



XI-06 – COMBATE ÀS PERDAS ATRAVÉS DA MODELAGEM HIDRÁULICA E AÇÕES DE PERDAS APLICADAS

Thaís Magalhães⁽¹⁾

Engenheira Mecânica pela Faculdade Anhanguera.

Luana Alves Teixeira⁽²⁾

Engenheira Civil pela Universidade Anhembi Morumbi.

Endereço⁽¹⁾: Rua Ministro Nelson Hungria, 239 – Vila Tramontano – São Paulo - SP - CEP: 05690-050 - Brasil – (11) 93065-6681- e-mail: thais.magalhaes@effico.com.br

Endereço⁽²⁾: Rua Ministro Nelson Hungria, 239 – Vila Tramontano – São Paulo - SP - CEP: 05690-050 - Brasil – (11) 99235-0886 - e-mail: luana.alves@effico.com.br

RESUMO

O combate às perdas de água no sistema de abastecimento é uma atividade de suma importância, quando o objetivo é a melhora da sua eficiência. A redução dessas perdas permite que se tenha uma diminuição de custos de produção, por meio de um menor consumo de energia, distribuição de produtos químicos, entre outros (ROSSMAN, 2000).

Entretanto, no combate as perdas, muitas vezes são necessários ações de alto custo em sua execução, por exemplo, renovação da infraestrutura, instalação de macromedidores associados às zonas de pressão, onde são instaladas válvulas redutoras de pressão, pesquisa e consertos de vazamentos e dentre outras ações. Portanto, é imprescindível que haja uma definição assertiva das áreas onde será aplicado as ações de combate as perdas.

A avaliação das perdas de água, nos sistemas de distribuição, é feita com base em equações empíricas, que utilizam informações, agrupadas e totalizadas, de uma área. Isto torna necessária sua subdivisão em frações cada vez menores, na busca da fração mais crítica. O uso de modelos de simulação hidráulica é uma ferramenta de alta importância para obtenção das informações necessárias para a elaboração de um diagnóstico de perdas de água, e definição de ações de perdas, que irá proporcionar assertividade e bons resultados que justifiquem e viabilizam os investimentos de redução dos volumes perdidos.

Este estudo irá apresentar os resultados obtidos com as ações de perdas aplicadas em um subsetor controlado por VRP na cidade de Jundiaí, município de São Paulo, através da modelagem hidráulica.

PALAVRAS-CHAVE: Redução de Perdas, Modelagem Hidráulica, Balanço Hídrico, Válvula Redutora de Pressão, Macromedição.

INTRODUÇÃO

Um dos principais indicadores de desempenho para as empresas que produzem e são responsáveis pelo abastecimento de água, são as perdas. Segundo a *IWA (International Water Association)*, definem-se perdas como “toda perda real ou aparente de água ou todo o consumo não autorizado que determina aumento do custo de funcionamento ou que impeça a realização plena da receita operacional”.

As perdas são geradas por diversos fatores, podendo ser eles, físicos, comerciais, ambientais e entre outros. Estes influenciam diretamente nos valores medidos no sistema de abastecimento.

A utilização da metodologia *IWA* para o cálculo do Balanço hídrico é mundialmente conhecida para o direcionamento das ações de acordo com seus indicadores resultantes. Conforme descrito, é possível conhecer, como seu resultado, os valores perdidos física ou comercialmente. Se destaca então a importância de se conhecer e fazer a gestão do cadastro comercial, considerando que a ferramenta leva como base para seu cálculo este valor para presumir a quantidade de água perdida por diferença, em perdas reais. A maior assertividade dos dados inseridos na planilha *EasyCalc* corrobora para o direcionamento das ações ao combate

as perdas de forma que se distribua as ações conforme a necessidade, no tempo, mostrando que nem sempre os maiores investimentos trarão os melhores resultados naquele momento específico do estudo.

Este trabalho tem como objetivo o estudo da redução das perdas de água, através da modelagem hidráulica, e ações de perdas aplicadas, o trabalho demonstra à exemplificação a metodologia de FAVAD proposta por Jonh May (1994), a qual foi aplicada em um setor real, sendo localizado no município de Jundiaí, na cidade de São Paulo.

Conforme o balanço hídrico mais recente do município, as perdas totais de água consideradas foram de 34,9%. Levando em consideração que este é o índice médio do município, ou seja, varia o indicador de perda de um subsetor a outro, conforme características de abastecimento (perda de carga e pressão por exemplo), como características comerciais (possibilidade de fraudes, hidrômetros antigos etc.). Os índices de atendimento pelos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário indicam que o município já atingiu um nível bastante elevado de prestação de serviços de saneamento, possibilitando assim, mais investimentos em eficiência da prestação dos serviços, reduzindo as perdas de água potável e possibilitando a otimização operacional do sistema.

O uso de modelos de simulação hidráulica é uma ferramenta de alta importância para obtenção das informações necessárias para a elaboração de um diagnóstico de perdas de água, e o direcionamento de ações nos trechos mais críticos. Desta forma torna-se valioso saber o grau de confiabilidade nos resultados dos dados na simulação, para a avaliação da área em estudo e definição de ações de perdas, que irá proporcionar assertividade e bons resultados que justifiquem e viabilizam os investimentos de redução dos volumes perdidos.

O desenvolvimento desse trabalho contou com o apoio e a participação da Departamento de Água e Esgoto (DAE Jundiaí).

OBJETIVO DO TRABALHO

Demonstrar os métodos construtivos capazes de reduzir as perdas de água tratada no sistema de distribuição, causadas pela falta da qualidade de gestão e ineficiência do abastecimento de água, por meio do estudo de modelagem hidráulica e o estudo da implantação de válvulas redutoras de pressão.

- Diagnóstico e Concepção do setor através da modelagem hidráulica para direcionamento de ações ao Combate às perdas de água;
- Implantação de Válvula redutora de pressão;
- Analisar resultados e impacto no *payback*.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo está localizada na Zona Leste do município de Jundiaí, com uma área de 68,46 km² e população estimada de 100.199 habitantes (DAE), que correspondem a aproximadamente 15,9% do território e 23,7% da população total do município.

O Sistema de Distribuição, conta atualmente com 11 reservatórios em operação, totalizando um volume de 8.685 m³. Há ainda incluso no sistema, porém desativado, 01 reservatório elevado com capacidade de 400 m³. Todos os reservatórios possuem telemetria com possibilidade de monitoramento através do software de gestão do sistema ThorViewer. O Sistema de abastecimento ainda possui 19 Casas de Bomba e 08 VRPs em operação.

O modelo matemático do SAA de Jundiaí, que abastece a zona leste, o qual é nomeado como Grupo 2, foi elaborado com base nas informações cadastrais dos equipamentos e redes, dos perfis de consumo e indicadores operacionais, tanto para a situação atual como do cenário futuro fornecidos pela DAE em formato shapefile (.shp) e dados de telemetria.

Os sistemas hidráulicos do modelo matemático foram elaborados considerando a totalidade das tubulações existentes na área contemplada pelo Grupo 2, além de todos os equipamentos existentes como válvulas

reduzidoras de pressão, estações elevatórias de água e reservatórios. Desta forma foi assegurada a abrangência de todos os elementos lineares e localizados do sistema relativo ao Grupo 2.

A área utilizada para este estudo foi a atualmente conhecida como VRP 10A. De acordo com histórico da DAE, esta área apresenta cerca de 65% de perdas de água. A área apresenta alto grau de fraudes e ligações clandestinas, corroborando para aumento da perda comercial e, somado a isso, alto índice de vazamentos em rede devido pressões elevadas no setor.

Foi realizado a análise da situação atual da área de estudo, denominada VRP 10A, através do modelo hidráulico calibrado, e a partir de aí foi elaborado o estudo de concepções na área, as quais foram aplicadas em campo.

As etapas do trabalho serão descritas a seguir:

PRIMEIRA ETAPA: DIAGNÓSTICO DO MODELO CALIBRADO

Os estudos desenvolvidos nesta etapa, correspondem ao diagnóstico do modelo calibrado, que tem como premissa a análise dos dados apresentados no modelo, descrevendo a operação do sistema e apontando problemas que possam a vir a ocorrer na área com o objetivo de melhorar as condições de gerenciamento.

Para obter um modelo calibrado é necessário realizar algumas etapas anteriores, as quais são de extrema importância, sendo elas:

Definição do simulador hidráulico

Deve-se levar em conta qual o tipo de simulador matemático será escolhido. A estratégia para a escolha do modelo de simulação hidráulica consiste na comparação de suas características com base nas informações disponibilizadas pelos fornecedores e por experiências de outros usuários. Aspectos que devem ser analisados paralelamente:

- Custo;
- Facilidade de Utilização;
- Operacionalidade e flexibilidade do programa;
- Robustez do modelo;
- Velocidade de processamento;
- Componentes representados;
- Interface com o utilizador;
- Características do modelo de qualidade;
- Integração com base de dados de CAD, SIG e SCADA;
- Apoio técnico e a documentação.

Levantamento de Dados

- Levantamento de dados - caracterização física e operacional atual do setor de abastecimento;
- Levantamento dos limites existentes de setor de abastecimento;
- Levantamento e análise dos estudos e projetos existentes;
- Levantamento de dados relativos a micromedições mensais;
- Avaliação das condições operacionais quanto ao atendimento de demandas e pressão de trabalho das redes;
- Análise e compatibilização dos dados levantados;
- Identificação de áreas com altas pressões;
- Identificação de áreas com baixas pressões;
- Análise de áreas com deficiência no abastecimento;
- Análise dos equipamentos existentes, quanto das áreas de atendimento;

A partir do levantamento de todas essas informações, é construído o modelo hidráulico preliminar. A construção do modelo compreende a definição da estrutura da rede dentro da plataforma do *software* de modelagem, quanto à localização e altimetria das tubulações e suas principais propriedades do ponto de vista hidráulico: diâmetro, material e coeficiente de atrito, assim como a definição dos demais equipamentos presentes na rede de abastecimento.

CALIBRAÇÃO DO MODELO HIDRÁULICO

O termo calibração na modelagem hidráulica refere-se ao levantamento de grandezas hidráulicas coletadas em campo na área de estudo, a fim de computar esses dados no modelo para que este apresente os resultados que cheguem o mais próximo da realidade.

O levantamento de grandezas hidráulicas trata-se de serviços de monitoramento em campo, sendo eles campanhas de medição de pressão e vazão durante 7 dias consecutivos. Os pontos e grandezas monitorados são: pressão e vazão na entrada do setor e pressão nos pontos de mínima, média e máxima pressão dentro do setor, sendo estes três últimos nomeados como pontos críticos do setor.

Os dados coletados em campo, são computados nos elementos do modelo hidráulico, entende-se como elementos do modelo hidráulico, Reservatório, Tanque, Junção, Tubulação, Bomba e Válvulas (Walski et al., 2003).

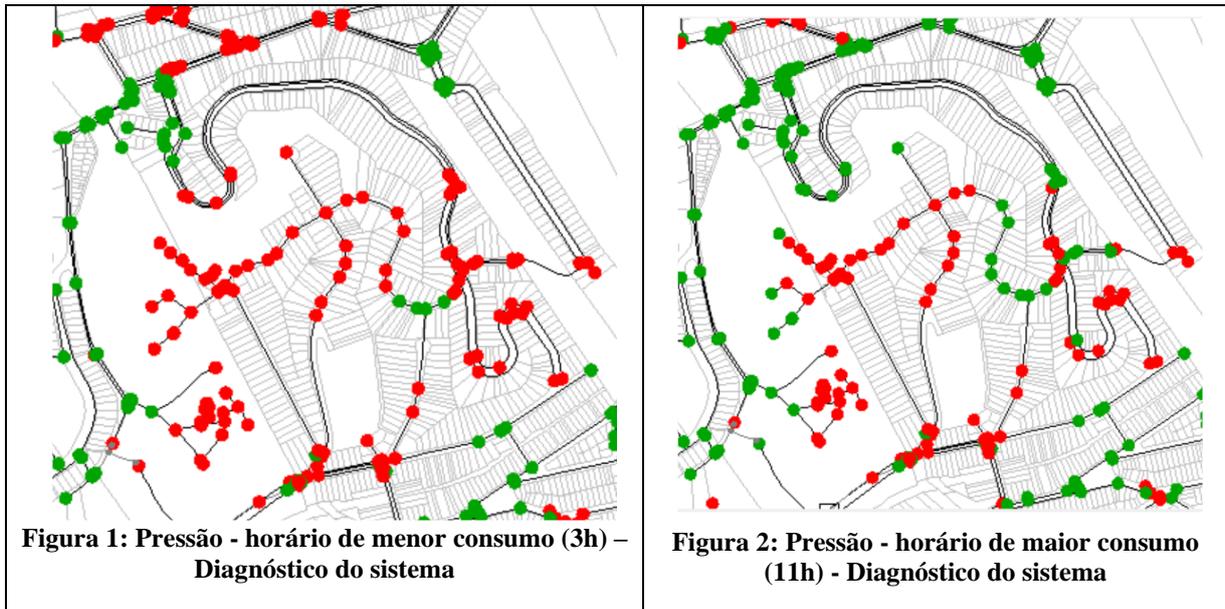
Tabela 1 – Elementos do modelo hidráulico, (Walski et al, 2003).

Elemento	Tipo de representação	Função
Reservatório	Nó	Prover água ao sistema
Tanque	Nó	Estoca o excesso de água do sistema e devolve nos horários de pico de consumo
Junção	Nó	Retira ou coloca vazão de água no sistema
Tubulação	Linha	Conduz água de uma junção a outra
Bomba	Nó ou Linhas	Aumenta a carga hidráulica para sobrepor desníveis geométricos ou perdas de carga
Válvulas	Nó ou Linhas	Controla a pressão ou vazão no sistema de acordo com critérios definidos

Neste trabalho o termo “calibração” é utilizado no sentido de se ajustar o modelo de forma que este forneça resultados que estejam dentro de uma faixa de valores (máximos e mínimos) que representam o comportamento médio esperado do sistema real modelado, de acordo com os dados obtidos em campo. No caso da área de estudo, é atendido desvio máximo de +-10%.

RESULTADOS - PRIMEIRA ETAPA

Após modelo calibrado, constatou-se na área de estudo, denominada VRP 10A, pressões elevadas no setor, conforme mostra Figuras 1 e 2 abaixo, trazendo as pressões nos horários de maior e menor consumo.



Legenda: ● Pressões ≤ 50mca ● Pressões ≥ 50mca

Em valores, foram constatados para os horários de maior e menor consumo as pressões mínima, média e máxima:

Tabela 2: Pressões mínima, média e máxima - antes das concepções

Dados das pressões dinâmicas	Horário de menor consumo (3h)	Horário de maior consumo (11h)
Pressão mínima [mca]	14,96	10,08
Pressão média [mca]	42,36	40,26
Pressão máxima [mca]	59,86	59,67

A partir dos resultados encontrados e analisados, foi possível propor soluções ao sistema de forma a garantir a eficiência de abastecimento do setor, conforme serão relatadas a seguir.

SEGUNDA ETAPA: ELABORAÇÃO DE CONCEPÇÃO PARA O SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

De forma inicial foi proposto criação de um distrito de medição e controle (DMC), sendo possível o gerenciamento de vazão e pressão do setor criado. Para isolamento do setor foram instalados dois registros que deverão ser manobrados e fechados garantindo estanqueidade do setor e, em adição, foi instalado conjunto hidromecânico, contendo macromedidor + Válvula redutora de pressão. Houve necessidade também de interligação de rede, a fim de redirecionar o fluxo de abastecimento, diminuindo a perda de carga em um trecho de rede e, em adição, abrangendo a área de atuação da VRP.

Antes da instalação do conjunto hidromecânico foi realizada a validação do setor por meio de teste de estanqueidade e, após validado o teste, foram instalados os equipamentos necessários na entrada que fazem a gestão de vazão e pressão.

No modelo hidráulico é realizado estudo para verificará qual valor que a VRP operará de forma que não cause interrupção no abastecimento.

O setor teve dois períodos de medição, validação e pré-operação. Ambas as medições ocorreram por 7 dias consecutivos e com tomada de pressão e vazão no ponto de entrada do setor e pressões nos pontos de mínima e média pressão. Na campanha de medição para Validação do setor, as medições ocorrem sem atuação da VRP.

Após Validação, a VRP é colocada em operação, de acordo com dados de saída do modelo hidráulico, e então, realizada a campanha de Pré-operação por 7 dias consecutivos.

O potencial de recuperação da VRP proposta, foi calculado através da relação entre pressão e a vazão de vazamentos, denominada FAVAD (*Fixed and Variable Area Discharge* – Conceito de área fixa e variável), conforme a equação 1.

$$\frac{Q_1}{Q_0} = \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{N1} \quad \text{equação (1)}$$

Sendo:

- Q0 – Vazão inicial (l/s) – cenário setorização e VRP desativada;
- Q1 – Vazão final (l/s);
- P0 – Pressão média inicial (mca) – cenário setorização e VRP desativada;
- P1 – Pressão média final (mca) – cenário setorização e VRP ativada;
- N1 – Coeficiente do tipo de material das tubulações da área estudada, variando de 0,5 a 2,5, conforme apresentados na Tabela 5.

Tabela 03 - Valores para N1.

N1	MATERIAL
0,5 a 1,5	Ferro Fundido/Aço
1,5 a 2,5	PVC/Pead

• DEFINIÇÃO DO N1

A partir dos dados do modelo hidráulico, foi realizado as estimativas de potencial de recuperação de cada área a partir de dois conceitos distintos, resultando em um N1.

De forma geral, para o cálculo do N1 aplicou-se a ponderação entre os tipos de materiais existentes no setor, representado pela equação 2.

$$N1_{(A)} = (\%metálicos * 0,5) + (\%plásticos * 1,5) \quad \text{equação (2)}$$

Sendo:

- % metálicos – porcentagem de rede de material do tipo metálico (Aço e Fofó);
- % plásticos – porcentagem de rede de material do tipo plástico (PEAD e PVC).

O N1 foi calculado baseado apenas nas redes da área a ser estudada, resultando em uma extensão de rede de água de aproximadamente 5,3km. As características da área são detalhadas na Tabela 5 a seguir.

As figuras 4, 5 e 6 abaixo trazem os resultados comparativos de vazão e pressão de entrada no sistema bem como ponto crítico de mínima pressão, nas campanhas de Validação e pré-operação do setor. A pressão na entrada da VRP foi regulada para operar com saída fixa de 50mca no dia 01 de julho de 2022, às 12h50min, onde apresentava, neste horário, pressão à montante média de 78,30mca. O ponto crítico de mínima pressão foi monitorado durante o início de operação da VRP, ficando com média de 25,8mca.

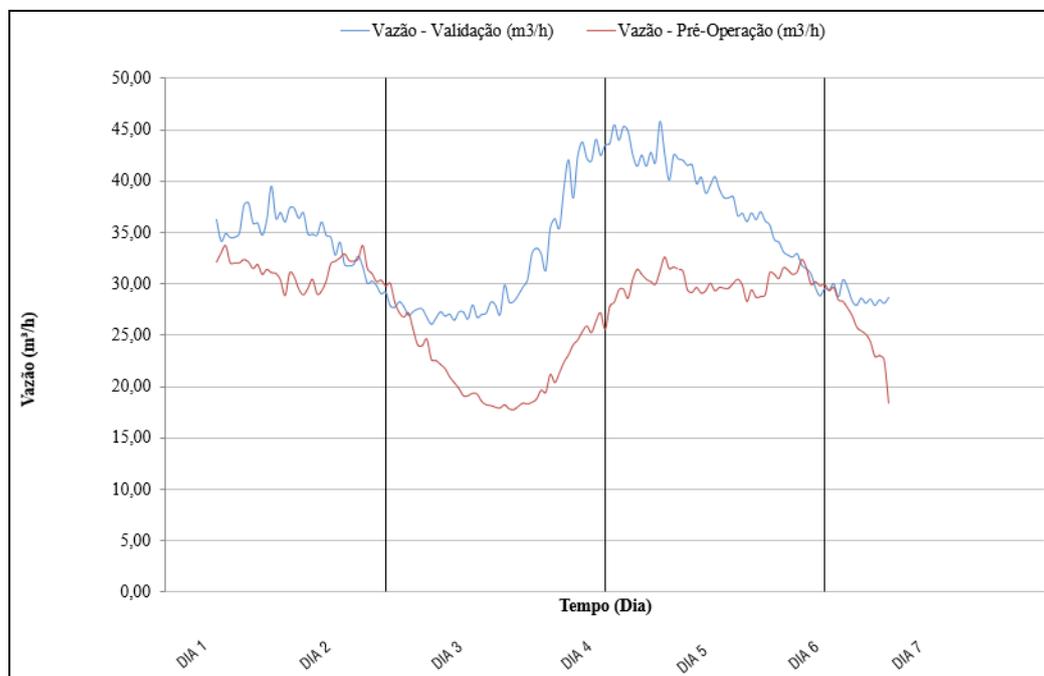


Figura 4 – Vazão de entrada do setor - Validação e Pré-operação

A Figura 4 apresenta o comparativo entre as vazões montante na fase de validação e pré-operação. No gráfico acima foi registado uma vazão média de 9,29 l/s, com a aplicação da VRP regulada na fase de pré-operação, a vazão média passou a ser 7,3 l/s, uma redução de quase 2 l/s, que gera uma redução na vazão de 60 l/mês.

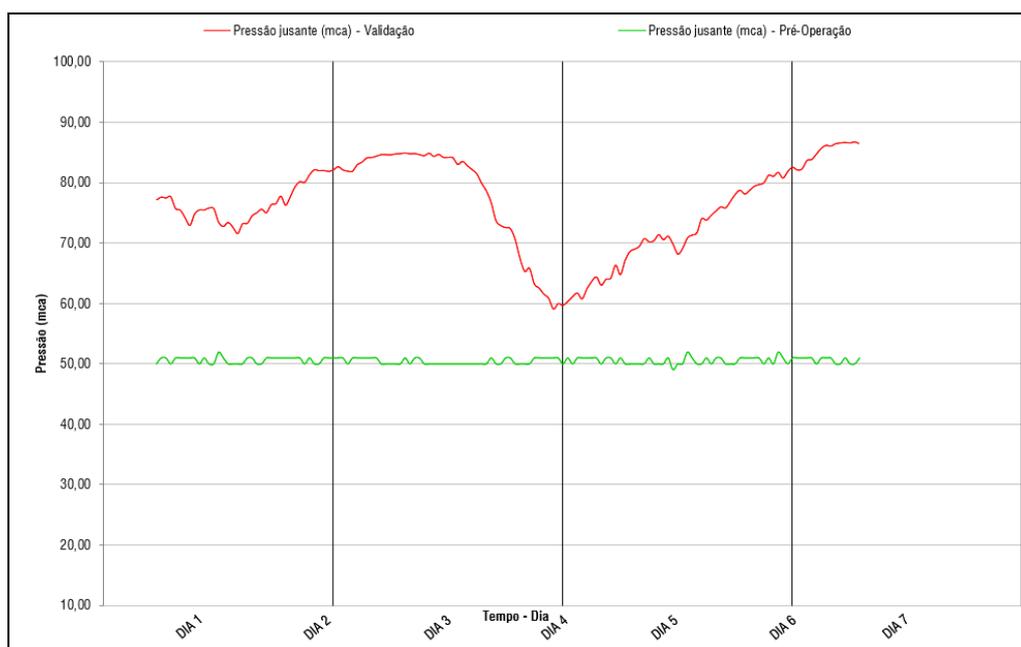


Figura 5 – Pressão Jusante do setor - Validação e Pré-operação

A figura 5 apresenta o comparativo entre as pressões jusante na fase de validação e pré-operação. A entrada da área sem a regulagem da VRP apresentou pressão média de 76 mca, chegando a pressões maiores que 80 mca, em determinados períodos. No período de pré-operação a VRP 10A foi regulada para operar com pressão fixa de 50 mca, diminuindo a pressão da área em 25 mca.

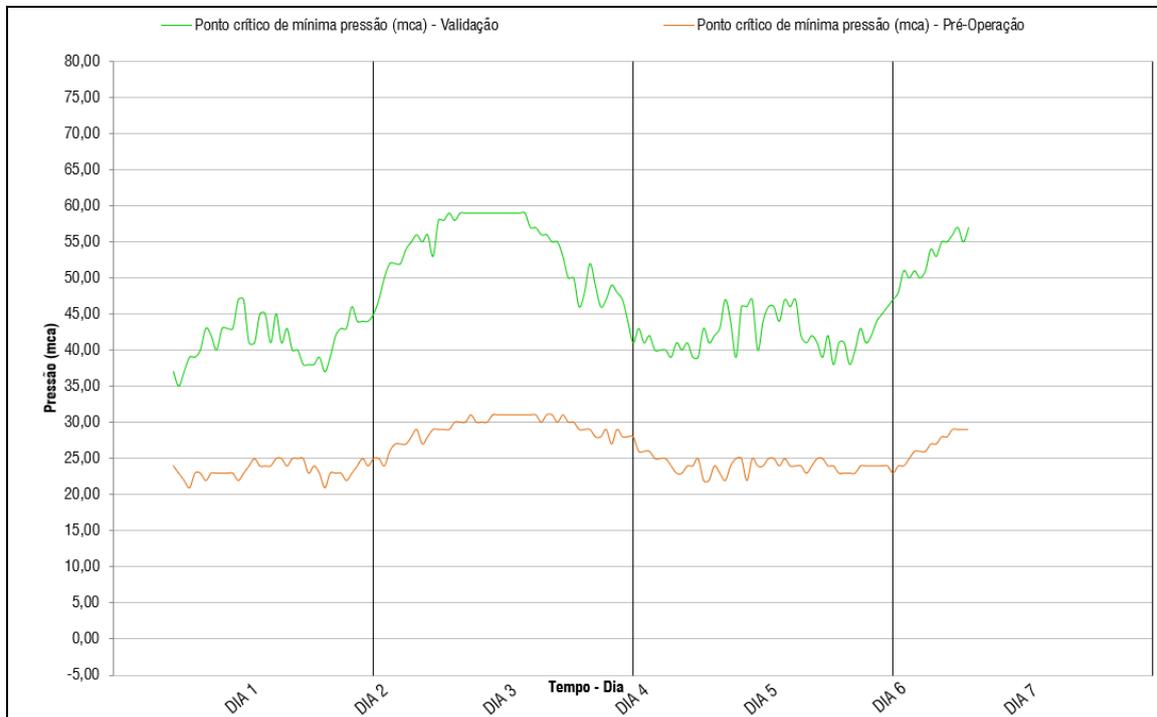


Figura 6 – Ponto crítico de mínima pressão - Validação e Pré-operação

A Figura 6 apresenta o comparativo do monitoramento do ponto crítico de mínima pressão da área, na fase de validação e pré-operação. Sem a influência da válvula, há períodos que a pressão ultrapassa 50 mca, nota-se a queda de pressão na fase de pré-operação da VRP, o ponto apresentou pressão média de 28 mca.

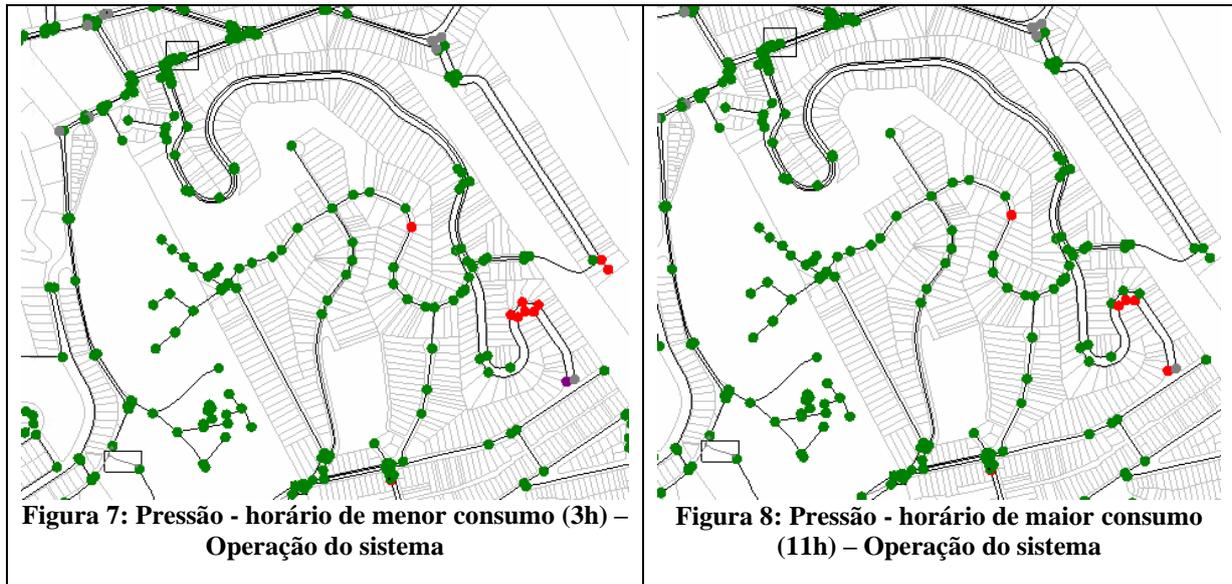
Não foram identificadas ocorrências não habituais durante a campanha como intermitências provocadas por manutenção na rede, desabastecimento temporário da área por motivos diversos que não os de normalidade, como vazamentos e arrebentamentos que impactem e modifiquem de forma considerável o comportamento das pressões e vazões a serem medidas.

Abaixo segue Tabela 3 com os dados comparativos dos resultados obtidos de vazão e pressão nas campanhas de validação e pré-operação, trazendo economia para o setor em estudo, onde será visto com mais detalhes na análise de *payback*.

Tabela 5 - Economia gerada no setor com implantação da Concepção

Horário	Médias horárias - Validação		Médias horárias - Operação		Economia - Pressão	Economia - Vazão
	Vazão (l/s)	Pressão (mca)	Vazão (l/s)	Pressão (mca)	(mca)	(l/s)
0:00	7,91	81,79	5,34	50,25	31,54	2,57
1:00	7,69	83,04	5,30	50,50	32,54	2,39
2:00	7,44	83,93	5,02	50,00	33,93	2,42
3:00	7,42	84,19	4,99	50,00	34,19	2,42
4:00	7,43	84,19	5,14	50,00	34,19	2,29
5:00	7,51	83,84	5,61	50,13	33,71	1,90
6:00	7,75	82,00	6,32	50,38	31,63	1,43
7:00	8,29	79,19	7,02	50,25	28,94	1,26
8:00	8,92	75,20	7,43	50,88	24,33	1,49
9:00	9,69	71,94	8,04	50,63	21,31	1,65
10:00	10,53	68,21	8,56	50,88	17,34	1,96
11:00	10,92	66,70	8,89	50,33	16,36	2,03
12:00	11,25	66,41	8,84	50,58	15,83	2,41
13:00	11,05	67,91	8,47	50,67	17,24	2,58
14:00	10,76	71,86	8,42	50,17	21,69	2,35
15:00	10,74	73,15	8,33	50,67	22,49	2,41
16:00	10,46	73,95	8,14	50,58	23,37	2,32
17:00	10,34	73,79	8,46	50,50	23,29	1,88
18:00	10,19	72,05	8,84	50,88	21,18	1,35
19:00	10,16	73,26	8,82	50,75	22,51	1,34
20:00	9,87	75,42	8,33	50,63	24,79	1,54
21:00	9,34	77,56	7,76	50,88	26,69	1,58
22:00	8,84	79,37	7,00	50,88	28,49	1,83
23:00	8,42	80,97	6,33	50,50	30,47	2,09

As figuras 7 e 8 mostram o comportamento da pressão no abastecimento de acordo com modelo hidráulico calibrado no setor após intervenções realizadas na área, garantindo a eficiência do sistema de abastecimento nos horários de menor e maior consumo.



Legenda: ● Pressões ≤ 50mca ● Pressões ≥ 50mca

ANÁLISE DO GANHO (PAYBACK) COM A IMPLANTAÇÃO DA VRP

Para a análise do *payback* observa-se:

- Infraestrutura (extensão de rede e número de ligações);
- Dados de perdas e vazamentos (vazamentos na rede e ramais e pressão na entrada antes e após a implantação da VRP);
- Recuperação de volume (substituição de redes e implantação da VRP);
- Escopo das obras (extensão de redes e número da VRP's);
- Custo das obras;
- Percentual de desembolso do custo das obras por ano;
- Custo de produção, tarifas e informações financeiras.

Abaixo seguem as tabelas 6 e 7 de *Payback* gerado devido implantações e operação de setor com VRP.

Tabela 6 - Economia de volume gerada no setor

Unidade	Q antes	Q depois	Economia
l/s	9,16	7,60	1,56
m ³ /dia	791,51	656,86	134,65
m ³ /mês	23.745,43	19.705,82	4.039,61

Tabela 7 - Payback

Item	Unidade	Total
Quantidade de VRPs + macromedidor	un.	1
Custo do volume Produzido e distribuído	R\$/m ³	R\$ 2,09
Custo médio de implantação	R\$	R\$ 45.732
Economia mensal	R\$	R\$ 8.443
Tempo de retorno	mês	5



Levando em consideração o valor do m³ produzido e o custo médio de implantação da VRP, que engloba obras civis e hidromecânicas, a economia mensal será de R\$ 8.443,00 e R\$ 101.316 anual, portanto, o retorno do investimento se dará em 5 meses.

CONCLUSÕES

Este trabalho apresenta os métodos capazes de reduzir as perdas de água tratada no sistema de distribuição, causadas pela falta da qualidade de gestão e ineficiência do abastecimento de água, através da modelagem hidráulica.

O uso de modelos de simulação hidráulica é uma ferramenta de alta importância para obtenção das informações necessárias para a elaboração de um diagnóstico de perdas de água, e o direcionamento de ações nos trechos mais críticos. Desta forma torna-se valioso saber o grau de confiabilidade nos resultados dos dados na simulação, para a avaliação da área em estudo e definição de ações de perdas, que irá proporcionar assertividade e bons resultados que justifiquem e viabilizam os investimentos de redução dos volumes perdidos.

É importante salientar os esforços que a DAE Jundiaí mantém para ações de combate às perdas de água, aliadas à constante atualização e integração de cadastro técnico, garantindo maior confiabilidade dos dados.

Foi realizado a análise da situação atual da área de estudo, denominada VRP 10A, através do modelo hidráulico calibrado, e a partir de aí foi elaborado o estudo de concepções na área, as quais foram aplicadas em campo.

De forma inicial foi proposto criação de um distrito de medição e controle (DMC) + VRP (Válvula Redutora de Pressão), sendo possível o gerenciamento de vazão e pressão do setor. Os resultados em campo mostraram a eficiência de operação de um setor controlado por VRP a fim de se obter redução nas perdas de água, ocorrida devido redução das vazões causadas por vazamentos, impactando em um payback positivo para o sistema.

Levando em consideração o valor do m³ produzido da companhia de água da região, de R\$ 2,09 e o custo médio de implantação da VRP, que engloba obras civis e hidromecânicas, a economia mensal será de R\$ 8.443,00 e R\$ 101.316 anual, portanto, o retorno do investimento se dará em 5 meses, e uma economia da vazão de 720l/s.

O estudo aponta resultados significativos mesmo para uma pequena área com intervenções realizadas. Se trata de uma região com cerca de 5km de rede e 700 ligações. Se aplicado essas metodologias e análises, em bairros, cidades e entre outros o retorno será muito maior.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12218: Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público**. Rio de Janeiro, 1994.
2. NETTO, Azevedo. J. M. Manual de Hidráulica, Ed. Blucher, 8ª Ed., São Paulo, 1998.
3. PEREIRA, Adilson. 2009. Manancias da Ilha. Disponível em: <<http://www.casan.com.br/menu-conteudo/index/url/manancias-da-ilha#0>>. Acesso em: 05 set. 2017.
4. ROSSMAN, Lewis A. EPANET 2 USER'S MANUAL. Cincinatti: U.s. Environmental Protection Agency, 2000. 201 p.
5. TSUTIYA, M. Tomoyuki. Abastecimento de Água, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 3ª Ed. 200, São Paulo, 2005.