



CAPÍTULO XX

USO DO SONAR DE VARREDURA LATERAL EM AMBIENTES COSTEIROS ULTRA-RASOS

USO DO SONAR DE VARREDURA LATERAL EM AMBIENTES COSTEIROS ULTRA-RASOS

Hélio Heringer Villena¹, Verônica Beatriz Araujo de Castro¹ e Patrícia da Cunha
Marroig^{1,2}

¹Faculdade de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua São Francisco Xavier, 524, 4º andar, Bloco E, sala 4018, CEP 20550-900, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. heliovillena@gmail.com, yurysimen@yahoo.com.br

²Programa de Pós-graduação em Engenharia Oceânica/Pesquisadora colaboradora no Laboratório de Dinâmica de Sedimentos Coesivos - COPPE/UFRJ, Centro de Tecnologia, Bl. I-100, CEP 21941-590, Cidade Universitária, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. pmarroig@oceanica.ufrj.br

RESUMO

O Sonar de Varredura Lateral é um equipamento utilizado para identificar a morfologia e estruturas naturais (geológicas, formações sedimentares, canais, identificação do tipo de fundo, etc) e artificiais (barcos naufragados, canais resultantes de dragagens, estruturas portuárias submersas, etc.) através do imageamento da superfície de fundo de áreas submersas utilizando a medição da intensidade de sua reflexão acústica. O presente trabalho possui seu enfoque em avaliar a utilização de um sonar de varredura lateral, compacto e de baixo custo, em ambientes costeiros ultra-rasos, identificando feições e estruturas nesses ecossistemas, com o intuito de apresentar sua aplicabilidade e incrementar pesquisas, projetos e estudos de profissionais, com interesse nesses corpos hídricos, pertencentes à área ambiental ou não, tais como ecologistas, biólogos, oceanógrafos, engenheiros, hidrógrafos, utilizando esse equipamento como ferramenta em seus trabalhos. Os dados utilizados foram coletados com sonar Trittech, modelo Starfish 452 de 450 kHz. Para processamento, análise e mapeamento das feições foi usado o Software SonarWiz5®, desenvolvido pela Chesapeake Technology e para a confecção dos mapas o software Oasis Montaj 8.5.A coleção o de sonogramas contempla diferentes áreas de

forma a permitir a avaliação mais ampla da utilização em diferentes ambientes. Na Baía de Sepetiba, representando uma área mais ampla numa baía, sujeita a uma dinâmica oceanográfica maior, temos a área de seu canal principal; na Enseada do Bananal, Ilha Grande, representando uma enseada costeira abrigada e de baixa dinâmica oceanográfica; no Rio Barra Grande, Vila Dois Rios – Ilha Grande temos a representação de ambiente estuarino/fluvial extremamente raso; Enseada da Japuíba, Angra dos Reis, exemplificando uma enseada costeira abrigada com grande input fluvial e acelerado processo de assoreamento; e Enseadas do Forno e dos Anjos, Arraial do Cabo como exemplos de enseadas costeiras sujeitas a uma dinâmica oceanográfica maior que as áreas abrigadas anteriormente citadas e com grande atuação humana local. Ficou constatado que a nova geração de sonares pequenos, leves e de baixo custo possibilita a fixação dos transdutores na borda de pequenas embarcações possibilitando a coleta de dados de excelente qualidade em pontos muito próximos à costa, junto a costões rochosos, molhes, píeres, etc, além de áreas muito rasas, tais como, pequenos riachos, praias, manguezais, cones sedimentares na desembocadura de rios, etc. Abre-se nova fronteira de estudos com os sonares de varredura lateral em áreas inatingíveis

anteriormente, possibilitando estudos sonográficos com vistas à hidrografia, mapeamento de habitats, engenharia, área ambiental, geologia e sedimentologia, etc.

Palavras-chave: Sonar de varredura lateral; Ambientes costeiros ultra-rasos.

ABSTRACT

The Side Scan Sonar is an equipment used to identify the morphology and natural structures (geological, sedimentary formations, channels, identification of the type of background, etc.) and artificial structures (wrecks, canals resulting from dredging, submerged port structures, etc.) by imaging the bottom surface of submerged areas using the measurement of the intensity of their acoustic reflection. The present work has its focus on evaluating the use of a compact and low cost side scan sonar in ultrashallow coastal environments, identifying features and structures in these ecosystems in order to present its applicability and to increase research, projects and studies of Professionals, with interest in these water bodies, belonging to the environmental area or not, such as ecologists, biologists, oceanographers, engineers, hydrographers, using this equipment as a tool in their work. The data used were acquired with sonar Tritech Starfish 452 model of 450 kHz, and SonarWiz5® Software developed by Chesapeake Technology for processing, analysis and mapping of features. The collection of sonograms contemplates the Bay of Sepetiba, in the area of its main channel; Bananal cove, Ilha Grande; In the Barra Grande River, Vila Dois Rios - Ilha Grande; Japuiba cove, Angra dos Reis; and Forno and Anjos coves, Arraial do Cabo. It was verified that the new generation of small, light and low cost sonars makes it possible to fix the transducers over the side of small vessels, allowing the collection of data of excellent quality at points very close to the coast, along rocky coastlines, jetties, piers, etc. In addition to very shallow areas, such as small streams, beaches, mangroves, sedimentary cones at the mouths of rivers, etc. A new frontier of studies with side scan sonars in previously unattainable areas is opened,

enabling sonographic studies with a view to hydrography, habitat mapping, engineering, environmental area, geology and sedimentology, etc.

Keywords: Side scan sonar; Ultrashallow coastal environments.

INTRODUÇÃO

A baixa eficiência dos métodos de sensoriamento remoto baseados em ondas eletromagnéticas (radar e óticos) na investigação submarina é causada pela rápida atenuação destas ondas no meio aquático. De forma a contornar este problema, o uso de sensoriamento remoto acústico se torna mais eficaz, devido à fácil propagação e pouca absorção destas ondas no meio aquático possibilitando a utilização de equipamentos adequados para investigar tanto as áreas ultraprofundas (oceânicas) como as ultra-rasas (costeiras) (AYRES NETO, 2000).

O Sonar de Varredura Lateral, baseado na acústica submarina, foi desenvolvido próximo ao início da Segunda Guerra Mundial com o objetivo primário de localizar submarinos e, com o término dessa batalha, foi introduzido na investigação do fundo marinho.

O sonograma é formado pelo registro do eco do sinal acústico emitido com certo ângulo a superfície de fundo, sendo a intensidade do retorno diferenciada pela interação do pulso acústico com o fundo marinho. Os fatores que influenciam esse retorno são: tipo de sedimento do fundo, o ângulo de incidência, a micromorfologia do fundo marinho e a atenuação das ondas acústicas (BLONDEL E MURTON, 1997).

Os avanços tecnológicos em acústica submarina, processamento de sinais, eletrônica, informática, dentre outros, possibilitaram contínuas evoluções que reduziram tamanho, peso e custo dos sonares de varredura. Estes avanços permitiram sua utilização do transdutor do equipamento fixado junto à embarcação ao invés de rebocado, propiciando seu uso em regiões costeiras e com coluna d'água inferior a 10 metros. Abriam-se, então, novas perspectivas de utilização deste

equipamento, destacando-se: estudos hidrográficos, estudos ecológicos, estudos de poluição por macrodetritos, estudos de engenharia, avaliação de deslizamentos de terra na zona costeira, apoio a projetos de aquicultura, estudos de arqueologia submarina, etc.

OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo a avaliação das possibilidades que os sonares de varredura lateral pequenos, leves e de baixo custo apresentam aos estudos em regiões ultra-rasas, ou seja, de profundidade menor que 10 metros, e próximas da linha de costa. Para tal foi feita a identificação de feições e estruturas através da análise dos registros de sonogramas obtidos em

diferentes áreas de estudo; interpretação destes, identificando os diferentes padrões acústicos; traçado de limites destes padrões; e, quando houver a aplicabilidade, cálculo das áreas.

LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

Este estudo não se prendeu a uma área de estudo específica e sim na reinterpretação de dados de diferentes áreas de levantamento (Tabela 1) para avaliar a possibilidade de utilização dos dados de sonar de varredura lateral em estudos hidrográficos, ecológicos, geológicos, de engenharia costeira, de impactos ambientais, poluição marinha por macrodetritos, arqueologia, de eventos catastróficos, etc.

Tabela 1 – Informação sobre as coletas realizadas.

Local	Data de coleta	Região
Enseada de Dois Rios	10/12/2012	Porção do Rio Barra Grande na planície costeira
Enseada do Bananal	19 a 21/12/2012	Áreas de Costão e Afloramentos Rochosos submersos
Baía de Sepetiba	03 a 04/07/2013	Na entrada do Canal de Navegação do porto de Itaguaí
Arraial do Cabo	09 A 16/06/2013	Enseada do Forno
Arraial do Cabo	09 A 16/06/2013	Enseada dos Anjos
Angra dos Reis	28 A 29/08/2015	Enseada da Japuíba

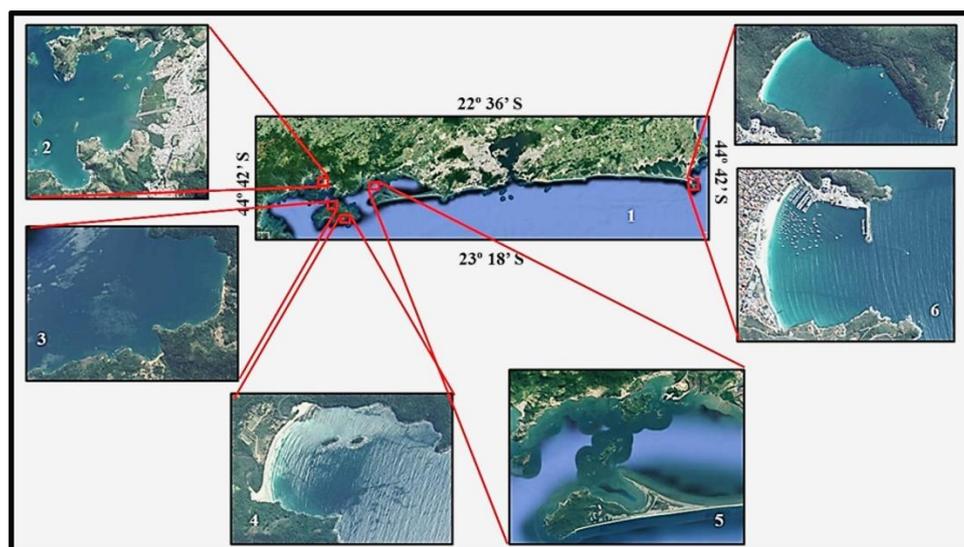


Figura 1 – Imagens Google Earth com a identificação das áreas de coleta de dados utilizados. 1 – Litoral do Estado do Rio de Janeiro com indicação das áreas de levantamento; 2 - Enseada da Japuíba, Angra dos Reis; 3 – Enseada do Bananal; 4 – Enseada de Dois Rios; 5 – Canal Principal da Baía de Sepetiba; 6 – Enseadas dos Anjos; e 7 – Enseada do Forno.

Enseada da Japuíba

Localizada em Angra dos Reis (Figura 2), é área de expansão urbana da cidade e apresenta ocupação urbana desordenada, sem infraestrutura sanitária e favelização das áreas mais pobres (VILLENNA, 1999). Em termos de morfologia do fundo marinho é uma enseada rasa, com profundidades inferiores a 10 m. Em seu interior desagua um dos maiores contribuintes fluviais da baía da Ilha Grande, o Rio Japuíba, responsável por processo de assoreamento acentuado na enseada com formação de cone de sedimentação (VILLENNA, 1999) e que apresentou, segundo Vieira *et al*, 2016, volume sedimentar acumulado entre 1997 e 2015 igual a 581.259 m³, consistindo num aumento de 32% em relação ao volume determinado por Villena (1999).

Por suas condições naturais, a economia de Angra dos Reis é baseada em grandes

empreendimentos como o Complexo Nuclear, o Terminal Petrolífero GEBIG, o Porto de Angra dos Reis e o Estaleiro BRASFELLS (BASTOS E CALLADO, 2009), no turismo e na pesca.

Há um nítido conflito de interesses com a necessidade de preservação ambiental, fundamental para as atividades turísticas desenvolvidas que se baseiam na beleza natural da região que une encostas com Mata Atlântica e mar de águas calmas e claras; e para a atividade pesqueira, que precisa de águas não poluídas e áreas de reprodução do estoque pesqueiro (manguezais e estuários) preservadas. De outro lado, posicionam-se os grandes empreendimentos, geradores de riqueza, impostos e empregos, mas potencialmente poluidores e geradores de degradação ambiental.

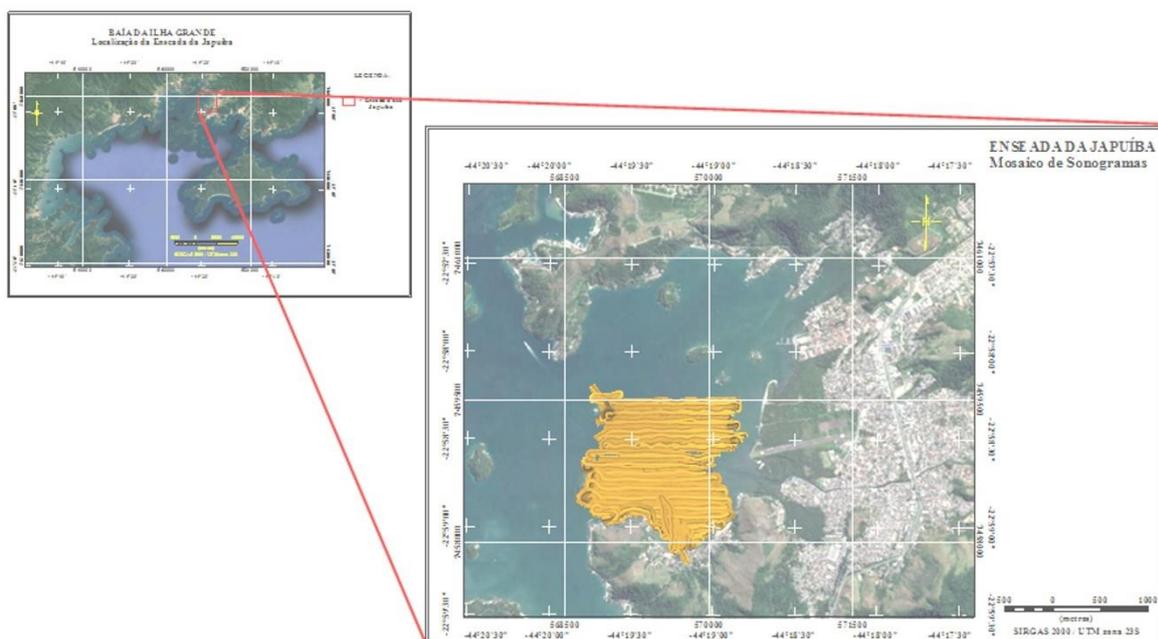


Figura 2 – Mapa com a localização da Enseada da Japuíba e detalhe do mosaico sonar dos dados coletados.

Ilha Grande

A Ilha Grande localiza-se entre as coordenadas 23°05'S – 23°14'S e 44°05'W – 44°23'W, pertencendo ao município de Angra dos Reis. Sua área total de 193 km² com cerca de 80% declarada como Área de Proteção Ambiental, o que segundo

Villena *et al*. (2014), associado ao fato de que o turismo e a aquicultura de peixes, algas e bivalves sejam as principais atividades econômicas, coloca o desenvolvimento sustentável como alvo constante.

A Enseada do Bananal encontra-se na face da Ilha Grande voltada ao continente e abriga as

praias do Bananal, do Bananal Pequeno, da Matariz, da Baleia e da Jaconema (Figura 3). O relevo do fundo marinho é típico de enseada sem grande aporte fluvial com profundidades mais rasas que 20 m e a porção com menos de 5 m de lâmina d'água, localizada bem junto à costa. A economia local tem como pilares o transporte marítimo, a pesca, o turismo, a aquicultura e o serviço público

municipal. A população que habita a enseada tem grande influência japonesa na comunidade de pescadores e suas antigas fábricas de pescados.

Em termos oceanográficos são observados pequenos fluxos de água e transporte, principalmente pela ação das marés, sem aporte fluvial de relevância (VILLENNA *et al.*, 2014).

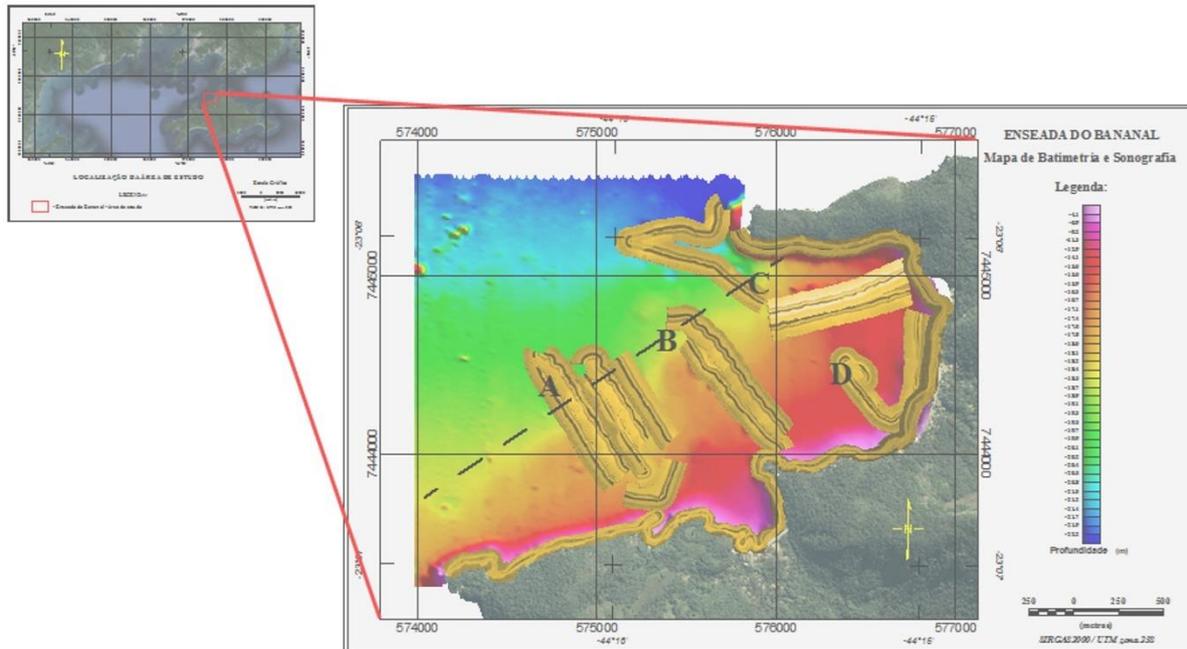


Figura 3 – Mapa de localização da Enseada do Bananal e detalhe do mosaico de sonogramas coletados.

Em 31 de Dezembro de 2009 um deslizamento de encosta movimentou mais de 30.000 m³ de material causando a morte de 32 pessoas (DOURADO E FERNANDES, 2013). Esse evento catastrófico é descrito por Villena *et al.* (2014) como

desnudamento da rocha de embasamento e da linha de costa (Figura 4), causado pelo movimento de massa que se deslocou em direção ao mar, originando dois cones de deposição com detritos.



Figura 4 – Enseada do Bananal. Seta vermelha indicando a região do deslizamento ocorrido na Ilha Grande nas datas: a)09/02/2007; b)05/06/2010; c)15/09/2015. Fonte: Google-Earth.

A Enseada de Dois Rios localiza-se na parte oceânica da Ilha Grande. Em suas águas desaguam dois rios de pequeno porte e pouca influência antrópica: o Barra Grande, no extremo sul da praia, e o Barra Pequena no extremo norte da praia. O fundo marinho tem menos de 20 m de lâmina d'água e relevo suavizado pela disposição sedimentar fluvial retrabalhada na enseada. A Vila Dois Rios é originária da instalação do Presídio Cândido Mendes que teve seu funcionamento de 1894 até 1994, quando foi extinto e posteriormente

se tornou o Ecomuseu da Ilha Grande (SANTOS *et al.*, 2009).

O rio Barra Grande, local do mapeamento, desce da serra e margeia o Centro de Estudos Ambientais e Desenvolvimento Sustentável da UERJ (CEADS/UERJ), desaguando na parte próxima ao sul da enseada (Figura 5). Em seu entorno observa-se a preservação de espécies de Mata Atlântica, da mata ciliar e de manguezais devido à pequena interferência humana nesse rio.

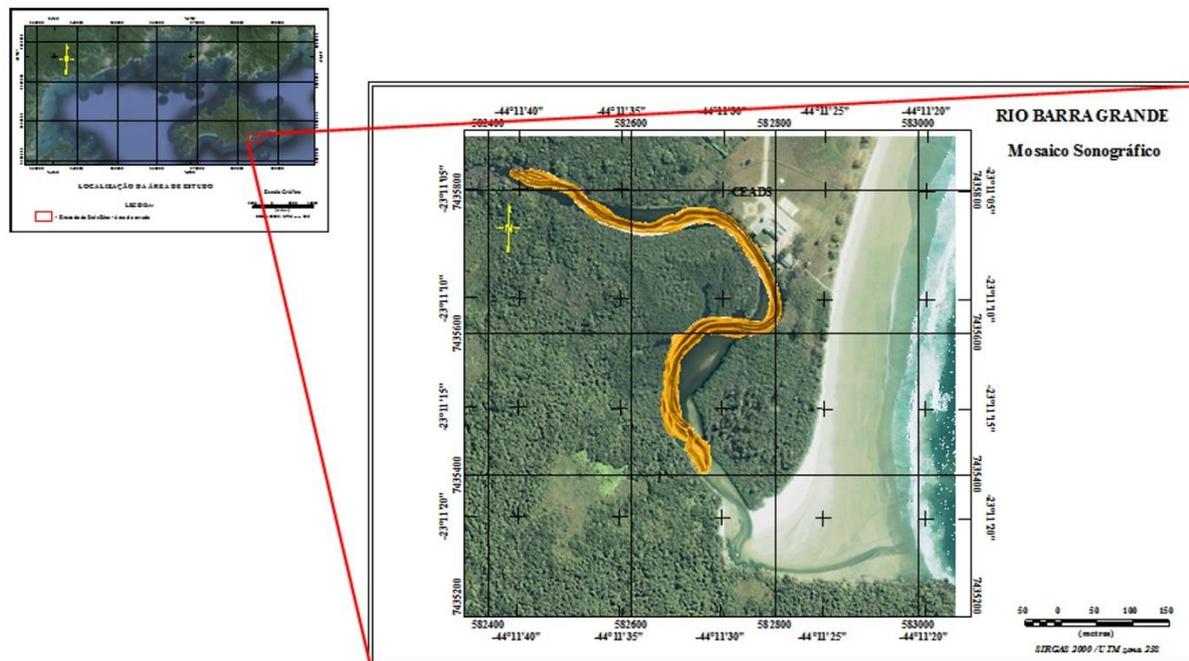


Figura 5 – Mapa de localização da Enseada de Dois Rios e detalhe do mosaico de sonogramas coletados no Rio Barra Grande.

Baía de Sepetiba

Localizada no litoral sudeste brasileiro, margeando a Bacia Sedimentar de Santos, entre as coordenadas 22° 53' S a 23° 04' S e 43° 34' W a 44° 02' W, tem seu limite sul marcado pela presença de longo e estreito cordão arenoso, a Restinga da Marambaia; o limite oeste, portal de comunicação entre a baía e o oceano, distingue-se pela presença de numerosas ilhas, lajes e afloramentos rochosos e à norte e leste o continente.

As condições atuais de relevo submarino, circulação marinha e deposição de sedimentos é fruto da história geológica da baía, intimamente

ligado às variações do nível do mar no Quaternário, principalmente Holoceno, encontrando-se marcas no registro sedimentar da baía e planície costeira adjacente (KNEIP E PALLESTRINNI, 1987; KNEIP *et al.*, 1987; PEREIRA *et al.*, 1999; BORGES, 1998; COELHO, 1999; SANTOS, 2000; LAUT, 2003; SANTOS, 2003; SILVA, 2006).

A coleta de dados se deu no canal principal da baía (Figura 6), próximo à sua comunicação com o oceano aberto, onde as correntes marinhas, principalmente devido à ação das marés, podem chegar a mais de 1,5 nós (DHN, 1986) com os picos de velocidades máximas próximo à metade

do período de enchente ou vazante. Nesta área a cobertura sedimentar é arenosa, favorecendo a formação de feições sedimentares características

de transporte sedimentar por correntes marinhas (*mega ripples, sand waves, etc*) e as profundidades são superiores a 15 m.

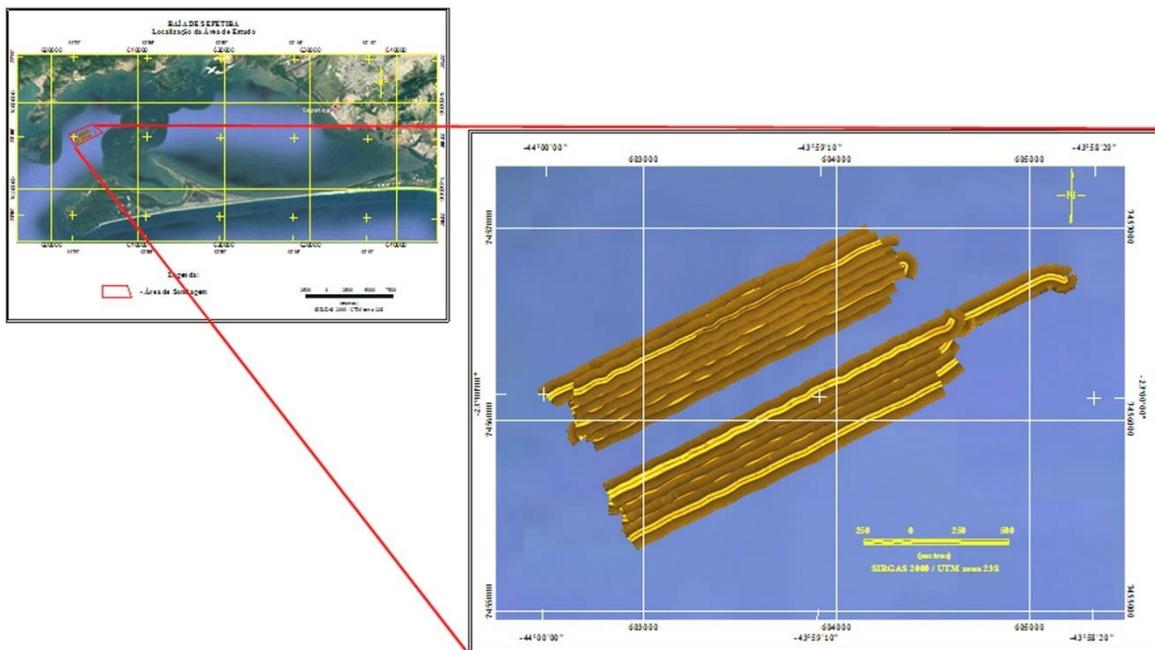


Figura 6 – Mapa de localização do Canal Principal da Baía de Sepetiba e detalhe do mosaico de sonogramas coletados.

Arraial do Cabo

O Município de Arraial do Cabo localiza-se na região denominada “Costa Azul” do Estado do Rio de Janeiro, com a sede nas coordenadas 22°57'58”S e 42°01'40” W e área total de 157,9 km² (ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2013). As principais atividades econômicas são o turismo, a pesca e a atividade portuária. Na Enseada dos Anjos temos o Porto do Forno e seu molhe de proteção, o Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM) da Marinha do Brasil, o Cais dos Pescadores/Turismo e a Praia dos Anjos (Figura 7). A enseada do Forno tem menor ocupação urbana e, conseqüentemente, menores impactos ambientais que a sua vizinha (Figura 7). Ambas as enseadas apresentam profundidades mais rasas que 20 m e, em média, a Enseada dos Anjos é mais profunda, fator que certamente influenciou a localização da infraestrutura portuária.

O cenário caracterizado pelas atividades descritas acima é de conflito, pois a pesca e o

turismo ecológico/ambiental desenvolvidos na região necessitam de qualidade e preservação ambiental, o que coincide com os interesses de um centro de pesquisa oceanográfica, o IEAPM. A presença do porto, por sua vez, com as intervenções de engenharia (cais de atracação e molhe de proteção) e atividades potencialmente poluidoras geram “stress” no meio ambiente.

A Enseada dos Anjos é a mais afetada, podendo-se observar as marcas das intervenções humanas na degradação da qualidade da água do mar em função de poluição por esgoto doméstico e por óleo, além de alteração do transporte sedimentar na praia dos Anjos gerando erosão na porção sul e acumulação na porção norte (SAVI E FERNANDEZ, 2003; SAVI, 2007), além da poluição por macrodetritos identificada por Villena et al. (2014).

A Enseada do Forno, por sua vez, apresenta uma melhor preservação, pois a ocupação humana não se faz presente na mesma intensidade. Sua utilização pela população local e por turistas é para

recreio, gerando pressão ambiental pelo acúmulo de lixo devido à falta de consciência ambiental dos

usuários.

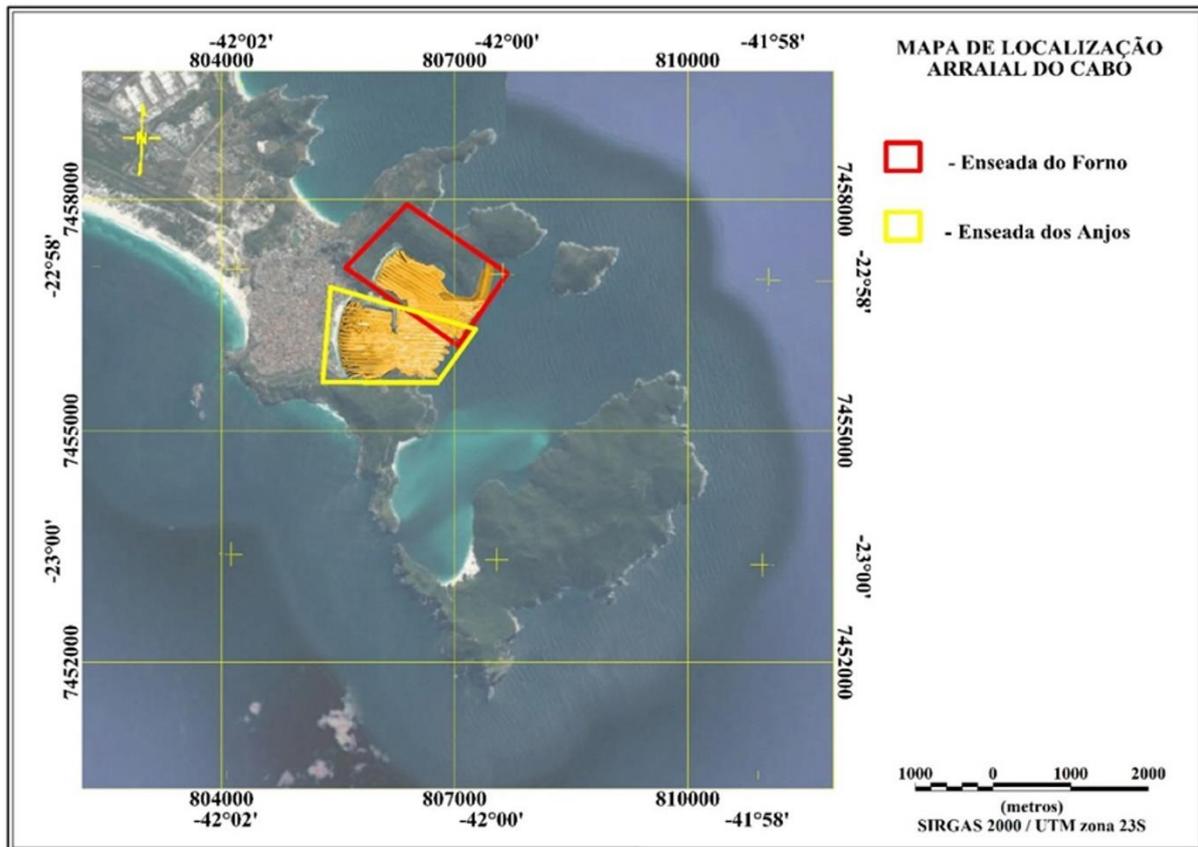


Figura 7 – Mapa do Cabo Frio com a localização das enseadas dos Anjos (polígono vermelho) e do Forno (polígono amarelo) e mosaico de sonogramas coletado.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho realizado baseia-se em dados coletados com Sonar de Varredura Lateral Tritech, modelo Starfish 425. Para possibilitar mapeamento das áreas ultra-rasas o *tow fish*, ou seja, o transdutor do equipamento, foi fixado à lateral das embarcações utilizadas por meio de um suporte e de tubo galvanizado, posicionando-se a antena do DGPS no topo da haste para não haver deslocamento de posição (*offset*).

Procedeu-se a reinterpretação dos sonogramas utilizando-se o software SonarWiz5®, no qual pôde-se proceder ajustes de ganho, brilho, contraste e algumas filtragens nos dados para melhoria das imagens conforme Marino *et al* (2012) e CARAZZAI (2015).

Com as imagens tratadas, procedeu-se a delimitação das feições e alvos observados, com ênfase em:

- Tectônica e Geologia Estrutural – estes são mecanismos controladores do embasamento cristalino em todas as regiões mapeadas. Inserem-se aqui o Costão Rochoso e os Afloramentos Rochosos, representantes deste embasamento cristalino aflorando no fundo marinho, feições de grande importância ecológica;
- Dinâmica Sedimentar – mecanismo controlador do transporte e deposição de sedimentos. Aqui temos as Ondas de Areia, as Mudanças de Textura Sedimentar, as Cunhas Arenosas, entrecosta e o Banco de Deposição do Rio Japuíba, representantes de feições sedimentares de transporte e deposição.

- Engenharia e Ação Humana – o agente é o homem, interferindo no meio ambiente para utilização em seu favor. Aqui temos os Piers, as Rampas Náuticas, os Muros, Poitas, Poluição por Macrodetritos (tubos e pneus). Essas feições são fruto de obras de engenharia que buscam defender o patrimônio imobiliário ou dar suporte às atividades náuticas dos habitantes locais.

- Eventos Catastróficos – esses mecanismos são de ocorrência menos usual, mas de consequências grandes devido à sua magnitude. Aqui temos um exemplo claro, o Leque de Deslizamento da Enseada do Bananal, fruto de desastre natural ocorrido em dezembro de 2009.

Uma vez delimitadas todas as feições, os polígonos gerados foram exportados com arquivos .XYZ e importados no Software Oasis Montaj 8.4, onde foram gerados os mapas e localizadas as áreas de cada feição e, quando aplicável, feitos os cálculos de área.

RESULTADOS

Como fruto dos dados utilizados, do processamento, interpretação e determinação/delimitação de feições, obteve-se o mapeamento buscado como objetivo do trabalho.

Nas diversas áreas onde se coletou os dados puderam ser identificadas, entre naturais e antrópicas, 18 diferentes feições que são mostradas abaixo:

- **Banco Arenoso** – feição observada na Enseada da Japuíba, na desembocadura do Rio Japuíba (Figura 8) e no Rio Barra Grande, Enseada de Dois Rios (Figura 9).

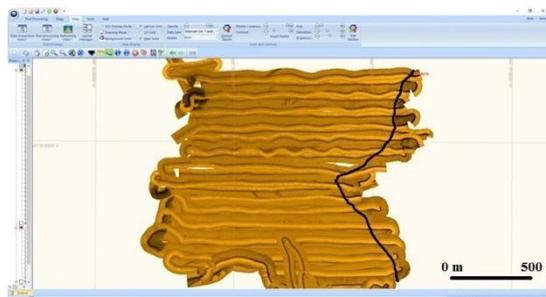


Figura 8 – Mosaico de sonogramas da Enseada da Japuíba mostrando o banco arenoso na desembocadura do rio delimitado pela linha em preto.

- **Entrecosta** – Feição observada na Enseada da Japuíba e que representa a escarpa de praia da Praia da Enseada (Figura 10).

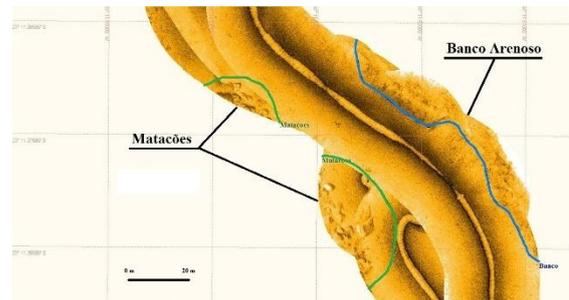


Figura 9 – Zoom da imagem de sonar do Rio Barra Grande apresentando as feições do banco arenoso (azul) e Matações (verde).

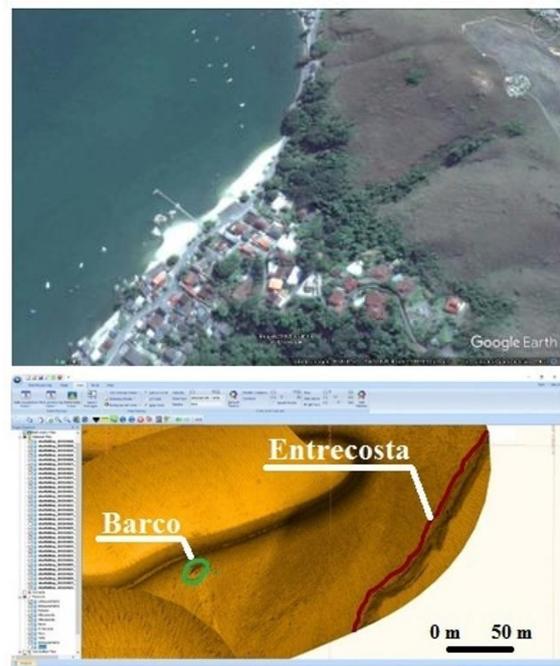


Figura 10 – Acima) Imagem Google Earth da Praia da Enseada; e Abaixo) Zoom da Imagem sonar apresentando entrecosta de praia (magenta).

- **Estaqueamento/Piers** – Feição observada na Enseada da Japuíba, na Enseada do Bananal, na Enseada dos Anjos e representa estrutura antrópica para atracação de embarcações em propriedades particulares, maior parte destas feições mapeadas, ou em áreas públicas, caso da Enseada dos Anjos e Enseada do Bananal (Figura 11).

- **Muros** – Estrutura de contenção usada nas construções à beira mar, muito comum na região da Baía da ilha Grande, tendo sido identificada em sonogramas da Enseada da Japuíba e do Bananal (Figura 12).

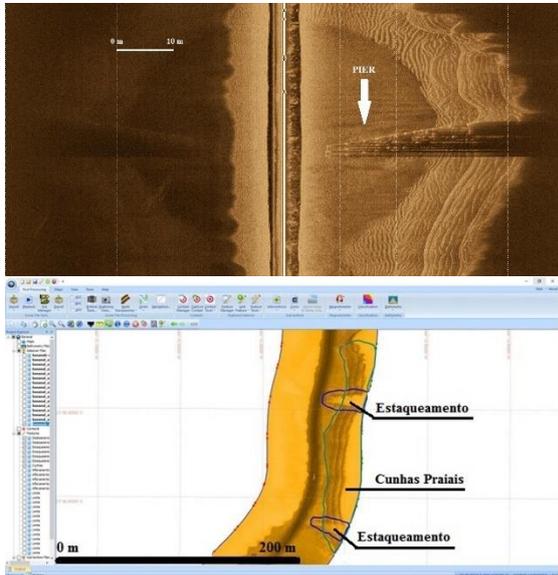


Figura 11 – Exemplo de feição de Estaqueamento/Pier observada na enseada do Bananal. Acima) Zoom do sonograma; e Abaixo) Interpretação/delimitação.

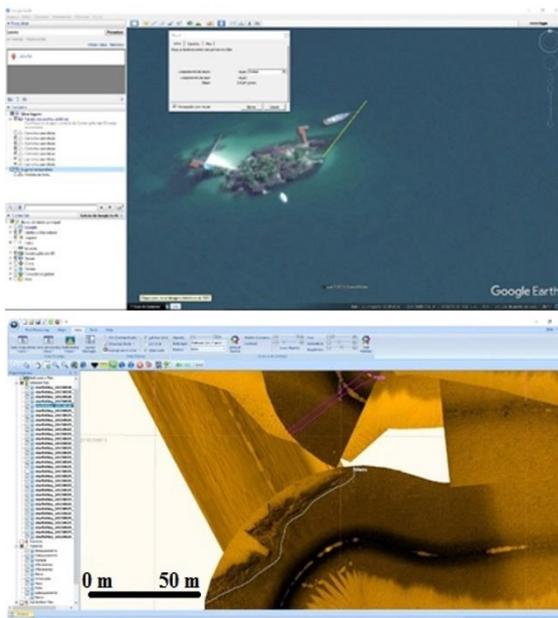


Figura 12 – Imagem Google Earth da Ilha da Murta, Enseada da Japuíba (Acima), onde pode-se observar o muro, e detalhe da interpretação do sonograma (Abaixo).

- **Poita/Cabo** – Estrutura antrópica para a amarração de embarcação, comum em áreas abrigadas (baías e enseadas). Esta feição foi observada em sonogramas nas enseadas da Japuíba e do Bananal, na Baía da Ilha Grande, e nas enseadas do Forno e dos Anjos, em Arraial do Cabo (Figura 13).



Figura 13 – Detalhe de sonograma mostrando a poita e o cabo de amarração na Enseada dos Anjos em Arraial do Cabo.

- **Rampas Náuticas** – Estrutura náutica muito usada em áreas abrigadas (baías e enseadas) para lançamento e recolhimento de embarcações de recreio. Este tipo de feição foi observada principalmente na Enseada da Japuíba (Figura 14).

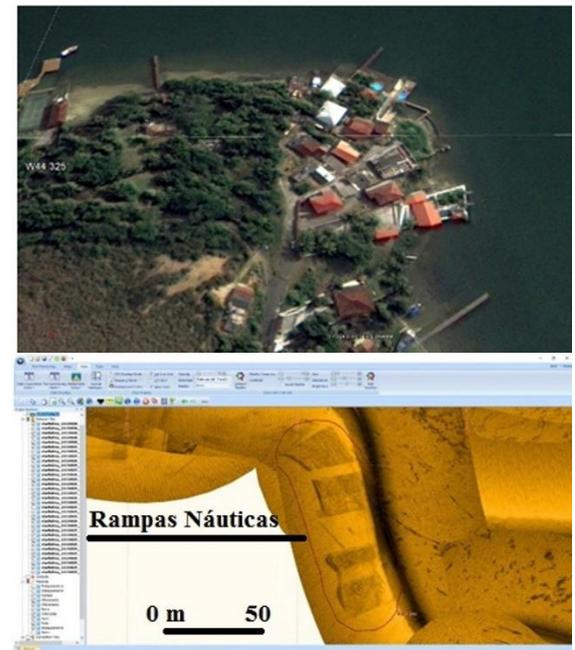


Figura 14 – Imagem Google Earth mostrando a infraestrutura náutica das residências (Acima) e a

respectiva imagem sonográfica com a delimitação das rampas náuticas (Abaixo).

- Afloramentos Rochosos Submersos –

Feição associada ao aparecimento na superfície do fundo marinho de porções do embasamento rochoso, sendo comum em áreas de relevo escarpado junto à costa. Esse tipo de feição foi observado na Enseada do Bananal (Figura 15). São feições de interesse ecológico pela possibilidade de fixação de organismos bentônicos sésseis em meio a substrato inconsolidados.

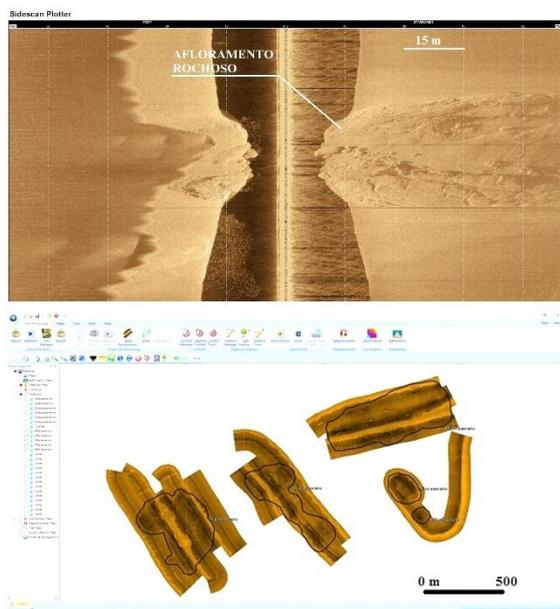


Figura 15 – Exemplo de sonograma de afloramento rochoso na Enseada do Bananal (Acima) e a delimitação dos afloramentos (Abaixo).

- Costão Rochoso – Feição geológica comum em áreas onde o relevo montanhoso encontra-se no litoral. Foram obtidos registros sonográficos desta feição nas enseadas dos Anjos, Forno, Japuíba e Bananal (Figura 16). Essa é uma feição de muita importância em termos de estudos ecológicos.

- Deslizamento de Encosta – Evento extremos responsável por prejuízos materiais e perdas de vidas humanas. Quando ocorre em áreas junto à costa e atinge o oceano, gera um leque de deposição de sedimentos e detritos, como o leque observado na Enseada do bananal (Figura 17).

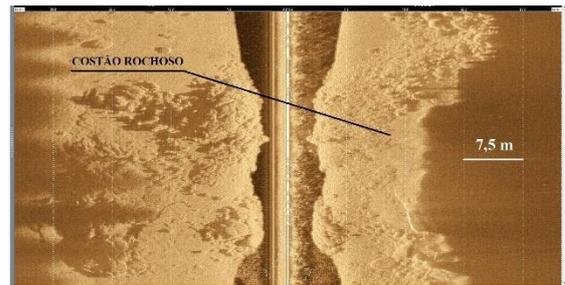


Figura 16 – Imagem sonar da área de costão na Enseada do Bananal.

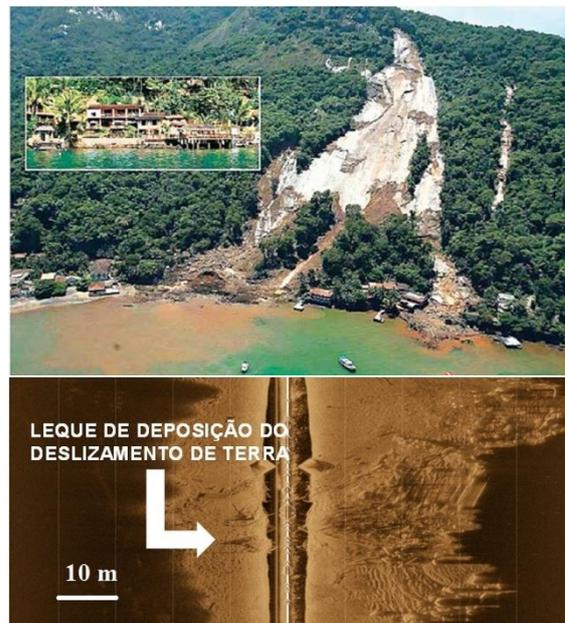


Figura 17 – Fotografia do deslizamento de terra que ocorreu em 31/12/2009 na Enseada do Bananal, Ilha Grande (Acima), e respectivo sonograma do leque de deposição gerado e sua delimitação (Abaixo).

- Cunhas Praiais – Feição identificada em todas as praias da Enseada do Bananal, onde observa-se 03 cunhas arenosas sobrepostas. Podemos observar no detalhe do sonograma (A) e a sua interpretação/delimitação (B) (Figura 18).

- Margem do Rio – Feição observada nos sonogramas do Rio Barra Grande, Enseada de Dois Rios e mostra o “barranco” que delimita a calha do rio na planície costeira (Figura 19).

- Área de Matações Fluviais e de Laje Fluvial – Feições também relacionadas ao Rio Barra Grande, na Enseada de Dois Rios, em sua porção inicial do curso na planície costeira, onde a sua

porção de cachoeira se finda. Observa-se grandes matacões rolados ao longo do tempo geológico e também uma lage rochosa que representa o afloramento do embasamento local (Figura 20).

- **Raízes do Manguezal** – Feição observada nos manguezais do Rio Barra Grande, onde podemos delimitar as raízes da vegetação de mangue (Figura 21).

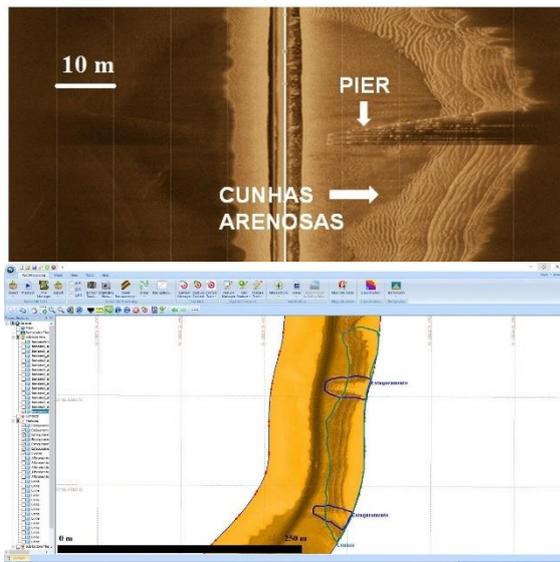


Figura 18 – Acima) Imagem sonográfica das cunhas em praia da Enseada do bananal e sua respectiva interpretação (Abaixo).

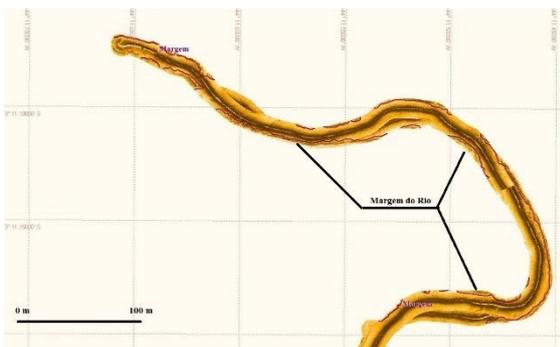


Figura 19 – Mosaico sonográfico do Rio Barra Grande mostrando a delimitação de suas margens (linha roxa).

- **Pneus** – Tipo de registro muito comum na área da Enseada dos Anjos, principalmente nas proximidades do Cais de Turismo. Também observada na rampa náutica do Centro de estudos Ambientais e Desenvolvimento Sustentável da Ilha

Grande. No primeiro caso é nitidamente um caso de poluição ambiental e no segundo é uma estrutura náutica de proteção às embarcação, encontrando-se fixada à rampa por amarração de cabos (Figura 22).

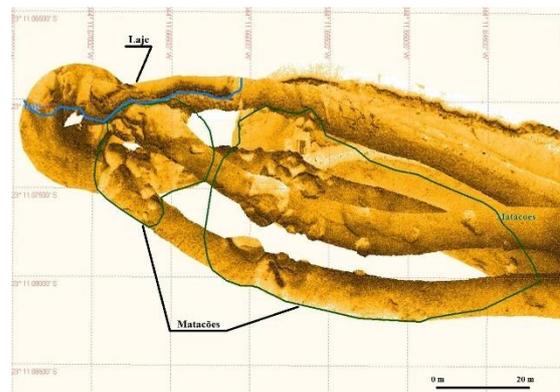


Figura 20 – Imagem sonográfica com a devida interpretação e delimitação da área de matacões e da laje fluvial.

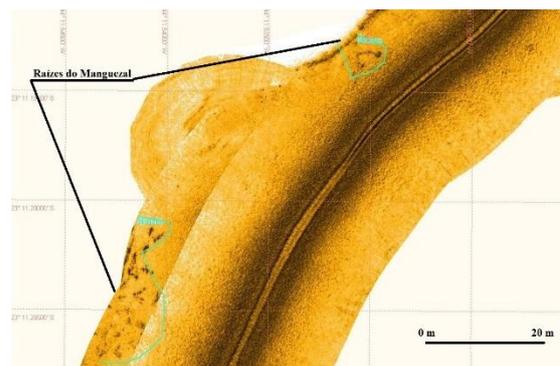


Figura 21 – Imagem sonográfica com a identificação e delimitação das raízes da vegetação de manguezal.

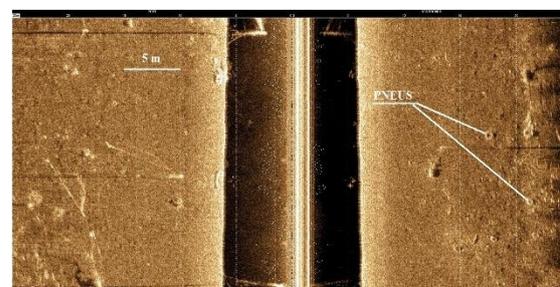


Figura 22 – Imagem sonográfica mostrando a identificação de pneus no fundo marinho na Enseada dos Anjos Arraial do Cabo.

- **Ondas de Areia e Mudanças de Textura Sedimentar** – Essas feições foram perfeitamente

identificadas na Baía de Sepetiba, onde os sonogramas foram coletados em área de maior profundidade (lamina d'água > 15 metros) e de fortes correntes. Entretanto, junto a costões rochosos na Enseada dos Anjos também observou-se marcas de onda nos sedimentos arenosos (Figura 23).

- **Naufração** – Feição identificada na Enseada do Forno, Arraial do Cabo, nas proximidades do costão rochoso. Pode-se ver nitidamente o que parece ser o bloco de motor ou caldeira da embarcação naufragada com resposta forte, provavelmente relacionada a item metálico, e de forma geométrica bem regular (Figura 24).

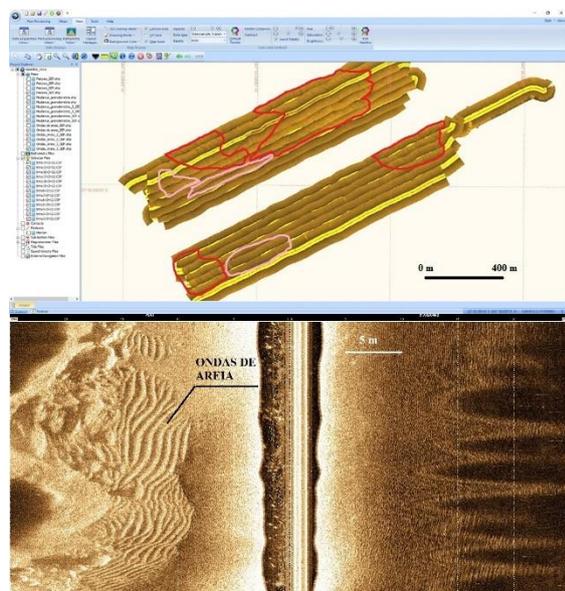


Figura 23 – Sonogramas da Baía de Sepetiba (Acima) e da Enseada dos Anjos (Abaixo). No primeiro temos a delimitação da áreas de ondas de areia e da mudança de textura sedimentar, relacionada ao canal da baía, enquanto que no segundo temos a identificação de marcas de onda no sedimento arenoso, provavelmente relacionado à movimentação da água pela subida e descida das ondas no costão rochoso.

- **Tubos ou Hastes de madeira** – Feições identificadas na Enseada dos Anjos (Figura 25).

DISCUSSÃO

O sonar de varredura lateral é um dispositivo de imageamento acústico de alta resolução do fundo marinho (KENNY *et al.*, 2003), sendo seu desenvolvimento atribuído ao Professor Harold Edgerton e outros na década de 1960 com base no Anti-Submarino Detection Investigation Committee (ASDIC), sistema construído durante a Segunda Guerra Mundial para detecção de Submarinos (FISH E CARR, 1991).

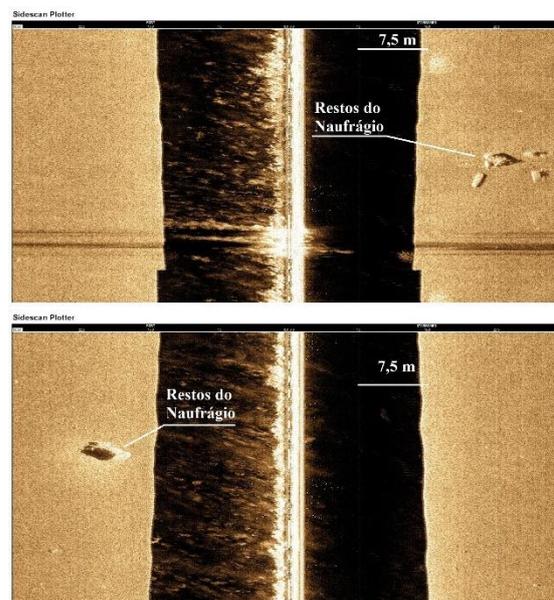


Figura 24 – Imagens sonar dos dois agrupamentos de restos de naufrágio na Enseada do Forno (Acima e Abaixo).

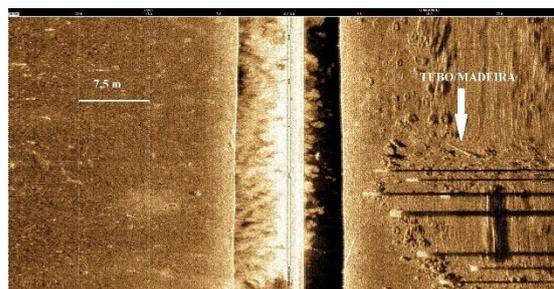


Figura 25 – Imagem sonar de tubo/madeira no fundo marinho na área do Cais de Turismo na Enseada dos Anjos.

Atualmente, com a redução de tamanho, peso e custo, este equipamento é item básico em mapeamentos geofísicos marinhos, tendo sua evolução possibilitado a fixação na embarcação e a

utilização em áreas antes improváveis, visto que o equipamento era rebocado por cabo eletromecânico e de elevado custo de reposição em caso de colisão com substrato rochoso.

O mapeamento executado em diferentes áreas de trabalho identificou feições importantes a estudos geológicos, ecológicos, hidrográficos, de dinâmica de sedimentos, engenharia e ação humana, poluição por macrodetritos, possibilitou suas delimitações e, quando aplicável, o cálculo de áreas.

Destaca-se a importância do estudo realizado em termos de Cartografia Náutica, pois muitas das feições identificadas, mapeadas e delimitadas fazem parte da lista de símbolos obrigatórios nas Cartas Náuticas, conforme especificações da Organização Hidrográfica Internacional que devem ser seguidas pelos países membros. No Brasil essa regulamentação fica a cargo da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil que publica a Carta 12000: Símbolos, Abreviaturas e Termos usados nas Cartas Náuticas (BRASIL, 2014). Fica nítida a importância do estudo realizado na contribuição na determinação de pontos críticos, tais como a determinação do limite entre o costão rochoso e o sedimento inconsolidados; limite dos afloramentos rochosos, localização e delimitação de piers, cais, muros, etc.

A Enseada da Japuíba apresentou oito feições de interesse (Figura 26): banco arenoso, barco, entrecosta, estaqueamento/pier, muro, poita/cabo, rampa náutica e afloramento rochoso.

Esta enseada foi a de maior presença de estruturas relacionadas à apoio náutico (rampas, piers) e de muros de contenção de imóveis, pois das áreas estudadas é a de maior presença de residências na linha de costa.

Destaca-se nesta área a presença do banco de deposição na desembocadura do Rio Japuíba, cuja delimitação nas imagens sonar acompanha, aproximadamente, as isolinhas de batimetria determinadas por Vieira *et al.* (2016). A área delimitada no sonograma foi calculada com o

auxílio do software Geosoft 8.4, sendo aproximadamente de em 440.000 m² (Figura 27).

Ressalta-se aqui que Vieira *et al.* (2016) observam um assoreamento de mais de 581.259 m³ no período entre 1997 e 2015. Este volume apresenta aumento de cerca de 32 % em relação ao determinado por Villena (1999), que no período entre 1979 e 1997 obteve aproximadamente 439.986 m³.

A Enseada do Bananal teve identificação e mapeamento de cinco feições (Figura 28): costões rochosos, afloramentos rochosos, deslizamento de encosta, cunhas praias e estaqueamento/pier.

Os costões circundam toda a enseada, sendo intercalados por cinco praias encaixadas, sendo a principal delas localizada ao fundo da enseada tendo o mesmo nome desta. Os costões rochosos são definidos como Área de Proteção Permanente (APP) na Constituição do Estado do Rio de Janeiro, em seu Artigo 268, alínea II (BRASIL, 2012). Essa determinação de conservação ambiental deriva de sua importância ecológica ao meio ambiente marinho pelas características únicas em termos de meio físico e biótico. O cálculo de área executado apontou aproximadamente 109.000 m² de costões na enseada.

Os afloramentos rochosos, em número de cinco, apresentam área aproximada de 505.000 m² com um deles constituindo perigo à navegação (BRASIL, 2004), sendo sinalizado por uma baliza PEP, conforme a legislação náutica vigente (BRASIL, 2014).

O deslizamento de terra ocorrido em 2009 atingiu o mar e gerou dois leques de deposição a sul da praia do Bananal, no qual pode-se reconhecer os detritos arrastados da encosta e das edificações atingidas. A área total dos leques é de aproximada de 9.200 m².

As cunhas praias, representantes dos processos sedimentares atuantes na enseada e indicadoras da escarpa submersa da frente praial, estão presentes em todas as praias da enseada, tendo a principal delas, na praia do Bananal, uma área aproximada de 13.000 m².

Figura 26 – Mapa do Mosaico de sonogramas da Enseada da Japuíba com todas as feições mapeadas.

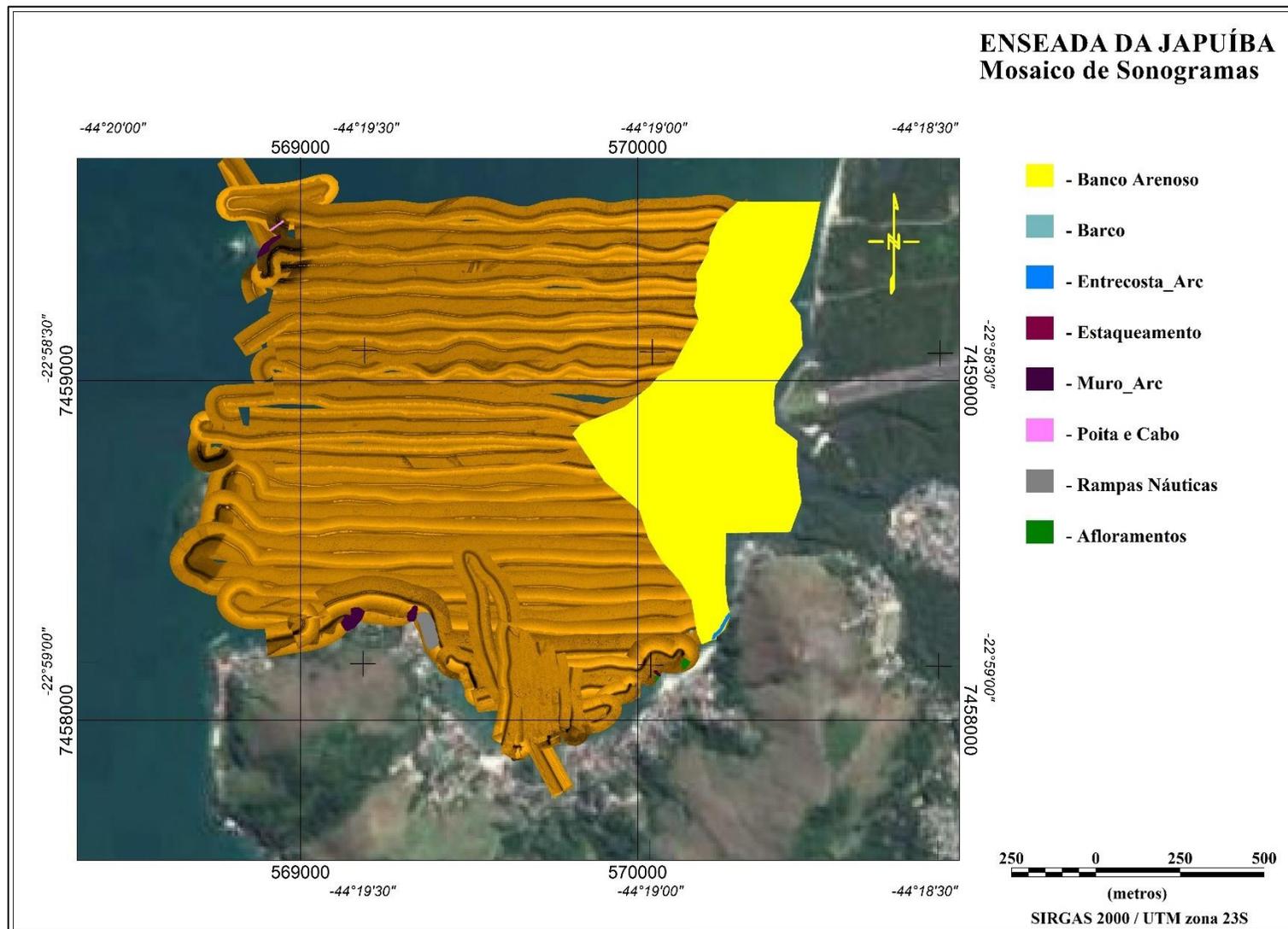


Figura 27 – Mapa de comparação entre as isolinhas de 2015 e a feição do banco arenoso do sonograma.

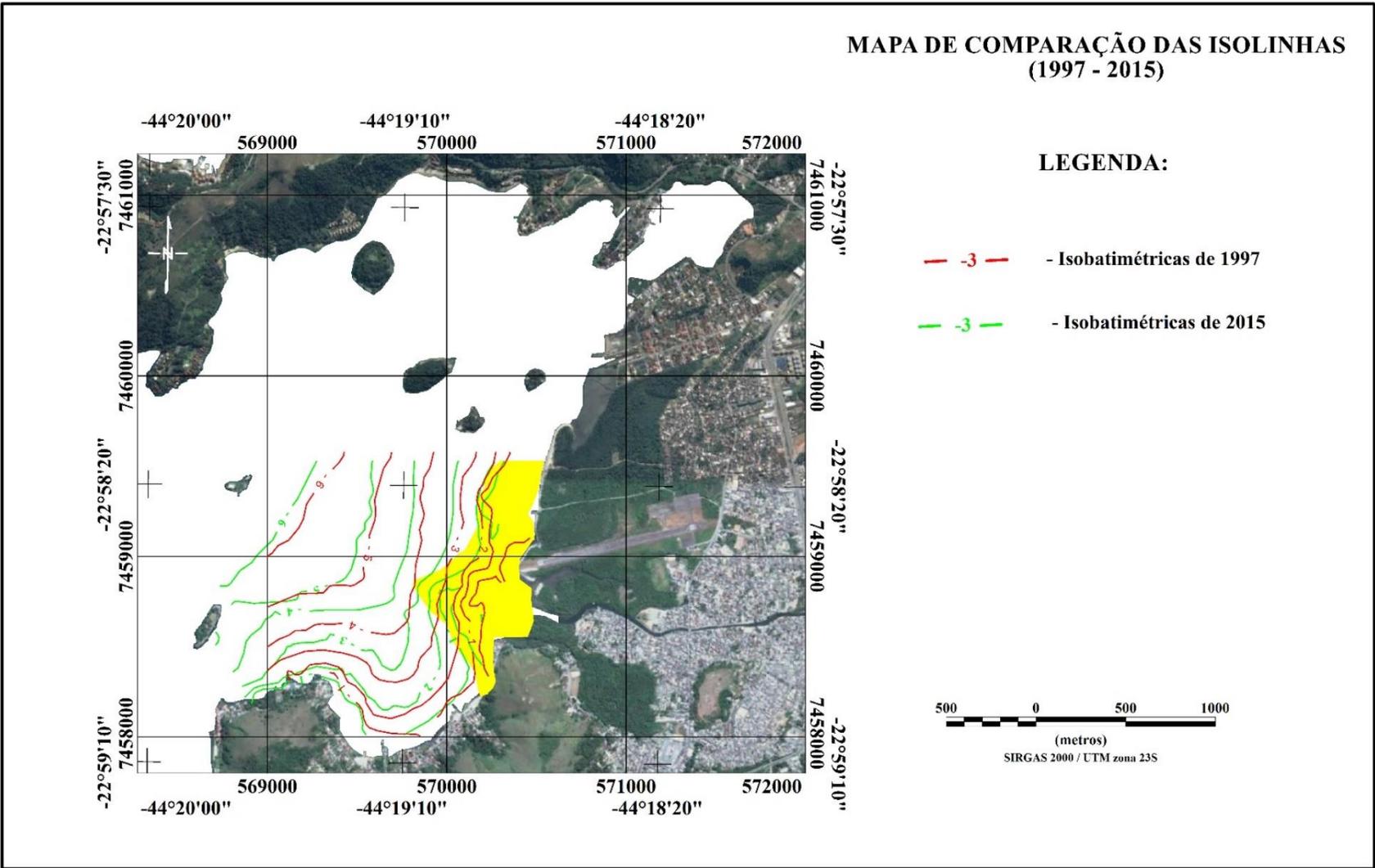
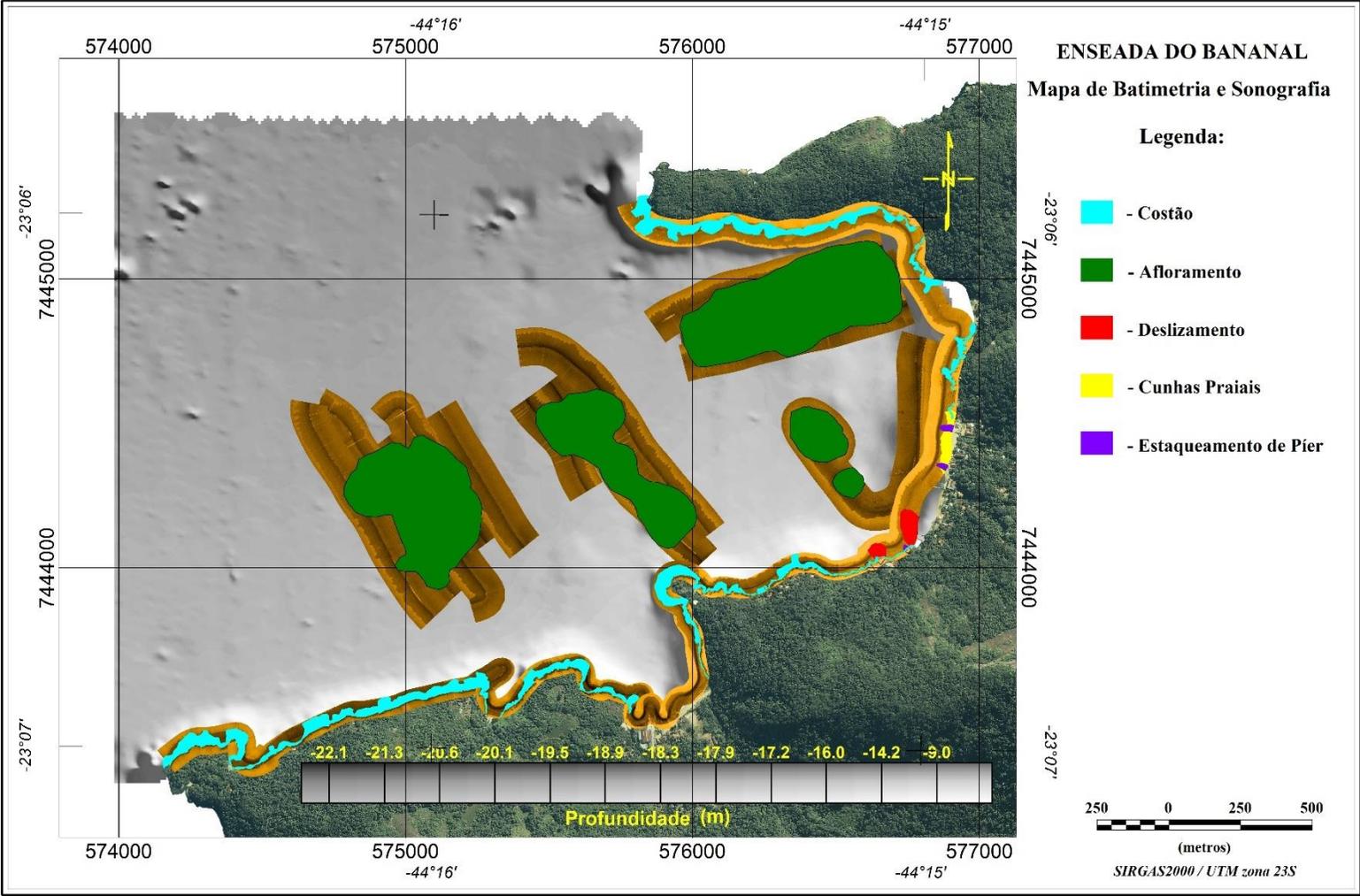


Figura 28 – Mapa de Batimetria e Sonografia com todas as feições encontradas na Enseada do Bananal.



O Rio Barra Grande está localizado na Enseada de Dois Rios na face oceânica da Ilha Grande. Dentre todas as áreas estudadas foi a que melhor demonstrou a aplicabilidade do sonar de varredura lateral em áreas ultra rasas (Figura 29), pois em seu curso final apresenta profundidade máxima de 3,5 metros, com sua maior parte com profundidades entre 0,6 e 1,2 metros. Foram identificadas sete feições neste rio: banco arenoso, margem do rio, laje, raízes do manguezal, rampa náutica e pneus de defesa.

Temos dois bancos arenosos mapeados, ambos localizados na parte interna de uma curva do rio, em sua margem esquerda. Nitidamente estão sob a influência das correntes fluviais e de maré com o retrabalhamento de areia oriunda do rio ou da praia. O cálculo da área total destes bancos é de 2827 m².

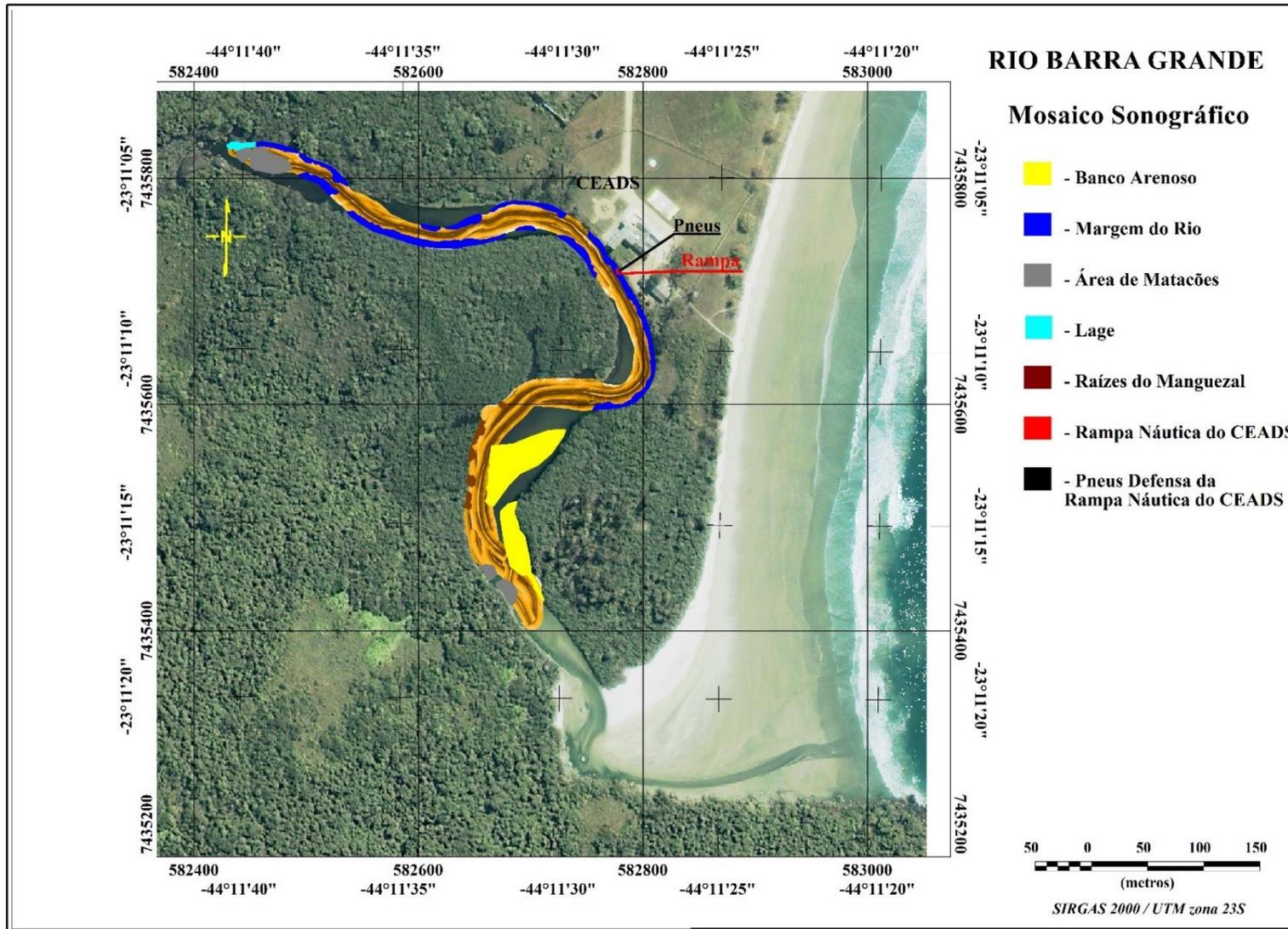
As duas áreas de matacões observadas associam-se a proximidades com a encosta montanhosa, uma delas na chagada do rio à planície costeira, onde também se observa um desnudamento de laje rochosa, indicando a fonte dos blocos como sendo a área de cachoeira e deslizamentos de encosta em eventos extremos de

chuva, a outra região de matacões é mais próxima à desembocadura e associa-se a eventos de deslizamento de encosta como fonte das rochas. As áreas de matacões somam um total de aproximadamente 938 m².

Ao longo de quase todo o curso mapeado pode-se identificar o barranco delimitador da calha do rio, sendo mapeado como "margem do rio". Em alguns pontos da margem também se pode, ao invés do barranco, identificar-se as raízes da vegetação de manguezal. Essas duas feições são de grande importância em estudos sobre a evolução do rio e acompanhamento de processos erosivos e/ou de assoreamento. Em termos de área, calculou-se aproximadamente 202 m² de raízes de manguezal delimitadas no estudo.

A rampa náutica e seu conjunto de defensas de pneus está associada ao Centro de Estudos Ambientais e Desenvolvimento Sustentável, CEADS-Ilha Grande, pertencente à Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ. Não deixa de ser uma ação antrópica na localidade, mas os pneus encontram-se atados por cabos de amarração para evitar seu arraste para o leito do rio.

Figura 29 – Mapa do Mosaico de sonogramas do Rio Barra Grande com todas as feições.



A região do canal da Baía de Sepetiba foi a área de sondagem com maior média de profundidade e de maior dinâmica de correntes marinhas, principalmente influenciadas pelas marés. Foram identificadas e mapeadas duas feições (Figura 30): ondas de areia e mudança de textura sedimentar.

A cobertura sedimentar local, segundo Pereira *et al.* (2004) é composta por sedimentos arenosos, propiciando a formação de ondas de areia em função do transporte sedimentar pelas correntes de maré.

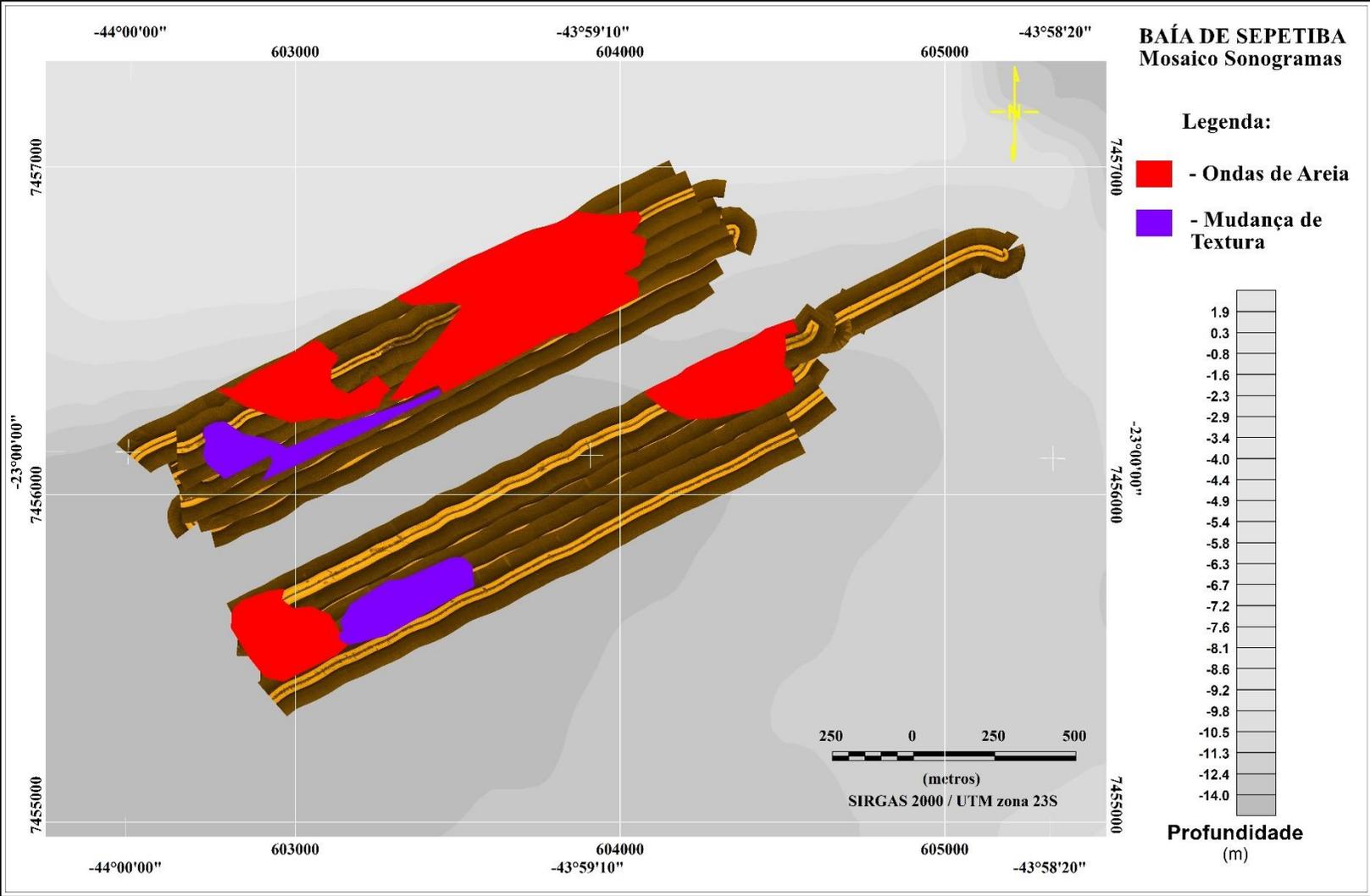
Quatro áreas de ondas de areia puderam ser individualizadas e, considerando-se a direção das linhas de sondagem aproximadamente NE-SW e a geometria das ondulações observadas, as correntes marinhas predominam na mesma direção

da sondagem, invertendo seu sentido, adentrando a baía na maré enchente e saindo da baía na maré vazante, o que corrobora estudo de Baptista Filho *et al.* (2003).

Foi possível a identificação também de duas áreas de mudança textural do sedimento adjacente às áreas de ondas de areia, entretanto não apresentando essas feições sedimentares. A mudança da característica do sonograma está possivelmente relacionada à presença de areia mais fina nessas duas áreas.

Em termos de cálculo de área, a soma total das áreas onde observa-se ondas de areia é de aproximadamente 430.000 m², enquanto que as duas áreas de textura diferenciada somam aproximadamente 101.000 m².

Figura 30 – Mapa do Mosaico de sonogramas da Baía de Sepetiba com todas as duas feições identificadas e delimitadas.



Na Enseada dos Anjos foram delimitadas oito feições (Figura 31), sendo seis delas associadas às ações antrópicas na região, enquanto que as outras duas naturais. Esta enseada, dentre todas as áreas pesquisadas, foi a que apresentou maior impacto ambiental por macrodetritos de origem antrópica, sendo encontrados e mapeados, conforme estudo de Villena (2015), 361 pneus, 182 poitas de amarração e 06 tubos metálicos/hastes de madeira. Somam-se como estruturas antrópicas de obras de engenharia o estaqueamento dos piers do cais de turismo, o limite submerso do molhe e o cais do porto. Como feições naturais temos o costão rochoso observado na porção sul da enseada, cuja área foi calculada em aproximadamente 28.219 m², e junto a ele, em determinado local, feições de marcas de onda (ripple marks) no sedimento arenoso, com área determinada de aproximadamente 556 m².

A Enseada do Forno, por sua vez, mostrou-se muito mais preservada, ocorrendo muito menor ocupação urbana, nenhuma identificação significativa de macrodetritos no fundo marinho. Nesta enseada foram identificadas três feições significativas (Figura 32).

A primeira delas, o Costão Rochoso distribui-se de maneira bem uniforme nas margens nordeste e sudoeste da enseada, tendo área calculada em aproximadamente 29.664 m².

A segunda, fazenda marinha malacocultura (moluscos bivalves), situa-se a este-nordeste da enseada, próximo a bar flutuante que atende aos turistas. Por fim, os restos de naufrágio identificado nos sonogramas, sendo composto por dois grupos de destroços afastados por um máximo de 100 m. Sua localização é na boca da enseada, a cerca de 330 m a oeste do da ponta leste do costão. A posição e arranjo dos destroços corresponde à descrição do naufrágio do Rebocador Herald (Figura 33), afundado em 15/01/1971 (NAUFRÁGIOS DO BRASIL, 2016), segue transcrição da descrição presente no site:

“Os destroços estão divididos em duas porções afastadas de aproximadamente 100 metros. Naufrágio foi partido por uma plataforma de petróleo. Na primeira parte (próximo à balsa) existe uma caldeira de 3m de diâmetro e algumas ferragens (existem 2 âncoras tipo garatêa que não fazem parte do navio). Na segunda parte estão as máquinas, tanques de combustível ou água e outras ferragens”.

Figura 31 – Mapa das feições delimitadas na enseada dos Anjos.

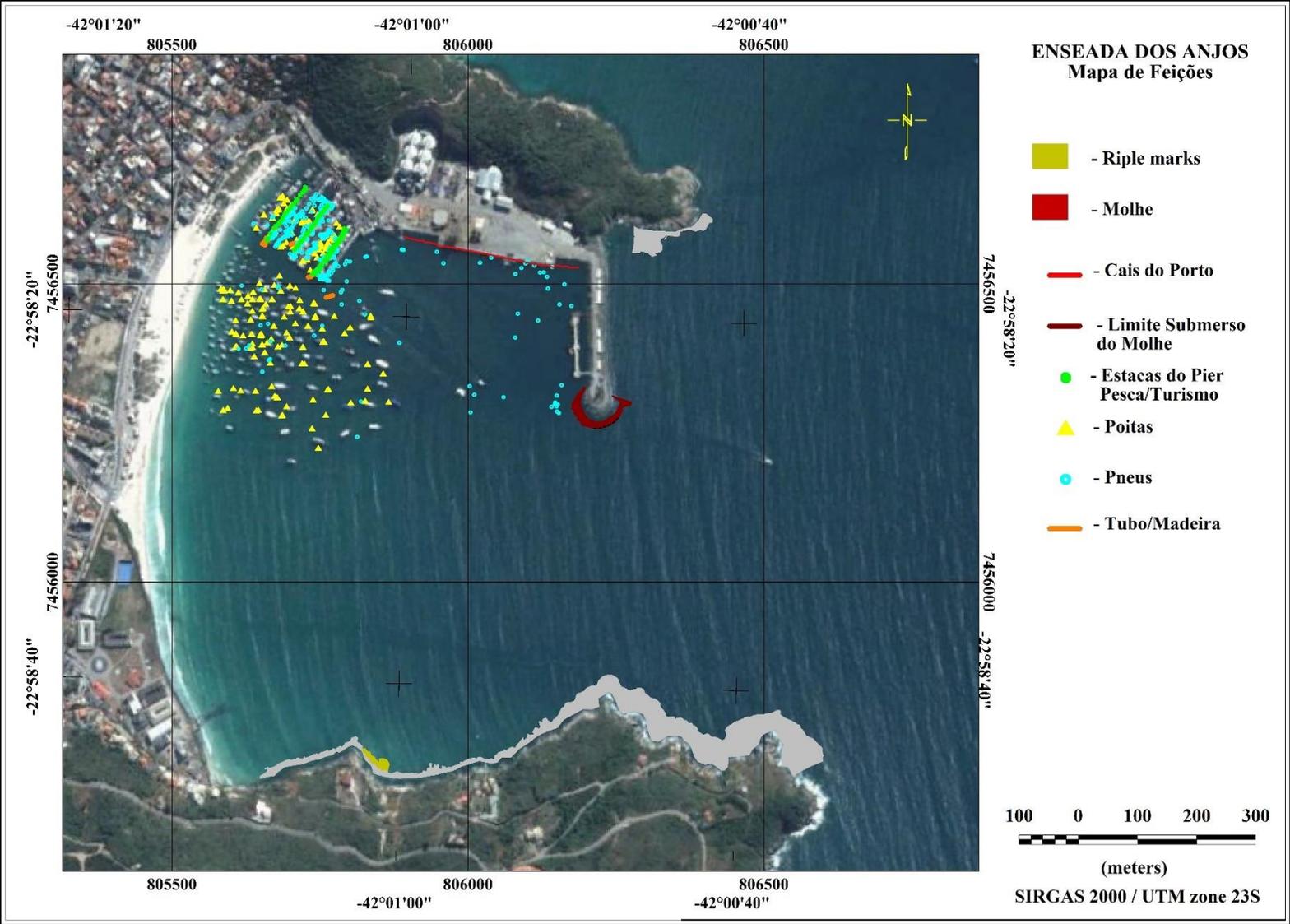
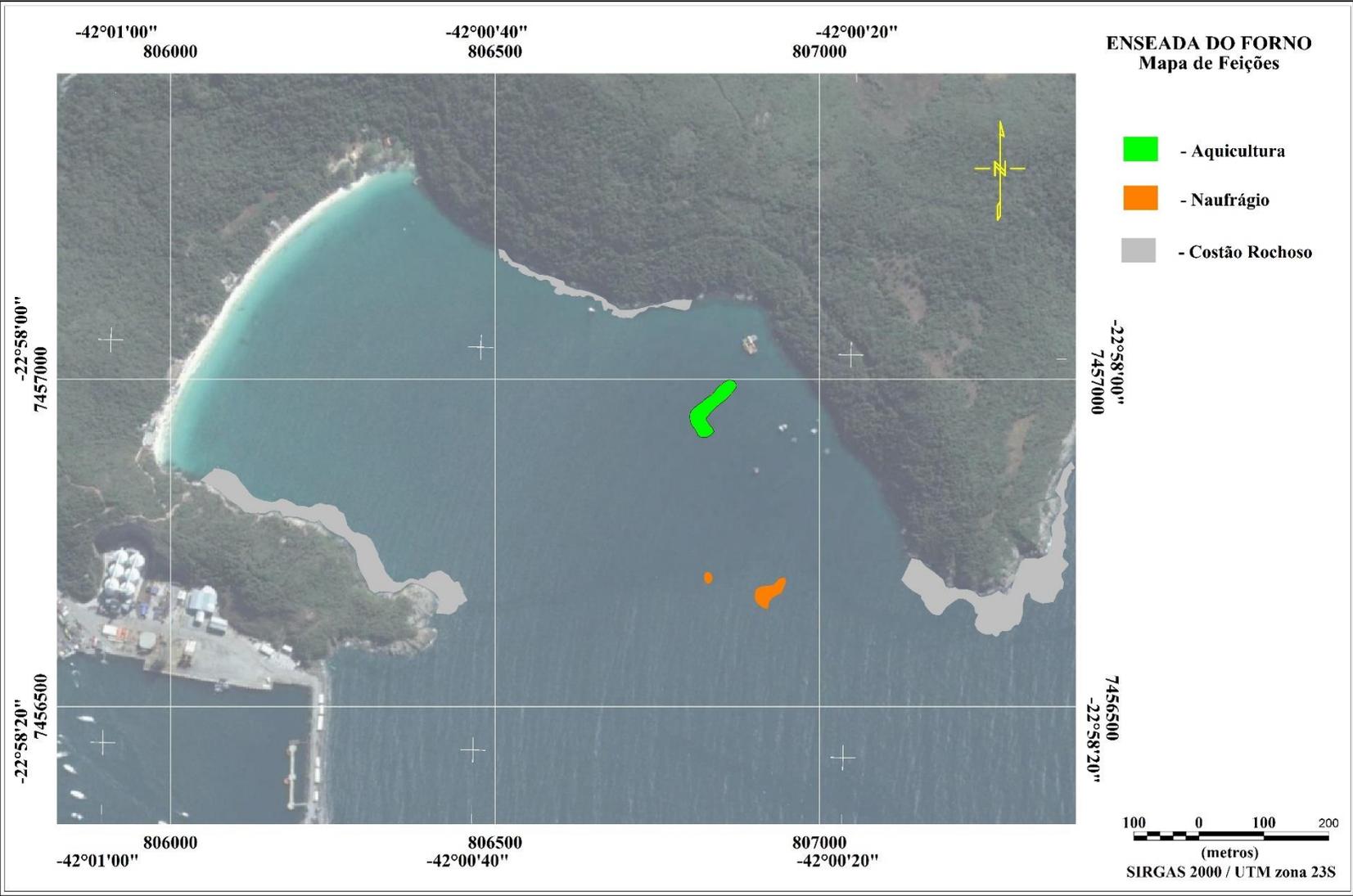


Figura 32 – Mapa das feições delimitadas na enseada do Forno.



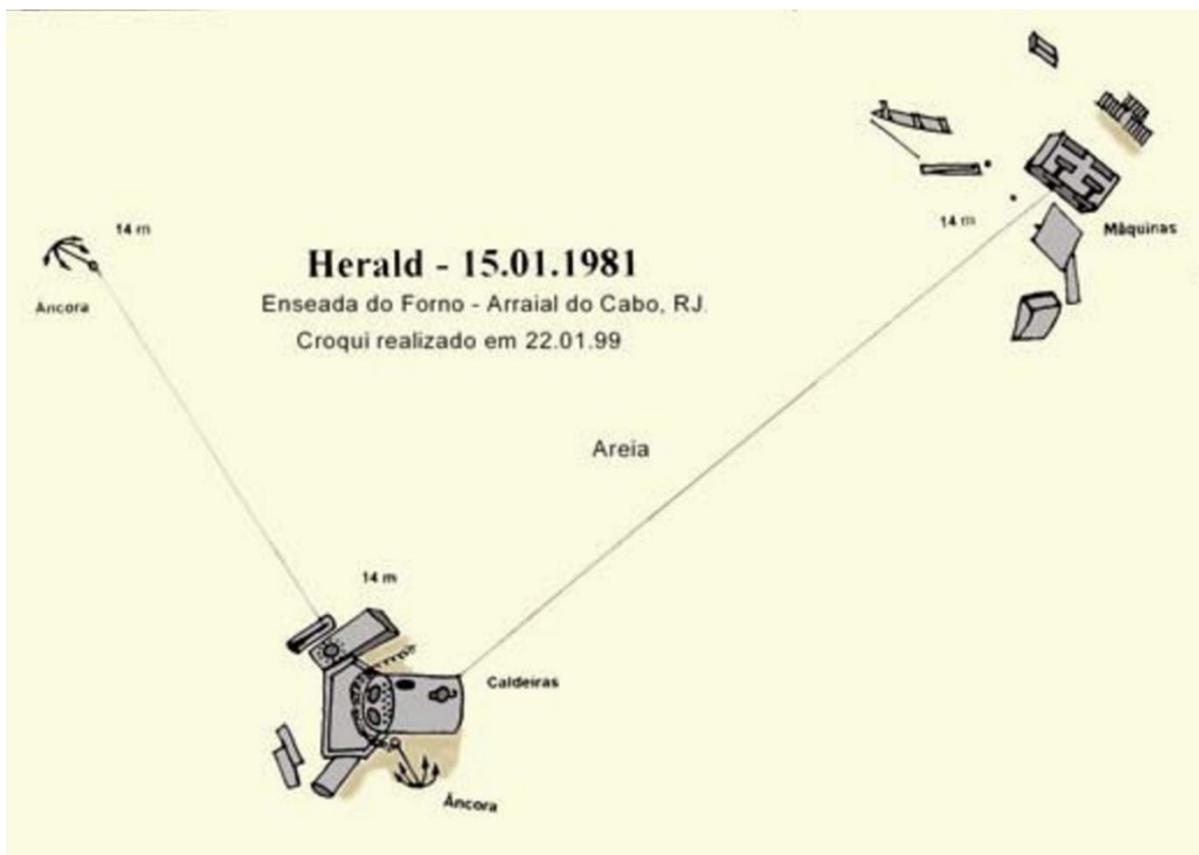


Figura 33 – Croqui do naufrágio do Herald (alterado de Carvalho *apud* Naufrágios do Brasil, 2016).

CONCLUSÃO

À luz dos dados trabalhados e os resultados obtidos, considera-se a nova geração de Sonares de Varredura Lateral, que incorpora tecnologias que reduziram seu tamanho, peso e custo, excelente ferramenta para mapeamento de áreas rasas e ultra-rasas a partir de sua montagem na lateral de embarcações de pequeno porte. Esta técnica de montagem permitiu o imageamento de áreas com lâmina d'água inferior a 2 metros, proporcionando imagens nunca dantes obtidas em função de limitação devido à profundidade ou proximidade de obstáculos, o que colocava em risco o equipamento rebocado. Dentre as imagens inéditas destacam-se raízes de vegetação de manguezal, áreas de matacões, costões rochosos, etc.

Os sonogramas obtidos apresentam altíssima qualidade, permitindo perfeita delimitações de feições relevantes para a hidrografia e a cartografia náutica, tais como, afloramentos

rochosos, costões rochosos, píers, muros de contenção, etc. Muitos destes elementos têm obrigatoriedade de representação nas cartas náuticas, conforme a regulamentação vigente internacionalmente.

Em termos de geologia e geomorfologia marinha os resultados no mapeamento de feições sedimentares (ondas de areia, ripple marks, banco arenoso, cone de deposição, cunhas praias e mudanças de textura) e estruturais (afloramentos rochosos e costões) mostraram-se de grande valia, propiciando visualização excelente das feições e perfeita delimitação, procedendo-se cálculo de área.

No que tange estudos ecológicos e mapeamento de habitats, o resultado foi excelente, traçando-se limites de costões, afloramentos rochosos, áreas de feições sedimentares e diferenciação de texturas sedimentares, procedendo-se cálculo de áreas.

A poluição por macrodetritos pode ser visualizada com identificação no fundo marinho

de pneus, usados como defensas de embarcações de pequeno porte de pesca, turismo e lazer, bem como de poitas de fundeio, muitas das quais não mais utilizadas, e de tubos de ferro ou hastes de madeira abandonados no fundo marinho.

Por fim, a arqueologia submarina foi muito bem representada pelo registo do naufrágio do rebocador Herald, afundado em 1971 na Enseada do Forno, em lâmina d'água de aproximadamente 14 m. A visualização dos destroços e a localização são coincidentes com a descrição presente na bibliografia disponível.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYRES NETO, A. 2000. Uso da sísmica de reflexão de alta resolução e da sonografia na exploração mineral submarina. *Revista Brasileira de Geofísica*, **18**(3): 242-256. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-261X2000000300004&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 3 mar. 2017.
- BAPTISTA FILHO, L. S.; ROMANO, A. L. T.; SILVA, L. C. F.; VILLENA, H. H. 2003. Diagnóstico preliminar das características físicas e físico-químicas da Baía de Sepetiba - RJ. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 10, 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UERJ, Departamento de Geografia, 2003. Disponível em: <<http://www.cibergeo.org/XSBGFA/eixo3/3.3/255/255.htm>>. Acesso em: 3 mar. 2017.
- BASTOS, M. P.; CALLADO, C. H. (Orgs.) 2009. *O ambiente da Ilha Grande*. Rio de Janeiro: Editora UERJ, 562 pp.
- BLONDEL, P.; MURTON, B. J. 1997. *Handbook of seafloor sonar imagery*. London: John Wiley & Sons Ltd., 314 pp.
- BORGES, H. V. 1998. *Holocene geological evolution of Sepetiba Bay and Marambaia Barrier Island, Brazil*. Tese (Doutorado). Marine Sciences Research Center, State University of New York in Stone Brook, New York, 145 pp.
- CARAZZAI, D. 2015. *Sonografia e batimetria de varredura do Canal da Barra da Lagoa*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia). Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 86 pp.
- COELHO, L. G. 1999. *Seis mil anos de variações climáticas e do nível do mar na região da Baía de Sepetiba, RJ: um registro palinológico*. Dissertação (Mestrado em Análise de Bacias e Faixas Móveis). Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 127 pp.
- BRASIL. Ministério da Marinha. Diretoria de Hidrografia e Navegação. 1986. *Roteiro da Costa Sul*. Niterói, 317 pp.
- BRASIL. Ministério da Marinha. Diretoria de Hidrografia e Navegação. 2004. *Carta Náutica 1607*. Niterói, 2004. Disponível em: <https://www.mar.mil.br/dhn/chm/box-cartas-raster/raster_disponiveis.html>. Acesso em: 3 mar. 2017.
- BRASIL. Ministério da Marinha. Diretoria de Hidrografia e Navegação. 2014. *Carta 12000: símbolos, abreviaturas e termos usados nas cartas náuticas*. 4 ed. Niterói, 2014. 107 pp. Disponível em: <https://www.mar.mil.br/dhn/chm/box-cartas-raster/raster_disponiveis.html>. Acesso: 3 mar. 2017.
- DOURADO, F.; FERNANDES, N. F. 2013. Os escorregamentos da Enseada do Bananal e do Morro da Carioca em Angra dos Reis na Baía de Ilha Grande - RJ. In: Maria Antonieta da Conceição Rodrigues; Sílvia Dias Pereira; Sergio Bergamaschi (Orgs.) *Interações homem-meio nas zonas costeiras: Brasil-Portugal*. Rio de Janeiro: Corbã Editora Artes Gráficas Ltda, 2013.

- pp. 139-146. Disponível em: <<http://redebraspor.org/livros/2013/Braspor%202013%20-%20Artigo%207.pdf>>. Acesso em: 3 mar. 2017.
- FISH, J. P.; CARR, H. A. 1990. *Sound underwater images: a guide to the generation and interpretation of side-scan sonar data*. Orleans: Lower Cape Publishing, 188 pp.
- FUNDAÇÃO CENTRO ESTADUAL DE ESTATÍSTICAS, PESQUISAS E FORMAÇÃO DE SERVIDORES PÚBLICOS DO RIO DE JANEIRO. 2013. *Anuário Estatístico do Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<http://www.ceperj.rj.gov.br/ceep/Anuario2013/index.html>>. Acesso em: 10 mar. 2015.
- KENNY, A.; CATO, I.; DESPREZ, M.; FADER, J.; SCHUTTELM, 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**(2): 411-418. Disponível em: <<https://academic.oup.com/icesjms/article/60/2/411/627816/An-overview-of-seabed-mapping-technologies-in-the>>. Acesso em: 3 mar. 2017.
- KNEIP, L. M.; PALLESTRINNI, L. 1987. Arqueologia: estratigrafia, cronologia e estruturas do Sambaqui do Zé Espinho. In: Lina Maria Kneip (Org.) *Coletores e pescadores pré-históricos de Guaratiba, Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: EDUFF – Museu Nacional (Série livro), pp 89-141.
- KNEIP, L. M.; FERREIRA, A. M. M.; ARAUJO, D. S. D.; MELLO, E. M. B.; VOGEL, M. A. C.; AGUIAR, N. V. O. 1987. Considerações Finais. In: Lina Maria Kneip (Org.). *Coletores e pescadores pré-históricos de Guaratiba, Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: EDUFF – Museu Nacional (Série livro), pp 245-257.
- LAUT, L. L. M. 2003. *Biofaciologia, relações ecológicas e paleoecológicas de foraminíferos bentônicos recentes da planície de Maré de Guaratiba*. Dissertação (Mestrado em Análise de Bacias e Faixas Móveis). Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 147 pp.
- MARINO, I. K.; CETALE, M. A. S.; SILVA, C. G. 2012. Processamento aplicado a sísmica de alta resolução. Estudo de Caso: Baía de Guanabara – RJ. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOFÍSICA, 5, 2012, Salvador. **Anais...** 2012.
- PEREIRA, S. D.; CHAVES, H. A. F.; RODRIGUES, R.; COELHO, L. G. 1999. Relative sea level change influence in a mangrove of Sepetiba Bay - RJ (Brasil), in the last 6000 years. In: *The non-steady state of the Inner Shelf and Shoreline: coastal change on the time scale of decades to millennia in the late Quaternary*. Honolulu, 1999. pp. 127-131. Disponível em: <http://www.soest.hawaii.edu/Coastal_Conf/PDF/COAST.PDF>. Acesso em: 3 mar. 2017.
- RIO DE JANEIRO (Estado). Assembléia Legislativa. 2012. *Constituição do Estado do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro, 2012. 141 pp. Disponível em: <http://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/70450/CE_RiodeJaneiro.pdf?sequence=16>. Acesso em: 3 mar. 2017.
- SANTOS, M. S. DOS; SANTIAGO, A. M. A.; GUIMARÃES, C.; NOGUEIRA, I.; SANT'ANNA, T. 2009. História da Ilha Grande e patrimônio cultural material e imaterial. 2009. In: Marcos Bastos e Cátia Henriques Callado (Orgs.) *O ambiente da Ilha Grande*. Rio de Janeiro: Editora da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (EdUERJ), pp. 299-369.
- SANTOS, P. O. 2003. *Bioestratigrafia, biofaciologia, relações ecológicas e*

- paleoecológicas na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, com base na associação de foraminíferos bentônicos*. Dissertação (Mestrado em Análise de Bacias e Faixas Móveis). Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 168 pp.
- SAVI, D. C. 2007. Erosão e acreção costeira na Enseada dos Anjos, Arraial do Cabo, RJ. *Revista Brasileira de Geofísica*, **25**(1): 91-99. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-261X2007000500009>. Acesso em: 3 mar. 2017.
- SAVI, D.C.; FERNANDEZ, G. 2003. Efeitos da Construção de um quebra-mar sobre a linha de costa e batimetria da Enseada dos Anjos, Arraial do Cabo, Rio de Janeiro, Brasil. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 9., 2003, Recife. **Anais...** Recife: Abequa, 2003. Disponível em: <http://www.abequa.org.br/trabalhos/gereciamento_144.pdf> Acesso em: 10 mar. 2015.
- SILVA, K. J. 2006. *Paleoecologia de foraminíferos bentônicos do holoceno superior da Baía de Sepetiba*. Dissertação (Mestrado em Análise de Bacias e Faixas Móveis). Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 166 pp.
- VIEIRA, Y. S. S.; DIAS, M. S.; VILLENA, H. H.; FILIPPO, A. M.; DIAS, G. T. M.; PEREIRA, S. D.; GERALDES, M. C.; SANT'ANNA, J. K.; CASTRO, V. B. A. 2016. Assoreamento da porção sul da enseada da Japuíba - Angra dos Reis – Rio de Janeiro. In: Luis Cancela Fonseca, Ana Catarina Garcia, Silvia Dias Pereira e Maria Antonieta C. Rodrigues (Eds.) *Entre rios e mares: um patrimônio de ambientes, história e saberes – Tomo V da Rede BrasPor*. Rio de Janeiro: Corbã Editora Artes Gráficas Ltda, pp. 129-146. Disponível em: <http://redebraspor.org/livros/2016/Capitulo%208_Mac.pdf>. Acesso em: 3 mar. 2017.
- VILLENA, H. H. 1999. *Caracterização do processo de assoreamento na Enseada do Japuíba – Angra dos Reis – RJ*. Dissertação (Pós-Graduação em Geologia e Geofísica Marinha) – Departamento de Geologia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 69 pp.
- VILLENA, H. H.; PEREIRA, S.D.; PEREIRA, M. B.; FILIPPO, A. M.; VIEIRA, Y. S. S.; TAVARES, F. M. S.; MAFIA, J.; ANDRADE, T.; FRANCINETTI, P. I. B. 2014. Morfologia de Fundo e Cobertura Sedimentar da Enseada do Bananal - Ilha Grande - RJ. In: Silvia Dias Pereira, Joana Gaspar Freitas, Sergio Bergamaschi, Maria Antonieta C. Rodrigues. (Org.) *Formação e Ocupação de Litorais nas Margens do Atlântico - Brasil/Portugal*. 1ed. Rio de Janeiro: Corbã Editora Artes Gráficas Ltda., pp. 55-71 Disponível em: <<http://redebraspor.org/livros/2014/03Artigo.pdf>>. Acesso em: 3 mar. 2017.
- VILLENA, H. H. CARVALHO, N. V.; FILIPPO, A. M.; D'ÁVILA, V.A.; DIAS, M. S.; CANDELLA, R. N.; PASSOS, G. M.; VIEIRA, Y. S. S. 2015. Morfologia de fundo e poluição por macrodetritos na Enseada dos Anjos, Arraial do Cabo – RJ. In: Silvia Dias Pereira, Maria Antonieta C. Rodrigues, Sérgio Bergamaschi e Joana Gaspar Freitas (eds.) *O Homem e as Zonas Costeiras. Tomo IV da Rede BrasPor*. Rio de Janeiro: Corbã Editora Artes Gráficas Ltda., pp. 72-88. Disponível em: <<http://redebraspor.org/livros/2015/Braspor%202015%20-%20Artigo%204.pdf>>. Acesso em: 3 mar. 2017.