

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

MAPEAMENTO SONOGRÁFICO DA PLATAFORMA
CONTINENTAL ADJACENTE AO MUNICÍPIO DE
TAMANDARÉ, PERNAMBUCO, BRASIL.

João Marcello Ribeiro de Camargo

Orientadora: Tereza Cristina Medeiros de Araújo

Co-orientador: Mauro Maida

Recife

2005

João Marcello Ribeiro de Camargo

MAPEAMENTO SONOGRÁFICO DA PLATAFORMA
CONTINENTAL ADJACENTE AO MUNICÍPIO DE
TAMANDARÉ, PERNAMBUCO, BRASIL.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco (PPGO – UFPE), como um dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências, na Área de Oceanografia Abiótica.

Orientadora: Tereza Cristina Medeiros de Araújo

Co-orientador: Mauro Maida

Recife

2005

Camargo, João Marcello Ribeiro de
Mapeamento sonográfico da plataforma
continental adjacente ao município de Tamandaré,
Pernambuco, Brasil / João Marcello Ribeiro de
Camargo. – Recife : O Autor, 2005
ix, 65 folhas : il., fig., tab., fotos.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal
de Pernambuco. CTG. Oceanografia, 2005.

Inclui bibliografia e anexos.

1. Oceanografia – Geofísica marinha. 2.
Plataforma continental, Município de Tamandaré (PE)
– Relevo submarino – Imageamento acústico –
Mapeamento sonográfico. 3. Habitats bentônicos –
Classificação e distribuição espacial. 4. Recursos
pesqueiros – Manejo – Aplicabilidade dos métodos
geofísicos. I. Título.

551.462

CDU (2.ed.)

UFPE

551.468

CDD (22.ed.)

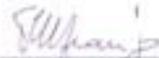
BC2005-282

JOÃO MARCELLO RIBEIRO DE CAMARGO

**Mapeamento sonográfico da plataforma continental adjacente ao
município de Tamandaré, Pernambuco, Brasil.**

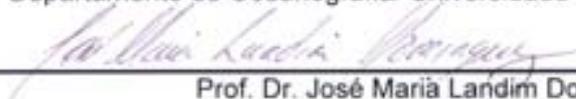
Dissertação apresentada ao
Departamento de Oceanografia, da
Universidade Federal de Pernambuco,
como parte dos requisitos para obtenção
do título de Mestre em Oceanografia
Abiótica

BANCA EXAMINADORA



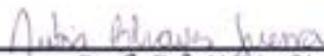
Prof.^a Dr.^a Tereza Cristina Medeiros de Araújo

Departamento de Oceanografia/ Universidade Federal de Pernambuco



Prof. Dr. José Maria Landim Dominguez

Departamento de Sedimentologia/ Universidade Federal da Bahia



Prof.^a Dr.^a Nubia Chaves Guerra

Departamento de Oceanografia/ Universidade Federal de Pernambuco

When you gonna learn?

Have you heard the news today?

People right across the world are pledging they will play the game
Victims of a modern world, circumstance has brought us here
Armageddon's come too near, too, too near
Now foresight is the only key to save our children's destiny
The consequences are so grave, the hypocrites we are their slaves

So my friends to stop the end, on each other we depend
Mountain high and river deep, stop it going on
We gotta wake this world up from its sleep
People, stop it going on, have you heard the news today?
Money's on the menu in my favourite restaurant
Now don't talk about quantity, there's no fish left in the sea

Greedy men been killing all the life there ever was
So you'd better play it nature's way
Or she will take it all away
Don't try and tell me you know more than her about right from wrong
Now you've upset the balance, man
Done the only thing you can
Now my life is in your hands, mountain high and river deep
Stop it going on, we gotta wake this world up from its sleep
Oh people, stop it going on

(Jamiroquai)

RESUMO

O objetivo deste estudo foi reconhecer as atuais características fisiográficas e sedimentológicas da plataforma continental adjacente ao município de Tamandaré-PE, localizado na Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais, através de um mapeamento sonográfico. Foram realizados 20 perfis batimétricos e sonográficos, utilizando-se um sonar de varredura lateral Sea Scan® PC e uma ecossonda GARMIN GPSMAP 185 Sounder. Estes perfis estavam situados a cada 500 m e se estenderam entre as profundidades de 15 e 25 m. 26 amostras de sedimento foram coletadas e submetidas a análises de granulometria e teores de carbonato de cálcio. As imagens acústicas digitais geradas pelo sonar de varredura lateral foram georreferenciadas através de reamostragem e os padrões de eco e textura, bem como os resultados das análises sedimentológicas permitiram identificar e localizar três fundos distintos. A fisiografia submarina da área foi caracterizada por relevos positivos (recifes submersos) e negativos (paleocanal), intercalados por superfícies com declive mais suave. Substratos consolidados indicam que, durante flutuações do nível do mar, provavelmente a linha de costa já esteve a aproximadamente 16, 20 e 22 m abaixo do nível atual. Os fundos (*habitats* bentônicos) foram classificados como: rochosos, lamosos e arenosos. Este último *habitat* foi predominante na área amostrada, sendo composto preferencialmente por areias carbonáticas grossas a muito grossas. Os fundos lamosos apresentaram uma distribuição mais restrita, localizados entre as linhas de arenitos de praia observados a 16 e 20 m de profundidade e principalmente junto a uma suave depressão a leste da Baía de Tamandaré. Os ambientes rochosos, representados por tacis e cabeços, ocorreram nas faixas de profundidade de 16, 20 e 22 m. A localização destes *habitats* é uma contribuição para os programas nacional e global de monitoramento de recifes de coral. Além disso, no caso de fundos lamosos explorados pela pesca do camarão, sua localização é relevante para o levantamento do estoque pesqueiro.

Palavras-chave: plataforma continental, sonar de varredura lateral, *habitats* bentônicos.

ABSTRACT

The objective of this study was recognize the actual physiographic and sedimentologic features of the continental shelf adjacent to Tamandaré-PE, located in the APA Costa dos Corais through a sonographic mapping. Twenty bathimetric and sonographic profiles had been generated using a Sea Scan® PC side scan sonar and an echosounder GARMIN GPSMAP 185 Sounder. These profiles were 500 m spaced and extended between the depths of 15 and 25 m. Twenty six sediment samples had been collected and submitted to granulometric and CaCO₃ content analyses. The digital acoustic images obtained by the side scan sonar had been georeferenced through resample and the patterns of echo and texture, as well as the results of the sedimentologic analyses had allowed to identify three different seafloor features. The submarine physiography of the area was characterized by positive (submerged reefs) and negative (paleochannel) reliefs, intercalated by plain surfaces. Hard bottoms indicates that, during sea-level fluctuations, the shoreline was approximately at 16, 20 and 22 m below of the actual sea-level. The seafloor features (benthic habitats) had been classified as: rocky, muddy and sandy. This last habitat was predominant in the sampling area, being composed mainly by coarse to very coarse carbonatic sands. Muddy habitats had a more restricted distribution, located between the lines of beachrocks observed at depth of 16 and 20 m and mainly near to a smooth depression to the east of the Tamandaré Bay. Rocky habitats represented by “tapis” and “cabeços”, had occurred in 16, 20 and 24 m depth. The location of these habitats is a contribution to the national and global coral reef monitoring programs. Moreover, in the case of muddy seafloors explored by shrimp fishery, the mapping becomes relevant for stock assessment.

Key-words: continental shelf, side scan sonar, benthic habitats

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da APA Costa dos Corais e do litoral do município de Tamandaré, nordeste do Brasil.....	02
Figura 2 - Localização da área de estudo, litoral sul do estado de Pernambuco. Fonte: Carta SUDENE 1:100.000.....	04
Figura 3 - Posicionamento dos perfis realizados (Pn) e localização dos pontos de coleta de sedimentos superficiais (Cn).....	10
Figura 4 - Matriz utilizada para a classificação de <i>habitats</i> bentônicos.....	13
Figura 5 - Perfil batimétrico 7, mostrando uma planície, intercalando um recife submerso e um paleocanal.....	14
Figura 6 - Detalhe do perfil batimétrico 15, mostrando as profundidades de ocorrência dos recifes submersos.....	15
Figura 7 - Detalhe do perfil batimétrico 5, mostrando um desnível de 9 m correlato a um recife em torno dos 16 m de profundidade.....	15
Figura 8 - Detalhe do perfil batimétrico 6, mostrando um desnível de 10 m correlato a um recife em torno dos 16 m de profundidade.....	15
Figura 9 - Detalhe do perfil batimétrico 2, mostrando recife submerso com 4,8 m de altura e 427 m de comprimento, a 19,5 m de profundidade.....	16
Figura 10 - Detalhe do perfil batimétrico 4, mostrando recife submerso com 3,7 m de altura e 330 m de comprimento, a 20,5 m de profundidade.....	16
Figura 11 - Detalhe do perfil batimétrico 20, mostrando recife submerso com 3,5 m de altura e 250 m de comprimento, a 20,5 m de profundidade.....	16
Figura 12 - Detalhe do perfil batimétrico 18, mostrando recifes submersos em torno de 20 e 22 m de profundidade.....	17
Figura 13 - Detalhe do perfil batimétrico 19, mostrando recifes em torno de 20 e 22 m de profundidade.....	17
Figura 14 - Detalhe do perfil batimétrico 6, mostrando o canal com 4,4 m de profundidade e 561 m de largura.....	18
Figura 15 - Detalhe do perfil batimétrico 10, mostrando o canal com 9,3 m de profundidade e largura de 9,3 e 1840 metros, respectivamente.....	18

Figura 16 - Detalhe do perfil batimétrico 13, no qual o canal passa a apresentar profundidade e largura de 3,4 e 2212 metros.....	18
Figura 17 - Batimetria da área de estudo, onde são evidenciadas a ocorrência do paleocanal (A), uma suave depressão (B) e áreas com acentuado declive (C), no setor sul.....	19
Figura 18 - Visualização tridimensional do relevo submarino da plataforma continental estudada.....	20
Figura 19 - Detalhes de imagem acústica digital, sem (a) e com (b) a aplicação de filtros digitais.....	24
Figura 20 - Detalhes de imagem acústica digital, sem (a) e com (b) a aplicação de filtros digitais.....	25
Figura 21 - Efeito das instabilidades na posição do peixe, durante a aquisição das imagens.....	25
Figura 22 - Detalhe do perfil 15, mostrando substratos consolidados a 16 m de profundidade.....	26
Figura 23 - Detalhe do perfil 15, mostrando um tacin com 84 m de largura, situado a 20 m de profundidade.....	27
Figura 24 - Detalhe do perfil 15, mostrando substrato consolidado aparentemente soterrado a 22 m de profundidade.....	28
Figura 25 - Detalhe do perfil 6, mostrando tacin em torno dos 16 m de profundidade.....	29
Figura 26 - Detalhe do perfil 1, mostrando tacin em torno da profundidade de 20 m.....	30
Figura 27 - Tacin encontrado em torno da profundidade de 20 m, registrado no perfil 11.....	31
Figura 28 - Detalhe do perfil 18, mostrando tacin encontrado em torno da profundidade de 22 m.....	32
Figura 29 - Agrupamento de substratos consolidados classificados como cabeços, encontrados no perfil 3.....	33
Figura 30 - Cabeço isolado, encontrado no perfil 7.....	34

Figura 31 - Provável naufrágio situado no canto inferior direito da imagem acústica, à esquerda de um taccis, registrado no perfil 10.....	35
Figura 32 - Detalhe do perfil 11, mostrando dunas subaquáticas pequenas.....	36
Figura 33 - Detalhe do perfil 19, mostrando dunas subaquáticas pequenas.....	37
Figura 34 - Tons distintos de cinza observados nas imagens acústicas, que influenciaram a escolha dos pontos de coleta de sedimentos superficiais.....	38
Figura 35 - Trecho do perfil sonográfico 5, mostrando o limite bem definido entre fundos com tonalidades escuras e claras.....	41
Figura 36 - Trechos do perfil sonográfico 3 (A), mostrando o processo de vetorização (B).....	41
Figura 37 - Distribuição espacial dos <i>habitats</i> bentônicos (Escala 1:89297). Note que também foram representados os resultados da coleta piloto.....	42
Figura 38 - Detalhe da distribuição espacial dos <i>habitats</i> bentônicos, mostrando a área de lama situada à leste da Baía de Tamandaré.....	43
Figura 39 - Detalhe da distribuição espacial dos <i>habitats</i> bentônicos, mostrando bolsões de lama localizados entre substratos consolidados.....	43
Figura 40 – Curvas de ganho e intensidades de eco referentes às amostras 2 (a) e 19 (b).....	46
Figura 41 – Curvas de ganho e intensidades de eco referentes às amostras 21 (a) e 18 (b).....	46
Figura 42 - Localização dos pontos de mergulho para monitoramento dos ambientes recifais e censo visual da ictiofauna associada.....	49

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Foto 1 - Visão aérea dos substratos consolidados ocorrentes no litoral do município de Tamandaré, sul do Estado de Pernambuco.....	06
Foto 2 - Exemplos de <i>Mussismilia harti</i> (A) e <i>M. hispida</i> (B) (Fonte: Hetzel & Castro, 1994).....	07
Foto 3 - Exemplos de <i>Favia gravida</i> (A), <i>Siderastrea stellata</i> (B) e <i>Millepora braziliensis</i> (C) (Fonte: Hetzel & Castro, 1994).....	07
Foto 4 - Sistema do sonar de varredura lateral.....	09
Foto 5 - Amostrador de sedimentos superficiais do tipo van Veen.....	10

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tamanho médio das partículas, classificações quanto à granulometria e teores de carbonato de cálcio, para amostras coletadas em eco com tom escuro.....	38
Tabela 2 - Tamanho médio das partículas, classificações quanto à granulometria e teores de carbonato de cálcio, para amostras coletadas em eco com tom intermediário.....	39
Tabela 3 - Tamanho médio das partículas, classificações quanto à granulometria e teores de carbonato de cálcio, para amostras coletadas em eco com tom claro.....	39

SUMÁRIO

Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Lista de Figuras.....	vii
Lista de Fotografias.....	x
Lista de Tabelas.....	xi
Capítulo I – INTRODUÇÃO.....	01
1.1 APRESENTAÇÃO E OBJETIVOS.....	01
1.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	03
Capítulo II - MATERIAL E MÉTODOS.....	08
2.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO.....	08
2.2 BASE CARTOGRÁFICA.....	08
2.3 TRABALHO A BORDO.....	08
2.4 TRABALHO EM LABORATÓRIO.....	11
2.4.1 Batimetria.....	11
2.4.2 Tratamento das imagens.....	11
2.4.3 Análise granulométrica.....	12
2.4.4 Análise do teor de carbonato.....	12
2.4.5 Classificação dos <i>habitats</i> bentônicos.....	13
Capítulo III - LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO.....	14
3.1 RESULTADOS.....	14

3.2 DISCUSSÃO.....	21
Capítulo IV - LEVANTAMENTO SONOGRÁFICO.....	23
4.1 TRATAMENTO DAS IMAGENS ACÚSTICAS DIGITAIS.....	23
4.2 ANÁLISE DAS IMAGENS ACÚSTICAS DIGITAIS.....	23
4.2.1 Substratos consolidados.....	24
4.2.2 Substratos inconsolidados.....	36
4.3 MAPEAMENTO DOS HABITATS.....	40
4.4 DISCUSSÃO.....	44
Capítulo V – CONCLUSÕES.....	50
AGRADECIMENTOS.....	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
ANEXO I.....	59

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO E OBJETIVOS

A natureza subaquática dos ambientes marinhos é um fator que geralmente determina desafios específicos para a realização de pesquisas científicas e envolve custos com embarcações, equipamentos e mão-de-obra especializada. Apesar de seu custo e complexidade, estas pesquisas podem gerar subsídios para a elaboração dos Planos de Manejo das áreas protegidas pela legislação ambiental brasileira, as chamadas Unidades de Conservação (UC's).

A Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais é a maior UC marinha do Brasil e estende-se por 135 km de costa, entre o rio Formoso, município de Tamandaré - PE e o rio Meirim, município de Paripueira - AL. A oeste, a APA inclui os manguezais e é limitada pela linha de preamar média, à leste, inclui praticamente toda a plataforma continental (fig. 1).

Desde 1998, o Projeto Recifes Costeiros (UFPE-IBAMA-FMA-BID-AVINA) incentiva e apóia pesquisas científicas na região, visando reunir informações relevantes para a elaboração do Plano de Manejo da APA Costa dos Corais, o que requer, por exemplo: a disponibilidade de mapas, fotografias ou imagens de satélite, que representem a área; e informações sobre a natureza geológica do assoalho marinho (Kenchington & Kelleher, 1995).

O mapeamento do assoalho marinho a partir de imagens de satélite ou fotografias aéreas é particularmente limitado devido à atenuação das ondas eletromagnéticas no meio líquido. Na APA Costa dos Corais, a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto no mapeamento de substratos consolidados obteve resultados apenas em águas rasas (Lima, 2003; MMA, 2003).

Diante desta limitação e da importância da iniciativa de mapeamento do assoalho marinho, o Projeto Recifes Costeiros adquiriu um sonar de varredura lateral de alta resolução. Este tipo de equipamento acústico é uma ferramenta de exploração muito utilizada em ambientes aquáticos, uma vez que as ondas acústicas são geradas com facilidade e propagam-se a longas distâncias; além

disso, sua reflexão, junto ao fundo, é capaz de revelar detalhes da morfologia local (Blondel & Murton, 1997, Ayres, 2000).

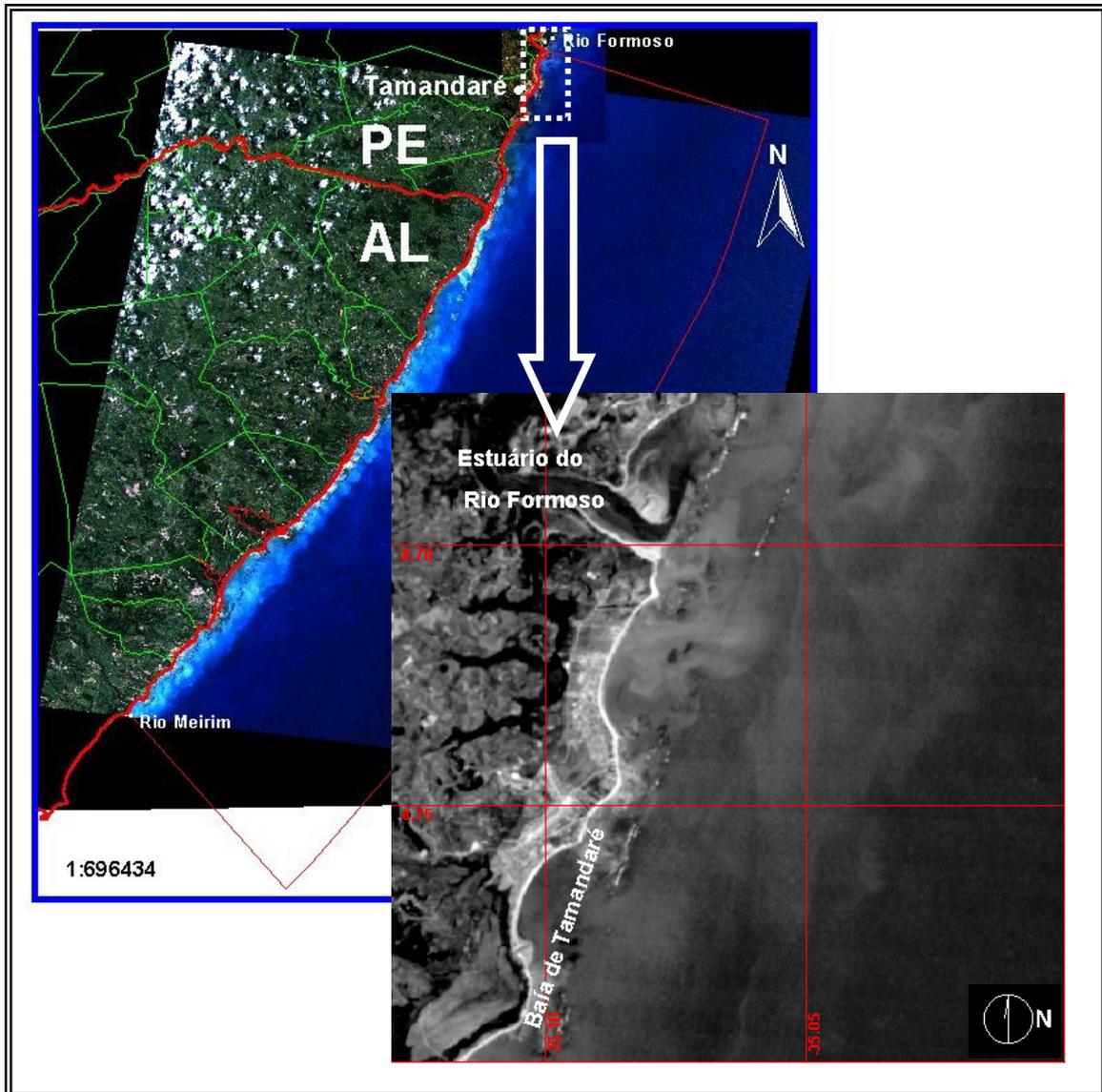


Figura 1: Localização da APA Costa dos Corais e do litoral do município de Tamandaré, nordeste do Brasil.

As atuais características fisiográficas e sedimentológicas das plataformas continentais estão correlacionadas com a sua evolução costeira, que, por sua vez, apresenta forte relação com as flutuações do nível do mar. O presente trabalho tem como objetivo geral reconhecer essas atuais características do assoalho

marinho inserido na plataforma continental adjacente ao município de Tamandaré – PE, entre as profundidades de 15 e 25 m.

A partir de um levantamento geofísico, foram gerados perfis batimétricos e sonográficos, com os seguintes objetivos específicos:

- Descrever a fisiografia submarina e caracterizar a sedimentologia da região;
- Localizar e descrever as feições geomorfológicas registradas;
- Avaliar os *habitats* bentônicos qualitativamente.

O relevo submarino e a sedimentologia desta região são informações que, além de incrementar o conhecimento científico, poderão ser utilizadas no monitoramento dos ambientes recifais e no planejamento de estratégias de conservação dos recursos pesqueiros. A extensão e distribuição dos bancos de lamas e dos substratos consolidados, por exemplo, são informações importantes para estudos sobre a ecologia e manejo dos recursos vivos associados a estes tipos de *habitats* bentônicos.

Cabe ressaltar, que um mapeamento sonográfico já foi realizado ao largo do município de Tamandaré (Michelli *et al.*, 2001), com a utilização de um sonar de varredura lateral analógico. Nesta ocasião, foram obtidas informações sobre a fisiografia e a sedimentologia da plataforma continental em escala regional. Todavia, o trabalho aqui apresentado obteve informações mais detalhadas e inéditas, sobre o assoalho marinho, com o emprego de tecnologia digital.

1.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O litoral de Tamandaré situa-se entre as latitudes 8°42,602' S e 8°46,671' S (fig. 2). O município está localizado a 110 km ao sul da cidade de Recife, e possui 99 km² de área de unidade territorial, com uma população fixa em torno de 17 mil habitantes e uma densidade demográfica de 173,22 hab/km² (IBGE, 2000).

O clima é quente, com temperatura média anual em torno de 25°C, com as temperaturas máximas absolutas podendo ultrapassar os 30°C. A precipitação pluviométrica anual oscila em torno de 2.000 mm (Lima, 2001), sendo as frentes

frias, as brisas e as ondas de leste, os principais sistemas meteorológicos que influenciam as chuvas na região.



Figura 2: Localização da área de estudo, litoral sul do estado de Pernambuco. Fonte: Carta SUDENE 1:100.000.

O período seco se estende de setembro a março, quando mais de 95% da precipitação fica abaixo dos 400 mm (Araújo, 2003). Já o período chuvoso se estende de abril a agosto, onde ocorrem 70 a 75% das chuvas totais (Lima, 2001).

Os ventos alísios exercem grande influência local e suas velocidades médias variam de 3,1 a 4,7 m*s⁻¹ com direções predominantes de E-SE, entre abril e setembro, e de E-NE, de outubro a março (Araújo, 2003).

Nesta região costeira ocorrem mesomarés (Araújo, 2003). As ondas de gravidade que atingem o litoral de Tamandaré apresentam alturas médias de 0,66 metro, sendo, portanto, consideradas de baixa intensidade, face aos cordões de recifes que amortecem a força das mesmas (Farias, 2002).

Todos os rios que cortam o município de Tamandaré são perenes (Lima, 2001). Um expressivo corpo d'água regional é o rio Mamucabas, situado no extremo sul do litoral de Tamandaré, cuja nascente se encontra próxima à Reserva Ecológica de Saltinho, cerca de 15 km a noroeste da Baía de Tamandaré. Outro importante corpo d'água é o Estuário do Rio Formoso, abastecido principalmente pelo rio de mesmo nome, que conta com uma vazão relativamente pequena, e estende-se por um canal de 12 km. Os rios Ariquindá e dos Passos são os outros rios que integram o citado sistema estuarino (CPRH, 1998).

A vazão destes rios representa um importante papel no que diz respeito ao aporte de material terrígeno, encontrado, principalmente, até a isóbata de 20 m na plataforma continental sul de Pernambuco. Esta plataforma é considerada estreita, uma vez que sua quebra ocorre em torno de 32 km a partir da costa, entre profundidades de 50 a 60 m (Michelli *et al.*, 2001).

As características sedimentológicas desta plataforma são semelhantes às da constituição de toda a plataforma continental da costa oriental do Nordeste brasileiro, apresentando frações compostas predominantemente por areia e cascalho carbonático biogênico, originado principalmente de *Halimeda* entre outras algas coralíneas (França, 1976).

Em relação a geomorfologia, a plataforma continental sul de Pernambuco apresenta baixa declividade, com longas superfícies bem aplainadas, sem muita variação de inclinação, sendo esta superfície bem aplainada interrompida somente a partir da zona de quebra da plataforma continental. Na região ocorrem paleocanais e substratos consolidados identificados como arenitos de praia submersos. Estas feições encontram-se bem preservadas e são consideradas, por

diversos trabalhos, indicadores de níveis do mar mais baixos que o atual (Laborel, 1969; Santos, 1972; França, 1976; Dias *et al.*, 1984; Hopley, 1986; Araújo & Silva, 1996; Araújo & Freire, 1997; Michelli *et al.*, 2001; Caldas, 2002; Guerra & Manso, 2004).

Os substratos consolidados que ocorrem em linhas paralelas ou subparalelas ao litoral de Tamandaré (foto 1) são determinantes para a ocorrência de ecossistemas recifais, visto que são amplamente colonizados por organismos bentônicos, como: algas, esponjas e corais (Laborel, 1969; Dominguez *et al.*, 1990). Junto aos ecossistemas recifais, destacam-se as seguintes espécies de corais endêmicas ao Brasil: *Mussismilia hartti*, *M. hispida*, *Favia gravida*, *Siderastrea stellata* e *Millepora braziliensis* (Maida & Ferreira, 1997; Hetzel & Castro, 1994; fotos 2 e 3).

Estes substratos consolidados representam pontos de aglomeração da ictiofauna e, portanto, são explorados pela pesca artesanal. O estoque pesqueiro da região encontra-se em declínio, e isto tem ameaçado a segurança alimentar das comunidades costeiras, implicando numa demanda por estratégias de manejo dos recursos pesqueiros (Ferreira & Maida, 2001).



Foto 1: Visão aérea dos substratos consolidados, ocorrentes no litoral do município de Tamandaré, sul do Estado de Pernambuco.

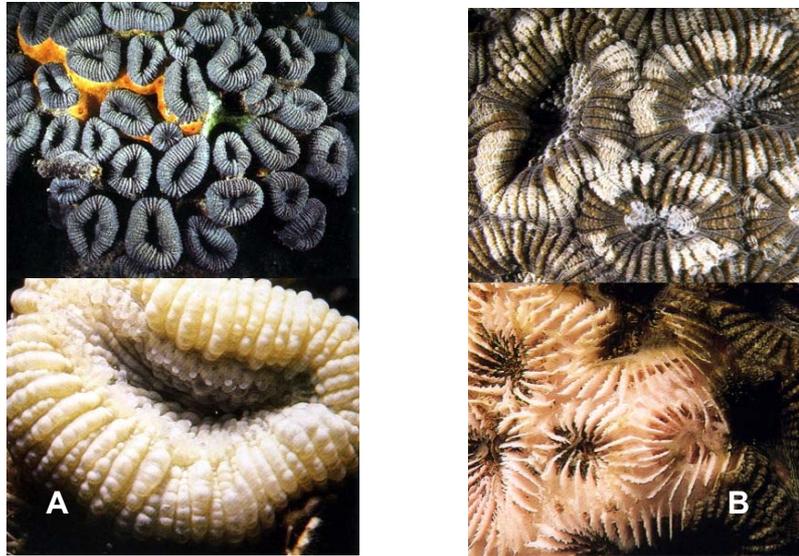


Foto 2: Exemplos de *Mussismilia harti* (A) e *M. hispida* (B) (Fonte: Hetzel & Castro, 1994).

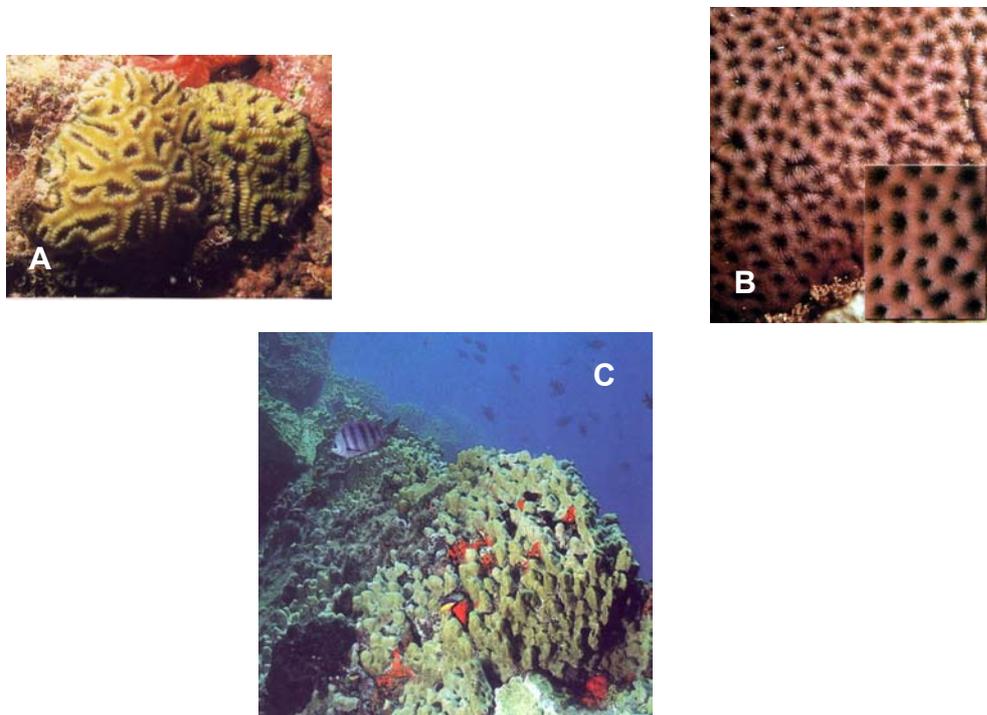


Foto 3: Exemplos de *Favia gravida* (A), *Siderastrea stellata* (B) e *Millepora braziliensis* (C) (Fonte: Hetzel & Castro, 1994).

CAPÍTULO II – MATERIAL E MÉTODOS

2.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

O levantamento bibliográfico, executado durante o período desta pesquisa, envolveu a leitura de livros, teses, dissertações e trabalhos publicados em revistas nacionais e internacionais relacionados ao tema aqui explorado.

2.2 ELABORAÇÃO DOS MAPAS

Os mapas gerados neste trabalho utilizaram como base cartográfica uma imagem do Satélite LandSat TM5, Órbita-Ponto 214-66D, do dia 21/09/1998, já geoprocessada por Lima (2003) e obtida junto ao banco de dados do Projeto Recifes Costeiros (UFPE-IBAMA-FMA-BID-AVINA).

2.3 TRABALHO A BORDO

As imagens acústicas digitais do assoalho marinho da plataforma continental adjacente ao município de Tamandaré foram obtidas por um sonar de varredura lateral Sea Scan® PC, produzido pela Marine Sonic Technology Ltd. Este sistema foi composto por um PC, uma ecossonda GARMIN GPSMAP 185 Sounder, cabos e pelo peixe e seus transdutores (foto 4). Os transdutores contidos no peixe operaram numa frequência de 600 kHz e, além das imagens, as informações sobre o posicionamento da embarcação e do peixe (GPS) e sobre a profundidade local, também foram obtidas e armazenadas em forma digital.

Em fevereiro de 2004, e a bordo do *R/V Velella*, foi realizada uma coleta piloto. Nesta etapa do trabalho, foram determinadas as condições de operação mais adequadas quanto ao posicionamento dos perfis, frente à atuação das ondas, ventos e correntes de maré; à velocidade da embarcação durante a aquisição das imagens acústicas; além da comunicação entre os integrantes da equipe a bordo.

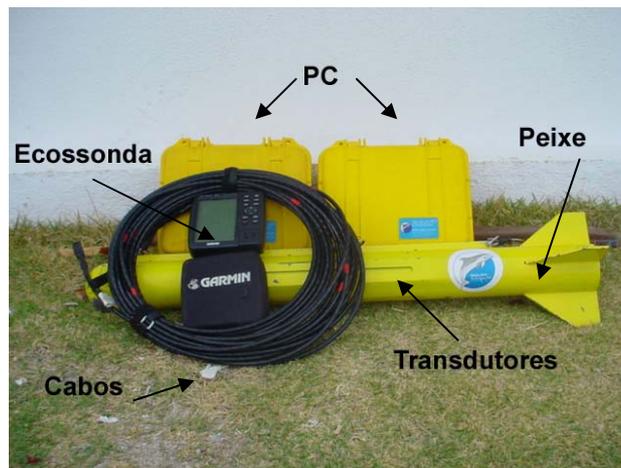


Foto 4: Sistema do sonar de varredura lateral.

Os perfis realizados nesta coleta piloto apresentavam sobreposição, visto que varreram faixas de 150 m e o espaçamento entre os perfis foi de 130 m. A idéia de gerar um mosaico do assoalho marinho através da sobreposição dos perfis sonográficos foi logo abandonada, devido à necessidade de muitos dias a bordo e às dificuldades de obtenção de *softwares* específicos.

A bordo da mesma embarcação, foram realizados 20 perfis batimétricos e sonográficos nos dias 09 de julho, 18, 19 e 24 de novembro de 2004, situações em que o mar apresentou condições relativamente calmas, consideradas mais adequadas à operação do equipamento (Marine Sonic Technology, Ltd, 2001). O sonar de varredura lateral foi configurado para um alcance lateral de 75 m, e os perfis foram realizados com uma distância de 500 m entre eles, numa orientação sudeste-noroeste e até a profundidade de 25 m, abrangendo a porção interna da plataforma continental (fig. 3). Durante o trabalho a bordo não foi possível navegar de forma segura sobre certos substratos consolidados. Logo, algumas destas feições geomorfológicas foram representadas apenas parcialmente nas imagens acústicas obtidas.

No sentido de validar a relação entre as intensidades de eco registradas nos sonogramas, o tamanho médio das partículas sedimentares, e seu teor de carbonato, foram coletadas 26 amostras de sedimentos superficiais (fig. 3). Para isto, foi utilizado um amostrador do tipo van Veen (foto 5), equipamento robusto e

de funcionamento simples, constituído de duas conchas articuladas que, ao tocarem o fundo, liberam um sistema de trava, se fecham e coletam o sedimento (Figueiredo & Brehme, 2000).

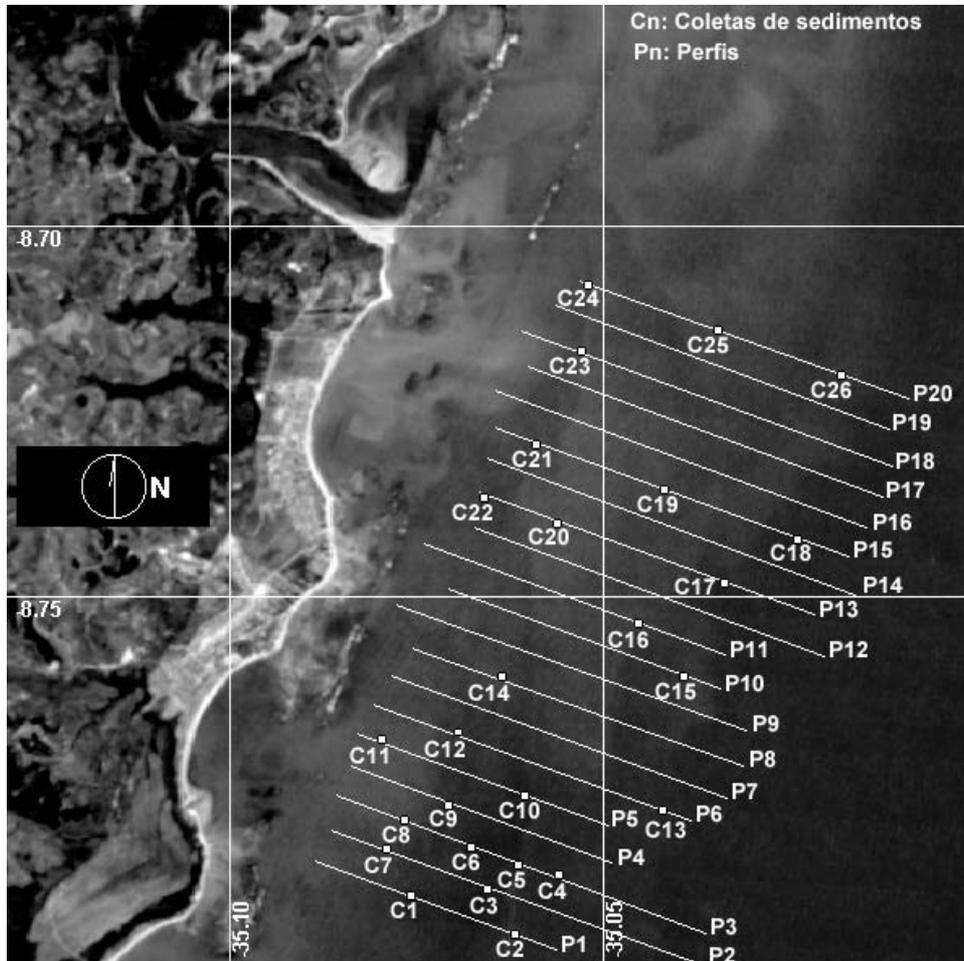


Figura 3: Posicionamento dos perfis realizados (Pn) e localização dos pontos de coleta de sedimentos superficiais (Cn).



Foto 5: Amostrador de sedimentos superficiais do tipo van Veen.

2.4 TRABALHO EM LABORATÓRIO

2.4.1 BATIMETRIA

A partir das informações sobre o posicionamento da embarcação e a profundidade local, foram gerados 20 perfis batimétricos. Os valores de profundidade foram corrigidos através do método dos doze avos (Medeiros, comunicação pessoal), que atribui variações horárias na altura da maré, a partir de frações da amplitude calculada e publicada pela DHN, na Tábua de Marés para o Porto de Suape (DHN, 2004). No sentido de eliminar variações de alta frequência, aos perfis batimétricos foi aplicado um filtro passa-baixa descrito por Limeburner (1985).

O padrão de distribuição das isóbatas e uma visualização tridimensional do terreno foram obtidos após a interpolação do tipo “Natural Neighbor” dos dados de profundidade corrigida, utilizando o *software* Surfer 8.0. Desta forma, foi possível avaliar a fisiografia da plataforma continental adjacente ao município de Tamandaré com um maior grau de detalhamento.

2.4.2 TRATAMENTO DAS IMAGENS

Através do *software* Sea Scan® PC Review 1.6.9, a cada uma das imagens acústicas geradas pelo sonar de varredura lateral, foram aplicados filtros digitais para a eliminação de ruídos acústicos (SPIKE 2), elétricos (SPIKE 1) e sinais de alta frequência (LOWPASS 1), de acordo com o método descrito no manual elaborado pela Marine Sonic Technology, Ltd (2001). A aplicação destes filtros incrementa a extração de informações do sonograma e torna a interpretação visual mais fácil e mais precisa (Siljeström *et al.*, 1996).

Em seguida, o conjunto de imagens referente a cada perfil sonográfico foi reunido em uma única imagem no formato TIFF. Estas imagens foram importadas pelo programa IDRISI32, versão I32.02, e então georreferenciadas através de sua ferramenta *RESAMPLE*. Este procedimento adequou os perfis sonográficos ao

datum horizontal Córrego Alegre - MG e envolveu a elaboração de arquivos de correspondência (Eastman, 1998). Finalmente, todos os perfis sonográficos foram reunidos através da função CONCAT do citado *software*.

2.4.3 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

As amostras de sedimentos coletadas foram analisadas segundo o método descrito por Suguio (1975). Desta forma, as amostras foram homogeneizadas, quarteadas e foi selecionada de cada uma destas, uma alíquota com 100 gramas, pesada em balança de precisão. Estas alíquotas foram submetidas a um peneiramento úmido para a separação da fração lamosa e eliminação de sais solúveis, através da utilização de peneiras com malhas de 2 e 0,062 mm e depois levadas à estufa com temperatura de 60°C para secagem. Posteriormente, estas alíquotas foram pesadas novamente e submetidas a um peneiramento seco da fração areia, com um conjunto de peneiras com intervalo de $\frac{1}{2}\phi$.

Após o peneiramento seco, as diversas frações de areia foram pesadas em balança de precisão, e as massas obtidas foram processadas no *software* Sysgran 2.4, gerando a classificação granulométrica das mesmas.

2.4.4 TEOR DE CARBONATO DE CÁLCIO

O teor de carbonato de cálcio das amostras de sedimento foi determinado através do método descrito por Loring & Rantala (1992), o qual consiste na queima de carbonato de cálcio (CaCO_3) por ácido clorídrico (HCl). Uma alíquota seca de 5 gramas de cada amostra bruta, pesada em balança de precisão, foi queimada com uma solução de HCl a 40%.

Após este procedimento, as alíquotas foram lavadas com água destilada por três vezes, levadas à estufa de secagem a 60°C e, depois de seco, a massa do material foi novamente aferida em balança de precisão. Desta forma, considera-se que todo o carbonato de cálcio foi eliminado da amostra e que sua massa corresponde à diferença entre a massa inicial e a massa final.

2.4.5 CLASSIFICAÇÃO DO TIPO DE *HABITAT* BENTÔNICO

Proposto por Barnhardt *et al.* (1998), o método utilizado para a classificação de habitat bentônico consiste no reconhecimento de assoalhos compostos por 4 unidades básicas: rochas (R), cascalho (C), areia (A) e lamas (L). Além destas, também as suas possíveis associações, caso alguma unidade básica não seja mapeável (fig. 4). Um habitat bentônico classificado como Lr, por exemplo, indica um assoalho composto predominantemente por lama e, em menor proporção por rochas, cujas dimensões não são mapeáveis em determinada escala e, portanto, não podem ser individualizadas.

R	Rc	Cr	C
Ra	Rl	Ca	Cl
Ar	Ac	Lr	Lc
A	Al	La	L

Figura 4: Matriz utilizada para a classificação de *habitats* bentônicos.

Desta forma, o reconhecimento destes *habitats* foi baseado:

1. nos padrões de eco e textura observados nas imagens acústicas;
2. nos resultados da análise granulométrica das amostras de sedimentos superficiais.

A distribuição e extensão dos *habitats* foram definidas a partir da análise do conjunto de perfis sonográficos georeferenciados. Através de um processo de vetorização, ao longo de cada perfil foram criados polígonos que delimitaram os *habitats* classificados. Tal método pode ser aplicado em uma variedade de ambientes, uma vez que padrões de eco distintos são visíveis em imagens de alta resolução geradas por sonares de varredura lateral (McRea Jr. *et al.*, 1999).

CAPITULO III – LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO

3.1 RESULTADOS

A análise dos perfis batimétricos permitiu observar que na plataforma continental estudada, além de áreas com suave declive, destacaram-se áreas com relevo vertical positivo e negativo. O relevo vertical positivo pôde ser atribuído aos substratos consolidados, feições comuns nesta plataforma, e que serão neste capítulo denominadas de recifes submersos. As depressões (relevo negativo) estavam correlacionadas com a existência de um paleocanal. A representação esquemática dos 20 perfis batimétricos encontra-se no Anexo I.

A seguir serão detalhados os perfis mais representativos. Um exemplo típico é o perfil 7, onde uma planície com suave declive intercala um recife submerso (relevo positivo) registrados em sua porção mais rasa, e um paleocanal (relevo negativo) na parte mais profunda (fig. 5).

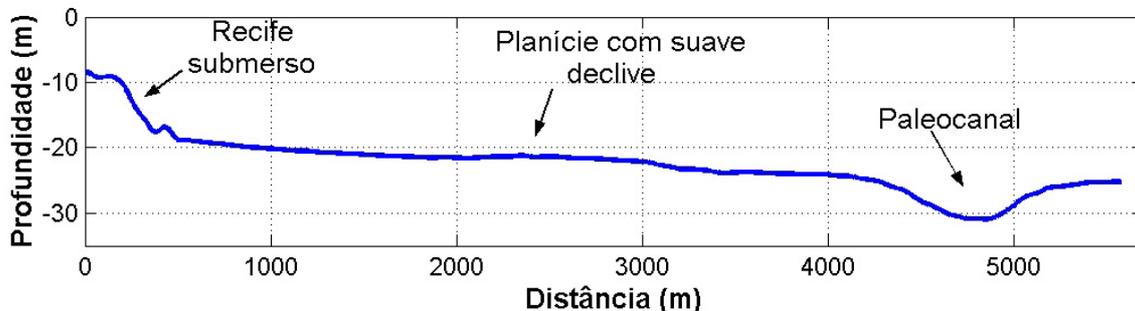


Figura 5: Perfil batimétrico 7, mostrando uma planície, intercalando um recife submerso e um paleocanal.

Os recifes submersos ocorreram em torno das profundidades de 16, 20 e 22 m. Todas estas ocorrências puderam ser visualizadas no perfil 15 (fig. 6). Como pode ser observado na referida figura, os recifes, em ordem crescente de profundidade, apresentaram 2,1, 2,3 e 1,7 m de altura, e 210, 181 e 171 m de comprimento; respectivamente. Entre os recifes foi observada uma distância de aproximadamente 1,3 km.

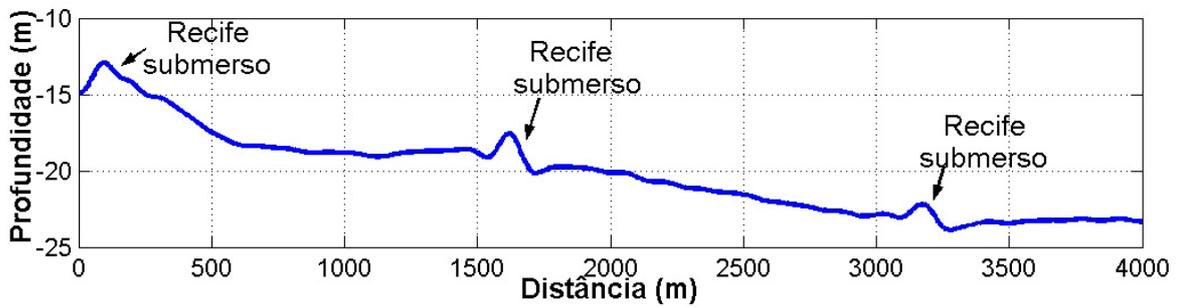


Figura 6: Detalhe do perfil batimétrico 15, mostrando as profundidades de ocorrência dos recifes submersos.

A ocorrência de substratos consolidados em torno de 16 m de profundidade, pôde ser registrada nos perfis 5 e 6, nos quais ocorreram as maiores variações verticais do relevo, com desníveis de até 10 m (figs. 7 e 8).

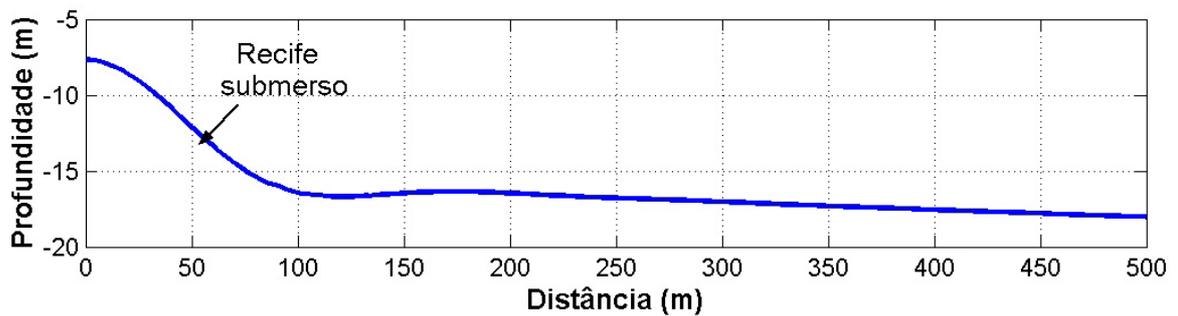


Figura 7: Detalhe do perfil batimétrico 5, mostrando um desnível de 9 m correlato a um recife em torno dos 16 m de profundidade.

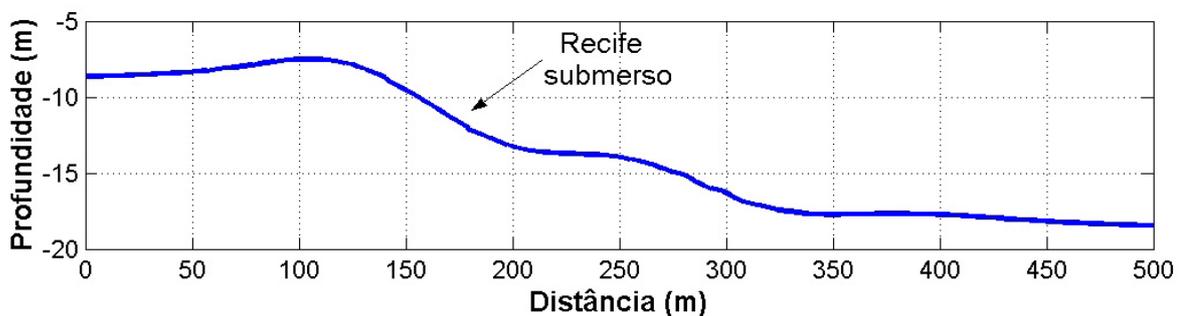


Figura 8: Detalhe do perfil batimétrico 6, mostrando um desnível de 10 m correlato a um recife em torno dos 16 m de profundidade.

Nos perfis 2, 4 e 20, por exemplo, foi verificada a ocorrência de recifes em torno da profundidade de 20 m (figs.: 9, 10 e 11).

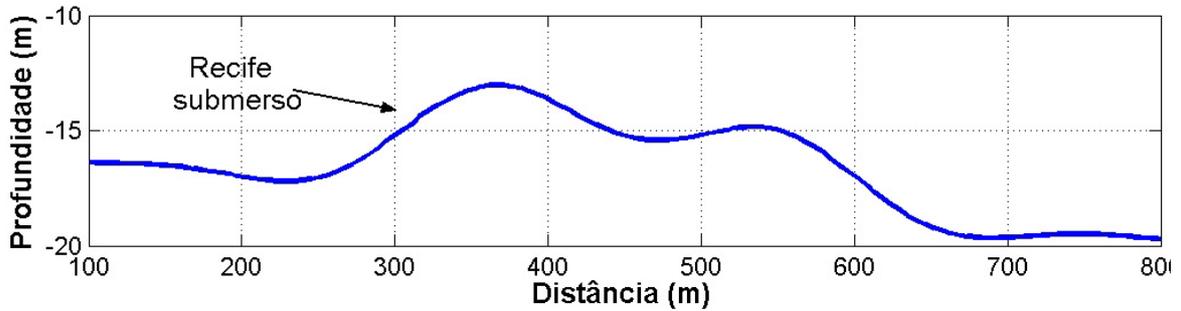


Figura 9: Detalhe do perfil batimétrico 2, mostrando recife submerso com 4,8 m de altura e 427 m de comprimento, a 19,5 m de profundidade.

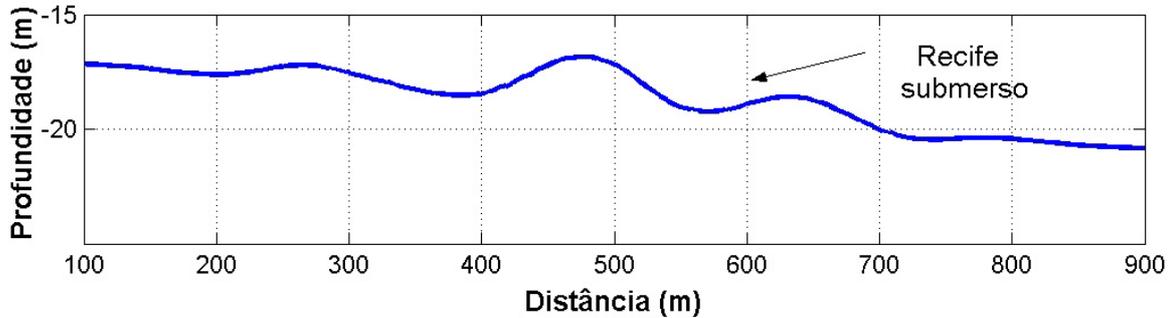


Figura 10: Detalhe do perfil batimétrico 4, mostrando recife submerso com 3,7 m de altura e 330 m de comprimento, a 20,5 m de profundidade.

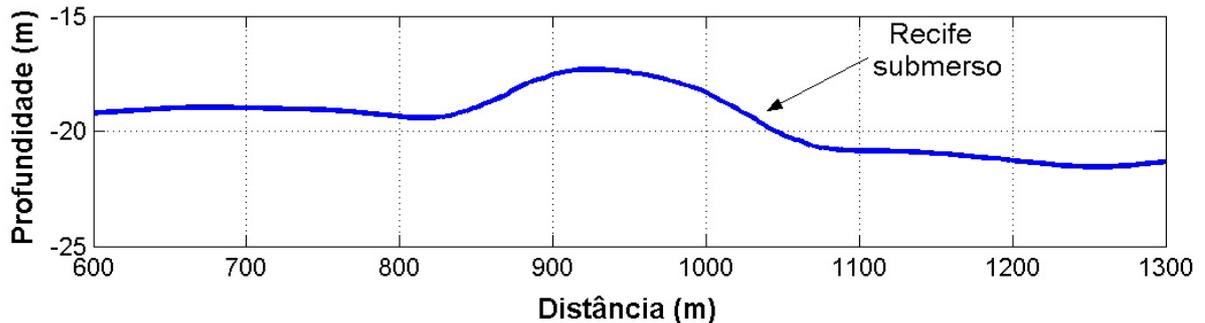


Figura 11: Detalhe do perfil batimétrico 20, mostrando recife submerso com 3,5 m de altura e 250 m de comprimento, a 20,5 m de profundidade.

Nos perfis batimétricos 18 e 19, além de recifes em torno dos 20 m, foram observados recifes a 22 m de profundidade. No perfil 18, os recifes, em ordem crescente de profundidade, apresentaram 5 e 2,6 m de altura e 190 e 408 m de

comprimento. É interessante observar que, entre os recifes foi observada uma distância de aproximadamente 2,3 km (fig. 12).

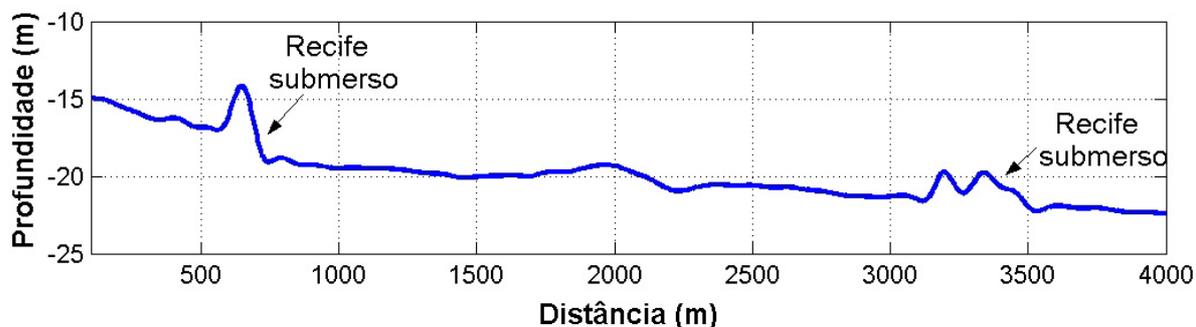


Figura 12: Detalhe do perfil batimétrico 18, mostrando recifes submersos em torno de 20 e 22 m de profundidade.

Já no perfil 19, os recifes, em ordem crescente de profundidade, apresentaram 2,5 e 3 m de altura e 414 e 216 m de comprimento; e entre os recifes foi observada uma distância de aproximadamente 1,4 km (fig. 13).

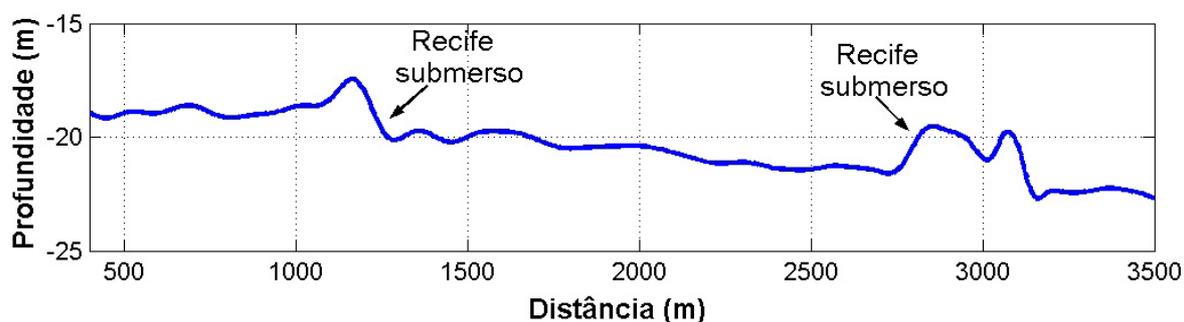


Figura 13: Detalhe do perfil batimétrico 19, mostrando recifes em torno de 20 e 22 m de profundidade.

O paleocanal encontrado na área foi mais evidente entre os perfis 6 e 13 (Anexo I). A profundidade de ocorrência do canal diminuiu gradativamente, passando de 26,4 para 21,5 m. De maneira inversa, a largura do canal gradativamente aumentou, apresentando valores mínimo e máximo de 561 e 2212 m, respectivamente. Quanto à profundidade, esta aumentou a partir do perfil 6 e atingiu o valor máximo de 9,3 m, no perfil 10, a partir do qual as profundidades diminuíram conforme as larguras aumentaram. Estas variações puderam ser visualizadas nas figuras 14, 15 e 16.

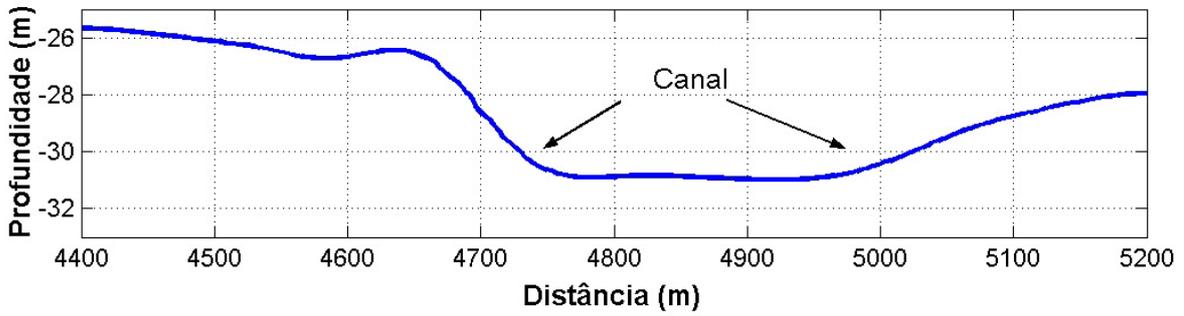


Figura 14: Detalhe do perfil batimétrico 6, mostrando o canal com 4,4 m de profundidade e 561 m de largura.

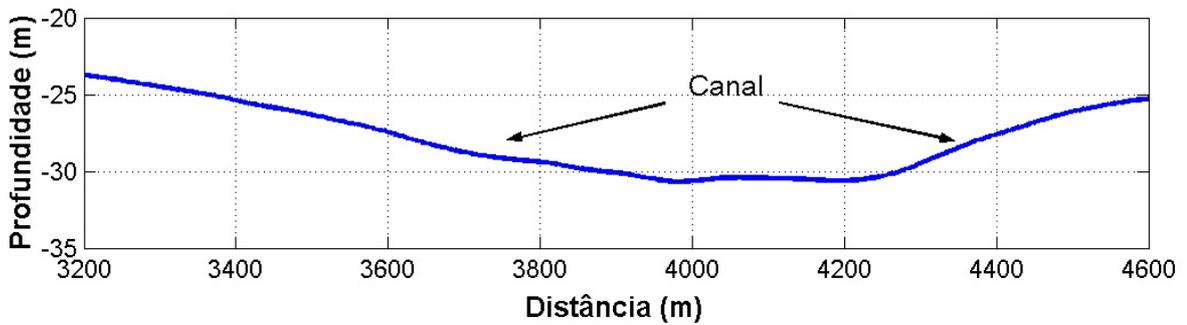


Figura 15: Detalhe do perfil batimétrico 10, mostrando o canal com 9,3 m de profundidade e largura de 9,3 e 1840 m, respectivamente.

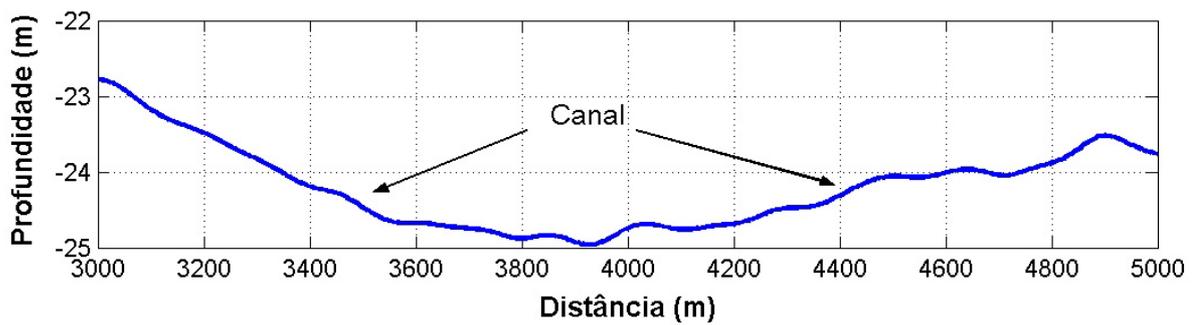


Figura 16: Detalhe do perfil batimétrico 13, no qual o canal passa a apresentar profundidade de 3,4 m e largura de 2212 m.

A interpolação dos perfis gerou um mapa batimétrico, no qual, o espaçamento entre as isóbatas indicou a distribuição espacial dos gradientes de profundidade na área (fig. 17). Declives mais acentuados foram comuns em profundidades inferiores a 18 m e ao longo das margens do paleocanal, que apresentou uma clara orientação norte-sul. O padrão das isóbatas também indicou a ocorrência de uma suave depressão no setor sul.

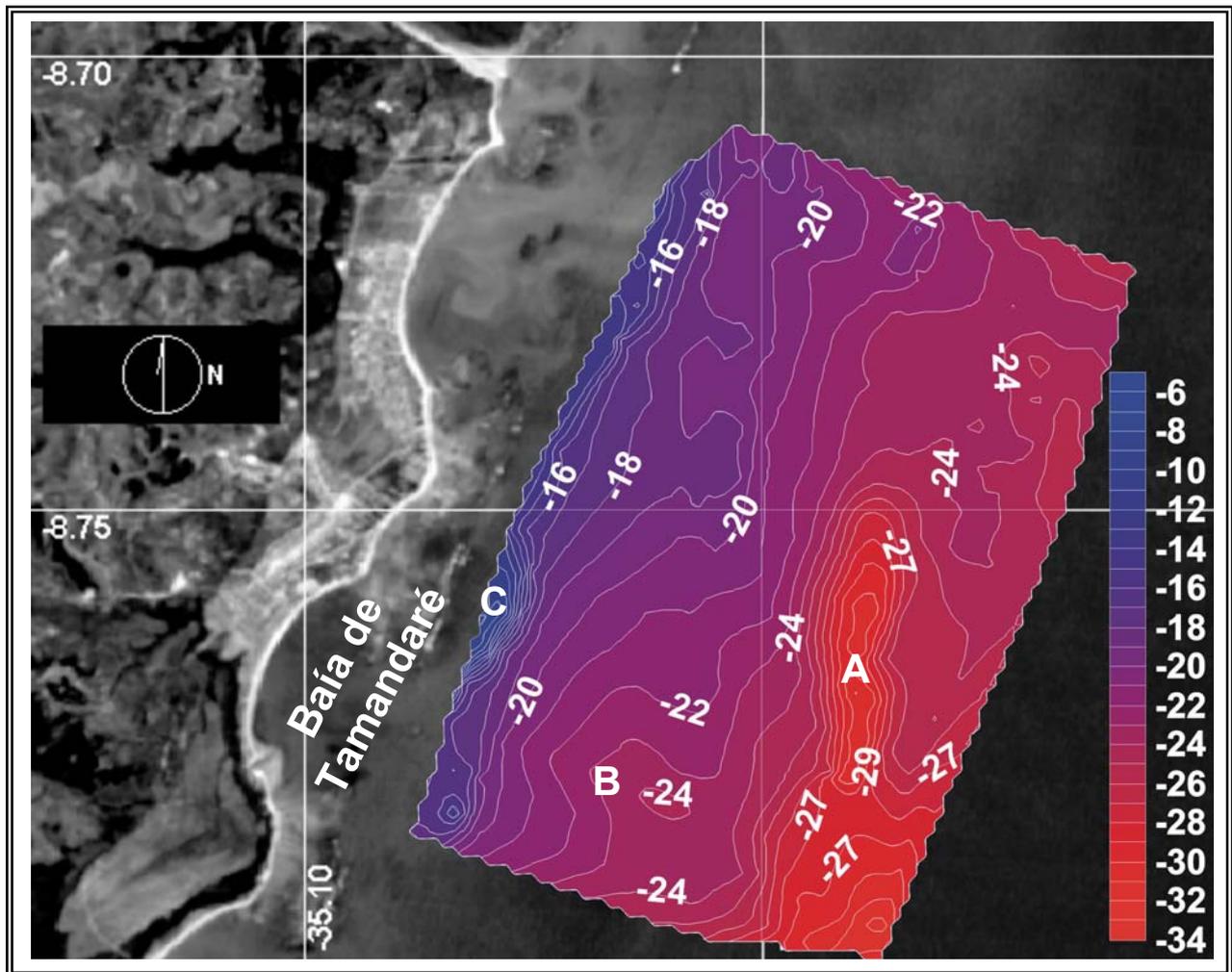


Figura 17: Mapa batimétrico da área de estudo, onde são evidenciadas a ocorrência do paleocanal (A), uma suave depressão (B) e áreas com acentuado declive (C), no setor sul.

A perspectiva oferecida por uma visualização tridimensional do terreno integrada com o padrão de isóbatas permitiu avaliar como, ao longo de uma

distância de aproximadamente 4 km, as profundidades variaram de 8 a 32 m (fig. 18). Nesta figura pôde-se visualizar a área muito rasa a oeste, a depressão ao largo da Baía de Tamandaré e as presenças dos recifes submersos ao longo das isóbatas de 20 e 23 m. Além disso, o paleocanal também se tornou ainda mais evidente, sendo possível observar que seu eixo central apresenta uma suave curvatura em forma de “s” e que sua margem oeste se aproxima do continente. A conexão deste paleocanal com o continente não é evidente, o que provavelmente está relacionado com os processos de sedimentação atuais, responsáveis por mascarar a ocorrência desta feição na porção mais próxima do continente.

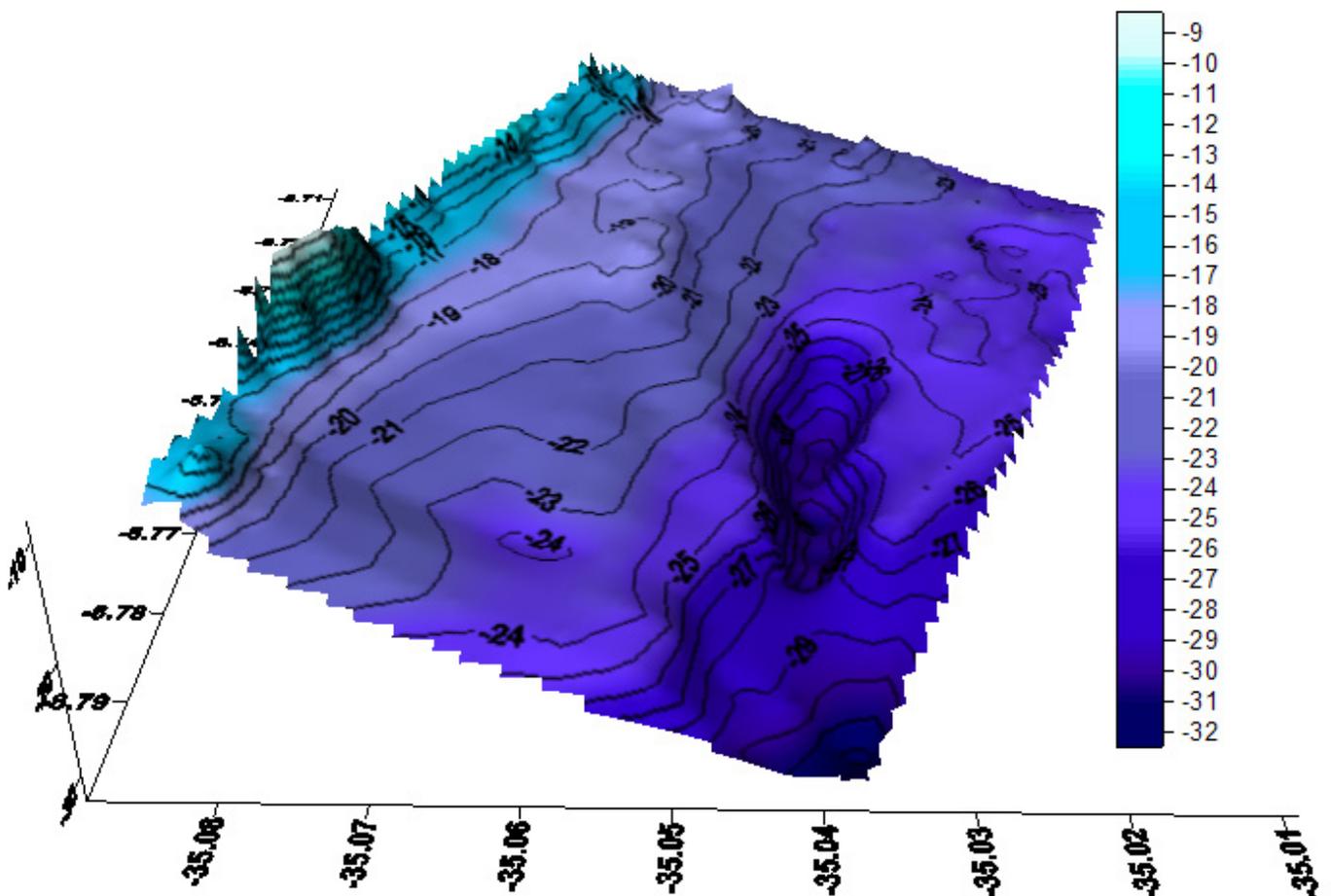


Figura 18: Visualização tridimensional do relevo submarino da plataforma continental estudada.

3.2 DISCUSSÃO

De forma geral, a plataforma continental estudada apresentou um gradual aumento de profundidade e superfícies relativamente planas que intercalaram superfícies com declives acentuados, freqüentemente relacionados com desníveis superiores a 5 m.

As profundidades apresentaram uma variação de 23 m, devido às presenças de recifes submersos e um paleocanal, que acarretaram relevos positivos de 2 a 10 m e relevos negativos de 3 a 9 m, respectivamente.

Os perfis batimétricos indicaram três pontos de ocorrência de substratos consolidados correlacionados aos relevos positivos em torno dos 16, 20 e 22 m de profundidade. Caso estes substratos forem identificados como arenitos de praia submersos, estas profundidades deverão ser consideradas pontos de estabilização do nível do mar, visto que os recifes de arenito de praia são amplamente conhecidos na literatura como indicadores de variação do nível do mar (Laborel, 1969; Santos, 1972; França, 1976; Dias *et al.*, 1984; Hopley, 1986; Araújo & Silva, 1996; Araújo & Freire, 1997; Michelli *et al.*, 2001; Caldas, 2002).

Estes três pontos de ocorrência apresentaram uma distância média de 2 km entre si, o que indica que os substratos consolidados, aqui considerados como prováveis recifes de arenito de praia, não constituem uma mesma unidade. Aqueles localizados junto à isóbata de 20 m corroboram o descrito por Michelli *et al.* (2001) para a área de estudo, bem como com o descrito por Araújo & Freire (1997) e Corrêa (1996), nas plataformas continentais do Estado do Ceará e Rio Grande do Sul, respectivamente. Contudo, foi registrada pela primeira vez na plataforma continental interna de Tamandaré a ocorrência de outras duas profundidades de provável estabilização do nível do mar: 16 e 22 m.

A localização destes substratos consolidados e sua identificação como arenitos de praia submersos são fundamentais para a elaboração de curvas de variação do nível do mar, numa escala regional. Através de métodos geocronológicos, por exemplo, a idade de formação dos arenitos de praia poderá ser determinada e, comparando-se as idades de linhas consecutivas e,

geralmente paralelas, destes substratos consolidados, se obterá um cenário das flutuações do nível do mar em termos espaço-temporais.

Quanto ao paleocanal mapeado, provavelmente, este é o mesmo descrito por Michelli *et al.* (2001) em um trecho situado em profundidades superiores a 35 m, ao largo do município de Tamandaré. O tamanho da malha amostral usada neste trabalho permitiu obter mais detalhes da porção do paleocanal localizada próximo ao continente, indicando sua semelhança com o leito de um rio.

A ocorrência desta feição geomorfológica está associada à drenagem continental em períodos de níveis do mar mais baixos que o atual. Esta relação vem sendo discutida e aceita, mesmo em casos em que o paleocanal não apresenta uma conexão evidente com o continente (Summerhayes *et al.*, 1976; França, 1979; Ramsay, 1994).

A preservação desta feição geomorfológica deve-se ao caráter faminto desta plataforma continental, decorrente de um pequeno aporte sedimentar e, portanto, reduzidas taxas de sedimentação. Além disso, é pouco provável que este paleocanal tenha sido escavado pela atuação de forçantes hidrodinâmicas, tais como ondas, correntes e vento. Desta forma, o presente trabalho reforça a idéia levantada por Michelli *et al.* (2001), de que, através deste canal, o Rio Formoso já cruzou a plataforma continental adjacente ao município de Tamandaré.

CAPITULO IV – LEVANTAMENTO SONOGRÁFICO

4.1 TRATAMENTO DAS IMAGENS ACÚSTICAS

Com uma resolução de 20 cm, cada imagem acústica digital foi formada por 1000 linhas e 1024 colunas, que continham informações sobre a intensidade dos ecos captados pelos transdutores do peixe, após a emissão dos sinais acústicos ao longo de uma faixa de 150 m de assoalho marinho. As intensidades destes ecos foram representadas numa escala de tons de cinza e os ecos menos intensos foram representados por tons muito escuros, enquanto que os mais intensos com tons muito claros.

Em algumas imagens obtidas, foram registrados sinais espúrios distribuídos como “chuviscos” e que indicavam ecos intensos. Esses ruídos foram eliminados através da aplicação de filtros digitais, como ilustram as figuras 19 e 20. A qualidade das imagens também foi influenciada pelas condições de mar, que envolveram a atuação de ondas e, portanto, instabilidades na embarcação que rebocava o peixe. Estas instabilidades durante a aquisição das imagens foram responsáveis por gerar feições lineares e perpendiculares ao rumo da embarcação e que não puderam ser eliminadas, mesmo após a aplicação dos filtros citados (fig. 21).

4.1 ANÁLISE DAS IMAGENS ACÚSTICAS

A textura e as variações na escala de tons de cinza são aspectos relevantes para o reconhecimento de feições durante a análise de imagens acústica digitais.

Nas imagens analisadas, as feições puderam ser diferenciadas em: substratos consolidados e inconsolidados. Os primeiros, como bons refletos, foram visualizados com tons claros, associados a um padrão de textura bem característico, enquanto que os substratos inconsolidados foram representados por extensas áreas, cujos tons de cinza variaram de escuro a claro.

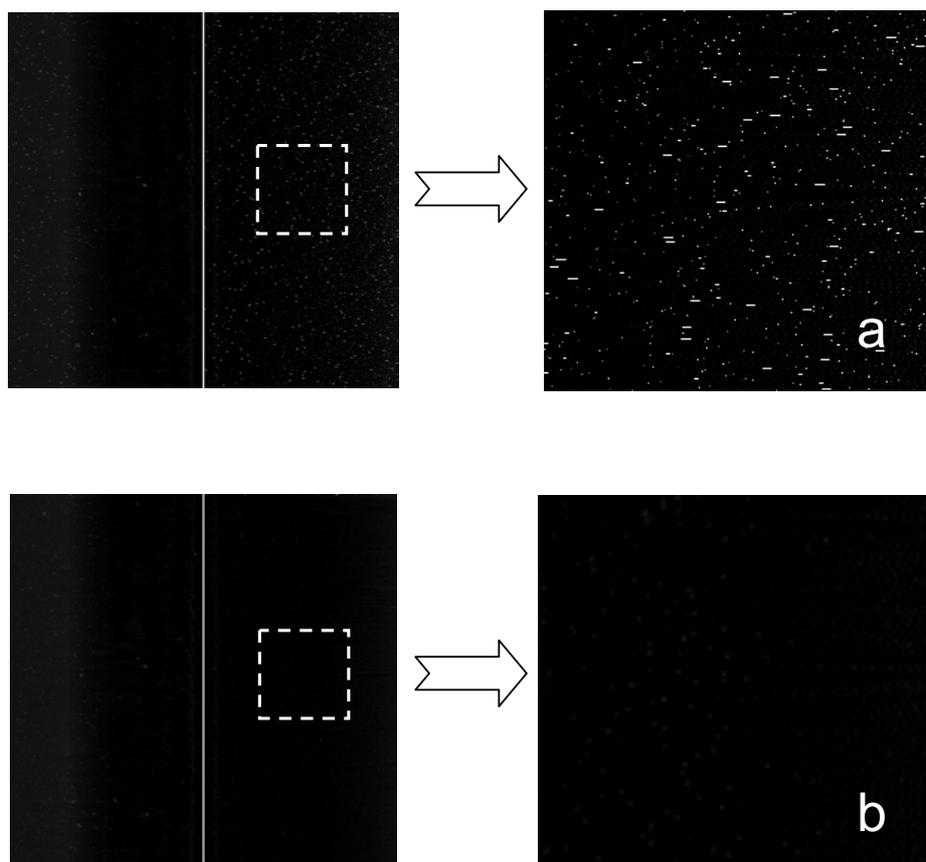


Figura 19: Detalhes de imagem acústica digital, sem (a) e com (b) a aplicação de filtros digitais.

4.1.1 SUBSTRATOS CONSOLIDADOS

Utilizando a classificação estabelecida por Frédou (2004), os substratos consolidados encontrados na área foram então diferenciados em:

1. Tacis: são plataformas irregulares que, geralmente, apresentam relevo vertical e complexidade estrutural consideráveis;
2. Cabeços: estruturas com 5 a 10 m de diâmetro, que se elevam até 10 m do assoalho marinho e que ocorrem em agrupamentos ou isoladamente, tipicamente rodeadas por fundos recobertos por sedimentos inconsolidados.

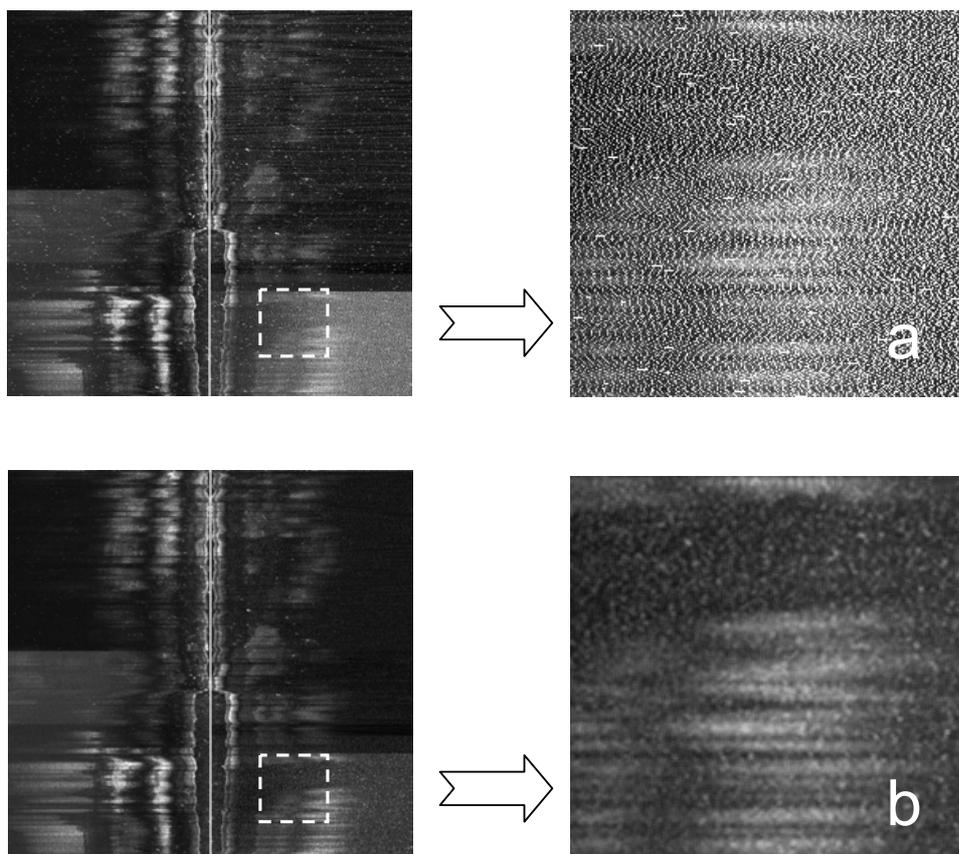


Figura 20: Detalhes de imagem acústica digital, sem (a) e com (b) a aplicação de filtros digitais.

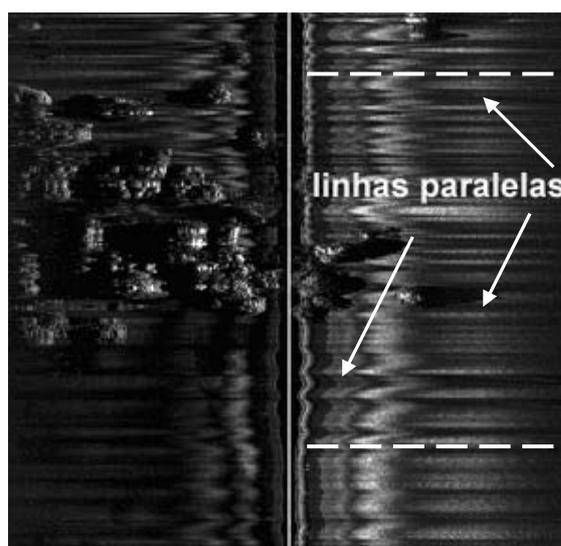


Figura 21: Efeito das instabilidades na posição do peixe, durante a aquisição das imagens.

Apesar das diferenças geomorfológicas, estas duas classes de substratos consolidados apresentaram uma estreita relação e de forma geral ocorreram nas profundidades em torno de 16, 20 e 22 m. Ao longo do perfil 15, também analisado no capítulo anterior, foram visualizados substratos consolidados nas três profundidades citadas.

Aqueles localizados em torno dos 16 m de profundidade, estão distribuídos em fragmentos com tamanhos variados (fig. 22). As dimensões das sombras na imagem indicaram que estas plataformas irregulares apresentam um relevo vertical considerável, e, portanto, foram classificadas como tacis.

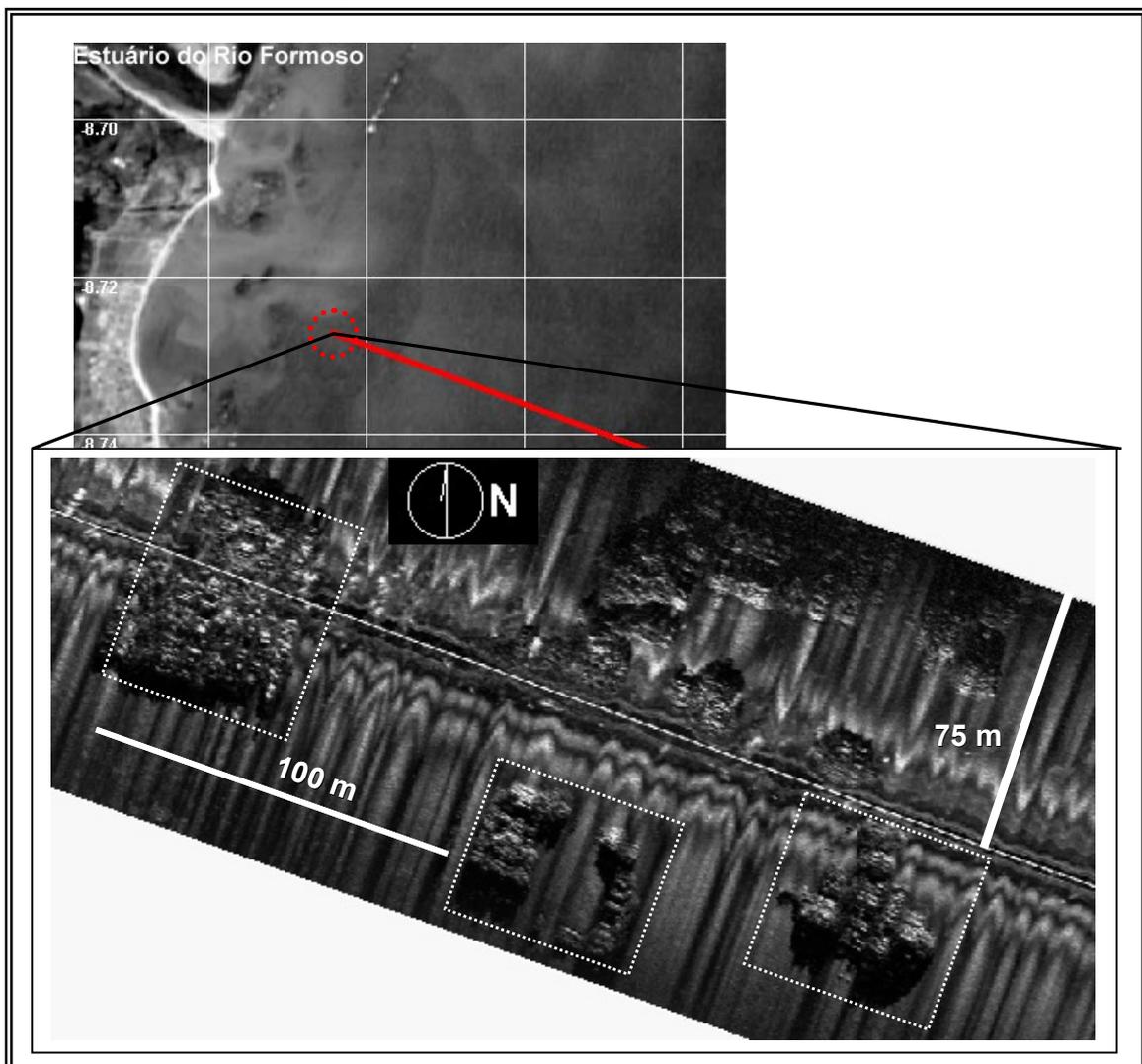


Figura 22: Detalhe do perfil 15, mostrando substratos consolidados a 16 m de profundidade.

O substrato consolidado localizado em torno dos 20 m não se distribui em fragmentos e apresenta um formato retangular com 84 m de largura. Apesar da ausência de sombras significativas foi observado um desnível de 2 m no registro batimétrico, logo, baseado na extensão e altura deste substrato, o mesmo foi classificado como tacis.

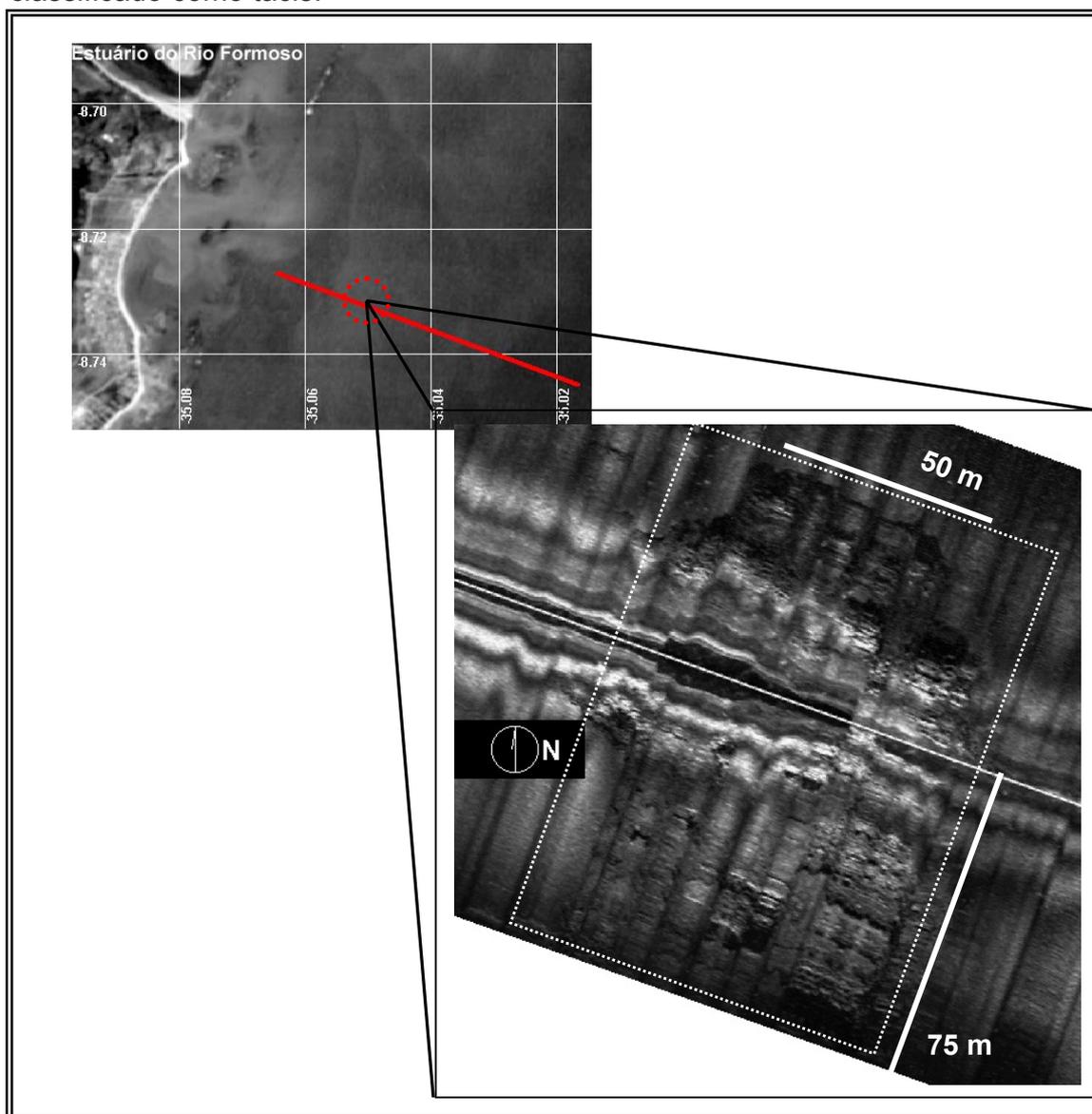


Figura 23: Detalhe do perfil 15, mostrando um tacis com 84 m de largura, situado a 20 m de profundidade.

No perfil 15, a 23 m de profundidade, o registro batimétrico indicou um desnível de 1,7 m (fig. 06), contudo na imagem acústica deste local a ocorrência

de substrato consolidado não é muito evidente. Apenas certas regiões, indicadas na figura 24, apresentaram uma textura superficial típica de substratos consolidados, o que leva a crer que, provavelmente este substrato encontra-se recoberto por sedimentos.

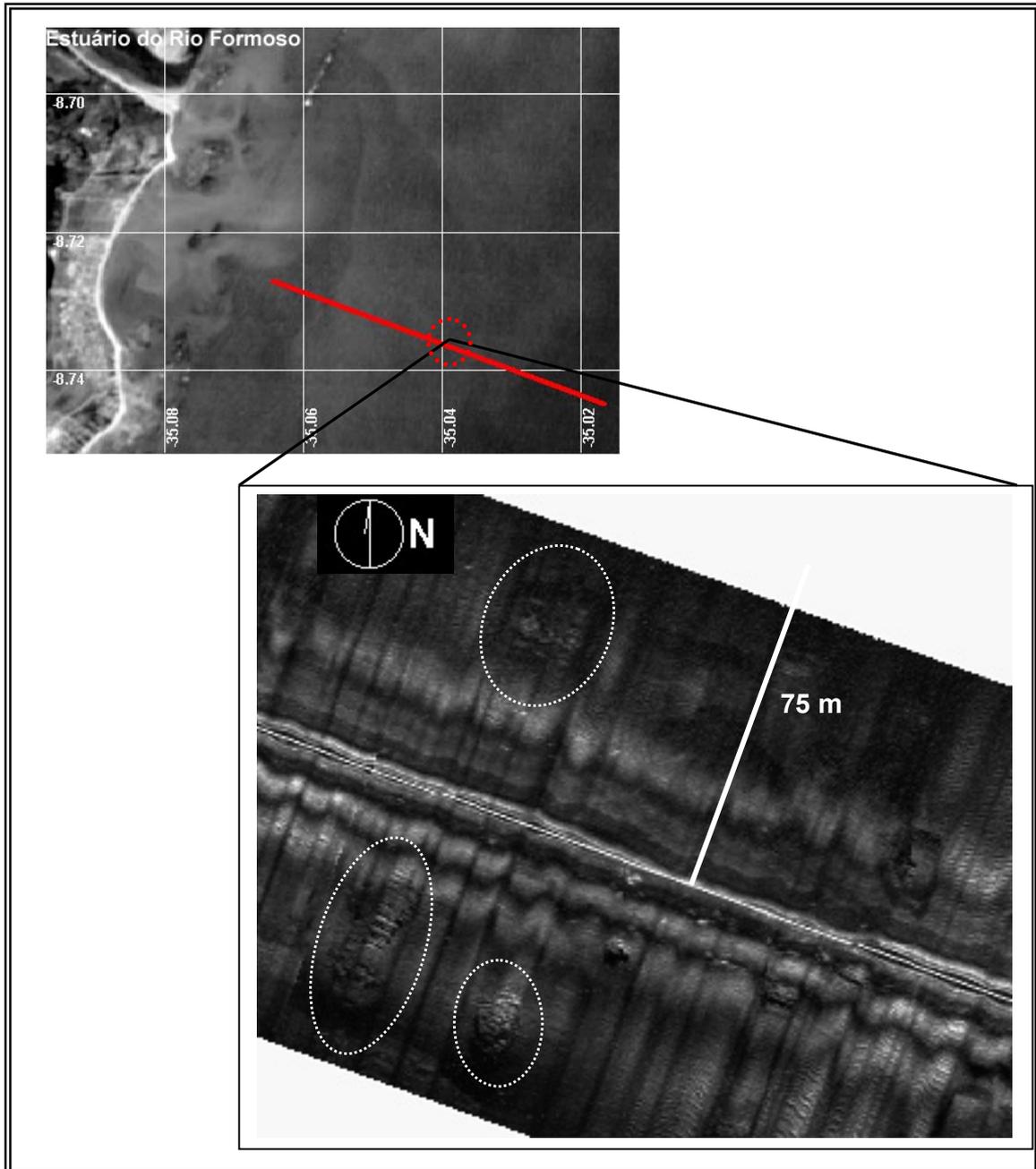


Figura 24: Detalhe do perfil 15, mostrando substrato consolidado aparentemente soterrado a 23 m de profundidade.

Um substrato consolidado situado em torno dos 16 m de profundidade, está ilustrado na figura 25. Esta feição foi classificada como um tacis, devido ao seu grande porte e relevo vertical significativo, com um desnível em torno de 9 m. Nesta figura é visualizado apenas o trecho deste tacis, no qual a segurança da operação do sonar de varredura lateral e da própria navegação não foram comprometidas.

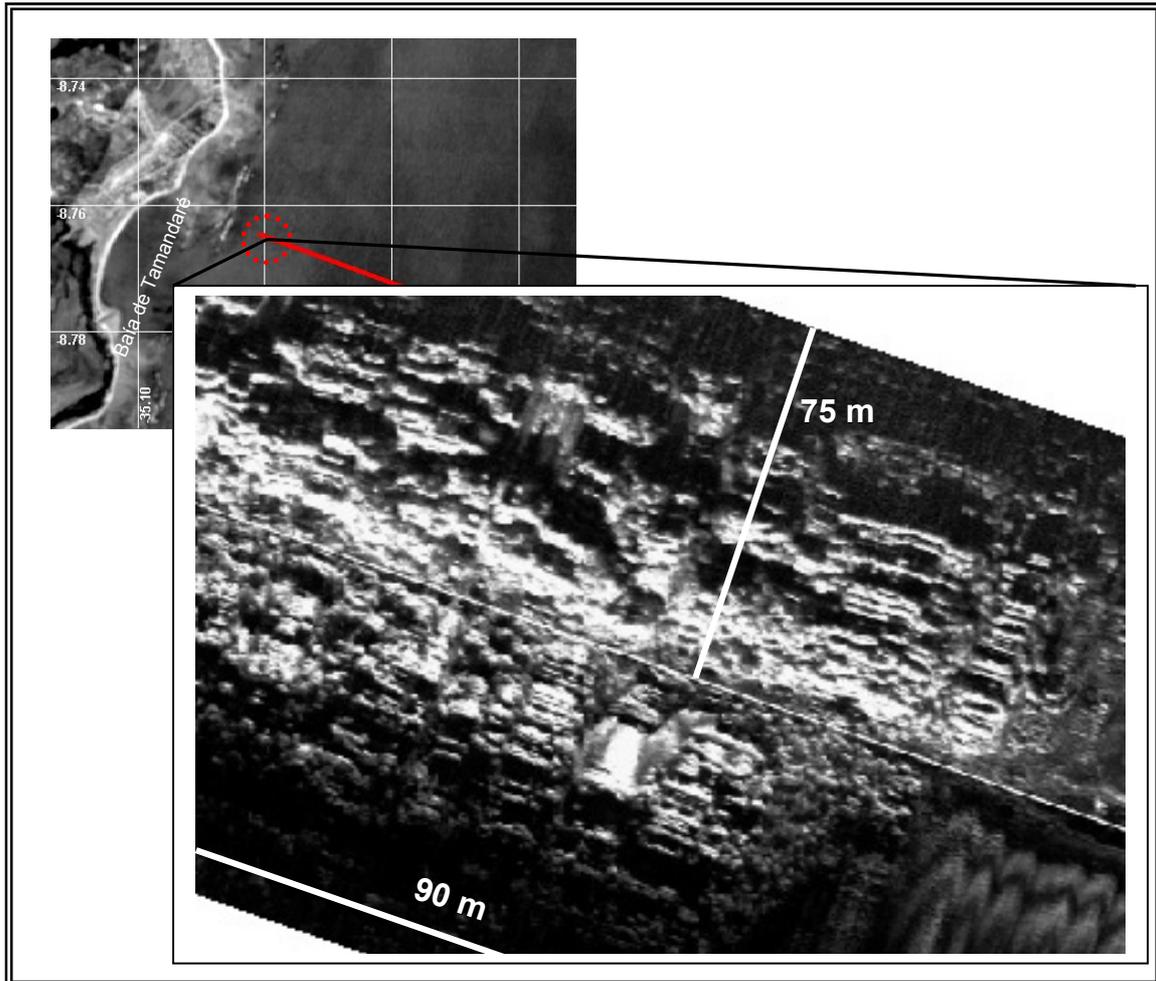


Figura 25: Detalhe do perfil 6, mostrando tacis em torno dos 16 m de profundidade.

Os substratos consolidados que ocorreram em torno dos 20 e 22 m foram representados integralmente nas imagens acústicas, visto que a profundidade não ameaçou a segurança durante a operação do equipamento. Alguns exemplos destas feições podem ser visualizados nas figuras 26, 27 e 28.

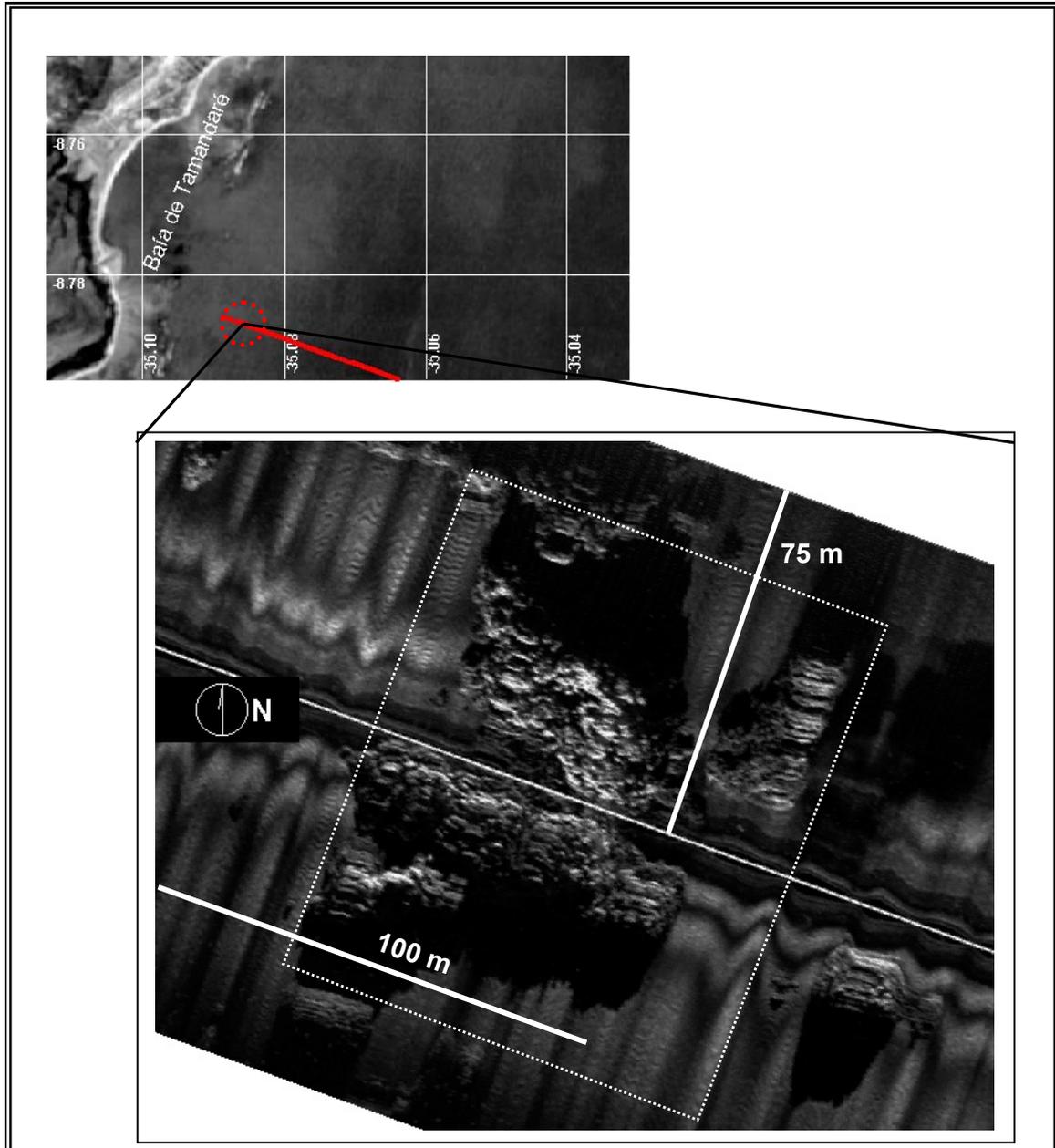


Figura 26: Detalhe do perfil 1, mostrando taxis em torno da profundidade de 20 m.

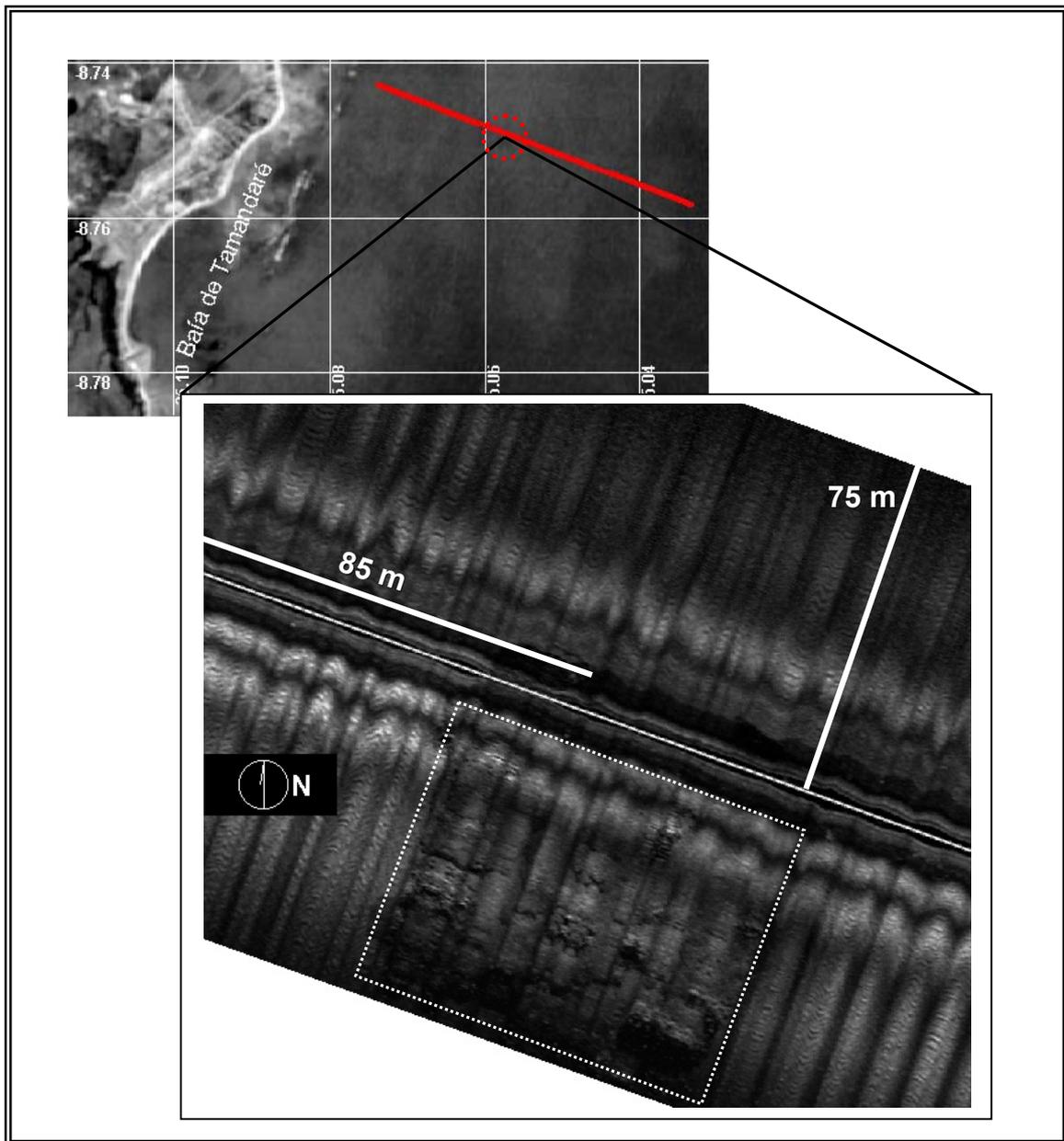


Figura 27: Tapis encontrado em torno da profundidade de 20 m, registrado no perfil 11.

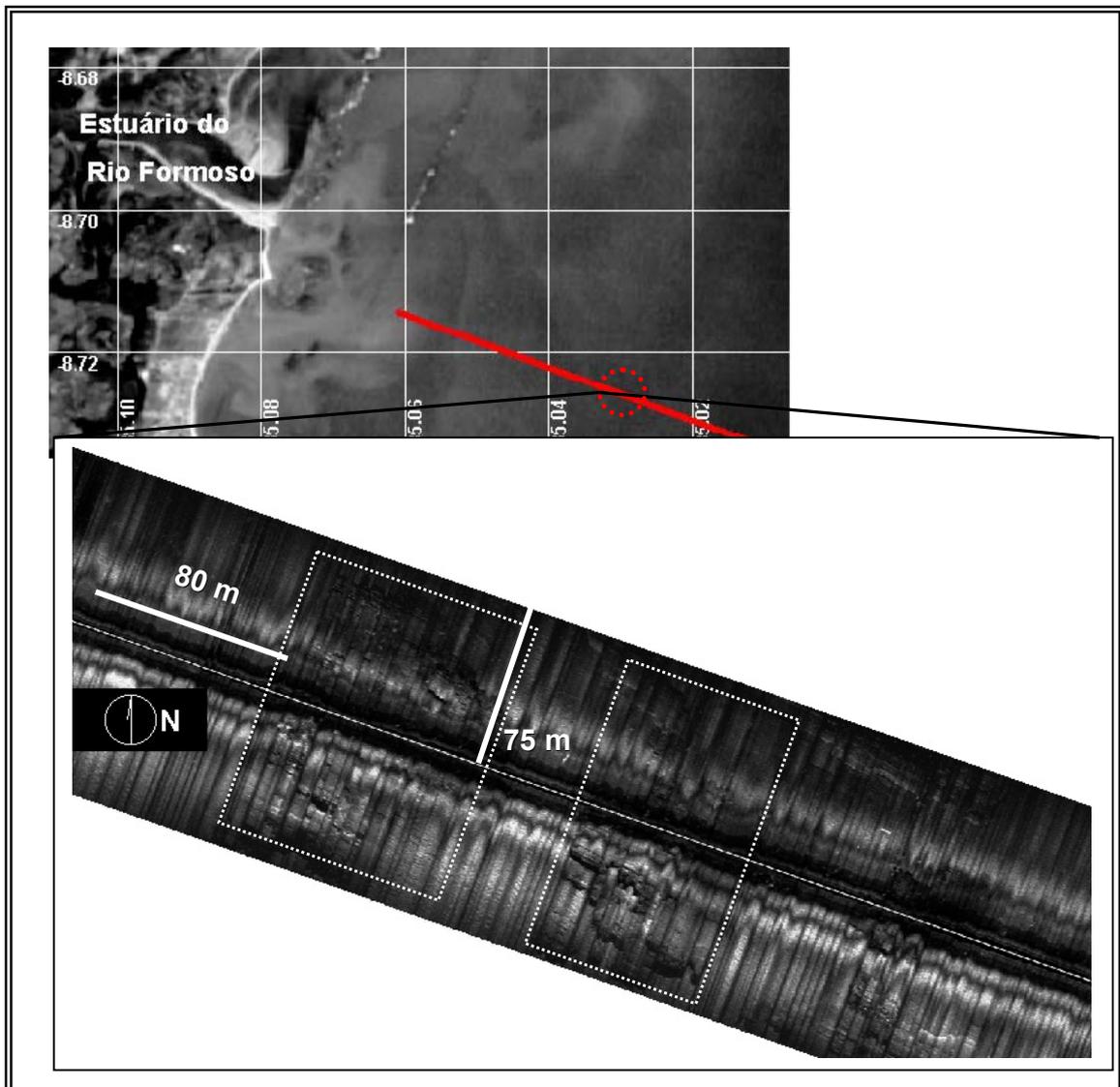


Figura 28: Detalhe do perfil 18, mostrando tacos encontrado em torno da profundidade de 22 m.

Aqueles substratos consolidados classificados como cabeços apresentaram áreas menores e foram menos frequentes, todavia, sua distribuição, em termos de profundidade, aparentemente está correlacionada com a dos tacos, como ilustram as figuras 29 e 30. As condições de mar durante a aquisição das imagens provocaram deformações nos cabeços, conferindo-lhes um formato mais quadrangular do que circular ou oval.

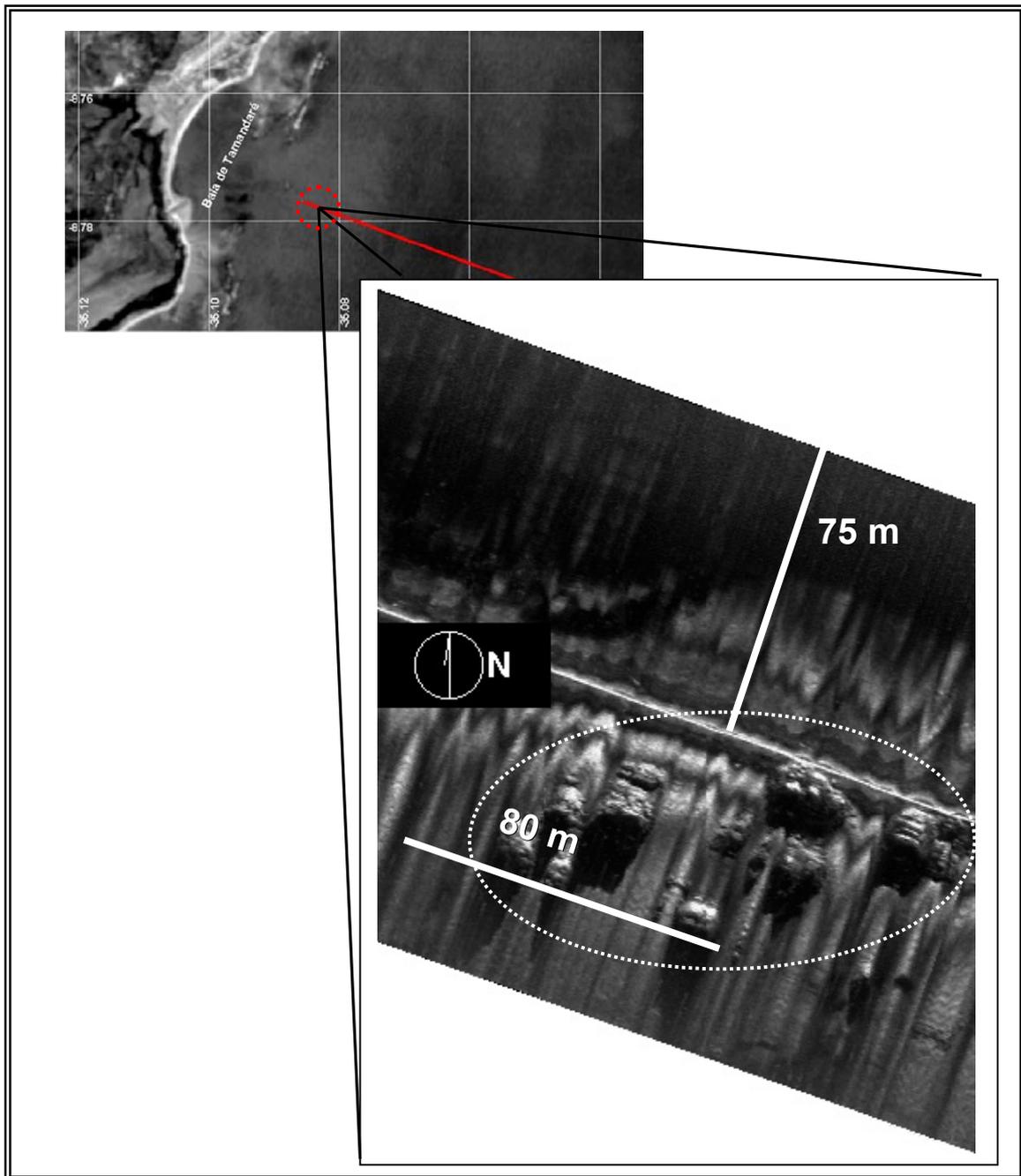


Figura 29: Agrupamento de substratos consolidados classificados como cabeços, encontrados no perfil 3.

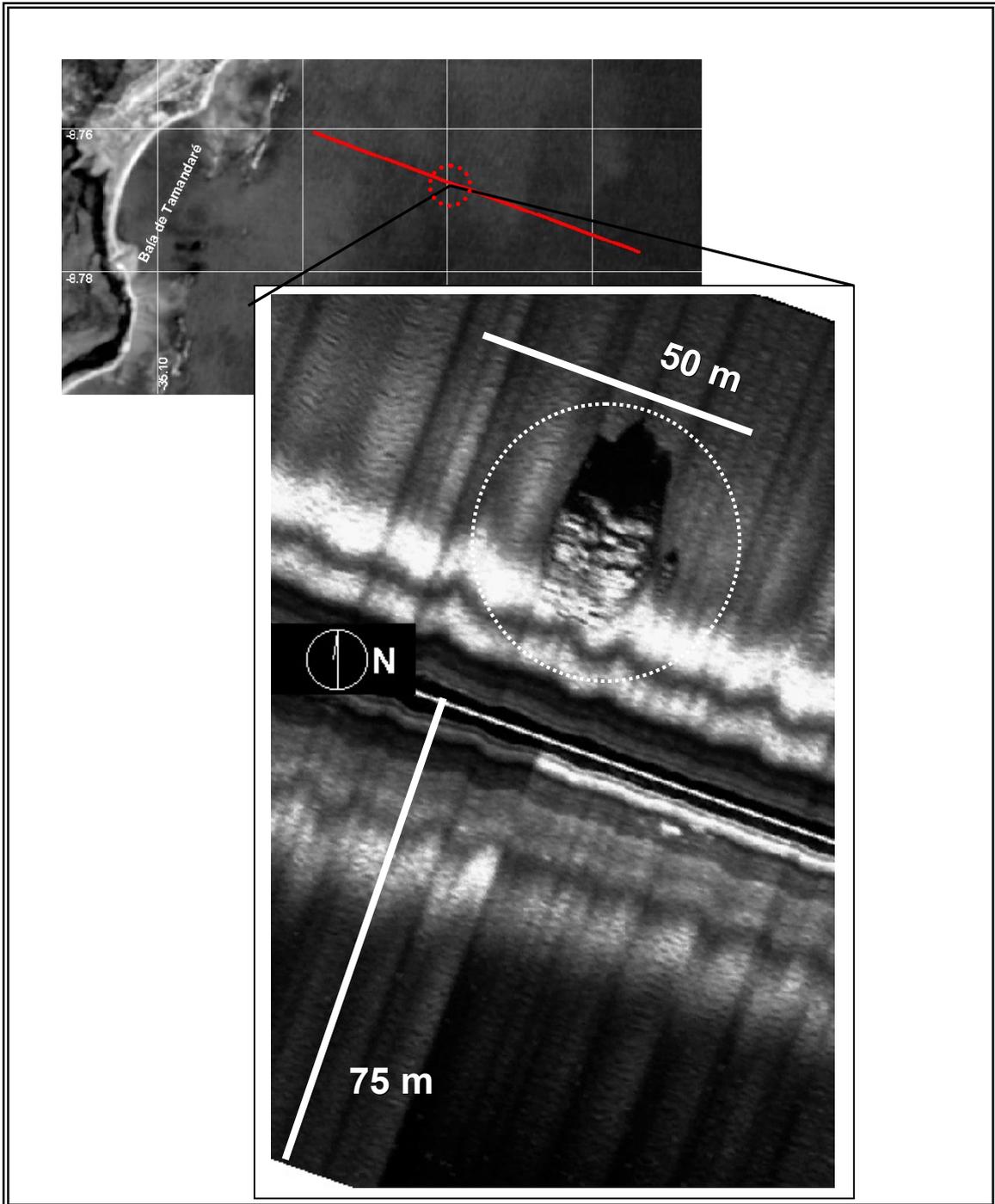


Figura 30: Cabeço isolado, encontrado no perfil 7.

Um substrato consolidado, localizado no perfil 10 e a 21 m de profundidade, foi identificado como uma provável feição antropogênica. Com um formato semelhante ao casco de uma embarcação, esta feição situa-se adjacente a um tatis, como mostra a figura 31. O formato atípico da feição foi considerado um indício de sua natureza antropogênica, entretanto, torna-se necessário a sua observação direta para se validar esta interpretação.

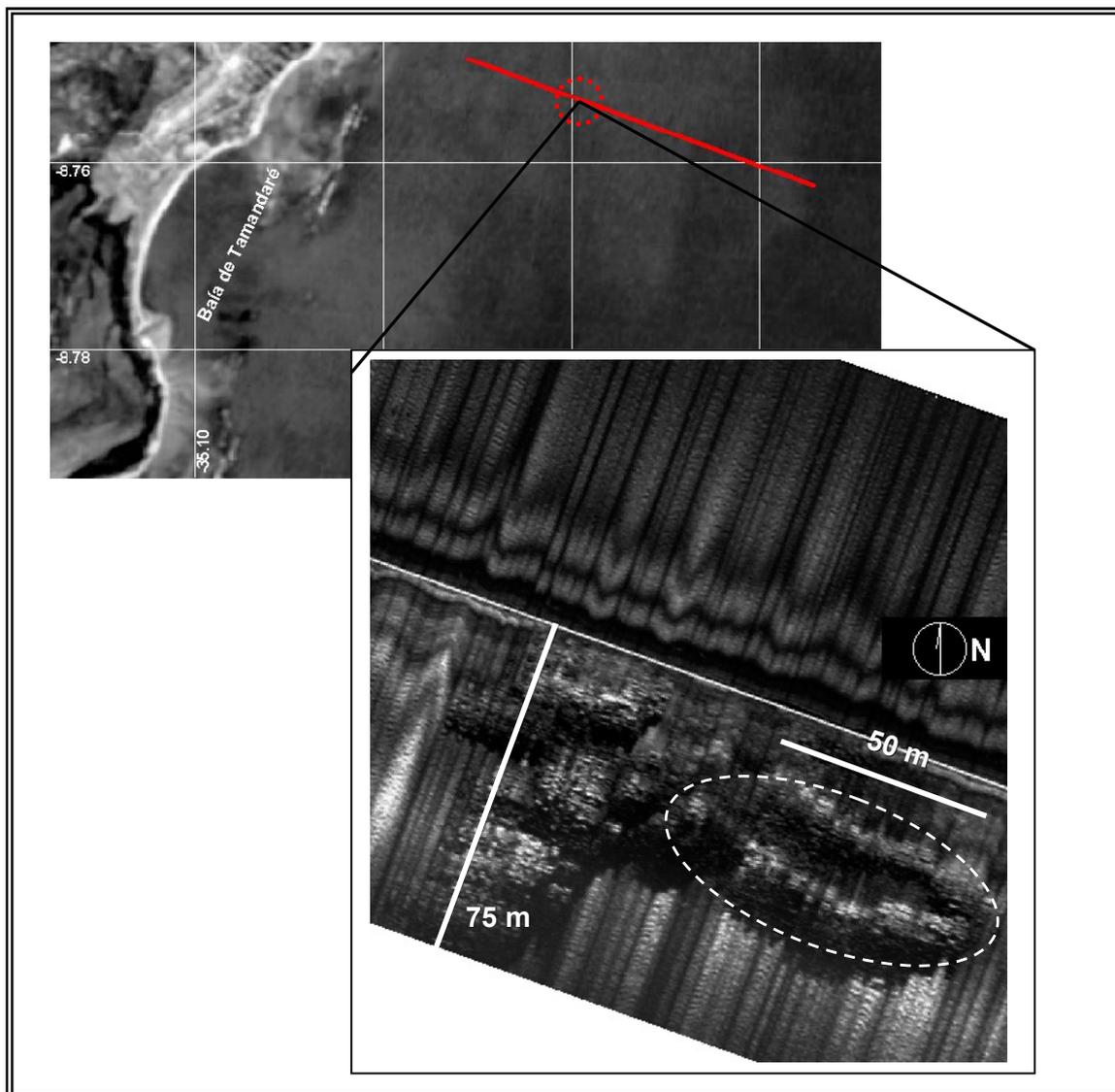


Figura 31: Provável naufrágio situado no canto inferior direito da imagem acústica, à esquerda de um tatis, registrado no perfil 10.

4.1.2 SUBSTRATOS INCONSOLIDADOS

Como já mencionado, os substratos inconsolidados foram representados por extensas áreas com variados tons de cinza (intensidades de eco). Em algumas destas imagens, pôde-se observar a ocorrência de formas de fundo classificadas como dunas pequenas (Ashley, 1990). Diante de suas dimensões, a configuração do sonar de varredura lateral limitou a análise geomorfológica dessas dunas subaquáticas, conforme ilustram as figuras 32 e 33.

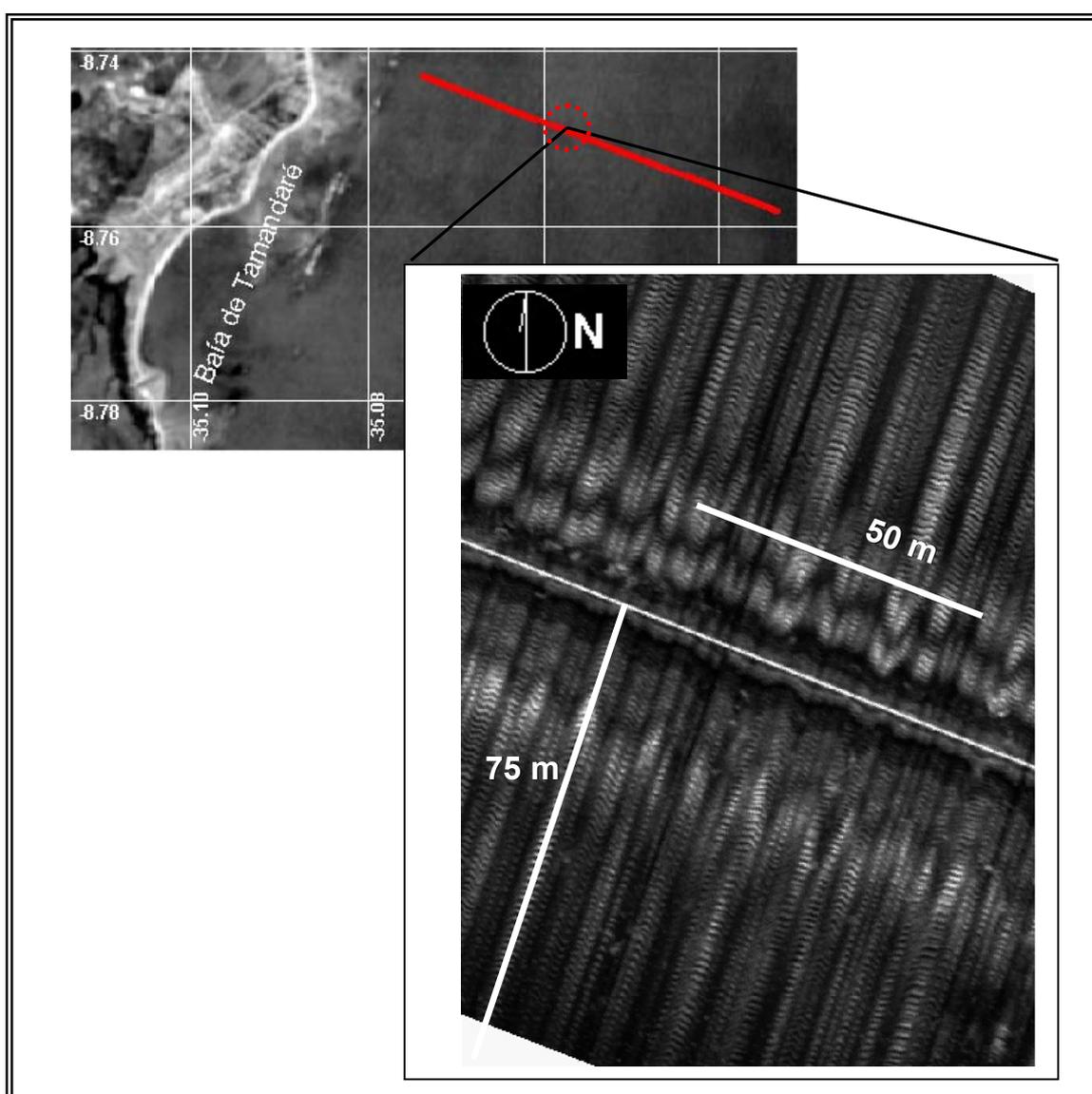


Figura 32: Detalhe do perfil 11, mostrando dunas subaquáticas pequenas.

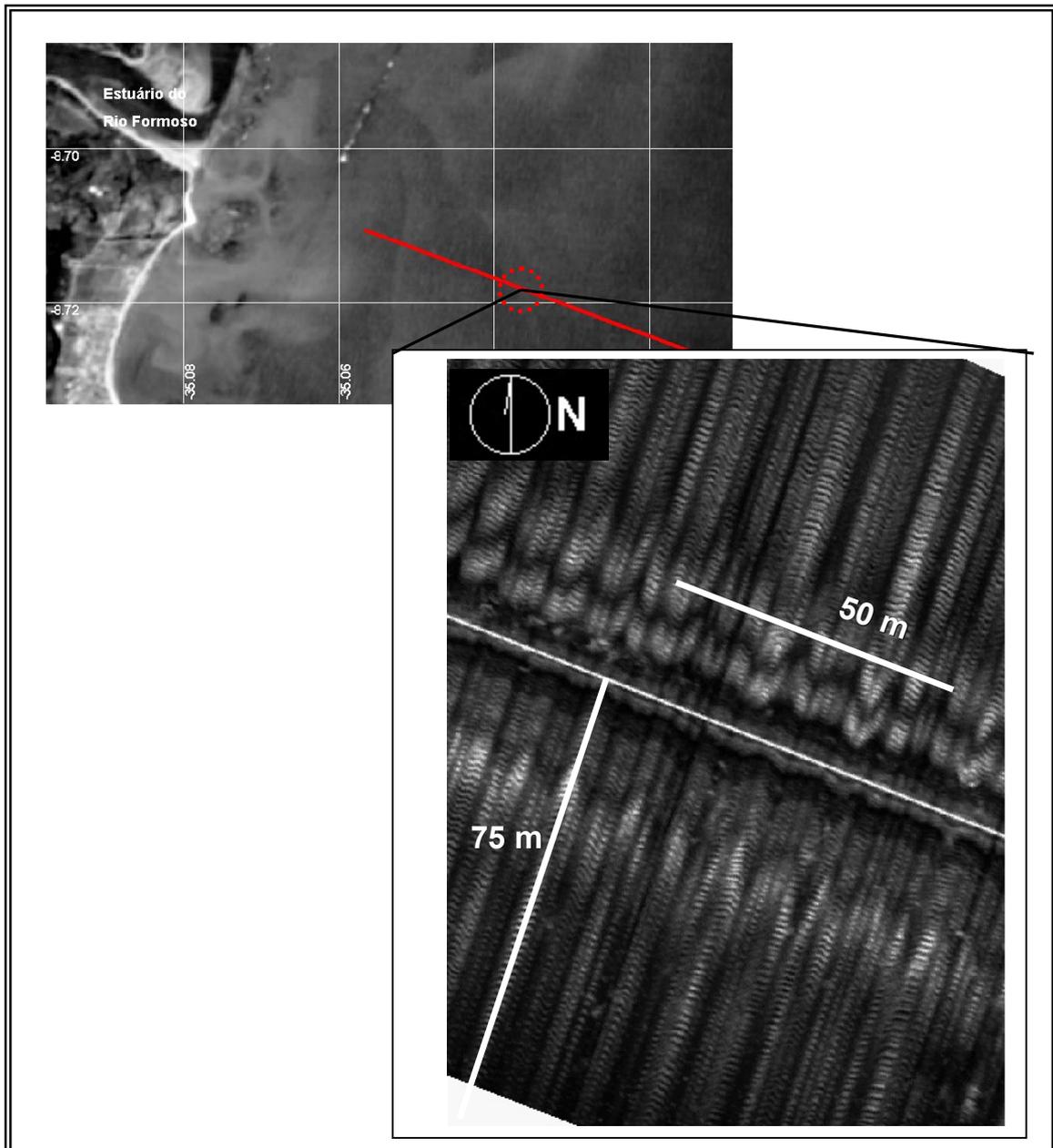


Figura 33: Detalhe do perfil 19, mostrando dunas subaquáticas pequenas.

Os padrões de eco mais contrastantes foram observados ao longo dos fundos compostos por substratos inconsolidados. Desta forma, nos citados substratos, amostras de sedimentos superficiais foram coletadas em regiões que apresentaram intensidades de eco distintas, representadas por tons de cinza escuro, intermediário e claro (fig. 34).

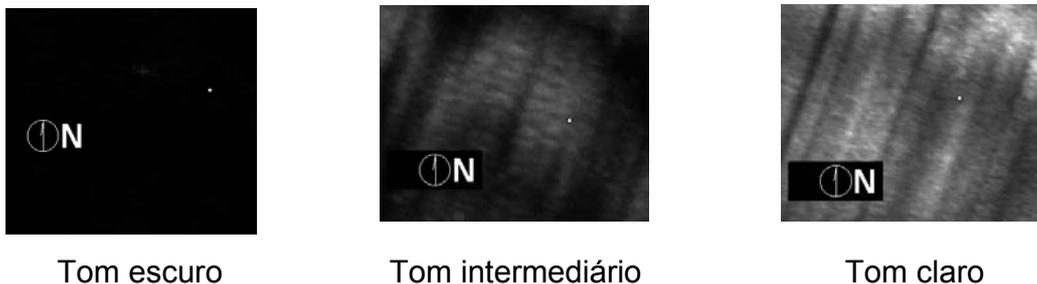


Figura 34: Tons distintos de cinza observados nas imagens acústicas, que influenciaram a escolha dos pontos de coleta de sedimentos superficiais.

a) Cinza escuro

Um número de 10 amostras de sedimentos foi coletado em locais que apresentaram uma tonalidade escura, ou seja, ecos fracos (fig. 36). Os resultados das análises granulométricas (Tabela 1) indicaram que 2 amostras se tratavam de silte grosso, 3 de lamas, 4 de areias muito finas e 1 de areia fina. Quanto aos seus teores de carbonato de cálcio, estas amostras apresentaram valores entre 51,8 e 82,4% .

Tabela 1: Tamanho médio das partículas, classificações quanto à granulometria e teores de carbonato de cálcio, para amostras coletadas em eco com tom escuro.

Amostra	Φ (phi) médio	Classe granulométrica	Teor de carbonato de cálcio (%)
1	4,217	Lama	67,6
6	3,653	Areia muito fina	64
9	4,219	Lama	68,2
11	3,461	Areia muito fina	73,2
12	4,23	Lama	71,4
13	2,659	Areia fina	82,4
15	3,689	Areia muito fina	81
22	3,033	Areia muito fina	70,4
23	4,219	Lama	56,4
24	4,213	Lama	51,8

b) Cinza intermediário

Superfícies representadas por tons intermediários de cinza, ou seja, por

ecos moderados determinaram a coleta de 8 amostras de sedimentos. A análise granulométrica possibilitou classificar 2 destas amostras como areias finas, 1 como areia média e 5 como areias grossas (Tabela 2). Quanto aos teores de carbonato, estes variaram de 32,4% a 89,6%.

Tabela 2: Tamanho médio das partículas, classificações quanto à granulometria e teores de carbonato de cálcio, para amostras coletadas em eco com tom intermediário.

Amostra	Φ (phi) médio	Classe granulométrica	Teor de carbonato de cálcio (%)
2	0,211	Areia grossa	36,4
3	2,614	Areia fina	52
5	1,632	Areia média	47,8
10	0,783	Areia grossa	62,4
14	2,574	Areia fina	61,6
17	0,924	Areia grossa	92,6
21	0,369	Areia grossa	88,8
26	0,127	Areia grossa	89,6

c) Cinza claro

Com este tom de cinza, 8 amostras de sedimentos foram coletadas. Segundo os resultados da análise granulométrica e dos teores de carbonato, tratava-se de areias grossas e muito grossas com teores entre 59 e 89,4% (Tabela 3).

Tabela 3: Tamanho médio das partículas, classificações quanto à granulometria e teores de carbonato de cálcio, para amostras coletadas em eco com tom claro.

Amostra	Φ (phi) médio	Classe granulométrica	Teor de carbonato de cálcio (%)
4	0,736	Areia grossa	59
7	0,666	Areia grossa	80,8
8	0,064	Areia grossa	79,4
16	0,097	Areia grossa	89,2
18	0,372	Areia grossa	68,4
19	0,210	Areia grossa	83
20	-0,171	Areia muito grossa	69
25	-0,124	Areia muito grossa	72

4.2 MAPEAMENTO DE HABITATS

A análise espacial dos padrões de ecos possibilitou o reconhecimento de três tipos de substratos: consolidados, inconsolidados compostos por sedimentos mais finos e inconsolidados compostos por sedimentos mais grossos.

Portanto, seguindo o método proposto por Barnhardt *et al.* (1998), o reconhecimento destes substratos precedeu a identificação de três *habitats* bentônicos distintos:

- fundos compostos por areia (A);
- fundos compostos por lama (L);
- fundos compostos por rochas (R).

Entre os *habitats* compostos por areias (tons intermediários a muito claros) e por lamas (tons escuros), eventualmente foram registrados limites bem definidos, como mostra a figura 35. Apesar de que, nos limites entre estes *habitats*, pode ocorrer uma zona de transição, foi ao longo destes limites que polígonos foram gerados, como delimitadores destes *habitats*. A figura 36 ilustra este processo de vetorização realizado ao longo dos perfis sonográficos.

Baseado nesta identificação obteve-se um cenário da distribuição espacial de cada *habitat* bentônico, representado na figura 37. A análise desta figura permite destaca: a predominância de fundos compostos preferencialmente por areias grossas a muito grossas; a ocorrência de uma área bem definida composta preferencialmente por lama, ao largo da Baía de Tamandaré; e a distribuição dos substratos consolidados em faixas específicas de profundidade.

Na figura 38, destaca-se a ocorrência do assoalho composto por lama, a leste da Baía de Tamandaré. Entre os perfis sonográficos 1 e 8, esta foi uma área que apresentou tons de cinza muito escuros e que, segundo os resultados das análises granulométricas, é composta por sedimentos finos (lama, areia muito fina e areia fina). Mais a norte, os bolsões de lama são menos extensos e estão localizados entre os substratos consolidados a 16 e 20 m de profundidade (fig. 39).



Figura 35: Trecho do perfil sonográfico 5, mostrando o limite bem definido entre fundos com tonalidades escuras e claras.

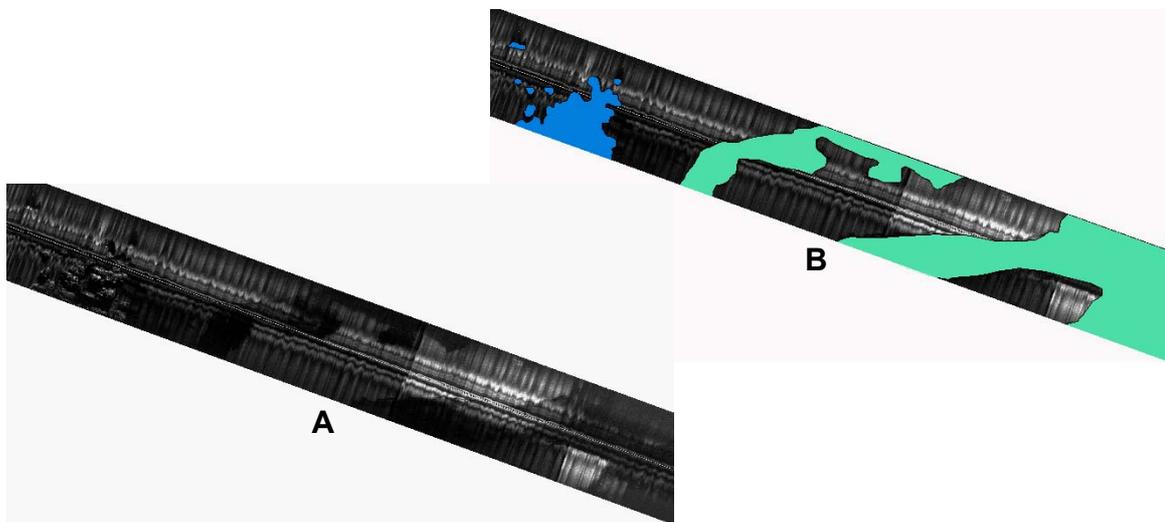


Figura 36: Trechos do perfil sonográfico 3 (A), mostrando o processo de vetorização (B).

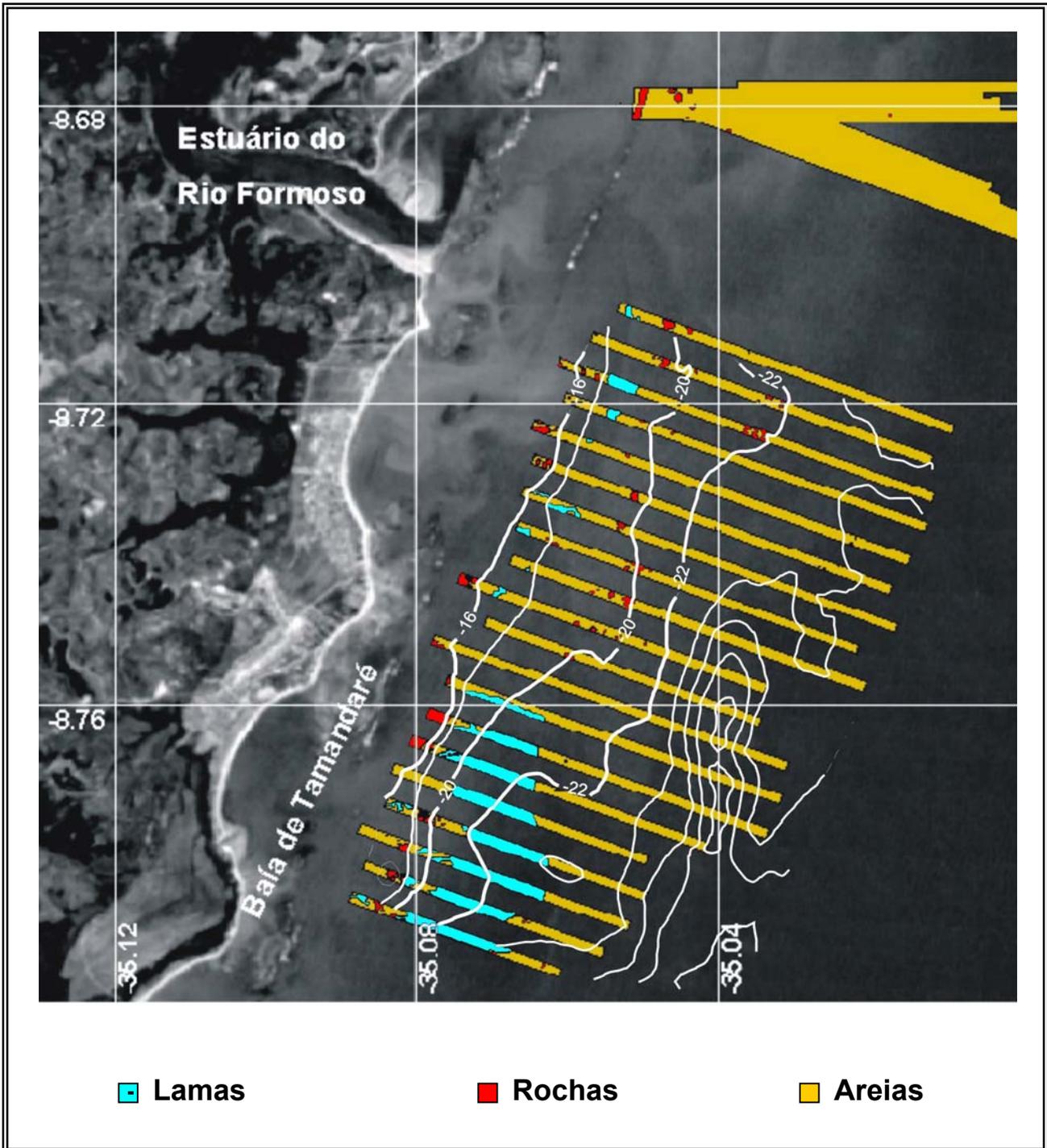


Figura 37: Distribuição espacial dos *habitats* bentônicos (Escala 1:89297). Note que também foram representados os resultados da coleta piloto.

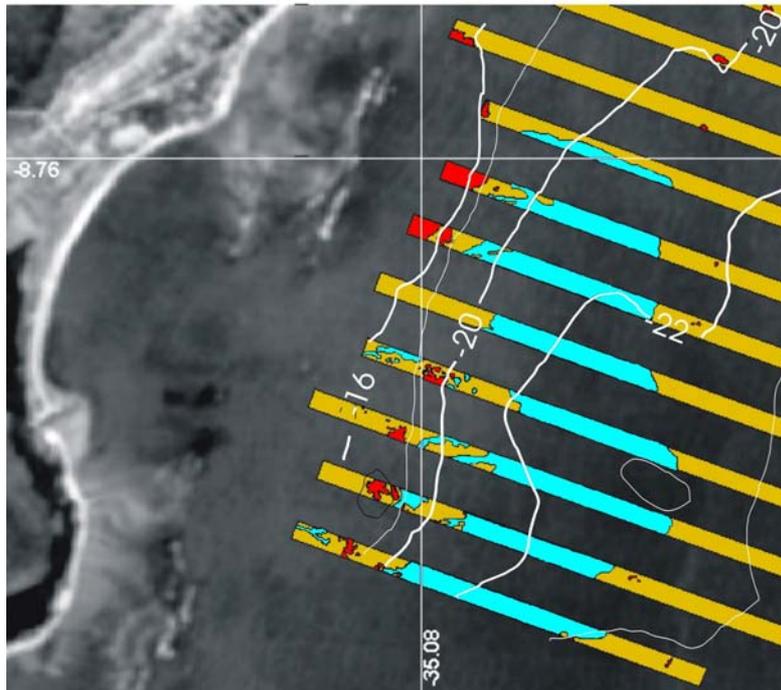


Figura 38: Detalhe da distribuição espacial dos *habitats* bentônicos, mostrando a área de lama situada à leste da Baía de Tamandaré.

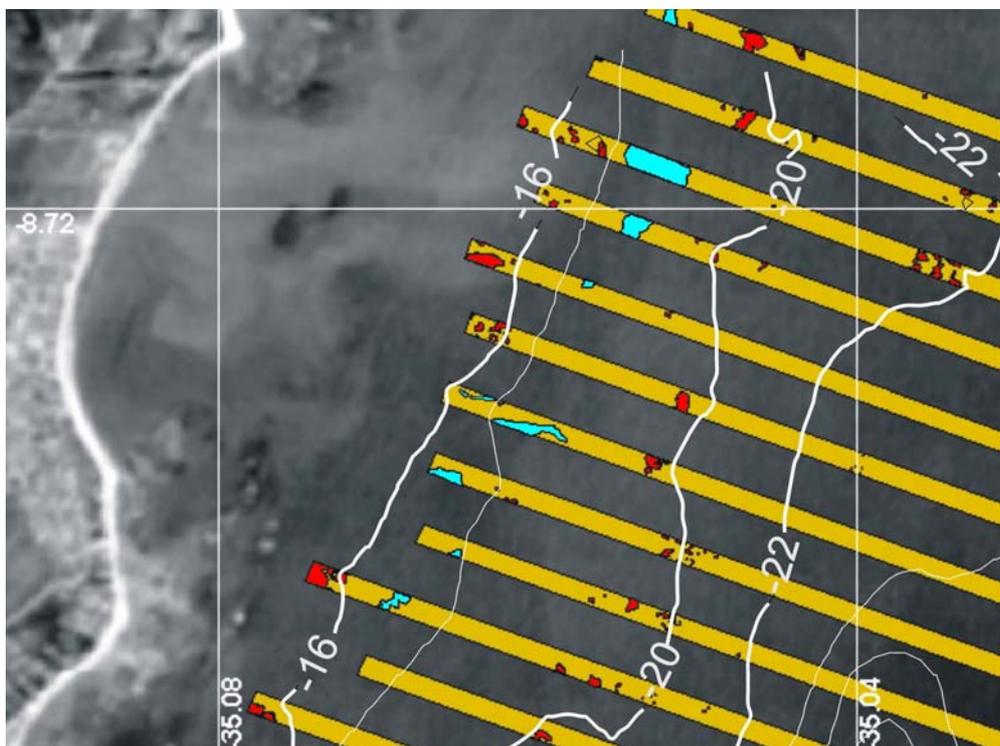


Figura 39: Detalhe da distribuição espacial dos *habitats* bentônicos, mostrando bolsões de lama localizados entre substratos consolidados.

4.3 DISCUSSÃO

A qualidade das imagens acústicas utilizadas neste trabalho demonstra a importância da estabilidade do peixe durante a operação do sonar de varredura lateral. Apesar destas condições de aquisição, as imagens claramente indicaram a presença de substratos consolidados e inconsolidados.

Na área de estudo, os substratos consolidados são feições bastante comuns e que podem ser identificados como tacs, cabeços e recifes artificiais. A natureza consolidada destes substratos favorece sua colonização por organismos bentônicos e, portanto, possibilita o desenvolvimento de ecossistemas recifais, que sustentam muitos peixes, moluscos e crustáceos comercialmente importantes.

A observação dos substratos consolidados nas imagens acústicas reforçou a hipótese de que em torno das isóbatas de 16, 20 e 22 m ocorrem prováveis pontos de estabilização do nível do mar, representados por arenitos de praia cimentados em períodos de nível do mar mais baixo que o atual. A amostragem geológica destes substratos confirmará se os mesmos são arenitos de praia submersos.

Quanto aos substratos inconsolidados, a ocorrência das dunas pequenas (Ashley, 1990) indica a atuação um estresse cisalhante sob a superfície sedimentar, que geralmente é causado por ondas, ventos e/ou correntes (Camargo *et al.*, 2004).

A disposição ortogonal das cristas das dunas em relação à costa e as profundidades locais, superiores a 15 m, podem ser considerados indícios de que a origem destas formas de fundo transversais muito provavelmente não está associada à atuação de ondas e ventos e sim à de correntes longitudinais à costa.

Não foram inferidas as magnitudes nem a direção preferencial destas correntes longitudinais, visto que para tal torna-se necessário operar o sonar de varredura lateral com um menor alcance, capaz de fornecer mais detalhes sobre a morfologia destas formas de fundo; ou ainda realizar fundeios de instrumentos específicos, tais como correntômetros.

As imagens acústicas obtidas pelo equipamento são formadas pelos ecos

dos sinais acústicos, captados pelos transdutores. Estes ecos apresentaram intensidades distintas, e estas variações podem ser atribuídas a diversos fatores, como: o tipo de fundo, o ângulo de incidência dos sinais acústicos, a micromorfologia do fundo marinho e a atenuação das ondas acústicas (Blondel & Murton, 1997).

A atenuação das ondas acústicas, inerente à sua propagação, pode afetar a representatividade das imagens geradas, caso o sinal retorne muito fraco. Este problema pode ser equacionado através de ajustes no ganho, ou seja, ajustes na razão pela qual os ecos são amplificados ao retornarem aos transdutores. O sistema do sonar de varredura lateral utilizado permitiu ajustes manuais e automáticos no ganho. Portanto as curvas de ganho também foram consideradas na análise das variações na intensidade dos ecos registrados.

A tendência de tons escuros representarem fundos compostos por sedimentos mais finos, e tons claros representarem fundos compostos por sedimentos muito grossos foi também observada em outros trabalhos (Vora & Almeida, 1990; McRea Jr. *et al.*, 1999). Portanto, no caso dos ecos com tonalidades cinza escuro e cinza claro (fig. 36), os ajustes manuais e automáticos realizados durante o levantamento não causaram possíveis distorções e/ou erros na interpretação do tipo de fundo, indicando lamas a areias finas e areias grossas a muito grossas, respectivamente.

Contudo, no caso de fundos com tons intermediários de cinza, ajustes no ganho ocasionaram situações anômalas, identificadas em uma análise mais detalhada das Tabelas 2 e 3. As amostras 2 e 19 apresentaram praticamente o mesmo tamanho médio dos grãos, porém foram representadas por tons distintos, sendo a amostra 19 por um tom mais claro. A mesma situação foi observada entre as amostras 21 e 18.

Aparentemente estas situações não estão relacionadas com os teores de carbonato de cálcio, já que estes teores não apresentaram uma relação direta com a intensidade dos ecos. Nas figuras 42 e 43, pôde-se comparar os ajustes de ganho entre as amostras 2 e 19, e 21 e 18. Esta comparação evidenciou a influência dos ajustes de ganho nas intensidades de eco registradas. Nas duas

situações citadas, as curvas de ganho das amostras 18 e 19 determinaram ecos mais intensos, devido a uma amplificação artificial dos sinais acústicos.

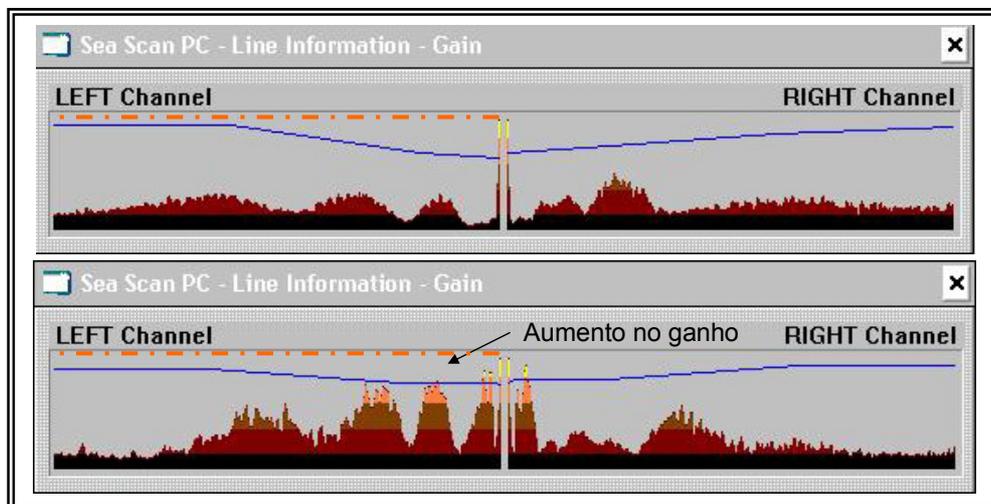


Figura 40: Curvas de ganho e intensidades de eco referentes às amostras 2 (a) e 19 (b).

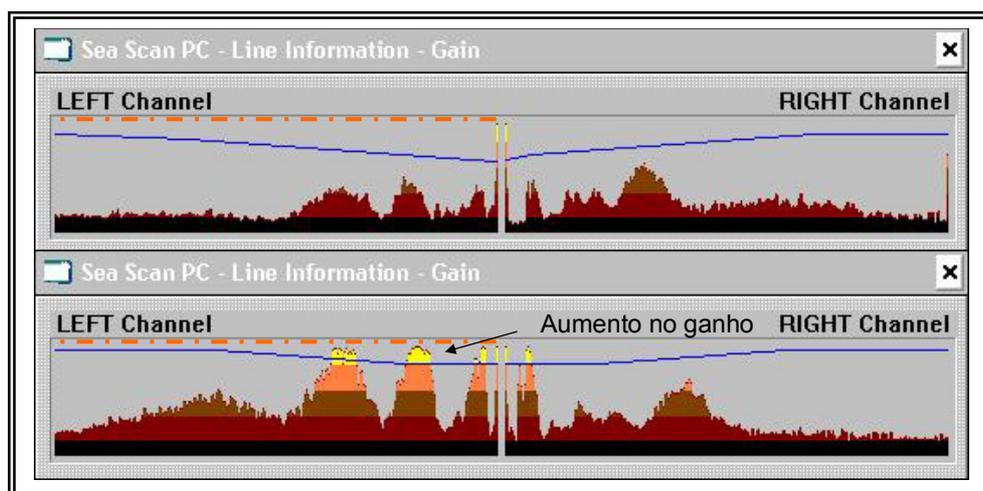


Figura 41: Curvas de ganho e intensidades de eco referentes às amostras 21 (a) e 18 (b).

A ocorrência dessas situações anômalas reforça a idéia de que a interpretação das imagens exige cautela em relacionar a granulometria e o teor de carbonato de cálcio com as intensidades de ecos, principalmente se ajustes no ganho foram efetuados durante a coleta dos dados.

As coletas de amostras superficiais de sedimentos também foram essenciais para a validação destas relações e ainda permitiram investigar a

sedimentologia da plataforma continental. De acordo com os resultados das análises granulométricas e de teores de carbonato de cálcio, a área estudada pode ser descrita como sendo composta predominantemente por areias carbonáticas grossas a muito grossas, corroborando o descrito por Michelli *et al.* (2001).

Diante dos resultados discutidos até aqui, percebe-se que os sonares de varredura lateral são uma importante ferramenta no reconhecimento e mapeamento do assoalho marinho. A sonografia vem sendo utilizada para documentar a ocorrência de recifes submersos (Vora & Almeida, 1990; Ramsay, 1994) e pradarias de fanerógamas marinhas (Siljeström *et al.*, 1996); bem como para revelar informações sobre a cobertura sedimentar, feições sedimentares e estruturas antropogênicas (Blondel & Murton, 1997).

Além disso, os sonares de varredura lateral também vêm sendo amplamente utilizados na exploração de recursos minerais e na avaliação de situações de risco em projetos de engenharia oceânica envolvendo plataformas de produção de petróleo, tubulações de gás, cabos de telecomunicações e emissários submarinos (Jones, 1998; Ayres, 2000; Pickrill & Todd, 2003).

Recentemente, se estabeleceu uma tendência ao mapeamento dos *habitats* marinhos (Kenny *et al.*, 2003), principalmente devido à relação existente entre o tipo de *habitat* e determinados recursos pesqueiros. O declínio dos estoques e a demanda por estratégias de manejo destes recursos implicaram em iniciativas de mapeamento de *habitats* bentônicos em áreas exploradas pela indústria pesqueira (Bax *et al.*, 1999; McRea *et al.*, 1999) e também em áreas marinhas protegidas (Santoro *et al.*, 2002; Pickrill & Todd, 2003). Desta forma, a sonografia vem sendo considerada uma importante ferramenta no Manejo da Zona Costeira (Franceschini *et al.*, 2002); e a disponibilidade de mapas de *habitat* um pré-requisito ao levantamento ecológico dos recursos marinhos (Urbanski & Szymelfenig, 2003).

Em relação aos *habitats* bentônicos mapeados neste trabalho, aqueles compostos por rochas e lamas merecem destaque, uma vez que peixes, moluscos e crustáceos estão associados a estes tipos de fundo, que são explorados pela

pesca artesanal no município de Tamandaré.

A localização dos substratos consolidados representou uma importante contribuição ao monitoramento de recifes de coral ("*Reef Check Brasil*") realizado pelo Projeto Recifes Costeiros (César & Padovani, 2004), pois disponibilizou para a comunidade científica que atua localmente em prol da conservação dos ecossistemas marinhos e do manejo pesqueiro o conhecimento empírico dos pescadores artesanais, que não utilizam equipamentos de posicionamento (GPS, DGPS).

Frédou (2004) localizou alguns destes substratos, com o intuito de estimar a biomassa da ictiofauna associada a estes ambientes. A figura 37 localizou um número maior de substratos consolidados e subsidiou a escolha de novos pontos de mergulho científico, de acordo com suas áreas e com suas diferenças na morfologia e profundidade de ocorrência (fig. 44).

Quanto aos fundos compostos por lamas, os bolsões de lama na plataforma continental interna de Pernambuco já foram descritos por Coutinho (1976) e estão localizados atrás de certos recifes e onde ocorrem depressões que favorecem sua deposição. A extensa área composta por lamas, a leste da Baía de Tamandaré, representa um destes bolsões, explorado pela pesca de arrasto do camarão. Seu mapeamento é importante para manejo e levantamento dos estoques desse recurso pesqueiro.

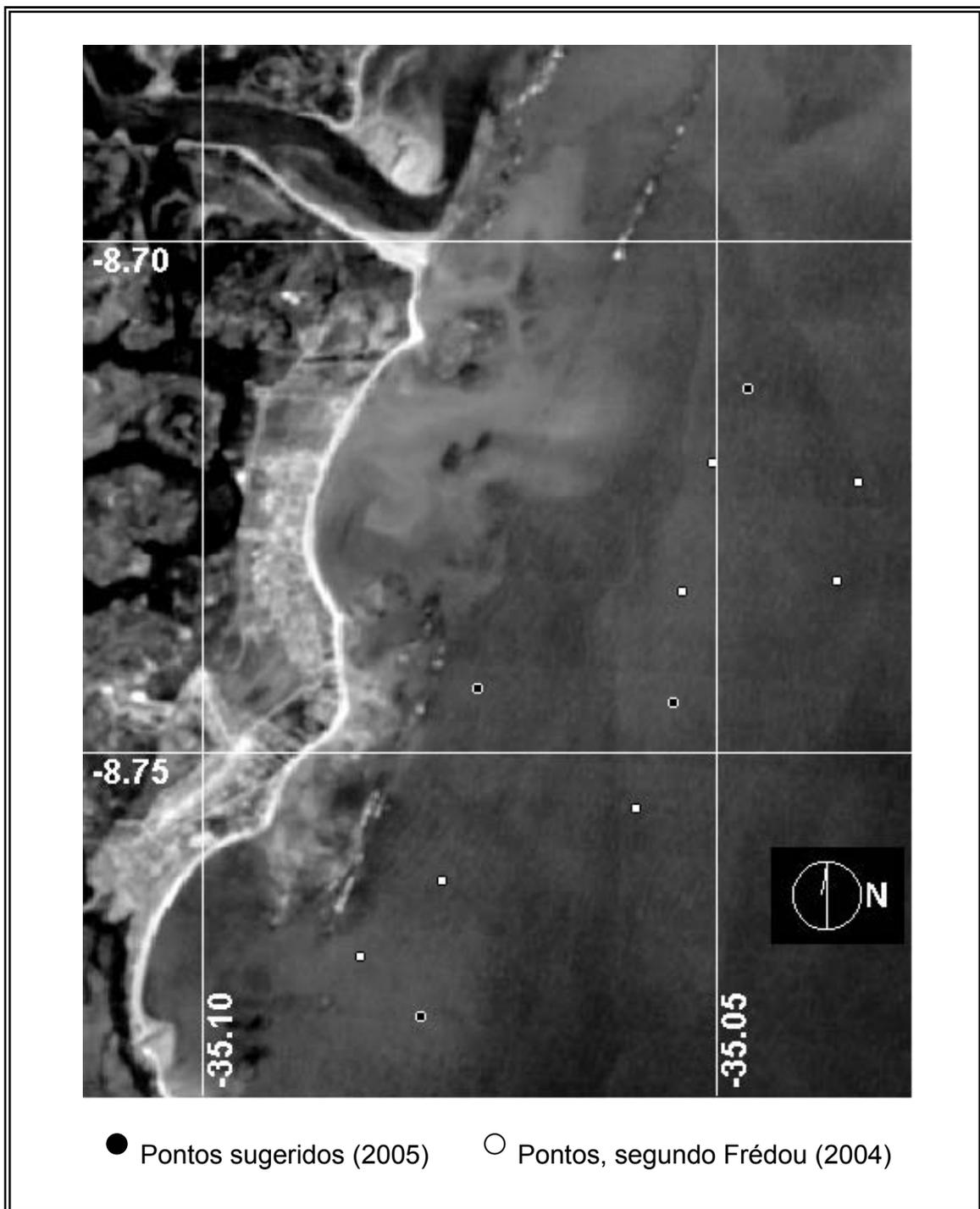


Figura 42: Localização dos pontos de mergulho para monitoramento dos ambientes recifais e censo visual da ictiofauna associada.

CAPITULO VI – CONCLUSÕES

1. A plataforma continental adjacente ao município de Tamandaré apresenta relevos positivos e negativos com declives acentuados, intercalados por superfícies com declives mais suaves. Os relevos positivos foram atribuídos a substratos consolidados, comuns na região e que de forma geral, se distribuem nas profundidades em torno de 16, 20 e 22 m. Estes prováveis arenitos de praia submersos estão situados a uma distância média de 2 km entre si, o que indica que não constituem a mesma unidade e que provavelmente suas formações estão relacionadas a períodos distintos, nos quais o nível do mar era mais baixo que o atual. Os relevos negativos são correlatos a um paleocanal sem uma clara conexão com o continente e que apresenta uma orientação N-S, profundidade e largura média de 6 e 1400 m, respectivamente. As feições que indicam níveis do mar mais baixos que o atual poderão fornecer subsídios para a elaboração de curvas de variação do nível do mar para a área estudada.

2. Apesar das distorções devido às condições de aquisição, as imagens acústicas digitais de alta resolução obtidas pelo sonar de varredura lateral forneceram detalhes do assoalho marinho e permitiram localizar e caracterizar substratos consolidados e inconsolidados. Os perfis sonográficos revelaram a distribuição espacial destes substratos e reforçou a idéia de que os substratos consolidados considerados prováveis arenitos de praia submersos indicam três pontos de estabilização do nível do mar.

3. Em relação aos substratos inconsolidados, as variações nas intensidades dos ecos indicaram variações espaciais no tamanho médio dos grãos. Os ecos menos intensos foram representados por tons escuros de cinza e representaram sedimentos predominantemente lamosos, enquanto que tons de cinza intermediário a claro foram atribuídos a fundos compostos por areias finas a muito grossas.

4. Três tipos de fundo foram identificados na área: rochosos, lamosos e arenosos. A classificação e definição dos limites entre estes fundos distintos permitiram obter a distribuição espacial dos *habitats* bentônicos. Areias carbonáticas grossas a muito grossas recobrem grande parte da área amostrada. Os fundos rochosos ocorreram nas profundidades de 16, 20 e 22 m e representaram o menos extenso dos *habitats* identificados. Já os fundos lamosos ocorrem entre os substratos consolidados situados a 16 e 20 m de profundidade, principalmente ao longo de uma suave depressão a leste da Baía de Tamandaré.

5. A aplicação de métodos geofísicos no levantamento de *habitats* bentônicos representou uma importante contribuição às iniciativas de manejo na área e ao programa nacional de monitoramento dos recifes de coral (*Reef Check* Brasil).

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Prof^a. Tereza Cristina Medeiros de Araújo pela dedicação e apoio dispensados em todos os momentos deste curso.

Ao meu co-orientador Prof. Mauro Maida pelo incentivo em superar os desafios ao longo da realização desta pesquisa e também pelo apoio e colaboração no desenvolvimento dos trabalhos de campo em Tamandaré - PE.

Aos Professores José Maria Landim Dominguez e Núbia Chaves Guerra, por aceitarem o convite para participar desta banca examinadora e também pelas valiosas sugestões.

Ao estudante de Geografia Danilo Marx, pela amizade sincera e ajuda junto aos programas de geoprocessamento.

Aos agentes de campo do Projeto Recifes Costeiros pelo suporte imprescindível para a realização dos trabalhos em campo, além da transferência de experiências a bordo.

Aos colegas de turma e estagiários do LABOGEO pelos bons momentos vividos.

Ao Prof. Mário Barletta, pela ajuda na revisão do texto.

À CAPES pela bolsa de estudos concedida para esse projeto.

E, em especial, para minha pequena grande família que, mesmo à distância, esteve sempre ao meu lado.

VI – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, M. C. B. de. 2003. *Resíduos sólidos em praias do litoral sul de Pernambuco: origens e conseqüências*. Recife, Universidade Federal de Pernambuco, Dissertação de mestrado. 104p.

ARAÚJO, T. C. M. & FREIRE, G. S. S. 1997. Evidências de variação do nível do mar na plataforma continental do estado do Ceará. In: *VII Congresso Latino-americano sobre Ciências do Mar*, Santos-SP, p. 47-48.

ARAÚJO T. C. M. & SILVA, C. G. 1996. Análise sismoestratigráfica da plataforma continental rasa entre Cabo Frio e Cabo de São Tomé – RJ. In: *XXXIX Congresso Brasileiro de Geologia*, Salvador-BA, p. 466-468.

ASHLEY 1990. *Classification of large-scale subaqueous bedforms: a new look to an problem*. J. Sed. Petrol. 60 (1): 160-172.

AYRES, A. 2000. *Uso da sísmica de reflexão de alta resolução e da sonografia na exploração mineral submarina*. Brazilian Journal of Geophysics 18 (3): 241-255.

BARNHARDT, W. A.; KELLEY, J. T.; DICKSON, S. M.; BELKNAP, D. F. 1998. *Mapping the Gulf of Maine with Side-Scan Sonar: a new bottom-type classification for complex seafloors*. Journal of Coastal Research 14 (2): 646-659.

BAX, N.; KLOSER, R.; WILLIAMS, A.; GOWLETT-HOLMES, K.; RYAN, T. 1999. *Seafloor habitat definition for spatial management in fisheries: a case study on the continental shelf of southeast Australia*. *Oceanologica Acta* 22 (6): 705-719.

BLONDEL, P. & MURTON, B. J. 1997. *Handbook of Seafloor Sonar Imagery*. Chichester, John Wiley & Sons Ltd. 314p.

CALDAS, L. H. de O. 2002. *Late quaternary coastal evolution of the northern Rio Grande do Norte coast, NE Brazil*. Kiel, University Christian-Albrechts zu Kiel, Phd Thesis. 100p.

CAMARGO, J. M. de; PATCHINEELAM, S. M.; GUERRA, J. V. 2004. *Variações das forçantes hidrodinâmicas junto a um campo de dunas subaquáticas na Baía de Guanabara – RJ*. Atlântica 26

CESAR, F. B. & PADOVANI, B. F. 2004. Avaliação da metodologia *Reef Check* para a ictiofauna de ambiente recifal protegido, na APA Costa dos Corais, Tamandaré/PE. In: *Congresso Brasileiro de Oceanografia '2004 e XVI Semana Nacional de Oceanografia*, Itajaí-SC, p. 804.

COMPANHIA PERNAMBUCANA DE MEIO AMBIENTE – CPRH. 1998. *Plano de Gerenciamento Costeiro. Diagnóstico sócio-ambiental do litoral sul de Pernambuco – APA de Guadalupe*. GERCO/PE.

COUTINHO, P. N. 1976. *Geologia marinha da plataforma continental Alagoas-Sergipe*. Recife, Universidade Federal de Pernambuco, Tese Livre Docência, 119p.

DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO - DHN. 2004. *Tábua das Marés para o Porto de Suape (Estado de Pernambuco)*. Disponível em: www.dhn.mar.mil.br

DIAS, G. T. M.; GORINE, M. A.; GALLEA, C. G.; ESPINDOLA, C. R. S.; MELLO, S. L.; DELLAPIAZA, H. & CASTRO, J. R. J. C. 1984. Bancos de arenitos de praia (*beach-rocks*) submersos na plataforma continental SE brasileira. In: *XXXII Congresso Brasileiro de Geologia*, Salvador – BA, p. 1540-1546.

DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; LEÃO, Z. M. A. N.;

AZEVEDO, A. E. G. 1990. *Geologia do Quaternário costeiro do estado de Pernambuco*. Revista Brasileira de Geociências 20 (1/4): 208-215.

EASTMAN, J. R. 1998. Idrisi for windows v 2.0; Manual do usuário: Introdução e Exercícios tutoriais. Editores da versão em português Heinrich Hasenack e Eliseu Weber. Porto Alegre, UFRGS Centro de Recursos Idrisi. 240 p.

FARIAS, F. S. de. 2002. *Tamoindaré - a dinâmica de suas praias frente às novas tribos repovoadoras do século XX*. Recife, Universidade Federal de Pernambuco, Dissertação de mestrado. 124p.

FERREIRA, B. P. & MAIDA, M. 2001. *Fishing and the future of Brazil's Northeastern reefs*. InterCoast Winter-2001: 22-23.

FIGUEIREDO, G. A. & BREHME, I. 2000. *Amostragem geológica na pesquisa mineral*. Brazilian Journal of Geophysics 18 (3): 271-280.

FRANÇA, A. M. C. 1976. *Sedimentos superficiais da margem continental nordeste brasileira*. Revista Brasileira de Geociências 6 (2): 71-88.

FRANCESCHINI, G.; RAICEVICH, S.; GIOVANARDI, O. & PRANOVI, F. 2002. The use of side scan sonar as a tool in Coastal Zone Management. In: *Littoral 2002, The Changing Coast*, Porto – Portugal, p. 11-14.

FRÉDOU, T. 2004. The fishing activity on coral reefs and adjacent ecosystems. A case study of the northeast of Brazil. Recife, Universidade Federal de Pernambuco – Université de la Méditerranée, PhD Thesis, 161p.

GUERRA, N. C., MANSO, V. do A. V. 2004. *Beachrocks (Recifes de Arenito)*. In: Enide Eskinazi-Leça, Sigrid Neumann-Leitão e Mônica Ferreira da Costa (orgs.). *Oceanografia: um cenário tropical*. Recife, Bagaço, p.109-130.

HETZEL, B. & CASTRO, C. B. 1994. *Corals of Southern Bahia*. Rio de Janeiro, Nova Fronteira, 124p.

HOPLEY, D. 1986. Beach-rocks as sea-level indicator. In: Orson Van de Plassche (ed.). *Sea-level research: a manual for the collection and evaluation data*. Norwich U. K., GeoBooks, p. 157-173.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. 2000. *Censo 2000*. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>.

JONES, E. J. W. 1999. *Marine Geophysics*. 1 ed. Chichester, John Wiley & Sons Ltd. 466p.

KENCHINGTON R. & KELLEHER, G. 1995. Making a plan. In: Susan Gubbay (ed.). *Marine Protected Areas, principles and techniques for management*. 1 ed. London, Chapman & Hall. p 85-102.

KENNY, A. J., CATO I., DESPREZ, M., FADER G., SCHÜTTENHELM, R. T. E., SIDE, J. 2003. *An overview of seabed-mapping technologies in the context of marine habitat classification*. ICES Journal of Marine Science 60: 411-418.

LABOREL, J. 1969. *Peuplements de Madréporaires de Côtes Tropicales du Brèsil*. Univ. d'Abidjan, Série E, II Fasc. 3, 360p.

LIMA, D. C. C. 2001. *Delimitação da linha de costa atual e zoneamento da faixa litorânea como contribuição à gestão costeira do município de Tamandaré, Pernambuco – Brasil*. Recife, Universidade Federal de Pernambuco, Monografia de conclusão do curso de especialização em Gestão de Ambientes Costeiros Tropicais. 54 p.

LIMA, D. C. C. 2003. *Aplicação de imagem do satélite LandSat TM5 e de fotografias aéreas verticais para o mapeamento dos recifes costeiros e análise dos processos físicos litorâneos relacionados – Tamandaré, PE, Brasil*. Recife, Universidade Federal de Pernambuco, Dissertação de Mestrado, 120p.

LIMEBURNER, R (Ed.). 1985. CODE-2: Moored array and large-scale data report, *WHOI Tech. Rep. 85-35, CODE Tech. Rep. 38*, Woods Hole Oceanogr. Inst., Woods Hole, Mass. 220 pp.

LORING, D. H. & RANTALA, R. T. T. 1992. *Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended particulate matter*. Earth Sci. Rev. 32: 235-283.

MAIDA, M. & FERREIRA, B. P. 1997. *Coral Reefs of Brazil: an overview*. Proc. 8th international Coral Reef Symposium, p. 263-274.

MARINE SONIC TECHNOLOGY LTD. 2001. *Operator's Manual, version 1.6*. 198p.

McREA, J. E., GREENE, H. G., O' CONNELL, V. M., WAKEFIELD, W. W. 1999. *Mapping marine habitats with high resolution sidescan sonar*. Oceanologica Acta 22 (6): 679-686.

MICHELLI, M.; ARAÚJO, T. C. M.; MAIDA, M.; VITAL, H. 2001. *Indicatives of ancient conditions of sea level stability on the southern Pernambuco continental shelf*. Revista Pesquisas em Geociências 28 (2): 25-33.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. 2003. *Atlas dos recifes de coral nas unidades de conservação brasileiras*. Ana Paula Leite Prates (ed.) Brasília: MMA/SBF. 180p

PICKRILL, R. A., TODD, B. J. 2003. *The multiple roles of acoustic mapping in integrated ocean management, Canadian Atlantic continental margin*. Ocean & Coastal Management 46: 601- 614.

RAMSAY, P. J. 1994. *Marine geology of the Sodwana Bay shelf, southeast Africa*. Marine Geology 120: 225-247.

SANTORO, F., TONIELLI, R. LAURO, M. de, SIMIOLI, A. 2002. A GIS application to study the influence of submarine topography and morphology on the development of near shore benthic fauna of the Sorrento Peninsula (Southern Italy). In: *Littoral 2002, The Changing Coast*, Porto – Portugal, p. 195-200.

SANTOS, M. E. C. M. 1972. Paleografia do Quaternário Superior na plataforma continental norte brasileira. In: *XXVI Congresso Brasileiro de Geologia*, Belém-PA, p. 267-288.

SILJESTRÖM, P. A., REY, J., MORENO, A. 1996. *Characterization of phanerogam communities (Posidonia oceanica and Cymodocea nodosa) using side-scan-sonar images*. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 51: 308-315.

SUGUIO, K. 1975. *Introdução à sedimentologia*. Ed. Edgar Blucher, São Paulo. 315p.

SUMMERHAYES, C. P., FAINSTEIN, R., ELLIS, J. P. 1976. *Continental margin off Sergipe and Alagoas, Northeast Brazil: a reconnaissance geophysical study of morphology and structure*. Marine Geology 20: 345-361.

VORA, K. H., ALMEIDA, F. 1990. *Submerged reef systems on the central western continental shelf of India*. Marine Geology 91: 255-262.

URBAŃSKI, J. A., SZYMELFENIG, M. 2003. *GIS-based mapping of benthic habitats*. Estuarine, Coastal and Shelf Science 56: 99-109.

ANEXO I

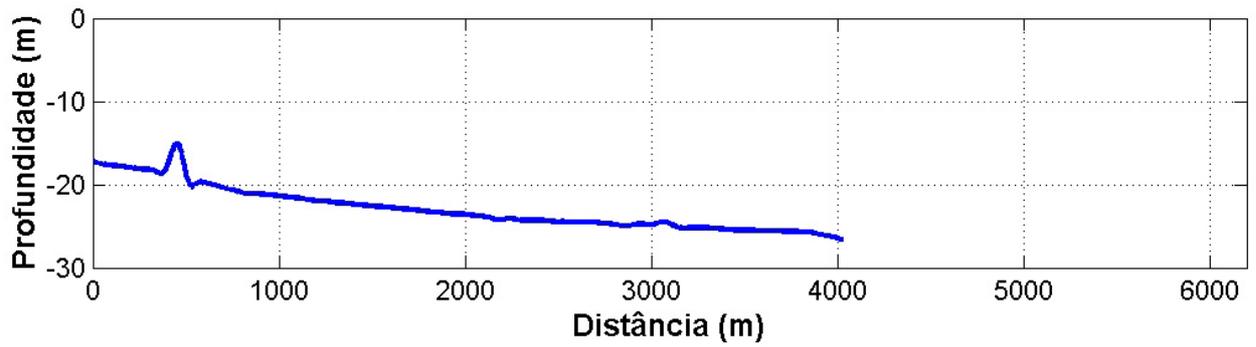


Figura 1: Perfil batimétrico 1.

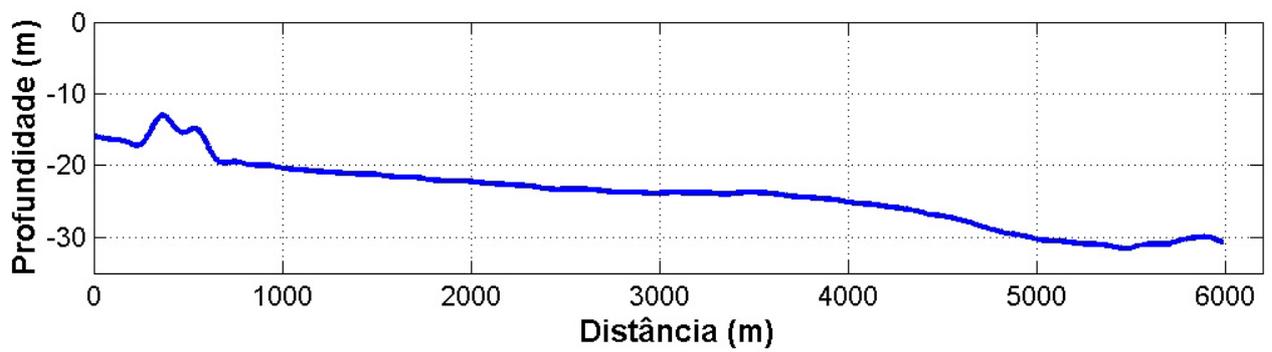


Figura 2: Perfil batimétrico 2.

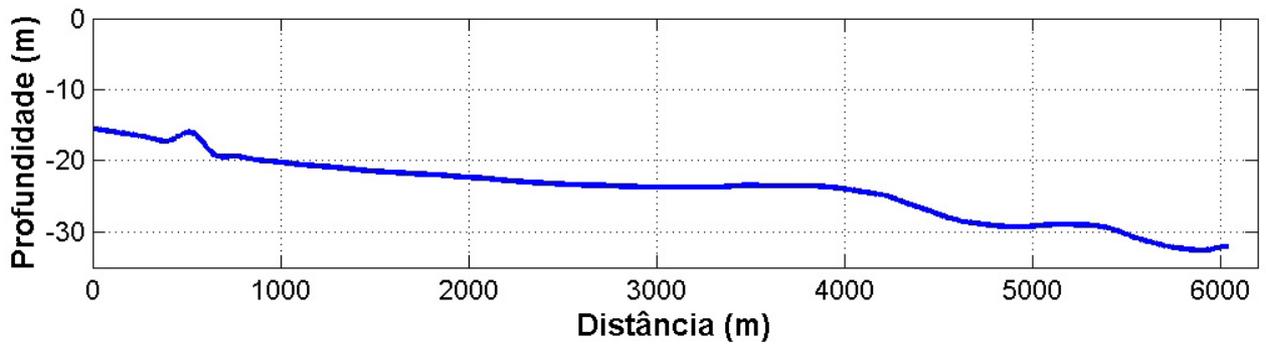


Figura 3: Perfil batimétrico 3.

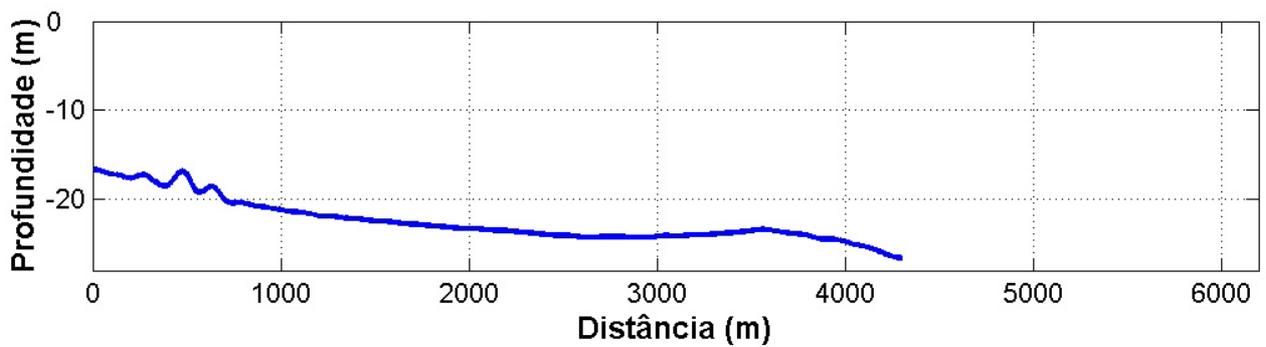


Figura 4: Perfil batimétrico 4.

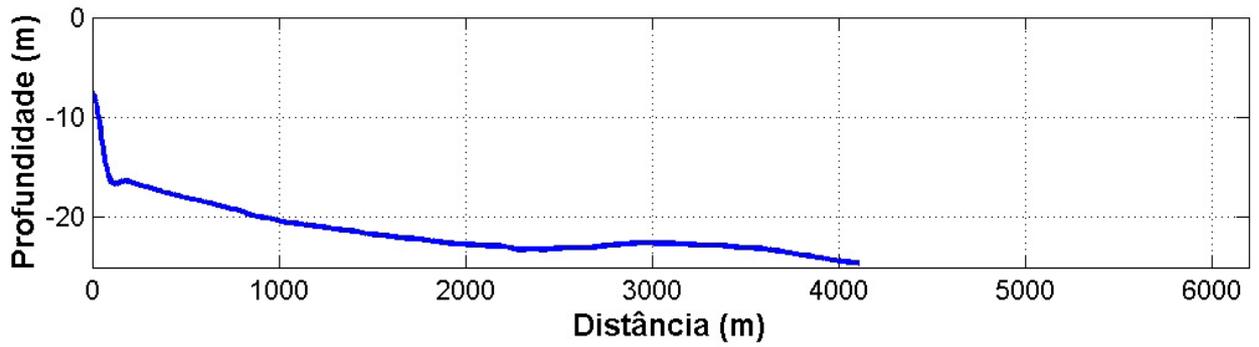


Figura 5: Perfil batimétrico 5.

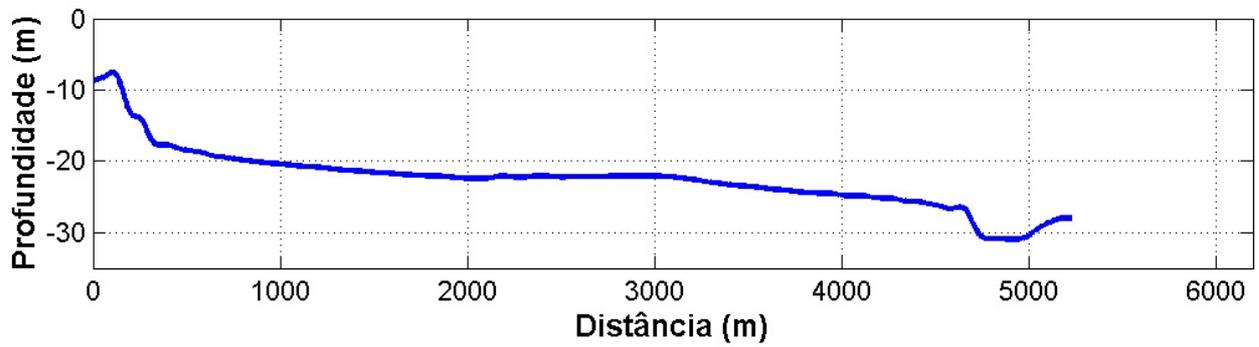


Figura 6: Perfil batimétrico 6.

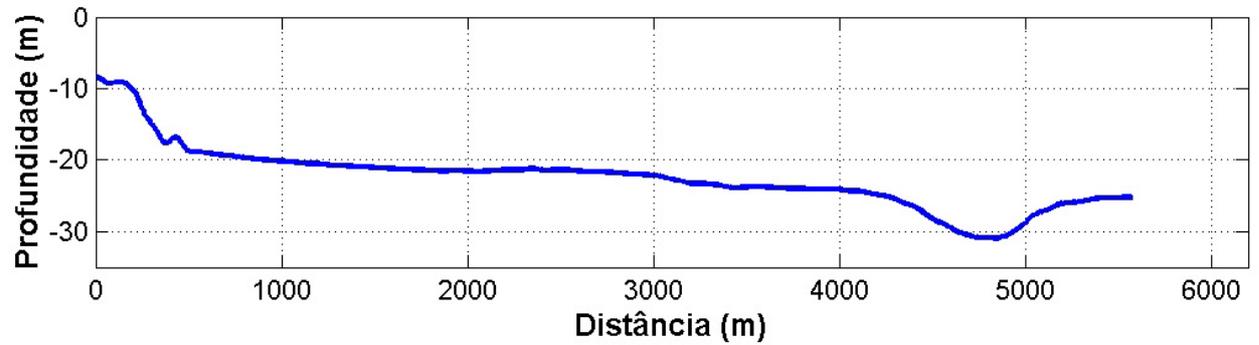


Figura 7: Perfil batimétrico 7.

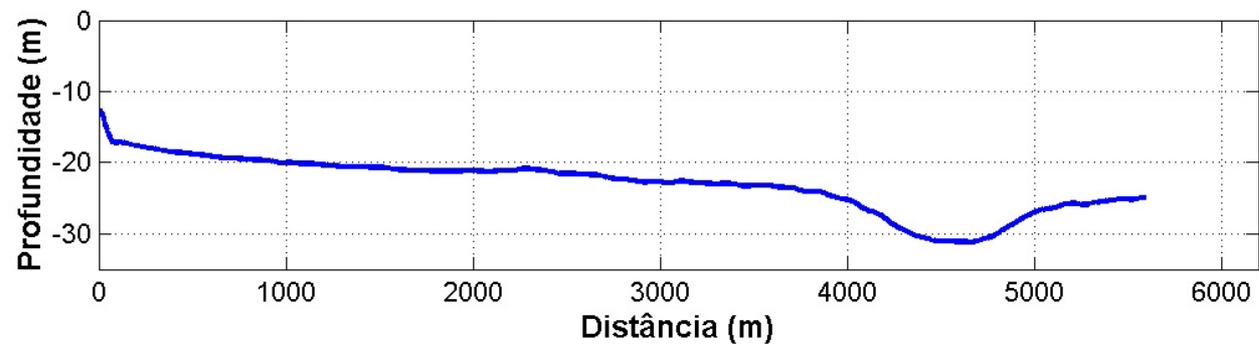


Figura 8: Perfil batimétrico 8.

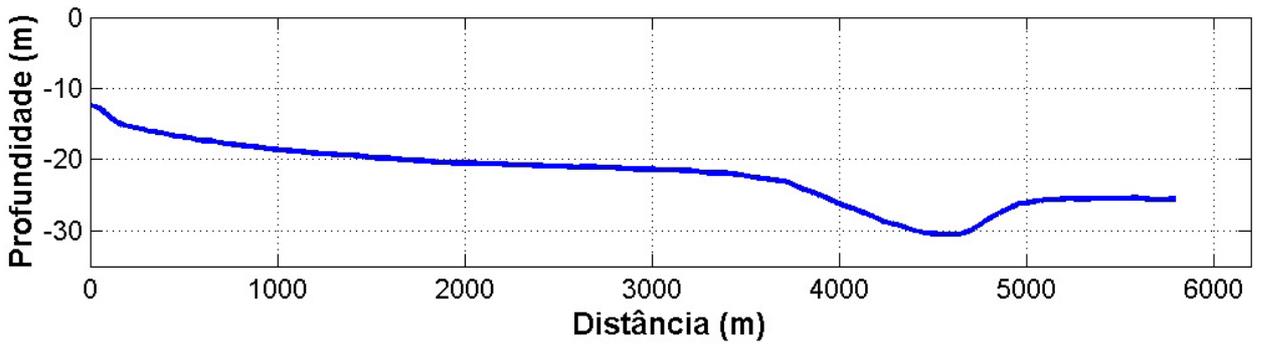


Figura 9: Perfil batimétrico 9.

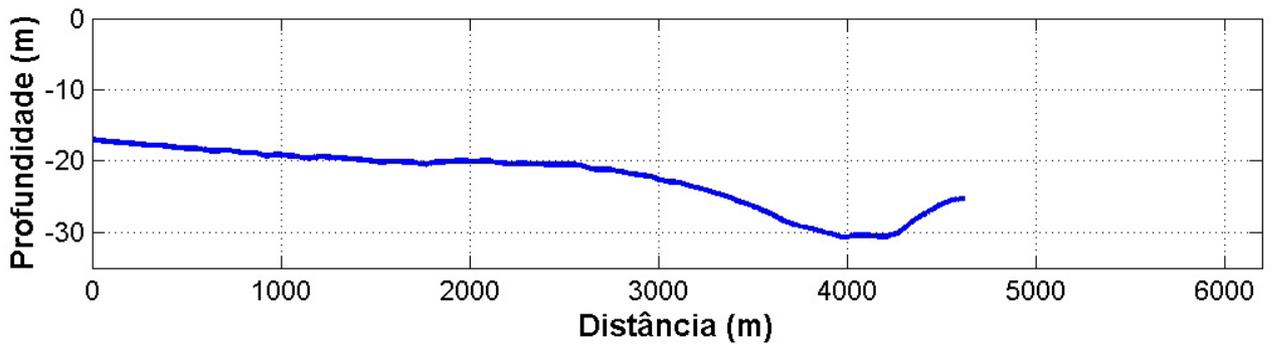


Figura 10: Perfil batimétrico 10.

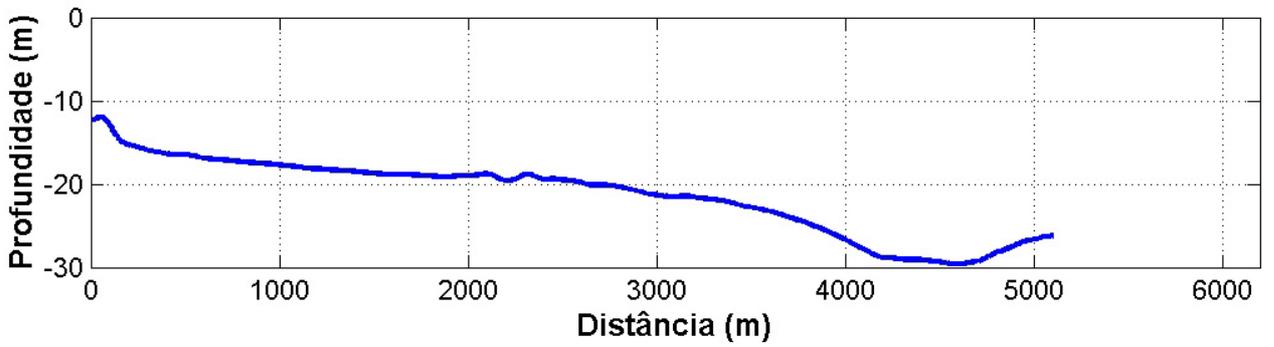


Figura 11: Perfil batimétrico 11.

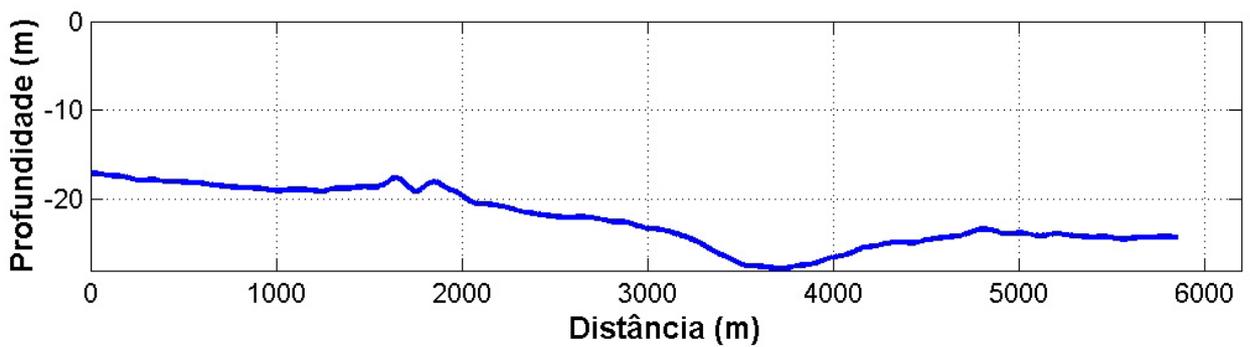


Figura 12: Perfil batimétrico 12.

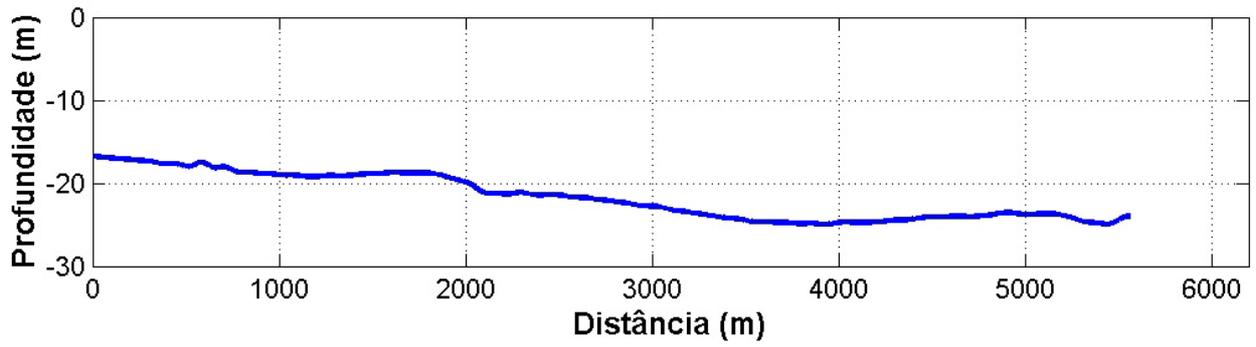


Figura 13: Perfil batimétrico 13.

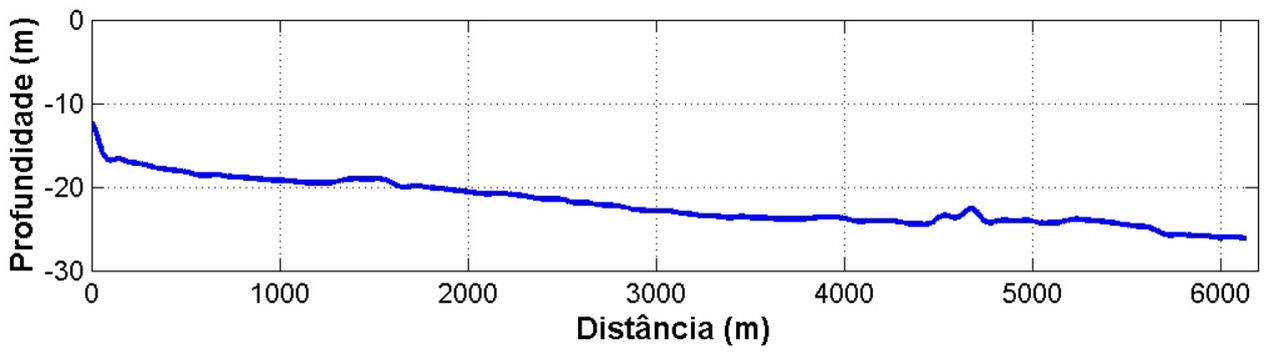


Figura 14: Perfil batimétrico 14.

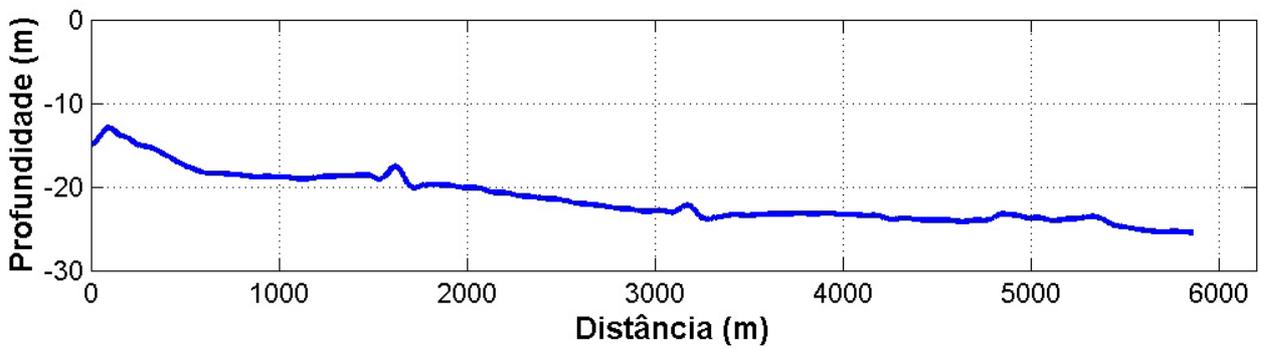


Figura 15: Perfil batimétrico 15.

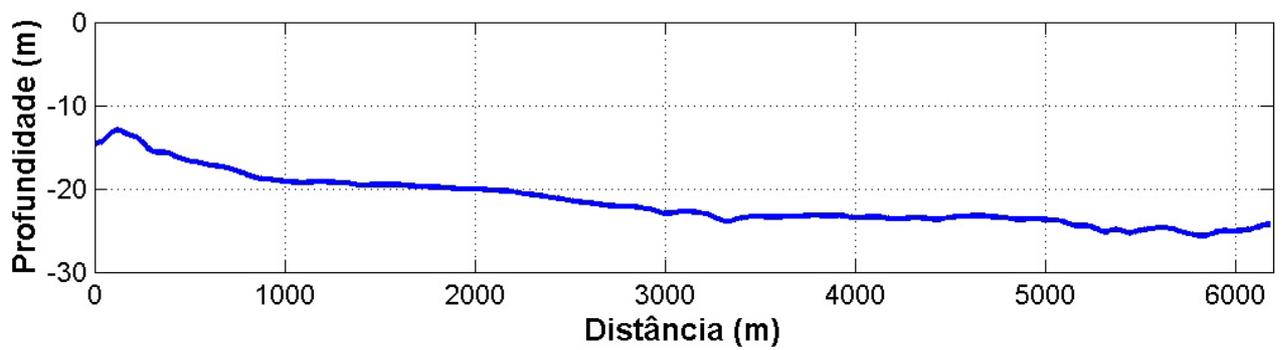


Figura 16: Perfil batimétrico 16.

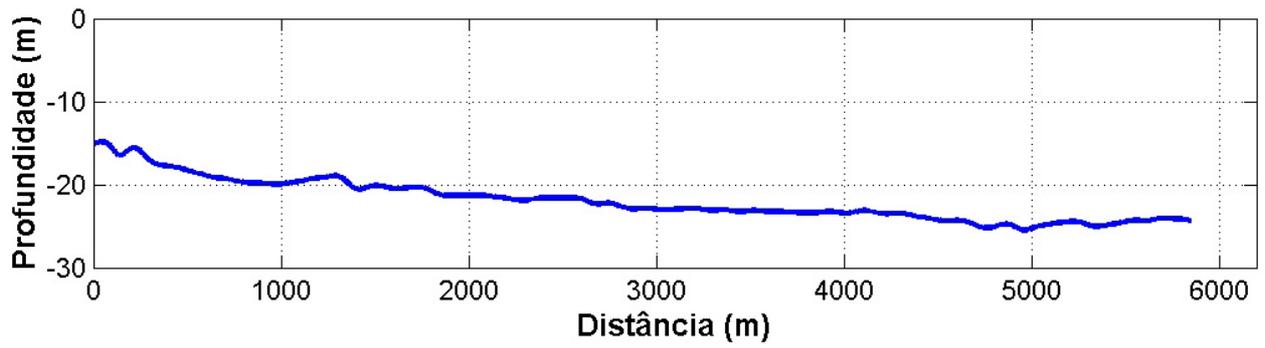


Figura 17: Perfil batimétrico 17.

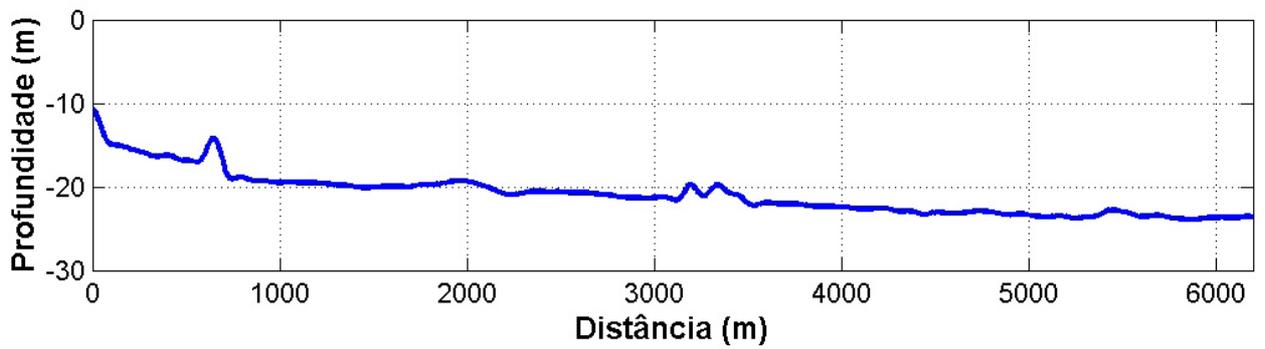


Figura 18: Perfil batimétrico 18.

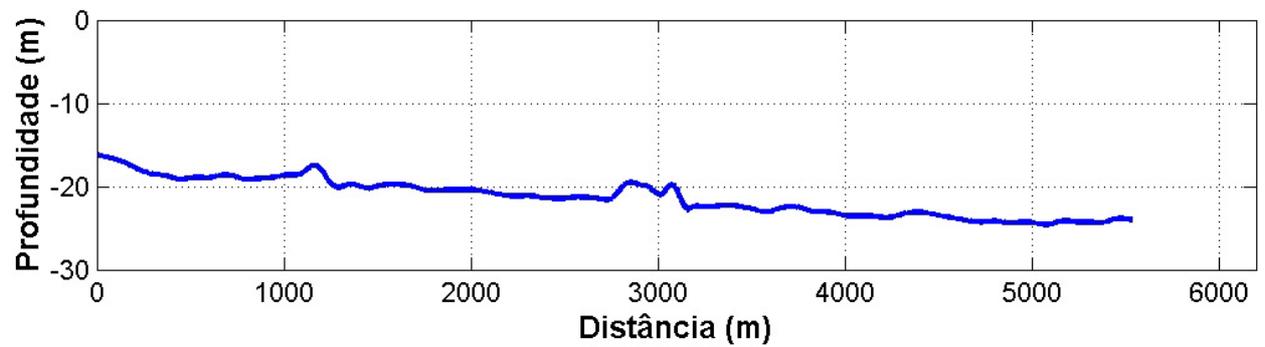


Figura 19: Perfil batimétrico 19.

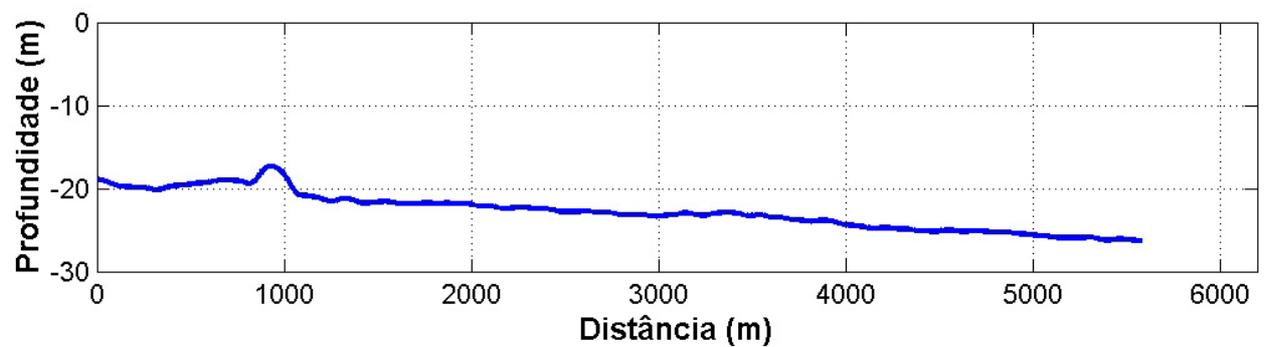


Figura 20: Perfil batimétrico 20.