



SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROGRAFIA 2025



"Desafios da Hidrografia na Transformação Digital"

DESEMPENHO OPERACIONAL DE EMBARCAÇÃO AUTÔNOMA EM ÁGUAS ULTRA RASAS: COMPARATIVO ENTRE AMBIENTES FLUVIAL, PORTUÁRIO E PRAIAL

Braga Filho, C.R.¹; Silva, A.E.¹; Nascimento, T. F.¹; Manente Filho, A.¹

¹ UMI SAN Engenharia e Hidrografia

* carlos.braga@umi.com.br; alex.silva@umi.com.br ; thiago.nascimento@umi.com.br; aureo.manente@umi.com.br

Palavras-chave: Veículo Autônomo de Superfície (ASV); Batimetria; Águas Ultra Rasas; Hidrografia Operacional.

O estudo da morfologia de fundos marinhos e fluviais é essencial para a economia azul do Brasil, contribuindo para a manutenção da navegabilidade, dragagem, exploração de recursos e obras costeiras. Contudo, levantamentos batimétricos em águas rasas enfrentam desafios como estruturas portuárias, objetos flutuantes e riscos à navegação. Segundo Wilson B. et al. (2002), embarcações convencionais têm uso limitado nessas áreas. Atualmente, recorre-se a voadeiras ou jet skis com ecobatímetros monofeixe, que não cobrem integralmente a área levantada.

Como alternativa, surgem os Veículos Autônomos de Superfície (ASVs), capazes de operar sem tripulação em ambientes de difícil acesso ou com riscos à segurança. Sua aplicação vem crescendo, especialmente em monitoramentos ambientais e operações offshore. Apesar das vantagens, operar ASVs em regiões costeiras impõe desafios como tráfego de pequenas embarcações, ondas e correntes que dificultam o controle da embarcação. Ainda assim, sua adaptabilidade a rios, lagos e áreas costeiras os torna adequados para levantamentos em diversos cenários.

Compreender os desafios e benefícios operacionais dos ASVs é essencial para o aprimoramento da tecnologia e para o avanço da hidrografia em águas ultra rasas (menos de 3 metros). Este estudo avaliou levantamentos batimétricos realizados em três ambientes distintos: fluvial, praiial e portuário. A análise abrangeu todas as etapas do processo, desde a mobilização dos equipamentos até a execução dos levantamentos, com foco nos obstáculos enfrentados no deslocamento terrestre e na operação em áreas de difícil acesso, com presença de obstáculos emersos e submersos.

A metodologia adotada gerou estudos de caso específicos para cada cenário, avaliando a aplicabilidade dos veículos autônomos frente às limitações operacionais. Para isso, foi aplicado um questionário direcionado aos operadores, com o objetivo de identificar os principais desafios e comparar o desempenho dos ASVs em relação às embarcações tripuladas convencionais. Os critérios analisados incluíram: mobilização dos equipamentos; navegação em águas rasas; operação próxima a estruturas, obstáculos fixos e flutuantes; atuação em áreas de recreação e com correnteza; perda de sinal entre embarcação e estação base; e desempenho do modo autônomo. Com o objetivo de verificar a capacidade dos ASVs em adquirir dados batimétricos de alta resolução, foram gerados mapas batimétricos, perfis 2D e modelos 3D a partir dos dados coletados, utilizando o software Global Mapper. Os resultados demonstraram a qualidade e o nível de detalhamento das informações obtidas durante os levantamentos. Adicionalmente, foram calculadas as áreas correspondentes a diferentes faixas de profundidade, no intervalo de 0 a 5 metros, com o apoio do software QGIS.

O veículo utilizado foi o modelo SL40 da OceanAlpha, com 165 cm de comprimento, 70 cm de largura, 40 cm de altura, peso de 42 kg, calado de 15 cm, alcance de controle remoto de até 1 km, velocidade máxima de 10 nós e autonomia média de 6 horas. O ASV pode operar tanto de forma autônoma quanto por controle remoto, sendo adequado para ambientes restritos e de navegação complexa.

A operação com ASV em ambiente fluvial exigiu cuidados específicos desde o transporte até a navegação. Devido à ausência de infraestrutura como rampas ou guindastes, foi selecionado um ponto de acesso com baixa inclinação e superfície estável para reduzir riscos aos operadores e ao equipamento. Com 42 kg, o manuseio do ASV demandou atenção especial para evitar danos, principalmente aos sensores externos. Devido à grande extensão do rio e à limitação de alcance do controle remoto (1 km), foi necessária uma embarcação de apoio para garantir o controle contínuo. A presença de obstáculos como troncos, vegetação e materiais submersos impossibilitou o uso do modo autônomo, exigindo operação totalmente manual para evitar colisões e garantir a segurança da embarcação.

A navegação em águas ultra rasas — incluindo trechos com apenas 1 metro — evidenciou a vantagem do ASV frente a embarcações convencionais. Mesmo com correnteza significativa, o veículo conseguiu realizar o levantamento com qualidade, utilizando estratégias como manobras em zigue-zague e aproveitamento de áreas com menor arrasto. A capacidade de operar em espaços restritos permitiu ao ASV acompanhar, em tempo real, uma dragagem em área próxima à plataforma de operação. O levantamento cobriu aproximadamente 22.719 m² com profundidades entre 40 cm e 6,5 m, e os dados de alta resolução permitiram visualizar claramente feições do leito e a morfologia do vale fluvial, destacando a eficiência do ASV neste ambiente.

No ambiente praiial, o levantamento com ASV apresentou menor complexidade logística devido à presença de rampa para acesso ao mar, embora tenha sido necessário apoio de lancha para deslocamento de cerca de 2 km até a área de operação.



SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROGRAFIA 2025



“Desafios da Hidrografia na Transformação Digital”

A navegação foi feita em modo remoto a partir de uma estação em terra, devido à presença de banhistas e pequenas embarcações, como caiaques e motos aquáticas, o que exigiu maior controle para evitar colisões. O ASV demonstrou alta eficiência ao operar em águas rasas e ultra rasas (cerca de 50 cm), manobrando com facilidade próximo a estruturas civis e boias de atracação, embora a função autônoma tenha sido evitada por questões de segurança. O levantamento cobriu uma área de 22.271 m², com profundidades variando de 0 a 9 metros, e os dados 3D revelaram um talude acentuado logo após os primeiros 10 metros da faixa submersa. Também foi evidenciando a capacidade do ASV de mapear regiões que ficam emersas durante maré baixa.

O levantamento batimétrico em ambiente portuário foi realizado durante uma operação de dragagem na praia, com mobilização do ASV a partir da faixa de areia, onde a alta inclinação dificultou o acesso. Ainda assim, o veículo demonstrou eficiência ao operar em águas rasas e ultra rasas, possibilitando a coleta de dados próximos à plataforma de dragagem e a estruturas civis, repetindo os bons resultados observados em outros cenários. A área mapeada foi de aproximadamente 43.580 m², com profundidades variando de 0 a 15 metros. As imagens 3D geradas revelaram feições do fundo modificadas pela dragagem e um talude característico na interface entre a praia e o mar.

A Tabela 1 apresenta através de classificação os níveis de desafios para os diferentes ambientes.

O ambiente fluvial apresentou os maiores desafios operacionais para o ASV, com altos riscos associados à navegação, obstáculos e correnteza, exigindo controle remoto constante e maior esforço logístico. O ambiente praial mostrou-se intermediário, com risco acentuado em áreas de recreação e obstáculos flutuantes, mas com boa navegabilidade em áreas abertas. Já o ambiente portuário, apesar de exigir atenção com estruturas e consumo de bateria, foi o mais favorável à operação, especialmente por oferecer melhores condições de acesso, sinal e navegabilidade.

Essa análise evidencia a importância de adaptar os modos de operação (remoto vs. autônomo) e o planejamento logístico conforme o ambiente, reforçando o papel estratégico dos ASVs em águas rasas, especialmente quando integrados a levantamentos em áreas críticas para dragagem, monitoramento e planejamento costeiro.

Capacidades do ASV			
Critérios/Ambiente	Fluvial	Praial	Portuário
Mobilização dos equipamentos	4	2	2
Risco de navegação em águas rasas	5	3	2
Risco de navegação próximos a estruturas e obras	5	3	3
Risco de navegação próximo a obstáculos fixos	4	2	3
Risco de navegação próximo a obstáculos flutuantes	5	5	3
Risco de navegação próximo a áreas de recreação (banhistas, surfistas, lanchas, jet ski, atividades de pesca, etc...)	4	4	2
Operação em ambientes com correnteza	5	3	3
Perda de sinal entre embarcação e antena receptora	4	2	4
Consumo de bateria (correntes, levantamento longo, bateria reserva)	5	3	4
Função autônoma (modo automático)	5	3	4

Tabela 1: Integração de resultados para os três cenários