



SEI-SICITE 2021

Pesquisa e Extensão para um mundo em transformação

XI Seminário de Extensão e Inovação
XXVI Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica
08 a 12 de Novembro - Guarapuava/PR



Análise do escoamento turbulento em torneira bica alta por meio da fluidodinâmica computacional

Analysis of turbulent flow at high faucet spout by computational fluid dynamics

Mateus Batichotti Silva*, Caroline Marques Lau †,
Luis Fernando Grigoletto Hirata ‡, Flávia Aparecida Reitz Cardoso §

RESUMO

Este artigo apresenta uma investigação experimental e computacional complementar do efeito da pressão e número de Reynolds na dinâmica do escoamento turbulento de uma torneira bica alta. As simulações numéricas foram realizadas com um pacote fluidodinâmica computacional (CFD) o qual emprega o método de volume de fluido (VOF). A comparação com dados experimentais e computacionais é capaz de proporcionar melhorias nos projetos em escala industrial, uma vez que conservar água e energia com tecnologias eficientes em termos de água é extremamente benéfico para o meio ambiente.

Palavras-chave: CFD. Escoamento turbulento. Escala industrial. Número de Reynolds.

ABSTRACT

This paper presents a complementary experimental and computational investigation of the effect of pressure and Reynolds number on the turbulent flow dynamics of a high spout tap. The numerical simulations were performed with a computational fluid dynamics (CFD) package which employs the fluid volume method (VOF). Comparison with experimental and computational data is capable of providing improvements in industrial-scale projects, since conserving water and energy with water-efficient technologies is extremely beneficial to the environment.

Keywords: CFD. Turbulent Flow. Industrial Scale. Reynolds Number.

1 INTRODUÇÃO

As torneiras são tão onipresentes que muitas pessoas nem mesmo param para se perguntar como elas surgiram. Os acessórios de hoje vêm em vários estilos, desde modelos elegantes e contemporâneos até versões com pés de garra usadas em designs vintage de banheiro (ÇENGEL, 2014).

Elas datam de períodos antigos. Encanamentos e acessórios de bica foram usados já em 1700 a.C. no palácio minoico de Knossos, localizado na ilha de Creta. Eles eram usados em casas particulares para banhos e para fornecer água para fontes. Os antigos romanos tinham encanamentos feitos de tubos de chumbo. E embora eles usassem torneiras para seus banhos pessoais, os chuveiros comunais dos romanos também eram populares (BOARDMAN, 1962).

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

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

‡ 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



Naquela época, os acessórios de banho antigos eram básicos. Eles tinham dois bicos - um para água quente e outro para água fria. Isso mudou com uma inovação de Al Moen, em 1937. As pessoas acreditam que ele teve a ideia do botão da torneira depois de queimar as mãos enquanto usava o acessório padrão. “Depois que ele dominasse o design, as pessoas poderiam se divertir lavando com um jato de água, que era ajustado para a temperatura certa” (ÇENGEL, 2014).

Mais tarde, quando novos inventores trabalharam na torneira, a válvula esférica passou a existir. “Landis Perry projetou esta peça em 1945 que ajudou a controlar a temperatura da água com um mecanismo de mistura. Além disso, ajudou a selar a unidade” (ÇENGEL, 2014).

Independente do modelo de torneira considerado, o fluxo de água que sai é muito suave e regular. “É suave porque todas as moléculas de água se movem, mais ou menos na mesma velocidade, na mesma direção. Isso é chamado de fluxo laminar” (VERSTEEG; MALALASEKERA, 2006). “Além disso, se a torneira não for muito aberta, a água também escorrerá pelo ralo em um fluxo laminar” (FOX, 2003). Entretanto alterando a vazão se é apresentada uma alteração no fluxo das partículas, assim ocasionando em uma alteração no número de Reynolds e conseqüentemente caracterizando o movimento das mesmas não mais como laminar, porém sim como turbulento. Desta forma, objetivou-se simular e estudar o escoamento turbulento de uma torneira bica alta por meio da fluidodinâmica computacional.

2 MÉTODO

Para o desenvolvimento das simulações empregou-se um pacote CFD apresentado pelo programa para computadores Ansys, especificamente a versão 14.5. Após um estudo sobre geometrias e malhas, bem como sua geração e análise, foram realizadas simulações levando-se em consideração o escoamento laminar e turbulento de líquidos e gases. Na sequência projetou-se uma torneira bica alta com as mesmas dimensões oferecidas por um fabricante nacional, conforme se apresenta na seção 3.1. Para que as variáveis temperatura, pressão, velocidade e número de Reynolds fossem analisadas, algumas condições de contorno foram levadas em consideração, como a pressão de 90000 Pa e a velocidade de entrada de água de 5m/s, além da equação da continuidade para o escoamento.

3 RESULTADOS

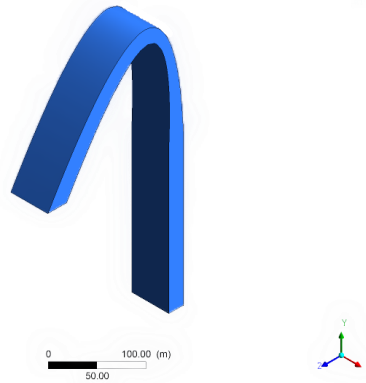
Para a análise dos resultados foi realizada uma categorização desde o projeto da torneira bica alta até o resultado de suas variáveis extraídas pelo CFD-Post. Entretanto, já se é possível identificar uma zona crítica, onde os números se encontram diferentes na região alta que precede o bico. Tal efeito já era esperado desde quando efeitos gravitacionais foram considerados na confecção da mesma, aos quais podem ser melhor compreendidos na sequência.

3.1 Estrutura da torneira

A Figura 1 apresenta a projeção da torneira bica alta, cujas medidas são de 21x54 unidades na base, 374.5 unidades do ponto mais baixo da base até o ponto mais alto da torneira, 27 por 54 unidades na cavidade de saída que se encontra após a queda da curva, a esquerda, e uma distância de 149 unidades entre a saída e o tubo que leva o fluido.



Figura 1 – Paredes da torneira

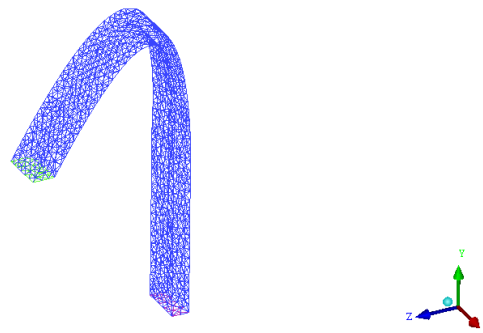


Fonte: Autoria própria (2021).

3.2 Malha da torneira

Na Figura 2 é possível verificar a malha tetraédrica estruturada com 2107 nós e 8300 elementos que foi gerada pelo programa. Em cada nó há um encontro de múltiplas linhas que se revertem em pontos de cálculo onde as condições e equações acontecem de forma prática. A parte em tom rosa no canto inferior direito da malha se refere à entrada de fluido e a parte em verde na beira esquerda da malha se refere à saída de fluido.

Figura 2 – Malha da torneira



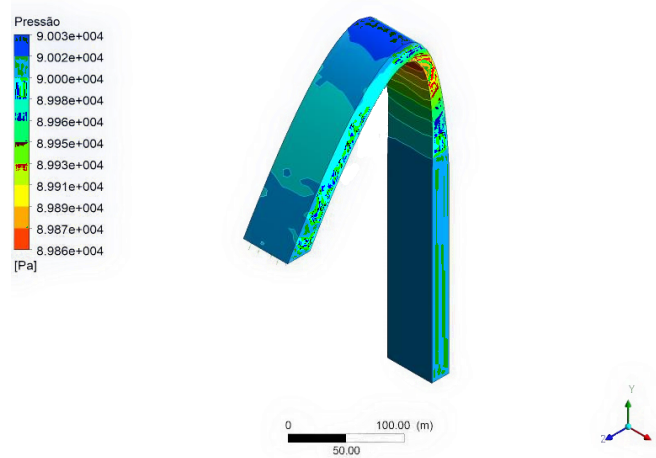
Fonte: Autoria própria (2021).

3.3 Pressão na torneira

Com relação à pressão, é possível verificar que, na prática, a maioria das torneiras sofrem uma pressão de 10 m.c.a, pois o mínimo da pressão de entrada que é 10 m.c.a (DE OLIVEIRA et al., 2017). Na simulação realizada, cuja entrada de pressão se manteve praticamente constante, a Figura 3 retrata as pequenas variações de pressão expressas em Pa que ocorrem por conta do fluido sob a torneira. Observando-se a curvatura pode-se verificar uma diminuição na pressão na parte de baixo e um aumento na parte de cima.



Figura 3 – Pressão na torneira

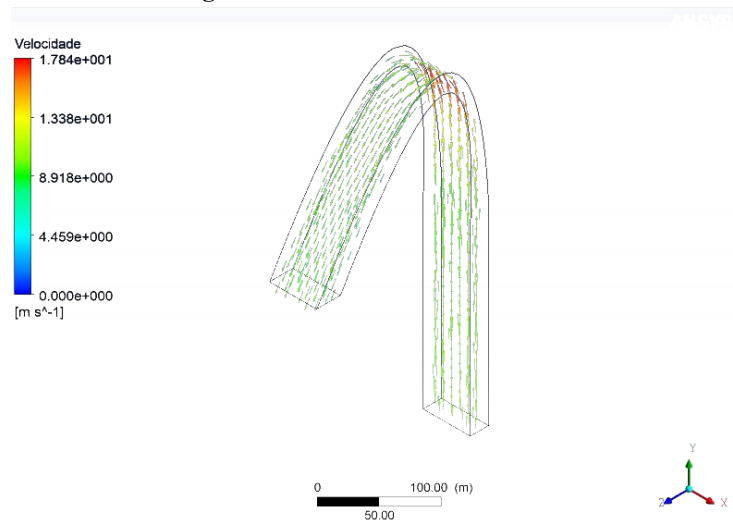


Fonte: Autoria própria (2021).

Além desta observação, há ainda uma diferença mais sutil que se refere a parte da saída da torneira, a parte esquerda da mesma, onde há uma queda na pressão e um posterior aumento quanto mais próximo da saída

3.4 Velocidade na torneira

Figura 4 – Velocidade na torneira

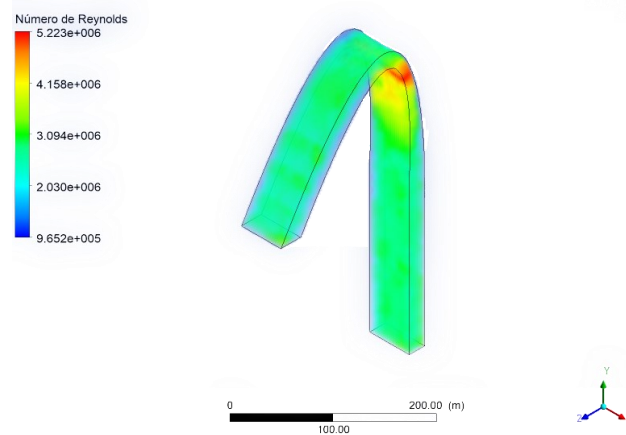


Fonte: Autoria própria (2021).

A Figura 4 apresenta a representação da velocidade na torneira, que na maior parte do percurso se vê constante, isso considerando a exceção na curva da torneira pelas mesmas causas que afetaram a pressão. Uma das principais forças responsáveis por isto é a gravidade, a qual altera a velocidade gradualmente à medida que se aproxima da curva. Após a chegada em um pico há uma queda gradual até sair pelo o que corresponde à boca da torneira.

3.5 Número de Reynolds

Figura 5 – Número de Reynolds



Fonte: Autoria própria (2021).

O número de Reynolds é definido pela relação entre as forças viscosas e inerciais de um fluido e, portanto, indica qual a importância dessas forças para seu escoamento, caracterizando um certo escoamento em turbulento, laminar ou transitivo (MARTINS; KNESEBECK, 2015). E a partir dos resultados encontrados constatou-se que se é apresentado um estado turbulento do fluido dentro da torneira, já que o número normalmente assumido como valor de transição, para fins de cálculo, é $Re = 2300$ (MARTINS; KNESEBECK, 2015). Na simulação aqui realizada o valor médio encontrado foi compatível com os valores encontrados por Bird et al. (2007) e Fox et al. (2014), cerca de 2100 e 2300, respectivamente. Quando há uma redução do número de Reynolds, seus resultados remetem a um escoamento laminar, uma vez que se encontra com um número inferior ao do estado de transição.

Importante ressaltar o aumento do número de Reynolds no mesmo local onde se encontrou uma diferença na velocidade e na pressão. Estas variáveis são responsáveis pela variação do número de Reynolds, conforme se observa na Equação (1) e deve sempre ser levada em consideração em estudos de fluidodinâmica.

$$Re = \frac{\overline{\rho v D}}{\mu} \quad (1)$$

4 CONCLUSÃO

Os estudos realizados em relação à simulação computacional mostraram que a vazão do fluido em uma torneira bico alta, no modelo apresentado, foi majoritariamente turbulenta. Esta forma de simulação no projeto apresentado pode ser reinterpretada de forma onde saem do espectro fundamental da figura da torneira de bica alta e abrangem estruturas de semelhante forma, como por exemplo, para uma mais eficiente utilização de colheitadeiras e seus tubos descarregadores.



As variações de pressão e velocidade e sua plena compreensão são de extrema importância para um maior controle dos gastos de água, assim tendo potencial importância econômica envolvendo a economia de água de forma doméstica ou industrial, ou até mesmo de outros líquidos em tubos semelhantes, estudando conceitos com a vazão, a eficiência na alteração de produtos que influenciem na pressão ou na viscosidade e seus efeitos perante o total, o que pode acarretar em soluções economicamente mais eficazes.

Além disso a questão física do movimento Browniano explorada por Albert Einstein em *Investigations on the theory of the brownian movement*, de 1926, juntamente com outras teorias menos populares pode ser alvo de um estudo envolvendo entre outras coisas a própria mecânica newtoniana.

Uma molécula dissolvida é diferenciada de um corpo suspenso apenas por suas direções, e não é aparente por que um número de partículas suspensas não deveria produzir a mesma pressão osmótica que o mesmo número de moléculas. Devemos supor que as partículas suspensas realizam um movimento irregular - mesmo que muito lento - no líquido, por conta do movimento molecular do líquido (EINSTEIN, 1926).

Então, a partir deste, seria possível realizar investigações predispostas a questionar a viabilidade da utilização dos movimentos irregulares das partículas juntamente com efeitos quânticos para um aumento de eficiência de maquinários e sistemas mais complexos. E ainda a partir do poder de alteração a pressão de um determinado fluido pode-se considerar a manipulação, a partir do número de Reynolds, para conservação de fluidos delicados em situação de transporte.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos especiais a Universidade Federal do Paraná-Campus de Campo Mourão e ao CNPq que proporcionou a bolsa que acabou por tornar tal artigo realidade.

REFERÊNCIAS

- BIRD, R. B.; STEWART, W. E.; LIGHTFOOT, E. N. **Transport Phenomena**. New York: John Wiley, 2007.
- BOARDMAN, J.; **Archaic finds at Knossos**. The Annual of the British School at Athens, 1962.
- ÇENGEL, Y. **An engineering approach**. New York: McGraw-Hill Education, 2014.
- DE OLIVEIRA, C. C.; SILVÉRIO, A. P. D.; MENDES, L. E. **XI-095 O efeito da redução de pressão no consumo de água nas unidades habitacionais: uma nova visão de combate as perdas**, 2017.
- EINSTEIN A. **Investigations on the theory of the brownian movement**. New York: Dover Publications, 1926.
- FOX, R.W.; MCDONALD, A.T.; PRITCHARD, P. J. **Introdução à mecânica dos fluidos**. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2014.
- MARTINS, M. H.; KNESEBECK, A. **Estudo da transição entre escoamento laminar e turbulento em tubo capilar**. In: ANAIS DO XI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA. [Blucher Chemical Engineering Proceedings, v. 1, n.3]. ISSN Impresso: 2446-8711. São Paulo: Blucher, 2015.
- VERSTEEG, H. K.; MALALASEKERA, W. **An introduction to computational fluid dynamics: the finitevolume method**. 2. ed. Essex: Pearson Education Limited, 2006. 503