

Universidade Federal Fluminense
Instituto de Geociências
Departamento de Geologia e Geofísica

Lucas Chiarelli de Oliveira

**UTILIZAÇÃO DE SONAR DE VARREDURA LATERAL PARA
MAPEAMENTO DE MACRODETRITOS NO PORTO DE
NITERÓI**

Niteroi/RJ

2018

Universidade Federal Fluminense
Instituto de Geociências
Departamento de Geologia e Geofísica

Lucas Chiarelli de Oliveira

**UTILIZAÇÃO DE SONAR DE VARREDURA LATERAL PARA
MAPEAMENTO DE MACRODETRITOS NO PORTO DE
NITERÓI**

Trabalho apresentado ao curso de graduação em
Geofísica da Universidade Federal Fluminense como
parte da Disciplina de Projeto Final II e requisito
para a obtenção do diploma de Bacharel em Geofísica.

Orientador: Prof. Dr. José Antônio Baptista Neto
Co-orientador: Prof. Helio Heringer Villena

Niterói/RJ
2018

Lucas Chiarelli de Oliveira

**UTILIZAÇÃO DE SONAR DE VARREDURA LATERAL PARA
MAPEAMENTO DE MACRODETRITOS NO PORTO DE NITERÓI**

A Banca examinadora abaixo-assinada,
aprova o trabalho de conclusão de curso
apresentada como parte dos requisitos para obtenção
do título de Bacharel em Geofísica
pela Universidade Federal Fluminense.

Aprovado em:

Prof.:

Instituição:

Assinatura:

Prof.:

Instituição:

Assinatura:

AGRADECIMENTOS

Agradeço principalmente a família LUMP que muito me deu forças para a conclusão desta grande etapa. Ulisses, Mirtes e Paula vocês foram incríveis. Pai e Mãe, vocês, que não me permitiram desanimar nem recuar, mesmo com minhas inúmeras dificuldades, e Paula sempre, insuportavelmente carinhosa e chata, mas que também foi de grande apoio.

À minha avó Marlene que com todo o carinho sempre foi maravilhosa e presente em minha vida.

À minha Tia Cátia pelo grande suporte em diversos momentos dessa graduação.

Aos professores que me orientaram, professor José Antônio, que foi muito persistente, e me aturou durante tanto tempo indo, vindo e perguntando coisas. Sei que sou um aluno bem enjoado, mas eu juro que não volto a ser emo. Também ao professor Helio Villena que não só fez o campo comigo, mas também abriu as portas de seu laboratório e me orientou para o processamento.

À Fernanda Magalhães, pessoa incrivelmente bochechuda e sarnenta que muito me incentivou, apoiou e brigou comigo, me colocando no caminho certo. Além de sua família que me diversas vezes me abrigou e acolheu.

Ao meu amigo/irmão Ricardo Netto que segurou minha barra em diversos momentos.

À minha amiga Hayla, uma péssima bióloga que não sabe o nome de todos os bichos, mas que, pelo menos, é uma ótima ajudante de TCC.

E a todas as pessoas, que de alguma forma contribuíram para a realização desse sonho, de ser uma pessoa formada.

RESUMO

Amplamente utilizado para pesquisas, estudos de geomorfologia submarina, localização e busca de objetos submersos, o sonar de varredura lateral é uma grande ferramenta para se obter informações sobre o leito marinho. Deste modo esse método foi utilizado para fazer o mapeamento de macrodetritos na região do Porto de Niterói, localizado em Niterói, zona metropolitana do Rio de Janeiro. Área na qual há um grande fluxo de embarcações, sendo assim necessário um amplo conhecimento acerca de suas águas para evitar acidentes.

O levantamento teve como alvos detritos de origem antropológica, como âncoras, embarcações naufragadas, cabos, barras de madeira ou metal, pilares de estaqueamento e principalmente pneus. Estes foram mapeados e quantificados em grandes quantidades, principalmente no entorno de pontos de atracação de embarcações. Desta forma sendo comprovado o impacto que esses detritos causam na área.

Sendo assim, ficou nítido a grande influência antropológica na região portuária e como esta pode afetar a qualidade ambiental. O que serve de alerta, não só para as instituições responsáveis, mas também para a população local, a fim de se evitar acidentes náuticos caso esses detritos continuem a serem depositados junto ao fundo.

Palavras-chave: Sonar de varredura lateral, poluição, pneus, Porto de Niterói.

RESUMO

Widely used for research, underwater geomorphology studies, location and search for submerged objects, side scan sonar is a great tool for obtaining information about the seabed. This method was used to map macrodebris in the port area of Niterói, located in Niterói, metropolitan area of Rio de Janeiro. Area in which there is a large flow of vessels, and therefore a broad knowledge about its waters is needed to avoid accidents.

The survey had as targets debris of anthropological origin, such as anchors, wrecks vessels, cables, bars of wood or metal, pillars of staking and mainly tyres. These were mapped and quantified in large quantities, mainly in the surrounding of docking points of vessels. In this way it is proven the impact that these debris causes in the area.

Being so, the great anthropological influence on the port region was clear and how it can affect environmental quality. This is an alert, not only to the institutions responsible, but also to the local population, in order to avoid water accidents if such debris continues to be deposited near the bottom.

Keys-words: Side scan sonar, pollution, tires, Niterói Port.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVOS	10
2.1 OBJETIVO GERAL	10
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS	10
3. ÁREA DE ESTUDO.....	11
3.1. GEOMORFOLOGIA DA BAÍA DE GUANABARA	11
3.2. CLIMA E HIDROLOGIA DA REGIÃO	13
3.4. DETRITOS NA BAÍA	13
4. REVISÃO TEÓRICA	14
4.1. CONTEXTO HISTÓRICO HUMANO DA BAÍA DE GUANABARA.....	14
4.2. PORTO DE NITERÓI.....	15
4.3. ATIVIDADE PESQUEIRA NA ÁREA.....	16
4.4. SONOGRAFIA	17
4.4.1. PRINCÍPIO DO MÉTODO.....	18
4.4.2. IMAGENS GERADAS POR SONAR DE VARREDURA LATERAL	20
5. METODOLOGIA	21
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
7. CONCLUSÕES	57
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59

1. INTRODUÇÃO

As áreas costeiras têm sido objeto de numerosos estudos nas últimas décadas, devido à sua importância econômica, ecológica, social (Costanza e Farley, 2007; Newton e Icely, 2008) e sua vulnerabilidade à pressão humana. Nesse sentido, o manejo sustentável é essencial para o futuro dessas áreas, principalmente em relação aos seus recursos naturais e, conseqüentemente, à preservação dos ecossistemas e desenvolvimento econômico das comunidades locais (Clark, 1996).

As águas rasas abrigam um mosaico mais complexo de habitats bentônicos, tornando-os ambientes marinhos mais produtivos (Eyre e Maher, 2011; Gray, 1997). Cada vez mais, atividades antrópicas estão se concentrando ao longo das costas, em águas rasas em particular. Algumas dessas atividades são: a pesca (incluindo a pesca de arrasto), aquicultura, atividades portuárias e de navegação, exploração mineral e construção offshore (por exemplo, para energias renováveis marinhas, como parques eólicos). Todas essas atividades têm impactos potencialmente importantes sobre os ambientes e habitats marinhos, que precisam ser monitorados e controlados.

Desta forma o conhecimento da distribuição espacial de ecossistemas marinhos e sua qualidade são fundamentais para protegê-los de ações antrópicas (Jackson et. al., 2001). Sem uma ação imediata para mitigar esses impactos, prevê-se que em meados do século XXI os estoques comerciais de peixes e frutos do mar entrarão em colapso além do ponto de recuperação (Worm et. al., 2006). Além disso, estima-se que todos os oceanos em escala global são afetados pela influência humana e que uma grande fração (41%) é fortemente afetada por múltiplos impactos antropogênicos (Halpern et. al., 2008). Nosso conhecimento da extensão geográfica e do funcionamento ecológico dos habitats bentônicos ainda é extremamente pobre, muito devido às limitações colocadas pelos métodos convencionais de levantamento dos fundos marinhos. Estima-se que apenas 5 a 10% do fundo do mar seja mapeado com uma resolução de estudos similares em terra (Wright e Heyman, 2008).

Conseqüentemente, é difícil gerir os recursos de forma eficaz, proteger áreas ecologicamente importantes e definir legislação para salvaguardar os oceanos. A fim de atender a essa exigência de gestão, há uma necessidade urgente de desenvolver métodos robustos de mapeamento dos ecossistemas marinhos para estabelecer sua localização, extensão e condição geográfica.

O processo de produzir mapas do fundo do mar remonta aos primeiros esforços de mapeamento navegacional do século XIII, quando os mercadores marítimos produziram mapas piloto para o Mediterrâneo (Blake, 2004). A partir desse momento, continuamos a mapear a batimetria do fundo do oceano, e os esforços continuam até hoje, especialmente em regiões costeiras rasas, onde a mudança da batimetria pode ser um risco para o transporte marítimo. As investigações geológicas e biológicas do fundo do mar começaram a sério no século XIX, com os primeiros esforços, contando com amostras retiradas do fundo do mar, usando dragas primitivas (Elefteriou e McIntyre, 2005). Desde então, métodos cada vez mais sofisticados foram usados para estudar o fundo do mar. Esforços têm sido feitos para identificar padrões e processos biofísicos, a fim de criar representações mais simples do fundo do mar, que facilitam nossa compreensão de como esses sistemas bentônicos funcionam (Diaz et. al., 2004). Este é um primeiro passo essencial para a implementação de estratégias de manejo efetivas para os sistemas oceânicos (Cogan et. al., 2009) e que os cientistas estão continuamente se esforçando para melhorar.

Os métodos tradicionais de amostragem podem apenas fornecer um instantâneo que cubra uma fração da área do fundo marinho (Harper et. al., 2010), enquanto as tecnologias de mapeamento acústico são capazes de capturar imagens eficientemente em grandes áreas do leito marinho (Huang et. al., 2014). Os avanços nas tecnologias acústicas, especialmente os sonares de varredura lateral, aumentam nossa capacidade de caracterizar aspectos físicos do ambiente bêntico em escalas de detalhes.

Os sistemas de sonar de varredura lateral (SVL) têm sido amplamente utilizados para mapear e visualizar ambientes bentônicos por mais de 60 anos, incluindo a coluna d'água e leito (Chesterman et. al., 1958; Klein e Edgerton, 1968; Singh et. al., 2000; Brown et. al., 2011) aproveitando as propriedades radiativas das ondas sonoras na água (Blondel, 2009). Nas últimas décadas, o uso crescente de sonar em águas rasas, até menos de um metro de profundidade, em ambientes como o fluvial (Anima et. al., 2007; Amiri-Simkooei et. al., 2009; Buscombe et. al., 2014a, b), lacustre e estuarino (por exemplo, Hobbs, 1985; Kennish et. al., 2004), fornece imagens acústicas de resolução alta (até centimétrica) de uma área de até milhares de quilômetros quadrados por dia. Sendo estas imagens utilizadas principalmente para fins de caracterização da estrutura inferior, morfologias, substratos físicos e biológicos, identificação de fácies geológicas, para estruturas físicas de imagem, como cabos, dutos e objetos afundados e detecção e caracterização de substratos em estudos de adequação de habitat (por exemplo, Allen et. al., 2005; Ehrhold et. al., 2006; Yeung e McConnaughey, 2008; Todd e Kostylev,

2011). O mapeamento acústico de habitats tornou-se uma importante ferramenta para avaliar o estado dos ecossistemas costeiros. Essa técnica também é comumente usada no planejamento espacial marinho e na avaliação de recursos e engenharia offshore (Micallef et. al., 2012).

O sonar de varredura lateral refere-se a um transdutor de feixe único com um amplo ângulo transversal e um ângulo longitudinal muito estreito. Esse tipo de transdutor geralmente trabalha em altas frequências, entre 100 e 1000 kHz, e é montado em uma espécie de torpedo para evitar qualquer tipo de perturbação e também diminuir sua resistência ao se deslocar na água. O SVL funciona como um dispositivo de imagem acústica, que fornece imagens de alta resolução do fundo do mar e, devido à sua baixa orientação angular e altas frequências, permite aos usuários estudar as características texturais do fundo do mar, sendo ideal para detecção de objetos.

Esse sistema de sonar dispõe de uma vasta aplicabilidade em questões ambientais, monitoramento de locais com material de dragagem (Souza et. al.,2009), identificação de pontos de exsudação de gás, fenômeno bem comum em zonas costeiras (Garcia-Garcia et. al., 2005), mapeamento de recifes artificiais, corais naturais, afloramentos rochosos (Bianchi et. al., 2004) e a aplicação em ecologia, de maior interesse para o presente trabalho, o monitoramento de macrodetritos e o estudo de sua influência no ambiente (Villena et. al. 2015).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Esse trabalho tem como objetivo geral o mapeamento de macrodetritos na zona portuária de Niterói, no estado do Rio de Janeiro. Principalmente nas áreas onde se tem maior concentração de fluxo naval, de modo a gerar mapas que ilustrem as concentrações e distribuições de cada tipo de detrito identificado.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Interpretar os mapas gerados, de modo a entender os motivos que levam as concentrações desses detritos.

- Avaliar o grau de impacto ambiental da concentração de macrodetritos na região portuária.

- Propor medidas de intervenção para reduzir o impacto gerado na área.

3. ÁREA DE ESTUDO

3.1. GEOMORFOLOGIA DA BAÍA DE GUANABARA

Segundo Soares-Gomes, et. al. (2016) com um canal principal que se estende desde sua entrada até o fundo com cerca de 1,6 km de largura, a Baía de Guanabara possui um formato semicircular medindo 30 km de N-S e 28 km de E-O, com uma área de 80380km² e volume de água de cerca de 1,87 x 10⁹m³ (Figura 1). Aproximadamente 84% dela tem menos de 10m de profundidade com exceção do canal central que pode chegar a 40m (Figueiredo et. al., 2014).

Os sedimentos de fundo são basicamente areia, areia lamosa, lama e lama arenosa. A distribuição ocorre baseada na topografia, atividade de correntes e fontes de sedimentos. Sendo os sedimentos mais arenosos próximos a entrada e os mais finos nas porções mais ao fundo da baía (Catanzaro et. al.,2004). Na Figura 2 em detalhe um mapa com as informações batimétricas e granulométricas (Kjerfve et. al., 1997 e Baptista-Neto et. al.,2006).

A entrada da baía é fortemente afetada por correntes e pela maré, gerando *sandwaves* (ondas de areia) nas isóbatas de 10 e 6 m, demonstrando a importância dessa influência para o transporte de sedimentos arenosos (Quaresma et. al. 2000 e Kjerfve et. al.1997). Ao Norte longe da influência marinha, são encontrados extensos depósitos de lama e areia fina, resultados de transporte de material clástico e argilas floculadas. Já nas porções noroeste e oeste há grande influência antropogênica com sedimentos continentais. Por outro lado, na porção nordeste tem-se predomínio de argilas, que pode ser explicado pela presença de vegetação de mangue que aprisiona esse tipo de sedimento.

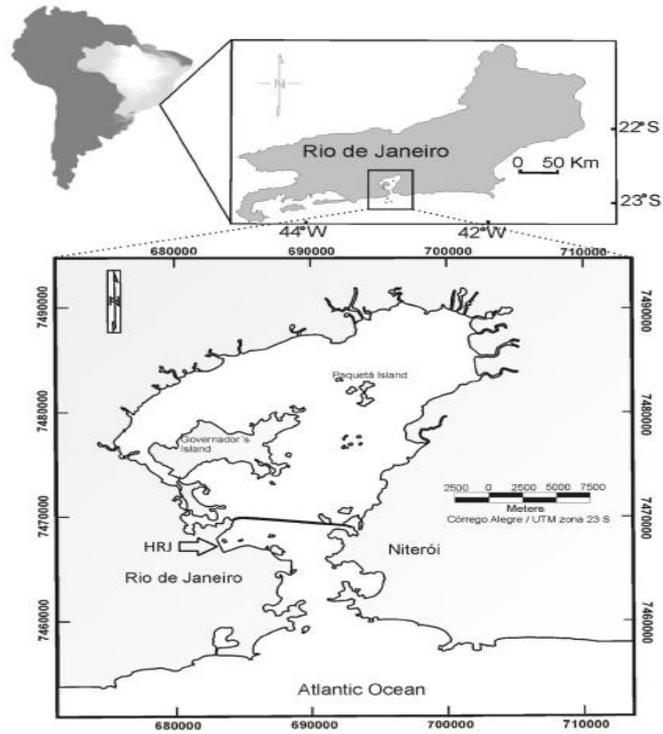


Figura 1: Mapa da Baía de Guanabara- Rio de Janeiro, Brasil modificado de Soares-Gomes et. al. 2016

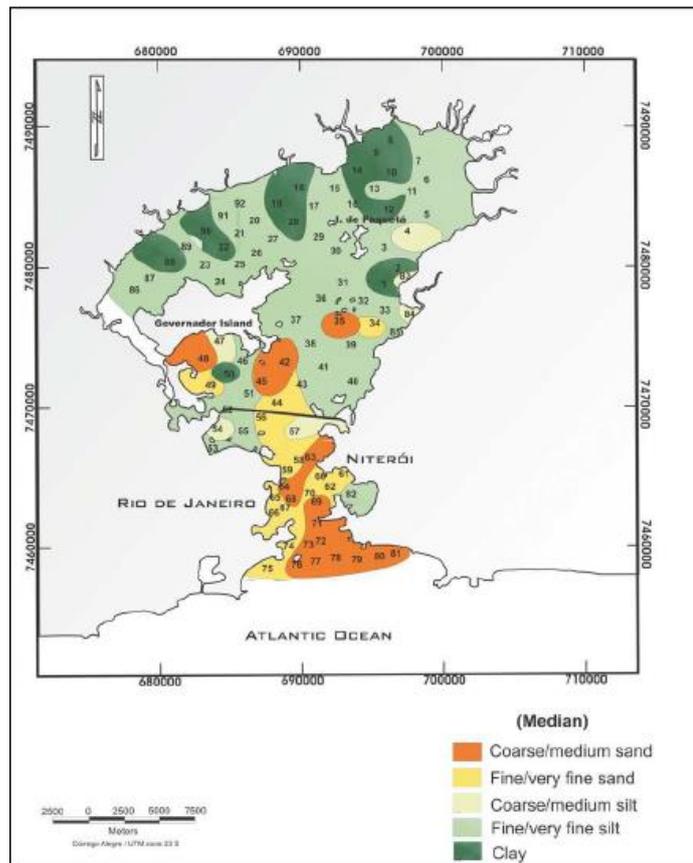


Figura 2: Mapa de distribuição Granulométrica de sedimentos superficiais da Baía de Guanabara – Rio de Janeiro, Brasil modificado de Catanzaro et. al. 2004

3.2. CLIMA E HIDROLOGIA DA REGIÃO

A região possui um clima tropical úmido com grande influência oceânica, tendo seus períodos secos de julho a agosto e úmidos de dezembro a abril (Soares-Gomes et. al. 2016). No local há o predomínio de dois tipos de ventos, Sul e Norte, com velocidade média de 5m/s sendo o vento Sul o predominante, ligado a frentes frias (INMET, 1992; Filippo, 1997).

Descarregam 45 rios e inúmeros córregos, com vazão média de 350 m³/s aproximadamente. Estes não são igualmente distribuídos e apenas tem contribuição sedimentar alta nos setores leste e noroeste, sendo esta maior no verão do que no inverno (Kjerfve et. al., 2001 e Amador, 1997), tendo maré classificada como micro maré mista, com amplitude média de 0,7 m. A salinidade tem grande influência tanto da entrada de água doce, pelos rios, quanto de água salgada, pelo mar, deste modo durante os períodos úmidos ela varia de 33 a 13 e nos secos 34 a 29 (Paranhos et. al., 1993; Paranhos e Mayr, 1993).

No que diz respeito à temperatura a baía mostra uma tendência inversa, tendo temperaturas maiores no centro e menores na parte externa. Também tem associação com águas frias durante o inverno austral, provenientes da ressurgência da Ilha de Cabo Frio, a cerca de 110 km a leste, que contribui com estas para a costa da cidade do Rio de Janeiro. Além disso possui uma taxa de renovação de 50% do volume de água em cerca de 11,4 dias nas partes externas enquanto na parte interna, sobretudo em período seco e marés mortas este tempo seja muito maior (Kjerfve et. al., 1997).

3.4. DETRITOS NA BAÍA

Baseado em Baptista Neto e Fonseca (2011) os detritos na Baía de Guanabara (BG) tanto os flutuantes, quanto os nas areias das praias são de fontes locais terrestres ou perto da costa, sendo os rios poluídos pela população local os maiores contribuintes para o lixo que vai para a BG. Com um monitoramento de 10 anos os autores atestaram que na estação chuvosa a concentração de resíduos é quase 3 vezes maior do que na estação de seca, o que corrobora para a ideia de que os rios são os maiores contribuintes para essa poluição.

Os detritos analisados foram não só provenientes das areias das praias, como também os flutuantes em rios (Projeto Ecobarreiras 2016 que ajuda a evitar entrada de lixo na BG). Sendo

assim, Franz (2011) afirma que o plástico corresponde a 66,4% do lixo, papel 9,8% e embalagens cartonadas 6,6%, com esses constituindo os principais retidos. Outros itens retidos são metais, isopor, borracha, madeira, fraldas, absorventes higiênicos e cerâmica.

4. REVISÃO TEÓRICA

4.1. CONTEXTO HISTÓRICO HUMANO DA BAÍA DE GUANABARA

Após a fundação da cidade real de São Sebastião do Rio de Janeiro, pelos portugueses em 1565, depois elevada para Estado do Rio de Janeiro, os fundadores começaram a doar terras no entorno da baía para a atividade açucareira. O meio de transporte mais utilizado era o aquaviário devido ao fácil acesso às terras por meio dos rios, sendo assim construídos diversos pequenos portos na região (Soares-Gomes et. al.,2016). No decorrer das décadas, a população foi tendo grande progresso, no século XVI com estruturas para processamento de carne e óleo de baleias, no século XVII com cafezais e cana de açúcar que causaram grande desmatamento, e também muita atividade ligada à mineração que tinha a cidade como rota de saída para fora do país. Em meados do século XX após a colonização houve grande urbanização principalmente em áreas não recomendadas para uso urbano como margens de rios e encostas. Este período foi marcado pelo maior desflorestamento da mata atlântica tornando a área metropolitana do Rio de Janeiro (Brandão, 2006) a maior concentração urbana no litoral e segundo maior centro econômico brasileiro, com 12 229 867 moradores, correspondendo a 74,3% da população e 63,6% da riqueza produzida pelo estado (IBGE 2014).

Os autores também evidenciam a tradição da atividade portuária na região metropolitana do Rio de Janeiro, que atualmente vem tendo um grande desenvolvimento. Devido principalmente as demandas da indústria de óleo e gás, atuando como base para as atividades offshore, e o desenvolvimento do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro em Itaboraí -São Gonçalo (COMPERJ). Detendo 14483 empresas (no ano de 2012), dos mais diversos tamanhos e tipos entre elas 98 relacionadas a extração óleo e gás, 50 do setor de fabricação de coque, produtos petroquímicos e biocombustíveis e 518 de produtos químicos (IBGE), além da reabertura de 20 estaleiros para manutenção de plataformas e embarcações. O que constitui um

grande potencial poluidor, visto que todas estão instaladas nas bacias hidrográficas da Guanabara e Sepetiba, alvos diretos ou indiretos de seus rejeitos.

É de grande importância ressaltar que esta área urbana possui muita desigualdade social, com populações com alto padrão de vida ao lado das classes médias e uma maior parte de população de baixa renda. Deste modo, o problema de saneamento básico é notório nas áreas populares, tanto no centro quanto nas periferias. Gerando uma realidade onde 13,9% da população viva em favelas e que 48,7% da população da cidade não tenha esgoto encanado, com os maiores percentuais em locais afastados dos Centros Metropolitanos do Rio de Janeiro e Niterói (CEPERJ, 2013). Por consequência destes fatos, juntamente com a precariedade no tratamento com lixo, enfrenta-se grandes problemas de saúde pública, com uma grande descarga de esgoto e lixo nos sistemas de águas causando grande impacto ambiental.

4.2. PORTO DE NITERÓI

O porto de Niterói está localizado no bairro Ponta D'Areia, Niterói-RJ nas águas da BG. Este é de fundamental importância para o escoamento de produtos para o Estado do Rio de Janeiro. Além de ser um dos principais portos do Brasil, detendo grande parte dos estaleiros nacionais e também tendo a sede da armada brasileira, ele também opera como apoio logístico offshore para plataformas de petróleo das Bacias de Campos e Santos e futuramente pretende fornecer auxílio para o polo petroquímico de Itaboraí-RJ (Companhia Docas do Rio de Janeiro, 2018).

Um dos fatos que mostra a importância desse porto para a circulação de produtos são os relevantes meios de acessos a ele. Por rodovias, com a BR-101 que liga todo o litoral do Brasil e RJ-104 que liga a cidade ao interior do estado. Por ferrovias, com a Ferrovia Centro Atlântica S/A que chega na cidade, mas não tem conexão direto com o porto. E claro a ligação marítima com o início do canal de acesso ao sul da Ilha do Caju continuando por 2,8 km, com calado de acesso permitido de 7,1 m mais a altura da maré no momento previsto para a manobra (Antaq, 2018). O porto está ainda em nono colocado entre os portos brasileiros com maior valor agregado na média dos produtos movimentados, numa base de 670 dólares por tonelada, e também configura entre os 20 maiores portos do Brasil (Campus-Neto 2006).

4.3. ATIVIDADE PESQUEIRA NA ÁREA

Segundo o Instituto Baía de Guanabara, a atividade de pesca na Baía de Guanabara é muito antiga, tendo registros dos primeiros povos nas suas margens há cerca de 8000 anos.

Antigamente essa atividade era muito maior, como já foi dito nesse trabalho até mesmo a pesca de baleias já foi grande, e aqueceu a economia local no século XVI. Porém a urbanização, concentração populacional e todos os problemas ambientais associados a isto fizeram com que a pesca se tornasse uma atividade muito menor nos dias atuais. Mesmo assim ainda hoje, mesmo com essas atividades bem reduzidas, tem-se mais de dez associações de pescadores, que atestam que mesmo com dificuldade a atividade continua na região.

É difícil de contabilizar o número de pessoas que participam dessa atividade, pois é comum que essas pessoas se dividam entre outras atividades profissionais, como construção civil ou construção naval. Assim existem estimativas de 5000 até 18.000 pescadores dentre as associações.

Algumas dessas colônias utilizam como ponto de desembarque áreas como Ponta d'Areia e Ilha da Conceição ambas em Niterói. Participando assim diretamente da comercialização do pescado no Mercado de São Pedro, que também se localiza na Ponta d'Areia. Deste modo, apesar de algumas vezes suas atividades de pesca não serem realizadas próximas ao porto, como pesca na região oceânica de Niterói ou em bairros litorâneos da cidade como Jurujuba, a circulação de barcos de pesca para o comércio no Mercado de São Pedro afeta a área portuária.

4.4. SONOGRAFIA

O Sonar de Varredura Lateral (SVL) é um equipamento amplamente utilizado para mapeamento do fundo marinho ou fluvial, tem grande aplicabilidade na localização de estruturas geológicas, sedimentares, bem como localização de alvos artificiais, lixo, embarcações naufragadas, cabos e dutos (Bulla et. al, 2006).

Os sonares podem ser classificados em dois tipos, os *shallow-tow* e os *deep-tow* (Figura 3), sendo o primeiro rebocado junto à superfície e o segundo rebocado próximo ao fundo (Ayres Neto, 2000).

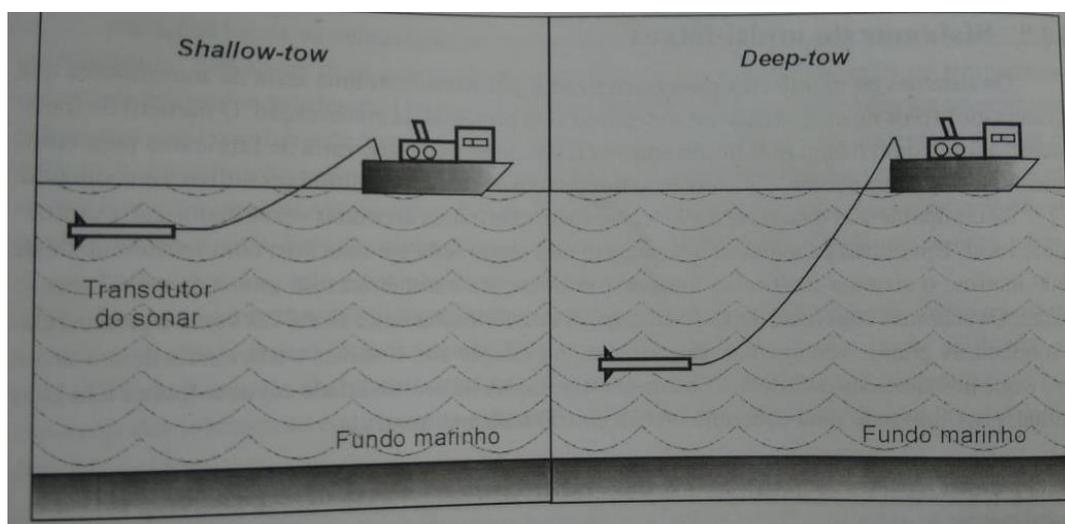


Figura 3: Classificação de sonares a direita os do tipo *shallow-tow* e a direita os do tipo *deep-tow*, modificado de Ayres e Baptista Neto 2004.

Sendo menores e mais baratos os sistemas *deep-tow* são mais utilizados por empresas privadas e instituições governamentais. Tais sistemas trabalham com frequências da ordem de 100 a 500 kHz de acordo com cada modelo, e detêm uma amplitude de varredura máxima por volta de 500 metros para cada lado do aparelho.

Já os equipamentos *shallow-tow* operam com frequências menores, entre 6 e 12 kHz, e vislumbram o reconhecimento de feições muito maiores no leito marinho. Sistemas como estes são capazes de varrer 30 km para cada lado, num total de 60 km de varredura, deste modo podem cobrir áreas muito vastas em um curto período de tempo (Ayres Neto, 2000).

4.4.1. PRINCÍPIO DO MÉTODO

O princípio do método, segundo os autores, consiste em um transdutor que dispara dois feixes acústicos com um ângulo de abertura de aproximadamente 30° . Este sinal se propaga na água até atingir o fundo onde ele é basicamente absorvido, disperso e refletido (Ayres e Baptista Neto 2004). O sistema utiliza-se apenas da porção refletida para gerar suas imagens.

Existem basicamente quatro fatores que controlam o quanto de energia é refletida do sinal original pelo fundo, segundo Blondel & Murton (1997), são esses, o ângulo de incidência do sinal, a micromorfologia do fundo do mar, a textura dos sedimentos e a diferença de impedância acústica.

O ângulo de incidência, é o ângulo entre o feixe que incide no fundo marinho. Deste modo o ângulo depende da distância entre o transdutor, o fundo e o gradiente do fundo. Geralmente em ângulos maiores, mais energia é refletida e em ângulos menores menos energia é refletida (Figura 4). Conseqüentemente quanto maior for a distância entre o aparelho e o fundo, maior é a faixa de varredura, porém se tem menos informações nas partes mais distais do registro. Em contrapartida quanto mais próximo do fundo menor é o ângulo de incidência para um mesmo ponto o que reduz a energia refletida. Usualmente para balancear esses fatores tende-se a rebocar o aparelho a uma altura aproximadamente de 10% o tamanho da varredura (Blondel & Murton, 1997).

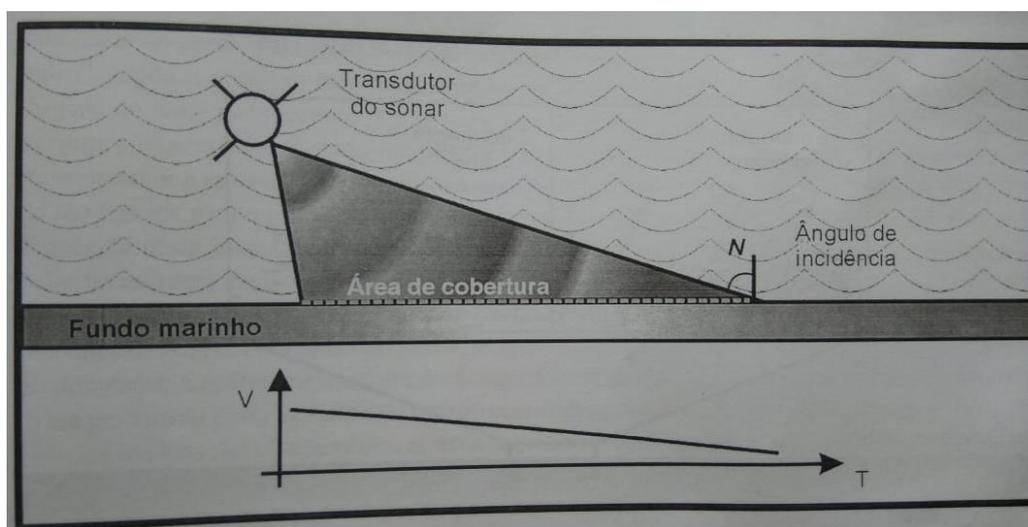


Figura 4: Esquema ilustrando a relação entre o ângulo de incidência e a quantidade de energia refletida modificado de Ayres e Baptista Neto 2004.

A micromorfologia do fundo também é um fator que influencia a energia refletida. Como o fundo do mar é irregular em microescala, essas irregularidades locais são responsáveis não só por dispersão da energia, mas também para o incremento da energia refletida. Como as cristas de areia que em um flanco incrementam a energia e no outro flanco dissipam energia (Figura 5).

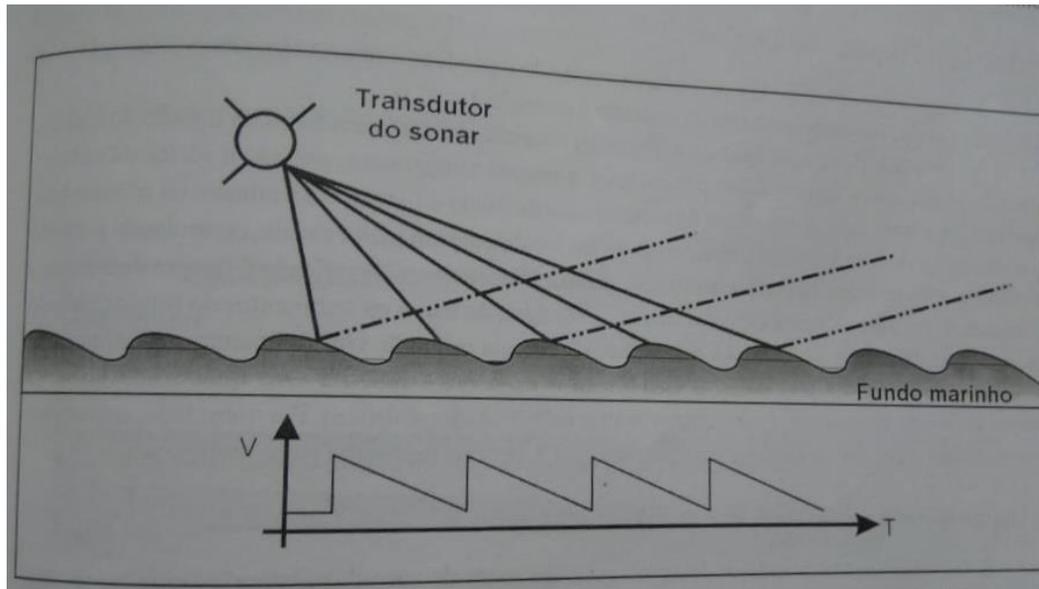


Figura 5: Esquema ilustrando a relação entre a quantidade de energia refletida no fundo e a micromorfologia modificado de Ayres e Baptista Neto 2004.

Outro fator controlador é a textura dos sedimentos. A irregularidade e a área de incidência de superfícies com grãos maiores faz com que em determinados pontos a energia seja preferencialmente refletida. Deste modo geralmente sedimentos mais grossos refletem mais energia do que sedimentos com partículas mais finas, porém essa é uma medida relativa (Ayres Neto, 2000). Se tivermos uma área com uma distribuição de areia grossa e areia fina e outra com a mesma distribuição, porém agora com areia fina e lama, ambos os casos irão apresentar padrões de reflexão muito similares. Na Figura 6 pode-se ver como a textura do sedimento influencia a quantidade de energia refletida.

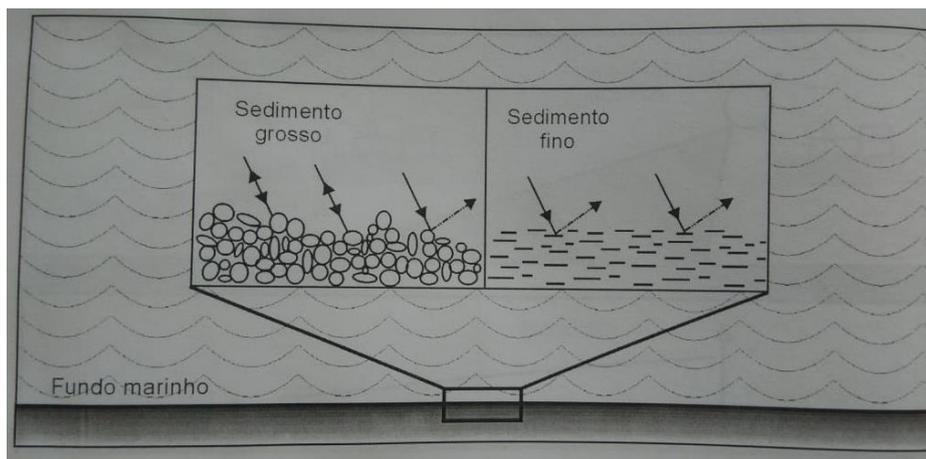


Figura 6: Esquema ilustrando a relação entre a quantidade de energia refletida e a textura dos sedimentos modificado de Ayres e Baptista Neto 2004.

A diferença entre a impedância acústica entre o sedimento e a água também é um fator que controla a quantidade de energia refletida (Ayres e Baptista Neto 2004). Sendo a impedância acústica o produto entre a densidade e a velocidade do som no meio, podemos dizer que a impedância da água é quase constante em toda a Terra, já que a velocidade do som na água varia muito pouco se considerarmos mesma temperatura, pressão e salinidade esperados. Entretanto a impedância nos sedimentos está ligada a outros fatores, como compactação, teor de água, densidade, porosidade. Desta forma um sedimento muito poroso, com alto teor de água e pouco denso terá uma impedância acústica próxima à da água e refletirá menos energia, enquanto corpos rochosos terão alta refletividade.

4.4.2. IMAGENS GERADAS POR SONAR DE VARREDURA LATERAL

As imagens são geradas da seguinte maneira (Ayres e Baptista Neto 2004), quando se inicia a transmissão de um pulso o receptor desliga para evitar danos. Após o término da transmissão ele é religado para poder gravar os retornos acústicos, desse modo, quando o último retorno chega, o transdutor volta para o modo “transmissor”, e assim fecha um ciclo de transmissão e recepção. Essa alternância depende da área de varredura, quanto maior ela for, mais tempo demora para o sinal ir e voltar e assim menor a frequência de alternância da função do transdutor. Conforme o primeiro retorno chega, o processador passa a dividir o sinal em

intervalos de tempo, de modo com que ele receba mais de um “raio” por intervalo. Desta forma ele converte a média desses “raios” em um número referente a um tom da escala de cores a ser determinada.

O resultado final é uma imagem em tons de cinza, ou em outra paleta de cores que facilite a visualização, e tem grande semelhança a uma fotografia aérea do fundo, essas imagens obtidas por sonografia são denominadas sonargramas (Souza et. al., 2009).

5. METODOLOGIA

A investigação se resumiu a um levantamento de sonar na área portuária, de modo a obter o maior número de linhas possíveis, para que não perdesse possíveis feições de interesse.

Para a navegação foi utilizada uma embarcação (Figura 7) alugada, nela foi montado todos os equipamentos de pesquisa que foram utilizados pela equipe.

O sistema de posicionamento utilizado foi o DGPS Hemisphere, modelo R130, com correção diferencial via satélite, tendo sua posição obtida com erro abaixo de 1 metro. Este sistema estava acoplado a um notebook com o software Hypack 2012, específico para posicionamento e armazenamento dos dados de posição (Figura 8).



Figura 7: Foto tirada no campo da embarcação utilizada para fazer o levantamento dos dados.



Figura 8: Na imagem amarrado com cordas para manter a estabilidade, o sistema de DGPS Hemisphere, modelo R130, utilizado no campo. Ao fundo o professor Hélio Villena operando o computador com o software Hypack onde estava conectado ao DGPS.

Como o objetivo era mapear macrodetritos no fundo foi utilizado um sonar de varredura lateral (ou Side Scan Sonar, SSS). Como algumas partes da área portuária tem baixas profundidades optou-se por utilizar o sonar leve e pequeno e de baixo custo da marca Tritech, modelo Starfish 450. Este estava operando a uma frequência acústica de 400 KHz com uma escala lateral de até 100 metros para cada lado, neste levantamento chegando a uma escala lateral de aproximadamente 35 metros para cada lado (Figura 9).



Figura 9: Foto tirado no campo do equipamento de sonar utilizado no campo o Tritech, modelo Starfish 450 acoplado a uma haste metálica antes de ser colocado na água.

O sonar foi montado em uma haste metálica na parte lateral traseira da embarcação e ficou submerso a aproximadamente 3 metros em relação à superfície da água, sendo esta profundidade a estimada, para que o aparelho não sofresse interferência do casco do barco, mas que também não tivesse risco de arrastar no fundo em locais mais rasos. Optou-se por esse tipo de instalação, pois rebocar um aparelho tão pequeno e leve acarretaria uma instabilidade do mesmo e com isso imagens puramente ruidosas.

O sistema de posicionamento DGPS foi acoplado na mesma haste metálica do sonar, deste modo suas coordenadas eram as mesmas, o que dispensava correções de diferença de localização entre o sistema de posicionamento e o aparelho geofísico (Figura 10).



Figura 10: Foto tirada no campo ilustrando com o sistema de DGPS foi acoplado na mesma haste em que foi instalado o sistema de sonar.

Os dados foram coletados utilizando o software Starfish Scanline 2.1, que acompanha o equipamento, estes foram exportados no formato logdoc. Apesar de normalmente em aquisições

de sonar os dados serem exportados em formato XTF, que é um formato internacional para dados de varredura lateral, optou-se pelo formato logdoc por dois motivos: Um por que o programa a ser usado para o processamento suporta o logdoc, e segundo, pelo fato de ser o formato padrão dos equipamentos da Tritech, o que tecnicamente exportaria dados com maior qualidade.

Os sonagramas obtidos foram importados para o software SonarWiz 5 (Figura11). Sendo nele feito o processamento e tratamento das imagens através de correções de ângulo de incidência e ganho diferencial na intensidade do sinal, mudanças em brilho, contraste, gama e mudança de paleta de cores. Tudo isso com o objetivo melhorar a qualidade da imagem, para assim, melhorar a identificação das feições de fundo (Figura 12). Estes passos foram realizados tomando como referência os vídeos tutoriais disponibilizados pela própria empresa Chesapeake Technology, Inc. em seu site.

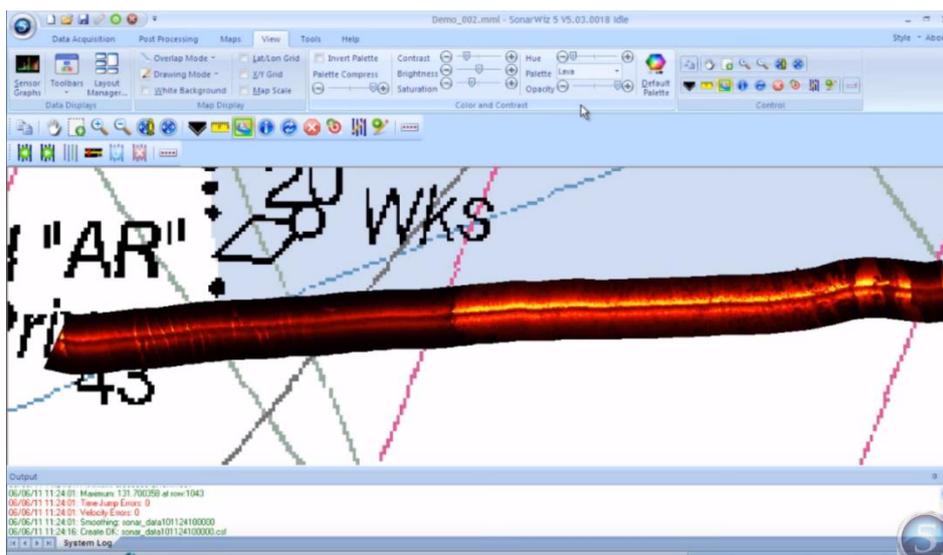


Figura 11: Imagem modificada da utilização do SonarWiz 5 em um dos vídeos tutoriais que a empresa Chesapeake Technology, Inc, responsável pela sua distribuição, disponibiliza para treinamento.

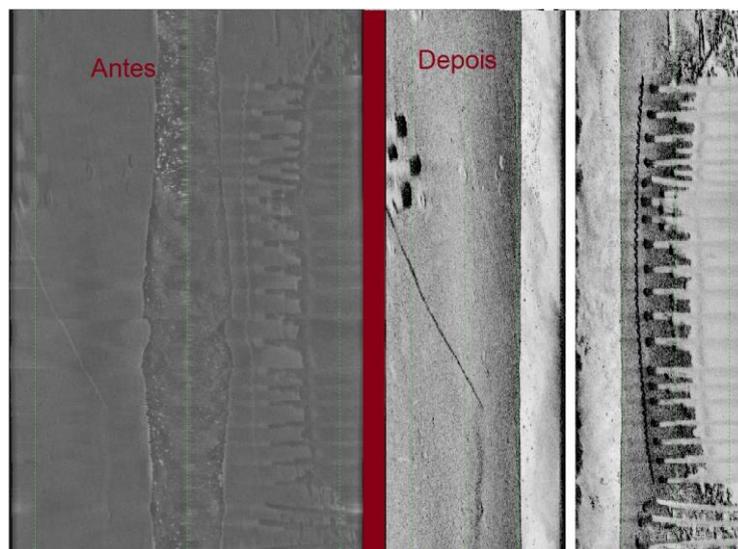


Figura 12: Imagem comparativa ilustrando o sonograma antes de serem aplicadas as correções, mudanças de ganho, contraste, brilho e gama à esquerda. E à direita a imagem depois de serem aplicadas as correções e mudanças.

Em seguida, foi feita a identificação dos macrodetritos antropogênicos, sendo os principais deles: pneus, barras de ferro ou madeira poitas, âncoras, cabos, hastes de guindaste, naufrágios, e também delimitação de estruturas de engenharia como pilares cais, decks, embarcações em superfície.

Um dos problemas encontrados foi a sobreposição de muitas linhas em algumas regiões. Para se evitar que uma mesma feição que estivesse em duas ou mais linhas seja tratada como duas ou mais feições, algumas linhas só foram consideradas parcialmente, outras consideradas de menor qualidade (com ruído) ou que não tinham os alvos identificados eram descartadas. Assim se evitou dados repetidos, pois não se tinha dados de duas linhas que passavam pelo mesmo local.

Desta forma, para gerar os mapas de cada tipo de objeto, estes foram marcados um a um e separados em sete categorias: âncoras, pneus, barras de madeira ou metal, Cabos e linhas, embarcações naufragadas, embarcações em superfície e, por fim, pilares de estaqueamento. Após estes procedimentos foi utilizado um recurso do próprio SonarWiz 5 para exportar as marcações georreferenciadas para arquivos compatíveis com o Google Earth Pro, software, que possibilita a criação de mapas com marcações sobre imagens de satélite. Neste novo programa foram gerados os mapas para cada categoria separadamente, de modo possibilitar a visualização, de forma quantitativa, a cada uma das feições escolhidas.

Na Figura 13, observa-se que as linhas foram feitas de forma não linear, e muitas delas acompanham as margens, o que não é recomendado pelo manual do aparelho, já que o ideal seria um levantamento o mais linear possível para se evitar distorções nas formas dos objetos em subsuperfície (StarFish 405F System User Guide). Entretanto devido à grande variabilidade de profundidades causada pelos canais de navegação e ao fluxo de embarcações, foi necessário fazer muitos desvios além do interesse de se mapear as margens. Sendo assim, admitiu-se que essas distorções que não afetariam de modo significativo o produto final, pelo fato dos alvos terem morfologia muito intuitiva de se identificar mesmo com deformações. Além do fato de que o interesse era contabilizar as feições e não dimensioná-las.

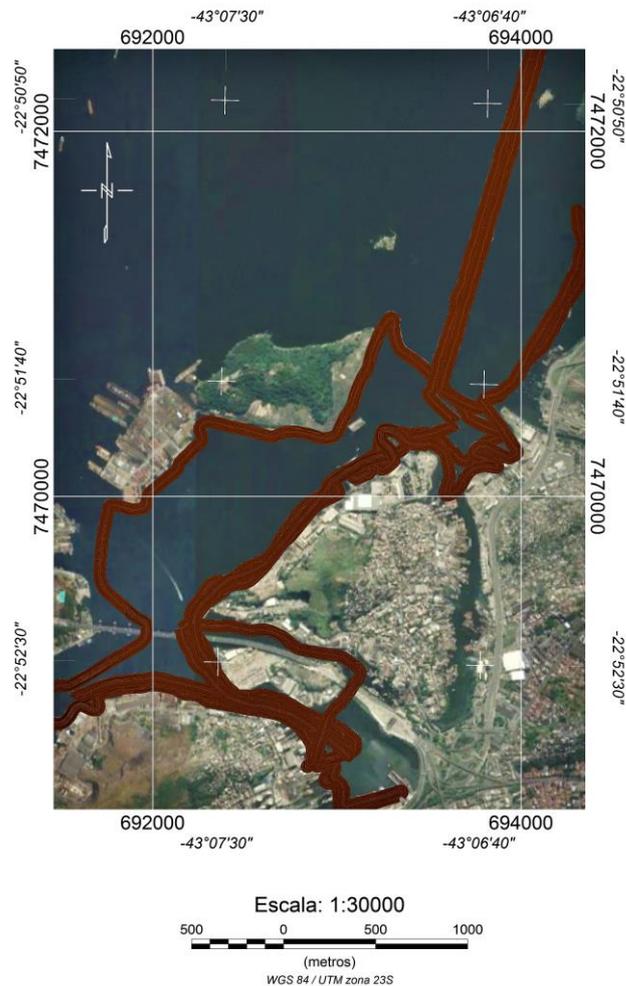
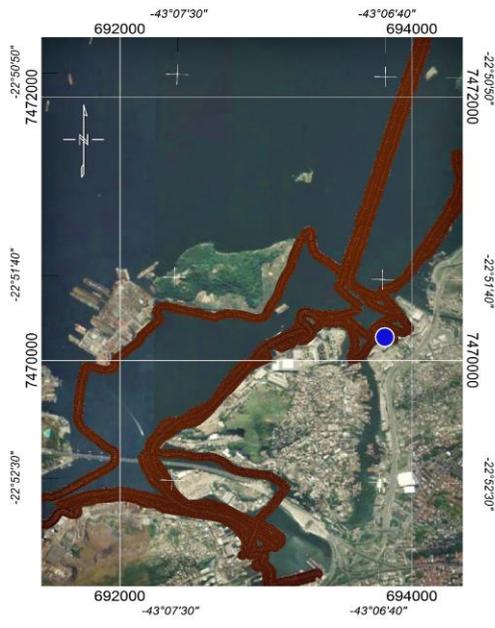


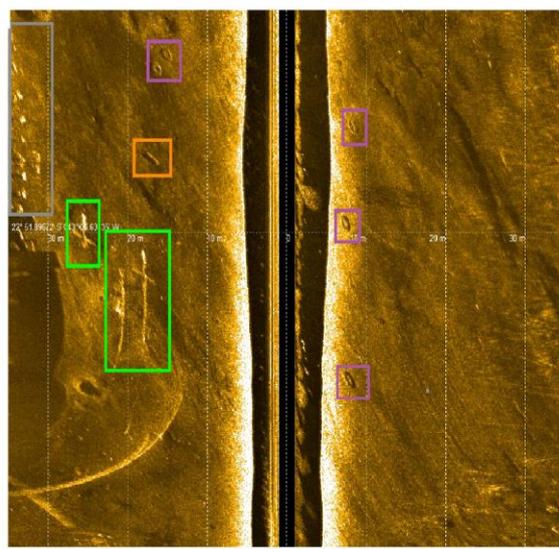
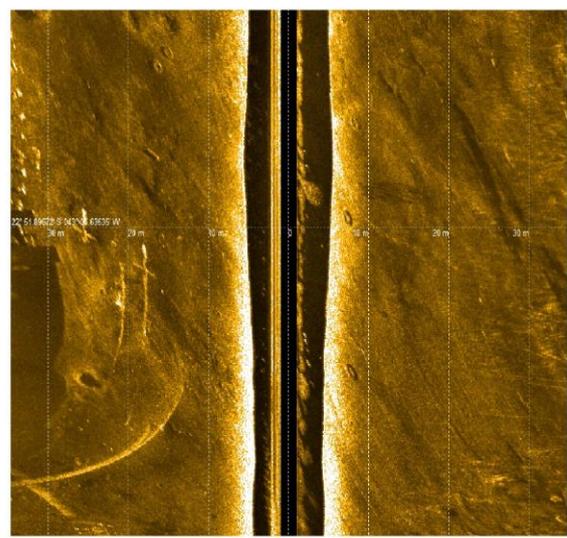
Figura 13: Mapa regional do porto de Niterói –Niterói, Rio de Janeiro, Brasil, ilustrando a distribuição das linhas (em marrom) adquiridas no levantamento de sonar.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As imagens do SVL que foram geradas, permitiram a identificação de uma série de feições e de detritos no fundo. Muitas das feições têm origem antropológica, como pneus, barras de madeira ou metal, âncoras, embarcações afundadas e pilares de estaqueamento. Entretanto, também feições geológicas como, afloramento de rochas, paredões rochosos e padrão de sedimentação de fundo foram identificadas. Diferentemente de outros autores que também trataram sobre a dinâmica de sedimentação (Villena, 2015) e outros que trataram sobre a interação entre detritos e a biologia local (Watters, 2010), este trabalho foi focado somente no mapeamento de detritos antrópicos, não só pelo fato da área de estudo ter uma sedimentação bem conhecida, como também muito pouca dinâmica sedimentar. Sendo essa de contribuição sedimentar predominantemente continental com grande influência antropogênica (Kjerfve et. al., 1997 e Baptista-Neto et. al., 2006). A seguir são apresentados os resultados interpretados de alguns dos sonargramas exemplificando cada um dos alvos encontrados e sua localização espacial.



Escala: 1:30000
 500 0 500 1000
 (metros)
 WGS 84 / UTM zona 23S



- Legenda:
- Pneus
 - Pilares
 - Âncoras
 - Barras de Metal ou Madeira

Figura 14: Imagens do sonograma “Âncoras 1” interpretado e não interpretado com sua localização em destaque no mapa regional. Pode-se identificar âncoras, barra de madeira ou ferro, pneus e pilares de estaqueamento.

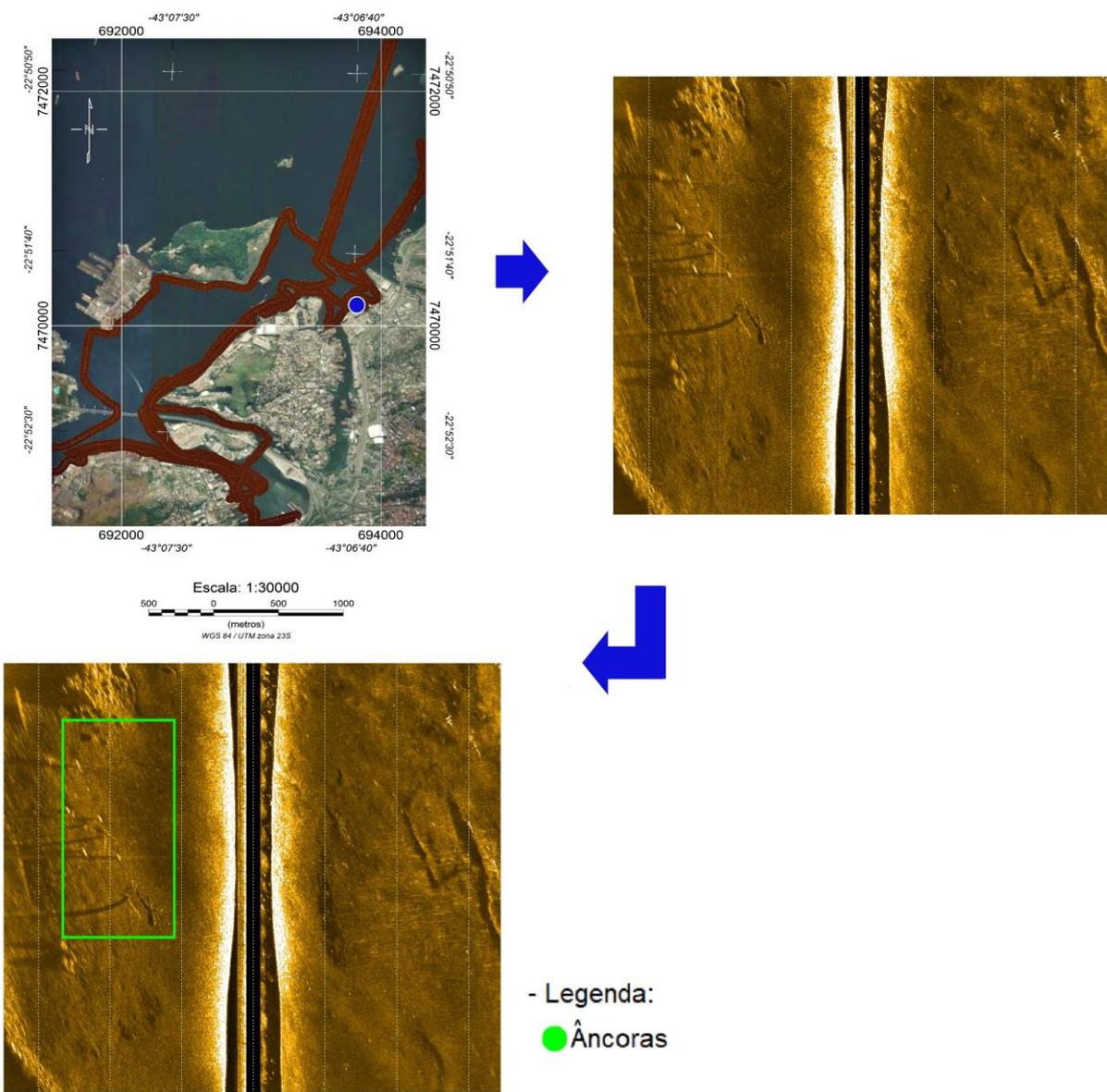


Figura 15: Imagens do sonargrama “Ancoras 2” interpretado e não interpretado com sua localização em destaque no mapa regional, sendo possível a identificação de âncoras.

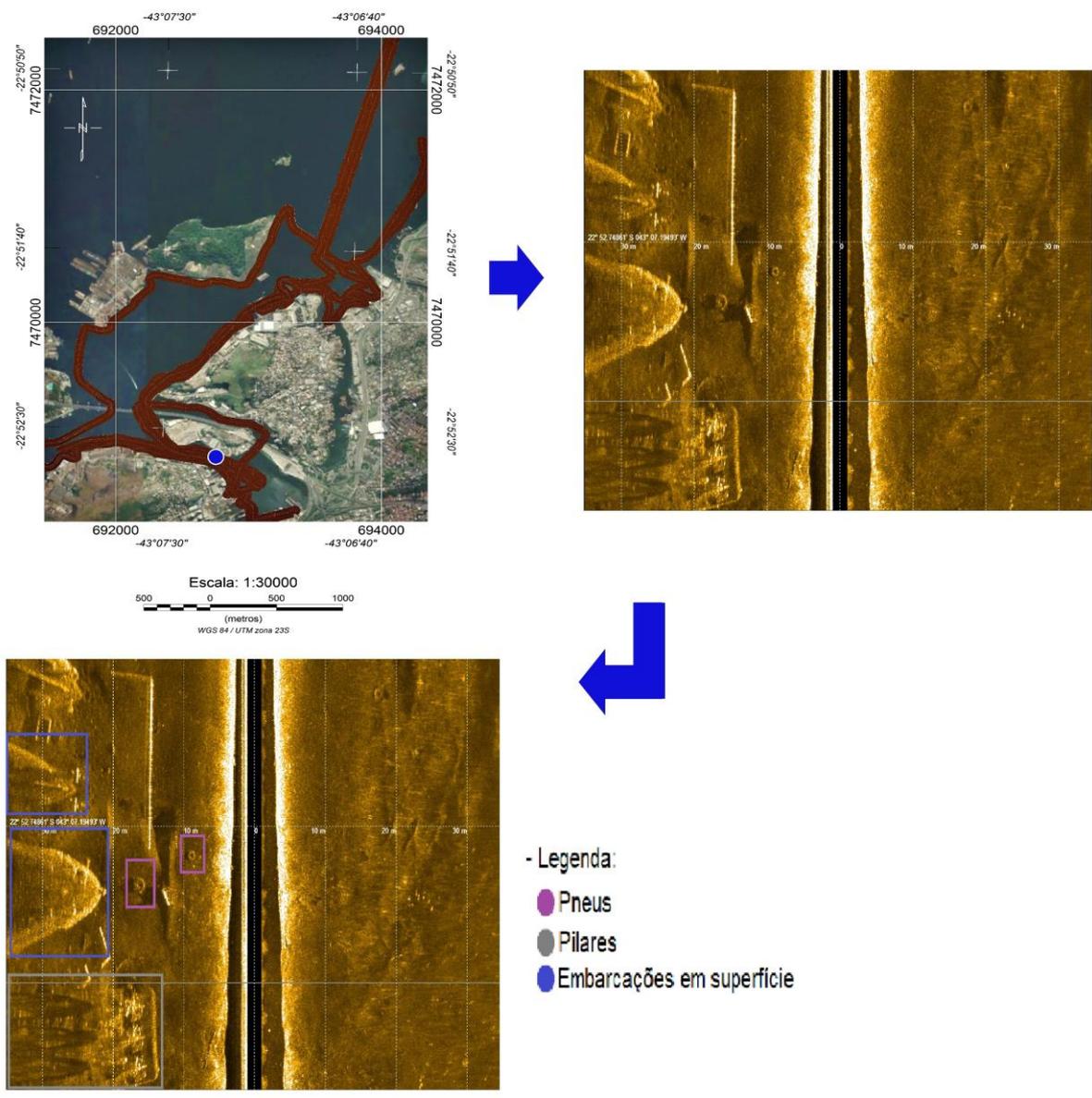


Figura 16: Imagens do sonograma "Barcos 1" interpretado e não interpretado com sua localização em destaque no mapa regional. Pode-se identificar Embarcações em superfície, pneus e pilares de estaqueamento.

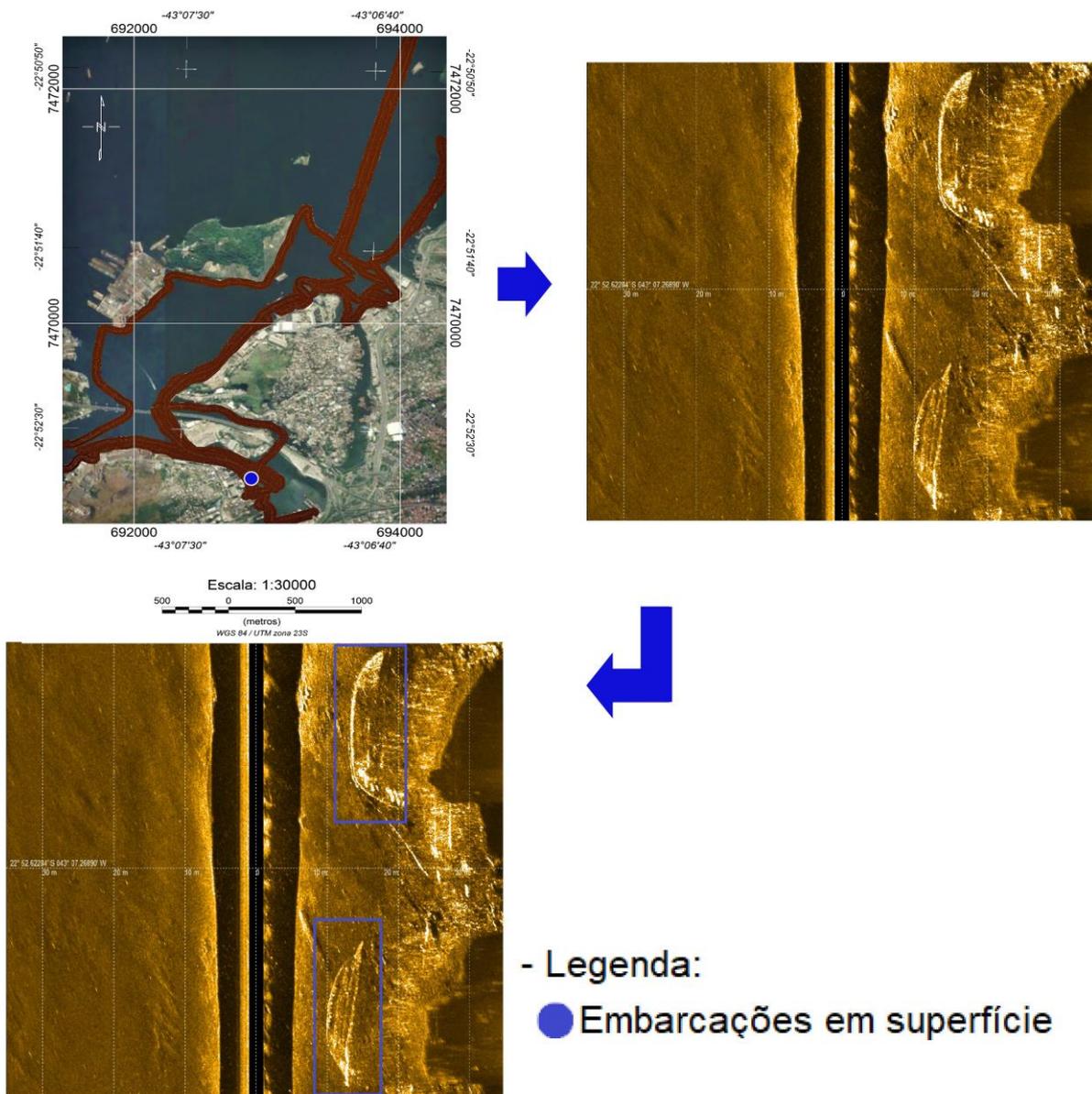


Figura 17: Imagens do sonograma “Barcos 2” interpretado e não interpretado com sua localização em destaque no mapa regional, sendo possível a identificação de embarcações em superfície.

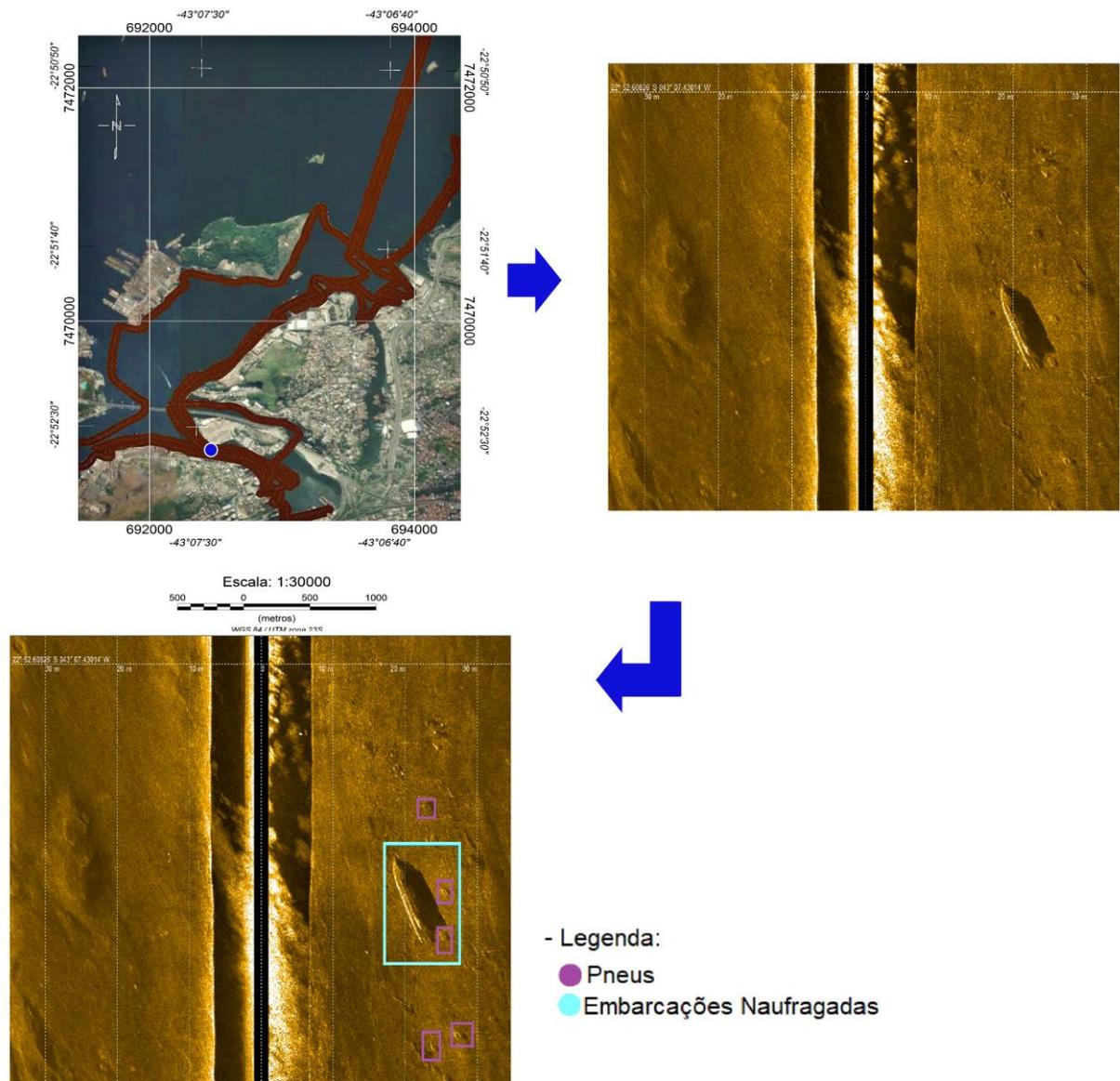


Figura 18: Imagens do sonargrama “Barquinho 1” interpretado e não interpretado com sua localização em destaque no mapa regional, sendo possível a identificação de uma embarcação naufragada e pneus.

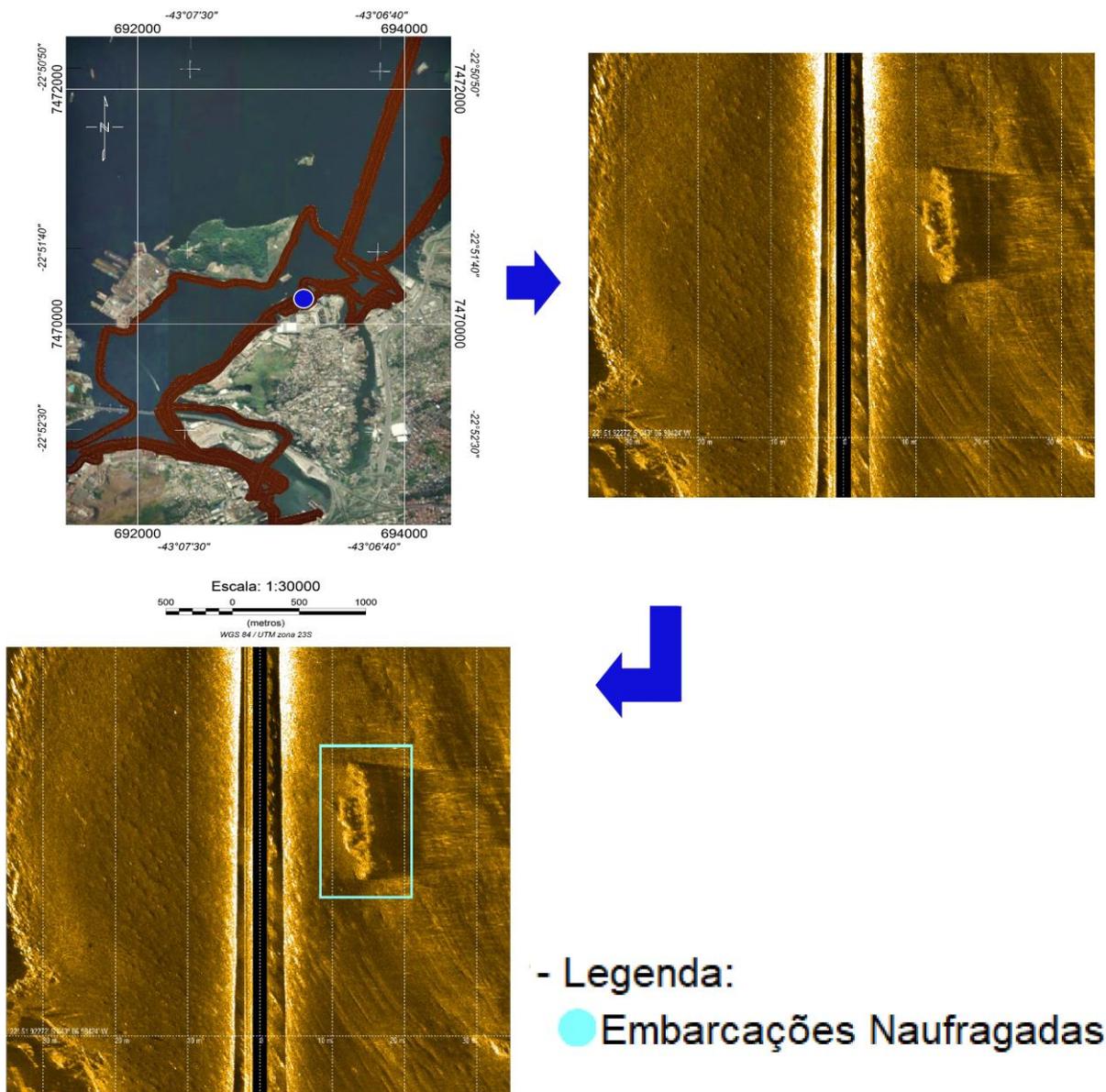


Figura 19: Imagens do sonargrama “Barquinho 2” interpretado e não interpretado com sua localização em destaque no mapa regional, sendo possível a identificação de uma embarcação naufragada.

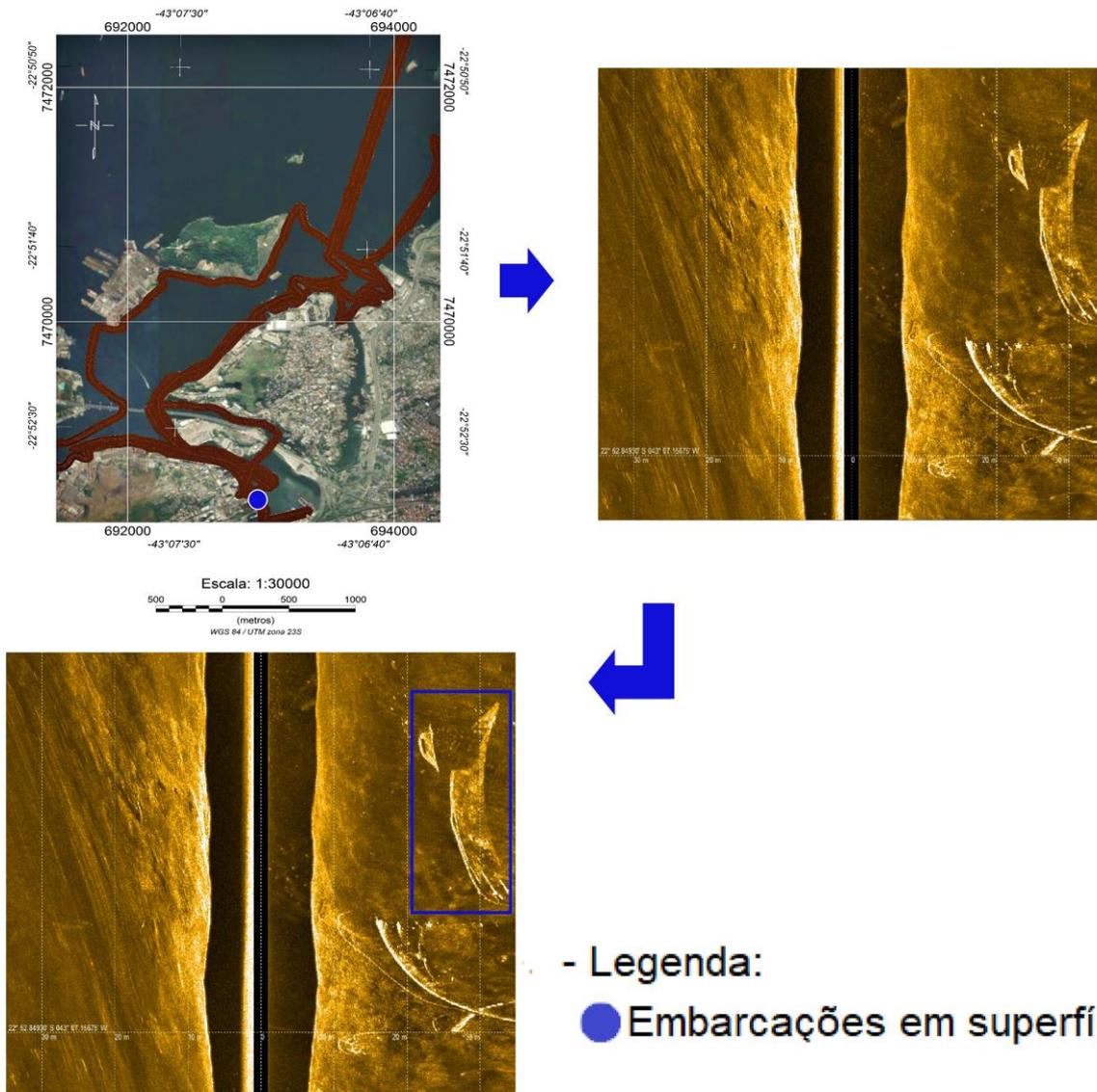
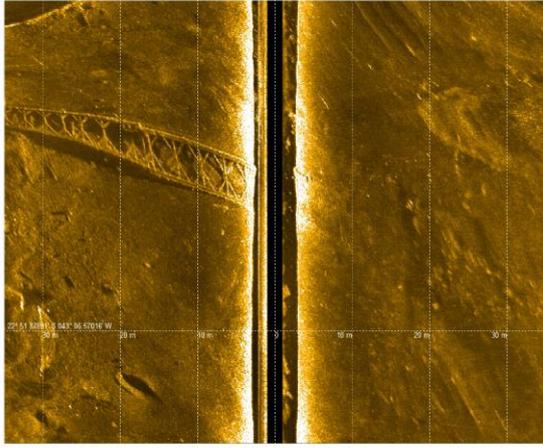
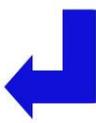
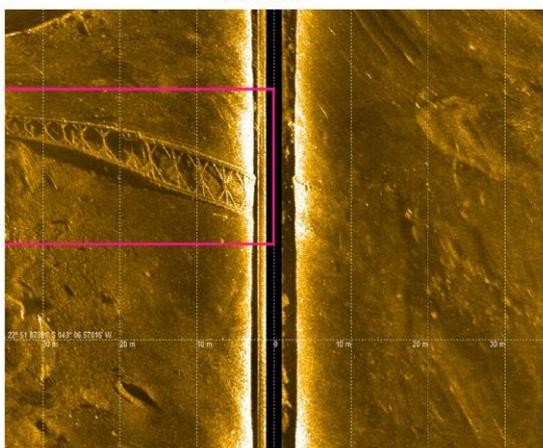


Figura 20: Imagens do sonagrama “Casco Despedaçado” interpretado e não interpretado com sua localização em destaque no mapa regional, sendo possível a identificação de uma embarcação em superfície.



Escala: 1:30000
 500 0 500 1000
 (metros)
 WGS 84 / UTM zona 23S



- Legenda:
 ● Haste de Guindaste

Figura 21: Imagens do sonograma “Haste Guindaste” interpretado e não interpretado com sua localização em destaque no mapa regional, sendo possível a identificação de uma haste de guindaste junto ao fundo.

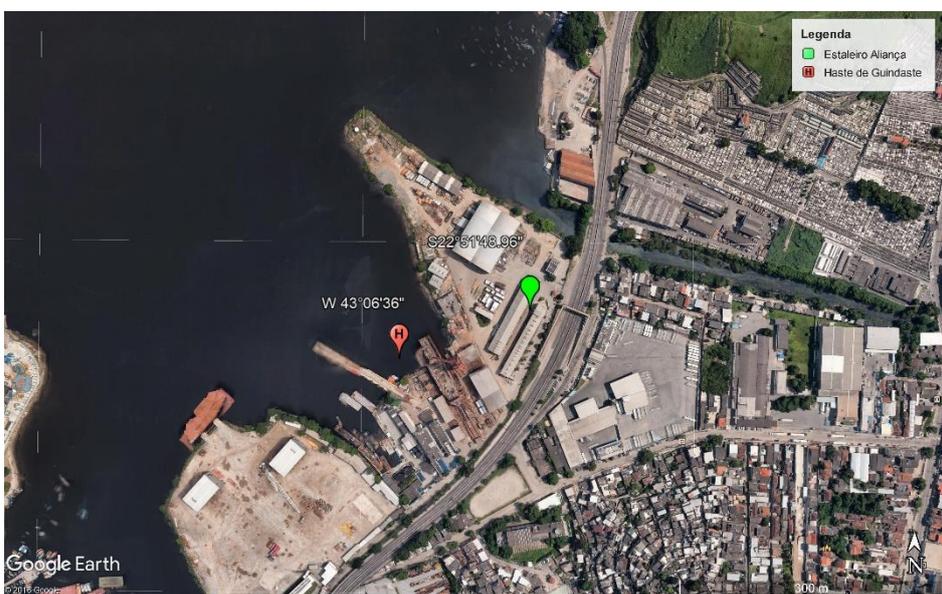
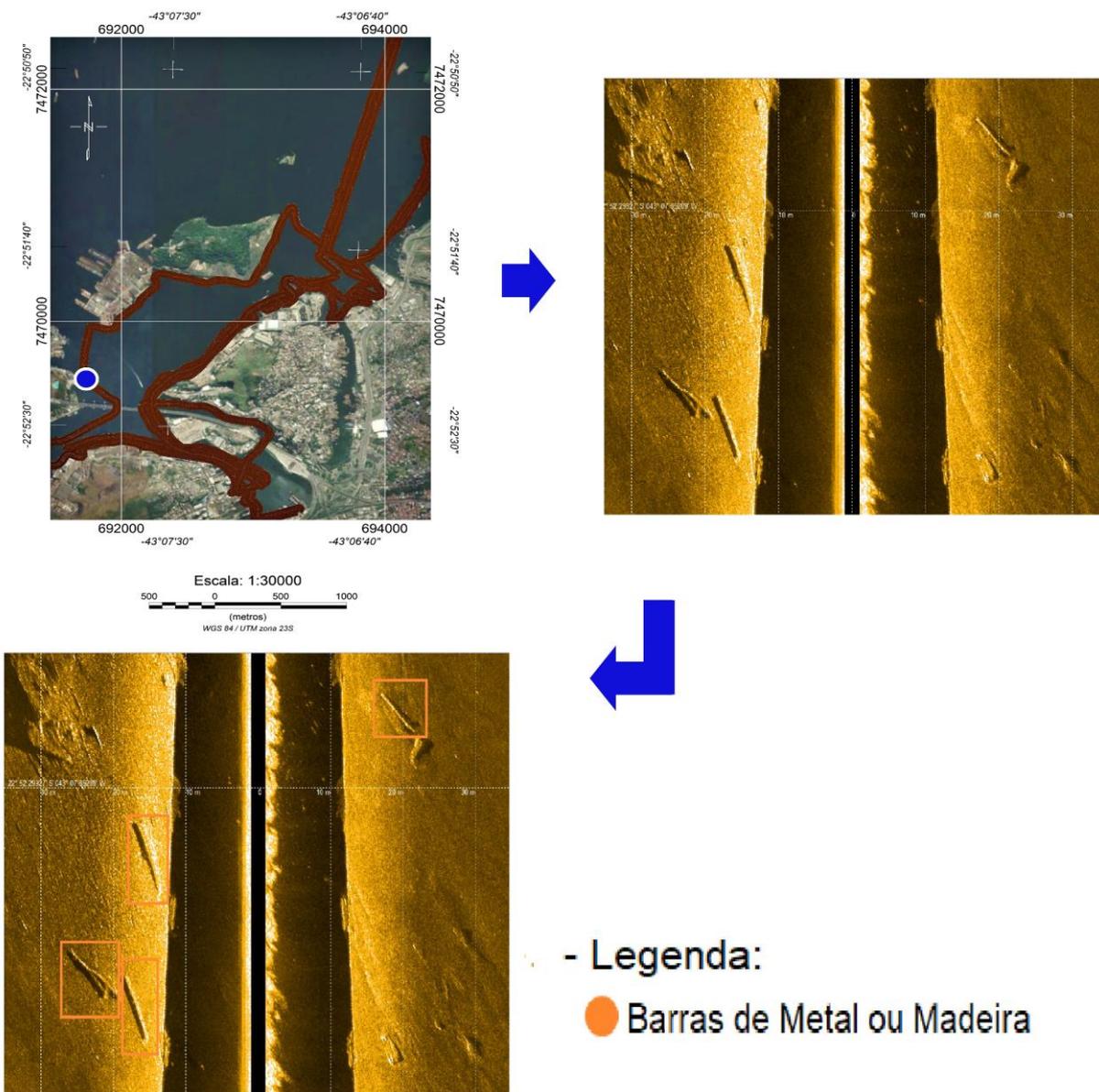


Figura 22: Imagem aérea gerada com o GoogleEarth Pro com a localização da Haste de guindaste identificada no sonargrama da Figura 21.



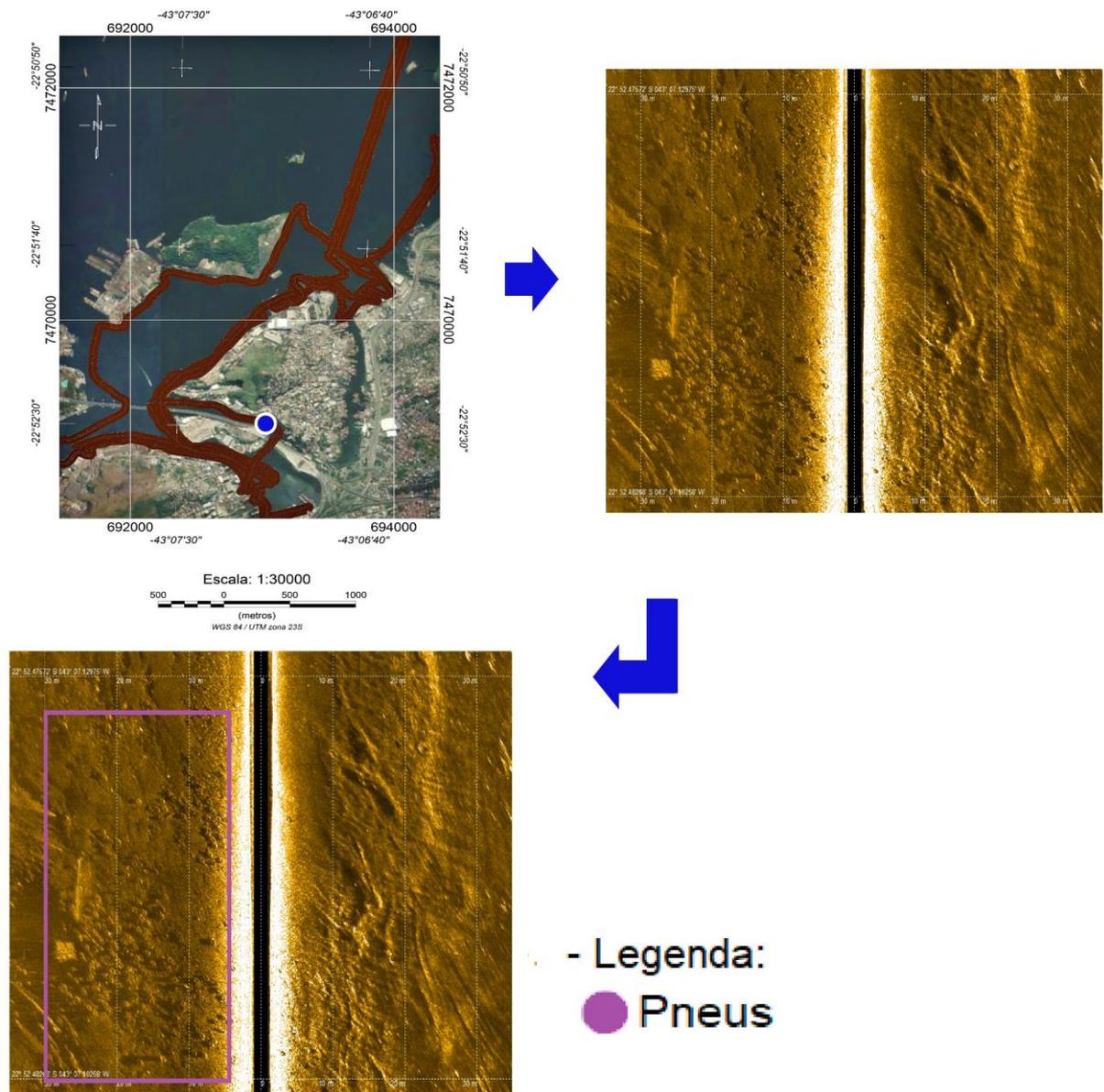
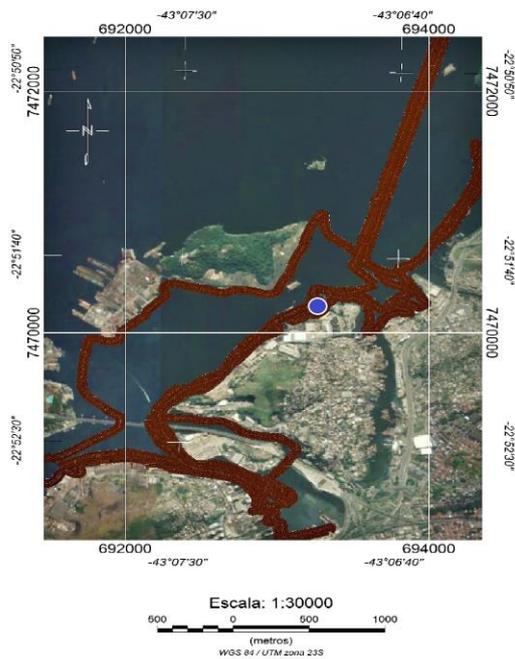


Figura 24: Imagens do sonograma “Mar de Pneus” interpretado e não interpretado com sua localização em destaque no mapa regional, sendo possível a identificação de uma grande quantidade de pneumos.



- Legenda:

- Embarcações Naufragadas
- Pneus

Passando com o sonar pelo lado da estrela na imagem do aérea.

Passando com o sonar pelo lado do triângulo na imagem aérea.

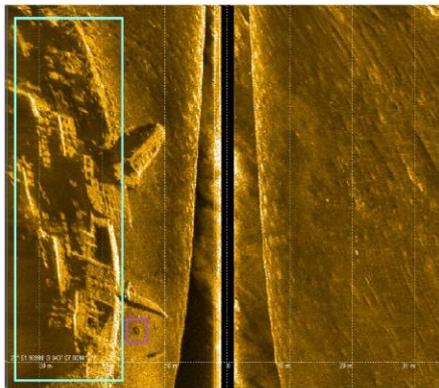
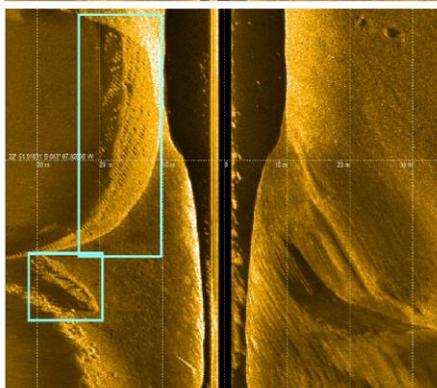
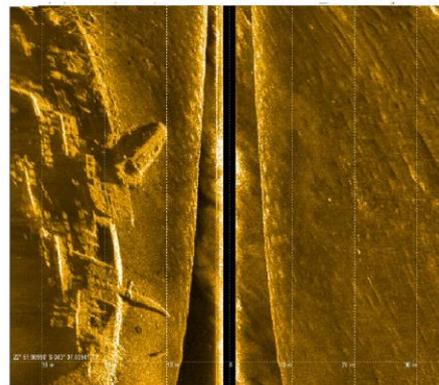
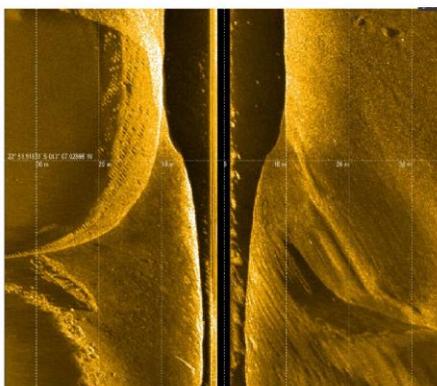


Figura 25: Imagens do sonograma “Naufração Furado” interpretado e não interpretado com sua localização em destaque no mapa regional e uma foto aérea. É possível não só ver a grande embarcação naufragada e alguns detalhes dela como o casco com diversos furos, como também uma outra embarcação menor e um pneu.



Figura 26: Foto tirado no campo identificando a parte que está em superfície do naufrágio identificado na Figura 25.

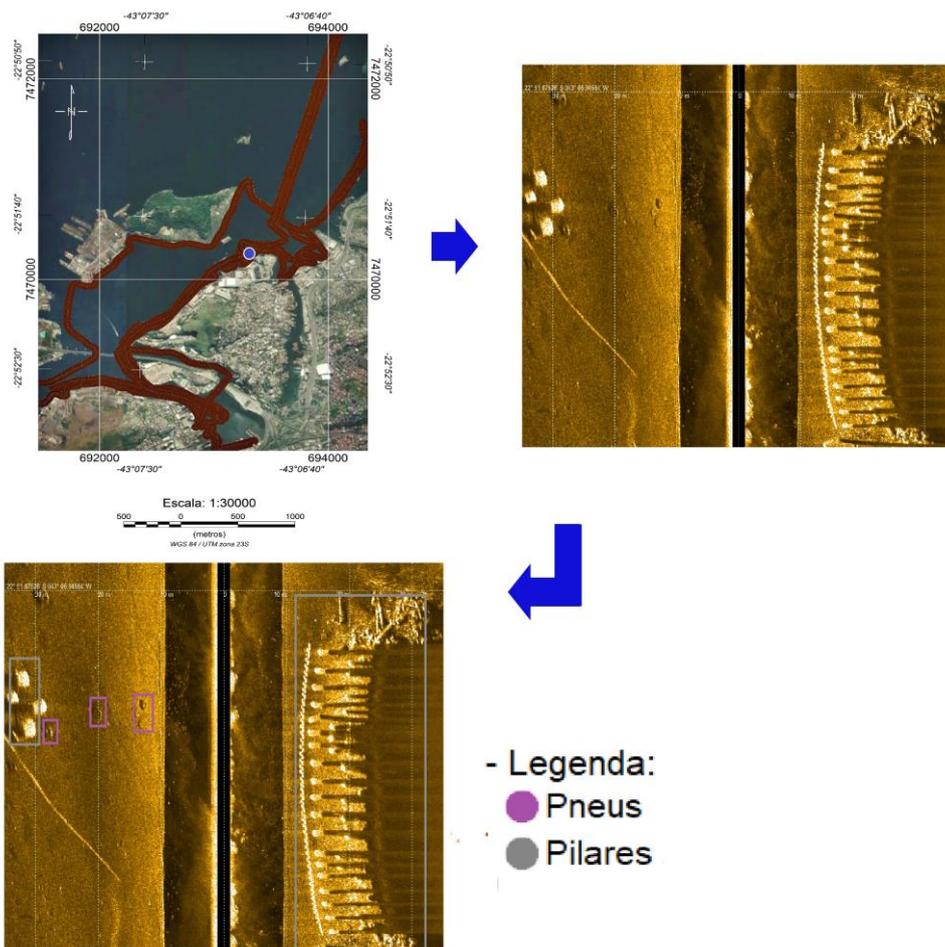
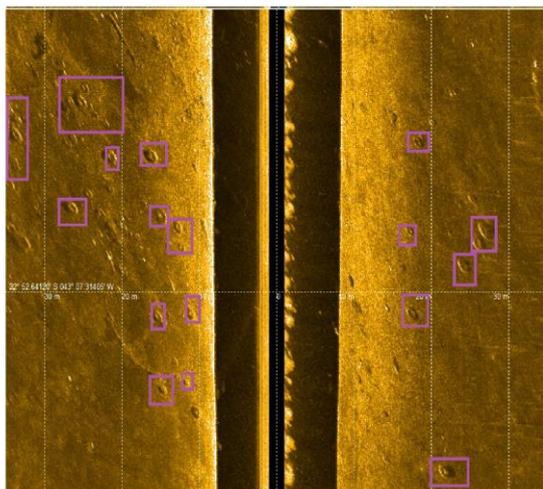
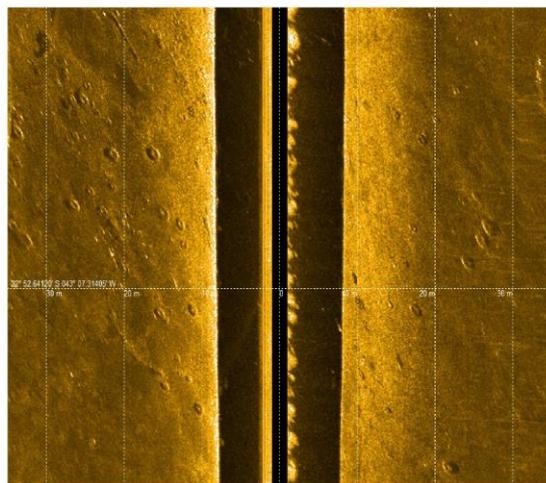


Figura 27: Imagens do sonograma “Pilares 1” interpretado e não interpretado com sua localização em destaque no mapa regional, sendo possível a identificação de pneus e pilares de estaqueamento.



Escala: 1:30000
 0 500 1000
 (metros)
 WGS 84 / UTM zona 23S

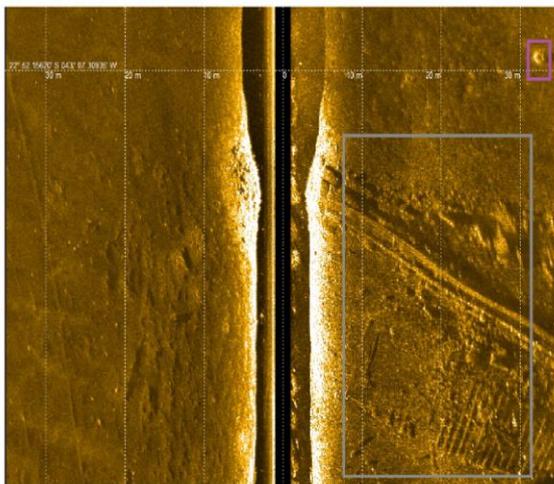
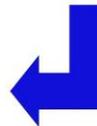
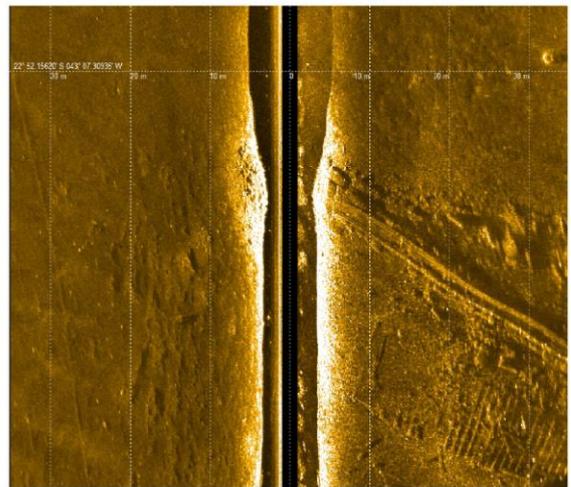


- Legenda:
 ● Pneus

Figura 28: Imagens do sonograma “Pneus 1” interpretado e não interpretado com sua localização em destaque no mapa regional, sendo possível a identificação de diversos pneus.



Escala: 1:30000
 (metros)
 WGS 84 / UTM zona 23S



- Legenda:
- Pneus
 - Trilho

Figura 29: Imagens do sonograma “Trilho” interpretado e não interpretado com sua localização em destaque no mapa regional, sendo possível a identificação de trilho para a emersão de embarcações e um pneu.

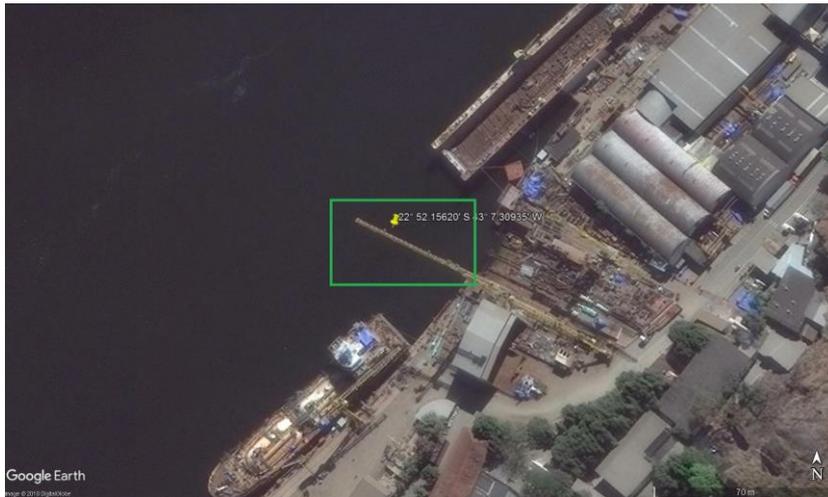


Figura 30: Imagem aérea obtida no GoogleEarth Pro, evidenciando a parte do trilho que está em superfície.

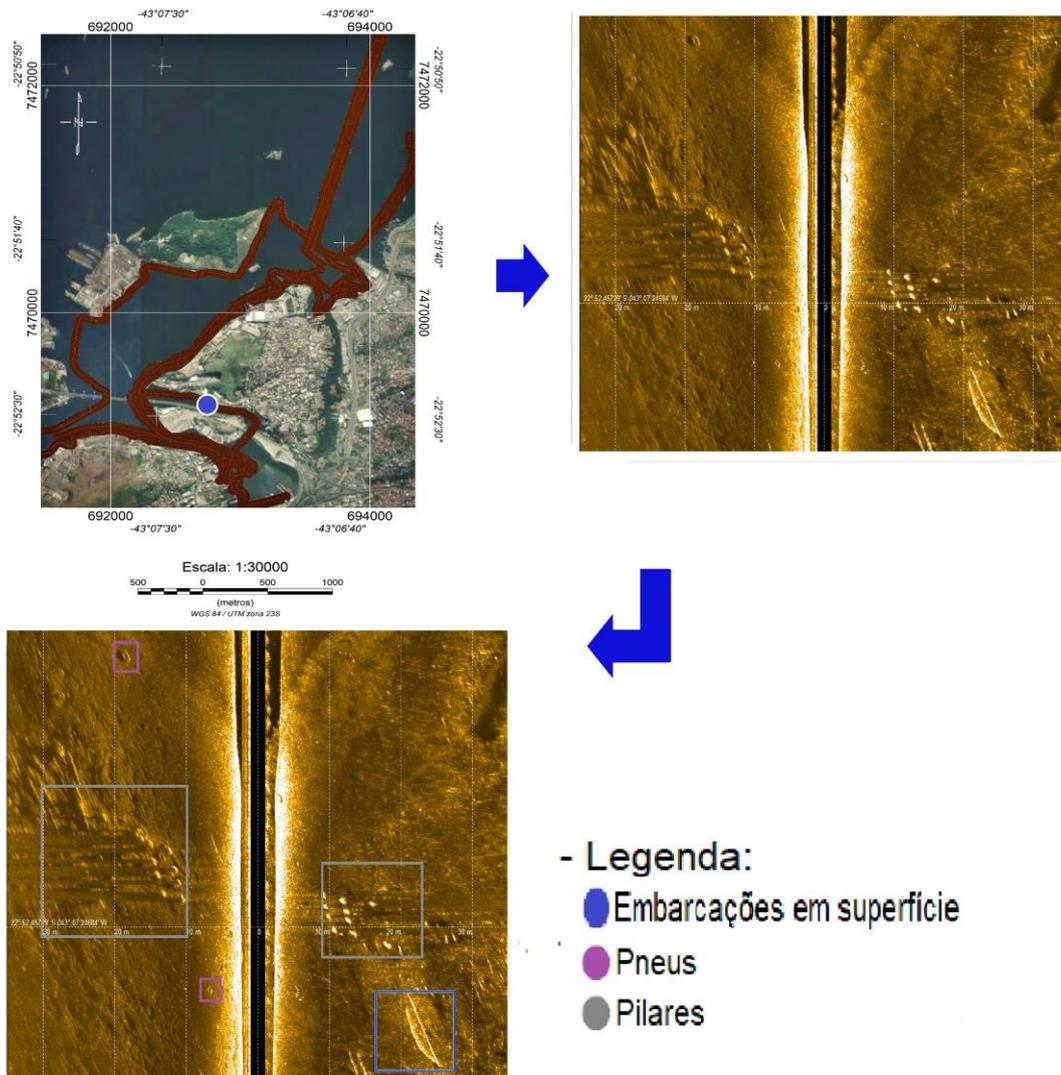


Figura 31: Imagens do sonagrama “Vigas Barco” interpretado e não interpretado com sua localização em destaque no mapa regional, sendo possível a identificação de pilares de estaqueamento e uma embarcação em superfície.

Nas Figuras 18, 19 e 25 pode-se comprovar a eficácia do método para localizar embarcações naufragadas (Souza et. al ,2009), recurso muito utilizado na arqueologia. O mapeamento dessas embarcações é de suma importância para a segurança da navegação, deste modo, carta náutica (fornecida pela Marinha - Centro de Hidrografia da Marinha do Brasil) da área, também identifica duas dessas embarcações das que foram identificadas por este trabalho, podendo ser vistas nas Figuras 19 e 25. Entretanto as outras duas embarcações não constam nas cartas da Marinha, as das Figuras 32 e 33, o que pode sustentar duas hipóteses: que foram mapeadas pela entidade, porém não foram consideradas ameaça a navegação, por serem pequenas, ou que não foram detectadas por levantamento convencional, pelo mesmo fato. Observa-se em destaque na Figura 34, os naufrágios mapeados pela marinha que também foram observados no presente trabalho, e na parte em destaque na Figura 35 a localização dos que não constam na carta da Marinha.

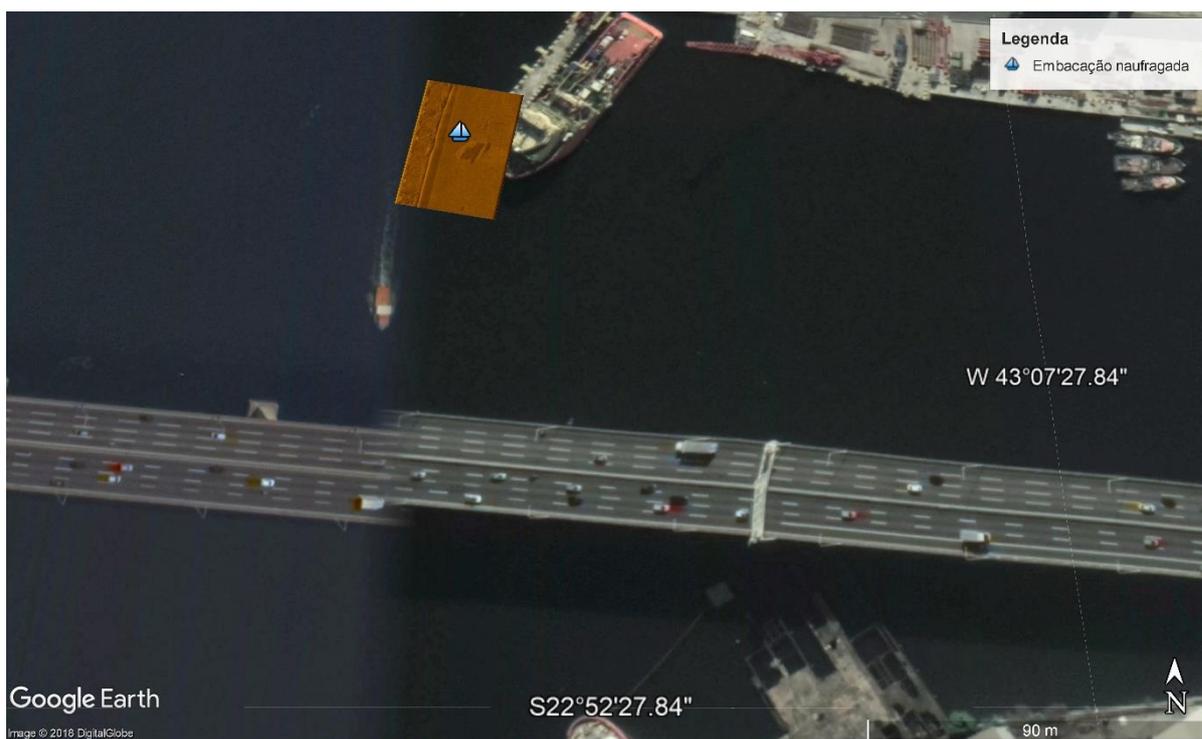


Figura 32: Figura gerada pelo GoogleEarth Pro com a linha de sonar sobreposta a imagem aérea evidenciando um dos naufrágios não mapeado pela carta náutica da Marinha.

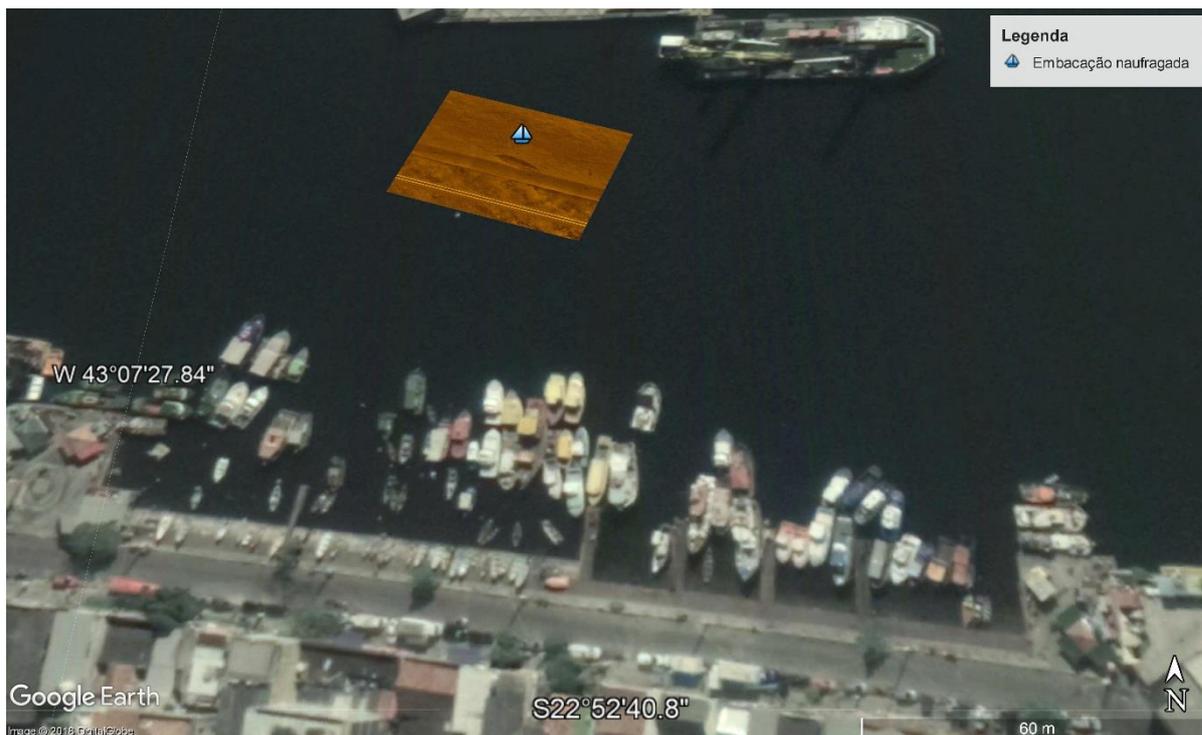


Figura 33: Figura gerada pelo GoogleEarth Pro com a linha de sonar sobreposta a imagem aérea evidenciando o segundo naufrágios não mapeado pela carta náutica da Marinha.

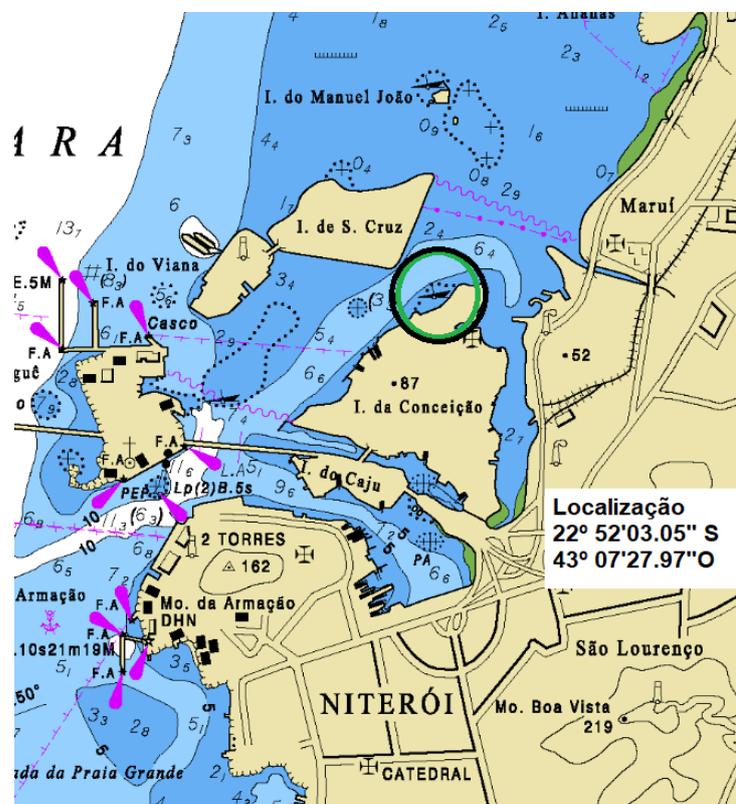


Figura 34: Carta náutica da Marinha em detalhe marcado região onde os naufrágios da carta coincidem com o levantamento feito nesse trabalho.

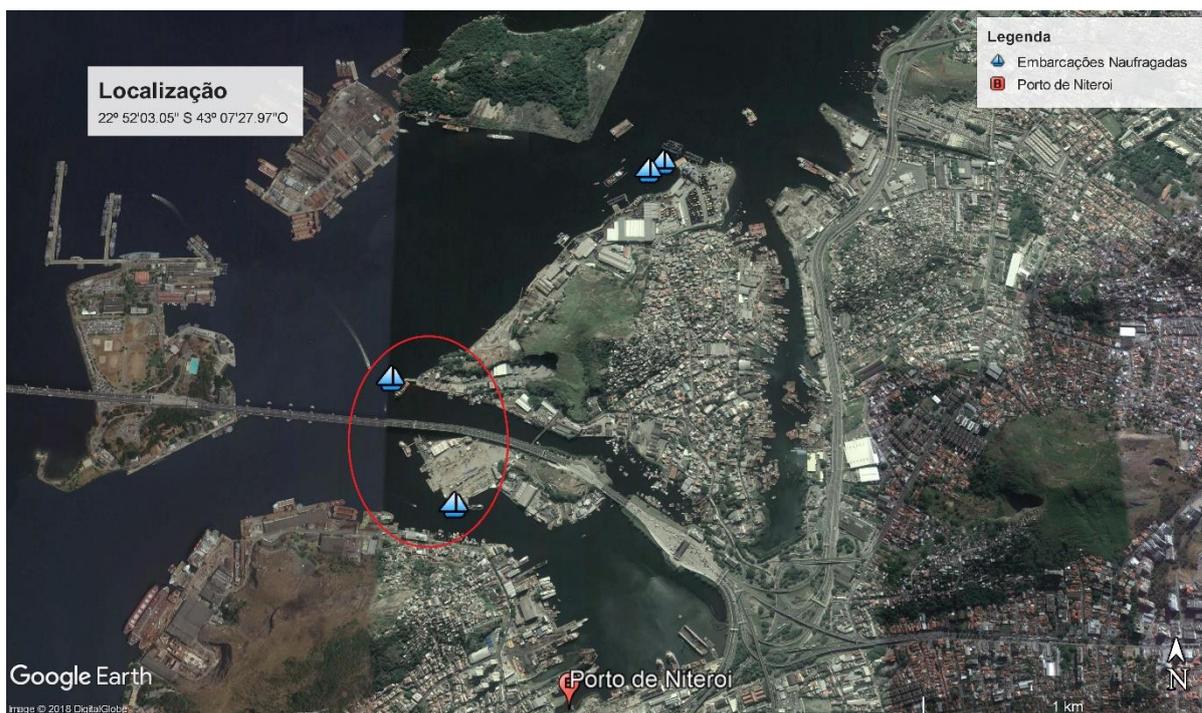


Figura 35: Mapa com a localização das embarcações naufragadas mapeadas por este trabalho, em detalhe as duas embarcações naufragadas que não constam na carta náutica da Marinha.

Outro ponto interessante que não foi abordado aqui, porém no futuro deve gerar outros trabalhos na área, é o mapeamento de estruturas de engenharia utilizando SVL. Assim como em Villena (2014), nota-se que estruturas de engenharia, como pilares de estaqueamento, são muito bem evidenciados (Figura 36) em ambiente submerso, utilizando sistemas de sonares. Além de pilares também outras estruturas foram evidenciadas, como trilho de emersão de embarcações para manutenção, Figura 29, e uma haste (Figura 21), que foi interpretada como a haste de um guindaste, devido sua forma e proximidade com um estaleiro (Figura 22). Sendo assim, o estudo desse tipo de feição, pode vir a ser importante para o entendimento de como obras de engenharia alteraram a dinâmica sedimentar natural de regiões costeiras (Villena 2015).

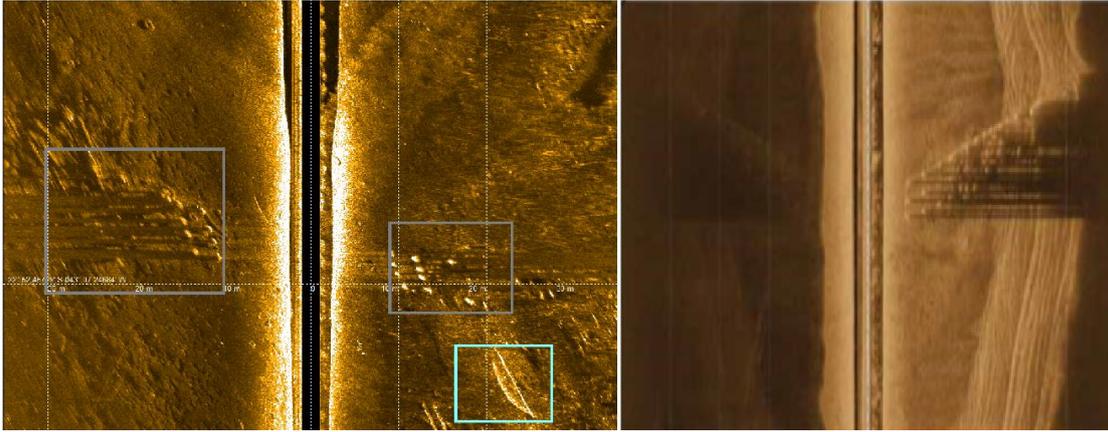


Figura 36: Imagem comparativa entre o Sonograma gerado por esse trabalho a esquerda e o sonograma modificado de Villena 2014 a direita, mostrando a eficiência do método de sonar para evidenciar pilares de estaqueamento.

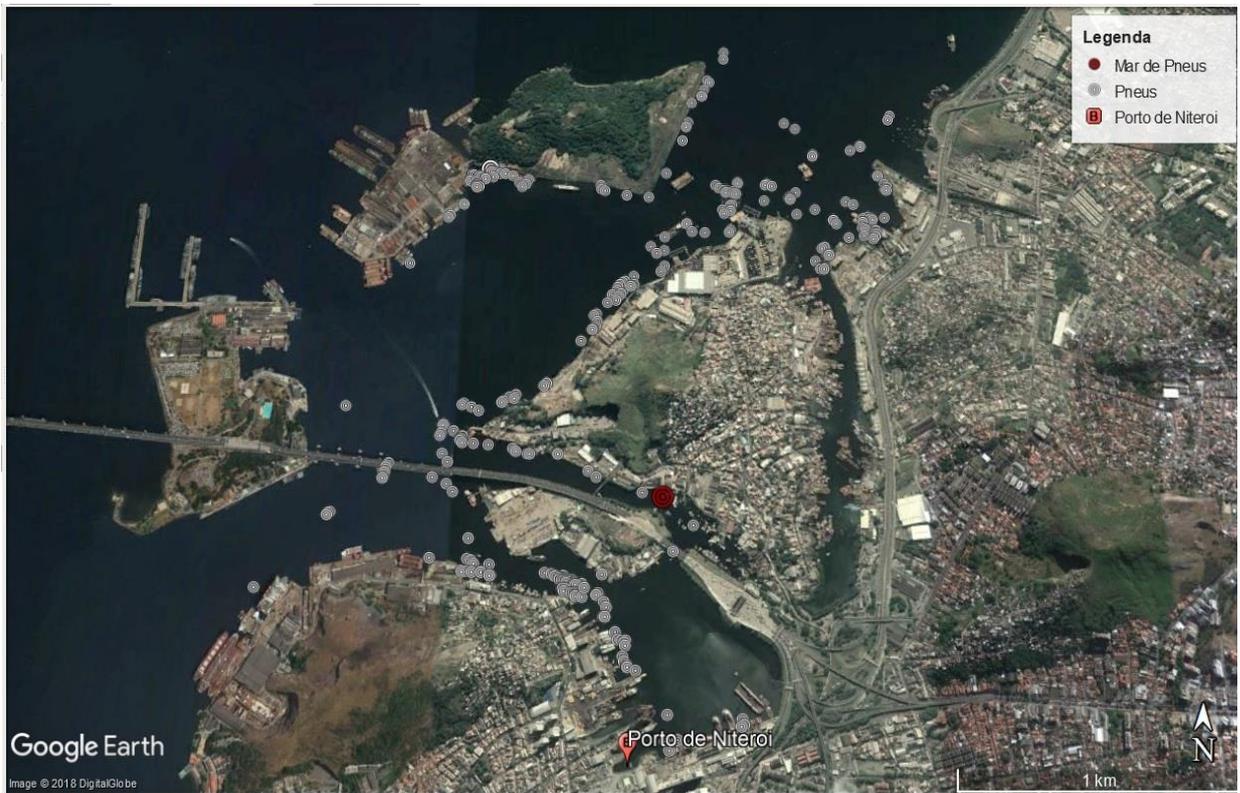


Figura 37: Mapa gerado com o GoogleEarth Pro como a localização de todos os pneus identificados pelo levantamento, além da localização do sonograma “Mar de Pneus” onde não foi possível quantificar os pneus.

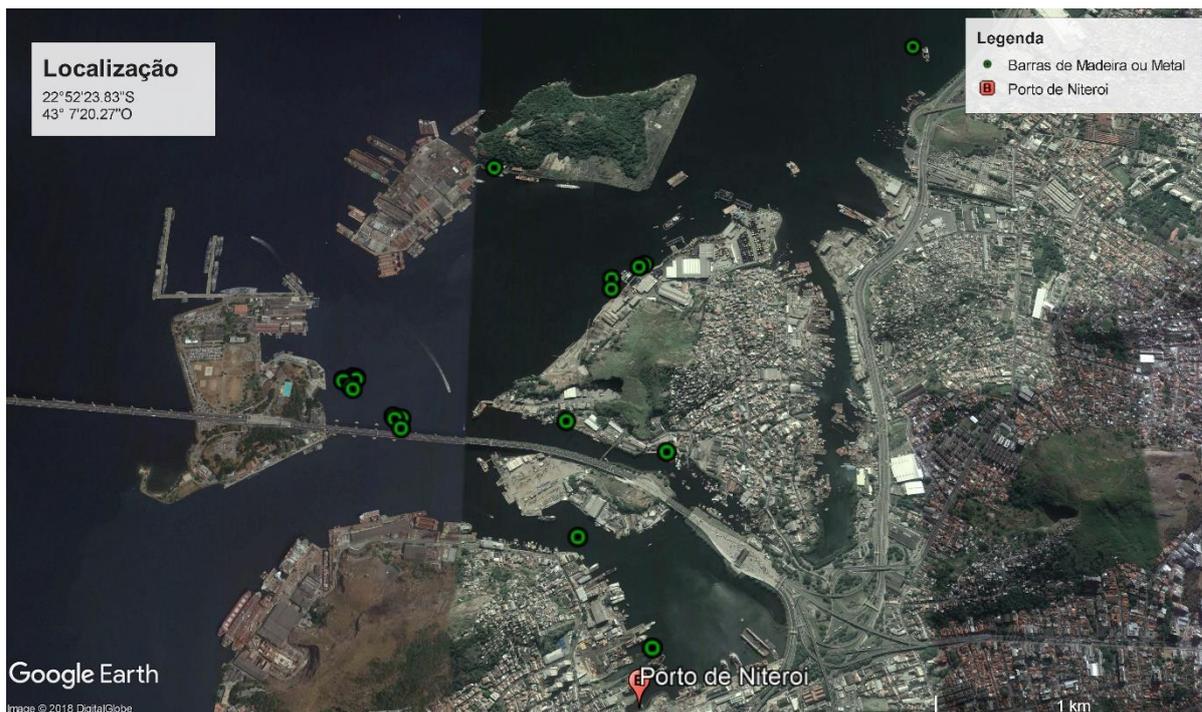


Figura 38: Mapa gerado com o GoogleEarth Pro como a localização de todas barras de madeira ou metal q foram identificados pelo levantamento.

No que se refere aos macrodetritos, foram identificados basicamente dois tipos, pneus (Figura 37) e barras de madeira ou metal (Figura 38). Apesar da distribuição desses dois tipos de detritos serem muito semelhante, a concentração de pneus mostrou-se muitas vezes superior, desta forma pode se afirmar que, os pneus são a maior causa de impacto ambiental por macrodetritos na região portuária de Niterói.

Fazendo uma análise mais atenta, observa-se que os pneus têm uma certa tendência, não só por estarem próximos às margens, como também majoritariamente no entorno de áreas de atracação de embarcações (Figura 37), o que condiz com Villena (2015), que correlaciona o grande depósito de pneus (Figura 39) e poitas na Enseada dos Anjos em Arraial do Cabo-RJ a atividade pesqueira e turística da região, que se utiliza das poitas para amarração e os pneus como defesa as embarcações. Diferentemente do caso desse autor, na zona portuária de Niterói temos muitos atracadouros para se fazer a amarração, desta forma não foram encontradas poitas. Entretanto, uma das formas mais baratas para fazer a defesa de embarcações é colocando pneus no entorno de seus cascos, de modo a evitar danos nos mesmos durante os processos de atracação no porto ou em outro navio, como pode ser visto na Figura 40, um exemplo no campo dessa prática. Não só barcos utilizam desse artifício, mas também os atracadouros, e estes muitas vezes utilizam de pneus muito maiores devido ao porte dos navios que abrigam, na Figura 41, em destaque vermelho, os pneus sendo utilizados para a defesa do atracadouro, e em

azul, funcionários fazendo a substituição de um pneu que se soltou. O baixo custo de utilização destes pneus se deve ao fato deles serem descartados por desgaste de utilização em veículos. Juntando ao baixo custo, a facilidade de obtenção, não se tem muita cautela quanto ao uso, sendo assim, muitos pneus acabam caindo por acidente, gerando as grandes concentrações que podem ser observadas na Figura 37. Um ótimo exemplo de como o manejo negligente desse recurso junto com a precariedade dos barcos, está na Figura 42, nela pode-se observar uma quantidade de pneus no fundo, tão grande que torna extremamente difícil a quantificação de quantos deles existem, isso tudo associado a uma área de atracação de pequenos barcos de pesca.

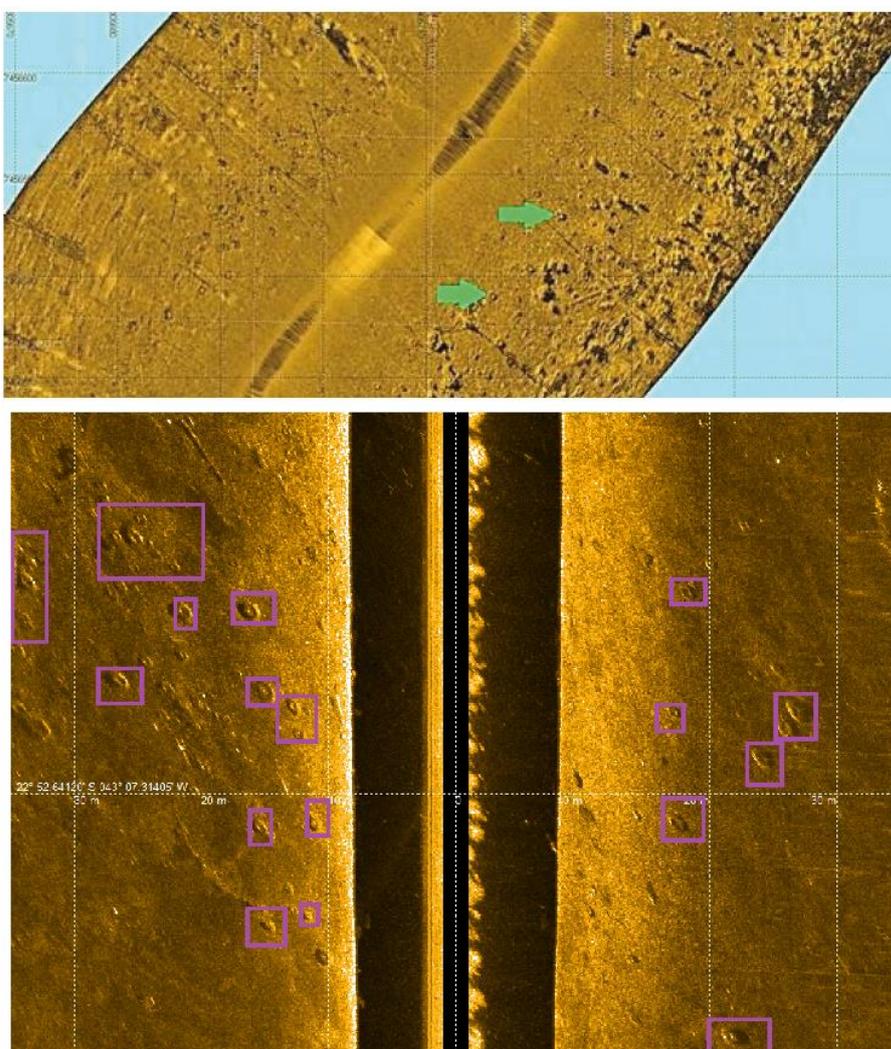


Figura 39: Imagem comparativa entre o sonograma com pneus modificado de Villena 2015 e o sonograma com pneus do presente trabalho.



Figura 40: Foto tirada em campo mostrando em destaque um pneu sendo utilizado pela embarcação para fazer a defesa da mesma.

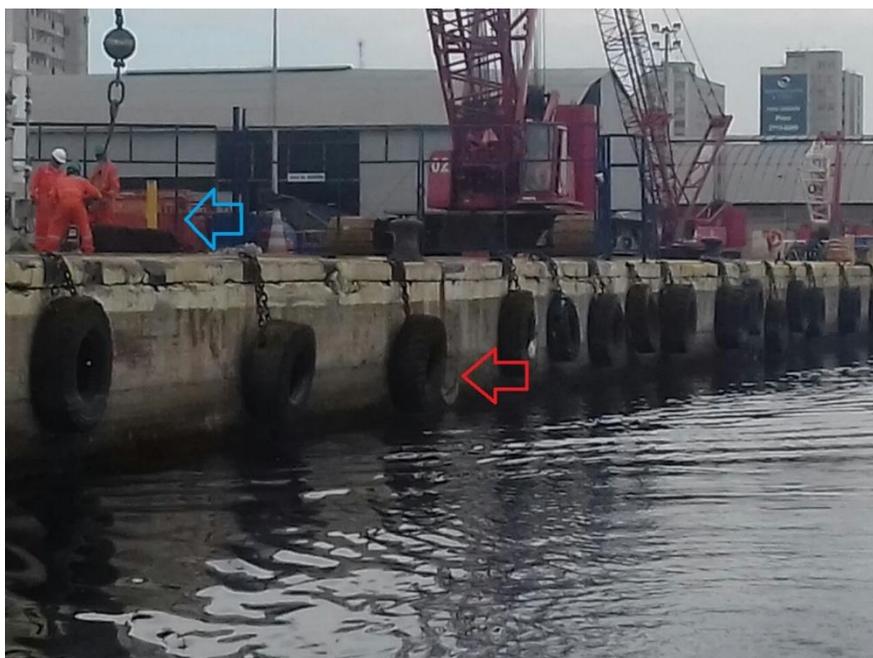


Figura 41: Foto tirado no campo de um dos atracadouros, destaque em vermelho pneu utilizado para a defesa do atracadouro e em azul, funcionários fazendo a substituição de um pneu que se despreendeu.



Figura 42: Imagens geradas com o GoogleEarth Pro da área onde se identificou a feição “Mar de Pneus”, na imagem da esquerda o sonargrama sobreposto evidenciando as dimensões da feição.

No total foram mapeados 346 pneus, mas uma grande porção deles em um certo local, que foi batizado como “Mar-de-Pneus” (Figura 42 e 24). Não foi possível realizar contabilizar devido a grande quantidade destes, com a resolução do equipamento, fazendo a diferenciação de quantos objetos haviam no local. Além de pneus, haviam 18 âncoras, 16 cabos ou feições em formato de linha (podendo ser arrastos no fundo), 4 embarcações afundadas, 11 embarcações em superfície, 21 barras de madeira ou metal e 21 pilares.

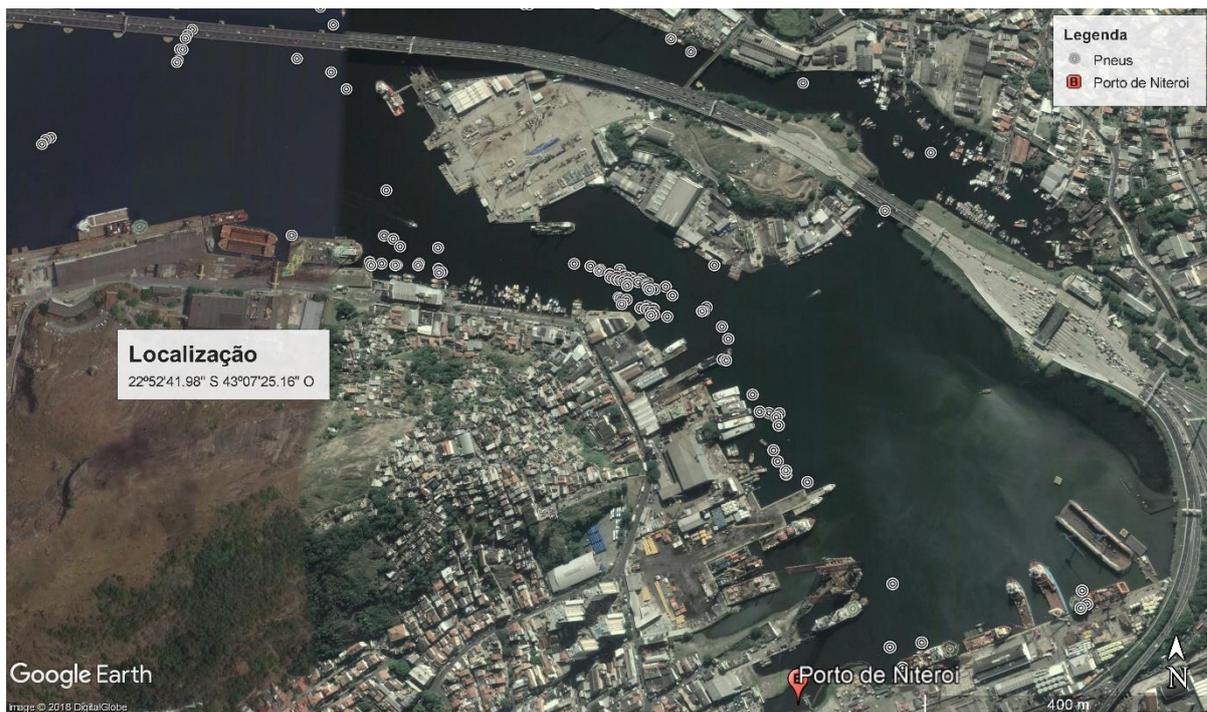


Figura 43: Mapa gerado com o GoogleEarth Pro com um recorte regional com a localização dos os pneus identificados pelo levantamento.



Figura 44: Mapa gerado com o GoogleEarth Pro com um recorte regional com a localização dos os pneus identificados pelo levantamento.

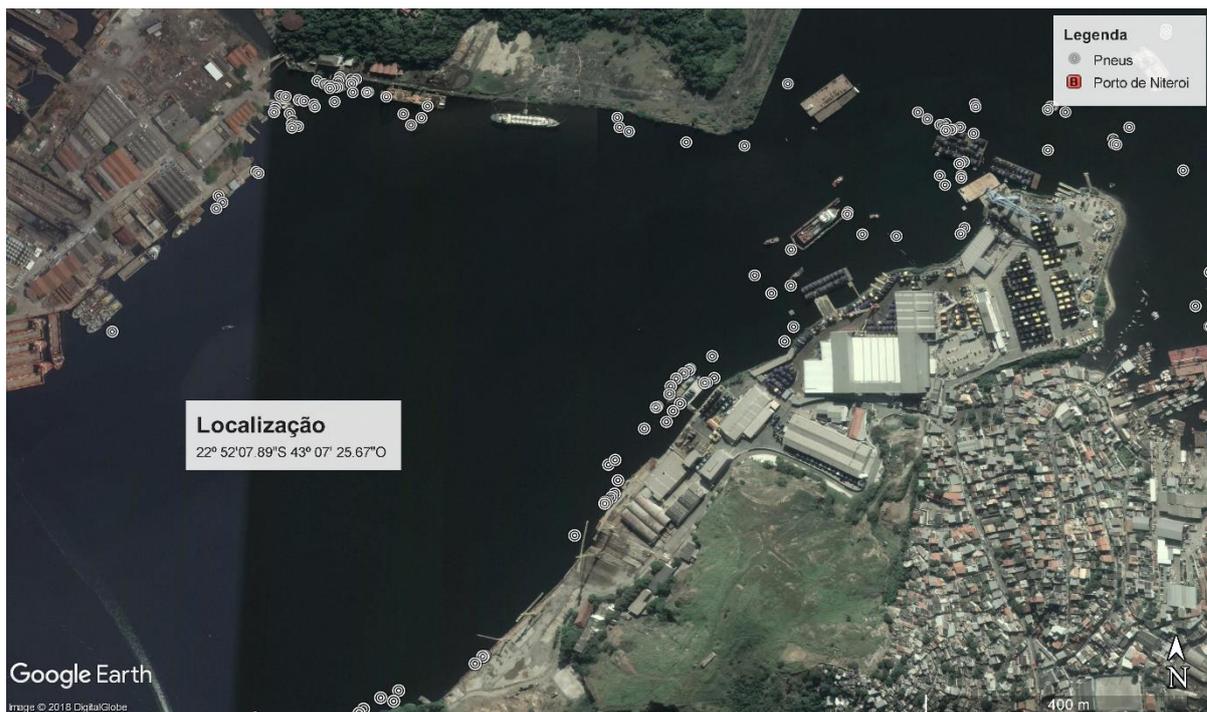


Figura 45: Mapa gerado com o GoogleEarth Pro com um recorte regional com a localização dos os pneus identificados pelo levantamento.



Figura 46: Mapa gerado com o GoogleEarth Pro com um recorte regional com a localização dos os pneus identificados pelo levantamento.

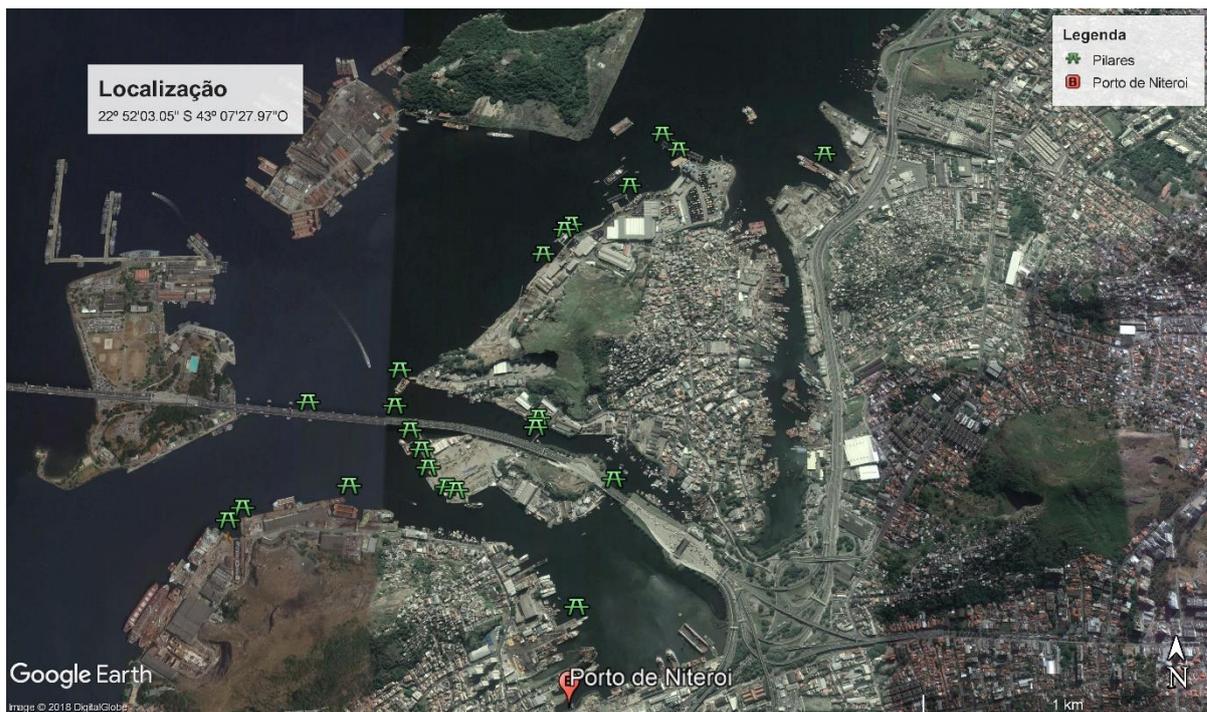


Figura 47: Mapa gerado com o GoogleEarth Pro com a localização dos pilares de estaqueamento identificados pelo levantamento.

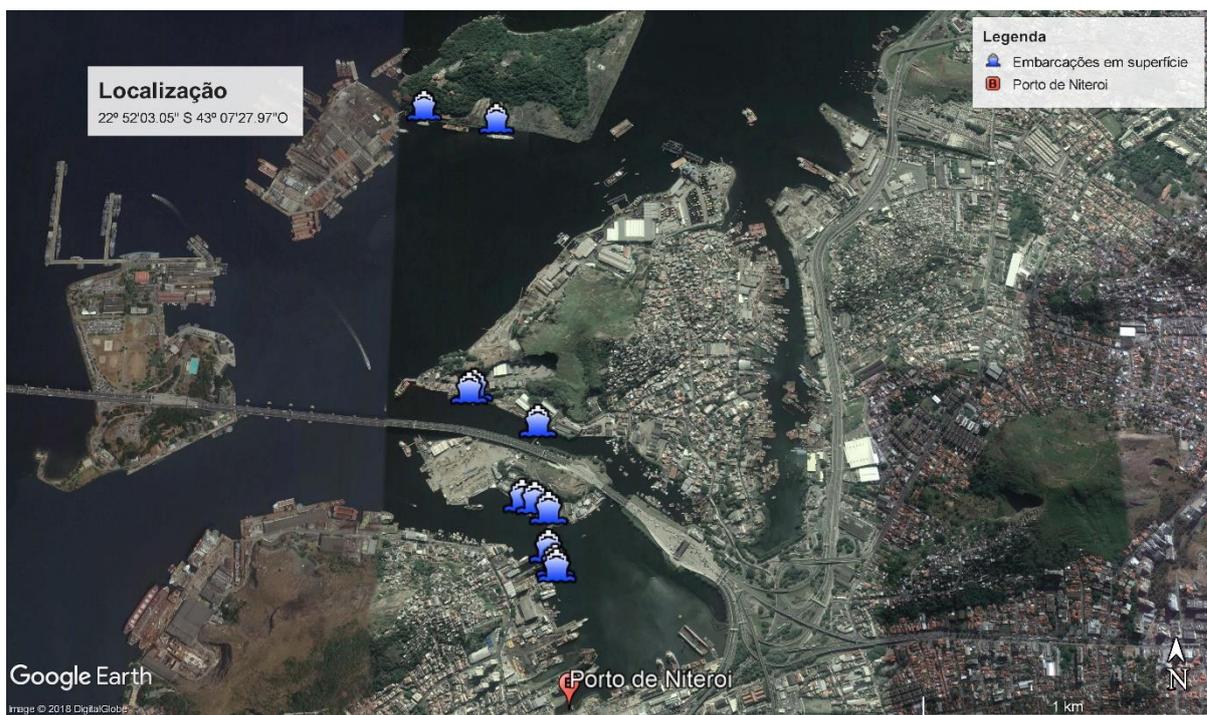


Figura 48: Mapa gerado com o GoogleEarth Pro com a localização das embarcações em superfície identificados pelo levantamento.

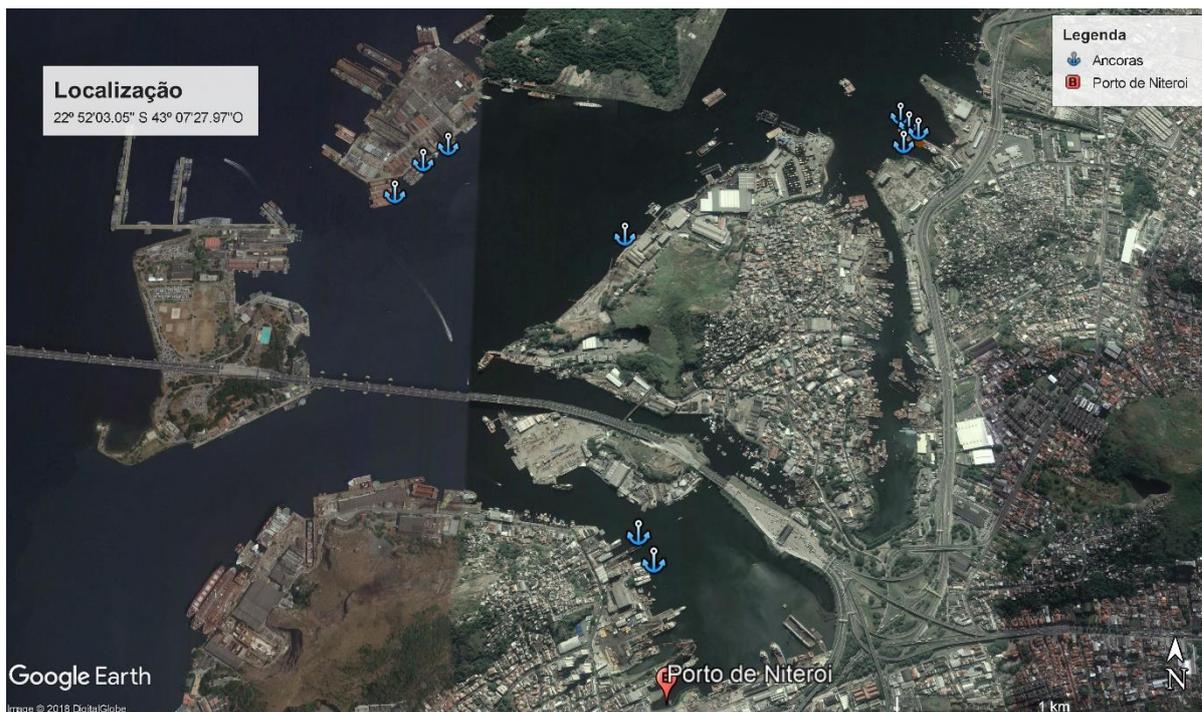


Figura 49: Mapa gerado com o GoogleEarth Pro com a localização das âncoras identificadas pelo levantamento.

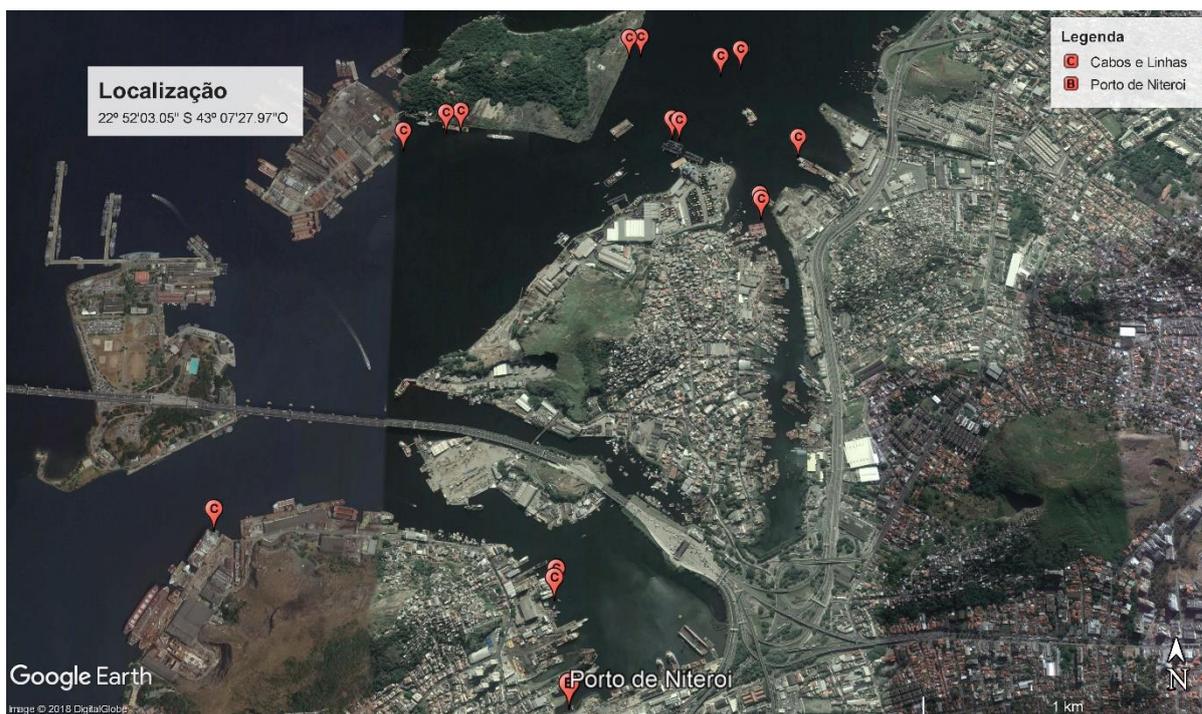


Figura 50: Mapa gerado com o GoogleEarth Pro com a localização dos cabos e linhas identificadas pelo levantamento.

O descarte de pneus inservíveis, (aqueles que não podem ser mais utilizados) é um grande problema da sociedade contemporânea (Parra et. al., 2010). Por isso cada vez mais vem sendo alvo de estudos, os impactos causados por esses, não só no Brasil (Galle et. al. 2010),

como também em diversos países, como Colômbia e Romênia (Ortíz-Rodríguez et. al. 2017 e Constantinescu, 2012). Apesar de pesquisas mostrarem que os pneus inservíveis não causam contaminação, tanto na água do mar quanto em água doce (Pennington et. al. 1996) e ser classificado como resíduo inerte pela ABNT, eles causam um outro impacto ambiental, o assoreamento. Levando em conta que, uma área portuária deve ter suas águas muito bem mapeadas para evitar acidentes, ter uma concentração tão elevada de detritos, que tende a crescer e não possui tempo de decomposição estimado, pode vir a ser um grave problema.

Uma das formas de evitar essa tendência é a educação da população local para o uso consciente desse recurso, como atesta Galle et. al. (2010), principalmente para os que trabalham na área portuária. De modo que as pessoas utilizem esse recurso de forma mais cuidadosa, ou substituam por outros equipamentos para a defesa de suas embarcações. Pode ser visto, por exemplo, na Figura 51, o barco utilizado pela equipe que realizou o levantamento para esse trabalho, e ao lado deste, uma superfície emborrachada (em destaque) para fazer a defesa da embarcação.

Outra medida que poderia ser adotada, é remoção desses pneus, que apesar de custosa, solucionaria o problema. Entretanto além dos custos, esses pneus ainda necessitariam de algum lugar adequado para depósito, além disso, ainda seriam necessárias as medidas anteriores para que o problema não reaparecesse tempos depois.

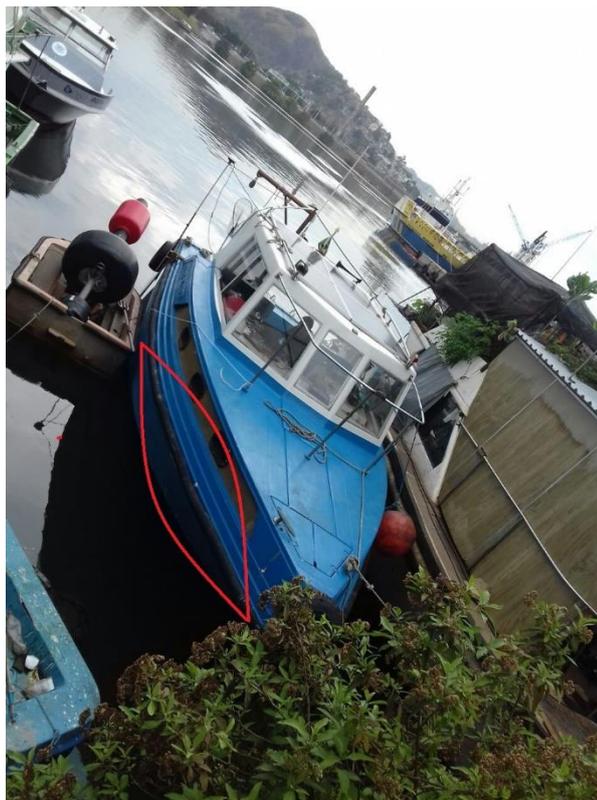


Figura 51: Foto da embarcação utilizada no campo, em destaque a lateral emborrachada para a defesa dispensando o uso de pneus.

7. CONCLUSÕES

Com base nos dados dos sonargramas realizados na zona portuária de Niterói, pode se concluir que o uso de sonar de varredura lateral é extremamente eficiente para realizar o mapeamento de macrodetritos. Sendo eficiente não só para identificar os detritos de origem antrópica, mas também para quantificá-los e gerar mapas de distribuição.

Com os mapas gerados também foi possível constatar que o porto e arredores são fortemente afetados pela ação antrópica. Principalmente devido aos grandes depósitos de macrodetritos junto ao fundo. A poluição por detritos, principalmente por pneus, é muito expressiva, sendo identificados cerca de 346 deles, mais inúmeros outros que estão no conjunto denominado “Mar de Pneus”, onde não foi possível quantificar com exatidão. A disposição espacial dos pneus foi atribuída às atividades de atracação de embarcações, devido à grande variedade de tamanhos e tipos destas, também foram identificados diversos tamanhos diferentes de pneus.

Essa poluição foi considerada muito significativa, não só pela quantidade, mas também pelo tempo de decomposição desses materiais, pois a borracha possui tempo indeterminado de decomposição na natureza.

Para diminuir esse tipo de contaminação foi considerado necessário não só esforços para a educação ambiental junto aos trabalhadores do porto, como também trabalhos que visem a remoção desses resíduos, além é claro, da melhoria nas formas de fixação desses pneus ou talvez a substituição dos mesmos por outros mecanismos de defesa.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

QUARESMA, V. S. Caracterização da dinâmica sedimentar da Baía de Guanabara, RJ. 1997. 97f. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geofísica Marinha) – Universidade Federal Fluminense. Niterói – RJ.

DIAS, G. T. M.; QUARESMA, V. S. Baía de Guanabara, RJ – Distribuição dos sedimentos de fundo. XXXIX Congresso Brasileiro de Geologia. p. 469-471, 1996.

CATANZARO, L. F. et al. Distinctive Sedimentary Processes In Guanabara Bay – SE/Brazil, Based On The Analysis Of Echo-Character (7.0 Khz). Revista Brasileira de Geofísica, v. 22, n. 1, p. 69-83 2004.

ABUCHACRA, R. C. Evolução sedimentar holocênica da planície costeira do NE da Baía de Guanabara (RJ). 2015. 160f. Tese (Doutorado em Geologia e Geofísica Marinha) – Universidade Federal Fluminense – Niterói – RJ.

KJERFVE, B. et al. Oceanographic characteristics of an impacted coastal bay: Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brazil. Continental Shelf Research, v. 17, n. 3, p. 1609-1643, 1997.

FERRARI, A. L. Evolução tectônica do Graben da Guanabara. 412 f. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, 2001.

FIGUEIREDO JR, A. G. et al. Linked variations in sediment accumulation rates and sea-level in Guanabara Bay, Brazil, over the last 6000 years. Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol, 2014.

ANGULO, R. J.; LESSA, G. C.; SOUZA, M. C. D. A critical review of the mid- to late Holocene sea-level fluctuations on the eastern brazilian coastline. Quaternary Science Reviews, Londres, v. 25, n. 5-6, p. 486-506, 2006.

CHESAPEAKE TECHNOLOGY. SONARWIZ WEBBINARS, 2011. Disponível em: <<https://chesapeakech.com/videos/sonarwiz-webinars/>> Acesso em:04 Jul. 2018.

AUTORIDADE PORTUÁRIA - COMPANHIA DOCAS DO RIO DE JANEIRO, Porto de Niterói Niterói – RJ, 2018. Disponível em: <<http://www.infoportos.com.br/sistema-portuario-nacional/portos-publicos/porto-de-niteroi/>> Acesso em:04 Jul. 2018.

ANGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS (ANTAQ), Porto de Niterói, 2012. Disponível em: <<http://antaq.gov.br/Portal/pdf/Portos/2012/Niteroi.pdf>> Acesso em: 04 Jul. 2018.

ANGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS (ANTAQ), Niterói, Portos brasileiros, 2016. Disponível em: <<http://observatorioantaq.info/index.php/2016/06/05/niteroi/>> Acesso em: 04 Jul. 2018.

CAMPUS NETO, C. A. S. PORTOS BRASILEIROS: ÁREA DE INFLUÊNCIA, RANKING, PORTE E OS PRINCIPAIS PRODUTOS MOVIMENTADOS. Brasília, 2006. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td_1164.pdf> Acesso em: 04 Jul. 2018.

INSTITUTO BAÍA DE GUANABARA, A Pesca, 2014; Disponível em: <http://baiadeguanabara.org.br/site/?page_id=4779> Acesso em: 04 Jul. 2018.

BAPTISTA NETO, J. A.; AYRES, A. N.; Introdução à geologia marinha. Rio de Janeiro, Interciência, 2004, Cap. 6 P.137-141.

VILLENA, H. H. et al. O Homem e as Zonas Costeiras: Morfologia de fundo e poluição por macrodetritos na Enseada do Anjos, Arraial do Cabo. Rio de Janeiro: 2015. 214p.: il. Cap. IV, P.73-88.

VILLENA, H. H. et al. Formação e ocupação de litorais nas margens do Atlântico: Morfologia de fundo e cobertura sedimentar da Enseada do Bananal, Ilha Grande, Rio de Janeiro: Corbã , 2014. 324p. : il. Cap.III, P.54-71.

SOARES-GOMES, A. et al. An environmental overview of Guanabara Bay, Regional Studies in Marine Science 8, Rio de Janeiro 2016.

StarFish 405F System User Guide Disponível em: <http://www.tritech.co.uk/media/products/side-scan-sonar-shallow-water-starfish-seabed-imaging-systems_hardware_manual.pdf?id=90a32794> Acesso em: 10/07/2018.

INMET—Instituto Nacional de Meteorologia, 1992. Normas climatológicas (1961-1990). Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, Secretaria Nacional de Irrigação, Departamento Nacional de Meteorologia, Brasília, DF.

FILIPPO, A.M., 1997. Passagem de frentes frias na Baía de Guanabara, RJ, Brasil. Impacto no nível médio do mar (Master Thesis). Departamento de Geoquímica Ambiental, Universidade Federal Fluminense, Niterói.

KJERFVE, B., LACERDA, L.D., Baía de Guanabara, G.T.N., 2001. Rio de Janeiro, Brazil. In: Seeliger, U., Kjerfve, B. (Eds.), Coastal Marine Ecosystems of Latin America. Springer-Verlag, Berlin, pp. 107–117.

AMADOR, E.S., 1997. Baía de Guanabara e Ecossistemas Periféricos: Homem e Natureza, Reproarte Gráfica e Editora, Rio de Janeiro .

BAPTISTA NETO, J.A., Gingele, F.X., Leipe, T., Brehme, I., 2006. Spatial distribution of heavy metals in surficial sediments from Guanabara Bay: Rio de Janeiro, Brazil. *Environ. Geol.* 49, 1051–1063.

QUARESMA, V.S., Dias, G.T.M., Baptista Neto, J.A., 2000. Caracterização da ocorrência de padrões de sonar de varredura lateral e sísmica de alta frequência (3,5 e 7,0 kHz) na porção sul da Baía de Guanabara—RJ. *Rev. Bras. Geofís.* 18, 201–214.

PARANHOS, R., MAYR, L.M., 1993. Seasonal patterns of temperature and salinity in Guanabara Bay, Brazil. *Fresenius Environ. Bull.* 2, 647–652.

PARANHOS, R., Mayr, L.M., Lavrado, H.P., Castilho, P.C., 1993. Temperature and salinity trends in Guanabara Bay (Brazil) from 1980 to 1990. *Arq. Biol. Tec.* 36, 685–694.

BRANDÃO, Z., 2006. Urban planning in Rio de Janeiro: A critical review of the urban design practice in the twentieth century. *City Time* 2 (2), 4.

IBGE, Estatísticas populacionais, sociais, políticas e culturais., 2014. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/seculox/default.shtmL>> acessado em 03 fev. 2015

CEPERJ, 2013. Anuário estatístico do estado do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.ceperj.rj.gov.br/ceep/Anuario2013/index.html>> Acessado em: 7 ago. 2018.

BAPTISTA NETO, J.A., FONSECA, E.M., 2011. Variação sazonal, espacial e composicional de lixo ao longo das praias da margem oriental da Baía de Guanabara (Rio de Janeiro) no período de 1999–2008. *Rev. Gest. Cost. Integr.* 1, 31–39.

FRANZ, B., 2011. O lixo flutuante em regiões metropolitanas costeiras no âmbito de políticas públicas: o caso da cidade do Rio de Janeiro (Ph.D. thesis). Universidade Federal do Rio de Janeiro, p. 150.

BULLA L. A. S. et al. 2006 Uso do sonar de varredura lateral na avaliação de uma área de mineração de areia no Rio Jacui – RS.

YRES NETO A. 2000. Uso da sísmica de reflexão de alta resolução e da sonografia na exploração mineral submarina. *Revista Brasileira de Geofísica*, 18(3): 241–256.

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

SOUZA, L. A P. et al. A importância do sonar de varredura lateral em projetos de hidrovias: o exemplo da hidrovia de Araguaia. 2009. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/269127410_A_IMPORTANCIA_DO_SONAR_D E_VARREDURA_LATERAL_EM_PROJETOS_DE_HIDROVIAS_O_EXEMPLO_DA_HIDROVIA_DO_ARAGUAIA](https://www.researchgate.net/publication/269127410_A_IMPORTANCIA_DO_SONAR_D_E_VARREDURA_LATERAL_EM_PROJETOS_DE_HIDROVIAS_O_EXEMPLO_DA_HIDROVIA_DO_ARAGUAIA)> acessado em: 11 Jul 2018.

BIANCHI, C.N. et al. 2004. *Biol. Mar. Medit.* 11, Hard bottoms. Cap 6, p. 185-215.

GARCÍA-GARCÍA, A.; S. GARCÍA-GIL & F. VILAS. 2005. Quaternary evolution of the Ría de Vigo, Spain. *Marine Geology*, 220(1-4): 153-179.

WATTERS D. L. et al. Assessing marine debris in deep seafloor habitats off California, *Marine Pollution Bulletin* 60 (2010) 131–138.

Centro de Hidrografia da Marinha do Brasil, Carta Náutica BAÍA DE GUANABARA, número 1501 Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-segnav-cartas-raster/baia-de-guanabara>>. Acessado em: 12/07/2018.

PENNINGTON D. G. et al. Effects of waste tires, waste tire facilities and waste tire projects on the environment, 1996, California Integrated waste management board.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. Resíduos sólidos: classificação. NBR 10004. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <

http://www.suape.pe.gov.br/images/publicacoes/normas/ABNT_NBR_n_10004_2004.pdf >
acessado em: 07 ago. 2018.

PARRA, C. V. et al. Reutilização e reciclagem de pneus, e os problemas causados por sua destinação incorreta, 2010 XIV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e X Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba.

GALLE, A. H. et al. A influência do pneu no meio ambiente, 2010, SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS INTEGRADAS DA UNAERP CAMPUS GURUJÁ.

ORTÍZ-RODRÍGUEZ, O. O.; OCAMPO-DUQUE, W.; DUQUE-SALAZAR, L. I. Environmental Impact of End-of-Life Tires: Life Cycle Assessment Comparison of Three Scenarios from a Case Study in Valle Del Cauca, Colombia. 2017.

CONSTANTINESCU, C., Ecological Dimension of Tire Management. Environmental Impact of tire use, 2012, International Journal of Academic Research in Accounting, Finance and Management Sciences Volume 2, Special Issue 1 (2012), pp. 187-195 ISSN: 2225-8329.

CLARK, J.R., 1996. Coastal Zone Management Handbook. Lewis/CRC Publishers, Boca Raton, Florida, 694 pp.

DIAZ, R.J.; SOLAN, M.; VALENTE, R.M. 2004. A review of approaches for classifying benthic habitats and evaluating habitat quality. Journal of Environmental Management 73, 165e181.

HARPER, S.J.M. et al. 2010. Acoustic mapping of fish aggregation areas to improve fisheries management in Las Perlas Archipelago, Pacific Panama. Ocean. Coast. Manage 53, 615e623.

HUANG, Z. et al. 2014. Predictive mapping of seabed substrata using high-resolution multibeam sonar data: a case study from a shelf with complex geomorphology. Mar. Geol. 357, 37e52.

BROWN, C.J. et al. 2011. Benthic habitat mapping: a review of progress towards improved understanding of the spatial ecology of the seafloor using acoustic techniques. Estuar. Coast. Shelf Sci. 92, 502e520.

MICALLEF, A. et al. Hühnerbach, V., Deidun, A., 2012. A multi-method approach for benthic habitat mapping of shallow coastal areas with high-resolution multibeam data. Cont. Shelf Res. 39e40, 14e26.

COSTANZA, R.; FARLEY, J. 2007. Ecological economics of coastal disasters: introduction to the special issue. *Ecological Economics* 63, 249e253.

GRAY, J.S. 1997. Marine biodiversity: patterns, threats and conservation needs. *Biodivers. Conserv.* 6, 153e175.

NEWTON, A.; ICELY, J., 2008. Land ocean interactions in the coastal zone, LOICZ: lessons from Banda Aceh, Atlantis, and Canute. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 77, 181e184.

EYRE, B.D.; MAHER, D. 2011. Mapping ecosystem processes and function across shallow seascapes. *Continental Shelf Research* 31, S162eS172.

JACKSON, J.B.C. et al; 2001. Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *Science* 293, 629e638.

WORM, B. et al. 2006. Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science* 314, 787e790.

HALPERN, B.S. et al. 2008. A global map of human impact on marine ecosystems. National Center for Ecological Analysis and Synthesis, Santa Barbara.

WRIGHT, D.; HEYMAN, W., 2008. Introduction to the special issue: marine and coastal GIS for geomorphology, habitat mapping, and marine reserves. *Marine Geodesy* 31, 223e230.

BLAKE, J. 2004. *The Sea Chart: The Illustrated History of Nautical Maps and Navigational Charts*. Conway.

ELEFTERIOU, A.; MCINTYRE, A. 2005. *Methods for the Study of Marine Benthos*. Wiley-Blackwell.

COGAN, C.B. et al. 2009. The role of marine habitat mapping in ecosystem-based management. *ICES Journal of Marine Science*. 66, 2033e2042.

CHESTERMAN, W.; CLYNICK, P.; STRIDE, A. 1958. An acoustic aid to sea bed survey. *Acustica* 8, 285e290.

KLEIN, M.; EDGERTON, H., 1968. Sonar: a modern technique for ocean exploitation. *IEEE Spectr.* 5, 40e46.

SINGH, H. et al. 2000. Imaging underwater for archaeology. *J. Field Archaeol.* 27, 319e328.

BLONDEL, P.; GOMEZ SICHI, O., 2009. Textural analyses of multibeam sonar imagery from Stanton Banks, Northern Ireland continental shelf. *Applied Acoustics* 70, 1288e1297.

ANIMA, R.J. et al. 2007. Side-scan sonar imaging of the Colorado river, Grand Canyon. U. S. Geol. Surv. Open-File Rep. 2007, 1216.

AMIRI-SIMKOOEI, A.; SNELLEN, M.; SIMONS, D.G. 2009. Riverbed sediment classification using multi-beam echo-sounder backscatter data. *J. Acoust. Soc. Am.* 126, 1724e1738.

BUSCOMBE, D.; GRAMS, P.E.; KAPLINGSKI, M.A. 2014a. Characterizing riverbed sediments using high-frequency acoustics 1: spectral properties of scattering. *Journal Geophys. Res. - Earth Surf.* 119.

BUSCOMBE, D.; GRAMS, P.E.; KAPLINGSKI, M.A. 2014b. Characterizing riverbed sediments using high-frequency acoustics 2: scattering signatures of Colorado River bed sediments in Marble and Grand Canyons. *J. Geophys. Res. - Earth Surf.* 119.

HOBBS, C.H. 1985. Side-scan sonar as a tool for mapping spatial variations in sediment type. *Geo-Marine Lett.* 5, 241e245.

KENNISH, M.J. et al. 2004. Side-scan sonar imaging of subtidal benthic habitats in the Mullica River-Great Bay estuarine system. *Journal of Coastal Research* 20, 227e240.

ALLEN, Y.C. et al. 2005. High resolution mapping and classification of oyster habitats in nearshore Louisiana using sidescan sonar. *Estuaries* 28, 435e446.

EHRHOLD, A.; HAMON, D.; GUILLAUMONT, B. 2006. The REBENT monitoring network, a spatially integrated, acoustic approach to surveying nearshore macrobenthic habitats: application to the Bay of Concarneau (South Brittany, France). *ICES Journal of Marine Science* 63, 1604e1615.

YEUNG, C.; MCCONNAUGHEY, R.A. 2008. Using acoustic backscatter from a sidescan sonar to explain fish and invertebrate distributions: a case study in Bristol Bay, Alaska. *ICES Journal of Marine Science* 65, 242e254.

TODD, B.J.; KOSTYLEV, V.E. 2011. Surficial geology and benthic habitat of the German Bank seabed, Scotian Shelf, Canada. *Continental Shelf Research* 31, S54eS68.