



## Modelagem hidráulica e simulação de diferentes cenários no sistema de abastecimento de água da cidade de Jataizinho-PR

### Hydraulic modeling and simulation of different scenarios in the water supply system of the city of Jataizinho-PR

Thiago Naoki Kikuchi<sup>1</sup>, Beatriz Yukari Takara<sup>2</sup>, Matheus Yudi Fujiike Ferreira<sup>3</sup>,  
Ajadir Fazolo<sup>4</sup>

#### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi entender melhor o funcionamento do sistema de abastecimento de água da cidade de Jataizinho, PR, e propor alternativas operacionais visando reduzir as perdas de água e o consumo de energia elétrica. Foram realizadas a modelagem hidráulica e simulações na rede existente, com a introdução de válvulas redutoras de pressão (VRP) e/ou inversores de frequência (IF). As pressões foram avaliadas nos horários críticos das 4h (menor consumo e maior pressão) e 12h (maior consumo e menor pressão). Como resultados, pode-se observar que na rede de distribuição existente, as pressões atingem valores acima de 50 mca em uma ampla faixa da área urbana, contribuindo para perdas de água de 55,3%, e o consumo de energia alcança 40 kW/m<sup>3</sup>. A instalação de VRP, permitiram adequar as pressões na rede, e os IF, possibilitam reduzir o consumo de energia elétrica para 34 kWh/m<sup>3</sup>. Os ganhos energéticos podem ser maiores, já que com a diminuição perdas as bombas seriam menos acionadas para suprir a demanda.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eficiência energética; Epanet, perdas de água; modelagem hidráulica, simulação.

#### ABSTRACT

The objective of this work was to better understand the functioning of the water supply system in the city of Jataizinho, PR, and to propose operational alternatives aimed at reducing water losses and electricity consumption. Hydraulic modeling and simulations were carried out on the existing network, with the introduction of pressure reducing valves (VRP) and/or frequency inverters (IF). The pressures were evaluated at the critical times 4h (lowest consumption and highest pressure) and 12h (highest consumption and lowest pressure). As a result, it can be observed that in the existing distribution network pressures reach values above 50 mca in a wide range of the urban area, contributing to water losses of 55.3%, and energy consumption reaches 40 kW/m<sup>3</sup>. The installation of the VRP made it possible to adjust the pressures in the network and the IFs made it possible to reduce electrical energy consumption to 34 kWh/m<sup>3</sup>. The energy gains could be greater, as with the reduction in losses the pumps would be activated less to meet demand.

**KEYWORDS:** Energy efficiency; Epanet, water losses; hydraulic modeling, simulation.

## INTRODUÇÃO

De acordo com GOMES (2019), um sistema de abastecimento de água (SAA) consiste em um conjunto de equipamentos, obras e serviços voltados para o suprimento de água de uso doméstico, industrial e público, devendo garantir um atendimento contínuo às demandas, considerando os aspectos da quantidade, qualidade, eficiência do processo produtivo e acima de tudo, respeito ao meio ambiente.

<sup>1</sup> Bolsista do Programa de Bolsas de Iniciação Científica e Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: kikuchi@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 6913344706381535.

<sup>2</sup> Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: beatriztakara@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 1087839564999699.

<sup>3</sup> Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: matfer.1999@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 9437668073661042.

<sup>4</sup> Docente no Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil. E-mail: afazolo@professores.utfpr.edu.br. ID Lattes: 6444873963227829.

Uma rede de distribuição de água é definida como sendo uma combinação de tubos, componentes hidráulicos (bombas e válvulas) e estruturas hidráulicas (reservatórios e estações de bombeamento) interconectados, com o propósito de transportar água potável para população, em quantidade e qualidade satisfatória (CHEUNG, 2004).

Ainda, conforme Cheung (2004), a operação de sistemas urbanos de distribuição de água é uma tarefa complexa, sendo necessário garantir confiabilidade de atendimento das demandas de consumo, com pressões desejadas e economia de energia elétrica no uso dos equipamentos de manobra. Durante a operação desses sistemas, o seu comportamento hidráulico é influenciado pela mudança dos padrões temporais de consumo, variação dos níveis dos reservatórios, acionamento e desligamento de bombas, abertura e fechamento de válvulas etc., que resultam na oscilação das pressões e velocidades nos escoamentos.

Nas últimas décadas, softwares auxiliares têm sido utilizados, visando melhorar o entendimento e desempenho dos SAA. Modelos hidráulicos, com base nos conceitos físicos, foram desenvolvidos para reproduzir, da melhor forma possível, o comportamento do fluxo da água nas tubulações e acessórios do sistema modelado (SALVINO, 2012).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho do SAA da cidade de Jataizinho, PR, por meio da modelagem e de simulações hidráulicas, propondo alternativas de melhorias da performance operacional, por meio da adequação das pressões na rede de distribuição e aumento da eficiência energética.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no SAA da cidade de Jataizinho, PR (Figura 1).

Figura 1 – Principais unidades do SAA e perfil topográfico da cidade de Jataizinho-PR



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

A água é captada no rio Tibagi (50 L/s) e bombeada (B2) até o Estação de Tratamento de Água (ETA). Em seguida, a água é armazenada no reservatório apoiado

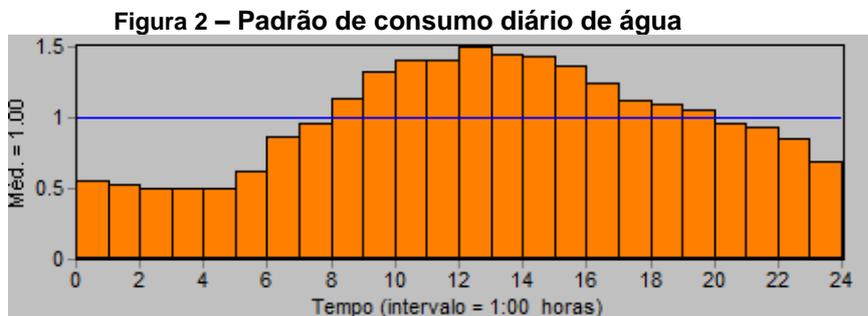
(RAP1) com capacidade para 1550 m<sup>3</sup>. Tendo em vista a topografia da cidade, o RAP1 abastece, por bombeamento (B1), o reservatório elevado (REL1) de 50 m<sup>3</sup>, e por gravidade, parte da área urbana e o Booster (B3), que recalca a água até o REL2 (100 m<sup>3</sup>).

De acordo com os dados do SNIS (2021), são abastecidas 11809 pessoas, que consomem, em média, 1717 m<sup>3</sup>/d. A produção de água é de 3843 m<sup>3</sup>/d, resultando em perdas na distribuição, de 55,3%. As variações de consumo diária ( $K_1 = 1,2$ ) e horárias ( $K_{2\text{mínima}} = 0,5$  e  $K_{2\text{máxima}} = 1,5$ ) foram adotadas como típicas para a cidade (NBR 12218/2017).

O software Epanet 2.0, foi utilizado para a modelagem e simulação dos cenários. Os dados necessários foram obtidos em visitas a campo, bancos de dados (SNIS) e outras informações disponíveis na internet.

De modo a facilitar a alimentação dos dados no Epanet, foram utilizados softwares auxiliares, tais como AutoCad, QGis, planilhas Excel, entre outros.

Foi adotado o padrão de consumo mostrado na Figura 2.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Foram modelados e simulados 04 (quatro) cenários: i) Rede existente; ii) Rede existente + válvulas redutoras de pressão (VRP); iii) Rede existente + inversores de frequência (IF) nos motores das bombas B1 e B3; iv) Rede existente + VRP + IF (B1 e B3).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

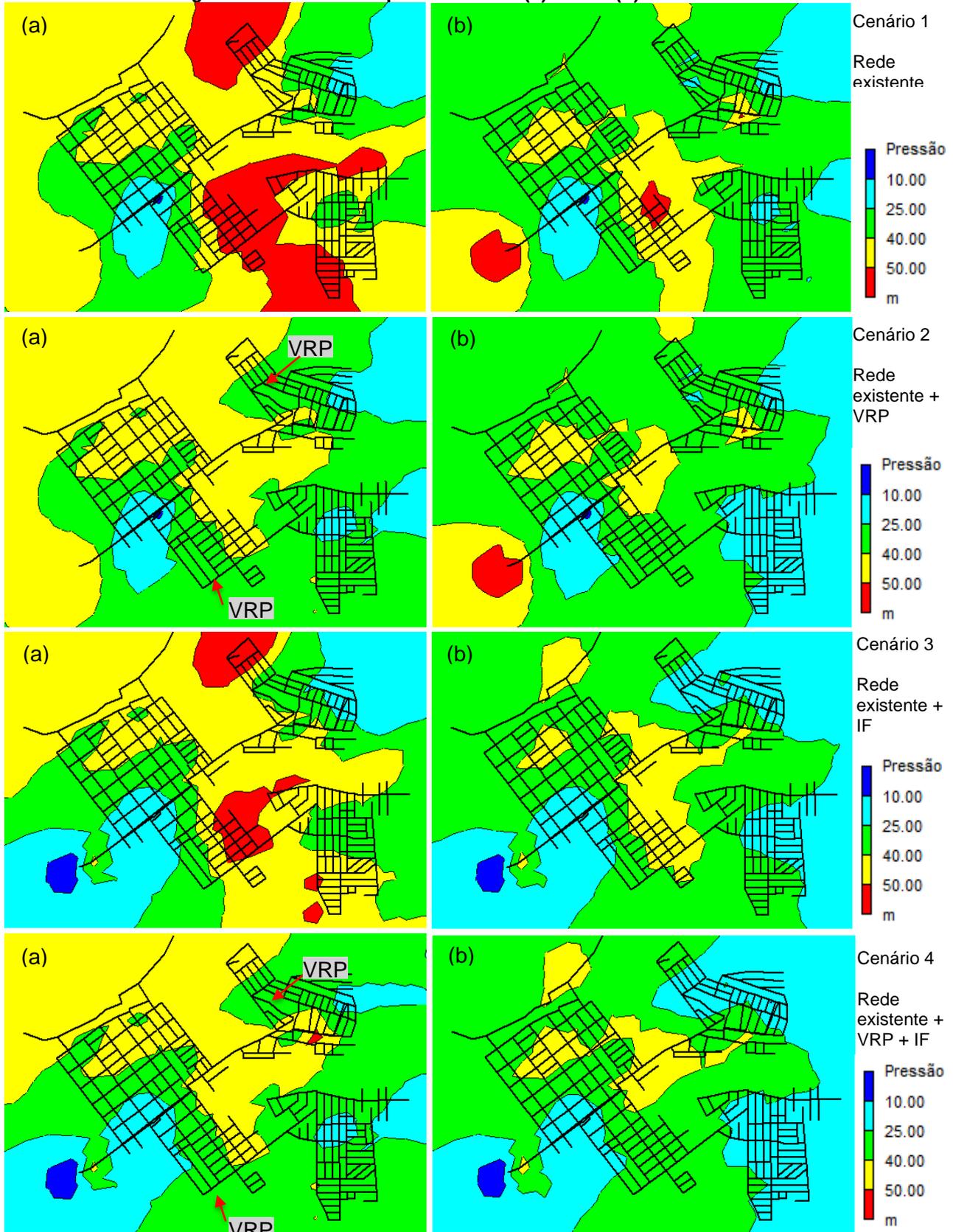
A Figura 3, apresenta as isolinhas de pressão nos 04 cenários, nos horários de interesse: 4h (menor consumo e maior pressão) e 12h (maior consumo e menor pressão).

Conforme a NBR 12218/2017, a pressão estática máxima deve ser de 40 mca (metros de coluna d'água), podendo chegar a 50 mca em regiões com topografia acidentada, e a pressão dinâmica mínima, de 10 mca, sendo recomendada, entre 25 mca e 30 mca com o objetivo de diminuir as perdas reais.

Se observa, no cenário 1 (4h), áreas com pressão acima de 50 mca, relacionada a topografia do local (Figura 1), e que a instalação do IF nos motores que acionam as bombas (cenário 3), não reduzem substancialmente as pressões. Para estes cenários, no horário do almoço, as pressões são superiores a 10 mca, indicando que não há falta d'água ou intermitência no abastecimento.

As pressões podem ser adequadas, por meio da instalação de VRPs, em pontos estratégicos da rede de distribuição de água, possibilitando a redução das perdas físicas.

Figura 3 – Isolinhas de pressão às 4h (a) e 12 h (b) nos 4 cenários



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

A Figura 4, resume os principais parâmetros relacionados ao gasto de energia.

**Figura 4 – Relatórios de Energia nos 4 cenários**

**Cenário 1 – Rede Existente**

Bomba	Porcentagem Utilização	Rendimento Médio	kWh /m <sup>3</sup>	kW Médio	kW Máximo	Custo /dia
B1	42.23	70.00	0.05	14.45	14.66	109.99
B2	85.66	70.00	0.21	50.35	50.45	797.02
B3	38.41	70.00	0.14	15.00	15.53	105.67
Custo Total						1012.68

**Cenário 2 – Rede Existente + VRP**

Bomba	Porcentagem Utilização	Rendimento Médio	kWh /m <sup>3</sup>	kW Médio	kW Máximo	Custo /dia
B1	42.43	70.00	0.05	14.45	14.66	111.40
B2	86.84	70.00	0.21	50.35	50.45	805.62
B3	38.59	70.00	0.14	15.00	15.53	105.56
Custo Total						1022.58

**Cenário 3 – Rede Existente + IF**

Bomba	Porcentagem Utilização	Rendimento Médio	kWh /m <sup>3</sup>	kW Médio	kW Máximo	Custo /dia
B1	100.00	70.00	0.03	3.95	6.05	70.97
B2	84.17	70.00	0.21	50.33	50.44	786.11
B3	100.00	70.00	0.08	3.24	5.29	58.10
Custo Total						915.18

**Cenário 4 – Rede Existente + VRP + IF**

Bomba	Porcentagem Utilização	Rendimento Médio	kWh /m <sup>3</sup>	kW Médio	kW Máximo	Custo /dia
B1	100.00	70.00	0.04	4.50	7.52	80.57
B2	86.19	70.00	0.21	50.36	50.45	801.13
B3	100.00	70.00	0.09	3.82	5.25	69.10
Custo Total						950.80

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Se observa que a instalação de IF acoplados aos motores elétricos, por modularem a vazão e a pressão do SAA, resultam em menores consumos de energia. Comparando-se com o sistema existente atualmente, o consumo pode ser reduzido de 40 kWh/m<sup>3</sup> para 32 kWh/m<sup>3</sup> e 34 kWh/m<sup>3</sup>, nos cenários 3 e 4, respectivamente.

Considerando-se a redução de pressão (redução das perdas físicas) e o consumo de energia elétrica, possivelmente, a instalação de VRP e IF seria a opção mais vantajosa.



## CONCLUSÕES

A modelagem e simulação de cenários, com softwares como o Epanet, pode ser uma ferramenta útil para o entendimento, avaliação e melhoria dos SAA.

Com a instalação estratégica de VRP, na rede de distribuição, pode-se adequar as pressões e, conseqüentemente, reduzir as perdas de água, atualmente em 55,3%.

A modulação das pressões e vazões na alimentação das redes de distribuição, por meio de IF, permite reduzir o consumo de energia elétrica de (40 kWh/m<sup>3</sup>) para 34 kWh/m<sup>3</sup>.

Deve-se destacar que, com a redução das pressões (diminuição perdas de água) os ganhos energéticos seriam maiores, pois os conjuntos motobombas funcionariam por menos tempo para suprir a demanda.

## Agradecimentos

Agradeço o Programa de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) e a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) pela bolsa de iniciação científica; aos meus colegas Beatriz e Matheus, e meu orientador Aجادir, que me ajudaram a desenvolver esse trabalho.

## Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 12.218. **Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público - Procedimento**. p.1-23, 2017.

CHEUNG, Peter. Batista. **Análise de reabilitação de redes de distribuição de água para abastecimento via algoritmos genéticos multiobjetivo**. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento), EESC - USP, São Carlos, p. 268. 2004.

GOMES, Heber Pimentel. P. **Abastecimento de Água**. João Pessoa: UFPB, p. 464, 2019

HELLER, Léo; PÁDUA, Valter Lúcio de. **Abastecimento de Água para Consumo Humano**. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2010.

ROSSMAN, Lewis. A. **Manual do utilizador EPANET 2.0** em português. Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento, UFPB, João Pessoa, Brasil, 2009.

SALVINO, Moisés Menezes. **Modelagem computacional visando a reabilitação de redes hidráulicas**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). UFPB/CT, João Pessoa, p. 148. 2012.

SNIS – **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos 2021**. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Brasília, 2021.