Encontro Técnico AESABESP
Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente



35ETC-06842
DETECÇÃO DE VAZAMENTOS EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA SOB ABORDAGEM DE PREVISÃO DE SINAIS DE CARGA DE PRESSÃO

Fabrizio Silva Campos
EESC/USP – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo

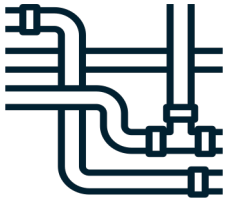
OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

AESABESP
Associação dos Engenheiros da Sabesp

Desafios Tecnológicos de Eficiência Operacional



No Brasil, a perda de água é um problema persistente e crescente que afeta diretamente a disponibilidade de água para consumo humano e para realização de atividades produtivas.



Um dos aspectos a serem considerados quando se fala em eficiência operacional é o controle de vazamentos.



As tarefas de detecção e de localização de vazamentos incluem desafios técnicos ainda em aberto (GAMBOA-MEDINA, 2017).

Detecção de Vazamentos

O controle ativo de vazamentos é o modo operacional em que a companhia de saneamento emprega esforços e recursos para detectar vazamentos ocultos, ou vazamentos não visíveis.

Benefícios

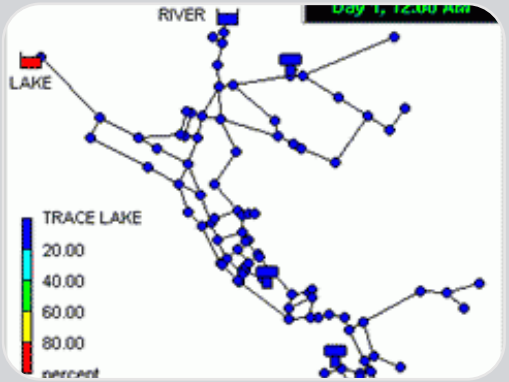
- Redução de custos de produção de água
- Possibilidade de evitar ou adiar investimentos de capital necessários para buscar novas fontes de abastecimento
- Ajuda a prevenir danos à infraestrutura, caso os vazamentos sejam encontrados e reparados antes de causar uma falha catastrófica (STURM et al., 2008).
- Colabora com o ODS 6 da ONU



Desafios no Controle de Vazamentos



Falta de recursos para compras de equipamentos



Ausência de modelos hidráulicos completos, atualizados e calibrados



Centros de Controle Operacional (CCO) com baixo nível de maturidade


Você já teve a sensação de que sua companhia de saneamento possui muita informação escondida nos próprios históricos de dados que não são aproveitadas?

Objetivo

Encontro Técnico AESABESP
Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente

"Desenvolver solução tecnológica de sistema de suporte à decisão, que auxilie companhias de saneamento a aumentar sua eficiência operacional na gestão dos processos de controle ativo de vazamentos, através da modelagem de dados de carga de pressão em tempo próximo ao real"

Linha do Tempo

XXX CONGRESO LATINOAMERICANO DE HIDRÁULICA
07 AL 11 DE NOVIEMBRE DE 2022

AJUSTE DE MODELOS ESTATÍSTICOS PARA SÉRIES TEMPORAIS DE PRESSÃO EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

1er. Fabrizio Silva Campos, 2do. Maria Mercedes Gamboa Medina
Departamento de Hidráulica e Saneamento – EESC/USP - Universidade de São Paulo, Brasil
fabrizio.campos@usp.br, mmgamboam@usp.br

XXV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

ANÁLISE DE SÉRIES TEMPORAIS APLICADA A SINAIS DE PRESSÃO EM REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Fabrizio Silva Campos [1] ; Maria Mercedes Gamboa Medina [2]

DETECÇÃO DE VAZAMENTOS EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA SOB ABORDAGEM DE PREVISÃO DE SINAIS DE CARGA DE PRESSÃO

Componentes das Séries Temporais

Variação de consumo de água



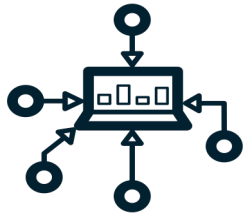
Tendência está relacionada ao aumento populacional ou então mudança nos hábitos de consumo, tende a crescer

Sazonalidade está intrinsecamente ligada com os hábitos da população ao longo do dia e da semana

Ruídos estão relacionados com as variações instantâneas nos consumos de água

(TSUTYIA, 2006)

Revisão Bibliográfica



Classificação das metodologias de detecção de vazamentos por Yipeng et al. (2017):

- Classificação
- Previsão-Classificação
- Controle Estatístico de Processo

Limitações

- Saídas dos modelos previsão determinísticas
- Grande suavização da série de dados ou não modelagem da variância
- Impossibilidade de criação de intervalo de confiança

Recomendações

- Assegurar estacionariedade histórica da série, para tendência e sazonalidade
- Empregar funções de densidade de probabilidade adequada

Modelo GARMA

MODELO GENERALIZADO AUTORREGRESSIVO DE MÉDIAS MÓVEIS

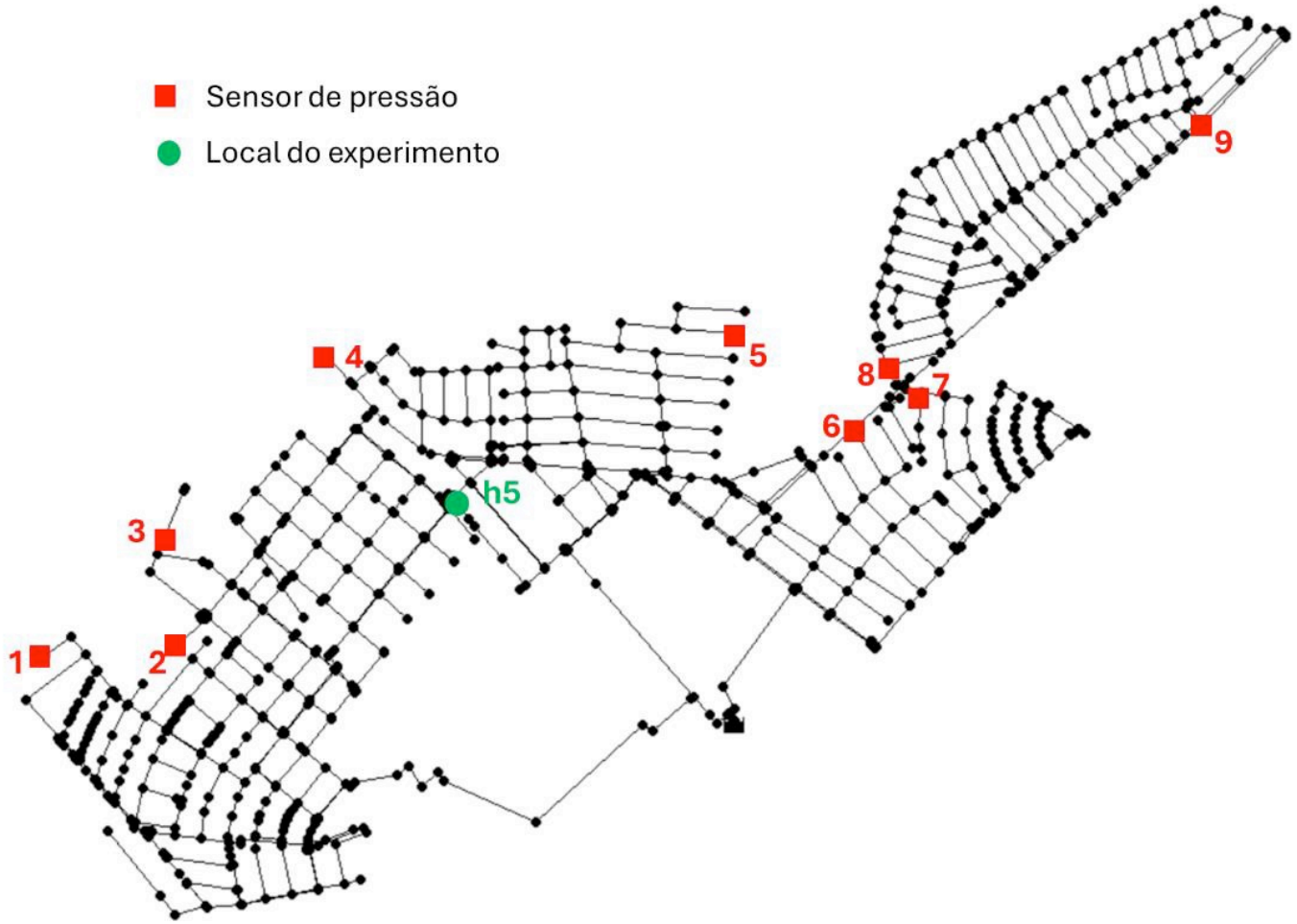
Função de Densidade de Condicional

$$f(y_t|H_t) = \exp\left\{\frac{y_t v_t - b(v_t)}{\varphi} + d(y_t, \varphi)\right\}$$

Preditor Linear

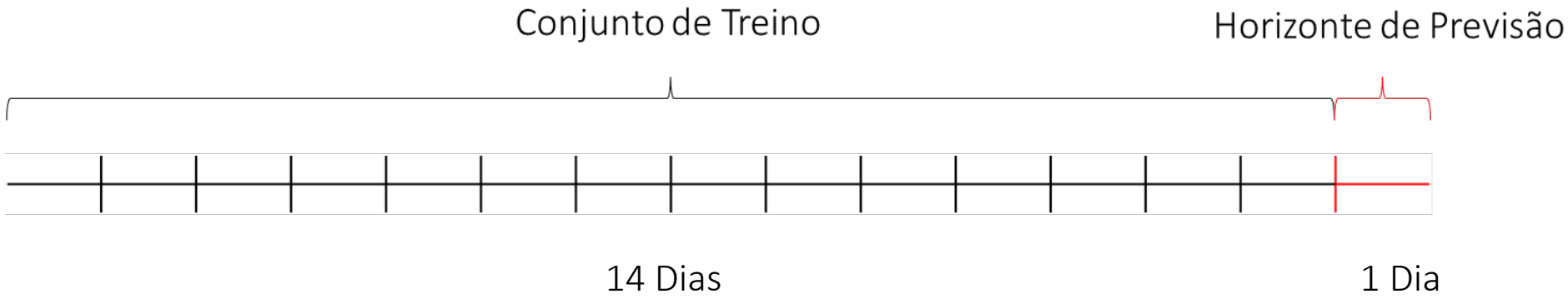
$$g(\mu_t) = \eta_t = \underline{\boldsymbol{x}_t'\boldsymbol{\beta}} + \sum_{j=1}^{p} \phi_j \left\{g(y_{t-j}) - \underline{\boldsymbol{x}_{t-j}'\boldsymbol{\beta}}\right\} + \sum_{j=1}^{q} \theta_j \{g(y_{t-j}) - \eta_{t-j}\}$$

Estudo de Caso



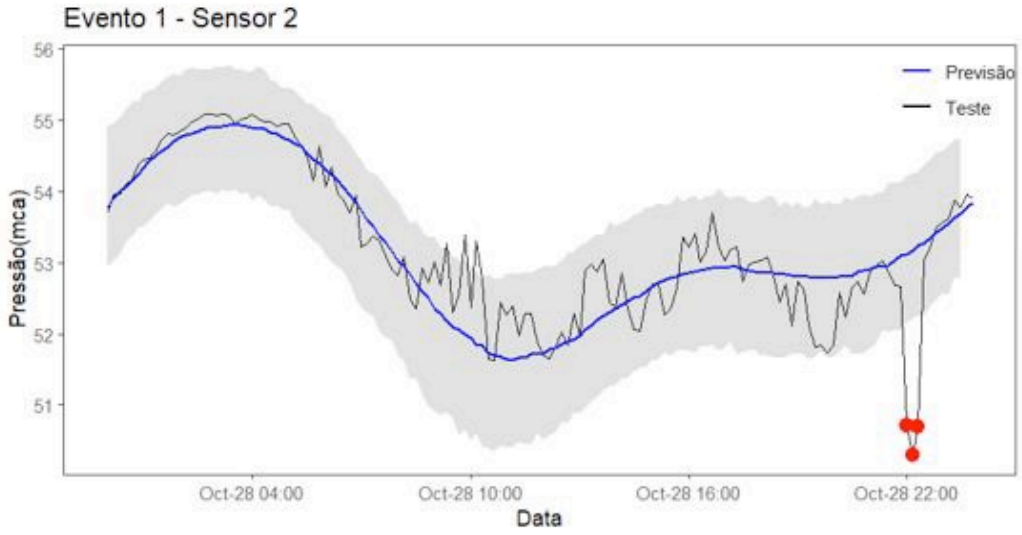
- Monitoramento realizado por Gamboa-Medina (2017) em um sistema real, Araraquara-SP.
- 9 sensores com resolução temporal de 10 minutos
- Aprox. 6 mil ligações, 90% das ligações da categoria residencial
- Simulação de vazamento ocorreu no ponto h5
- Duração 30 minutos

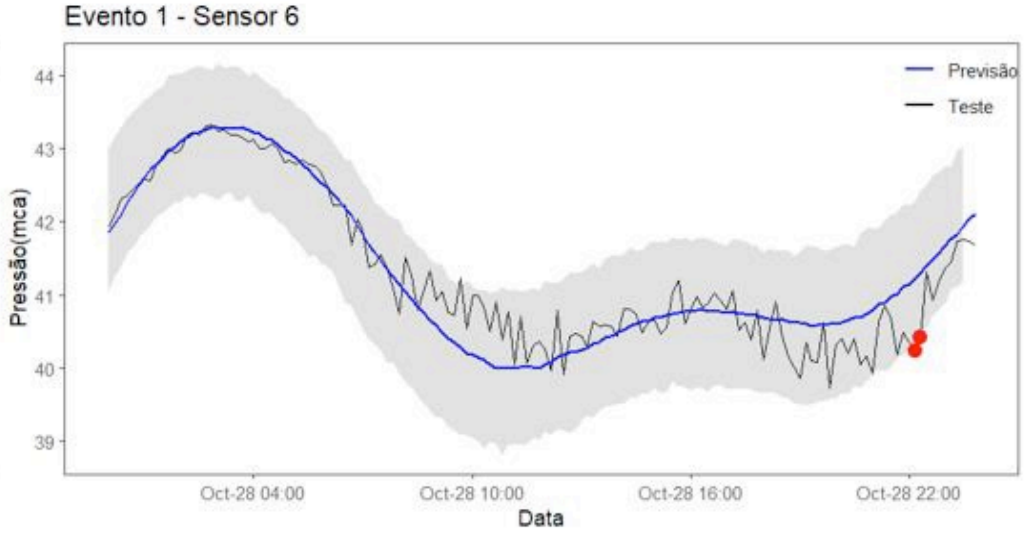
Modelagem da Série Temporal

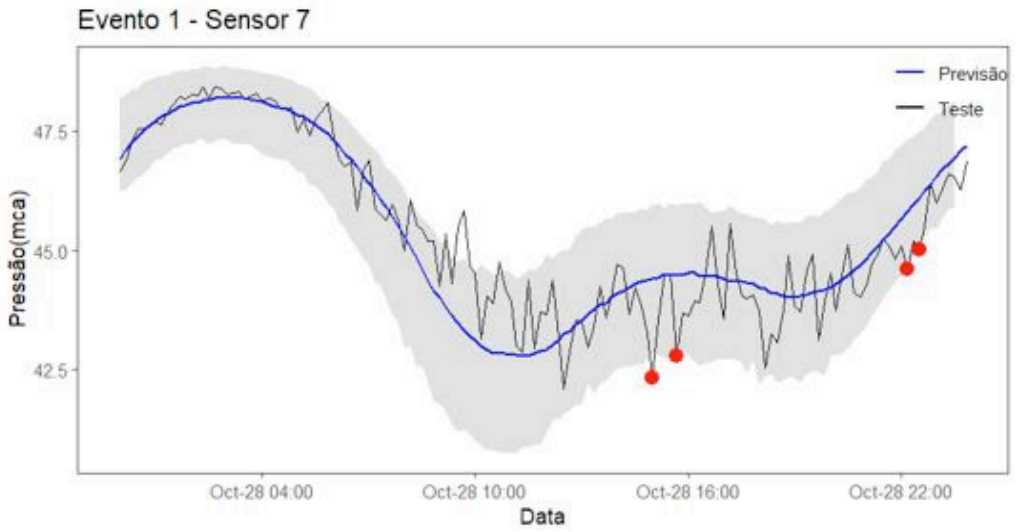


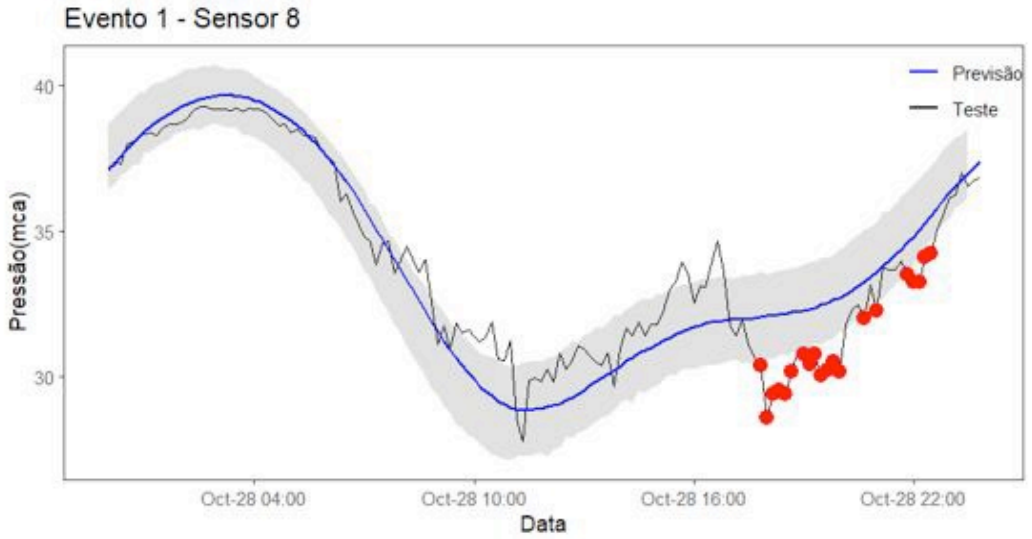
- Modelagem da sazonalidade diária e semanal
- Uso de variáveis exógenas de calendário: sábados, domingos e feriados
- Acurácia no treinamento do modelo
  - RMSE: 0,96 mca
  - MAPE: 1,59 %

Resultados


Evento 1 - Sensor 2
Previsão
Teste
Pressão(mca)
56
55
54
53
52
51
Oct-28 04:00
Oct-28 10:00
Oct-28 16:00
Oct-28 22:00
Data


Evento 1 - Sensor 6
Previsão
Teste
Pressão(mca)
44
43
42
41
40
39
Oct-28 04:00
Oct-28 10:00
Oct-28 16:00
Oct-28 22:00
Data


Evento 1 - Sensor 7
Previsão
Teste
Pressão(mca)
47.5
45.0
42.5
Oct-28 04:00
Oct-28 10:00
Oct-28 16:00
Oct-28 22:00
Data


Evento 1 - Sensor 8
Previsão
Teste
Pressão(mca)
40
35
30
Oct-28 04:00
Oct-28 10:00
Oct-28 16:00
Oct-28 22:00
Data

Conclusões

- **Superação de Limitações:** O modelo GARMA demonstrou superar limitações de abordagens anteriores na detecção de vazamentos, destacando-se frente a outros métodos da literatura.
- **Previsão Eficaz:** Forneceu intervalos de confiança adequados, consolidando-se como uma abordagem robusta de previsão e classificação para aplicação efetiva na detecção de vazamentos em redes reais.
- **Resposta Rápida:** Detectou vazamentos simulados em todos os sensores nos primeiros 10 minutos, contribuindo para a redução do tempo de resposta das Companhias de Saneamento.
- **Apoio à Tomada de Decisão:** A modelagem, integrada a sistemas de suporte à decisão, mostrou potencial para aprimorar indicadores de eficiência operacional das Companhias de Saneamento.

Referências

CAMPOS, F. S. Previsão de séries temporais de pressão em redes de distribuição de água aplicando modelos generalizados autorregressivos de médias móveis (GARMA). 2023. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2023. DOI: 10.11606/D.18.2023.tde-08012024-111307

GAMBOA-MEDINA, M. M. Detecção de vazamentos e alterações em redes de distribuição de água para abastecimento, durante a operação, usando sinais de pressão. 2017. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

STURM, Reinhard; THORNTON, Julian; KUNKEL, George. 2008. “Controlling Real Losses in the Field—Proactive Leak Detection.” Water Loss Control. 2° ed. Nova Iorque, 2008. Disponível em: https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071499187. Acesso em: 15 de dezembro de 2022.

TSUTIYA, M. T. Abastecimento de água: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 643p. São Paulo, p. 42, 2006.

YIPENG, W.; SHUMING, L. A review of data-driven approaches for burst detection in water distribution systems, Urban Water Journal, 2017. DOI: 10.1080/1573062X.2017.1279191

Encontro Técnico AESABESP
Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente



35ETC-06842
DETECÇÃO DE VAZAMENTOS EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA SOB ABORDAGEM DE PREVISÃO DE SINAIS DE CARGA DE PRESSÃO

Fabrizio Silva Campos
EESC/USP – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo

OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

AESABESP
Associação dos Engenheiros da Sabesp