Anais do Congresso Brasileiro de Iniciação Científica
(https://periodicos.unisanta.br/COB)

ISSN 2317-1316

DESENVOLVIMENTO DE UMA EMBARCAÇÃO DE PEQUENO PORTE PARA BATIMETRIA MOVIDA A ENERGIA SOLAR

DEVELOPMENT OF A SMALL SOLAR-POWERED BATHYMETRY VESSEL

Frederico Zonis Gomes da Silva[1], Laura Ramos Heredia[1], Pedro Henrique Silva Bueno[1], Alexandre Shozo Onuki[2], Fátima Fernandes Della Rocca[1]

[1]Ensino Médio - Colégio Jean Piaget, Santos, São Paulo, Brasil
[2]Universidade Santa Cecília, Santos, São Paulo, Brasil
E-mail para contato: 230020014@jeanpiaget.g12.br

RESUMO – Este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma embarcação de pequeno porte, controlada remotamente, com propulsão elétrica e tecnologia fotovoltaica para a realização de batimetria. O objetivo foi aprimorar um protótipo anterior, implementando painéis solares, um novo sistema de comunicação de controle e um sensor ultrassônico para medir profundidades. A metodologia utilizada foi o método de pesquisa em engenharia. Foram realizados testes de bancada dos novos sistemas, além de testes de flutuação, estabilidade do casco, funcionamento dos motores e hélices, eficiência dos sistemas de comunicação entre o controle remoto e o barco e a precisão dos levantamentos batimétricos, em ambiente aquático. Os resultados demonstraram funcionamento satisfatório dos sistemas implementados. Entretanto, ainda são necessários testes em ambiente não controlado e sob luz solar para avaliar o desempenho da embarcação em condições reais de navegação.

Palavras-chave: Embarcação; Batimetria; Energia Solar.

ABSTRACT – This work presents the development of a small remotely controlled vessel with electric propulsion and photovoltaic technology for bathymetry. The goal was to improve a previous prototype by adding solar panels, a new control communication system, and an ultrasonic depth sensor. The engineering research methodology was applied. Tests evaluated system components, flotation, hull stability, motor and propeller operation, communication efficiency, and bathymetric survey accuracy in aquatic environments. Results showed satisfactory performance of the implemented systems. However, additional tests in uncontrolled environments and under direct sunlight are still needed to evaluate performance in real navigation conditions.

Keywords: Boat; Bathymetry; Solar Energy.

ISSN 2317-1316

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, nota-se uma crescente demanda por soluções sustentáveis e tecnológicas nas zonas portuárias, o que impulsiona a busca por inovações que consigam conciliar a eficiência operacional, a segurança na navegação e o respeito ao meio ambiente (DOMINGUES *et al*., 2021). Nesse contexto, este projeto propõe o desenvolvimento de uma embarcação de pequeno porte, controlada remotamente, com propulsão elétrica e alimentada por energia solar, acoplada a tecnologias que se assemelham à de sondagens batimétricas para canais portuários. O objetivo central é oferecer uma alternativa viável, de baixo custo e de operação contínua, que possa garantir o mapeamento constante do fundo de canais portuários, contribuindo diretamente para a manutenção da segurança da navegação e para a otimização da logística portuária.

O estudo batimétrico é uma prática essencial em zonas portuárias, pois permite monitorar alterações no relevo do canal portuário, identificar processos de assoreamento e garantir que embarcações de diferentes calados possam transitar com segurança. No Porto de Santos, por exemplo, a batimetria é utilizada para verificar a profundidade do canal de navegação e apoiar as atividades de dragagem, contribuindo diretamente para a segurança e eficiência das operações portuárias (PORTO DE SANTOS, 2011).

Levantamento batimétrico entende-se como um processo técnico de medição das profundidades e mapeamento do relevo submerso, sendo essencial para áreas como navegação, engenharia e operações portuárias. Seu funcionamento baseia-se principalmente no uso de sensores acústicos, chamados ecobatímetros, que operam pelo princípio da ecosondagem, em que uma onda sonora é emitida em direção ao fundo, refletida de volta ao sensor e, a partir do tempo de retorno e da velocidade do som na água, calcula-se a profundidade. Esse método é amplamente utilizado por sua eficiência e precisão em diferentes ambientes aquáticos.

A coleta de dados é feita por embarcações que percorrem trajetórias planejadas, registrando continuamente profundidade e posição. Posteriormente, esses dados passam por outras etapas que corrigem e filtram informações, resultando em mapas batimétricos e modelos do fundo. Apesar dos avanços tecnológicos, o processo ainda apresenta limitações, como influências ambientais, exigindo cuidados para garantir a confiabilidade dos resultados.

Ainda, segundo a *International Maritime Organization* (IMO, 2020), o transporte marítimo representa cerca de 3% do total da emissão Global de Gases do Efeito Estufa (GEE), valor que supera o do setor de transporte aéreo. A queima de óleo combustível dos navios libera

ISSN 2317-1316

gás carbônico, óxidos de enxofre, óxidos de nitrogênio e partículas finas, responsáveis por agravamentos da poluição atmosférica. Além disso, o óleo combustível de navios, conhecido como *heavy fuel oil*, é resultante do processo de refino do petróleo e apresenta alto teor de contaminantes (IMO, 2020).

Assim, diante dos impactos ambientais causados pelo transporte marítimo, torna-se necessário buscar alternativas mais sustentáveis para a propulsão de embarcações (CAVENAGHI e ARRIAGADA, 2021) . Nesse contexto, a utilização de propulsão elétrica surge como uma solução viável, por reduzir diretamente a emissão de poluentes. Também, o uso da energia solar como forma de carregar as baterias amplia ainda mais os benefícios ambientais e econômicos, por ser uma forma de energia limpa, renovável e barata.

A escolha do tema se deu a partir do contexto da cidade de Santos, que abriga o maior complexo portuário da América Latina e, ainda assim, sofre com acidentes, como encalhamentos, que poderiam ser evitados com uma maior frequência de levantamentos batimétricos. Além disso, a escolha do tema leva em consideração o ODS 13, combate às mudanças climáticas, e o 14, vida debaixo d'água (ONU Brasil, 2026).

Os objetivos deste trabalho são desenvolver um protótipo funcional de embarcação remotamente controlada, implementando o sistema fotovoltaico como forma de alimentação das baterias e desenvolver a tecnologia capaz de realizar mapeamentos batimétricos, com foco nos canais portuários, visando aumentar a segurança na navegação e a eficiência nas operações portuárias e reduzir os impactos ambientais causados pelo uso de combustíveis fósseis no transporte marítimo.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho se caracteriza como uma pesquisa experimental em engenharia, que consiste na identificação do problema, pesquisa, proposta de solução, análise da solução e propostas de melhoria, complementada por uma pesquisa bibliográfica realizada principalmente no Google Acadêmico. O objetivo foi desenvolver e aprimorar uma embarcação de pequeno porte, controlada remotamente, com propulsão elétrica e tecnologia fotovoltaica para a realização da batimetria. O protótipo foi desenvolvido nos laboratórios da Universidade Santa Cecília e do Colégio Jean Piaget, utilizando casco de impressão 3D, painéis solares, placas Arduino, sensor ultrassônico, entre outros componentes.

ISSN 2317-1316

Para o desenvolvimento adequado do protótipo, o sistema tinha como necessidade principal a realização de um circuito eficiente de propulsão que foi pensado e desenvolvido baseado nas necessidades de locomoção da embarcação em águas de zonas portuárias. A propulsão está fundamentada no uso de dois motores principais, que têm seu ativamento controlado por um controle remoto. A embarcação é alimentada por um conjunto de quatro baterias recarregáveis, organizadas duas a duas em série e estes conjuntos conectados em paralelo. A saída do conjunto de baterias é conectada a um regulador de tensão, responsável por estabilizar a saída em 5V.

No controle referente à locomoção há quatro direções para as quais se pode empurrar a alavanca, cada uma aciona um botão e determina um comando diferente, que será interpretado por um arduíno nano (no controle), enviado a outro arduíno (no barco) e direcionado aos relés, que acionam os motores. Os botões são pressionados com intermédio de um controle joystick. Outros componentes do controle são uma antena, responsável pelo envio e recepção de sinais, e um display LCD, que mostra os resultados das medições batimétricas.

Assim, os comandos enviados pelo controle são transmitidos de uma antena 1, conectada ao arduíno no controle, para uma antena 2, conectada ao arduíno presente no barco. Esses sinais são então interpretados pelo Arduino, que podem ser referentes tanto a locomoção, quanto a batimetria. Se o comando for referente a locomoção serão acionados os relés específicos de acordo com a programação previamente definida pelo engenheiro eletrônico Eric Fellipe B. G. dos Santos, em que cada combinação específica de relés ativados resulta em uma atividade diferente dos motores.

Os relés, por sua vez, ao serem ativados pelo Arduino, atuam abrindo ou fechando o circuito de energia dos motores, permitindo que cada comando resulte em uma atividade diferente dos motores, para que a embarcação possa navegar para frente, para trás e fazer curvas, tanto para direita, quanto para a esquerda, garantindo um funcionamento seguro e controlado.

O sistema de alimentação das baterias por energia solar possui quatro placas de 9 cm de largura x 19,6 cm de comprimento, potência máxima de 1,5 W e tensão máxima de 12V. Juntas, podem gerar até 0,5 A, uma Placa de Proteção BMS 2S 20A, componente que possui diversas atuações visando segurança, entre elas a interrupção da entrada de energia vinda da placa quando a bateria atinge carga total, o bloqueio contra carga reversa, a proteção contra curto-

ISSN 2317-1316

circuitos e o balanceamento de células internas da bateria, garantido que todas sejam carregadas e descarregadas igualmente, nivelando a tensão.

Para o sistema de batimetria, foram utilizados dois módulos de rede sem fio NRF24L01 com antena 2.4 GHz, um sensor de distância ultrassônico impermeável JSN-SR04M e mais um Arduíno nano. A leitura batimétrica ocorre durante todo o período que a embarcação estiver ligada, não sendo necessário um comando para iniciá-la. Logo, assim que ligada a embarcação, o sensor ultrassônico será ativado e realizará a medição. A informação coletada na medição será recebida por um arduíno nano no barco (o mesmo responsável pela propulsão) é transmitida a um outro arduíno nano (essa instalado no controle) por meio das duas antenas que se comunicam, sendo uma instalada na embarcação e outra instalada no controle. Por fim, os resultados da medição aparecem em um display LCD. Para medir uma região desejada específica, basta posicionar a embarcação na área desejada e observar os resultados coletados no display. O sensor ultrassônico emite ondas a 40 kHz, sendo capaz de medir distâncias entre 0,2 a 4,5 metros.

Os procedimentos incluíram a construção do protótipo e a realização de testes de bancada dos circuitos elétricos, motores e sistemas de comunicação, além de testes do sensor ultrassônico em protoboard e dos painéis solares em um simulador fotovoltaico. Também foram realizados testes de flutuabilidade e estabilidade do barco em uma piscina, avaliando a sustentação e o equilíbrio da embarcação. Os resultados foram analisados qualitativamente, considerando o funcionamento dos componentes, a corrente elétrica gerada e a estabilidade do casco. Foram realizados a fim de avaliar o funcionamento dos motores e hélices em ambiente aquático, a eficiência dos sistemas de comunicação entre o controle remoto e o barco e a precisão dos levantamentos batimétricos. Ainda são necessários testes em ambiente aquático e sob luz solar natural para avaliar o desempenho do protótipo em condições reais.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

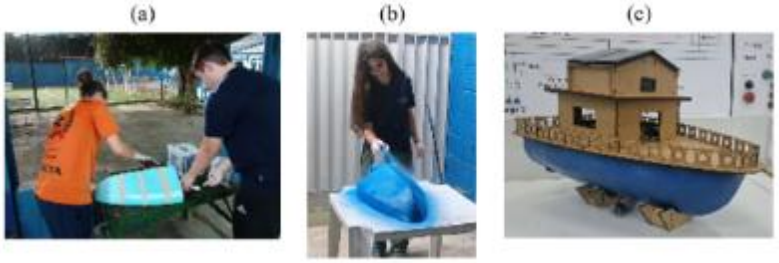
O casco do protótipo foi construído com impressão 3D com formato em V, ideal para garantir estabilidade e desempenho em ambientes de tráfego portuário. O modelo foi impresso em três partes, e estas coladas com adesivo à base de cianoacrilato (cola Super Bonder). Para a vedação, fez-se a aplicação do produto denominado “Retoque Rápido” nas áreas de junção das peças, para vedar as fendas (Figura 1(a)). Após seco, o casco foi lixado e foi feita a aplicação

ISSN 2317-1316

de um produto impermeabilizante. O casco foi finalizado com a pintura com tinta spray multiuso azul escuro impermeável (Figura 1(b)).

O convés do barco foi construído com placas de fibra de madeira de média densidade (MDF) recortadas à laser. A estrutura foi impermeabilizada, porém, não foi realizada pintura (Figura 1(c)).

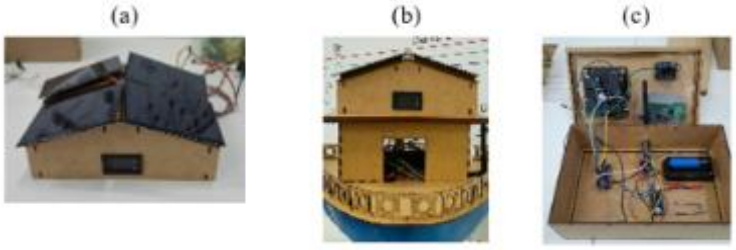
Figura 1: (a) Preparação do casco. (b) Pintura final do casco. (c) Convés em MDF e casco



Fonte: autoria própria

A alimentação é composta por quatro painéis fotovoltaicos (9 cm x 19,6 cm; 1,5 W e 12V máximos cada) associados em paralelo, de forma que pode-se gerar uma maior intensidade de corrente sem aumentar a tensão do circuito (Figura 2(a)). Os painéis foram posicionados na parte superior do convés (Figura 2(b)). Entre os painéis e as quatro baterias de lítio (3,7 V cada), há uma Placa de Proteção BMS 2S 20A, que previne picos e garante um sentido único da corrente. O acionamento da propulsão acontece por meio de um módulo de 8 relés, ativados conforme comando enviado pelo controle remoto e interpretado pelo arduíno. O controle remoto foi construído em MDF, utilizando uma alavanca *joystick*, Arduíno Nano, antena Wi-Fi para comunicação e display LCD para visualização dos dados batimétricos em tempo real (Figura 2(c)).

Figura 2: (a) Montagem das placas FV. (b) Placas solares (acima) e baterias (abaixo) . (c) Convés em MDF e casco



Fonte: autoria própria.

ISSN 2317-1316

A batimetria é realizada por um sensor ultrassônico impermeável JSN-SR04M instalado na parte inferior da embarcação, operando continuamente na frequência de 40 kHz. Os dados coletados pelo sensor são interpretados pelo Arduíno Nano do barco e transmitidos através das antenas para o arduíno no controle. Os dados de profundidade aparecem no display LCD.

Nos testes de bancada, a associação dos painéis fotovoltaicos sob simulador confirmou corrente de aproximadamente 0,1 A por placa (até 0,5 A no conjunto). A comunicação entre o sensor ultrassônico e o display, pelas antenas, mostrou funcionamento estável em protoboard, apresentando limite de leitura para distâncias inferiores a 30 cm.

Nos testes dinâmicos em ambiente aquático (piscina), a embarcação demonstrou boa flutuabilidade e estabilidade geral. Um desnível traseiro inicial gerado pela concentração da massa dos motores foi corrigido adicionando um contrapeso de 1 kg na proa. A comunicação entre o controle remoto e a embarcação se mostrou eficaz a curta distância, havendo necessidade de futuros testes para avaliar a confiabilidade em longas distâncias.

Em relação aos levantamentos batimétricos constatou-se que a profundidade informada no display estava incorreta, pois o código-fonte do Arduino utilizava a velocidade do som no ar (~343 m/s) no cálculo da fórmula $d = v \cdot t/2$, em vez da velocidade de propagação do som na água (~1480 m/s). Isso resultou em profundidades exibidas menores do que a profundidade real. A correção da velocidade na programação resolve a questão.

4 CONCLUSÃO

O projeto alcançou os objetivos propostos ao aperfeiçoar o protótipo de embarcação para batimetria, de maneira que integrou com sucesso a alimentação fotovoltaica, um controle remoto eficiente e o módulo de leitura ultrassônica em tempo real. Os testes de bancada e os testes em piscina validaram a viabilidade de implementar a ideia no dia a dia portuário futuramente, identificando a necessidade de alteração da programação da batimetria para adequá-la ao ambiente aquático. Para o futuro, nota-se a necessidade de realizar testes das placas solares em ambiente real, com iluminação solar natural. Nota-se também a necessidade de testar a embarcação em contextos mais próximos à realidade, menos controlados e, por exemplo, com ondas e vento, com o objetivo final de consolidar o projeto como uma alternativa de baixo custo para o monitoramento contínuo em canais portuários.

ISSN 2317-1316

5 DECLARAÇÃO DE USO DE IA

Durante a elaboração deste trabalho, utilizou-se a ferramenta Grammarly, que corrige erros de gramática e dá ideias para melhorar seu texto. O conteúdo gerado foi revisado, editado e validado pelos autores, que assumem total responsabilidade pelo texto final. Também se utilizou ferramentas de IA na elaboração das referências bibliográficas no estilo ABNT.

6 REFERÊNCIAS

CAVENAGHI, Guilherme Alexandre Gallo; ARRIAGADA, Carlos Andrés Hernández. *O uso de transportes fluviais sustentáveis movidos à energia solar: viabilidade e aplicação na cidade de Valdivia, Chile*. Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes, v. 9, n. 24, 2021. Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/cidades_verdes/article/download/2944/2769/6511. Acesso em: 19 ago. 2026.

DOMINGUES, J.; COELHO, A. E. G. C.; SILVA, E. J. *Impactos ambientais ocasionados pelo modal marítimo*. Revista Processando o Saber, [s. l.], v. 13, p. 138-153, 9 jun. 2021. DOI: 10.5281/zenodo.15073329. Disponível em: https://fatecpg.edu.br/revista/index.php/ps/article/view/329. Acesso em: 15 ago. 2025.

FERREIRA, Ítalo Oliveira; ANDRADE, Laura Coelho de; TEIXEIRA, Vitória; SANTOS, Felipe Catão Mesquita. *State of Art of Bathymetric Surveys*. Boletim de Ciências Geodésicas, Curitiba, v. 28, n. 1, 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/359404844_State_of_art_of_bathymetric_surveys. Acesso em: 29 mar. 2026.

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION. *Fourth IMO Greenhouse Gas Study 2020*. Londres: IMO, 2020. Disponível em: https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Fourth-IMO-Greenhouse-Gas-Study-2020.aspx. Acesso em: 29 mar. 2026.

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION. *IMO 2020 – cutting sulphur oxide emissions*. 2020. Disponível em: https://www.imo.org/en/mediacentre/hottopics/pages/sulphur-2020.aspx. Acesso em: 29 mar. 2026.

ONU BRASIL. *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*. Disponível em: https://brasil.un.org/pt-br/sdgs. Acesso em: 29 mar. 2026.

PORTO DE SANTOS. *Batimetria comprova profundidade do canal de navegação*. 2011. Disponível em: https://dragagem.portodesantos.com.br/portal/noticia?noticia=MTMz. Acesso em: 29 mar. 2026.