



SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROGRAFIA 2024



"A Hidrografia no contexto da Economia do Mar Brasileiro"

COMBINAÇÃO DO SISTEMA CONVENCIONAL COM SISTEMA AUTÔNOMO PARA OTIMIZAÇÃO DE LEVANTAMENTOS TOPO-BATIMÉTRICOS EM ÁREAS ULTRA RASAS

Silva, A.E.¹; Manente Filho, A.²; Nascimento, T.F.³; Allochio, J.V.F.⁴; Franco, O.^{5}*

^{1,2,3,4} UMI SAN Engenharia e Hidrografia; ⁵Porto do Açu

*alex.silva@umi.com.br; aureo.manente@umi.com.br; thiago.nascimento@umi.com.br; joao.allochio@umi.com.br;
olavo.franco@portodoacu.com.br

O século 21 é o século do oceano. O oceano é um espaço estratégico e a Hidrografia desempenha um papel significativo na economia do mar, sendo uma ciência indispensável para o desenvolvimento econômico sustentável e a gestão dos oceanos e mares, com aplicações que se estendem a vários setores, tais como: Navegação e Transporte; Pesca e Aquicultura; Exploração de Recursos Naturais; Construção e Energia Renováveis; Proteção e Gestão Ambiental; Segurança nacional; Pesquisa Científica; entre outros. O desenvolvimento de equipamentos e metodologias no âmbito da Hidrografia são fundamentais para os desafios inerentes a Economia do Mar Brasileiro.

Dentro deste contexto, uma ferramenta que vem se desenvolvendo aceleradamente nos últimos anos são os Veículos Autônomos de Superfície do inglês *Autonomous Surface Vehicles* (ASV). ASVs são embarcações automotoras não tripuladas que operam na superfície da água sem uma tripulação. Estas embarcações são equipadas com múltiplos sensores, sistemas de navegação e frequentemente inteligência artificial para lhes permitir executar tarefas de forma autônoma. Os ASVs têm uma ampla gama de aplicações em diferentes setores, compreendendo Levantamento Hidrográfico, Portos e Gestão Portuária e Monitoramento Ambiental. A eficiência, a relação custo-benefício e a capacidade de operar em ambientes remotos ou perigosos sem arriscar vidas humanas, tornam o ASV importante no cenário da Hidrografia do Brasil, representando o presente e futuro das operações marítimas e contribuindo significativamente para a economia do mar.

Uma das características principais do uso de ASVs na prática do Levantamento Hidrográfico (LH) é a expansão operacional com aumento da segurança e redução de custos, principalmente em águas rasas. O levantamento de dados de alta resolução com cobertura total do fundo em águas ultra rasas (inferiores a 5m) é limitante e inseguro com o uso do sistema tradicional de batimetria multifeixe instalado em embarcações de médio porte ou com sistema de batimetria monofeixe em lanchas e embarcações de pequeno porte. A lacuna de informação prejudica a tomada de decisão, estratégia e execução de projetos portuários, como dragagem ou obras de expansão.

Operando simultaneamente com sensores de batimetria multifeixe e de topografia a laser (LiDAR), o ASV proporciona a varredura contínua da porção submersa e emersa de taludes permitindo compreender melhor a morfologia quando comparado a operação tradicional destes mesmos sistemas.

Visando compreender o benefício do uso do ASV em projetos de expansão portuária, foram comparados dois levantamentos hidrográficos realizados no Terminal Multicargas (T-Mult) no Terminal 2 do Porto do Açu. O primeiro levantamento (LH1) consistiu no uso tradicional do sistema multifeixe instalado em uma haste retrátil na borda da embarcação. A embarcação hidrográfica Hydros I utilizada possui comprimento de 11.7m e boca de 4.0m, com calado carregado de 0.8m. O sistema multifeixe utilizado foi o R2 Sonic 2024 com sistema integrado Applanix. Para maior alcance os feixes foram rotacionados eletronicamente nas áreas rasas. Por conta de segurança, a navegação foi limitada a profundidades de 5m. O segundo levantamento (LH2) foi realizado combinando o uso convencional, com o mesmo sistema multifeixe do LH1, mas instalado no moonpool da embarcação Hydros IV que possui comprimento de 18.3m e boca de 5.3m, com calado carregado de 2.3m, conjuntamente com o ASV SL40 (comprimento: 1.6m, largura: 0.40m e calado: 0.15m) da OceanAlpha com sensores multifeixe R2 Sonic 2020, MRU Equinox-E (SBG) e LiDAR VLP-16 Puck Lite da Velodyne.

A comparação entre os dois levantamentos destaca o grande ganho de informação com uso combinado do sistema convencional de batimetria multifeixe e o ASV operando com sensores de multifeixe e LiDAR. A profundidade reduzida mínima do LH1 obtida através da rotação eletrônica dos feixes foi de 2.61m, enquanto o LH2 alcançou -0.69m (área emersa) no sensor multifeixe do ASV e -5.86m (área emersa) no sensor LiDAR. Ambos LH sondaram a região rasa durante a maré alta.

A percepção de ganho de informação com uso do ASV fica evidente quando se compara a área de alcance do LH (Figura 1), principalmente na área de profundidades rasas (inferiores a 5m). O LH1 sondou uma área de 341,108m². O LH2 sondou a mesma área pelo sistema convencional, mas com ganho adicional de 24,817m² (7.3%) com o sensor multifeixe do ASV e ganho de 41,702m² (12.2%) com uso do multifeixe + LiDAR do ASV.

Considerando apenas áreas rasas com profundidades reduzidas inferiores a 5m, o LH1 abrange uma área de apenas 303m² (0.9% da área total). Apesar da rotação dos feixes do transdutor multibeam, a baixa porcentagem de área rasa pelo LH1 convencional deve-se pela combinação de talude íngreme, a impossibilidade de navegação com segurança nestas regiões e a



SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROGRAFIA 2024



"A Hidrografia no contexto da Economia do Mar Brasileiro"

imersão do transdutor fixo na haste. Já para o ASV com sensor multifeixe, a área com informação em profundidades inferiores a 5m foi de 15,245m², que representa ganho de 5,031% (área 50x maior do que o LH1). Se acrescentarmos a área do ASV LiDAR (16,885m²) a área com informação passa para 32,130m², equivalente a 10,604% (106x maior). Estes resultados atestam o grande ganho de informações de qualidade (varredura total do fundo) com uso do ASV em áreas rasas.

Neste estudo de caso do T-Mult no Porto do Açu, o levantamento hidrográfico do ASV ocorreu conjuntamente com a operação da dragagem de implementação para expansão do cais, com aprofundamento das bermas utilizando uma draga do tipo corte, sucção e recalque (Figura 2 e Figura 3). No meio de um cenário com draga, workboat, linha de recalque e embarcações do tipo voadeira constantemente trafegando, o ASV impressiona com sua manobrabilidade, realizando um levantamento com restrição extrema e limitação à navegação, adquirindo informações valiosas para a compreensão da evolução da dragagem.

Os perfis batimétricos com informações do ASV MB e LiDAR destacam que a projeção do talude não é um perfil linear, ou seja, realizar um levantamento topográfico e conectar com a informação multifeixe de um LH convencional, extrapola informações de uma maneira que pode não ser condizente com a realidade, gerando imprecisões na superfície batimétrica. Perfis batimétricos mostram feições com depressões nas proximidades de 0.0m, região crítica nos quais equipamentos convencionais normalmente não adquirem informações.

Quando consideramos a hidrografia como elemento fundamental no gerenciamento de projetos de dragagem, estas incertezas associadas podem ocasionar: 1. Falha no monitoramento da curva de produção, que reduz a habilidade de gerir os recursos necessários e manter a produtividade em linha com o cronograma estabelecido e seus marcos contratuais; 2. Na medição do serviço realizado, com o cálculo do volume dragado, gerando impacto no fluxo de caixa do projeto.

É inegável a contribuição que o ASV acoplado com sensores multifeixe e LiDAR pode proporcionar de informações em área com restrição à navegação convencional. Vivemos um grande momento do ASV, com desenvolvimento de pesquisa com embarcações não-tripuladas e autônomas que aumentará a segurança de operações no mar, estuários, lagos e barragens. Novos sensores, interfaces e algoritmos evoluem para o sistema autônomo e contribuirão com soluções positivas para as operações tripuladas. A flexibilidade, adaptabilidade, eficiência e eficácia oferecidas pelos sistemas de batimetria multifeixe e topografia montados em embarcações não tripuladas representam um salto significativo na coleta de dados topo-batimétricos. Apesar disto, em alguns casos a combinação de ambas as plataformas (tripuladas e não tripuladas) pode ser utilizada para maximizar a eficiência na sondagem de dados batimétricos em diferentes partes de uma extensão de água. À medida que a tecnologia continua a avançar, a integração de ASVs em levantamentos batimétricos apresenta um futuro promissor para a gestão portuária e monitoramento ambiental exploração e mapeamento subaquático.

Palavras-chave: Veículos Autônomos de Superfície; Batimetria multifeixe; Topografia LiDAR; Gestão Portuária; Águas Ultra Rasas.



SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROGRAFIA 2024



"A Hidrografia no contexto da Economia do Mar Brasileiro"

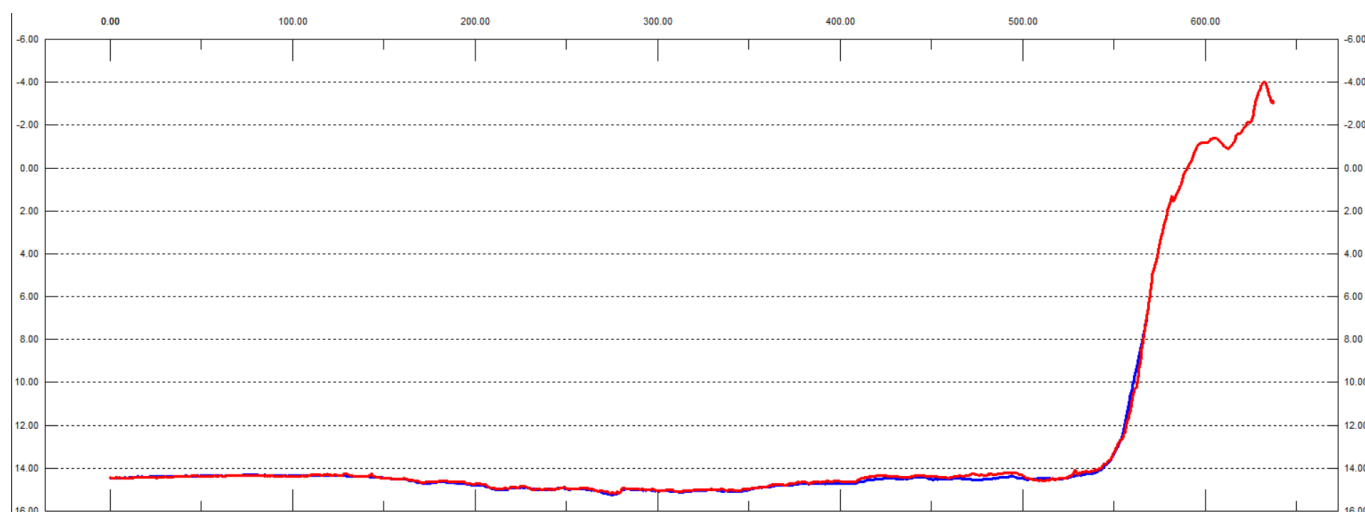


FIGURA 1: Em azul perfil batimétrico do LH convencional. Em vermelho perfil topo-batimétrico do LH convencional combinado com ASV MB e LiDAR evidenciando o ganho em informações com alta precisão.



FIGURA 2: Levantamento hidrográfico com ASV durante a operação da dragagem.



SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROGRAFIA 2024



"A Hidrografia no contexto da Economia do Mar Brasileiro"



FIGURA 3: Visão aérea da área de operação da dragagem de implementação para expansão do cais, evidenciando a dificuldade para realização de um levantamento hidrográfico convencional.