

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

Débora Cuneo Aguiar

**Avaliação de Metodologia para Gestão de Perdas em um Distrito de Medição e Controle
no Município de Florianópolis/SC.**

Florianópolis

2020

Débora Cuneo Aguiar

**Avaliação de Metodologia para Gestão de Perdas em um Distrito de Medição e Controle
no Município de Florianópolis/SC.**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do grau de Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientador: Prof. Ramon Lucas Dalsasso, Dr.

Coorientadora: Eng. Sheila Karoline Kusterko, Msc.

Florianópolis

2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Aguiar, Débora Cuneo

Avaliação de Metodologia para Gestão de Perdas em um Distrito de Medição e Controle no Município de Florianópolis/SC / Débora Cuneo Aguiar ; orientador, Ramon Lucas Dalsasso, coorientador, Sheila Karoline Kusterko, 2020.

91 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Florianópolis, 2020.

Inclui referências.

1. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2. Sistemas de Abastecimento de Água. 3. Controle de Perdas de Água. 4. Indicadores de Desempenho. 5. Balanço Hídrico. I. Dalsasso, Ramon Lucas. II. Kusterko, Sheila Karoline. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. IV. Título.

Débora Cuneo Aguiar

**Avaliação de Metodologia para Gestão de Perdas em um Distrito de Medição e Controle
no Município de Florianópolis/SC.**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de
"Engenheira Sanitarista e Ambiental" e aprovado em sua forma final pelo Curso de
Engenharia Sanitária e Ambiental

Florianópolis, 02 de outubro de 2020.



Documento assinado digitalmente

Maria Elisa Magri
Data: 07/10/2020 16:43:55-0300
CPF: 044.011.369-50

Prof.^a Maria Elisa Magri, Dra.
Coordenadora do Curso



Documento assinado digitalmente

Ramon Lucas Dalsasso
Data: 06/10/2020 16:21:46-0300
CPF: 460.560.419-72

Prof. Ramon Lucas Dalsasso, Dr.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Sheila Karoline Kusterko, Msc Eng^a.
Coorientadora
Companhia Catarinense de Águas e Saneamento

Banca Examinadora:

Prof. Bruno Segalla Pizzolatti, Dr.
Avaliador
Universidade Federal de Santa Catarina

Andréia May, Msc Eng^a.
Avaliadora
Companhia Catarinense de Águas e Saneamento

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Ramon Lucas Dalsasso pela orientação.

À Eng. Msc. Sheila Karoline Kusterko pela coorientação e dedicação na realização deste trabalho, pelo auxílio na coleta de dados e pelos ensinamentos durante o período de estágio.

Às Eng. Msc. Andréia Senna Soares e Sheila Karoline Kusterko pela oportunidade de estágio na CASAN, que despertou em mim o interesse e entusiasmo pela área.

Aos colegas da CASAN da GOPS e do SCN, em especial à Eng. Daniela, ao Eng. Guilherme e ao colega Alisson, pela disponibilidade, pelo auxílio na coleta de dados e pela ajuda e companhia nas saídas de campo.

Aos meus pais, por tudo que me proporcionaram até aqui e pelo apoio durante o desenvolvimento deste trabalho.

À minha irmã Marina, pela amizade, companheirismo e apoio.

Ao meu namorado Marcos, pelo companheirismo e apoio durante esses anos.

RESUMO

A água é um bem essencial para a manutenção da vida de todos os organismos. No entanto, muitos lugares sofrem com a falta de água potável, seja devido ao crescimento acentuado da população, às mudanças climáticas e/ou à má gestão dos recursos hídricos. Contrapondo isto, de acordo com SNIS (2018), tem-se que aproximadamente 40% da água tratada é perdida seja por vazamentos, fraudes e erros de medição. Assim, a redução de perdas nos sistemas de abastecimento de água torna-se essencial pois, além de otimizar o aproveitamento dos recursos hídricos, também traz benefícios financeiros e operacionais para a companhia de saneamento. O objetivo deste trabalho foi avaliar a metodologia para controle de perdas em um Distrito de Medição e Controle no município de Florianópolis e o potencial de melhorias nos procedimentos utilizados. Desta forma, através dos indicadores de desempenho, vazão mínima noturna e fator de pesquisa, foi possível entender a situação atual do Distrito de Medição e Controle (DMC). Após essa análise, identificou-se que o DMC possuía elevado índice de perdas, que a vazão mínima noturna poderia ser reduzida e que o setor possuía elevado fator de pesquisa, indicando que a probabilidade de estarem ocorrendo vazamentos era maior. No DMC também foi realizado um levantamento da situação atual do parque de hidrômetros, onde constatou-se que 51% apresentavam idade superior a 5 anos. Assim, foi proposto realizar a troca de 101 hidrômetros considerando os critérios adotados pela Companhia. Assim, para o controle e redução de perdas, a pressão de recalque do *booster* foi reduzida, diminuindo em 16% o volume disponibilizado, em 30% a vazão mínima noturna e em 14% o índice de perdas por ligação. Neste trabalho também estavam previstas ações de geofonamento, fiscalização comercial e troca dos hidrômetros, no entanto, devido à pandemia por COVID-19, não foi possível realizar essas atividades em tempo hábil.

Palavras-chave: Sistemas de Abastecimento de Água. Controle de Perdas de Água. Indicadores de Desempenho. Balanço Hídrico.

ABSTRACT

Water is an essential asset for the maintenance of life for all organisms. However, many places suffer from a lack of drinking water, either due to the sharp growth of the population, climate changes and/or poor management of water resources. In contrast, according to SNIS (2018), 40% of the treated water is lost due to leakages, fraud and measurement errors. Therefore, reducing losses in water supply systems is essential because, in addition to reducing uncontrolled use of water resources, it also brings financial and operational benefits to the sanitation company. The objective of this undergraduate final project was to evaluate the methodology for loss control in a Measurement and Control District in the city of Florianópolis and the potential for improvements in the procedures used. Thus, through the performance indicators, minimum night flow rate method and research factor, it was possible to understand the current situation of the Measurement and Control District (MCD). After this analysis, it was identified that the MCD had a high rate of losses, the minimum night flow rate could be reduced and the sector had a high research factor, indicating that the probability of leakages occurrence was higher. At the MCD, a survey of the current situation of the water meter park was also carried out, where it was found that 51% were over the age of 5 years. Therefore, it was proposed to replace 101 water meters considering the criteria adopted by the Company. Thus, for the control and reduction of losses, the pressure of booster repression was reduced, where the volume produced could be reduced in 16% and the minimum night flow rate in 30%. In this work, actions were also planned for geophoning, commercial inspection and replacement of water meters, however, due to the pandemic by COVID-19, it was not possible to carry out these activities in time.

Keywords: Water Supply System. Water Loss Control. Performance Indicators. Water Balance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Tipos de vazamentos e principais ações corretivas.	21
Figura 2: Componentes das Perdas Aparentes.	22
Figura 3: Método das Vazões Mínimas Noturnas.	24
Figura 4: Matriz de Balanço Hídrico.....	26
Figura 5: Ações para o Controle às Perdas Reais.....	32
Figura 6: Fluxograma da metodologia.	42
Figura 7: Localização do DMC Muquém.....	43
Figura 8: Ponto de Medição de Pressão.	44
Figura 9: Medição de Pressão Ponto 1: Manoel Tibúrcio Duarte.	45
Figura 10: Medição de Pressão Ponto 2: Dona Tomásia.....	45
Figura 11: <i>Booster</i> e Conversor – DMC Muquém.....	46
Figura 12: Pressão simulada no ponto mais alto do sistema após redução de pressão.	47
Figura 13: Matriz de Balanço Hídrico.....	49
Figura 14: Pressão Média – Ponto 1: Manoel Tibúrcio Duarte – 17 de Janeiro.	54
Figura 15: Pressão Média – Ponto 2: Dona Tomásia – 17 de Janeiro.....	55
Figura 16: Curva de consumo - 17 de Janeiro.....	56
Figura 17: Gráfico das pressões observadas e simuladas no Ponto 01 – 17 de Janeiro.	59
Figura 18: Gráfico das pressões observadas e simuladas no Ponto 02 – 17 de Janeiro.	59
Figura 19: Gráfico das vazões observadas e simuladas – 17 de Janeiro.	61
Figura 20: Pressão de recalque do <i>booster</i> Muquém antes e depois da redução de pressão.	62
Figura 21: Comportamento das pressões no ponto crítico antes e depois da redução de pressão.	63
Figura 22: Pressão observada e pressão simulada no ponto crítico – 8 a 12 de Junho.	63
Figura 23: Comparativo entre o Volume Consumido e o Volume Disponibilizado - Set/2019 a Jun/2020.	64
Figura 24: Vazão média horária antes e depois da redução de pressão.	65

Figura 25: Média Mensal da Vazão Mínima Noturna - Set/2019 a Jul/2020.....	66
Figura 26: Fator de Pesquisa – Set/2019 a Jul/2020.	67
Figura 27: Balanço Hídrico DMC Muquém.....	69
Figura 28: Índice de Perdas de Faturamento (IN013) - Set/2019 a Jun/2020.	73
Figura 29: Consumo Médio Per capita de Água (IN022) - Set/2019 a Jun/2020.	74
Figura 30: Índice de Perdas na Distribuição (IN049) - Set/2019 a Jun/2020.....	75
Figura 31: Índice de Perdas por Ligação (IN051) - Set/2019 a Jun/2020.....	77
Figura 32: Consumo Médio de Água por Economia (IN053) - Set/2019 a Jun/2020.	78
Figura 33: Ligações Ativas, Canceladas e Cortadas.	80

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Indicadores de Desempenho relativos às Perdas de Água.	28
Quadro 2: Matriz de Avaliação de Perdas Reais do Banco Mundial.	31
Quadro 3: Classes e componentes do Consumo Autorizado Não Faturado.....	49
Quadro 4: Indicadores de Desempenho.....	51
Quadro 5: Critérios adotados pela CASAN para troca de hidrômetros.	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores de referência para o cálculo das PRI.....	30
Tabela 2: Cronograma de Atividades.....	43
Tabela 3: Pressão observada e simulada – Ponto 01.....	57
Tabela 4: Pressão observada e simulada - Ponto 02.....	58
Tabela 5: Vazão observada (17 de janeiro) e simulada.....	60
Tabela 6: Pressão Média e Fator Noite Dia.....	68
Tabela 7: Matriz de Avaliação DMC Muquém.....	70
Tabela 8: Dados de entrada – DMC Muquém.....	71
Tabela 9: Indicadores de Desempenho DMC Muquém.....	72
Tabela 10: Acompanhamento mensal dos Indicadores de Desempenho DMC Muquém.	72
Tabela 11: Relação Idade x Quantidade dos Hidrômetros.....	79
Tabela 12: Consumo Energético – Set/2019 a Ago/2020.....	81
Tabela 13: Indicadores de Desempenho estimados para o DMC Muquém.....	82
Tabela 14: Principais procedimentos utilizados na metodologia.....	83

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
- AESBE – Associação Brasileira das Empresas Estaduais de Saneamento
- ANA – Agência Nacional de Águas
- CANF – Consumo Autorizado Não Faturado
- CASAN – Companhia Catarinense de Águas e Saneamento
- COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais
- DMC – Distrito de Medição e Controle
- ETA – Estação de Tratamento de Água
- FND – Fator Noite/Dia
- IN009 – Índice de hidromedidação
- IN013 – Índice de perdas de faturamento
- IN022 – Consumo Per Capita de Água
- IN049 – Índice de perdas na distribuição
- IN051 – Índice de Perdas por Ligação
- IN053 – Consumo Médio de Água por Economia
- IPER – Índice de Perdas por Extensão da Rede
- IPR – Índice de Perdas por Ramal
- IVI – Índice de Vazamento na Infraestrutura
- IWA – *International Water Association*
- ODS – Objetivos do Desenvolvimento Sustentáveis
- PEAD – Polietileno de Alta Densidade
- PNCDA – Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água
- PRI – Perda Real Inevitável
- RECESA – Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental
- SAA – Sistema de Abastecimento de Água
- SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
- SCN-SSJRV – Sistema de Abastecimento de Água Costa Norte – São João do Rio Vermelho
- SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
- SRM/GOPS – Superintendência Regional Metropolitana/Gerência Operacional
- VMN – Vazão Mínima Noturna
- VRP – Válvula Redutora de Pressão

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	17
1.2	OBJETIVOS	19
1.2.1	Objetivo Geral.....	19
1.2.2	Objetivos Específicos	19
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1	PERDAS DE ÁGUA	20
2.1.1	Perdas Reais	20
2.1.2	Perdas Aparentes	21
2.2	AVALIAÇÃO DE PERDAS	22
2.2.1	Método das Vazões Mínimas Noturnas	22
2.2.2	Método do Balanço Hídrico	26
2.2.3	Indicadores de Desempenho	27
2.2.3.1	<i>Matriz de Avaliação do Banco Mundial.....</i>	30
2.3	CONTROLE DE PERDAS	31
2.3.1	Controle de Perdas Reais	32
2.3.1.1	<i>Controle de pressão.....</i>	32
2.3.1.1.1	<i>Setorização do Sistema de Distribuição de Água.....</i>	33
2.3.1.1.2	<i>Válvulas Redutoras de Pressão.....</i>	34
2.3.1.2	<i>Velocidade e Qualidade de Reparos.....</i>	35
2.3.1.3	<i>Controle ativo de vazamentos.....</i>	35
2.3.1.4	<i>Gestão de infraestrutura.....</i>	36
2.3.2	Controle de Perdas Aparentes	37
2.3.2.1	<i>Redução de Erros de Medição.....</i>	37
2.3.2.2	<i>Combate a fraudes e Uso não autorizado</i>	38

2.3.2.3	<i>Melhoria no Sistema Comercial</i>	38
2.3.2.4	<i>Qualificação da Mão-de-obra</i>	38
2.4	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	39
2.5	MODELAGEM HIDRÁULICA	40
3	METODOLOGIA	42
3.1	ÁREA DE ESTUDO	43
3.2	MEDIÇÃO DE PRESSÃO.....	44
3.3	SIMULAÇÃO HIDRÁULICA.....	45
3.4	VAZÃO MÍNIMA NOTURNA	47
3.5	CARACTERIZAÇÃO DAS PERDAS.....	48
3.5.1	Determinação do Balanço Hídrico	48
3.5.2	Avaliação do Índice de Perdas	51
3.6	MELHORIA DA MICROMEDIÇÃO	53
3.6.1	Troca de Hidrômetros	53
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
4.1	MEDIÇÃO DE PRESSÃO.....	54
4.2	SIMULAÇÃO HIDRÁULICA.....	55
4.3	VAZÃO MÍNIMA NOTURNA	65
4.4	BALANÇO HÍDRICO	68
4.5	MATRIZ DE AVALIAÇÃO DO BANCO MUNDIAL	70
4.6	INDICADORES DE DESEMPENHO	71
4.6.1	Índice de Hidrometração – IN009	72
4.6.2	Índice de Perdas de Faturamento – IN013	73
4.6.3	Consumo Médio Per capita de Água – IN022	74
4.6.4	Índice de Perdas na Distribuição – IN049	75
4.6.5	Índice de Perdas por Ligação – IN051	76
4.6.6	Consumo Médio de Água por Economia – IN053	77

4.7	MELHORIA DA MICROMEDIÇÃO.....	78
4.7.1	Troca de hidrômetros.....	78
4.8	COMBATE ÀS FRAUDES	79
4.9	ANÁLISE DO CONSUMO ENERGÉTICO	80
4.10	ANÁLISE TEÓRICA DAS PERDAS E ESTRATÉGIAS PARA SUA REDUÇÃO	81
4.11	PROPOSTA METODOLÓGICA.....	83
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	84
6	REFERÊNCIAS.....	86
7	APÊNDICE A	90

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O Brasil é considerado um país privilegiado no que diz respeito à quantidade de água, uma vez que possui a maior reserva de água doce no mundo, em torno de 12% do total mundial, de acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2010). No entanto, a sua distribuição não ocorre de forma uniforme. Além disso, devido ao crescimento acentuado da população, às mudanças climáticas e à má gestão dos recursos hídricos, está ocorrendo uma diminuição na disponibilidade e qualidade da água potável (MARTINS, 2013).

Desta forma, com o intuito de produzir um conjunto de objetivos que suprisse os desafios ambientais, políticos e econômicos, em 2012, na Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, surgiram os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentáveis (ODS). Entre eles está o objetivo relacionado à água potável e saneamento, que tem como uma das finalidades alcançar, até 2030, o acesso universal e equitativo à água potável.

De encontro a isto, de acordo com os dados do SNIS (2018), o índice de perdas de água nos sistemas de abastecimento no Brasil foi de 38,3% em 2018, chegando a 68,1% no estado do Amapá. Diante do exposto, o controle de perdas nas companhias é fundamental para a preservação dos recursos hídricos.

Melato (2010) destaca que as perdas de água ocorrem em todos os sistemas de abastecimento, porém, o que varia entre um sistema e outro é a quantidade de água que é perdida, visto que as características físicas do sistema de abastecimento, práticas operacionais e costumes locais influenciam diretamente no volume de água perdido.

A avaliação das perdas totais pode ser determinada, de maneira geral, através da diferença entre a macromedição (saída da Estação de Tratamento de Água - ETA), a micromedição (ponto de entrega ao consumidor final) e os demais volumes utilizados, e são divididas em dois tipos: perda real e perda aparente (TSUTIYA, 2014).

Segundo Melato (2010), a perda real é referente ao volume de água que é produzido, mas não chega ao consumidor final. Já a perda aparente corresponde ao volume de água consumido, mas que não é contabilizado pela companhia de saneamento.

Tsutiya (2014) afirma que sistemas de abastecimento de água bem gerenciados apresentam baixos índices de perdas. Diante disto, as companhias de saneamento buscam implementar programas para controle e redução de perdas nos sistemas de abastecimento, a fim

de melhorar o desempenho econômico da companhia e distribuir, de forma eficiente, água tratada aos consumidores.

Visando realizar a gestão de perdas em um Distrito de Medição e Controle (DMC), este trabalho irá avaliar metodologia para controle de perdas no Distrito de Medição e Controle Muquém, que está localizado no município de Florianópolis/SC.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho de conclusão do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental é de avaliar metodologia para controle de perdas em um Distrito de Medição e Controle no município de Florianópolis e o potencial de melhorias nos procedimentos utilizados.

1.2.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos, este trabalho de conclusão de curso propõe:

- Caracterizar as perdas no DMC;
- Realizar simulação hidráulica no DMC e criar cenário para redução da Vazão Mínima Noturna e Volume Disponibilizado;
- Avaliar os impactos dos diferentes cenários nos indicadores de desempenho;
- Descrever estratégias para a gestão de perdas no DMC.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PERDAS DE ÁGUA

As perdas nos sistemas de abastecimento de água podem ocorrer desde a captação e adução da água bruta até a entrega da água tratada ao consumidor final (TSUTIYA, 2014). No entanto, é a partir da saída da Estação de Tratamento de Água (ETA) que as perdas são determinadas para a definição do Balanço Hídrico e dos Indicadores de Desempenho.

A maior parcela das perdas ocorre no sistema de distribuição. De acordo com o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água - PNCDA (2007), estima-se que 70 a 90% dos vazamentos ocorram nos ramais prediais e cavaletes. Assim, devido ao impacto pouco representativo, muitas companhias de saneamento não computam as perdas que ocorrem nas etapas anteriores à distribuição (MELATO, 2010).

A IWA (*International Water Association*) define perdas como “o volume referente à diferença entre a água entregue ao sistema de abastecimento e os consumos autorizados, medidos e não-medidos, faturados ou não-faturados, fornecidos aos consumidores cadastrados, à companhia de saneamento e a outros que estejam implícita ou explicitamente autorizados a fazê-lo” (MELATO, 2010).

Para Bezerra & Cheung (2013), as perdas de água em sistemas de abastecimento são influenciadas por diversos fatores infra estruturais e operacionais, sendo divididas em perdas reais e perdas aparentes, conforme será visto nas seções 2.1.1 e 2.1.2, respectivamente.

2.1.1 Perdas Reais

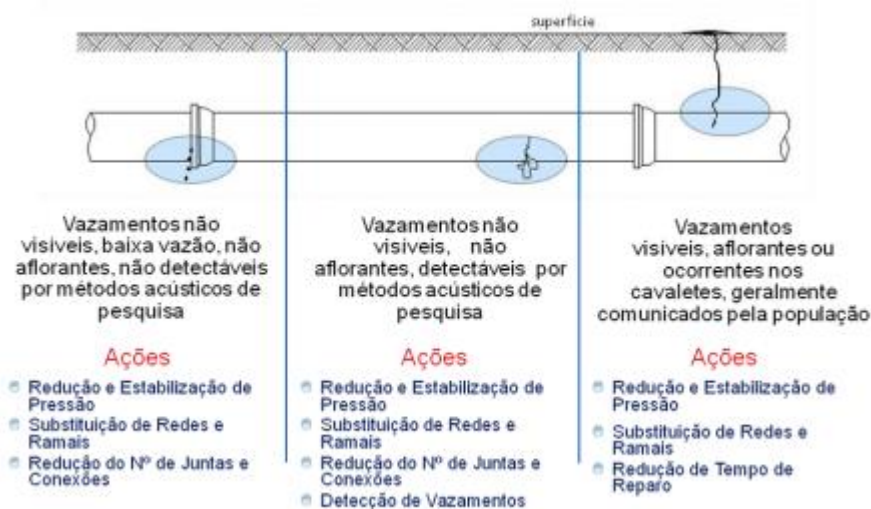
Segundo Tsutiya (2014), as perdas reais, também conhecidas como perdas físicas, correspondem ao volume de água produzido que não chega ao consumidor final devido a vazamentos que ocorrem nas adutoras, nas redes de distribuição, nas ETA's e nos extravasamentos de reservatórios. Bezerra & Cheung (2013) citam que as perdas reais são inerentes a todos os sistemas de abastecimento de água, portanto, não é possível zerar este tipo perda.

Pinto (2012, *apud* Soares, 2015) afirma que as perdas reais normalmente são responsáveis pela maioria das perdas gerais em um sistema. Estima-se que as perdas físicas representem de 40 a 60% das perdas totais (PNCDA, 2007). Pinto (2012, *apud* Soares, 2015) ainda cita que as principais causas para ocorrência das perdas reais são devido a pressões elevadas na rede de distribuição, redes antigas, materiais de baixa qualidade, sistemas mal gerenciados operacionalmente e má qualidade da mão de obra na execução de consertos.

Para Bezerra & Cheung (2013), são nos ramais prediais e nas redes distribuição que ocorre o maior volume de água perdido e também o maior número de vazamentos. Isto decorre não só pela má qualidade dos materiais aplicados como também pela extensão e condições de operação da rede.

A IWA classifica os vazamentos em visíveis e não visíveis. A Figura 1 apresenta os tipos de vazamento e as principais ações para melhoria do sistema.

Figura 1: Tipos de vazamentos e principais ações corretivas.



Fonte: TARDELLI (2004).

Os vazamentos visíveis são aqueles facilmente notados pelos técnicos das companhias ou pela população, uma vez que afloram à superfície. Tsutiya (2014) ainda afirma que estes vazamentos possuem vazões elevadas e são de curta duração.

Já os vazamentos não visíveis são subdivididos em inerentes e detectáveis (TSUTIYA, 2014). Para ABES (2015), os vazamentos não visíveis inerentes não afloram à superfície e não são detectáveis por equipamentos de detecção acústica. Além disso, possuem baixas vazões e são de longa duração. Da mesma forma, os vazamentos não visíveis detectáveis também não são aflorantes à superfície, no entanto podem ser detectados por métodos acústicos de pesquisa. Ademais, possuem vazões moderadas e sua duração depende da frequência da pesquisa de vazamentos (ABES, 2015).

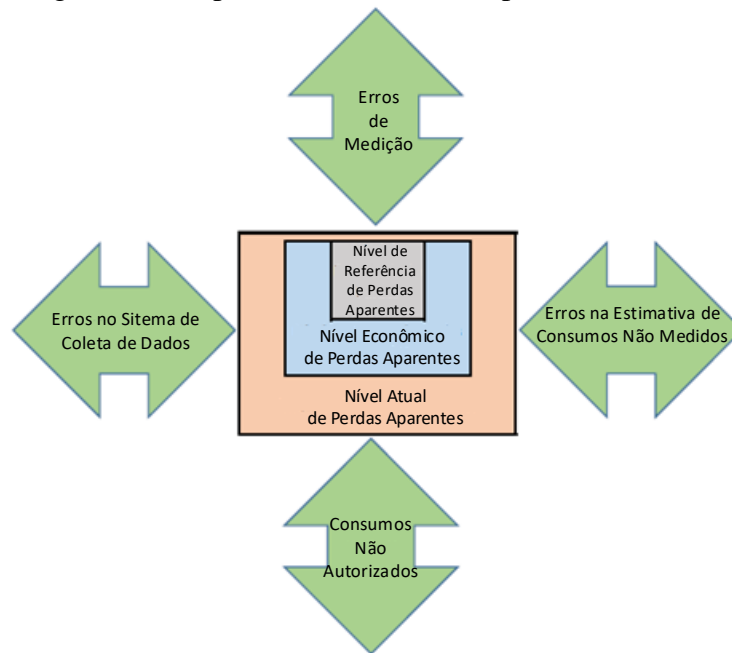
2.1.2 Perdas Aparentes

As perdas aparentes, também conhecidas como perdas não físicas ou comerciais, estão relacionadas ao volume de água que foi efetivamente consumido pelo usuário, mas que não foi

medido ou contabilizado, gerando perda de faturamento ao prestador de serviço (GONÇALVES & ALVIN, 2007). Bezerra & Cheung (2013) afirmam que as perdas aparentes representam a parcela da perda total que não é causada por vazamentos e extravasamentos nos reservatórios, mas sim por ligações clandestinas, roubo ou uso ilegal, fraudes nos hidrômetros, erros de medição e de leitura dos hidrômetros e falhas no cadastro comercial.

A Figura 2 sintetiza os componentes principais referentes à ocorrência de perdas aparentes.

Figura 2: Componentes das Perdas Aparentes.



Fonte: SABESP (2014, *apud* ABES, 2015) e Johnson (2011, *apud* ABES, 2015).

Para Bezerra & Cheung (2013), o erro de medição é uma das principais causas das perdas aparentes. Isto ocorre porque os hidrômetros não conseguem medir com precisão a vazão fornecida, seja devido a fraudes, tempo de operação, falha na manutenção, reparação incorreta, qualidade do medidor, entre outros (BEZERRA & CHEUNG, 2013),

2.2 AVALIAÇÃO DE PERDAS

2.2.1 Método das Vazões Mínimas Noturnas

O Método das Vazões Mínimas Noturnas é um dos métodos utilizados para avaliar as perdas de água em sistemas de distribuição. Este método tem como base a variação dos consumos no sistema de abastecimento de água ao longo do dia (GHIDETTI & JUNIOR, 2013).

Para Tsutiya (2014), o máximo consumo ocorre entre 11 e 14 horas e o mínimo consumo se dá entre 3 e 4 horas. Já AESBE (2015) considera o consumo mínimo entre 2 e 4 horas. A vazão correspondente a esse consumo mínimo é denominada “Vazão Mínima Noturna”, que pode ser medida através de equipamentos de medição de vazão (TSUTIYA, 2014).

Melato (2010) afirma que a análise das mínimas noturnas é realizada por meio do método *Bottom-up*. Este método fundamenta-se em avaliar as perdas de baixo para cima, através de medições em campo das vazões mínimas noturnas, que, quando aplicadas estimativas de consumos noturnos e correções de pressão, chega-se às Perdas Reais, e, por diferença, às Perdas Aparentes (MELATO, 2010; ABES, 2015).

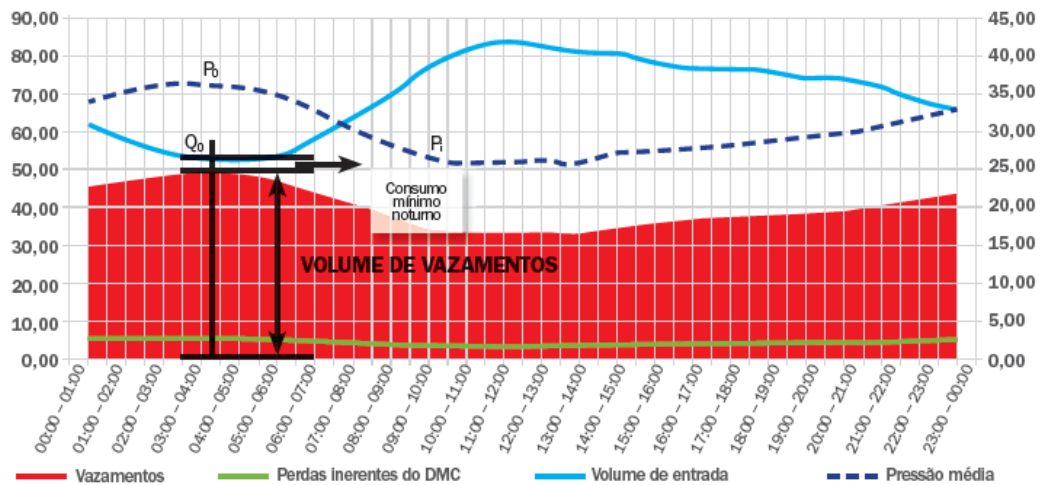
Para Gonçalves & Alvin (2007), a vazão mínima noturna é o principal indicador do nível de perdas reais que está ocorrendo em um sistema. Pois, principalmente em regiões residenciais, o consumo noturno é reduzido. Assim, qualquer alteração na vazão de uma unidade de abastecimento pode significar vazamento.

Bezerra & Cheung (2013) fazem algumas recomendações para a aplicação deste método, como:

- Representatividade da área: a escolha da área de estudo deverá ser representativa para todo o sistema;
- Sistema fechado: deve-se garantir que o sistema seja estanque, ou seja, que não haja importação e/ou exportação de água de outro sistema;
- Perfil dos consumidores: é fundamental analisar o perfil dos consumos noturnos específicos, como indústrias e hospitais, por exemplo;
- Monitoramento de pressão: através do ponto de maior concentração de ramais, determina-se o ponto médio de pressão do sistema.

A Figura 3 apresenta o Método das Vazões Mínimas Noturnas ao longo de 24 horas.

Figura 3: Método das Vazões Mínimas Noturnas.



Fonte: AESBE (2015)

Através da Figura 3, pode-se observar algumas características deste método, como por exemplo, no horário de menor consumo, o volume de vazamentos e a pressão média aumentam, em contrapartida, no horário de maior consumo ocorre o oposto. Além disto, observa-se também que a curva de volume de entrada no setor tem um comportamento oposto à curva de pressão média, sendo este um indicativo de que o setor está estanque (AESBE, 2015).

Lambert & Thornton (2002, *apud* Motta, 2010) destacam que para calcular o volume diário perdido não é recomendado pegar a vazão máxima diária dos vazamentos e multiplicar diretamente pelo número de horas do dia (24 horas); pois, desta forma, os volumes diários perdidos estariam superestimados. Isto ocorre porque ao longo do dia, devido ao consumo, as pressões na distribuição diminuem, reduzindo também as vazões de vazamento. Portanto, de acordo com Tsutiya (2014), para solucionar esse problema, foi criado o “Fator Noite/Dia” (FND), que consiste em um número, dado em horas por dia, que quando multiplicado pela vazão dos vazamentos resulta no volume médio diário dos vazamentos, ou seja, nas perdas reais médias, conforme mostra a Equação 1.

$$\text{Volume diário de perdas reais} = FND \times \text{Vazão dos Vazamentos}, \quad 1$$

onde:

$$\text{Volume diário de perdas reais} = [\text{m}^3/\text{dia}];$$

$$FND = \text{Fator Noite/Dia} [\text{h}/\text{dia}];$$

$$\text{Vazão dos Vazamentos} = [\text{m}^3/\text{h}].$$

O “Fator Noite/Dia” é determinado a partir de medições de pressão em um ponto médio representativo do setor (TSUTIYA, 2014), sendo calculado através da Equação 2:

$$FND = \sum \left(\frac{P_1}{P_0}\right)^{N_1}, \quad 2$$

onde:

P_1 = Pressão média da rede em um horário qualquer do dia;

P_0 = Pressão média na hora em que ocorre a vazão mínima noturna;

N_1 = Fator de escala na relação pressão-vazamento.

Segundo Bezerra & Cheung (2013), os valores para N_1 oscilam entre 0,5 e 1,5. No entanto, é comum adotar N_1 igual a 1,0 para que a relação entre pressão e vazão seja linear.

O “Fator Noite/Dia” pode ser menor ou maior que 24 h. O primeiro caso é o mais comum em setores sem nenhuma interferência operacional. Já FND maior que 24 h ocorre em setores com Válvulas Redutoras de Pressão, as quais, ao reduzirem a pressão durante a madrugada, invertem o comportamento das variações das pressões ao longo do dia (TSUTIYA, 2014).

Para realizar a avaliação das Vazões Mínimas Noturnas, utiliza-se o Fator de Pesquisa (FP) como indicador (GONÇALVES & ALVIM, 2007)

Segundo Gonçalves & Alvim (2007), o Fator de Pesquisa é um parâmetro que tem como característica apontar possíveis problemas operacionais no abastecimento de água, sendo determinado a partir da relação entre vazão mínima noturna e a vazão média diária, conforme mostra a Equação 3.

$$FP = \frac{Q_{\text{mínima noturna}}}{Q_{\text{média diária}}} * 100, \quad 3$$

onde:

FP = Fator de Pesquisa [%];

$Q_{\text{mínima noturna}}$ = [L/s];

$Q_{\text{média diária}}$ = [L/s].

Gonçalves & Alvim (2007) ainda afirmam que quando o Fator de Pesquisa é maior que 30%, o setor em estudo é um lugar potencial para o trabalho de pesquisa acústica, pois a probabilidade de estarem ocorrendo vazamentos é maior.

2.2.2 Método do Balanço Hídrico

O Balanço Hídrico de um sistema de abastecimento de água é uma forma estruturada de avaliar os componentes dos fluxos e usos da água no sistema e os seus valores absolutos ou relativos (TSUTIYA, 2014).

Segundo Bezerra & Cheung (2013), o Método do Balanço Hídrico também é conhecido como *Top-down*, pois as perdas são avaliadas de “cima para baixo”, ou seja, pelo volume de água que entra no sistema menos o volume de água efetivamente consumido.

ABES (2015) cita que o método *Top-down* consiste em realizar a divisão entre perdas reais e aparentes através de estimativas genéricas, apoiada em dados secundários. Logo, ABES (2015) considera que este método é de fácil consecução, porém possui pequena precisão.

Até o ano 2000 não havia uma padronização para estes termos, assim, a IWA constituiu um grupo-tarefa para estudar, classificar e uniformizar uma terminologia para o tema (SANTOS, 2018). O resultado deste trabalho resultou numa matriz onde são apresentadas as variáveis mais importantes para a composição dos fluxos e usos da água, conforme mostra a Figura 4.

Figura 4: Matriz de Balanço Hídrico.

VOLUME PRODUZIDO OU DISPONIBILIZADO	CONSUMOS AUTORIZADOS	Consumos Autorizados Faturados	Consumos medidos faturados (inclui água exportada) Consumos não medidos faturados (estimados)	ÁGUAS FATURADAS
		Consumos Autorizados Não Faturados	Consumos medidos não faturados (usos próprios, caminhões-pipa)	
	Consumos não medidos não faturados (combate a incêndios, suprimento de água em áreas irregulares)			
	PERDAS	Perdas Aparentes (Comerciais)	Consumos não autorizados (fraudes)	
			Falhas do sistema comercial	
			Submedição dos hidrômetros	
		Perdas Reais (Físicas)	Vazamentos nas adutoras e redes de distribuição	
			Vazamentos nos ramais prediais	
Vazamentos e extravasamentos nos reservatórios setoriais e aquedutos				

Fonte: ABES (2015).

Os principais termos da Matriz de Balanço Hídrico proposta pela IWA são listados e definidos segundo Tsutiya (2014):

- Volume de entrada no sistema: representa o volume anual de água introduzido no sistema de abastecimento;
- Consumo autorizado: volume de água medido e/ou não medido utilizado por consumidores cadastrados somado a volumes de água que são autorizados pela empresa. Incluindo volumes de água utilizados para combate a incêndios, limpeza de ruas e abastecimento de caminhões pipa.
- Perdas de Água: volume referente à diferença entre a água que entra no sistema e o consumo autorizado;
- Consumo autorizado faturado: corresponde ao volume que gera receita para a companhia de saneamento. Sendo composto pelos volumes medidos nos hidrômetros e pelos volumes que são estimados em locais onde não há hidrômetros instalados;
- Consumo autorizado não faturado: refere-se ao volume que não gera receita para a companhia de saneamento. É formado pelos volumes medidos, como caminhões pipa, e volumes não medidos, como a água utilizada para combate a incêndio, por exemplo.
- Perdas aparentes: correspondem aos volumes consumidos, mas não contabilizados;
- Perdas reais: correspondem a volumes perdidos devido a vazamentos e extravasamentos nos reservatórios;
- Águas faturadas: representam a parcela de água comercializada;
- Águas não-faturadas: representam a diferença entre o volume de água que entra no sistema e o consumo autorizado faturado.

Para Tsutiya (2014), as vantagens deste método estão na facilidade de acesso aos dados de macro e micromedição, pois estão disponíveis nas companhias de saneamento, e à fácil aplicabilidade, podendo ser usado tanto em um setor de abastecimento quanto a pequenos subsetores. No entanto, este método possui como desvantagem a baixa precisão dos números associados às hipóteses e estimativas, refletindo na quantificação final das perdas reais (TSUTIYA, 2014).

2.2.3 Indicadores de Desempenho

Indicadores de desempenho são medidas quantitativas de um elemento particular do desempenho da entidade gestora ou do seu nível de serviço (ALEGRE, 2004).

Para Silva & Sobrinho (2008, *apud* Soares, 2015), os indicadores auxiliam o público em geral a compreender de forma objetiva a informação fornecida pelos prestadores de serviço.

A nível mundial, a IWA apresenta alguns indicadores relacionados aos sistemas de abastecimento de água, onde estão inclusos os indicadores relativos às perdas. No Brasil, Santos (2013) afirma que o Ministério do Desenvolvimento Regional divulga, anualmente, o “Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos”, que contém a base de dados do SNIS, incluindo os indicadores de desempenho relacionados às perdas de água.

No Quadro 1 estão listados os principais indicadores de desempenho relacionados a perdas de água apresentados pelo SNIS.

Quadro 1: Indicadores de Desempenho relativos às Perdas de Água.

Código	Indicadores de Desempenho	Unidade	Órgão
IN009	Índice de Hidrometração	%	SNIS
IN010	Índice de Micromedição relativo ao Volume Disponibilizado	%	SNIS
IN013	Índice de Perdas de Faturamento	%	SNIS
IN014	Consumo Micromedido por Economia	m ³ /mês/economia	SNIS
IN022	Consumo Médio Per capita de Água	litros/hab.dia	SNIS
IN025	Volume de água disponibilizado por economia	m ³ /mês/economia	SNIS
IN049	Índice de Perdas na Distribuição	%	SNIS
IN050	Índice Bruto de Perdas Lineares	m ³ /dia/km	SNIS
IN051	Índice de Perdas por Ligação	litros/ligação/dia	SNIS
IN052	Índice de Consumo de Água	%	SNIS
IN053	Consumo Médio de Água por Economia	m ³ /mês/economia	SNIS

Fonte: Adaptado de SNIS (2018).

Segundo a IWA, os principais indicadores para avaliar as perdas nos sistemas de distribuição são (MELATO, 2010):

- **Indicador Percentual:** este indicador relaciona o volume de perdas totais em um período e o volume de água disponibilizado.

Para Melato (2010), este indicador é o mais utilizado pelas prestadoras de serviço devido a sua facilidade de compreensão. No entanto, seu uso não é recomendado para avaliações operacionais, pois é fortemente influenciado pelo consumo e pela presença de grandes consumidores. No SNIS, este indicador é referenciado como IN₀₄₉.

- Índice de perdas por ramal e por extensão de rede: a fim de permitir a comparação entre diversos sistemas de abastecimento de água, incorporou-se um fator de escala no cálculo do indicador, como a quantidade de ramais e o comprimento da rede de distribuição, expressos em L/ramal/dia e m³/km/dia, respectivamente (MELATO, 2010).

Para Bezerra & Cheung (2013), o Índice de Perdas por Ramal (IPR) resulta em valores altos para áreas com baixa ocupação urbana, desta forma, recomenda-se usar IPR em regiões onde a densidade de ramais por extensão de rede seja superior a 20 ramais/km, o que geralmente ocorre nas áreas urbanas. Já para áreas rurais e/ou menos adensadas, quando a densidade de ramais por extensão de rede for inferior a 20 ramais/km, o Índice de Perdas por Extensão da Rede (IPER) é o mais indicado. No entanto, Melato (2010) destaca que apesar de esses dois indicadores serem melhores que o Indicador Percentual, uma vez que consideram o número de ligações e o comprimento da rede, o IPR e o IPER não levam em consideração a pressão de operação na rede, que possui influência direta nas perdas reais.

O IPR e o IPER são referenciados no SNIS como IN₀₅₁ e IN₀₅₀, respectivamente.

- Índice de vazamento na infraestrutura: este indicador representa a relação entre perdas reais anuais e perdas reais inevitáveis e pode ser calculado de acordo com a Equação 4.

$$IVI = \frac{V_F - V_{CA} - V_{PA}}{PRI \times \frac{365}{1.000}}, \quad 4$$

onde:

IVI: Índice de vazamentos na infraestrutura [adimensional];

V_F: Volume fornecido [m³];

V_{CA}: Volume de consumo autorizado [m³];

V_{PA}: Volume de perdas aparentes [m³];

PRI: Perdas Reais Inevitáveis [L/dia].

De acordo com Bezerra & Cheung (2013), as Perdas Reais Inevitáveis representam a menor perda real tecnicamente possível para um sistema bem gerenciado.

A IWA apresenta valores de referência de componentes do sistema de abastecimento de água (SAA) para o cálculo das PRI, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Valores de referência para o cálculo das PRI.

Componentes do SAA	PRI	Unidade
Redes	18	L/km rede/dia/mca de pressão
Ramais, hidrômetros na testada da propriedade	0,80	L/ramal/dia/mca de pressão
Comprimento médio da ligação desde a divisa do terreno até o hidrômetro	25	L/km tubulação interna subterrânea/dia/mca de pressão

Fonte: Adaptado de Lambert (1999).

Com os valores de referência da Tabela 1, as PRI podem ser calculadas através da Equação 5, como recomenda Bezerra & Cheung (2013):

$$PRI = (18 \times Lm + 0,80 \times N + 25 \times Lp) \times \frac{P}{1.000}, \quad 5$$

onde:

PRI = Perdas Reais Inevitáveis [m^3 /dia];

Lm = Extensão da rede [km];

N = Número de ramais;

Lp = Comprimento médio da ligação desde a divisa do terreno até o hidrômetro [km];

P = Pressão média do setor [mca].

Para Tsutiya (2014), no Brasil, a PRI pode ser calculada através da Equação 6, onde o termo Lp é nulo, já que os hidrômetros são instalados praticamente junto à testada do imóvel.

$$PRI = (18 \times Lm + 0,80 \times N) \times \frac{P}{1.000} \quad 6$$

2.2.3.1 Matriz de Avaliação do Banco Mundial

Conforme AESBE (2015), a fim de auxiliar na gestão de perdas, o Banco Mundial desenvolveu um sistema de classificação dos sistemas de abastecimento em quatro categorias de desempenho técnico (A, B, C e D).

O Quadro 2 ilustra as quatro categorias de desempenho técnico para países não desenvolvidos, bem como as ações para controle e redução das perdas reais.

Quadro 2: Matriz de Avaliação de Perdas Reais do Banco Mundial.

Categorias de Desempenho Técnico	IVI	Litros/ramal/dia (quando o sistema está pressurizado) a uma pressão de:					
		10 m	20 m	30 m	40 m	50 m	
Países Não Desenvolvidos	A	1 - 4	< 50	< 100	< 150	< 200	< 250
	B	4 - 8	50-100	100-200	150-300	200-400	250-500
	C	8 - 16	100-200	200-400	300-600	400-800	500-1000
	D	> 16	> 200	> 400	> 600	> 800	> 1000
RETORNAR PARA INDICADORES	A	Redução adicional de perda pode não ser econômica, a menos que haja insuficiência de abastecimento; são necessárias análises mais criteriosas para identificar o custo efetivo da melhoria					
	B	Potencial para melhorias significativas; considerar o gerenciamento de pressão; práticas melhores de controle ativo de vazamentos, e uma melhor manutenção da rede					
	C	Registro deficiente de vazamentos; tolerável somente se a água é abundante e barata; mesmo assim, analise o nível e a natureza dos vazamentos e intensifique os esforços para redução de vazamentos					
	D	Uso muito ineficiente dos recursos; programa de redução de vazamentos é imperativo e altamente prioritário					

Fonte: AESBE (2015).

2.3 CONTROLE DE PERDAS

Para Tsutiya (2014), em um sistema de abastecimento de água, desde a captação do manancial até a entrega de água tratada ao consumidor final ocorrem diversas perdas. Grande parte dessas perdas é causada por manutenção e operação deficientes nas tubulações e má gestão comercial das empresas de saneamento. Logo, o nível de perdas em uma companhia de saneamento está diretamente vinculado à eficiência operacional dela, ou seja, sistemas de abastecimento bem gerenciados possuem baixos índices de perdas.

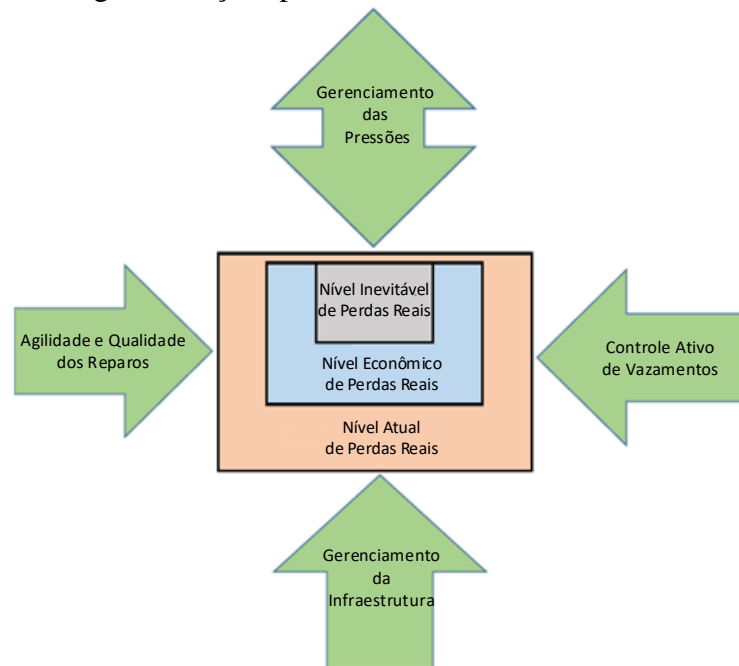
Além disso, Kusterko *et al.* (2018) ainda afirmam que o controle e a redução de perdas trazem benefícios em diversas esferas, seja econômica, energética, tecnológica e ambiental.

Portanto, torna-se importante a conscientização do problema de perdas, o envolvimento de todos os profissionais da companhia, bem como conhecimento técnico para o controle efetivo das perdas.

2.3.1 Controle de Perdas Reais

Para o controle de perdas reais, a ABES (2015) propõe 4 ações, como controle de pressão, velocidade e qualidade dos reparos, controle ativo de vazamentos e gestão de infraestrutura, conforme mostra a Figura 5.

Figura 5: Ações para o Controle às Perdas Reais.



Fonte: Adaptado de THORNTON (2008, *apud* ABES, 2015) e TARDELLI F° (2014, *apud* ABES, 2015).

2.3.1.1 Controle de pressão

Conforme Morais *et al.* (2010), o controle de pressão visa minimizar as pressões elevadas na rede e, ao mesmo tempo, garantir pressão mínima para o fornecimento de água aos consumidores.

Para Soares (2015), a pressão de serviço na rede de distribuição de água é o parâmetro operacional mais relevante no controle da vazão de vazamentos, pois, pressões elevadas na rede de distribuição além de aumentarem o volume de água perdido, tendem também a elevar a frequência de arrebentamentos da rede.

Adedeji *et al.* (2018) afirmam que o controle de pressão na rede de distribuição de água traz como benefícios o aumento da vida útil da tubulação, a redução de perdas de água por vazamentos e a redução no número de rompimentos da tubulação, melhorando, então, a gestão da distribuição de água.

Gonçalves & Alvim (2007) destacam a redução de 26% de volume de água perdido em um setor de Brasília após a instalação de válvula redutora de pressão (VRP). Inicialmente perdia-se aproximadamente 6.100 m³/dia, após a instalação de VRP o volume de água perdido foi para 4.500 m³/dia.

Assim, para um gerenciamento de pressão eficaz, Bezerra & Cheung (2013) mencionam as duas principais ações a serem realizadas: a setorização e a instalação de válvulas redutoras de pressão.

2.3.1.1.1 Setorização do Sistema de Distribuição de Água

De acordo com RECESA - Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental (2009), a setorização é uma das principais formas de controle de pressão, pois é possível dividir a área de abastecimento em setores menores, com fronteiras conhecidas e bem delimitadas. Estes setores são chamados de Distritos de Medição e Controle (DMC) e são delimitados através do fechamento de válvulas de manobra ou pela delimitação natural do sistema.

Farley (2008) destaca que a setorização permite que os operadores de rede gerenciem o sistema com mais eficiência em termos de controle de pressão e qualidade da água.

Os DMC's podem ter diversos tamanhos, isto dependerá da topologia da rede, da densidade populacional e da densidade de ramais (BEZERRA & CHEUNG, 2013). Farley (2008) recomenda que os DMC's tenham entre 1.000 e 2.500 ligações. Além disso, Farley (2008) também destaca que, por razões econômicas e operacionais, as concessionárias de água devem limitar o número de pontos de entrada de alimentação dos DMC's. De acordo com Bezerra & Cheung (2013), no Brasil, é comum adotar somente um ponto de entrada por setor.

Segundo a NBR 12.218/2017, deve-se levar em consideração alguns critérios para a delimitação do DMC, como por exemplo, o número máximo de 5.00 ligações, a topografia natural e as fronteiras hidráulicas da rede. Além disso, a alimentação do DMC deve ser realizada pelo menor número de pontos.

Para Bezerra & Cheung (2013), a adoção de DMC's permite conhecer o comportamento dos consumos da área, determinar a vazão mínima noturna, agilizar a identificação de vazamentos e potencializar a gestão das perdas reais e aparentes no setor.

2.3.1.1.2 Válvulas Redutoras de Pressão

Para Mota (2010), as válvulas redutoras de pressão (VRP) são dispositivos mecânicos instalados em determinados pontos da rede de distribuição que tem como finalidade gerar uma perda de carga localizada, reduzindo as pressões à jusante do seu ponto de distribuição.

Além disso, Bezerra & Cheung (2013) afirmam que as VRP's são utilizadas para proteger ou isolar bombas ou trechos de tubulações, controlar as vazões e níveis de reservatórios, direcionar o escoamento, etc.

Bezerra & Cheung (2013) mostram os principais tipos de VRP's utilizadas no setor de saneamento:

- VRP com pressão de saída fixa: é utilizada quando o sistema a ser controlado não possui mudanças relevantes de demanda, bem como quando as perdas de carga são pequenas;
- VRP com pressão proporcional: a pressão a jusante é proporcional à pressão a montante;
- VRP com modulação por tempo: é utilizada quando o sistema apresenta demanda regular e perdas de carga elevadas.
- VRP com modulação por vazão: é utilizada para sistemas que apresentem mudanças significativas de demanda e perdas de carga elevada

Segundo Mota (2010), o que determina a necessidade de instalação de VRP é a pressão dinâmica no ponto mais crítico do setor, que é o ponto de menor pressão na rede. O ponto mais crítico de um setor é aquele localizado nas cotas mais altas ou nos pontos mais distantes da entrada. Mota (2010) indica que em pontos críticos com pressão acima de 30 mca são pontos potenciais para instalação de VRP.

Em seus estudos, Madureira *et al.* (2010) apresentaram os resultados da aplicação de VRP's na Unidade de Negócio Norte da SABESP. Inicialmente realizou-se uma avaliação geral das pressões. A partir disto, foram sugeridas áreas de instalação de VRP's com potencial de redução de pressão. Assim, os equipamentos foram instalados e iniciou-se, através de geofones, a pesquisa por vazamentos, a fim de detectar e reparar os vazamentos. A gestão de pressão neste setor resultou em uma redução de pressão de 60 mca para 40 mca e uma redução de 50% nas vazões mínimas noturnas.

2.3.1.2 *Velocidade e Qualidade de Reparos*

Segundo Lambert (2001), o conserto nas redes de distribuição deve acontecer em um curto espaço de tempo, visto que a velocidade do reparo de vazamentos contribui diretamente para a redução do volume total de perdas reais.

Além disso, a qualidade dos materiais e da mão de obra na execução dos serviços são ações fundamentais para a gestão de perdas, pois materiais de má qualidade deterioram-se rapidamente e serviços mal executados fazem com que os vazamentos retornem rapidamente, fazendo com que a equipe técnica tenha que realizar o serviço novamente.

Tsutiya (2014) afirma que em sistemas com boa gestão operacional o tempo de reparo varia entre 10 e 24 horas e que as ações mais relevantes para a adequada qualificação dos profissionais é o treinamento da mão de obra e a certificação profissional.

Segundo a Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA (2003), os benefícios pela agilidade e qualidade nos reparos são:

- Minimização do volume de água perdido em vazamentos em redes e ramais devido à agilidade na estanqueidade dos vazamentos;
- Melhoria na qualidade do serviço prestado, refletindo na satisfação dos usuários;
- Redução de retrabalhos.

2.3.1.3 *Controle ativo de vazamentos*

Para Bezerra & Cheung (2013), o método mais empregado para o controle ativo de perdas reais é a pesquisa de vazamentos não visíveis por meio de métodos acústicos.

O método acústico consiste em ouvir ruídos, que podem estar relacionados a vazamentos não visíveis na tubulação, através de aparelhos eletrônicos. Os principais equipamentos utilizados na pesquisa acústica de vazamentos são: haste de escuta, geofones mecânicos e eletrônicos, locadores de massa metálica e *dataloggers* de ruído (BEZERRA & CHEUNG, 2013).

A pesquisa por vazamentos tem início quando o técnico verifica, através de haste de escuta, todos os pontos acessíveis da tubulação, como cavaletes, ramais, hidrantes e registros. A haste de escuta não localiza vazamentos, apenas indica a sua existência nas proximidades. Após esta análise, a pesquisa de vazamentos é realizada com geofones eletrônicos, onde são ouvidos todos os pontos que foram marcados na pesquisa com a haste de escuta. O vazamento estará localizado no ponto em que o ruído apresentar maior intensidade. Para a confirmação do

vazamento, são utilizadas haste de perfuração, que possuem a capacidade de perfurar pisos de cimento e asfalto, sendo fornecidas nas opções de 1 e 1,5 m de comprimento (BEZERRA & CHEUNG, 2013).

Após localizar o vazamento, são enviadas ao local as equipes de reparo, que farão o conserto da rede, do ramal ou do cavalete.

2.3.1.4 Gestão de infraestrutura

As tubulações são um dos componentes mais importantes na infraestrutura dos sistemas de abastecimento de água. Logo, a gestão da infraestrutura está diretamente relacionada ao conhecimento dessas tubulações quanto à idade, ao material empregado em sua fabricação, a manutenções preventivas, a procedimentos de trabalho e a treinamentos (RECESA, 2009).

A maioria dos sistemas de distribuição de água em operação precisa de ações de intervenção no sistema para prolongar sua vida útil. De acordo com Bezerra & Cheung (2013), as técnicas utilizadas para reabilitação de redes podem ser destrutivas ou não destrutivas. As técnicas destrutivas consistem em mecanismos padrão de aberturas de valas, ocasionando considerável impacto social. Já os mecanismos não destrutivos são caracterizados por pequenas aberturas de valas ou de poços de inspeção, o que reduz significativamente o transtorno causado à população (BEZERRA & CHEUNG, 2013).

No Brasil, existem diversas técnicas não destrutivas para a reabilitação de redes. De acordo com Tsutiya (2014), o método mais comum envolve a limpeza e o revestimento da tubulação, que tem como objetivo melhorar as condições de escoamento, pois assim, além de reduzir a perda de carga, pode-se trabalhar com pressões menores, contribuindo para a diminuição de vazamentos.

Outro método não destrutivo muito utilizado é o Método da Inserção, que consiste na introdução de um tubo, geralmente de PEAD, dentro da tubulação existente (TSUTIYA, 2014). Em seguida, quando o tubo estiver posicionado ao longo do trecho, os ramais prediais são reconectados à nova linha (TSUTIYA, 2014).

Segundo Cerqueira (2013), as experiências de técnicos da área indicam que a maior quantidade de vazamentos se encontra nos ramais. Isto pode ser devido ao uso de material inadequado, às falhas nas conexões, a tubos furados ou trincados e a ramais que foram instalados em profundidades inadequadas, o que ocasionaria maior facilidade de rompimentos.

Diante disto, destaca-se que a gestão da infraestrutura envolve também ações preventivas, como por exemplo, a manutenção de acessórios da rede de água, como registros, *boosters* e válvulas redutoras de pressão; a especificação de materiais, equipamentos e procedimento; o treinamento de mão-de-obra; a fiscalização e acompanhamento dos trabalhos e a atualização do cadastro (VICENTINI, 2012).

Para ABES (2015), o gerenciamento de infraestrutura é a atividade mais relevante no combate às perdas reais, uma vez que traz resultados definitivos e duradouros, porém com maiores custos agregados.

2.3.2 Controle de Perdas Aparentes

Para o controle de perdas aparentes, a ABES (2015) propõe 4 ações, como a redução dos erros de medição, o combate a fraudes, a melhoria no sistema comercial e a qualificação da mão de obra.

2.3.2.1 Redução de Erros de Medição

Para Bezerra & Cheung (2013), a diminuição dos erros de medição é obtida por meio da gestão eficiente do parque de hidrômetros. Pois, através desta gestão, é possível controlar as perdas aparentes por meio da realização de campanhas de substituição periódica, programas eficientes de manutenção, dimensionamento adequado e compra de medidores certificados pelo INMETRO.

Segundo Tsutiya (2014), há três situações básicas para ocorrer a troca dos hidrômetros: manutenção corretiva, quando há violações ou travamentos nas engrenagens que não permitem o funcionamento do hidrômetro ou a realização da leitura; manutenção preventiva, refere-se à troca do hidrômetro depois de um determinado tempo ou volume medido; e adequação, quando a troca está relacionada à inadequação do hidrômetro instalado para os consumos verificados na ligação.

Os principais objetivos para a substituição dos hidrômetros são para obter 100% dos clientes com micromedição e com 100% de leitura, para eliminar vazamentos e para obter a leitura periódica (BEZERRA & CHEUNG, 2013).

2.3.2.2 Combate a fraudes e Uso não autorizado

Os consumos não autorizados são representados pelas fraudes e ligações clandestinas realizadas nos hidrômetros ou cavaletes e pelo roubo de água nos hidrantes públicos (ABES, 2015).

As fraudes são caracterizadas por emprego de tubulação paralela ao medidor, onde parte da água passa sem ser medida, por ligação clandestina conectada diretamente na rede distribuidora, pela violação de hidrômetros e pela ativação de ligações inativas sem permissão da prestadora de serviços de saneamento (RECESA, 2009).

De acordo com Bezerra & Cheung (2013), a política de controle de uso não autorizado envolve a implementação de campanhas educacionais e de combate às fraudes, às ligações clandestinas e a usos não autorizados.

Para Tsutiya (2014), a detecção das fraudes pode ser feita através de denúncias da população, evidências levantadas pelos leituristas e análises do histórico de consumo da ligação.

Ao constatar a fraude, a companhia de saneamento pode efetuar a regularização da ligação clandestina e buscar ressarcimento dos valores referentes aos volumes perdidos, através de contato direto com o cliente ou solicitar apoio policial, onde são feitos os procedimentos de preservação das provas de fraude e elaboração de Boletins de Ocorrência (TSUTIYA, 2014).

2.3.2.3 Melhoria no Sistema Comercial

A gestão comercial de uma companhia de saneamento envolve sistemas informatizados e recursos humanos que auxiliam na avaliação dos consumos de água tratada e seu faturamento (RECESA, 2009).

Nestes sistemas ocorre o pedido de ligação do cliente, cadastramento comercial da ligação após sua execução, programação das leituras, apuração do consumo e emissão de contas (TSUTIYA, 2014).

Assim, para Tsutiya (2014), a fim de diminuir as perdas aparentes, torna-se necessário manter sempre o sistema comercial atualizado, bem como realizar, de prontidão, este cadastramento, eliminando as ligações não cadastradas, ligações clandestinas ou ligações suprimidas do cadastro, mas que foram reativadas sem conhecimento da companhia.

2.3.2.4 Qualificação da Mão-de-obra

Para Tsutiya (2014), o controle de perdas aparentes está diretamente relacionado com o cliente da companhia de saneamento, uma vez que quando há fraudes ou problemas nos hidrômetros, os técnicos da companhia fazem contato direto com o cliente. Desta forma, estes

técnicos devem passar por treinamentos e cursos visando à capacitação técnica e ao atendimento ao cliente.

Os leituristas de hidrômetros também possuem papel importante no controle de perdas aparentes, pois esses são responsáveis pelo levantamento do consumo, registrando variações elevadas do volume consumido e indícios de fraudes (TSUTIYA, 2014).

Portanto, a qualificação de mão-de-obra deve envolver a seleção, o treinamento e a certificação dos profissionais a fim de solucionar os problemas em campo, como também, melhorar a qualidade dos dados obtidos (TSUTIYA, 2014).

2.4 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

De acordo com EMBASA (2018), os custos com energia configuram entre as três principais despesas das empresas de saneamento, chegando a representar até 30% dessas despesas operacionais. Estima-se que cerca de 95% dos consumos de energia no saneamento são devidos às instalações de bombeamento.

Assim, Kusterko (2009) afirma que avaliar a eficiência energética é importante para definir prioridades de operação e para monitorar a eficácia das medidas implementadas.

EMBASA (2018) ainda destaca que para melhorar a eficiência em sistemas de abastecimento de água podem ser adotadas medidas tanto de redução da energia consumida como também de otimização do comportamento hidráulico no sistema.

Para a redução da energia consumida, esta pode ser obtida através de medidas referentes aos equipamentos e atuação sobre grandezas elétricas, como uso de conjuntos motobomba bem dimensionados e mais eficientes e o monitoramento e comando remoto centralizado (EMBASA, 2018).

Já as medidas referentes às variáveis hidráulicas, tem-se a redução da perda de carga das tubulações, a redução da altura manométrica pela mudança de traçado da adutora ou pela redução de vazão bombeada; a redução da vazão bombeada pelo sistema pela redução das perdas reais de água e a setorização da distribuição adequada em relação às pressões operacionais (EMBASA, 2018).

Assim, a fim de auxiliar na avaliação da eficiência, ELETROBRAS (2005, *apud* Kusterko, 2009) destaca os principais indicadores relacionados ao consumo de energia e à eficiência energética:

- Custo específico da energia: custo unitário da energia adquirida da concessionária (R\$/MWh);
- Consumo específico: energia consumida por volume de água bombeado (kWh/m³);
- Custo de energia por volume vendido (R\$/m³);
- Valor faturado por volume bombeado (R\$ faturado/m³bombeado).

Além disto, a fim de estabelecer um parâmetro para comparação do desempenho de conjuntos diferentes, Alegre *et al* (2000) propõem o indicador de consumo de energia normalizado (CEN), que é definido como a quantidade média de energia gasta para elevar 1 metro cúbico de água a 100 m de altura por meio de instalações de bombeamento (KUSTERKO, 2009). Este indicador é calculado através da Equação 8.

$$CEN = \frac{E_C}{V_B * \left(\frac{H}{100}\right)}, \quad 7$$

onde:

E_C = Energia consumida [kWh],

V_B = Volume bombeado [m³],

H = Altura manométrica [m].

2.5 MODELAGEM HIDRÁULICA

A modelagem hidráulica consiste em representar o comportamento hidráulico da rede de distribuição (SANTOS, 2013).

Para Bezerra & Cheung (2013), através do modelo hidráulico é possível não só conhecer as grandezas hidráulicas (vazão, pressão e perda de carga) para os diversos cenários de interesse, como também avaliar o comportamento da qualidade da água ao longo da rede e estimar os valores de perdas por vazamentos na rede.

Segundo Santos (2013), a aplicação de modelos hidráulicos nas companhias de saneamento já é uma prática bastante explorada. Entre os programas que podem ser utilizados para realizar a simulação hidráulica estão o WaterCAD e o EPANET.

O WaterCAD é um modelo de gestão de distribuição de água que permite a modelagem hidráulica da operação e da qualidade da água e tem como principal vantagem a integração com outros softwares, como o AutoCAD e a plataforma GIS (DIUANA & OGAWA, 2015).

Em relação ao EPANET, este também permite representar a qualidade da água e o comportamento hidráulico da rede, possuindo como vantagem ser um programa livre e de código aberto.

3 METODOLOGIA

Na metodologia aplicada neste trabalho, caracterizou-se, inicialmente a área de estudo.

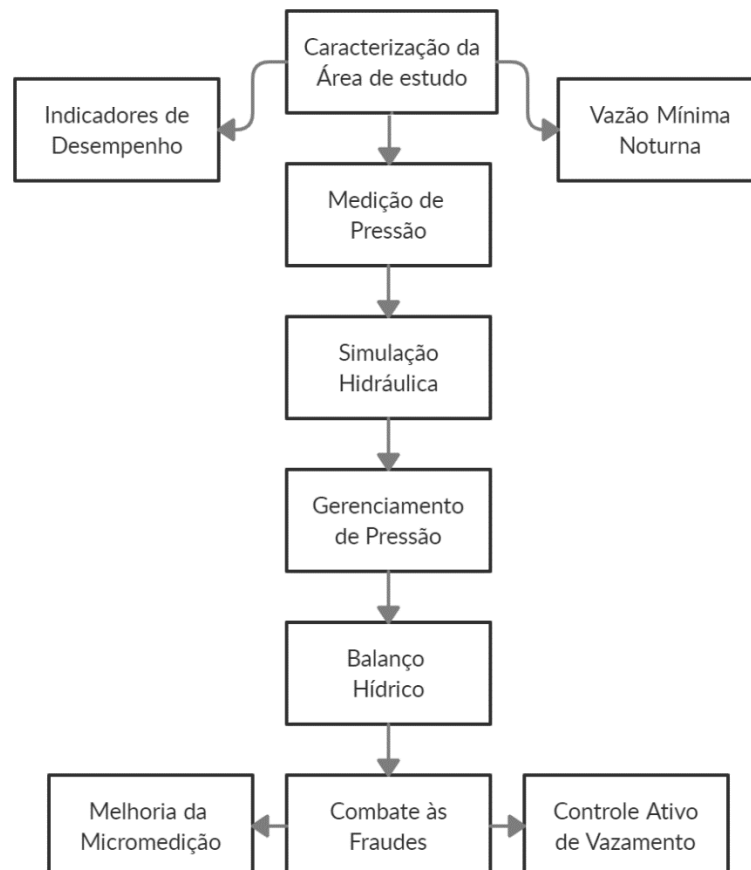
A vazão mínima noturna e os indicadores passaram a ser acompanhados a partir de setembro e outubro de 2019, respectivamente.

Em seguida, no dia 17 de janeiro de 2020, a pressão do sistema foi medida em dois pontos, no ponto crítico e no ponto médio, para, posteriormente, realizar a simulação hidráulica, em que foi simulada a redução de pressão. Assim, em junho de 2020m foi realizado o gerenciamento de pressão no sistema.

Em seguida, o balanço hídrico foi determinado e o procedimento de melhoria da micromedicação, como o levantamento da situação do parque de hidrômetros, o procedimento de combate às fraudes, como o levantamento da situação das ligações do DMC, e o controle ativo de vazamentos foram propostos.

A Figura 6 mostra o fluxograma da metodologia aplicada neste trabalho.

Figura 6: Fluxograma da metodologia.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A Tabela 2 mostra o cronograma das atividades desenvolvidas neste trabalho.

Tabela 2: Cronograma de Atividades.

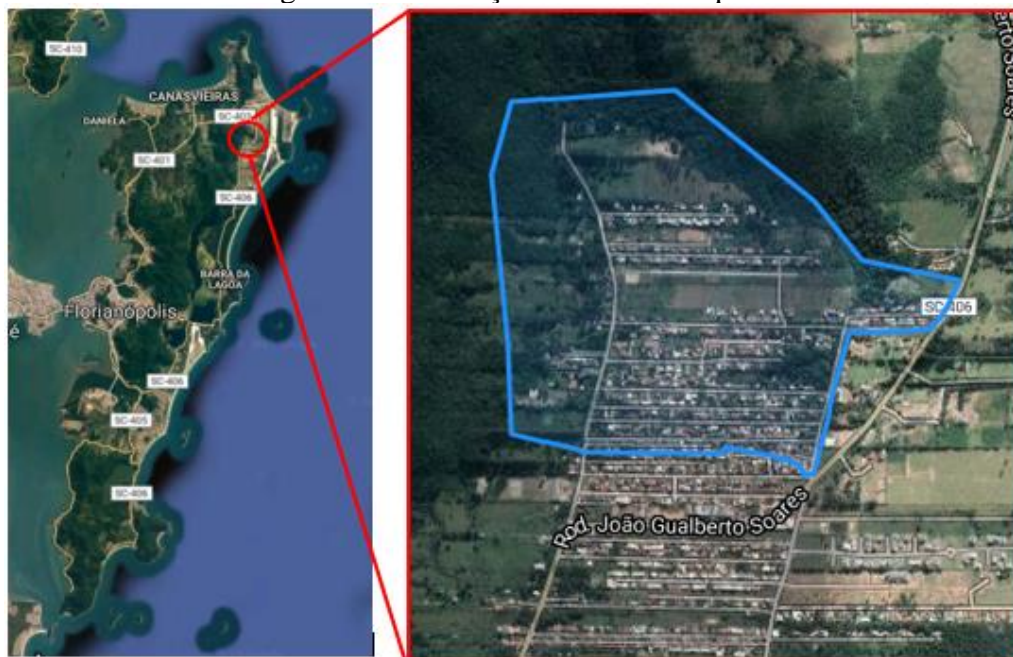
Atividades/Meses	set/19	out/19	nov/19	dez/19	jan/20	fev/20	mar/20	abr/20	mai/20	jun/20	jul/20	ago/20
Início do monitoramento da VMN	X											
Início do monitoramento dos Indicadores de Desempenho		X										
Medição de pressão no ponto médio e no ponto crítico					X							
Simulação Hidráulica						X	X					
Redução da pressão no sistema										X		
Medição de pressão no ponto crítico										X		
Balanco Hídrico										X		
Avaliação dos resultados											X	X

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo, DMC Muquém, está localizada no bairro São João do Rio Vermelho, ao norte do município de Florianópolis/SC, conforme mostra a Figura 7.

Figura 7: Localização do DMC Muquém.



Fonte: Google Maps (2019).

Fonte: Sistema DOMO, CASAN (2019).

A região é abastecida por 7 poços artesianos do Sistema de Abastecimento de Água Costa Norte – São João do Rio Vermelho (SCN-SSJRV), o qual é operado pela Superintendência Regional Metropolitana/Gerência Operacional (SRM/GOPS) da Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN).

A região Muquém é um DMC predominantemente residencial e atende aproximadamente 640 economias ativas, com taxa de ocupação de 2,94 pessoas por economia (APL CASAN, 2020) e com extensão de rede de 9,2 km, conforme o cadastro comercial da CASAN.

3.2.MEDIÇÃO DE PRESSÃO

Com a finalidade de calcular a Perda Real Inevitável, o FND e calibrar o modelo no WaterCAD, no dia 17 de janeiro de 2020 foi medida a pressão em dois pontos do sistema. O primeiro ponto foi ao final da rua Manoel Tibúrcio Duarte, onde fica localizado o ponto mais alto do sistema, com cota de 68 metros. Já o segundo ponto de medição foi realizado em um ponto de cota média do sistema, na rua Servidão Dona Tomásia, com cota de 46 metros. Nos dois pontos a pressão foi medida durante 24 horas utilizando-se *datalogger*, que foi instalado em uma torneira de jardim alimentada diretamente da rede.

A Figura 8 mostra a localização no DMC dos dois pontos de medição.

Figura 8: Ponto de Medição de Pressão.



Fonte: Sistema DOMO, CASAN (2020).

A Figura 9 e a Figura 10 mostram o *datalogger* instalado nos dois pontos de medição.

Figura 9: Medição de Pressão Ponto 1: Manoel Tibúrcio Duarte.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Figura 10: Medição de Pressão Ponto 2: Dona Tomásia.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

3.3SIMULAÇÃO HIDRÁULICA

A simulação hidráulica no setor foi realizada através do programa WaterCAD, a fim de verificar a real demanda do DMC e criar cenário, como a redução da pressão de recalque do *booster*, para analisar a diminuição no volume disponibilizado, na vazão mínima noturna e consequente redução do índice de perdas.

O sistema de abastecimento de água do setor Muquém é composto por um sistema de bombeamento com inversor de frequência, que atualmente mantém uma pressão de recalque de 75 mca. Além disso, a rede é formada por tubulação de PVC de 50, 75, 100 e 150 mm de diâmetro.

A Figura 11 mostra o *booster* e o conversor do DMC Muquém.

Figura 11: *Booster* e Conversor – DMC Muquém.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Para realizar a simulação hidráulica, inicialmente importou-se para o WaterCAD a rede do cadastro comercial com informações dos diâmetros, comprimentos e materiais das tubulações e, em seguida, fez-se a curva de consumo, a fim de determinar a variação do consumo de água durante o dia.

Após estabelecer a curva de consumo, calculou-se, através da Equação 8, a demanda para a região.

$$Q = \frac{K_1 * P * q}{86.400}, \quad 8$$

onde:

Q = vazão [L/s],

K_1 = Coeficiente do dia de maior consumo [adimensional],

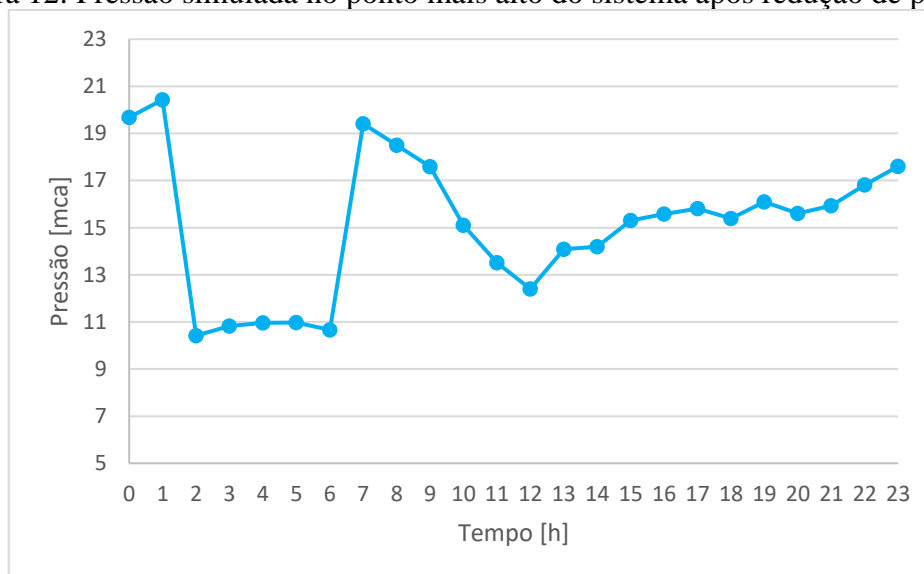
P = População abastecida [habitante],

q = Consumo per capita de água [L/hab.dia].

Após a calibração do modelo, criou-se o primeiro cenário, o qual é referente à alteração da pressão pela variação da rotação da bomba (*booster*).

Portanto, no programa WaterCAD foi simulada a redução da pressão de recalque do *booster* de 75 mca para 55 mca durante o intervalo da 01:01 até às 06:00h e para 65 mca nos intervalos 00:00 a 01:00 e 06:01 a 23:59, como mostra a Figura 12. Estes valores foram adotados a fim de manter pressão mínima de 10 mca no ponto crítico.

Figura 12: Pressão simulada no ponto mais alto do sistema após redução de pressão.



Fonte: Supervisório, CASAN (2020).

3.4VAZÃO MÍNIMA NOTURNA

A vazão mínima noturna passou a ser acompanhada, diariamente, a partir do dia 1 de setembro de 2019, via Sistema Supervisório da CASAN. Para determinar a vazão mínima noturna, gerou-se, semanalmente, um relatório contendo as vazões máximas, médias e mínimas de cada dia.

Como dados de entrada no Sistema Supervisório tem-se o *Data Point Booster* Muquém e as datas para análise da vazão mínima noturna.

O relatório foi obtido através de uma planilha modelo que foi criada no Excel. Esta planilha busca o valor da vazão mínima noturna para cada dia.

Através do acompanhamento das Vazões Mínimas Noturnas, foi calculada a Perda Real Inevitável de acordo com a Equação 9.

$$PRI = (18 \times Lm + 0,80 \times N + 25 \times Lp) \times \frac{P}{1.000}, \quad 9$$

onde:

PRI = Perdas Reais Inevitáveis [m^3 /dia];

Lm = Extensão da rede [km];

N = Número de ramais;

Lp = Comprimento médio da ligação desde a divisa do terreno até o hidrômetro [km];

P = Pressão média do setor [mca].

Os valores usados para L_m e N foram obtidos através do cadastro comercial e do Sistema DOMO da CASAN, respectivamente, e correspondem a 9,2 km e 558 ramais. Já em relação ao L_p , adotou-se 0,0035 km. A pressão média do setor foi medida no ponto médio do DMC, conforme item 3.3.

Após a determinação da PRI, o índice de vazamentos na infraestrutura foi obtido e, a partir disto, foi realizado o acompanhamento da matriz de avaliação de perdas, conforme mostra o Quadro 2, a fim de determinar em qual categoria de desempenho o sistema se enquadra mensalmente.

Por fim, a vazão mínima noturna esperada foi determinada segundo a Equação 10.

$$VMN \text{ esperada} = IVI * PRI + Cmin, \quad 10$$

onde:

$VMN \text{ esperada}$ = Vazão Mínima Noturna esperada [L/s];

IVI = Índice de Vazamento na Infraestrutura [adimensional];

PRI = Perda Real Inevitável [L/s];

Cm = Consumo mínimo noturno [L/s].

O consumo mínimo noturno foi estimado através da soma da Equação 11 e da Equação 12, conforme indicado pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP (ABES, 2015).

$$\text{Consumo legítimo} = 0,34 \frac{L}{h} * hab \quad 11$$

$$\text{Vazamentos internos} = 0,50 \frac{L}{h} * \text{Número de ligações} \quad 12$$

Para o cálculo do consumo legítimo e dos vazamentos internos, foram considerados 1883 habitantes e 558 ligações ativas, respectivamente, conforme a Tabela 8 no item 4.6.

3.5 CARACTERIZAÇÃO DAS PERDAS

A caracterização das perdas foi realizada através da determinação do Balanço Hídrico e dos Indicadores de Desempenho.

3.5.1 Determinação do Balanço Hídrico

O Balanço Hídrico do DMC Muquém foi realizado baseando-se na Figura 4, no entanto, alguns termos foram simplificados, como mostra a Figura 13.

Figura 13: Matriz de Balanço Hídrico

Volume Produzido ou Disponibilizado	Consumos Autorizados	Consumos Autorizados Faturados	Consumos medidos faturados	Águas Faturadas	
			Consumos não medidos faturados		
		Consumos Autorizados Não Faturados		Águas Não Faturadas	
	Perdas	Perdas Aparentes (Comerciais)	Consumos não autorizados (fraudes) e falhas do sistema comercial		
			Submedição dos hidrômetros		
		Perdas Reais (Físicas)	Vazamentos na rede de distribuição e nos ramais prediais		
Vazamentos e extravasamentos no reservatório					

Fonte: Adaptado de ABES (2015).

O volume de entrada foi obtido a partir do sistema Supervisório da CASAN, o consumo autorizado faturado medido foi obtido através do Sistema DOMO. Já o consumo autorizado faturado não medido foi estimado, considerando-se consumo mínimo de 10 m³ por economia residencial. No DMC não há reservatório nem consumos autorizados não faturados.

Para determinar o volume do consumo autorizado não faturado (CANF), AESBE (2015) divide este consumo em 2 classes: usos próprios operacionais e administrativos e usos especiais.

O Quadro 3 mostra os componentes do CANF para cada tipo de uso.

Quadro 3: Classes e componentes do Consumo Autorizado Não Faturado.

Classes do CANF	Componentes do CANF
Usos próprios operacionais e administrativos	Descarga de rede, limpeza de reservatório, esvaziamento e limpeza da rede de água para reparos, consumo de áreas administrativas pela companhia, entre outros.

Usos especiais	Fornecimento para combate a incêndio pelo corpo de bombeiro, abastecimento de eventos públicos, por carros pipa não faturados, por chafarizes, entre outros.
----------------	--

Fonte: Adaptado de AESBE (2015).

A seguir estão os componentes do CANF referentes ao DMC:

- Descargas: durante o período de não foram realizadas descargas no DMC.
- Limpeza de reservatórios: não existem reservatórios públicos no DMC em estudo.
- Usos administrativos: não há uso administrativo no DMC em estudo.
- Usos especiais: caminhões-pipa e abastecimento de bombeiros são realizados através de hidrantes. No DMC estudado não existem hidrantes para caminhões-pipa e para abastecimento de bombeiros.

Para estimar as perdas totais, essas foram determinadas através da Equação 13:

$$\text{Volume de perdas totais} = \text{Volume disponibilizado} - \text{Volume autorizado} \quad 13$$

Inicialmente foi determinado o volume de perdas reais através do método das Vazões Mínimas Noturnas. Assim, o volume diário de perdas reais pode ser obtido pela Equação 14.

$$\text{Volume diário de perdas reais} = FND \times (Q_{min} - C_{min}), \quad 14$$

onde:

Volume diário de perdas reais = [m³/dia],

FND = Fator Noite/Dia [h/dia],

Q_{min} = Vazão Mínima Noturna [m³/h],

C_{min} = Consumo mínimo noturno [m³/h].

Em relação às perdas aparentes, essas foram determinadas após a obtenção do volume de perdas reais, como mostra a Equação 15.

$$\text{Perdas Aparentes} = \text{Perdas Totais} - \text{Perdas Reais} \quad 15$$

A partir do volume de perdas aparentes determinado, foi calculada a parcela de perdas referentes à submedição. Este volume foi obtido a partir da taxa de submedição dos hidrômetros fornecida pela CASAN.

A taxa de submedição no DMC estudado é de 24,5% (GCO CASAN, 2020), este valor é obtido a partir da diferença (em %) do volume referente aos medidores novos versus antigos. Diante disto, o volume de submedição foi calculado através da Equação 16.

$$\text{Volume de submedição} = \text{Taxa de submedição} * \text{Volume consumido} \quad 16$$

Já o volume referente às fraudes e falhas do sistema comercial foi determinado a partir do volume de submedição, como mostra a Equação 17.

$$\begin{aligned} \text{Volume fraudes e falhas no sistema comercial} \\ = \text{Perdas Aparentes} - \text{Volume submedição} \end{aligned} \quad 17$$

3.5.2 Avaliação do Índice de Perdas

O índice de perdas na região foi avaliado através dos indicadores de desempenho exibidos no Quadro 4.

Quadro 4: Indicadores de Desempenho.

Código	Indicadores de Desempenho	Unidade
IN009	Índice de Hidrometração	%
IN013	Índice de Perdas de Faturamento	%
IN022	Consumo Médio Per capita de Água	litros/hab.dia
IN049	Índice de Perdas na Distribuição	%
IN051	Índice de Perdas por Ligação	litros/ligação/dia
IN053	Consumo Médio de Água por Economia	m ³ /mês/economia

Fonte: Adaptado de SNIS (2018).

Para o cálculo dos indicadores de desempenho, foram utilizadas as equações do SNIS. Além disso, os dados utilizados foram retirados da base de dados da CASAN, através dos sistemas DOMO e Supervisório.

A determinação do Índice de Hidrometração é obtida através da Equação 18.

$$IN009 = \frac{AG004}{AG002} \times 100, \quad 18$$

onde:

IN009: Índice de Hidrometração [%];

AG002: Quantidade de ligações ativas de água [ligações];

AG004: Quantidade de ligações ativas de água micromedidas [ligações];

O Índice de Perdas de Faturamento é obtido pela Equação 19:

$$IN013 = \frac{AG006 + AG018 - AG011 - AG024}{AG006 + AG018 - AG024} \times 100, \quad 19$$

onde:

IN013: Índice de perdas faturamento [%];

AG006: Volume de água produzido [1.000 m³/ano];

AG018: Volume de água tratada importado [1.000 m³/ano];

AG011: Volume de água faturado [1.000 m³/ano];

AG024: Volume de serviço [m³].

O Consumo Médio Per capita de Água é obtido pela Equação 20:

$$IN022 = \frac{AG010 - AG019}{AG001} \times \frac{1.000.000}{365}, \quad 20$$

onde:

IN022: Consumo médio per capita de água [litros/hab.dia];

AG001: População total atendida com abastecimento de água [habitantes];

AG010: Volume de água consumido [1.000 m³/ano];

AG019: Volume de água tratada exportado [1.000 m³/ano].

Para o cálculo do Índice de Perdas na Distribuição, utiliza-se a Equação 21:

$$IN049 = \frac{AG006 + AG018 - AG010 - AG024}{AG006 + AG018 - AG024} \times 100, \quad 21$$

onde:

IN049: Índice de perdas na distribuição [%].

Para determinar o Índice de Perdas por Ligação, utiliza-se a Equação 22:

$$IN051 = \frac{AG006 + AG018 - AG010 - AG024}{AG002} \times \frac{1.000.000}{365}, \quad 22$$

onde:

IN051: Índice de perdas por ligação [litros/ligação/dia].

O Consumo Médio de Água por economia é calculado pela Equação 23:

$$IN053 = \frac{AG010 - AG019}{AG003^*} \times \frac{1.000}{12},$$

onde:

IN053: Consumo médio de água por economia [m³/mês/economia];

AG003: Quantidade de economias ativas de água [economias];

AG003*: Utiliza-se a média aritmética dos valores do ano de referência e do ano anterior ao mesmo.

3.6 MELHORIA DA MICROMEDIÇÃO

3.6.1 Troca de Hidrômetros

O *software* HidroLupa da CASAN é um sistema utilizado para o controle e o gerenciamento do parque de hidrometria e micromedição. É um sistema primordial para a identificação de quais ligações de água o hidrômetro precisa ser substituído, a fim de evitar a submedição e, conseqüentemente, as perdas comerciais (CASAN, 2015).

Através do sistema HidroLupa, realizou-se um levantamento da situação da idade do parque de hidrômetros do DMC Muquém. Este resultado está exposto no item 4.7

Além disto, para realizar a troca dos hidrômetros, a CASAN não leva em consideração somente a idade. O Quadro 5 exemplifica os outros critérios adotados pela Companhia.

Quadro 5: Critérios adotados pela CASAN para troca de hidrômetros.

Itens	Critérios adotados pela CASAN
1	Sem hidrômetro
2	Hidrômetro parado
3	Queda na média anual maior que 25% e média do ano anterior acima da tarifa mínima
4	Queda na média anual maior que 50% e média do ano anterior acima de ½ da tarifa mínima
5	Queda na medição e média inicial acima da tarifa mínima
6	Queda na medição e média inicial acima de ½ da tarifa mínima
7	Abaixo de 3 m ³ /mês e acima de 5 anos

8	Queda na fatura e aumento no consumo maior que 25% ao realizar a troca do hidrômetro
9	Acima de 10 anos
10	Possui autorização de serviço de substituição pendente

Fonte: HidroLupa (CASAN, 2020).

Alguns dos critérios adotados pela CASAN levam em consideração os hidrômetros que sofreram redução na medição quando a média de consumo inicial ou do ano anterior supera a tarifa mínima e as ligações com consumo abaixo de 3 m³/mês e acima de 5 anos, esses critérios indicam que houve redução na precisão dos valores medidos nos hidrômetros, portanto, devem ser trocados.

Hidrômetros com mais de 10 anos também precisam ser substituídos devido ao desgaste que sofrem ao longo dos anos.

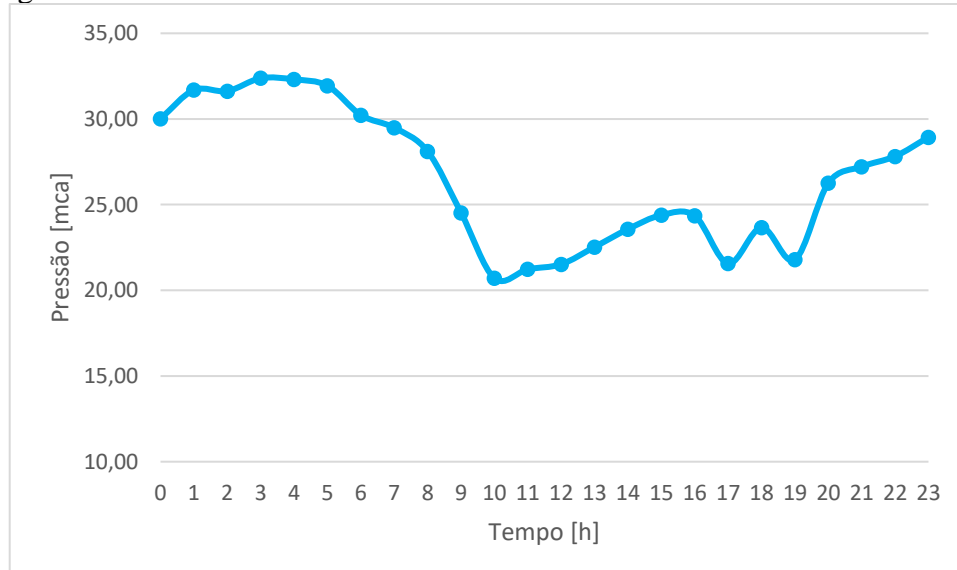
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 MEDIÇÃO DE PRESSÃO

Como citado no item 3.2, a pressão foi medida em dois pontos do sistema.

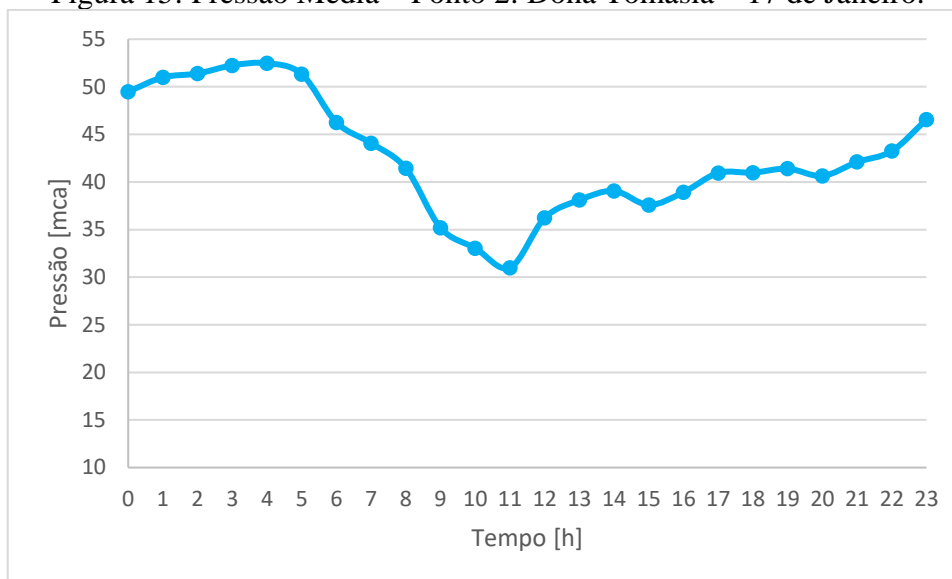
A Figura 14 e a Figura 15 trazem o resultado da medição de pressão realizada durante 24 horas no ponto crítico e no ponto médio do sistema, respectivamente.

Figura 14: Pressão Média – Ponto 1: Manoel Tibúrcio Duarte – 17 de Janeiro.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Figura 15: Pressão Média – Ponto 2: Dona Tomásia – 17 de Janeiro.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Através da Figura 14 e da Figura 15 é possível analisar que no período de menor consumo, entre 0h e 6h, a pressão é maior, com média de 32 e 52 mca, respectivamente. Já no horário de maior consumo, entre 10 e 11h, nota-se a menor pressão registrada nos dois pontos, 20,71 e 31 mca, respectivamente.

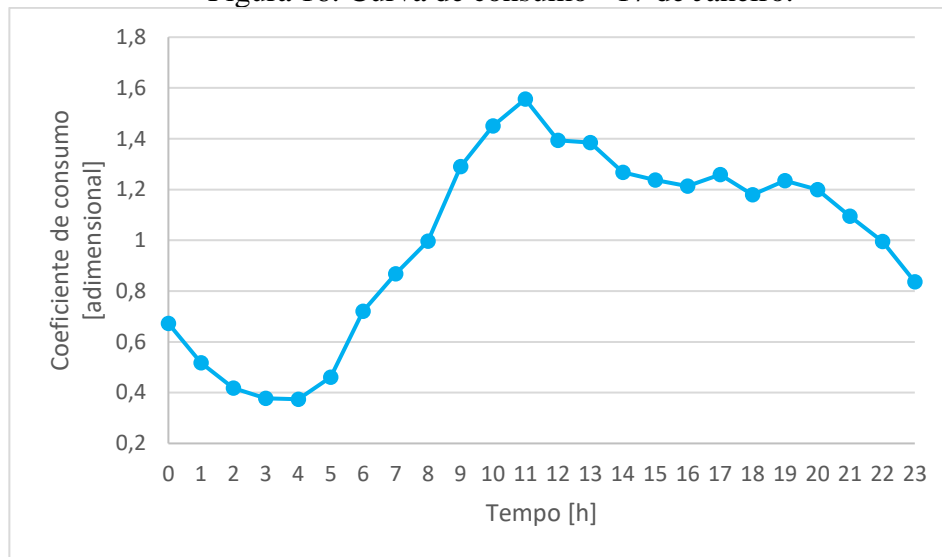
É importante destacar que a pressão foi medida durante o verão, em que o volume de água consumido é maior e, conseqüentemente, a pressão no sistema é menor. Logo, as pressões medidas podem estar subestimadas, visto que a medição foi realizada em um período considerado de alta temporada.

4.2.SIMULAÇÃO HIDRÁULICA

Para a simulação hidráulica, determinou-se a curva de consumo do DMC Muquém. Para isto, analisou-se a vazão ao longo do dia 17 de janeiro e, dividindo-se a vazão média horária pela vazão média diária, os coeficientes da curva foram obtidos.

A Figura 16 mostra a vazão média horária ao longo de 24 horas, bem como o coeficiente da curva de consumo para cada horário.

Figura 16: Curva de consumo - 17 de Janeiro.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A Figura 16 mostra que menor consumo ocorre entre 3 e 4 horas da manhã e, a partir das 4 horas da manhã o consumo aumenta, com pico às 11 horas.

O comportamento da curva de consumo da Figura 16 vai ao encontro do comportamento das pressões da Figura 14 e da Figura 15, ou seja, maiores pressões em horários de menor consumo e menores pressões em horários de maior consumo.

A vazão necessária para abastecer o DMC foi determinada através da Equação 8, em que se considerou K_1 igual a 1,2, 1859 habitantes e consumo per capita de água igual a 119,17 L/s., conforme dados obtidos no período entre setembro de 2019 a fevereiro de 2020.

Assim, obteve-se uma vazão de 3,08 L/s para abastecer a região. No entanto, a vazão média registrada pelo macromedidor foi de 5,23 L/s. Diante disto, foi adicionada uma perda de 47,66% na vazão calculada, chegando-se a uma vazão de 4,54 L/s para abastecer DMC. Esta perda foi calculada através dos indicadores de desempenho, considerando os dados entre setembro de 2019 e fevereiro de 2020.

A Tabela 3 e a Tabela 4 mostram as pressões observadas em campo no dia 17 de janeiro e as pressões simuladas com o respectivo erro médio e desvio padrão dos dois pontos de medição.

Tabela 3: Pressão observada e simulada – Ponto 01.

Hora	Pressão observada [mca]	Pressão simulada [mca]	Erro médio [mca]
0	30,02	32,68	2,66
1	31,69	33,42	1,73
2	31,63	33,82	2,19
3	32,38	33,96	1,58
4	32,31	33,98	1,67
5	31,94	33,66	1,72
6	30,23	32,41	2,18
7	29,49	31,5	2,01
8	28,11	30,59	2,48
9	24,53	28,1	3,57
10	20,71	26,51	5,80
11	21,23	25,4	4,17
12	21,52	27,09	5,58
13	22,53	27,19	4,66
14	23,57	28,3	4,73
15	24,39	28,58	4,19
16	24,35	28,81	4,46
17	21,57	28,39	6,82
18	23,66	29,1	5,44
19	21,79	28,6	6,81
20	26,26	28,93	2,67
21	27,22	29,81	2,59
22	27,82	30,6	2,78
23	28,94	31,71	2,77
Média	26,58	30,13	3,55
Desvio padrão			1,66

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

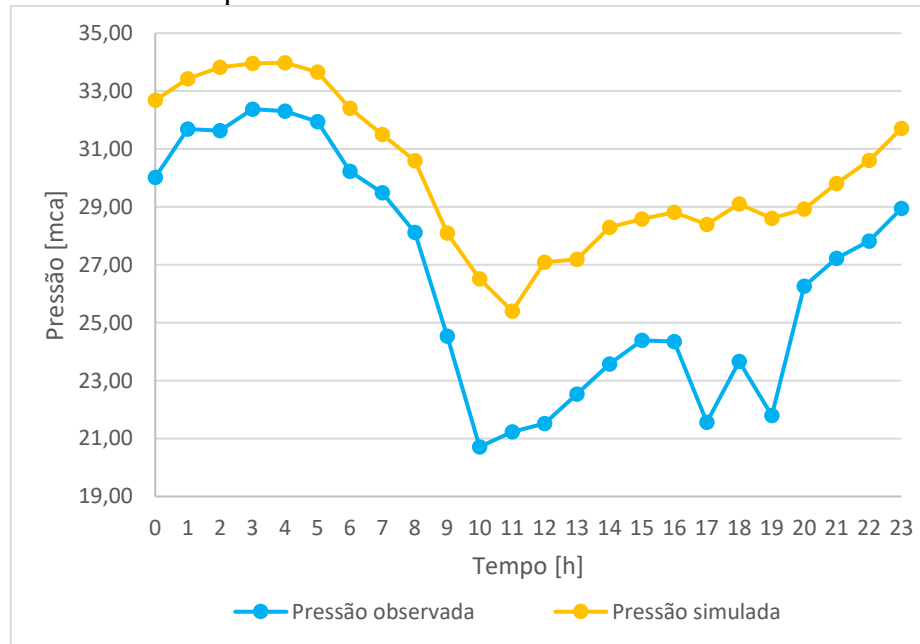
Tabela 4: Pressão observada e simulada - Ponto 02.

Hora	Pressão observada [mca]	Pressão simulada [mca]	Erro médio [mca]
0	49,49	50,19	0,70
1	50,99	51,29	0,30
2	51,39	51,88	0,49
3	52,25	52,09	-0,16
4	52,48	52,11	-0,37
5	51,33	51,64	0,31
6	46,26	49,8	3,55
7	44,08	48,46	4,38
8	41,43	47,12	5,69
9	35,19	43,45	8,26
10	33,05	41,11	8,06
11	31,00	39,46	8,46
12	36,22	41,96	5,74
13	38,10	42,1	4,00
14	39,06	43,75	4,69
15	37,59	44,15	6,56
16	38,92	44,49	5,57
17	40,95	43,87	2,93
18	40,98	44,92	3,94
19	41,40	44,19	2,79
20	40,64	44,67	4,03
21	42,10	45,97	3,87
22	43,25	47,13	3,88
23	46,56	48,77	2,21
Média	42,70	46,44	3,74
Desvio padrão			2,65

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

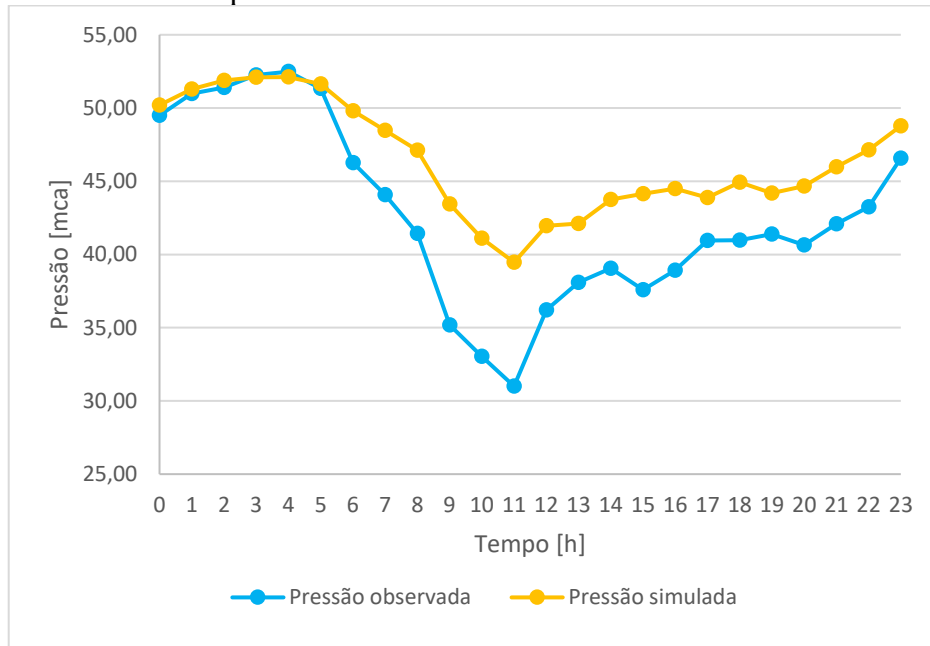
A Figura 17 e a Figura 18 mostram as curvas das pressões observadas em campo e das pressões simuladas no ponto crítico e no ponto médio, respectivamente.

Figura 17: Gráfico das pressões observadas e simuladas no Ponto 01 – 17 de Janeiro.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Figura 18: Gráfico das pressões observadas e simuladas no Ponto 02 – 17 de Janeiro.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A partir da Figura 17 e da Figura 18 é possível observar comportamento semelhante das curvas nos dois gráfico. Além disso, destaca-se maiores pressões no período de menor consumo e pressões menores no período de maior consumo.

Na Figura 17 observa-se que a pressão máxima ocorreu às 3 horas da manhã e a menor pressão às 10 horas da manhã. Já na Figura 18, a maior pressão ocorreu às 4 horas da manhã e a menor pressão às 11 horas da manhã.

A Tabela 5 mostra a vazão macromedida e a vazão simulada com respectivo erro médio de 0,72 L/s e desvio padrão de 0,26 L/s.

Tabela 5: Vazão observada (17 de janeiro) e simulada.

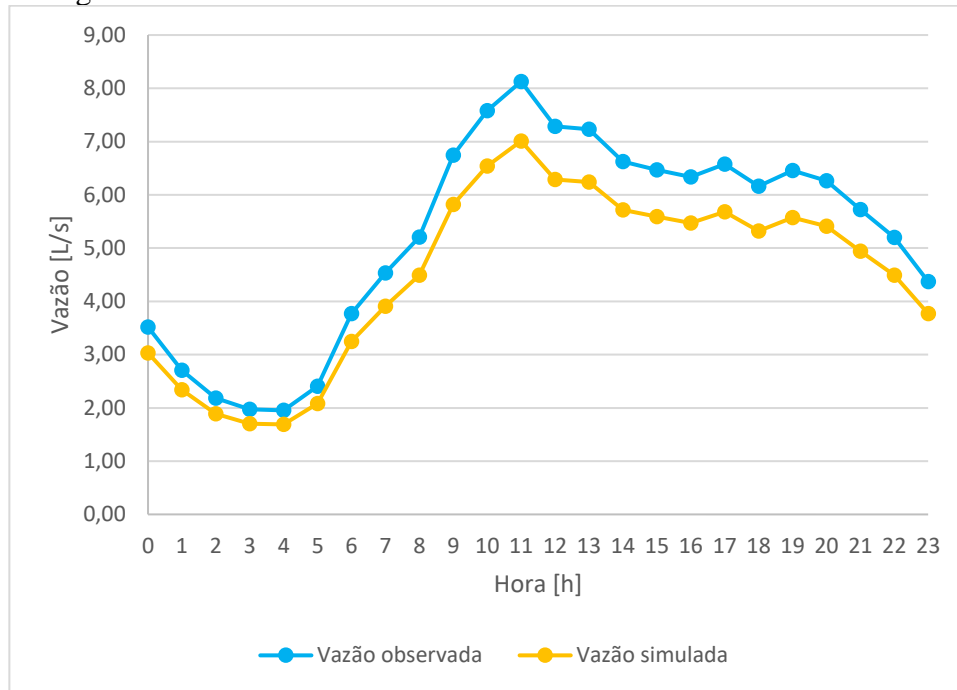
Hora	Vazão observada [L/s]	Vazão simulada [L/s]	Erro médio [L/s]
0	3,51	3,03	0,48
1	2,71	2,34	0,37
2	2,18	1,89	0,29
3	1,97	1,7	0,27
4	1,95	1,69	0,26
5	2,41	2,08	0,33
6	3,77	3,25	0,52
7	4,53	3,91	0,62
8	5,21	4,49	0,72
9	6,74	5,82	0,92
10	7,58	6,54	1,04
11	8,13	7,01	1,12
12	7,29	6,29	1,00
13	7,23	6,24	0,99
14	6,62	5,72	0,90
15	6,47	5,59	0,88
16	6,34	5,47	0,87
17	6,58	5,68	0,90
18	6,16	5,32	0,84
19	6,46	5,57	0,89
20	6,26	5,41	0,85
21	5,72	4,94	0,78
22	5,20	4,49	0,71
23	4,37	3,77	0,60
Média	5,23	4,51	0,72
Desvio padrão			0,26

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

De acordo com a Tabela 5, é possível notar que o erro médio é menor que 1 L/s em quase sua totalidade, com exceção dos horários de maior consumo, em que o erro ficou acima de 1 L/s. Ainda assim, obteve-se erro médio inferior a 1 L/s.

A Figura 19 mostra o comportamento da vazão simulada e da vazão observada no dia 17 de janeiro, onde constata-se também similaridade no desempenho das curvas. Além do mais, ressalta-se que vazão mínima noturna ocorreu às 4 horas da manhã, com 1,95 L/s e a vazão máxima ocorreu às 11 horas da manhã, com 8,13 L/s.

Figura 19: Gráfico das vazões observadas e simuladas – 17 de Janeiro.

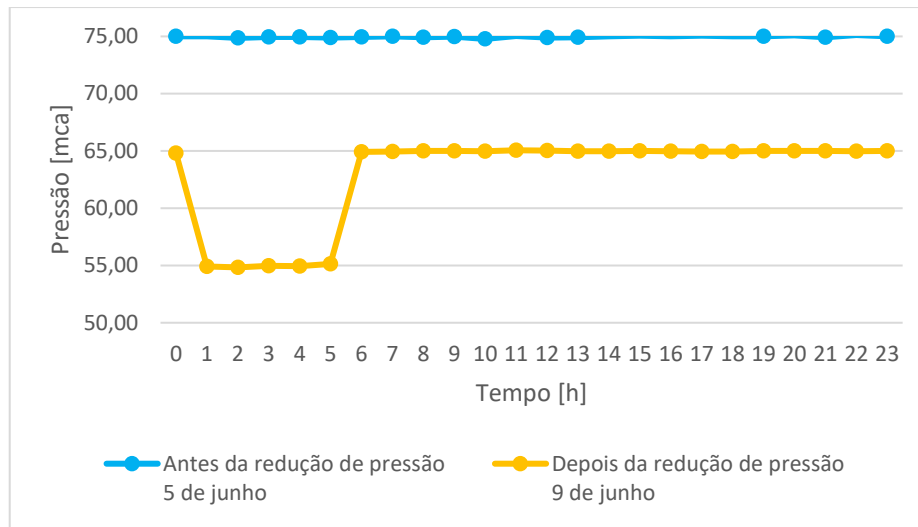


Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Após simular a redução de pressão, foi realizada a intervenção no sistema no dia 7 de junho.

A Figura 20 mostra os dados obtidos pelo Sistema Supervisório antes e depois da redução da pressão.

Figura 20: Pressão de recalque do *booster* Muquém antes e depois da redução de pressão.



Fonte: Supervisório, CASAN (2020).

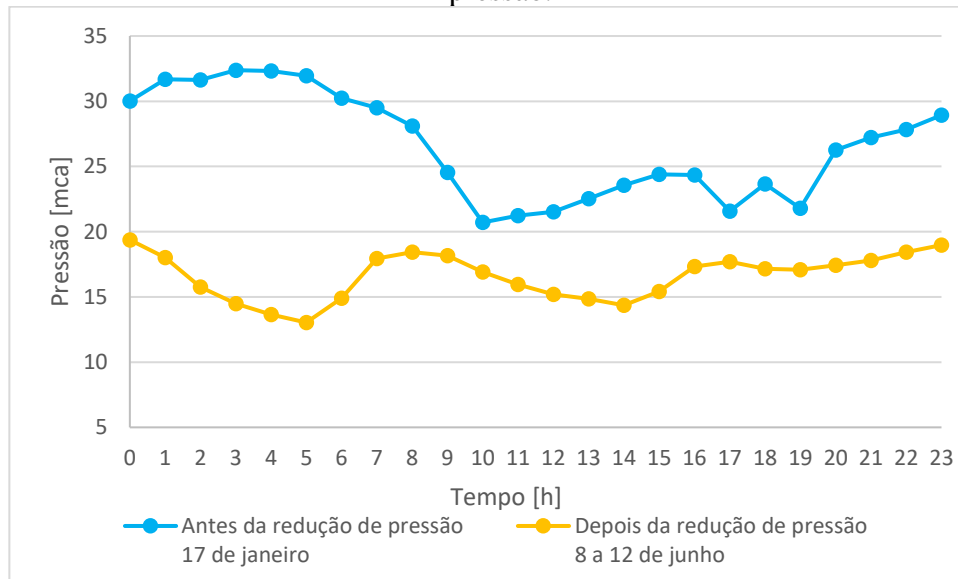
Por meio da Figura 20, verifica-se que antes da redução de pressão, era mantida pressão constante de 75 mca durante todo o dia. Após a redução pressão obteve-se pressão de 55 mca no período de 01:01 até 06:00 e 65 mca para os intervalos 00:00 a 01:00 e 06:01 a 23:59.

Posteriormente à intervenção realizada no sistema, instalou-se *datalogger* no ponto crítico a fim de avaliar a pressão, esta foi medida no período de 8 de junho a 12 de junho.

A Figura 21 mostra a diferença na pressão antes e depois da intervenção do sistema. No período de 1h até às 6h da manhã, a redução média da pressão foi de 52,70%, já durante o resto do dia foi de 30,84%.

A Figura 21 mostra também que a pressão mínima de 10 mca foi atendida no ponto crítico.

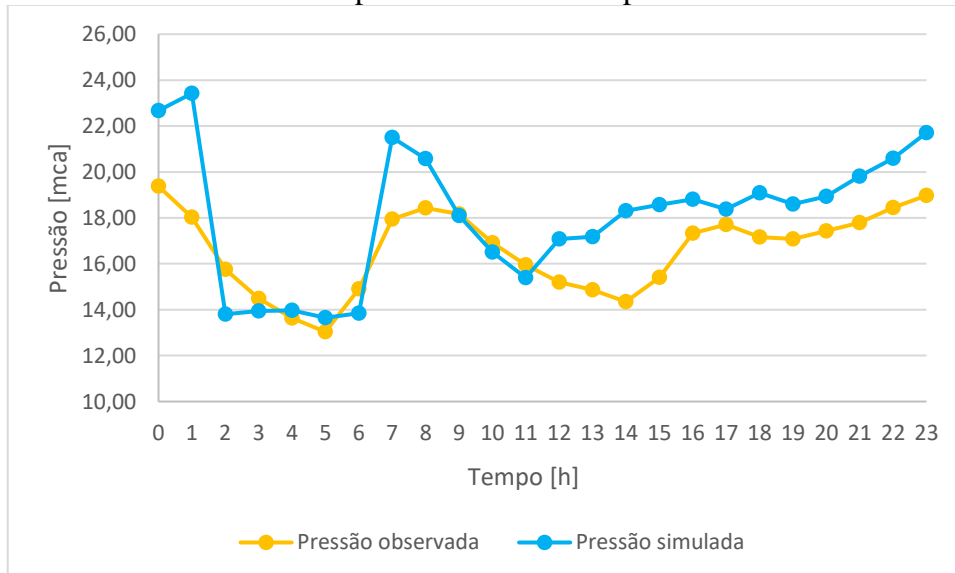
Figura 21: Comportamento das pressões no ponto crítico antes e depois da redução de pressão.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A Figura 22 mostra os resultados obtidos da simulação e os resultados de campo após a diminuição da pressão de recalque do *booster*. Como pode ser visto, os resultados da simulação possuem comportamento semelhante aos obtidos em campo.

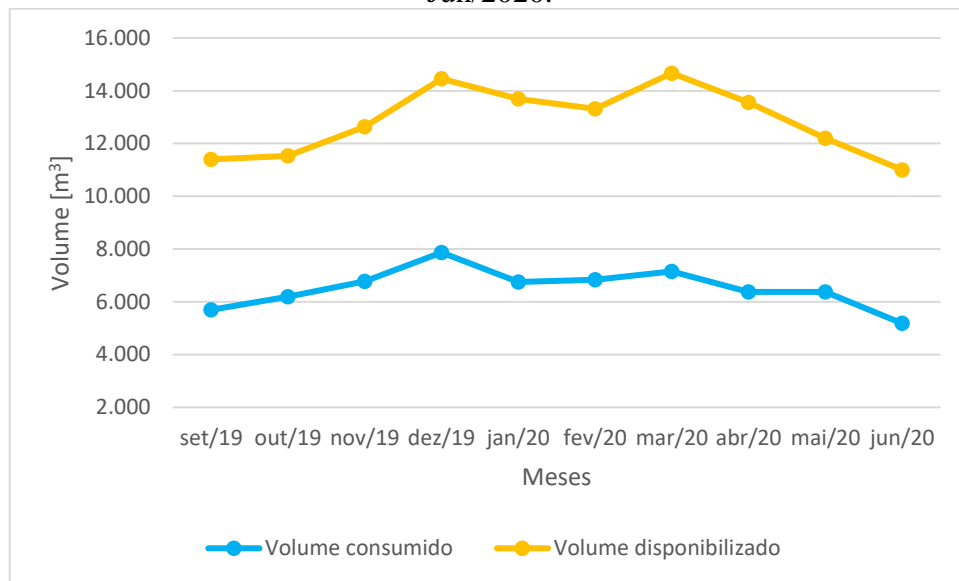
Figura 22: Pressão observada e pressão simulada no ponto crítico – 8 a 12 de Junho.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A Figura 23 mostra a diferença entre o volume disponibilizado e o volume consumido no DMC.

Figura 23: Comparativo entre o Volume Consumido e o Volume Disponibilizado - Set/2019 a Jun/2020.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Por meio da Figura 23, observa-se que os meses de setembro e outubro apresentaram menor volume disponibilizado devido ao menor número de habitantes na região, quando comparado aos outros meses.

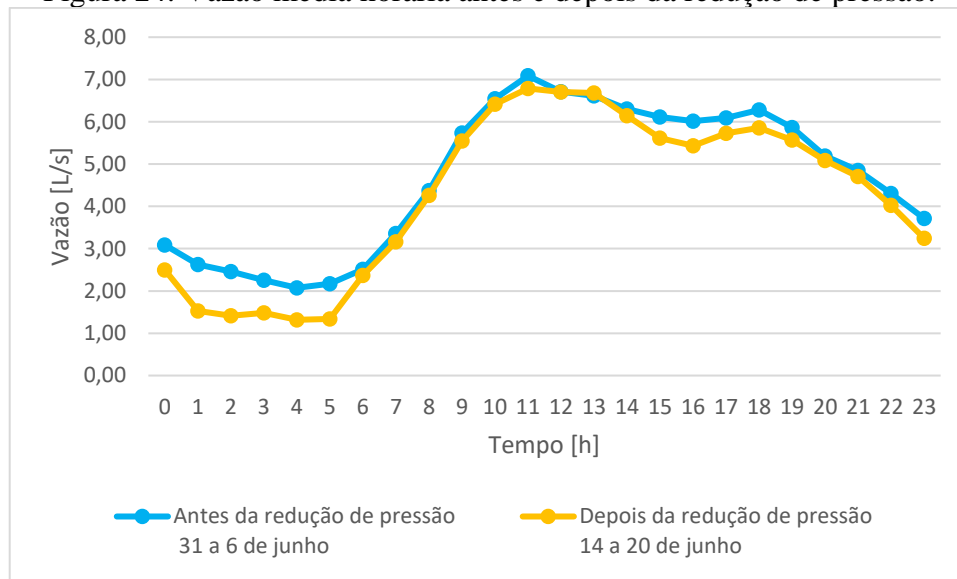
No mês de dezembro observou-se um acréscimo considerável no volume disponibilizado devido à maior demanda durante o verão. Já em relação ao aumento do volume disponibilizado no mês de março, este pode ter ocorrido devido a possíveis vazamentos, como será discutido no item 4.3.

Por fim, a partir do mês de maio, tem-se a redução do volume disponibilizado, que é ocasionada pelo gerenciamento de pressão.

Em Dutra & Oliveira (2017), o controle de perdas reais, em uma cidade de Minas Gerais, baseou-se no gerenciamento de pressão por meio da utilização de válvulas redutoras de pressão. No estudo, além do controle da pressão, realizou-se também a pesquisa de vazamentos, o que resultou em uma redução de aproximadamente 30% do volume distribuído.

A Figura 24 mostra o comparativo da vazão média horária antes e depois da redução de pressão no *booster*.

Figura 24: Vazão média horária antes e depois da redução de pressão.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A partir da Figura 24, constata-se que a redução da VMN foi de aproximadamente 35%, já ao longo do dia, a redução da vazão média horária foi de aproximadamente 5%. Este fato deve-se à maior diminuição de pressão no período entre 1h e 6h, em que o consumo é menor, portanto, pode-se observar através da Figura 24, que o gerenciamento de pressão apresentou menor impacto nos horários de maior consumo.

Em Galvão (2007), instalou-se VRP para avaliar como o consumo é afetado antes e depois da redução de pressão. Como consequência, obteve-se redução da vazão média horária macromedida, onde observou-se também que no período entre 1h e 6h da manhã a redução de vazão foi maior.

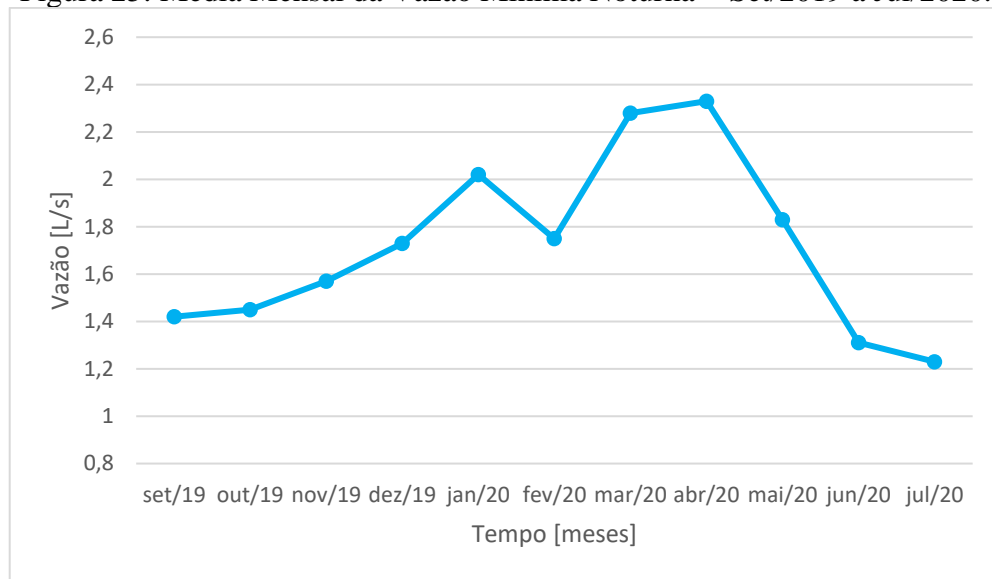
Em seu estudo, Freitas *et al.* (2007) comparou um setor da Região Metropolitana de São Paulo antes e depois do controle de pressão. Neste estudo, instalou-se VRP e obteve-se redução da VMN em aproximadamente 21%, já nos horários críticos, de maior consumo, a redução de vazão ficou abaixo de 10%.

4.3 VAZÃO MÍNIMA NOTURNA

A vazão mínima noturna passou a ser acompanhada a partir do dia 1 de setembro de 2019 por meio do Sistema Supervisório da CASAN.

A Figura 25 mostra a média mensal da vazão mínima noturna no período de setembro de 2019 a julho de 2020.

Figura 25: Média Mensal da Vazão Mínima Noturna - Set/2019 a Jul/2020.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Através da Figura 25 constata-se maior aumento na vazão mínima noturna a partir de novembro, que pode ser explicado devido ao aumento no consumo neste período. Já o aumento da VMN nos meses de março e abril pode ser justificado por possíveis vazamentos durante este período. Porém, entre os dias 14 de março a 04 de maio, não há registros de vazamentos no sistema da CASAN, que pode ser explicado devido à pandemia, pois foi o período de maior isolamento, logo, pode ter ocorrido um atraso na execução de algumas autorizações de serviço neste período.

Destaca-se também que no mês de março houve aumento considerável do volume disponibilizado, não ocorrendo o mesmo no volume consumido. Este resultado vai ao encontro do exposto na Figura 25, podendo ser uma evidência de possível vazamento.

A partir do mês de junho observa-se considerável redução na VMN, isto é explicado pela diminuição da pressão de recalque do *booster*.

Além disso, mesmo após o período de veraneio nota-se aumento na VMN, que pode ser explicado tanto por possível vazamento oculto quanto por maior consumo, já que houve aumento de aproximadamente 85 habitantes desde setembro de 2019 a junho de 2020.

No Apêndice A encontra-se a tabela com as vazões mínimas noturnas diárias

Nos períodos de 11 de fevereiro a 3 de março de 2020 e 1 a 4 de julho de 2020 não há dados de VMN devido a problemas no macromedidor.

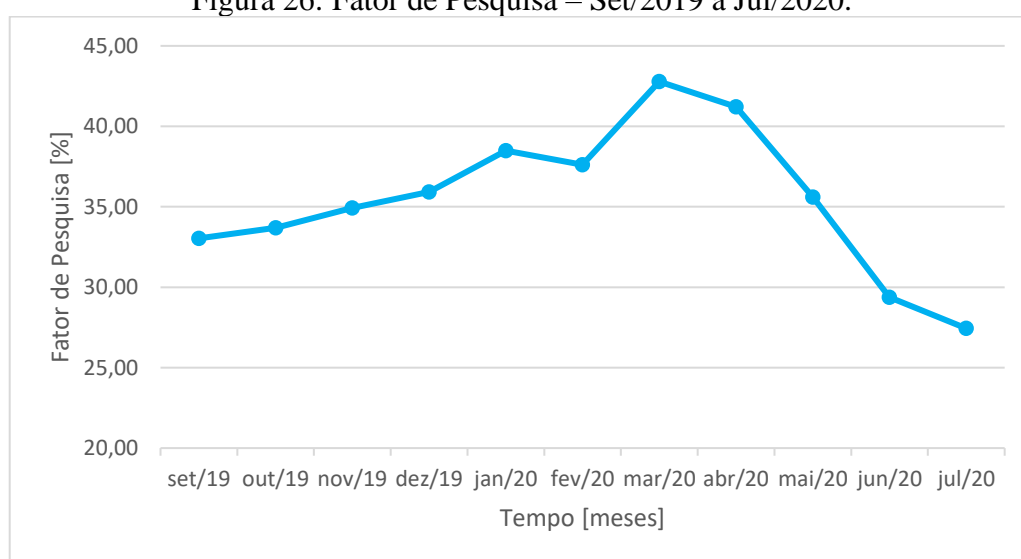
As perdas reais inevitáveis foram estabelecidas, mensalmente, de acordo com a Equação 9, chegando-se a 0,33 L/s.

A vazão mínima noturna esperada foi calculada a partir da Equação 10, em que o IVI e o consumo mínimo noturno foram determinados mensalmente, logo, para o período de setembro de 2019 a junho de 2020, obteve-se IVI igual a 4,10 e consumo mínimo noturno igual a 0,26 L/s. Então, a vazão mínima noturna esperada para o setor é de 0,57 L/s. Sendo assim, são necessárias ações, como o controle ativo de vazamentos, para alcançar este valor de VMN.

Paralelamente à determinação da vazão mínima noturna, calculou-se o fator de pesquisa.

A Figura 26 mostra a média mensal do Fator de Pesquisa.

Figura 26: Fator de Pesquisa – Set/2019 a Jul/2020.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A partir da Figura 26, nota-se que o fator de pesquisa no DMC é superior a 30% nos meses de setembro de 2019 a maio de 2020. Esse é um indício que o setor em estudo é um lugar potencial para o trabalho de pesquisa acústica, pois a probabilidade de estarem ocorrendo vazamentos é maior (GONÇALVES & ALVIM, 2007). Já em junho e julho, este percentual diminuiu devido à intervenção realizada no sistema, ficando abaixo dos 30%.

Através da Figura 26, constata-se que o fator de pesquisa foi maior nos meses de março e abril, meses em que ocorreram as maiores médias da VMN, que podem ser explicadas por possíveis vazamentos, como mostrou a Figura 25. Isto reafirma a necessidade de realizar pesquisa acústica no setor.

Como citado no item 3.5.13.5.1, o volume de perdas reais foi calculado pelo método das Vazões Mínimas Noturnas. Assim, inicialmente o FND foi calculado a partir da Equação 2, considerando-se a pressão média horária medida no ponto de cota média do sistema, sendo

igual a 43 mca e N1 igual a 1,5, como recomenda Souza Júnior (2014) para tubos plásticos como PVC.

A Tabela 6 mostra o cálculo do FND.

Tabela 6: Pressão Média e Fator Noite Dia

Horário	Pressões Médias [mca]	$\left(\frac{P_i}{P_{3-4h}}\right)^{N_1}$
15:00 - 16:00	37,59	0,61
16:00 - 17:00	38,92	0,64
17:00 - 18:00	40,95	0,69
18:00 - 19:00	40,98	0,69
19:00 - 20:00	41,40	0,71
20:00 - 21:00	40,64	0,69
21:00 - 22:00	42,10	0,72
22:00 - 23:00	43,25	0,75
23:00 - 24:00	46,56	0,84
24:00 - 01:00	49,49	0,92
01:00 - 02:00	50,99	0,96
02:00 - 03:00	51,39	0,98
03:00 - 04:00	52,25	1,00
04:00 - 05:00	52,48	1,01
05:00 - 06:00	51,33	0,97
06:00 - 07:00	46,26	0,83
07:00 - 08:00	44,08	0,77
08:00 - 09:00	41,43	0,71
09:00 - 10:00	35,19	0,55
10:00 - 11:00	33,05	0,50
11:00 - 12:00	31,00	0,46
12:00 - 13:00	36,22	0,58
13:00 - 14:00	38,10	0,62
14:00 - 15:00	39,06	0,65
$FND = \sum \left(\frac{P_i}{P_{3-4h}}\right)^{N_1}$		17,86

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

4.4 BALANÇO HÍDRICO

O Balanço Hídrico foi realizado com os dados de setembro de 2019 até junho de 2020.

A Figura 27 mostra o Balanço Hídrico do DMC Muquém neste período.

Figura 27: Balanço Hídrico DMC Muquém.

Volume Produzido ou Disponibilizado 128.470,60 m ³ (100 %)	Consumos Autorizados 65.663,00 m ³ (51,11 %)	Consumos Autorizados Faturados 65.663,00 m ³ (51,11 %)	Consumos medidos faturados 65.603,00 m ³ (51,06 %)	Águas Faturadas 65.663,00 m ³ (51,11 %)	
			Consumos não medidos faturados 60,00 m ³ (0,05 %)		
			Consumos Autorizados Não Faturados 0,00 m ³ (0,00 %)		
	Perdas 62.807,60 m ³ (48,89 %)	Perdas Aparentes 30.322,85 m ³ (23,60 %)		Consumos não autorizados (fraudes) e Falhas do sistemas comercial 14.236,64 m ³ (11,08 %)	Águas Não Faturadas 62.807,60 m ³ (48,89 %)
				Submedição dos hidrômetros 16.086,21 m ³ (12,52 %)	
		Perdas Reais 32.484,75 m ³ (25,28 %)		Vazamentos na rede de distribuição e nos ramais prediais 30.607,50 (23,82 %)	
			Vazamentos e extravasamentos no reservatório 0,0 m ³ (0,00 %)		

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Durante o período de estudo, de setembro de 2019 a junho de 2020, o DMC apresentou 128.470,60 m³ de volume disponibilizado. Deste volume, 48,89% é perdido, seja através de vazamentos, submedição, fraudes e erros de medição

As perdas reais foram determinadas segundo a Equação 15, onde considerou-se FND igual a 17,86 h/dia e consumo mínimo de 0,26 L/s. Assim, o volume referente a vazamentos foi de 32.484,75 m³, representando 51,72% em relação ao volume total de perdas. Este volume pode estar relacionado a vazamentos ocultos que ocorrem no sistema e a vazamentos que podem ocorrer em possíveis ligações clandestinas. De acordo com a CASAN, durante o período de estudo, não foram registrados vazamentos na rede de distribuição.

Já o volume referente às perdas aparentes é de 30.322,85 m³, correspondendo a 48,28% do volume perdido. Este volume pode ser explicado pela idade do parque de hidrômetros, já

que 51% dos hidrômetros possuem mais de 5 anos de uso e também por possíveis fraudes e erros de medição no DMC.

Além disso, conforme a Figura 27, observa-se que o DMC possui 65.603 m³ de consumo medido faturado, representando 99,91% em relação ao consumo autorizado faturado, indicando que a maior parte das ligações possui hidrômetro.

4.5 MATRIZ DE AVALIAÇÃO DO BANCO MUNDIAL

A Matriz de Avaliação do Banco Mundial foi acompanhada durante o período de setembro de 2019 a junho de 2020. Para isto, a pressão do sistema foi medida em janeiro de 2020, como citado no item 3.2.

A Tabela 7 mostra o resultado da Matriz de Avaliação, onde considerou-se o IVI a alcançar igual a 1.

Tabela 7: Matriz de Avaliação DMC Muquém.

Mês	Litro/ramal/ dia	IVI	Categoria de Desempenho Técnico
Setembro 2019	346,51	3,49	A
Outubro 2019	308,33	3,79	A
Novembro 2019	349,24	3,58	A
Dezembro 2019	381,59	4,22	B
Janeiro 2020	402,91	4,55	B
Fevereiro 2020	400,54	4,78	B
Março/2020	429,06	5,32	B
Abril/2020	427,20	4,72	B
Maió/2020	335,66	3,86	A
Junho/2020	318,61	2,71	A

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Apesar de o DMC apresentar categoria de desempenho A nos meses de setembro a novembro, o índice de perdas por ramal ainda é considerado relativamente alto, pois o Instituto Trata Brasil (2018) considera como aceitável o valor de 250 L/dia/ligação.

Já nos meses de dezembro e abril, o DMC apresentou categoria de desempenho B. Nesses meses o volume de perdas foi maior, bem como houve um aumento na VMN. Assim, ações como controle ativo de vazamentos, gerenciamento de pressão e manutenção da rede seriam necessárias para reduzir o volume de água perdido.

Nos meses de maio e junho, o DMC voltou a apresentar categoria de desempenho A. Isso se deve à redução de pressão realizada no setor em junho, que ocasionou na redução da VMN e no volume de perdas.

Destaca-se que os meses são avaliados de acordo com a data de faturamento. Por exemplo, para o mês de setembro, a data de faturamento corresponde a 18 de setembro até 17 de outubro e assim sucessivamente. Além disso, os dados operacionais também seguiram este mesmo intervalo.

4.6 INDICADORES DE DESEMPENHO

Os indicadores de desempenho foram acompanhados durante os meses de setembro de 2019 a junho de 2020.

Para determinar os indicadores de desempenho, foi considerado, para cada mês, a data de faturamento.

A Tabela 8 mostra aos dados de entrada para o cálculo dos indicadores.

Tabela 8: Dados de entrada – DMC Muquém

Código SNIS	Descrição	Unidade	Resultado
AG001	População total atendida	Habitantes	1883
AG002	Nº de ligações ativas de água	Ligações	558
AG003	Nº de economias ativas de água	Economias	640
AG004	Nº de ligações ativas de água micromedidas	Ligações	555
AG005	Extensão da rede de água	km	9,2
AG006	Volume de água produzido	m ³	0,0
AG010	Volume de água micromedido	m ³	65.658,0
AG011	Volume de água faturado	m ³	74.647,0
AG018	Volume de água disponibilizado	m ³	128.470,6
AG019	Volume de água tratada exportado	m ³	0,0
AG024	Volume de serviço	m ³	0,0

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A Tabela 9 apresenta o resultado para este período, já a Tabela 10, o acompanhamento mensal dos indicadores.

Tabela 9: Indicadores de Desempenho DMC Muquém.

	Indicadores de Desempenho					
	IN009 [%]	IN013 [%]	IN022 [L/hab. dia]	IN049 [%]	IN051 [L/dia/ lig]	IN053 [m ³ /mês /econ.]
Resultado	99,46	41,90	114,68	48,89	369,96	10,25

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Tabela 10: Acompanhamento mensal dos Indicadores de Desempenho DMC Muquém.

	Indicadores de Desempenho					
Mês	IN009 [%]	IN013 [%]	IN022 [L/hab. dia]	IN049 [%]	IN051 [L/dia/ lig]	IN053 [m ³ /mês /econ.]
Set/2019	98,91	34,59	103,31	50,05	346,51	9,11
Out/2019	99,28	31,81	106,99	46,32	308,33	9,75
Nov/2019	99,46	35,19	121,09	46,34	349,24	10,68
Dez/2019	99,46	37,84	136,41	45,57	381,59	12,42
Jan/2020	100,00	40,26	117,13	51,24	402,91	10,68
Fev/2020	99,82	36,82	126,43	48,68	400,54	10,78
Mar/2020	99,41	51,14	119,44	51,24	429,06	10,89
Abr/2020	99,64	52,95	110,91	52,95	427,20	9,78
Mai/2020	100,00	46,00	107,79	46,00	335,66	9,82
Jun/2020	99,64	48,82	97,64	48,82	318,61	8,61

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

4.6.1 Índice de Hidrometração – IN009

Através da Tabela 9, observa-se que o DMC Muquém apresenta índice de hidrometração de 99,46%. Este valor é superior à média nacional apresentada pelo SNIS (2018), que foi de 92,5%.

O DMC possui índice de hidrometração elevado. Este valor influencia diretamente no volume real de água consumida e no volume de perdas; pois, a ausência de micromedição pode estimular o alto consumo de água, trazendo como consequência perda de faturamento para a companhia de saneamento.

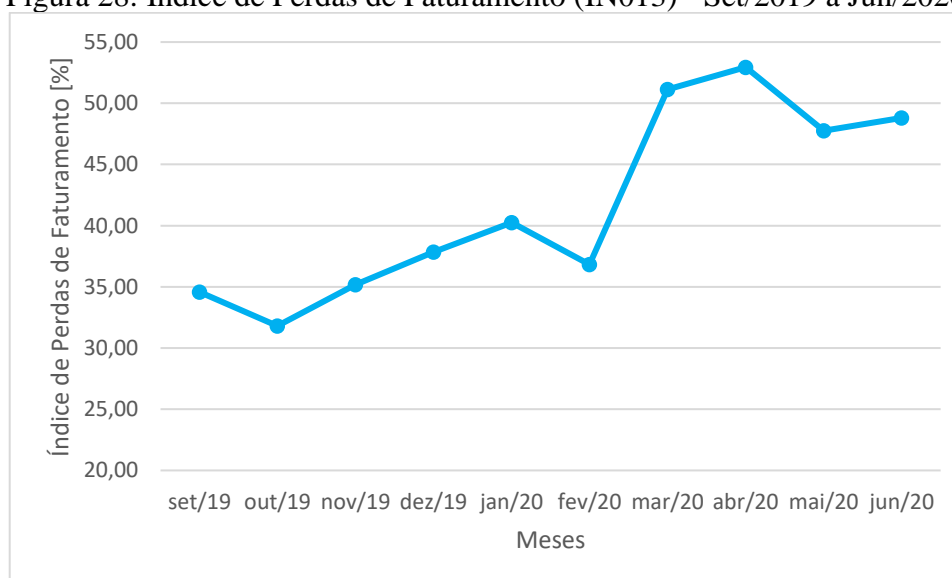
4.6.2 Índice de Perdas de Faturamento – IN013

De acordo com o Instituto Trata Brasil (2018), o índice de perdas de faturamento no Brasil é de aproximadamente 38%, já para o DMC Muquém este índice é de 41,90%. Este valor é considerado alto, uma vez que o Instituto Trata Brasil (2018) considera como ideal valores iguais ou menores que 25%.

O valor referente às perdas de faturamento pode ser explicado pelo alto volume de perdas aparentes, principalmente devido à submedição dos hidrômetros, já que mais de 50% dos hidrômetros possuem idade superior a 5 anos.

A Figura 28 mostra o índice de perdas de faturamento durante o período estudado.

Figura 28: Índice de Perdas de Faturamento (IN013) - Set/2019 a Jun/2020.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Conforme Figura 28, verifica-se que a partir de março houve aumento do índice de perdas de faturamento. Este aumento pode ser explicado após a mudança tarifária da CASAN, que colocou fim ao consumo mínimo de 10 m³, diminuindo, consideravelmente, o volume de água faturada.

Além disso, nos meses de maio e junho, observa-se uma redução deste índice, quando comparado aos meses de março e abril, que pode ser explicada pela redução de pressão realizada no sistema, diminuindo o volume de água disponibilizado no DMC.

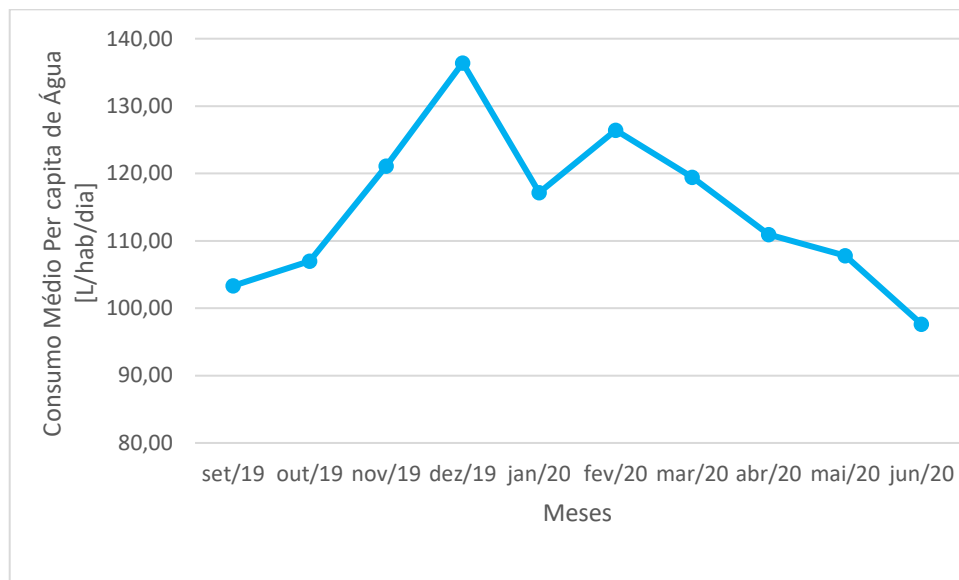
4.6.3 Consumo Médio Per capita de Água – IN022

O consumo médio per capita no período de estudo foi de 114,68 L/hab/dia. Este valor está abaixo da média em Santa Catarina, cujo consumo é de 154 L/hab/dia (SNIS, 2018).

Este baixo consumo pode estar relacionado às condições socioeconômicas da região. Pois, em um estudo realizado em Belo Horizonte, Dias *et. al* (2010) afirmam que o consumo de água está diretamente relacionado ao perfil socioeconômico da população abastecida. Neste estudo, classes A, B e C tiveram consumo médio de 174, 134 e 129 L/hab/dia, respectivamente, já as classes D/E, o consumo médio foi de 113 L/hab/dia.

A Figura 29 mostra o consumo médio per capita de água no DMC no período de setembro de 2019 a junho de 2020.

Figura 29: Consumo Médio Per capita de Água (IN022) - Set/2019 a Jun/2020.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Mediante a Figura 29, é possível observar maior consumo no período de novembro de 2019 a março de 2020, devido ao aumento no consumo de água durante o verão. Além disso, destaca-se o mês de junho, em que ocorreu uma redução considerável do consumo de água per capita. Essa redução considerável no volume de água consumido pode ser explicada pela redução de pressão. Pois, segundo Farley & Trow (2003, *apud* Galvão, 2007), em sistemas submetidos a altas pressões, quando a caixa d'água está cheia, há maior tendência de a torneira de boia não vedar completamente o fluxo, ocasionando um aumento no volume entre os períodos de consumo de água. Ao realizar a redução de pressão no sistema, Farley & Trow (2003, *apud* Galvão, 2007), afirmam que é mais provável que as torneias de boia vedem o fluxo completamente.

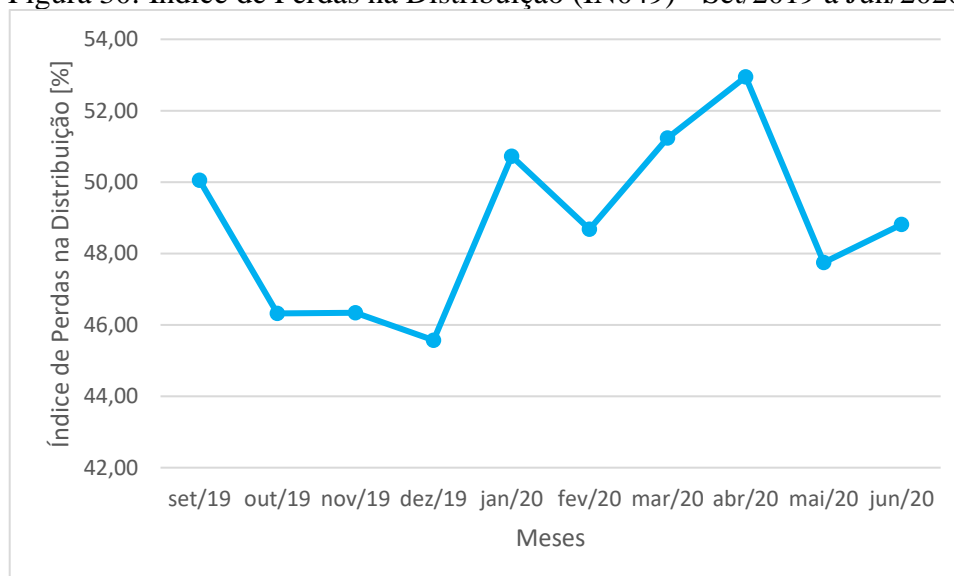
Farley & Trow (2003, *apud* Galvão, 2007), também destacam que a redução de pressão diminui o consumo quando os pontos de consumo são conectados diretamente à rede de distribuição.

4.6.4 Índice de Perdas na Distribuição – IN049

Segundo dados do SNIS (2018), o índice de perdas na distribuição no Brasil é 38,5%. O DMC Muquém apresenta índice de perdas na distribuição igual a 48,89%, ou seja, quase metade da água tratada disponibilizada é perdida e não chega ao consumidor final e/ou não é contabilizada pela empresa, seja por vazamentos, fraudes, falhas do sistema comercial ou submedição dos hidrômetros.

A Figura 30 apresenta o índice de perdas na distribuição durante o período de estudo.

Figura 30: Índice de Perdas na Distribuição (IN049) - Set/2019 a Jun/2020.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Analisando a Figura 30, nota-se que o índice de perdas na distribuição foi elevado durante todo o período de estudo. Isso ocorre por possíveis fraudes e vazamentos ocultos que ocorrem no DMC como também devido à alta taxa de submedição do parque de hidrômetros.

Ressalta-se ainda que os meses de março e abril apresentaram os maiores índices de perdas durante o período em estudo. Este resultado vai ao encontro ao que foi exposto na Figura 25, que apresentou maiores médias da VMN neste mesmo período, evidenciando que este aumento pode ter sido resultante de vazamentos.

Nos meses de maio e junho, houve uma redução no índice de perdas quando comparado aos meses anteriores de 2020. Esse fato pode ser explicado pela diminuição da

pressão de recalque no *booster*. No entanto, comparando-se aos meses de outubro a novembro de 2019, o índice de perdas foi maior, pois, com a redução de pressão, houve uma diminuição no consumo de água, logo o índice de perdas na distribuição manteve-se relativamente constante quando comparado a esses meses.

Além disto, o aumento do índice de perdas no mês de junho, quando comparado ao mês de maio, pode ser explicado pois em junho houve uma diminuição considerável no volume de água consumido, ocasionando maior volume de perdas.

Através disto, é importante ressaltar por que os indicadores de perdas expressos em percentual não são os mais apropriados para a avaliação dessas perdas quando usados isoladamente (MIRANDA, 2002).

Melato (2010) afirma que o indicador percentual é influenciado pelo consumo per capita e pela presença de grandes consumidores, portanto não é o mais indicado para avaliações e comparações técnico-operacionais.

Em uma análise, SABESP (2017) comparou dois sistemas em que a única diferença entre eles é o consumo per capita de 125 L/hab/dia para o sistema A e 250 L/hab/dia para o sistema B. Ambos os sistemas apresentaram o mesmo nível de eficiência operacional, a mesma condição de infraestrutura e o mesmo volume de perdas, no entanto o sistema A apresentou 44,4% de perdas, já o sistema B, 28%.

Assim, Miranda (2002) propõe que os indicadores percentuais sejam usados em conjunto com indicadores que relacionam o volume de perdas com a quantidade de ligações de água ou com a extensão da rede de distribuição.

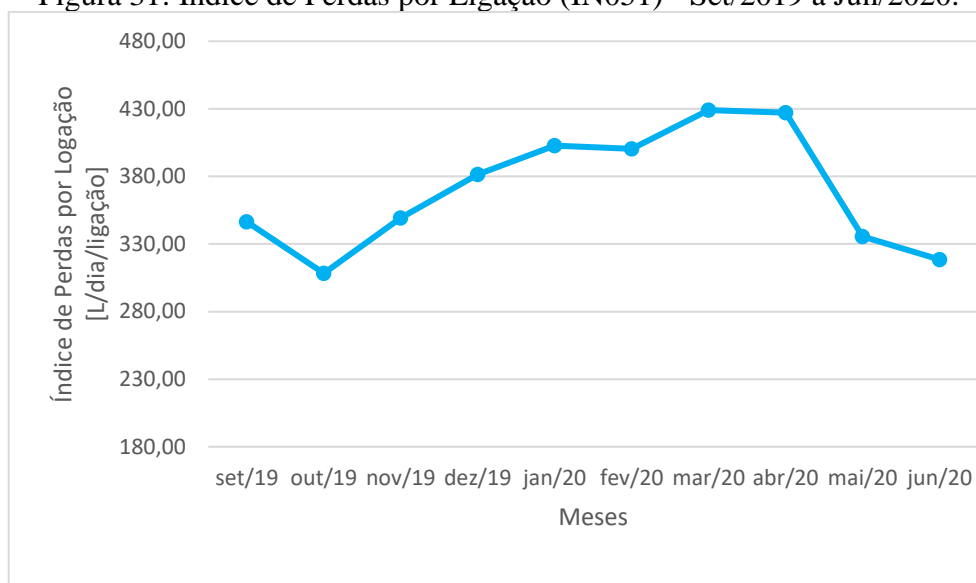
4.6.5 Índice de Perdas por Ligação – IN051

De acordo com o SNIS (2018), o índice de perdas por ligação é o indicador que confere melhores condições para avaliar a eficiência operacional das companhias de saneamento, visto que as perdas de longa duração ocorrem principalmente nos ramais.

Segundo dados do SNIS (2018), no Brasil o índice de perdas por ligação é de 339,26 L/dia/ligação, já no DMC Muquém, este índice é de 369,96 L/dia/ligação, superando a média nacional. Esse valor é considerado alto, visto que o Instituto Trata Brasil (2018) considera como aceitável o valor de 250 L/dia/ligação.

A Figura 31 exibe o índice de perdas por ligação no período entre setembro de 2019 a junho de 2020.

Figura 31: Índice de Perdas por Ligação (IN051) - Set/2019 a Jun/2020.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Considerando a Figura 31, percebe-se que este índice apresenta um aumento a partir do mês de outubro, com pico nos meses de março e abril.

Este aumento pode ser devido a possíveis vazamentos ocultos e fraudes associadas ao aumento de consumo no verão, o que indica a necessidade de realizar controle ativo de vazamento, bem como fiscalização comercial para combate às fraudes.

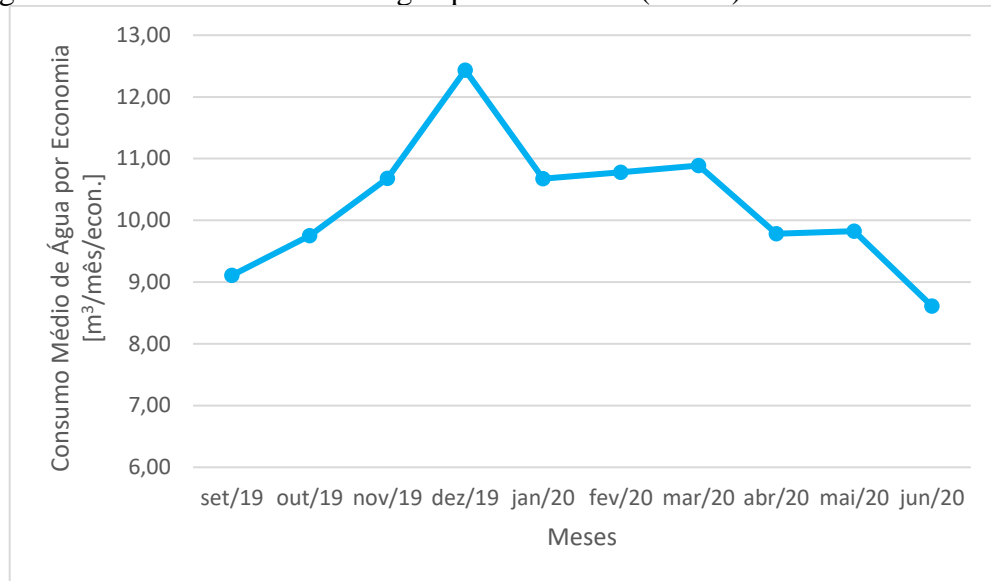
Já nos meses de maio e junho, esse índice de perdas diminui aproximadamente 14%, quando comparado à média dos outros meses, devido à redução de pressão realizada no sistema.

Em seu estudo, Freitas *et al.* (2007), após realizar o gerenciamento de pressão na rede, obteve uma redução de aproximadamente 23% no índice de perdas por ligação.

4.6.6 Consumo Médio de Água por Economia – IN053

A Figura 32 mostra o consumo médio de água por economia durante todo período de estudo.

Figura 32: Consumo Médio de Água por Economia (IN053) - Set/2019 a Jun/2020.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

De acordo com a Figura 32, destacam-se os meses de verão, onde o consumo de água foi maior, e o mês de junho, que apresentou o menor consumo médio de água. Esta redução no consumo podem ser consequência da interferência realizada no sistema.

Outra consideração relevante em relação à Figura 33, é que o consumo médio de água por economia pode ter reduzido a partir de março devido à mudança tarifária da CASAN, que pôs fim ao consumo mínimo de 10 m³.

4.7 MELHORIA DA MICROMEDIÇÃO

4.7.1 Troca de hidrômetros

Através do levantamento da situação do parque de hidrômetros, obteve-se a relação idade x quantidade dos hidrômetros.

A Tabela 11 mostra uma análise da relação idade e quantidade de hidrômetros do DMC.

Tabela 11: Relação Idade x Quantidade dos Hidrômetros.

Idade [anos]	Quantidade	%
0	104	17,19%
1	19	3,14%
2	40	6,61%
3	70	11,57%
4	25	4,13%
5	38	6,28%
6	46	7,60%
7	119	19,67%
8	12	1,98%
9	27	4,46%
10	22	3,64%
11	12	1,98%
12	18	2,98%
13	6	0,99%
14	17	2,81%
15	18	2,98%
16	0	0,00%
17	2	0,33%
18	10	1,65%

Fonte: Hidrolupa (CASAN, 2020).

Através da Tabela 11, verificou-se que 51% dos hidrômetros possuem idade superior a 5 anos, o que indica a provável necessidade de troca do parque de hidrômetros, visto que com o tempo ocorre o desgaste do aparelho, influenciando na precisão dos valores medidos.

Com bases nos critérios citados no Quadro 5, identificou-se que 101 hidrômetros precisariam ser trocados.

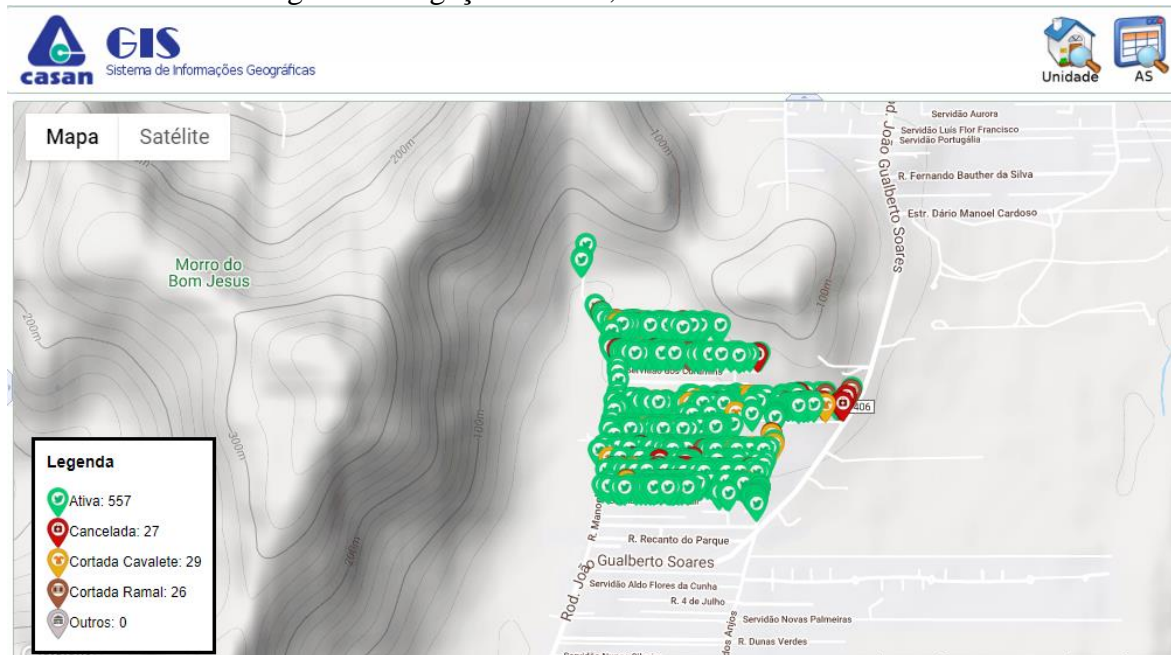
4.8 COMBATE ÀS FRAUDES

Para o combate às fraudes, a CASAN geralmente abre processos licitatórios para contratação de empresa especializada para o serviço de caça-fraudes para que atue em conjunto com os técnicos da Companhia na fiscalização. Além disso, há técnicos com geofone que também auxiliam no combate às fraudes.

Para o presente estudo, inicialmente fez-se um levantamento no sistema DOMO e no Sistema Comercial Integrado (SCI) do número de ligações canceladas, devido a ligações clandestinas e violadas, de ligações cortadas no cavalete, devido à falta de pagamento e de ligações cortadas no ramal, devido a ligações violadas e à falta de pagamento.

A Figura 33 mostra a situação inicial das ligações ativas, canceladas e cortadas.

Figura 33: Ligações Ativas, Canceladas e Cortadas.



Fonte: DOMO/CASAN (2020).

Por meio deste levantamento, seria realizada a ação de fiscalização comercial, no entanto, devido à pandemia essa ação foi cancelada, pois a CASAN ficou com a equipe reduzida e não foi possível realizar a atividade em tempo hábil.

4.9 ANÁLISE DO CONSUMO ENERGÉTICO

Como resultado do gerenciamento de pressão, obteve-se também uma redução no consumo de energia do *booster*.

A Tabela 12 mostra o consumo energético de setembro de 2019 a agosto de 2020.

Tabela 12: Consumo Energético – Set/2019 a Ago/2020.

Meses	Consumo energético total (kWh)	Total da fatura
Set/2019	2602	R\$ 2.156,89
Out/2019	3269	R\$ 2.472,81
Nov/2019	3480	R\$ 2.529,68
Dez/2019	1432	R\$ 1.127,96
Jan/2020	7288	R\$ 5.004,20
Fev/2020	3900	R\$ 2.835,62
Mar/2020	3957	R\$ 2.957,83
Abr/2020	4323	R\$ 3.136,59
Mai/2020	4070	R\$ 2.853,80
Jun/2020	3724	R\$ 2.584,18
Jul/2020	2345	R\$ 1.715,68
Ago/2020	2447	R\$ 1.844,89

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Através da Tabela 12, observa-se que com a redução de pressão, obteve-se uma diminuição de aproximadamente 26% na fatura de energia consumida. Em relação ao consumo energético, houve uma redução a partir de julho, no entanto, será necessário um período maior para avaliação.

No mês de dezembro houve redução da fatura, isto pode ser explicado por possível falha de leitura no faturamento, ocasionando possível acúmulo de energia para o mês de janeiro.

4.10 ANÁLISE TEÓRICA DAS PERDAS E ESTRATÉGIAS PARA SUA REDUÇÃO

Sabendo-se que o volume perdido é a diferença entre o volume disponibilizado e o volume autorizado, Santos & Montenegro (2014) citam que a redução do volume de água perdido deve basear-se em reduzir o volume de água disponibilizado e em aumentar o volume de água autorizado.

Devido à pandemia, as ações de geofonamento, fiscalização comercial e troca de hidrômetros não puderam ser realizadas no DMC, uma vez que a CASAN estava com equipe reduzida. Desta forma, foi realizada uma estimativa teórica do índice de perdas a fim de avaliar o seu potencial de redução.

Para isto, criou-se o segundo cenário, em que foi proposta uma redução no volume disponibilizado de 8%. Este valor foi assumido a fim de garantir a demanda mínima no DMC. Já para aumentar o volume de água consumido, considerou-se uma redução de 14,5% na taxa de submedição, passando de 24,5% para 10%. Esta redução é baseada no fato de que a taxa de submedição varia de 10 a 30% do volume consumido, de acordo com Fonseca & Coelho (2009, *apud* Depexe & Gasparini, 2013).

Considerando-se esses dois cenários, o índice de perdas na distribuição (IN049) e o índice de perdas por ligação (IN051) foram avaliados.

A Tabela 13 mostra o resultado dos indicadores de desempenho.

Tabela 13: Indicadores de Desempenho estimados para o DMC Muquém.

IN022 [L/hab.dia]	IN049 [%]	IN051 [L/dia.lig.]	IN053 [m ³ /mês/econ.]
131,29	37,08	261,24	11,73

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Comparando a Tabela 9 e a Tabela 13, observa-se que o potencial de redução de perdas é de 11,81% e 109,11 L/dia.lig.

Desta forma, visando alcançar índices próximos a esses, foram propostas estratégias a fim de reduzir o volume de água disponibilizado e aumentar o volume de água autorizado.

A seguir estão listadas as ações propostas:

- Controle ativo de vazamentos: realizar, regularmente, ações de controle ativo de vazamentos a fim de encontrar possíveis vazamentos ocultos;
- Qualidade e rapidez dos reparos: paralelamente ao controle ativo de vazamentos, é importante que o tempo entre a detecção do vazamento e seu reparo seja o menor possível, a fim de minimizar o volume de água perdido;
- Fiscalização comercial: através da fiscalização será possível identificar as ligações clandestinas e, posteriormente, solicitar a regularização dessas, diminuindo o volume de perda aparente;
- Atualização do cadastro comercial: manter o cadastro comercial atualizado a fim de identificar as ligações que não estão cadastradas e as ligações que foram reativadas sem conhecimento da companhia;
- Substituição de hidrômetros: realizar a substituição dos hidrômetros de acordo com os critérios adotados pela CASAN, conforme o Quadro 5. Pois, através da substituição dos

hidrômetros, haverá um aumento no volume consumido e, conseqüentemente, ter-se-á a redução do volume perdido;

- Otimizar a operação do *booster* para operar de acordo com a pressão do ponto crítico.

4.11 PROPOSTA METODOLÓGICA

A Tabela 14 traz os principais procedimentos utilizados com o intuito de auxiliar na aplicação de metodologia em outros DMC's.

Tabela 14: Principais procedimentos utilizados na metodologia.

Procedimentos	Descrição
Caracterização das perdas	As perdas foram caracterizadas através dos indicadores de desempenho e do balanço hídrico
Indicadores de Desempenho	As perdas foram avaliadas através dos três principais indicadores: índice de perdas na distribuição, índice de perdas por ligação e índice vazamentos na infraestrutura
Balanço Hídrico	Para o balanço hídrico, as perdas reais foram determinadas a partir da vazão mínima noturna e, pela diferença entre o volume de perdas totais e de perdas reais, as perdas aparentes foram obtidas
Gerenciamento da pressão no sistema	Intervenção no sistema através da redução da pressão de recalque do <i>booster</i>

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Através do que foi exposto, o DMC Muquém apresentou elevado índice de perdas. Diante deste cenário, foi proposto realizar uma avaliação da metodologia para o controle de perdas.

A partir disto, as perdas foram caracterizadas com base nos indicadores de desempenho e no balanço hídrico.

Por meio dos indicadores de desempenho observou-se índice de perdas na distribuição igual a 48,89% e índice de perdas por ligação igual a 369,96 L/dia.lig., valores considerados altos segundo o Instituto Trata Brasil (2018).

Já através do balanço hídrico, verificou-se que, apesar de a diferença entre o índice de perdas reais e aparentes ser pequeno, o DMC é caracterizado predominantemente pelas perdas reais, que representam 51,72% do volume perdido.

Através da simulação hidráulica, foi possível realizar o gerenciamento de pressão no sistema, que trouxe como resultado a redução da vazão mínima noturna em 30% e do volume disponibilizado em 16%, quando comparados em relação à média dos meses anteriores.

O gerenciamento de pressão também teve impacto nos indicadores de desempenho, com redução do índice de perdas por ligação em 16% ao compará-lo à média dos meses anteriores. Em relação ao indicador percentual, este não sofreu expressivas mudanças devido à redução do consumo de água ocasionada pela redução de pressão. Logo, tem-se a importância de não analisar o indicador percentual isoladamente, pois o mesmo é influenciado pelo consumo, podendo trazer informações errôneas se analisado individualmente.

Além disto, o gerenciamento de pressão proporcionou uma diminuição de 26% na fatura de energia consumida pelo *booster*, logo, a longo prazo, esta economia gerada poderá ser convertida em outros investimentos para a Companhia.

No estudo estavam previstos o controle ativo de vazamentos e a fiscalização comercial. No entanto, estes foram cancelados devido à pandemia. Assim, fez-se uma análise teórica das perdas a fim de estimar o seu potencial de redução no DMC. Como resultado tem-se que o índice de perdas na distribuição pode chegar a 37,08% e o índice de perdas por ligação a 261,24 L/dia.lig.

Por fim, recomenda-se para futuros trabalhos, realizar controle ativo de vazamentos, fiscalização comercial, atualização do cadastro comercial, substituição de hidrômetros de acordo com os critérios adotados pela CASAN, otimização automática da pressão de recalque

no bombeamento em função da pressão no ponto crítico e a medição mensal da pressão no ponto médio do sistema para realizar a avaliação das perdas.

6 REFERÊNCIAS

- ABES. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Controle e Redução de Perdas nos Sistemas Públicos de Abastecimento de Água:** Posicionamentos e contribuições técnicas da ABES. 2015.
- ADEDEJI, K., HAMAN Y., ABE, B., ABU-MAHFOUZ, **Pressure Management Strategies for Water Loss Reduction in Large-Scale Water Piping Networks: A review.** Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2018.
- AESBE. Associação Brasileira das Empresas Estaduais de Saneamento. Série Balanço Hídrico. **Guia Prático para Método Direto de Quantificação de Perdas Reais em sistemas de abastecimento.** 2015.
- ALEGRE, H; HIRNER, W; BAPTISTA, J.M; PARENA, R. **Indicadores de Desempenho para Serviços de Abastecimento de Água IWA.** Tradução e adaptação de Patrícia Duarte, Helena Alegre e Jaime M. Baptista. Lisboa, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.2018/2017: Projeto de Rede de Distribuição de Água para Abastecimento Público.** Rio de Janeiro, 2017.
- BRASIL. Ministério da Saúde. FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. **Redução de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água.** 2 ed. Brasília, 2014.
- BRASIL. Ministério das Cidades. **SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 24º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2018.** Brasília, 2019.
- BRASIL. Agência Nacional de Águas – ANA. **Quantidade de água.** Disponível em <<https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua>>. Acesso em 26 de outubro de 2019.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Águas – ANA. **A Distribuição de Água no Mundo.** Brasília – DF, 2014.
- BEZERRA & CHEUNG, S. T. M.; CHEUNG, P. B. **Perdas de água.** Tecnologias de Controle. João Pessoa, 2013.
- CERQUEIRA, C. L. O. **Diagnóstico E Proposta De Mitigação Das Perdas Reais Em Sistemas De Distribuição De Água – Estudo De Caso Do Siaa Zona Fumageira – Cruz Das Almas – Ba.** Trabalho de Conclusão de Curso – UFRB. Cruz das Almas, 2013.
- COELHO, A.C. **Micromedição em sistemas de abastecimento de água.** João Pessoa, 2009.
- COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO (CASAN). Sistema DOMO – Portal de aplicações da CASAN. Florianópolis, 2020.
- COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO (CASAN). Sistema Supervisório. Florianópolis, 2020.

COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO (CASAN). HidroLupa. Acesso em 20 de setembro de 2020. Disponível em <<https://www.casan.com.br/noticia/index/url/casan-reafirma-em-reportagem-acoes-para-reduzir-perdas-de-agua#0>>.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO – SABESP. **Cartilha O que são perdas de água?** São Paulo, 2017. Disponível em <http://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/cartilha_perdas_dez2017.pdf> Acesso em 01 de agosto de 2020.

COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais. **Programa de Redução de Perdas de Água no Sistema de Distribuição.** Belo Horizonte, 2003, 60p.

DEPEXE, M. D.; GASPARINI, R. R. **Estimativas de submedição de um parque de hidrômetros a partir de taxas anuais de redução da eficiência da medição.** 24º Encontro Técnico AESABESP, São Paulo, 2013.

DIUANA, F. A. OGAWA, S. C. C. P. **Análise Comparativa Dos Modelos Hidráulicos Epanet, Watercad E Sistema Ufc Para Sistemas De Abastecimento De Água – Rede De Distribuição.** Projeto de Graduação em Engenharia Ambiental. UFRJ. Rio de Janeiro, 2015.

DIAS, David; MARTINEZ, Carlos; LIBÂNIO, Marcelo. **Avaliação do impacto da variação da renda no consumo domiciliar de água.** Eng Sanit Ambient, v.15, n.2, abr./jun., 2010.

DUTRA, R. H. A.; OLIVEIRA, A. L. **Utilização da Válvulas Redutoras de Pressão no Controle de Perdas em Redes de Abastecimento de Água.** Revista DAE núm. 208, vol. 65, Minas Gerais, 2017.

EMBASA – Empresa Baiana de Água e Saneamento. **Eficiência Energética.** Agosto de 2018.

FREITAS, V. V.; ORELLANA, A.; KUHL, J. G.; OLIVEIRA, C. R. O. **Uma década de controle de pressão nas redes de distribuição da SABESP.** Revista DAE edição 176, São Paulo, 2017.

GALVÃO, J. R. B. **Avaliação da Relação Pressão x Consumo em Áreas Controladas por Válvulas Redutoras de Pressão (VRP's) Estudo de Caso: Rede de Distribuição de Água da Região Metropolitana de São Paulo.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica) – USP. São Paulo, 2007.

GHIDETTI, A. J.; JUNIOR, E. D. **Eficácia do Método das Vazões Mínimas Noturnas para Diagnosticar as Perdas de Água.** XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Rio Grande do Sul, 2013.

GONÇALVES, E.; ALVIM, P.R.A. **Técnicas de operação em sistemas de abastecimento de água - Pesquisa e Combate a Vazamentos não Visíveis Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNCDA,** Secretária Especial de Desenvolvimento Urbano, Secretária de Política Urbana, 89 p. Brasília, 2007.

FARLEY, M; WYETH, G; GHAZALI, Z.B.M; INSTANDAR, A, SINGH, S. **The manager's Non-Revenue Water Handbook: A Guide to Undertading Water Losses.** United States of America: Ranhill Utilities Berhad and the United States Agency for International development (USAID), 2008.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Perdas de Água 2018 (SNIS 2016):** Desafios para disponibilidade hídrica e avanço da eficiência do saneamento básico. Disponível em <<http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/perdas-2018/estudo-completo.pdf>>.São Paulo, 2018. Acesso em 1 de junho de 2020.

KUSTERKO, S., ENSSLIN, S., ENSSLIN, L., CHAVES, L. **Gestão de perdas em sistemas de abastecimento de água: uma abordagem construtivista.** Eng Sanit Ambient, v.23 n.3, maio/jun 2018, 615-626.

KUSTERJO, S. K. **Uso De Indicadores De Desempenho Como Auxílio Nos Estudos De Eficiência Energética Em Sistemas De Abastecimento De Água.** Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Sanitária e Ambiental/UFSC. Florianópolis, 2009.

LAMBERT, A.O. **Water losses management and techniques.** In: Internacional Water Association Congress, Berlim, 2001. 1-22 p.

MADUREIRA, L.P.; ABRAHÃO, C.R.O.O.; MENDONÇA, R.P.; SANTOS, P. **Melhoria da Eficiência Operacional na Região Bragantina, com Ênfase em Redução de Perdas de Água.** Revista Saneas, Ano XI, n 39. 2010.

MARTINS, Alex. **O planeta está sedento.** Folha Universal, São Paulo, p. 2A, 16 nov. 2003.

MELATO, D. **Discussão de um Metodologia para o Diagnóstico e Ações para Redução de Perdas de Água: Aplicação no Sistema de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de São Paulo.** 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.

MIRANDA, E. C. **Avaliação de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água – Indicadores de Perdas e Metodologias para Análise de Confiabilidade.** Dissertação (Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – UnB. Brasília, 2002.

MORAIS, D; CAVALVANTE, C.A.V.; ALMEIDA, A.D. **Priorização de áreas de controle de perdas em redes de distribuição de água.** Pesquisa Operacional, v.30, n.1, p.15-32, janeiro a abril de 2010.

MOTTA, R. G. **Importância da Setorização Adequada para Combate às Perdas Reais de Água de Abastecimento Público.** 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.

PREFEITURA DE FLORIANÓPOLIS. Geoprocessamento Corporativo Prefeitura de Florianópolis. Disponível em <<http://geo.pmf.sc.gov.br/>>. Acesso em 2 de janeiro de 2020.

SANTOS, J. A. **Controle de perdas de água em um distrito de medição e controle do sistema costa norte em Florianópolis/SC.** 2018. Trabalho de conclusão de curso - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

SANTOS, D. D. **Avaliação da Metodologia para Controle de Perdas de Água em Sistema de Distribuição no Recife-PE.** 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2013.

SANTOS, D. D.; MONTENGERO, S. M. G. L. **Avaliação da Metodologia para Controle de Perdas de Água em Sistema de Distribuição no Recife-PE.** Revista DAE, nº197 setembro-dezembro, 2014.

SOARES, A. S. **Qualidade da operação e manutenção do sistema de distribuição de água costa sul leste em Florianópolis/SC com base em histórico de dados de autorização de serviço.** 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2015.

SOUZA JÚNIOR, J. C. **Distritos De Medição E Controle Como Ferramenta De Gestão De Perdas Em Redes De Distribuição De Água.** 2014. (Mestrado em Engenharia Civil) - UNICAMP, Campinas, 2014.

ReCESA (Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental) – Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Abastecimento de água: Gerenciamento de perdas de água e energia elétrica em sistemas de abastecimento – Guia do profissional em treinamento: nível 2.** Brasília, 2009. 84p.

TARDELLI F^o, J. **Controle e Redução de Perdas.** In: TSUTIYA, M. T. Abastecimento de Água. EPUSP, 1^a Edição, 2004.

TARDELLI, J. **Aspectos Relevantes do controle de perdas em sistemas públicos de abastecimento de água.** Revista DAE, 2015.

TSUTIYA, M.T. **Abastecimento de Água.** 4. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2014.

VICDENTINI, L. **Componentes do Balanço Hídrico para Avaliação de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água.** 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2012.

7 APÊNDICE A

Tabela A: Acompanhamento da Vazão Mínima Noturna.

Dias	Set/19	Out/19	Nov/19	Dez/19	Jan/20	Fev/20	Mar/20	Abr/20	Mai/20	Jun/20	Jul/20
	[L/s]										
1	1,31	1,33	1,72	1,36	2,80	2,42		1,86	1,86	1,39	
2	1,42	1,61	1,75	1,47	2,83	2,11		2,39	1,94	1,67	
3	1,47	1,72	1,28	1,72	1,56	1,67		2,03	2,03	2,08	
4	1,36	1,47	1,58	1,44	1,58	1,78	1,81	2,25	1,92	1,78	
5	1,33	1,72	2,17	1,44	1,64	1,61	2,08	2,92	2,47	2,72	2,36
6	1,14	1,72	1,72	1,31	1,72	1,89	1,61	2,03	2,00	2,17	1,28
7	1,33	1,58	1,92	1,56	1,61	1,78	1,81	2,5	1,89	2,14	0,81
8	1,28	1,86	1,58	1,72	1,50	1,44	1,81	2,5	1,97	1,00	0,86
9	1,97	1,14	1,69	2,06	1,58	1,38	1,86	2,36	2,00	1,03	1,97
10	2,25	1,14	1,28	1,58	2,06	1,40	1,78	2,36	2,11	1,44	1,00
11	1,28	1,75	1,47	1,97	1,58		2,06	2,11	1,86	1,19	1,25
12	1,12	1,35	1,22	2,53	2,17		1,97	2,36	2,06	1,28	1,08
13	1,17	1,58	1,58	1,89	2,36		1,86	1,97	1,39	1,00	1,89
14	1,22	1,80	1,92	1,91	2,67		2,72	2,25	1,53	1,11	1,53
15	1,31	1,70	1,77	2,25	2,83		2,64	2,61	1,69	0,81	0,86
16	1,32	1,14	1,83	1,56	1,97		3,00	2,14	1,53	0,89	0,89
17	1,25	1,28	1,78	1,72	1,61		2,56	2,89	2,03	1,03	0,81
18	1,44	1,28	1,58	2,06	2,11		2,75	2,06	2,08	0,89	1,00
19	1,56	1,72	1,42	1,56	2,83		2,56	2,08	1,44	1,47	0,94
20	1,33	1,28	1,15	1,56	2,11		2,47	2,14	1,44	1,08	0,97
21	1,92	1,14	1,14	1,47	1,97		2,17	2,08	2,06	1,39	1,36
22	2,06	1,33	1,14	1,61	1,92		3,53	2,75	1,53	1,22	1,24

Continua

Dias	Set/19	Out/19	Nov/19	Dez/19	Jan/20	Fev/20	Mar/20	Abr/20	Mai/20	Jun/20	Jul/20
	[L/s]										
24	1,64	1,64	1,28	1,42	1,91		1,86	2,06	2,44	1,53	1,19
25	1,19	1,14	1,33	1,44	1,97		2,56	2,92	1,61	1,28	1,53
26	1,44	1,33	1,69	1,33	2,28		3,03	2,25	1,64	1,14	1,00
27	1,22	1,14	2,06	1,47	1,58		2,06	2,11	1,53	1,00	1,36
28	1,19	1,14	1,31	1,33	1,94		2,5	2,75	1,69	0,94	1,25
29	1,28	1,22	1,56	2,31	2,81	-	2,36	2,14	1,81	0,81	1,53
30	1,14	1,83	1,47	2,42	1,72	-	1,86	2,33	2,00	0,83	1,08
31	-	1,58	-	2,40	1,56	-	1,78	-	1,50	-	0,89
Média	1,42	1,45	1,57	1,73	2,02	1,75	2,28	2,33	1,83	1,31	1,23

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).