

RELATÓRIO N° 02/15

**SERVIÇOS DE LEVANTAMENTO SISMOBATIMÉTRICO
E SONOGRÁFICO NA ÁREA DO FUTURO PROJETO DA
PONTE ENTRE SALVADOR E A ILHA DE ITAPARICA**

BAIA DE TODOS OS SANTOS – BA



MARÇO 2015

RELATÓRIO – SÍSMICA, BATIMETRIA E SONOGRAFIA

PONTE ITAPARICA - SALVADOR

ÍNDICE

1 – INTRODUÇÃO	02
2 – ÁREA DE ESTUDO	03
3 – EQUIPES E EQUIPAMENTOS	05
4 – MATERIAIS E METODOS	07
5 – GEOMORFOLOGIA DO FUNDO MARINHO	18
6 – INTERPRETAÇÃO SÍSMICA	35
7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
9 – ANEXOS	50
9.1. Cópia da Autorização nº 009/2015 da DHN	51
9.2. Cópia das Fichas de Descrição da Estação Maregráfica	52
9.3. Maregrama do Período da Sondagem	53
9.4. Plantas Reduzidas (formato A4)	54
9.5. Perfis dos Registros Sísmicos (formato A4)	55
9.6. CD com os Arquivos do Serviço	56
9.7. Plantas de Batimetria, Sonografia e Sísmica Originais	57
9.8. Tabela das Coletas de Sedimentos Superficiais	58
9.9. Mosaico e Interpretação Sonográfica (A0)	59

MARÇO 2015

1. INTRODUÇÃO

O presente relatório apresenta os resultados integrados das pesquisas batimétricas monofeixe, sonográficas e sísmicas realizadas no local do projeto da ponte de ligação entre os municípios de Salvador e Itaparica.

Este levantamento teve a finalidade de determinar a morfologia do fundo e subfundo marinho na área que envolve o eixo de projeto da ponte Salvador-Itaparica, com enfoque na presença de possíveis interferências rochosas até a cota especificada, e estruturas jazentes no leito marinho.

A campanha deste trabalho foi realizada durante os dias **14 de janeiro a 11 de fevereiro de 2015**, e cobriu toda a área do escopo especificado. A pesquisa hidrográfica foi realizada sob a Autorização Nº. 009/2015, expedida pelo Centro de Hidrografia da Marinha - CHM.

O relatório descreve a metodologia, equipamentos empregados e os serviços de campo executados; apresenta maregramas, modelos digitais e plantas de batimetria, sísmica e sonografia, tecendo considerações quanto aos resultados da perfilagem sísmica realizada.

O posicionamento em tempo real dos equipamentos, na área de operação, foi obtido com o emprego de um receptor DGPS, sintonizado em sinal diferencial emitido por satélite geoestacionário, garantindo a acuidade na determinação das posições geográficas dinamicamente ocupadas pela lancha de sondagem.

A referência utilizada para redução de nível do levantamento foi tomada da Estação Maregráfica da Capitania de Salvador, homologada pela Marinha do Brasil, cujos dados encontram-se na ficha maregráfica F-41-Padrão-Capitania de Salvador – 40141 – Versão 1/2011. As informações das variações das marés foram retiradas dos registros do marégrafo instalado nesta estação para suporte aos levantamentos executados. O Datum horizontal adotado para posicionamento das linhas de sondagens foi o WGS-84.

Este relatório contém a descrição dos levantamentos realizados e os resultados da interpretação sonográfica e sísmica na mencionada área de projeto, e demais produtos, fornecidos em anexo.

2. ÁREA DE ESTUDO

A Baía de Todos os Santos (BTS), (**Figura 1**), é uma baía, localizada na região metropolitana da cidade de Salvador e cidades adjacentes. Está localizada entre a latitude de 12°50' S e a longitude de 38°38' W, e é a segunda maior baía do Brasil, sendo a primeira a Baía de São Marcos, no Maranhão.

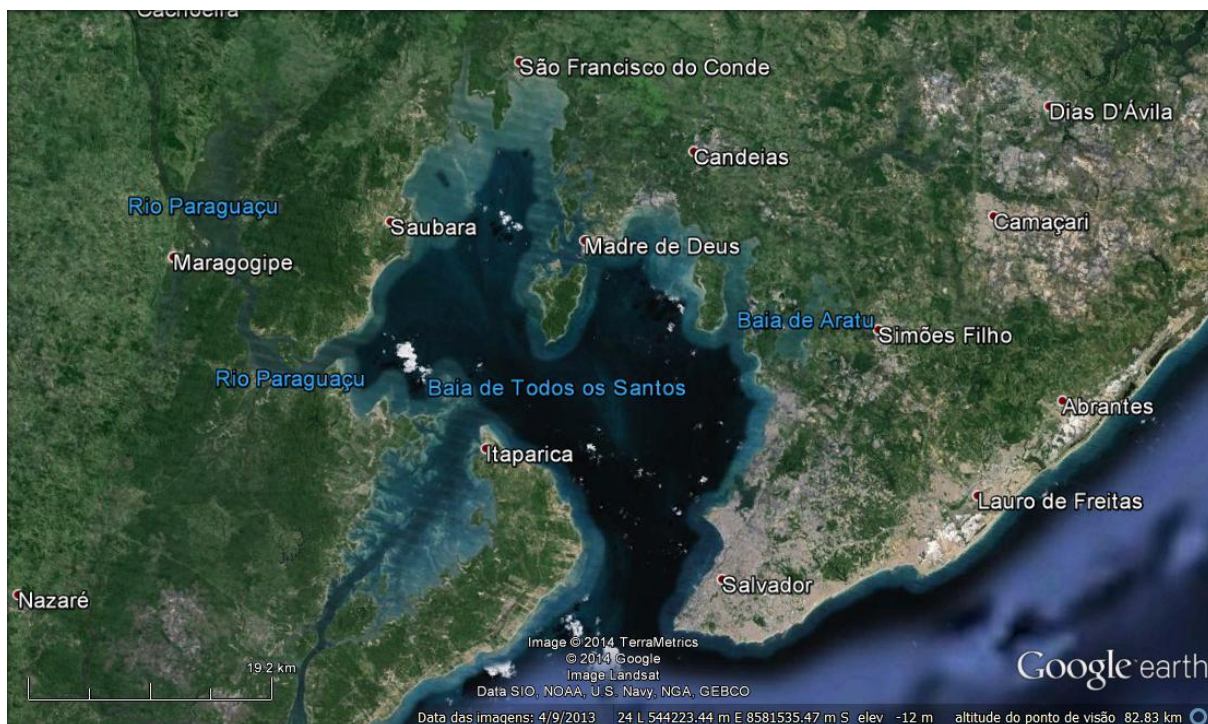


Figura 1: Imagem de localização da Baía de Todos os Santos no contexto da região metropolitana de Salvador.

A BTS está localizada nas proximidades da terceira maior área metropolitana do Brasil, a cidade de Salvador (população de 2.675.656 de acordo o Censo 2010 do IBGE) e uma população estimada para 2013 de 2.883.682. Além disso, a BTS também comporta o maior complexo industrial integrado do Hemisfério Sul (Polo Industrial de Camaçari), este Polo tem mais de 90 empresas químicas, petroquímicas e de outros ramos de atividade como indústria automotiva, de celulose, metalúrgica, têxtil, fertilizantes, energia eólica, bebidas e serviços.

Devido à sua importância econômica, a baía abriga dois importantes portos (Aratu e Salvador), com um fluxo anual total de $31,4 \times 10^6$ toneladas (ANTAQ, 2005), que representam cerca de 5% do fluxo anual total nos portos brasileiros.

De acordo com levantamentos hidrográficos realizados na BTS ao longo dos anos, esta apresenta na maior parte de sua extensão profundidade média de 6 m, a Carta Náutica 1110 apresenta as maiores profundidades da BTS localizadas na região central, podendo alcançar até 70 metros.

O clima predominante é o Tropical, apresentando temperaturas elevadas, em que as médias de temperatura anuais, em geral ultrapassam os 27 C.

A geologia da BTS foi determinada, em grande parte, pela atividade tectônica, quando da separação entre a América do Sul e a África, ocupando uma área delimitada pelas falhas geológicas de Salvador e de Maragojipe. De uma bacia de drenagem total de 60.000 km², mais de 90% são drenados por três tributários, os rios Paraguaçu, Jaguaripe e Subaé, responsáveis por uma descarga média anual de 101 m s⁻¹, ou 74% da descarga fluvial total (Cirano e Lessa, 2007).

3. EQUIPES E EQUIPAMENTOS

3.1. EQUIPES

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

a) No campo ⇒ Equipe composta por:

- 01 oceanógrafo, com especialização em sonografia e perfilagem sísmica;
- 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;
- 01 geólogo especializado em sonografia;
- 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 portátil Dell, modelo Latitude, com sistema Hypack 2013;
- 01 ecobatímetro Odom Hydrotrac.

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 900KHz;
- 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

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, fornecendo precisão melhor do que 0,5m.

e) Embarcação de Prospeção ⇒ 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:

- 02 estações de trabalho com microcomputador I7, 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 2013 para navegação, aquisição e processamento dos dados batimétricos;
- Programa de aquisição sonográfica Discover 4125-D;
- Programa Hypack 2013 (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 9.0;
- Programa para emissão de plantas MaxiCAD, versão para Windows;
- Programas de integração Surfer/MaxiCAD/Hypack.

4. MATERIAIS E METODOS

Toda a programação de seções para este trabalho foi a mesma utilizada nos três métodos de pesquisa (batimetria, sísmica e sonografia). Abaixo estão descritas as características referentes às metodologias empregadas no trabalho.

4.1. GEODESIA

O sistema de posicionamento utilizado nos levantamentos foi o DGPS. O GPS operou no modo de correção Diferencial fornecido, em tempo real, pelo sistema **Omnistar** (*qualidade de sinal HP*), com precisão submétrica de 50 cm (planimétrica).

O Datum Horizontal usado nos levantamentos foi o **WGS84**. As coordenadas das posições sondadas foram determinadas no sistema UTM, Zona 24, Meridiano Central 39°.

4.2. MAREGRAFIA

As profundidades foram reduzidas ao nível de redução da DHN para a Capitania de Salvador, a partir das variações de maré ocorridas durante o período do levantamento, utilizando a ficha da estação maregráfica da Ilha Fiscal (**F-41-Padrão-Capitania de Salvador-40141-Versão 1/2011**). Os dados relativos a esta estação maregráfica encontram-se em sua ficha descritiva no Anexo 4.4.

Durante o processamento dos serviços foram aplicadas as devidas correções às profundidades adquiridas, reduzindo o efeito da maré nas mesmas.

4.3. 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

Para todo o levantamento foi utilizada a mesma programação, a qual consistiu de 244 linhas de levantamento, divididas em 6 áreas (**Tabela 1**), totalizando aproximadamente 500.000 m de seções percorridas (**Figura 2**).

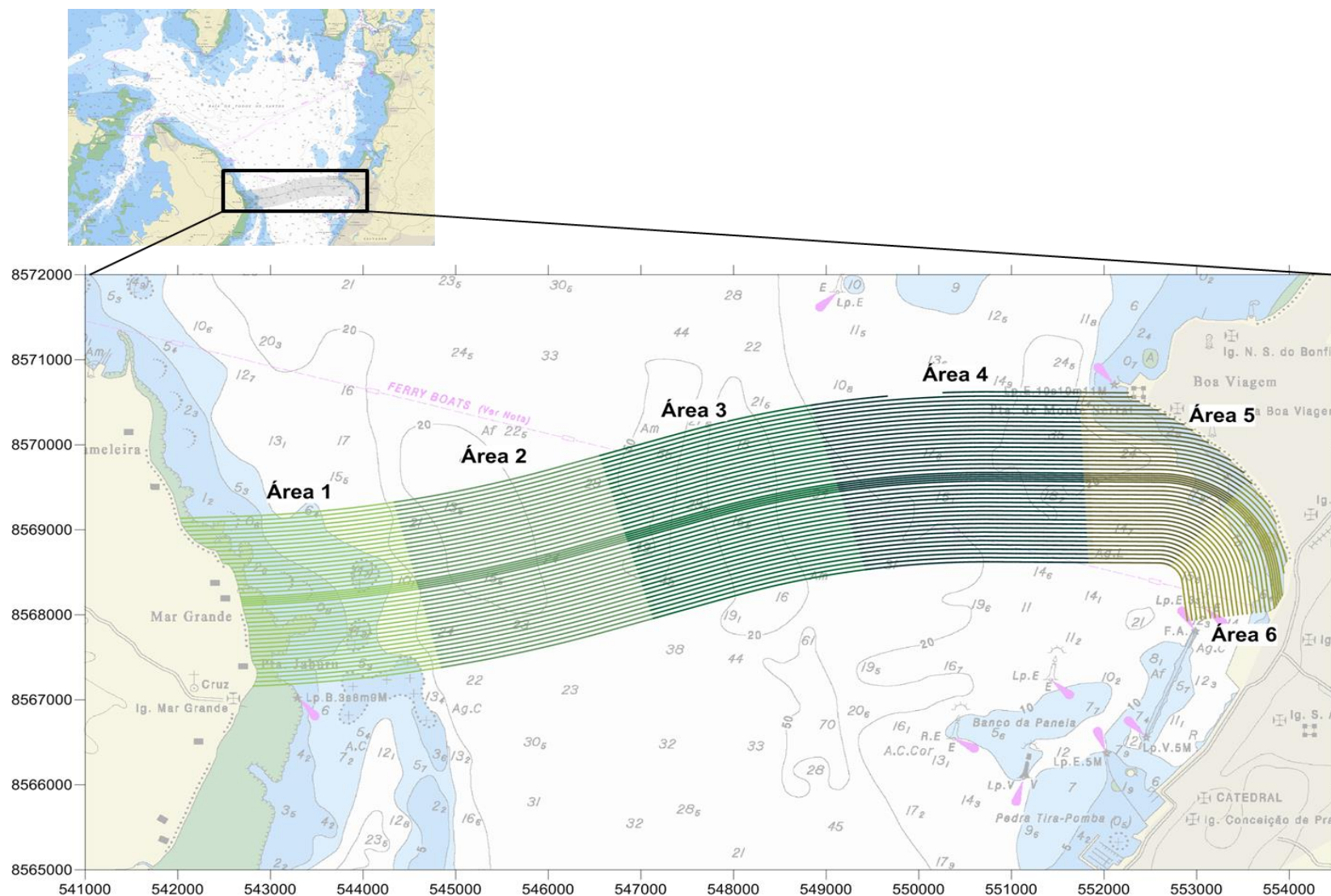


Figura 2: Programação de seções batimétricas no canal de navegação entre a Ilha de Itaparica e a Cidade de Salvador.

Tabela 1: Tabela com o demonstrativo de linhas e quilometragem de cada área.

ÁREA	LINHAS	Km
1	43	88.767
2	43	102.521
3	43	104.24
4	44	116.44
5	43	57.311
6	28	29.249
TOTAL	244	498.528

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, com monitor de vídeo colorido de alta resolução, interligado ao sistema de posicionamento e ao ecobatímetro, através de interfaces especiais.

As profundidades foram medidas com ecobatímetro digital Odom Hydrotrac, de registro contínuo e precisão melhor do que 5 (cinco) centímetros, frequência de 200 KHz, com aquisição e gravação automática pelo computador de bordo.

No levantamento, foi utilizada a lancha "*Nova Conquista*", 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 fase foram compilados todos os dados adquiridos no levantamento, com as devidas correções das variações de maré e interpretação dos registros do ecobatímetro, gerando um arquivo com uma sequência de termos **Posição/Profundidade (XUTM, YUTM, Profundidade)**.

Este arquivo serve de base para a geração do modelo digital do terreno submerso para a área prospectada, no qual se baseia a elaboração da planta batimétrica original e demais estudos associados.

4.4. 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 sedimentos.

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 (no caso do *boomer*) ou fixados na própria embarcação (no caso do *chirp*). 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 3**). O ruído mencionado deve-se à interferência gerada pelo vento, ondas superficiais, chuva, barulho da embarcação, etc (Ayres, 2000; Ayres & Baptista Neto, 1993).

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 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 (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.

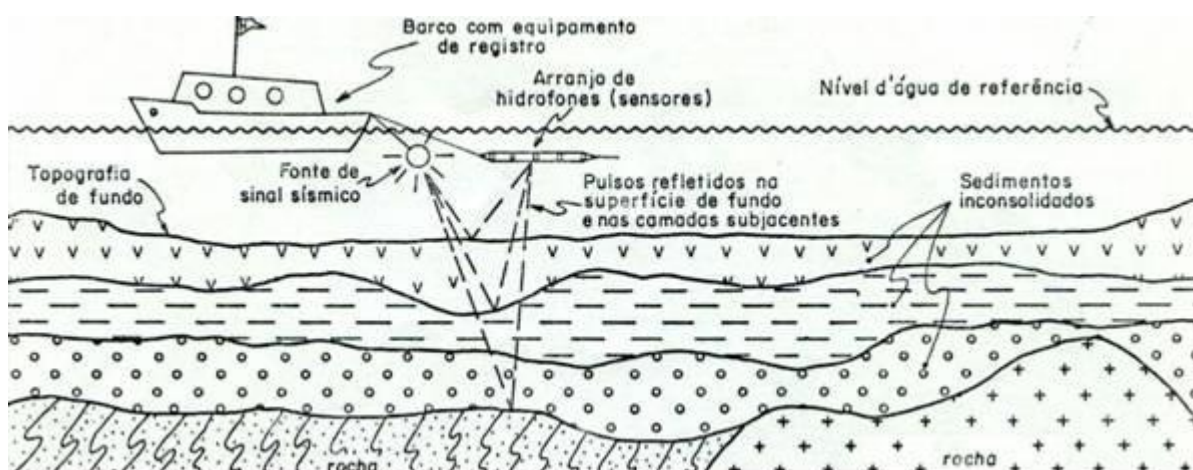


Figura 3: Geometria da técnica de perfilagem sísmica contínua (Souza, 1988).

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*. E 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).

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 4.3*.

4.5. LEVANTAMENTO SONOGRÁFICO

4.5.1. 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 4).

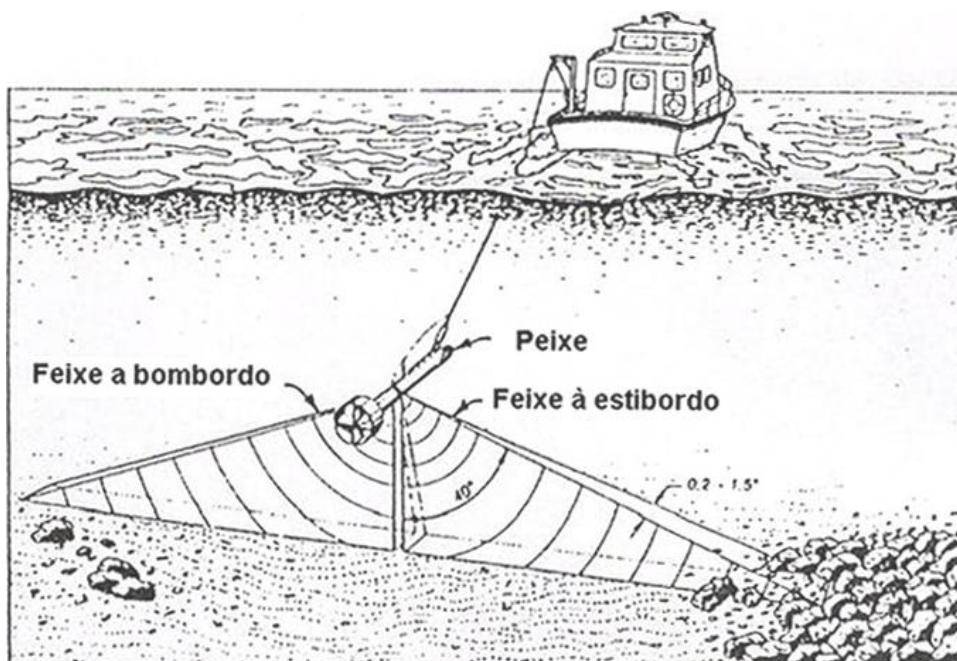


Figura 4: Sonar de Varredura Lateral em operação com uma pequena embarcação (Modificado de Morang *et al.*, 1996).

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 5**).

A ensonificação oblíqua sobre o leito marinho (**Figura 5**) produz uma distorção de escala resultado da variação dos comprimentos de trajetória do sinal e ângulo de incidência dos raios refletidos.

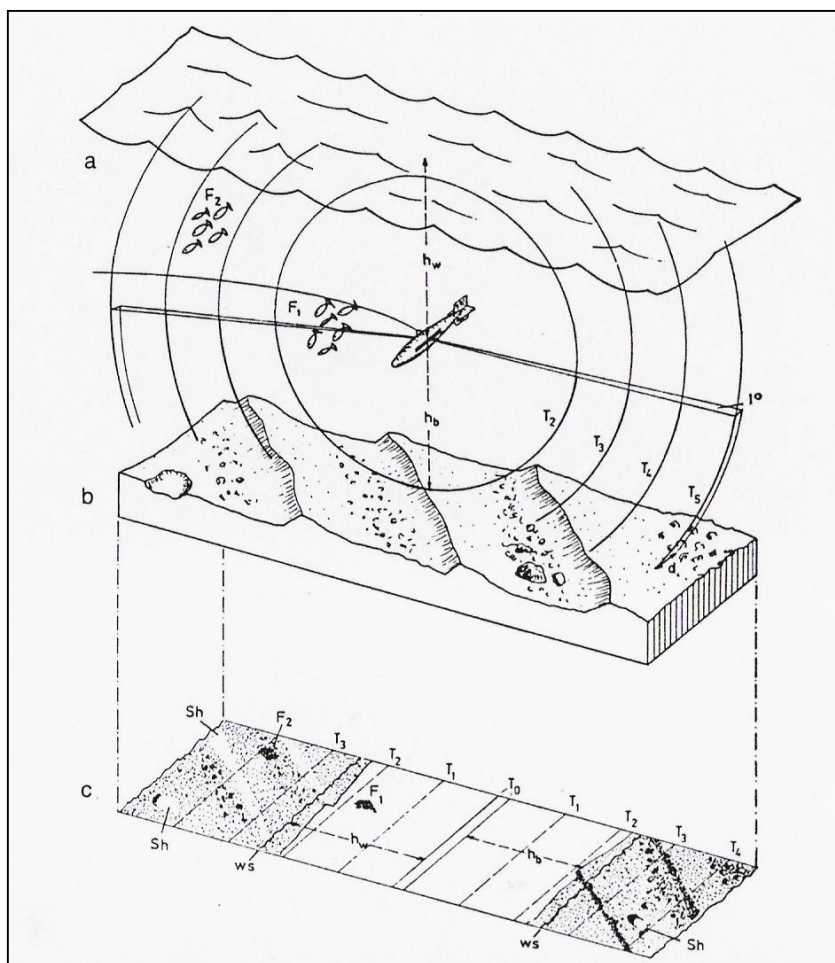


Figura 5: Princípio da varredura lateral realizada sobre feições do leito marinho e sua representação em sonograma. a) Superfície da água; b) Fundo do mar com *ripples*, rochas e uma pequena depressão (à esquerda); c) Seção do registro acústico (sonograma). T_0 pulso de partida da fonte sonora submersa (peixe); T_1 , T_2 , etc... marcações de tempo (igual a distância de reflexão do objeto); Sh sombra acústica; F_1 , F_2 pequenos cardumes e suas imagens acústicas; h_w distância ao fundo marinho. (Fonte: Newton *et al.*, 1973 *apud* Seibold & Berger, 1996).

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 na **Figura 6**.

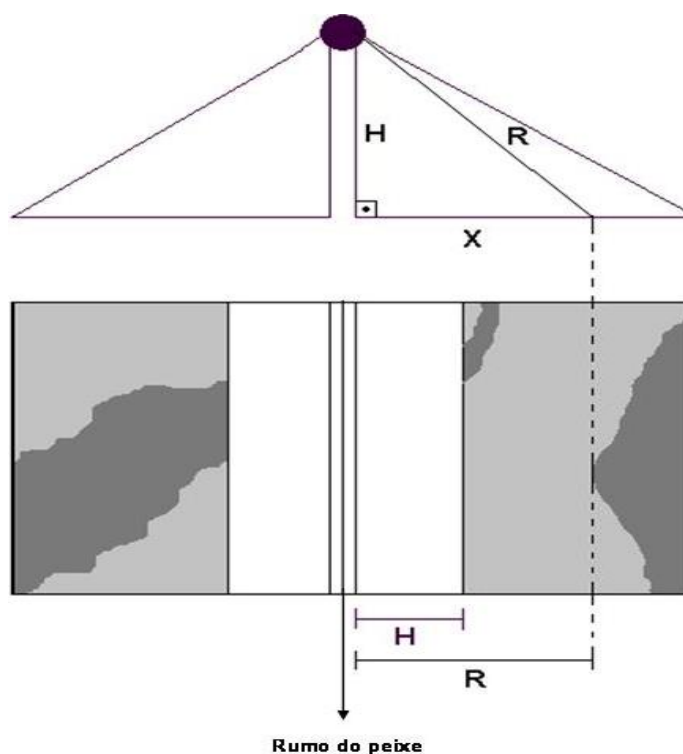


Figura 6: Desenho esquemático da geometria da emissão de feixes pelo Sonar de Varredura Lateral (representado pelo círculo), imagem sonográfica e a correção *Slant Range*. R representa a medida sobre o registro da linha de rumo ao ponto do limite de uma faciologia hipotética (distância irreal); H representa 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 $X = (R^2 - H^2)^{1/2}$.

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 permitem 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.

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 planejamento e levantamento em campo

O levantamento sonográfico seguiu a mesma programação do levantamento sismobatimétrico (conforme descrito no item 4.3a). Foi utilizado o *range* de varredura de 75 m, permitindo a sobreposição de 100% de varredura. As frequências utilizadas foram de 400 e 900 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.

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.

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 2013 (aplicativo HyScan).

As reflexões observadas nas imagens foram classificadas qualitativamente em padrões sonográficos, levando-se em consideração a intensidade de retorno do sinal acústico (alta, média ou baixa) para a escala de cinza adotada, na qual tons escuros associam-se a altas reflexões, ao passo que tons claros associam-se a baixas reflexões. Além disso, foi considerado o caráter textural das imagens (homogêneo, heterogêneo, rugoso, formas de fundo).

4.6. GERAÇÃO DAS PLANTAS

As plantas de interpretação da sísmica e de batimetria foram geradas a partir do processamento dos dados gravados pelo computador de bordo, utilizando programas específicos para revisão de profundidades, correção de níveis e geração de modelo digital do relevo submerso, sendo que suas isolinhas representam linhas de igual profundidade (ou isóbatas) do fundo marinho.

A confecção do desenho foi realizada através de sistema CAD (MaxiCAD), que possui base cartográfica ideal para este tipo de aplicação. As plantas relativas aos levantamentos estão descritas abaixo, com reticulado UTM, formato A0 e Datum WGS – 84:

- **Planta de Batimetria:** Desenho nº **1685-00**, folha 1/2 a 2/2, escala 1: 5.000;
- **Planta de Interpretação Sísmica:** Desenho nº **1686-00**, folha 1/2 a 2/2, escala 1: 5.000;
- **Planta de Interpretação Sonográfica:** Desenho nº **1687-00**, folha 1/2 a 2/2, escala 1: 5.000;

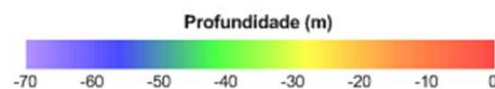
O desenho foi plotado em papel sulfite, com o respectivo arquivo gravado em CD-ROM, no formato DWG, para utilização em sistemas CAD ou reprodução em plotadores.

5. GEOMORFOLOGIA DO FUNDO MARINHO

5.1 INTERPRETAÇÃO BATIMÉTRICA

Avaliando os resultados batimétricos obtidos, nas **Figuras 7 e 8** são apresentados respectivamente os modelos batimétricos em duas e três dimensões de toda a área investigada. Os modelos apresentados são os obtidos através da batimetria monofeixe detalhando a morfologia de fundo.

Os modelos batimétricos mostram uma superfície acidentada, com presença de profundos canais, alcançando profundidades superiores a 70 metros e associadas ao paleo-vale do Rio Paraguaçu. Destaca-se no modelo a sobreposição das feições apresentadas com os contornos batimétricos da carta sobposta.

Relatório 02/15 – COPPE/ DERBA₁₉

MODELO EM TRÊS DIMENSÕES
LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO ENTRE A ILHA DE ITAPARICA
E O MUNICÍPIO DE SALVADOR - BA

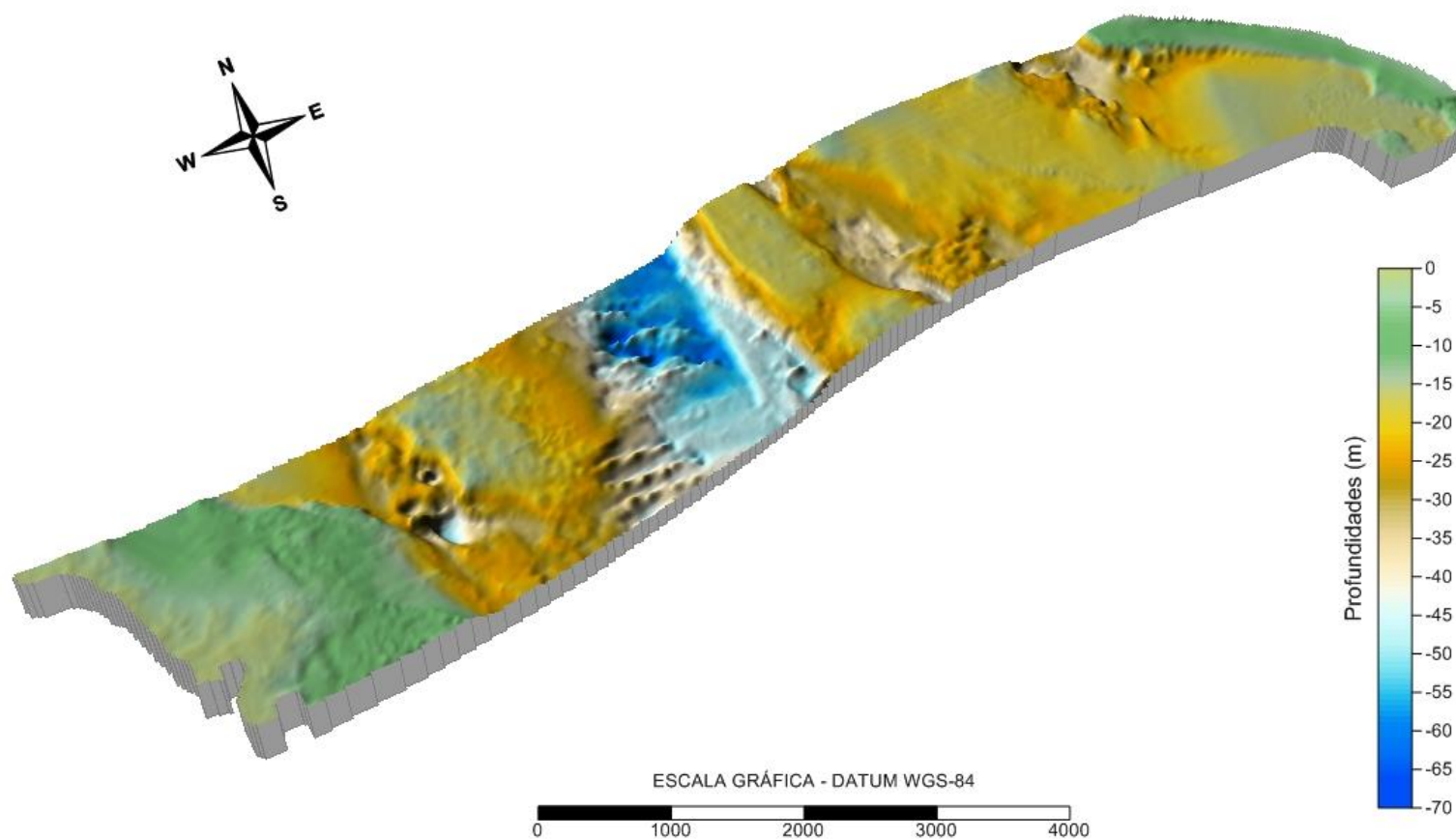


Figura 8: Modelo batimétrico em três dimensões, mostrando as profundidades do fundo marinho da área de estudo.

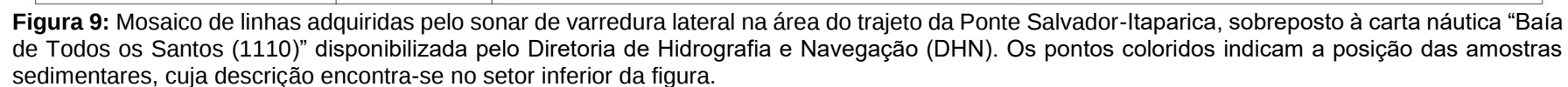
5.2 INTERPRETAÇÃO SONOGRÁFICA

A entrada do canal da Baía de Todos os Santos, Canal Salvador, entre a Ilha de Itaparica e a cidade de Salvador apresenta topografia irregular, sob a perspectiva de uma seção transversal de direção WSW-ENE, com uma sequência de altos topográficos, provavelmente estruturais, que condicionam a direção e a magnitude do fluxo das correntes no local. Esta configuração resulta no entalhamento de um canal principal na região central da seção de aproximadamente 60 m de profundidade e 780 m de largura e pelo menos mais dois canais paralelos, mais estreitos, localizados nas bordas oeste (com 430 m de largura) e leste (600 m) da seção. Como a batimetria e a hidrodinâmica, sobretudo as correntes de fundo, influenciam os processos de deposição sedimentar da região, o estudo da cobertura faciológica pode revelar muitas informações importantes sobre as características ambientais da área para empreendimento.

O estudo da faciologia sedimentar da região foi realizado através de um levantamento hidrográfico que utilizou um sonar de varredura lateral e um conjunto de amostras de sedimento de fundo. O sonar é capaz de mensurar o retroespalhamento do sinal pelo fundo submarino, cujas características como rugosidade e inclinação são determinantes para alterar o sinal recebido pelo equipamento. Desta forma, é possível determinar distintos padrões de retroespalhamento no fundo e, com o auxílio de amostras sedimentares, associá-los a diferentes faciologias e processos geológicos.

Para o presente projeto, foram adquiridos dados de sonar de varredura lateral, gerando um mosaico de imagens cobrindo 20,9 km² de área (**Figura 9**). Foram utilizadas 54 amostras sedimentares pontuais para auxiliar a interpretação e a geração do mapa faciológico. Os mapas com o mosaico e a interpretação sonográfica em tamanho A0 podem ser visualizados no ANEXO 9.9.

O procedimento para a coleta das amostras consistiu em três tentativas para ponto de coleta, utilizando uma draga de arrasto do tipo Gibbs. Foram projetadas um total de 73 amostras, porém algumas encontravam-se em local de inacessível, em alguns pontos, mesmo após três tentativas não foi possível coletar qualquer tipo de amostra, seja pela profundidade do local ou pelo tipo de material encontrado no fundo. A tabela com os números das coletas, as posições e a descrição da análise tátil e visual encontra-se no Anexo 9.8.



A seguir é apresentado o mapa geral de interpretação, gerado a partir do mosaico de dados do sonar de varredura lateral (**Figura 10**), onde foram determinadas as seguintes províncias faciológicas na região:

- Areia Lamosa
- Areia Fina
- Areia Fina/Média (com bioclastos – areia grossa)
- Areia Média / Fina
- Areia Média (com bioclastos)
- Areia Média/Grossa
- Areia Média / Grossa (com bioclastos)
- Areia Grossa (com bioclastos)
- Fundo duro (possivelmente rochoso ou calcário)

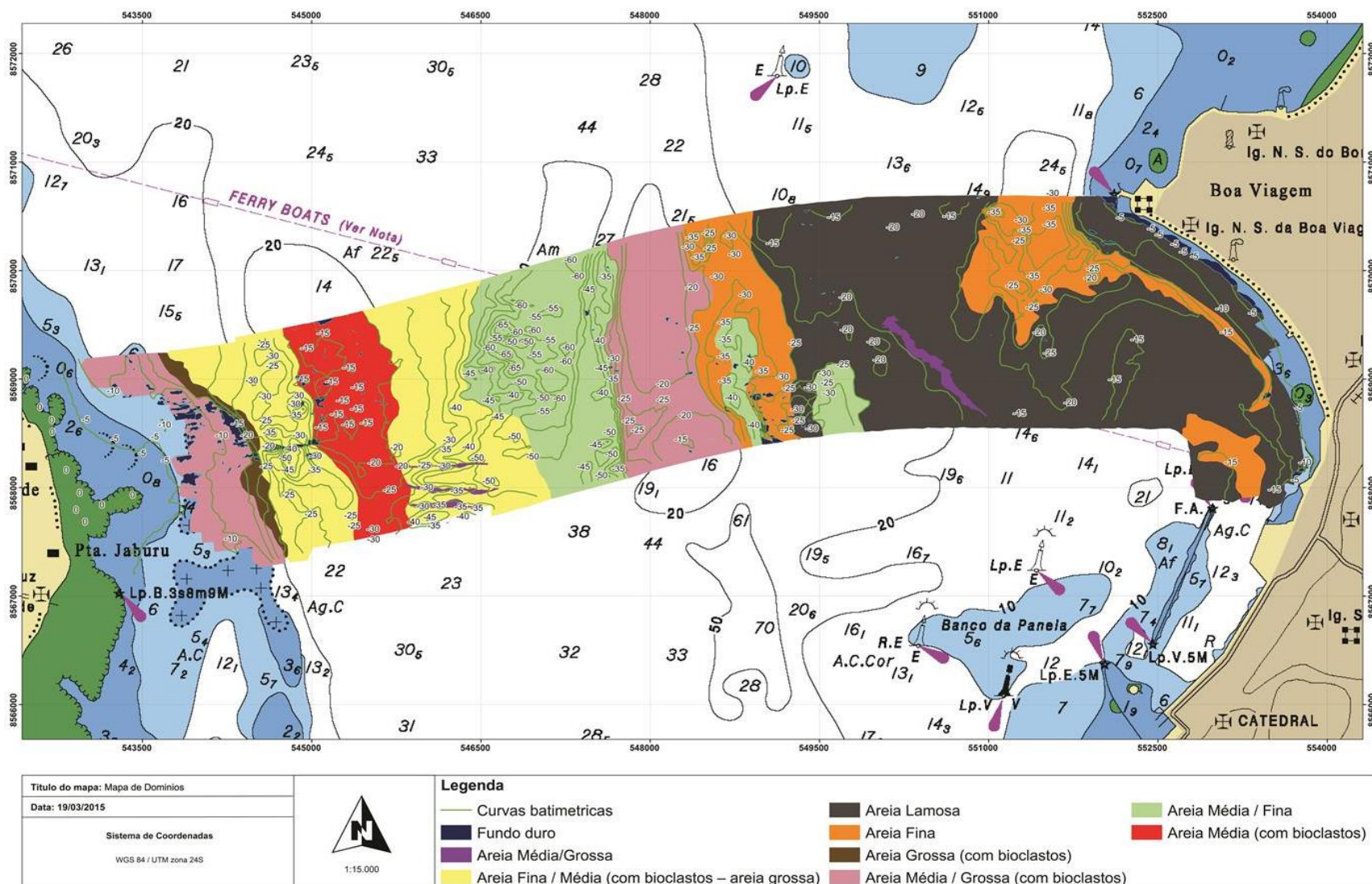


Figura 10: Mapa de interpretação do sonar de varredura lateral, ilustrando a extensão dos diferentes domínios faciológicos na região do empreendimento na Baía de Todos os Santos.

5.2.1 Descrição das Províncias Faciológicas

Areia-Lamosa

O setor leste da área de estudo é dominado pela cobertura sedimentar de areia-lamosa, indicado por **cinza** no mapa de interpretação (**Figura 11**). Esta província faciológica está associada a áreas rasas, com batimetria variando entre 5 e 25 metros, com baixo gradiente (declividade), e um padrão moderado de reflexão acústica.

A cobertura sedimentar desta província é dominada por sedimentos finos, geralmente associados à baixa hidrodinâmica, e pode ser: (i) oriunda do interior da Baía de Todos os Santos e ter sido depositada pelas correntes de maré vazante, indicando a predominância destas correntes na área, ou (ii) remanescente relíquia de sedimentos associados a processos trans-regressivos que ocorreram no local.

Areia Fina

A cobertura sedimentar de areia fina é observada em duas regiões, indicadas por **laranja** no mapa de interpretação (**Figura 11**), localizadas no setor leste da área de estudo: (i) próximo ao litoral de Salvador, associada a profundidades entre 15 e 35 metros, com maior gradiente batimétrico e, possivelmente, maior hidrodinâmica associada que o entorno dominado por areia-lamosa; e (ii) no fundo de um canal transversal secundário esculpido pelas correntes de maré, com profundidades entre 20 e 35 metros. São observadas ondulações (*megaripple marks*) nas regiões desta província, indicando fluxo mais intenso de correntes e transporte sedimentar de fundo no local. O domínio apresenta padrão moderado/alto de reflectância, provavelmente devido à maior presença de areias e, possivelmente, ao elevado gradiente topográfico.

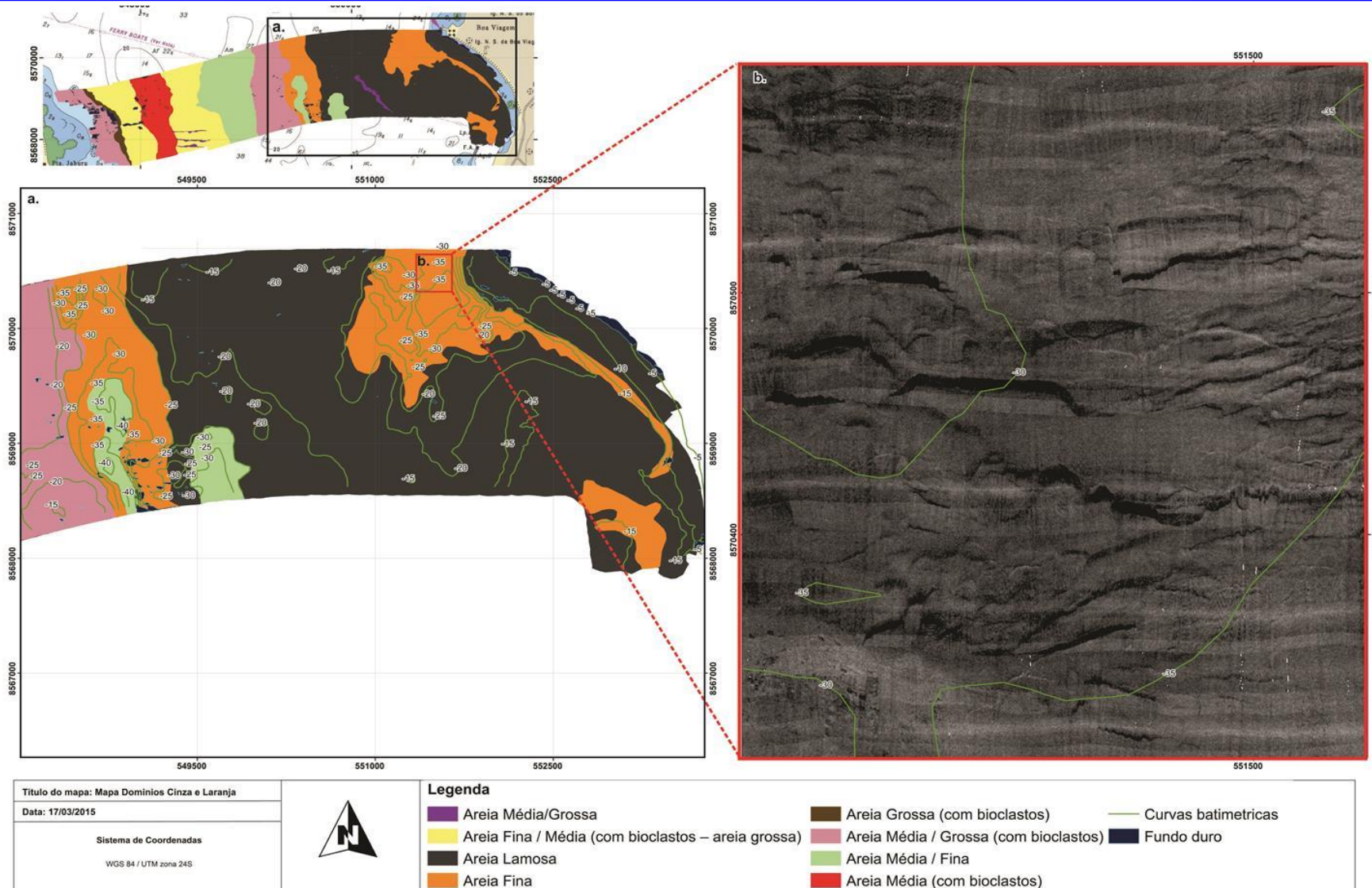


Figura 11: Detalhe do mapa faciológico, na região próxima ao litoral de Salvador exibindo o fundo do canal transversal secundário, constituído de areia fina e domínio de areia-lamosa. Em detalhe, megaripple marks.

Areia Fina/Média (com bioclastos)

A cobertura sedimentar de areia fina/média com bioclastos é observada em duas regiões no setor oeste da área de estudo, indicadas por **amarelo (Figura 12)** no mapa de interpretação: (i) no fundo de um canal transversal secundário, provavelmente esculpido pelas correntes de maré, com profundidades entre 20 e 50 metros; e (ii) na borda oeste do canal principal, na transição entre o canal e um platô de baixa profundidade.

Esta província faciológica apresenta alta quantidade de bioclastos distribuídos entre sedimentos predominantemente de areias finas e médias, e em menor quantidade areias mais grossas, relacionados à grande presença de fragmentos bioclásticos. A presença de ondulações (*megaripple marks*) indica a ocorrência de transporte sedimentar de carga de fundo, com maior competência de correntes no local. O domínio apresenta um padrão moderado/baixo de reflectância.

Areia Média/Fina

A cobertura sedimentar de areia média/fina, indicada por **verde** no mapa de interpretação (**Figura 12**), está associada ao fundo do canal principal esculpido pelas correntes de maré, na região central da área de estudo, limitada pelas profundidades entre 45 e 65 metros. A província faciológica apresenta ondulações (*ripple marks*), que indicam a ocorrência de transporte e deposição sedimentar no local. Este domínio apresenta o mais alto padrão de reflexão da seção, devido à granulometria do substrato.

Areia Média (com bioclastos)

A cobertura sedimentar de areia média com bioclastos, indicada por **vermelho** no mapa de interpretação (**Figura 12**), está associada ao platô entre dois canais localizado no setor oeste da área de estudo, limitado pelas profundidades de 15 e 20 metros. A província faciológica apresenta alta quantidade de bioclastos distribuídos entre sedimentos predominantemente compostos por areias médias, mas com frações de sedimentos mais grossos, estes últimos relacionados à grande presença de fragmentos de corais. O domínio apresenta um padrão moderado/baixo de reflexão acústica.

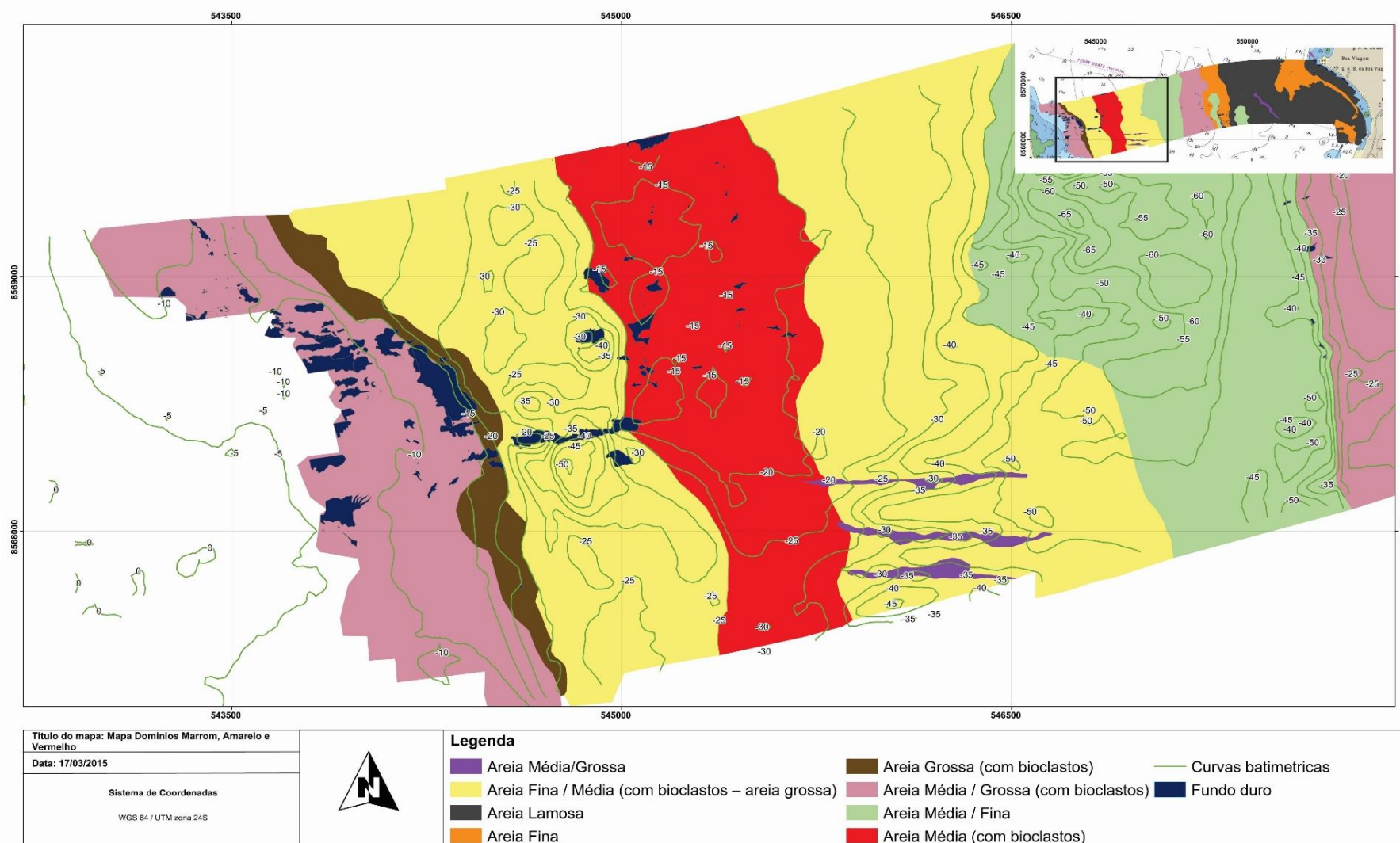


Figura 12: Detalhe do mapa faciológico da região próxima ao litoral da Ilha de Itaparica, exibindo canais transversais secundários constituídos de areia fina/média apresentando bioclastos, domínio de areia fina/média sem bioclastos e areia média com bioclasto, associada ao platô localizado entre os dois canais.

Areia Média/Grossa

A cobertura sedimentar de areia média/grossa, indicada por **roxo** no mapa de interpretação (**Figura 13**), ocorre em regiões isoladas de forma alongada, possivelmente associadas a estruturas antropogênicas. Tais estruturas podem mudar o padrão hidrodinâmico local, gerando a deposição de sedimentos distintos do seu entorno. Nesta província faciológica são percebidas diversas marcas de fundo (*ripple marks*) assimétricas, indicadoras de fluxo mais turbulento no local.

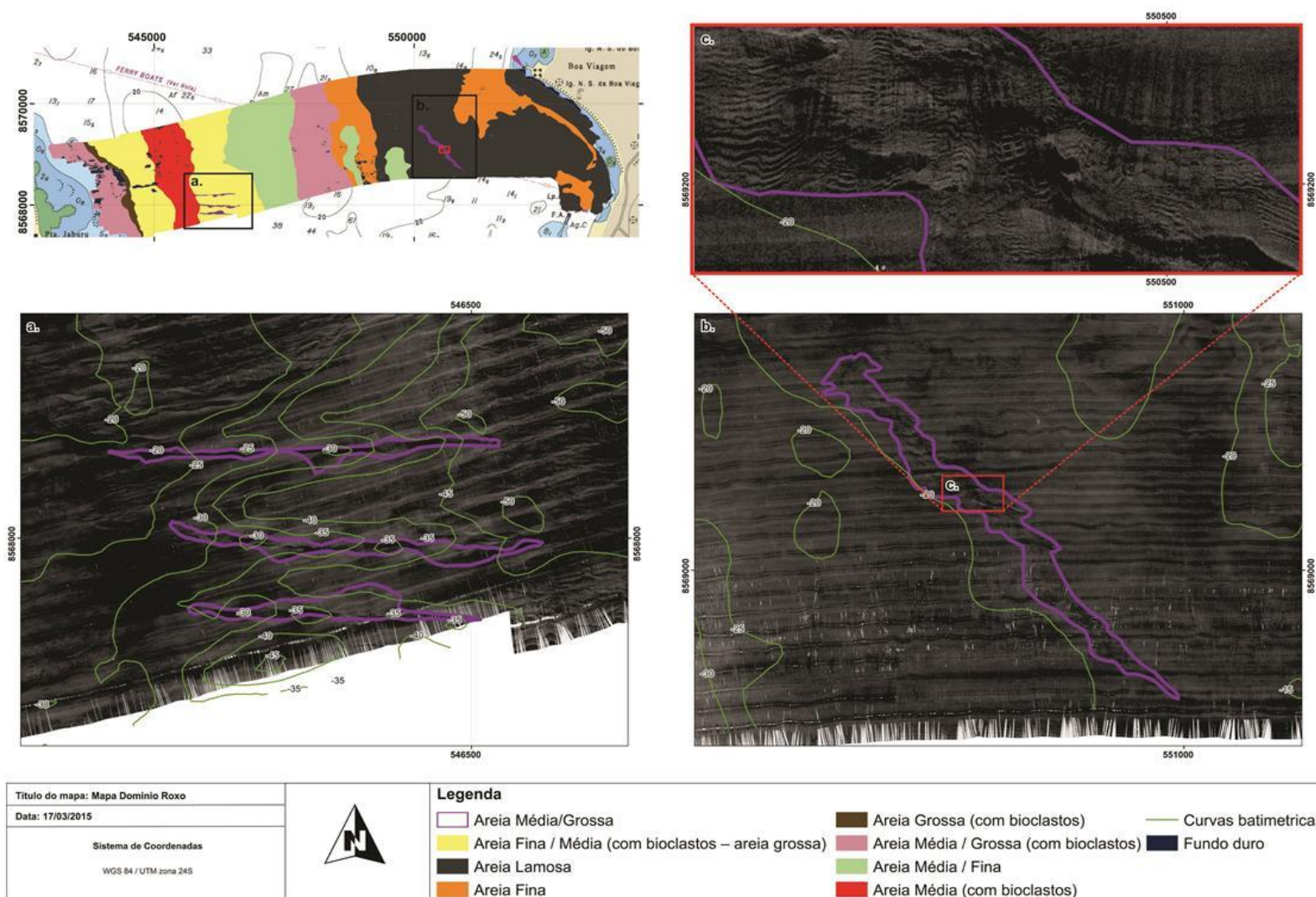


Figura 13: Detalhe do mapa faciológico exibindo o domínio de areia média/grossa com deposição associada a estruturas antropodênicas, apresentando ripple marks assimétricas.

Areia Média/Grossa (com bioclastos)

A cobertura sedimentar de areia média/grossa com bioclastos, indicada por rosa no mapa de interpretação (**Figura 14**), está associada: (i) ao platô central da área de estudo, entre dois canais, limitado pela profundidades entre 15 e 25 metros; e (ii) na costa próxima à Ilha de Itaparica, limitada pela profundidades entre 10 e 15 metros.

A província faciológica apresenta alta quantidade de bioclastos, com sedimentos que variam de areia média/grossa, com cascalhos carbonáticos e fragmentos de coral. O domínio apresentou o menor sinal de reflexão acústica. Neste sentido, em termos gerais, sedimentos mais grossos tendem a apresentar maior grau de reflexão. No entanto, o baixo índice que aparece no local pode ser resultado da topografia mais plana, que favorece o maior espalhamento, e, portanto, menor refletividade do sinal.

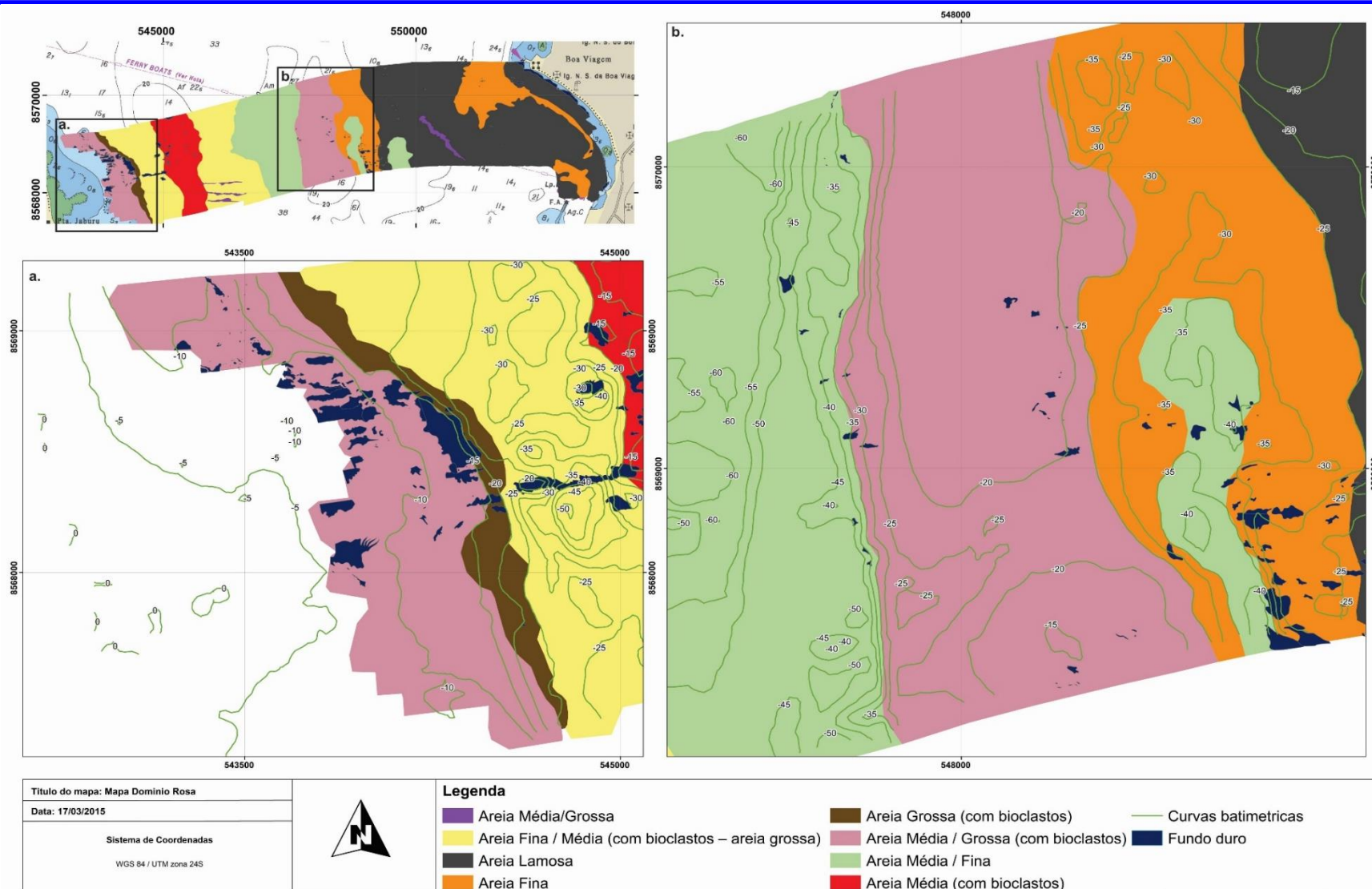


Figura 14: Detalhe do mapa faciológico, exibindo o domínio de areia média/grossa com bioclastos localizadas no platô central e na região próxima à Ilha de Itaparica.

Areia Grossa (com bioclastos)

A cobertura sedimentar de areia grossa com bioclastos, indicada por marrom no mapa de interpretação (**Figura 12**), está associada à borda do platô costeiro no extremo oeste da área de estudo.

A província faciológica apresenta alta quantidade de bioclastos, sendo muito semelhante à província de areia média/grossa (com bioclastos). O maior retroespalhamento do sinal do sonar pode ser oriundo da maior rugosidade sedimentar ou devido ao gradiente batimétrico mais acentuado.

Fundo consolidado/duro

As regiões apontadas com padrão de fundo consolidado/duro, indicadas por azul marinho no mapa de interpretação (**Figura 15**), estão concentradas nas regiões costeiras e na região central da área de estudo. O padrão refletivo associado pode ser representativo de afloramentos rochosos, beachrocks, conglomerados de algas calcáreas ou corais.

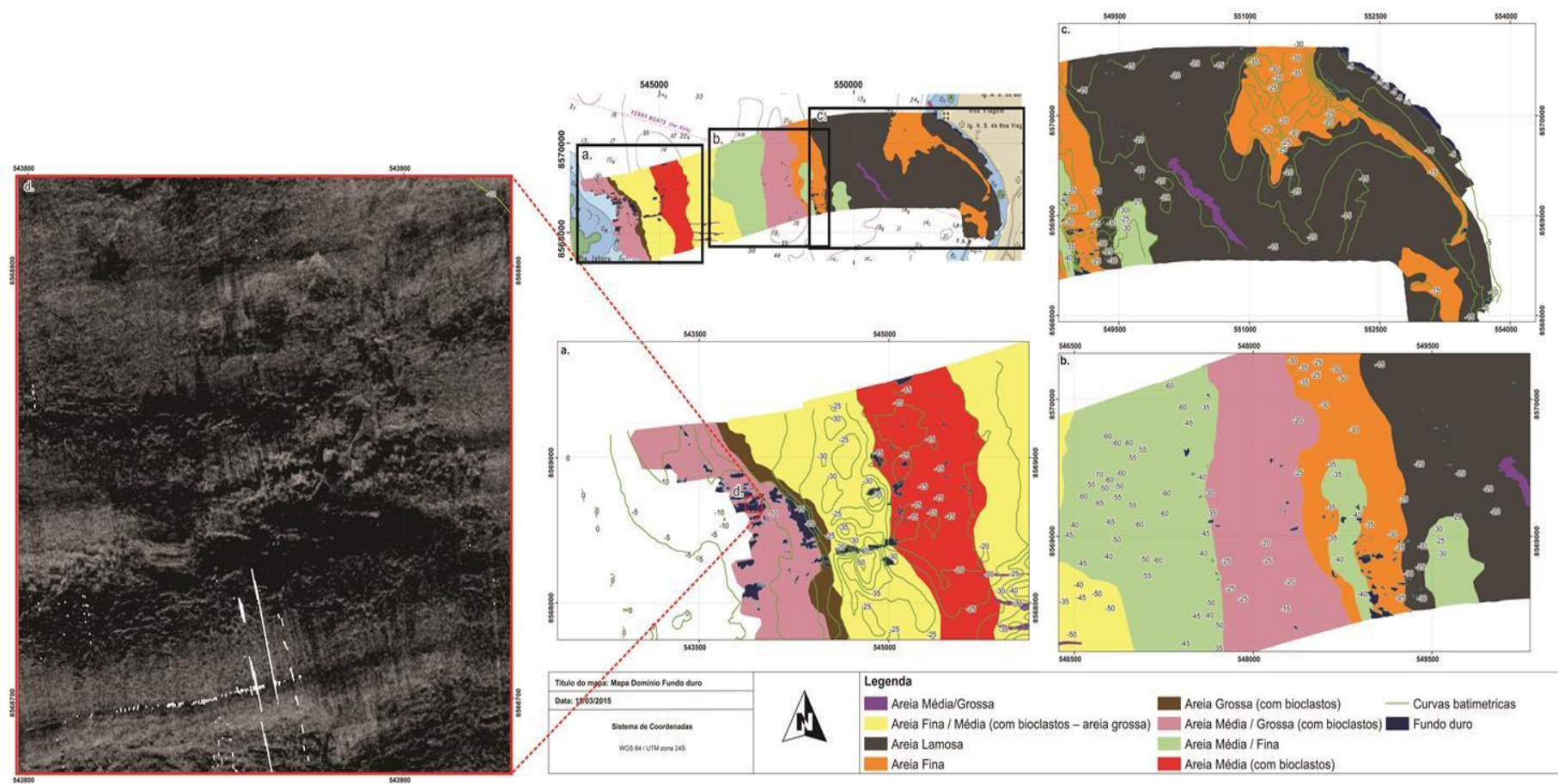


Figura 15: Detalhe do mapa faciológico, ilustrando as regiões com presença de fundo duro (afloramentos rochosos, beachrocks, conglomerados de algas calcáreas ou corais). Em detalhe exemplo de feição mapeada.

6 INTERPRETAÇÃO SÍSMICA

Considerando o objetivo do levantamento, os trabalhos de interpretação dos sismogramas desde o primeiro instante dirigiram-se à identificação de um refletor cujas características acústicas pudessem ser associadas a camadas sedimentares compactas e até mesmo o próprio embasamento rochoso.

Os perfis sísmicos obtidos demonstraram qualidades variáveis, pois junto com o imageamento nítido de refletores a profundidades significativas da coluna sedimentar, também foram identificadas muitas áreas de baixa penetrabilidade acústica (**ABPAs**). Estas últimas são definidas como áreas onde o sinal acústico não conseguiu penetrar na coluna sedimentar e identificar as camadas geológicas distintas ali presentes.

Apesar de não ter sido possível a visualização do embasamento rochoso, foi observado, porém a presença de refletores associados ao **Embasamento Acústico**, sendo este o refletor mais profundo interpretável. Nas **Figuras 16 a 21** é possível visualizar perfis sísmicos onde os todos os refletores determinados puderam ser evidenciados.

Estes autores lembram, que a “geofísica não localiza corpos geológicos definidos e específicos, mas fornece somente a distribuição de determinados parâmetros físicos, que deve ser interpretada em termos geológicos, muitas vezes de maneira conservadora”, e que, em virtude “dos fenômenos geológicos serem, geralmente, gradacionais através de todos os graus e entre amplos limites, impõe-se a necessidade de calibração desses dados físicos, através do conhecimento de um número suficiente das variáveis geológicas da área em estudo”.

Isto quer dizer que não existe, necessariamente, uma correspondência biunívoca entre dados geofísicos e geológicos, pois os parâmetros físicos atuantes num determinado meio (camada de solo) atravessado por ondas acústicas, comumente oferecem uma resposta diversa à análise puramente geológica desse mesmo meio físico, levando à necessidade de correlacionar, sempre da forma mais criteriosa possível, inúmeras variáveis a fim de alcançar conclusões satisfatórias.

Estando isto entendido, são tecidas algumas considerações sobre os dados sísmicos analisados neste trabalho.

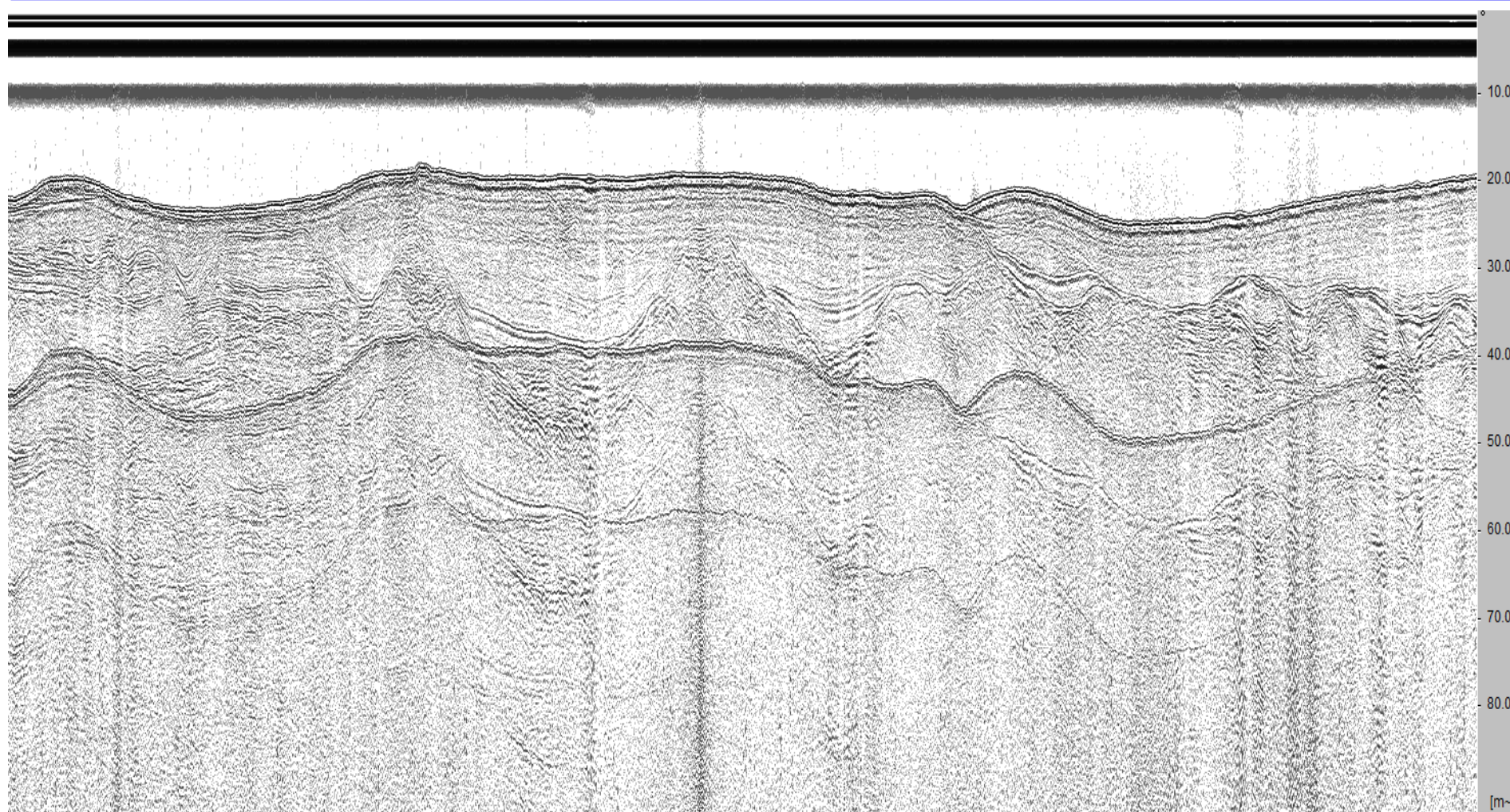


Figura 16: Registro acústico do *Boomer* da seção no eixo de projeto da ponte Salvador-Itaparica, na área de estudo.

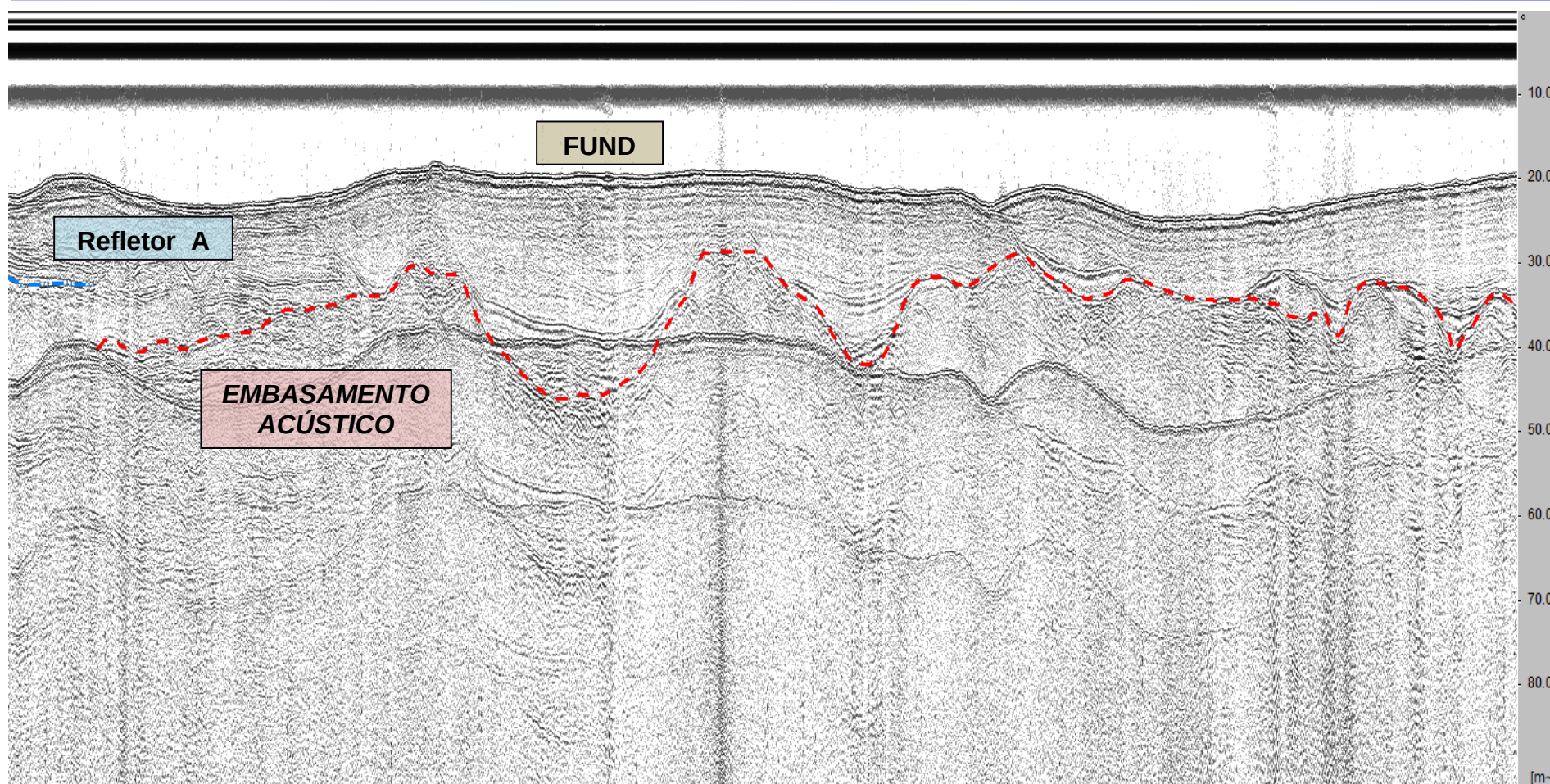


Figura 17: Registro acústico do *Boomer* da seção no eixo de projeto da ponte Salvador-itaparica, na área de estudo, com interpretações.

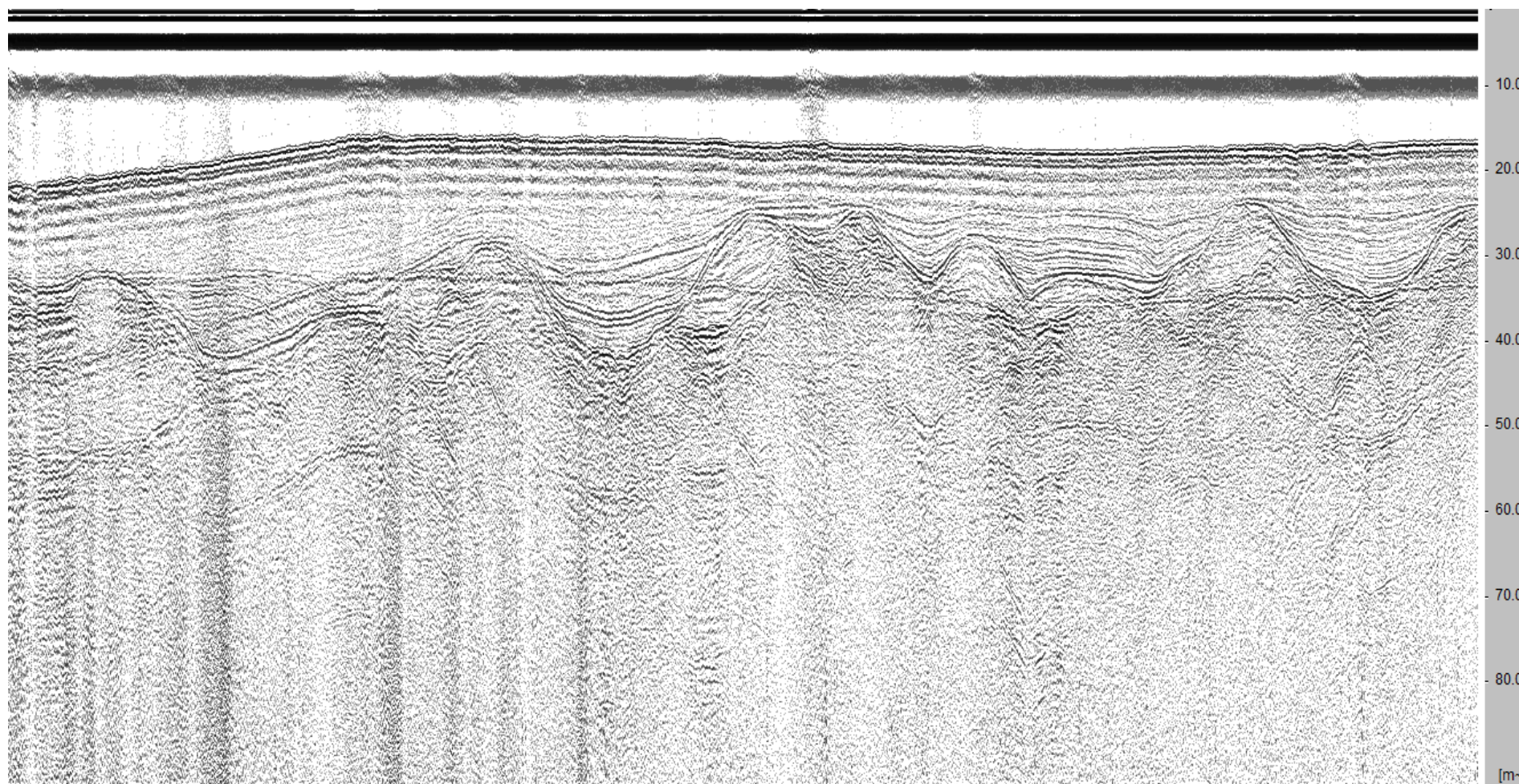


Figura 18: Registro acústico do *Boomer* da seção no eixo do projeto da ponte Salvador-Itaparica, na área de estudo.

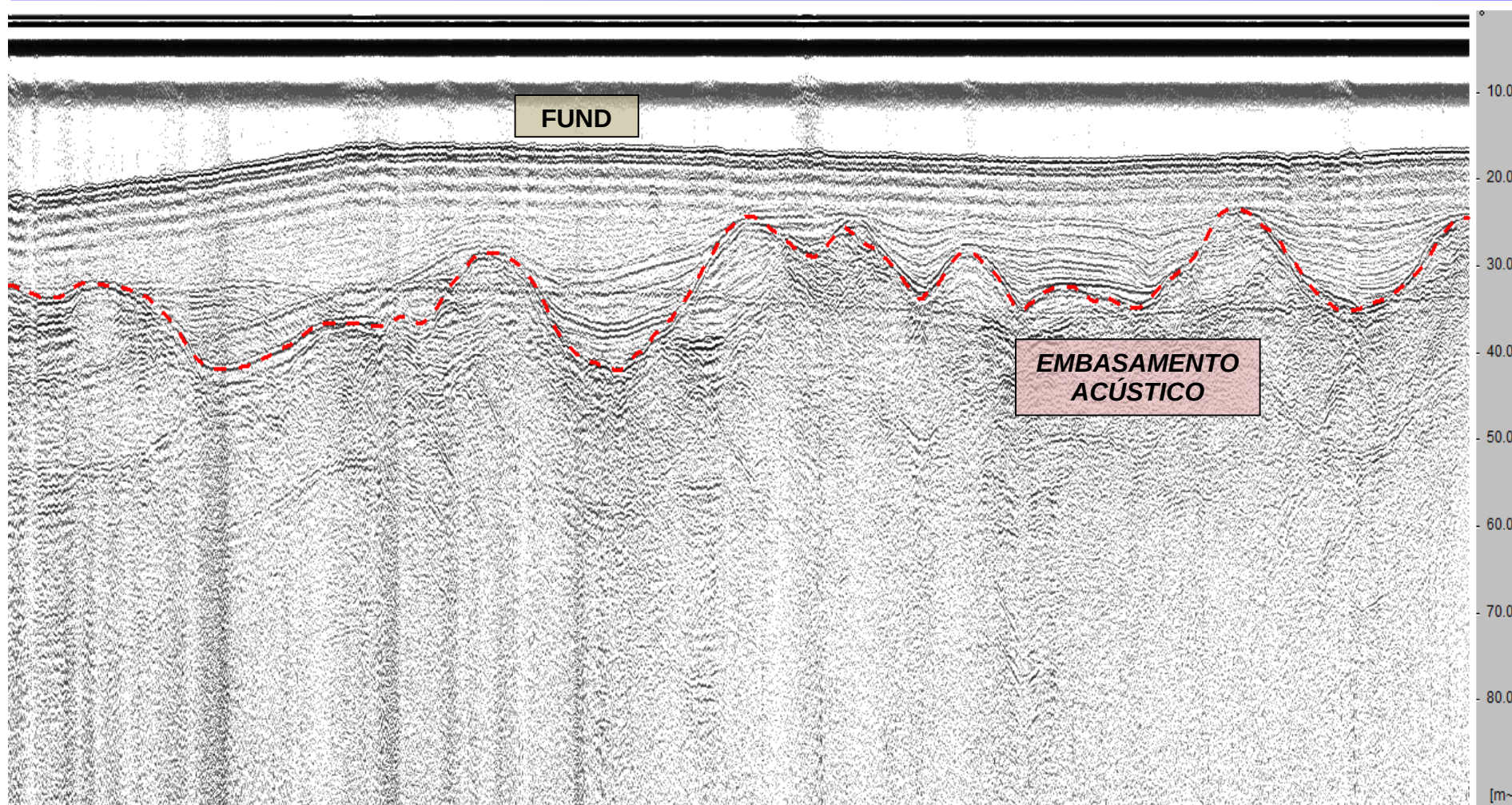


Figura 19: Registro acústico do Boomer da seção no eixo de projeto da ponte Salvador-Itaparica, na área de estudo com interpretações.

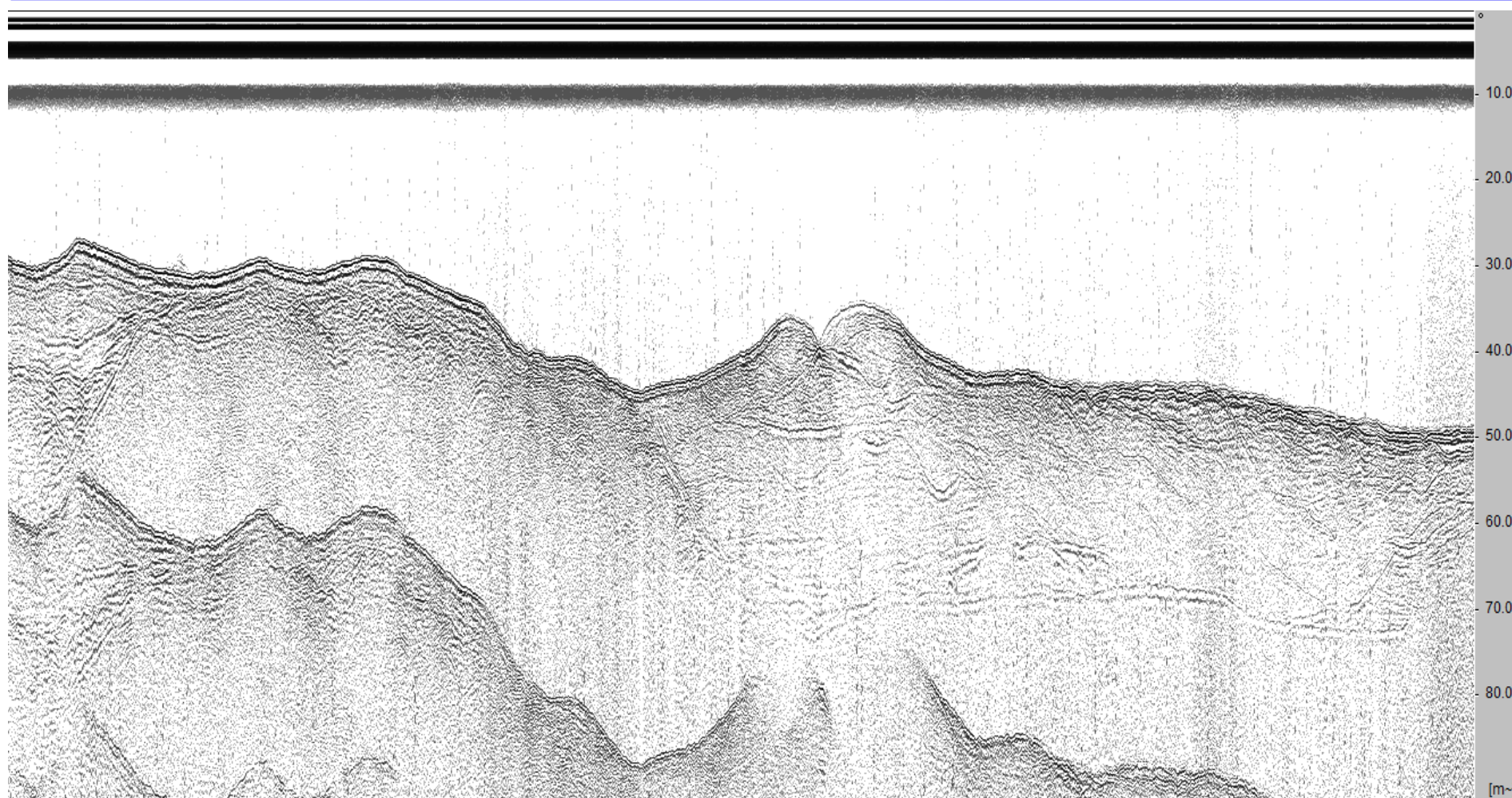


Figura 20: Registro acústico do *Boomer* da seção no eixo de projeto da ponte Salvador-Itaparica, na área de estudo, com interpretações.

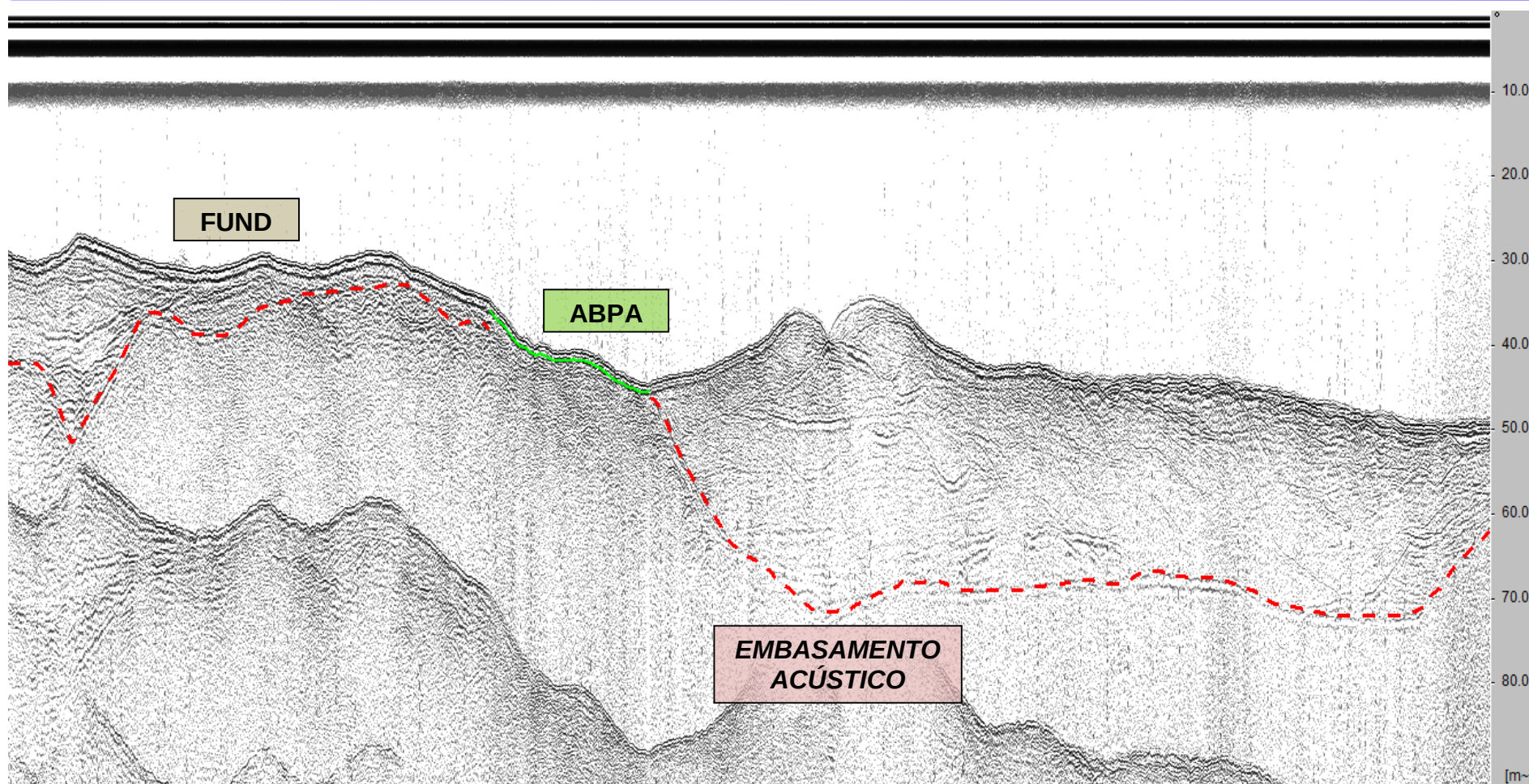


Figura 21: Registro acústico do *Boomer* da seção no eixo de projeto da ponte Salvador-Itaparica, na área de estudo, com interpretações.

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. Entre estes fatores, podem ser relacionados sedimentos com alto conteúdo de gases provenientes da decomposição de matéria orgânica, além de locais onde o fundo apresenta-se revolvido e alterado.

Tais tipos de sedimentos costumam dificultar a propagação do sinal acústico, impedindo, muitas vezes, a visualização do embasamento rochoso e o retorno de informações sobre áreas mais profundas.

A **ABPA** não pode ser definida como uma sequência sedimentar distinta, pois não foram definidos limites acústicos que condizem com os limites geológicos, ou seja, a baixa penetração do sinal não permite saber se os sedimentos contidos abaixo da **ABPA** são divididos ou não entre pacotes de fácies geológicas diferenciadas. Pelos motivos citados, recomenda-se a realização de sondagens geotécnicas para a determinação da natureza e das características dos sedimentos nestas áreas.

REFLETOR A

O Refletor A representa a superfície identificada na coluna sedimentar mais próxima do fundo marinho. Está localizado nas áreas onde não foi possível a visualização do Embasamento Acústico, porém difere da **ABPA**, uma vez que é possível identificar os limites da superfície. Dessa maneira, juntamente com o **Embasamento Acústico**, este refletor representa uma superfície limite da inexistência de indícios do embasamento rochoso até a cota representada. Os registros sísmicos e os boletins dos perfis de sondagens geológicas indicam uma associação desta superfície com eventos de transgressão e regressão do mar, onde a superfície sedimentar ficava exposta e suscetível a erosão.

EMBASAMENTO ACÚSTICO

Este refletor, denominado como **embasamento acústico**, representa um refletor com características muito peculiares.

Compreende o refletor mais profundo identificado nos trabalhos de interpretação, podendo significar uma superfície de alta impedância acústica, que impede ou dificulta a propagação do sinal sísmico no meio subjacente, pode estar associado também à perda gradativa de penetração do sinal sísmico na camada sedimentar, ou estar associado à própria superfície do embasamento rochoso, muitas vezes representado por reflexões hiperbólicas de alta amplitude. Dessa forma, esta superfície representa a inexistência de indícios do embasamento rochoso até a cota representada.

As **figuras 22 e 23** apresentam os modelos em duas e três dimensões do **embasamento acústico** na área de estudo, onde se observa que a identificação deste refletor alcançou profundidades até, aproximadamente, 75 metros.

A presença de canalizações reporta as observações do relatório de dados pretéritos, onde se afirma que estudos geológicos indicam a existência de paleocanais na BTS, dessa maneira as canalizações presentes nesta superfície estão relacionadas ao preenchimento de paleocanais por sedimentação recente.

Desta forma, não apenas por se tratar de um método investigativo indireto, mas também pela dubiedade da composição geológica deste refletor, é altamente recomendável que métodos diretos de coleta sejam realizados na área a fim de se elucidar a composição do material responsável por estas características refletivas sísmicas. Desta forma clarifica-se que a sísmica deste refletor não é conclusiva a ponto de se gerar uma hipótese bem fundamentada, necessitando de furos geológicos para a confirmação ou descarte desta suposição.

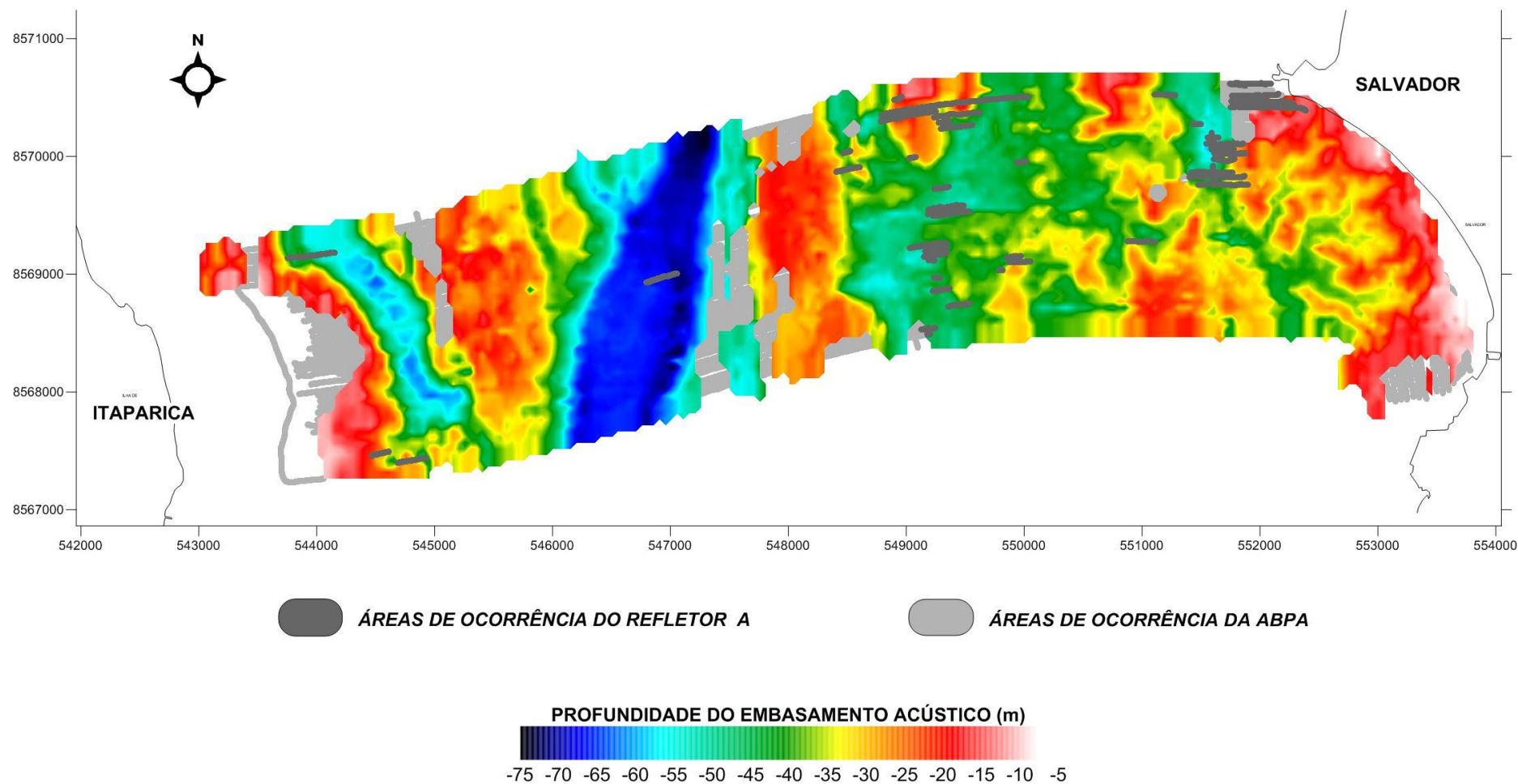
**MODELO EM DUAS DIMENSÕES
PROFUNDIDADE DO EMBASAMENTO ACÚSTICO**

Figura 22: Modelo em duas dimensões da profundidade do embasamento acústico na área de estudo.

MODELO EM TRÊS DIMENSÕES
PROFUNDIDADE DO EMBASAMENTO ACÚSTICO

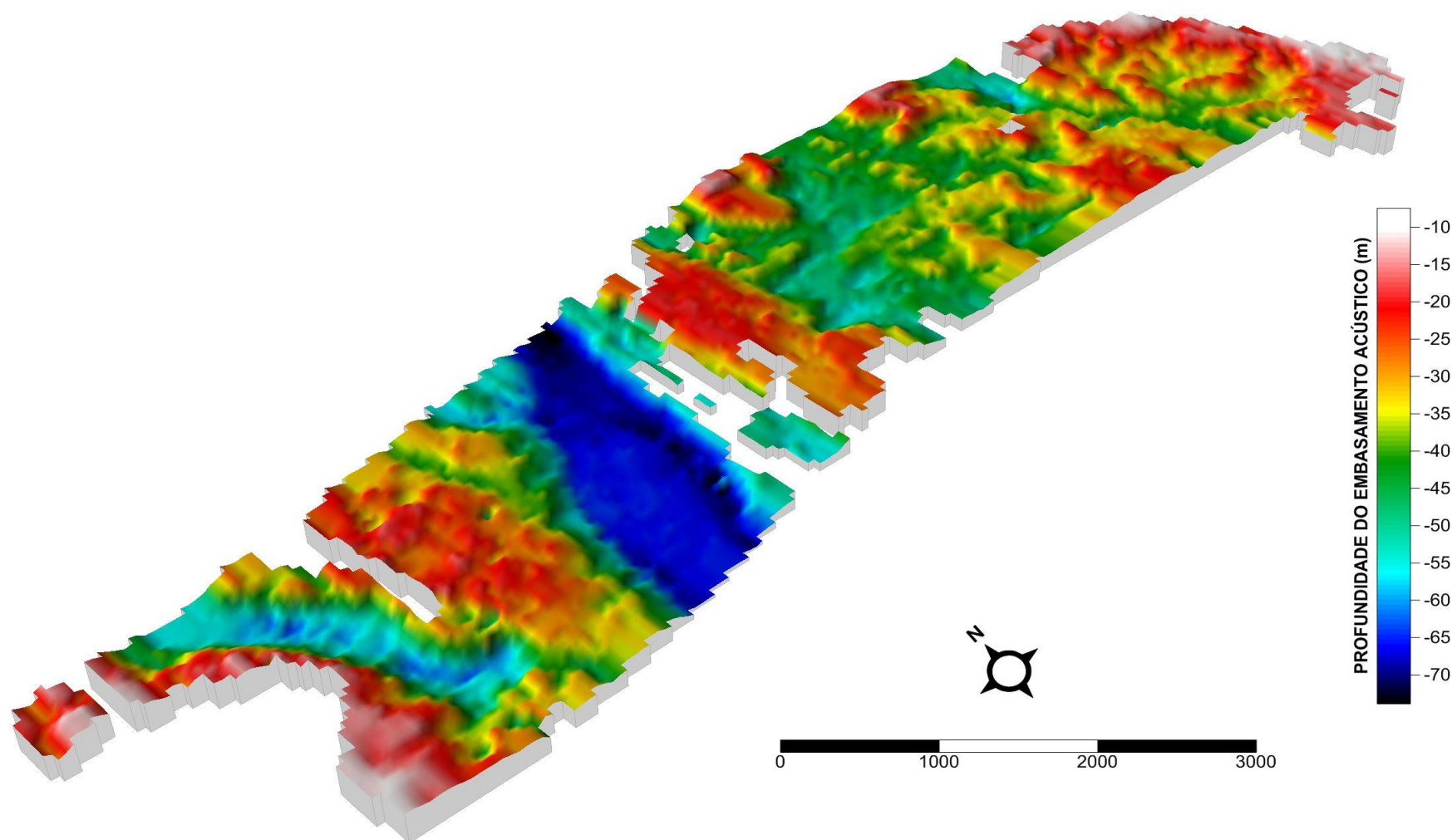


Figura 23: Modelo em três dimensões da profundidade do embasamento acústico na área de estudo

A comparação dos boletins de sondagens geológicas com os resultados da interpretação dos registros sísmicos permite relacionar os resultados do método sísmico com as camadas encontradas durante a sondagem.

Logo, atuam como auxílio na interpretação e compreensão dos registros sísmicos, uma vez que, não é apenas a natureza do sedimento que determina o refletor sísmico, mas sim as características físicas do pacote sedimentar, como a compactação e densidade, estes determinados ao longo do tempo durante a sua formação, através da erosão quanto exposto ao clima e da compactação devido as camadas sedimentares subjacentes.

Em alguns trabalhos anteriores, realizaram-se comparações entre sondagens geotécnicas e a interpretação dos registros sísmicos, e notou-se que a maior correlação acontecia entre o refletor interpretado e as diferenças nos valores de SPT. Tal característica também ocorreu ao comparar os registros fornecidos com a sísmica do atual projeto, como pode ser visualizado na **Figura 24**, onde o limite entre os pacotes sedimentares “Transportado Aluvionar e Rocha Sedimentar” encontra-se próximo da superfície visualizada nos registros sísmicos. Deve-se considerar a diferença entre a precisão dos dois métodos empregados, onde um, sondagem geológica, é um método de investigação direto, enquanto que a sísmica é um método indireto de medição, sendo, portanto suscetível a influências externas para a definição das profundidades das camadas.

Como citado anteriormente, a realização de sondagens geotécnicas para a corroboração dos resultados da interpretação sísmica torna-se fundamental reunir os dois métodos de investigação, o direto e o indireto, que auxilia e complementa o estudo a ser realizado. Tendo isto vista, aconselha-se a realização de sondagens geotécnicas nas áreas de interesse, com ênfase nas áreas de ABPA, e no eixo do projeto da futura ponte.

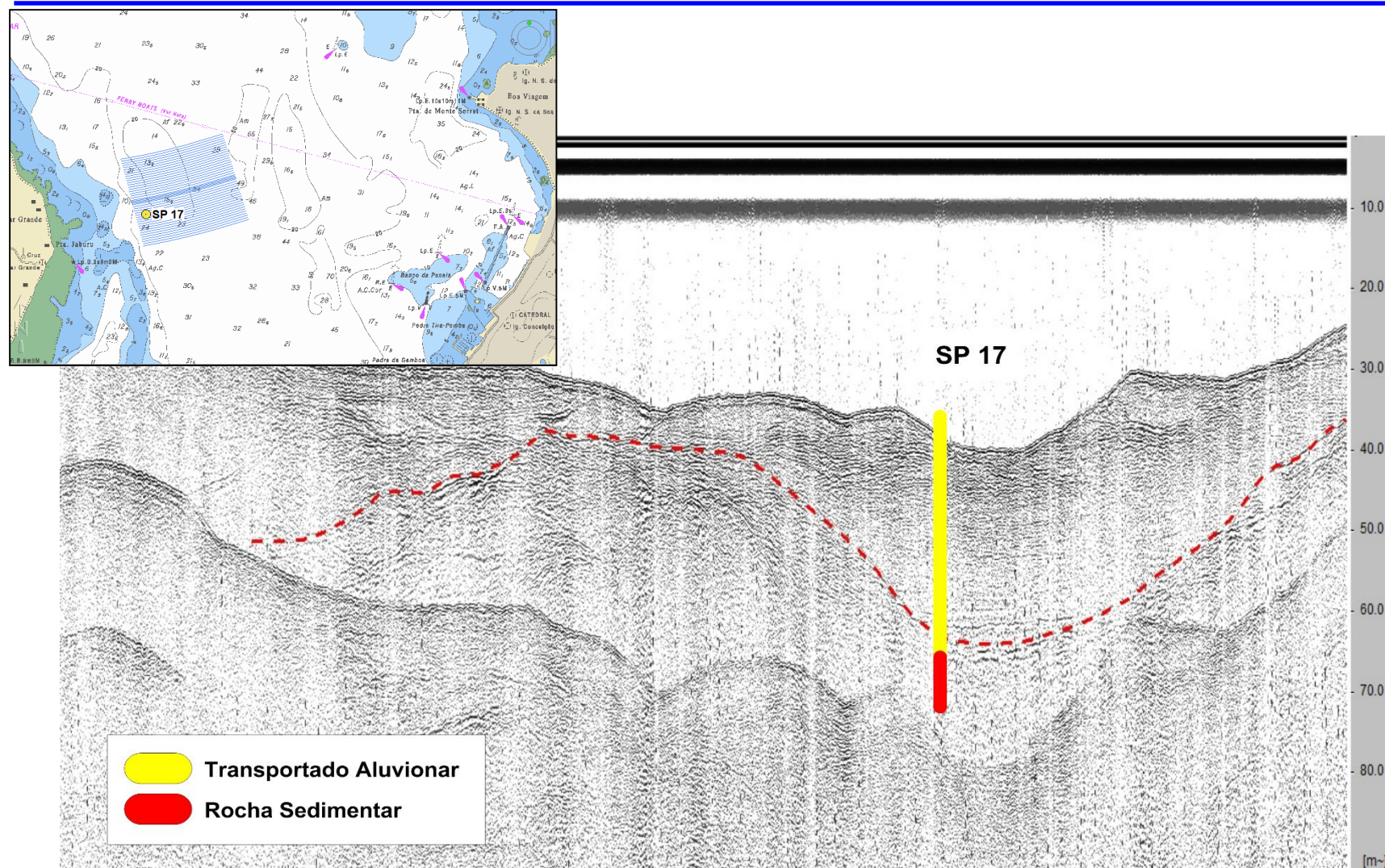


Figura 24: Registro acústico do *Boomer* da seção longitudinal ao eixo da ponte, com a representação da sondagem SP 17 e das camadas encontradas em relação a superfície identificada na sísmica. O mapa no canto superior esquerdo mostra a localização da sondagem em relação a área do projeto.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os levantamentos realizados permitiram o reconhecimento da disposição das camadas geológicas em profundidade, assim como o mapeamento da geomorfologia do fundo submarino local.

A Baía de Todos os Santos é um sistema estuarino com influência de processos costeiros marinhos, que tem sua dinâmica, em grande parte, condicionada pelo regime de meso maré e que apresenta uma larga rede de canais interconectados, os quais são os responsáveis pela distribuição de sedimentos de acordo com os principais fluxos.

A Baía apresenta predomínio de maré vazante, que pode ser confirmado a partir da análise das marcas de fundo e de feições típicas (deltas de vazante) identificadas por Lessa et al. (2000). A distribuição sedimentar apresenta predomínio de lama e sedimentos finos no interior da Baía enquanto areias carbonáticas e quartzosas são encontradas nas adjacências dos canais principais.

A área adjacente ao eixo de projeto da ponte Salvador-Itaparica, foco do presente projeto, apresenta feições resultantes do padrão de circulação da região, que por sua vez, refletem o padrão batimétrico local. Desse modo, são percebidos canais mais profundos, entalhados pelas correntes de maré, os quais apresentaram maior sinal de reflectância acústica. Entre os canais, aparecem altos topográficos que apresentaram menor sinal de reflexão, sob os quais seriam esperados sedimentos de menor granulometria. No entanto, as amostras sedimentares representativas da feição obtidas no local não corroboraram tal interpretação. Um dos motivos pode ser a localização das amostras, coletadas na borda do platô, que podem ter sofrido influência do gradiente de topografia local. Da mesma forma, o padrão de rugosidade do local pode ter influenciado na reflectância, por exemplo, quanto mais plano, maior a probabilidade de espalhamento e, portanto, perda do sinal.

A disposição das camadas sedimentares ao longo da coluna estratigráfica não apresentou muita alteração ao longo da área de estudo. O embasamento acústico foi visualizado em grande parte da área investigada, e determina a inexistência de material rochoso até a cota representada. Em sua maioria a profundidade deste refletor está próximo dos 40 metros. Além disso, é possível visualizar a existência de canalizações através do modelo da superfície do Embasamento Acústico. Tais canalizações podem estar associadas a paleocanais escavados durante períodos de nível do mar mais baixo e posteriormente preenchidos com sedimentos mais recentes.

O embasamento acústico é uma superfície conceitual, onde esta representa o refletor mais profundo identificado, podendo ser ou não associado a embasamento rochoso. O embasamento acústico é uma excelente ferramenta para estudos de engenharia, pois representa a superfície mais profunda que foi possível identificar, indicando que até a cota apresentada para este refletor, não há indícios da existência de material rochoso, ou embasamento rochoso.

Foram observadas áreas de ocorrência de ABPA em toda a região estudada. Reforça-se o entendimento de que as áreas de ABPA são pontos acústicos “cegos” que não forneceram respostas sísmicas capazes de revelar as sismofácies da coluna

sedimentar, ou seja, a disposição de camadas geológicas abaixo. Devido à inexistência de sondagens geológicas na área, o entendimento integrado do pacote sedimentar depositado nesta área fica prejudicado. Para este entendimento, as sondagens geológicas devem ser concentradas nas áreas de ABPA.

Enfatizamos que a pesquisa geofísica por sísmica não determina a natureza dos pacotes sedimentares identificados. Para isto torna-se imprescindível a realização de sondagens geológicas e/ou geotécnicas para que se obtenha a correlação entre os pacotes sedimentares identificados e sua natureza geológica e suas características geotécnicas.

8. 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.

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.

LESSA, G.C; BITTENCOURT, A.B; BRICHTA, A; DOMINGUEZ, J.M.L. **A reevaluation of the late quaternary sedimentation in Todos os Santos Bay (BA), Brazil.** Anais da Academia Brasileira de Ciências, 72. 2000.

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. Alcantara Carrió; 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

9. ANEXOS

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

- 9.1. Cópia da Autorização nº 009/2015 da DHN**
- 9.2. Cópia da Ficha de Descrição da Estação Maregráfica**
- 9.3. Cópia dos Maregramas do Período da Sondagem**
- 9.4. Plantas de Batimetria, Sonografia, Sísmica reduzidas (formato A4)**
- 9.5. Perfis dos Registros Sísmicos (formato A4)**
- 9.6. CD com os Arquivos do Serviço**
- 9.7. Plantas de Batimetria, Sonografia, Sísmica originais**
- 9.8. Tabela das Coletas de Sedimentos Superficiais**
- 9.9. Mosaico e Interpretação Sonográfica (A0)**

Rio de Janeiro, 30 de Março de 2015.

Dannilo Alves do Carmo
Supervisor Técnico
ID: 1.738.682 SSP – ES

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

9.1. CÓPIA DA AUTORIZAÇÃO N° 009/2015 DA DHN

9.2. CÓPIA DA FICHA DE DESCRIÇÃO DA ESTAÇÃO MAREGRÁFICA

9.3. CÓPIA DOS MAREGRAMAS DO PERÍODO DA SONDAGEM

**9.4. PLANTAS DE BATIMETRIA,
SONOGRAFIA E SÍSMICA REDUZIDAS
(FORMATO A4)**

9.5. PERFIS DOS REGISTROS SÍSMICOS (FORMATO A4)

9.6. CD COM OS ARQUIVOS DO SERVIÇO

9.7. PLANTAS DE BATIMETRIA, SONOGRAFIA E SISMICA ORIGINAIS

9.8. TABELA DAS COLETAS DE SEDIMENTOS SUPERFICIAIS

9.9. MOSAICO E INTERPRETAÇÃO SONOGRÁFICA (A0)