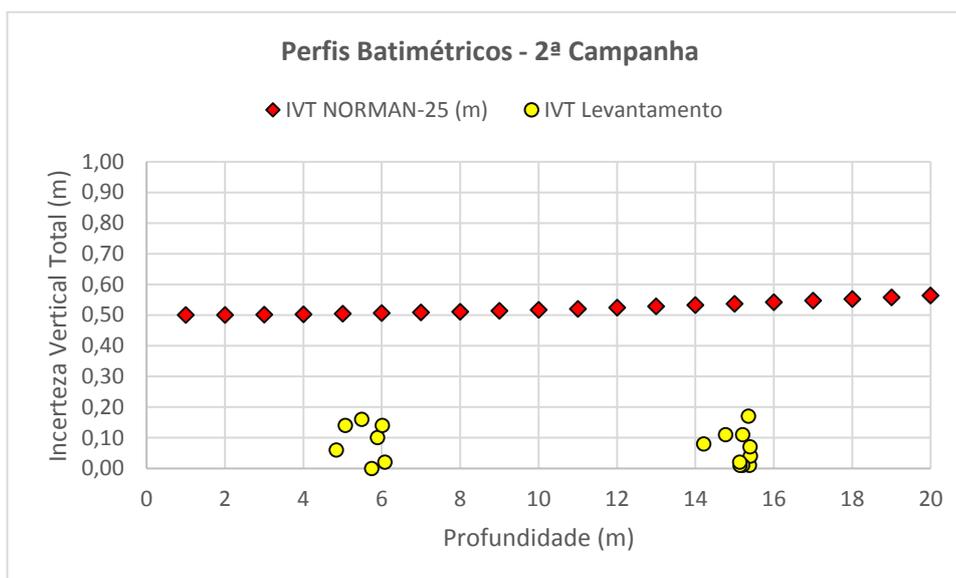
Para as campanhas batimétricas dos perfis de praia, 100% das profundidades observadas encontraram-se abaixo da IVT máxima permitida para um levantamento categoria 1b, como observado na Figura 35 e Figura 36.

Para a campanha 1, a diferença média foi de 0,14 m entre as linhas regulares e linhas de verificação, apresentando um valor máximo de 0,45 m (Tabela 15).

A segunda campanha apresentou uma diferença média de 0,07 m entre as linhas regulares e linhas de verificação, com um valor máximo de 0,17 m (Tabela 16).



**Figura 35. Gráfico de Incerteza Vertical Total – IVT – para a primeira campanha de levantamento batimétrico de perfis de praia.**



**Figura 36. Gráfico de Incerteza Vertical Total – IVT – para a segunda campanha de levantamento batimétrico de perfis de praia.**

**Tabela 15. Valores estatísticos extraídos através da comparação entre linhas regulares de sondagem com as linhas de verificação para a Campanha 1.**

<i>Nº de Intersecções</i>	<i>Desvio padrão</i>	<i>Diferença média</i>	<i>Diferença máxima</i>	<i>Diferença Mínima</i>
38	0,11	0,14	0,45	0,01

**Tabela 16. Valores estatísticos extraídos através da comparação entre linhas regulares de sondagem com as linhas de verificação para a Campanha 2.**

<i>Nº de Intersecções</i>	<i>Desvio padrão</i>	<i>Diferença média</i>	<i>Diferença máxima</i>	<i>Diferença Mínima</i>
17	0,06	0,07	0,17	0

## 6 ESTUDO SEDIMENTOLÓGICO

Conforme o escopo do estudo acordado entre CB&I e o Porto de Imbituba, foram realizadas coletas de amostras do sedimento do leito marinho e de água nos dias 28 de Janeiro de 2017 (coletas ao longo do perfil praias) e no dia 29 de abril de 2017 (coleta nas áreas de bota fora). Os serviços executados abrangeram a coleta e o processamento de 26 amostras de sedimentos superficiais e 10 amostras de água para estimar o material particulado em suspensão (MPS) na coluna d'água, coletadas na Praia do Porto, Imbituba (SC).

A Figura 37 apresenta a localização de coleta das amostras de sedimentos superficiais e de

água. As amostras de sedimentos superficiais foram coletadas ao longo dos perfis de praia PP1, PP5, PP8, PP11 e PP17, e nas áreas de bota-fora A1, A2, A3, A4, A6 e A7. Já a amostragem de água para determinação de matéria particulada em suspensão foi realizada ao longo da enseada da praia nos pontos PP1, PP3, PP5, PP6, PP8, PP26, PP28, PP11, PP14 e PP17. A Tabela 17 e Tabela 18 apresentam a identificação e as coordenadas dos pontos de coletas das amostras.

**Tabela 17. Identificação e localização das coletas das amostras de sedimentos superficiais.**

PERFIL	LOCAL	Nº AMOSTRA	COORDENADA X	COORDENADA Y	DATA
PERFIL 01	PÓS-PRAIA	1	729011,952	6877134,175	28/01/2017
PERFIL 01	FACE	4	729021,542	6877131,485	28/01/2017
PERFIL 01	VARRIDO	2	729036,357	6877127,348	28/01/2017
PERFIL 01	ARREBENTAÇÃO	3	729096,993	6877111,200	28/01/2017
PERFIL 05	PÓS-PRAIA	8	729066,812	6876258,573	28/01/2017
PERFIL 05	FACE	5	729076,008	6876261,951	28/01/2017
PERFIL 05	VARRIDO	6	729084,025	6876265,945	28/01/2017
PERFIL 05	ARREBENTAÇÃO	7	729100,301	6876271,735	28/01/2017
PERFIL 08	PÓS-PRAIA	9	729350,783	6875767,403	28/01/2017
PERFIL 08	FACE	12	729358,696	6875771,855	28/01/2017
PERFIL 08	VARRIDO	10	729370,229	6875778,987	28/01/2017
PERFIL 08	ARREBENTAÇÃO	11	729380,618	6875784,326	28/01/2017
PERFIL 11	PÓS-PRAIA	14	729510,392	6875433,298	28/01/2017
PERFIL 11	FACE	16	729521,688	6875444,939	28/01/2017
PERFIL 11	VARRIDO	13	729526,320	6875449,383	28/01/2017
PERFIL 11	ARREBENTAÇÃO	15	729535,235	6875456,784	28/01/2017
PERFIL 17	PÓS-PRAIA	17	729976,177	6875052,867	28/01/2017
PERFIL 17	FACE	19	729978,992	6875055,135	28/01/2017
PERFIL 17	VARRIDO	18	729983,770	6875061,506	28/01/2017
PERFIL 17	ARREBENTAÇÃO	20	729990,164	6875068,799	28/01/2017
BOTA-FORA	Z18	21	731255,490	6876409,290	29/04/2017
BOTA-FORA	Z18B	22	731354,720	6876200,090	29/04/2017

<b>BOTA-FORA</b>	Z19	23	732280,070	6876969,380	29/04/2017
<b>BOTA-FORA</b>	Z20	24	732888,490	6876923,970	29/04/2017
<b>BOTA-FORA</b>	Z21	25	732215,480	6875448,800	29/04/2017
<b>BOTA-FORA</b>	Z22	26	730943,340	6875537,930	29/04/2017

**Tabela 18. Identificação e localização das coletas das amostras de água para determinação de material particulado em suspensão.**

<b>PERFIL</b>	<b>COORDENADA X</b>	<b>COORDENADA Y</b>	<b>DATA</b>
<b>PERFIL 01</b>	729096,712	6877111,457	28/01/2017
<b>PERFIL 03</b>	729054,171	6876781,703	28/01/2017
<b>PERFIL 05</b>	729093,679	6876270,170	28/01/2017
<b>PERFIL 06</b>	729192,406	6876067,782	28/01/2017
<b>PERFIL 08</b>	729378,510	6875781,920	28/01/2017
<b>PERFIL 11</b>	729534,746	6875456,329	28/01/2017
<b>PERFIL 14</b>	729751,586	6875251,954	28/01/2017
<b>PERFIL 17</b>	729990,159	6875068,803	28/01/2017
<b>PERFIL 26</b>	729359,544	6875833,611	28/01/2017
<b>PERFIL 28</b>	729414,589	6875728,603	28/01/2017



**Coleta de Sedimentos e Água para Material Particulado em Suspensão**

- Posição das Coletas de Sedimentos
- Posição das Coletas de Água para MPS
- Áreas do Levantamento Batimétrico
- A1** Áreas de bota-fora em que foram realizadas as coletas
- PP8** Perfis de praia em que foram realizadas as coletas



0 0.75 1.5 Km

**OBSERVAÇÕES**

1. Base do Mapa: Imagery ArcGIS 10.1.

Projeção  
 Universal Transversa de Mercator  
 Zona 22 Sul  
 Datum Horizontal WGS 1984



**Figura 37. Localização das coletas de sedimentos superficiais e de água.**

## 6.1 METODOLOGIA

### 6.1.1 Sedimentos Superficiais

A coleta de sedimentos ao longo da parte emersa dos perfis foi realizada com auxílio de uma pá, onde apenas o sedimento superficial foi amostrado. Para a porção subaquática do perfil praiar foi utilizado um amostrador de fundo do tipo “Van Veen”, conforme ilustrado na Figura 38.



Figura 38. Coleta de sedimentos usando draga tipo “Van Veen”.

A caracterização sedimentar das amostras consistiu na análise granulométrica por peneiramento e sedimentação (SUGUIO, 1973). A partir destes métodos foram obtidos parâmetros e momentos estatísticos da amostra segundo Folk & Ward (1957).

**Lavagem:** a amostra bruta foi lavada utilizando-se um Becker de 1000 ml e água destilada para retirada dos sais solúveis. O tempo de repouso para lavagem é o necessário para decantação dos sedimentos finos, com repetição do processo, quando necessário.

**Secagem:** a amostra foi seca em estufa com temperatura de cerca de 60 °C para retirada completa da umidade.

**Quarteamento:** a amostra seca foi dividida (quarteada) e uma porção de aproximadamente 40 g foi retirada para análise. Para amostras com elevada presença de cascalho foi utilizado o peso total contido na amostra na análise. O restante da amostra foi armazenado em freezer como reserva.

**Peneiramento** (tamisação): a fração de sedimento quarteada foi, então, submetida ao processo de tamisação a intervalo de  $\frac{1}{2}$  de Phi (escala de Wentworth, 1922), que consiste na passagem da amostra em um jogo de peneiras com diferentes diâmetros de malha, através de agitação mecânica, durante 10 minutos. O material retido em cada peneira foi pesado a fim de se obter o percentual de cada fração.

### 6.1.2 Água para Determinação de Material Particulado em Suspensão - MPS

As coletas e a preservação das amostras foram feitas de acordo com o Manual de Coleta e Preservação de Amostras, publicado pela CETESB. As amostras coletadas foram preservadas e destinadas ao laboratório responsável onde serão submetidas a análises laboratoriais de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, publicado pela APHA (1998).

Desta forma, a coleta das amostras de água para determinação de MPS foram realizadas com auxílio de uma garrafa de *Niskin*. As amostras foram coletadas e acondicionadas em frascos esterilizados com volume de 1,5 L para posterior análise em laboratório.

Em laboratório, as seguintes etapas foram empregadas:

**Preparação:** Todo o material e vidrarias foram previamente lavados com água quente e sabão. A preparação dos filtros requer a determinação de sua massa, portanto estes foram lavados com água destilada e levados para a estufa por aproximadamente 1 hora. Esfriaram por 15 minutos em ambiente seco condicionado e foram pesados. Novamente foram levados para a estufa e pesados até que sua massa permanecesse constante (variação máxima de 0,5mg).

**Filtragem:** As garrafas foram agitadas para que o material voltasse a ficar em suspensão. Foram separados 200ml de cada amostra e filtrados com o auxílio de uma bomba de vácuo.

**Secagem:** Já com o material em suspensão acumulado, os filtros foram levados para a estufa durante 1 hora. Em seguida esfriaram em temperatura ambiente por aproximadamente 15 minutos e foram pesados. Este procedimento foi repetido até que a massa estivesse constante.

**Concentração:** A partir dos valores levantados para 200ml de amostra foram extrapoladas as concentrações de material particulado em suspensão por litro de amostra.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AML OCEANOGRAPHIC. ***Minos x user manual***. Canada, 2011, 1 ed, 39 p.

EATON, A. D., CLESCERI, L. S., GREENBERG, A. E., & FRANSON, M. A. H. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Washington, DC, American Public Health Association, 1998.

FOLK, R. L. & WARD, W. C. Brazos River Bar: A Study of the Significance of Grain Size. *Journal of Sediment Petrology*, 27 (1): 3-26. 1957.

HYPACK INC. **Hypack User Manual**. Usa, 2016.

International Hydrographic Organization (IHO). ***Iho Standards For Hydrographic Surveys. Special Publication N. 44***. 5.Ed. Principado De Mônaco: International Hydrographic Bureau, 2008.

MARINHA DO BRASIL. **Normas da autoridade marítima para levantamentos hidrográficos; NORMAM 25**, 2011.

NORTEK. *AWAC Acoustic Wave and Current Meter User guide*. Sandvika: Nortek AS, 2005. 90 p.

RORY O.R.Y. Thompson. **Low-pass filters to suppress inertial and tidal frequencies**, *Journal of Physical Oceanography*, Volume 13, June, 1077-1083, 1983.

SUGUIO, K. *Introdução à Sedimentologia*. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1973.

TELEDYNE RD INSTRUMENTS, 2007, WinRiver II user's guide: San Diego, Teledyne RD Instruments, CA, P/N 957-6231-00, 166 p

TRIMBLE. ***Trimble SPS 852 Modular GPS Receiver User Guide***. Ohio, Usa, 2010, 4.17 Ed, 2010, 36 P.



# Anexo 1

(Boletins Diário de Operação – BDO, como Anexo Digital)



# Anexo 2

(Autorização CHM 412/16 e 413/16)



**MARINHA DO BRASIL**  
**CENTRO DE HIDROGRAFIA DA MARINHA**

**AUTORIZAÇÃO Nº 412/16**

**CATEGORIA “B”**

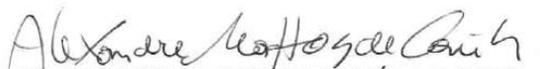
O Diretor do Centro de Hidrografia da Marinha, de acordo com as delegações de competência estabelecidas pelas Portarias nº 39/DHN, de 23 de março de 2012, e nº 156/MB, de 3 de junho de 2004, AUTORIZA a CB&I Meio Ambiente e Infraestrutura Ltda., inscrita sob o nº 245 no Cadastro de Entidades Executantes de Levantamentos Hidrográficos, em conformidade com o art. 37 do Decreto-Lei nº 243, de 28 de fevereiro de 1967, e nos termos das Normas da Autoridade Marítima para Levantamentos Hidrográficos - NORMAM-25 (1ª Revisão), a realizar Levantamento Hidrográfico nas proximidades do porto de Imbituba, município de Imbituba, estado de Santa Catarina, no período de 2 de janeiro a 2 de julho de 2017, conforme descrito no projeto de Levantamento Hidrográfico recebido por este Centro em 26 de dezembro de 2016.

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 à 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 item 0203 da NORMAM-25 (1ª Revisão), a coleta e/ou processamento dos dados deverão ser realizados exclusivamente pela EE 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 EE.

Niterói, 27 de dezembro de 2016.

Por ordem:



ALEXANDRE MATTOS DE CAÚLA E SILVA

Capitão de Corveta (T)

Encarregado da Seção de Controle



**MARINHA DO BRASIL**  
**CENTRO DE HIDROGRAFIA DA MARINHA**

**AUTORIZAÇÃO Nº 413/16**

**CATEGORIA "B"**

O Diretor do Centro de Hidrografia da Marinha, de acordo com as delegações de competência estabelecidas pelas Portarias nº 39/DHN, de 23 de março de 2012, e nº 156/MB, de 3 de junho de 2004, AUTORIZA a CB&I Meio Ambiente e Infraestrutura Ltda., inscrita sob o nº 245 no Cadastro de Entidades Executantes de Levantamentos Hidrográficos, em conformidade com o art. 37 do Decreto-Lei nº 243, de 28 de fevereiro de 1967, e nos termos das Normas da Autoridade Marítima para Levantamentos Hidrográficos - NORMAM-25 (1ª Revisão), a realizar Levantamento Hidrográfico nas proximidades do porto de Imbituba, município de Imbituba, estado de Santa Catarina, no período de 2 de janeiro a 2 de julho de 2017, conforme descrito no projeto de Levantamento Hidrográfico recebido por este Centro em 26 de dezembro de 2016.

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 à 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 item 0203 da NORMAM-25 (1ª Revisão), a coleta e/ou processamento dos dados deverão ser realizados exclusivamente pela EE 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 EE.

Niterói, 27 de dezembro de 2016.

Por ordem:

  
ALEXANDRE MATTOS DE CAÚLA E SILVA  
Capitão de Corveta (T)  
Encarregado da Seção de Controle

PM   
MM   
CONTROLE   
SECO



# Anexo 3

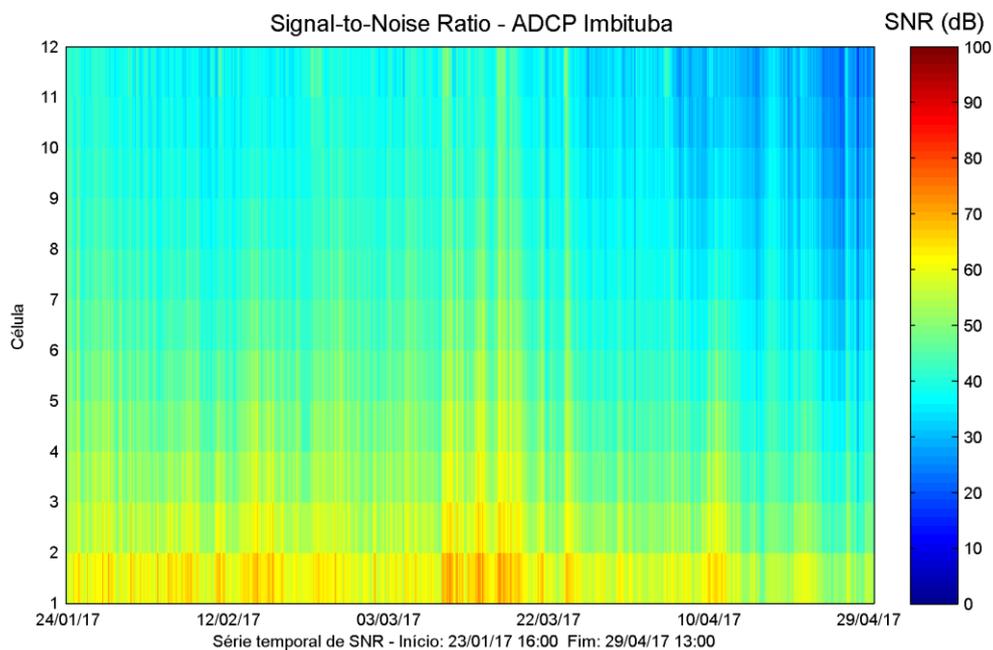


Figura 39: Amplitude do sinal de resposta para ondas no ST001 (Período total).

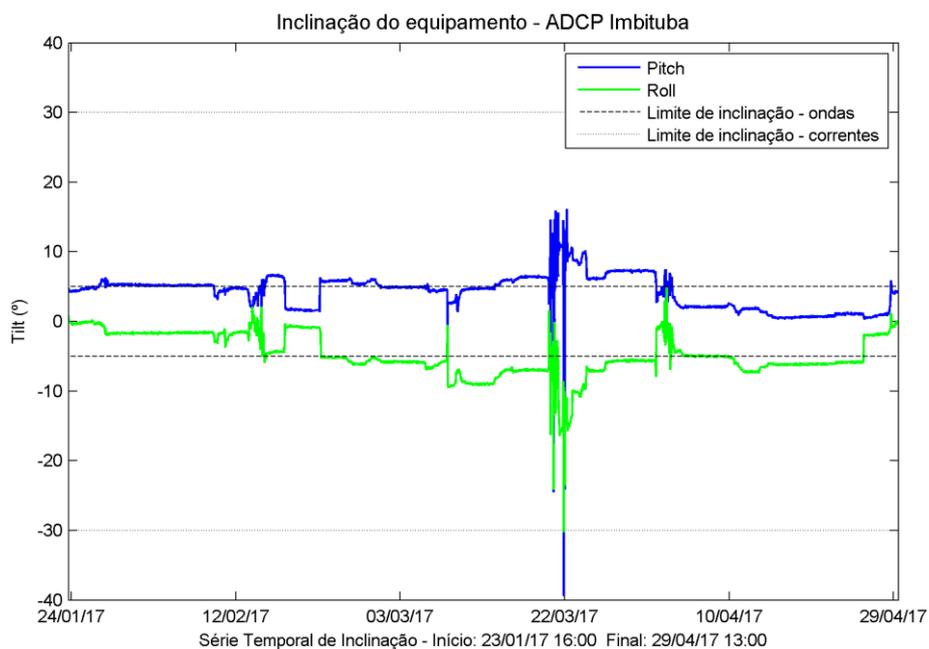
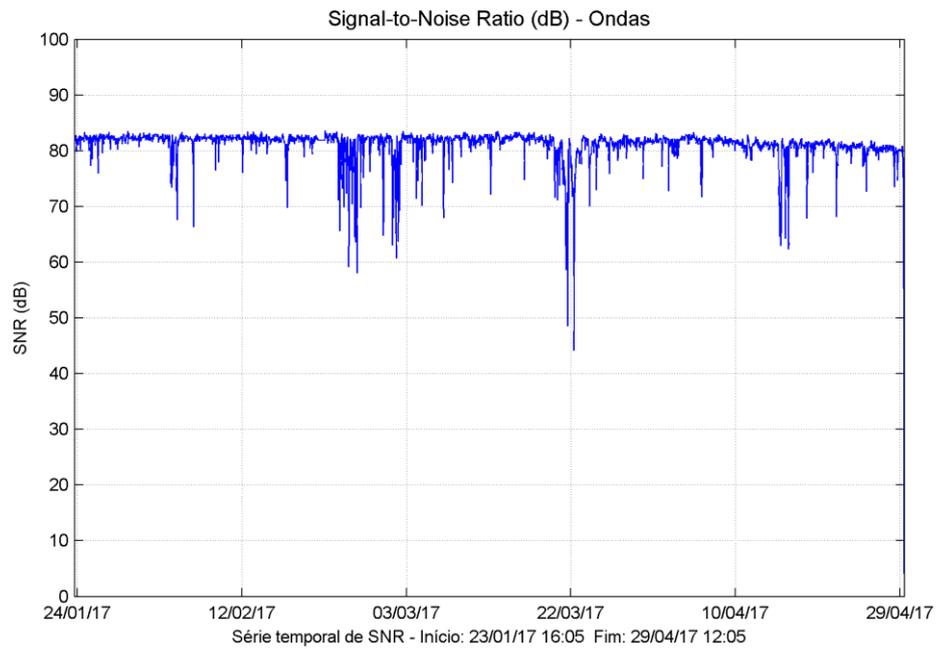


Figura 40: Inclinação do equipamento durante as campanhas no ST001 (Período total).



**Figura 41: Amplitude do sinal de resposta para ondas no ST001 (Período total).**