Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

AESABESP 40 Anos
Associação dos Engenheiros da Sabesp

37ETC-07413
Inferência Virtual De Pressão Em Ponto Crítico Utilizando Turbina Redutora De Pressão E Aprendizado De Máquina Para Garantia Do Abastecimento E Apoio À Redução De Perdas

Rafael Amorim Faleiros
UNIFRAN | UNIVESP

Pressão no Ponto Crítico

Encontro Técnico AESABESP
37º Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

LIMITAÇÃO ATUAL

Ponto crítico

É o nó hidraulicamente mais desfavorecido: precisa receber pressão suficiente para garantir o abastecimento.

Datalogger a bateria

A autonomia limita a frequência de transmissão; leituras espaçadas podem ocultar oscilações e transientes.

Consequência operacional

Com pouca visibilidade em tempo real, a rede tende a operar com margens de pressão que podem ser excedentes.

OBJETIVO DO ESTUDO

Desenvolver e validar um “sensor virtual” que estime a pressão do ponto crítico usando dados contínuos da TRP, mantendo o datalogger para validações pontuais e recalibração.

MONITORAMENTO CONVENCIONAL	INFERÊNCIA VIRTUAL
2 horas entre transmissões	**Contínua** estimativa a partir das variáveis da TRP

Proposta: usar a TRP como fonte contínua de dados para ampliar a visibilidade operacional, sem depender de transmissões frequentes no ponto crítico.

Como Funciona a Solução Proposta

TRP
Mede continuamente pressão a montante e a jusante, vazão, abertura e velocidade do fluxo.

→

Integração
A API sincroniza as leituras com o datalogger e remove outliers associados à latência.

→

Modelo ML
Regressão supervisionada treinada com pares de dados e atualizada em aprendizado contínuo.

→

Sensor virtual
Estima a pressão do ponto crítico usando exclusivamente as variáveis medidas na TRP.

DATALOGGER NO PONTO CRÍTICO

Fornece a pressão real para treinamento, validação pontual das estimativas e recalibração periódica do modelo.

CAMPANHA DE CAMPO | 13/05/2026 a 05/06/2026

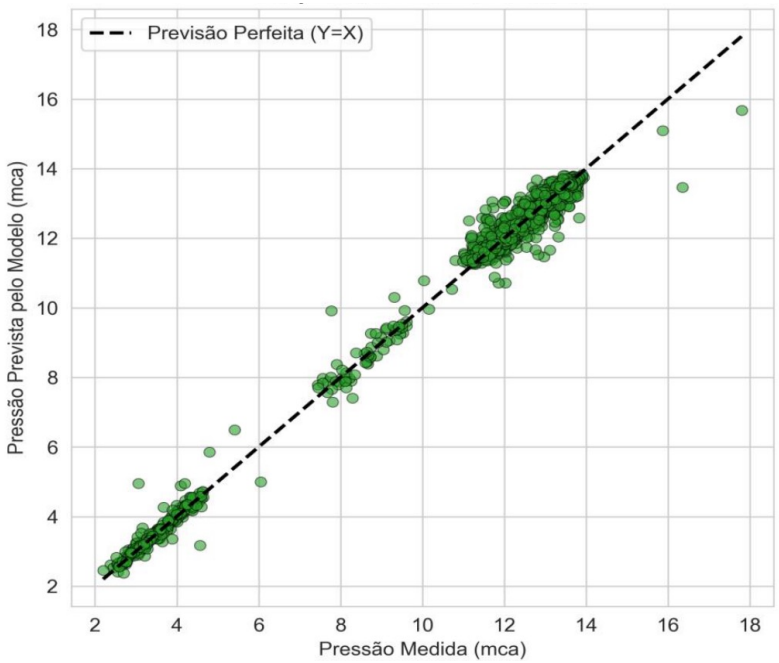
2.856 leituras pareadas • TRP em intervalos de poucos segundos • datalogger em intervalos de dezenas de minutos no treinamento inicial

Resultados

MAE
0,162 mca
Erro médio absoluto

RMSE
0,252 mca
Raiz do erro quadrático médio

R²
0,9942
Coeficiente de determinação



O QUE OS GRÁFICOS CONFIRMAM

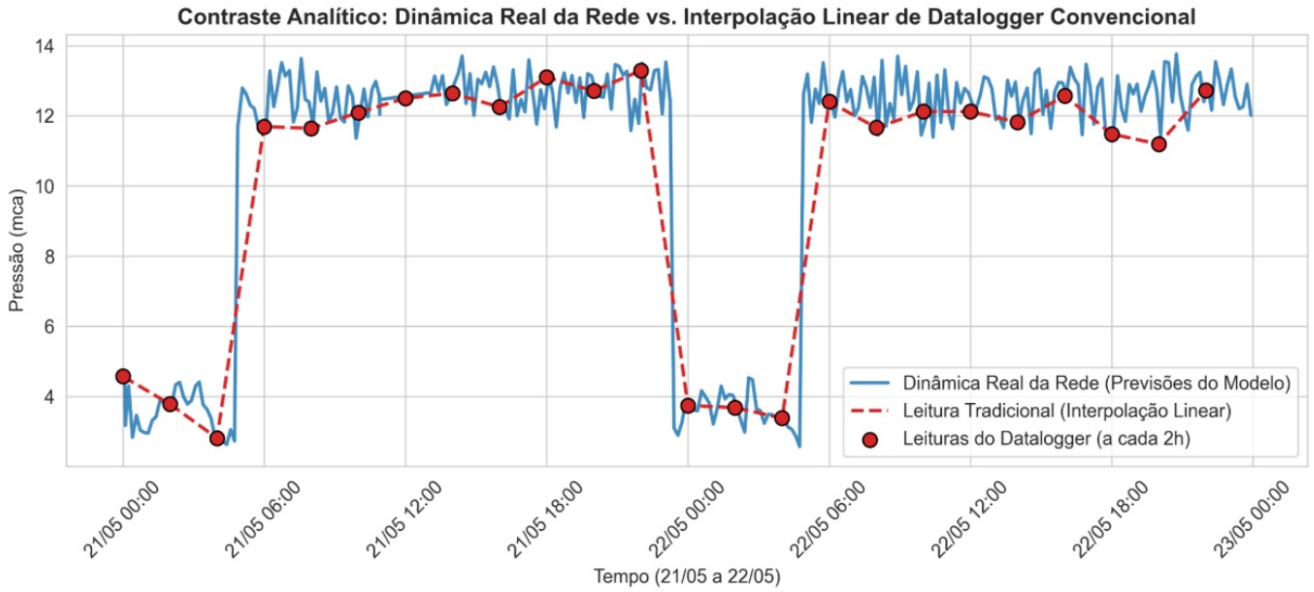
• As estimativas ficam concentradas próximas à reta ideal (Y = X), indicando concordância entre pressão prevista e medida.

• Os resíduos são predominantemente centrados em zero, sem evidência de viés sistemático.

• O campanha demonstrou erro médio equivalente a 1,47% da pressão média observada no período.

Leitura principal: o modelo reproduziu com alta fidelidade a pressão do ponto crítico nas condições analisadas.

Aplicação Operacional



POTENCIAL OPERACIONAL

- Revelar quedas, picos e transientes entre as leituras espaçadas do datalogger.
- Apoiar ajustes mais seguros para reduzir pressões excedentes sem comprometer o ponto crítico.
- Permitir transmissões menos frequentes do datalogger, preservando validação e recalibração periódicas.

CONCLUSÃO

A TRP e o aprendizado de máquina viabilizam estimativa virtual de pressão com alta precisão e podem apoiar o controle de pressão e a redução de perdas reais.

Limites: requer treinamento representativo, monitoramento de qualidade e recalibração após mudanças hidráulicas. A redução de perdas não foi quantificada diretamente nesta campanha.

Inferência virtual integrada à operação



Supervisório em operação: o card “Ponto Crítico” exibe a estimativa instantânea do modelo.

VISIBILIDADE EM TEMPO REAL

O operador acompanha a pressão estimada no ponto crítico, e não apenas registros históricos espaçados do datalogger.

SETPOINT MAIS RESPONSIVO

Ajustes podem acompanhar melhor a sazonalidade da demanda: elevar a referência quando a perda de carga aumenta e reavaliá-la quando o consumo diminui.

Resultado prático: a inferência virtual amplia a visibilidade operacional e facilita decisões de setpoint orientadas pela condição do ponto crítico.

Obrigado!



Encontro Técnico
AESABESP
37º Congresso Nacional
de Saneamento e
Meio Ambiente



Rafael Amorim Faleiros
Bacharel em Tecnologia da Informação
Graduando em Engenharia da Computação
Graduando em Engenharia Elétrica

UNIFRAN | UNIVESP
r.amorim@cs.unifran.edu.br