

## PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO EM ESCALA DA EMBARCAÇÃO DE ATENDIMENTO MÓVEL DE URGÊNCIA

TASSIA CAROLINA FORASTEIRO PINTO<sup>1</sup>, ELIANA BRANDÃO DA SILVA<sup>2</sup>, DIEGO BANDEIRA DE MELO AKEL THOMAZ<sup>3</sup> e ARLINDO PIRES LOPES<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Graduanda em Engenharia Mecânica, UEA, Manaus-AM, tcfp.eng16@gmail.com;

<sup>2</sup>Graduanda em Engenharia Naval, UEA, Manaus-AM, ebs.eng17@uea.edu.br;

<sup>3</sup>Graduando em Engenharia Mecânica, UEA, Manaus-AM, dbdmat.eng16@uea.edu.br;

<sup>4</sup>Dr. em Estruturas, UEA, Manaus-AM, alopes@uea.edu.br

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC  
Palmas/TO – Brasil  
17 a 19 de setembro de 2019

**RESUMO:** A cidade de Manaus, hoje, dispõe de unidades fluviais de Serviço de Atendimento Móvel de Saúde (Samu) que assistem às comunidades ribeirinhas. Embora essas embarcações tenham provido mais chances às comunidades remotas, ainda há uma séria necessidade de encurtar o tempo de viagem e tornar o sistema mais eficiente, visto que problemas com falta de combustível são recorrentes, deixando comunidades sem acesso a este serviço. Com isso, esse trabalho objetivou a construção de um modelo em escala reduzida de 1:10 dessa embarcação, para um ensaio de resistência ao avanço e sua futura remodelagem. Os ensaios com modelos em escala reduzida têm grande importância no processo de busca de soluções para obtenção de navios mais eficientes. Na metodologia foram utilizados softwares de design náutico como Delftship, e Maxsurf Resistance nos quais o modelo foi construído com base no método da similaridade dinâmica e geométrica, utilizadas dentro dos parâmetros do ITTC (International Towing Tank Conference). Os resultados demonstraram que a similaridade geométrica do protótipo esteve dentro dos  $\pm 6\%$  tolerados dentro do projeto e os testes de estabilidade obtiveram plena similaridade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Otimização, engenharia naval, arrasto, hidrodinâmica.

### DESIGN AND CONSTRUCTION OF A SMALL SCALE PROTOTYP ON THE EMERGENCY MOBILE CARE (SAMU)

**ABSTRACT:** The city of Manaus has fluvial units of Mobile Health Care Service (Samu) that assists the riverside communities. Although, these vessels have provided more chances to these communities, there is still a serious need to shorten travel time and make the system more efficient, since problems with fuel shortages are recurring, leaving communities without access to this service. Considering this, this work aimed at the construction of a 1:10 scale model of this vessel, for a hydrodynamic drag test and its future remodeling. In the methodology, nautical design softwares such as Delftship, Rhinoceros and Maxsurf were used in which the model was built based on the dynamic and geometric similarity method, used within the International Towing Tank Conference (ITTC) parameters. The results showed that the geometric similarity of the prototype was within  $\pm 6\%$  tolerated by the ITTC and the stability tests obtained full similarity.

**KEYWORDS:** Optimization, naval engineering, drag, hydrodynamics.

### INTRODUÇÃO

As unidades fluviais de Serviço de Atendimento Móvel de Saúde (Samu) assistem as comunidades ribeirinhas em Manaus. Esses moradores foram beneficiados com embarcações conhecidas como “ambulanchas” que prestam socorro rápido de resgate médico. Embora essas embarcações tenham provido mais chances às comunidades remotas, ainda há uma séria necessidade de encurtar o tempo de viagem e tornar o sistema mais eficiente. Esse estudo pretende principalmente

encurtar o tempo de auxílio aos moradores de vários municípios como Manaus, Boca do Acre, Borba, Manicoré, Jutai, Autazes, Beruri e Itacoatiara (Amazônia Notícias, 2017).

Para isso, fez-se necessário um levantamento de dados da embarcação do SAMU em questão, que possui modelo de casco de semiplano, referente às embarcações planantes e uma comparação com diversas embarcações da mesma classificação. Em seguida, foram estudadas as etapas de construção de um protótipo em escala reduzida. O uso de modelos reduzidos é uma abordagem importante no caso de projetos de grande porte com fenômenos de difícil modelagem e construídos em baixa quantidade, nos quais a fabricação de protótipos torna-se uma abordagem inviável do ponto de vista econômico. (Artmann, 2015)

O modelo utilizado em escala reduzida para testes tem grande importância no processo de busca de soluções para obtenção de navios mais eficientes – laboratórios com tanques de reboques e túneis de cavitação são sempre utilizados no processo de projeto de linhas de cascos e de propulsores. (Molland et al., 2011).

## MATERIAL E MÉTODOS

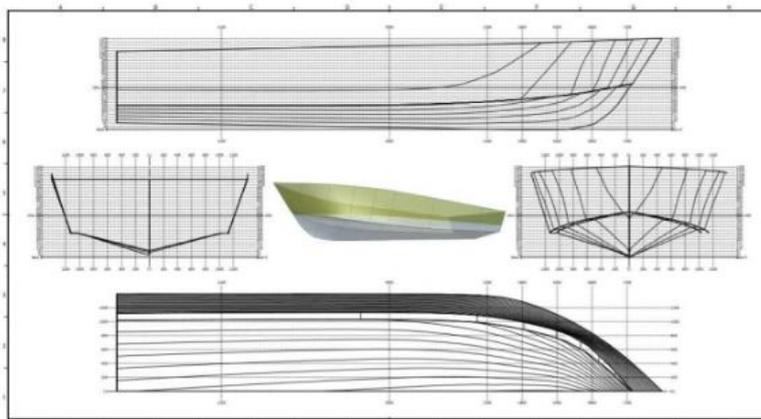
Em um primeiro momento foi realizada uma visita ao estaleiro onde a lancha encontra-se presente, em Manaus, e foram levantados dados da embarcação segundo mostrados na Tabela 1.

Tabela 1. Dados Técnicos do Casco a partir da inspeção da Marinha do Brasil

| <b>Inspeção da Marinha</b>   |     |
|------------------------------|-----|
| <b>Arqueação Bruta [m]</b>   | 9,0 |
| <b>Arqueação Líquida [m]</b> | 2,0 |
| <b>Massa [kg]</b>            | 1   |
| <b>Comprimento [m]</b>       | 7,8 |
| <b>Boca Máxima [m]</b>       | 2,8 |
| <b>Pontal [m]</b>            | 1,2 |
| <b>Calado Leve [m]</b>       | 0,6 |
| <b>Calado Carregado [m]</b>  | 0,9 |
| <b>Contorno [m]</b>          | 4,6 |

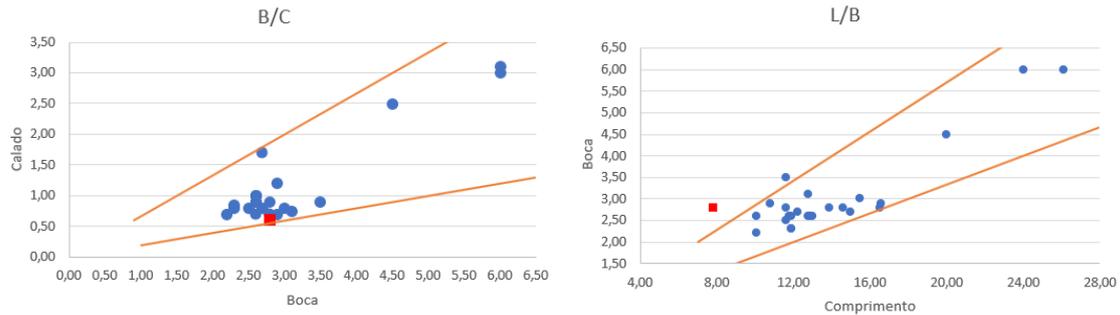
Em seguida, os dados foram inseridos no programa Delftship para se obter a primeira modelagem bidimensional da embarcação real.

Figura 1. Modelagem bidimensional da embarcação Ambulancha.



Para primeira validação do projeto do casco, fez-se necessário realizar um estudo de razão de aspecto de barcos da mesma classe, extraindo dados geométricos de embarcações típicas de semiplano de Taunton et al. (2010). Esses permitiram a geração de gráficos para determinar faixas de valores típicos para diversas características de projeto. Assim, foi possível confirmar se o projeto modelado no Delftship está dentro das especificações básicas de L/B (Comprimento/Boca) E B/C (Boca/Calado) de embarcações típicas de sua classe.

Figura 2. Gráficos de razão de aspecto para a modelagem da embarcação.



Esses valores estão dentro dos  $\pm 6\%$  tolerados do projeto já que estes serão compensados na construção do protótipo, através da modificação dos valores de comprimento e boca. Assim, os valores obtidos nos testes que utilizem esse protótipo poderão ser comparados com outros dentro da sua classe de embarcações, aumentando a confiabilidade dos resultados. Sendo esse um artifício bastante utilizado para modelagens e análises de embarcações das quais os projetos não estão disponíveis.

Para prosseguir com a construção do modelo levou-se em consideração que deve se seguir as três condições necessárias para a similaridade: parâmetros de forma idênticos, realizar ensaios em mesmo número de Reynolds ( $Re$ ) na equação 1 e Froude ( $Fr$ ) na equação 2 (Molland et al., 2011).

$$Re = \frac{UL}{\nu} \quad (1)$$

Onde:

$U$ = Velocidade da embarcação

$L$ = Comprimento

$\nu$ = Viscosidade dinâmica

$$Fr = \frac{U}{\sqrt{gL}} \quad (2)$$

Onde:

$U$ = Velocidade da embarcação

$g$ = aceleração da gravidade

$L$ = Comprimento da embarcação

Pela equação 1 e 2 é possível ver que o modelo reduzido teria que ser  $n$  vezes mais rápido que o barco real para que fosse possível realizar testes a Reynolds e Froude equivalentes (para que os fenômenos viscosos e potenciais se conservem). Para contornar o problema da similaridade incompleta, utiliza-se a similaridade incompleta e, posteriormente, correções são feitas. Froude será mantido constante e a velocidade do modelo será calculada a partir da equação 3.

$$U_{modelo} = \frac{1}{\sqrt{n}} U_{real} \quad (3)$$

Onde:

$U_{modelo}$ = Velocidade do modelo

$U_{real}$ = Velocidade da embarcação real

$n$ = Fator de escala

Para tornar possível o teste viável, a escala escolhida foi 1:10, que está dentro da faixa de escalas para ensaios em tanques de reboque determinadas entre 1:10 e 1:100 (Chakrabarti, 1994).

Todos os parâmetros estabelecidos foram calculados para satisfazer a extrapolação da resistência ao avanço do modelo para o navio seguindo os passos estabelecidos pela norma ITTC (2002).

Aplicando o fator de escala às outras dimensões geométricas da embarcação, foi determinada a boca e o calado do modelo, como segue na tabela 2. O peso total do modelo deve ser tal que gere o

calado calculado. E como ambos (modelo e real) têm o mesmo coeficiente de bloco é possível obter o deslocamento do modelo através da igualdade mostrada na equação 4. O peso também pode ser calculado através do fator de escala elevado ao cubo.

$$\left(\frac{\nabla}{L \times B \times C}\right)_{modelo} = \left(\frac{\nabla}{L \times B \times C}\right)_{real} \quad (4)$$

Onde:

∇= Deslocamento volumétrico  
L= Comprimento  
B= Boca máxima  
C= Calado

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da metodologia apresentada, o modelo da embarcação, realizado no DelftShip, ficou definido como apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Dimensões principais e razões de aspecto do modelo em escala

| <b>Dados do modelo</b>       |      |
|------------------------------|------|
| <b>Comprimento [m]</b>       | 0,78 |
| <b>Boca [m]</b>              | 0,28 |
| <b>Calado [m]</b>            | 0,06 |
| <b>Coefficiente de Bloco</b> | 0,86 |

Entretanto, modificações foram efetuadas na construção do protótipo para manter os resultados dentro dos ±6% propostos para o projeto, resultando nos valores apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Comparação de resultados

|                        | <b>Modelagem</b> | <b>Protótipo</b> |
|------------------------|------------------|------------------|
| <b>Comprimento [m]</b> | 0,78             | 0,83             |
| <b>Boca [m]</b>        | 0,28             | 0,275            |
| <b>Calado [m]</b>      | 0,06             | 0,06             |

Após finalizar a validação das razões de aspecto dentro dos parâmetros dinâmicos para o ITTC (2002), foi realizado a construção da embarcação, como segue na Figura 3.

Figura 3. Vistas do protótipo em escala 1:10



Os testes de hidrostática e dinâmica foram realizados e foi possível mensurar a resistência ao avanço (Tabela 4), obtendo sucesso na comparação entre os resultados estipulados pelo software Maxsurf Resistance, a partir do método descrito em Savitsky (1976), e os dados obtidos no teste.

Figura 4. Testes de resistência ao avanço realizado com o protótipo

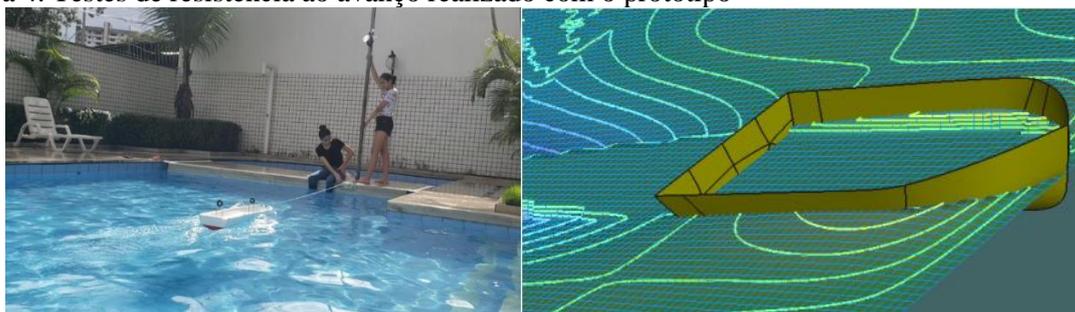


Tabela 4. Resultados de resistência ao avanço ( $R_t$ ) obtidos no teste

| Froude | Tempo [s] | Velocidade [m/s] | $R_t$ [N] |
|--------|-----------|------------------|-----------|
| 0,25   | 2,6       | 0,77             | 3,14      |
| 0,531  | 1,78      | 1,12             | 6,82      |
| 0,51   | 1,26      | 1,59             | 9,87      |

## CONCLUSÃO

Foi possível dimensionar e construir o modelo da embarcação para dar continuidade aos testes de resistência ao avanço, o qual era o principal objetivo deste trabalho, para tornar possível a otimização desse meio de atendimento.

Com a construção desse modelo, tornou-se possível a realização de testes em escala da embarcação real, a partir dos quais será possível realizar propostas de remodelagem para otimização. Este trabalho deixa como recomendação futura, o estudo da viabilidade de hidrofólios nessa embarcação, uma forma de tornar este tipo de atendimento nas comunidades mais ágil e mais energeticamente eficiente (Picanço, 1999).

A proposta aqui apresentada também tem um caráter formador de recursos humanos para o Estado do Amazonas, haja vista que houve interação e troca de informações entre a universidade do estado do Amazonas e todos os funcionários do SAMU.

## REFERÊNCIAS

- Amazônia Notícias. Deputados destinam 30 ambulanchas para municípios do Amazonas. 2017. Disponível em: <https://amazonasnoticias.com.br/deputados-destinam-30-ambulanchas-para-municipios-do-amazonas/>. Acesso em: 20 jan. 2017.
- Artmann, Junior. Estudo sobre a aplicação de um hidrofólio em uma embarcação de apoio offshore: abordagem experimental simplificada. UFSC, 2015. 84 f. TCC (Graduação - Curso de Engenharia Naval).
- Chakrabarti, S.K. Offshore Structure Modeling, Advanced series on Ocean Engineering. 9.ed. Plainfield, Illinois, USA.: Chicago Bridge & Iron Technical Service Co., World Scientific, 1994. 492p.
- ITTC. Internacional Towing Tank Conference. 'Testing and Extrapolation Methods, High Speed Marine Vehicles, Resistance Test', in recommended Procedures and Guidelines, p. 18, 2002.
- Molland, A.F.; Turnock, S.R.; Hudson, D.A. Ship Resistance and Propulsion: Practical Estimation of ship propulsive power. 2.ed. New York: Cambridge, 2011. 537p.
- Picanço, Hamilton Pessoa. Resistência ao avanço: uma aplicação de dinâmica dos fluidos computacional. UFRJ, 1999. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica).
- Savitsky D.; Brown P. Procedures for hydrodynamic evaluation of planing boats in smooth and rough water. Marine Technology. 13.ed., New Jersey: Marine Technology, 1976, p.381-400.
- Tauton, D.J., Hudson, D.A., Sheno R.A. Characteristics of a series of high speed hard chine planing hulls – Part 1: Performance in calm water. Disponível em: <https://eprints.soton.ac.uk/172717/>. Acesso em: 29 de junho de 2019.