



UM MERGULHO NO PASSADO: DADOS DE COLUNA DE ÁGUA REVELAM O CT PARAÍBA

Capitão de Corveta Leonardo Gomes de Araujo¹

RESUMO

Com o objetivo de promover a atualização dos documentos náuticos no entorno do casco soçobrado do ex-CT Paraíba, dados multifeixe, com informação de coluna de água, coletados por oportunidade, foram analisados e processados no *CARIS HIPS and SIPS*, explorando as ferramentas disponibilizadas pelo software para este tipo de informação adicional. Os resultados do presente estudo, além de possibilitar observações do navio com riqueza de detalhes, mostram um considerável ganho de qualidade no produto batimétrico final, ao permitir que falhas no processo de detecção, geradas pelo sistema de aquisição de dados, sejam sanadas, no processamento, pelo hidrógrafo com uso das linhas já existentes, evitando impactos nos custos da comissão e promovendo incremento na Segurança da Navegação.

Palavras-chave: Multifeixe. Coluna de Água. Processamento de dados. CT Paraíba.

¹Oficial do Corpo da Armada, Hidrógrafo, Mestre em Ciências da Terra – Mapeamento Oceânico (Earth Sciences - Ocean mapping) pela University of New Hampshire – UNH, servindo presentemente no Centro de Hidrografia da Marinha – CHM. Email: gomes.araujo@marinha.mil.br



ABSTRACT.

With the goal of promoting the update of nautical documents around the wrecked hull of the former CT Paraíba, multibeam data, with water column information, collected opportunistically, were analyzed and processed in CARIS HIPS and SIPS, exploring the tools provided by the software for this type of additional information. The results of the current study, besides allowing observations of the ship with a wealth of details, show a considerable quality improvement in the final bathymetric product, by enabling errors in the detection process, generated by the data acquisition system, to be corrected by the hydrographer, in processing, using the existing lines, avoiding impacts on the costs of the commission and promoting an increase in Navigation Safety.

Keywords: Multibeam. Water Column. Data Processing. CT Paraíba.

1. INTRODUÇÃO

Para os navegantes, uma das informações mais valiosas encontradas em cartas náuticas é a profundidade. Inicialmente adquirida manualmente, por meio de instrumentos simples como o prumo de mão, essa prática foi substituída de forma gradual por medições eletrônicas (OHI, 2005). A exploração dos fenômenos acústicos e o avanço dos componentes eletrônicos possibilitaram o surgimento dos eco-batímetros, que se tornaram a principal fonte de dados batimétricos. Inicialmente equipados com um único feixe, ao longo do tempo, passaram por aprimoramentos, e versões comerciais com múltiplos feixes se tornaram disponíveis. Atualmente, esses sistemas multifeixe são reconhecidos pela qualidade e alta resolução, sendo

considerados os mais precisos para medições batimétricas (Clarke *et al.*, 1996).

Apesar da existência de algoritmos de detecção altamente precisos (SI, 2000), é sabido que problemas de detecção podem ocorrer na presença de alvos com características peculiares, como os mastros de navios naufragados (CLARKE, 2006). Tais problemas podem resultar na falha do registro das profundidades mínimas, valores esses considerados críticos para a segurança da navegação (ARAUJO, 2020).

Dando continuidade ao processo de aprimoramento mencionado, os eco-batímetros multifeixe, além de registrarem informações batimétricas do fundo marinho, passaram a disponibilizar os dados de intensidade acústica registrados ao longo de toda a trajetória do pulso sonoro na água, desde o transdutor até o fundo (Colbo *et al.*, 2014). Essas informações, conhecidas como “dados de coluna de água” (“*Water Column Data*”), permitem a inclusão de dados complementares ao projeto, exigindo alguns passos adicionais no processamento.

Visando explorar o assunto e ampliar seu emprego no âmbito do Complexo Naval da Ponta da Armação (CNPA), o tema “Os dados de coluna de água e sua aplicação em hidrografia”, proposto pelo presente autor, foi aceito como um dos Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC) dos alunos do Curso de Aperfeiçoamento de Hidrografia para Oficiais (CAHO), ministrado em 2023 no Centro de Instrução e Adestramento Almirante Radler de Aquino (CIAARA). Nesta ocasião, duas linhas que continham dados de coluna de água, registradas onde se encontram os cascos soçobrados do ex-HMCS (*His Majesty's Canadian Ship*) Mackenzie (Marinha do Canadá e do ex-Contratorpedeiro (CT) Paraíba (Marinha do Brasil), foram entregues a um dos alunos, possibilitando-o avaliar os dados e desenvolver sua monografia.

No entanto, em que pese o trabalho no casco soçobrado do ex-CT Paraíba ter sido desenvolvido com as restrições de emprego de uma única linha de sondagem multifeixe e sem redução de marés, por peculiaridades do estudo desenvolvido, os resultados obtidos chamaram a atenção de modo significativo, devido às grandes variações de profundidades observadas, substituindo a profundidade mínima de 38 metros por 30,5 metros (BENENGUEYE, 2023), demandando geração de matéria para divulgação em “Aviso aos Navegantes” e alteração do valor presente na carta náutica número 1506, em vigor para a região do casco.

Para este artigo, um novo processamento foi necessário, com o objetivo de promover a atualização dos documentos náuticos dentro do rigor hidrográfico. Dessa vez, considerou-se as linhas de sondagem anteriormente omitidas. Todos os dados adquiridos sobre o casco soçobrado foram examinados, e as informações maregráficas

foram aplicadas na redução das sondagens. Tais inclusões garantem uma representação mais precisa e abrangente da área estudada. Este aprimoramento metodológico não apenas eleva a qualidade das cartas náuticas, como também reforça a importância de uma abordagem holística na análise hidrográfica.

2. O CONTRATORPEDEIRO PARAÍBA

Pertencente à Classe Pará, o Contratorpedeiro Paraíba (D-28), ilustrado na Figura 1, serviu inicialmente à Marinha dos Estados Unidos, sob o nome de *USS Davidson* (FF-1045), e foi incorporado à Marinha do Brasil em 1989 (JFS, 1990). Possui 126,3 metros de comprimento, boca de 13,5 metros e 7,3 metros de calado (JFS, 1990), em 2002 foi submetido à Mostra de Desarmamento e, em 2005, foi vendido em leilão. Em seu reboque para desmonte, afundou ao largo das Ilhas das Maricás, no Estado do Rio de Janeiro (NGB, 2024).



Figura 1 – Contratorpedeiro Paraíba.

Fonte: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Brazilian_destroyer_CT_PARAIBA.JPG>



3. A DETECÇÃO MULTIFEIXE, SUAS FALHAS E A NECESSIDADE DE INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

A principal função de um ecobatímetro é determinar profundidades, convertendo o tempo de ida e de volta em distância, desde que se conheça a velocidade do som na coluna d'água e sejam empregados algoritmos de detecção (OHI, 2005). Um pulso acústico é transmitido, e os sinais que retornam ao transdutor são analisados para se obter, para cada feixe, gerado sob um ângulo conhecido, um instante de detecção, formando um par ângulo-tempo (LURTON, 2010).

O método de detecção mais consagrado atualmente consiste em analisar a série temporal de cada feixe e determinar quais os instantes em que ocorreram interações entre o pulso sonoro e o alvo, por meio de técnicas conhecidas como detecção por amplitude e detecção por fase, cujo detalhamento foge ao escopo deste trabalho.

A Figura 2 exemplifica o conceito de detecção por amplitude. Os dados registrados de uma varredura multifeixe são exibidos ao longo de toda a coluna de água, em local

de fundo plano e sem feições de destaque. Os sinais mais fortes estão indicados em cor vermelha e representam a região onde se encontra o leito marinho. Os sinais mais fracos estão indicados em cor azul e se mostram presentes desde a posição do transdutor (local da transmissão) até o instante em que o primeiro contato com o leito marinho é realizado, ao centro da varredura. Sinais de amplitude intermediária são exibidos em tonalidades entre verde e amarelo e estão associados à detecção do leito marinho por lóbulos secundários do transdutor. Considerando os dados do feixe cuja série temporal foi representada em branco, nota-se que o sinal registrado apresenta valores baixos ao longo de toda a coluna de água, sofre uma elevação quando um lóbulo secundário registra o encontro do feixe nadiral (ponto diretamente abaixo da posição de observação) com fundo, e exibe seus maiores valores em faixa que engloba o contato do feixe com o fundo, reduzindo em seguida. Os algoritmos avaliam esta faixa de maiores valores, a fim de definir qual o instante (tempo) representativo da detecção. Uma vez que o feixe possui ângulo de recepção conhecido, um par ângulo-tempo é formado, e a detecção é registrada.

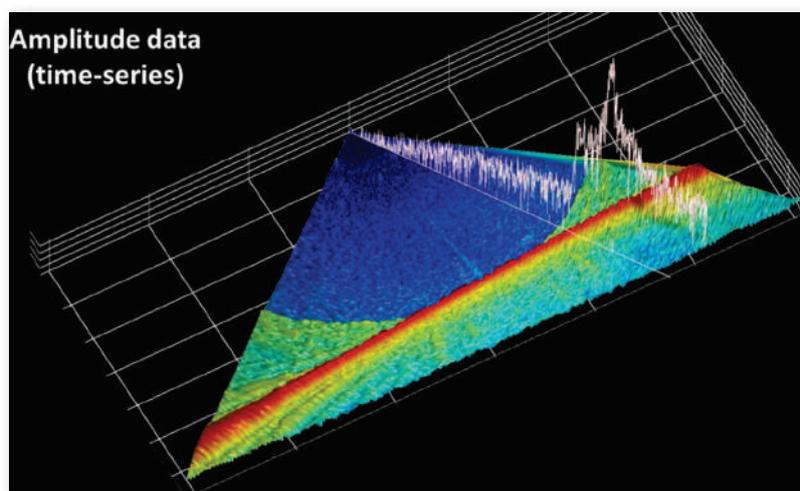


Figura 2 – Dados de uma varredura multifeixe. Em destaque, sob plano transversal, tem-se a série temporal de um feixe, com os valores de amplitude ao longo da coluna de água. Fonte: elaboração própria

Ressalta-se, no entanto, que a exibição dos feixes de um pulso, ou sua total reconstrução sob a forma de imagem de coluna d'água, tal como feito na Figura 2, não se trata de recurso disponível livremente para o operador. Em geral, apenas os resultados dos algoritmos de detecção são salvos nos dados brutos, não permitindo ao usuário qualquer tipo de avaliação sobre possíveis feições ignoradas. As Figuras 3 e 4 ilustram essa afirmação. Em ambas, o eixo das abscissas, representado em metros, indica a localização espacial das soluções batimétricas tomando o nadir como origem das posições. Soluções registradas por bombordo são exibidas na cor vermelha, e as registradas por boreste, em cor verde. O eixo das ordenadas indica a profundidade, em metros, tendo como origem a posição vertical do transdutor.

Na Figura 3, são apresentadas, em vermelho e verde, as soluções batimétricas de uma varredura. Com base nelas, pode-se afirmar que, ao se distanciar mais de vinte metros do centro, identifica-se uma topografia predominantemente plana ao longo de ambos os bordos. Contudo, na zona central, especificamente do lado esquerdo (bombordo) a partir de 10 metros e estendendo-se até aproximadamente 15 metros

à direita (boreste) do nadir, destaca-se uma feição, que se eleva e se diferencia do terreno adjacente, indicando a presença de um objeto significativo. Entretanto, é importante notar que, com base apenas na batimetria disponível, não é possível inferir a qualidade dessa detecção ou sua completude, existindo a possibilidade de que algo pode ter sido omitido ou ignorado no processo de detecção. De maneira a exemplificar este argumento, o círculo pontilhado amarelo inserido na figura marca uma área dentro da qual as conclusões permanecem incertas, devido à falta de informações.

A Figura 4, por sua vez, exibe a mesma varredura, porém, dessa vez, incluindo a imagem da coluna de água. De posse dessa imagem, é possível observar o contorno do objeto encontrado na região central e avaliar a qualidade das detecções. Embora o fundo praticamente plano tenha sido delineado corretamente, nota-se, no círculo amarelo posicionado tal como na figura anterior, que parte da feição não possui solução batimétrica gerada pelos algoritmos de detecção, indicando uma falha do sistema e um problema grave em termos de segurança da navegação, uma vez que o trecho ignorado possui menores profundidades e, portanto, representa maior risco ao navegante.

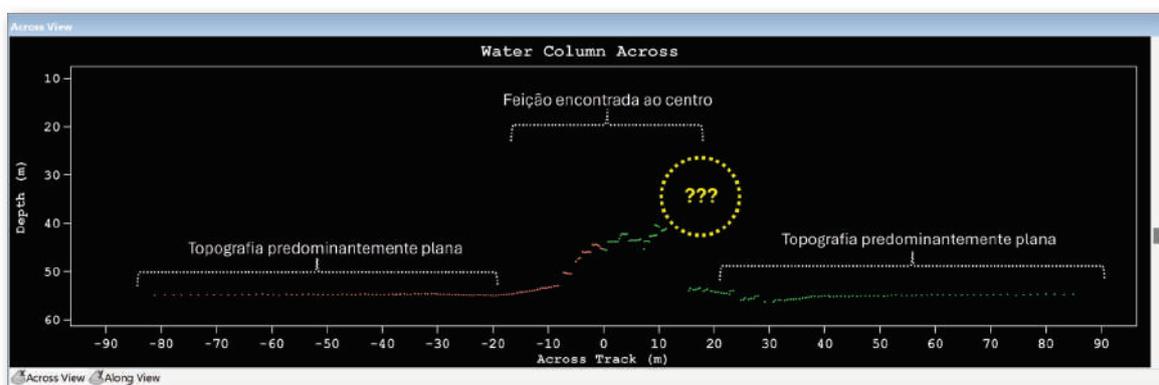


Figura 3 – Soluções batimétricas de uma varredura. Fonte: elaboração própria

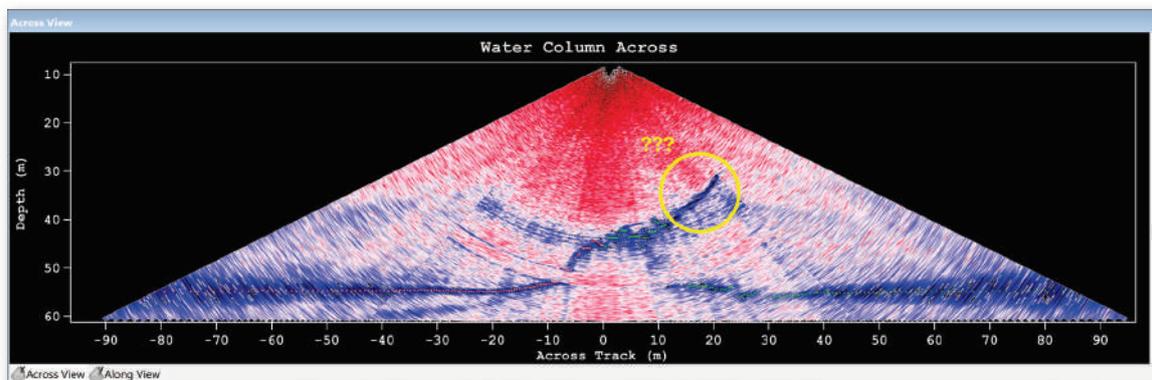


Figura 4 – Dados de coluna de água de uma varredura. Fonte: elaboração própria

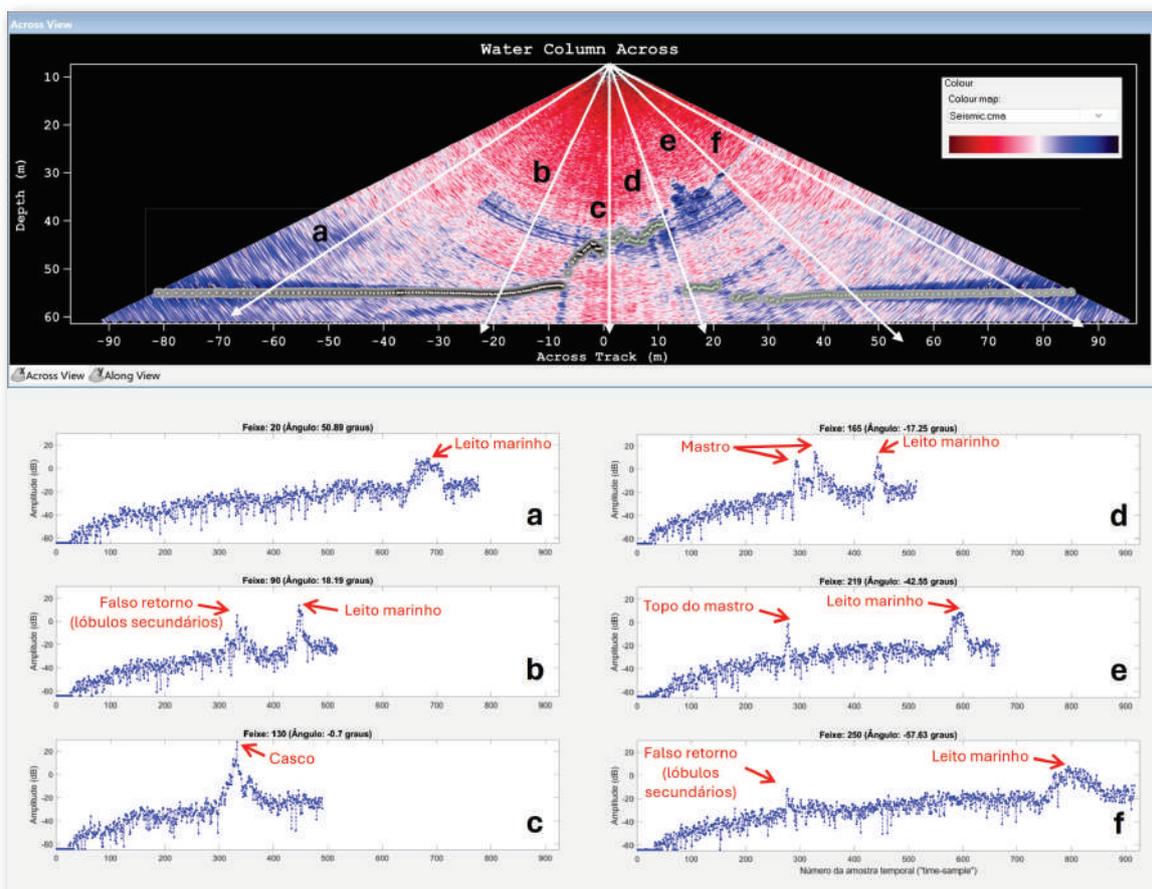


Figura 5 – Representação de série temporal de seis feixes. Fonte: elaboração própria

Para ilustrar como falhas na detecção podem ocorrer, a Figura 5 exibe um registro dos dados de coluna de água coletados por ecobatímetro multifeixe acima do mastro do ex-CT Paraíba. A varredura selecionada é exibida na parte superior da figura, com os eixos definidos conforme detalhado para a Figura 4. Seis feixes, de “a” até “f”, são destacados por setas brancas para análise detalhada. Na parte inferior, as séries temporais de amplitude são apresentadas sequencialmente, em que o eixo das ordenadas reflete a intensidade acústica do sinal recebido em decibéis (dB), já ajustado pelo sistema multifeixe para incluir um *offset* de +20 dB e ganho variável no tempo ($30 \log R$). O eixo das abscissas indica o número da amostra temporal (time-sample) associada ao registro de intensidade, considerando a emissão como origem, e seguindo uma numeração sequencial conforme a taxa de registro (sample frequency) definida no ecobatímetro.

Na análise dos feixes de “a” a “f”, comportamentos distintos refletem a interação do feixe com o ambiente. No caso “a”, o feixe transita sem interferências relevantes através da coluna de água, com retorno significativo apenas no fundo marinho, exemplificando um comportamento padrão previsto pelos algoritmos de detecção. No caso “b”, apesar de similaridades com o primeiro caso quanto à interação com o fundo marinho, identificam-se dois picos de amplitude nas amostras temporais 330 e 450. A análise indica que o primeiro pico, resultante da interação dos lóbulos secundários com o casco soçobrado, não deve contribuir para a solução batimétrica, diferentemente do segundo pico, que reflete a interação correta com o leito marinho. Esta escolha é validada pela coerência com as detecções adjacentes.

Nos casos “c” e “d”, destaca-se a necessidade de interpretar corretamente os picos de amplitude. Um único pico

no caso “c” valida a detecção do casco soçobrado, enquanto no caso “d”, três picos surgem, mas somente o último, associado ao fundo, é reconhecido pelo algoritmo, que ignora os dois contatos com o mastro devido à discrepância com as detecções feitas nos feixes adjacentes, demonstrando os primeiros indícios de falhas na detecção quando múltiplas interações ocorrem em um mesmo feixe.

O caso “e” demonstra um padrão semelhante, em que a batimetria do fundo é reconhecida em detrimento da interação anterior, neste caso com o topo do mastro. Consequentemente, apenas a interação com o fundo é mantida como válida.

Por fim, no caso “f”, uma breve elevação de amplitude indica a interação de lóbulos secundários com o mastro, mas é o pico maior, relacionado ao fundo, que predomina, sublinhando as limitações dos algoritmos em diferenciar entre tais interações em cenários complexos.

Trabalhos anteriores identificaram esses problemas na detecção de mastros (CLARKE, 2006) ou de feições antrópicas similares, cuja extensão lateral está confinada principalmente dentro de uma pequena faixa de ângulos de incidência, exigindo assim múltiplas detecções dentro de um mesmo feixe (PEREIRA, 2015; ARAUJO, 2020).

Tais problemas de falhas na detecção podem ser contornados com a inclusão de informações complementares. Uma das maneiras consiste no incremento da densidade batimétrica do fundo, ao se executar várias outras linhas de sondagem multifeixe na região, alterando a geometria da ensonificação por meio de linhas espaçadas e paralelas, permitindo que um mesmo trecho receba informações de diferentes feixes (nadirais, meia varredura e feixes externos), aumentando a chance do mastro ser delineado por soluções batimétricas. Como ônus, este procedimento



eleva o tempo dispendido na região, implicando maior consumo de combustível, duração do levantamento hidrográfico e gastos da comissão.

Por outro lado, outra maneira de contornar as falhas de detecção consiste no emprego dos dados de coluna de água, tal como explorado no presente artigo. Caso estejam disponíveis, esses dados podem ser processados, e um conjunto de batimetria adicional pode ser incorporado ao projeto, garantindo que as profundidades críticas das feições encontradas sejam corretamente representadas, sem a necessidade de executar novas linhas na mesma região, reduzindo os custos do levantamento hidrográfico. No entanto, sua disponibilidade

está associada a um custo inicial, pois depende de licença de software válida para que os dados sejam salvos, tratando-se de recurso a ser adquirido de modo complementar aos ecobatímetros multifeixe. Além disso, observa-se um significativo aumento no volume dos dados brutos, exigindo computadores com maior capacidade de armazenamento e processamento.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Dados

As características dos dados de coluna de água utilizados no presente estudo estão compiladas na Tabela 1.

Tabela 1 - Características dos dados processados

| | |
|--|---|
| Embarcação | Navio de Pesquisa Hidroceanográfico (NPqHo) "Vital de Oliveira" |
| Levantamento Hidrográfico | Dados coletados por oportunidade, durante comissão de "Health Check" dos ecobatímetros |
| Área | Região onde se encontra o casco soçobrado do ex-Contratorpedeiro Paraíba, nas proximidades da posição 23°05'44"S e 042°59'44"W, no Rio de Janeiro, Brasil |
| Carta Náutica da região | CN 1506 – Brasil – Costa Sul – Proximidades da Baía de Guanabara |
| Data de coleta dos dados | 12 de setembro de 2022 |
| Tipo de dados | Batimetria multifeixe com registro de informações de coluna de água |
| Ecobatímetro | EM 710 (Multifeixe) |
| Formato dos dados | Dados brutos, em extensão .ALL e .WCD |
| Quantidade de linhas | 13 linhas de sondagem |
| Tamanho dos dados batimétricos (.ALL) | 536 MB |
| Tamanho dos dados de coluna de água (.WCD) | 2.77 GB |
| Sistema de aquisição | SIS 4.3.2, da <i>Kongsberg</i> |
| Posicionador | <i>Kongsberg Seatex SeaPath 300</i> com MRU-5 |

| | |
|--|--|
| Correções diferenciais | DGNSS 3610 Fugro |
| Perfilador de velocidade do som | CTD Seabird 9 plus |
| Medidor de velocidade do som no transdutor | AML Micro X |
| Marés | Os dados para redução de marés foram fornecidos pela Seção de Oceanografia Costeira e Águas Interiores (CH-113), utilizando-se o nível médio diário da Ilha Fiscal e realizando seu transporte para a estação da Ilha Rasa |
| Programa usado no processamento de dados | <i>CARIS HIPS and SIPS</i> , versão 11.4 |

O levantamento está concentrado exclusivamente no casco soçobrado (Figura 6), não havendo necessidade de comparações com outras profundidades ou isobatimétricas na região, exceto pela profundidade mínima, alterada com o presente estudo.

do Centro de Hidrografia da Marinha (CHM). O processamento clássico dos dados batimétricos precede o processamento dos dados de coluna de água. Neste contexto, empregando-se o *CARIS HIPS and SIPS* 11.4, foi criado um arquivo de embarcação, todas

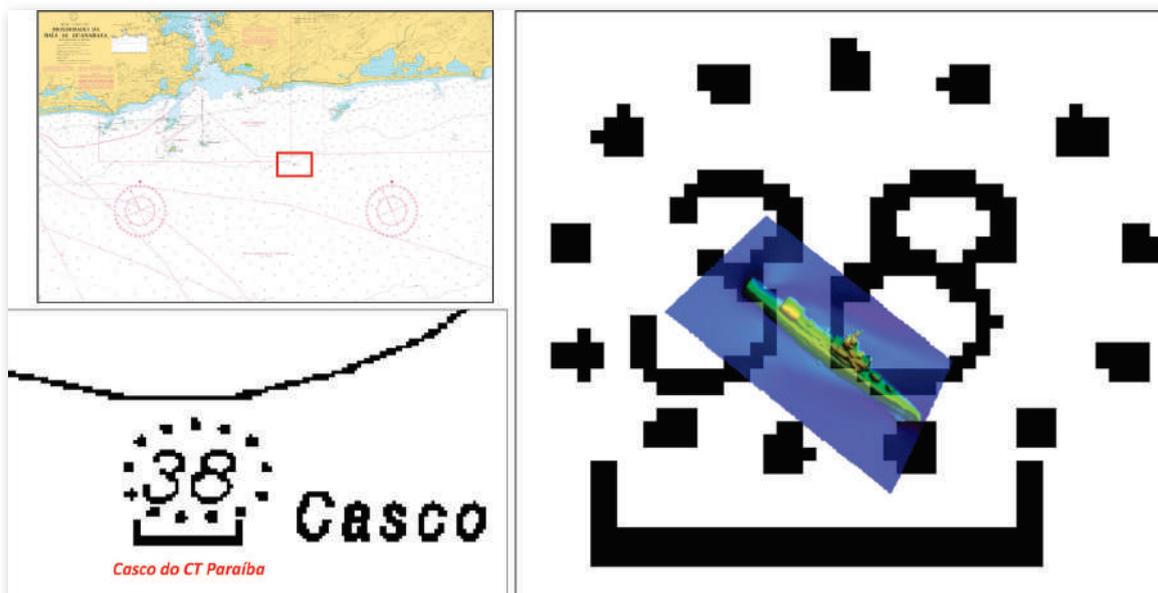


Figura 6 – Visão geral da Carta Náutica 1506 (imagem superior esquerda), com ênfase na representação do casco soçobrado do ex-CT Paraíba (imagem inferior esquerda), e a área do levantamento hidrográfico (imagem da direita). Fonte: elaboração própria

4.2 Processamento dos Dados de Coluna De Água

Todo processamento dos dados, desde os arquivos brutos até os produtos finais, foi conduzido na Seção de Análise (CH-312)

as 13 linhas de sondagens, com seus respectivos arquivos de dados de coluna de água, foram importadas, foi criada uma superfície batimétrica referenciada geograficamente, com resolução de 25 cm, e o datum vertical foi ajustado pelo arquivo de marés inserido.



Foram observados, em cada linha, os dados de atitude, de navegação e de varredura. Considerou-se desnecessária a aplicação de correções à velocidade do som, uma vez que os valores inseridos durante a aquisição estavam adequados, sem indícios de desvios por refração erroneamente modelada. Em seguida, conjuntos de linhas, avaliadas por área, foram observadas, em trechos pequenos, com foco na coerência das informações provenientes por diferentes linhas e feixes. A nuvem de pontos de cada seleção feita foi exibida em 2D e em 3D, ampliando a visão situacional do operador perante os dados. Ao longo desse processo, eventuais dados espúrios encontrados foram removidos. Em razão da área envolvida e pequena quantidade de linhas, nenhum filtro foi aplicado, tendo todo o processo ocorrido de maneira manual.

Uma vez considerado finalizado o processamento dos dados batimétricos, seguiu-se a análise dos dados de coluna de água. Especificamente no caso do *CARIS HIPS and SIPS*, quando uma linha contém esses dados, o editor de varredura e o de área passam a exibir novas ferramentas que viabilizam sua manipulação. Dentre as opções disponíveis, é possível exibir a imagem da coluna de água em conjunto com as soluções batimétricas geradas pelo algoritmo de detecção, tal como indicado na

Figura 7. Nesta figura, nota-se que não ocorreu detecção na parte superior do mastro. Essa região pode ser inserida como batimetria adicional por meio do processamento da coluna de água.

O fluxo geral de processamento consta em BENENGUEYE (2023), e consiste em:

a) Delimitar a área de estudo – Tem como objetivo diminuir o número de pontos apresentados, o que resulta em menos dados a serem processados, contribuindo para otimizar o desempenho do software de processamento.

b) Efetuar uma análise inicial com o Editor de Varredura (“*Swath Editor*”) – Os dados de amplitude salvos em arquivos de coluna de água, em geral, são exibidos em uma escala que varia de -64db até +64dB, englobando todos os dados. A fim de limitar a exibição dos dados apenas às estruturas de interesse, um filtro de amplitude se faz necessário. Para tal, o editor de

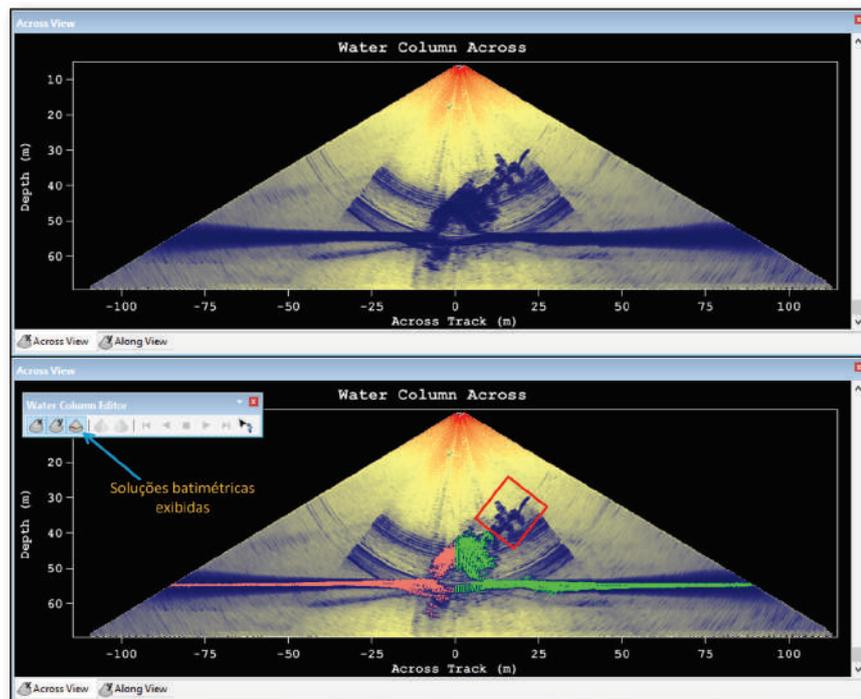


Figura 7 – Superior: Imagem unicamente da coluna de água. Inferior: Exibição em conjunto com as soluções batimétricas. O retângulo encarnado ressalta que o mastro não foi detectado corretamente. Fonte: elaboração própria.

varredura permite avaliar cada linha isoladamente, possibilitando atuar nos valores mínimos e máximos do filtro, de modo a exibir a feição de interesse e ocultar os dados de menor relevância.

Além disso, é possível visualizar, empregando-se diferentes mapas de cores, a imagem da coluna de água de uma única varredura isoladamente ou de um conjunto de varreduras adjacentes empilhadas, bem

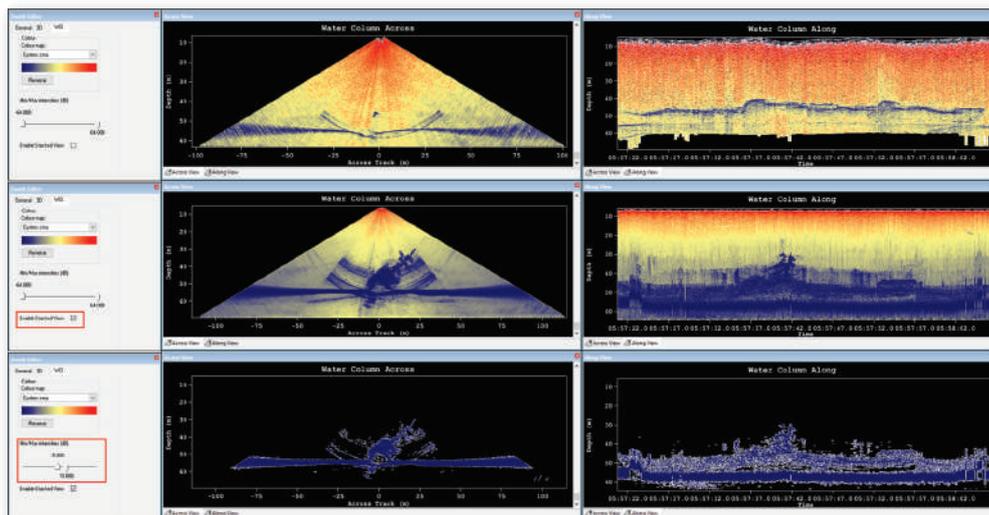


Figura 8 – Diferentes tipos de exibição da imagem de coluna de água. Esquerda: Configuração aplicada ao editor. Meio: Exibição transversal dos dados. Direita: Exibição longitudinal dos dados. Superior: Dados de uma única varredura, sem filtros. Central: Dados de múltiplas varreduras adjacentes empilhadas (“stacked view”). Inferior: Dados com filtro de amplitude aplicado (valor mínimo de -5dB e máximo de 10dB). Fonte: elaboração própria

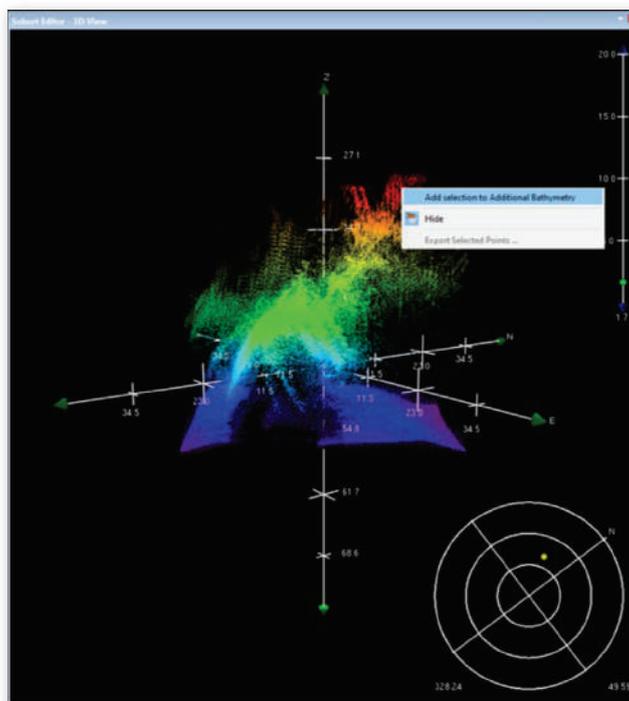


Figura 9 – “Subset editor” em 3D e a inclusão de batimetria adicional. Ao selecionar uma região de interesse, o operador aciona o comando de adicionar dados (*Add selection to Additional Bathymetry*). Fonte: elaboração própria



como observá-la no sentido transversal (“*across-track*”) ou longitudinal (“*along-track*”) à linha de sondagem, como indicado pela Figura 8.

Uma vez ajustada a visualização e constatada a necessidade de incluir batimetria adicional proveniente dos dados de coluna de água, deve-se atuar nos filtros de amplitude, de modo a manter a exibição da feição de interesse e ocultar o restante. Recomenda-se que o filtro seja testado em diferentes linhas, de modo a encontrar valores que melhor se aplicam a todo o projeto.

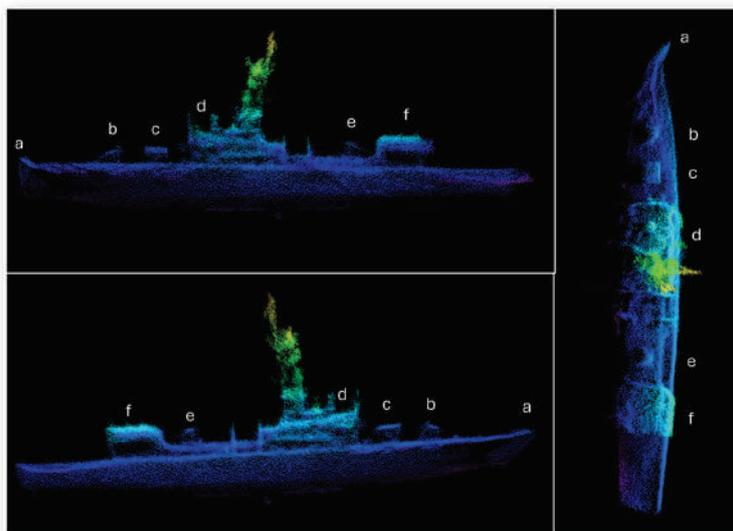


Figura 10 – Vistas de bombordo (imagem superior esquerda), de boreste (imagem inferior esquerda) e de topo (imagem da direita) do ex-CT Paraíba. Fonte: o autor

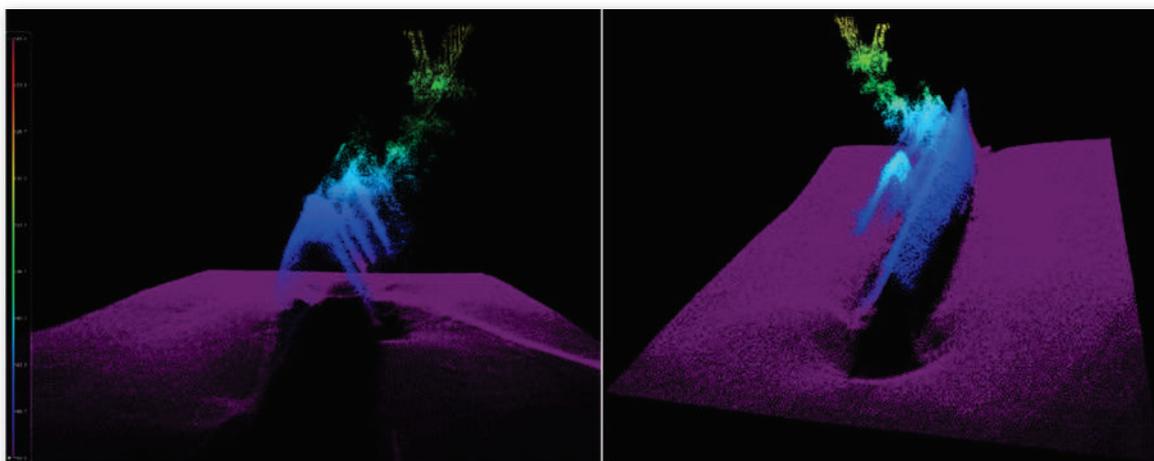


Figura 11 – Vista de vante (esquerda) e de ré (direita) do ex-CT Paraíba. Fonte: o autor

c) Incluir batimetria adicional com o Editor de Área (“*Subset Editor*”) – De posse dos valores mínimo e máximo de filtro de amplitude a serem aplicados no projeto, e com visualização da superfície batimétrica, para escolher a região geográfica a ser explorada, deve-se empregar o Editor de Área. Diferentemente do anterior, este editor não observa cada linha individualmente, pois permite que as análises sejam feitas em áreas, englobando múltiplas linhas de sondagens, com contribuições de vários feixes em diferentes

geometrias de ensonificação, e, consequentemente, fornecendo uma nuvem de pontos mais robusta para processamento.

Uma vez carregada a nuvem de pontos filtrada, ajustada sua visualização em 2D e em 3D, novas modificações podem ser feitas no filtro de amplitude. Também é possível restringir a análise a uma faixa de profundidades. Após isso, as regiões de interesse devem ser selecionadas, e o recurso de incluir batimetria adicional deve ser empregado, como exemplificado na Figura 9.

5. RESULTADOS

5.1. A nuvem de pontos, a estrutura do navio e sua inclinação.

Uma vez concluídos os passos citados no tópico anterior, com a inclusão de batimetria adicional nos locais onde ocorreu falha do algoritmo de detecção, o produto final se tornou uma nuvem de pontos processada e completa. As Figuras 10 e 11 representam, com riqueza de detalhes, o resultado obtido.

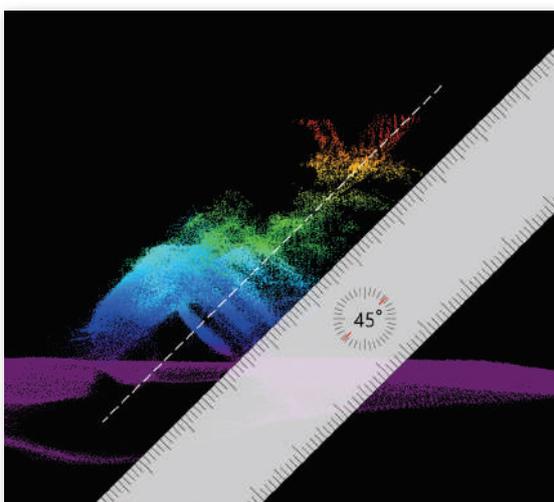


Figura 12 – Estimativa de inclinação em 45 graus.
Fonte: o autor

É importante ressaltar que, em última análise, todos os pontos observados nas imagens foram gerados por tratamento eletrônico do sinal acústico recebido no transdutor. Assim, pode-se afirmar metaforicamente que se está “enxergando com os ouvidos”.

Baseando-se na Figura 10, ao se observar a silhueta do navio obtida com o processamento de dados multifeixe com suas fotos históricas, nota-se que a embarcação se encontra inteira, com sua estrutura, em geral, preservada no leito marinho. Como exceção, nota-se um desvio na extremidade

frontal (a), indicando que a proa está danificada e inclinada para boreste, sugerindo que foi nesta região que ocorreu a colisão com o solo oceânico no momento de seu naufrágio. Seguindo da proa em direção à popa, é possível identificar cinco estruturas que podem ser associadas ao canhão de proa (b), lançador de mísseis (c), passadiço(d), canhão de popa (e) e hangar do helicóptero (f), respectivamente, corroborando com a afirmação de estrutura bem preservada.

Com base na Figura 11, nota-se que o casco soçobrado se encontra depositado no leito marinho com certa inclinação por seu bombordo. Visando estimar o valor angular desta inclinação, a nuvem de pontos foi rotacionada de modo a exibir a embarcação por vista frontal, garantindo o leito marinho na posição horizontal. Em seguida, foi posicionada, paralela ao plano diametral da embarcação, uma ferramenta com função de transferidor. A Figura 12 exibe o resultado desta medição. Com base nela, estima-se que a embarcação esteja inclinada sob um ângulo de aproximadamente 45 graus para bombordo com o leito marinho.

5.2. Mastro e sua profundidade crítica

Como pôde ser visto na Figura 7, o Mastro principal do casco soçobrado havia sido detectado apenas parcialmente. A inclusão de batimetria adicional, proveniente do processamento de coluna de água, possibilitou sua observação completa. Como consequência, a profundidade crítica na região foi alterada. Com o emprego de todas as linhas disponíveis, e com a redução de marés adequada, a menor profundidade na região passou a ser 28,355 m, em 23° 05.72' S 042° 59.71' W.

A seleção de sondagens na região é exibida na Figura 13. Uma vez que as profundidades maiores que 21 metros e menores que 31 metros devem ser

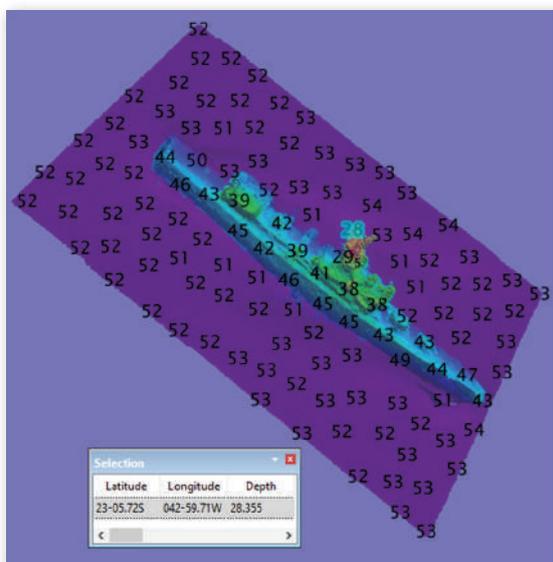


Figura 13 – Estimativa de inclinação em 45 graus. Fonte: o autor

representadas arredondadas para baixo em passos de 50 cm (OHI, 2021), o valor de 28,355 m foi representado na carta como sendo 28 m, razão pela qual tal número é exibido em destaque nesta figura. Nesta mesma seleção de sondagens, observa-se que o casco soçobrado se encontra em uma profundidade média de 52 metros.

Em consequência da alteração na profundidade crítica, o aviso anterior foi cancelado e um novo Aviso-Rádio Náutico foi emitido, divulgando o novo valor para os navegantes.

6. CONCLUSÕES

Embora os ecobatímetros multifeixe sejam considerados uma das melhores ferramentas para a medição de profundidades, algumas falhas de detecção podem ocorrer. Este problema pode ser mitigado com a inclusão de mais informações, como um incremento no número de linhas na região do levantamento hidrográfico. Como revés, esta inclusão impacta em maiores custos envolvidos. Por outro lado, o registro simultâneo

dos dados de coluna de água pode ser empregado como valiosa ferramenta, capaz de sanar eventuais problemas de detecção.

O emprego desses dados representa um avanço significativo para a análise hidrográfica e sua respectiva representação cartográfica. Apesar de enfrentar desafios, como o aumento do volume de dados para armazenamento e processamento, bem como o incremento nos custos iniciais associados à aquisição da licença de software necessária para registrar esses dados, os óbices se mostram pequenos em comparação ao significativo ganho de informação para a Segurança da Navegação.

Utilizando linhas de sondagem coletadas por oportunidade sobre o casco soçobrado do ex-CT Paraíba, e seguindo procedimento complementar de processamento de dados, a inclusão de batimetria adicional permitiu a geração de uma nuvem de pontos rica em detalhes, possibilitando diversas análises sobre o navio. A arte de “ver com o som” possibilitou notar que o CT Paraíba está inteiro, com sua estrutura, em geral, preservada, em localidade com profundidade média de 52 metros. É possível estimar que a embarcação esteja inclinada no fundo sob um ângulo de aproximadamente 45 graus para bombordo. Uma avaria em sua proa sugere que o impacto com o leito marinho ocorreu nesta região durante seu afundamento. Estruturas como canhões, lançador de mísseis e hangar do helicóptero podem ser identificados, e a menor profundidade encontrada no levantamento hidrográfico foi de 28.355 metros, fato este que promoveu alterações na carta náutica 1506.

Por fim, este “mergulho no passado” permitiu que fossem revelados alguns segredos desta nau que serviu à Marinha do Brasil, com produtos que empolgam os amantes de hidrografia e que trazem lembranças àqueles marinheiros que passaram com orgulho por esses conveses.



7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUJO, L. G. Potential for non-conventional use of split-beam phase data in bottom detection. 2020. Dissertação (Mestrado em Earth Sciences: Ocean mapping) – University of New Hampshire, New Hampshire, Estados Unidos.

BENENGUEYE, A. M. Os dados de coluna de água e a sua aplicação em hidrografia. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-Graduação “latu sensu”) – MB/CIAARA, Rio de Janeiro.

CLARKE, J. E. H. Applications of Multibeam Water Column Imaging for Hydrographic Survey. *The Hydrographic Journal*, v. 120, p. 3-15, abr. 2006.

CLARKE, J. E. H.; MAYER, L. A.; WELLS, D. E. Shallow-water imaging multibeam sonars: A new tool for investigating seafloor processes in the coastal zone and on the continental shelf. *Marine Geophysical Researches*, v. 18, p. 607-629, 1996.

COLBO, K.; ROSS, T.; BROWN, C.; WEBER, T. A review of oceanographic applications of water column data from multibeam echosounders. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 145, p. 41-56, 2014.

JANE'S FIGHTING SHIPS 1990-91 (JFS). 93. ed. Editado por Richard Sharpe RN. Reino Unido: Jane's Information Group, 1990.

LURTON, X. *An Introduction to Underwater Acoustics: Principles and Applications*. 2. ed. London: Springer, 2010.

NAVIOS DE GUERRA BRASILEIROS (NGB). CT Paraíba: D 28. Disponível em: <https://www.naval.com.br/ngb/P/P028/P028.htm>. Acesso em: 19 fev. 2024.

ORGANIZAÇÃO HIDROGRÁFICA INTERNACIONAL (OHI). Regulations of the IHO for international (INT) charts and chart specifications of the IHO (S-4). Edição 4.9.0. 2021.

ORGANIZAÇÃO HIDROGRÁFICA INTERNACIONAL (OHI). *Manual on Hydrography (Publication C-13)*. 1. ed. 2005.

PEREIRA, D. L. S. Improving Shallow-Water Multibeam Target Detection at Low Grazing Angles. 2015. Dissertação (Mestrado em Geodesy and Geomatics Engineering) – University of New Brunswick, Fredericton, Canadá.

SEABEAM INSTRUMENTS (SI). *Multibeam sonar theory of operation (Manual)*. 2000. East Walpole, Estados Unidos.