

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÁULICOS

ANÁLISE EXPERIMENTAL DE TRANSITÓRIOS HIDRÁULICOS PARA DETECÇÃO DE VAZAMENTOS EM TUBULAÇÕES

Filipe Mota¹; Gustavo Meirelles² & Bruno Brentan³

Palavras-Chave – Detecção de vazamentos, Análise experimental, Transitório hidráulico.

INTRODUÇÃO

O processo de abastecimento de água apresenta diversas perdas ao longo do sistema, sendo a parcela conhecida como perda física aquela decorrente de vazamentos ocorridos desde a captação até a chegada da água aos domicílios (Heller e Pádua, 2010). El-Zahab e Zayed (2019) apontaram que em média, entre 20% e 30% da água distribuída se perde por vazamentos, resultando em elevados prejuízos em receitas. Para tentar mitigar as perdas nos sistemas de abastecimento de água despontaram na literatura variadas soluções nas últimas décadas, como aquelas baseadas em transitórios hidráulicos. Li *et al.* (2024) destacam que esse tipo de abordagem consiste na introdução de ondas hidráulicas em tubulações, com o objetivo de registrar a resposta de pressão em pontos específicos do sistema e, a partir disso, realizar a análise dos sinais para identificar e caracterizar possíveis vazamentos. Devido à natureza de onda do escoamento transitório, pode-se utilizar de técnicas de processamento de sinais para lidar com análise, modificação e manipulação dos sinais de pressão (Chanaka, 2024). Assim, este trabalho teve como objetivo investigar a ocorrência de vazamentos em tubulações de abastecimento de água por meio da análise de transitórios hidráulicos, utilizando dados experimentais com ênfase nas abordagens nos domínios do tempo e da frequência. A pesquisa avaliou diferentes magnitudes de vazamento e sua influência nos padrões de propagação dos transitórios, além de analisar o impacto da localização dos vazamentos ao longo da tubulação na resposta do sistema, identificando padrões característicos decorrentes das variações nas condições experimentais iniciais.

METODOLOGIA

Para as manobras transitórias realizadas experimentalmente, foi utilizado o circuito hidráulico do Centro de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal de Minas Gerais (CPH-UFMG), o circuito é composto por tubulações de PVC com diâmetro de 100 mm, totalizando aproximadamente 48 metros de comprimento. Para a análise, foram distribuídos quatro sensores de pressão ao longo do sistema. Todo o circuito é alimentado por um sistema de bombeamento e, ao início e final da tubulação, há uma válvula utilizada para manobras de abertura e fechamento, necessária para a geração das condições de escoamento transitório. Os dados coletados foram analisados tanto no domínio do tempo quanto no domínio da frequência, possibilitando um exame detalhado do comportamento dos transitórios hidráulicos em condições com e sem vazamentos, tanto graficamente como com a análise de métricas.

RESULTADOS

A análise gráfica no domínio da frequência, demonstrou que certas frequências específicas apresentam amplitudes mais altas devido à reflexão da onda transitória no sistema. Além disso, os

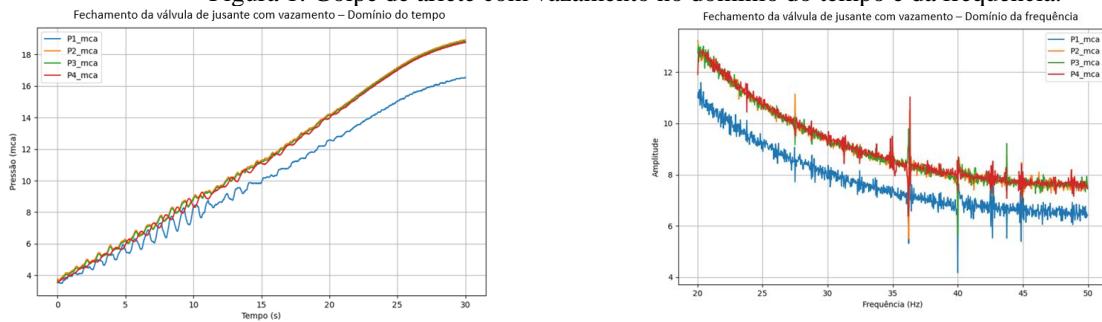
1) Mestrando em Engenharia Civil/Universidade Federal de Minas Gerais. Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte - MG, 31270-901

2) Professor Adjunto/Universidade Federal de Minas Gerais. Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte - MG, 31270-901

3) Professor Adjunto/Universidade Federal de Minas Gerais. Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte - MG, 31270-901

sensores respondem de maneira diferente em condições com e sem vazamento. Já no domínio do tempo, a presença de um vazamento provoca atenuação do golpe de aríete, o que aumenta a duração do evento. Isso ocorre porque o vazamento age como um ponto de dissipaçāo de energia no sistema (Figura 1).

Figura 1: Golpe de aríete com vazamento no domínio do tempo e da frequência.



Já os resultados do cálculo das métricas evidenciam que, no domínio do tempo, o RMS (Root Mean Square) dos sinais de pressão é menor na condição com vazamento em todos os pontos analisados. Essa redução indica que a presença do vazamento atua como um mecanismo de dissipaçāo de energia, atenuando as oscilações de pressão ao longo da tubulação. No domínio da frequência, a energia total do sinal também sofre uma redução significativa na condição com vazamento. Essa diminuição é particularmente expressiva no ponto inicial do sistema, mas se mantém ao longo dos demais pontos, com a energia total reduzindo progressivamente, indicando que os efeitos do vazamento se propagam pela tubulação, mas com menor intensidade à medida que se afastam da origem do vazamento.

CONCLUSÕES

A realização dos experimentos e a coleta dos resultados permitiram obter dados relevantes para a detecção de vazamentos. As análises realizadas revelaram padrões consistentes, perceptíveis tanto graficamente quanto por meio de métricas quantitativas, com variações significativas não apenas em cenários com vazamentos, mas também em condições com alterações de vazão, magnitude e localização das anomalias. Os diferentes cenários experimentais permitiram observar uma ampla gama de comportamentos do sistema frente aos transientes hidráulicos, contribuindo para uma melhor compreensão dos efeitos físicos associados à presença de vazamentos. Esses resultados reforçam o potencial da técnica como ferramenta eficaz para a identificação e caracterização de perdas em tubulações.

REFERÊNCIAS

- CHANAKA (2024). *Signal processing basics*. Medium, 21 jun. 2024. Disponível em: <https://medium.com/@ChanakaDev/signal-processing-basics-67a06d9ff92f>. Acesso em: 15/2025.
- EL-ZAHAB, S.; ZAYED, T. *Leak detection in water distribution networks: an introductory overview*. Smart Water, v. 4, n. 5, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40713-019-0017-x>.
- HELLER, L. (org.); PÁDUA, V. L. de (org.). *Abastecimento de água para consumo humano*. 2. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010. v. 1. 400 p.
- LI, J.; ZHANG, Z. *Pipeline leakage localization method based on transient signal detection and data fusion from multi-sensor*. Journal of Hydroinformatics, v. 26, n. 9, p. 2235–2250, 2024.

AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG pelo financiamento à participação no congresso sob processo número PCE-00429025.