



Aplicações em ARDUINO em uma bancada hidráulica de testes para aquisição de dados e aplicações em Machine Learning

Palavras-Chave: Arduino, perdas de água, pesquisa de vazamentos por ruído

Autores/as:

VICTOR GALHARDO

Prof. Dr. ANDRE LUIS SOTERO SALUSTIANO MARTIM

FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO

Universidade Estadual de Campinas

INTRODUÇÃO:

Temos já como fato na sociedade atual que a água é um recurso natural dotado de valor econômico, como previsto na Política Nacional de Recursos Hídricos. Também da política e do senso comum, sabemos que a água é fundamental para a manutenção de todas as formas de vida. Deste modo é desejável que a sua distribuição seja promovida com qualidade, conceito esse que envolve não somente parâmetros de potabilidade, mas como as condições de serviço: vazão e pressão suficientes, e de forma a minimizar os desperdícios. (Sampaio e Araujo, 2018).

A crescente demanda por água para os diversos usos e a intensificação da degradação ambiental fizeram emergir no Brasil uma série de ações para a adoção de tecnologias e práticas de uso racional e controle de perdas em sistemas de abastecimento (SOBRINHO; BORJA, 2016). Também em função do adensamento populacional nas áreas urbanas tem levado ao estresse hídrico em muitas regiões. Nessas situações os mananciais não têm mais capacidade de aplicação de demanda e a água disponível para incremento de demanda é a água obtida através da redução de perdas físicas nos sistemas de distribuição.

O vazamento é indesejável nas redes de distribuição de água, pois tubos com vazamento são financeiramente caros tanto para concessionárias de água quanto para consumidores. A capacidade de detectar, localizar e quantificar vazamentos pode significar melhoria do serviço prestado.

Em sistemas públicos de abastecimento, do ponto de vista operacional, as perdas de água são relacionadas considerando os volumes não contabilizados. Esses englobam tanto as perdas físicas, que representam a parcela não consumida, como as perdas não físicas, que correspondem à água consumida e não registrada (MOURA, 2004).

A perda real ou física pode ocorrer durante todo o processo de produção, desde a captação, tratamento, reserva, até a distribuição da água ao público alvo. Porém, no sistema de distribuição e abastecimento o que caracteriza perdas reais são vazamentos na rede, vazamentos em ramais, e transbordamentos de reservatórios. Esses problemas ocorrem por diversos fatores, incluindo pressões muito altas na rede, sobrepensões nas tubulações, rupturas nas tubulações, entre outros (MOURA, 2004).

As perdas não-físicas, aparentes ou comerciais são correspondentes ao volume de água consumido, mas não contabilizado pela companhia de saneamento, decorrente de erros de medição

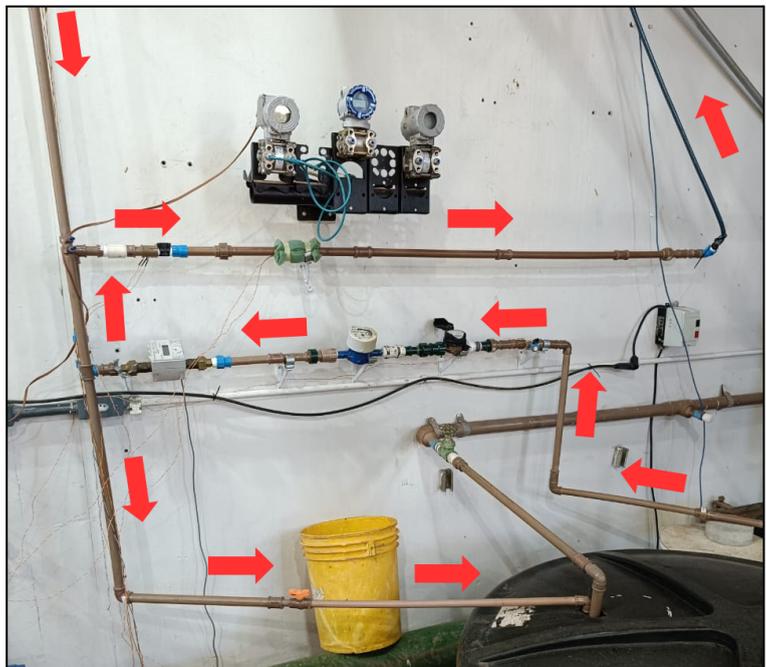
dos medidores, fraudes, ligações clandestinas e falhas no cadastro comercial. Nesse caso, então, a água é efetivamente consumida, mas não é faturada (MOURA, 2004).

METODOLOGIA:

Para fazer a aquisição de dados das tubulações foi necessário a utilização de uma bancada que faz a simulação de um circuito fechado de transporte d'água, este que foi construído no Laboratório de Hidráulica e Mecânica dos Fluidos da Faculdade de Engenharia Civil na Unicamp em 2021 para desenvolvimento de projetos de pesquisa preliminares a este, esta continua sendo utilizada para este e outros dois projetos de pesquisa em andamento. A bancada é constituída dos seguintes componentes:

- Bomba Centrífuga Kohlbach $\frac{1}{2}$ cv;
- Válvula solenoide 12V;
- Hidrômetro Volumétrico Itron Aquadis Cyble;
- Medidor de água ultrassônico Hydrus;
- Sensor de fluxo YF-S201 $\frac{1}{2}$ ";
- Grove LM386 sensor de som;
- Joelho PVC $90^\circ \frac{3}{4}$ " ;
- Luvas de redução PVC de $\frac{3}{4}$ " para $\frac{1}{2}$ ";
- Tubulação PVC $\frac{3}{4}$ ";
- Registro de esfera PVC;
- Caixa d'água 500 litros, como reservatório inferior;
- Caixa plástica 60,5 x 100 x 58,5 cm com tampa;
- Transdutor diferencial de pressão Smar LD400H;

A bancada de ensaio mencionada anteriormente está na imagem abaixo, onde o fluxo da água segue as setas vermelhas. Através da bancada ao lado foi possível construir métodos de aquisição de dados pertinentes para compreender o comportamento simulado em laboratório. Para isso, foi utilizada a plataforma de microcontrolador Arduino Uno R3 associada a sensores de vazão, pressão e ruído, onde os dados das medições foram utilizados para confeccionar uma nuvem de dados. A aquisição destes dados partiu da programação via Arduino de conversão do sinal obtido pelo sensor de fluxo em vazão, para o sensor de ruído ocorreu mesmo, conversão do sinal obtido pelo sensor via microfones colocados nas tubulações, captando os sinais por um determinado tempo e convertendo em



ondas sonoras, e para a pressão, o transdutor transmite dados de corrente elétrica de 4-20mA para transmitir o valor de pressão medido, então para que o microcontrolador pudesse converter este sinal em pressão foi colocado um resistor onde passa esta corrente a fim de determinar ali através das leis de Ohm a tensão no componente e assim correlacionar a tensão com a pressão medida fazendo com

que o microcontrolador seja capaz de adquirir este dado de forma direta. Assim estes dados foram colocados em trios, vazão, pressão e onda sonora, correspondentes ao mesmo instante e salvos para construir a nuvem de dados.

A aplicação do *Machine Learning* se fez através da programação de um algoritmo em Python a fim de determinar o controle e a previsão de vazamentos, este algoritmo teve seu desenvolvimento através do conceito de classificação por vizinhança próxima (*Knew Nearest Neighbors*) onde através de comparações de comportamentos já ensaiados, ou seja, comportamentos estabelecidos pela nuvem de dados criada, há a previsão do comportamento futuro ou instantâneo.

Desenvolvimento do Código Machine Learning:

Para o desenvolvimento de forma mais dinâmica foram utilizadas bibliotecas abertas e gratuitas para a linguagem a fim de tornar o código o mais simplificado, objetivo e eficaz possível. Então foram utilizadas as seguintes bibliotecas:

- OpenCV: biblioteca para análise de imagens e vídeos com recursos de detecção, tracking e reconhecimento facial, edição de fotos e vídeos, detecção e análise de textos, etc (OPENCV);
- Numpy: biblioteca para trabalhos com computação numérica, dispondo de *arrays* (matrizes) multidimensionais e de rotinas de processamento para estas *arrays* (NUMPY);
- Scikit-Learn: biblioteca de aprendizado de máquina com diversos métodos sendo eles supervisionados ou não;

Para o desenvolvimento do código de aprendizado de máquina de classificação com supervisão é necessário comparar diversas situações possíveis para criar a previsão, então a fim da utilização das ondas sonoras dos ruídos como parâmetros de comparação foi necessário o desenvolvimento de um código para detectar a similaridade entre duas imagens, no caso, imagens das ondas sonoras de ruído dentro da tubulação e para isso, através da biblioteca OpenCV para linguagem python, foi desenvolvido o código abaixo.

O código desenvolvido realiza a comparação entre duas imagens de mesmo tamanho, que a partir de um ponto de partida comum em ambas faz sua comparação ponto a ponto gerando a sua porcentagem de similaridade ao fim da sua execução. Este será utilizado para incluir as imagens das ondas sonoras de ruídos nos parâmetros a serem considerados na execução do aprendizado da máquina no momento da classificação.

Após a similaridade das imagens serem feitas, parte para o passo seguinte, que traz o código do aprendizado de máquina de classificação por supervisão através do método *K-Nearest Neighbor* ou KNN (SCIKIT-LEARN), que em primeiro momento executa um mapeamento dos dados da nuvem de dados e logo em seguida, com o mapeamento completo, faz a previsão do comportamento esperado para novos dados através da proximidade com pontos do mapeamento utilizando a distância euclidiana entre os pontos da nuvem e o analisado.

Em último instante o código desenvolvido faz com que através de uma quantidade pré determinada de pontos da nuvem de dados sejam comparados a situação em questão e logo após faça a classificação desta como sendo com ou sem vazamento, e ainda em último momento há o *score* que é um valor de 0 a 1 que indica a precisão da comparação dos comportamentos (da nuvem de dados em relação ao analisado).

Aplicação do Filtro de frequências no sinal de ruído obtido através da Transformada de Fourier:

Quando são adquiridos dados de ruído há diversos sinais captados pelos microfones que não são provenientes do ruído de interesse, sendo assim, se faz necessária a separação destes ruídos a fim de analisar apenas o de interesse. Para isso é possível aplicar um filtro de ruído no domínio das frequências através da Transformada de Fourier e este tipo de filtro é composto por quatro etapas básicas:

- 1) transformação do sinal original contendo ruídos, do domínio do tempo para o domínio de frequências, através de uma Transformada de Fourier;

- 2) análise do espectro Fourier, a partir do qual são individualizados os intervalos de frequência correspondentes aos ruídos;
- 3) confecção de filtros para a eliminação/minimização destes intervalos de frequências que representam o ruído;
- 4) transformação do sinal do domínio de frequências novamente para o domínio do tempo, através de uma Transformada Inversa de Fourier.

Há grande vantagem em analisar sinais ruidosos no domínio da frequência, visto que neste domínio a Transformada de Fourier é capaz de separar quase que totalmente as frequências de baixa, média e alta (CERQUEIRA et al., 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

De acordo com Zaniboni (2009) que diz que é possível determinar se há vazamentos em tubulações através das ondas sonoras de ruídos gerados no seu interior foi possível implementar um novo parâmetro para consideração no código de machine learning, as ondas sonoras de ruídos gerados no interior das tubulações, onde foi verificado que quando há vazamentos nas tubulações o ruído gerado no seu interior têm diferentes características quando comparado ao ruído em funcionamento pleno sem vazamentos. Daí partiu o questionamento sobre a relação dos aspectos físicos do orifício de vazamento com o ruído gerado e abriu oportunidade para correlacionar estes fatores, o que então se encontra em andamento. Além disso, foi verificado que o ruído externo da bancada e dos próprios componentes da mesma afetam no sinal observado pelo sensor de ruído e assim se fez a busca pelo filtro de ruídos através da Transformada de Fourier que ainda não foi implementado totalmente, porém está em andamento.

Até o presente momento o código elaborado na linguagem Python se encontra em pleno funcionamento, fazendo previsões através de dados inseridos manualmente para fins de teste, este que foi alterado desde o último projeto de pesquisa para atingir sua otimização e incremento de mais um parâmetro, que foi a pressão no interior da tubulação. Assim, o código está finalizado apenas à espera da aplicação do filtro de ruídos nos dados do sensor de ruído para checar sua eficácia.

A nuvem de dados está tendo a finalização da inserção dos dados de pressão coletados e alteração dos dados de ruído com a aplicação do filtro, assim que for finalizada, poderá ser incrementada sempre quando for necessário, pois atualmente os dados em que estão sendo inseridos são dados de funcionamento contínuo do sistema, que faz com que os dados iniciais de vazão e pressão sejam os máximos e conforme o tempo de funcionamento contínuo for aumentando, a eficiência da bomba centrífuga decai e resulta em dados de vazão e pressão menores ampliando a gama de dados a serem inseridos na nuvem.

CONCLUSÕES:

Os resultados encontrados até o momento foram positivos para o andamento da pesquisa, porém há progresso a ser feito no tratamento dos dados para que estes sejam o mais fiéis ao experimentado no laboratório a fim de retirar os sinais ruidosos dos dados para oferecer uma nuvem de dados mais limpa para aplicação da previsão de vazamento através de Machine Learning. A próxima etapa é realizar as pendências citadas para que durante as apresentações no XXXI Congresso de Iniciação Científica os congressistas tenham a melhor versão desta.

BIBLIOGRAFIA

CERQUEIRA, Eduardo O., et al. "Utilização de filtro de transformada de Fourier para a minimização de ruídos em sinais analíticos." Química Nova 23 (2000): 690-698.

MOURA, E. M. D. et al. Abordagem sobre perdas de água em sistemas de abastecimento: breve explanação sobre os tipos e principais causas. João Pessoa. 2004. Disponível em: <http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/4serea/artigos/abordagem_sobre_perdas_co.pdf> Acesso em 21 de março de 2023.

NUMPY. Numpy: The fundamental package for scientific computing with Python, 2005. Página Inicial. Disponível em: <https://numpy.org/>. Acesso em: 24 de outubro de 2022.

OPENCV. OpenCV, 2022. Feature Matching. Disponível em: https://docs.opencv.org/4.x/dc/dc3/tutorial_py_matcher.html. Acesso em: 24 de outubro de 2022.

SCIKIT-LEARN. Scikit-learn: Machine Learning in Python, 2007. 1.17.2 Classification. Disponível em: https://scikit-learn.org/stable/modules/neural_networks_supervised.html#classification. Acesso em: 02 de novembro de 2022.

SCIKIT-LEARN. Scikit-learn: Machine Learning in Python, 2007. 1.6.2 Nearest Neighbors Classification. Disponível em: <https://scikit-learn.org/stable/modules/neighbors.html#nearest-neighbors-classification>. Acesso em: 02 de novembro de 2022.

SOBRINHO, Renavan Andrade; BORJA, Patrícia Campos. Gestão das perdas de água e energia em sistema de abastecimento de água da Embasa: um estudo dos fatores intervenientes na RMS. 2016. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v21n4/1809-4457-esa-21-04-00783.pdf>>. Acesso em: 10 de abril de 2023.

ZANIBONI, N. **Equipamentos e metodologias para controle e redução de perdas reais em sistemas de abastecimento de água**. Tese (Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Faculdade de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 10-16. 2009.