

## Simulação de Navegação em Águas Profundas de Robô Submarino Utilizando OpenFOAM

Gustavo da Silva Costa (Doutorando - MCTI), [gustavocosta77@gmail.com](mailto:gustavocosta77@gmail.com);

Ivan Costa da Cunha Lima (Orientador - UERJ), [ivandacunhalima@gmail.com](mailto:ivandacunhalima@gmail.com);

André Telles da Cunha Lima (Coorientador - UFBA), [atcl@ymail.com](mailto:atcl@ymail.com);

Murilo Pereira de Almeida (Coorientador - UFC), [murilo@fisica.ufc.br](mailto:murilo@fisica.ufc.br);

Faculdade SENAI CIMATEC

Palavras Chave: *Turbulência, OpenFoam, Navier-Stokes, Dinâmica de Fluidos.*

### Introdução

O estudo da Dinâmica dos Fluidos através da obtenção de soluções numéricas das Equações de Navier-Stokes tem lançado luz sobre diversas situações relevantes da ciência e tecnologia. Essa importância, tanto acadêmica para compreensão de turbulência quanto aplicada à exploração de petróleo, se demonstra na grande variedade de softwares em CFD (Computational Fluid Dynamics) e na possibilidade de automatização de ferramentas auxiliares à prospecção de hidrocarbonetos em grandes profundidades. Particularmente, para este trabalho utilizamos o OpenFOAM, uma plataforma open source para solução numérica de equações diferenciais através do Método dos Volumes Finitos.

A simulação do escoamento turbulento de um fluido incompressível (assemelhado à água em suas propriedades) passando por um obstáculo sólido foi realizada através do modelo LES de turbulência, num domínio definido como a figura 1 abaixo.



**Figura 1.** Esquema bidimensional de *mesh* para robô submarino.

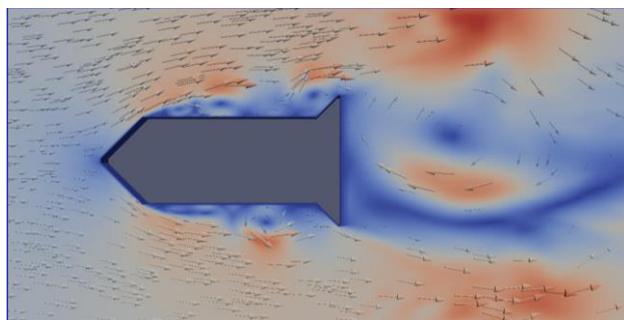
A simulação visa representar um modelo de robô submarino, inicialmente parado, sujeito à corrente marítima em águas profundas, que pode cumprir funções de inspeção de linhas de transmissão, captura de imagens, entre outras.

Seminário Anual de Pesquisa - 2016

### Resultados e Discussão

A plataforma OpenFOAM permite ao usuário escolher, ou até mesmo construir, uma ferramenta para determinar a solução das equações diferenciais (*solver*). O *solver* utilizado neste caso foi o *pisoFoam*, adequado para regimes de fluxo turbulento (modelo *LES*) em fluidos incompressíveis. As condições iniciais inseridas para a simulação incluem descrições físicas características de um fluido como a água (viscosidade, incompressibilidade), velocidade inicial (8 m/s), tempo de simulação (1 s), intervalo de tempo ( $10^{-4}$  s), dentre outras escolhas associadas a métodos numéricos para cálculos matemáticos auxiliares.

A partir do início da simulação foi possível perceber que o obstáculo (submarino inicialmente parado) inserido no fluido induz neste meio padrões de variação de velocidade em forma de vórtices (característicos do fluxo turbulento) em ambos os lados e na parte posterior (ver figura 2).



**Figura 2.** Formação de vórtices em fluxo turbulento, induzidos por obstáculo.

Esses pontos indutores de vorticidade foram mapeados para posterior estudo de incidência de pressão, variações de *drag* e *lift* e cálculo de torque com objetivo de mapear indicadores de

direcionamento e rotação, que poderão ser utilizados pelo controlador autônomo do robô.

## Conclusões

Baseado na teoria de Dinâmica de Fluidos e no uso do OpenFOAM, essas ferramentas possibilitam o início do trabalho de pesquisa centrado no estudo da navegação autônoma de um robô submarino. Os efeitos de turbulência, pressão e torque gerados pelas correntes marítimas sobre o robô serão simulados com OpenFOAM e esses dados possibilitarão determinar propriedades estruturais (dimensionamento de potência) e de navegação (torque, *drag* e *lift*) que servirão de parâmetros para a operação autônoma dos comandos direcionais. Espera-se ainda poder variar a posição do obstáculo e verificar as condições físicas (listadas acima) para estas novas configurações. Desta maneira poderemos construir uma distribuição de probabilidades que possibilite ao software controlador de navegação tomar decisões direcionais baseadas nas simulações realizadas durante a pesquisa.

Como proposta de continuidade da pesquisa espera-se poder estender o *mesh* para um domínio tridimensional, com perspectivas de uso de um computador de alto desempenho (HPC), que, com maior poder computacional, nos habilite a simular situações mais aproximadas às condições reais de mar aberto em águas profundas.

## Referências

- <sup>1</sup> Greenshields, C. J. OpenFOAM The Open Source CFD Toolbox User Guide. 2015.
- <sup>2</sup> Patil, P. P. e Tiwari, S. Fluid Dynamics Research vol. 40. 2008, 753 - 778.
- <sup>3</sup> Schlichting, H. e Gersten, K. Boundary-Layer Theory 2003, 8<sup>th</sup> ed. Springer