



APLICAÇÃO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA DETECÇÃO DE VAZAMENTOS NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

Cassio Lima⁽¹⁾

Engenheiro Químico pela Faculdade Oswaldo Cruz, Engenheiro de Segurança do Trabalho pela Faculdade Oswaldo Cruz. É sócio-proprietário na LWS.

Guilherme Diniz⁽²⁾

Engenheiro Mecânico pela Universidade Federal de Itajubá, MBA pela UNISAL. É Gerente Comercial na LWS.

Douglas de Souza⁽³⁾

Analista de Sistemas pela Policamp, MBA de Gestão e Tecnologia da Informação pela XPE. É coordenador de TI na LWS.

Fabricio Santiles⁽⁴⁾

É supervisor comercial na LWS.

Fabiana Degásperi Lima Medina⁽⁵⁾

É advogada e sócio-proprietária na LWS.

Paulo Henrique Matheus Macedo⁽⁶⁾

Engenheiro Mecânico pela Universidade Mackenzie, Engenheiro de Segurança do Trabalho pela Universidade de São Paulo (Poli/USP) e Especialista em Sistemas Integrados pela Fundação Getúlio Vargas (FGV). É Consultor Técnico na LWS.

Endereço⁽¹⁾: Rua Coelho Neto, 322 – Vila Itapura – Campinas – SP – CEP: 13023-020 – Brasil – Tel: +55 (19) 3236-4413 - e-mail: comercial@lws-saneamento.com.br

RESUMO

Este trabalho apresenta a aplicação de sensores acústicos associados a algoritmos inteligentes de detecção de vazamentos em redes de distribuição de água e adutoras. Os sensores, operando de forma contínua, foram instalados em pontos estratégicos da rede e transmitem dados a uma plataforma web com recursos de Inteligência Artificial (IA) para análise de sinais acústicos e identificação automática de padrões compatíveis com vazamentos. Essa solução proporciona significativa redução no tempo de resposta, otimiza os recursos operacionais e contribui para a diminuição das perdas reais de água, gerando impactos positivos sob os pontos de vista econômico, operacional e ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Controle de perdas; Inteligência Artificial; Vazamentos; Monitoramento acústico; Saneamento.

CONTEÚDO DO TRABALHO

INTRODUÇÃO:

A perda de água em sistemas de abastecimento representa um dos principais desafios operacionais enfrentados pelas companhias de saneamento, impactando diretamente a eficiência do serviço, os custos operacionais e a sustentabilidade dos recursos hídricos. Entre os diversos tipos de perdas, os vazamentos não visíveis — aqueles que não afloram à superfície e permanecem indetectáveis por métodos convencionais — são especialmente críticos, uma vez que podem perdurar por longos períodos sem serem identificados.

Nesse contexto, a aplicação de sensores acústicos com algoritmos de Inteligência Artificial (IA) tem emergido como uma solução tecnológica eficaz. Estudos recentes, como Feng et al. (2024), demonstram que a análise acústica associada ao aprendizado de máquina pode detectar microvazamentos com alta sensibilidade. Outros autores (Zhao et al., 2022; Müller et al., 2020) confirmam a eficácia da correlação de sinais entre sensores, destacando a robustez de sistemas acústicos em redes com diferentes materiais.

Este trabalho apresenta a implantação de sensores acústicos operando 24 horas por dia em redes de distribuição e adutoras, com transmissão contínua dos dados para uma plataforma Web equipada com IA para análise dos sinais e identificação automática dos padrões sonoros compatíveis com vazamentos.

A estratégia adotada visa reduzir significativamente o tempo de resposta operacional, mitigar perdas reais, otimizar recursos humanos e financeiros e contribuir com a sustentabilidade do sistema de abastecimento.

OBJETIVO:

Apresentar a experiência de aplicação de sensores acústicos com algoritmo de detecção de fugas, transmitindo dados via plataforma Web com suporte de Inteligência Artificial, como ferramenta de gestão operacional proativa em redes de distribuição de água e adutoras.

METODOLOGIA:

O projeto foi desenvolvido em um setor de abastecimento e em uma adutora com histórico de perdas elevadas. A metodologia foi estruturada nas seguintes etapas:

1. Estudo do Sistema de Abastecimento: Avaliação da configuração hidráulica, pressões de operação e histórico de intervenções para definir áreas críticas.
2. Seleção dos Pontos de Monitoramento: Pontos estratégicos foram definidos com base em zonas de pressão, histórico de falhas e acessibilidade.
3. Instalação dos Equipamentos: Foram utilizados sensores Permanet SU e Permanet HY, com vida útil de bateria de até 5 anos e algoritmos dedicados para correlação acústica e análise Aqualog.
4. Campanha de Monitoramento Contínuo: Os sensores coletaram dados ininterruptamente. As gravações de som foram armazenadas localmente e transmitidas periodicamente para a nuvem.
5. Transmissão e Armazenamento dos Dados: A plataforma Web recebeu e organizou os dados, permitindo visualização georreferenciada, análise histórica e emissão de alertas.
6. Análise com Inteligência Artificial: Os dados foram processados por algoritmos de detecção Fuga/Não-Fuga, que compararam padrões sonoros com registros anteriores e eliminaram falsos positivos.
7. Confirmação em Campo: Todos os alertas emitidos foram verificados por geofonamento, garantindo a confiabilidade do sistema. O projeto foi desenvolvido em um setor de abastecimento selecionado e em uma adutora, com histórico de desafios no controle de perdas.

Para o monitoramento, foram utilizados os seguintes equipamentos e algoritmos:

Permanet SU

- Algoritmo Fuga/Não Fuga
- Gravação do som
- Correlação entre sensores
- Análise Aqualog
- Distancias limitadas ao tipo de material da tubulação
- Bateria com vida útil de 5 anos

Permanet HY

- Algoritmo Fuga/NãoFuga
- Gravação do som
- Correlação entre sensores
- Análise Aqualog
- Pressão – Golpes de ariete

- Distancias maiores e independência do material da tubulação
- Bateria com vida útil de 5 anos

RESULTADOS OBTIDOS:

A tecnologia demonstrou viabilidade prática, especialmente em setores onde o geofonamento convencional é oneroso e pouco eficiente. Os sensores acústicos apresentaram boa adaptabilidade a diferentes materiais de tubulação, especialmente com o modelo HY, que é menos dependente das características físicas da rede.

Entretanto, a eficácia está condicionada à quantidade e posicionamento dos sensores, além da qualidade do treinamento das equipes responsáveis pela verificação em campo.

A integração com a plataforma de gestão e a interface amigável foram diferenciais importantes. Contudo, a dependência de conectividade e a necessidade de manutenção preventiva dos dispositivos são aspectos que requerem planejamento contínuo.

A plataforma permitiu visualizar em tempo real os sensores com/sem detecção de vazamento. A interface intuitiva e os dados históricos possibilitaram:

- Identificação de 3 vazamentos reais, com redução no tempo de resposta e no volume de água perdido;
- Histograma de ruídos diários, usado para inferência de tendências e verificação de eventos atípicos;
- Exportação de áudio, permitindo validação técnica e arquivamento dos registros;
- Eliminação de falsas ocorrências, reduzindo deslocamentos desnecessários da equipe técnica;
- Priorização das ações em campo, com base em critérios de severidade e persistência do ruído.

Os resultados obtidos foram apresentados em uma interface gráfica, mostrando o status dos vazamentos atuais e passados, permitindo o acompanhamento dos eventos, otimizando a priorização das equipes de campo e permitindo uma gestão mais eficaz dos recursos, por exemplo, evitando pesquisas noturnas com geofones ou falsas indicações de fugas.



Figura1 - Mapa com sensores georreferenciados e visualizar equipamentos com/sem vazamento.



	ID de Sitio	Serie	Últimos datos recibidos	Fecha:	05/04/2025	06/04/2025	07/04/2025	08/04/2025	09/04/2025	10/04/2025	11/04/2025	12/04/2025	13/04/2025	14/04/2025	15/04/2025	16/04/2025	17/04/2025	18/04/2025	19/04/2025	20/04/2025	21/04/2025	22/04/2025	23/04/2025	24/04/2025	25/04/2025	26/04/2025	27/04/2025	28/04/2025	29/04/2025	30/04/2025	01/05/2025	02/05/2025	03/05/2025	04/05/2025	05/05/2025	06/05/2025	07/05/2025				
☆	145AMALI_01	53428	05/06/2025	47 13	L S	47 13	46 13	46 12	45 13	46 12	44 13	46 13	46 33	46 33	45 33	40 32	45 32	45 10	41 12	46 12	45 12	45 11	44 12	45 12	40 11	40 12	40 11	40 10	40 10	40 10	40 10	40 10	40 11	40 11	44 11	45 10	45 11	40 11	45 12	45 12	
☆	145AMALI_73	119619	05/06/2025	35 5	L S	35 4	35 4	34 5	35 5	34 6	34 5	33 5	33 8	33 5	32 8	33 5	35 5	33 3	36 4	35 4	35 5	38 4	34 5	36 16	34 13	37 15	36 13	35 13	36 15	36 13	36 15	36 13	36 15	35 13	35 13	35 19	40 21	38 5	40 11	40 11	
☆	145AMALI_85	119577	05/06/2025	22 2	L S	22 2	24 1	22 2	24 1	13 3	9 8	7 7	7 7	7 2	7 2	7 2	20 2	22 2	19 2	19 2	19 8	21 3	21 2	21 3	21 3	21 2	21 2	21 2	22 2	22 2	22 2	22 2	22 4	19 2	19 2	16 1	19 3	20 2	20 3	20 8	
☆	BEATA_55	62485	05/06/2025	23 6	L S	23 6	24 5	23 6	23 7	24 5	24 6	25 4	26 4	25 4	24 4	24 5	25 12	24 4	24 24	24 23	24 34	24 24	24 24	24 24	24 24	24 5	24 27	24 6	24 24	24 24	24 24	24 24	24 24	24 24	24 24	24 24	24 24	24 24	24 24	24 24	
☆	BEATA_60	62490	05/06/2025	21 7	L S	21 7	22 8	22 6	20 9	21 7	22 6	21 14	21 6	20 6	20 6	21 11	35 12	37 12	20 19	20 6	19 7	18 6	20 19	18 20	18 20	18 6	18 6	18 7	18 11	20 10	26 8	29 7	18 8	20 7	21 8	19 10	19 7	21 6	21 7	21 7	
☆	BEATA_59	62489	05/06/2025	18 4	L S	18 4	24 11	18 8	20 10	21 9	21 10	18 14	22 7	19 5	19 11	19 11	19 7	18 6	18 30	19 7	18 5	18 13	20 9	18 13	18 9	17 5	17 5	17 6	18 19	18 13	18 9	18 5	19 6	19 3	19 9	19 12	19 12	18 12	17 10	18 10	22 3
☆	BEATA_53	62483	05/06/2025	22 8	L S	22 8	22 7	22 7	23 10	23 7	24 7	24 8	23 7	22 7	22 7	23 6	23 9	21 6	22 17	22 6	22 6	22 6	22 16	22 14	22 14	22 12	22 12	22 12	22 22	22 22	22 22	22 22	22 22	24 24	22 8	22 8	22 8	21 6	21 6	22 6	22 6
☆	145AMALI_82	119623	05/06/2025	18 4	L S	18 4	45 47	47 47	50 49	49 11	9 9	48 28	8 3	9 2	8 2	8 2	17 4	17 3	17 4	35 6	36 5	36 5	36 2	36 2	36 2	36 2	36 2	36 2	36 2	36 2	36 2	36 2	36 2	36 2	36 2	36 2	36 2	36 2	36 2	36 2	36 2

Figura 2 - Informações históricas são acessíveis em forma de tabela.

Os relatórios estatísticos da plataforma permitiram identificar 3 vazamentos e o tempo até o reparo.

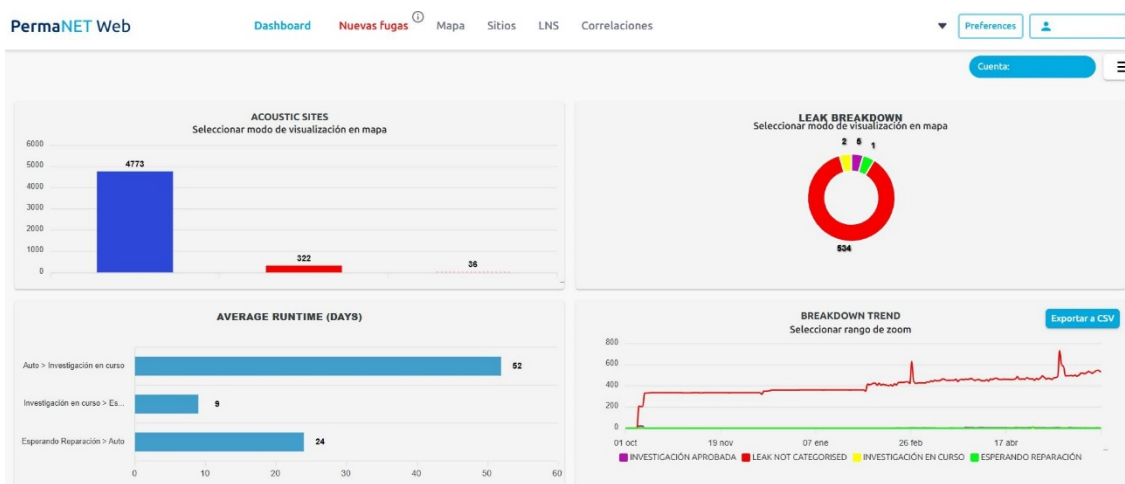


Figura 3 - Relatório estatístico.

O algoritmo permite a identificação de vazamentos com bastante precisão, pois compara diversos resultados, eliminando os falsos positivos.

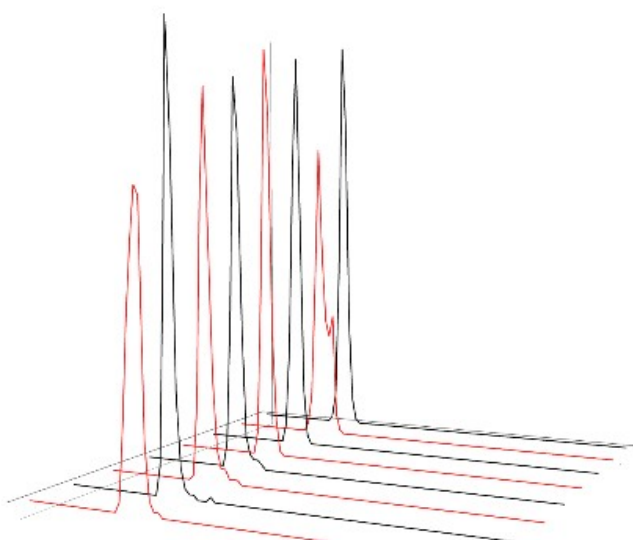


Figura 4 - Histograma diário de ruído de vazamento.

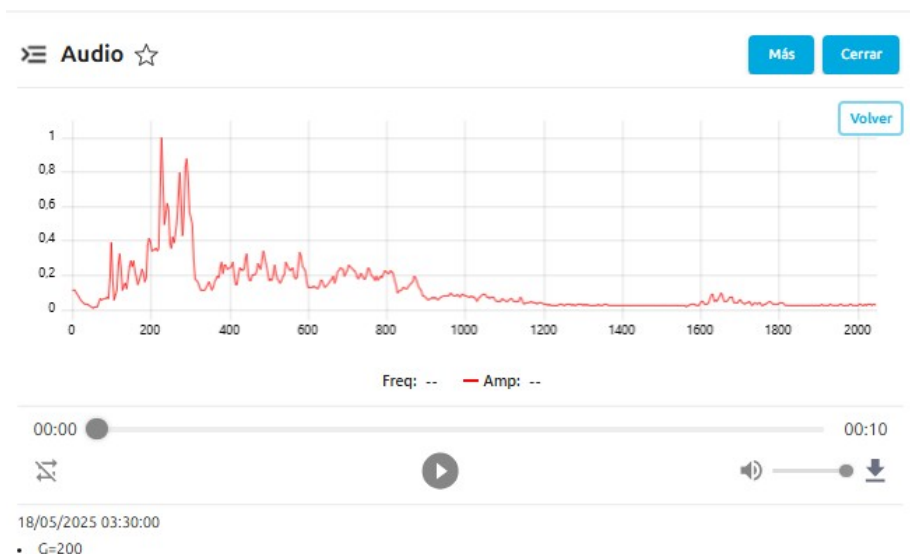


Figura 5 - Áudio do sensor exportado para registro e comprovação do vazamento registrado.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES:

A aplicação de sensores acústicos com algoritmos de IA se mostrou eficaz na detecção precoce de vazamentos não visíveis, reduzindo perdas, otimizando recursos operacionais e promovendo maior sustentabilidade no abastecimento de água.

Para maximizar os benefícios da tecnologia, recomenda-se:

- Avaliar tecnicamente a densidade ideal de sensores por zona de pressão;
- Adotar uma estratégia mista de uso fixo e móvel, conforme disponibilidade da equipe;
- Integrar o sistema com ferramentas de redução de pressão para ações corretivas automatizadas;
- Investir na capacitação contínua das equipes de campo para interpretação dos dados e operação dos geofones.

Trata-se de uma abordagem compatível com os métodos clássicos, mas mais eficiente para aplicação em larga escala e com menor dependência da subjetividade humana.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

1. **Feng, C., Zhao, J., Ran, Q., Qu, M., & Guo, Z. (2024).**
"Acoustic-based approach for micro-leakage detection and localization in water supply pipelines."
Environmental Science: Water Research & Technology.
2. **Müller, R., Illium, S., Ritz, F., Schröder, T., Platschek, C., Ochs, J., & Linnhoff-Popien, C. (2020).**
"Acoustic Leak Detection in Water Networks."



3. **Pourmehrani, H., Hosseini, R., & Moradi, H. (2025).**
"Water Flow Detection Device Based on Sound Data Analysis and Machine Learning to Detect Water Leakage."
4. **Marmarokopos, K., Doukakis, D., Frantziskonis, G., & Avlonitis, M. (2018).**
"Leak Detection in Plastic Water Supply Pipes with a High Signal-to-Noise Ratio Accelerometer."
Measurement and Control.
5. **Zhao, J., Liu, Y., & Zhang, J. (2022).**
"Acoustic leak detection approaches for water pipelines."
Automation in Construction, 138, 104226.