

Análise numérica do ruído gerado em escoamento de ar em tubulações horizontais

Guilherme Carvalho Romão

Johann Eduardo Castro Bolivar

Oscar M. H. Rodriguez

Escola de Engenharia de São Carlos (EESC-USP)

gcromao@usp.br

Objetivos

Há muito interesse no estudo de escoamentos flare, no entanto essa análise sofre com alguns problemas causados pela presença de umidade em sua composição, podendo se apresentar na forma de gotículas dispersas ou na forma de filmes líquidos localizadas nas paredes do duto. Desta forma, medidores convencionais não fornecem leituras confiáveis devido à presença de escoamento água-ar na tubulação.

Diante deste cenário, é proposto o conceito de um medidor de fluxo usando sinais sonoros de baixa frequência no intuito de resolver problemas com a presença de escoamento multifásico e reduzindo a perda de carga causada pelo mesmo. Porém, para uma correta interpretação e previsão do comportamento do escoamento foram aplicados diferentes métodos numéricos para realizar a correta previsão da perda de carga, velocidades, fração volumétrica de líquido e o ruído causado pelo escoamento de ar na tubulação. Adicionalmente, foi possível verificar através de simulações e dados experimentais o comportamento espectral do ruído causado pelo escoamento e capturado por sensores de pressão acústica de forma experimental.

Métodos e Procedimentos

No intuito de analisar as condições operacionais e os possíveis efeitos do escoamento sobre a propagação de uma onda

sonora, são propostas diversas análises usando CFD inicialmente para escoamento monofásico de ar. A simulação numérica foi realizada no software comercial Ansys.

O protótipo tem como princípio de funcionamento injetar ar na tubulação e posteriormente adicionar fluido particulado no escoamento, em paralelo a isso o sistema sonoro é composto por um alto-falante acoplado na região central do sistema por onde é emitido o som de frequência variável e quatro microfones localizados ao longo do duto, por onde é possível obter o resultado acústico. Além desses sistemas há sensores de pressão e temperatura.

A princípio foi feito apenas a simulação do escoamento monofásico em duas dimensões, através o seu solver Fluent usando os métodos k-omega (escoamento), Broadband Noise Sources (acústica) em seus parâmetros standard. O método k-omega foi escolhido pois o método k-epsilon superestima a velocidade no centro do tubo e subestima perto da parede. Outras condições tomadas foram a de pressão e temperatura ambiente para uma faixa de velocidades variando de 1,85 m/s até 50,46 m/s.

Resultados

Para exemplificar graficamente os resultados foi escolhida a simulação para a velocidade de 25,45m/s, pois ela exemplifica muito bem os principais resultados obtidos.

Esses resultados são que o acoplamento da fonte sonora não causa grandes perturbações no perfil sonoro do escoamento e que o perfil acústico varia de acordo com a sua posição longitudinal e sua posição radial. Radialmente a maior incidência sonora ocorre nas paredes e conforme a análise se afasta dela o som gerado diminui até criar uma área silenciosa, sendo confirmado preliminarmente por resultados experimentais.

Jusante a área silenciosa é maior e a seu tamanho é reduzido conforme o escoamento se desenvolve até alcançar uma configuração estável em aproximadamente 3 metros.

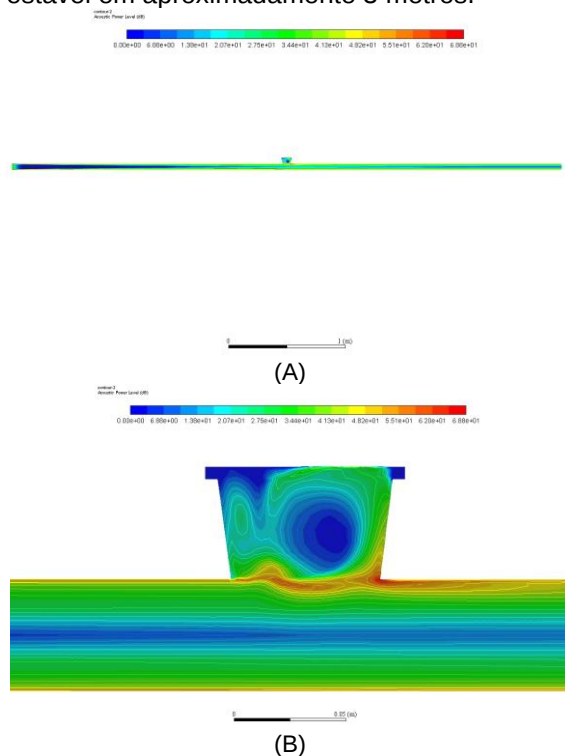


Figura 1: Ruído gerado pelo escoamento para uma velocidade de 25,45 m/s. (A) domínio completo. (B) No acoplamento.

Essas simulações foram validadas por dois métodos diferentes. O perfil de velocidades foi validado através do método de lei de potência enquanto os resultados acústicos foram validados através da comparação das FFT's obtidas experimentalmente e numericamente.

Conclusões

Os resultados obtidos demonstram o potencial desse protótipo para solucionar o problema proposto.

Graças à conclusão de que o acoplamento não oferece grandes influências no escoamento e no perfil acústico será possível considerar a entrada do som no sistema através do sistema virtualmente limpo, melhorando as análises. E a região de silencio encontrada possibilitara uma melhora na configuração do protótipo encontrando uma melhor posição radial para os microfones.

Os próximos passos da pesquisa são refinar os resultados e técnicas atuais e fazer esse mesmo estudo para escoamentos bifásicos.

Referências Bibliográficas

- A.D. Pierce, Acoustics and Introduction to its Physical Principles and Applications, Acoustical society of America, 1991.
- A.D. Pierce, "Wave equation for sound in fluids with unsteady inhomogeneous flow", J. Acoust. Soc. Am., vol. 87, p. 2293, 1990.
- ARSLAN, Ersen; ÇALĐŞKAN, Mehmet; ÖZYÖRÜK, Yusuf. Three dimensional axisymmetric sound propagation through a duct with aerosol. Journal Of Sound And Vibration, [S.L.], v. 434, p. 261-272, nov. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsv.2018.07.049>.
- BOLÍVAR, Laura Botero. Análise paramétrica da influência da geometria do slat no ruído de airframe usando um código comercial. 2019. 138 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.
- LIU, Cuiwei et al. Sound-turbulence interaction model for low mach number flows and its application in natural gas pipeline leak location. Process Safety And Environmental Protection, [S.L.], v. 143, p. 239-247, nov. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.psep.2020.06.048>.
- MARTINS, J.C., 2011. Metodologia de caracterização da propagação acústica em tubulações de transporte de fluidos bifásicos gás-líquido.
- P. B. F. Neto, Investigação matemática e numérica dos mecanismos de geração de ruído em escoamentos cisalhantes livres, Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2018.