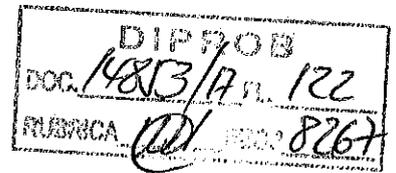




DOCAS DO RIO
AUTORIDADE PORTUARIA



COMPANHIA DOCAS DO RIO DE JANEIRO

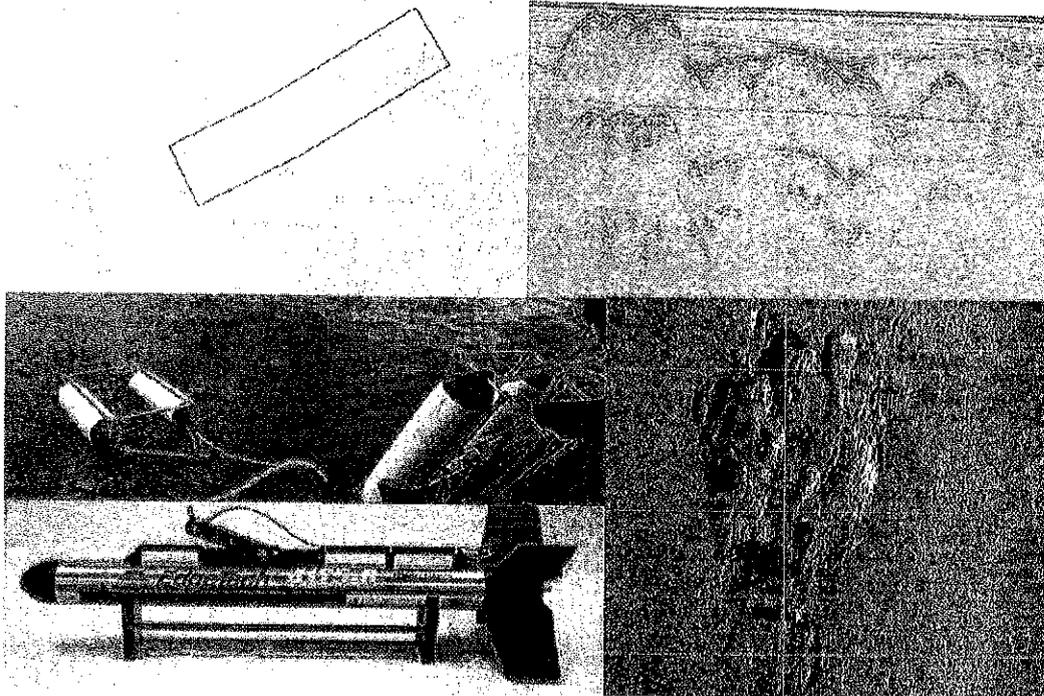
ANEXO I – C

Levantamentos sismobatimétricos e sonográficos

Alexandre S. Angelim – Especialista Portuário – Registro 8267

RELATÓRIO Nº 01/2010 – CDRJ

**SERVIÇOS DE LEVANTAMENTOS SISMOBATIMÉTRICOS
E SONOGRÁFICOS NA ÁREA DO CANAL DE ACESSO
AO PORTO DE ITAGUAÍ
BAÍA DE SEPETIBA - RJ**



SETEMBRO 2010

RELATÓRIO Nº 01/2010 – CDRJ**ÍNDICE**

1. Introdução	02
2. Geologia e Oceanografia da Área de Estudo	03
3. Equipes e Equipamentos Utilizados	05
4. Descrição dos Serviços	07
5. Geomorfologia do Fundo Marinho	21
6. Interpretação Sísmica	31
7. Cálculo de Volumes	49
8. Considerações Finais	56
9. Referências Bibliográficas	57
10. Anexos	58
10.1. Cópia da Autorização nº 185 / 2010 da DHN	59
10.2. Cópia da Ficha de Descrição da Estação Maregráfica	60
10.3. Cópia dos Maregramas do Período da Sondagem	61
10.4. Plantas de Batimetria, Sonografia e Sísmica Reduzidas	62
10.5. CD com os Arquivos do Serviço	63
10.6. Plantas de Batimetria, Sonografia e Sísmica Originais	64

Setembro 2010

1. INTRODUÇÃO

O presente relatório tem o objetivo de fornecer à **CDRJ** (Companhia Docas do Rio de Janeiro) os resultados dos levantamentos sismobatimétrico e sonográfico realizados pela **MICROARS CONSULTORIA E PROJETOS LTDA** no período de 23/07/10 a 10/08/10 na área do Canal de Acesso ao Porto de Itaguaí, na Baía de Sepetiba, Estado do Rio de Janeiro.

Os objetivos principais deste estudo foram caracterizar a morfologia, o comportamento estrutural e as extensões lateral e vertical do corpo rochoso, reunindo subsídios à futura programação de sondagens pelo método jet-probe e geotécnicas; e definir e quantificar os materiais (rocha e sedimentos) a serem removidos através da execução de cálculos volumétricos por faixas de profundidades para as cotas de 20m, 21m, 22m, 23m, 24m e 25m (DHN).

Os levantamentos geofísicos foram realizados sob a autorização nº **185/10**, expedida pelo Centro de Hidrografia da Marinha – CHM, cumprindo o que determina as Instruções Técnicas e Normativas dessa instituição.

2. GEOLOGIA E OCEANOGRAFIA DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo se situa no Canal de Acesso ao Porto de Itaguaí, na Baía de Sepetiba, Estado do Rio de Janeiro. A área engloba o atual canal, no trecho compreendido pelas bóias BL-03, BL-04, BL-05, BL-06, BL-07 e BL-08, formando uma poligonal fechada, que se estende por cerca de 4400m e 600m de largura.

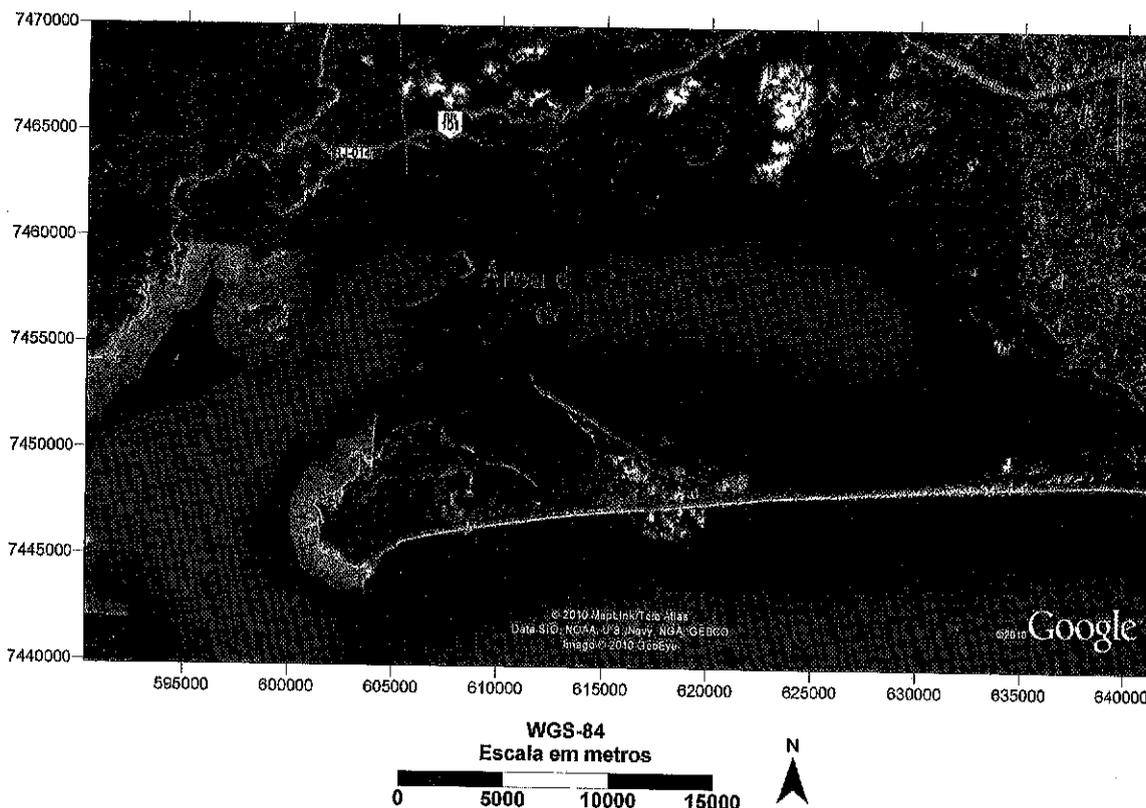


Figura 1: Imagem de satélite com a localização da área do projeto. O retângulo vermelho demarca a área específica onde a aquisição de dados foi realizada.

A Baía de Sepetiba constitui um corpo lagunar semi-confinado, situado entre as coordenadas de $22^{\circ} 54' S$ e $23^{\circ} 04' S$ e $43^{\circ} 03' W$ e $44^{\circ} 02' W$. Com aproximadamente 40km de comprimento e 16 km de largura, é limitada ao norte pelo próprio continente, ao leste pela planície de maré de Guaratiba, ao sul pela Restinga de Marambaia e à oeste por uma cadeia de ilhas, com alinhamento SW-NE.

A pequena comunicação com o Oceano Atlântico ocorre no lado oeste, pelo Canal de Guaratiba, já que a baía encontra-se isolada do mar aberto na porção sul pela presença da restinga de Marambaia, um cordão arenoso de aproximadamente dezenas de metros de comprimento e alguns poucos de largura. O regime de marés não ultrapassa os 2m de variação vertical, caracterizando a baía de Sepetiba como um ambiente de micromaré.

A baía de Sepetiba está localizada em um trecho do litoral bordejado pela Serra do Mar, constituído basicamente por granitos, gnaisses, migmatitos e sedimentos quaternários, representados por sedimentos de origem fluvial e marinha.

Em termos de sedimentação, a baía de Sepetiba é coberta basicamente por siltes, sendo observada, no entanto, a presença de areia média na entrada da baía, à oeste, e de areia fina nas proximidades da Ilha de Guaíba. Areias médias também são encontradas na maior parte do lado lagunar da restinga da Marambaia. Por sua vez, argilas foram mapeadas para as desembocaduras dos principais rios que deságuam na região (Ponçano, 1976). De uma forma geral, são encontradas no local fácies fluviais (tipicamente caracterizadas por feições como canais), de maré e de mangue.

Dados de sísmica de alta resolução analisados por Figueiredo (1989) *apud* Silva (2006) apontam para a existência de quatro unidades principais na coluna estratigráfica local. Uma unidade próxima ao fundo caracterizada por refletores paralelos e contínuos, provavelmente relacionados à ambientes de baixa energia hidrodinâmica; uma segunda unidade caracterizada por refletores regulares a irregulares, eventualmente erosivos, onde nota-se a intercalação entre sedimentos finos e grossos; e outras duas unidades, cujos refletores apresentam menor intensidade nos registros.

A história evolutiva da Baía de Sepetiba está relacionada à formação da restinga de Marambaia, e são duas as principais hipóteses que explicam a formação da mesma. De acordo com a primeira delas, os sedimentos trazidos pelo Rio Guandu e Itaguaí teriam se acumulado nas proximidades da ilha de Marambaia, e crescido na forma de um esporão no sentido W-E (Lamego, 1945). Desta forma, esta porção da costa estaria experimentando a retificação do litoral já evidente em outros trechos, como na região de Jacarepaguá, Marica e Saquarema, onde lagunas foram parcialmente isoladas do mar aberto por cordões arenosos. A outra hipótese (Roncarati e Barrocas, 1978) explica a formação da Restinga de Marambaia com base no último evento glacial. De acordo com esta teoria, com o rebaixamento do nível do mar, a área hoje ocupada pela baía de Sepetiba estaria sob condições de sedimentação de ambiente continental. Assim, com a posterior subida do nível do mar em cerca de 3 a 5 m (Transgressão Flandriana ~ 4.000 a 5.000 anos antes do presente), a região teria sido novamente inundada, e o retrabalhamento dos sedimentos previamente depositados teria originado uma faixa de areias transgressivas, que teria migrado em direção ao continente juntamente com o avanço do nível do mar.

3. EQUIPES E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

3.1. EQUIPES

Na execução dos serviços contratados, foram utilizados os seguintes profissionais:

a) **No campo** ⇒ Equipe composta por:

- 01 geólogo sênior, com especialização em geofísica marinha e geotecnia;
- 03 oceanógrafos, com especialização em sonografia e perfilagem sísmica;
- 01 engenheiro eletrônico;
- 01 técnico em hidrografia, especializado em levantamentos automatizados;
- 02 auxiliares técnicos de hidrografia.

b) **No escritório** ⇒ Além dos próprios técnicos que compuseram a equipe de campo, também atuaram na revisão e processamento dos levantamentos:

- 01 engenheiro sênior, como supervisor do projeto;
- 02 técnicos em estação CAD, para confecção das plantas e desenhos.

3.2. EQUIPAMENTOS E PROGRAMAS

Foram utilizados, nos serviços, os seguintes equipamentos e programas:

a) **Sistema de Batimetria** ⇒ Sistema de batimetria automatizada, composto de:

- 01 computador Pentium, com sistema Hypack 2009;
- 01 ecobatímetro Odom Hydrotrac;
- 01 gerador a gasolina Honda EM-1000.

b) **Sistema de Sonografia** ⇒ Para obtenção dos perfis sonográficos foi utilizado um sistema de sonar de varredura lateral, constituído de:

- 01 peixe (*towfish*), da EdgeTech 4125-D, frequências de 400KHz e 1250KHz;
- 01 unidade processadora de sinais;
- 01 computador portátil dedicado, provido de softwares de operação e aquisição;
- 01 cabo de reboque.

c) **Sistemas de Geofísica Rasa** ⇒ Para a obtenção dos perfis sísmicos foram utilizados, em conjunto, dois tipos de sistemas de aquisição, constituídos dos seguintes módulos principais:

➤ **Boomer**

- 01 fonte de energia sísmica ENERGOS 300 Joules
- 01 hidrofone SIG, mod. 16.8.5, com 8 cristais
- 01 emissor acústico SIG, acoplado a um catamarã
- 01 gerador Honda E-8000, de 8 KVA
- 01 sistema digital de aquisição de dados sísmicos MDCS / MERIDATA

➤ **Chirp**

- 01 transdutor TR1075D, frequência 2 a 8 KHz, da MERIDATA
- 01 placa de interface do sistema NI PCI-6221
- 01 transformador de impedância
- 01 amplificador de transmissão linear LAB FP-2600

d) Subsistema de Posicionamento Eletrônico DGPS ⇒ Sistema GPS Diferencial em tempo real, composto de:

- 01 receptor DGPS R130 da Hemisphere, com correção diferencial em tempo real a partir de sinal Omnistar.

e) Embarcação de Prospecção ⇒ Embarcação usada no levantamento, em condições de navegabilidade e segurança, compatíveis com as necessidades do serviço.

f) Sistema Central ⇒ Sistema de processamento de dados, usado no planejamento e processamento final dos serviços, consistindo de:

- 01 estação de trabalho com microcomputador Pentium e monitor de vídeo;
- 01 plotador de precisão A0;
- 01 mesa digitalizadora de precisão;
- 01 impressora gráfica.

g) Programas ⇒ Foram utilizados, nos serviços, os seguintes programas:

- Programa Hypack 2009 para navegação, aquisição e processamento dos dados batimétricos;
- Programa de aquisição sonográfica Discover 4100;
- Programa Hypack 2008 (aplicativo HyScan), para processamento do mosaico sonográfico;
- Programas de aquisição e processamento dos dados sísmicos (MDCS- Marine Data Collection e MDPS – Marine Data Pos-processing 4.3 – Meridata);
- Programa para modelagem digital Surfer Versão 8.0;
- Programa para emissão de plantas MaxiCAD, versão para Windows;
- Programas de integração Surfer/MaxiCAD/Hypack.

4. DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS

4.1. LEVANTAMENTO SISMOBATIMÉTRICO

O levantamento sismobatimétrico é, na verdade, a integração de duas técnicas diversas de trabalho – sísmica e batimetria – que, embora se complementem e apresentem semelhanças no modo de aquisição, possuem metodologias distintas quanto ao processamento e aos resultados alcançados.

Assim, embora as duas técnicas tenham sido realizadas de forma concomitante – já que, tanto as linhas de sondagem percorridas, quanto o posicionamento efetuado, servem igualmente para ambas – opta-se por descrever as duas metodologias separadamente.

4.1.1. Batimetria Automatizada

Consistiu em um conjunto de procedimentos voltados para a utilização de equipamentos integrados a computadores, de forma que as tarefas de coleta de dados foram executadas de maneira automatizada, com total controle sobre a confiabilidade dos resultados obtidos. Compreendeu três fases distintas: preparo, levantamento e emissão de resultados.

a) Fase de planejamento e levantamento em campo

Segundo o memorial descritivo fornecido pelo cliente a área a ser investigada (figura 2) engloba o atual canal de acesso ao porto de Itaguaí (Baía de Sepetiba – RJ), no trecho compreendido pelas bóias BL-03, BL-04, BL-05, BL-06, BL-07 e BL-08, formando uma poligonal fechada, que se estende por cerca de 4400m e 600m de largura. Possui 6 (seis) vértices, definidos pelas seguintes coordenadas, no Sistema UTM, Datum WGS-84:

Vértice	Coordenadas UTM (Datum WGS-84)	
	ESTE	NORTE
A	604.550,96	7.457.077,68
B	604.817,10	7.456.542,45
C	606.089,84	7.457.840,88
D	606.317,33	7.457.286,48
E	608.310,05	7.459.185,93
F	608.616,82	7.458.679,56

No centro da área definida para o estudo investigações prévias detectaram a localização de um afloramento rochoso no ponto de coordenadas E = 606.695m e N = 7.457.804m, no Sistema UTM, Datum WGS-84, situado a noroeste da Ilha de Jaguanum e a sudoeste da Ilha Jurubaíba, entre o par de bóias BL-05 (boreste) e BL-6 (bombordo).

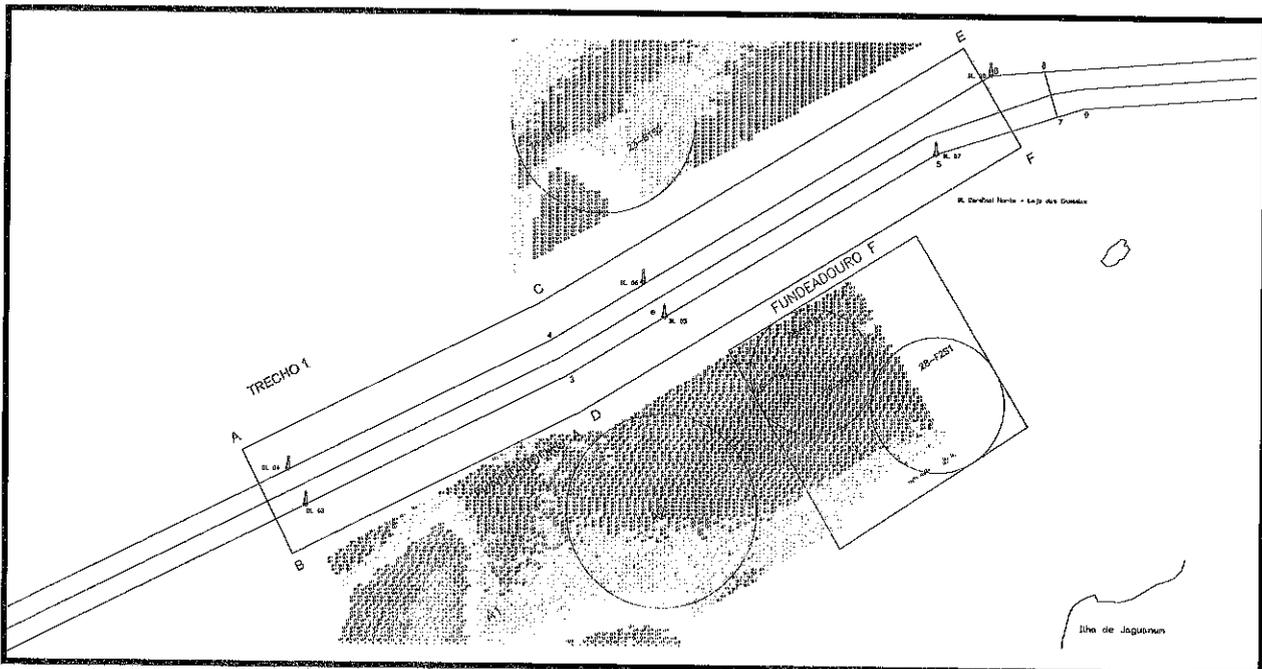


Figura 2: Trecho do canal de acesso ao porto de Itaguaí e uma poligonal que define a área do presente estudo. Notar entre as bóias 5 e 6 um ponto que fornece a localização de um afloramento rochoso localizado previamente no fundo do canal.

Inicialmente para a área de estudo foi realizada uma programação de aquisição mais abrangente ao longo de toda a área de interesse. Dessa maneira foram programadas 51 seções de aproximadamente 4,4 km, espaçadas a cada 20 m (1000m totais de largura), compreendendo uma área de aproximadamente 4,4 Km² (Figuras 3 e 4), além de 5 linhas de controle, de 1000 m de comprimento, para a amarração dos refletores sísmicos durante a interpretação.

As linhas sísmicas dessa programação inicial foram sendo enviadas ao escritório a medida que eram adquiridas em campo. Dessa maneira foi possível realizar uma pré-análise dos dados, e identificar uma área onde o embasamento rochoso ocorria em cotas críticas para os projetos de ampliação do canal de navegação ("picos" rochosos aflorantes e/ou subaflorantes).

Nessa área específica foi proposta uma segunda programação de linhas para o adensamento dos dados: 45 seções intermediárias de aproximadamente 1,5 km, espaçadas a cada 20m (900m totais de largura) compreendendo uma área de aproximadamente 1,35 km² (Figura 5), além de 10 linhas de controle de 1000m cada. A programação longitudinal adicional resultou então em uma malha com linhas a cada 10 m, com intuito de gerar uma melhor visualização do objetivo proposto.

O conjunto de linhas totaliza aproximadamente 300 Km de aquisição linear conforme prevê o contrato firmado.

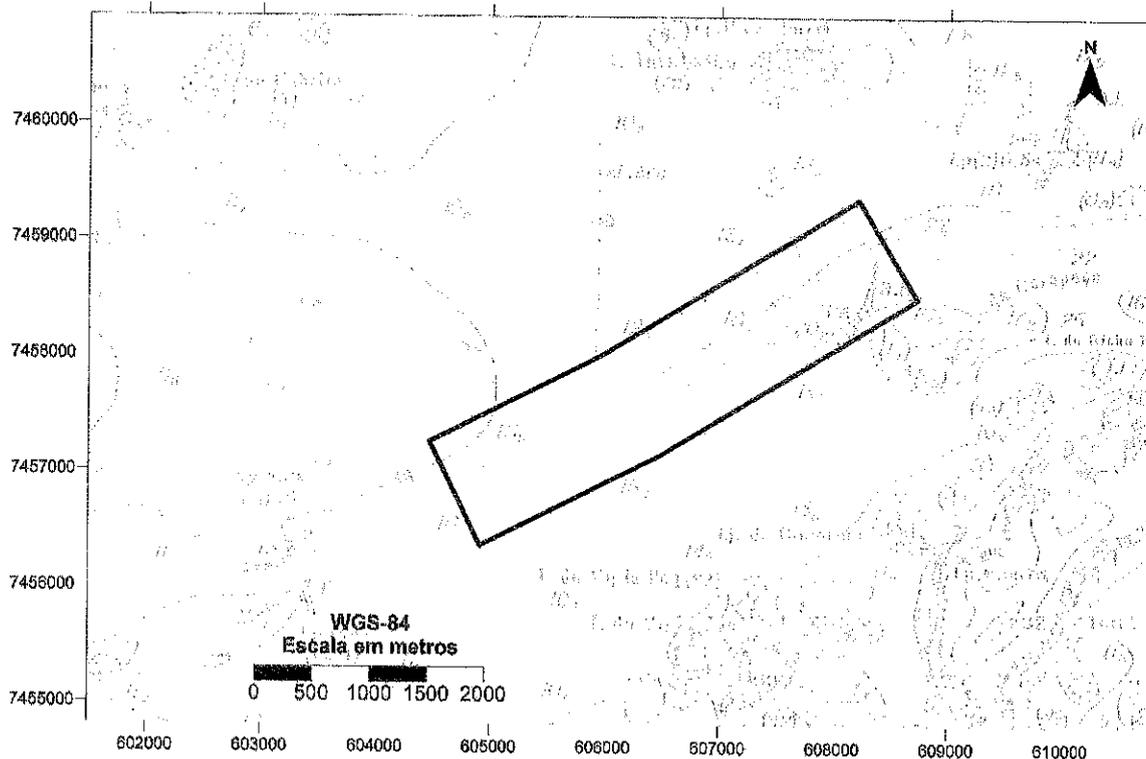


Figura 3: Mapa mostrando a área de levantamento (polígono em vermelho) sobre a carta náutica nº 1607, referentes aos levantamentos (Coordenadas em UTM, Datum WGS-84).

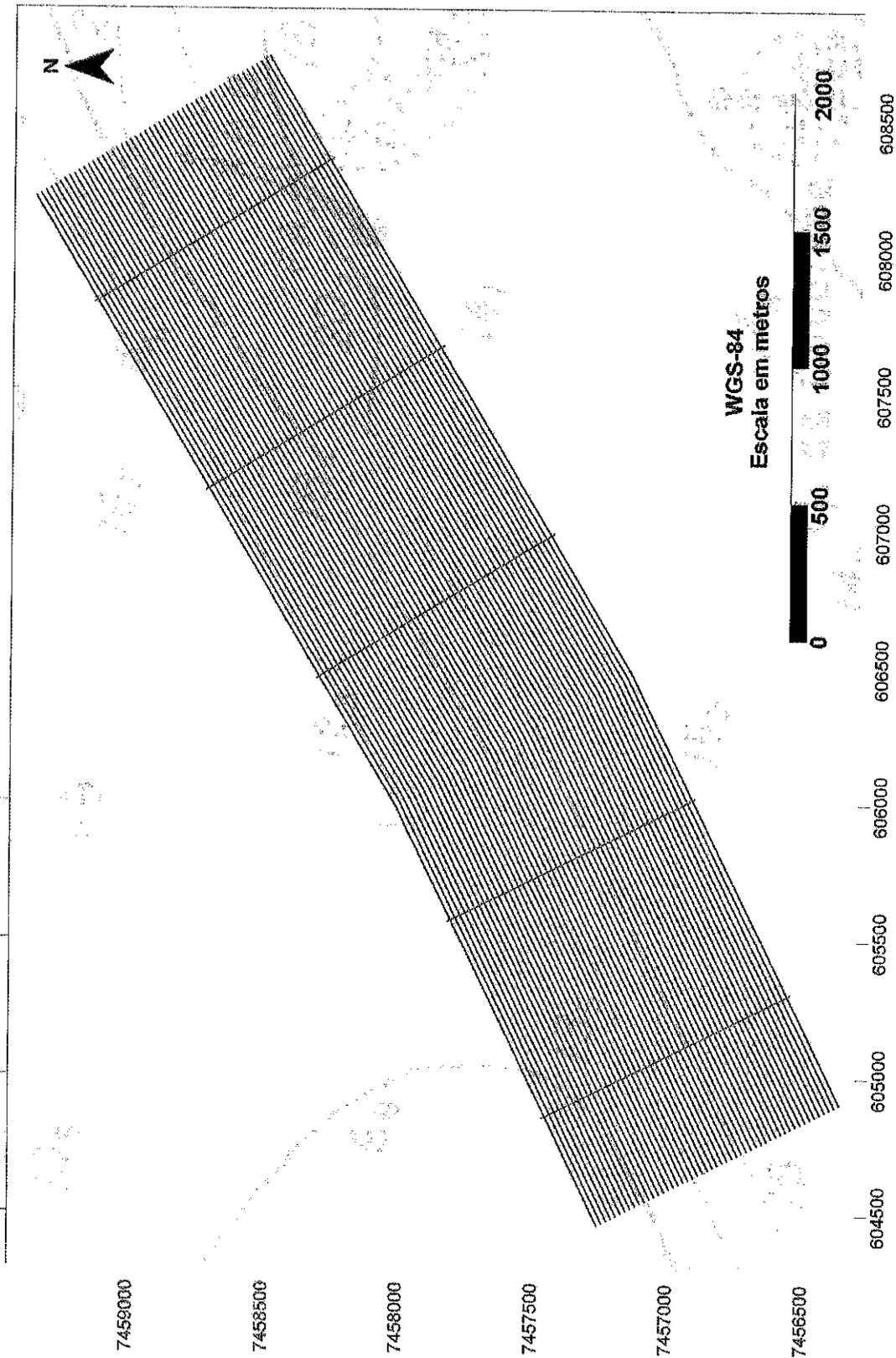


Figura 4: Mapa mostrando as linhas de aquisição de dados (em vermelho) e as linhas de controle (em verde) sobre a carta náutica nº 1607, referentes aos levantamentos (Coordenadas em UTM, Datum WGS-84).

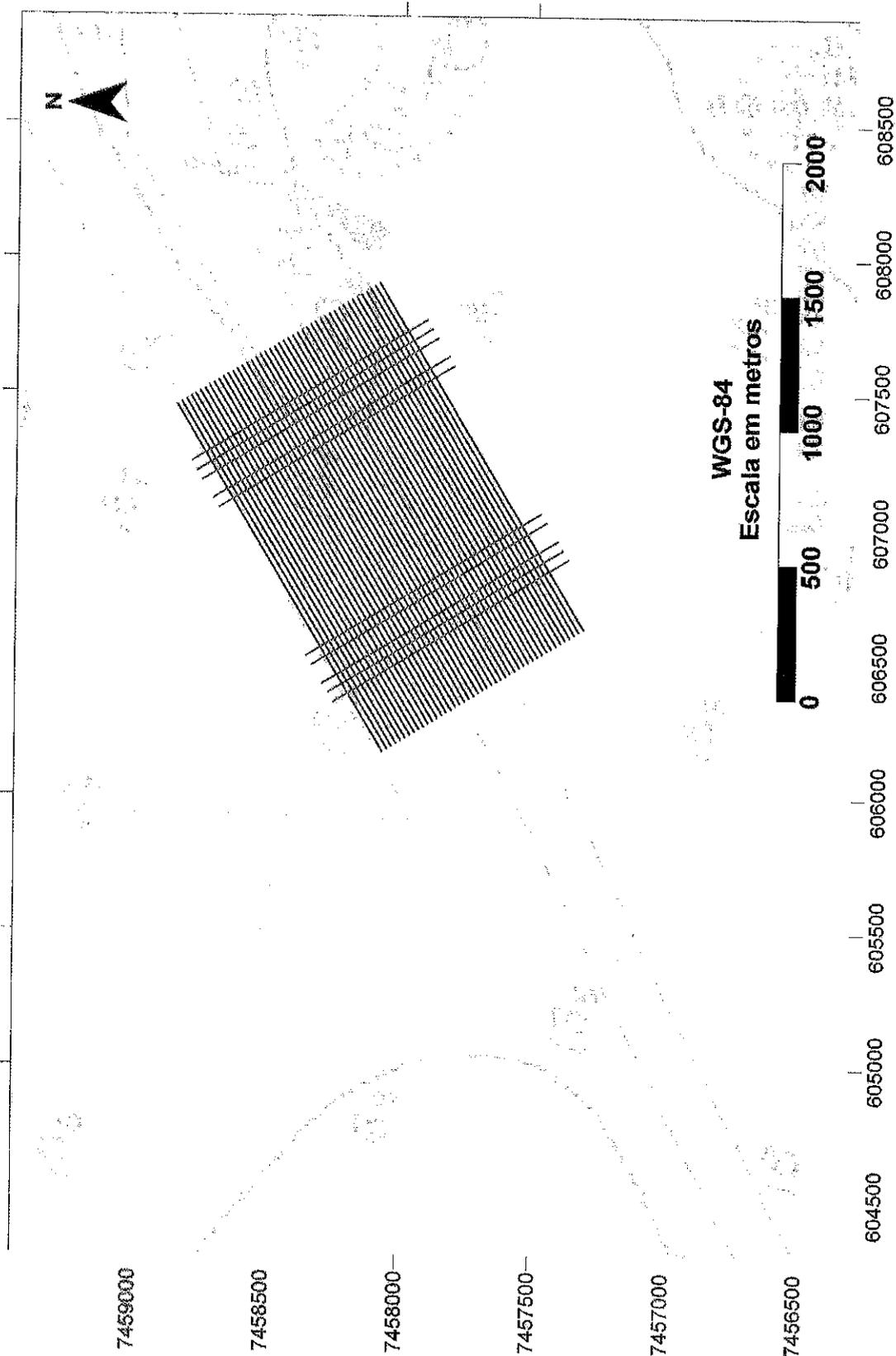


Figura 5: Mapa mostrando as linhas de aquisição de dados da programação de detalhamento (em azul) e as linhas de controle (em laranja) sobre a carta náutica nº 1607, referentes aos levantamentos (Coordenadas em UTM, Datum WGS-84).

Os levantamentos seccionais foram realizados através de sistema de bordo computadorizado, para automação da coleta dos dados batimétricos e orientação visual da navegação, sobre as seções previamente programadas. Com isto obteve-se uma varredura sistemática e homogênea da área prospectada.

O sistema de bordo consistiu de um computador Pentium, com monitor de vídeo colorido de alta resolução, interligado ao sistema de posicionamento e ao ecobatímetro, através de interfaces especiais. O sistema de posicionamento utilizado foi o GPS diferencial (DGPS), em tempo real, com precisão submétrica, ou seja, melhor do que 1 (um) metro.

As profundidades foram medidas com ecobatímetro digital ODOM HYDROTRAC, de registro contínuo e precisão melhor do que 5 (cinco) centímetros, frequência de 210 KHz, com aquisição e gravação automática pelo computador de bordo.

No levantamento, foi utilizada a embarcação "Da Prata Rio", devidamente inscrita na Capitania dos Portos, na qual foram instalados os equipamentos necessários ao levantamento.

A precisão dos dados adquiridos pelos instrumentos de medição envolvidos no processo é garantida pelos procedimentos de aferição **obrigatoriamente efetuados** em campo, e realizados de acordo com normas adotadas pela DHN:

- O ecobatímetro foi aferido no início e ao fim da faina de prospecção, com placa de calibragem arriada a uma profundidade próxima à máxima local, não sendo detectadas discrepâncias entre as aferições;
- O DGPS foi aferido em pontos de coordenadas conhecidas, através da leitura e comparação dos dados com as coordenadas reais do ponto de calibragem.

b) Emissão de Resultados

Nesta terceira fase, foram compilados todos os dados adquiridos no levantamento, com as devidas correções das variações de maré e interpretação dos registros sísmicos e batimétricos, gerando arquivos com seqüências de ternos Posição/Profundidade (X_{UTM} , Y_{UTM} , **Profundidade**).

Tais arquivos serviram de base para a geração de modelos bi e tridimensionais do terreno e das plantas de batimetria e de interpretação sísmica elaboradas.

4.1.2. Perfilagem Sísmica Contínua

O método da perfilagem sísmica contínua baseia-se no princípio de que as ondas acústicas viajam com diferentes velocidades em diferentes tipos de rocha.

Inicialmente, uma fonte de energia, periodicamente disparada, gera uma série de ondas acústicas que atravessam a coluna d'água e se propagam através da coluna sedimentar. Estas ondas são refletidas quando encontram uma descontinuidade de impedância acústica, ou seja, uma superfície que separa dois

meios de densidade diferentes. Estas interfaces aparecem nos registros sísmicos como horizontes refletores, que representam, em geral, uma camada geológica. Posteriormente, a onda refletida é captada por sensores piezoelétricos (hidrofones), que seguem rebocados na popa da embarcação. Os hidrofones convertem a onda mecânica em sinal elétrico, cuja amplitude irá variar de acordo com a intensidade do sinal do retorno. Antes de ser gravado, o sinal é filtrado, visando à diminuição da relação sinal/ruído, e amplificado eletronicamente (Figura 6). O ruído mencionado deve-se à interferência gerada pelo vento, ondas superficiais, chuva, barulho da embarcação, etc (Ayres, 2000; Ayres & Baptista Neto, 2003).

Na prática, uma velocidade aproximada de 1500m/s é assumida para a propagação de ondas na água do mar, variando basicamente de acordo com a salinidade do meio. Já a velocidade de propagação das ondas nos sedimentos depende de uma série de fatores, como por exemplo, porosidade, pressão de confinamento, grau de saturação e temperatura.

A geofísica, de uma forma geral, demonstra alta capacidade de aquisição de dados, fornecendo uma visão ampla da geologia de grandes áreas, numa relação custo-benefício bastante interessante. No entanto, deve-se lembrar que constitui um método indireto, já que utiliza as variações das propriedades físicas (no caso, a propagação de ondas acústicas) para o mapeamento geológico do fundo marinho. Assim, sempre que possível, amostragens diretas (sondagens geotécnicas) devem ser realizadas, a fim de complementar os estudos geológicos nas áreas de interesse.

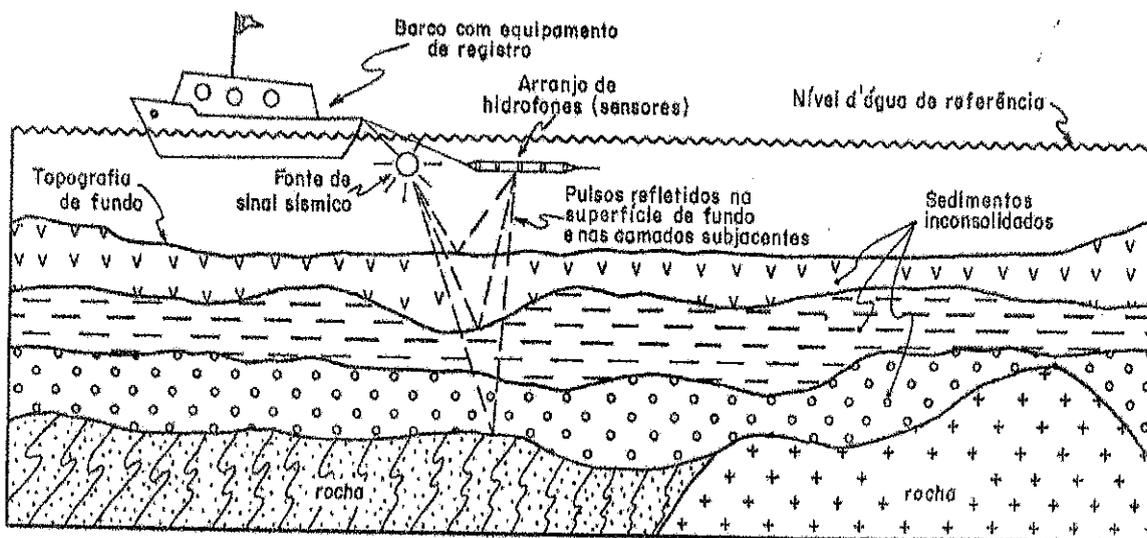


Figura 6: Geometria da técnica de perfilagem sísmica contínua (Souza, 1988).

a) Levantamento de Campo

A perfilagem sísmica foi realizada neste trabalho através do emprego de duas fontes acústicas diferenciadas, cujos sinais emitidos possuem frequências inferiores a 10 KHz. Estas fontes, denominadas de *boomer* e *chirp*, objetivam a investigação de áreas rasas submersas, com o intuito de obter informações sobre a disposição das camadas sedimentares em profundidade e, no caso do presente estudo, sobretudo, a profundidade do embasamento rochoso.

Uma das diferenças entre os métodos de investigação deve-se a frequência utilizada, que influi de forma decisiva sobre os objetivos a serem atingidos. No caso do *boomer*, cuja frequência é inferior a 2 KHz, a prioridade da investigação é a penetração na coluna sedimentar, e profundidades significativas podem ser atingidas através de seu emprego. Já no caso do *chirp*, que utiliza frequências que variam entre 2 e 10 KHz, a prioridade torna-se a resolução das camadas mais superficiais, porém em termos de penetração, este método mostra-se menos satisfatório quando comparado as fontes de frequências mais baixas, como o *boomer*. É necessário ressaltar, no entanto, que a resposta dos métodos dependerá de diversos fatores, como o tipo de sedimento constituinte do fundo submarino local (Souza & Mahiques, 2009).

Portanto, neste trabalho, o uso das diferentes fontes acústicas possibilitou uma investigação integrada da área de interesse, através da aplicação de métodos geofísicos complementares, fornecendo informações tanto sobre as camadas mais superficiais, quanto sobre as situadas em maiores profundidades.

Para a aquisição dos registros sísmicos foi utilizado o software *MDCS Marine Data Collection Meridata 4.3*.

A velocidade da embarcação, que influencia a nitidez dos registros, foi mantida a mais reduzida possível.

b) Processamento dos Dados Coletados

Após a conclusão dos trabalhos de campo, a interpretação sísmica foi realizada, em meio digital, através do software *MDPS Marine Data Pos-Processing Meridata*.

4.2. LEVANTAMENTO SONOGRÁFICO

4.2.1. Teoria do método

O princípio de funcionamento da técnica de sonografia baseia-se na emissão de sinais acústicos de altas frequências (comumente entre 100 e 500 KHz) em intervalos regulares de tempo por dois transdutores submersos montados em um corpo hidrodinâmico (*towfish*) e dirigidos para ambos os lados da superfície do fundo, atuando como emissores e receptores simultaneamente (Figura 7).

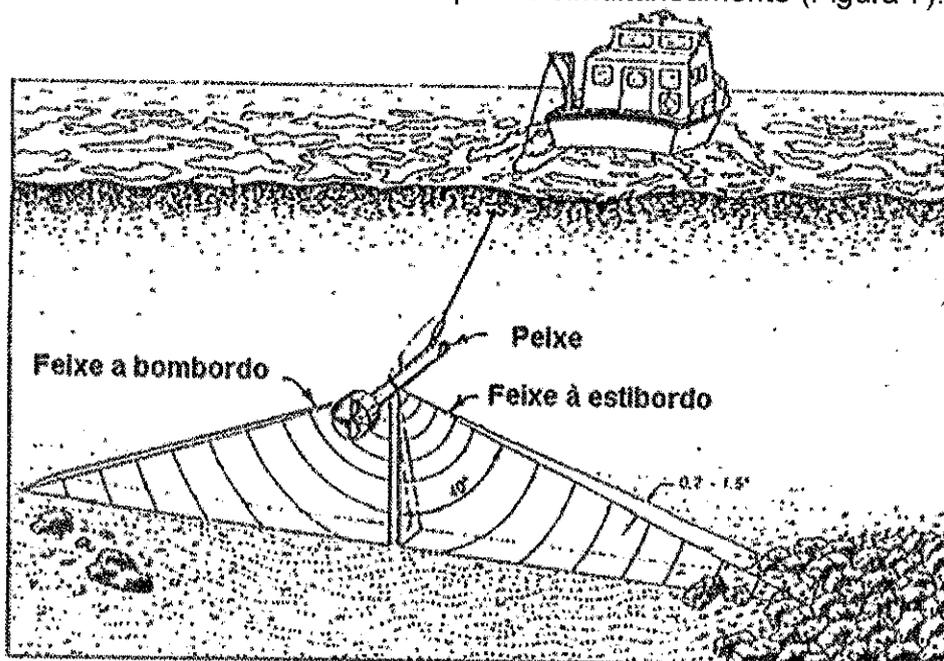


Figura 7: Sonar de Varredura Lateral em operação com uma pequena embarcação (Modificado de Morang *et al.*, 1996).

Disposto a certa distância sobre o fundo marinho, o *towfish* emite os pulsos acústicos em um ângulo reto da direção de reboque, que são refletidos a partir de objetos ou feições no fundo do mar. Os transdutores no peixe detectam essas reflexões, converte-as em energia elétrica e as envia para a unidade processadora de sinais localizada dentro da embarcação (Morang *et al.*, 1996).

A imagem do fundo é mostrada em tempo real na tela do computador de bordo e armazenada em formato digital para posterior processamento. O registro de imagem é chamado de sonograma e é análogo a uma fotografia aérea contínua (Morang *et al.*, 1996).

Cada sinal de retorno é plotado a uma distância da linha de centro correspondendo ao tempo que levou para ser recebido pelos transdutores, assumindo-se uma velocidade de propagação de cerca de 1500 m/s (Figura 8).

A ensonificação oblíqua sobre o leito marinho (Figura 9) produz uma distorção de escala resultado da variação dos comprimentos de trajetória do sinal e ângulo de incidência dos raios refletidos. Esta distorção pode ser automaticamente corrigida

antes que o registro seja reproduzido ou mostrado em uma tela, proporcionando uma visão plano-isométrica das feições do leito marinho (Keary *et al.*, 2002). Isso é realizado com a aplicação da correção *Slant Range*, que utiliza a relação de Pitágoras para um triângulo retângulo para obter a distância real da linha de rumo do peixe a um determinado alvo, conforme mostra a Figura 9.

A imagem sonográfica é formada pelo eco do sinal que retorna ao equipamento com intensidades distintas de acordo com uma série de fatores (Ayres Neto, 2000; Morang *et al.* 1996).

De acordo com Blondel & Murton (1997) os principais são o tipo de sedimento de fundo, o ângulo de incidência do sinal, a micromorfologia do fundo marinho e a atenuação das ondas acústicas. Quaresma *et al.* (2000) acrescenta que além da textura e morfologia do fundo, e da granulometria do sedimento, a intensidade de retroespalhamento do sinal se dá também em função de características particulares do sedimento como grau de compactação.

De maneira geral, quanto mais grosso for o sedimento maior será a quantidade de energia refletida. Assim sendo uma areia grossa refletirá mais energia do que um sedimento lamoso. Isso acontece porque a irregularidade e a área de incidência proporcionada por grãos maiores permite que a energia incidente em determinados pontos seja preferencialmente refletida. No entanto, o registro final é o resultado relativo das energias refletidas; de modo que uma região com areia muito grossa e areia fina apresentará um padrão de reflexão muito semelhante a uma área coberta por areia fina e lama (Ayres Neto, 2000).

Morang *et al.* (1996) também salienta que alvos rígidos como rochas e estruturas em aço produzem uma intensa reflexão, ao passo que fundos moles de argila refletem sinais de muito baixa intensidade.

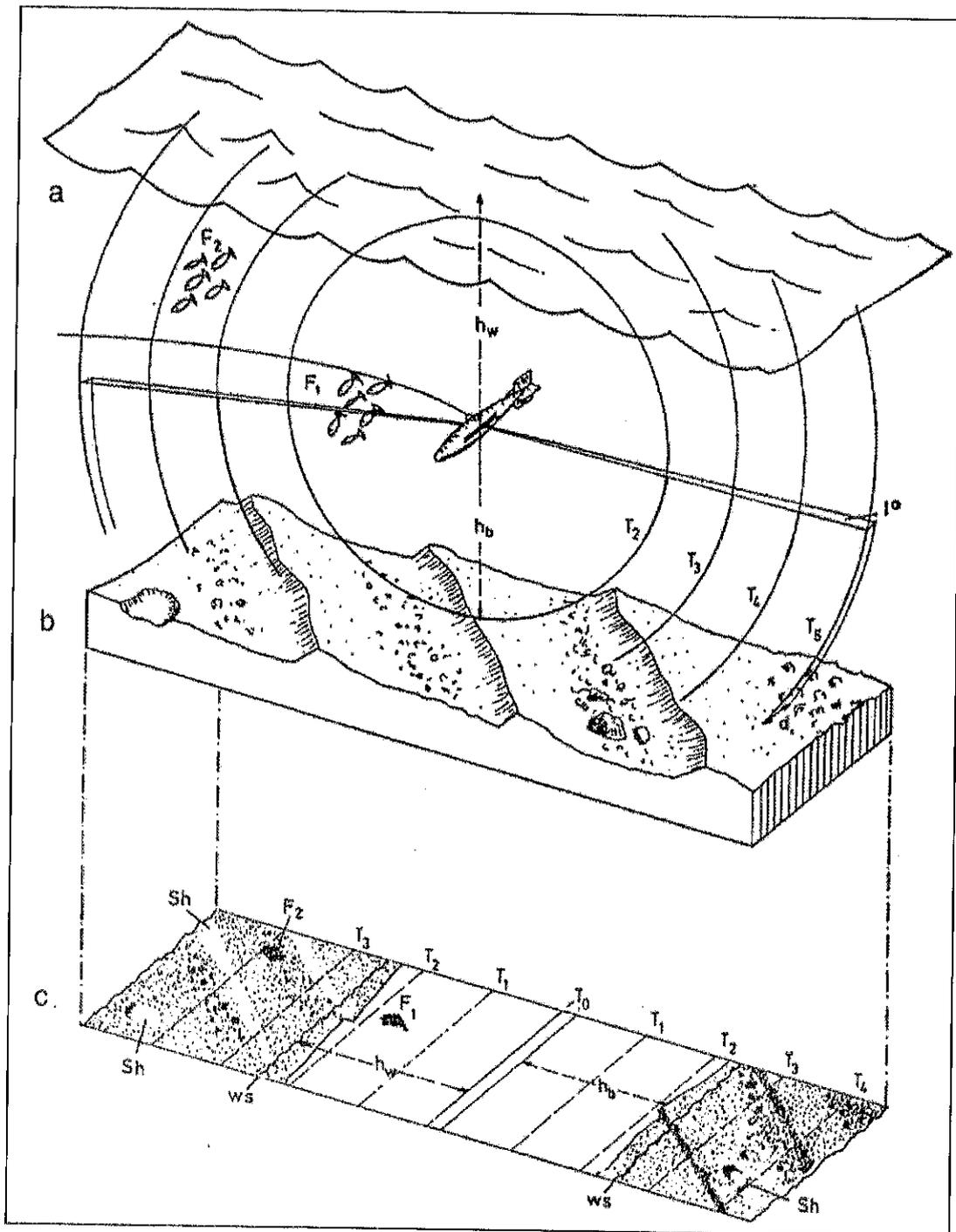


Figura 8: Princípio da varredura lateral realizada sobre feições do leito marinho e sua representação em sonograma. a) Superfície da água; b) Fundo do mar com ripples, rochas e uma pequena depressão (à esquerda); c) Seção do registro acústico (sonograma). To pulso de partida da fonte sonora submersa (peixe); T₁, T₂, etc... marcações de tempo (igual a distância de reflexão do objeto); Sh sombra acústica; F₁, F₂ pequenos cardumes e suas imagens acústicas; h_w distância ao fundo marinho. (Fonte: Newton *et al.*, 1973 *apud* Seibold & Berger, 1996).

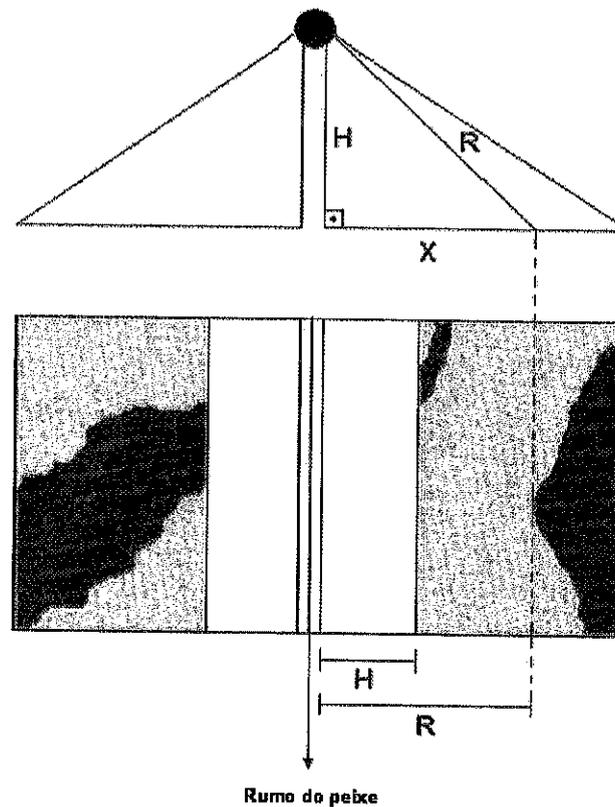


Figura 9: Desenho esquemático da geometria da emissão de feixes pelo Sonar de Varredura Lateral (representado pelo círculo), imagem sonográfica e a correção *Slant Range*. R representa a medida sobre o registro da linha de rumo ao ponto do limite de uma faciologia hipotética (distância irreal); H representa a coluna d'água sobre o sonar e X é a medida real entre a linha de rumo do peixe e a feição, que é dada pela relação de Pitágoras $X = (R^2 - H^2)^{1/2}$.

As reflexões sonográficas podem ser classificadas qualitativamente em padrões, considerando-se aspectos como os contrastes de impressão (tonalidades de cinza mais claras ou mais escuras - que se associam à intensidade de retroespalhamento do sinal e à impedância acústica do fundo), à textura (grossa ou fina) e à homogeneidade dos registros (Ayres Neto & Aguiar, 1993). De acordo com Ayres Neto (2000), a grande vantagem da utilização de métodos geofísicos como o Sonar de Varredura Lateral está na possibilidade de cobertura de extensas áreas em curtos períodos de tempo.

Os dados após serem devidamente processados fornecem valiosas informações sobre a área investigada, permitindo que o número e a localização de amostras sejam determinados de modo mais eficiente, reduzindo os custos finais de um projeto. Ou seja, os dados sonográficos servirão de base para a escolha de pontos de coleta de amostras superficiais.

Essas informações diretas, quando correlacionadas a padrões sonográficos, permitem a confecção de um mapa de detalhe da cobertura sedimentar de uma área em estudo (correlação lateral entre as amostras e delimitação de domínios faciológicos ou de concentração mineral). Além disso, permite a visualização de afloramentos rochosos subaquáticos, localização de zonas de dragagem,

identificação de obstáculos naturais como troncos e obstáculos como embarcações naufragadas, com vistas à caracterização de vias navegáveis. Cita-se ainda a importância da ferramenta para avaliação das condições de quebra-mares, piers e dutos, entre outras estruturas subaquáticas.

a) Fase de planeamento e levantamento em campo

O levantamento sonográfico seguiu a mesma programação do levantamento sismobatimétrico (conforme descrito no item 4.1.1a). Foi utilizado o *range* de varredura máximo fornecido pelo equipamento (100 m), o que permite a escolha de diferentes sobreposições entre linhas durante o processamento dos registos; excedendo o mínimo de 25% recomendado. A frequência utilizada na foi de 400 KHz.

O levantamento com sonar de varredura lateral foi realizado com o mesmo sistema DGPS de navegação de bordo utilizado para a batimetria e sísmica, com precisão submétrica para orientação visual da navegação sobre as seções previamente programadas.

O *towfish* foi rebocado atrás da embarcação com comprimentos de cabo adequados à variação da profundidade local e em geometria configurada em relação à antena do DGPS. Nas linhas de 1 a 5 foram utilizados 10 m, nas linhas de 6 a 11 foram utilizados 14 m e nas linhas de controle 7 m de cabo, gerando distâncias lineares (*Layback*) em relação a popa da embarcação de 5.0, 7.0 e 4.5 m respectivamente.

A correção de posicionamento é feita simultaneamente no software de aquisição. Além disso, o equipamento de sonografia é capaz de perceber e registrar variações no seu curso e movimentações em seus eixos longitudinal e transversal (*pitch* e *roll*), que são utilizadas para correções durante o processamento. Um critério bastante importante considerado durante a aquisição foi a distância entre o *towfish* e o fundo, mantida na maioria do tempo entre 10 e 20% do *range* de varredura utilizado, para garantir boa resolução das imagens, evitar reflexões de superfície e formação de sombreamentos acústicos excessivamente grandes quando protuberâncias do fundo marinho forem imageadas.

Após a finalização da aquisição, as imagens sonográficas foram analisadas ainda em campo, para a escolha de pontos amostrais de sedimentos superficiais, visando a calibragem das reflexões. Desta forma foram coletadas 5 amostras através de uma draga de arrasto do tipo *Gibbs*.

b) Processamento e Análise dos Dados Sonográficos

O processamento dos dados levantados engloba a correção longitudinal (velocidade da embarcação), transversal (*slant range*), de atenuação do sinal (TVG) e produção de um mosaico, que consiste na geração de uma única imagem georeferenciada do fundo marinho, associando todas as linhas de levantamento, através do software Hypack 2009 (aplicativo HyScan).

5. GEOMORFOLOGIA DO FUNDO MARINHO

Nas figuras 10 e 11 são apresentados respectivamente os modelos batimétricos em duas e três dimensões de toda a área investigada.

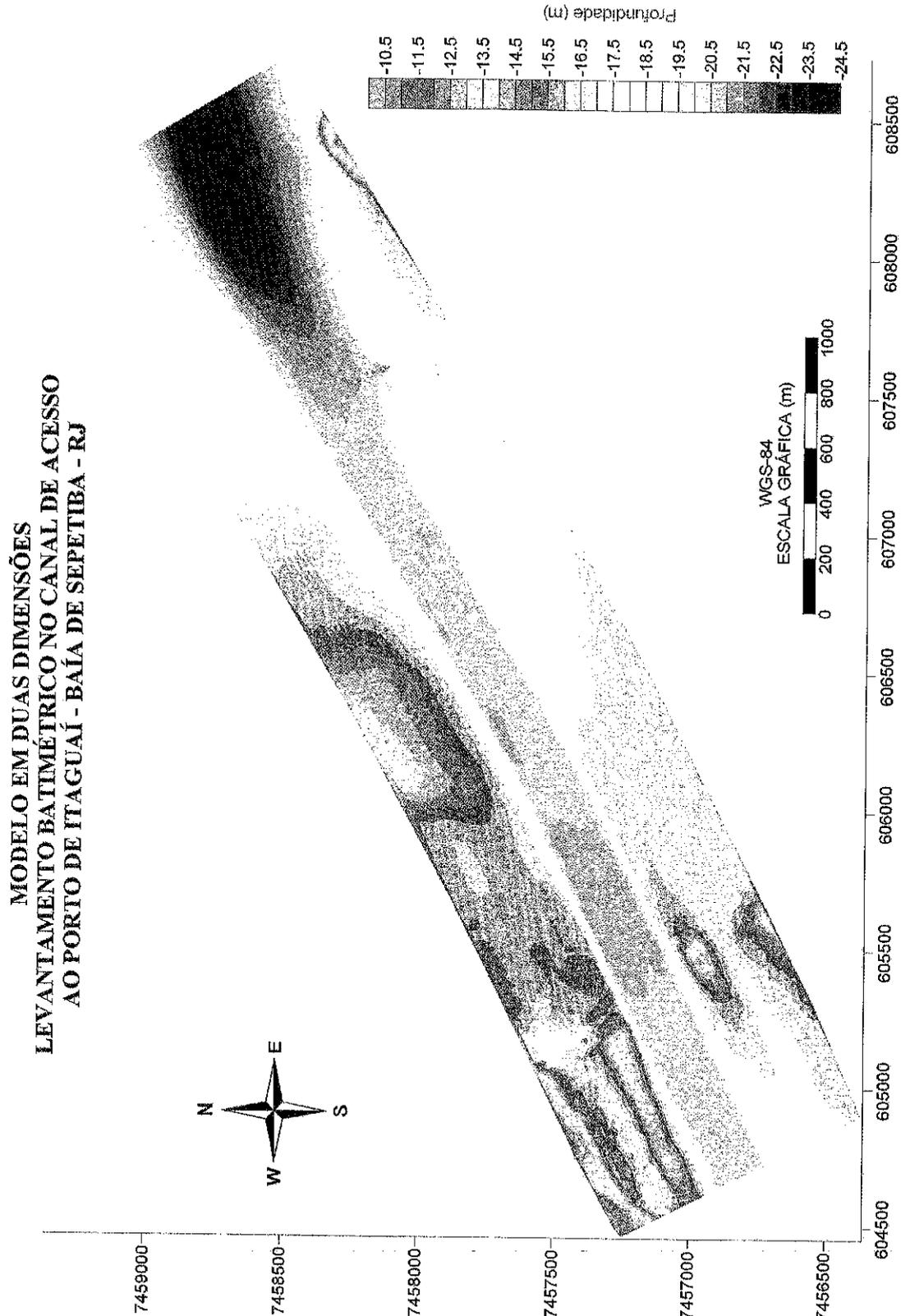


Figura 10: Modelo batimétrico duas dimensões compreendendo a área de aquisição do projeto.

**MODELO EM TRÊS DIMENSÕES
LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO NO CANAL DE ACESSO
AO PORTO DE ITAGUAÍ - BAÍA DE SEPETIBA - RJ**

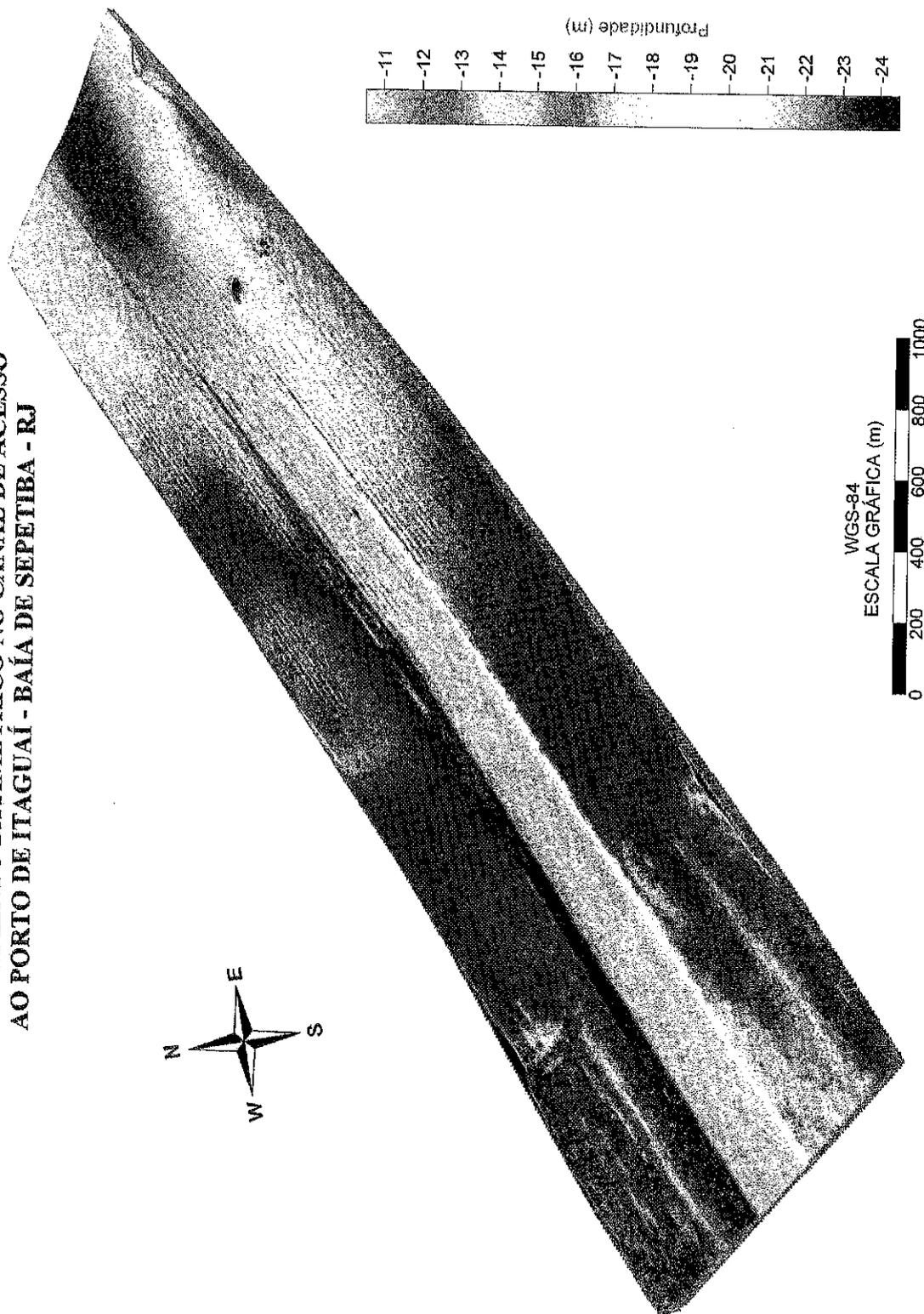


Figura 11: Modelo batimétrico três dimensões compreendendo a área de aquisição do projeto.

No primeiro 1/3 sul da área de aquisição, é observada claramente uma parte do canal dragado de acesso ao porto de Itaguaí. Na cava deste canal são encontradas profundidades variando entre 20 e 21 m. Nos taludes deste canal são encontrados altos gradientes topográficos com variações de profundidade partindo de em torno dos 20 m na base até aproximadamente 15 m no topo. As áreas adjacentes ao talude do canal apresentam morfologia acidentada, sendo que o lado oeste apresenta feições associada à dragagem, com sulcos característicos deste tipo de intervenção; já o lado leste apesar de não ser notória a presença de sulcos de dragagem, é possível visualizar um alto relevo peculiar com provável associação à dragagens. As menores profundidades encontradas nestes relevos estão em torno de 14m.

Os 2/3 seguintes apresentam diminuição nos gradientes topográficos, com as profundidades se igualando de forma gradativa proporcionalmente em direção ao norte. Destaca-se a presença dos afloramentos rochosos nesta área, presentes no canal e na área adjacente leste. Como pode ser visto de forma destacada na figura 12.

De forma geral, a morfologia do fundo marinho da área mostra-se pouco acidentada, o destaque principal seguindo o escopo da pesquisa são os altos batimétricos associados a afloramentos rochosos, presentes preferencialmente no norte da área de aquisição, além disso, notam-se os gradientes dos taludes do canal dragado assim como os sulcos presentes no leito marinho, estes últimos característicos de ocorrerem após a execução de uma obra de dragagem.

MODELO EM DUAS DIMENSÕES LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO NO CANAL DE ACESSO AO PORTO DE ITAGUAÍ - BAÍA DE SEPETIBA - RJ

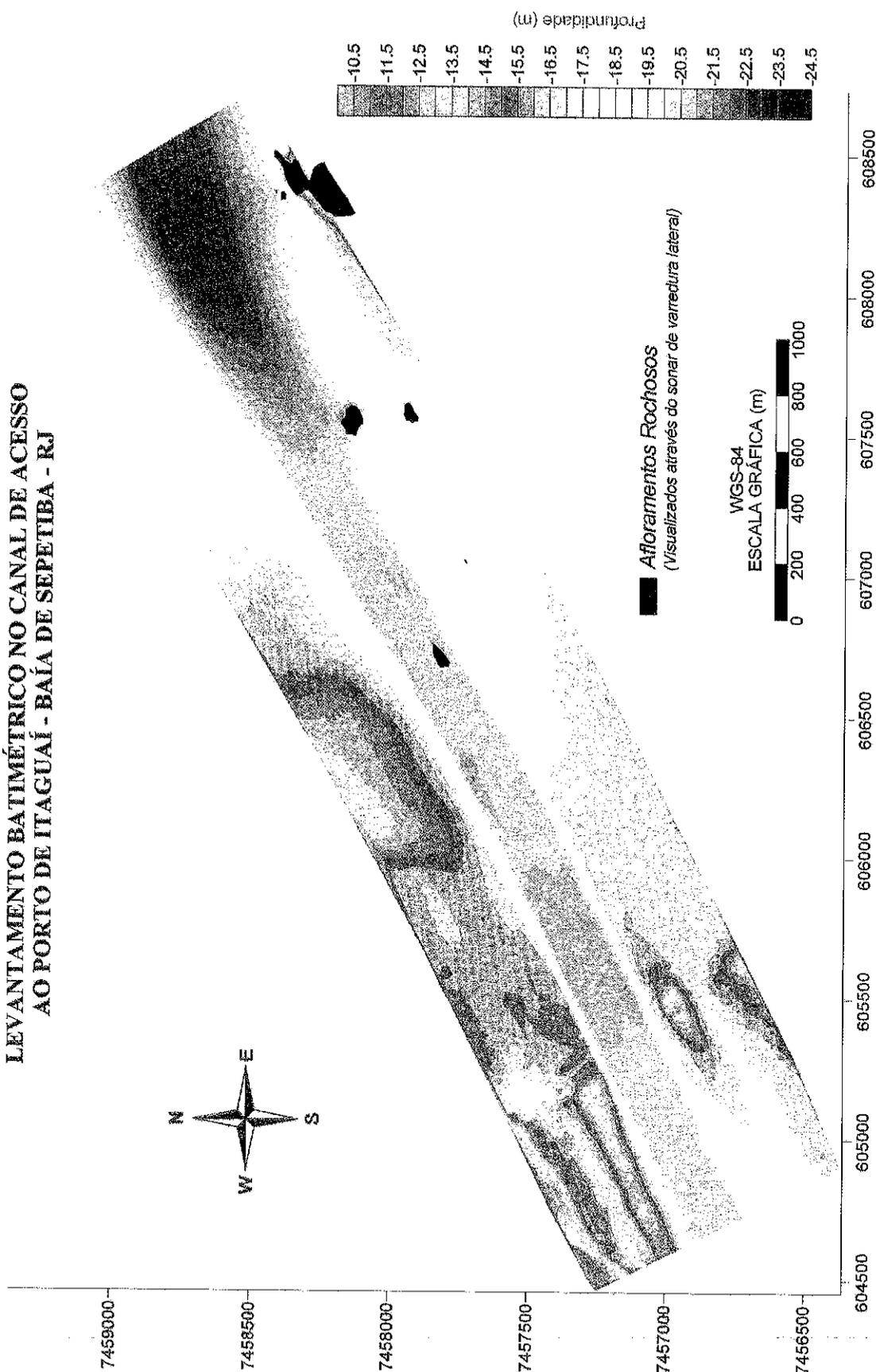


Figura 12: Modelo batimétrico duas dimensões compreendendo a área de aquisição do projeto. As manchas pretas representam os afloramentos rochosos visualizados no sonar de varredura lateral.

Os registros sonográficos foram reunidos em um mosaico (Figura 15) e corroboraram os dados batimétricos. As imagens obtidas nos sonogramas revelam a predominância de um fundo homogêneo, de médias e altas intensidades de retorno acústico fortemente relacionado a sedimentos de areias médias a grossas. Nestas áreas são observadas pequenas formas de fundo provavelmente decorrentes do arrasto de âncoras ou outros objetos, além de marcas relacionadas a correntes de maré. Com exceção destas não ocorre nenhum outro tipo de rugosidade ou padrão de intensidade de retorno acústico diferenciado que mereça relevância.

Na área onde o canal dragado está contido são observados padrões heterogêneos, com baixas e altas intensidades alternadas de retorno acústico (Figura 14A), este padrão também é observado no extremo sudoeste (SW) fora do canal. Tal padrão pode ser associado a influência de uma obra de dragagem, ademais, cabe ressaltar que uma área dragada sofre mistura granulométrica de sedimentos superficiais com àqueles que se encontravam em subsuperfície, prejudicando a definição precisa de uma faciologia deste sedimento. Os sonogramas revelam os taludes do canal bem marcados (Figura 13B).

Em relação aos afloramentos rochosos a mesma conclusão feita na batimetria pode ser extraída dos registros sonográficos. No mosaico sonográfico estes afloramentos foram relacionados a padrões de alta intensidade heterogênea de retorno acústico (Figura 13A), e foram observados na metade norte da área de estudo. Destaca-se a presença de um afloramento rochoso no canal dragado, além de mais um ao norte na beira do canal.

Ao sul do canal dragado, através da batimetria foram observados altos batimétricos, de morfologia diferenciada das superfícies em volta, no mosaico sonográfico estas feições foram denominadas como padrão de alta intensidade heterogênea, porém diferente do padrão encontrado no canal que está associado aos sulcos da dragagem, estas feições estão relacionadas a altos batimétricos.

Existe a possibilidade de estes altos batimétricos estarem associados a obras de dragagem, porém como os registros sonográficos desta área e do canal são consideravelmente diferentes sem correlação visual, optou-se por classificá-la em outra categoria.

Os dados sonográficos e batimétricos foram integrados e ilustrados em modelo bidimensional (Figura 15) e por sobreposição em modelo tridimensional (Figura 16). O mapa de interpretação de padrões sonográficos é mostrado na Figura 17.

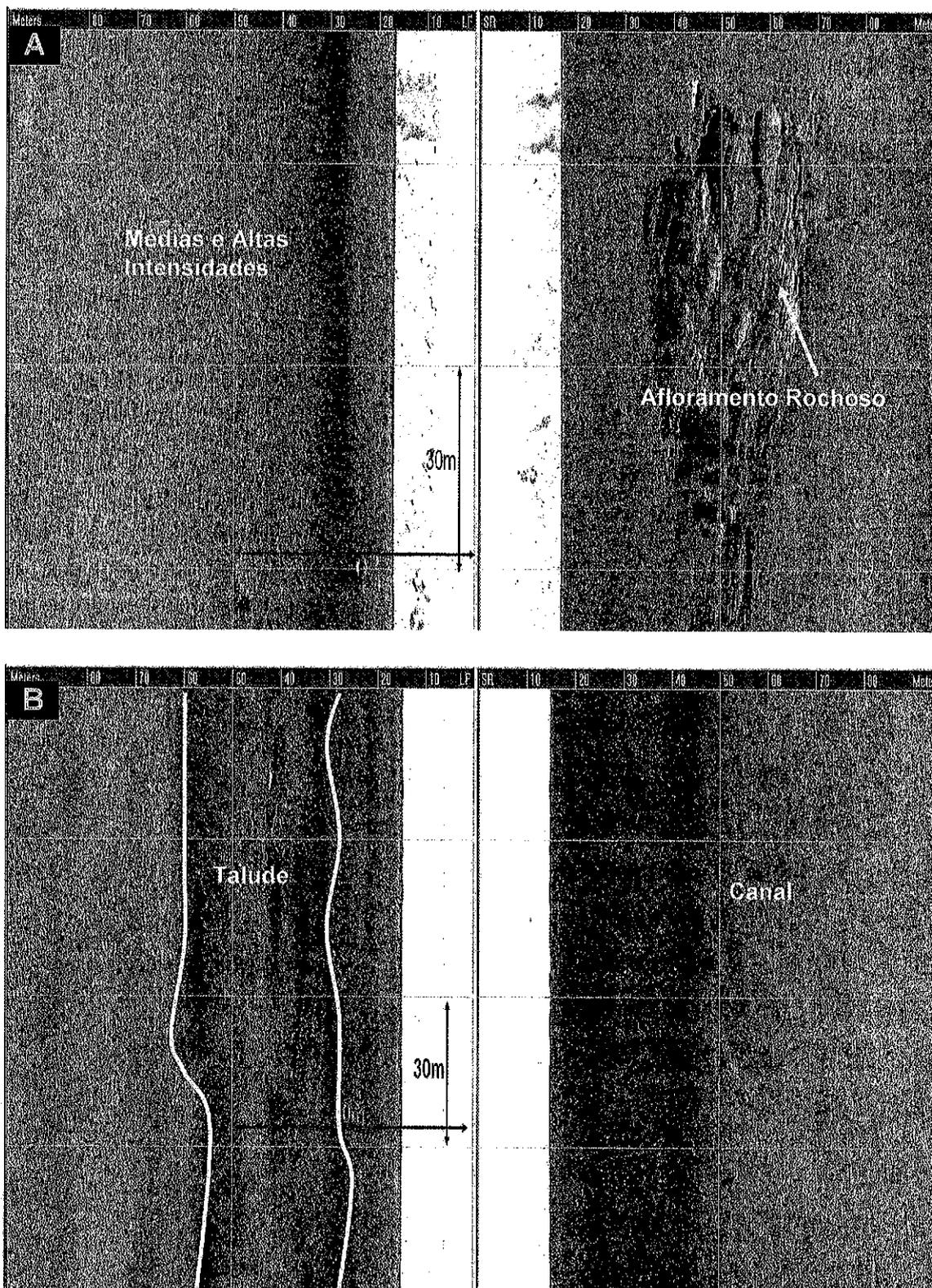


Figura 13: Registros sonográficos pré-processamento (conforme visualizado no momento da aquisição em campo) evidenciando: A) Áreas com padrões de médias e altas intensidades de retorno acústico; e afloramento rochoso; B) Áreas do talude do canal e áreas do canal. Escala em metros.

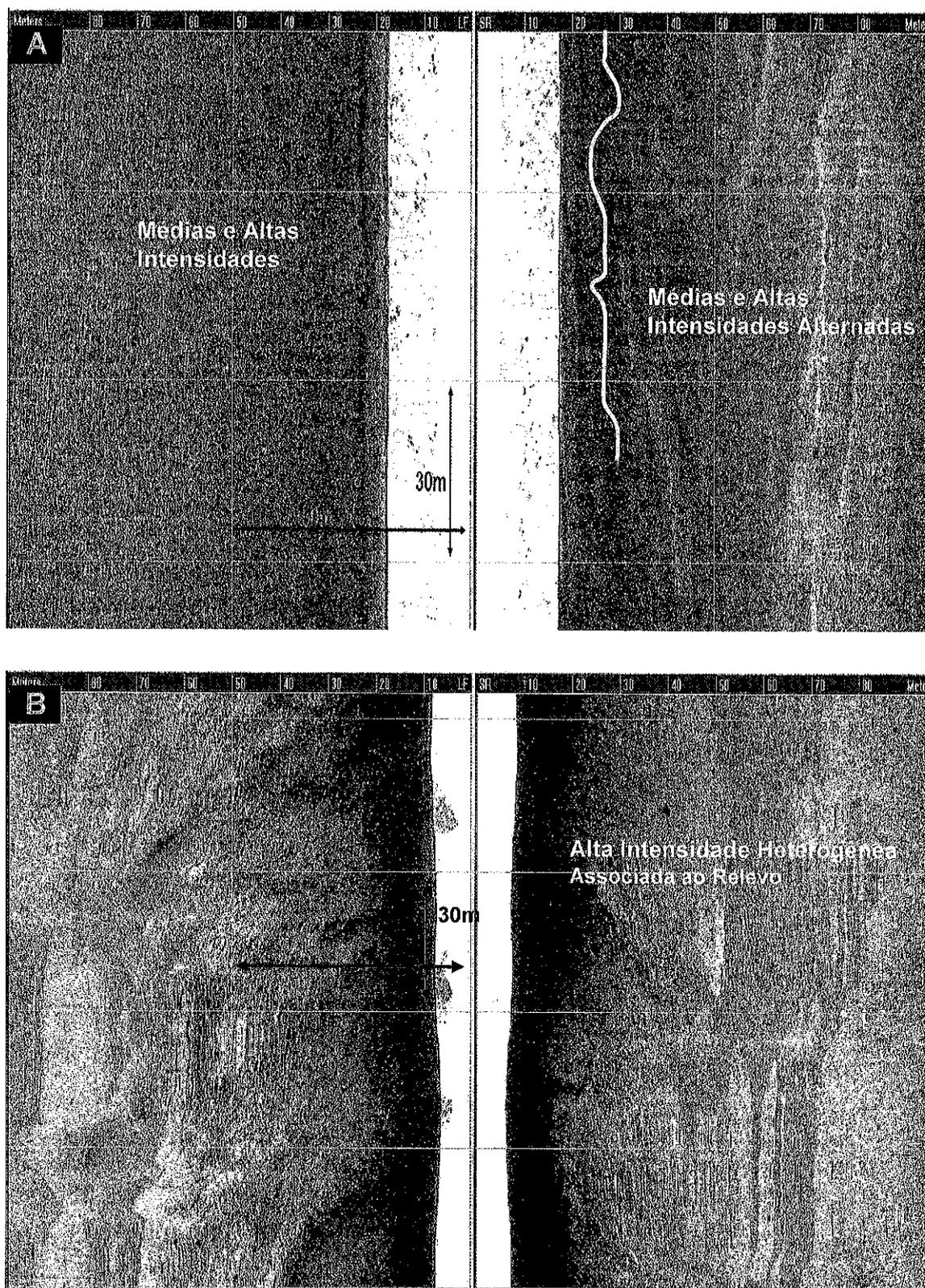


Figura 14: Registros sonográficos pré-processamento (conforme visualizado no momento da aquisição em campo) evidenciando: A) Áreas padrões de médias e altas intensidades de retorno acústico; padrões de médias e altas intensidades de retorno acústico alternadas (relacionadas a áreas dragadas); B) Padrão de Alta Intensidade Heterogênea Associado ao Relevo Após Dragagem. Escala em metros.

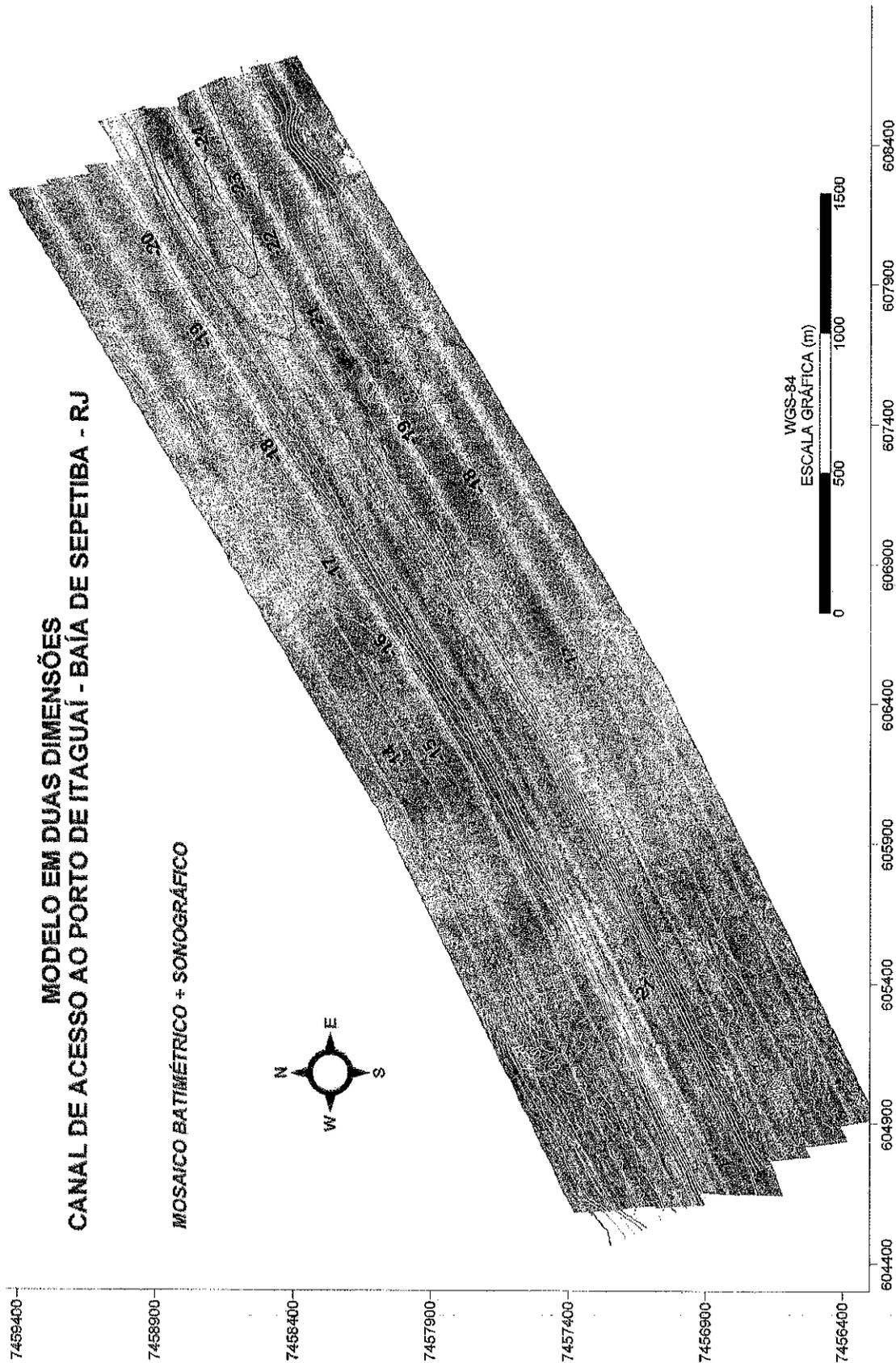


Figura 15: Mosaico sonográfico duas dimensões com representação dos pontos de amostras de sedimento superficiais e das isóbatas, mostradas em intervalos de 1 m.

MODELO EM TRÊS DIMENSÕES CANAL DE ACESSO AO PORTO DE ITAGUAÍ - BAÍA DE SEPETIBA - RJ



Figura 16: Modelo em três dimensões com sobreposição da imagem sonográfica sobre a batimetria da área de aquisição do projeto.

Mosaicos em Duas Dimensões
Canal de Acesso ao Porto de Itaguaí - Baía de Sepetiba - RJ

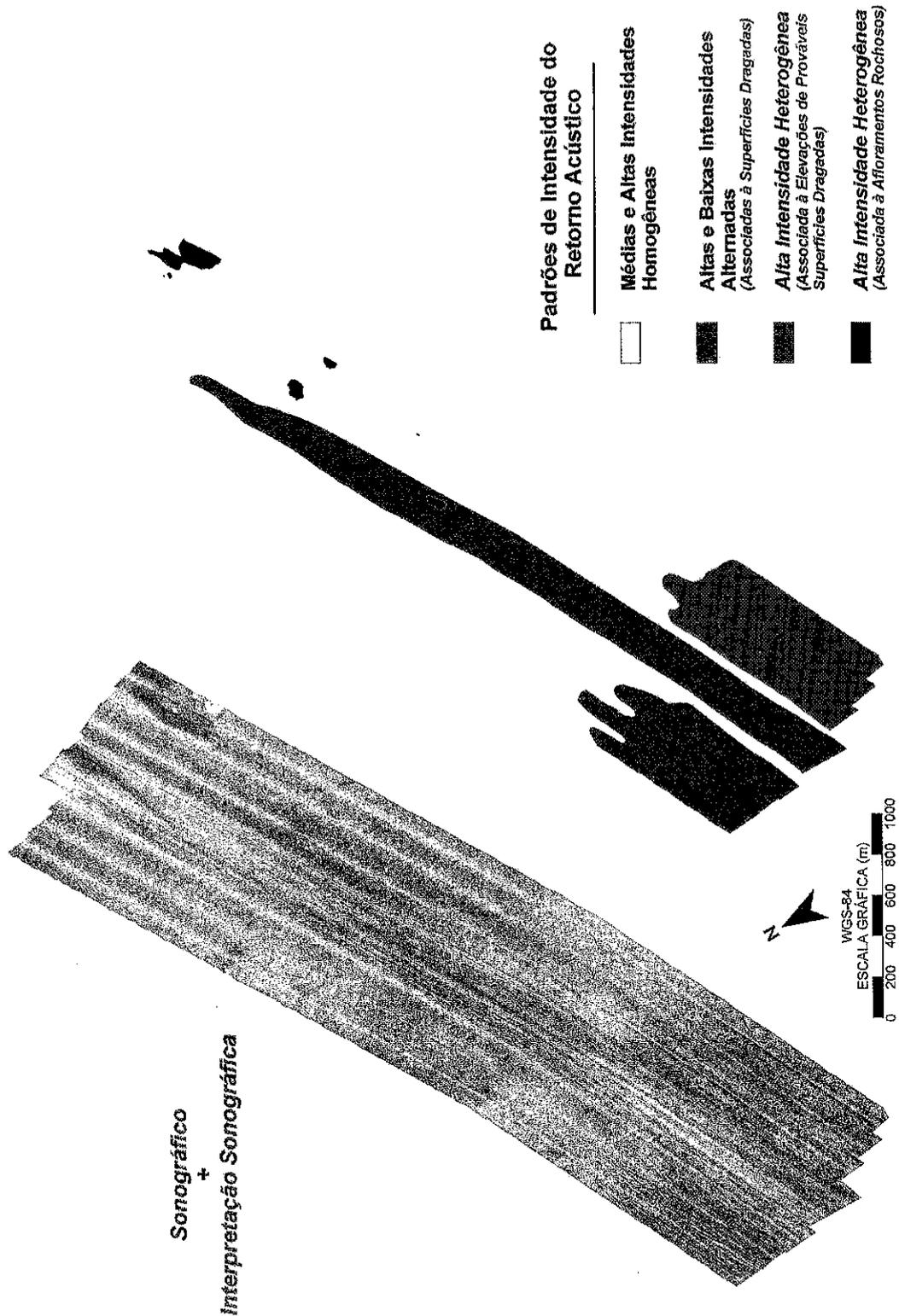


Figura 17: Mapa de interpretação dos padrões sonográficos, mostrando as áreas de dominância dos padrões dentro da área de aquisição do projeto.

6. INTERPRETAÇÃO SÍSMICA

A análise dos perfis sísmicos concentrou-se principalmente no mapeamento do topo do embasamento rochoso cristalino. Os registros sísmicos obtidos foram considerados de boa a ótima qualidade (sobretudo os adquiridos através da fonte acústica do tipo boomer), sendo possível definir o traçado do topo do embasamento em grande parte das linhas, em profundidades que inclusive ultrapassaram os 80 m.

Em determinados segmentos das linhas não foi possível visualizar o topo do embasamento com nitidez. Isso geralmente aconteceu em áreas onde a disposição do embasamento rochoso era extremamente profunda, sem qualquer risco de interferência nos projetos de ampliação e aprofundamento do canal de navegação. Ainda assim, optou-se por preencher esses trechos sem informações de profundidade do embasamento rochoso com a interpretação de um refletor que fosse o mais profundo possível e que pudesse ser observado ao longo de todos os registros sempre que necessário (recebeu a denominação de refletor A).

Em determinados segmentos, tanto o embasamento rochoso como o refletor A não puderam ser visualizados. Isso aconteceu em áreas denominadas de "áreas de baixa permeabilidade acústica" (ABPA), que também tiveram suas profundidades de ocorrência mapeadas e representadas em planta.

Nas figuras 18 a 23 são apresentados alguns trechos de perfis sísmicos (antes e após a interpretação) utilizados para exemplificar o traçado das superfícies consideradas durante a interpretação.

- Embasamento Rochoso

O embasamento acústico/rochoso foi mapeado para garantir segurança na execução de qualquer obra de dragagem no trecho estudado. Compreende a mais profunda superfície refletora interpretável, o que se relaciona intimamente à potência do método sísmico empregado. Pode significar ainda uma superfície de alta impedância acústica (de alta reflexão) que impede ou dificulta a propagação do sinal sísmico abaixo dessa. Nesse último caso relaciona-se, na maioria das vezes, à própria superfície do embasamento de rochas cristalinas pré-cambrianas, tipicamente representadas por reflexões hiperbólicas de alta amplitude. Desta forma, este refletor aponta profundidades até as quais se pode garantir a inexistência de rochas (embasamento cristalino) para quaisquer projetos e empreendimentos a serem executados na área.

Os modelos em duas e três dimensões, mostrados respectivamente nas figuras 25 e 26, traduzem o comportamento geral da profundidade do embasamento rochoso na área de estudo (em relação ao nível de redução maregráfico), integrando os resultados de interpretação obtidos individualmente para cada perfil sísmico. O limite do atual canal de navegação encontra-se representado em todos os modelos.

O relevo do embasamento rochoso apresenta-se extremamente irregular e sinuoso, com profundidades que variam entre 13 e 88 m. Maiores irregularidades e escarpamentos do embasamento acústico/rochoso, assim como as profundidades mais rasas, foram observadas no eixo centro – nordeste da poligonal de investigação.

A continuidade em subfundo de uma série de afloramentos rochosos pôde ser observada, tendo ainda suas localizações corroboradas através da interpretação dos mosaicos sonográficos (Figuras 12, 13 e 17). Destacam-se os afloramentos rochosos submersos que dão origem à Ilha da Carapuça no extremo NE-E da área de estudo (Figura 20) e o topo de um grande maciço que aflora na área central dentro dos limites do canal de navegação (Figuras 18 e 19).

Os modelos de profundidade do embasamento rochoso das figuras 27A a 27F mostram as áreas de interferência do embasamento rochoso considerando-se as possíveis cotas de projeto para a ampliação e aprofundamento do canal de acesso ao Porto de Itaguaí (cotas de 20m, 21m, 22m, 23m, 24m e 25m).

- Refletor A

Como dito anteriormente, o refletor A foi considerado e interpretado somente em determinados segmentos de linhas, substituindo o mapeamento do embasamento rochoso onde esse não pôde ser visualizado nitidamente.

O refletor A corresponde conceitualmente a uma paleosuperfície erosiva (exposta subaereamente em períodos de nível do mar mais baixo que o atual, podendo ser submetida a erosão fluvial). Apresentou-se bem definido por seu caráter de continuidade lateral, assim como pela alta diferença de impedância acústica em relação às assinaturas sísmicas formadas pelos depósitos sedimentares sobrejacentes. Essa superfície apresenta truncamento lateral de refletores e uma morfologia bastante irregular, podendo ser ocasionalmente interrompida pela presença de canalizações (Figuras 20, 21 e 22). Nos trechos em que foi considerado, a profundidade do refletor A manteve-se entre 18 e 40 m.

Em todos os modelos de profundidade do embasamento rochoso encontram-se representados os trechos das linhas sísmicas onde o refletor A foi interpretado (figura 25, 26 e 27).

- Áreas de baixa permeabilidade acústica (ABPA)

As áreas de baixa permeabilidade acústica (ABPA) são trechos das linhas de aquisição onde o sinal sísmico demonstra pouca capacidade de penetração ao longo da coluna sedimentar, o que pode ocorrer devido a diversos fatores físicos e geológicos diferenciados. No caso da área em questão, supõe-se que isso tenha ocorrido devida a presença de gases no sedimento, provenientes da decomposição anaeróbica de matéria orgânica, situação comumente encontrada no fundo e subfundo de ambientes de sedimentação confinados como lagunas e baías. A propagação do sinal sísmico pode também ser prejudicada em áreas onde o fundo apresenta-se revolvido e alterado, por exemplo, por obras de dragagem. Nestas áreas de ABPA, apenas o imageamento da porção mais superior da coluna estratigráfica foi possível.

O refletor ABPA não foi observado amplamente na área de estudo, ocorrendo apenas em três áreas relativamente pequenas e próximas uma das outras no setor sudoeste da poligonal de investigação; ocorrendo ora em profundidades muito superficiais, confundindo-se com o próprio fundo marinho (figura 23), ora em subfundo (figura 24), alcançando profundidades de até ≈ 27 m. Essas profundidades de ocorrência do refletor ABPA foram mostradas nas plantas, garantindo a inexistência de rochas pelo menos até o nível das cotas representadas.

É de extrema importância destacar que entre essas áreas de ocorrência de ABPA na porção sudoeste da área de estudo observa-se uma tendência considerável de raseamento do embasamento rochoso (exemplo da figura 23 e modelos das figuras 25, 26 e 27). Uma dessas áreas recai dentro dos limites do canal de navegação e requer atenção especial durante o planejamento das sondagens geológicas de averiguação, sobretudo porque aí o refletor ABPA ocorre muito superficialmente, aproximando-se demasiadamente do fundo marinho.

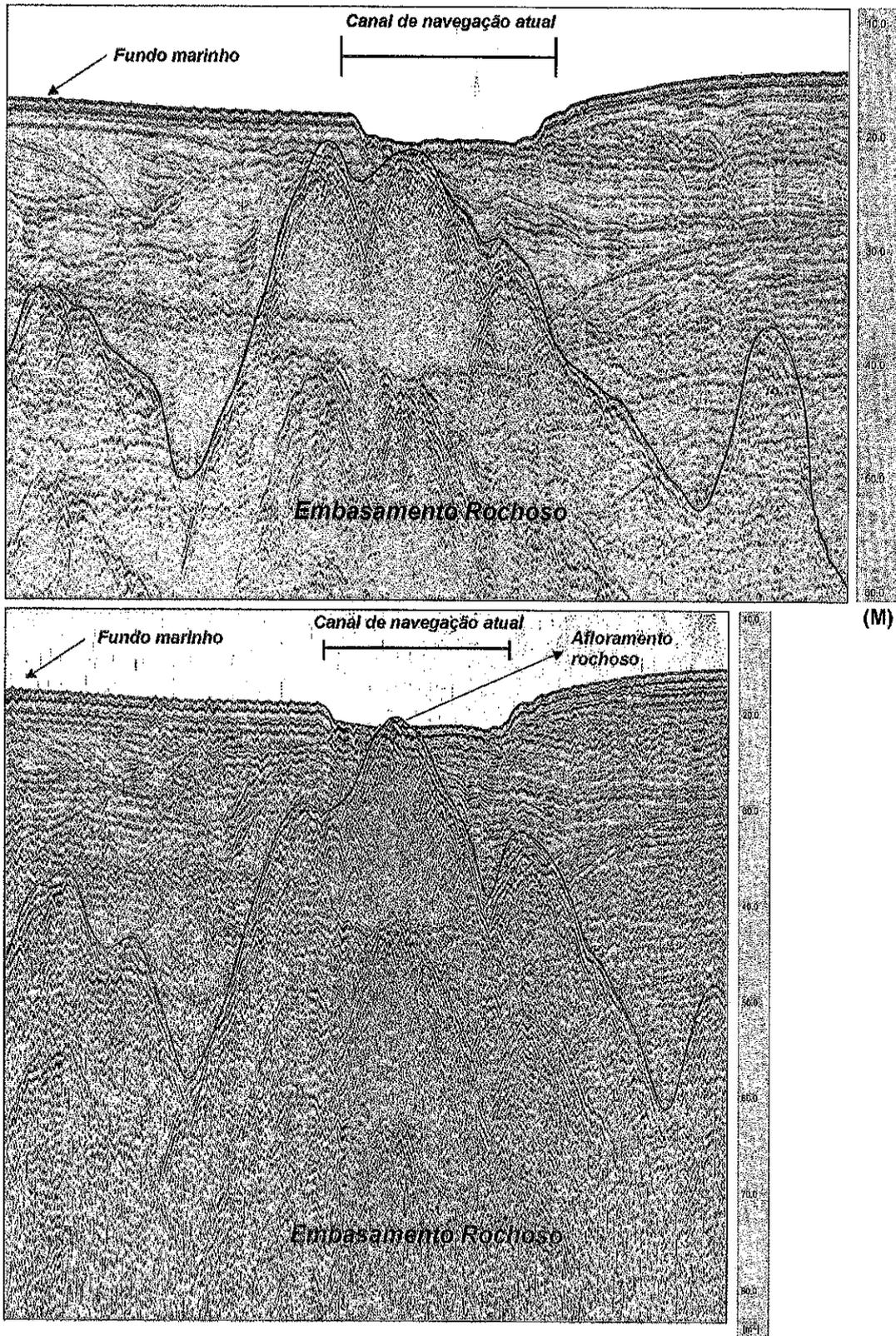


Figura 18: Registros sísmicos interpretados adquiridos com fonte acústica do tipo boomer em direção transversal ao canal de navegação (linha controle). Embasamento rochoso em vermelho; pacote sedimentar entre o fundo marinho e o topo do embasamento mostrado em azul. Observar a ocorrência de afloramento rochoso submerso exatamente no centro do canal de navegação.

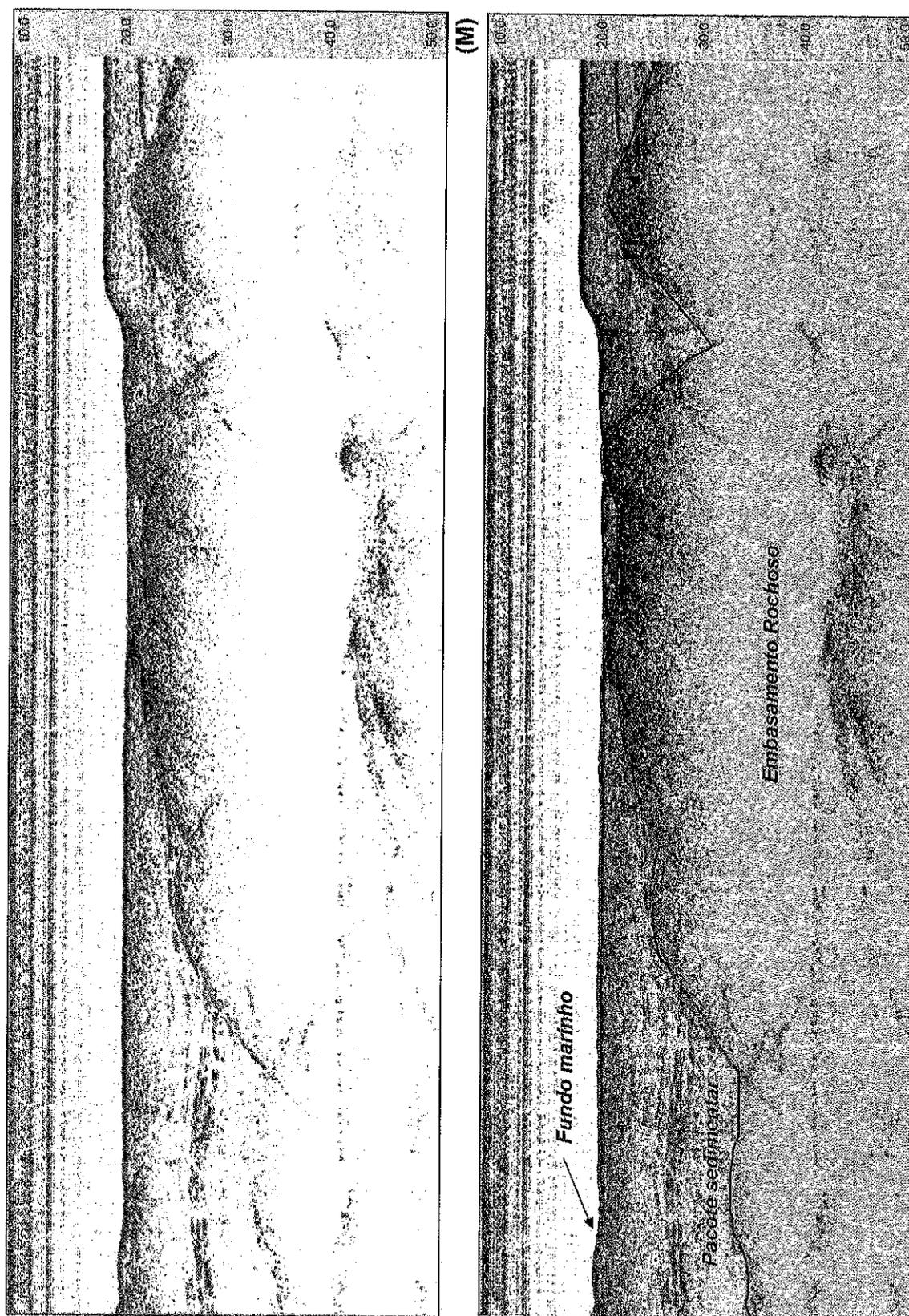


Figura 19: Registro sísmico, com e sem interpretação, adquirido com fonte acústica do tipo chirp nas imediações do canal de navegação. Embasamento rochoso em vermelho; pacote sedimentar entre o fundo marinho e o topo do embasamento mostrado em azul. Observar a ocorrência do topo do embasamento rochoso ao nível do fundo marinho.

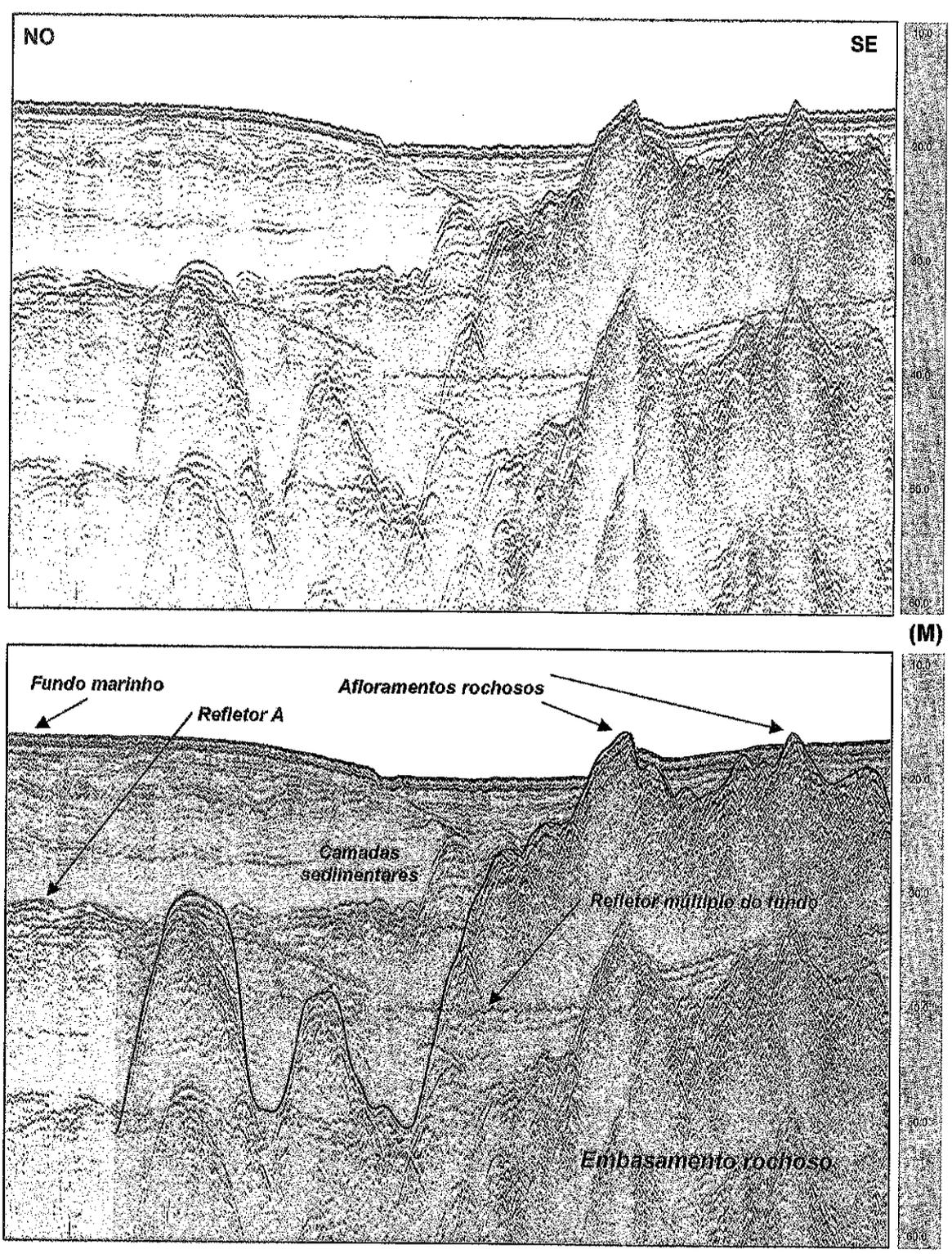
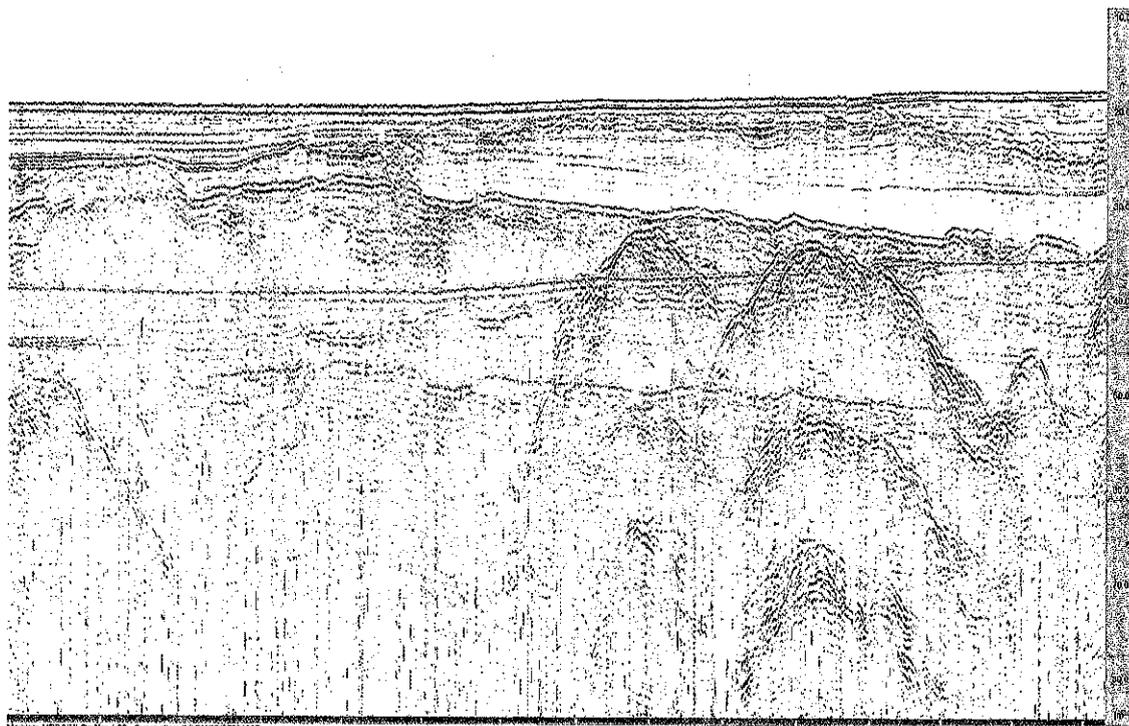
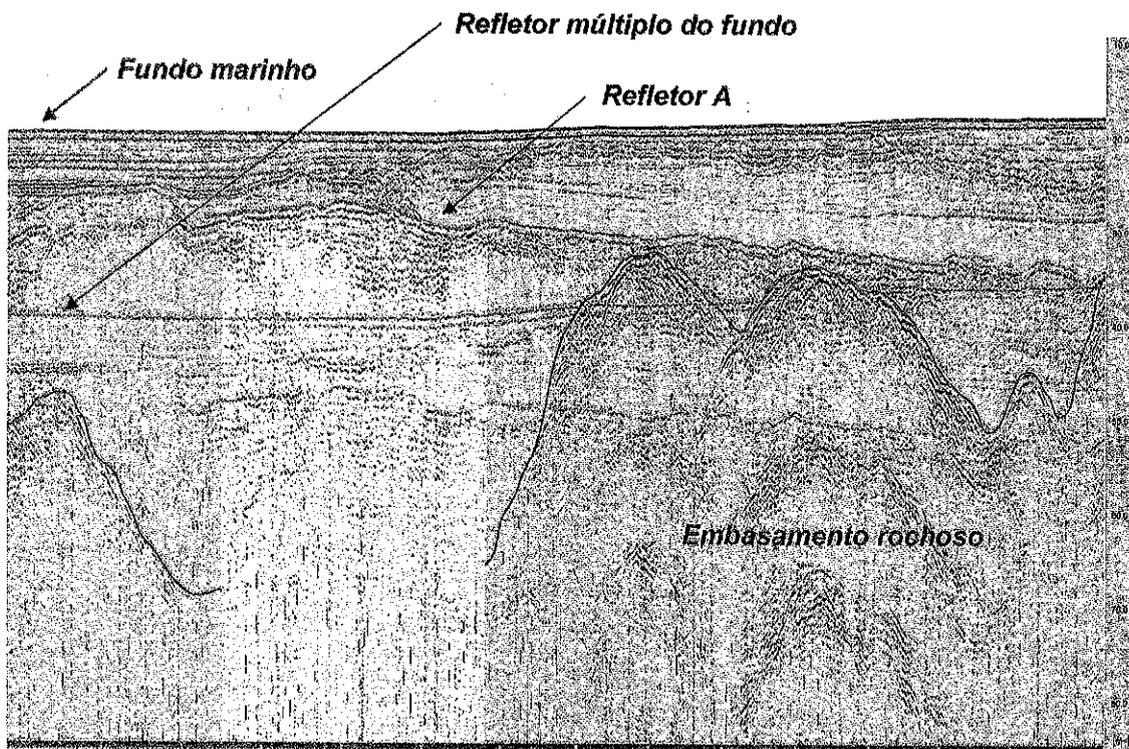


Figura 20: Registro sísmico, com e sem interpretação, adquirido com fonte acústica do tipo boomer em direção transversal ao canal de navegação (linha controle). Embasamento rochoso em vermelho; pacote sedimentar entre o fundo marinho e o topo do embasamento mostrado em azul; refletor A mostrado em laranja. Observar o desenvolvimento do maciço rochoso em direção ao sudeste da linha (E-NE da área de estudo), nas imediações da Ilha da Carapuça.



Marine Data MDP384M, Profile 4.33 - Survey No: BOOMER01281227



Marine Data MDP384M, Profile 4.33 - Survey No: BOOMER01281227

Figura 21: Registro sísmico, com e sem interpretação, adquirido com fonte acústica do tipo boomer longitudinalmente ao canal de navegação. Embasamento rochoso em vermelho; pacote sedimentar entre o fundo marinho e o topo do embasamento mostrado em azul. O refletor A, mostrado em laranja, foi interpretado em substituição ao embasamento rochoso em um trecho que esse se aprofunda consideravelmente, não podendo ser visualizado com nitidez.

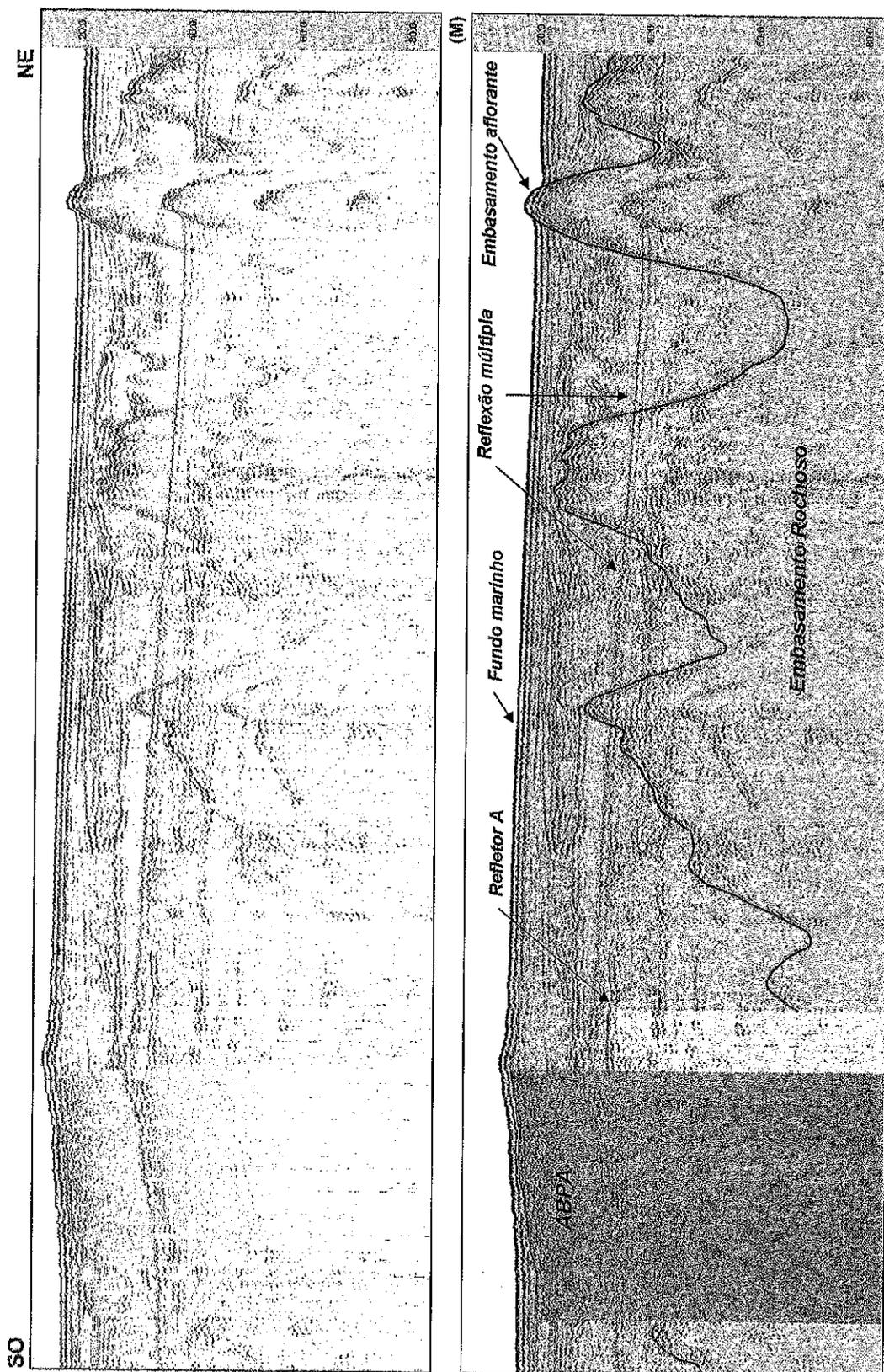
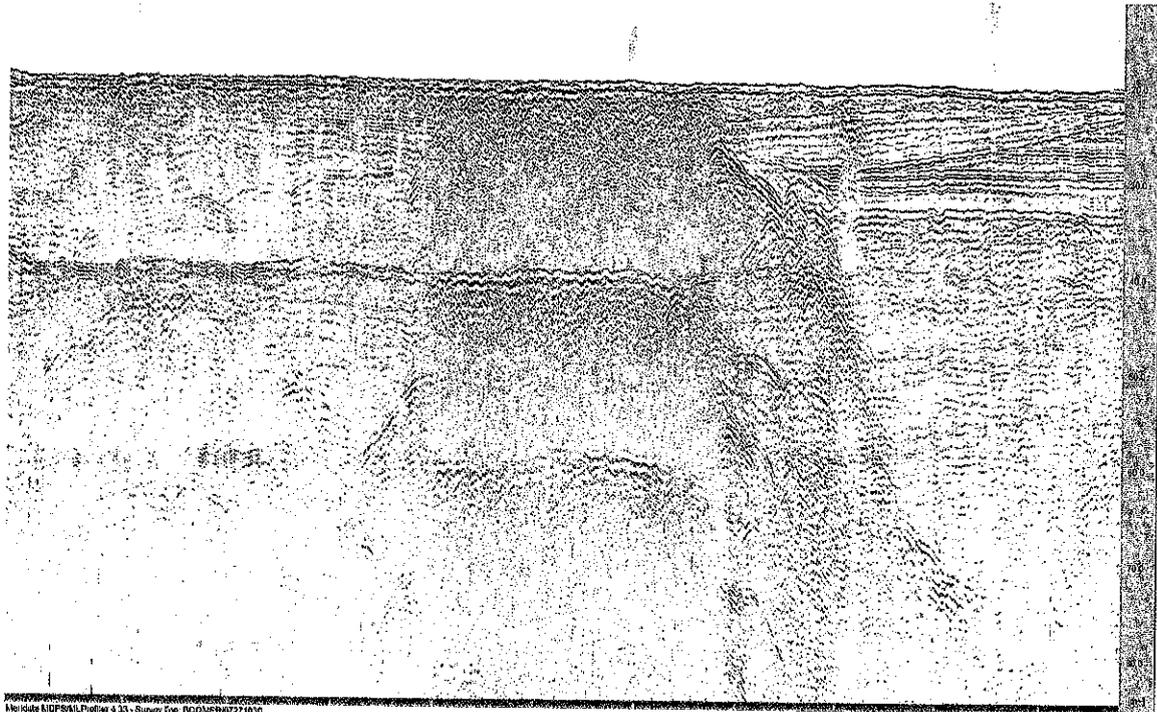


Figura 22: Registro sísmico, com e sem interpretação, adquirido com fonte acústica do tipo boomer, ao longo de toda a extensão da área de estudo. Nesse perfil é mostrado todos os tipos de superfícies refletoras consideradas nesse trabalho: embasamento rochoso em vermelho; pacote sedimentar entre o fundo marinho e o topo do embasamento mostrado em azul; refletor A mostrado em laranja e áreas de baixa permeabilidade acústica (ABPA) em verde.



Meriside MIDPSAL/Profile 4.33 - Survey Exp. BOOMER/02/10/09

(M)

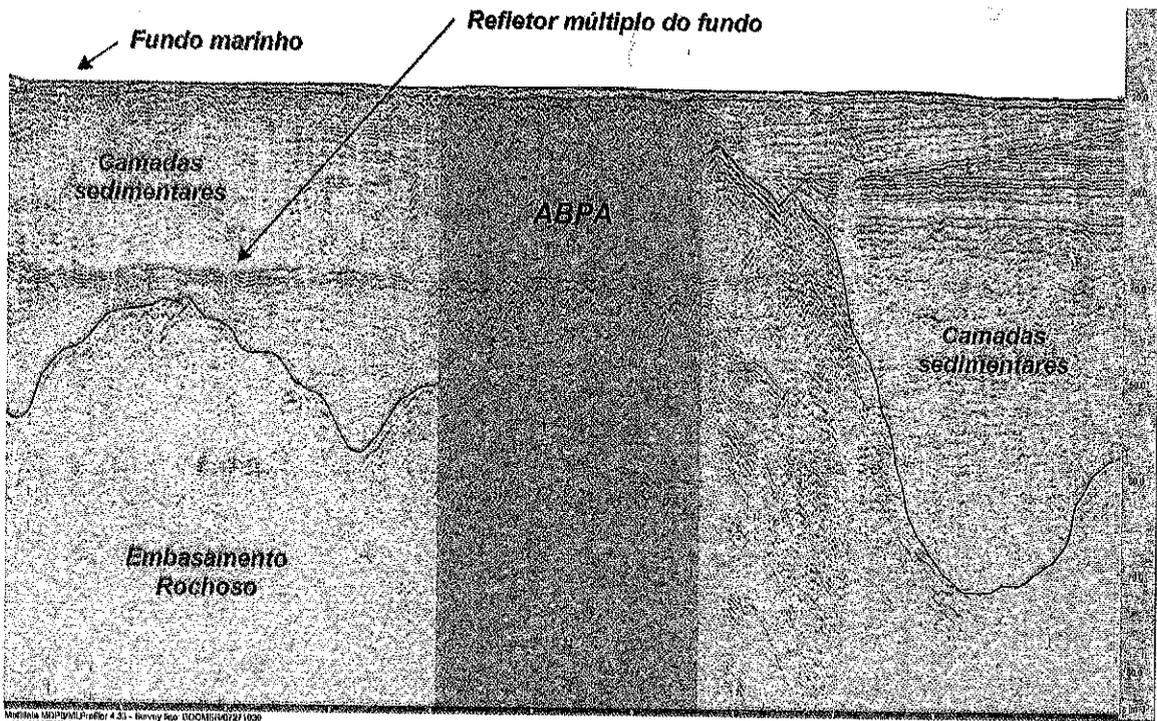


Figura 23: Registro sísmico, com e sem interpretação, adquirido longitudinalmente com fonte acústica do tipo boomer. Embasamento rochoso em vermelho; pacote sedimentar entre o fundo marinho e o topo do embasamento mostrado em azul; área de baixa permeabilidade acústica em verde. Destaca-se nesse exemplo a ocorrência do refletor ABPA imediatamente abaixo do fundo marinho, em uma área onde se verifica uma tendência considerável de raseamento do embasamento rochoso no sudoeste da área de estudo. Áreas como essa devem ser analisadas com bastante cautela e necessitam ser contempladas por sondagens geológicas de verificação.

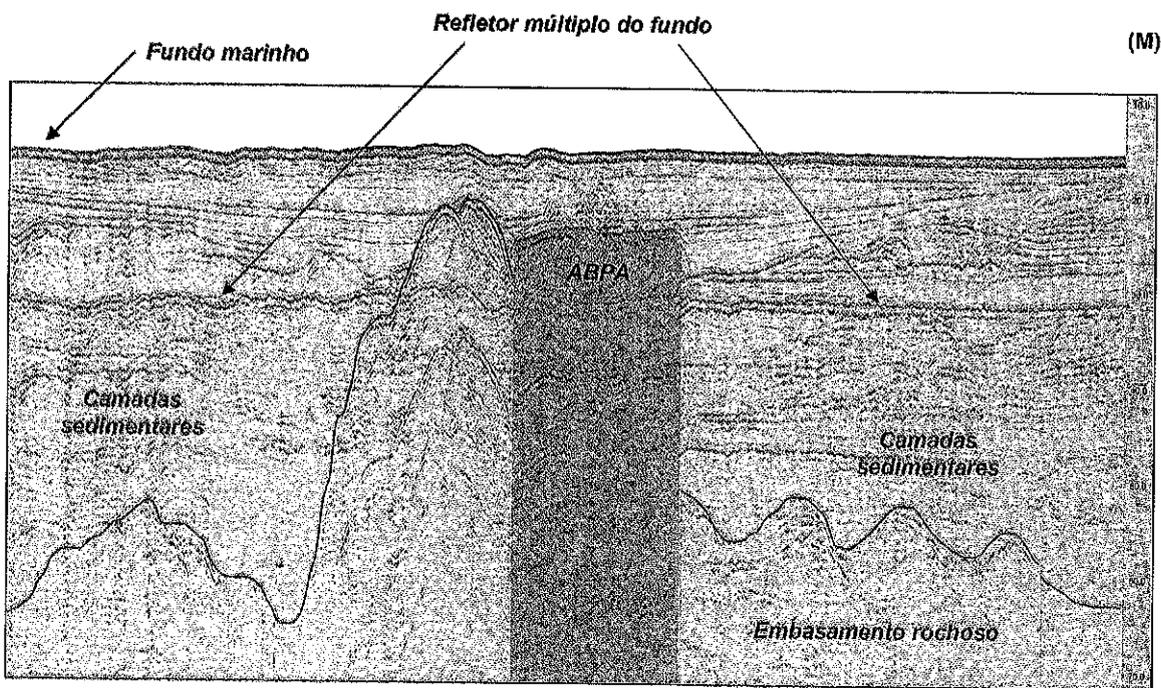
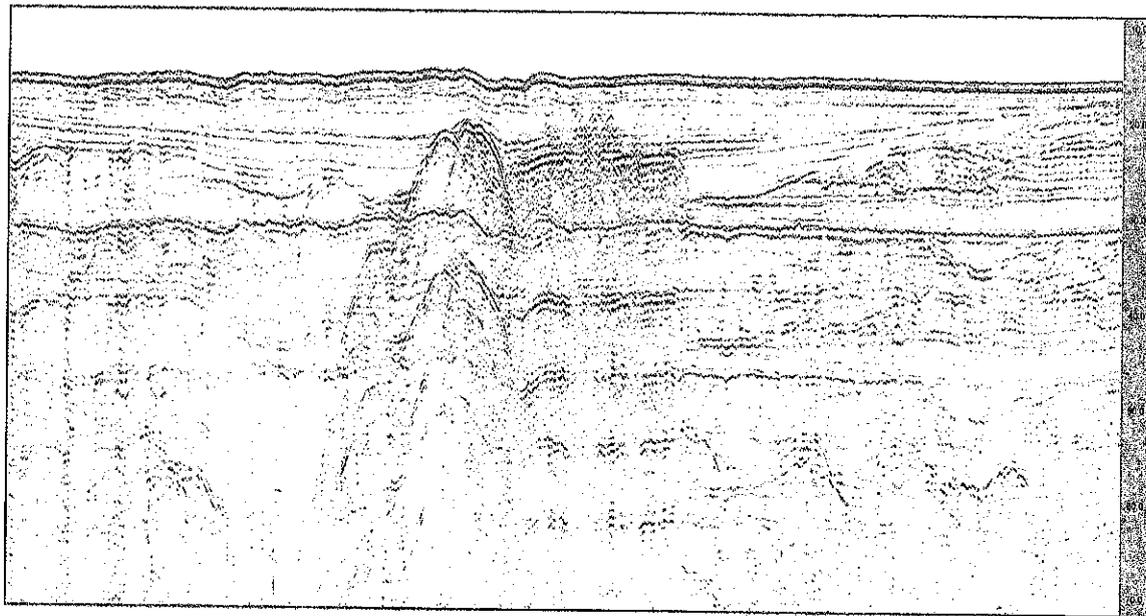


Figura 24: Registro sísmico, com e sem interpretação, adquirido longitudinalmente com fonte acústica do tipo boomer. Embasamento rochoso em vermelho; pacote sedimentar entre o fundo marinho e o topo do embasamento mostrado em azul; áreas de baixa permeabilidade acústica mostrada em verde. Esse registro exemplifica os casos em que o refletor ABPA é verificado em subfundo, relativamente afastado do fundo marinho.

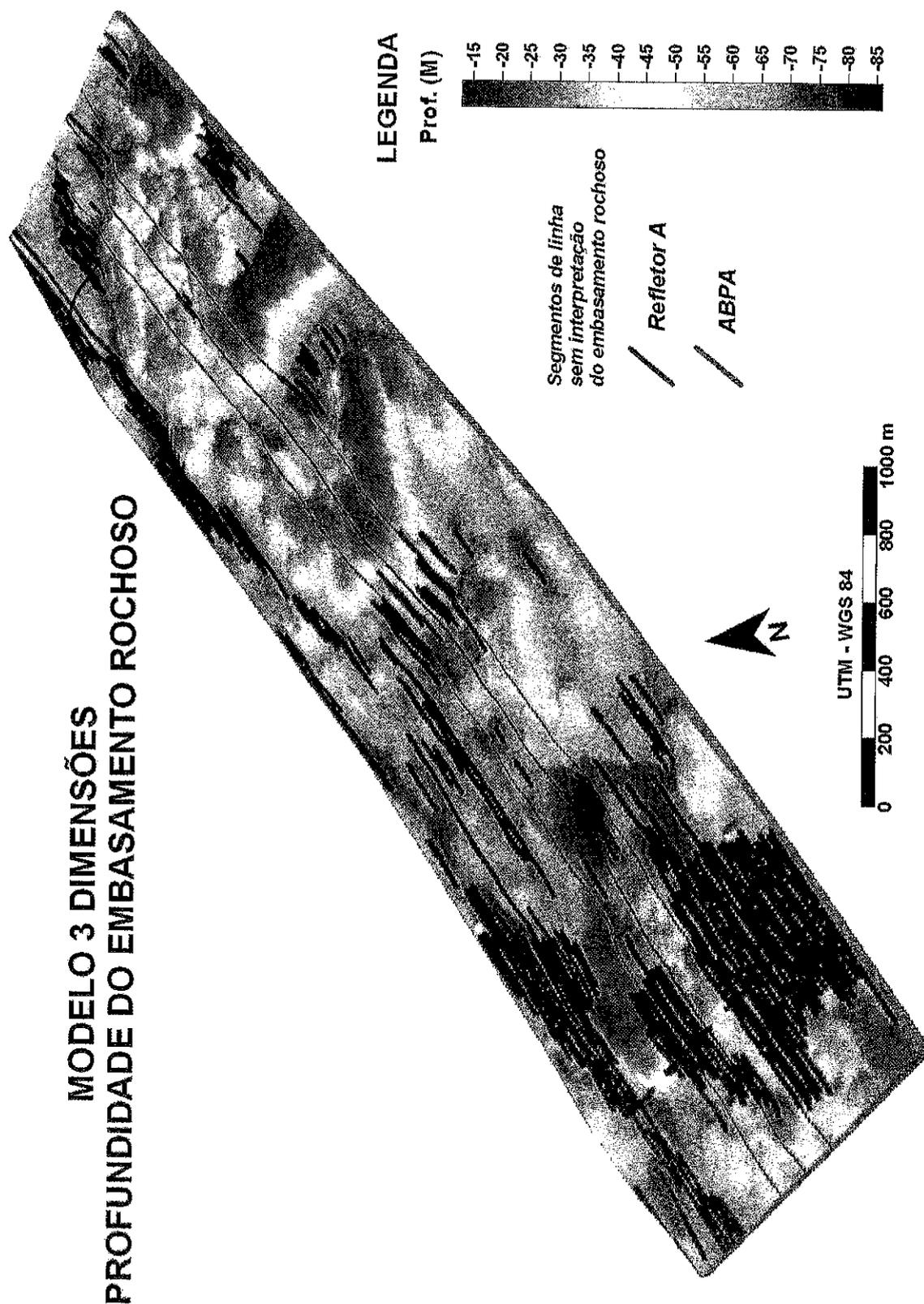


Figura 25: Modelo 2 dimensões de profundidades do embasamento acústico/rochoso.

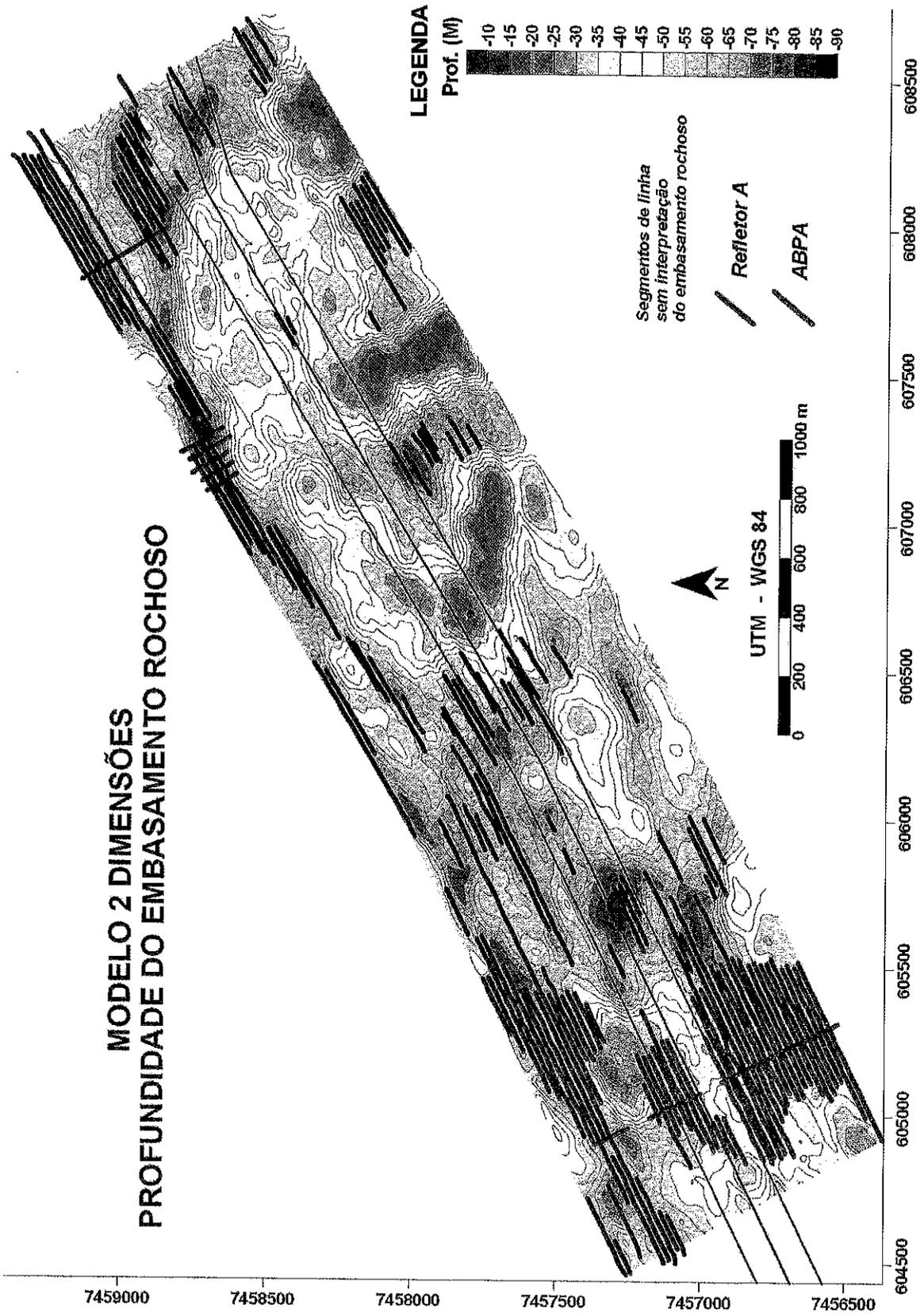


Figura 26: Modelo 3 dimensões de profundidades do embasamento acústico/rochoso

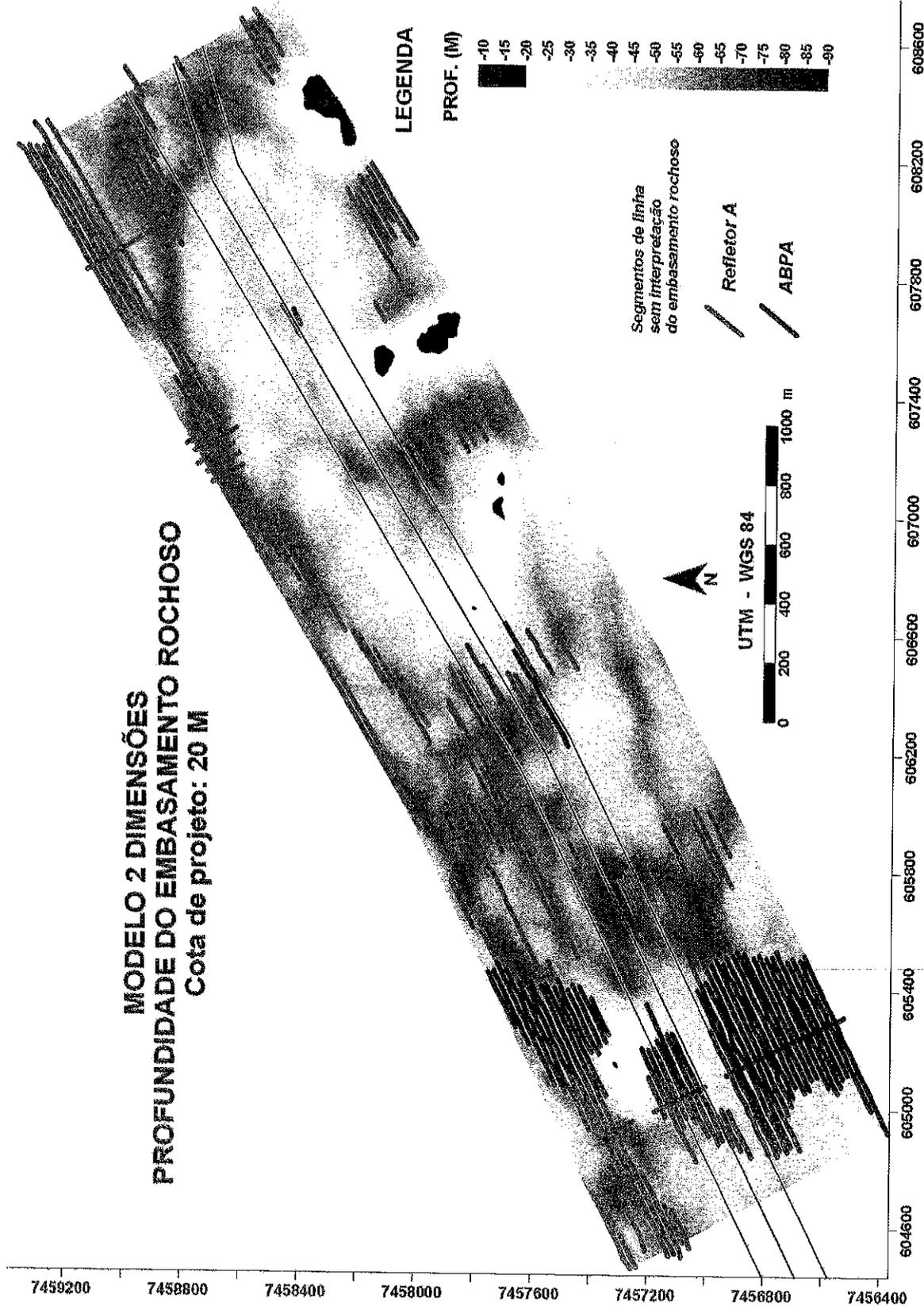


Figura 27A: O modelo de profundidade do embasamento rochoso mostrando as áreas de interferência do embasamento rochoso (em vermelho) considerando-se a cota de projeto para a ampliação e aprofundamento do canal de acesso ao Porto de Itaguaí aos 20 m.

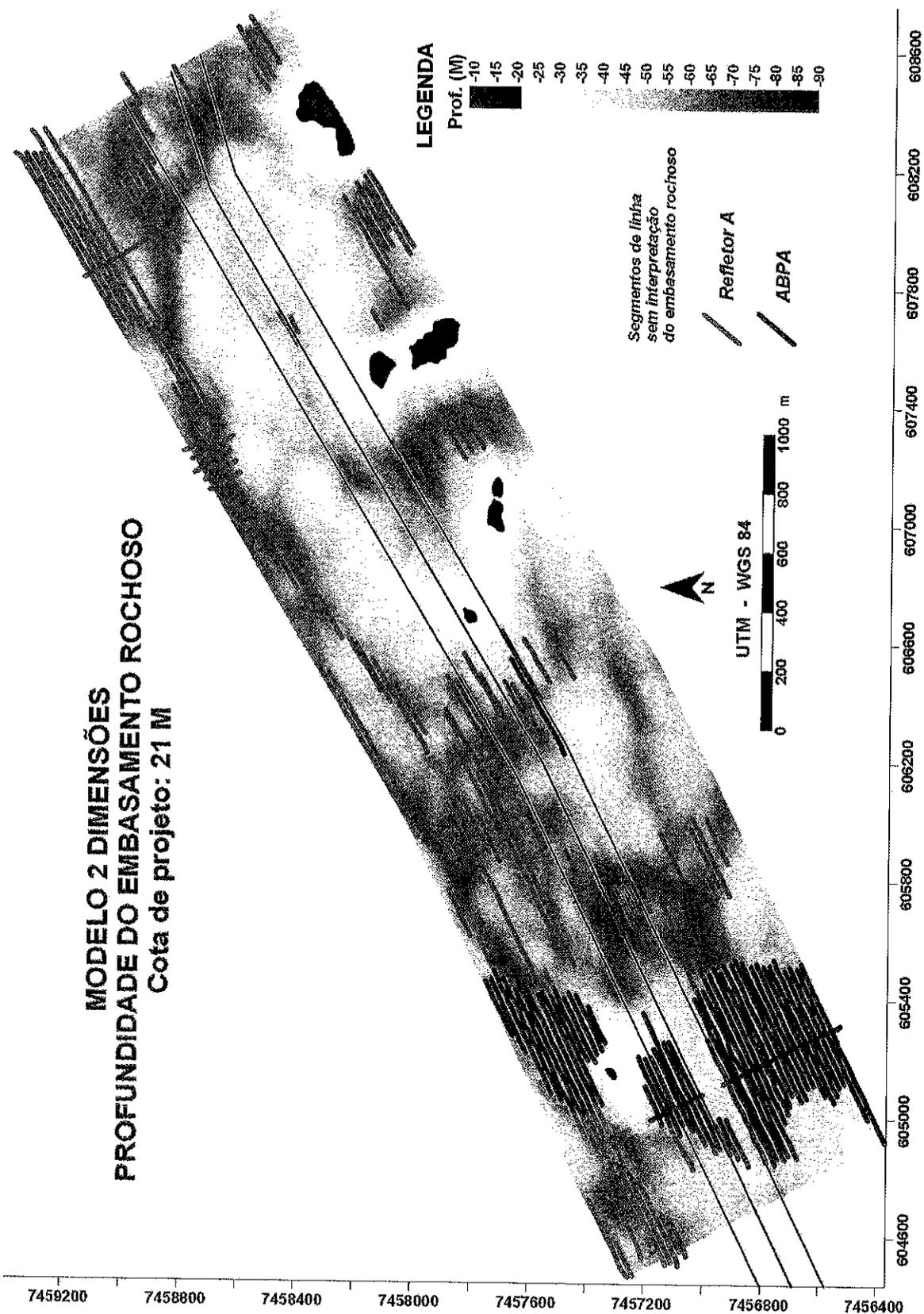


Figura 27 B: O modelo de profundidade do embasamento rochoso mostrando as áreas de interferência do embasamento rochoso (em vermelho) considerando-se a cota de projeto para a ampliação e aprofundamento do canal de acesso ao Porto de Itaguaí aos 21 m.

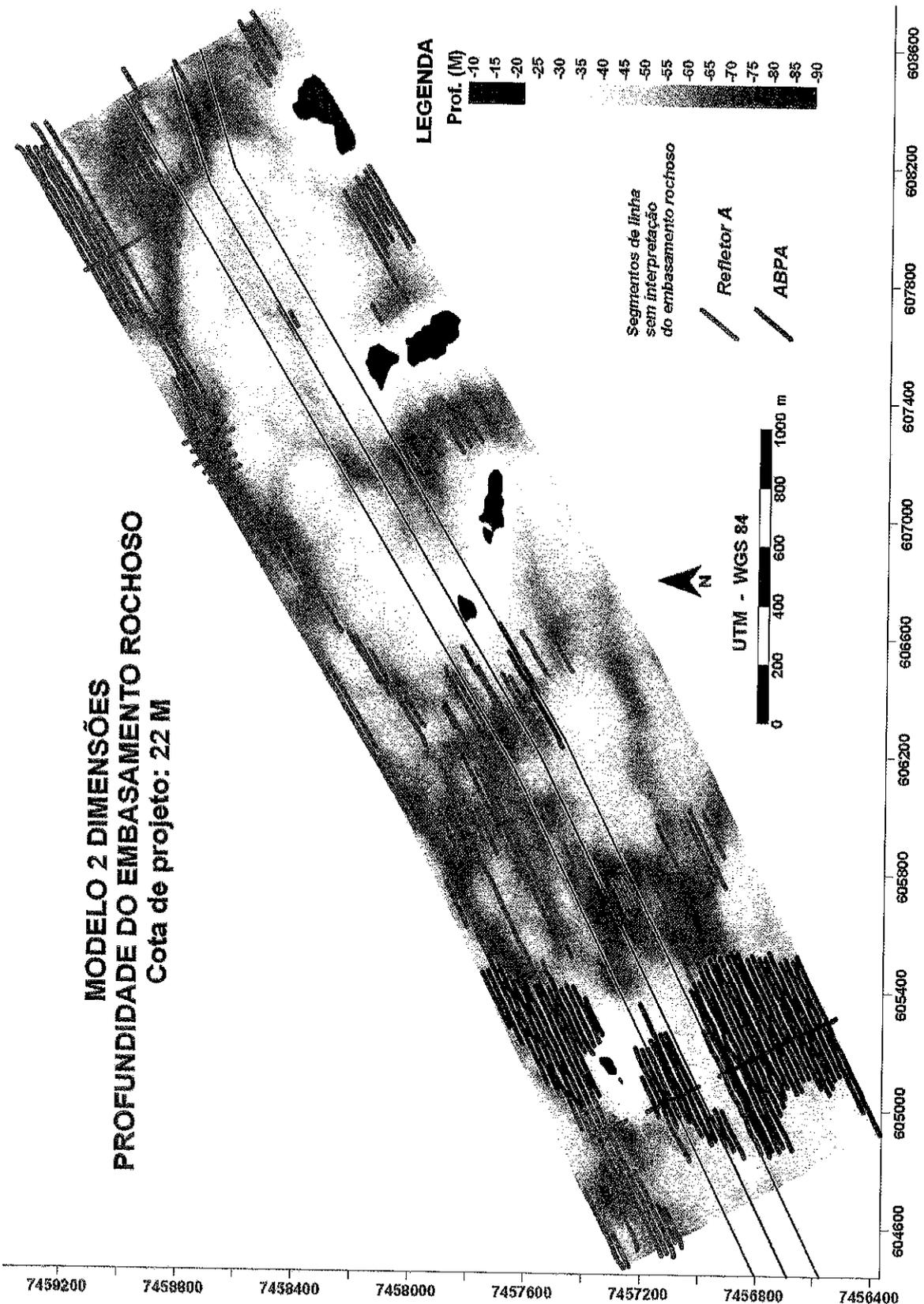


Figura 27 C: O modelo de profundidade do embasamento rochoso mostrando as áreas de interferência do embasamento rochoso (em vermelho) considerando-se a cota de projeto para a ampliação e aprofundamento do canal de acesso ao Porto de Itaguaí aos 22 m.

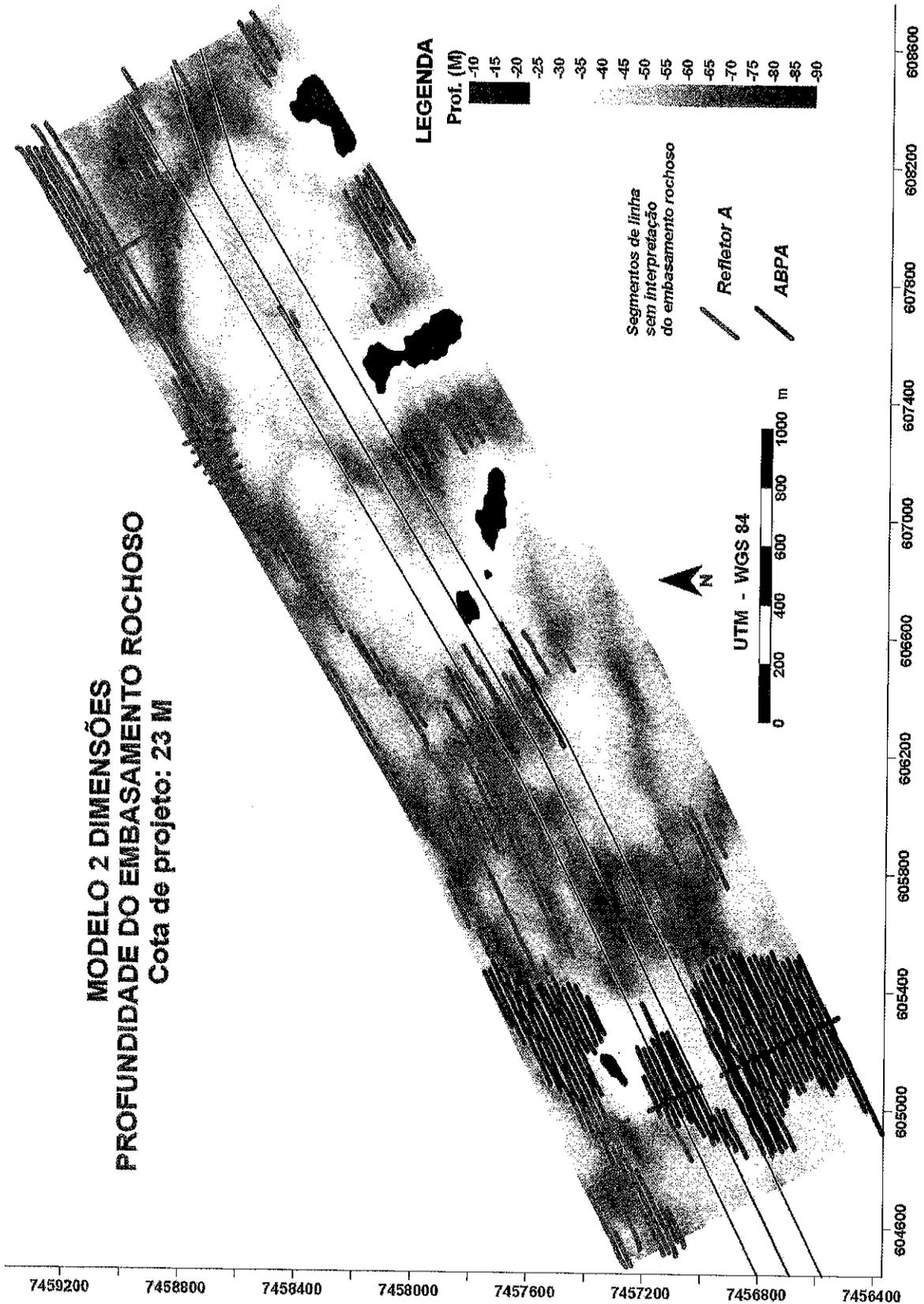


Figura 27 D: modelo de profundidade do embasamento rochoso mostrando as áreas de interferência do embasamento rochoso (em vermelho) considerando-se a cota de projeto para a ampliação e aprofundamento do canal de acesso ao Porto de Itaguaí aos 23 m.

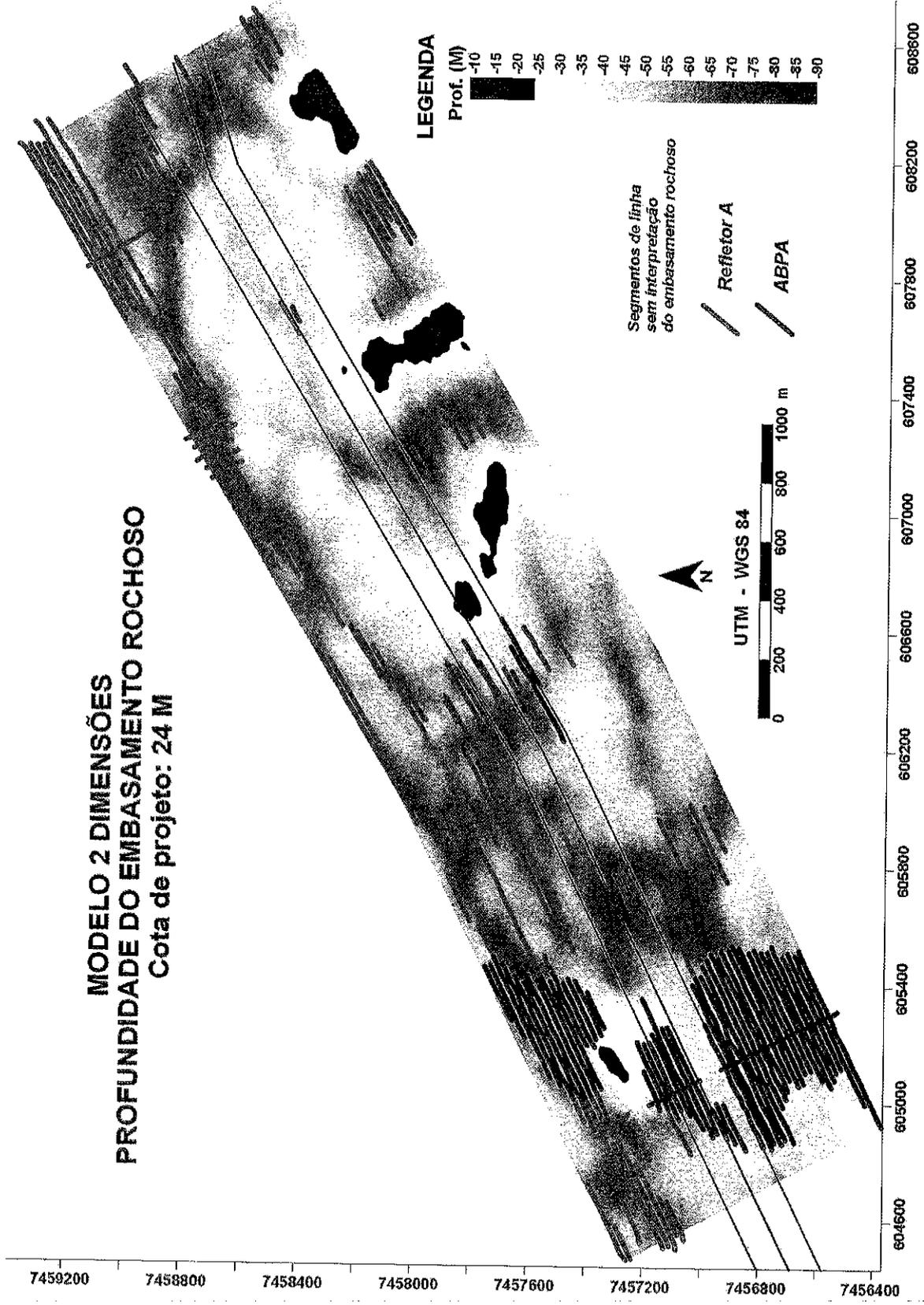


Figura 27 E: modelo de profundidade do embasamento rochoso mostrando as áreas de interferência do embasamento rochoso (em vermelho) considerando-se a cota de projeto para a ampliação e aprofundamento do canal de acesso ao Porto de Itaguaí aos 24 m.

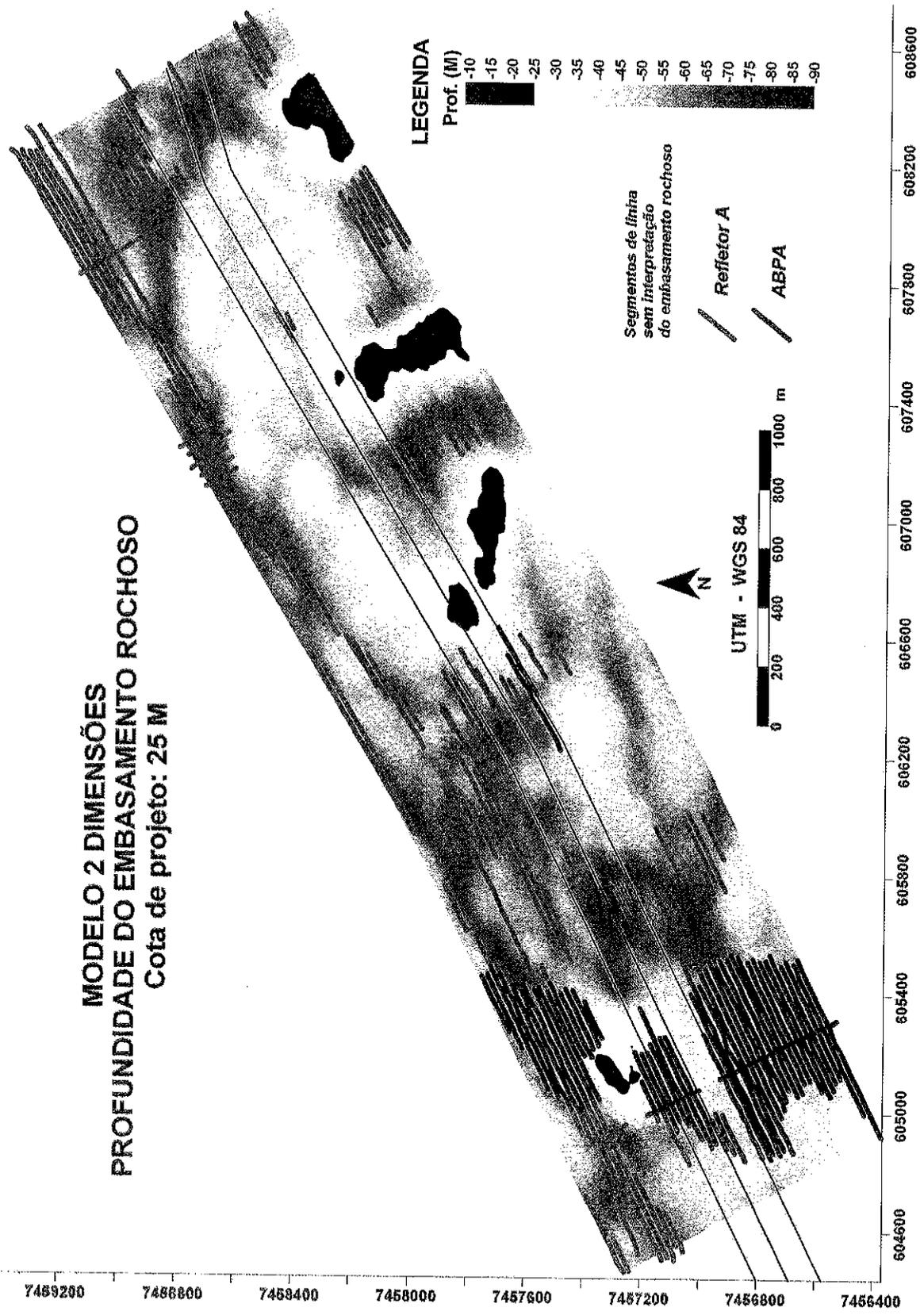


Figura 27 F: modelo de profundidade do embasamento rochoso mostrando as áreas de interferência do embasamento rochoso (em vermelho) considerando-se a cota de projeto para a ampliação e aprofundamento do canal de acesso ao Porto de Itaguaí aos 25 m.

7. CÁLCULO DE VOLUMES

Considerando que o objetivo projeto é o conhecimento da geologia de subfundo para subsidiar a execução da dragagem do canal de acesso ao porto de Itaguaí, foram gerados modelos batimétricos em três dimensões englobando toda a área de aquisição. Nestes modelos, encontrados nas figuras 28A a 28F, são apresentadas a previsão da morfologia de fundo após execução de dragagem, evidenciando o canal escavado para as profundidades de 20m, 21m, 22m, 23m, 24 m e 25m; com seus respectivos taludes, e gradientes conforme recomenda a proposta técnica para realização do presente estudo (constante na tabela abaixo). Além disso, são mostradas no fundo do canal, as superfícies do refletor do embasamento acústico que ultrapassam as cotas de projeto.

Os resultados dos cálculos de volumes a dragar e a derrocar, em metros cúbicos aproximados (m³) estão listados na tabela abaixo:

Tipo de Material	Talude de Projeto	Profundidade de Projeto (DHN)	Tolerância Vertical	Tolerância Horizontal	Volume Profundidade de Projeto (m ³)	Volume Sobredragagem (m ³)	Volume Total Projeto + Tolerância (m ³)
SEDIMENTOS	1:6	20m	0,5m	3,0m	14.03	110.3	124.33
		21m			134678.96	272553.36	407232.32
		22m			889957.07	424591.03	1314548.1
		23m			1809733.99	487888.38	2297622.37
		24m			2856190.09	554398.23	3409588.32
		25m			4041217.37	602749.69	4643967.06
ROCHA	1:0	20m	1,0m	ZERO	98.91	284.62	383.53
		21m			1337.63	1989.22	3326.85
		22m			4391.98	4481.35	8873.33
		23m			10229.66	7300.08	17529.74
		24m			19087.84	10463.66	29551.5
		25m			31753.54	15323.35	47076.89

Estes volumes devem ser considerados como estimativos para a derrocagem, que deverá ser avaliada segundo os critérios a serem adotados pelo projetista. Para o projeto executivo sugere-se a execução de sondagens geotécnicas com o máximo nível de precisão do posicionamento sobre as áreas críticas.

MODELO 3D - Estimativa de Volumes (cota: 20,0 m) - Sepetiba - RJ
Volume de dragagem - Volume de derrocagem

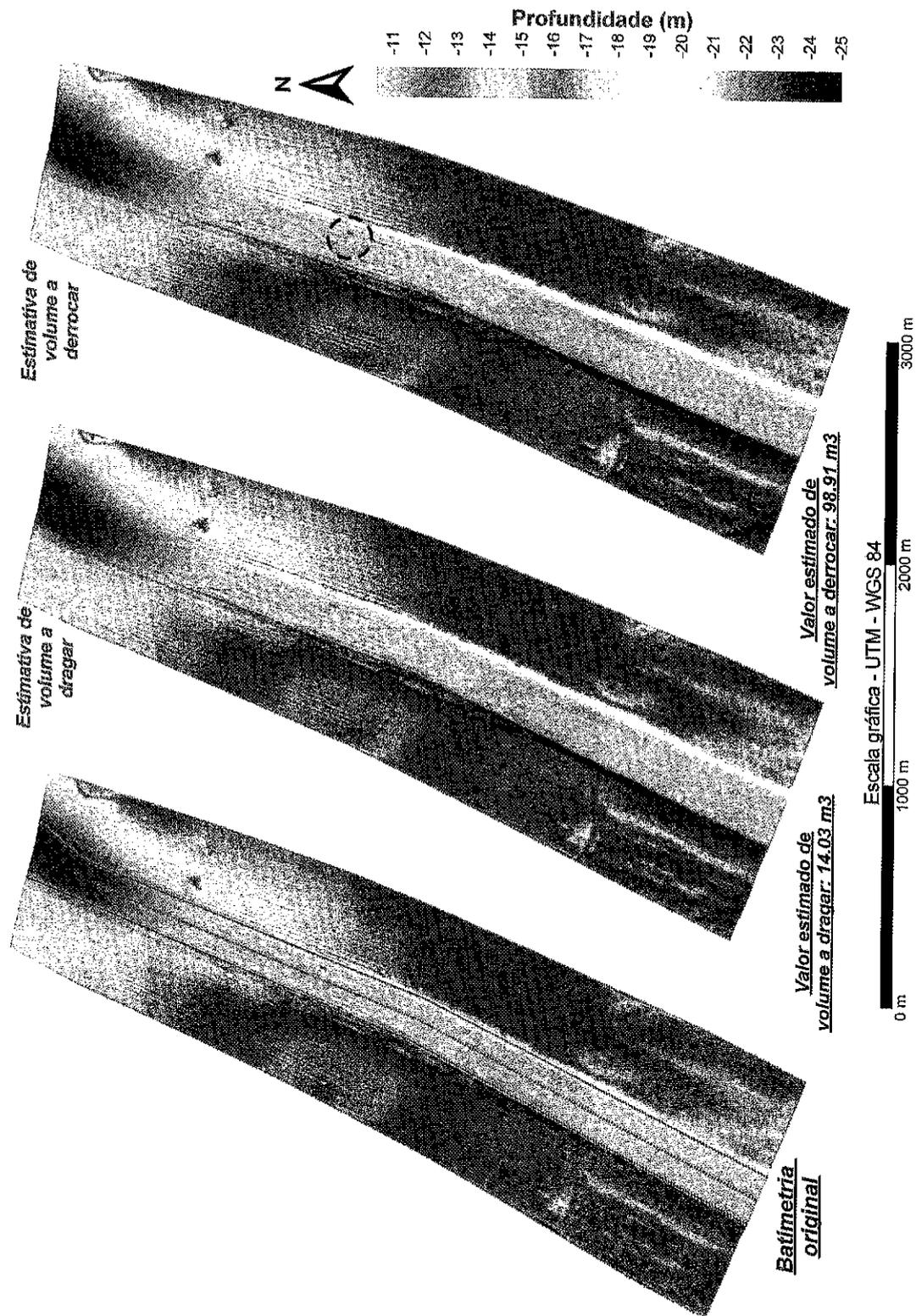


Figura 28 A: Modelo em três dimensões mostrando a batimetria da área de aquisição subtraída do volume sedimentar estimado de dragagem para a cota de profundidade de 20m. No terceiro modelo à direita, circulado de vermelho, são indicadas as áreas onde o embasamento acústico / rochoso aflora acima da cota de projeto considerada.

MODELO 3D - Estimativa de Volumes (cota: 21,0 m) - Sepetiba - RJ
Volume de dragagem - Volume de derrocagem

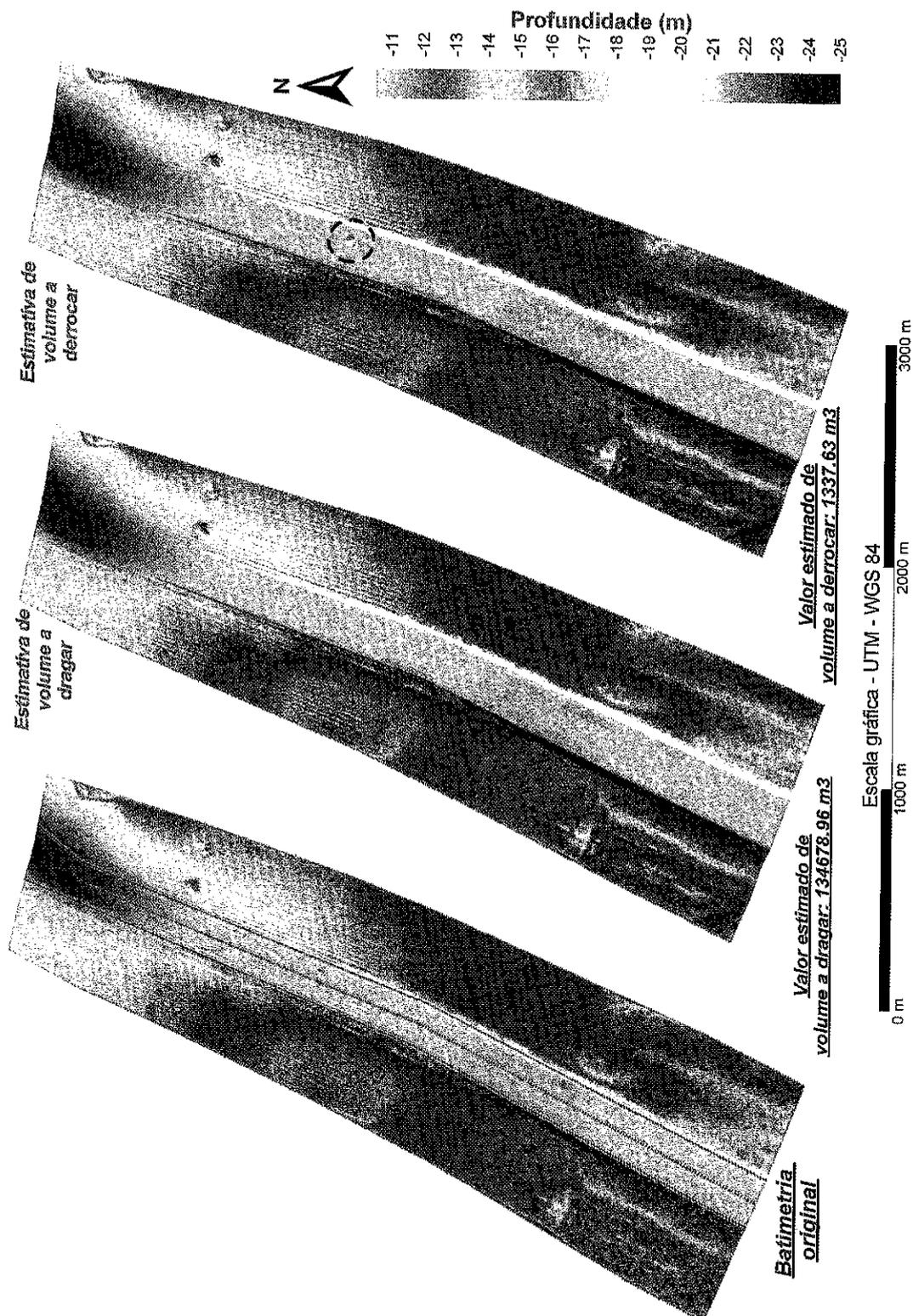


Figura 28 B: Modelo em três dimensões mostrando a batimetria da área de aquisição subtraída do volume sedimentar estimado de dragagem para a cota de profundidade de 21m. No terceiro modelo à direita, circulado de vermelho, são indicadas as áreas onde o embasamento acústico / rochoso aflora acima da cota de projeto considerada.

MODELO 3D - Estimativa de Volumes (cota: 22,0 m) - Sepetiba - RJ
Volume de dragagem - Volume de derrocagem

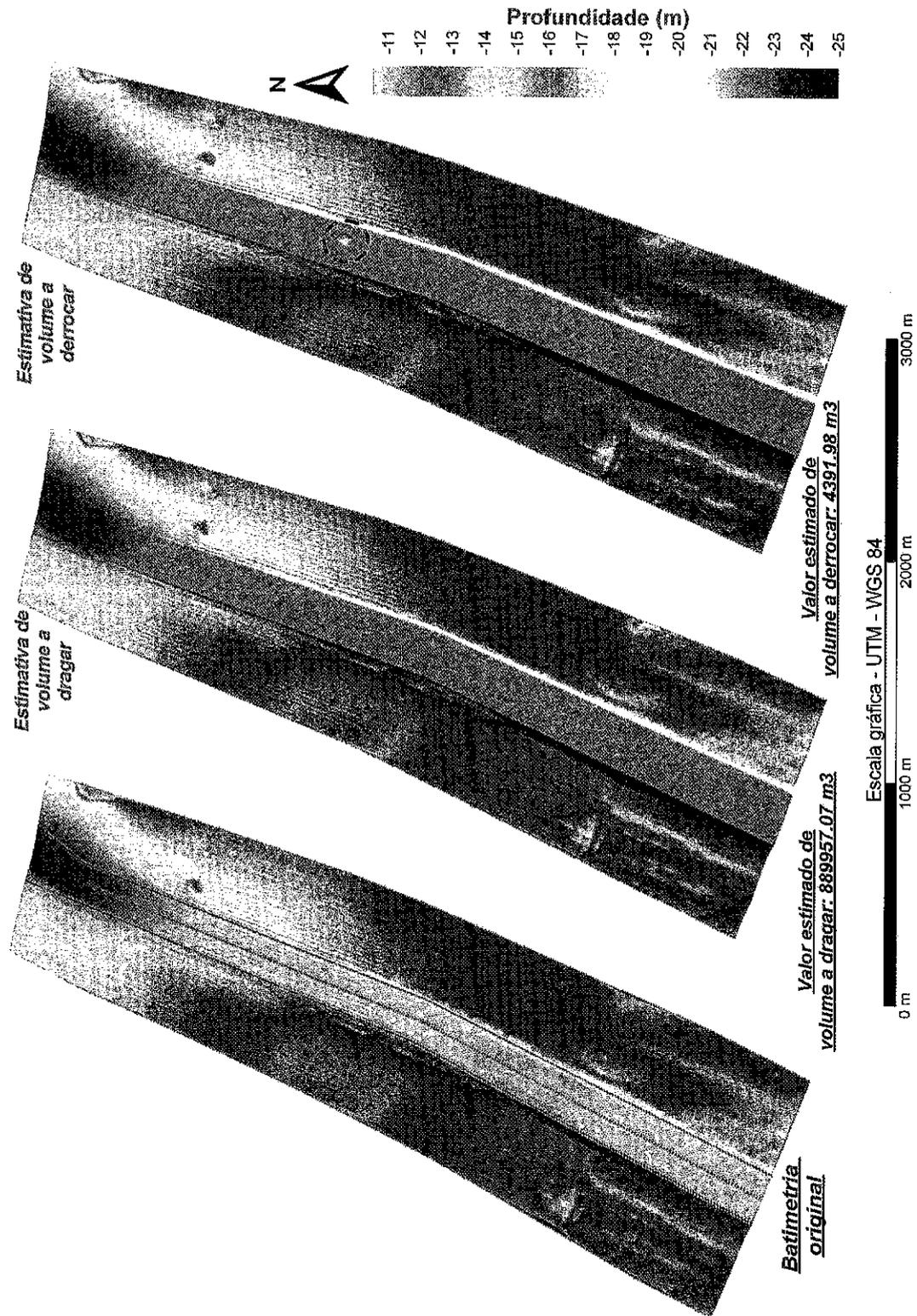


Figura 28 C: Modelo em três dimensões mostrando a batimetria da área de aquisição subtraída do volume sedimentar estimado de dragagem para a cota de profundidade de 22m. No terceiro modelo à direita, circulado de vermelho, são indicadas as áreas onde o embasamento acústico / rochoso aflora acima da cota de projeto considerada.

MODELO 3D - Estimativa de Volumes (cota: 23,0 m) - Sepetiba - RJ
Volume de dragagem - Volume de derrocagem

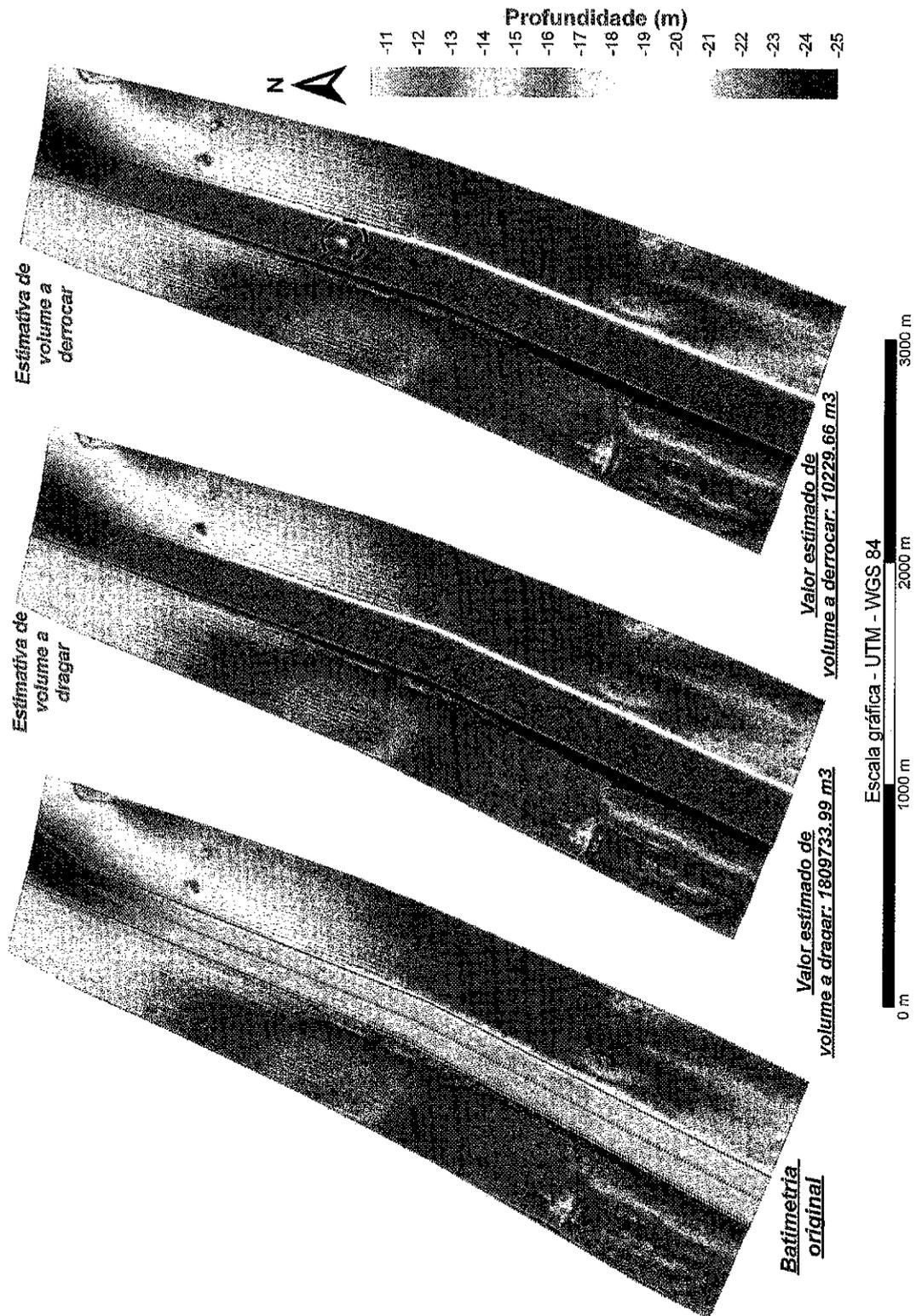


Figura 28 D: Modelo em três dimensões mostrando a batimetria da área de aquisição subtraída do volume sedimentar estimado de dragagem para a cota de profundidade de 23m. No terceiro modelo à direita, circulado de vermelho, são indicadas as áreas onde o embasamento acústico / rochoso aflora acima da cota de projeto considerada.

MODELO 3D - Estimativa de Volumes (cota: 24,0 m) - Sepetiba - RJ
Volume de dragagem - Volume de derrocagem

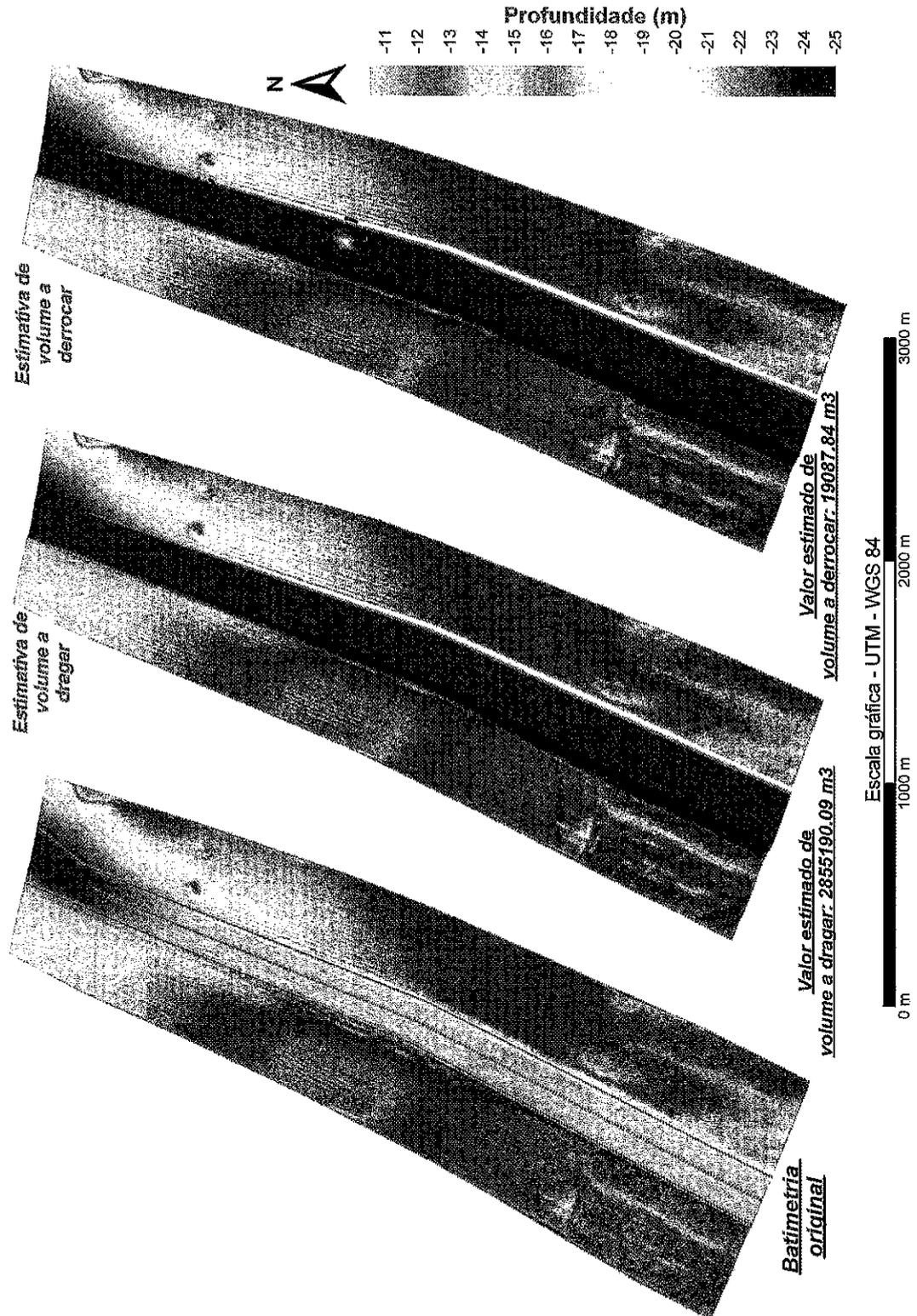


Figura 28 E: Modelo em três dimensões mostrando a batimetria da área de aquisição subtraída do volume sedimentar estimado de dragagem para a cota de profundidade de 24m. No terceiro modelo à direita, circulado de vermelho, são indicadas as áreas onde o embasamento acústico / rochoso aflora acima da cota de projeto considerada.

MODELO 3D - Estimativa de Volumes (cota: 25,0 m) - Sepetiba - RJ
Volume de dragagem - Volume de derrocagem

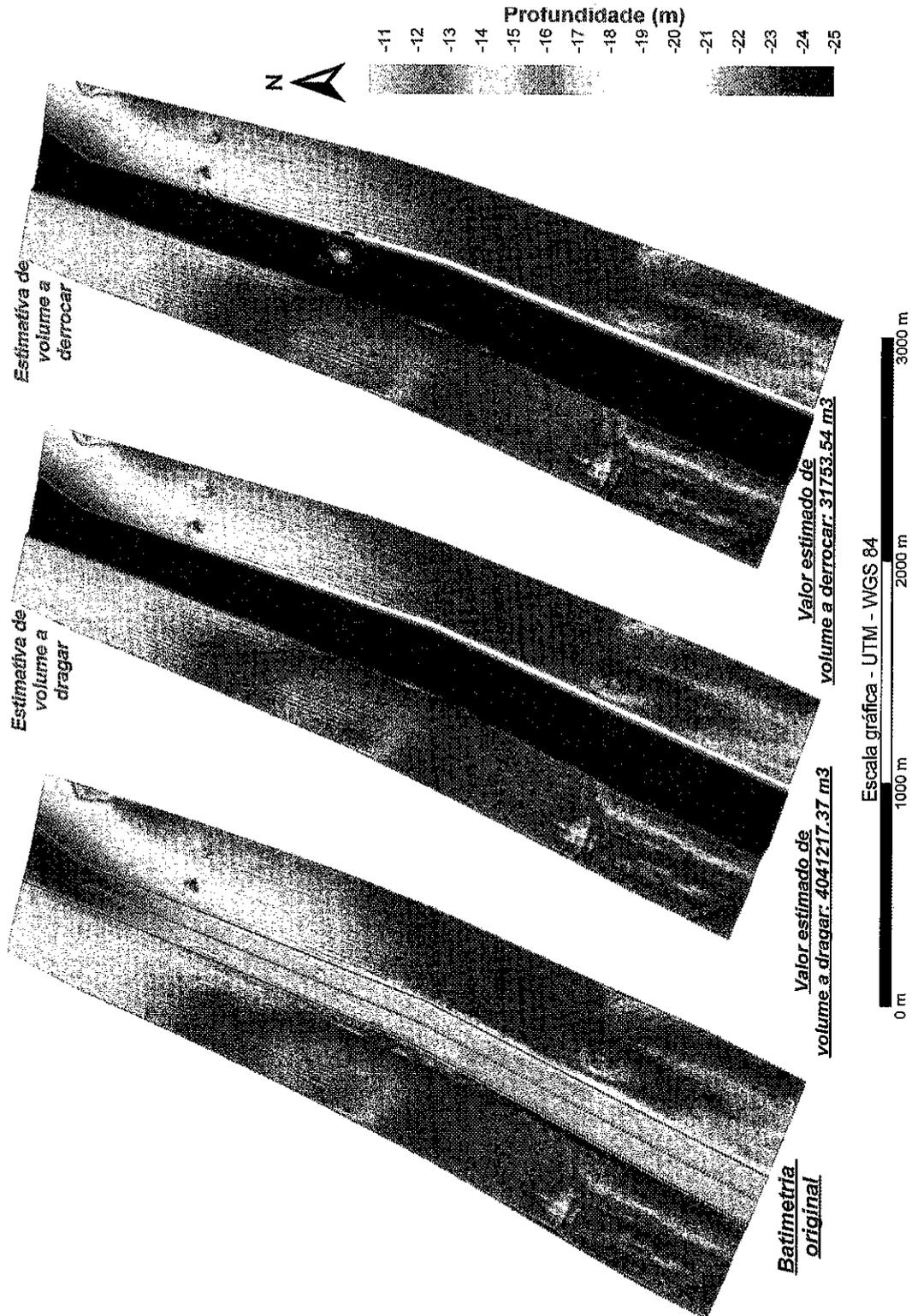


Figura 28 F: Modelo em três dimensões mostrando a batimetria da área de aquisição subtraída do volume sedimentar estimado de dragagem para a cota de profundidade de 25m. No terceiro modelo à direita, circulado de vermelho, são indicadas as áreas onde o embasamento acústico / rochoso aflora acima da cota de projeto considerada.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os levantamentos sismobatimétrico e sonográfico realizados na área que engloba um trecho do canal de acesso ao Porto de Itaguaí (Baía de Sepetiba - Rio de Janeiro) permitiram uma avaliação integrada da geologia regional, ao utilizar métodos geofísicos que se complementam e fornecem respostas diferenciadas, visando uma completa avaliação da geomorfologia e geologia locais. Os principais objetivos da análise seriam, de acordo com os objetivos do cliente, conhecer a morfologia de fundo e a disposição das camadas geológicas em profundidade, sobretudo do embasamento rochoso. Essas informações trazem subsídios para as tomadas de decisão sobre os projetos de alargamento e aprofundamento do canal de navegação em questão.

A geomorfologia do fundo submarino, através da batimetria e sonografia, demonstra a presença de um fundo pouco acidentado e homogêneo, de médias e altas intensidades de retorno acústico fortemente relacionado a sedimentos de areias médias a grossas. Destaca-se neste estudo a presença da depressão formada pelo canal dragado, associado ao padrão sonográfico com alternâncias na intensidade do retorno acústico, observado também no extremo sudoeste (SW). Além disso, foi possível verificar através dos registros sonográficos a ocorrência de alguns afloramentos rochosos que se concentraram na metade E-NE da área de estudo, associados a um padrão heterogêneo de alta reflexão. A natureza rochosa dessas reflexões foram corroboradas através dos registros sísmicos, onde ficou evidente a continuidade em subfundo desses afloramentos.

Além da superfície do embasamento rochoso, a interpretação dos perfis sísmicos contemplou o mapeamento de outras 2 superfícies refletoras: Refletor A e ABPA (áreas de baixa permeabilidade acústica). O topo do embasamento rochoso manteve-se entre 13 e 88 m de profundidade, oferecendo impedimento para a execução de obras de alargamento e aprofundamento do trecho considerado do canal de Itaguaí em dois núcleos principais (porção E-NE da área de estudo), considerando-se cotas de projeto variando entre 20 e 25m, conforme destacam os modelos de profundidade do embasamento rochoso das figuras 27A a 27F, e os modelos para cálculo volumétrico das figuras 28A a 28F. A título de complementação, nos trechos onde não foi possível visualizar o embasamento rochoso (onde sua disposição é extremamente profunda) foi interpretado o refletor A, que se manteve entre as profundidades de 18 e 40 m. O refletor ABPA foi mapeado restritamente em três núcleos no setor sudoeste da poligonal de investigação; ocorrendo ora em profundidades muito superficiais, confundindo-se com o próprio fundo marinho, ora em subfundo, alcançando profundidades de até ≈ 27 m. É de extrema importância destacar que entre essas áreas de ocorrência de ABPA na porção sudoeste da área de estudo observa-se uma tendência considerável de raseamento do embasamento rochoso. Uma dessas áreas recai dentro dos limites do canal de navegação e requer atenção especial durante o planejamento das sondagens geológicas de averiguação, sobretudo porque aí o refletor ABPA ocorre muito superficialmente, aproximando-se demasiadamente do fundo marinho.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ayres Neto, A. (2000). Uso da sísmica de alta resolução e da sonografia na exploração mineral submarina. *Brazilian Journal of Geophysics*. Vol. 18 (3), p. 241-256.

Ayres Neto, A.; Aguiar, A.C.K.V. (1993). Interpretação de reflexões de Side Scan Sonar: uma proposta de nomenclatura e padronização de métodos. *Anais do Congresso Internacional de Geofísica RJ*. 1: 399-403.

Blondel, P.; Murton, B.J. (1997). *Handbook of seafloor imagery*. John Wiles & Sons Ltda. 314p.

Keary, P.; Brooks, M.; Hill, I. (2002). *An introduction to geophysical exploration*. Blackwell Science. 3 ed. 264p.

Morang, A.; Larson, R.; Gorman, L. (1996). Monitoring the coastal environments; Part III: geophysical and Research Methods. *Journal of Coastal Research*, 13: 1064-1085.

Quaresma, V.S.; Dias, G.T.M.; Baptista Neto, J.A. (2000). Caracterização da ocorrência de padrões de sonar de varredura lateral e sísmica de alta frequência (3,5 e 7,0 KHz) na porção sul da Baía de Guanabara – RJ. *Brazilian Journal of Geophysics*. Vol. 18 (2), p. 201-214.

Seibold, E.; Berger, W.H. (1996). *The sea floor: an introduction to marine geology*. Springer. 3 ed. 356p.

Souza, L.A.P. (1988). As técnicas geofísicas de sísmica de reflexão de alta resolução e sonografia aplicada ao estudo dos aspectos geológicos e geotécnicos em áreas submersas. In: *Congresso Brasileiro de Geologia*, 35. Belém, P0A, SBG, v.4, p. 1551-1564.

Souza, L. A. P; Mahiques, M. M. (2009). Geofísica Marina Aplicada al Estudio de los Riesgos Geológicos litorales. In: J. Alcántara Carrrió; I; D. Correa Arango; F.I. Isla de Medy; M. Alvarado Ortega; A.H.F. Klein; A.Cabrera Hernandez y R. Sandoval Barlow. (Org.). *Métodos en Teledetección Aplicada a la Prevencion de Riesgos Naturales en el Litoral*. 1 ed. Madri: CYTED - Universidade Catolica de Valencia, v. 1, p. 231-246

10. ANEXOS

Fazem parte deste relatório, e estão sendo encaminhados em conjunto, os seguintes documentos:

10.1. Cópia da Autorização nº 185/10 da DHN

Cópia da Autorização expedidas pela DHN para execução dos serviços.

10.2. Cópia da Ficha de Descrição da Estação Maregráfica

Cópia da ficha de descrição da Estação Maregráfica da Ilha da Madeira, utilizada para redução do efeito da maré nos levantamentos.

10.3. Cópia dos Maregramas do Período da Sondagem

Curvas da maré reduzida ao NR da DHN referente ao período do levantamento.

10.4. Plantas de Batimetria, Interpretação Sonográfica e Interpretação Sísmica Reduzidas

Desenhos reduzidos em formato A4, para visualização expedita dos resultados.

10.5. CD com os Arquivos do Serviço

CD com os arquivos em DWG das plantas produzidas, arquivos para reprodução deste relatório e arquivos XYZ do levantamento batimétrico.

10.6. Plantas de Batimetria, Interpretação Sonográfica e Interpretação Sísmica Originais

Desenhos originais em formato A0, referentes ao levantamento executado.

Rio de Janeiro, 21 de setembro de 2010.

Dannilo Alves do Carmo
MSc. Geologia e Geofísica Marinha
Oceanógrafo
ID: 1.738.682 SSP – ES

Daphne Moraes Costa Moscon
MSc. Geologia e Geofísica Marinha
Oceanógrafa
ID: 1.843.508 SSP – ES

Paulo Henrique Cetto
MSc. Geologia e Geofísica Marinha
Supervisor Técnico – Oceanógrafo
ID: 1.736.811 SSP – ES

Antonio Geraldo Neves da Cunha
Diretor Técnico
CREA – RJ: 37.086/D

10.1. CÓPIA DA AUTORIZAÇÃO Nº 185/10 DA DHN

**MARINHA DO BRASIL**

CENTRO DE HIDROGRAFIA DA MARINHA
Rua Barão de Jaceguai, s/nº, Ponta d'Arcia
CEP: 24.048-900 – Niterói – RJ
Tel/Fax: (21) 2189-3237 – levantamentos@chm.mar.mil.br

Niterói, 6 de julho de 2010.

Ao Senhor

ANTONIO GERALDO NEVES DA CUNHA

Diretor-Técnico da Microars Consultoria e Projetos Ltda.
Rua Visconde de Inhaúma, nº 50 – salas 1111/1116 - Centro.
CEP: 20.091-000 – Rio de Janeiro – RJ

Assunto: Autorização nº 185/10

Senhor Diretor-Técnico,

1. Incumbiu-me o Diretor do Centro de Hidrografia da Marinha de acusar o recebimento via fax, no dia 30 de julho de 2010, do requerimento no qual Vossa Senhoria solicita autorização para execução de Levantamento Hidrográfico (LH) no canal de acesso ao Porto de Itaguaí, município de Itaguaí – RJ.
2. Participo a Vossa Senhoria que o referido levantamento, categoria “B”, está autorizado sob o nº 185/10, no período de 7 de julho a 7 de novembro de 2010.
3. Outrossim, informo que os LH categoria “B” são realizados sem o propósito de produzir elementos para atualização de cartas náuticas da DHN, não podendo ser utilizados, portanto, para subsidiar análises de proposta de balizamento constantes daquelas cartas.

Atenciosamente,

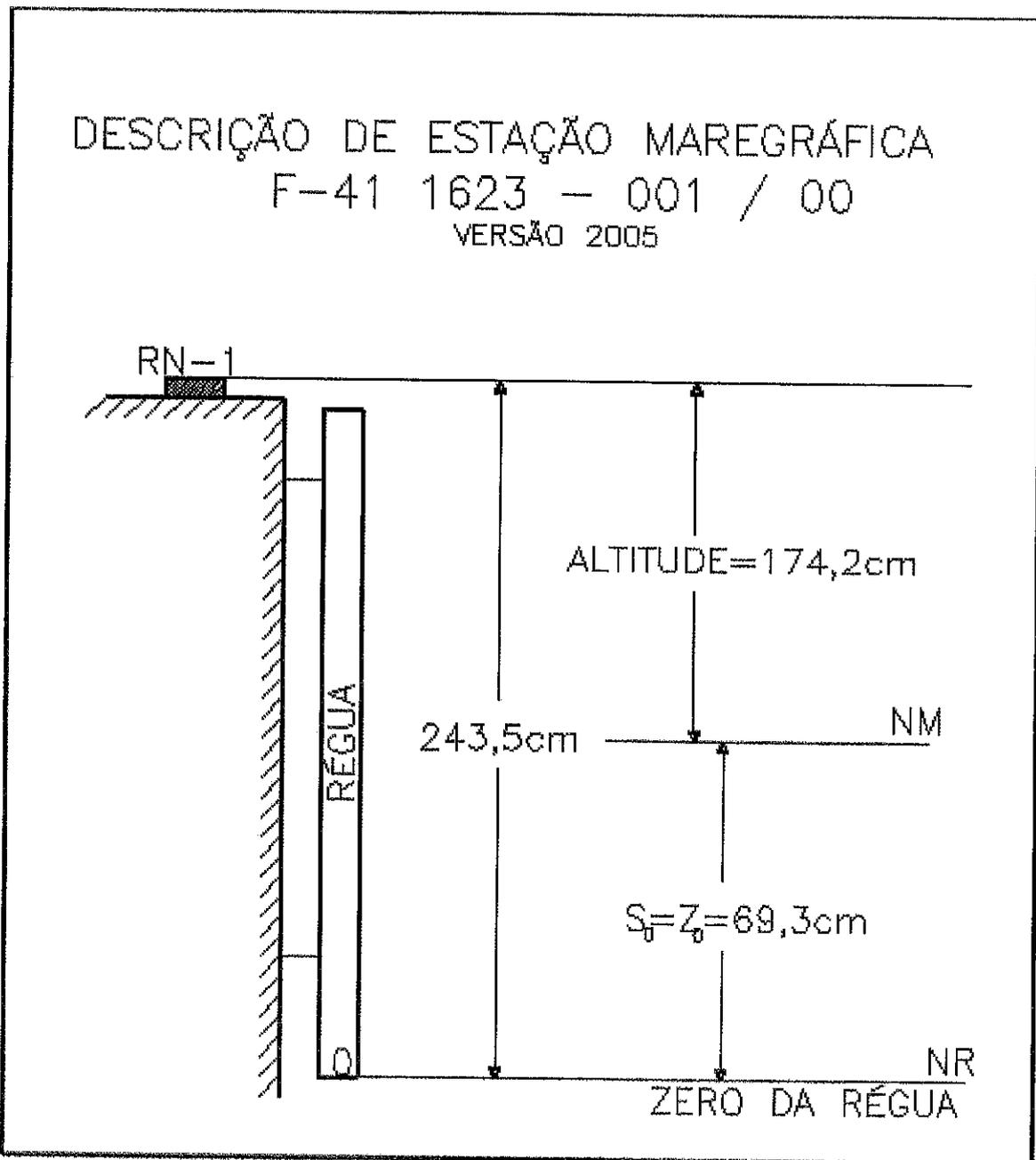

MAURÍCIO TURCATO JORGE
Capitão de-Fragata

Encarregado da Divisão de Planejamento e Coordenação

DIPLOB	
DOC. 14853/D.P.	184
RESERVA	867



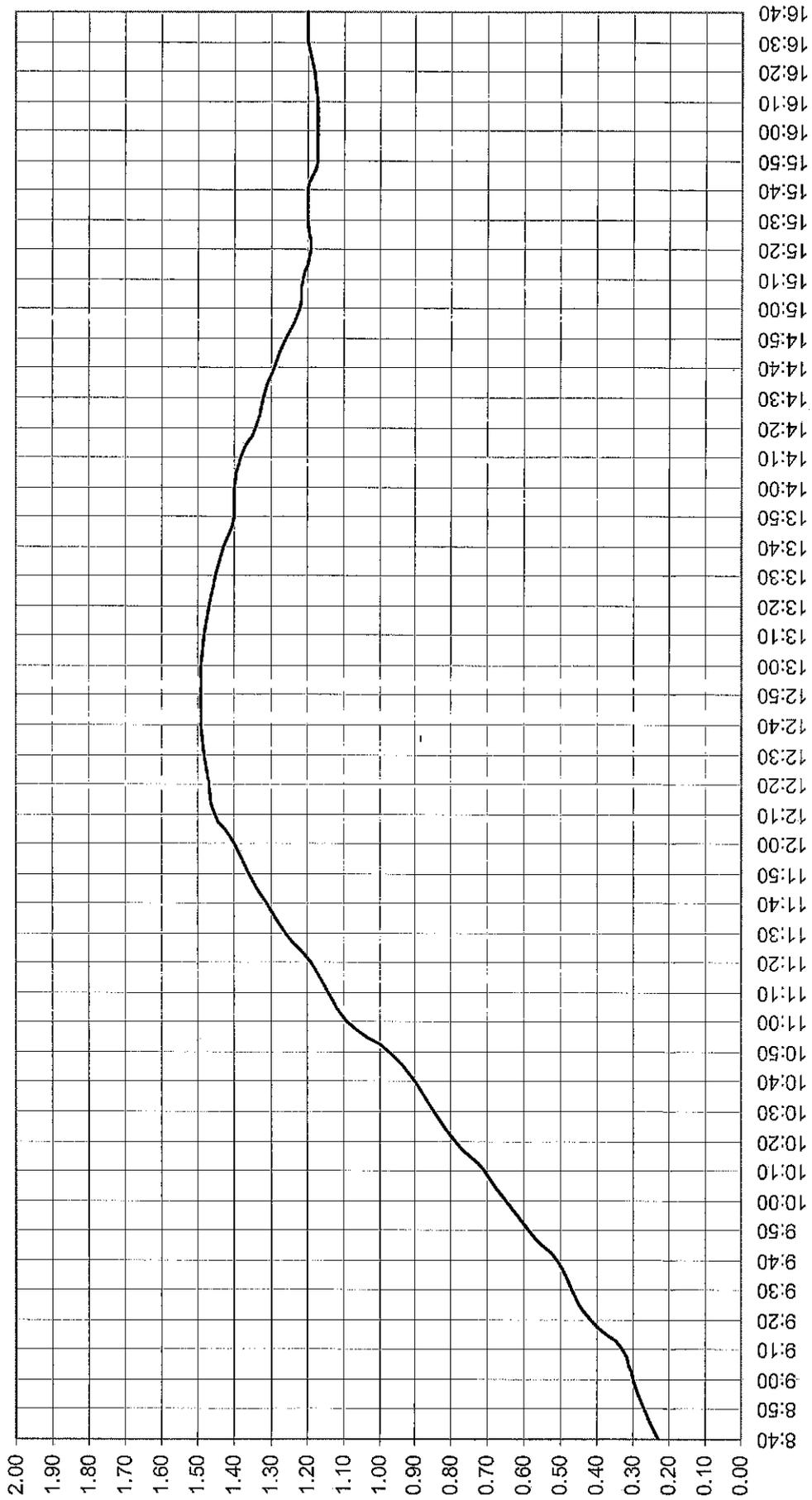
**10.2. CÓPIA DA FICHA DE DESCRIÇÃO
DA ESTAÇÃO MAREGRÁFICA**



**10.3. CÓPIA DOS MAREGRAMAS
DO PERÍODO DA SONDAGEM**



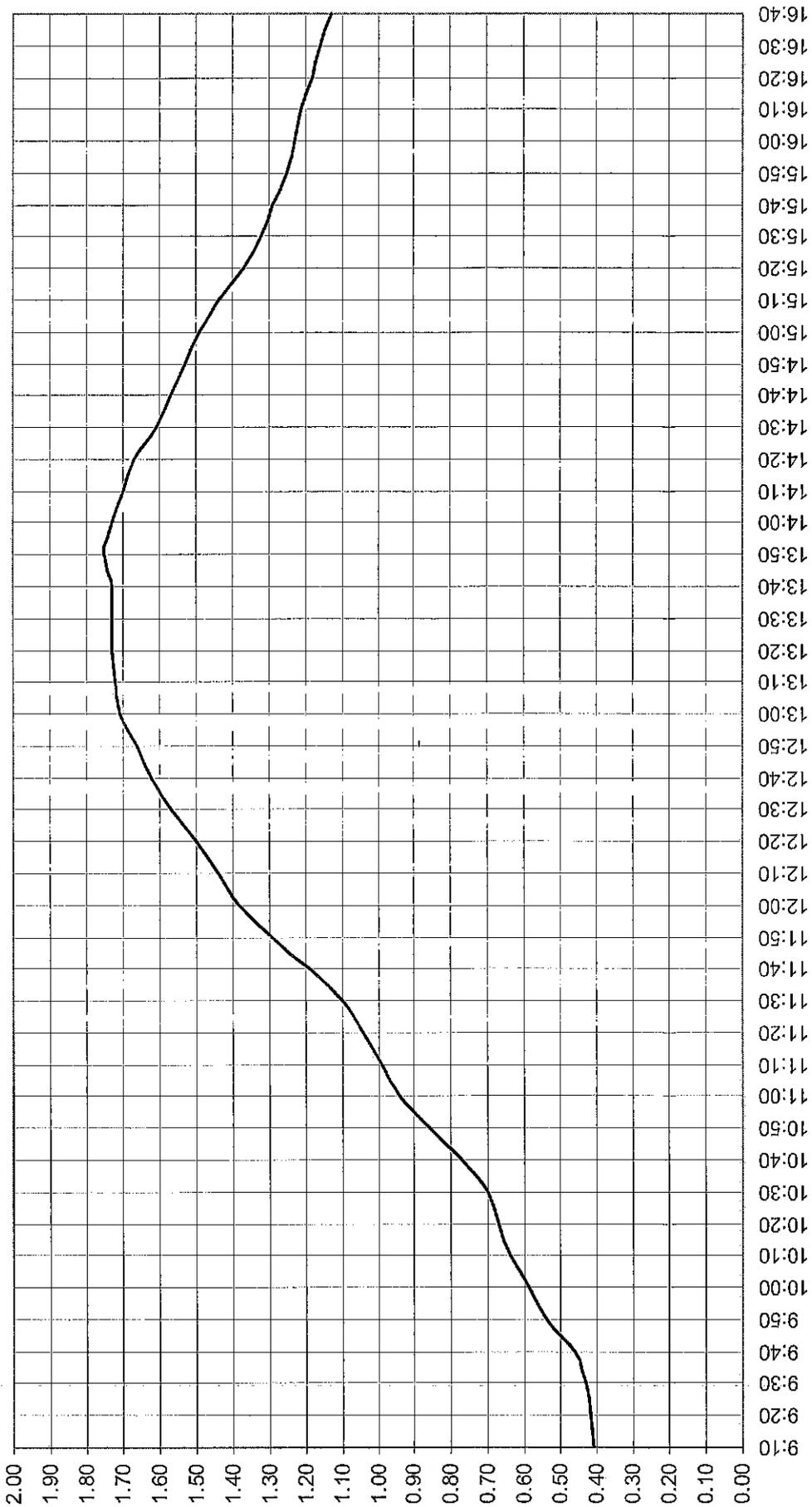
Curva de Maré do Dia 23/07/2010
Canal de Acesso ao Porto de Itaguaí
Estação de Referência Porto de Itaguaí – NR DHN



DIFROB
DOC. 14853/17 187
RUBRICA *CDN* 8267



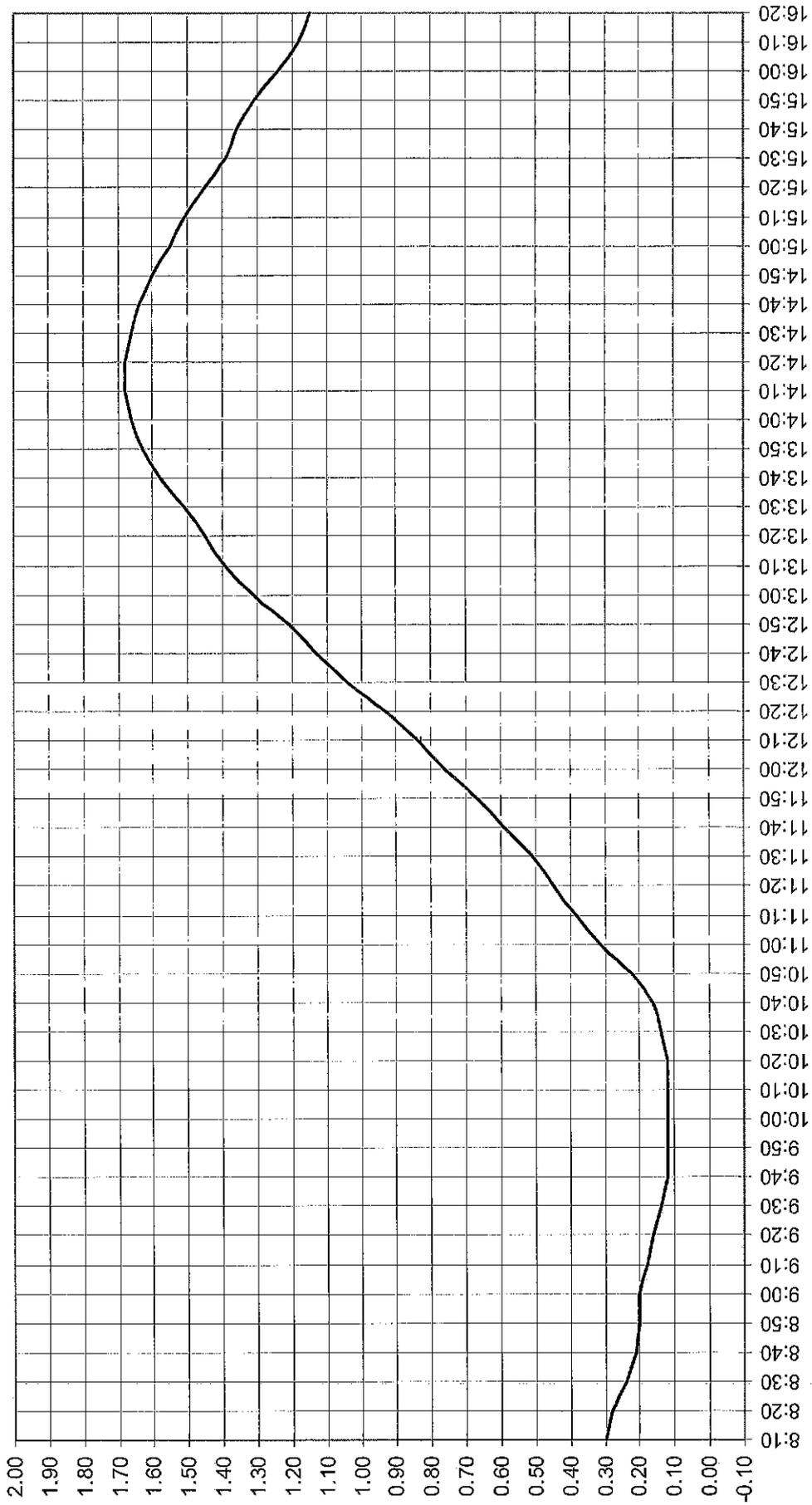
Curva de Maré do Dia 24/07/2010
Canal de Acesso ao Porto de Itaguaí
Estação de Referência Porto de Itaguaí – NR DHN



DIPD03
DOC. 14853/17. 188
RUBRICA: [Signature] 8267



Curva de Maré do Dia 25/07/2010
Canal de Acesso ao Porto de Itaguaí
Estação de Referência Porto de Itaguaí – NR DHN

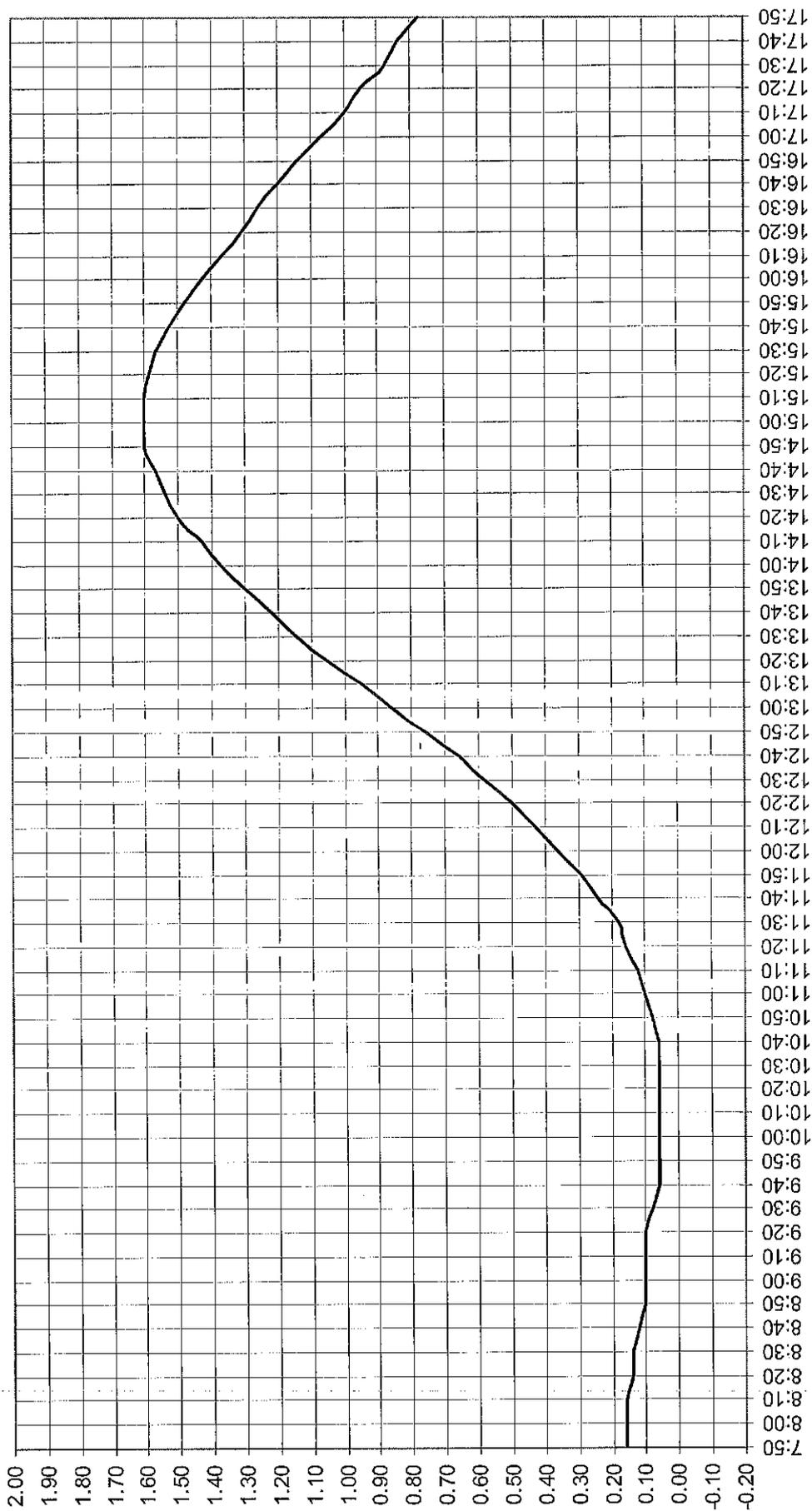


DIPROB
DOC. 14853/A. 189
RUBRICA: [Signature] 866



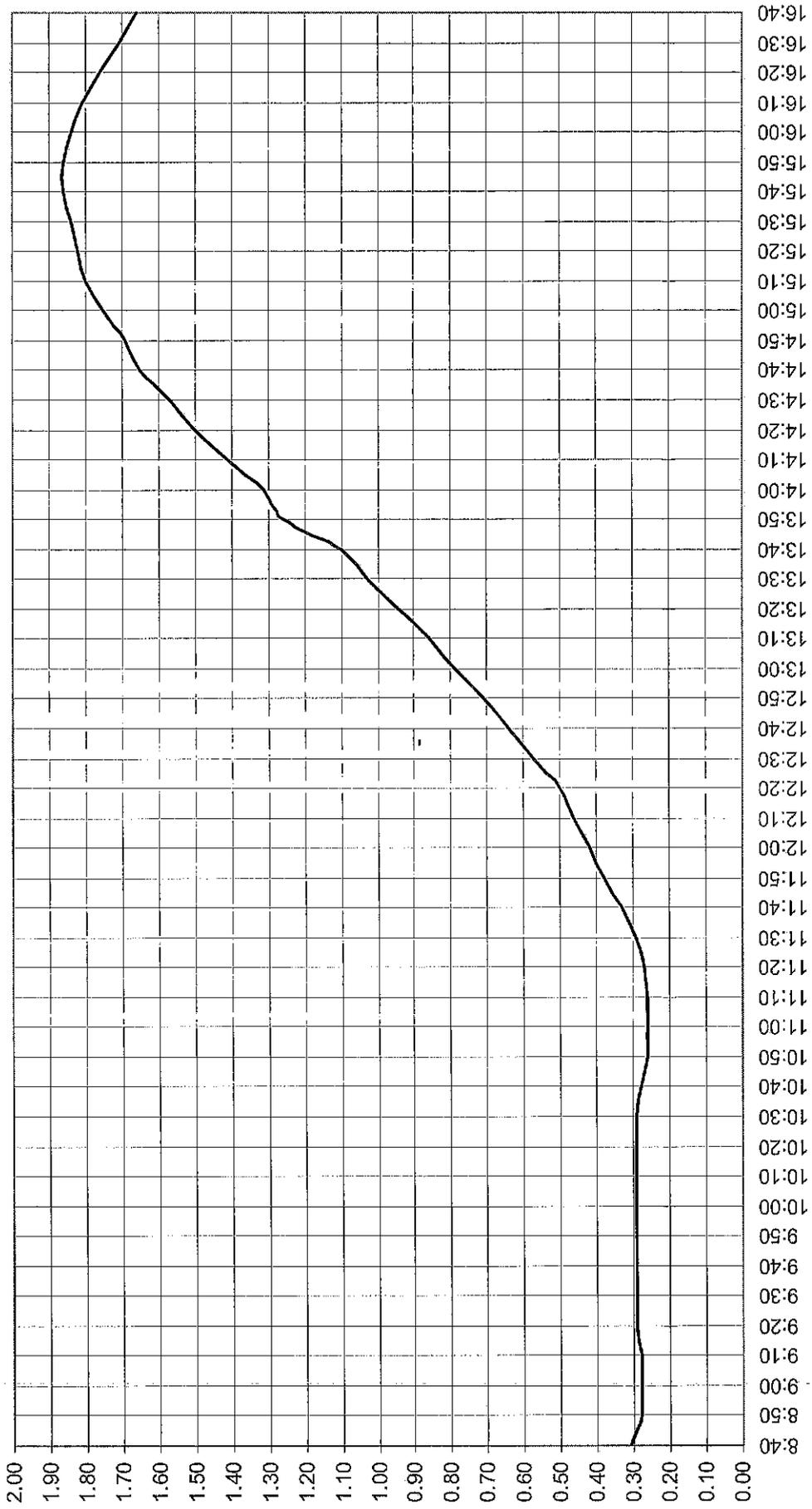
MICROARS

Curva de Maré do Dia 26/07/2010
Canal de Acesso ao Porto de Itaguaí
Estação de Referência Porto de Itaguaí – NR DHN



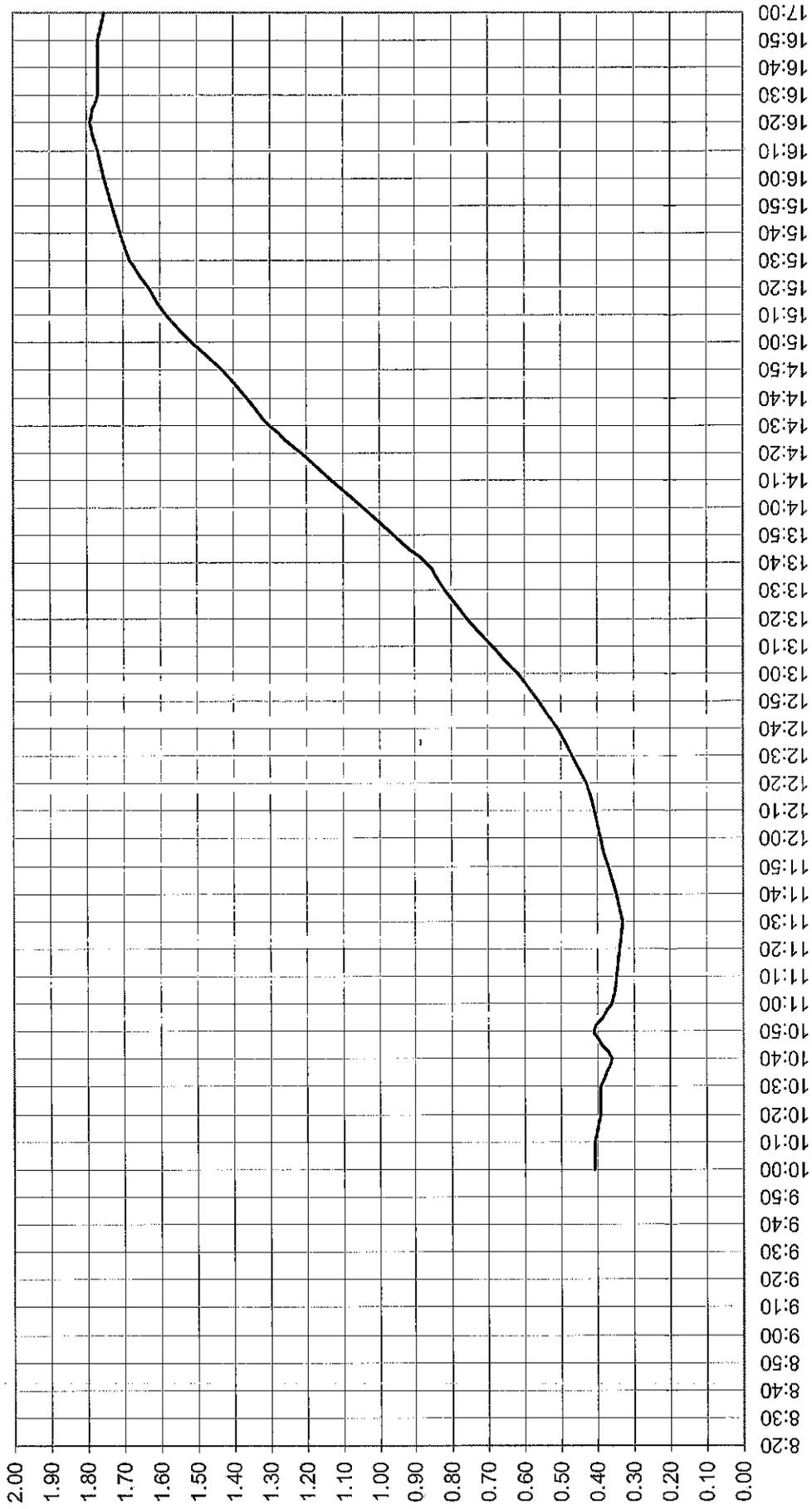
DI-FR-02
DOC. 14853/A. 190
RUBRICA [Signature] 8267

Curva de Maré do Dia 27/07/2010
Canal de Acesso ao Porto de Itaguaí
Estação de Referência Porto de Itaguaí – NR DHN



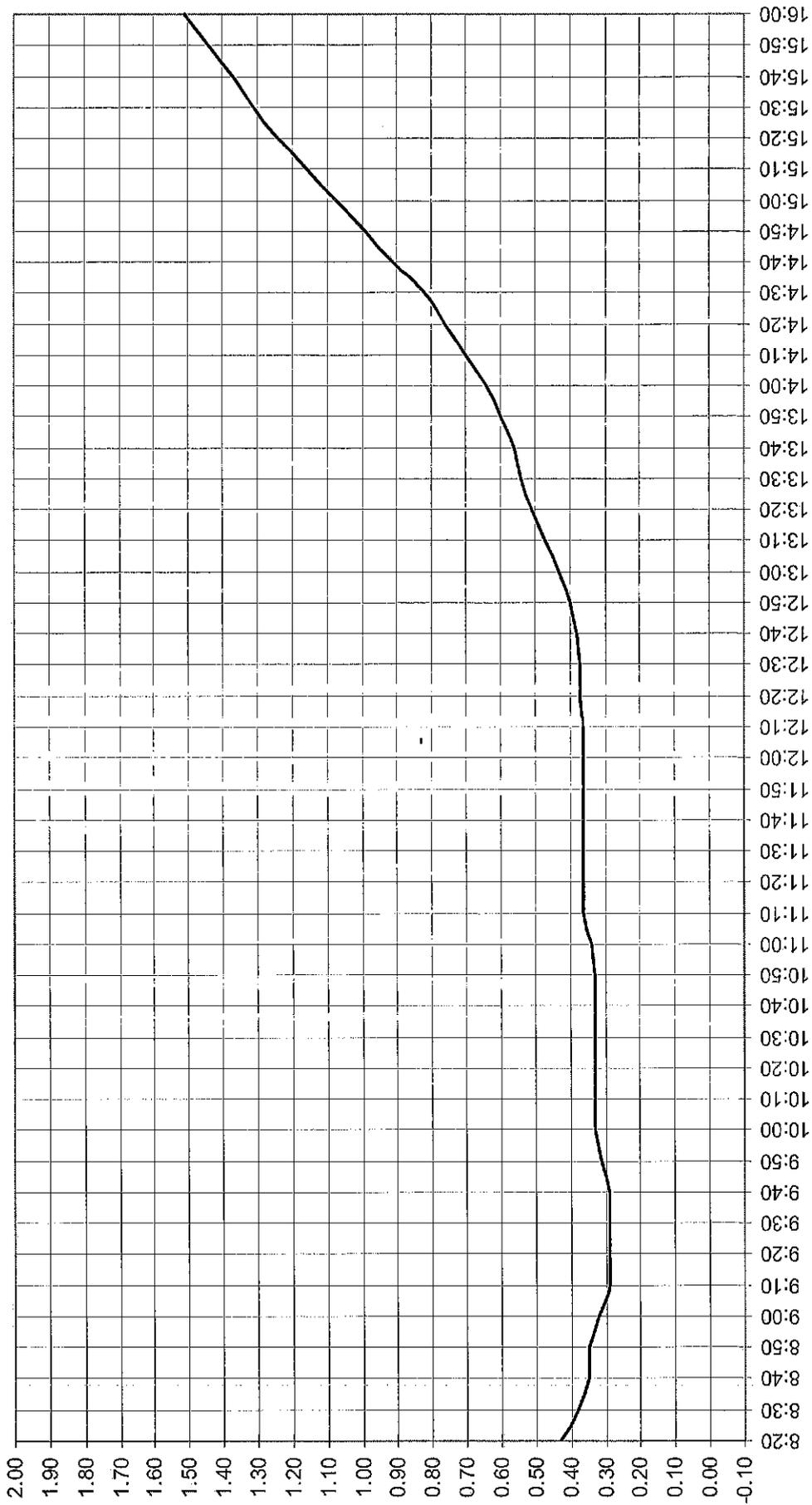
DIPROB
DOC. 14853 / 17.1.191
RUBRICA: [Signature] 8267

Curva de Maré do Dia 28/07/2010
Canal de Acesso ao Porto de Itaguaí
Estação de Referência Porto de Itaguaí – NR DHN



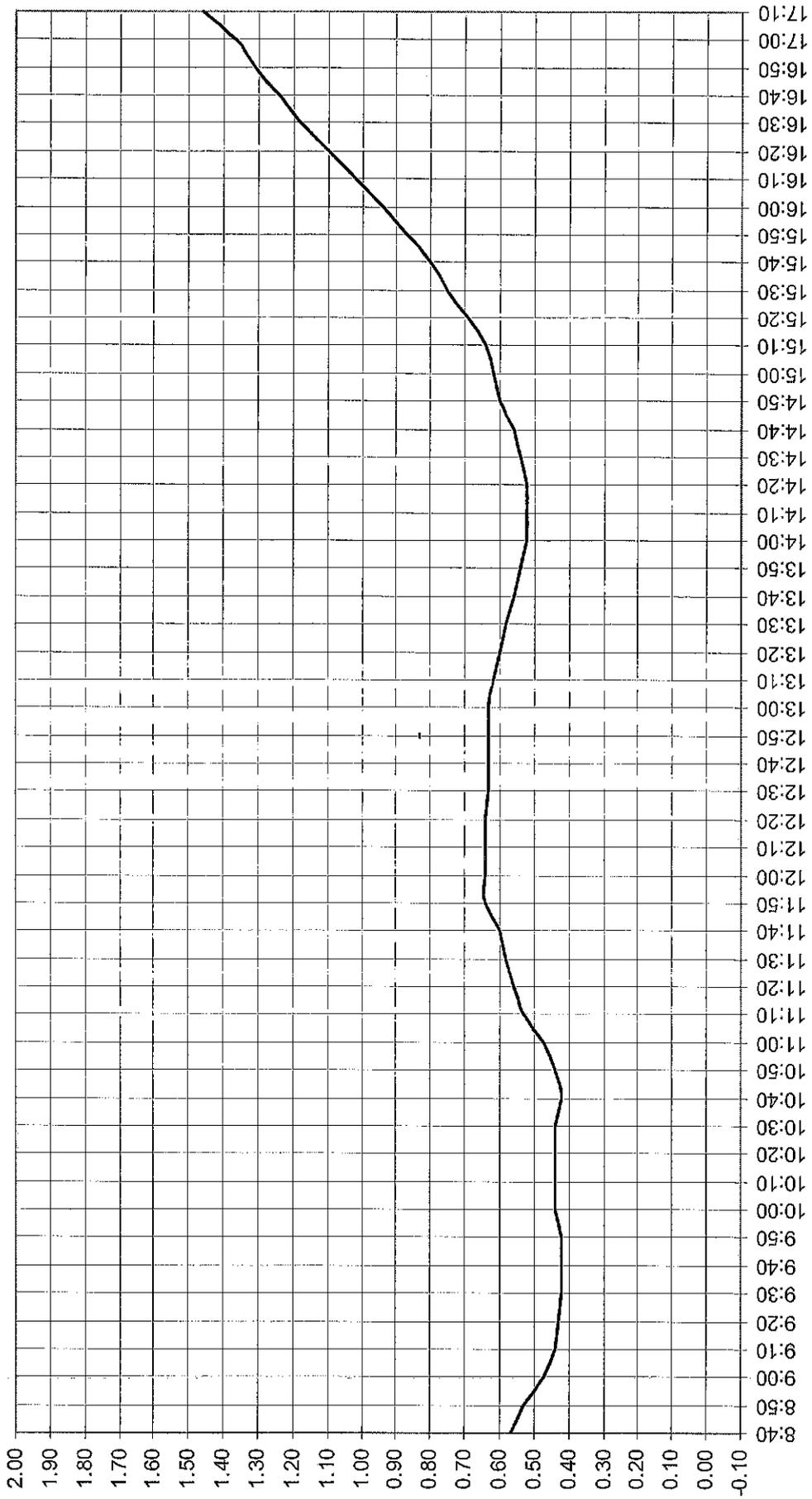
DIFUSOR
DOC. 14853/A.1.192
RUBRICA *[Signature]* Nº. 8267

Curva de Maré do Dia 29/07/2010
Canal de Acesso ao Porto de Itaguaí
Estação de Referência Porto de Itaguaí – NR DHN



DIPROB
DOC. 14853/17.1.193
FLUBRICA [Signature] SEQ. 8067

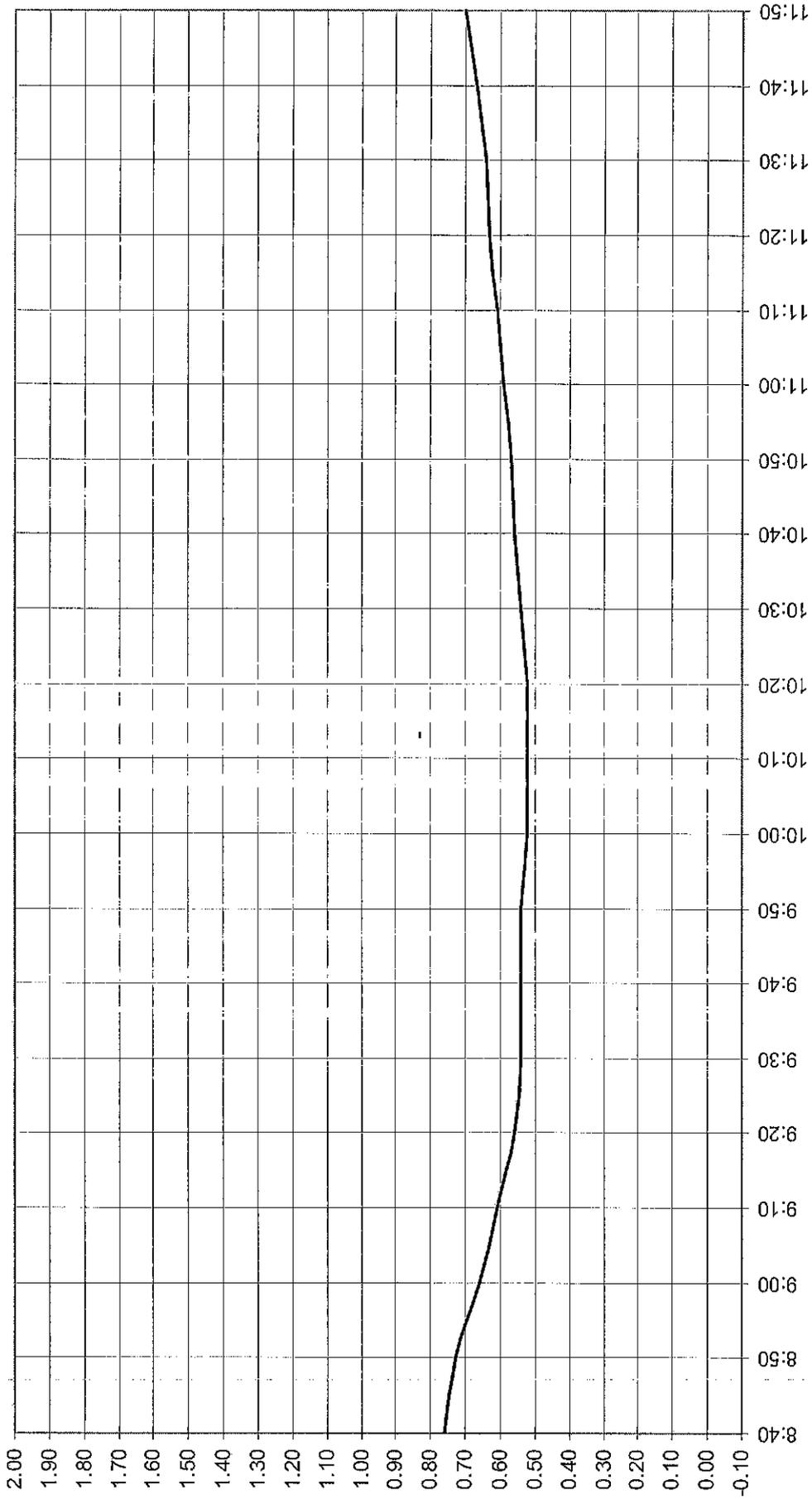
Curva de Maré do Dia 31/07/2010
Canal de Acesso ao Porto de Itaguaí
Estação de Referência Porto de Itaguaí – NR DHN



DIPROB
DOC: 14853/A. 194
PLANICA [Signature] 8267

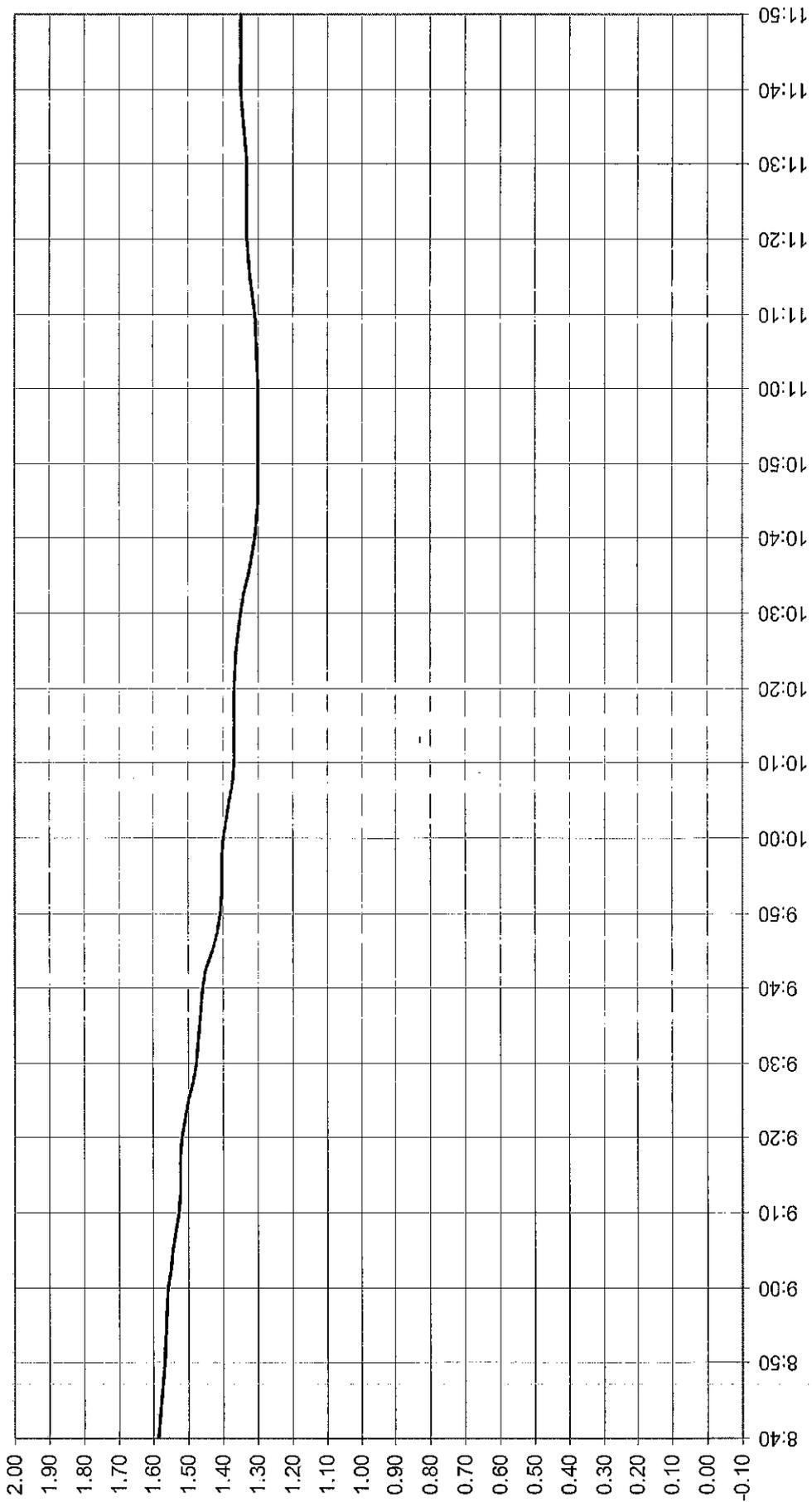


Curva de Maré do Dia 01/08/2010
Canal de Acesso ao Porto de Itaguaí
Estação de Referência Porto de Itaguaí – NR DHN



DIPROB
DOC. 14853 / 17.1. 195
RUBRICA *[Signature]* Nº 8267

Curva de Maré do Dia 04/08/2010
Canal de Acesso ao Porto de Itaguaí
Estação de Referência Porto de Itaguaí – NR DHN

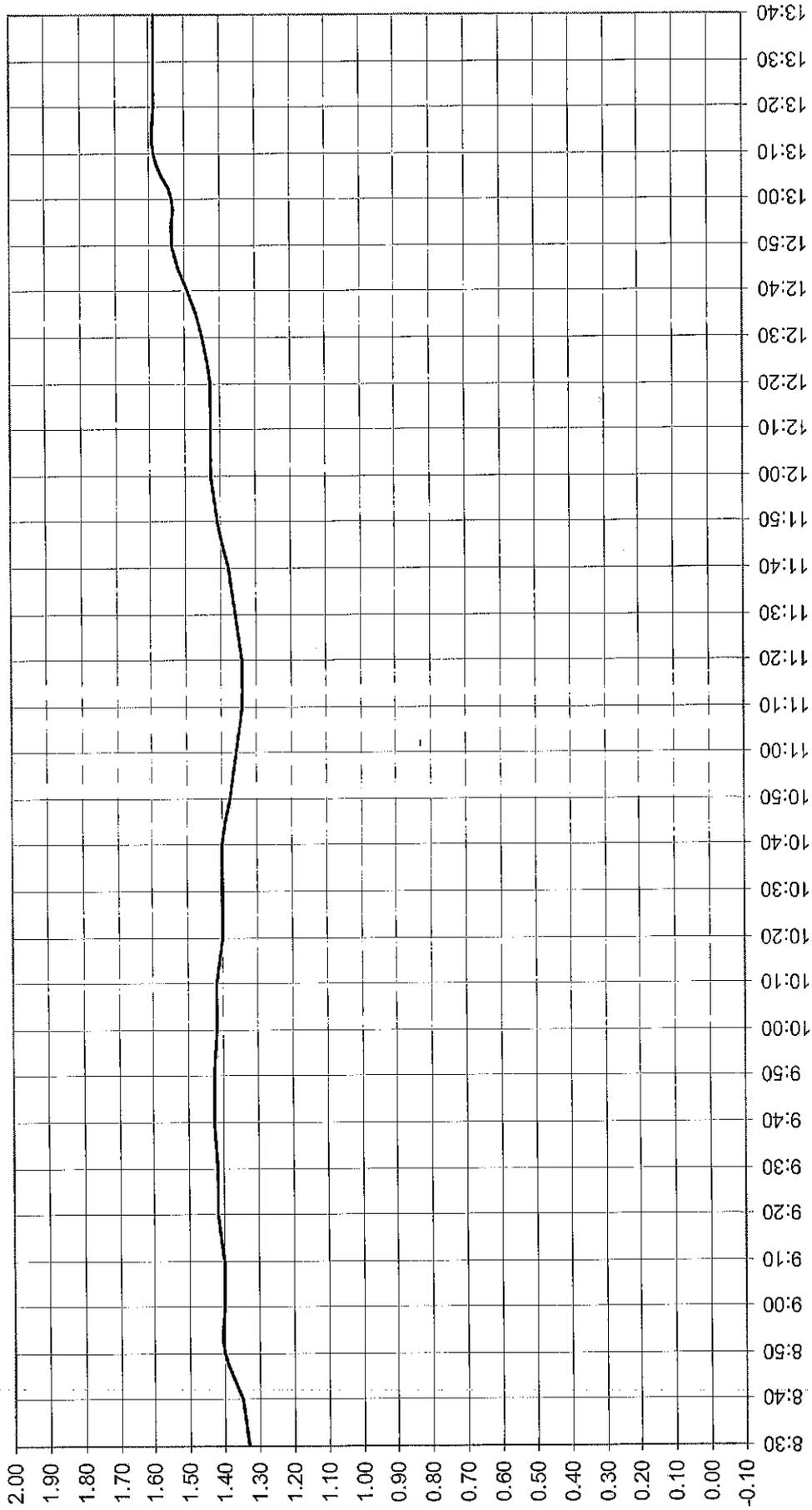


DIPFOS
DOC. 14853/17 fl. 196
MUNICIPA Nº 8267



MICROARS

Curva de Maré do Dia 05/08/2010
Canal de Acesso ao Porto de Itaguaí
Estação de Referência Porto de Itaguaí – NR DHN



DIPPOB
DOC. 14853/17 FL. 197
RUBRICA *[Signature]* REG. 8267