36ETC-07130 - PESQUISA DE VAZAMENTOS COM O USO DE SATÉLITE E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Marcelo Pereira da Costa(1)
Ciência da Computação (IPEP) e especialista em Gestão Pública (UMC). Foi professor universitário em São Paulo (FMU). Atualmente é Analista de Gestão, possui capacitação em liderança e gestão de pessoas (Fundação Dom Cabral) e atua na engenharia de operação e distribuição de água na Diretoria Regional Centro da Sabesp.
Regiane Garcia(2)
Tecnóloga em hidráulica (FATEC) e Gerente da Divisão de Operação de Água na Diretoria Regional Centro da Sabesp.

Endereço(1): Rua Dona Antonia de Queirós, 218 Consolação - São Paulo – 01307-011 - Brasil - Tel: +55 (11) 97224-4853 - e-mail: mpcosta@sabesp.com.br

RESUMO

A pesquisa de vazamentos via satélite constitui uma abordagem tecnológica avançada empregada para detectar perdas em redes de distribuição de água. Utilizando sensores em órbita, como radares de abertura sintética (SAR), essa tecnologia é capaz de captar alterações na umidade do solo, sinalizando possíveis vazamentos subterrâneos. Os dados obtidos por meio dessas imagens são processados por algoritmos especializados, que analisam as características espectrais da água infiltrada no solo, proporcionando uma identificação precisa das áreas afetadas. Essa metodologia destaca-se pela capacidade de monitorar extensas áreas geográficas em curto período de tempo, com aplicação em cenários urbanos e rurais. Além disso, seu caráter não invasivo a torna uma solução sustentável para a gestão de recursos hídricos, reduzindo o desperdício e promovendo a eficiência operacional nas redes de abastecimento. Sua utilização tem impacto significativo na conservação ambiental e na otimização de custos das concessionárias responsáveis pelo fornecimento de água. Por meio dessa tecnologia, é possível enfrentar os desafios relacionados à escassez hídrica e à manutenção de infraestruturas essenciais.

PALAVRAS-CHAVE: pesquisa de vazamento, inteligência artificial, satélite, redução de perdas, água.

INTRODUÇÃO

O desperdício de água devido a vazamentos em redes de distribuição é um dos maiores desafios enfrentados pelo setor de saneamento. Esse problema não apenas compromete a eficiência operacional das companhias de abastecimento de água, mas também contribui para o aumento do estresse hídrico em regiões vulneráveis (World Bank, 2019). Métodos tradicionais de detecção de vazamentos, como inspeções manuais e acústicas, frequentemente mostram limitações em precisão e abrangência, tornando-se impraticáveis em redes de grande escala ou enterradas em profundidade significativa (Farley et al., 2008).

Com o avanço de tecnologias emergentes, a combinação de sensoriamento remoto por satélites com algoritmos de inteligência artificial (IA) surge como uma solução promissora para esse desafio. Satélites equipados com sensores de alta resolução permitem a coleta de dados geoespaciais em larga escala, incluindo informações sobre alterações na umidade do solo e anomalias térmicas. Esses dados são processados por algoritmos de aprendizado de máquina, capazes de identificar padrões complexos que indicam vazamentos de água subterrânea (Mounce et al., 2017).

Além de oferecer precisão e rapidez, essa abordagem tecnológica representa uma alternativa sustentável, ajudando a mitigar o desperdício de recursos hídricos e contribuindo para a conservação ambiental (UNESCO, 2020). Outro ponto relevante é a capacidade dos satélites de realizar monitoramentos contínuos ao longo do tempo, possibilitando o acompanhamento de tendências e a detecção de vazamentos de forma mais eficiente do que os métodos tradicionais, que dependem de inspeções pontuais. Com essa abordagem, a gestão de redes de distribuição de água pode ser otimizada, reduzindo custos operacionais e melhorando a qualidade dos serviços prestados.

OBJETIVO

Aprimorar a identificação de vazamentos não visíveis por meio da integração de métodos convencionais de pesquisa com tecnologias avançadas, como imagens de satélite e inteligência artificial, possibilitando um aumento significativo na capacidade e precisão da detecção de perdas hídricas na Diretoria Regional Centro da Sabesp.

METODOLOGIA UTILIZADA

O setor de abastecimento Consolação, situado na região central de São Paulo e com grande concentração urbana foi a área escolhida para a realização da pesquisa de vazamentos com o uso de satélite e inteligência artificial.

Tabela 1: Setor de Abastecimento Consolação

Característica	Km	Km²
Redes de água ativas	288	-
Redes de água inativas	67	-
Perímetro	34	-
Área total	-	11,29

Fonte: elaboração própria a partir de dados do SIGNOS (SABESP 2024).

A primeira etapa da metodologia foi a captura da imagem satelital da região pela empresa contratada Asterra (Nortech). Satélites equipados com tecnologias de Radar de Abertura Sintética (SAR) e sensores ópticos podem identificar alterações no solo causadas por vazamentos subterrâneos. Esses sistemas analisam dados espectrais e índices de umidade, permitindo a localização precisa de vazamentos. (MDR, 2020; Nortech, 2025).

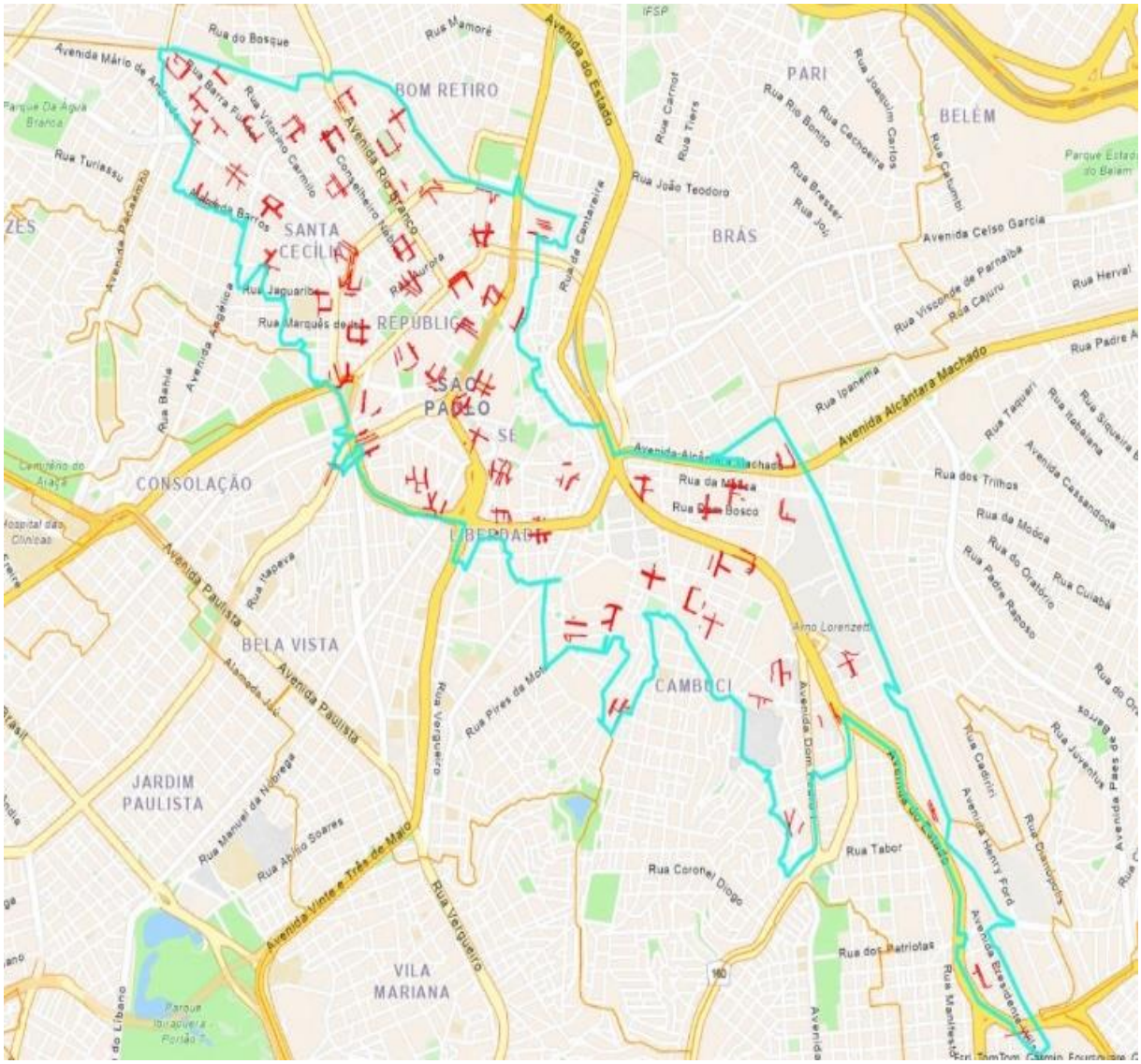
Em seguida foram realizadas as análises nas imagens, chamada de correção radiométrica. Esse procedimento visou eliminar interferências causadas por edificações, vegetação e outros objetos que, por sua natureza, poderiam alterar os valores espectrais e dificultar a interpretação dos dados. Segundo Silva et al. (2021), a

correção radiométrica desempenha um papel essencial para assegurar que as imagens representem fielmente os alvos analisados, reduzindo distorções provenientes de fatores externos.

Além disso, é necessário considerar que esses objetos interferentes, ao refletirem ou absorverem energia, afetam a captura da radiação eletromagnética pelo sensor, comprometendo a exatidão dos dados (SOUZA; ALMEIDA, 2020). Tais correções são realizadas utilizando algoritmos que ajustam os valores espectrais, proporcionando resultados confiáveis em estudos ambientais, urbanos e agrícolas. Dessa forma, o tratamento das imagens é um passo imprescindível para qualquer análise que tenha como base a observação remota.

Com o suporte de um algoritmo de inteligência artificial, foram identificados e demarcados, no mapa do setor Consolação, os locais com suspeita de vazamento. Esse processo resultou na definição de 68 pontos de interesse (POIs), cada um abrangendo um raio de 100 metros.

Figura 1: Setor Consolação com os 68 POIs onde havia suspeita de vazamentos



As equipes de pesquisa acústica, manutenção e liderança participaram ativamente da apresentação e do treinamento para a utilização do aplicativo e do painel de indicadores fornecidos pela Asterra (Nortech).

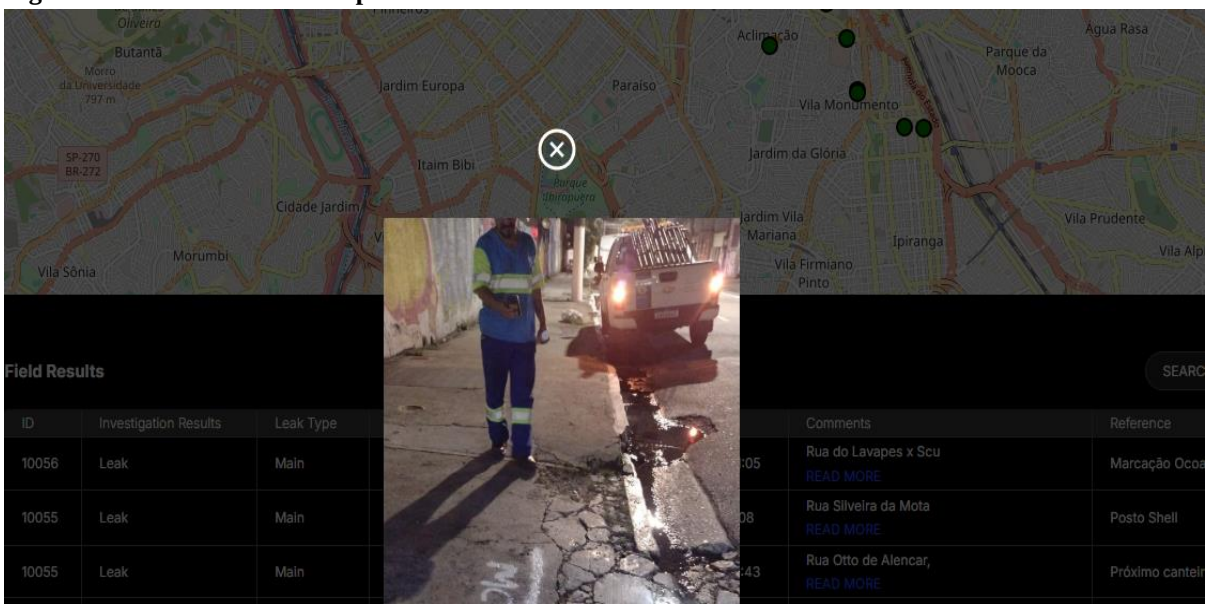
Figura 2: Equipes em treinamento



Além do painel online disponibilizado para o acompanhamento dos trabalhos de pesquisa e reparo, foi gerado um arquivo em formato shape, permitindo o cruzamento direto com o cadastro de redes de água da Sabesp por meio do sistema SIG chamado SIGNOS. Esse cruzamento de informações possibilitou a priorização das áreas de pesquisa com base em dados existentes, como diâmetro, idade e material das redes.

As equipes de pesquisa foram estrategicamente distribuídas entre turnos diurnos e noturnos, de acordo com as características das vias. Outro ponto relevante foi o mapeamento realizado sobre a base existente em relação às áreas de risco situadas no setor Consolação. Para cada POI investigado, os pontos suspeitos foram atualizados no painel, incluindo informações essenciais para que a equipe de manutenção pudesse localizar com precisão o ponto marcado para reparo, contando inclusive com imagens.

Figura 3: Painel online com os pontos de vazamentos cadastrados



Essa dinâmica de pesquisa e atualização do painel de indicadores, englobando as demandas de reparo das redes e ramais, foi mantida de forma contínua ao longo de 120 dias. Esse processo consistente promoveu uma integração eficaz entre as equipes e as lideranças, fortalecendo a colaboração e alinhamento entre os envolvidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A principal contribuição da utilização de satélites e inteligência artificial (IA) está na significativa melhoria da precisão e eficácia na detecção de vazamentos em sistemas de abastecimento de água. Por meio de algoritmos de aprendizado de máquina, a IA analisa grandes volumes de dados captados pelos satélites, como imagens infravermelhas e radar de abertura sintética (SAR), além de outros sensores avançados. Esses algoritmos são treinados para identificar padrões específicos, possibilitando a detecção de vazamentos, mesmo em áreas de difícil acesso ou vastas regiões, com maior assertividade (Neto et al., 2022).

A integração de dados espaciais e temporais dos satélites com informações contextuais da rede de distribuição de água possibilita uma localização precisa dos vazamentos. A análise integrada, viabilizada pela IA, otimiza a identificação de pontos críticos de falha, permitindo maior eficácia nas intervenções preventivas (Wagner et al., 2021).

Além disso, a identificação precoce de vazamentos e a manutenção preventiva contribuem para uma significativa redução dos custos relacionados a reparos emergenciais e para o aumento da durabilidade da infraestrutura. A minimização do desperdício de água também reduz os custos operacionais, gerando economias substanciais a longo prazo e contribuindo diretamente para a sustentabilidade dos recursos hídricos (American Water Works Association, 2019).

A relevância dessas tecnologias torna-se ainda mais evidente em regiões com escassez hídrica, onde a redução de perdas é essencial. A detecção rápida e precisa de vazamentos permite ações corretivas mais eficientes por parte das autoridades, minimizando o desperdício desse recurso crítico (International Water Association, 2023).

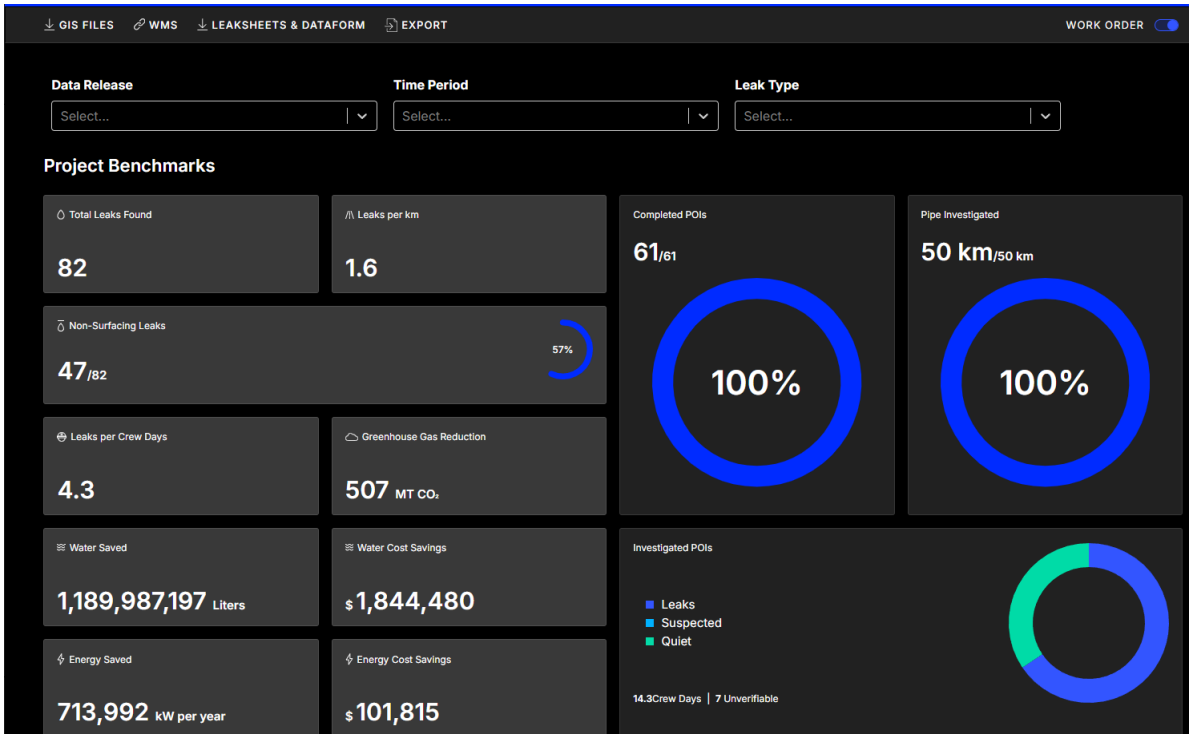
Após a conclusão dos trabalhos no setor Consolação foi possível observar ganhos expressivos na localização de vazamentos não visíveis nas tubulações de redes de água, superando as metodologias convencionais, como o uso de geofones e correlacionadores acústicos. Alguns destaques incluem:

- 72% de assertividade
- 82 vazamentos detectados
- Redução de 80% na área de pesquisa
- Diminuição no tempo necessário para identificação de vazamentos
- Recuperação de 200.000 m³ de água, conforme a tabela da International Water Association (IWA).
- Custo do projeto equivalente a 48% da recuperação projetada.

Na mesma área, foram realizadas séries de pesquisas de vazamentos nos meses de janeiro, julho e dezembro de 2023. A metodologia acústica convencional, apresentou resultados de 0,52 e 0,32 vazamentos por quilômetro. Com o apoio de satélite e inteligência artificial, houve um aumento significativo, atingindo 1,6 vazamentos por quilômetro.

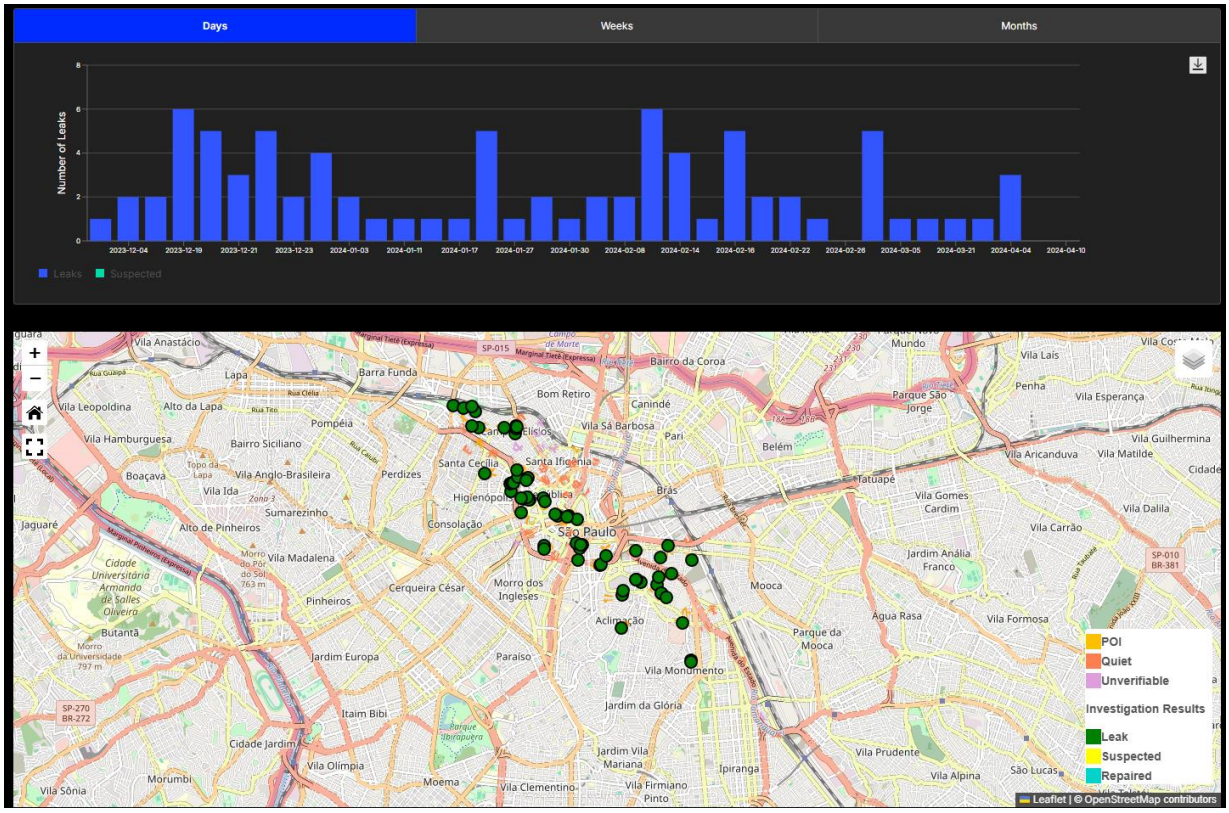
Cabe ressaltar que, dos 68 POIs indicados pela tecnologia, 07 não puderam ser verificados em campo devido às questões relacionadas à segurança das equipes envolvidas.

Figura 4: Dashboard com os indicadores dos vazamentos do setor Consolação



Após a análise dos pontos no mapa do setor Consolação, não foi possível identificar uma área específica com maior concentração de vazamentos, pois esses estão dispersos por diferentes regiões.

Figura 5: Mapa do setor Consolação com a espacialização dos pontos de vazamentos em verde



CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A detecção de vazamentos de água utilizando satélites integra diversas tecnologias avançadas, incluindo sensoriamento remoto, processamento de dados e geoprocessamento, configurando-se como uma abordagem eficaz e econômica para o monitoramento de grandes áreas e regiões de difícil acesso (Santos et al., 2023). A combinação de imagens satelitais com modelos de simulação hidrológica e hidráulica possibilita uma análise precisa da localização e magnitude dos vazamentos, contribuindo para uma gestão mais eficiente dos recursos hídricos e a implementação de ações corretivas.

Os benefícios desta metodologia são evidentes, especialmente na redução de perdas de água. O uso de satélites aliado à inteligência artificial (IA) promove uma abordagem inovadora ao integrar dados de alta precisão e algoritmos avançados para identificar rapidamente anomalias na rede de abastecimento (Oliveira & Silva, 2022). Além disso, a capacidade de monitorar áreas extensas e remotas com alta eficiência representa um avanço significativo em comparação aos métodos convencionais.

De acordo com estudos recentes, a fusão de tecnologias, como imagens de satélite e IA, facilita uma resposta rápida e eficaz aos problemas relacionados a vazamentos, permitindo uma gestão mais sustentável e econômica dos sistemas de abastecimento de água (Carvalho et al., 2023). A abordagem também reduz custos operacionais e aumenta a capacidade de planejamento estratégico no setor hídrico.

Diante dos resultados obtidos neste projeto, é possível concluir que a pesquisa com auxílio de satélite e IA também apresentou as seguintes vantagens:

- Dispensa a instalação de sensores
- Identifica possíveis vazamentos independente do material da tubulação;
- Possibilita a sobreposição ao cadastro georreferenciado das redes de água existentes
- Permite o mapeamento de grandes áreas

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. LIU, X., & HOSSAIN, M. S. (2019). "Satellite-based remote sensing for monitoring water resources and water quality: A review." Remote Sensing Applications: Society and Environment, 15, 100038. [https://doi.org/10.1016/j.rsase.2019.100038]

2. HOJJAT, S., & ZADEH, M. M. (2020). "Application of remote sensing for water resources management: A review of technologies and techniques." International Journal of Remote Sensing, 41(10), 1-30. [https://doi.org/10.1080/01431161.2020.1725051]

3. AL-MASHAQBEH, I. A., & AL-AKHRAS, M. M. (2019). "Artificial intelligence in water distribution systems: A review." Artificial Intelligence Review, 52(3), 2157-2175. [https://doi.org/10.1007/s10462-018-9767-7]

4. TSO, C. P., & CHEN, W. (2021). "Machine learning for water leakage detection and prediction in water distribution systems." Journal of Water Resources Planning and Management, 147(5), 04021018. [https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0001343]

5. JENSEN, J. R. (2007). Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective. 2ª edição. Pearson Prentice Hall.

6. BISHOP, C. M. (2006). Pattern Recognition and Machine Learning. Springer.

7. ZHANG, Y., & WANG, J. (2020). "Applications of remote sensing and machine learning in urban water management."

8. ENVIRONMENTAL MONITORING AND ASSESSMENT, 192(8), 481. [https://doi.org/10.1007/s10661-020-08593-5]

9. ABBAS, A. S., & DARWICH, H. (2018)."A hybrid artificial intelligence approach for water leakage detection in distribution networks." Water Resources Management*, 32(3), 875-891. [https://doi.org/10.1007/s11269-017-1909-0]

10. FARLEY, M., WYETH, G., GHAZALI, Z. B., & ISTANDAR, A. (2008). The Manager's Non-Revenue Water Handbook: A Guide to Understanding Water Losses. Bangkok: Ranhill Utilities Berhad.

11. MOUNCE, S. R., MOUNCE, R. B., & BOXALL, J. B. (2017). "Novelty detection for time series data analysis in water distribution systems using support vector machines." Journal of Hydroinformatics, 19(5), 713-726.

12. UNESCO. (2020). The United Nations World Water Development Report 2020: Water and Climate Change. Paris: UNESCO.

13. WORLD BANK. (2019). Reducing Water Loss in Distribution Networks: A Practical Approach to Combating Water Scarcity. Washington, DC: World Bank Publications.

14. MDR. DETECÇÃO DE PERDAS DE ÁGUA POR MEIO DE SATÉLITES. Disponível em: https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/proeesa/apresentacoes/DeteccaodePerdasdeaguapormeiodesatelites.pdf. Acesso em: 15 abr. 2025.

15. ASTERRA NORTECH. Detecção de vazamento por satélite. Disponível em: https://nortech.com.br/deteccao-de-vazamento-por-satelite/. Acesso em: 15 abr. 2025.