

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

FABIANO BASSANI

**AVALIAÇÃO DAS PERDAS DE ÁGUA NO SISTEMA PELA SUBSTITUIÇÃO DE
HIDRÔMETROS VELOCIMÉTRICOS POR VOLUMÉTRICOS**

CAMPO MOURÃO

2024

FABIANO BASSANI

**AVALIAÇÃO DAS PERDAS DE ÁGUA NO SISTEMA PELA SUBSTITUIÇÃO DE
HIDRÔMETROS VELOCIMÉTRICOS POR VOLUMÉTRICOS**

**Evaluation of water losses in the system through the replacement of the
replacement of velocimetric hydrometers by volumetric**

Dissertação apresentada como requisito para
obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação
de Recursos Hídricos da Universidade Tecnológica
Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Profa. Dra. Rafaelle Bonzanini Romero

CAMPO MOURÃO

2024



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



**Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Campo Mourão**



FABIANO BASSANI

**AVALIAÇÃO DAS PERDAS DE ÁGUA NO SISTEMA PELA SUBSTITUIÇÃO DE HIDRÔMETROS
VELOCIMÉTRICOS POR VOLUMÉTRICOS**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Gestão E Regulação De Recursos Hídricos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Regulação E Governança De Recursos Hídricos.

Data de aprovação: 22 de Março de 2024

Dra. Rafaelle Bonzanini Romero, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Eudes Jose Arantes, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Helton Rogerio Mazzer, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 22/03/2024.

AGRADECIMENTOS

A minha esposa Karen, pela paciência, compreensão e amor. Neste período onde ficou fins de semanas sem minha companhia e sempre acreditou em minha capacidade.

Aos meus pais Gentil (*in memorium*) e Asta por sempre incentivar os estudos por não terem mesmas condições e acreditar que a educação é a porta para formação e criar um futuro.

Aos meus amigos de turma e principalmente Jean e Arnaldo que compartilhamos discussões sobre recursos hídricos e risadas.

Aos professores que dedicam o seu tempo para formação de novos mestres para assim construir uma sociedade mais crítica e atuante.

A minha orientadora Profa Rafaelle pela calma, orientação e sugestões que me ajudaram na elaboração da dissertação.

Aos colegas de Saneamento Marlene (SANEPAR) e Felipe (Águas de Joinville) que contribuíram com envio de material didático.

À Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), possibilitar minha atuação profissional e desenvolvimento pessoal, forneceu os dados necessários para essa pesquisa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior – Brasil (CAPES). Agradecemos também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua e à Universidade Tecnológica Federal do Paraná–UTFPR.

RESUMO

O novo marco do Saneamento tem como objetivo principal universalizar e qualificar o setor, especialmente no fornecimento de água. Metas foram estabelecidas, como a universalização até 2033, visando atender 99% da população brasileira com água potável. O cumprimento dessas metas implica na necessidade de evolução das concessionárias, tornando-as mais competitivas para enfrentar empresas da iniciativa privada. O controle do volume nos sistemas de abastecimento de água é uma estratégia para medir e gerenciar as perdas hídricas. Essas perdas podem ser classificadas como reais (físicas) ou aparentes (comerciais). As perdas comerciais ocorrem principalmente devido à submedição dos hidrômetros, influenciada pelo uso, idade e tecnologia. A adoção de novas tecnologias de medição é uma estratégia para que as empresas de saneamento melhorem seus indicadores de perdas e aumentem seu faturamento. A eficiência na medição de água pode ser maximizada com o uso de tecnologias avançadas, como os medidores volumétricos, embora estes tenham um custo inicial mais elevado em comparação com os medidores velocimétricos. Neste contexto, o objetivo desta pesquisa é avaliar o impacto da substituição de 606 hidrômetros no município de Pedrinhas Paulista/SP. A análise abrange todas as conexões de água do município durante um período de 19 meses (de janeiro de 2022 a julho de 2023). Os dados fornecidos pela concessionária foram organizados e processados em planilhas eletrônicas utilizando o software Microsoft Excel®. Mensalmente, foram analisadas as médias de volume consumido (em m³) e volume faturado (em m³ e em R\$) por tipo de hidrômetro e no total. Em seguida, foram calculados os indicadores de perdas e realizada uma avaliação econômica do investimento. Os resultados revelam um índice de perdas de 11,3% no município. Ao comparar os hidrômetros volumétricos com os velocimétricos, observou-se um ganho médio de R\$12,89 por ligação de água e um aumento de 11,43% na média do volume consumido. O investimento realizado apresenta um retorno dentro de um período de 21 meses.

Palavras-chave: Saneamento, Abastecimento de água, Medição de água e Recursos Hídricos.

ABSTRACT

The new Sanitation framework aims primarily to universalize and enhance the sector, particularly in water supply. Targets have been set, such as universalization by 2033, aiming to provide 99% of the Brazilian population with potable water. Achieving these targets entails the need for evolution among concessionaires, making them more competitive to face private sector companies. Volume control in water supply systems is a strategy for measuring and managing water losses. These losses can be categorized as real (physical) or apparent (commercial). Commercial losses primarily occur due to under-measurement of water meters, influenced by usage, age, and technology. The adoption of new measurement technologies is a strategy for sanitation companies to improve their loss indicators and increase their revenue. Efficiency in water measurement can be optimized through the use of advanced technologies, such as volumetric meters, although these have a higher initial cost compared to velocity meters. In this context, the aim of this research is to evaluate the impact of replacing 606 water meters in the municipality of Pedrinhas Paulista/SP. The analysis covers all water connections in the municipality over a period of 19 months (from January 2022 to July 2023). The data provided by the concessionaire were organized and processed in electronic spreadsheets using Microsoft Excel® software. Monthly, average volumes consumed (in m³) and billed volumes (in m³ and in R\$) were analyzed by type of water meter and overall. Subsequently, loss indicators were calculated, and an economic evaluation of the investment was conducted. The results reveal a loss rate of 11.3% in the municipality. When comparing volumetric meters with velocity meters, an average gain of R\$12.89 per water connection and an increase of 11.43% in the average volume consumed were observed. The investment made shows a return within a period of 21 months.

Keywords: Sanitation, Water supply, Water measurement, Water Resources.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Resumo dos componentes do Saneamento básico e seus resultados	14
Figura 2 – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)	19
Figura 3 - ODS 6 Água potável e saneamento.....	20
Figura 4 – Sistema de abastecimento de água	22
Figura 5 – Abastecimento Superficial e seus componentes	23
Figura 6 – Abastecimento Poços Profundos e seus componentes.....	24
Figura 7 – Fluxograma das principais influencias num sistema de abastecimento	28
Figura 8 – Abastecimento de água no Brasil em 2021	33
Figura 9 – Índice de atendimento urbano por rede de água por município	34
Figura 10 – Índice de perdas de água na distribuição.....	35
Figura 11 – Índice de perdas na distribuição (%), volumes per capita de água (l/hab./dia), consumo médio per capita (l/hab./dia)	36
Figura 12 – Índice de perdas na distribuição IN049 das concessionárias estaduais	37
Figura 13 – Hidrômetro velocimétricos unijato e os multijato e suas características de funcionamento	41
Figura 14 – Hidrômetro velocimétrico unijato e multijato.....	42
Figura 15 – Hidrômetros volumétrico tipo Mecânico Pistão	43
Figura 16 – Hidrômetro volumétrico em partes e vistas	43
Figura 17 – Diferenças metrológicas entre os medidores	44
Figura 18 – Fluxograma indicando as etapas da pesquisa	47
Figura 19 – Localização do município de Pedrinhas Paulista/SP	48
Figura 20 – Croqui do Sistema de abastecimento de Pedrinhas Paulista/SP	49
Figura 21 – Ligações de água e altimetria	50
Figura 22 – Poço 3 do município Pedrinhas Paulista/SP.....	50
Figura 23 – Sistema de reservação do município Pedrinhas Paulista/SP	51
Figura 24 – Imagem da planilha Excel com os dados	52
Figura 25 – Vista Explodida do Hidrômetro Volumétrico.....	59
Figura 26 – Média do volume por ligação 2022/2023.....	66
Figura 27 – Volume distribuído (VD) e volume consumido medido (VCM).....	69
Figura 28 – Leitor de água Bluetooth empresa Be Water – Bragança - Pt.....	74

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Alguns conceitos relacionados a medição de água segundo a ABNT NBR 15.538/2014	25
Quadro 2 – Alguns conceitos relacionados a medição de água segundo a portaria nº 246/2000	26
Quadro 3 – Alguns conceitos relacionados a medição de água segundo a portaria nº155/2022	27
Quadro 4 – Classe dos medidores	28
Quadro 5 – Origem e magnitude das perdas físicas ou reais	30
Quadro 6 – Perdas não físicas ou aparentes origem e magnitude	30
Quadro 7 – Balanço Hídrico	38
Quadro 8 – Definições dos componentes do balanço hídrico	39
Quadro 9 – Diferenças entres medidores velocimétrico e volumétrico	44
Quadro 10 - Índice de Perdas micromedição	54
Quadro 11 - Índice de Perdas de Faturamento (%)	54
Quadro 12 - Dados metrológicos e características do hidrômetro volumétrico	59
Quadro 13 – Quantidade de hidrômetros substituídos por mês no ano de 2022.....	60
Quadro 14 – Quantidade de hidrômetros trocados de acordo com ano de instalação	60
Quadro 15 – Perfil de idade, em anos, dos hidrômetros.....	61
Quadro 16 – Dados e indicadores de perdas	67
Quadro 17 – Análise de custos de aquisição e troca de equipamentos (2022/2023)	70
Quadro 18 – Avaliação Financeira do Investimento	72
Quadro 19 – Resumo dos resultados.....	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de vazões de transição	27
Tabela 2 – Indicadores de Perdas.....	32
Tabela 3 – Índice de perdas por Macrorregião	35
Tabela 4 – Designação dos medidores	45
Tabela 5 – Identificação do Fabricante	45
Tabela 6 – Perfil dos hidrômetros instalado por ano, volume medido (m3) e % do volume	58
Tabela 7 – Volume Consumido (m ³)	62
Tabela 8 – Volume médio consumido por ligação (velocimétrico/volumétrico)	63
Tabela 9 – Volume médio consumido por ano	63
Tabela 10 – Volume faturado em m ³	64
Tabela 11 – Volume médio faturado por ligação (velocimétrico/volumétrico)	64
Tabela 12 – Volume médio consumido por ano	65
Tabela 13 – Valor Faturado em R\$.....	65
Tabela 14 – Média dos hidrômetros trocados (volume consumido m ³ /ligação).....	66
Tabela 15 – Consumo 0 – 10 m ³	68
Tabela 16 – Média por ligação (R\$/ligação)	71

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABES	Associação Brasileira de Engenharia Sanitaria e Ambiental
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AESEBE	Associação Brasileira das Empresas Estaduais de Saneamento
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
IWA	International Water Association
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
NBR	Norma Brasileira
NLA	Número de Ligações Ativas
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
Q_{max}	Vazão Máxima
Q_{min}	Vazão Mínima
Q_n	Vazão Nominal
Q_t	Vazão de Transição
RIUT	Repositório Institucional da Universidade Tecnológica Federal do Paraná
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
VD	Volume Distribuído
VFAT	Volume Faturado
VP	Volume Produzido
VCM	Volume Consumido Medido

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	16
2.1	Geral	16
2.2	Específicos	16
3	JUSTIFICATIVA.....	17
4	REVISÃO DE LITERATURA	21
4.1	Sistemas de Abastecimento de Água.....	21
4.2	Leis, Normas e Portarias	24
4.3	Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água.....	28
4.4	Perdas no Brasil	33
4.5	Balanco Hídrico	37
4.6	Sistemas de Medição	39
5	METODOLOGIA	46
5.1	Caracterização Da Pesquisa.....	46
5.2	Procedimentos Metodológicos	47
5.2.1	Local de Estudo.....	48
5.2.2	Coleta dos Dados.....	51
5.2.3	Tratamento dos Dados	52
5.2.4	Análise dos Dados.....	53
5.2.5	Indicadores de Perdas.....	53
5.2.6	Avaliação Econômica	54
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	56
6.1	Cenário do Abastecimento de Água em Pedrinhas Paulista/SP	56
6.2	Substituição da Tecnologia de Medição	57
6.3	Dados Coletados	61
6.4	Análise dos Dados Coletados	61
6.5	Avaliação Econômica.....	70
6.6	Quadro Resumo.....	72
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	73
8	PRODUTO	73
	REFERÊNCIAS.....	76
	APÊNDICE.....	79

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, conforme estabelecido pela Lei nº 11.445/2007, o saneamento básico compreende um conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais que abrangem o abastecimento de água potável, o esgotamento sanitário, a limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos. Esta legislação delinea diretrizes nacionais para o saneamento básico, visando assegurar o acesso universal a esses serviços e contribuir para o desenvolvimento nacional, a mitigação das disparidades regionais, a criação de oportunidades de trabalho, a inclusão social e o fomento à economia. Segundo o texto normativo, o abastecimento de água engloba uma série de atividades, infraestruturas e instalações essenciais para prover água potável à população, incluindo captação, tratamento, armazenamento e distribuição para uso doméstico, comercial, público e industrial (BRASIL, 2007).

Para BRASIL (2022a), o saneamento básico configura-se como um conjunto diversificado de serviços que concorrem para a promoção da saúde pública, a preservação do meio ambiente, a gestão sustentável dos recursos hídricos, a melhoria da qualidade de vida e o estímulo ao desenvolvimento social e econômico sustentável. Ele compreende quatro componentes fundamentais: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, conforme representado na Figura 1.

Figura 1 - Resumo dos componentes do Saneamento Básico e seus resultados



Fonte: Ministério do Desenvolvimento Regional (2022, p. 12)

Os propósitos delineados pela legislação brasileira estão em consonância com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6, que visa garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água e do saneamento para todos. Contudo, esses objetivos depararam-se com desafios de natureza técnica enfrentados pelas concessionárias de abastecimento de água.

Alegre et al. (2005) identificam as perdas de água como as principais fontes de ineficiência das concessionárias de abastecimento de água. Em comparação com outros setores produtivos da indústria, é notável que poucos setores toleram perdas significativas, seja no processo de transporte e distribuição ou em outras fases.

Segundo BRASIL (2022), é inevitável que ocorram perdas em qualquer sistema de abastecimento de água, um assunto que tem ganhado relevância nas últimas décadas. Isso se deve, em parte, ao aumento da incidência de eventos de escassez hídrica e à crescente preocupação com a contaminação da água tratada. Além disso, vazamentos influenciam as perdas no sistema, podendo levar à diminuição da pressão na rede de distribuição. Do ponto de vista econômico e financeiro, surgem questões relacionadas aos custos elevados de energia elétrica utilizada na produção e distribuição da água tratada, bem como ao desperdício de recursos naturais, operacionais e de receita.

O índice de perdas de água em um sistema de abastecimento é um fator crucial na avaliação da eficiência das atividades comerciais e de distribuição de um operador de saneamento. Essas perdas são evidentes em todas as etapas de um sistema de abastecimento de água, desde a captação até a distribuição. Nesse sentido, níveis elevados e com padrões de crescimento gradual indicam a necessidade de esforços adicionais para reduzir possíveis ineficiências no planejamento, manutenção, direcionamento de investimentos e atividades operacionais e comerciais.

Neste contexto, o presente estudo visa avaliar os resultados da substituição da tecnologia de medição no município de Pedrinhas Paulista/SP, que envolve a substituição de aproximadamente 600 hidrômetros. Serão avaliados o volume consumido (em m³) e o volume faturado (em m³ e R\$). Os resultados desta pesquisa poderão auxiliar as companhias de saneamento na formulação de estratégias para redução de perdas e aumento do faturamento, com foco na substituição da tecnologia de medição e na avaliação de seus impactos.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar os resultados de medição de água, a partir de hidrômetros, as perdas de água no sistema de abastecimento público do município de Pedrinhas Paulista/SP, com a substituição parcial do parque de medidores, com a utilização de hidrômetros volumétricos.

2.2 Específicos

- Analisar as características do sistema de abastecimento de água no município de Pedrinhas Paulista/SP;
- Verificar os resultados de medição de água, com reflexos em perdas de água no município de Pedrinhas Paulista/SP com troca de aproximadamente 600 hidrômetros;
- Analisar a faixa de consumo mínimo (0 – 10 m³);
- Analisar os custos da substituição dos hidrômetros velocimétricos por volumétricos e seu retorno financeiro para a concessionária de saneamento que presta serviços ao município de Pedrinhas Paulista/SP.

3 JUSTIFICATIVA

Em 15 de julho de 2020, o governo brasileiro promulgou o novo Marco Legal do Saneamento por meio da Lei 14.026, cujo propósito central é a universalização e aprimoramento dos serviços de saneamento, implicando uma série de modificações no setor. O governo federal, para tal desígnio, estabeleceu metas e cronogramas ambiciosos visando alcançar a universalização até 2033, com a previsão de que 99% da população brasileira tenha acesso à água potável e 90% tenha acesso ao tratamento e coleta de esgoto até esse ano (BRASIL, 2020a).

O novo marco do Saneamento tem como objetivo, em teoria, diminuir tais disparidades regionais, melhorando o índice de atendimento à população e aumentando a eficácia dos sistemas, por meio da redução das perdas de água, ampliação da cobertura de atendimento e aumento dos índices de tratamento e coleta de esgoto, além de estimular a participação do setor privado e modernizar as empresas estaduais.

A garantia da segurança hídrica para o abastecimento urbano permanece uma das principais questões desafiadoras na gestão dos recursos hídricos no Brasil. Essa preocupação abrange tanto a disponibilidade adequada quanto a qualidade da água, bem como a necessidade de aprimoramento da infraestrutura associada. O contínuo aumento das demandas por água, destinadas a múltiplos usos, evidencia conflitos e representa um desafio para garantir a segurança hídrica, especialmente em áreas urbanas densamente povoadas. Nessas regiões, torna-se evidente a necessidade de captação de água em locais cada vez mais distantes e a interligação de complexos sistemas integrados.

O desequilíbrio do balanço hídrico figura como um ponto crítico na insegurança hídrica, e quando combinado com questões operacionais e de gestão dos recursos hídricos e de saneamento, juntamente com as variações e mudanças climáticas, propicia o surgimento de crises hídricas, como as enfrentadas pelo Brasil nos últimos anos (BRASIL, 2021).

Segundo BRASIL (2008) as principais causas para a crise da água são:

- crescimento da população e rápida urbanização; - diversificação dos usos múltiplos; - contaminação de águas subterrâneas; - degradação do solo, aumentando a erosão e a sedimentação de rios, lagos e represas; - uso ineficiente em irrigação de culturas agrícolas, observando-se que, cerca de 70% das águas doces são utilizadas para irrigação; - desperdício e perdas de água em sistemas de abastecimento; e - aumento da poluição e da contaminação das águas.

Dentre os fatores desencadeadores da crise hídrica, destacam-se o desperdício e o alto índice de perdas de água nos sistemas de abastecimento, os quais acarretam impactos adversos ao meio ambiente e afetam negativamente o desempenho financeiro dos prestadores de serviços. Isso resulta na redução dos recursos disponíveis para expandir a oferta, aprimorar a qualidade e realizar a manutenção e reposição das infraestruturas (OLIVEIRA et al., 2021).

Conforme definido pela Associação Internacional da Água (*International Water Association*, IWA), as perdas de água compreendem "toda perda real ou aparente de água ou todo consumo não autorizado que aumenta o custo operacional ou impede a realização total da receita operacional" (BRASIL, Fundação Nacional de Saúde - FUNASA, 2014, p.13).

Segundo Caldas (2023), ao discutir as perdas nos sistemas de distribuição de água, é essencial reforçar os conceitos de perdas reais e aparentes. As perdas reais referem-se ao volume inicial de água produzido pela concessionária que não alcança o consumidor final, enquanto as perdas aparentes indicam que a água fornecida ao consumidor final não é cobrada adequadamente, seja devido a problemas técnicos na medição ou a fraudes por parte do consumidor.

As motivações para a implementação de estratégias de combate às perdas são diversas, incluindo a melhoria da eficiência na gestão com a redução dos custos operacionais, a diminuição do impacto ambiental, o aperfeiçoamento da medição e faturamento, a minimização de danos estruturais, a redução do volume de esgoto devido a vazamentos e a satisfação dos clientes (SERRANITO e DONNELLY, 2015).

O Ministério de Estado do Desenvolvimento Regional promulgou a Portaria Nº 490, datada de 22 de março de 2021, que estabelece os procedimentos gerais para o cumprimento do estipulado no inciso IV do caput do art. 50 da Lei n. 11.445, de 5 de janeiro de 2007:

Art. 2º Para fins de comprovação do cumprimento do índice de perda de água na distribuição, devem ser adotados os seguintes indicadores do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS):

I - IN049: índice de perdas na distribuição, medido em percentual; e

II - IN051: índice de perdas por ligação, medido em litros/ligação/dia.

Parágrafo Único. Quando o Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (Sinisa) estiver em funcionamento, devem ser adotados os indicadores do Sinisa que correspondam aos indicadores IN049 e IN051 do SNIS.

§ 1º Os valores previstos no caput ficam limitados ao mínimo de 25% para o IN049 - índice de perdas na distribuição e de 216,0 litros/ligação/dia para o IN051 - índice de perdas por ligação.

De acordo com Marques et al. (2021), um dos temas centrais dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas (ONU) é a água potável, atualmente reconhecida mundialmente como um recurso essencial, porém vulnerável, limitado e cada vez mais escasso. Esta situação é influenciada negativamente por fatores como o aumento da demanda, a poluição de mananciais e as alterações climáticas cada vez mais severas (GOONETILLEKE e VITHANAGE, 2017; BEZERRA, PERTEL e MACÊDO, 2019, citados por MARQUES et al., 2021).

Nesse contexto, a Organização das Nações Unidas estabeleceu 17 objetivos de desenvolvimento sustentável com diversos países para o ano de 2030 (Figura 2). Trata-se de um apelo global para a ação, com o intuito de erradicar a pobreza, preservar o meio ambiente e o clima, e garantir que todas as pessoas, em qualquer lugar do mundo, possam vivenciar a paz e a prosperidade. O ODS 6, que trata da água potável e saneamento, tem como objetivo assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água potável e do saneamento para todos (Figura 3).

Figura 2 – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)



Fonte: ONU (2024)

Figura 3 - ODS 6 Água potável e saneamento



ODS 6 - ÁGUA POTÁVEL E SANEAMENTO

Objetivo: Garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água potável e do saneamento para todos

- 6.1 Alcançar o acesso universal e equitativo à água potável e segura para todos.
- 6.2 Alcançar o acesso a saneamento e higiene adequados e equitativos para todos.
- 6.3 Melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejo e minimizando a liberação de produtos químicos e materiais perigosos, reduzindo à metade a proporção de águas residuais não tratadas e aumentando substancialmente a reciclagem e reutilização segura globalmente.
- 6.4 Aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores e assegurar retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce para enfrentar a escassez de água; e reduzir substancialmente o número de pessoas que sofrem com a escassez de água.
- 6.5 Implementar a gestão integrada dos recursos hídricos em todos os níveis, inclusive via cooperação transfronteiriça, conforme apropriado.
- 6.6 Proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água, incluindo montanhas, florestas, zonas úmidas, rios, aquíferos e lagos.
 - 6.a Ampliar a cooperação internacional e o apoio à capacitação para os países em desenvolvimento em atividades e programas relacionados à água e saneamento, incluindo a coleta de água, a dessalinização, a eficiência no uso da água, o tratamento de efluentes, a reciclagem e as tecnologias de reúso.
 - 6.b Apoiar e fortalecer a participação das comunidades locais para melhorar a gestão da água e do saneamento.

Fonte: ONU (2024)

Dada a diversidade de fatores que influenciam os índices de perdas de água, e considerando que os índices nacionais são mais elevados em comparação com outros países, a presente dissertação tem como foco avaliar os resultados de medição resultantes do emprego de diferentes tecnologias.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Sistemas de Abastecimento de Água

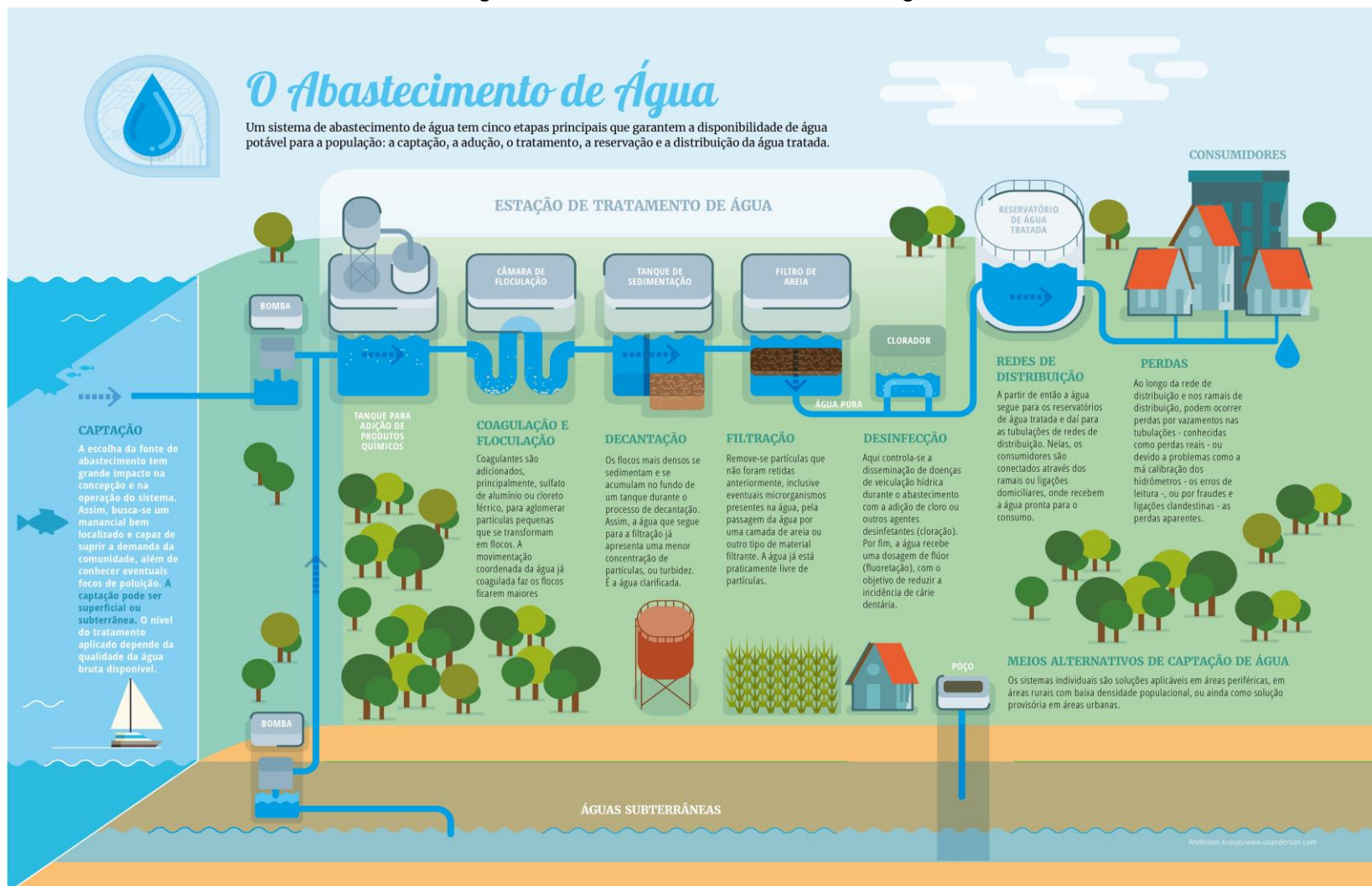
Segundo Pereira e Condurú (2014), o sistema de abastecimento de água é constituído por uma série de estruturas, equipamentos e dispositivos cujo propósito primordial é prover água com qualidade, quantidade e regularidade adequadas para atender às demandas dos usuários em uma determinada área ou comunidade. Essa iniciativa visa principalmente garantir a saúde pública, assegurando a conformidade com os padrões estabelecidos para a proteção da saúde da população, uma vez que a água é um veículo fundamental para a transmissão de doenças infecciosas.

O sistema de abastecimento de água apresenta cinco etapas essenciais que garantem a disponibilidade de água potável para a população: captação, adução, tratamento, reservação e distribuição da água tratada. A Figura 4 apresenta um infográfico ilustrativo dessas etapas primordiais.

Tsutiya (2006) definiu os principais componentes de um sistema de abastecimento de água:

- Manancial – corpo de água que pode ser subterrâneo ou superficial, com demanda suficiente para atendimento à população;
- Captação – estrutura construída junto ao manancial para retirada da água com destino ao abastecimento;
- Estação elevatória: instalações e equipamentos para elevar a pressão de água, de diferentes bacias em níveis altimétricos diferentes (mais baixo para o mais alto), podendo ser água bruta ou tratada.
- Adutora: tubulação que destina a água para as redes de distribuição, sem atendimento aos consumidores;
- Estação de tratamento de água: instalações destinadas a tratar a água de modo a adequar as suas características aos padrões de potabilidade;
- Reservatório: local onde é armazenada água destinada a regularizar as variações entre as vazões de adução e de distribuição e condicionar as pressões na rede de distribuição;

Figura 4 – Sistema de abastecimento de água

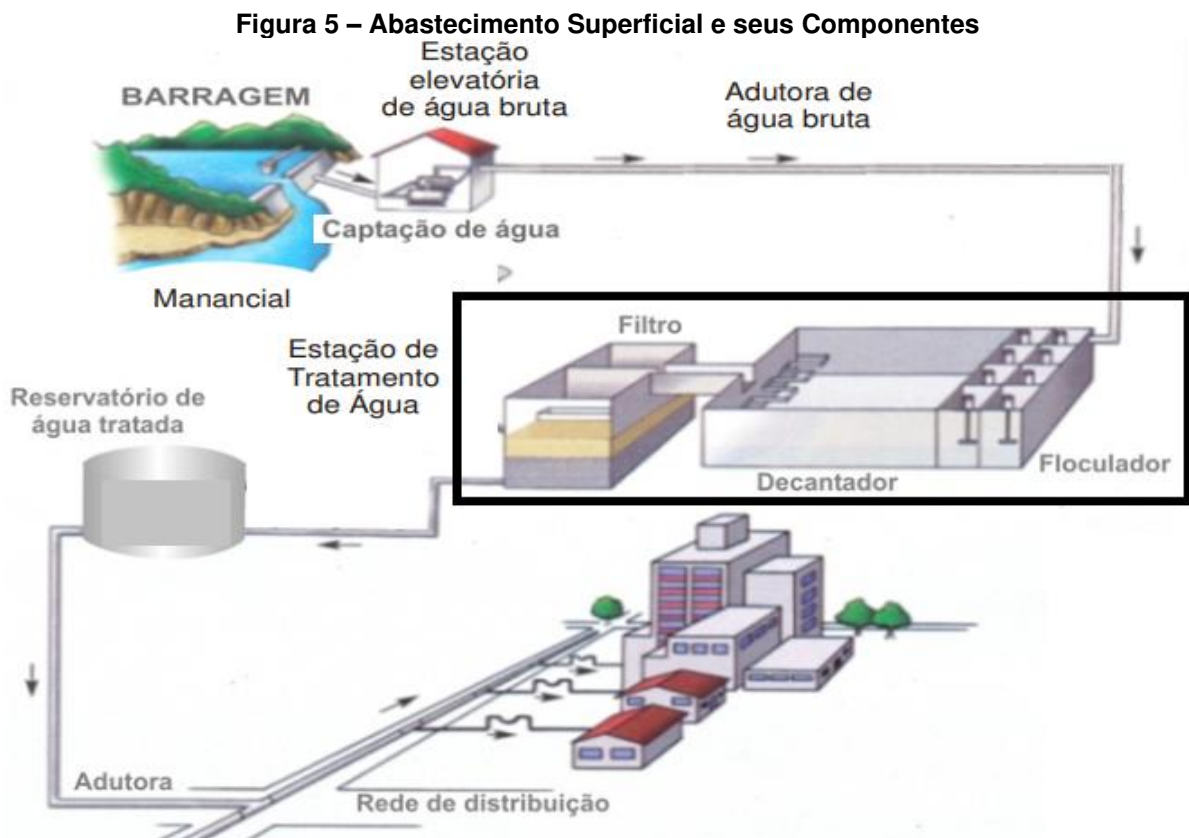


Fonte: Ministério do Desenvolvimento Regional (2021, p. 37)

- Rede de distribuição: tubulações e órgãos acessórios, destinada a levar água potável aos consumidores, de forma contínua.

No contexto do abastecimento de água, a grande parte das tubulações destina-se ao transporte da água, desde sua captação em fontes hídricas, sejam elas subterrâneas ou superficiais, até a distribuição da água potável ao consumidor final, passando por diversas etapas, como estações de tratamento, reservatórios, pontos de elevação ou redução de pressão (TARDELLI FILHO, 2006).

A escolha entre a captação superficial e a subterrânea é determinada por diversas características locais, tais como o tamanho da fonte hídrica, topografia, geologia da região e as propriedades da água, como qualidade, velocidade e flutuações no nível do lençol freático. Geralmente, para a captação superficial (Figura 5), são empregadas estruturas como barragens e canais de derivação em rios ou lagos. Já a captação de água subterrânea (Figura 6) pode ser realizada por meio de poços rasos, poços profundos ou até mesmo por baterias de poços, sendo essencial a realização de estudos hidrogeológicos para determinar a profundidade e o aquífero mais adequados a serem utilizados (PEREIRA E CONDURÚ, 2014).



Fonte: Adaptado de Tsutiya (2006)

Figura 6 – Abastecimento Poços Profundos e seus Componentes



Fonte: Adaptado de Tsutiya (2006)

4.2 Leis, Normas e Portarias

A gestão dos recursos hídricos no país é regida pela Política Nacional de Recursos Hídricos, estabelecida pela Lei nº 9.433/1997, a qual abrange conceitos, fundamentos, diretrizes, instrumentos de gestão e estrutura de governança. Os objetivos primordiais dessa política são:

- Assegurar a disponibilidade de água necessária, em padrões de qualidade adequados, tanto para as gerações atuais quanto para as futuras, considerando seus respectivos usos.
- Promover a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, visando ao desenvolvimento sustentável e à prevenção e defesa contra eventos hidrológicos críticos, sejam de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

A gestão dos recursos hídricos deve ser pautada nos princípios de descentralização e participação social, nos quais a bacia hidrográfica é considerada a unidade territorial de planejamento. Para atingir tais objetivos, são empregados

diversos instrumentos de gestão propostos, visando sempre ao aproveitamento múltiplo e sustentável da água.

Com o intuito de aprofundar o entendimento sobre a gestão dos recursos hídricos, é fundamental ter conhecimento de algumas definições. Nos Quadros 1 a 4, são apresentadas diversas definições contidas nas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). O Quadro 1 apresenta algumas definições conforme estabelecido pela NBR 15.538/2014.

Quadro 1 – Alguns conceitos relacionados a medição de água segundo a ABNT NBR 15.538/2014

Conceitos NBR15.538	
Medidor de Água	Instrumento destinado a medir continuamente, memorizar e exibir o volume de água que escoou através do transdutor de medição, sob condições de medição
Perfil de consumo	Característica proveniente do consumo de água potável em um determinado consumidor, relacionando a vazão instantânea de operação e os volumes escoados em cada faixa de vazão por um período significativo
Vazão nominal (Qn)	Maior vazão nas condições de utilização, expressa em metros cúbicos por hora, nas quais exige-se que o medidor funcione de maneira satisfatória dentro dos erros máximos admissíveis
Erro ponderado (EP)	Parâmetro de avaliação de desempenho, obtido pela associação entre o perfil de consumo e o erro relativo apresentado pelo medidor de água, em faixas de vazões previamente definidas
Índice de desempenho da medição (IDM)	Valor numérico percentual que corresponde ao desempenho de um medidor de água, sob condições específicas de ensaio, obtido pela equação: $IDM = 100 + EP$
Vazão máxima (Qmáx)	Maior vazão, expressa em m ³ /h, na qual exige-se que o medidor de água funcione por um curto período de tempo, dentro dos seus erros máximos admissíveis, mantendo seu desempenho metrológico quando posteriormente for empregado dentro de suas condições de uso
Vazão mínima (Qmín)	Menor vazão na qual o medidor de água fornece indicações que não possuam erros superiores aos máximos admissíveis

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 15.538/2014

Alguns conceitos definidos na NBR15.538 coincidem com aqueles estabelecidos pela Portaria nº 246/2000 do Inmetro, a qual também descreve conceitos relevantes para a hidrometria (Quadro 2). Além disso, a referida portaria estabelece as classes metrológicas dos medidores e suas respectivas vazões nominais, mínimas e de transição. As classes metrológicas são representadas pelas linhas A, B e C, enquanto as vazões nominais dos medidores, incluindo 0,6 m³/h e outras, são apresentadas nas colunas, acompanhadas por suas vazões mínimas (Q_{\min}) e vazões de transição (Q_t) (Tabela 1).

Quadro 2 – Alguns conceitos relacionados a medição de água segundo a portaria nº 246/2000

Portaria 246	
Medidor de Água	Instrumento destinado a medir continuamente, memorizar e exibir o volume de água que escoar através do transdutor de medição, sob condições de medição, doravante denominado 'medidor'. (alterado Portaria 436/2011)
Vazão	Quociente do volume de água escoado através do hidrômetro pelo tempo do escoamento deste volume, expresso em metros cúbicos por hora (m ³ /h).
Vazão nominal (Q_n)	Maior vazão nas condições de utilização, expressa em metros cúbicos por hora, nas quais exige-se que o medidor funcione de maneira satisfatória dentro dos erros máximos admissíveis
Vazão máxima (Q_{\max})	Maior vazão, expressa em m ³ /h, na qual exige-se que o medidor de água funcione por um curto período de tempo, dentro dos seus erros máximos admissíveis, mantendo seu desempenho metrológico quando posteriormente for empregado dentro de suas condições de uso
Vazão mínima (Q_{\min})	Menor vazão na qual o medidor de água fornece indicações que não possuam erros superiores aos máximos admissíveis
Vazão transição (Q_t)	Vazão, em escoamento uniforme, que define a separação dos campos de medição inferior e superior.
Faixa de medição	Intervalo que comporta vazões compreendidas entre a vazão mínima e a vazão máxima
Curva de erros	Representação gráfica dos erros de indicação em função das vazões, onde o eixo das abscissas representa as vazões e o eixo das ordenadas o erro relativo (percentual) correspondente.
Tipo de hidrômetro	Variações básicas que o instrumento apresenta quanto ao princípio e às características de funcionamento.
Modelos de hidrômetro	Diversas variações que cada tipo apresenta

Fonte: Adaptado de INMETRO nº 246 (2000)

Os hidrômetros utilizados para água fria de vazão nominal até 15m³/h devem ser fabricados para uma das seguintes vazões, expressas em metros cúbicos por hora (m³/h): 0,6; 0,75; 1,0; 1,5; 2,5; 3,5; 5,0; 6,0; 10,0 e 15,0 (Brasil, 2000c).

Tabela 1 - Valores de vazões de transição

Classes Metroológicas		VAZÃO NOMINAL (m ³ /h)									
		0,6	0,75	1,0	1,5	2,5	3,5	5,0	6,0	10,0	15,0
A	Q _{min} (m ³ /h)	0,024	0,030	0,040	0,040	0,100	0,140	0,200	0,240	0,400	0,600
	Q _t (m ³ /h)	0,060	0,075	0,100	0,150	0,250	0,350	0,500	0,600	1,000	1,500
B	Q _{min} (m ³ /h)	0,012	0,015	0,020	0,030	0,050	0,070	0,100	0,120	0,200	0,300
	Q _t (m ³ /h)	0,048	0,060	0,080	0,120	0,200	0,280	0,400	0,480	0,800	1,200
C	Q _{min} (m ³ /h)	0,006	0,0075	0,010	0,015	0,025	0,035	0,050	0,060	0,100	0,150
	Q _t (m ³ /h)	0,009	0,0110	0,015	0,0225	0,0375	0,0525	0,075	0,090	0,150	0,225

Fonte: INMETRO nº 246 (2.000, p. 7)

Quadro 3 – Alguns conceitos relacionados a medição de água segundo a portaria nº155/2022

Portaria 155	
Medidor de Água	Instrumento destinado a medir continuamente, memorizar e exibir o volume de água que escoou através do transdutor de medição sob condições de medição.
Vazão Q	Quociente do volume medido V e do tempo decorrido t necessário para que este volume escoou através do medidor. A vazão é expressa em m ³ /h.
Vazão permanente Q3	Maior vazão em condições de uso contínuo na qual o medidor deve funcionar de maneira satisfatória, dentro do erro máximo admissível.
Vazão de sobrecarga Q4	Maior vazão na qual o medidor deve funcionar durante um curto espaço de tempo dentro do seu erro máximo admissível e, ao mesmo tempo, manter seu desempenho metroológico em operações subsequentes dentro de suas condições de utilização.
Vazão mínima Q1	Menor vazão na qual o medidor deve funcionar dentro do erro máximo admissível.
Vazão transição Q2	Razão situada entre a vazão permanente Q3 e a vazão mínima Q1, que divide a faixa de vazão operacional em dois campos, campo superior de medição e campo inferior de medição, cada qual caracterizado pelo seu próprio erro máximo admissível.

Fonte: Adaptado de INMETRO nº155(2022)

No ano de 2022, o Inmetro publicou a Portaria nº 155, que consiste em uma nova regulamentação composta por quatro anexos: Regulamento Técnico Metroológico (RTM), Requisitos Técnicos de Segurança da Informação, Requisitos de

Compatibilidade Eletromagnética e Regras de Transição para os Instrumentos de Medição Aprovados conforme a Portaria Inmetro nº 246, de 2000. Além disso, essa nova portaria introduziu novos conceitos (Quadro 3) e novas classes de equipamentos (Quadro 4). Ela estabeleceu períodos de adaptação para concessionárias e fabricantes.

Quadro 4 – Classe dos medidores

Classe de Medidores	Campo Superior		Campo Inferior
	Erro Máximo Admissível ($Q_2 \leq Q \leq Q_4$)		Erro Máximo Admissível ($Q_2 \leq Q \leq Q_4$)
	Temperatura (0,1°C e 30 °C)	Temperatura (>30 °C)	Independente da Temperatura
Classe 1	+/-1%	+/-2%	+/-3%
Classe 2	+/-2%	+/-3%	+/-5%

Fonte: Adaptado INMETRO nº155 (2022)

4.3 Perdas em sistemas de abastecimento de água

Segundo a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES, 2015), as perdas de água representam um desafio global, impactando negativamente o desempenho da maioria dos sistemas de abastecimento. Entretanto, alguns países ou cidades, por meio de um planejamento adequado, conhecimento técnico, recursos financeiros e uma gestão eficiente, conseguiram alcançar e manter baixos níveis de perdas em seus sistemas.

A compreensão do conceito de perdas pode ser visualizada na Figura 7 (SERRANITO e DONNELLY, 2015).



Fonte: SERRANITO e DONNELLY, 2015

As perdas de água podem derivar de vazamentos na rede de distribuição e nos ramais de distribuição, seja por vazamentos nas tubulações - denominadas perdas reais - ou devido a questões como a má calibração dos hidrômetros, erros de leitura, fraudes e ligações clandestinas, conhecidas como perdas aparentes. Ambas ocasionam prejuízos para o prestador de serviço e, em última instância, para o meio ambiente (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2021).

Essas perdas em sistemas de abastecimento são classificadas em perdas físicas ou reais, que se originam de vazamentos no sistema, desde a captação e adução de água bruta até a distribuição, e também de procedimentos operacionais, como lavagem de filtros e descargas nas redes. Já as perdas não físicas ou aparentes têm origem em ligações clandestinas ou não cadastradas, hidrômetros parados ou submedidores, e fraudes em hidrômetros, entre outras. Tais perdas são conhecidas como perdas de faturamento, uma vez que seu principal indicador é a relação entre o volume disponibilizado e o volume faturado (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2003).

A redução das perdas físicas contribui para a diminuição dos custos de produção, como o consumo de energia e produtos químicos. Por sua vez, a redução das perdas não físicas ou aparentes impacta positivamente na receita tarifária, melhorando a eficiência dos serviços prestados e contribuindo para o desempenho financeiro do prestador de serviços. Esse benefício indiretamente influencia na ampliação da oferta efetiva, estimulando a redução de desperdícios devido à aplicação da tarifa sobre os volumes efetivamente consumidos (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2003).

A origem e magnitude das perdas físicas ou reais e das perdas não físicas ou aparentes são apresentadas nos Quadros 5 e 6, respectivamente.

Segundo a Associação Brasileira das Empresas Estaduais de Saneamento (AESBE, 2015), as perdas aparentes referem-se à água fornecida aos usuários, mas que não é registrada pela companhia operadora. Isso representa uma ineficiência no processo de comercialização dos serviços, não relacionada à infraestrutura do sistema que efetivamente forneceu água aos cidadãos. Por outro lado, as perdas reais ocorrem devido a vazamentos antes da água chegar às instalações dos usuários, indicando ineficiência na infraestrutura do sistema de distribuição.

Quadro 5 – Origem e magnitude das perdas físicas ou reais

TIPO	SUBSISTEMA	ORIGEM	MAGNITUDE
Perdas Físicas ou Reais	Adução de água bruta	Vazamento em tubulações Limpeza do poço de sucção	Variável, função do estado das tubulações e da eficiência operacional
	Tratamento	Vazamentos estruturais Lavagem de filtros Descarga de lodo	Significativa, função do estado das instalações e da eficiência operacional
	Reservação	Vazamentos estruturais Extravazamentos Limpeza	Variável, função do estado das tubulações e da eficiência operacional
	Adução de água tratada	Vazamento em tubulações Limpeza do poço de sucção Descargas	Variável, função do estado das tubulações e da eficiência operacional
	Distribuição	Vazamentos na rede Vazamento em ramais Descargas	Significativa, função do estado das instalações e principalmente pressões

Fonte: Adaptado de Ministério das Cidades (2003, p. 13)

Quadro 6 – Perdas não físicas ou aparentes origem e magnitude

TIPO	SUBSISTEMA	ORIGEM	MAGNITUDE
Perdas aparentes	Perdas Comerciais ou Faturamento	Ligações clandestinas/irregulares	Podem ser significativas, dependendo de procedimentos cadastrais e de faturamento, manutenção preventiva, adequação de hidrômetro e monitoramento de sistema
		Ligações não hidrometradas	
		Hidrômetros parados	
		Hidrômetro que submedem	
		Ligações inativas reabertas	
		Erros de leitura	
		Número de economias errado	

Fonte: Ministério das Cidades (2003, p. 25)

O indicador de desempenho é uma medida quantitativa de um aspecto específico do desempenho de uma concessionária ou do seu nível de serviço, sendo um instrumento crucial para o controle da eficiência e da eficácia da mesma, simplificando uma avaliação que, de outra forma, seria mais complexa e subjetiva. Cada indicador, ao contribuir para a quantificação do desempenho sob uma determinada perspectiva, em uma determinada área e durante um determinado período de tempo, facilita a avaliação do cumprimento de objetivos e a análise de evolução ao longo do tempo (ALEGRE et al, 2004).

Conforme destacado por Miranda e Koide (2003), os indicadores de perdas devem fornecer bases sólidas para o planejamento das ações de redução e controle, bem como para a avaliação de seus resultados. Eles devem permitir a análise de desempenho, possibilitando a comparação entre diferentes sistemas e operadores de serviços, além de contribuírem para a definição de políticas públicas para o setor de saneamento.

O desempenho das companhias estaduais de saneamento do Brasil, listadas em ordem alfabética, ao longo dos anos de 2004 (SNIS, 2005), 2012 (SNIS, 2014) e 2013 (SNIS, 2015), com base em três indicadores conforme ABES (2015), pode ser visualizado na Tabela 02.

Tabela 2 – Indicadores de Perdas

Companhia	IN013 - Índice de Perdas de Faturamento (%)			IN049 - Índice de Perdas na Distribuição (%)			IN051 - Índice de Perdas por Ligação (L/lig.dia)		
	2004	2012	2013	2004	2012	2013	2004	2012	2013
AGESPISA - Piauí	52,6	47,0	44,4	63,7	56,5	51,9	634,6	487,2	445,0
CAEMA - Maranhão	62,0	51,1	68,5	57,7	41,7	36,6	801,6	687,8	594,2
CAER - Roraima	57,5	64,5	62,3	52,2	57,0	59,7	717,0	823,3	848,6
CAERD - Rondônia	70,8	59,6	57,0	70,8	59,6	59,4	1.527,0	877,8	838,9
CAERN - R. G. do Norte	40,5	49,3	47,3	54,9	58,6	57,4	580,8	595,0	566,7
CAESA - Amapá	72,8	73,5	76,4	72,8	71,9	76,5	2.190,0	2.184,0	2.756,0
CAESB - Distrito Federal	23,1	22,0	26,9	27,2	23,9	27,3	368,9	261,5	314,2
CAGECE - Ceará	33,4	27,7	23,5	36,7	39,8	37,7	291,3	281,8	248,8
CAGEPA - Paraíba	32,9	41,8	37,3	33,0	39,4	36,4	250,5	334,1	284,8
CASAL - Alagoas	52,1	46,2	66,2	57,9	35,6	48,1	620,6	407,8	658,8
CASAN - Santa Catarina	37,7	25,6	25,8	49,7	37,2	36,1	473,1	330,2	325,7
CEDAE - Rio de Janeiro	49,7	49,7	51,2	49,7	30,5	30,4	1.586,0	651,6	659,6
CESAN - Espírito Santo	33,0	24,7	22,0	45,8	36,0	33,7	680,9	451,9	409,5
COMPESA - Pernambuco	57,5	43,4	40,5	65,9	55,0	53,8	732,6	480,0	443,1
COPANOR - Minas Gerais		30,5	25,4		23,9	23,4		116,0	90,3
COPASA - Minas Gerais	23,9	29,3	29,3	35,4	33,2	33,7	276,6	231,7	233,4
CORSAN - R. G. do Sul	52,9	44,9	52,5	52,6	45,0	38,9	507,6	356,3	349,4
COSAMA - Amazonas		78,1	76,7		62,3	62,4		1.233,0	1.232,0
COSANPA - Pará	47,1	42,4	42,1	47,5	47,8	47,9	525,2	501,4	506,0
DEPASA - Acre	67,4	76,7	55,9	67,4	60,2	55,9	1.140,0	1.193,0	827,5
DESO - Sergipe	42,4	52,5	51,7	49,4	59,9	59,5	472,7	645,0	616,6
EMBASA - Bahia	34,1	26,3	33,0	38,5	39,4	43,0	339,6	274,9	317,9
SABESP - São Paulo	35,8	26,7	25,7	43,1	33,5	32,8	557,2	384,5	368,5
SANEAGO - Goiás	34,5	33,8	33,1	34,5	29,5	28,7	236,1	190,6	178,8
SANEATINS - Tocantins	27,0	24,1	23,9	27,0	35,5	34,6	186,5	223,3	202,7
SANEPAR - Paraná	26,2	21,3	20,8	37,7	33,1	33,4	283,7	236,3	233,4
SANESUL - Mato Grosso do Sul	37,8	28,8	27,8	45,8	36,6	37,1	369,8	258,3	253,1
COMPANHIAS ESTADUAIS	40,1	35,4	36,5	45,6	37,4	37,0	524,1	370,6	364,4
BRASIL	40,4	35,5	36,7		36,9	37,0		368,2	366,9

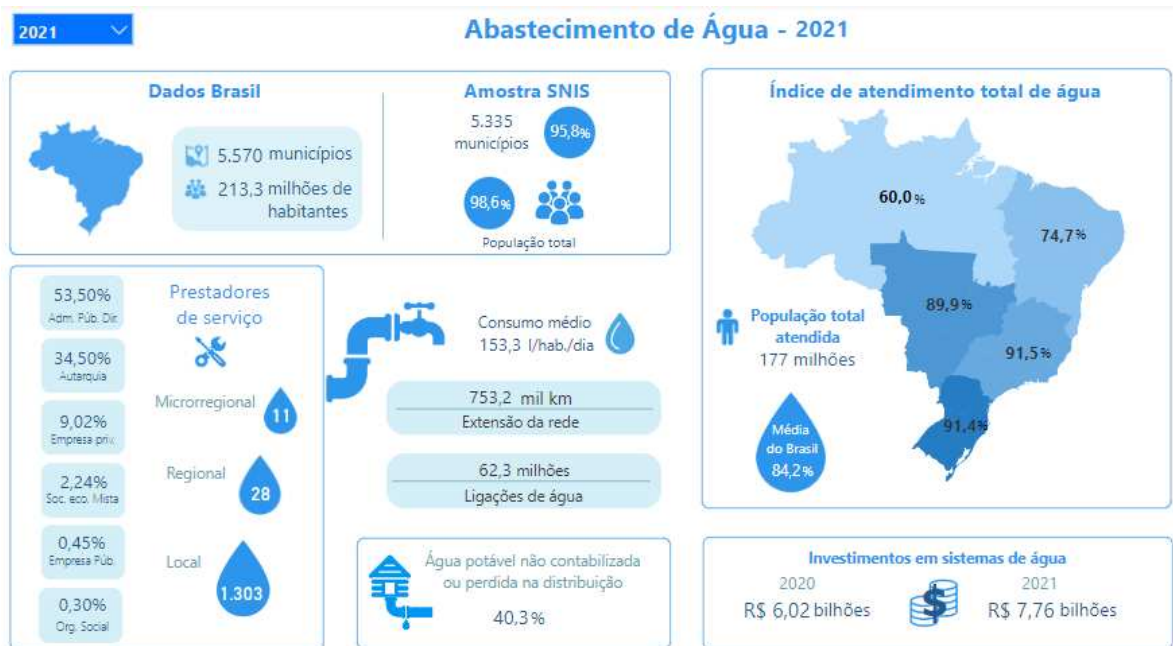
Nota: As equações dos indicadores de 2004 são as mesmas dos anos 2012 e 2013; porém, há variações na constituição das companhias

Fonte: ABES (2015, p. 30)

4.4 Perdas no Brasil

De acordo o diagnóstico do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) em 2021, aproximadamente 177 milhões de pessoas no Brasil foram atendidas por um sistema de abastecimento de água, o que representa 84,2% da população total. No entanto, as disparidades socioeconômicas entre as macrorregiões do país se refletem diretamente em seus índices de atendimento. Enquanto as regiões Norte e Nordeste atendem, respectivamente, 60,0% e 74,7% da população, nas regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste esses índices são de 89,9%, 91,4% e 91,5%, respectivamente (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2023). Essas informações, juntamente com outras relevantes, estão sintetizadas na Figura 8.

Figura 8 – Abastecimento de água no Brasil em 2021

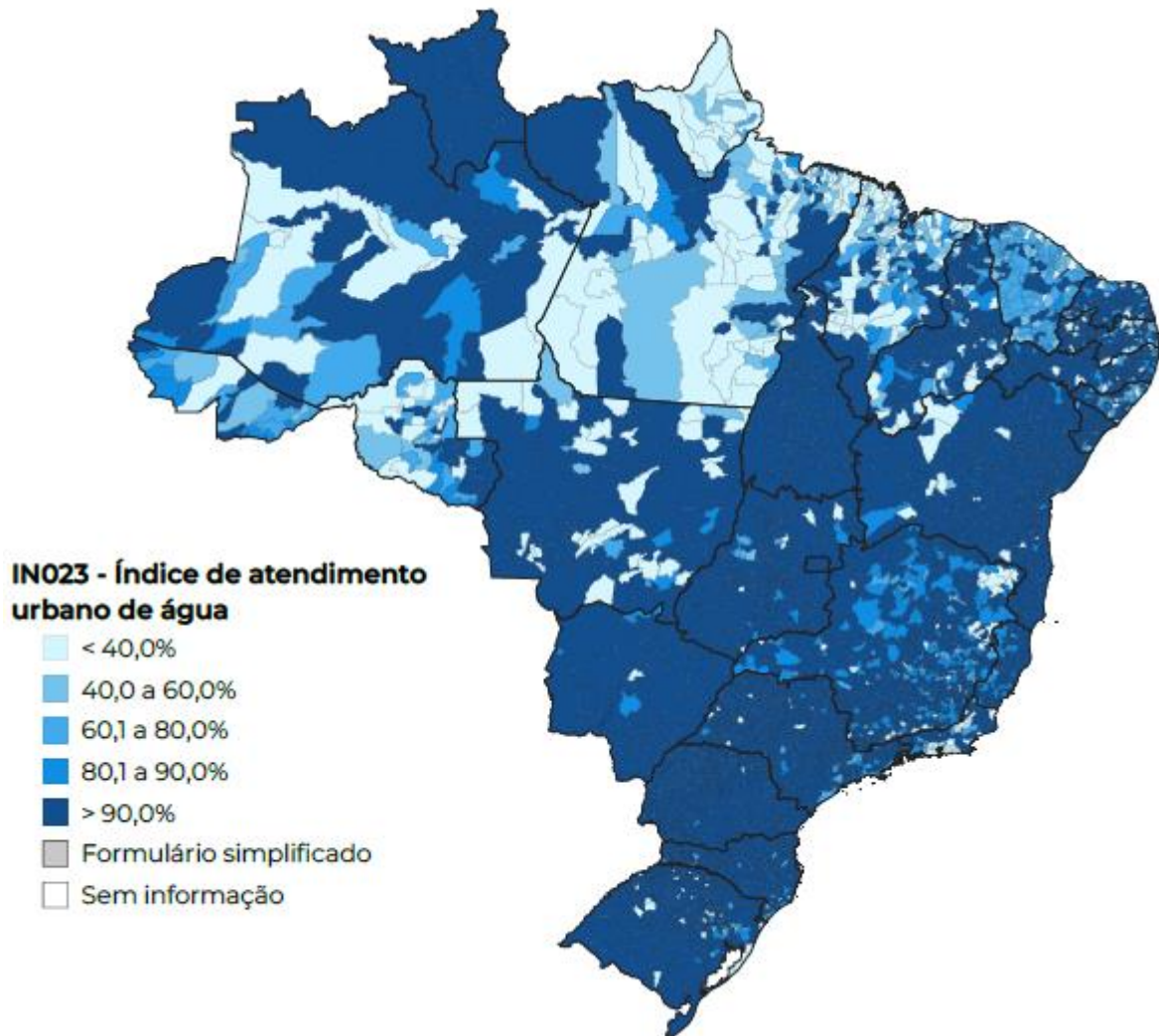


* Até o encerramento da coleta de dados SNIS não foram divulgadas as informações de população urbana pelo censo IBGE 2022
 ** Todos os dados são referentes aos participantes da coleta SNIS 2023, ano de referência 2022 (Ver quadro Participantes do SNIS)

Fonte: Brasil (2020b)

No entanto, ao examinar os índices de atendimento em relação à população urbana, a média para o Brasil atinge 93,5% (Figura 9). É notável novamente a influência das condições socioeconômicas entre as regiões do país, visto que os índices de atendimento urbano seguem esse padrão, sendo os menores observados nas regiões Norte (72,2%) e Nordeste (90,1%). Por outro lado, as demais regiões apresentam valores superiores à média nacional, sendo a região Sul aquela que registra os maiores índices (98,8%).

Figura 9 – Índice de atendimento urbano por rede de água por município



Fonte: Ministério do Desenvolvimento Regional (2021)

De acordo com as novas diretrizes, os valores de perdas de água na distribuição ficam limitados a um mínimo de 25% e 216 L/ligação/dia em perdas volumétricas. A Figura 10 mostra o índice de perdas de água na distribuição do Brasil no período de 2014 a 2021. Observa-se, de forma geral, um aumento nos índices de perdas de água ao longo do período avaliado, com um acréscimo de 4,6%, encerrando esse ciclo com 40,3% de perda de toda água disponibilizada. Esses dados evidenciam oportunidades de melhorias na gestão de perdas no contexto brasileiro.

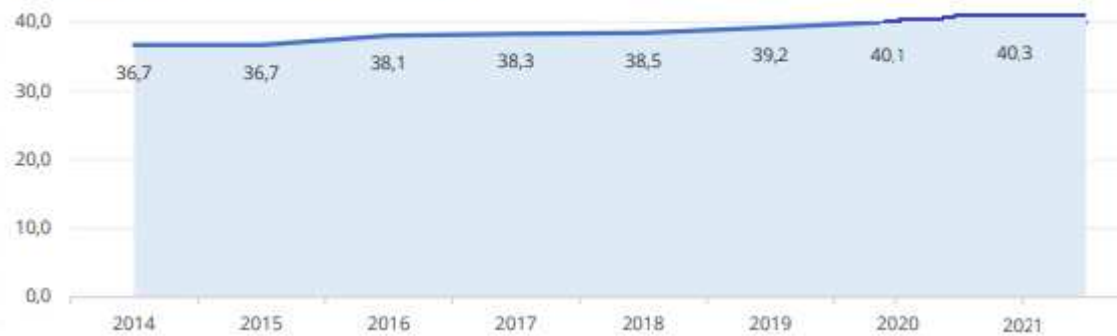
Ao analisar os dados das diferentes macrorregiões do Brasil, nota-se uma acentuada desigualdade nos índices de perdas de água, conforme pode ser observado na Figura 11 (dados de 2020) e na Tabela 3 (dados de 2021). As diferenças entre os anos de 2020 e 2021, com o aumento de 0,2%, apontam para

possíveis causas, como a ineficiência dos prestadores de serviço e o envelhecimento da infraestrutura (BRASIL, 2021).

Ao considerar os dados de 2020, observa-se que apenas um estado apresentou um índice de perdas inferior a 30% (GO, 27,7%). Outros nove estados registraram índices entre 30% e 40% (AL, 34,0%; TO, 33,9%; SP, 34,4%; PR, 34,0%; DF, 34,4%; MG, 37,5%; PB, 38,2%; SC, 34,0%; ES, 38,4%, PA, 36,9%; MS, 33,6%). Na faixa entre 40% e 50%, encontram-se: BA, 41,5%; RS, 41,1%; CE, 44,9%; SE, 46,1%; PI, 44,9%; RJ, 46,7%; PE, 49,9% e MT, 43,2%. Acima de 50%, estão: MA, 59,1%; RO, 59,6%; AM, 59,3%; AC, 62,1% e AP 74,6%.

Figura 10 – Índice de perdas de água na distribuição

Perdas de água na distribuição (INO49)



Fonte: Adaptado do Ministério do Desenvolvimento Regional (2021)

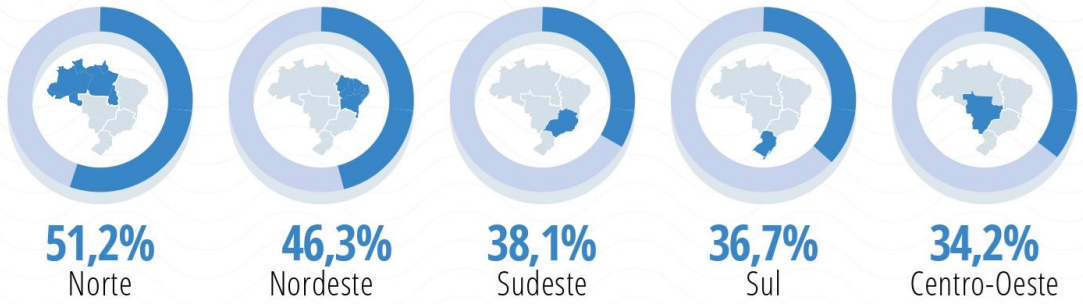
Tabela 3 – Índice de perdas por Macrorregião

Macrorregião	Total
	(%)
Norte	51,2
Nordeste	46,2
Sudeste	38,0
Sul	36,9
Centro-Oeste	36,2
Brasil	40,3

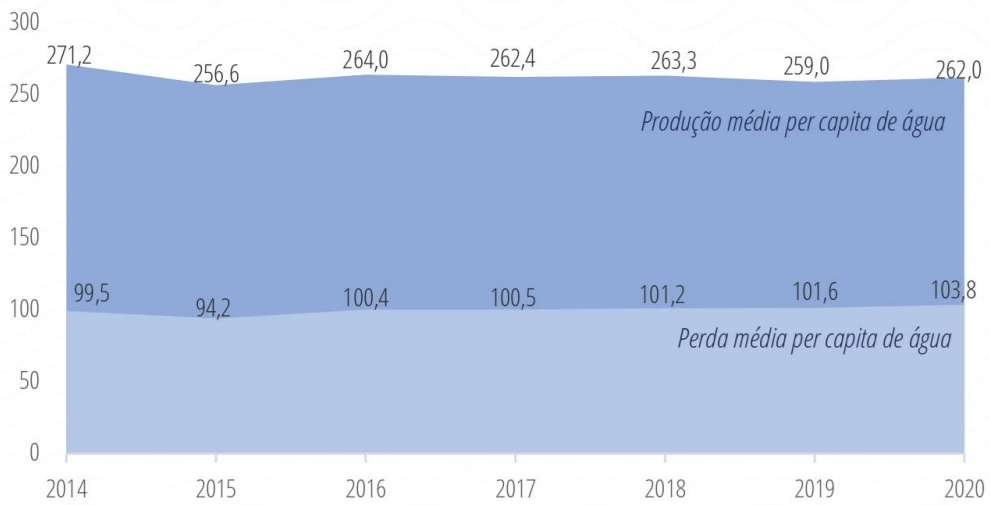
Fonte: Adaptado de Ministério do Desenvolvimento Regional (2021)

Figura 11 – Índice de perdas na distribuição (%), volumes per capita de água (l/hab./dia), consumo médio per capita (l/hab./dia)

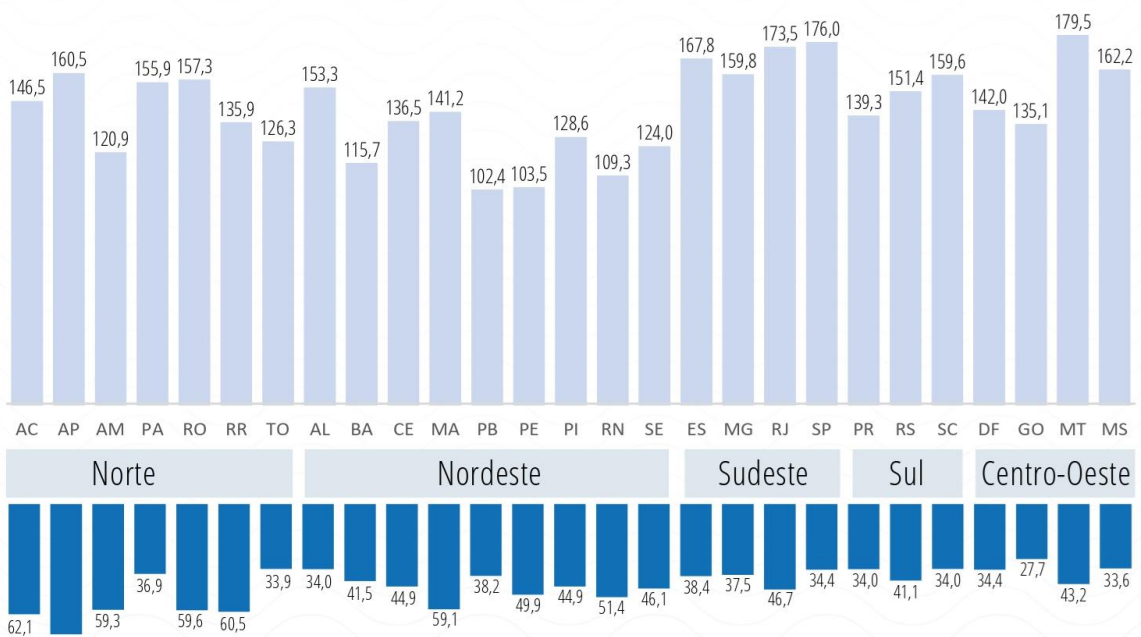
Perdas por macrorregião



Volumes per capita de água (l/hab./dia)

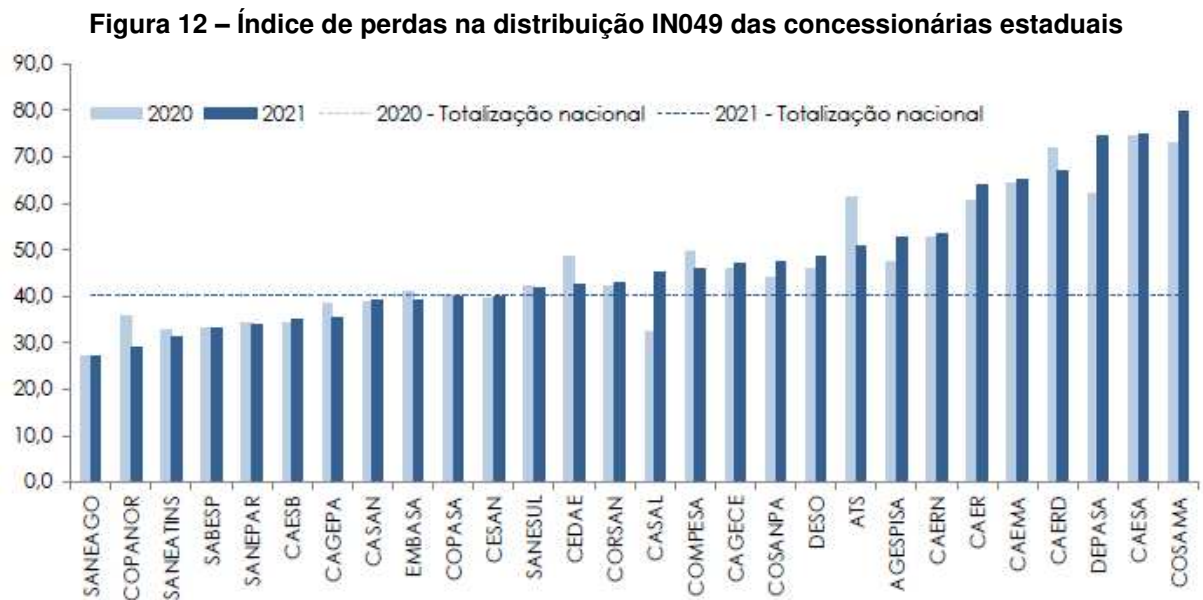


Consumo médio per capita (l/hab./dia) e perdas na distribuição (%), em 2020



Fonte: Ministério do Desenvolvimento Regional (2021)

Os resultados dos estados são reflexos de suas concessionárias (Figura 12). Em 2021, apenas dois prestadores de serviço, as concessionárias estaduais, apresentam IN049 inferior a 30%, a SANEAGO/GO, com 27,1%, e a COPANOR/MG, com 29,0%. Outros oito prestadores apresentam índices entre 30% e 40%: SANEATINS/TO, 31,3%; SABESP/SP, 33,0%; SANEPAR/PR, 34,0%; CAESB/DF, 35,1%; CAGEPA/PB, 35,4%; CASAN/SC, 39,2%; EMBASA/BA, 39,3%; e COPASA/MG, 39,9%. Na faixa entre 40 e 50% encontram-se: CESAN/ES, 40,1%; SANESUL/MS, 41,8%; CEDAE/RJ, 42,7%; CORSAN/RS, 42,8%; CASAL/AL, 45,2%; COMPESA/PE, 45,8%; CAGECE/CE, 46,9%; COSANPA/PA, 47,5%; e DESO/SE, 48,4%.



Fonte: Ministério do Desenvolvimento Regional (2021)

4.5 Balanço Hídrico

Com o intuito de diminuir as perdas de água, a *International Water Association* (IWA) sugere a aplicação da metodologia do balanço hídrico para diagnosticar as perdas no sistema de distribuição de água. Segundo essa metodologia, as perdas são categorizadas em duas principais: aparentes e reais (BRASIL, 2022).

De acordo com a Associação Brasileira das Empresas Estaduais de Saneamento (AESBE, 2015), o método do balanço hídrico é uma abordagem que

segue uma perspectiva "de cima para baixo" ao avaliar as perdas de água em um sistema de abastecimento público convencional. Esse método utiliza a estimativa das perdas aparentes como base para calcular as perdas reais. As perdas aparentes referem-se à água que é distribuída, mas não é contabilizada e cobrada pelo prestador de serviços devido a fatores involuntários e/ou má gestão, sendo essencialmente considerada como consumo.

O balanço hídrico de um sistema de abastecimento de água, conforme apresentado no Quadro 7, é uma abordagem estruturada para avaliar os diferentes componentes dos fluxos e usos da água no sistema, bem como seus valores absolutos. Trata-se de uma ferramenta poderosa de gestão, pois a partir dele é possível gerar diversos indicadores importantes (TARDELLI FILHO, 2006).

Quadro 7 – Balanço Hídrico

VOLUME PRODUZIDO OU DISPONIBILIZADO	CONSUMOS AUTORIZADOS	Consumos Autorizados Faturados	Consumos medidos faturados (inclui água exportada)	ÁGUAS FATURADAS	
			Consumos não medidos faturados (estimados)		
		Consumos Autorizados Não Faturados	Consumos medidos não faturados (usos próprios, caminhões-pipa)		ÁGUAS NÃO FATURADAS
			Consumos não medidos não faturados (combate a incêndios, suprimento de água em áreas irregulares)		
	PERDAS	Perdas Aparentes (Comerciais)	Consumos não autorizados (fraudes)	ÁGUAS NÃO FATURADAS	
			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: Alegre (2006) in ABES (2015, p. 10)

De acordo com Tardelli Filho (2006) as definições dos componentes do balanço hídrico como base a IWA são identificados no Quadro 8.

Quadro 8 – Definições dos componentes do balanço hídrico

PERDAS DE ÁGUA	Volume referente à diferença entre a ÁGUA QUE ENTRA NO SISTEMA e o CONSUMO AUTORIZADO
CONSUMO AUTORIZADO FATURADO	Volume que gera receita potencial para a companhia de saneamento, correspondente à somatória dos volumes constantes nas contas emitidas aos consumidores. Compõe-se dos VOLUMES MEDIDOS nos hidrômetros e dos VOLUMES ESTIMADOS nos locais onde não há hidrômetros instalados
CONSUMO AUTORIZADO NÃO-FATURADO	Volume que não gera receita para a companhia de saneamento, oriundo de usos legítimos da água no sistema de distribuição. É composto de VOLUMES MEDIDOS (uso administrativo da própria companhia, fornecimento a caminhões-pipa com controle volumétrico) e VOLUMES NÃO-MEDIDOS , a estimar, tais como a água utilizada em combate a incêndios lavagem de ruas, rega de espaços públicos e a água empregada em algumas atividades operacionais na companhia de saneamento (lavagem de redes de água e de esgotos, lavagem de reservatórios, por exemplo);
PERDAS APARENTES	Correspondem aos volumes consumidos, porém não-contabilizados, associados a ERROS DE MEDIÇÃO , FRAUDES e FALHAS NO CADASTRO COMERCIAL da companhia de saneamento
PERDAS REAIS	Correspondem aos volumes que escoam através de VAZAMENTOS NAS TUBULAÇÕES , RESERVATÓRIOS e EXTRAVALSAMENTOS . NOS RESERVATÓRIOS; VAZAMENTOS NOS RESERVATÓRIOS
ÁGUAS FATURADAS	Representam a parcela da água comercializada, traduzida no faturamento do fornecimento de água ao consumidor
ÁGUAS NÃO-FATURADAS	Representam a diferença entre os totais anuais da ÁGUA QUE ENTRA NO SISTEMA e do CONSUMO AUTORIZADO FATURADO . Esses volumes incorporam as PERDAS REAIS e APARENTES , bem como o CONSUMO AUTORIZADO NÃO-FATURADO

Fonte: Adaptado de Tardelli Filho (2006)

De acordo com Pereira e Condurú (2014), a avaliação prática do desempenho do Sistema de Abastecimento de Água (SAA), seguindo a proposta da *International Water Association* (IWA), apresenta desafios significativos devido à dificuldade em medir com precisão os consumos e as perdas, que incluem volumes de água não autorizados e erros de medição. Além disso, essa abordagem não possibilita um conhecimento detalhado da situação por unidade ou grupo do SAA, abrangendo a obtenção, o processamento e a distribuição. Conseqüentemente, a carência de informações detalhadas e quantificadas resulta em "estimativas" dos volumes de água, o que não reflete adequadamente a realidade do sistema de abastecimento de água. A medição precisa desses parâmetros é crucial para uma

análise mais precisa do desempenho do SAA e para a implementação de estratégias efetivas de redução de perdas e melhoria na eficiência do sistema como um todo.

4.6 Sistemas de Medição

Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2022), os sistemas de medição de água abrangem duas categorias principais: a macromedição e a micromedição. A macromedição engloba um conjunto de medições realizadas ao longo do sistema público de abastecimento de água, desde a captação da água bruta até as extremidades finais da rede de distribuição. Por outro lado, a micromedição refere-se à medição do consumo de água em pontos de abastecimento específicos, independentemente da categoria ou nível de consumo do usuário. Consiste na medição contínua do volume de água consumido, registrado periodicamente através dos hidrômetros.

De acordo com BRASIL (2008), a micromedição diz respeito à medição do volume consumido pelos clientes das prestadoras de serviços de saneamento, cujo valor será objeto da emissão da conta a ser paga. A precisão da medição está fortemente ligada à micromedição e depende da classe metrológica do medidor, do tempo de instalação, da forma como o medidor está instalado e do perfil de consumo. Medidores inoperantes ou com leituras inferiores aos reais resultam em perda de faturamento evidente e, ao mesmo tempo, elevam erroneamente os indicadores de perdas do sistema.

Conforme Tsutiya (2006), os hidrômetros são dispositivos projetados para medir e registrar a quantidade de água fornecida pela rede distribuidora a uma instalação predial, como uma residência. Sua construção inclui uma câmara de medição, um sistema de transmissão e uma unidade de conversão/totalização, que registra nos mostradores os volumes de água que passaram através do hidrômetro.

Para Tardelli Filho (2006), os hidrômetros são utilizados na micromedição, uma das maiores fontes de evasão de volumes não faturados de uma companhia de saneamento. As classes metrológicas dos medidores estão vinculadas ao nível tecnológico do hidrômetro, sendo Classe A (menor precisão), Classe B (mais utilizado pelas companhias de Saneamento) e Classe C (maior precisão). O que diferencia principalmente as diferentes classes é o início do movimento da turbina: no hidrômetro Classe C, a turbina inicia o movimento com uma vazão de

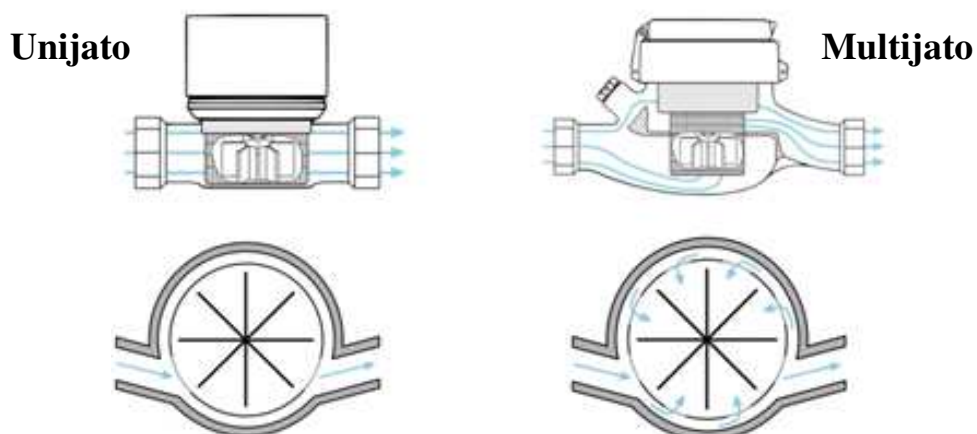
aproximadamente 5 l/h, enquanto no Classe B, a turbina só passa a girar com vazões da ordem de 12 a 15 l/h. A escolha do hidrômetro, motivada por razões econômicas, pode justificar a aplicação de um hidrômetro de menor conteúdo tecnológico, porém de custo mais compensador. Deve-se avaliar o retorno de cada equipamento (TSUTIYA, 2006).

Bovo *et al.*(2008) classifica os medidores residenciais como:

a) *Medidores Taquimétricos ou Velocimétricos*

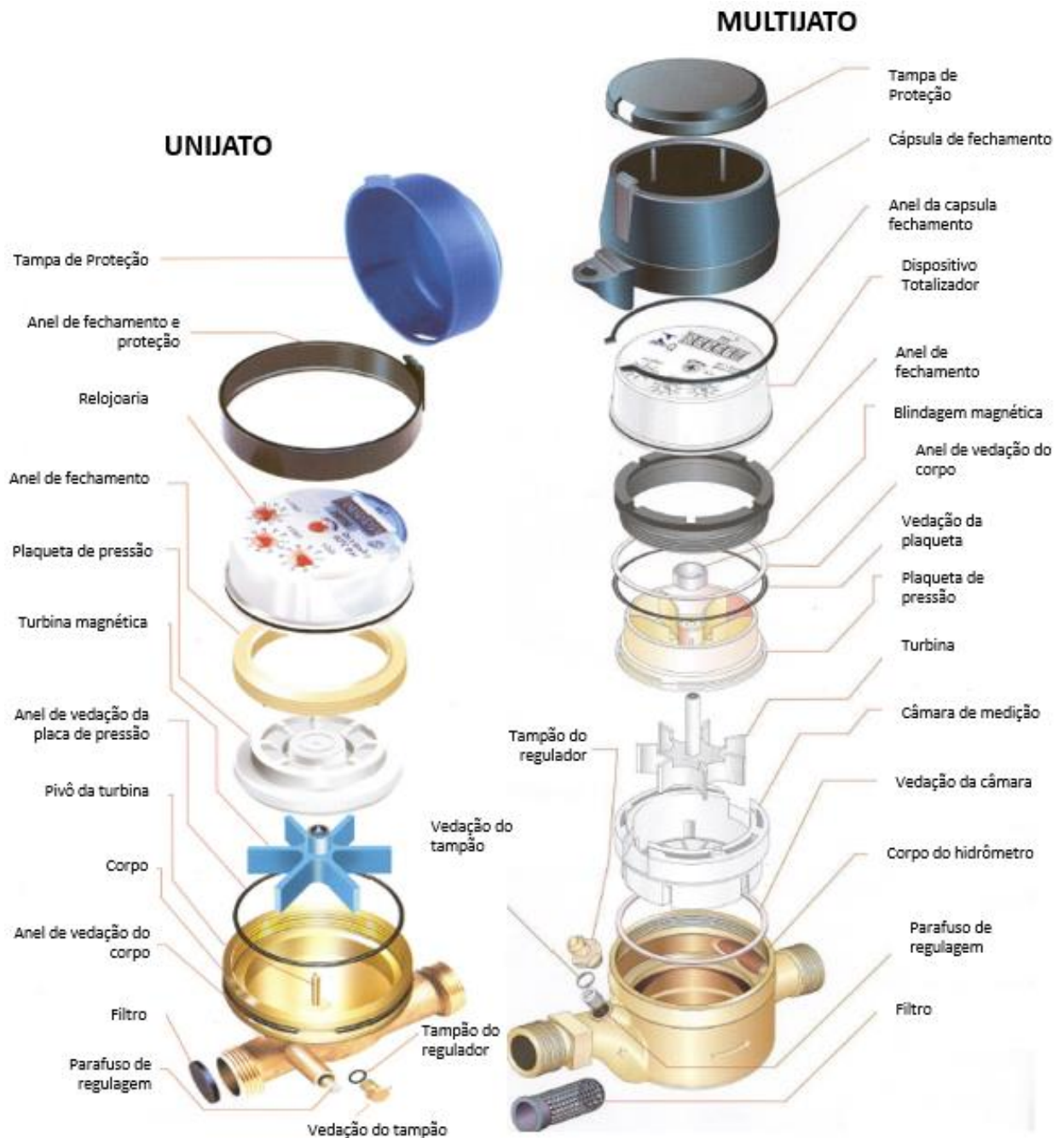
Os hidrômetros velocimétricos são dispositivos equipados com uma turbina que gira em resposta à passagem da água. A medição do volume de água consumido é feita de forma indireta, baseando-se na velocidade da água e no número de rotações da turbina. Existem dois principais tipos de hidrômetros velocimétricos: os unijato e os multijato. Os unijatos, devido à sua concepção, geralmente são mais sensíveis e podem ser afetados por variações de pressão e impactos. Em contrapartida, os multijatos são mais resistentes e duráveis, pois possuem uma estrutura mais robusta. No entanto, ambos os tipos de hidrômetros atendem às mesmas exigências normativas estabelecidas. A Figura 13 é identificada os tipos de hidrômetros velocimétricos. Os hidrômetros velocimétricos tipo unijato e multijato em visões explodidas são apresentados na Figura 14.

Figura 13 – Hidrômetro velocimétricos unijato e os multijato e suas características de funcionamento



Fonte: Acell (2023)

Figura 14 – Hidrômetro velocimétrico unijato e multijato



Fonte: Adaptado de Gularte (2005, p. 42 e 44)

b) Medidores Volumétricos

O hidrômetro é formado por uma câmara de medida e um anel. O fluxo de água que passa pelo filtro na entrada do medidor chega à câmara de medida através de uma entrada na parte superior, de um lado da parte divisória. Devido à diferença de pressão antes e depois do hidrômetro, a água é forçada a passar, o que provoca um movimento giratório do êmbolo. Esse movimento é transmitido ao trem redutor

de engrenagens. A cada movimento do êmbolo, é medido um volume exato que passa pelo medidor. As Figuras 15 e 16 mostram o hidrômetro volumétrico em partes e vistas.

Figura 15 – Hidrômetros volumétrico tipo Mecânico Pistão



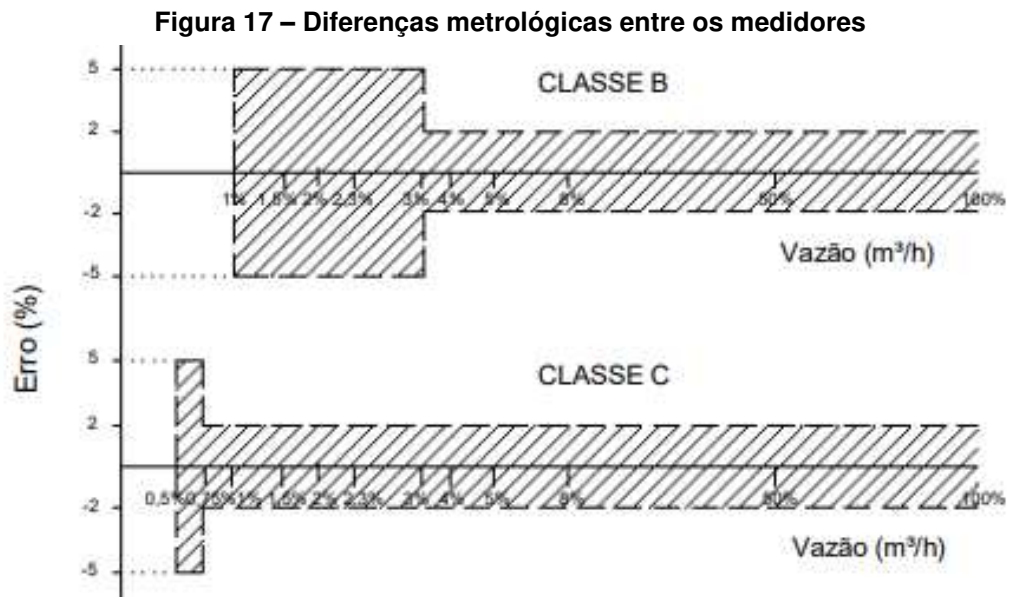
Fonte: AESEBE (2015)

Figura 16 – Hidrômetro volumétrico em partes e vistas



Fonte: LAO (2023)

O hidrômetro classe B é o mais utilizado na maioria das ligações residenciais. No entanto, em áreas onde são identificados consumos com vazões muito baixas, é recomendável o uso de medidores de classe C. Estes últimos começam a registrar metade da Q_{min} da Classe B, como destacado por Vicentini (2012). A Figura 17 ilustra as diferenças metrológicas entre os medidores Classe B e Classe C.



Fonte: Adaptado de CASTRO 2004, *apud* Vicentini (2012, p. 61)

As diferenças entre os dois tipos de medidores com suas vantagens e desvantagens pode ser visualizado no Quadro 9.

Quadro 9 – Diferenças entre medidores velocimétrico e volumétrico

Medidores	Vantagens	Desvantagens
Velocimétricos	Mais utilizado Preço menor Baixa perda de carga	Perdem em média 1% de precisão ao ano. Imprecisos para baixas vazões. Correta instalação.
Volumétricos	Maior exatidão. Funcionamento em qualquer posição. Vida útil longa.	Sensibilidade a sólidos presentes na água. Preço maior Perda de carga elevada

Fonte: Adaptado de Nielsen et al (2003)

A numeração dos hidrômetros deve ser única e por um sistema de dez caracteres alfanuméricos, segundo BOVO *et al* (2008) onde:

- Primeiro caractere: uma letra correspondente à designação do hidrômetro (Tabela 4);
- Segundo e terceiro caracteres: dois algarismos que correspondem ao ano de fabricação;
- Quarto caractere: uma letra exclusiva, correspondente à identificação do fabricante (Tabela 5).

Tabela 4 – Designação dos medidores

Caracteres	Vazão Nominal (m ³ /H)
X	0,60
Y	0,75
Z	1,00
A	1,50
B	2,50
C	3,50
D	5,00
E	10,00
F	15,00

Fonte: Adaptado de Bovo et al (2008, p.39)

Tabela 5 – Identificação do Fabricante

COD	FABRICANTE	COD	FABRICANTE
A	ARAD	N	ELSTER/ABB/NANSEN
B	SAPPEL	O	-
C	TIAN-JIN	P	MEINECKE/SOCAM/LAUTARO/INVENCYS/SENSUS
D	BERMAD	Q	-
E	ENERGIRUS/MULTIGIRUS	R	LORENZ
F	FAE	S	ACTARIS/SCHUMBERGER
G	-	T	TECNOBRAS
H	HIDROMETER	U	STARLUX
I	-	V	AVS
J	-	W	-
K	-	X	INEVENSYS/TURBIMAX/SENSUS
L	LAO	Y	-
M	MADALENA	Z	ZENNER

Fonte: Bovo et al (2008, p.40)

5 METODOLOGIA

Este capítulo aborda a caracterização da pesquisa, incluindo a descrição do contexto da pesquisa, as técnicas utilizadas para coletar dados e a metodologia empregada para analisar e interpretar os resultados. A seguir, cada uma dessas seções será detalhada.

5.1 Caracterização da pesquisa

A pesquisa em questão almeja gerar conhecimento aplicável para solucionar problemas específicos, conforme descrito por Kauark, Manhães e Medeiros (2010, p. 26). Seu escopo concentra-se na avaliação dos resultados dos volumes micromedidos após a substituição de hidrômetros velocimétricos por volumétricos no município de Pedrinhas Paulista, São Paulo.

Em relação à abordagem do problema, esta é quantificável, possibilitando a tradução de opiniões e informações em números para classificação e análise, conforme delineado por Kauark, Manhães e Medeiros (2010, p. 26). O estudo visa analisar os valores medidos pelos hidrômetros volumétricos em comparação com os hidrômetros velocimétricos em ligações ativas e clientes, classificando-os de acordo com a categoria de uso (comercial, residencial, industrial e mista) para identificar o segmento que pode proporcionar o maior retorno.

No que concerne aos dados coletados, estes direcionam-se à mensuração de variáveis pré-determinadas, buscando verificar e explicar sua existência ou influência sobre outras variáveis, como delineado por Kauark, Manhães e Medeiros (2010, p. 27). Os dados incluem os volumes medidos e faturados por cada hidrômetro instalado no município, expressos em metros cúbicos (m^3) e os valores faturados, em reais (R\$).

Em relação aos objetivos da pesquisa, esta detém um caráter exploratório, visando adquirir maior familiaridade com o problema e torná-lo explícito, ou à formulação de hipóteses, conforme delineado por Kauark, Manhães e Medeiros (2010, p. 28). Um dos objetivos é avaliar as perdas do sistema de abastecimento de água do município a partir dos valores dos volumes micromedidos, considerando a substituição de hidrômetros velocimétricos por volumétricos, equipamentos com

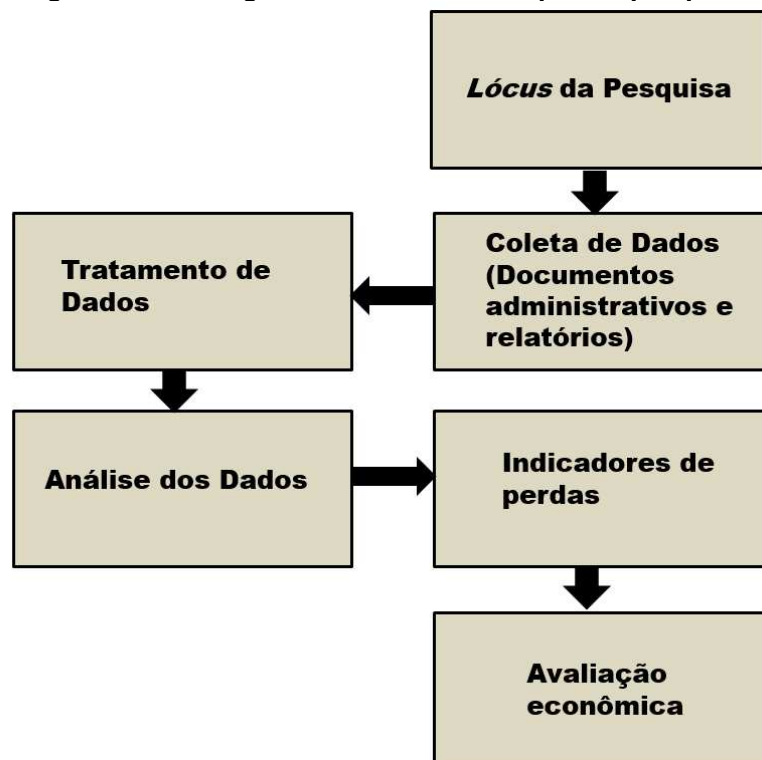
diferentes características construtivas e formas de medição, mas com características analógicas de medição.

Quanto ao procedimento técnico adotado, este estudo se configura como um estudo de caso, conforme delineado por Kauark, Manhães e Medeiros (2010, p. 29), caracterizando-se por uma investigação profunda e minuciosa de um ou poucos objetos de estudo, buscando um amplo e detalhado conhecimento dos mesmos. O estudo de caso foca em uma entidade bem definida, visando compreender seus métodos e particularidades, destacando sua identidade. Neste contexto, o pesquisador não busca intervir no objeto de estudo, mas sim revelá-lo conforme sua compreensão. Portanto, o estudo de caso assume uma abordagem predominantemente descritiva (Fonseca, 2002), almejando responder à seguinte questão de pesquisa: "Como a substituição de hidrômetros de diferentes tecnologias de micromedição impactou nos resultados de volume consumido e faturado, assim como no valor faturado no município de Pedrinhas Paulista, São Paulo?".

5.2 Procedimentos metodológicos

As etapas da pesquisa estão apresentadas no fluxograma (Figura 18).

Figura 18 – Fluxograma indicando as etapas da pesquisa

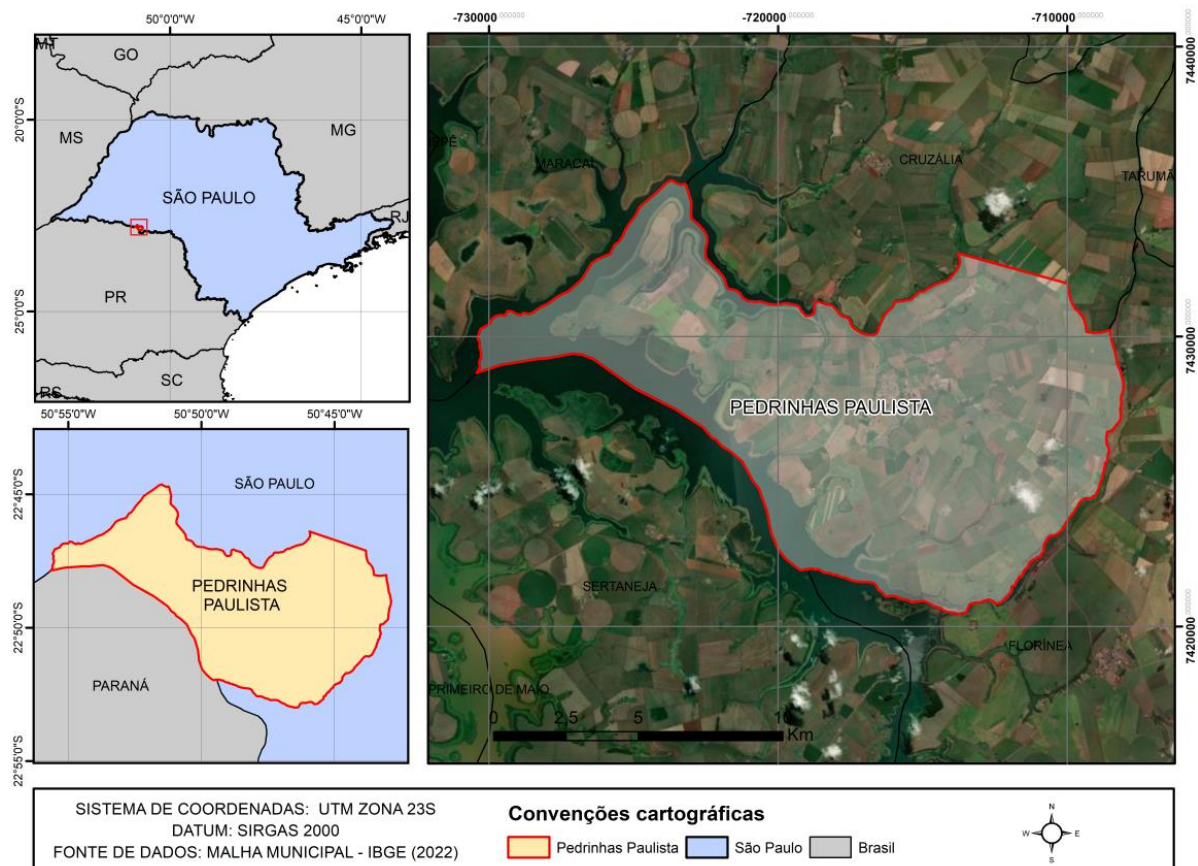


Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

5.2.1 Local de estudo

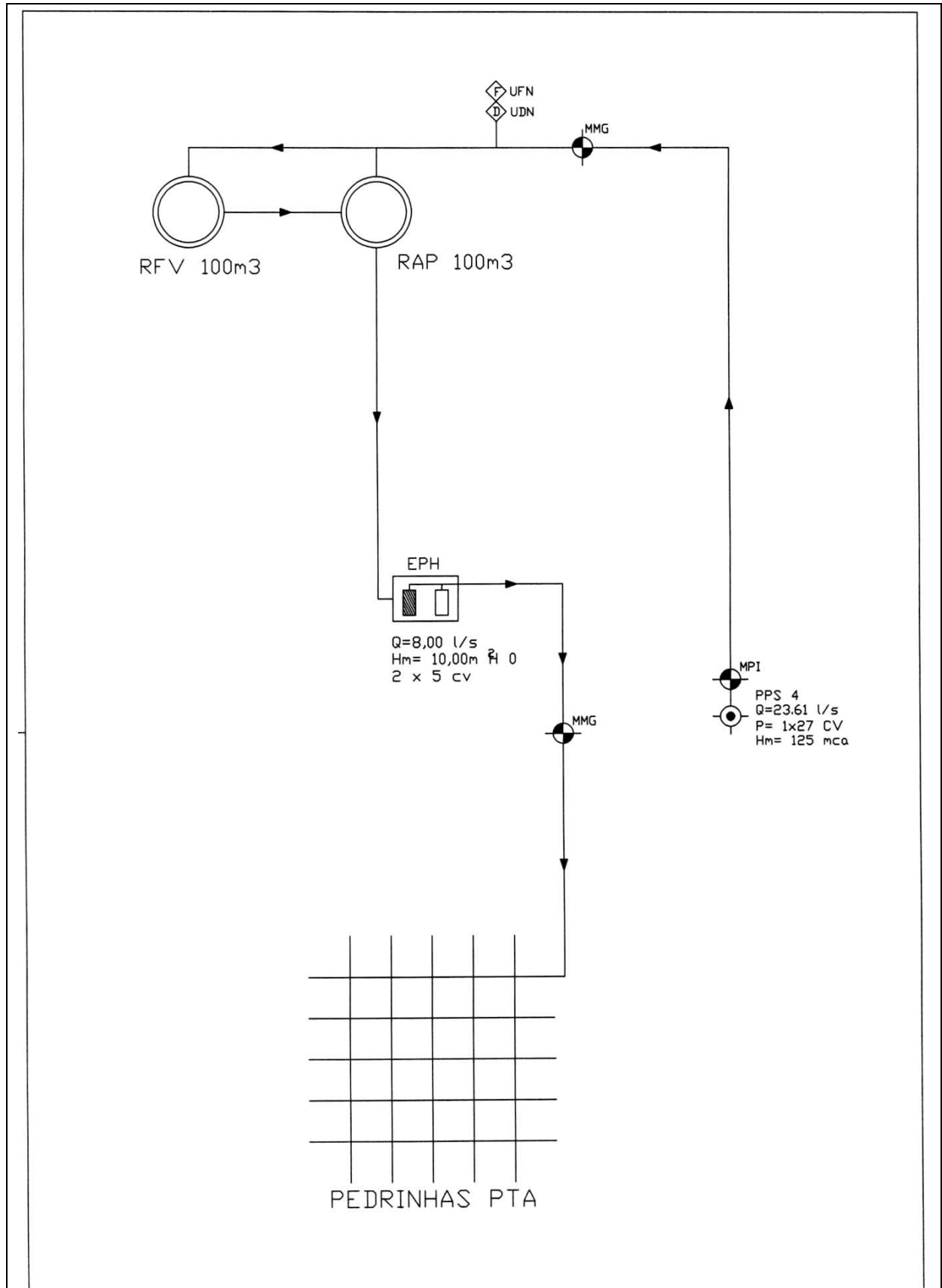
O contexto geográfico, a localização da pesquisa compreende o município de Pedrinhas Paulista/SP, conforme ilustrado na Figura 19. Situado a uma latitude de 22°48'54" sul e longitude de 50°47'38" oeste, o município apresenta uma altitude de 330 metros. Sua área total abrange 152,62 km², e a população estimada em 2020 era de 3.101 habitantes. A operação dos sistemas de água e esgoto é de responsabilidade da Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo (SABESP), situada a cerca de 480 km da capital paulista. O croqui do sistema de abastecimento pode ser visualizado na Figura 20, enquanto a Figura 21 mostra a distribuição dos pontos das ligações de água do estudo, juntamente com sua altimetria.

Figura 19 – Localização do município de Pedrinhas Paulista/SP



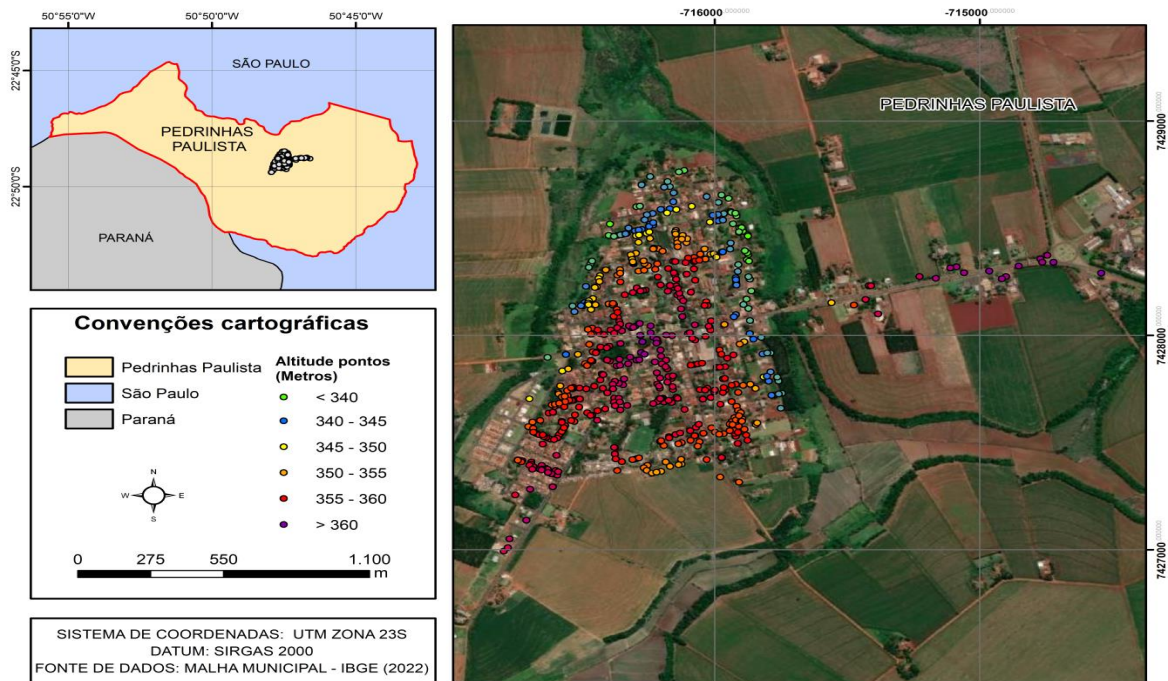
Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Figura 20 – Croqui do Sistema de abastecimento de Pedrinhas Paulista/SP



Fonte: SABESP (2023)

Figura 21 – Ligações de água e altimetria



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023)

O sistema de abastecimento do município é predominantemente subterrâneo e engloba um poço tubular profundo com uma capacidade de 70 m³/h, conforme ilustrado na Figura 22. Este poço está localizado nas proximidades do córrego Anhumas e é conectado a uma adutora de 150 mm de fibrocimento, com aproximadamente 4,5 km de extensão.

Figura 22 – Poço 3 do município Pedrinhas Paulista/SP



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023)

Em termos de reservação, a cidade dispõe de um total de 200 m³, distribuídos entre reservatórios elevados e apoiados, como representado na Figura 23. Quanto ao tratamento da água, o sistema do município é composto por processos de cloração e fluoretação.

Figura 23 – Sistema de reservação do município Pedrinhas Paulista/SP



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023)

5.2.2 Coleta dos dados

As informações necessárias foram obtidas por meio de documentos administrativos, principalmente relatórios, fornecidos pela concessionária de saneamento responsável. Esses dados compreendem as ligações ativas do município de Pedrinhas Paulista/SP e foram registrados mensalmente ao longo de um período de dezenove meses nos sistemas da empresa concessionária de saneamento.

Os registros mensais incluem informações como o número de ligações ativas (NLA), o volume consumido medido em metros cúbicos (VCM), o volume distribuído (VD), o volume faturado (VFAT) e o volume produzido (VP). Esses dados foram gerados e registrados no Sistema de Gestão de Perdas (SGP) da empresa concessionária de saneamento ao longo do mesmo período de dezenove meses.

Para uma melhor organização e análise desses dados, eles foram armazenados e estruturados utilizando o software Microsoft Office Excel®. É

importante observar que o número de dias de consumo variou entre 30 e 31 dias, dependendo do mês correspondente.

5.2.3 Tratamento dos dados

Os dados coletados foram inseridos e organizados em planilhas mensais no software Microsoft Office Excel®. Cada planilha corresponde a um mês de dados coletados e é estruturada com base nos endereços das ligações ativas de água, onde cada linha representa um endereço específico juntamente com os detalhes do hidrômetro associado.

Os dados coletados incluem uma variedade de informações, tais como o código do fornecimento, endereço, leitura do hidrômetro, tipo de leitura lógica, consumo medido, consumo faturado de água, período de consumo, média de consumo, valor da fatura, leitura anterior, tipo de hidrômetro, data de instalação do hidrômetro, mês de instalação e categoria de uso.

Para facilitar a análise, os dados foram classificados em colunas correspondentes a cada uma das informações mencionadas. Vale ressaltar que apenas as ligações ativas com dados completos, incluindo volume consumido, volume faturado e valor faturado, foram consideradas na análise. Em casos onde havia falta de algum dado, a linha correspondente era excluída para garantir a integridade da análise.

Figura 24 – Imagem da planilha Excel com os dados

	A	B	C	D	E	F	G	H
	PDE	Código do Fornecedor	Endereço	Leitura	Tipo de Leitura Lógica	Consumo Medido	Consumo Faturado de Água	Período de Consumo
26	475466209	475466209002	RUA TOPAZIO,143 PEDRI	443	LEITURA NORMAL	1		16
27	676513212	676513212001	RUA AMAZONAS,364 PED	1172	LEITURA NORMAL	15		15
28	913756067	913756067002	RUA AMAZONAS,407 PED	638	LEITURA NORMAL	14		14
29	309217598	309217598001	AVENIDA PARANA,210 CE	1553	LEITURA NORMAL	17		17

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023)

5.2.4 Análise dos dados

Os dados analisados abrangem o volume consumido medido em metros cúbicos (m³), o volume faturado em metros cúbicos (m³) e o valor da fatura em Reais (R\$), ao longo de um período de 19 meses. Esses dados foram agrupados com base no volume consumido, no volume faturado e no valor faturado, com a soma dos valores de cada grupo e suas respectivas médias simples.

Dentro desses grupos, foram calculadas as médias por ligação antes e depois da substituição dos hidrômetros velocimétricos pelos volumétricos. Em seguida, foram comparados os ganhos percentuais em relação às médias anteriores e posteriores à troca dos hidrômetros. Além disso, os dados exclusivos dos hidrômetros substituídos (apenas volumétricos) foram analisados, considerando a média do volume consumido anterior e posterior à troca dos equipamentos, para avaliar os ganhos ou perdas percentuais em relação à média de cada hidrômetro.

A faixa de 0 a 10 metros cúbicos também foi objeto de análise, incluindo características como a média de volume por ligação para os dois tipos de hidrômetros por mês durante o período analisado, juntamente com a identificação do volume faturado.

5.2.5 Indicadores de Perdas

Os indicadores de perdas na distribuição de água (micromedição) e perdas de faturamento foram calculados com base nos dados coletados, utilizando as fórmulas apresentadas nos Quadros 10 e 11, respectivamente, conforme recomendação do SNIS (2022). Esses indicadores foram calculados mensalmente para o período de janeiro de 2022 a julho de 2023. Nota-se que os itens das fórmulas referentes às nomenclaturas AG018 e AG024 apresentaram valores nulos ao longo do período analisado. Para simplificação da análise, os resultados e análises consideraram as seguintes nomenclaturas: AG006 como VP (volume produzido), AG010 como VCM (volume consumido medido) e AG002 como NLA (número de ligações ativas).

Quadro 10 - Índice de Perdas Micromedicação

IN049 – Índice de perdas na distribuição (%)	
Forma de cálculo	Informações envolvidas
$\frac{AG006 + AG018 - AG010 - AG024}{AG006 + AG018 - AG024} \times 100$	AG006: Volume de água produzido AG010: Volume de água consumido AG018: Volume de água tratada importado AG010: Volume de serviço

Fonte: Glossário indicadores – água e esgoto SNIS (2021)

Quadro 11 - Índice de Perdas de Faturamento (%)

IN013 – Índice de perdas de faturamento (%)	
Forma de cálculo	Informações envolvidas
$\frac{AG006 + AG018 - AG011 - AG024}{AG006 + AG018 - AG024} \times 100$	AG006: Volume de água produzido AG011: Volume de água faturado AG018: Volume de água tratada importado AG010: Volume de serviço

Fonte: Glossário indicadores – água e esgoto SNIS (2021)

Sendo:

- a) IN013 – Índice de perdas faturamento, calculado em percentual (%), corresponde à comparação entre o volume de água disponibilizado para distribuição e o volume faturado.
- b) IN049 – Índice de perdas na distribuição, calculado em percentual (%), é um indicador volumétrico da água perdida na distribuição, em relação à água produzida. A vantagem deste indicador é sua comunicação com o público geral.

5.2.6 Avaliação Econômica

A avaliação econômica foi conduzida de diversas maneiras, conforme detalhado a seguir. Para todas as análises, utilizou-se a taxa de referência da Selic, fixada em 13,25% ao ano.

A primeira análise consistiu na comparação do capital investido pela concessionária no ano de 2022, considerando os custos de aquisição e instalação do hidrômetro volumétrico, com os valores correspondentes em 2023, levando em conta a taxa Selic. Os valores de aquisição foram obtidos por meio de processo licitatório público da concessionária. Essa análise visa exclusivamente avaliar a evolução dos preços de 2022 para 2023 e determinar os investimentos necessários.

A segunda análise consistiu em comparar o valor médio faturado por ligação (em R\$ por ligação) entre os hidrômetros volumétricos e velocimétricos, bem como

suas variações ao longo dos meses, com o objetivo de identificar ganhos ou perdas. Essa comparação foi realizada no período de junho de 2022 a maio de 2023.

A terceira análise envolveu uma avaliação financeira para determinar em quanto tempo o investimento realizado pela concessionária na substituição dos equipamentos será recuperado. Para isso, utilizaram-se os valores mensais do fluxo de caixa (positivos ou negativos), descontando a taxa Selic e aplicando juros compostos.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Cenário do abastecimento de água em Pedrinhas Paulista/SP

O Ministério das Cidades implementou o Painel de Regionalização dos Serviços de Saneamento Básico para acompanhar a implementação do Novo Marco Legal do Saneamento. Esse painel fornece informações sobre os processos de regionalização nos estados, ilustrados em mapas e dados, para as componentes de abastecimento de água e esgotamento sanitário, com base nos dados atualizados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) em 2022, referentes ao ano base de 2021.

No Estado de São Paulo, foram regionalizados os 645 municípios em quatro Unidades Regionais de Água e Esgoto, por meio da Lei Ordinária nº 17.383/2021. Os indicadores de abastecimento para o estado apresentam um índice de atendimento total de água de 96,43%, perdas na distribuição de 34,50%, perdas por ligação de 287,77 litros por ligação por dia, e um índice de perdas de faturamento de 25,01%. Para o município de Pedrinhas Paulista/SP, os índices são ainda melhores, com um índice de atendimento total de água de 97,43%, perdas na distribuição de 17,65%, perdas por ligação de 96,86 litros por ligação por dia, perdas de faturamento de 14,11%, e um índice de hidrometração de 100,00%.

Quanto às redes de esgoto, o estado de São Paulo apresenta um índice de atendimento de 92,16%, enquanto o município de Pedrinhas Paulista/SP possui índices mais altos, com um índice de atendimento de 97,23% e 99,99% de coleta. Esses dados situam o município acima da média estadual e acompanham a média nacional dos estados da região Sul, que apresentam índices de atendimento de 98,8%. Em relação aos índices de perdas de água disponibilizada, o município está abaixo da média nacional, que foi de 40,3% em 2021 (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2022).

O Índice de Segurança Hídrica do Abastecimento Urbano (ISH-U) é composto por dois subíndices, cada um derivado de uma combinação de variáveis ou atributos mensuráveis. O primeiro subíndice concentra-se no diagnóstico da produção, considerando a vulnerabilidade do manancial e as necessidades do sistema produtor. Por outro lado, o segundo subíndice avalia o diagnóstico do sistema de distribuição, levando em consideração tanto a cobertura do atendimento

com sistema de abastecimento de água quanto o desempenho técnico na gestão das perdas (BRASIL, 2021).

Os dados do sistema de abastecimento de Pedrinhas Paulista/SP indicam resultados satisfatórios de acordo com o índice de segurança hídrica, com um desempenho nas perdas classificado como A2, ou seja, entre 90% e 96,7%. Em relação à produção, o poço do município atende adequadamente às necessidades locais. Entretanto, como é o único poço do município, qualquer problema ou defeito pode representar um risco de desabastecimento para a população. Essa informação, contudo, não é considerada na análise desse indicador (ANA, 2021).

6.2 Substituição da Tecnologia de Medição

Os gerentes da unidade da empresa de saneamento SABESP, buscando estratégias para redução de perdas no município, definiram diversas ações, incluindo a pesquisa de vazamentos e a troca da hidrometria. O critério adotado para a substituição dos hidrômetros foi a idade dos equipamentos. O processo de aquisição dos hidrômetros foi realizado por meio de licitação pública, com o número de ATA 90.833/21, contemplando um total de 406.550 unidades para o estado de São Paulo. Esses hidrômetros foram entregues à companhia de saneamento da região em datas diferentes: 385 unidades em março de 2022 e 285 unidades em maio de 2022. O custo de aquisição de cada hidrômetro foi de R\$117,50. Os dados dos hidrômetros em janeiro de 2022 estão apresentados na Tabela 6, onde são identificados a quantidade por ano, o volume medido e o percentual do volume medido em relação ao volume total dos hidrômetros daquele ano de instalação.

A Associação Brasileira das Empresas Estaduais de Saneamento (AESBE), em 2015, em seu guia, destacou que os hidrômetros tendem a se desgastar com o tempo, o que pode resultar no aumento dos volumes de submedição. Uma alternativa para mitigar esse problema é a substituição dos hidrômetros por equipamentos com tecnologia de medição mais avançada, como os medidores volumétricos, em vez dos velocimétricos. No entanto, esses tipos de equipamentos têm um custo inicial mais elevado e são mais sensíveis à presença de impurezas na água (AESBE, 2015).

Tabela 6 – Perfil dos hidrômetros instalado por ano, volume medido (m3) e % do volume

Dados de Jan/22			
Ano de Instalação	N° de Hidrômetros	Volume Medido	% Volume
2007	1	21	0,14%
2008	1	25	0,16%
2009	1	1	0,01%
2010	1	13	0,09%
2011	1	0	0,00%
2012	3	42	0,28%
2013	316	4.092	27,00%
2014	54	758	5,00%
2015	39	421	2,78%
2016	70	1.122	7,40%
2017	38	406	2,68%
2018	147	2.479	16,36%
2019	124	1.648	10,88%
2020	105	1.379	9,10%
2021	201	2.745	18,12%
2022	1	1	0,01%
Total	1.103	15.153	100,00%

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023)

Neste contexto, a empresa de saneamento SABESP optou por substituir os hidrômetros velocimétricos (classe B) por hidrômetros volumétricos (classe C) com o objetivo de aprimorar os indicadores de perdas do município. O Quadro 12 apresenta os dados metrológicos e características dos hidrômetros volumétricos, enquanto a Figura 25 ilustra uma representação explodida do hidrômetro e seus componentes.

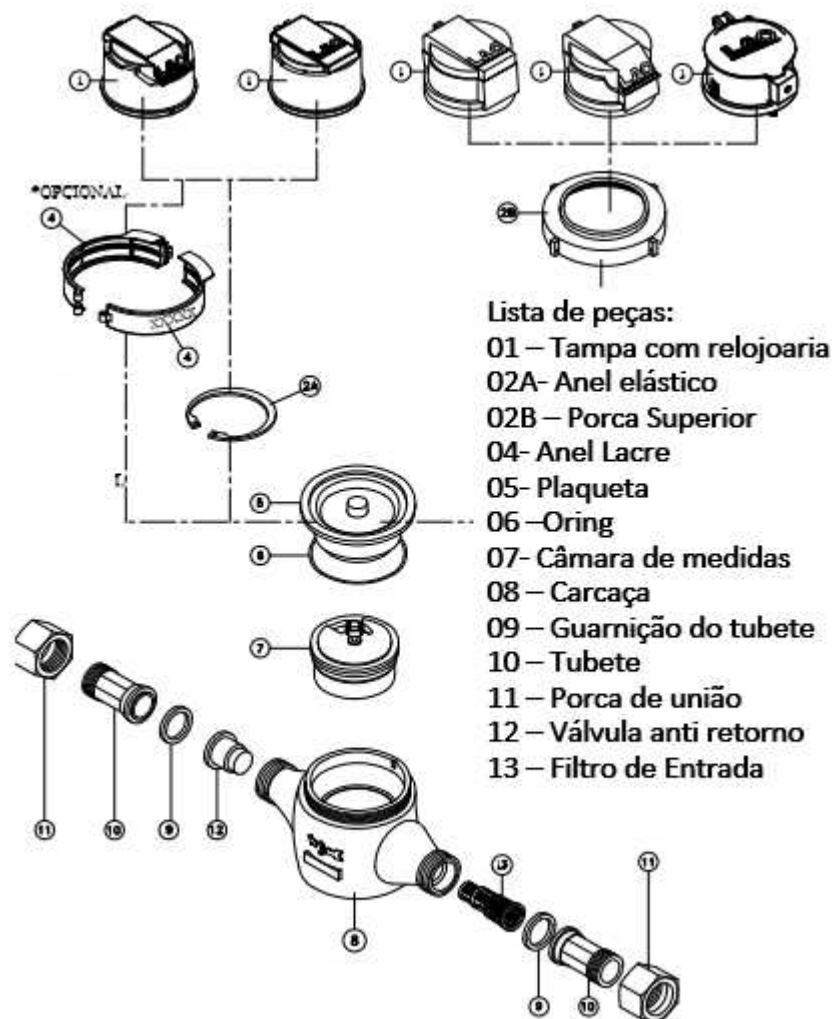
Entre os medidores disponíveis no mercado nacional, os hidrômetros volumétricos destacam-se devido a diversas vantagens técnicas. Estas incluem uma vazão mínima inferior, a possibilidade de instalação em qualquer posição (horizontal ou vertical), uma estrutura compacta compatível com telemetria e resistente a fraudes, bem como um grau de proteção IP 68. Ademais, oferecem a possibilidade de utilização de tecnologia de transmissão de dados via rádio (SBD METERING, 2021). Além dessas vantagens, é importante ressaltar o caráter inovador do uso dessa tecnologia, visto que os medidores volumétricos ainda são pouco utilizados no Brasil devido ao custo mais elevado, sendo necessário, portanto, realizar mais estudos de aplicação (AESBE, 2015).

Quadro 12 - Dados metrológicos e características do hidrômetro volumétrico

	<p align="center">Descrição Detalhada de Produto Unidade Sistemas de Medição</p>	<p>V811PICN0E Rev: 00</p>
<p>Volumétrico Magnético LAO Linha 14000, Qn = 1,5 m³/h, DN 20mm, Classe 'C', Sem Conexões, Relojoaria Cúpula de Vidro, Pré Equipado Indutivo</p>		<p>Pag. 1/1</p>
<p>Modelo/Tipo: Aprovação no INMETRO Modelo Aprovado INMETRO Classe Metrológica: Vazão Máxima: Vazão Nominal: Vazão de Transição: Vazão Mínima: Princípio de Funcionamento: Tipo de Transmissão:</p>	<p>Volumétrico Magnético LAO Linha 4000 Portaria nº 033 de 20 de Março de 2017 VC Classe 'C' Q_{máx} = 3 m³/h Q_{nom} = 1,5 m³/h Q_t = 0,0225 m³/h Q_{min} = 0,015 m³/h Volumétrico com Pistão Rotativo Magnética</p>	

Fonte: Catálogo do fabricante LAO (2023)

Figura 25 – Vista Explodida do Hidrômetro Volumétrico



Fonte: Catálogo do fabricante LAO (2023)

Os hidrômetros foram substituídos no período entre maio e julho de 2022, em um total de 606 ligações ativas de água no município de Pedrinhas Paulista/SP, conforme detalhado no Quadro 13. Essa substituição foi conduzida por funcionários terceirizados da concessionária, sem uma distinção ou análise específica da ligação e da categoria de consumo do cliente.

Quadro 13 – Quantidade de hidrômetros substituídos por mês no ano de 2022

Mês	Quantidade
Maio	344
Junho	83
Julho	179
Total	606

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A quantidade de hidrômetros substituídos, conforme o ano de instalação, está apresentada no Quadro 14. A idade dos hidrômetros variava de 14 anos, sendo os mais antigos instalados em 2008. Destaca-se que 50% (303) desses hidrômetros tinham mais de nove anos de instalação. O novo perfil etário dos hidrômetros após as substituições pode ser observado no Quadro 15, onde cerca de 97% dos hidrômetros têm até 5 anos de idade, seguindo os valores recomendados pelas normas do Inmetro.

Quadro 14 – Quantidade de hidrômetros trocados de acordo com ano de instalação

Ano de instalação	Quantidade Trocada
2008	1
2009	1
2010	1
2012	3
2013	297
2014	49
2015	31
2016	60
2017	28
2018	115
Sem identificação	20
Total	606

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Quadro 15 – Perfil de idade, em anos, dos hidrômetros

Ano de instalação	Quantidade	%
2013	8	0,71%
2014	3	0,27%
2015	2	0,18%
2016	3	0,27%
2017	2	0,18%
2018	15	1,33%
2019	124	11,00%
2020	108	9,58%
2021	201	17,83%
2022	661	58,65%
Total	1127	100,00%

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

6.3 Dados coletados

Os dados coletados da empresa de saneamento SABESP, juntamente com os valores dos volumes consumidos (m^3) por cada hidrômetro volumétrico antes e após a substituição, no período de janeiro de 2022 até julho de 2023, estão apresentados parcialmente no apêndice deste trabalho.

Esses dados foram coletados mensalmente de todos os medidores, contendo informações completas sobre volume consumido (m^3), volume faturado (m^3) e valor faturado (R\$). Caso alguma informação estivesse faltando, a linha correspondente era excluída para não interferir na análise. Todos esses dados foram organizados e processados utilizando a planilha Excel, fazendo uso da ferramenta de tabela dinâmica para consolidação e análise, como demonstrado em uma figura identificada no apêndice deste trabalho.

6.4 Análise dos dados coletados

Ao analisar os dados da Tabela 07, é possível observar um aumento no volume consumido médio no município por ligação após a substituição dos 606 medidores volumétricos, concluída em julho de 2022, durante o período estudado de janeiro de 2022 até julho de 2023. No período subsequente à substituição dos medidores, que compreende um ano (de agosto de 2022 a julho de 2023), a média

por ligação foi de 13,75 m³/ligação (considerando todos os hidrômetros), 12,98 m³/ligação (hidrômetros velocimétricos) e 14,47 m³/ligação (hidrômetros volumétricos). O ganho médio em um ano (de agosto de 2022 a julho de 2023) por ligação do hidrômetro volumétrico em comparação com o velocimétrico foi de 1,49 m³/ligação (+11,47%).

Tabela 7 – Volume Consumido (m³)

	Total			Velocimétrico			Volumétrico			%Vol/Vel	
	Ligações Ativas	Consumo Medido (m ³)	Média	Ligações Ativas	Consumo Medido (m ³)	Média	Ligações Ativas	Consumo Medido (m ³)	Média		
2022	Janeiro	1.094	15.090	13,79	1.094	15.090	13,79				
	Fevereiro	1.099	14.285	13,00	1.099	14.285	13,00				
	Março	1.113	15.159	13,62	1.113	15.159	13,62				
	Abril	1.111	13.981	12,58	1.111	13.981	12,58				
	Mai	1.100	13.796	12,54	1.100	13.796	12,54				
	Junho	1.122	13.364	11,91	788	10.045	12,75	334	3.319	9,94	-22,05%
	Julho	1.047	12.970	12,39	658	7.921	12,04	389	5.049	12,98	7,82%
	Agosto	1.121	15.362	13,70	534	7.218	13,52	587	8.144	13,87	2,64%
	Setembro	1.119	15.006	13,41	539	6.571	12,19	580	8.435	14,54	19,29%
	Outubro	1.127	14.939	13,26	544	6.769	12,44	583	8.170	14,01	12,62%
	Novembro	1.117	15.217	13,62	539	7.015	13,01	578	8.202	14,19	9,03%
	Dezembro	1.119	16.437	14,69	540	7.306	13,53	579	9.131	15,77	16,56%
2023	Janeiro	1.120	16.386	14,63	541	7.576	14,00	579	8.810	15,22	8,66%
	Fevereiro	1.116	15.734	14,10	542	7.235	13,35	574	8.499	14,81	10,92%
	Março	1.120	14.755	13,17	542	6.788	12,52	578	7.967	13,78	10,06%
	Abril	1.120	15.715	14,03	544	7.353	13,52	576	8.362	14,52	7,40%
	Mai	1.119	14.982	13,39	544	6.839	12,57	575	8.143	14,16	12,65%
	Junho	1.120	15.527	13,86	547	7.108	12,99	573	8.419	14,69	13,07%
	Julho	1.119	14.674	13,11	545	6.604	12,12	574	8.070	14,06	16,02%
Soma (*1)	21.123	283.379	13,42	13.464	174.659	12,97	7659	108.720	14,20	9,43%	
Soma(*2)	13.437	184.734	13,75	6.501	84.382	12,98	6.936	100.352	14,47	11,47%	

(*1) Período total de janeiro/2022 - julho/2023

(*2) Período agosto/2022 - julho/2023 - Um ano

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Os dados consolidados da média dos medidores volumétricos e velocimétricos ao longo de um ano (de agosto de 2022 até julho de 2023) estão apresentados na Tabela 8. Esse período de um ano é selecionado devido ao fato de que as leituras do mês de julho são lançadas em agosto, marcando também o término da substituição dos medidores.

Outra análise realizada compreende os meses equivalentes, ou seja, de janeiro a maio dos anos de 2022 e 2023 (conforme mostrado na Tabela 9). Estes meses podem compartilhar características semelhantes, como temperatura e sazonalidade. Neste contexto, o ganho médio por ligação foi de 0,75 m³/ligação (+5,78%).

Tabela 8 – Volume médio consumido por ligação (velocimétrico/volumétrico)

Volume Consumido (m ³)			
Média			
	Velocimétrico	Volumétrico	%Vol/Vel
Agosto	13,52	13,87	2,64%
Setembro	12,19	14,54	19,29%
Outubro	12,44	14,01	12,62%
Novembro	13,01	14,19	9,03%
Dezembro	13,53	15,77	16,56%
Janeiro	14,00	15,22	8,66%
Fevereiro	13,35	14,81	10,92%
Março	12,52	13,78	10,06%
Abril	13,52	14,52	7,40%
Maio	12,57	14,16	12,65%
Junho	12,99	14,69	13,07%
Julho	12,12	14,06	16,02%

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Tabela 9 – Volume médio consumido por ano

	2022			2023			%2023/2022
	Ligações Ativas	Consumo Medido (m ³)	Média	Ligações Ativas	Consumo Medido (m ³)	Média	
Janeiro	1.094	15.090	13,79	1.120	16.386	14,63	6,07%
Fevereiro	1.099	14.285	13,00	1.116	15.734	14,10	8,47%
Março	1.113	15.159	13,62	1.120	14.755	13,17	-3,27%
Abril	1.111	13.981	12,58	1.120	15.715	14,03	11,50%
Maio	1.100	13.796	12,54	1.119	14.982	13,39	6,75%
Total	5.517	72.311	13,11	5.595	77.572	13,86	5,78%

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Na Tabela 10, ao analisar o período após a substituição dos medidores, durante um ano (de agosto de 2022 a julho de 2023), observa-se uma média por ligação de 15,75 m³/ligação (todos os hidrômetros), 15,23 m³/ligação (hidrômetros velocimétricos) e 16,24 m³/ligação (hidrômetros volumétricos). O ganho médio em um ano (de agosto de 2022 a julho de 2023) por ligação do hidrômetro volumétrico em comparação com o velocimétrico é de 1,01 m³/ligação (+6,63%). Os dados da média dos medidores volumétricos e velocimétricos ao longo de um ano (de agosto de 2022 a julho de 2023) estão apresentados na Tabela 11, considerando o período de um ano devido ao fato de que os resultados de julho são lançados nas leituras de agosto, marcando o término da substituição dos medidores. Outra análise considera os meses equivalentes, ou seja, de janeiro a maio dos anos de 2022 e 2023 (Tabela 12). Esses meses podem compartilhar várias características semelhantes, e nesse caso, o ganho médio por ligação foi de 0,50 m³/ligação (+3,30%).

Tabela 10 – Volume faturado em m³

		Volume Faturado (m ³)									
		Total			Velocimétrico			Volumétrico			
		Ligações Ativas	Consumo Faturado (m ³)	Média	Ligações Ativas	Consumo Faturado (m ³)	Média	Ligações Ativas	Consumo Faturado (m ³)	Média	%Vol/Vel
2022	Janeiro	1.094	17.370	15,88	1.094	17.370	15,88				
	Fevereiro	1.099	16.670	15,17	1.099	16.670	15,17				
	Março	1.113	17.342	15,58	1.113	17.342	15,58				
	Abril	1.111	16.515	14,86	1.111	16.515	14,86				
	Maiο	1.100	16.237	14,76	1.100	16.237	14,76				
	Junho	1.122	16.776	14,95	788	11.902	15,10	334	4.874	14,59	-3,38%
	Julho	1.047	15.879	15,17	658	9.609	14,60	389	6.270	16,12	10,37%
	Agosto	1.121	18.316	16,34	534	8.338	15,61	587	9.978	17,00	8,86%
	Setembro	1.119	17.443	15,59	539	8.028	14,89	580	9.415	16,23	8,99%
	Outubro	1.127	17.261	15,32	544	8.111	14,91	583	9.150	15,69	5,26%
	Novembro	1.117	17.421	15,60	539	8.300	15,40	578	9.121	15,78	2,48%
	Dezembro	1.119	18.402	16,45	540	8.424	15,60	579	9.978	17,23	10,47%
2023	Janeiro	1.120	18.434	16,46	541	8.669	16,02	579	9.765	16,87	5,25%
	Fevereiro	1.116	17.898	16,04	542	8.439	15,57	574	9.459	16,48	5,84%
	Março	1.120	16.828	15,03	542	7.908	14,59	578	8.920	15,43	5,77%
	Abril	1.120	17.725	15,83	544	8.443	15,52	576	9.282	16,11	3,83%
	Maiο	1.119	17.251	15,42	544	8.114	14,92	575	9.137	15,89	6,54%
	Junho	1.120	17.683	15,79	547	8.331	15,23	573	9.352	16,32	7,16%
	Julho	1.119	16.990	15,18	545	7.905	14,50	574	9.085	15,83	9,12%
	Soma (*1)	21.123	328.441	15,55	13.464	204.655	15,20	7659	123.786	16,16	6,33%
Soma(*2)	13.437	211.652	15,75	6.501	99.010	15,23	6.936	112.642	16,24	6,63%	

(*1) Período total de janeiro/2022 - julho/2023

(*2) Período agosto/2022 - julho/2023 - Um ano

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Tabela 11 – Volume médio faturado por ligação (velocimétrico/volumétrico)

Volume Faturado (m ³)			
Média			
	Velocimétrico	Volumétrico	%Vol/Vel
Agosto	15,61	17,00	8,86%
Setembro	14,89	16,23	8,99%
Outubro	14,91	15,69	5,26%
Novembro	15,40	15,78	2,48%
Dezembro	15,60	17,23	10,47%
Janeiro	16,02	16,87	5,25%
Fevereiro	15,57	16,48	5,84%
Março	14,59	15,43	5,77%
Abril	15,52	16,11	3,83%
Maiο	14,92	15,89	6,54%
Junho	15,23	16,32	7,16%
Julho	14,50	15,83	9,12%

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Na Tabela 13, observa-se um aumento no valor faturado a partir de maio de 2022, principalmente devido ao reajuste tarifário da concessionária em maio de 2022, que foi de 9,56%, refletindo nos meses seguintes. Para uma análise dentro do mesmo período de reajuste, o período considerado para evitar interferências é de junho de 2022 até maio de 2023. Durante esse período, a média do valor por ligação

aumentou de R\$114,23 (junho de 2022) para R\$118,35 (maio de 2023), resultando em um aumento de R\$4,12 por ligação (+3,60%).

Tabela 12 – Volume médio consumido por ano

	2022			2023			%2023/2022
	Ligações Ativas	Consumo Faturado (m³)	Média	Ligações Ativas	Consumo Faturado (m³)	Média	
Janeiro	1.094	17.370	15,88	1.120	18.434	16,46	3,66%
Fevereiro	1.099	16.670	15,17	1.116	17.898	16,04	5,73%
Março	1.113	17.342	15,58	1.120	16.828	15,03	-3,57%
Abril	1.111	16.515	14,86	1.120	17.725	15,83	6,46%
Maio	1.100	16.237	14,76	1.119	17.251	15,42	4,44%
Total	5.517	84.134	15,25	5.595	88.136	15,75	3,30%

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Tabela 13 – Valor Faturado em R\$

	Valor Faturado (m³)										
	Total			Velocimétrico			Volumétrico				
	Ligações Ativas	Valor Faturado (R\$)	Média	Ligações Ativas	Valor Faturado (R\$)	Média	Ligações Ativas	Valor Faturado (R\$)	Média	%Vol/Vel	
2022	Janeiro	1.094	R\$ 118.980,86	R\$ 108,76	1.094	R\$ 118.980,86	108,76				
	Fevereiro	1.099	R\$ 114.581,52	R\$ 104,26	1.099	R\$ 114.581,52	104,26				
	Março	1.113	R\$ 118.252,67	R\$ 106,25	1.113	R\$ 118.252,67	106,25				
	Abril	1.111	R\$ 114.798,61	R\$ 103,33	1.111	R\$ 114.798,61	103,33				
	Maio	1.100	R\$ 111.381,91	R\$ 101,26	1.100	R\$ 111.381,91	101,26				
	Junho	1.122	R\$ 128.161,27	R\$ 114,23	788	R\$ 92.202,92	117,01	334	R\$35.958,35	107,66	-7,99%
	Julho	1.047	R\$ 121.738,41	R\$ 116,27	658	R\$ 73.214,42	111,27	389	R\$48.523,99	124,74	12,11%
	Agosto	1.121	R\$ 145.263,83	R\$ 129,58	534	R\$ 63.869,56	119,61	587	R\$81.394,27	138,66	15,93%
	Setembro	1.119	R\$ 136.229,52	R\$ 121,74	539	R\$ 61.057,57	113,28	580	R\$75.171,95	129,61	14,41%
	Outubro	1.127	R\$ 132.351,99	R\$ 117,44	544	R\$ 61.855,54	113,71	583	R\$70.496,45	120,92	6,35%
	Novembro	1.117	R\$ 135.283,87	R\$ 121,11	539	R\$ 64.598,80	119,85	578	R\$70.685,07	122,29	2,04%
	Dezembro	1.119	R\$ 146.759,49	R\$ 131,15	540	R\$ 65.300,41	120,93	579	R\$81.459,08	140,69	16,34%
2023	Janeiro	1.120	R\$ 144.532,52	R\$ 129,05	541	R\$ 66.617,74	123,14	579	R\$77.914,78	134,57	9,28%
	Fevereiro	1.116	R\$ 140.161,99	R\$ 125,59	542	R\$ 64.150,11	118,36	574	R\$76.011,88	132,42	11,88%
	Março	1.120	R\$ 130.686,10	R\$ 116,68	542	R\$ 60.575,49	111,76	578	R\$70.110,61	121,30	8,53%
	Abril	1.120	R\$ 137.960,18	R\$ 123,18	544	R\$ 65.100,42	119,67	576	R\$72.859,76	126,49	5,70%
	Maio	1.119	R\$ 132.439,21	R\$ 118,35	544	R\$ 60.466,66	111,15	575	R\$71.972,55	125,17	12,61%
	Junho	1.120	R\$ 149.786,79	R\$ 133,74	547	R\$ 68.988,02	126,12	573	R\$80.798,77	141,01	11,81%
	Julho	1.119	R\$ 142.090,21	R\$ 126,98	545	R\$ 63.844,18	117,15	574	R\$78.246,03	136,32	16,37%
Soma(*1)	13.437	1.673.546	124,55	6.501	766.425	117,89	6.936	907.121	130,78	10,93%	

(*1) Período agosto/2022 - julho/2023 - Um ano

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Para a análise de um ano (de agosto de 2022 até julho de 2023), tanto os medidores velocimétricos quanto os volumétricos sofreram o mesmo reajuste tarifário. Nesse período, o valor médio por ligação foi de R\$117,89 para os velocimétricos e de R\$130,78 para os volumétricos, representando uma diferença de R\$12,89 por ligação (+10,93%).

No total dos 606 hidrômetros substituídos, 363 apresentaram um volume médio por ligação superior à tecnologia anterior. O volume consumido médio por

ligação antes da troca era de 13,30 m³/ligação (de janeiro de 2022 até maio de 2022), aumentando para 14,77 m³/ligação (de janeiro de 2023 até maio de 2023), considerando meses equivalentes no calendário e com características semelhantes de dias. Isso representa um aumento de 1,47 m³/ligação (+10,99%) quando são analisados os dados extraídos apenas dos hidrômetros substituídos, com informações do consumo medido desses hidrômetros (ver Tabela 14). Na Figura 26, é possível observar o aumento na média do volume consumido (m³)/ligação a partir de julho de 2022, após a substituição dos hidrômetros velocimétricos por volumétricos.

Tabela 14 – Média dos hidrômetros trocados (volume consumido m³/ligação)

Mês	2022	2023	Diferença%
jan	13,97	15,34	9,79%
fev	12,79	15,24	19,13%
mar	14,01	14,05	0,27%
abr	12,85	14,86	15,66%
mai	12,89	14,34	11,21%
Média	13,30	14,77	10,99%

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Figura 26 – Média do volume por ligação 2022/2023



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Os dados do Sistema de Gestão de Perdas (SGP) no período de janeiro de 2022 até julho de 2023 estão detalhados no Quadro 16. Esses dados abrangem informações sobre a produção do poço do município e todas as medições, incluindo seus indicadores de perdas (IP) e perdas de faturamento (IPF). É importante notar que os volumes consumidos medidos diferem dos apresentados anteriormente, principalmente devido às repartições públicas não serem faturadas de acordo com contratos estabelecidos com a concessionária, o que as exclui das análises anteriores.

Quadro 16 – Dados e indicadores de perdas

MES	NLA	VCM (m³)	VD (m³)	VFAT (m³)	VP (m³)	IPF	IP
janeiro-22	1.141	16.149	18.782	18.102	18.782	3,6%	14,0%
fevereiro-22	1.146	14.629	17.767	17.255	17.767	2,9%	17,7%
março-22	1.148	15.884	18.997	18.116	18.997	4,6%	16,4%
abril-22	1.151	14.692	18.601	17.287	18.601	7,1%	21,0%
maio-22	1.151	15.475	18.987	18.030	18.987	5,0%	18,5%
junho-22	1.155	14.728	17.874	18.502	17.874	-3,5%	17,6%
julho-22	1.155	15.128	20.170	20.432	20.170	-1,3%	25,0%
agosto-22	1.158	16.468	19.298	20.116	19.298	-4,2%	14,7%
setembro-22	1.160	15.975	17.956	18.753	17.956	-4,4%	11,0%
outubro-22	1.159	15.717	18.470	18.061	18.470	2,2%	14,9%
novembro-22	1.160	15.999	18.884	18.383	18.884	2,7%	15,3%
dezembro-22	1.162	17.221	19.425	19.201	19.425	1,2%	11,3%
janeiro-23	1.159	16.916	19.302	18.908	19.302	2,0%	12,4%
fevereiro-23	1.162	16.636	16.552	18.592	16.552	-12,3%	-0,5%
março-23	1.164	15.584	19.236	18.053	19.236	6,1%	19,0%
abril-23	1.165	16.541	18.389	18.618	18.389	-1,2%	10,0%
maio-23	1.161	15.730	18.699	17.876	18.699	4,4%	15,9%
junho-23	1.161	16.286	17.705	17.479	17.705	1,3%	8,0%
julho-23	1.162	15.676	16.651	18.137	16.651	-8,9%	5,9%
Ago/22 -jul/23	1.161	194.749	220.567	222.177	220.567	-0,7%	11,7%
Total	1.157	301.434	351.745	349.901	351.745	0,5%	14,3%
NLA - Número de ligações ativas							
VCM - Volume consumido medido (m³)							
VD - Volume distribuído (m³)							
VFAT - Volume Faturado (m³)							
VP - Volume produzido (m³)							
IPF - Índice de perdas de faturamento (%)							
IP - Índice de perdas (%)							

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Os meses de fevereiro e março de 2023 provavelmente possuem erros de lançamento em algum sistema da concessionária, visto que fevereiro registrou uma perda negativa e março teve o pior resultado após as trocas de hidrômetros. No

conjunto de todos os indicadores, exceto os anteriormente mencionados, os meses de junho e julho de 2023 apresentaram resultados melhores em termos de perdas, com números inferiores a dois dígitos.

O município demonstra bons resultados no indicador de perdas durante o período analisado (de janeiro de 2022 até julho de 2023), com um valor de 14,3%. Quando comparado ao período após as substituições (de agosto de 2022 até julho de 2023), o indicador de perdas registrou 11,7%, representando uma redução de 2,6% em relação ao período total.

Os valores negativos para o indicador de perdas de faturamento indicam que a concessionária, devido à faixa mínima (0 – 10 m³), considera o valor de consumo como 10 m³. Aproximadamente 480 ligações (cerca de 44% do total de ligações) no município estão dentro dessa faixa mínima (conforme apresentado na Tabela 15), com um volume faturado médio por ligação de 5,36 m³, sendo que aproximadamente 48 hidrômetros, em média, registram um consumo de 0 m³. Isso faz com que o valor do indicador de perdas de faturamento seja maior em comparação ao indicador de perdas, uma vez que ambos são calculados em m³. O volume faturado é quase o dobro do volume consumido.

Tabela 15 – Consumo 0 – 10 m³

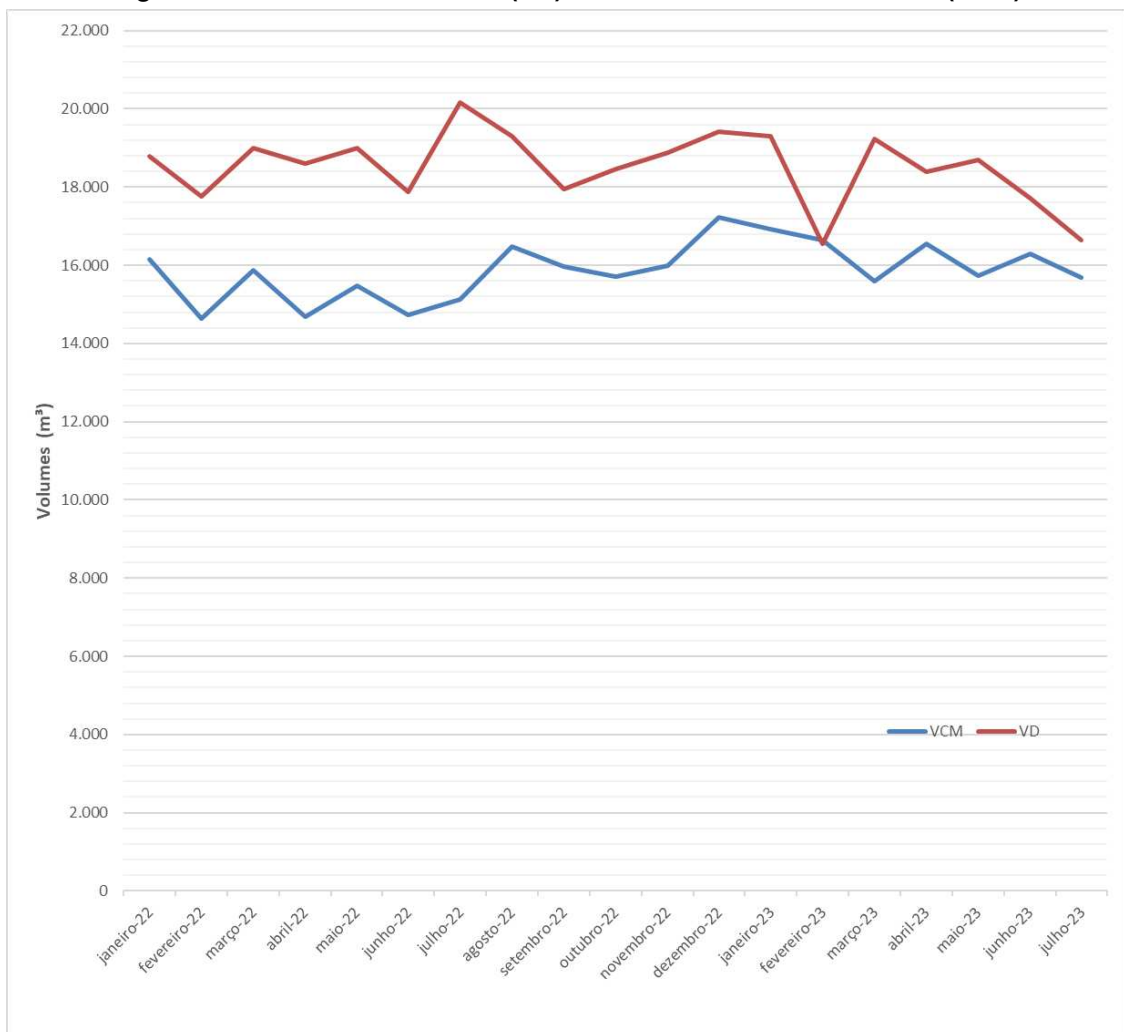
Consumo 0 - 10 m ³					
	Ligações Ativas	Volume consumido (m ³)	Volume faturado (m ³)	Média VC	
2022	Janeiro	448	2282	4.518	5,09
	Fevereiro	502	2661	5.017	5,30
	Março	467	2540	4.711	5,44
	Abril	531	2820	5.347	5,31
	Maiο	510	2755	5.171	5,40
	Junho	575	3126	5.970	5,44
	Julho	512	2656	5.377	5,19
	Agosto	483	2639	5.079	5,46
	Setembro	481	2538	4.895	5,28
	Outubro	493	2680	4.966	5,44
	Novembro	460	2472	4.632	5,37
	Dezembro	422	2271	4.242	5,38
2023	Janeiro	416	2170	4.211	5,22
	Fevereiro	442	2362	4.530	5,34
	Março	477	2553	4.625	5,35
	Abril	447	2502	4.517	5,60
	Maiο	460	2432	4.689	5,29
	Junho	464	2576	4.734	5,55
	Julho	486	2628	4.937	5,41
	Média	9.076	48.663	92.168	5,36

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

No período de agosto de 2022 até julho de 2023, o volume consumido médio por ligação dos medidores volumétricos é de 5,71 m³/ligação, enquanto para os medidores velocimétricos é de 5,10 m³/ligação, resultando em uma diferença de 0,61 m³/ligação (+11,76%), dentro da faixa de 0 – 10 m³.

Na Figura 27, estão representadas as curvas dos volumes consumidos medidos e do volume distribuído. Nesse gráfico, quanto mais próximas estiverem as curvas, maior é o controle das perdas aparentes, as quais têm uma relação direta com o volume micromedido ou VCM.

Figura 27 – Volume distribuído (VD) e volume consumido medido (VCM)



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

6.5 Avaliação Econômica

O valor total investido na substituição dos 606 hidrômetros em 2022 no município foi de R\$127.466,04. Considerando uma taxa de referência Selic de 13,25%, o valor atualizado seria de R\$144.355,29, levando em conta tanto o custo de aquisição quanto o custo de troca. Caso o investimento ocorresse no ano de 2023, o valor seria de R\$156.935,82.

Este valor apresenta um ganho financeiro para a concessionária, principalmente devido ao aumento dos valores dos hidrômetros volumétricos de 2022 para 2023, que foi de 24,94% em valores absolutos. Quando comparado à taxa de referência Selic, o ganho seria de 8,71%. Esta análise considera apenas a diferença de preços entre os anos. A concessionária apresenta ganhos financeiros, demonstrando que o custo de aquisição dos hidrômetros superou a taxa de referência Selic de um ano para o outro, devido principalmente ao aumento do preço do material principal em sua construção, o ferro, cuja cotação está atrelada ao dólar e ao mercado internacional.

A diferença entre o custo de aquisição do hidrômetro volumétrico em relação ao velocimétrico é significativa. Os hidrômetros volumétricos são aproximadamente 67% (em 2022) e 64% (em 2023) mais caros quando comparados ao modelo velocimétrico. O Quadro 17 apresenta um resumo da análise realizada.

Quadro 17 – Análise de custos de aquisição e troca de equipamentos (2022/2023)

Análise Custos de Aquisição e Troca		2022	2023	Aumento (%)
Custo de Aquisição - Hidrometro volumétrico (1)(2)		R\$ 117,50	R\$ 146,80	24,94%
Custo de Aquisição - Hidrometro velocimétrico(3)(4)		R\$ 70,20	R\$ 89,48	27,46%
TROCA PREVENTIVA HIDRÔMETRO(5)		R\$ 22,64	R\$ 22,69	0,22%
Custo total de substituição - Volumétrico		R\$ 210,34	R\$ 258,97	23,12%
Quantidade Trocada	606	R\$ 127.466,04	R\$ 156.935,82	Valor investido
Selic	13,25%			
	R\$ 144.355,29	13,25%	8,71%	
(1) valores unitário de aquisição ATA pública nº90.833/21				
(2) valores unitário de aquisição ATA pública nº90.832/23				
(3) valores unitário de aquisição ATA pública nº90.850/21				
(4) valores unitário de aquisição ATA pública nº90.850/21				
Banco de preços concessionária anos de 2022 e 2023				

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Os resultados no período de um ano (de junho de 2022 até maio de 2023), dentro do mesmo reajuste tarifário, estão identificados na Tabela 16. Nela, o valor

médio por ligação do hidrômetro volumétrico é de R\$127,85 por ligação, enquanto o valor médio por ligação do hidrômetro velocimétrico é de R\$116,56, resultando em uma diferença de R\$11,29 por ligação, o que representa um ganho de 9,69%.

Quando comparamos os valores médios por ligação neste período, o valor médio por ligação é de R\$122,06. Se comparado ao valor médio por ligação do hidrômetro volumétrico, representa um aumento de R\$5,79 por ligação, equivalente a um aumento de 4,74%.

Tabela 16 – Média por ligação (R\$/ligação)

	Valor Faturado (R\$)									
	Total			Velocimétrico			Volumétrico			%Vol/Vel
	Ligações Ativas	Valor Faturado (R\$)	Média	Ligações Ativas	Valor Faturado (R\$)	Média	Ligações Ativas	Valor Faturado (R\$)	Média	
Junho	1.122	R\$ 128.161,27	R\$ 114,23	788	R\$ 92.202,92	R\$ 117,01	334	R\$ 35.958,35	R\$107,66	-7,99%
Julho	1.047	R\$ 121.738,41	R\$ 116,27	658	R\$ 73.214,42	R\$ 111,27	389	R\$ 48.523,99	R\$124,74	12,11%
Agosto	1.121	R\$ 145.263,83	R\$ 129,58	534	R\$ 63.869,56	R\$ 119,61	587	R\$ 81.394,27	R\$138,66	15,93%
Setembro	1.119	R\$ 136.229,52	R\$ 121,74	539	R\$ 61.057,57	R\$ 113,28	580	R\$ 75.171,95	R\$129,61	14,41%
Outubro	1.127	R\$ 132.351,99	R\$ 117,44	544	R\$ 61.855,54	R\$ 113,71	583	R\$ 70.496,45	R\$120,92	6,35%
Novembro	1.117	R\$ 135.283,87	R\$ 121,11	539	R\$ 64.598,80	R\$ 119,85	578	R\$ 70.685,07	R\$122,29	2,04%
Dezembro	1.119	R\$ 146.759,49	R\$ 131,15	540	R\$ 65.300,41	R\$ 120,93	579	R\$ 81.459,08	R\$140,69	16,34%
Janeiro	1.120	R\$ 144.532,52	R\$ 129,05	541	R\$ 66.617,74	R\$ 123,14	579	R\$ 77.914,78	R\$134,57	9,28%
Fevereiro	1.116	R\$ 140.161,99	R\$ 125,59	542	R\$ 64.150,11	R\$ 118,36	574	R\$ 76.011,88	R\$132,42	11,88%
Março	1.120	R\$ 130.686,10	R\$ 116,68	542	R\$ 60.575,49	R\$ 111,76	578	R\$ 70.110,61	R\$121,30	8,53%
Abril	1.120	R\$ 137.960,18	R\$ 123,18	544	R\$ 65.100,42	R\$ 119,67	576	R\$ 72.859,76	R\$126,49	5,70%
Maior	1.119	R\$ 132.439,21	R\$ 118,35	544	R\$ 60.466,66	R\$ 111,15	575	R\$ 71.972,55	R\$125,17	12,61%
Soma(*1)	13.367	R\$ 1.631.568,38	R\$ 122,06	6.855	R\$ 799.009,64	R\$ 116,56	6.512	R\$ 832.558,74	R\$127,85	9,69%
(*1) Período junho/2022 - maio/2023 - Um ano, mesmo reajuste tarifário					Média total	R\$ 122,06			R\$127,85	4,74%

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

A avaliação financeira considera uma taxa de referência Selic mensal de 1,042% (equivalente a 13,25% ao ano), e uma taxa de retorno mínima de 9,69% (correspondente ao retorno médio por ligação do hidrômetro volumétrico comparado ao velocimétrico), que é de R\$11,29 por ligação. Com base nesses dados, o retorno do investimento ocorreria após 21 meses da instalação, no caso dos 606 hidrômetros substituídos.

Caso seja considerado o ganho médio por ligação de aproximadamente todos os hidrômetros do município (cerca de 1.100), que é de R\$5,79 por ligação (um aumento de 4,74%), o retorno do investimento ocorreria após 22 meses. O resumo dos cálculos efetuados está no Quadro 18.

Quadro 18 – Avaliação Financeira do Investimento

Análise Financeira				
Valor Investido	R\$ 127.466,04	N° de Hidrometros	Valor mensal	Tempo (meses)
Retorno financeiro do hidrômetro volumétrico comparado ao velocimétrico (média por ligação)	R\$ 11,29	606	R\$ 6.841,74	21
Retorno financeiro pela média comparado ao hidrometro volumétrico (média por ligação)	R\$ 5,79	1100	R\$ 6.369,00	22
Taxa Selic Mensal (13,25% a.a.)	Mensal	1,042%		
N° de Hidrômetros Volumétricos substituídos	606			
N° de Ligações Ativas	1100			

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

6.6 Quadro resumo

O Quadro 19 sintetiza as principais análises realizadas neste estudo, indicando os períodos de análise e os parâmetros avaliados. As análises abrangem o volume consumido e faturado, hidrômetros substituídos, o comportamento dos hidrômetros na faixa de consumo de 0 a 10m, bem como um resumo das principais conclusões obtidas.

Quadro 19 – Resumo dos resultados

Período	Descrição (Ganho/Perda)	Unidade	Volume Consumido	Volume Faturado	Hidrômetros substituídos	Faixa 0 - 10 m³	Valor Faturado
Agosto/22 - Julho/23	Ganho hidrômetro volumétrico em relação ao velocimétrico (média)	%	11,47	6,63		11,76	10,93%
		m³/ligação	1,49	1,01		0,61	R\$12,89/lig
Janeiro/Maio (2022/2023)	Ganhos na média total	%	5,78	3,30	10,99		
		m³/ligação	0,75	0,50	1,47		
Junho/22 - Maio/23	Ganhos na média total	%					3,60%
		R\$/lig					4,12

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação realizada possibilitou uma análise abrangente do impacto da substituição dos hidrômetros velocimétricos por volumétricos, oferecendo *insights* valiosos para o sistema de abastecimento de água do município de Pedrinhas Paulista/SP.

Os principais resultados obtidos destacam-se:

- Redução significativa do índice de perdas, de 14,3% para 11,7%, ao longo de um ano, de agosto de 2022 a julho de 2023.
- Convergência das curvas de volume micromedido e volume distribuído ao longo do período estudado, indicando um melhor controle de perdas aparentes.
- Aumento no faturamento médio por ligação em 9,69%, ou R\$11,29 por ligação, com a adoção dos hidrômetros volumétricos em comparação com os hidrômetros velocimétricos.
- Incremento no volume consumido médio por ligação em 11,47%, ou 1,49 m³ por ligação, com todos os dados completos, e de 10,99% considerando apenas os 606 hidrômetros substituídos.
- Tempo de retorno do investimento em 21 meses, considerando uma taxa Selic de 13,25% ao ano.

A substituição da tecnologia de medição revelou diversos benefícios, especialmente na recuperação de volume e faturamento. É uma estratégia promissora a ser considerada por outras empresas de saneamento, embora não deva ser a única, dada a complexidade dos sistemas e suas peculiaridades.

É importante destacar que as tecnologias de medição estão em constante evolução, e no futuro próximo é provável que os medidores residenciais sejam eletrônicos, similar aos utilizados em grandes sistemas de medição, como saída de reservatórios. No entanto, os custos atuais desses medidores eletrônicos ainda não são viáveis para uma implantação em larga escala. Outras soluções, como adaptações eletrônicas aos medidores mecânicos e a instalação de leitores bluetooth, estão sendo exploradas em países como Portugal para aprimorar a eficiência na leitura.

Figura 28 – Leitor de água Bluetooth empresa Be Water – Bragança - Pt



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

8 PRODUTO

O resultado dessa pesquisa culminou na produção de um relatório técnico, o qual fornece informações sobre os resultados das medições de água e características do sistema de abastecimento de água do município de Pedrinhas Paulista/SP. Este relatório visa contribuir para a gestão sustentável dos recursos hídricos, alinhando-se com os princípios estabelecidos na Política Nacional dos Recursos Hídricos.

O relatório técnico será disponibilizado no Repositório Institucional da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (RIUT), que possuem acesso livre, (<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/>).

REFERÊNCIAS

- ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Controle e Redução de Perdas nos Sistemas Públicos de Abastecimento de Água: Posicionamento e Contribuições Técnicas da ABES**. São Paulo, 2015. Disponível em: http://abes-dn.org.br/pdf/28Cbesa/Perdas_Abes.pdf. Acesso em: 03 jul. 2023.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15538: Medidores de Água Potável – Ensaio para a avaliação de eficiência**. Rio de Janeiro, 2014.
- AESBE – Associação Brasileira das Empresas Estaduais de Saneamento. **Guia prático de procedimentos para estimativa de submedição no parque de Hidrômetros**. Brasília, 2015.
- ALEGRE, H.; COELHO, S. T.; ALMEIDA, M. C.; VIEIRA, P. **Controle de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição**. Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR). Portugal, 2005. p 328.
- BOVO, A.; TOMISAWA, A. K.; FERREIRA, A. C. S.; PEREIRA, L. G.; PAULO, P. F. **Guia Prático - Técnicas para Controle e Redução de Perdas Aparentes – Processo Comercial**. São Paulo. CONSÓRCIO ETEP/JNS/JHE/FIA. São Paulo, 2008. p.139.
- BRASIL. **Lei n.º 11.445, de 05 de janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico, e dá outras providências. Brasília, 2007.
- BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília, 1997.
- BRASIL. Agência Nacional das águas e Saneamento Básico – ANA **Atlas águas: segurança hídrica do abastecimento urbano**. Brasília, 2021. p. 332.
- BRASIL. **DO SNIS ao SINISA – Informações para planejar o Saneamento Básico**. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. Brasília, 2022a. p.48
- BRASIL. **Diagnóstico temático serviços de água e esgoto – Gestão técnica de água**. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos/agua-e-esgotos>> Acesso em: 17 nov. de 2022b.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Redução de perdas em sistemas de abastecimento de água**. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. 2. ed. – Brasília: Funasa, 2014, p. 176.
- BRASIL. Ministério das Cidades. **Abastecimento de água: gerenciamento de perdas de água e energia elétrica em sistemas de abastecimento: guia do profissional em treinamento: nível 2**. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org). Salvador: RECESA, 2008, p.139.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. DTA – Documento Técnico de Apoio n° A2 Indicadores de perdas nos sistemas de abastecimento de água.** 2003, p.80.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO. **Portaria n.º 155, de 30 de março de 2022.** Disponível em: <http://sistema-sil.inmetro.gov.br/rtac/RTAC002971.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2023.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO. **Portaria n.º 246, de 17 de outubro de 2000.** Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC000667.pdf>>. Acesso em: 17 jul. 2023.

BRASIL. **Novo Marco Legal do Saneamento Básico é instituído com objetivo de universalizar e qualificar a prestação de serviços no setor.** MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL Disponível em < <https://www.gov.br/pt-br/noticias/transito-e-transportes/2020/07/novo-marco-de-saneamento-e-sancionado-e-garante-avancos-para-o-pais> >. Acesso em: 05 jul. 2023.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional - MDR (Brasil). Secretaria Nacional de Saneamento - SNS. **Panorama do Saneamento Básico no Brasil 2021**, p. 206.

BRASIL. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS. **Abastecimento de água.** Brasília: SNSA/MCIDADES, 2020. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/painel-abastecimento-agua>>. Acesso em: 12 jan. 2022.

CALDAS, K. P. F. **Consumo per capita e perda no sistema de distribuição de água no município de Boa Vista/RR.** Dissertação (Mestrado). Boa Vista: Universidade Federal de Roraima, 2023, p.147.

GULARTE, C. B. **Um estudo sobre a submedição de hidrômetros para aplicação no controle de perdas aparentes no sistema de abastecimento de água de Blumenau.** Dissertação (mestrado). Blumenau – SC. Universidade Federal de Santa Catarina, 2005, p. 138.

KAUARK, F., MANHÃES, F.C. & MEDEIROS, C.H. (2010). **Metodologia da pesquisa: guia prático.** Itabuna: Via Litterarum. Disponível em: <http://www.pgcl.uenf.br/arquivos/livrodometodologiadapesquisa2010_011120181549.pdf>. Acesso em: 07 maio 2023.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (MDR). Secretaria Nacional de Saneamento (SNS). **Panorama do Saneamento Básico no Brasil 2021.** Brasília: Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério do Desenvolvimento Regional, 2021.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Portaria n.º 490, de 22 de março de 2021.** Estabelece os procedimentos gerais para o cumprimento do disposto no inciso IV do caput do art. 50 da Lei n. 11.445, de 5 de janeiro de 2007, e no inciso IV do caput do art. 4º do Decreto n. 10.588, de 24 de dezembro de 2020.

Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano 159, n. 55, p. 30, 23 mar. 2021. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-490-de-22-de-marco-de-2021-309988760>>. Acesso em: 03 ago. 2023.

MIRANDA, EC de; KOIDE, S. **Indicadores de perdas de água: O que, de fato, eles indicam**. In: XXII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. São Paulo, Brasil: ABES, 2003.

NIELSEN, M. J.; TREVISAN, J.; BONATO, A.; SACHET, M. A. C. **Medição de Água – Estratégias e Experimentações**. Optagraf Editora & Gráfica. SANEPAR. Curitiba, 2003, p 200.

OLIVEIRA, E. *et al.* **PERDAS DE ÁGUA 2021 (SNIS 2019): DESAFIOS PARA DISPONIBILIDADE HÍDRICA E AVANÇO DA EFICIÊNCIA DO SANEAMENTO BÁSICO**. INSTITUTO TRATA BRASIL (Brasil. Disponível em: <<https://tratabrasil.org.br/perdas-de-agua-potavel-2021-ano-base-2019-desafios-para-a-disponibilidade-hidrica-e-ao-avanco-da-eficiencia-do-saneamento-basico>>. Acesso em jan de 2022.

PEREIRA, J. A.; CONDURÚ, M. T.; **Abastecimento de água: informação para eficiência hidroenergética** - João Pessoa: Editora Universitária – UFPB, 2014. p.127

SERRANITO, F. S., DONNELLY, A. **CONTROLO ATIVO DE PERDAS DE ÁGUA**.

EPAL, Empresa Portuguesa das Águas Livres S.A., Lisboa. 2015, p. 95.

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Glossário de Indicadores – Água e Esgoto**. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos/Glossario_Indicadores_AE2021.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2023.

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. v2023.004. **Painel de Regionalização dos Serviços de Saneamento Básico**. Disponível em: <<http://appsniis.mdr.gov.br/regionalizacao/web/>>. Acesso em: 03 ago. 2023.

TARDELLI FILHO, J. Controle e Redução de Perdas. In: TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. 4 ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. cap 10. p.457-525.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. 4. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. p. 643.

UNITED NATIONS BRAZIL. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: janeiro de 2024.

VICENTINI, L. P. **Componentes do Balanço Hídrico para Avaliação de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água**. Dissertação (Mestrado). São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2012. p. 196.

APÊNDICE

Apêndice 1 – Visualização parcial dos dados coletados

Volume consumido (m ³)																							Média anterior a troca	Média depois da troca	Ganho/Perda (Médio %)
RGI	Hidrômetro	Mês de troca	2022												2023										
			jan/22	fev/22	mar/22	abr/22	mai/22	jun/22	jul/22	ago/22	set/22	out/22	nov/22	dez/22	jan/23	fev/23	mar/23	abr/23	mai/23	jun/23	jul/23				
309217911	A22L054994	jul/22	5	7	0	0	0	1	0	1	0	2	6	8	7	7	7	8	7	7	7	1,86	5,15	178%	
912227370	A22L054998	jul/22	1	2	1	1	1	1	1	0	0	1	4	5	8	10	7	9	9	7	9	1,14	5,38	371%	
910375739	A22L054997	jul/22	11	11	33	36	34	30	40	46	40	37	9	10	7	9	9	8	8	7	27,86	18,38	-34%		
572045514	A22L054999	jul/22	25	24	1	1	1	1	0	1	1	1	30	29	33	37	34	33	27	27	27	7,57	21,54	184%	
309192820	A22L055000	jul/22	22	19	0	0	0	0	0	1	0	0	25	24	23	30	28	32	30	36	23	5,86	19,38	231%	
820897442	A22L055012	jul/22	14	12	0	0	0	0	1	0	0	0	14	17	16	15	14	15	15	17	17	3,86	10,85	181%	
920726747	A22L055017	jul/22	18	20	0	0	1	0	1	0	13	18	21	21	23	20	20	22	20	17	18	5,71	16,46	188%	
726523909	A22L055016	jul/22	15	31	0	0	1	0	1	0	13	18	17	19	18	17	14	15	16	18	16	6,86	14,00	104%	
862025966	A22L052019	jul/22	10	10	1	1	0	1	1	10	12	11	17	18	16	19	18	18	15	14	13	3,43	14,00	308%	
886034400	A22L055013	jul/22	5	5	0	0	0	0	0	0	1	0	2	4	4	4	4	2	1	3	3	1,43	2,15	51%	
309177944	A22L055020	jul/22	11	10	2	2	2	2	6	5	6	4	25	26	17	15	23	23	27	26	27	5,00	17,69	254%	
417773609	A22L055011	jul/22	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	3	0	1	0,14	0,69	385%	
309185530	A22L055018	jul/22	24	18	0	0	0	0	8	16	20	19	15	17	17	16	15	17	16	15	12	7,14	15,62	119%	
309183677	A22L052113	jul/22	1	2	1	0	1	1	0	1	1	1	6	8	7	6	11	11	8	7	7	0,86	5,69	564%	
711472505	A22L052120	jul/22	13	14	1	1	2	1	1	2	3	3	14	15	15	18	16	16	17	15	14	4,71	11,46	143%	
614321646	A22L052118	jul/22	17	16	1	1	1	1	0	1	0	1	14	14	14	14	14	14	14	13	2	5,29	8,85	67%	
309223644	A22L052117	jul/22	48	37	2	3	2	3	3	3	3	4	56	63	66	68	57	48	50	56	51	14,00	40,62	190%	
309223563	A22L052115	jul/22	0	0	6	8	8	2	5	9	8	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,14	2,46	-41%	
309179564	A22L055345	jul/22	35	27	4	2	3	1	7	16	18	20	27	28	25	30	33	34	36	41	48	11,29	27,92	147%	
903115743	A22L055348	jul/22	22	22	8	7	12	7	12	10	14	12	20	21	25	21	20	22	22	22	18	12,86	18,38	43%	
309187583	A22L055346	jul/22	12	10	2	2	93	1	0	1	2	1	13	12	15	9	10	13	14	11	13	17,14	8,77	-49%	
309181038	A22L055347	jul/22	59	49	1	1	2	2	0	2	1	1	43	42	52	51	43	43	47	46	59	16,29	33,08	103%	
309216435	A22L055349	jul/22	15	15	17	7	6	8	8	8	11	8	17	20	17	18	17	18	17	15	20	10,86	15,15	40%	
309206200	A22L055342	jul/22	0	8	3	5	2	2	4	4	5	6	2	0	7	9	15	19	17	16	18	3,43	9,38	174%	
309195098	A22L055350	jul/22	21	31	1	1	0	1	1	2	1	1	21	24	25	22	17	21	20	21	22	8,00	15,23	90%	
309218217	A22L055341	jul/22	26	24	2	24	46	1	5	2	2	2	32	34	24	34	28	32	28	34	31	18,29	22,15	21%	
309210585	A22L055344	jul/22	13	13	4	4	4	3	7	7	7	6	13	13	16	12	16	16	5	16	16	6,86	11,54	68%	
309209730	A22L055343	jul/22	17	16	2	1	1	0	4	2	2	9	14	19	17	15	19	21	16	18	18	5,86	13,38	129%	
430009321	A22L055186	jul/22	14	15	5	4	5	7	9	3	2	1	15	9	15	18	11	16	13	15	15	8,43	10,92	30%	
697162931	A22L055188	jul/22	34	39	6	5	6	5	6	6	17	9	39	45	41	55	31	32	27	39	30	14,43	29,00	101%	
309191009	A22L055190	jul/22	4	3	5	3	5	2	4	5	3	5	5	4	5	4	7	5	5	4	4	3,71	4,69	26%	
919344356	A22L055189	jul/22	1	1	3	2	3	2	2	3	2	2	0	1	1	0	1	0	1	1	0	2,00	1,08	-46%	
309191343	A22L055184	jul/22	2	1	8	6	9	6	5	12	11	10	1	1	1	1	1	3	1	0	5,29	3,69	-30%		
309177510	A22L055183	jul/22	3	1	6	6	9	6	0	34	8	9	10	8	4	2	0	9	1	1	0	4,43	6,62	49%	
309177600	A22L055181	jul/22	37	37	8	7	7	6	7	11	11	9	36	42	40	45	39	37	36	31	30	15,57	28,77	85%	
309176468	A22L055182	jul/22	7	0	3	5	3	10	0	2	2	4	14	28	34	5	8	5	3	26	16	4,00	11,31	183%	
309178320	A22L055185	jul/22	26	19	4	3	3	2	3	3	1	6	25	27	31	30	26	31	24	23	23	8,57	19,46	127%	
309176891	A22L055187	jul/22	7	37	4	1	1	1	1	2	10	11	51	34	33	58	59	45	98	67	70	7,43	41,46	458%	
309189527	A22L052091	jul/22	8	5	3	3	5	3	3	4	3	4	13	13	14	13	14	18	13	13	11	4,29	10,46	144%	
414530187	A22L052095	jul/22	24	2	5	4	4	4	8	8	7	9	18	12	5	7	8	22	4	8	7	7,29	9,46	30%	
932879845	A22L052093	jul/22	5	9	4	3	0	205	5	3	4	5	8	8	5	13	10	9	9	15	9	33,00	7,92	-76%	
309210666	A22L052092	jul/22	17	18	19	2	2	2	2	3	3	4	20	24	33	21	21	19	19	25	21	8,86	16,54	87%	
309210828	A22L052094	jul/22	3	4	7	6	6	6	6	2	6	5	1	5	5	7	6	6	6	7	6	5,43	5,23	-4%	
		Soma Volume Consumido	8.467	7.751	8.493	7.786	7.813	7.555	7.815	8.486	9.141	8.544	8.886	9.622	9.296	9.234	8.516	9.005	8.689	9.014	8.993				
		Média	13,97	12,79	14,01	12,85	12,89	12,47	12,90	14,00	15,08	14,10	14,66	15,88	15,34	15,24	14,05	14,86	14,34	14,87	14,84				

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Apêndice 2 – Visualização parcial da tabela dinâmica Excel com os dados

The screenshot displays the Microsoft Excel interface with a dynamic table. The table is filtered for the month of May 2023. The 'Total geral' (Total) for May is 9137. The 'Lista de campos da tabela dinâmica' (Dynamic Table Fields) task pane is open on the right, showing selected fields like 'Consumo Medido' and 'Consumo Faturado de Água'.

Rótulos de Linha	Contagem de Categoria de Uso	Soma de Valor da fatura	Soma de Consumo Medido	Soma de Consumo Faturado de Água
COMERCIAL	51	10850,83	515	731
INDUSTRIAL	1	705,33	36	36
MISTA	8	1961,03	174	204
RESIDENCIAL	516	59342,57	7637	8311
Total geral	576	72859,76	8362	9282

Rótulos de Linha	Contagem de Categoria de Uso	Soma de Valor da fatura	Soma de Consumo Medido	Soma de Consumo Faturado de Água
COMERCIAL	50	10898,64	526	754
INDUSTRIAL	1	672,09	34	34
MISTA	8	2114,32	173	210
RESIDENCIAL	516	58287,5	7410	8139
Total geral	575	71972,55	8143	9137

Fonte: Elaborado pelo autor (2023)