

**APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE PROCESSAMENTO DE SINAIS
VIBRACIONAIS PARA ESTIMAÇÃO DE VAZÃO EM DUTOS**

Larissa De Souza Salermo (larissasalermo@gmail.com)

Moacyr Nogueira Borges Filho (moacyr.nogueira@ufrj.br)

Thalles Pereira De Mello (thalles_pmello@eq.ufrj.br)

Luis Americo Calçada (calçada@ufrj.br)

Claudia Miriam Scheid Pereira (scheid@ufrj.br)

Luiz Augusto Da Cruz Meleiro (meleiro@ufrj.br)

A medição de vazão é crucial para a eficiência, segurança e qualidade dos processos industriais, influenciando diretamente a eficiência operacional, a segurança das instalações e a qualidade final dos produtos. Diversas tecnologias têm sido aplicadas com esse propósito, como medidores por pressão diferencial, eletromagnéticos, ultrassônicos e de efeito Coriolis. No entanto, essas técnicas frequentemente enfrentam restrições econômicas, limitações operacionais, sobretudo em escoamentos multifásicos, condições extremas de temperatura ou pressão e restrições de acesso físico aos dutos (1,4). Diante das limitações dos métodos convencionais, cresce o interesse por soluções que aliem confiabilidade, segurança e baixo impacto operacional. Nesse cenário, destacam-se abordagens baseadas na análise de sinais vibracionais captados por sensores externos à tubulação. As vibrações geradas pelo escoamento carregam informações relevantes sobre o comportamento do

fluido e, quando interpretadas com técnicas apropriadas de processamento de sinais, possibilitam a estimativa da vazão de forma não intrusiva e não invasiva (2,3,5). O objetivo deste trabalho é propor uma abordagem alternativa para a estimativa de vazão baseada na análise de sinais vibracionais. Para isso, um acelerômetro foi acoplado externamente à tubulação de uma unidade experimental de preparo e monitoramento automático de fluidos de perfuração (UNIPAF), composta por tanques, bomba helicoidal e de sensor de vazão convencional. Com os dados de vazão medidos pela UNIPAF e os de vibração do acelerômetro correspondentes a vazão de 1, 3, 4 e 5 m³/h foi desenvolvido um modelo preditivo baseado em redes neurais recorrentes do tipo Long Short-Term Memory (LSTM), capaz de correlacionar os padrões de vibração com os valores de vazão. O desenvolvimento incluiu etapas de pré-processamento e ajuste de hiperparâmetros. Os dados foram divididos em conjuntos de treinamento, validação e teste. O modelo de melhor configuração obteve erro absoluto médio (MAE) de 0,054 m³/h, indicando uma precisão adequada para aplicações práticas. Na comparação entre os dados experimentais e preditos, observaram-se discrepâncias em transições abruptas e picos isolados, ocorrências que podem ser mitigadas pela inclusão de maior conjunto de dados, visto que aumentar o conjunto de treinamento pode aperfeiçoar a capacidade da rede em aprender e, assim, reduzir essas ocorrências. Destaca-se, ainda que o estudo apresentado representam um passo inicial no desenvolvimento de uma metodologia voltada à medição da vazão mássica de cascalho em processos de perfuração. Em suma, os resultados sugerem que a abordagem é viável para medição não intrusiva de vazão em cenários industriais com limitações técnicas ou econômicas e, futuramente, pode viabilizar o monitoramento contínuo e não intrusivo desses processos, contribuindo para o aprimoramento das operações de controle e segurança em ambientes complexos.

1. BAKER, R. C. Flow Measurement Handbook: Industrial Designs, Operating Principles, Performance, and Applications. Cambridge University Press, 2000.
2. EVANS, R. P.; BLOTTER, J. D.; STEPHENS, A. G. Flow rate measurements using flow-induced pipe vibration. Journal of Fluids Engineering, v. 126, n. 2, p. 280, 2004. DOI: 10.1115/1.1667882.
3. MEDEIROS, K. A. R. et al. Análise metrológica da aplicação de acelerômetros piezoelétricos à medição de vazão na indústria petrolífera. 2014. Dissertação (Mestrado em Metrologia para Qualidade e Inovação).

PUC-RJ, 2014.

4. LIPTAK, B. G. Instrument Engineers' Handbook: Process Measurement and Analysis. 4. ed. Boca Raton: CRC Press, 2003.

5. KHADKA, A. Multiphase flow estimation using accelerometers, ultrasonic sensors, and machine learning. 2022. Dissertação (Mestrado) – University of South-Eastern Norway, Campus Porsgrunn, 2022.

Palavras-chave: estimação de vazão; métodos não intrusivos; processamento de sinais; redes neurais; inteligência artificial.