



XXXVII IBERIAN LATIN AMERICAN CONGRESS
ON COMPUTATIONAL METHODS IN ENGINEERING
BRASÍLIA - DF - BRAZIL

ANÁLISE DA FLUIDODINÂMICA COMPUTACIONAL DE VEÍCULOS AUTÔNOMOS SUBMARINOS

Bezerra, Thaylane da Rocha

Martins, Michele Agra de Lemos

thaylane.bezerra@gmail.com

micheleagra@lccv.ufal.br

Universidade Federal de Alagoas

Av. Lourival Melo Mota, 57072-970, Alagoas, Maceió, Brasil

Andrade, Tony Herbert Freire de

tonyherbert2000@gmail.com

Universidade Federal de Campina Grande

R. Aprgio Veloso, 58429-900, Paraíba, Campina Grande, Brasil

Resumo. *Os Veículos Autônomos Submarinos são robôs que operam debaixo d'água sem comunicação física com a terra e sem controle em tempo real por operadores humanos. O potencial tecnológico e econômico dos AUVs é apreciável, principalmente, em atividades como busca e prospecção de petróleo e gás natural em águas profundas. Diante desse contexto e sabendo que o estudo da força de arrasto atuante em submersíveis possibilita obter um menor consumo de combustível e aumentar as características de mobilidade do veículo com o projeto correto desses, esse trabalho tem como objetivo avaliar o estudo numérico da fluidodinâmica dos AUVs, com ênfase na força de arraste. O presente trabalho concentra-se na avaliação da interferência da geometria do AUV, pela variação da proa do veículo, sobre o arrasto gerado por meio da Fluidodinâmica Computacional (CFD), através do software ANSYS CFX® release 15, software de alto desempenho voltado para a dinâmica dos fluidos com o propósito de resolver amplos problemas de escoamento. A metodologia adotada e a modelagem obtida são validadas com dados experimentais.*

Palavras-Chave: *Hidrodinâmica, Estudo Numérico, Submersíveis.*

1 INTRODUÇÃO

Os Veículos Autônomos Submarinos (AUVs) são veículos subaquáticos não tripulados que têm revolucionado a exploração de recursos marinhos, assim como o processo de coleta de dados sobre o oceano, sendo a indústria de petróleo e gás uma das maiores indústrias beneficiadas com essa tecnologia.

Os grandes avanços atrelados aos AUVs foram resultados de um progresso bem sucedido de tecnologias complementares para superar os desafios associados com a operação autônoma em ambientes extremamente inacessíveis ao homem. O AUV, por não possuir cabo umbilical, é capaz de realizar uma maior cobertura quando comparado ao Veículo Remotamente Operado (ROV), no entanto, pelo mesmo motivo, sua autonomia pode ser prejudicada, visto que a maioria dos AUVs possui um banco de baterias que fornece energia aos propulsores do veículo.

Sabendo que a força de arrasto atuante em corpos imersos em um fluido que apresenta movimento é resultante da interação entre corpo e fluido, fica evidente que o arrasto sobre um corpo depende de sua forma. Portanto, o consumo de energia de um veículo pode ser reduzido através da diminuição do arrasto.

De acordo com Won *et al.* (2015), a análise experimental dos fatores que afetam a força de arrasto sobre o AUV são ineficientes em termos de custo e tempo. Munson *et al.* (2004) expressam ainda que a Mecânica dos Fluidos computacional (CFD) tem fornecido resultados encorajadores para o arrasto em corpos com formas mais complexas.

Desta forma, devido à relevância da Fluidodinâmica Computacional, este trabalho tem como objetivo avaliar, através do *software* ANSYS CFX® *release* 15, a interferência da geometria do AUV, pela variação da geometria da proa do veículo, sobre o arrasto gerado. ANSYS CFX® é um *software* de alto desempenho voltado para a dinâmica dos fluidos com o propósito de resolver amplos problemas de escoamento, proporcionando rápidas, confiáveis e precisas simulações de CFD.

2 METODOLOGIA

2.1 O casco do AUV - *Design*

O casco do AUV, seções de proa e popa, foi modelado através das equações de *Myring*, equações teóricas que fornecem os perfis da proa e popa do torpedo e que gera o menor coeficiente de arraste possível. Essas equações estão descritas pela Eq. (1) e Eq. (2).

- Proa:

$$r_1(x) = \frac{1}{2}D \left[1 - \left(\frac{x-a}{a} \right)^2 \right]^{\frac{1}{n}} \quad (1)$$

- Popa:

$$r_2(x) = \frac{1}{2}D - \left[\frac{3D}{2c^2} - \frac{\tan \theta}{c} \right] (x-a-b)^2 + \left[\frac{D}{c^3} - \frac{\tan \theta}{c^2} \right] (x-a-b)^3 \quad (2)$$

onde todos os parâmetros, exceto o parâmetro n , são geométricos, como é possível observar através da Fig. 1.

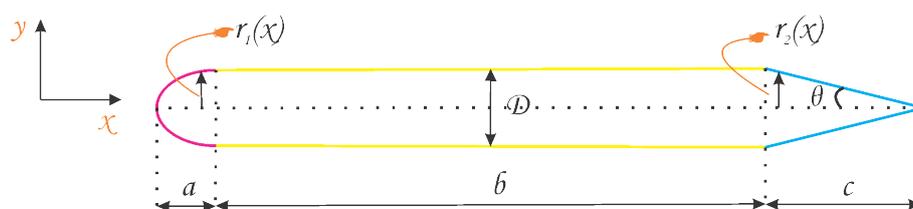


Figura 1: Esquema de um AUV e os parâmetros das Equações de Myring. Fonte: Acervo dos autores, 2016

Analisou-se a influência da geometria da proa do AUV, atribuindo os valores 1 e 2 para n , sobre a força de arraste. Essa variação da proa do torpedo pode ser visualizada no gráfico, plotado em ambiente MATLAB®, apresentado na Fig. 2. Os valores atribuídos para os outros parâmetros das Equações de Myring foram os mesmos do AUV MAYA.

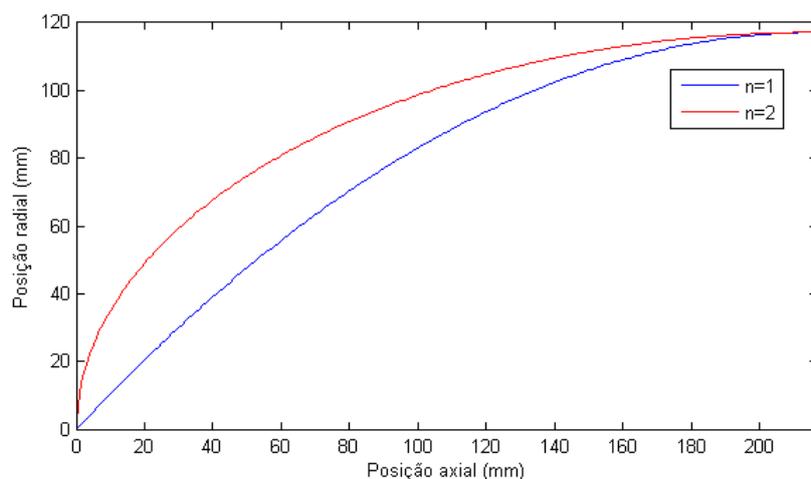


Figura 2: Geometria da proa de acordo com o parâmetro n das Equações de Myring. Fonte: Acervo dos autores, 2016

2.2 Modelo e validação

Para a simulação foram realizadas as seguintes considerações: escoamento turbulento, incompressível e isotérmico e regime permanente. O modelo de turbulência utilizado foi o $k-\epsilon$. De acordo com Cable (2009), este modelo tornou-se um dos modelos de turbulência mais utilizados uma vez que fornece robustez, economia e precisão para uma ampla faixa de escoamento turbulento.

Detalhes da malha ao redor do veículo são apresentados na Fig. 3. Em relação às condições de contorno, na entrada foi inserida a condição *inlet*, para as laterais foi imposta condição de simetria (*symmetry*), para a saída, paredes superior e inferior foi atribuída a condição (*opening*) com pressão relativa de 21 atm e, por fim, para o casco do AUV foi imposta a condição de parede (*wall*) com rugosidade de 0,011 m.

A modelagem atribuída foi equivalente a realizada por Dantas (2014), que afirma que como este caso não apresenta movimentos que gerem esforços inerciais (relativos a aceleração), este modelo numérico equivale aos experimentos realizados em tanques de provas para medição dos esforços estáticos.

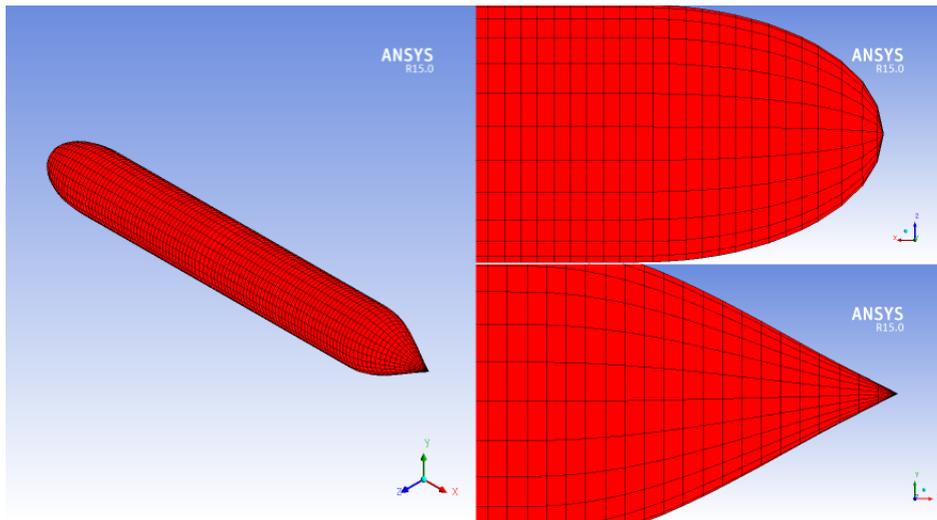


Figura 3: Detalhes da malha numérica ao redor do veículo. Fonte: Acervo dos autores, 2016

Desta forma, para validação do modelo, variou-se a velocidade de entrada do fluido, água, entre 1,0 m/s e 1,8 m/s, com variação de 0,1 m/s, obtendo como resposta da simulação a força de arrasto atuante no veículo de acordo com as velocidades atribuídas. Esses valores foram comparados com os dados da força de arrasto atuante no AUV MAYA em função da velocidade, obtido experimentalmente por Madhan *et al.* (2006). O experimento realizado pelos autores citados ocorreu em um tanque de prova na Índia.

A Fig. 4 exibe a comparação entre os dados simulados e os obtidos experimentalmente por Madhan *et al.* (2006). Verificou-se que os resultados obtidos para a força de arrasto, através da simulação, foram satisfatórios, uma vez que o maior erro obtido entre o experimental e o simulado foi de 9,30 %, correspondente ao arrasto sobre o AUV em uma velocidade de 1,8 m/s.

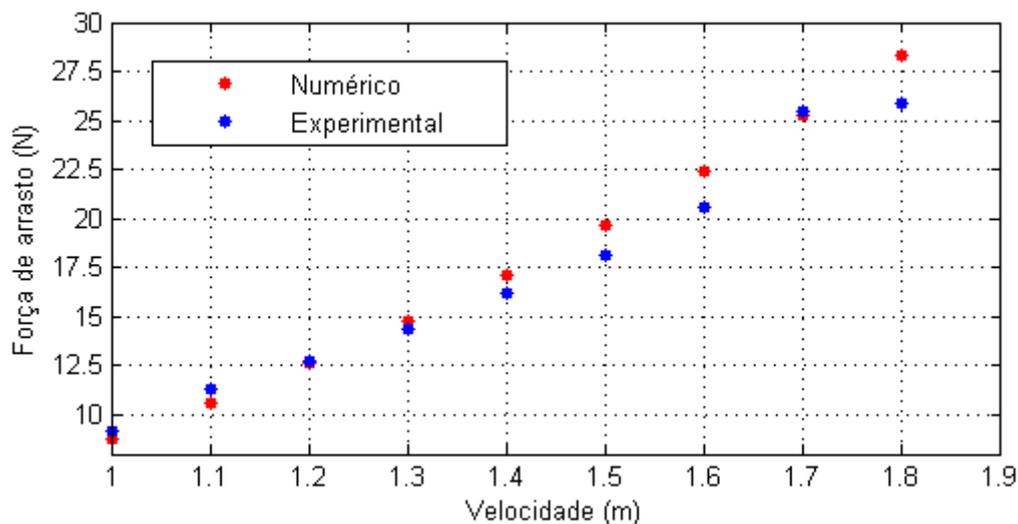


Figura 4: Comparação da força de arrasto simulada e experimental em função da velocidade. Fonte: Acervo dos autores, 2016

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para verificar qual geometria do AUV, entre as que foram geradas a partir do parâmetro n igual a 1 e 2, fornece um menor arrasto, fixou-se a velocidade em 1,5 m/s e utilizou-se o modelo validado para realizar as simulações. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 1. Verifica-se, através da Tabela 1, que a geometria que gerou o menor arraste foi aquela modelada a partir do parâmetro n igual a 1. Desta forma, podemos afirmar que, entre os parâmetros analisados, o n igual a 1 gera um casco de AUV mais eficiente quanto a sua propulsão, com uma menor força de arrasto atuante sobre o AUV e conseqüentemente um menor consumo de energia.

Tabela 1: Força de arrasto simulada para os cascos do AUV gerados a partir do parâmetro n igual a 1 e 2. Fonte: Autores, 2016

n	Força de arrasto (N)
1	18,8
2	19,7

4 CONCLUSÕES

A fluidodinâmica computacional foi capaz de representar fielmente a relação da força de arrasto atuante no AUV com a velocidade do fluido. Observou-se que a geometria da proa do veículo interfere no arrasto gerado. O casco modelado com o parâmetro n , das Equações de *Myring*, igual a 1 gerou um menor arrasto quando comparado ao casco modelado com n igual a 2, possibilitando uma maior eficiência quanto à propulsão do veículo.

Agradecimentos

Os autores gostariam de expressar seus agradecimentos à Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP/PRH40/UFAL), ao Laboratório de Computação e Visualização Científica (LCCV/UFAL) e ao Programa Especial de Capacitação Discente (PEC/UFAL) pelo estímulo e apoio na realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- Dantas, J. L. D., 2014. *Metodologia numérica para estimativa da manobrabilidade de Veículos Autônomos Submarinos*. Tese de doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Madhan, R., Elgar Desa., Prabhudesai, S., Sebastiao, L., Pascoal, A., Ehrlich Desa, Mascarenhas, A., Maurya, P., Navelkar, G., Afzulpurkar, S., & Khalap, S., 2006. Mechanical Design and Development Aspects of a Small AUV MAYA. *7th IFAC Conference MCMC*, Lisboa.
- Munson, B. R., Young, D. F., & Okiishi, T. H., 2004. *Fundamentos da mecânica dos fluidos*. Blucher. 4 ed. Sao Paulo.
- Won, D., Kim, J. & Kim, J., 2015. *Intelligent Service Robotics*. Springer, Volume 8, Issue 4, p. 233-245.