

**169 - USO DAS FERRAMENTAS DE GEOPROCESSAMENTO E DA MODELAGEM
HIDRÁULICA PARA GESTÃO VOLTADA PARA REDUÇÃO DE PERDAS EM
SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

Daniel Alves Ribeiro ⁽¹⁾

Tecnólogo em Hidráulica e Saneamento Ambiental (FATEC SP)

Caio Francisco Anastacio Freitas ⁽²⁾

Engenheiro Civil (UNICSUM). Mestrando em Tecnologia Ambiental (UNAERP).

Maria Isabel Chambrone ⁽³⁾

Engenheira Civil (UNICEP). Mestranda em Tecnologia Ambiental (UNAERP).

Thiago Furlan Penatti ⁽⁴⁾

Engenheiro civil e especialista em infraestrutura de saneamento básico (EEP). Mestrando em Tecnologia Ambiental (UNAERP).

Luciano Farias de Novaes ⁽⁵⁾

Engenheiro Civil (UFV). Mestre e doutor em Hidráulica e Saneamento (USP). Professor Universitário (UNAERP).

Endereço ⁽¹⁾: São Joaquim, 550 Vila Monteiro - São Carlos - São Paulo - 13560-641 - Brasil - Tel: +55 (11) 3419 - 0906 e-mail: dhs_alves@outlok.com

RESUMO

Embora a água seja abundante na natureza, apenas uma fração mínima está disponível para uso humano — e boa parte dela se perde antes mesmo de chegar ao consumidor. A crescente escassez desse recurso essencial torna urgente a adoção de soluções que promovam maior eficiência nos sistemas de abastecimento. Reduzir essas perdas, especialmente as físicas, representa um desafio técnico e estratégico para garantir a sustentabilidade no uso da água. Este trabalho investiga como a integração entre ferramentas de geoprocessamento e modelagem hidráulica pode contribuir para o aprimoramento da gestão dos sistemas de abastecimento, oferecendo perspectivas para a identificação de falhas e o planejamento de intervenções mais eficazes.

PALAVRAS-CHAVE: Geoprocessamento, modelagem hidráulica, análise de dados, redução de perdas

INTRODUÇÃO

Ao observarmos o planeta Terra a partir do espaço, a marcante presença de água em sua superfície transmite a impressão de abundância e infinidade desse elemento. No entanto, é fundamental compreender as distinções conceituais envolvidas quando tratamos da água e dos recursos hídricos. O termo água refere-se, de forma geral, ao elemento natural em seu estado original, desvinculado de qualquer uso específico. Já o termo recursos hídricos refere-se à água considerada sob a ótica do uso humano, como um bem econômico, passível de aproveitamento e gestão. Nem toda a água existente na Terra pode ser considerada um recurso hídrico, uma vez que sua utilização depende da viabilidade técnica e econômica (POMPEU, 2010).

A água é um recurso essencial para a sobrevivência humana e para o desenvolvimento social e econômico das sociedades. Apesar de sua aparente abundância na natureza, apenas cerca de 2,5% do volume total de água no planeta é doce, e menos de 1% está acessível para uso humano, presente em rios, lagos e aquíferos. Dessa forma, a abundância do elemento físico contrasta com a escassez do recurso disponível, o que torna ainda mais urgente as discussões sobre a eficiência na gestão e a necessidade de preservação. Esses temas representam não apenas desafios contemporâneos, mas também questões centrais para a sustentabilidade nas próximas décadas.

As demandas por água têm crescido globalmente em razão do aumento das necessidades dos setores agrícola, industrial e energético (ONU, 2023). No entanto, é o consumo humano, especialmente nos centros urbanos, que tem gerado os maiores desafios para os sistemas de abastecimento. O crescimento populacional e a urbanização acelerada intensificam a pressão sobre esses sistemas, exigindo não apenas a expansão da cobertura, mas também a adoção de práticas que assegurem a eficiência e a sustentabilidade do fornecimento (KROL et al., 2021). Essa realidade impõe a necessidade de estratégias capazes de equilibrar a crescente demanda com a disponibilidade hídrica.

Nesse cenário, as perdas de água em sistemas de abastecimento tornam-se um ponto crítico a ser enfrentado. Essas perdas podem ser classificadas em físicas e comerciais. As perdas físicas referem-se ao volume de água produzido que não chega aos consumidores, geralmente devido a vazamentos nos sistemas de adução e distribuição. Já as perdas comerciais correspondem ao consumo não faturado, causado por consumo não autorizado, fraudes ou falhas nos sistemas de medição e faturamento. Ambas as formas de perda acarretam custos econômicos significativos para os operadores de sistemas de abastecimento e impactam diretamente a qualidade dos serviços prestados.

Essa problemática é agravada pela supervalorização do ato de “construir” em detrimento da permanente necessidade de manutenção e gestão. A ênfase em novas obras, em vez do investimento contínuo na infraestrutura existente, perpetua as perdas e compromete a sustentabilidade dos sistemas de abastecimento de água a longo prazo. No entanto a incorporação de tecnologias da Indústria 4.0 tem se mostrado essencial no enfrentamento das perdas de água e na busca por maior eficiência operacional dos sistemas de abastecimento.

Entre essas tecnologias, destacam-se o geoprocessamento e a modelagem hidráulica, que auxiliam no mapeamento das redes, na identificação de trechos críticos e no planejamento de intervenções. Sensores IoT integrados a sistemas de automação e telemetria permitem o monitoramento em tempo real do sistema, favorecendo respostas rápidas e redução de perdas operacionais. Recursos de inteligência artificial, big data e analytics contribuem para a previsão de consumo, detecção de anomalias e apoio à tomada de decisão. Já o uso de gêmeos digitais possibilita simulações seguras de cenários operacionais, sem interferir na rede real. Complementarmente, sistemas de gestão de ativos estruturam o cadastro técnico e o histórico de intervenções, contribuindo para o direcionamento de recursos e o planejamento de manutenção preventiva. A sinergia entre essas ferramentas representa um avanço significativo rumo à modernização, à sustentabilidade e à resiliência dos serviços de abastecimento de água.

OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo demonstrar como a utilização de ferramentas de geoprocessamento e modelagem hidráulica podem contribuir para as ações voltadas à redução de perdas físicas sistemas de abastecimento de água.



METODOLOGIA UTILIZADA

Um modelo hidráulico é uma representação computacional do comportamento de um sistema de abastecimento de água, que permite simular o funcionamento da rede em diferentes condições operacionais. Por meio dele, é possível analisar variáveis como pressões, velocidades, perdas de carga e vazões ao longo da malha hidráulica, subsidiando o planejamento, a operação e a tomada de decisões técnicas.

Para este estudo, o modelo hidráulico foi desenvolvido com base em um conjunto de dados detalhados provenientes do cadastro técnico da concessionária de abastecimento. Esses dados incluem informações sobre o diâmetro, material e localização das redes de distribuição de água, bem como a posição dos reservatórios, válvulas e bombas no sistema. A partir dessas informações, complementadas por um levantamento topográfico, foi possível construir uma representação digital do sistema de abastecimento de água (SAA) em análise.

A construção do modelo foi realizada no software QGIS, utilizando o complemento QGisRED, que integra a plataforma SIG (Sistemas de Informações Geográficas) ao EPANET — um software gratuito, de código aberto e amplamente utilizado para simulações hidráulicas. O QGisRED integra funcionalidades dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) à modelagem hidráulica do EPANET, permitindo simulações precisas e a visualização espacial dos dados, o que facilita a análise e otimização da rede.

Além da modelagem hidráulica, outro aspecto importante do estudo foi a geoespacialização, no ambiente QGIS, dos dados relacionados aos vazamentos identificados durante a última campanha de pesquisa, permitindo a criação de mapas temáticos que destacam as áreas com maior incidência de vazamentos. Adicionalmente, com base nas informações do cadastro técnico, também foi possível criar uma representação gráfica das redes de abastecimento, organizando-as conforme o material e diâmetro dos tubos. Isso proporcionou uma visualização clara e detalhada dos traçados das redes primárias e secundárias, além de permitir a identificação da distribuição de materiais ao longo de toda a rede. Essa classificação foi fundamental para destacar as áreas que poderiam ser mais suscetíveis a falhas, como os trechos formados por materiais mais frágeis, que são mais propensos a quebras ou rompimentos.

Ao cruzarmos as informações geoespacializadas com os parâmetros operacionais simulados, como pressão e vazão, é possível identificar as localidades mais afetadas por vazamentos ou rompimentos de rede, bem como as regiões mais suscetíveis a tais ocorrências. Isso permite direcionar de forma mais eficiente as ações de pesquisa, reparo e manutenção preventiva, além de viabilizar a proposição de melhorias para o sistema de distribuição.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao simular o comportamento hidráulico do Sistema de Abastecimento de Água (SAA) em questão, foi possível observar, por meio da escala gráfica gerada no ambiente do QGisRED, que determinadas áreas do setor de abastecimento operam com pressões superiores a 40 MCA, como apresenta a Figura 1. Essa condição se deve, principalmente, à topografia acentuada da região e ao desnível geométrico existente entre o centro de reservação e os pontos de consumo localizados em áreas de cotas altimétricas mais baixas. Nessas regiões, a diferença de altura em relação ao reservatório provoca um aumento significativo da pressão estática, o que pode gerar esforços excessivos sobre as tubulações, elevando o risco de rompimentos e vazamentos.

Outro resultado importante obtido a partir da simulação diz respeito à significativa perda de carga em determinados trechos da rede, apresentado na Figura 2. Esses pontos coincidem, em grande parte, com áreas que apresentam elevada concentração de tubulações de pequeno diâmetro

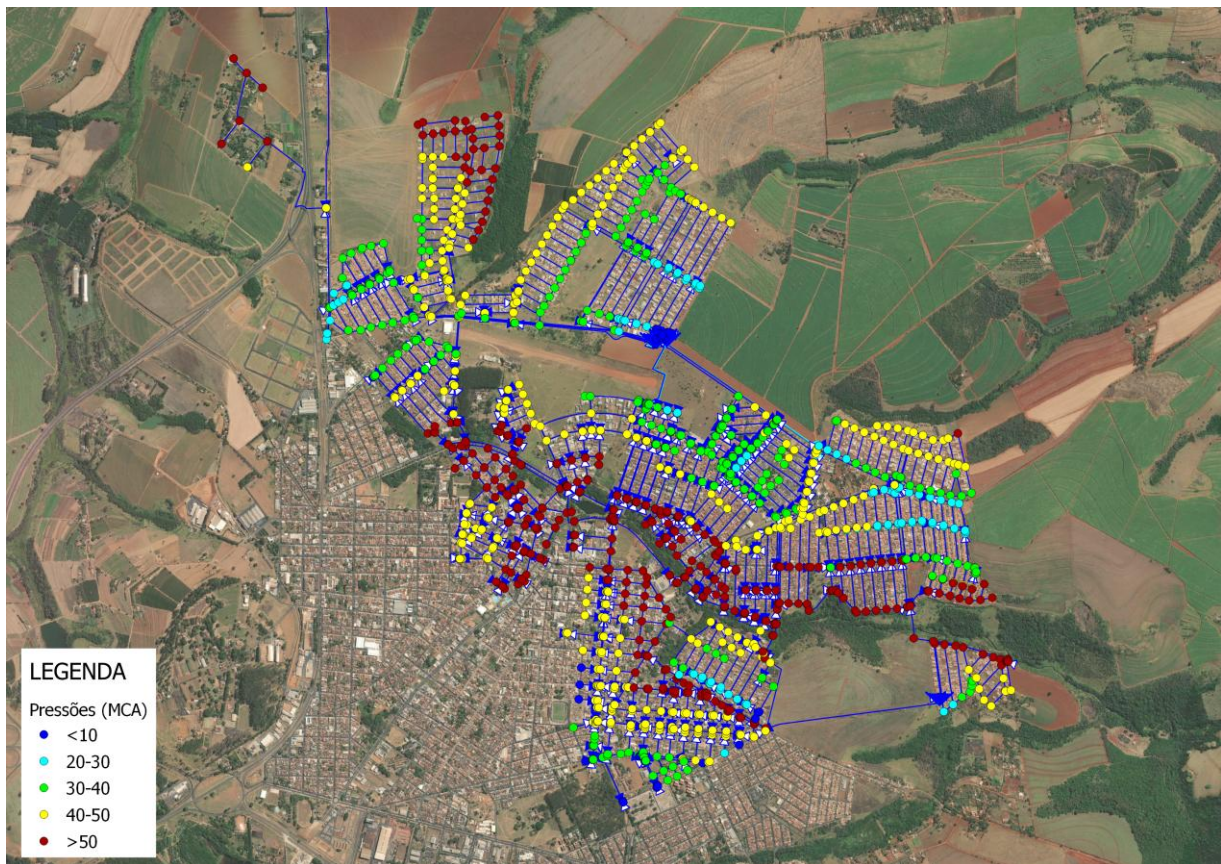


Figura 1: Pressões na hora de menor consumo

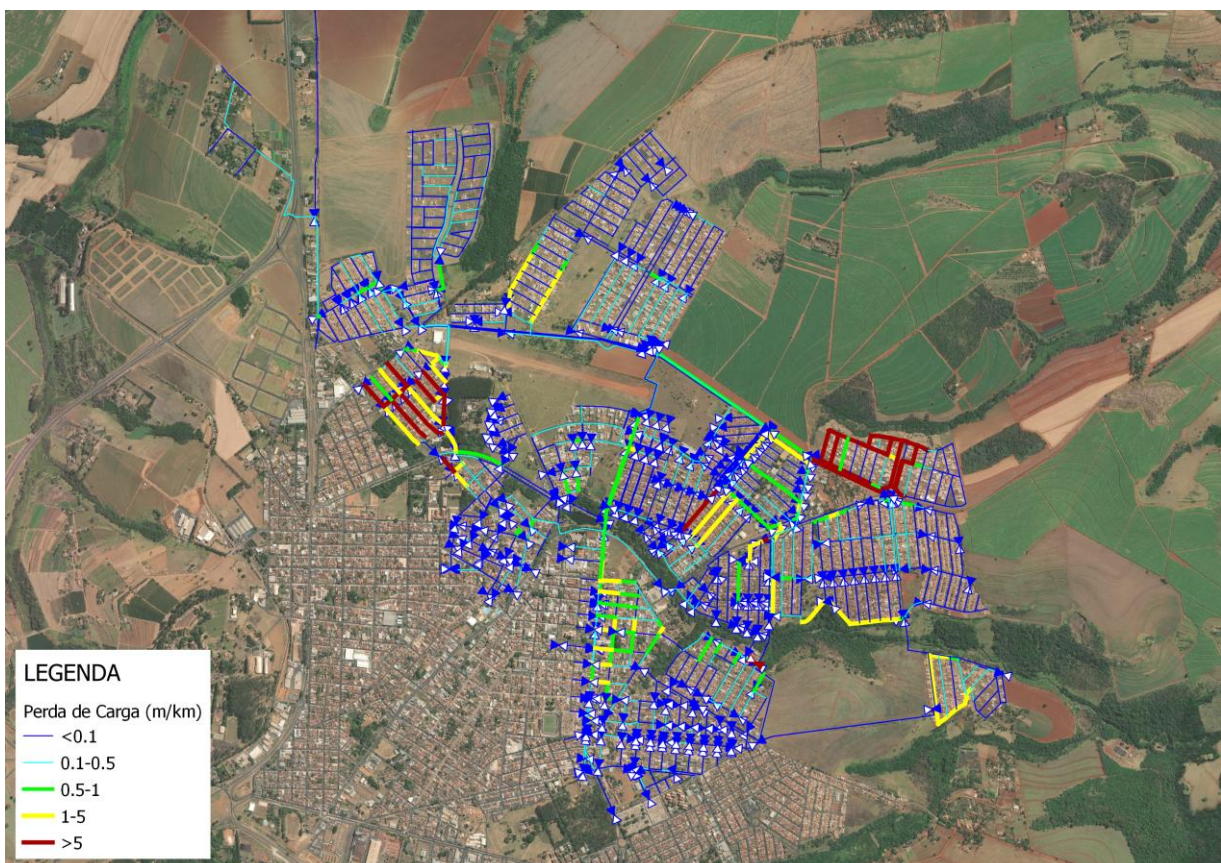


Figura 2: Perda de carga nas redes do sistema de distribuição

Ao georreferenciar as ocorrências de vazamentos e aplicar a análise espacial, foi possível construir um mapa de densidade de vazamentos, que revela as áreas com maior concentração desses eventos ao longo da rede de abastecimento, como apresentado na Figura 3.



Figura 3: Densidade da ocorrência de vazamentos identificados entre 2023 e 2024

Ao sobrepor essa visualização com os resultados da modelagem hidráulica, como mostra a Figura 4, foi possível identificar áreas críticas do sistema. Regiões com pressões mais altas coincidem com as áreas de maior incidência de falhas.



Figura 4: Cruzamento entre dados de ocorrências de vazamentos e pressões do sistema na hora de menor consumo

A análise espacial do cadastro de redes do SAA, combinada à sobreposição do mapa de densidade de vazamentos, possibilitou a identificação de padrões significativos entre o tipo de material das tubulações e as ocorrências de vazamentos no sistema. Ao segmentar a rede por material, foi possível observar que tubulações de materiais mais antigos, como ferro fundido (FoFo) e cimento-amianto (CA), apresentam uma maior concentração de falhas, especialmente nas áreas com pressões elevadas.

Os dados estudados corroboram a identificação de dois principais problemas no sistema de abastecimento de água analisado, que comprometem sua eficiência e integridade. O primeiro refere-se à inexistência de dispositivos de controle de pressão, o que permite que as partes mais baixas do sistema estejam sujeitas a pressões elevadas, principalmente nos períodos de menor consumo.

Como consequência direta, observa-se o segundo problema: o aumento da ocorrência de vazamentos e rompimentos, especialmente em trechos compostos por redes mais antigas e fabricadas com materiais mais suscetíveis a falhas. A combinação entre pressões elevadas e redes envelhecidas representa um cenário propício à perda de água, ao aumento dos custos operacionais e à redução da confiabilidade do sistema.

Com base nessa compreensão, foi possível propor um cenário alternativo, desenvolvido por meio de simulações hidráulicas. A setorização do sistema em zonas de abastecimento ou Distritos de Medição e Controle (DMC), aliada à implantação de áreas com controle de pressão por meio de Válvulas Redutoras de Pressão (VRP), apresentou resultados positivos — com destaque para a redução média de aproximadamente 20 MCA nas pressões do sistema.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As ações voltadas para a redução de perdas em sistemas de abastecimento de água devem ser desenvolvidas de maneira integrada, utilizando ferramentas modernas para gerenciamento e tomada de decisão. Isso permite que os recursos financeiros sejam alocados de forma mais eficaz, garantindo a implementação de soluções que aumentem a eficiência do sistema, minimizem desperdícios e promovam a sustentabilidade.

A adoção de tecnologias de geoprocessamento, modelagem hidráulica e análise integrada dos dados operacionais do sistema facilita a identificação de falhas, permite a otimização dos processos operacionais e contribui para que os investimentos sejam direcionados às áreas mais críticas. Como resultado, obtêm-se melhorias eficazes no abastecimento, com reflexos positivos não apenas na redução de perdas, mas também no aumento da eficiência operacional e na diminuição dos custos de CAPEX e OPEX.

Cabe destacar que as tecnologias necessárias para o gerenciamento eficiente de sistemas de abastecimento de água já estão amplamente disponíveis no mercado, incluindo diversas soluções comerciais consolidadas. No entanto, também é plenamente viável a adoção de ferramentas gratuitas e de código aberto, como o QGIS, o EPANET e o QGISRED, que possibilitam desde a integração e análise espacial dos dados até a simulação hidráulica da rede. O uso dessas ferramentas representa uma alternativa acessível para a estruturação de estratégias de controle, planejamento e otimização do sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- EPANET BRASIL. Manual do EPANET. 2009.
- GIROL, Guilherme. Aplicação da modelagem hidráulica na otimização de sistemas de abastecimento de água. 2020
- GLEICK, Peter H. (ed.). Water in crisis: a guide to the world's fresh water resources. New York: Oxford University Press, 1993. "World fresh water resources".
- HELLER, Leo. Abastecimento de água para consumo humano. 1. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2006. 860 p.
- KROL, Maik S.; BRUNNER, Philip H.; MOHAJERI, Niloofar. Urban water scarcity: a critical review on causes, effects and responses. *Frontiers in Water*, v. 3, 2021. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frwa.2021.694817/full>. Acesso em: 02 fev. 2025.
- KUSTERKO, Sheila; ENSSLIN, Sandra Rolim; ENSSLIN, Leonardo; CHAVES, Leonardo Corrêa. Gestão de perdas em sistemas de abastecimento de água. [S.l.: s.n.], [s.d.].
- MOTTA, Renato Gonçalves da. Importância da setorização adequada para combate às perdas reais de água de abastecimento público. 2010.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Água e saneamento: Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6. 2023. Disponível em: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/water-and-sanitation/>. Acesso em: 02 fev. 2025.
- POMPEU, Cid Tomanik. Direito de águas no Brasil. 2. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2010. p. 70.



REBOUÇAS, Aldo da Cunha. Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, Aldo da Cunha. Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. 4. ed. São Paulo: Escrituras, 2015.

TARDELLI FILHO, Jairo. Aspectos relevantes do controle de perdas em sistemas públicos de abastecimento de água. Revista DAE, v. 64, n. 201, 2016.