

## DETECÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DE EVENTOS ANÔMALOS EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

Lucas Castilho Silva Bindi, Bruno Brentan, Edevar Luvisotto Jr.

### Resumo

O conceito de sistemas de abastecimento de água inteligentes é concernente ao conceito de cidades inteligentes (smart cities), que envolve novos paradigmas de gestão e operação de infraestruturas urbanas, objetivando sua máxima eficiência e funcionalidade. Nesse contexto, essa pesquisa propôs o desenvolvimento de um algoritmo de detecção de anomalias em sistemas de abastecimento de água via análise de série de vazões e comparadas com séries de demandas previstas via rede neural não linear auto-regressiva (NARX). Tal algoritmo detecta anomalias na rede pela diferença entre demandas conhecidas e previstas, aplicando algoritmos de análise estatística de erros em series temporais, como os mapas de controle cumulativos (CUSUM) e a análise de mudanças abruptas em séries temporais. A demanda prevista é obtida via rede neural treinada com um banco de dados gerado via simulador hidráulico, que uma vez comparada com a demanda real telemetrada, permite a geração da série de erro a ser analisada.

### Palavras-chave:

Cidades Inteligentes, mineração de dados, detecção de anomalias.

### Introdução

Os atuais problemas mundiais relacionados à sustentabilidade, escassez de recursos naturais e ao crescimento exponencial da população levam ao surgimento de novos modelos de gestão de cidades, tornando-as novamente habitáveis.

Nessa direção, tem crescido o desenvolvimento de ferramentas de gestão sustentáveis atreladas a novas tecnologias, sobretudo, à mineração de dados, que permitem detectar padrões e estabelecer correlações com eventos passados, evitando desastres futuros. Nesse contexto, o presente trabalho propôs o desenvolvimento de um algoritmo de detecção de anomalias em sistemas de abastecimento de água via análise de série temporal de parâmetros hidráulicos (vazão, pressão, nível de reservatório). As séries temporais são modeladas via rede NARX e a partir da diferença entre a série real e a estimada são aplicados o método de carta de controle de soma cumulativa (CUSUM) e a análise de mudanças abruptas para a detecção de divergências significativas. Além da detecção do evento, o algoritmo é capaz de identificar, via análise de sinal de pressão e algoritmo de classificação baseado em redes neurais, a natureza da anomalia, para a definição de um plano de ações que minimize os impactos de tais eventos.

### Resultados e Discussão

O desenvolvimento desse trabalho foi dividido em três fases. Na primeira delas foi feita uma ampla revisão bibliográfica sobre a estimação de séries temporais em redes de abastecimento de água e também sobre detecção de eventos anômalos em redes dessa natureza. Na segunda fase montou-se um banco de dados para validar os algoritmos de detecção de vazamentos e identificação dos tipos destes. A partir de um modelo hidráulico considerado calibrado e sem anomalias, gerou-se uma base de dados de pressão e vazão com o auxílio de um simulador hidráulico Epanet 2.0. Para tanto, valores aleatórios de demanda nodal foram criados em torno de uma curva média já conhecida. A partir desse novo banco sem anomalias, criou-se um segundo banco de dados com a presença de anomalias (vazamentos, falhas em bombas

e válvulas, diferença de nível de reservatório) para que fosse possível encontrá-las futuramente.

Para o desenvolvimento do modelo de detecção de anomalias, uma rede neural recorrente do tipo NARX foi treinada com a base de dados sem anomalias.

A figura 1 ilustra uma série temporal gerada para um reservatório com anomalias visíveis e outras não visíveis. Quando o modelo de detecção de anomalias foi testado no banco de dados com eventos anômalos, os resultados se mostraram satisfatórios, uma vez que tal modelo é capaz de identificar em pouco tempo a presença de tais eventos anômalos.

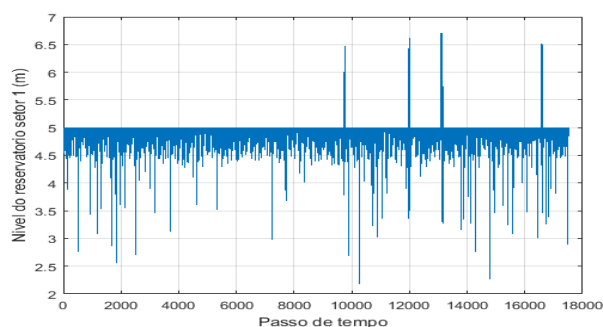


Figura 1. Série temporal de nível de reservatório com anomalias programadas

### Conclusões

O uso de ferramentas de mineração de dados em sistemas de abastecimento tem ganhado força na última década, permitindo o desenvolvimento de ferramentas potentes para o planejamento e a operação dos sistemas. O modelo de detecção de anomalias proposto nesse trabalho mostrou resultados satisfatórios uma vez que foi possível identificar a presença dos eventos previamente gerados da previsão de demanda e análise da série de erros, obtida pela comparação entre a série real e a prevista. A detecção e localização dos eventos anômalos são ações importantes uma vez que visam a redução do tempo de reparo e, conseqüentemente, o desperdício de recursos e os riscos aos quais um sistema sob anomalias está exposto.