

TEMPO DE ESVAZIAMENTO DE UMA PISCINA COM DUTO CILÍNDRICO DE SAÍDA CALCULADO POR UM SOFTWARE

Esdras Sousa Soares¹
Fabrício Leite Alves²
Fernanda Beatriz Aires de Freitas³
Dorgival Albertino da Silva Júnior⁴

INTRODUÇÃO

As leis de conservação regem, nos escoamentos de fluidos, análises tanto para sistemas macroscópicos quanto para sistemas microscópicos. As equações algébricas são expressas para sistemas estacionários e, as equações diferenciais, para as equações transientes. Os balanços macroscópicos possuem termos que consideram em sua análise as relações entre o fluido e as superfícies sólidas (Bird; Stewart; Lightfoot, 2004).

Muitas vezes tem-se a necessidade de saber o tempo de esvaziamento de um fluido em um reservatório. Para isso, podem ser utilizadas as metodologias ativas em conjunto com as novas mídias digitais para melhorar cada vez mais o ensino, e, conseqüentemente, solucionar problemas encontrados no cotidiano. A Aprendizagem Baseada em Projetos (PBL) é um método de ensino e, ao mesmo tempo, uma alternativa que auxilia na preparação e qualificação dos profissionais, baseada nos conhecimentos adquiridos com o ambiente e em resoluções de problemas. No contexto do ensino de engenharia, o uso da PBL contribui favoravelmente a vivência laboratorial das situações problemáticas ocorrentes no cotidiano desta atividade profissional, possibilitando uma melhor preparação para o mercado de trabalho (Theisen *et al.*, 2015).

Nessa prática, o aluno convive com situações reais e tem de lidar com a tomada de decisões de acordo com as variáveis e aspectos gerais das situações encontradas, a fim de solucionar os problemas da melhor forma possível (Ribeiro, 2005). Algumas universidades brasileiras vêm apostando em programas que promovem a aprendizagem ativa na formação e solução de problemas nos cursos de engenharia, porém, essa aplicação é sutil ou não representa grandes mudanças na base educacional, sendo por sua vez, aplicadas apenas em disciplinas separadas (Passos *et al.*, 2009).

Trabalhar por projetos é, de certa forma, colaborar com a aprendizagem, uma vez que todos os participantes precisam ajudar para o resultado compartilhado. Ao invés de os alunos envolvidos terem apenas experiências passivas, passam a adquirir elementos de aprendizagem por experiências com reflexão ativa e envolvimento consciente do que está trabalhando (Helle; Tynjala; Olkinoura, 2006).

¹ Graduando do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, esdrassousasoares@hotmail.com;

² Graduando pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, fabricioalves80@hotmail.com;

³ Mestranda do Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia - UFU, fernanda.beatriz@ufu.br;

⁴ Professor orientador: Doutor pelo Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, dorgival.silva@ufersa.edu.

Este trabalho é resultado de um projeto de pesquisa em ensino que tem como órgão financiador a AAMEG da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA).

Na prática, para mensuração da vazão, o método mais utilizado para medição em um tubo consiste em estimar a quantidade do fluido que acumula num recipiente durante um período constante. A determinação da vazão de um fluido que escoar em condição permanente é realizada em reservatórios com a medição do volume ou da massa adquirida em um intervalo de tempo conhecido. Caso esse intervalo de tempo seja grande ao ponto de ser medido com pequena incerteza, as vazões podem ser determinadas com um certo grau de precisão (Fox; McDonald; Pritchard, 2006).

Quando há um orifício para o escoamento do fluido no fundo do reservatório, é bastante comum o cálculo do tempo de esvaziamento, sendo que a escolha desse tempo depende em primeira instância do projetista. Por exemplo, o tempo pode ser optado por uma duração curta de 8 horas ou uma duração longa de 24 horas (CIRIA, 1996). E em alguns casos, são utilizados métodos de bombeamento para realização do esvaziamento.

O objetivo deste trabalho é aperfeiçoar o ensino-aprendizagem dos alunos com a implementação de um aplicativo para dispositivos móveis, além de ser uma fonte de solução para a determinação do tempo necessário de esvaziamento de uma piscina comum.

PROCEDIMENTO COMPUTACIONAL

A realização deste trabalho deu-se pelo desenvolvimento de um *software* utilizando a plataforma do MIT App Inventor 2, em que permite facilmente aos iniciantes em programação de computador, criarem aplicativos de *software* para dispositivos com sistema operacional Android. Para isto, utilizou-se a equação de Bernoulli para resolução do problema proposto.

Teoricamente, a equação de Bernoulli é utilizada em casos de escoamento permanente, porém, se a superfície de um determinado reservatório reduzir com uma velocidade suficientemente baixa, a imprecisão resultante deste fato é desprezível. Desta forma, considerando um reservatório em regime permanente e aplicando o balanço de energia é possível aplicar a lei de Bernoulli em fluidos que estão em regime permanente, são invíscidos e incompressíveis, mas antes é importante determinar a velocidade com que o fluido sai do reservatório em ambos os pontos.

Utilizando este conceito no problema apresentado, foi considerado um reservatório cilíndrico com sua superfície aberta (por exemplo, uma piscina comum), por esta razão na superfície do reservatório o fluido está sob influência da pressão atmosférica. A velocidade nesse ponto varia intrinsecamente muito pouco à medida que o tempo passa, quando levado em consideração a velocidade do duto de saída. No ponto inferior (usado para o esvaziamento do reservatório) utilizou-se a equação de Bernoulli para determinar a velocidade, utilizando as seguintes considerações:

- A altura h_2 é nula por se encontrar na linha de referência do sistema;
- A pressão é igual a pressão atmosférica ($p_1 = p_2 = p_0$);
- A velocidade de escoamento da superfície é aproximadamente nula;
- A densidade é igual em ambos os pontos, pois se trata do mesmo líquido ($\rho_1 = \rho_2 = \rho_{\text{água}}$).

Em seguida, foi utilizado a equação da continuidade para relacionar ambas as velocidades dos pontos estudados e obter a expressão do tempo de esvaziamento do reservatório. Em que se considera os seguintes parâmetros:

- Diâmetro da base da piscina;
- Diâmetro do duto de saída do líquido;
- Gravidade ($9,81 \text{ m/s}^2$);
- Altura de coluna de água.

Para a utilização do aplicativo, é importante que todas as unidades de medidas estejam conforme o Sistema Internacional de Unidades. Na tela inicial do aplicativo desenvolvido é mostrado todos os parâmetros de entrada que o usuário deve fornecer para que o programa calcule o que é desejado. Desse modo, o usuário insere os seguintes dados:

- Diâmetro da base da piscina;
- Diâmetro do duto de saída do fluido;
- Altura da coluna de água na piscina.

Após esses três campos serem preenchidos, o programa irá mostrar o tempo necessário para que ocorra o esvaziamento por completo da piscina, em minutos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente foi proposto para realização do trabalho uma piscina comum com as seguintes dimensões:

- Altura da coluna de água: 1 m;
- Diâmetro da base da piscina: 5 m;
- Diâmetro do duto de saída do fluido: 0,1 m.

Ao serem inseridos os valores de altura da coluna de água, diâmetro da base da piscina e duto de saída do fluido na tela inicial do aplicativo, foi obtido o valor do tempo necessário de esvaziamento da piscina, no qual foi de 19 minutos.

Com este aplicativo é possível que o usuário obtenha o tempo de esvaziamento de uma outra piscina cilíndrica com dimensões variadas ou qualquer outro reservatório, desde que seja cilíndrico, mostrando assim, uma boa praticidade nos problemas reais encontrados.

Em seguida, foi realizado uma análise de todos esses parâmetros, para isto, foi plotado um gráfico para mostrar o tempo de esvaziamento da piscina em função do diâmetro da base deste mesmo depósito. E foi possível observar linhas crescentes, partindo de pontos próximos, para diferentes valores de alturas de coluna de água.

Isto é explicado devido aos pequenos valores de diâmetros, uma vez que, com diâmetros pequenos, o tempo de esvaziamento apresenta valores próximos para linhas que não varie bruscamente o tamanho da coluna de água. Para esta condição, quanto maior o diâmetro da piscina e o tamanho da coluna de água, maior o tempo de esvaziamento.

Posteriormente, plotou-se um gráfico mostrando o comportamento da curva do tempo de esvaziamento variando com o diâmetro do duto de saída do fluido. E foi possível obter diferentes linhas plotadas para diferentes valores de altura da coluna de água, para observar o comportamento do tempo de escoamento.

A partir disso, nota-se que quanto maior a coluna de água e menor o diâmetro de saída do fluido, maior será o tempo de esvaziamento da piscina, pois o duto de passagem do fluido não permite que grande quantidade de água saia do depósito com rapidez. Outrora, se o diâmetro do duto de saída for maior, mesmo que o tamanho da coluna de água seja mantida, o tempo de esvaziamento diminui. O mesmo gráfico expõe um tempo, praticamente igual, para diferentes valores de alturas de coluna de água. Isso se deve ao fato de que o tempo de esvaziamento é inversamente proporcional ao quadrado do diâmetro de saída.

Plotou-se um gráfico para identificação do tempo de esvaziamento da piscina com variação na altura da coluna de água. Desta vez, foram plotadas linhas com valores diferentes para o diâmetro da base do reservatório.

Pela expressão do tempo de esvaziamento, pode-se dizer que o tempo é diretamente proporcional ao quadrado do diâmetro da piscina e a raiz quadrada da altura da coluna de água. Dessa forma, ao aumentar os valores do diâmetro da base da piscina e da altura da coluna de água, o tempo para esvaziamento tende a ser maior.

Por fim, foi plotado um gráfico com diferentes valores do diâmetro do duto de saída do fluido. Tal que o tempo de esvaziamento é inversamente proporcional ao quadrado do diâmetro do duto de saída do fluido, e, diretamente proporcional à raiz quadrada da coluna de água. Ao aumentar o diâmetro de saída do fluido e a altura da coluna de água, o tempo de esvaziamento do reservatório é menor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para determinação do tempo necessário de esvaziamento de uma piscina com duto de saída cilíndrico, pôde-se utilizar o aplicativo desenvolvido neste trabalho. Além desta função, o aplicativo para dispositivos móveis detém uma grande importância por colaborar com o ensino-aprendizagem de quem o utiliza, e, contribui com a solução de grandes problemas relacionados a este viés na engenharia.

Foi possível perceber que o tempo de esvaziamento será maior, à medida que o diâmetro da base da piscina e tamanho da coluna de água aumentar. Outros gráficos foram gerados para comparações dos resultados do tempo de esvaziamento, à medida que algumas condições tivessem variações, e, outras permanecessem constantes. Foi verificado que o tempo de esvaziamento é menor quanto maior for o diâmetro do duto de saída, e, menor a altura da coluna de água do tipo de reservatório estudado. Observou-se que o tempo de esvaziamento será maior, quanto maior forem os valores da coluna de água e o diâmetro da base do reservatório e que o tempo de esvaziamento diminui quando o diâmetro de saída do fluido e altura da coluna de água aumentam.

É imprescindível destacar que a utilização do aplicativo desenvolvido neste trabalho, serve para auxiliar na solução rápida e prática de problemas deparados no cotidiano da mecânica dos fluidos.

Palavras-chave: Esvaziamento; Fluido; Tempo; Ensino-aprendizagem.

REFERÊNCIAS

BIRD, R. B.; STEWART, W. E.; LIGHTFOOT, E. N. **Fenômenos de Transporte**. 2ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

Construction industry research and information association (CIRIA). **Design of flood storage reservoirs**. Inglaterra, 140 p., 1996.

FOX, R. W.; MC DONALD, A. T.; PRITCHARD, P. J. **Introdução à mecânica dos fluidos**. 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

HELLE, L.; TYNJÄLÄ, P.; OLKINUORA, E. Project-based learning in post-secondary education—theory, practice and rubber sling shots. **Higher Education**, v. 51, n. 2, p. 287-314, 2006.

PASSOS, J.C.; ZVIRTES, L.; CARVALHO, L.; ABREU, M. A. A.; MIOTTO, C.L. **A estruturação e o desenvolvimento de projetos de ensino: o caso do projeto Aprender – Ensinando**. Bauru, São Paulo, 2009.

RIBEIRO, L. R. C. **A Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL): uma implementação na educação em engenharia na voz dos atores**. São Carlos, 2005.

THEISEN, J. M. et al. Investigação sobre a prática do gênero acadêmico: relatório de projeto em um curso de engenharia em Portugal. In: FISCHER, A.; HEINIG, O. L. O. M. (Org.). **Linguagens em uso nas Engenharias**. Blumenau: EDIFURB. 2015. p. 38-54.