



# Simulação de escoamentos por meio de uma esfera inscrita em um cubo usando o código Fluent

## *Simulations of flows through a sphere inscribed in a cube using Fluent code*

Luis Fernando Grigoletto Hirata\*, Flávia Aparecida Reitz Cardoso<sup>†</sup>,  
Mateus Batichotti Silva<sup>‡</sup>, Caroline Marques Lau<sup>§</sup>

### RESUMO

Usamos o código de dinâmica de fluidos computacional comercial Fluent para simular o fluxo em torno de uma esfera inscrita em um cubo e verificar em qual regime de fluxo se enquadra. Fluxo laminar de estado estacionário em um Reynolds número (Re) abaixo de 2000 e fluxo turbulento com  $Re > 2000$ . Essas simulações fornecem um teste da capacidade do código de reproduzir estruturas de fluxo típicas observadas em fluxos de corpos escarpados genéricos, como aqueles experimentados por submarinos e veículos subaquáticos não tripulados (UUVs). As simulações mostraram que o Fluent é capaz de simular com precisão o comportamento do fluido em cada um dos regimes de fluxo e apresenta variáveis capazes de descrever como o fluido forma ondas de choque sobre a esfera inscrita no cubo.

**Palavras-chave:** CFD. Escoamentos. Sólidos Espaciais.

### ABSTRACT

We used the Fluent commercial computational fluid dynamics code to simulate the flow around a sphere inscribed in a cube and see what flow regime it falls into. Steady state laminar flow at a Reynolds number (Re) below 2000 and turbulent flow at  $Re > 2000$ . These simulations provide a test of the code's ability to reproduce typical flow structures observed in generic cliff-body flows, such as those experienced by submarines and unmanned underwater vehicles (UUVs). The simulations showed that Fluent is able to accurately simulate the fluid behavior in each of the flow regimes and presents variables capable of describing how the fluid forms shock waves on the sphere inscribed in the cube.

**Keywords:** CFD. Flows. Space Solids

## 1. INTRODUÇÃO

O uso de códigos computacionais de dinâmica de fluidos para simular geometricamente o fluxo de formas complicadas, como aviões, carros e navios tornaram-se um padrão da engenharia nos últimos anos. Vários códigos disponíveis comercialmente podem ser usados para realizar esses estudos, incluindo os códigos de

\* Curso Técnico Integrado em Informática, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil; luishirata@alunos.utfpr.edu.br

† Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil; reitz@utfpr.edu.br

‡ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil; mateusbatichotti@alunos.utfpr.edu.br

§ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão, Paraná, Brasil; carolinemarques@alunos.utfpr.edu.br



SEI-SICITE 2021

Pesquisa e Extensão para um mundo em transformação

volume finito Fluent (LESIEUR et al., 2005) e CFX (FOX et al., 2003). Ambos são usados rotineiramente para realizar estudos computacionais de dinâmica de fluidos (CFD) em escoamentos laminar e turbulento. A força dos códigos comerciais geralmente reside em seu excelente software pré-processador, que permite que malhas robustas sejam construídas em torno de formas muito complicadas e o número de turbulências bastante avançadas nos modelos neles contidos (LESIEUR et al., 2005). Embora esses códigos agora também estejam desenvolvendo a capacidade de lidar com problemas de movimentação e deformação de malhas, esses recursos são tipicamente estruturados em torno de geometrias específicas de importância comercial, como o movimento do pistão no cilindro, pás do ventilador em ciclones, entre outros (VERSTEEG; MALALASEKERA, 2006).

Como parte do processo de desenvolvimento, o vórtex está sendo testado contra uma série de problemas, um dos quais é a simulação do fluxo através de uma esfera inscrita em um cubo. Este é um teste rigoroso do código, pois envolve uma série de diferentes regimes de fluxo, de fluxo laminar em estado estacionário perto de  $Re = 2000$  para fluxo turbulento dependente do tempo em  $Re > 2000$ . Para fornecer a verificação, o Fluent foi usado para simular o escoamento do fluido sobre a esfera de tal forma que se possa identificar o tipo do escoamento e o comportamento das variáveis onde o fluido se choca com a esfera (VERSTEEG; MALALASEKERA, 2006).

Como Fluent é usado para realizar a maioria dos estudos de simulação de escoamentos, ele é capaz de simular com precisão o comportamento em cada um dos regimes citados (LESIEUR et al., 2005).

## 2. MÉTODO

Para entender o escoamento nesse cenário, onde uma esfera de 7 cm de diâmetro se encontra inscrita em um cubo de 10 cm de aresta, empregou-se um software de fluidodinâmica computacional (CFD para obter tais resultados. Primeiramente foram geradas as geometrias no ICEM CFD, tal como a computação da malha de ambos os objetos. A malha gerada foi a tetraédrica contendo 26807 nós e 145772 elementos.

Para analisar o escoamento proposto foi necessário introduzir ao modelo já citado os fluidos, para que de tal forma pudesse ser analisado seu comportamento durante o escoamento. O programa FLUENT foi responsável por fazer a simulação do experimento. Seguindo as condições estabelecidas, como por exemplo o tipo de escoamento (linear ou turbulento), informações iniciais de velocidade (m/s) e pressão (Pa), o programa executou o escoamento, gerando assim os resultados procurados. A etapa seguinte foi coletar esses dados obtidos na simulação e apresentá-los de forma gráfica com o software CFD-POST. Todos os softwares empregados fazem parte do pacote computacional Ansys versão 14.5.

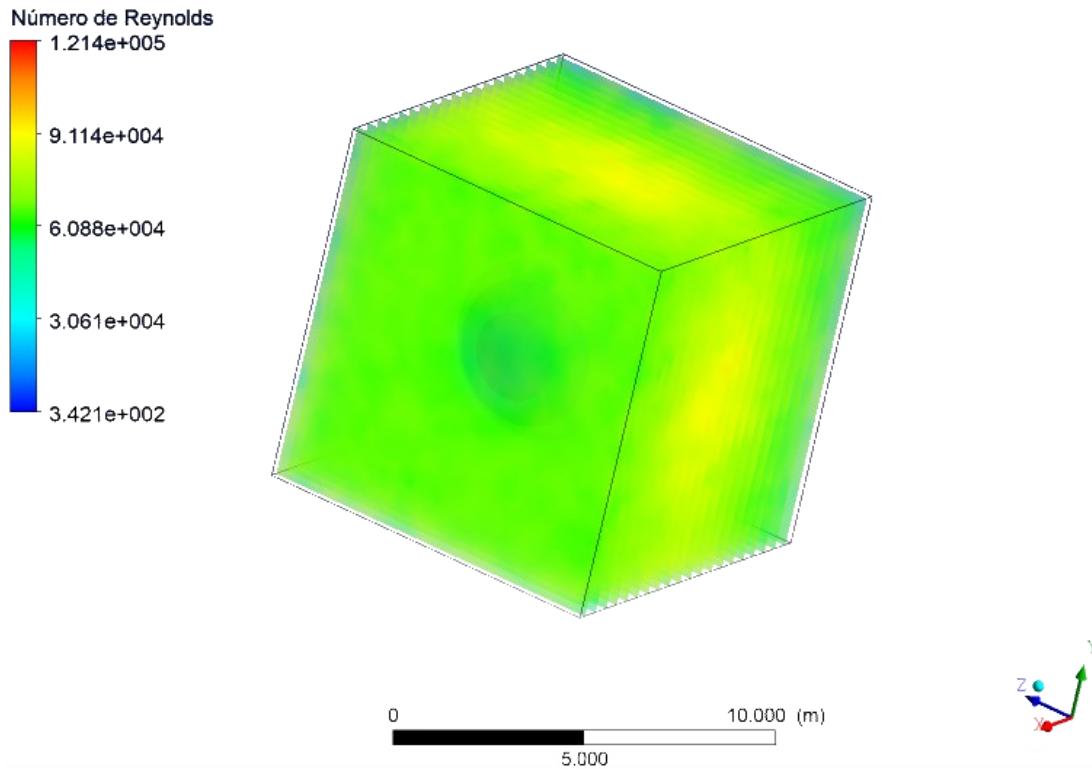
## 3. RESULTADOS

O objetivo principal dessa experiência foi analisar o comportamento das variáveis de velocidade e pressão durante o escoamento. Tais resultados dependem diretamente do tipo de escoamento encontrado no sistema criado.

Para que seja entendido qual o tipo do escoamento aplicado na simulação, foi gerada a imagem da Figura 1, indicando o número de Reynolds, que serve como um parâmetro para caracterizar o modelo de escoamento, sendo que, abaixo de 2000 é considerado laminar, e acima de 2400, turbulento.



Figura 1 – Número de Reynolds

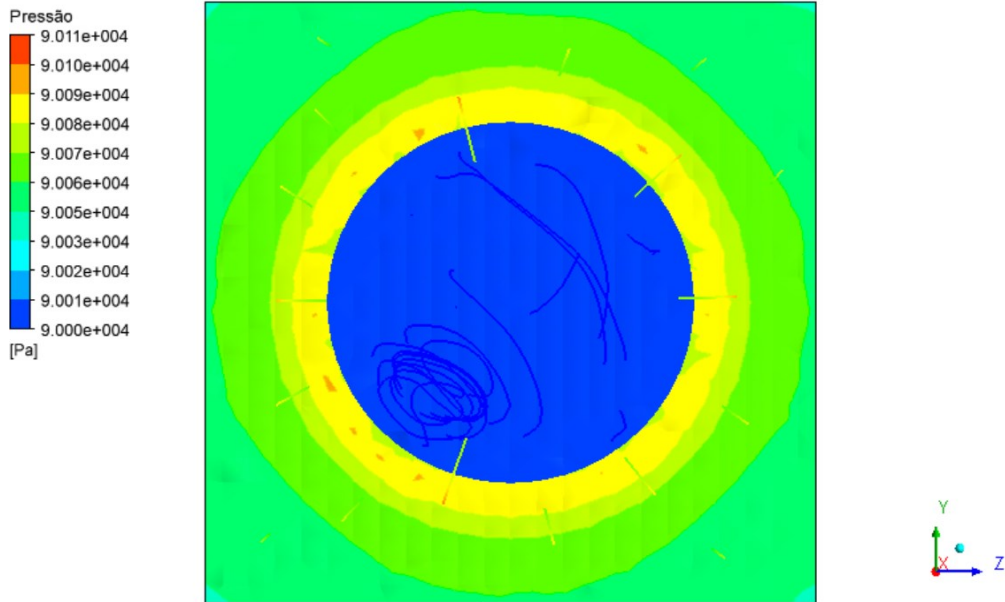


Fonte: Autoria própria (2021).

Neste caso foi possível verificar que o escoamento é caracterizado como laminar, uma vez que o número de Reynolds ficou em aproximadamente 1000. Após a classificação do escoamento, pode-se analisar as variáveis e suas interações com o sistema de forma mais clara.

A pressão iniciada com o valor de 90.000 Pa apresenta uma pequena variação durante a simulação, principalmente quando o fluido entra em contato com a esfera, provocando pequenos choques das ondas do fluido e, conseqüentemente, fazendo com que a pressão diminua. Entretanto, a pressão de entrada e saída continuam iguais.

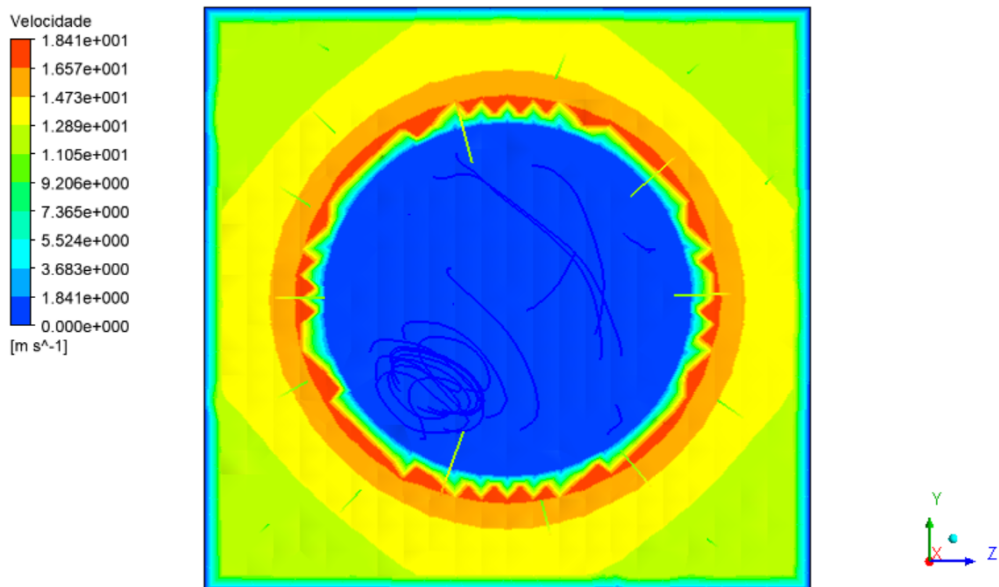
**Figura 2 – Pressão de contato**



Fonte: Autoria própria (2021).

A velocidade, por sua vez, teve uma entrada de 5 m/s, também apresentando variação no seu valor. Nota-se, ao observar a Figura 2, que a velocidade aumenta brevemente ao entrar em contato com a esfera, mas diminui, voltando a sua velocidade original na hora da saída.

**Figura 3 – Velocidade de contato**



Fonte: Autoria própria (2021).



SEI-SICITE 2021

Pesquisa e Extensão para um mundo em transformação

Verificando-se a simulação aqui apresentada, é possível comparar o escoamento sobre a esfera inscrita em um cubo com o que acontece na entrada de uma garrafa de bebida (whisky) onde a bolinha serve como um conta gotas ou até mesmo a bolinha de uma caneta onde acontece a distribuição da tinta. Em ambos os casos a pressão e a velocidade de contato se comportam da mesma forma como no escoamento aqui apresentado.

#### **4. CONCLUSÃO**

Por meio dessa pesquisa, foi possível entender os principais conceitos da simulação de um escoamento, tanto na parte prática, na hora de gerar as estruturas, quanto na parte teórica, com a interpretação dos dados resultantes. Como consequência desse contato, obteve-se a compreensão da importância das simulações nos meios científicos, uma vez que essas geram resultados práticos e eficientes, que permitem a visualização de fenômenos de forma mais simples e ilustrativa. Como sequência desta pesquisa, serão feitas comparações dos exemplos acima citados para verificar as análises de velocidade e pressão e a classificação como um escoamento laminar ou turbulento.

#### **AGRADECIMENTOS**

Reservo este espaço para agradecer à Fundação Cnpq pelo financiamento da pesquisa e à minha orientadora, por ter me instruído durante todo o tempo.

#### **REFERÊNCIAS**

ANSYS. ANSYS CFX Workbench. Canonsburg, 2008.

FOX, Robert W.; MCDONALD, Alan T.; PRITCHARD, Philip J. Introduction to fluid mechanics. 6. ed. Purdue: John Wiley & Sons, Inc., 2003. 789 p.

LESIEUR, M., MÉTAIS, O. AND COMTE, P., "Large-Eddy Simulations of Turbulence", Cambridge University Press, 2005.

VERSTEEG, H. K.; MALALASEKERA, W. An introduction to computational fluid dynamics: the finite volume method. 2. ed. Essex: Pearson Education Limited, 2006. 503 p.