

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
PROGRAMA DE ENGENHARIA AMBIENTAL

**MARIANA DA SILVA AZEVEDO**

AVALIAÇÃO DAS PERDAS EM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM UM  
SETOR AMOSTRAL NO BAIRRO DE LARANJEIRAS/ RIO DE JANEIRO/ RJ:  
estudo de caso com base na metodologia da IWA

RIO DE JANEIRO

2023

**MARIANA DA SILVA AZEVEDO**

AVALIAÇÃO DAS PERDAS EM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM UM  
SETOR AMOSTRAL NO BAIRRO DE LARANJEIRAS/ RIO DE JANEIRO/ RJ:  
estudo de caso com base na metodologia da IWA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental da  
Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título  
de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Monica Maria Pena

RIO DE JANEIRO

2023

**MARIANA DA SILVA AZEVEDO**

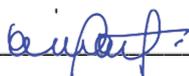
**AVALIAÇÃO DAS PERDAS EM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM UM  
SETOR AMOSTRAL NO BAIRRO DE LARANJEIRAS/ RIO DE JANEIRO/ RJ:  
estudo de caso com base na metodologia da IWA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao  
Programa de Engenharia Ambiental da  
Universidade Federal do Rio de Janeiro,  
como requisito parcial à obtenção do título  
de Mestre em Engenharia Ambiental.

Aprovada em:

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Monica Maria Pena/UFRJ



---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Monica Pertel/UFRJ

---

Prof. Dr. Isaac Volschan Jr./UFRJ

---

Prof. Dr. José Paulo Soares de Azevedo/UFRJ

À minha família: Francisco, Neuza e Juliana, por serem a base de cada passo e conquista da minha vida. Obrigada por acreditarem em mim, me apoiarem e me ensinarem o que é o amor genuíno.

## **AGRADECIMENTOS**

À minha orientadora, Profa. Monica Maria Pena, agradeço pelo apoio.

A toda equipe da CEDAE, em especial ao engenheiro Eugênio Eduardo Queiroz Macedo, ao engenheiro Luiz Cláudio Drumond e à equipe de estagiários que fizeram possível o desenvolvimento deste trabalho.

À minha querida amiga que me acompanhou na graduação para o mestrado, Débora, por me incentivar a continuar e ouvir minhas queixas.

Às minhas amigas Yasmin, Carla, Larissa, Maiane, Lohanna, Danielle e Érika, por acompanharem todo processo e torcerem por mim.

A todo corpo docente da UFRJ, pesquisadores e cientistas, por dedicarem suas vidas em prol do conhecimento e do desenvolvimento sustentável.

*“A natureza sempre recupera tudo o que a  
pertence”  
(Anônimo)*

AZEVEDO, Mariana da Silva. **Avaliação das perdas em sistema de abastecimento de água em um setor amostral no bairro de Laranjeiras/ Rio de Janeiro/ RJ:** estudo de caso com base na metodologia da IWA. Rio de Janeiro, 2023. Dissertação (Mestrado) - Programa de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

## RESUMO

O aumento da demanda pelos recursos hídricos tem levado o meio ambiente a um cenário de estresse e instabilidade. A água potável é a base do desenvolvimento da vida humana e de suas atividades. O setor de abastecimento de água é um dos grandes usuários dos recursos hídricos e, por isso, a eficiência quantitativa de todo o processo de entrega de água potável deve ter a atenção das prestadoras de serviços de saneamento, a fim de evitar as perdas de água ao longo da trajetória da água. Esta dissertação é um estudo de caso e tem como objetivo analisar o processo de minimização de perdas de água implementando ações de controle no Distrito de Medição e Controle (DMC<sup>1</sup>), localizado no bairro de Laranjeiras, na zona sul da cidade do Rio de Janeiro entre 2016 e 2021. Serão analisados e discutidos aspectos de variação de indicadores quando analisados mensal e anualmente, fazendo comparação de ações de perdas feitas em outros estudos e será proposto um protocolo de perdas a partir da experiência deste estudo e de outros da literatura. Por fim, serão feitas recomendações em relação aos indicadores do SNIS e para prestadoras de serviço que estejam iniciando procedimentos de gestão de perdas.

Palavras-chave: Abastecimento de água. Perdas de água. Gestão.

---

<sup>1</sup> Em português, utiliza-se o termo Distrito de Medição e Controle como sinônimo ao *District Metered Area* do inglês.

AZEVEDO, Mariana da Silva. **Evaluation of losses in a water supply system in a sample sector in the Laranjeiras neighborhood / Rio de Janeiro / RJ:** case study based on the IWA methodology. Rio de Janeiro, 2023. Dissertation (Master's degree) - Environmental Engineering Program, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

## **ABSTRACT**

The increase in demand for water resources has led the environment to a scenario of stress and instability. Drinking water is the foundation of human life and activities. The water supply sector is one of the major users of water resources, and therefore, the quantitative efficiency of the entire process of delivering drinking water should be the focus of attention for sanitation service providers in order to prevent water losses along the water's trajectory. This dissertation is a case study and aims to analyze the process of minimizing water losses by implementing control actions in the Measurement and Control District (DMC) located in the Laranjeiras neighborhood, in the southern zone of the city of Rio de Janeiro between 2016 and 2021. Aspects of indicator variation when analyzed monthly and annually will be analyzed and discussed; comparison of loss actions made in other studies will be proposed, and a loss protocol will be proposed based on the experience of this study and others from the literature. Finally, recommendations will be made regarding SNIS indicators and for service providers who are starting loss management procedures.

Keyword: Water supply. Water losses. Management.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução das perdas na distribuição – Brasil .....	20
Figura 2 – Linha do tempo dos principais marcos do saneamento .....	34
Figura 3 – Hidrômetros velocimétricos do tipo monojato e multijato .....	42
Figura 4 – Hidrômetros volumétrico .....	43
Figura 5 – Utilização de filtro antes do hidrômetro.....	44
Figura 6 – Inscrições e marcas obrigatórias no hidrômetro .....	48
Figura 7 – Curva de Desempenho da Medição .....	48
Figura 8 – Cruz de Perdas Aparentes .....	49
Figura 9 – Caixa de leitura.....	51
Figura 10 – Tipos de vazamento .....	52
Figura 11 – Cruz de perdas reais .....	53
Figura 12 – Comparativo dos volumes com a utilização de VRPs.....	55
Figura 13 – Ruídos em uma situação de vazamentos .....	56
Figura 14 – Intensidade de ruído de acordo com material da rede.....	56
Figura 15 – Componentes da haste de escuta mecânica .....	58
Figura 16 – Utilização de geofone .....	58
Figura 17 – Ilustração do funcionamento do correlacionador de ruídos .....	59
Figura 18 – Sistema de indicadores de desempenho.....	61
Figura 19 – Perdas de água em sistemas urbanos em porcentagem.....	64
Figura 20 – Perdas por ligação das capitais dos estados.....	69
Figura 21 – Tipos de vazamento .....	74
Figura 22 – Relação entre pressão e vazão de vazamento.....	76
Figura 23 – Área de estudo no bairro de Laranjeiras.....	78
Figura 24 – Densidade demográfica em habitantes por Km <sup>2</sup> .....	79
Figura 25 – Média de moradores por domicílio ocupado .....	79
Figura 26 – Mapa hipsométrico da área de estudo.....	80
Figura 27 – Posição dos macro medidores e traçado da rede .....	82
Figura 28 – DMC General Glicério.....	82
Figura 29 – DMC Belisário Távora.....	83
Figura 30 – DMC Laranjeiras .....	84
Figura 31 – Pontos de medição Gal. Glicério e Belisário Távora.....	85

Figura 32 – Uso de haste de escuta na busca de vazamentos não visíveis ...	88
Figura 33 – Localização de vazamento oculto e reparo.....	89
Figura 34 – Vazamento exposto para reparo.....	89
Figura 35 – Ligação clandestina na rede .....	91
Figura 36 – Hidrômetro fraudado.....	91
Figura 37 – Passos do estudo para obtenção de dados.....	92
Figura 38 – Evolução temporal de cada fase do estudo.....	95
Figura 39 – Fórmulas de cálculo de perdas reais e aparentes .....	104
Figura 40 – Balanço Hídrico 2017 .....	105
Figura 41 – Balanço Hídrico 2018 .....	106
Figura 42 – Balanço Hídrico 2019 .....	107
Figura 43 – Balanço Hídrico 2020 .....	108
Figura 44 – Balanço Hídrico 2021 .....	109
Figura 45 – Resumo de protocolo de perdas proposto.....	124

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Índice percentual de perdas na distribuição em macrorregiões ...	65
Gráfico 2 – Índices de perdas por ligação e na distribuição.....	66
Gráfico 3 – IN051 por região (L/lig./dia) .....	67
Gráfico 4 – Histograma Perdas por ligação do estado brasileiro (L/lig./dia) ...	68
Gráfico 5 – Evolução dos volumes Macro e Micro medidores (m <sup>3</sup> ).....	100
Gráfico 6 – Evolução dos indicadores percentuais IN010 e IN013 .....	101
Gráfico 7 – IN 051- Perdas por ligação do estudo de caso.....	102
Gráfico 8 – Evolução dos indicadores percentuais IN010 e IN013 .....	110
Gráfico 9 – Evolução dos indicadores percentuais IN010 e IN013 .....	110
Gráfico 10 – Índice de perdas por ligação IN 051 (L/lig./dia) .....	111

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Componentes do Balanço Hídrico .....	38
Quadro 2 – Tabela de vazões nominais e suas vazões máximas.....	46
Quadro 3 – Classes metrológicas e suas vazões nominais, mínimas e de transição	47
Quadro 4 – Indicadores da metodologia IWA.....	62
Quadro 5 – Comparativo dos consumos reais e esperados.....	90
Quadro 6 – Parâmetros antes e depois da primeira etapa.....	98
Quadro 7 – Comparativo dos parâmetros durante a segunda etapa.....	99
Quadro 8 – Comparativo ao final do estudo.....	99

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tipos de hidrômetros e seus princípios de funcionamento .....	45
Tabela 2 – Indicadores correspondentes SNIS e IWA.....	63
Tabela 3 – Estados brasileiros por faixa de perda por ligação por dia .....	68
Tabela 4 – Hidrômetros e valores de submedição.....	87
Tabela 5 – Distribuição dos medidores novos .....	87
Tabela 6 – Perdas financeiras mensais .....	101
Tabela 7 – Dados do DMC considerando volumes totais anuais.....	110
Tabela 8 – Comparativo entre indicadores mensais e anuais .....	112
Tabela 9 – Perdas financeiras – reais.....	113
Tabela 10 – Perdas financeiras – aparentes .....	113
Tabela 11 – Resultado total (aparentes e reais) .....	113
Tabela 12 – Custo de reconfiguração do parque de hidrômetros .....	114
Tabela 13 – Informações principais de cada estudo abordado.....	120

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 Objetivo Geral.....	17
1.1.1 Objetivos específicos.....	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.1 Evolução de instrumentos de qualidade da água e contexto internacional.....	19
2.2 Marcos do saneamento no Brasil.....	21
2.3 Histórico do saneamento no Brasil: do PLANASA aos dias atuais.....	28
2.4 Metodologia IWA.....	34
2.5 Balanço hídrico.....	36
2.5.1 Perdas Aparentes.....	40
2.5.2 Perdas Reais.....	51
2.5.2.1 Gerenciamento de pressão.....	53
2.5.2.2 Detecção de vazamentos por métodos acústicos.....	55
2.5.2.3 Agilidade e qualidade dos reparos.....	60
2.5.2.4 Gerenciamento de infraestrutura.....	60
2.6 Indicadores de perdas.....	60
2.6.1 Indicadores percentuais.....	63
2.6.2 Indicadores de perdas por ramal e por extensão de rede.....	65
2.6.3 Índice infraestrutural de perdas.....	69
2.6.3.1 Perdas Reais Inevitáveis.....	70
2.7 Avaliação das vazões mínimas noturnas (método <i>bottom up</i> ).....	71
2.8 Método BABE – Background and Burst Estimates.....	73
2.9 <i>Fixed and Variable Area Discharge Paths</i> – Importância do controle da pressão na rede.....	75
2.10 Método PDCA.....	77
3 ESTUDO DE CASO.....	78
4 METODOLOGIA.....	81
4.1 Ações de redução de perdas e resultados mensais.....	86
4.2 Elaboração dos Balanços Hídricos e resultados anuais.....	93
4.3 Comparativo com estudos de perdas.....	96
4.4 Proposta de protocolo de perdas.....	96

5 RESULTADOS.....	98
5.1 Redução de perdas e os resultados mensais.....	98
5.2 Resultado do Balanço Hídrico e comparativo com resultados anuais (doze meses).....	104
5.3 Resultados dos estudos aplicados sobre o tema de redução de perdas.....	115
5.3.1 Recife/PE.....	115
5.3.2 Municípios da região hidrográfica dos rios Guapi-Macacu e Caceribu/RJ.....	117
5.3.3 Região Metropolitana de São Paulo/SP.....	117
5.3.4 Análise comparativa dos estudos.....	119
5.4 Proposta de Protocolo de Perdas.....	123
6 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....	127
REFERÊNCIAS.....	129

## 1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural intrínseco à sobrevivência dos seres humanos. Ela possuiu um papel importante na sedentarização das pequenas populações que se instalavam nos contornos dos cursos d'água para sobreviver desde o período Neolítico até o desenvolvimento das cidades e da sociedade moderna. No entanto, com o crescimento populacional desenfreado e o aumento da demanda desse recurso, por conta do padrão de consumo moderno, a questão da escassez hídrica e a necessidade de sua preservação têm se tornado os principais focos de preocupação de entes políticos e da sociedade como um todo.

Do ponto de vista da disponibilidade hídrica, podem-se notar os mais variados usos em quantidade e qualidade demandados pela população e atividades econômicas que são necessários para suprir o modo de vida e consumo atual. Alguns desses usos resultam em perda de quantidade e qualidade da água (uso consuntivo) e outros resultam em perda de qualidade (uso não consuntivo). Os usos consuntivos mais expressivos são os da agricultura, industrial e doméstico. Sendo assim, ressalta-se a importância de se ter gestão eficiente do sistema de abastecimento de água para garantir que o uso seja sustentável.

Segundo o site<sup>2</sup> da Agência Nacional de Águas - ANA, estima-se que o país possui cerca de 12% da água doce superficial disponível do mundo. No entanto, a distribuição da água no território brasileiro não é homogênea. A região Norte concentra cerca de 80% da água disponível e representa apenas 5% da população total. Já a região costeira do Oceano Atlântico possui 45% de população total e apenas 3% dos recursos hídricos do país. As características de distribuição e demanda de água do Brasil criam situações de estresse hídrico principalmente próximo aos grandes centros urbanos, afetando a disponibilidade e qualidade da água consumida pelos usuários.

A matriz elétrica brasileira é composta por cerca de 65% de fonte hidráulica (EPE, 2018). Segundo dados do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA/USP), em parceria com a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), no ano de 2019, a soma de bens e serviços gerados no agronegócio

---

<sup>2</sup> Disponível em <https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/brasil-tem-cerca-de-12-das-reservas-mundiais-de-a.2019-03-15.1088913117>

chegou a 1,55 trilhões de reais, o que representa 21,4% do PIB brasileiro. Dentro deste segmento, o ramo agrícola é o mais expressivo, constituindo cerca de 70% da parcela e a pecuária com 32% (CNA, 2020). Porém, a visão sobre os recursos hídricos nacionais não deve ser apenas de insumo para sustentar a economia, prover o recurso não é a única função da água. Deve-se considerar que esses ecossistemas abrigam grande biodiversidade que, além de fonte de renda e alimentação, também fazem parte do patrimônio do país.

Além do aumento da demanda, outro fator que aumenta a preocupação em relação aos recursos hídricos são os efeitos das mudanças climáticas em todo o mundo. O relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas - IPCC de 2014, afirma que as populações serão muito afetadas com dois extremos: a escassez de água e os fenômenos de inundações. Esses eventos hidrológicos extremos serão evidenciados devido ao aumento das temperaturas projetadas para o século XXI. As incertezas em relação à disponibilidade hídrica ainda são um obstáculo para o gerenciamento do recurso, porém é necessário que sejam planejadas ações em curto prazo.

Dessa forma, a crise hídrica evidencia cada vez mais a importância do uso eficiente do recurso disponível por meio da gestão de perdas nos sistemas de abastecimento. O volume perdido é uma informação que deve ser conhecida pelas companhias de saneamento pelo monitoramento e interpretação dos indicadores de perdas. As perdas, no geral, possuem dois aspectos negativos importantes: uma parte do volume sequer chega aos consumidores, causando a perda do próprio volume de água tratado, e a outra parcela não é faturada pela companhia, causando desequilíbrio financeiro. O aumento dos gastos pelas concessionárias e a diminuição da arrecadação faz com que o valor do serviço prestado se torne mais caro e esse desequilíbrio, geralmente, é repassado aos consumidores finais.

Segundo PENA (2010), os estudos aprofundados sobre perdas foram desenvolvidos inicialmente por locais como os países do Reino Unido e o Japão, os quais haviam experienciado secas severas que afetaram as diversas atividades desenvolvidas nos países. No Brasil, a Região Metropolitana de São Paulo apresentou sérios problemas de disponibilidade hídrica ao atendimento da população, levando a SABESP, desde os anos 1990, a buscar consultorias e parcerias internacionais

(franceses/medidores de vazão; ingleses/Allan Lambert, Malcolm Farley; JICA/Japão), visando atender o controle e redução das perdas de água.

A implementação de boas práticas acarretou um ganho de 3 metros cúbicos por segundo na produção de água<sup>3</sup>. O resultado foi possível, inclusive, com a utilização de VRP's – válvulas redutoras de pressão. No Brasil, a implementação de procedimentos para uma gestão de perdas pelas companhias é iniciada, porém não possui permanência e atenção merecida. O estudo de caso proposto neste trabalho visa mostrar de forma prática a experiência da Companhia Estadual de Água e Esgoto /CEDAE em um setor amostral – Bairro de Laranjeiras/ Rio de Janeiro/ RJ.

A escolha da área de estudo possui um fator pessoal. Esta área foi selecionada por ser uma região de estudo em que a autora esteve em contato durante seu estágio profissional na CEDAE pelo período de dois anos entre 2016 e 2018. Durante o processo estabelecido, foram implementadas ações corretivas e preventivas com objetivo de combate às perdas. Dessa forma, foi possível avaliar o resultado de controle de perdas comparando com outros estudos de caso já realizados e presentes na literatura. Além disso, foi possível criar um “protocolo” de ações para concessionárias e prestadoras implementarem em seus sistemas e sugerir melhorias nos indicadores de perdas atuais do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS.

## 1.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem por objetivo avaliar e discutir o controle e redução de perdas do sistema de abastecimento de água no bairro de Laranjeiras, zona sul da cidade do Rio de Janeiro.

### 1.1.1 Objetivos específicos

- a) analisar os dados e indicadores mensais obtidos entre 2016 e 2018 pelos indicadores do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS e propor melhorias no processo realizado e no sistema de gestão da prestadora;

---

<sup>3</sup> Em palestra no Rio de Janeiro, em 2009, Diretor Metropolitano da SABESP – eng. Paulo Massato.

- b) comparar os dados e indicadores mensais obtidos com os dados e indicadores anuais do balanço hídrico para análise de variação e discutir aspectos dos resultados anuais;
- c) avaliar a eficiência na redução de perdas em cada etapa do estudo em questão, comparando com outros três estudos da literatura;
- d) criar um protocolo de ações para concessionárias e prestadoras para iniciarem a redução de perdas em áreas similares.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Evolução de instrumentos de qualidade da água e contexto internacional

Com o passar do tempo e com a evolução das cidades, o uso da água foi se tornando cada vez mais crescente e diversificado. A qualidade requerida também se tornou mais exigente com o avanço dos estudos que relacionam saúde e saneamento. No Brasil, o processo de revisão do padrão de potabilidade da água para consumo humano apresentou um avanço significativo em relação ao seu conteúdo. A primeira legislação nacional que estabeleceu o padrão de potabilidade da água foi a Portaria Bsb (Bsb significa Brasil/Brasília) nº 56, de 14 de março de 1977, a qual contemplava o padrão de potabilidade segundo apenas os aspectos microbiológicos e parâmetros de qualidade física, química e organoléptica, incluindo Valores Máximos Desejáveis (VMD), além do Valor Máximo Permitido (VMP), para os parâmetros físicos e químicos. Atualmente, está vigente a Portaria GM/MS nº 888 de 2021, que alterou o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/GM/MS de 2017. Em relação aos parâmetros que sofreram alteração, destacam-se os seguintes:

- cloro residual: na Portaria nº 5 de 2017, era recomendado o valor máximo de cloro residual livre de 2 mg/L em qualquer ponto de abastecimento. Na nova portaria, essa referência não é mais citada, ou seja, abre-se precedente de interpretação em que o valor máximo seja de 5 mg/L, conforme mostra o Anexo 9 do documento em que o VMP do cloro residual é de 5 mg/L. Essa alteração pode gerar alguns pontos de atenção, principalmente porque, a partir da concentração de 2mg/L, é possível que aconteçam estímulos sensoriais, como sabor e odor por parte do consumidor;
- fluoreto: foi alterada a frequência da análise desse parâmetro. Na antiga portaria, a análise deveria ser feita a cada 2 horas para mananciais superficiais e a cada 2 horas para fontes subterrâneas. Na nova portaria, o fluoreto deve ser monitorado a cada 2 horas independentemente do tipo da fonte;
- controle de qualidade dos materiais: foi acrescentado às responsabilidades dos operadores dos Sistema de Abastecimento de Água e de Solução Alternativa Coletiva a exigência de comprovação dos fornecedores de que os materiais utilizados na produção, armazenamento e distribuição não alteram a qualidade

da água e não ofereçam risco à saúde, segundo critérios da ANSI/NSF 61 ou certificação do material por um Organismo de Certificação de Produto (OCP) reconhecido pelo INMETRO;

- controle de qualidade dos produtos químicos: passou a ser exigido dos fornecedores laudo de comprovação de baixo risco a saúde, para o controle de qualidade dos produtos químicos utilizados no tratamento da água, considerando a norma técnica da ABNT NBR 15.784/2017.

Em relação aos dados quantitativos de distribuição, o Brasil vem apresentando uma evolução nos percentuais de perdas na distribuição em nível nacional. A Figura 1 mostra o crescimento progressivo desde 2016 e um grande aumento desse crescimento entre 2018 e 2020. Esse cenário reforça o esforço do país a ser feito para acompanhar as tendências internacionais para promoção de saúde pública e universalização do saneamento, como a publicação da Portaria nº 333 de 16 de agosto de 2018, do Ministério do Meio Ambiente – MMA, cujo objetivo é desenvolver estratégias para que o MMA alcance as metas da Agenda 2030 e dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - Estratégia ODS.

Figura 1 – Evolução das perdas na distribuição – Brasil



Fonte: SNIS, 2022

Um dos grandes marcos da preocupação mundial em relação aos recursos hídricos é a inserção desse tema como um dos tópicos dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, mais conhecido como ODS, que são metas instituídas por uma agenda de desenvolvimento sustentável capitaneada pela ONU com o consenso dos países membros. No total, são 17 objetivos e 169 metas a serem atingidas em diversos aspectos até 2030. O ODS 6, em particular, especifica a visão

integrada sobre os recursos hídricos além de demonstrar as prioridades dos esforços das políticas públicas. Este ODS visa “Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos” e possui oito metas que são listadas a seguir:

**6.1** Até 2030, alcançar o acesso universal e equitativo à água potável e segura para todos;

**6.2** Até 2030, alcançar o acesso a saneamento e higiene adequados e equitativos para todos e acabar com a defecação a céu aberto, com especial atenção às necessidades das mulheres e meninas e daqueles em situação de vulnerabilidade;

**6.3** Até 2030, 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** Até 2030, 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** Até 2030, implementar a gestão integrada dos recursos hídricos em todos os níveis, inclusive via cooperação transfronteiriça, conforme apropriado;

**6.6** Até 2020, proteger e restaurar ecossistemas relacionados à água, incluindo montanhas, florestas, zonas úmidas, rios, aquíferos e lagos;

**6.a** Até 2030, 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 reuso;

**6.b** Apoiar e fortalecer a participação das comunidades locais para melhorar a gestão da água e do saneamento.

## 2.2 Marcos do saneamento no Brasil

Segundo a FUNASA (2004), saneamento ambiental é conceituado como ações socioeconômicas com a finalidade de atingir a Salubridade Ambiental por meio do abastecimento de água em quantidade e qualidade suficientes, gestão dos resíduos

sólidos (coleta, tratamento e disposição final), esgotamento sanitário em todas as suas fases (coleta, transporte, tratamento e disposição final adequada de efluentes sanitários) e drenagem urbana. Permeia, também, no conceito de saneamento ambiental, a promoção da disciplina sanitária do uso do solo e controle de vetores e doenças (principalmente doenças de veiculação hídrica ou feco-oral) com o objetivo de melhorar a qualidade de vida tanto urbana como rural. Por sua vez, a Salubridade Ambiental é entendida como estado de higidez da população urbana e rural. É a gestão com objetivo de promover condições ambientais favoráveis ao pleno gozo de saúde e bem-estar da sociedade.

A qualidade de vida da população de um país é influenciada por diversos fatores. No que diz respeito ao serviço de saneamento, pode-se destacar a eficiência, a qualidade e a universalidade. Esse setor é considerado um item estratégico de gestão dos governos, já que impacta diretamente sobre a saúde pública, o meio ambiente e o desenvolvimento econômico e social (FUNASA, 2004).

Os entraves do saneamento podem ser observados em todo o país, de norte a sul, e impactam diversas áreas, como saúde, educação, turismo e meio ambiente. É importante ressaltar que a água é um fator limitante para o crescimento econômico e desenvolvimento de uma região, por isso é um ponto estratégico a ser gerido. A garantia ao acesso à água em qualidade e quantidades suficientes é prevista em lei e é de responsabilidade do poder público. A universalização do acesso à água pode ser atingida por meio de obras de represamento, captação, tratamento, reserva e distribuição (titularidade municipal) atrelada à utilização de técnicas que objetivem o uso eficiente da água. Também pode-se destacar a melhoria do planejamento da gestão dos recursos hídricos (titularidades nacional e estadual) e da regulação dos serviços para preservar a disponibilidade hídrica para a atual e futuras gerações (MENEGUIM; PRADO, 2018).

A Lei nº 11.445/2007, que estabelece a Política Nacional de Saneamento Básico, em seu Art. 4º, elucida que os recursos hídricos não integram os serviços públicos do saneamento, porém destaca-se aqui que aquele constitui um aspecto fundamental do saneamento por fornecer matéria-prima adequada às prestadoras do serviço de saneamento básico. Sendo assim, o saneamento é um dos diversos setores usuários dos recursos hídricos.

Art. 4º Os recursos hídricos não integram os serviços públicos de saneamento básico.

Parágrafo único. A utilização de recursos hídricos na prestação de serviços públicos de saneamento básico, inclusive para disposição ou diluição de esgotos e outros resíduos líquidos, é sujeita a outorga de direito de uso, nos termos da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, de seus regulamentos e das legislações estaduais (BRASIL, 2007).

Conforme visto no parágrafo único da Política Nacional de Saneamento Básico, o recurso hídrico utilizado pelo setor do saneamento está passível de outorga de acordo com o Art. 12 da Lei nº 9.433/97, que estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos abaixo:

Art. 12. Estão sujeitos a outorga pelo Poder Público os direitos dos seguintes usos de recursos hídricos:  
I - derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo;  
II - extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo (BRASIL, 1997).

O serviço público de saneamento básico é considerado de interesse local, segundo a Constituição Federal de 1988. A competência da União no campo do saneamento básico acontece por meio da formulação de diretrizes, ou seja, orientações gerais acerca desse campo. A base constitucional para a União legislar sobre saneamento básico está no inciso XX do Art. 21 da Constituição Federal de 1988:

“Art. 21. Compete à União:

XX - instituir diretrizes para o desenvolvimento urbano, inclusive habitação, saneamento básico e transportes urbanos” (BRASIL, 1988).

A Constituição também discorre sobre a competência comum entre os entes federativos em relação ao saneamento no Art. 23, inciso IX:

“Art. 23. É competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios: IX - promover programas de construção de moradias e a melhoria das condições habitacionais e de saneamento básico” (BRASIL, 1988).

A Constituição Federal traz, em seu artigo 30, as competências dos municípios arroladas nos incisos de I a IX. Pode-se destacar que o texto esclarece que é competência municipal, entre outras, legislar sobre assunto de interesse local, prestar serviços públicos de interesse local e promover, no que couber, adequado

ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso do parcelamento e da ocupação do solo urbano. Segundo Pena (2004), na Constituição Federal, não existe uma previsão expressa da titularidade dos serviços de saneamento, assim o município será o titular do serviço caso ele seja de interesse local, ou seja, em que as atividades de prestação dos serviços, compreendidas por todas as suas fases - reservação, captação e transporte de água bruta; tratamento, transporte (adução), reservação e distribuição de água tratada; e coleta, transporte, tratamento e disposição final dos esgotos sanitários - se esgotam no próprio município, não sendo necessário compartilhar instalações e equipamentos com outros municípios. Ou seja, o município é o responsável por executar ou fazer executar as atividades e serviços relacionados ao saneamento.

Art. 30. Compete aos Municípios:

I - legislar sobre assuntos de interesse local;

II - suplementar a legislação federal e a estadual no que couber;

III - instituir e arrecadar os tributos de sua competência, bem como aplicar suas rendas, sem prejuízo da obrigatoriedade de prestar contas e publicar balancetes nos prazos fixados em lei;

IV - criar, organizar e suprimir distritos, observada a legislação estadual;

V - organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local, incluído o de transporte coletivo, que tem caráter essencial;

VI - manter, com a cooperação técnica e financeira da União e do Estado, programas de educação infantil e de ensino fundamental;

VII - prestar, com a cooperação técnica e financeira da União e do Estado, serviços de atendimento à saúde da população;

VIII - promover, no que couber, adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano;

IX - promover a proteção do patrimônio histórico-cultural local, observada a legislação e a ação fiscalizadora federal e estadual.

No entanto, o Art. 241 da Constituição Federal de 1988 prevê que existe a possibilidade de que a União, os estados, o Distrito Federal e os municípios executem a gestão associada de serviços públicos conforme o texto a seguir:

Art. 241. A União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios disciplinarão por meio de lei os consórcios públicos e os convênios de cooperação entre os entes federados, autorizando a gestão associada de serviços públicos, bem como a transferência total ou parcial de encargos, serviços, pessoal e bens essenciais à continuidade dos serviços transferidos.

O novo marco do saneamento, por meio da Lei Federal nº 14.026 de 2020, inova nas legislações existentes até então, em seu artigo oitavo, ao determinar a titularidade nos casos previstos no artigo 241 da CF.

Art. 8º Exercem a titularidade dos serviços públicos de saneamento básico:  
I - os Municípios e o Distrito Federal, no caso de interesse local;  
II - o Estado, em conjunto com os Municípios que compartilham efetivamente instalações operacionais integrantes de regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões, instituídas por lei complementar estadual, no caso de interesse comum.  
§ 1º O exercício da titularidade dos serviços de saneamento poderá ser realizado também por gestão associada, mediante consórcio público ou convênio de cooperação, nos termos do art. 241 da Constituição Federal, observadas as seguintes disposições:  
I - fica admitida a formalização de consórcios intermunicipais de saneamento básico, exclusivamente composto de Municípios, que poderão prestar o serviço aos seus consorciados diretamente, pela instituição de autarquia intermunicipal;  
II - os consórcios intermunicipais de saneamento básico terão como objetivo, exclusivamente, o financiamento das iniciativas de implantação de medidas estruturais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo de águas pluviais, vedada a formalização de contrato de programa com sociedade de economia mista ou empresa pública, ou a subdelegação do serviço prestado pela autarquia intermunicipal sem prévio procedimento licitatório.

Ainda de acordo com Meneguim e Prado (2018), o conceito de saneamento foi se moldando ao longo do tempo. A princípio, saneamento básico compreendia apenas abastecimento de água e todas as suas fases inerentes e o esgotamento sanitário. Passaram a fazer parte de seu entendimento a gestão de resíduos sólidos e a drenagem pluvial. A expansão desse conceito foi necessária para indicar a real importância desse serviço, que está diretamente relacionada ao desenvolvimento das atividades humanas e como elemento vital à perpetuação da vida. Dessa forma, o saneamento básico é um serviço prestado para atingir interesses tutelados pelo Estado e está diretamente ligado a outras leis federais de promoção de saúde pública.

Nesse sentido, pode-se destacar o SUS (Sistema Único de Saúde), que tem como um de seus campos de atuação a participação na formulação da política e na execução de ações de saneamento básico, de acordo com a Lei nº 8.080/90. A referida lei também destaca alguns fatores determinantes para saúde, os quais são a alimentação, a moradia, o saneamento básico, o meio ambiente, o trabalho, a renda, a educação, a atividade física, o transporte, o lazer e o acesso aos bens e serviços essenciais. Também se pode destacar que os serviços de saneamento são considerados essenciais de acordo com o Art. 10 da Lei nº 7.783/89 (Lei de Greve),

que define as atividades essenciais e regula o atendimento das necessidades inadiáveis da comunidade.

Além de ter vínculo direto com as legislações pertinentes à saúde pública, o saneamento também permeia as questões habitacionais do país. Desde 1979, por meio da Lei nº 6766 de 19 de dezembro de 1979, o Brasil já possui orientação legal sobre o tema de uso e ocupação do solo. A referida legislação dispõe sobre o parcelamento e uso do solo urbano. O texto discorre sobre as modalidades de parcelamento do solo, que podem ser na forma de loteamento e desmembramento, conforme visto a seguir:

Art. 2º. O parcelamento do solo urbano poderá ser feito mediante loteamento ou desmembramento, observadas as disposições desta Lei e as das legislações estaduais e municipais pertinentes.

§ 1º Considera-se loteamento a subdivisão de gleba em lotes destinados a edificação, com abertura de novas vias de circulação, de logradouros públicos ou prolongamento, modificação ou ampliação das vias existentes.

§ 2º Considera-se desmembramento a subdivisão de gleba em lotes destinados a edificação, com aproveitamento do sistema viário existente, desde que não implique na abertura de novas vias e logradouros públicos, nem no prolongamento, modificação ou ampliação dos já existentes (BRASIL, 1979).

Vinculando-se com as questões ambientais e sanitárias, a Lei 9.785 de 9 de janeiro de 1999, que altera parte da lei de parcelamento (Lei nº 6.766/79), traz os requisitos mínimos de atendimento para novos loteamentos, sendo estes os que possuem infraestrutura básica aprovada em plano diretor ou lei municipal. As legislações em questão versam sobre um tema que está completamente vinculado ao saneamento e, conseqüentemente, ao processo de fornecimento de água potável às populações. Cidades que têm planejamento urbano permitem o uso adequado do espaço, fazendo com que a infraestrutura básica da cidade acompanhe o crescimento do município. Dessa forma, o acesso a serviços como saneamento, habitação, transporte, entre outros, se torna possível em todo território, e não apenas concentrado em algumas localizações.

Em seguida, há a definição do termo infraestrutura básica com conceitos abrangidos pelo saneamento, conforme o Art. 3º a seguir:

§ 4º Considera-se lote o terreno servido de infraestrutura básica cujas dimensões atendam aos índices urbanísticos definidos pelo plano diretor ou lei municipal para a zona em que se situe.

§ 5º Consideram-se infraestrutura básica os equipamentos urbanos de escoamento das águas pluviais, iluminação pública, redes de esgoto sanitário e abastecimento de água potável, e de energia elétrica pública e domiciliar e as vias de circulação pavimentadas ou não (BRASIL, 1979).

A universalização dos serviços de saneamento não pode ser alcançada sem especificar planos efetivos de regularização fundiária e de ocupação e uso do solo, uma vez que a população que não possui acesso ao serviço básico é a mesma que está localizada em moradias precárias e em locais inadequados, tais como encostas, fundos de vale, áreas de aterro, entre outros.

Segundo Andrade (2008), a regularização fundiária é a inclusão socioespacial da cidade informal ou dos conglomerados subnormais. Para esses casos, onde o ordenamento territorial não acompanhou o crescimento das cidades, foi criada a Lei nº 11.977 de 7 de julho de 2009, que dispõe especificamente sobre o Programa Minha Casa, Minha Vida – PMCMV e a regularização fundiária de assentamentos localizados em áreas urbanas. Desta lei, destaca-se o seguinte trecho do Art. 5º-A, que diz respeito ao Plano Nacional de Habitação Urbana – PNHU, programa que tem como objetivo atender às necessidades de habitação da população de baixa renda nas áreas urbanas, garantindo o acesso à moradia digna com padrões mínimos de sustentabilidade, segurança e habitabilidade:

Art. 5º-A. Para a implantação de empreendimentos no âmbito do PNHU, deverão ser observados:

- I - localização do terreno na malha urbana ou em área de expansão que atenda aos requisitos estabelecidos pelo Poder Executivo federal, observado o respectivo plano diretor, quando existente;
- II - adequação ambiental do projeto;
- III - infraestrutura básica que inclua vias de acesso, iluminação pública e solução de esgotamento sanitário e de drenagem de águas pluviais e permita ligações domiciliares de abastecimento de água e energia elétrica;

No sentido da regularização fundiária, destaca-se aqui a Lei 13.465 de 11 de julho de 2017, em seu Art. 13, a seguir:

§ 7º A partir da disponibilidade de equipamentos e infraestrutura para prestação de serviço público de abastecimento de água, coleta de esgoto, distribuição de energia elétrica, ou outros serviços públicos, é obrigatório aos beneficiários da Reurb realizar a conexão da edificação à rede de água, de coleta de esgoto ou de distribuição de energia elétrica e adotar as demais providências necessárias à utilização do serviço, salvo disposição em contrário na legislação municipal (BRASIL, 2017).

De fato, um dos maiores obstáculos para atingir a universalização é fazer acessar o saneamento nessas regiões. De acordo com o SNIS (2021), a porcentagem da população abastecida nas cidades é de cerca de 94%. Isso significa que, de acordo com o último censo, existem mais de 12 milhões de pessoas sem acesso à água potável.

O entendimento dos legisladores sobre as responsabilidades do saneamento básico é claro. É um assunto de interesse local e seu titular é o município, que, mesmo que tenha o serviço prestado por concessão, é responsável pela adequada entrega do serviço à população.

No entanto, as novas configurações do desenvolvimento das cidades formando conglomerados urbanos podem criar a classificação dos serviços essenciais como regionais e até federais, conforme adverte Barroso (2003). Uma das justificativas para isso é o fato de o Brasil possuir muitos municípios sem recursos financeiros suficientes manter a gestão. Para esses casos, existem os instrumentos de gestão consorciada como um dos caminhos para que haja os ganhos de escala e a garantia da prestação adequada desses serviços. A Constituição Federal trata desse assunto em seu Art. 25 no § 3º descrito a seguir:

Art. 25. Os Estados organizam-se e regem-se pelas Constituições e leis que adotarem, observados os princípios desta Constituição.

§ 3º Os Estados poderão, mediante lei complementar, instituir regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões, constituídas por agrupamentos de municípios limítrofes, para integrar a organização, o planejamento e a execução de funções públicas de interesse comum (BRASIL, 1988).

Indo ao encontro com a Constituição Federal de 1988, o novo marco do saneamento, instituído pela Lei Federal nº 14.026 de 2020, mostra que existem duas situações. A primeira, em que o serviço de saneamento é de interesse local e a titularidade pertence ao município. Por outro lado, se o interesse for comum e houver regiões metropolitanas criadas por lei complementar, o serviço de saneamento passa a ser de titularidade estadual.

### 2.3 Histórico do saneamento no Brasil: do PLANASA aos dias atuais

No ano de 1964 foi criado o Banco Nacional da Habitação (BNH). Instituído pela Lei Federal 4.380, tal instrumento foi desenvolvido para implementar a Política Nacional de Habitação no Brasil, que até então não era institucionalizada.

A criação do BNH aconteceu em um momento político tenso no Brasil. Após a implementação de políticas com foco na modernização técnica da agricultura visando a expansão agromercantil, o Brasil se deparou com um crescimento acelerado da porção urbana, porém, sem a infraestrutura necessária para esse novo cenário (NASCIMENTO et al., 2017). As migrações para os centros urbanos e o rápido crescimento das favelas criaram uma grande visibilidade para os problemas urbanos e também aumentaram as pressões das massas populares por soluções neste aspecto. Dessa forma, o Brasil viveu uma mudança drástica do regime político nas mãos dos militares e teve seu primeiro grande marco no saneamento e no setor de habitação.

Na década de 60 o *Institute for International Social Research* realizou uma pesquisa com o trabalhador urbano e chegou à conclusão de que, naquela época, a casa própria era uma das principais aspirações. Possuir uma casa significava ter algo concreto em meio a tantas incertezas e, além disso, representava ascensão social, pois a compra de um imóvel era vista como uma evidência de sucesso e posição social (BOLAFFI, 1982 *apud* MEDEIROS, 2007).

Dessa forma, a Política Nacional da Habitação se estabeleceu principalmente pelo apoio das grandes massas e pela situação política e histórica em que o Brasil estava inserido. A partir da PNH e com suporte financeiro do BNH, foram feitos grandes investimentos no setor de saneamento no país. Para o governo da época, a falta de saneamento bloqueava o crescimento econômico do país. Para avançar e estruturar um programa exclusivo para o saneamento foi criado o Fundo Nacional do Saneamento (FISANE), em 1967, com o objetivo de centralizar recursos financeiros para o setor administrado pelo BNH.

Dois anos mais tarde, em 1969, o BNH integrou o Sistema Financeiro do Saneamento (SFS) ao Sistema Financeiro de Habitação (SFH). A inclusão de investimentos no setor do saneamento nos planos habitacionais foi estratégica, uma vez que permitiu a utilização do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço (FGTS) recolhido para financiar sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Portanto, em 1971 é criado o Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), o qual, com

suporte do BNH, seria operado pelas Companhias Estaduais de Água e Esgoto – CEAEs ou Companhias Estaduais de Saneamento Básico – CESBs (SALLES, 2008).

Com o PLANASA instituído, os municípios foram incentivados a conceder a prestação dos serviços às CESBs pelos acessos aos empréstimos do BNH. Nos primeiros dez anos do programa, o Banco Nacional da Habitação forneceu recursos financeiros expressivos para as companhias estaduais, que com isso podiam manter as tarifas baixas e uma grande expansão dos sistemas de saneamento. O rápido crescimento de obras de expansão dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário tiveram como consequência a rápida degradação das obras realizadas e um alto índice de perdas, já que, na época, o enfoque era na criação das estruturas e não na operação dos sistemas (SALLES, 2008).

O modelo do PLANASA era baseado na autonomia dos serviços, na autossustentação tarifária, no financiamento com recursos retornáveis e na gestão através das companhias estaduais. Além disso, houve um crescimento maior nos índices de abastecimento de água em detrimento dos índices de esgotamento sanitário. O modelo, centralizado nas companhias estaduais, excluiu o poder municipal da participação em processos estratégicos pelo bloqueio ao acesso ao financiamento em modelo diferente do estabelecido (PENA, 2004).

As estratégias sugeridas às Companhias Estaduais eram duas para atingir uma rápida autossustentação financeira e retorno tarifário: investir mais recursos financeiros em cidades que garantiriam um retorno mais rápido dos investimentos e priorizar as ações de abastecimento de água em detrimento dos serviços de esgotamento sanitário. Com essas ações, as companhias estaduais conseguiriam, em curto prazo, acumular bens para entregar os serviços concedidos por meio de subsídios cruzados em que os recursos angariados nos municípios superavitários sustentariam os deficitários. Neste modelo de funcionamento, o país passou de 52,6% a 71% em abastecimento de água nos domicílios. A princípio, a meta era atingir 80% da população brasileira, porém, as previsões técnicas subdimensionaram a expansão demográfica nesse período (SALLES, 2008).

O PLANASA permaneceu ativo até 1990, quando foi extinto. Seu fim se deu pelo movimento marcado pela tendência de descentralização das políticas públicas e por questões econômicas, em que a falta de créditos e instabilidade inflacionária

aumentava cada vez mais o endividamento dos Estados e das Companhias Estaduais pela redução dos repasses a fundo perdido (PENA, 2004).

Ainda de acordo com Salles (2008), a partir da década de 90, no governo Collor/Itamar e Fernando Henrique Cardoso a política de saneamento básico se desenvolveu por dois segmentos: a modernização do setor e a ampliação da cobertura dos serviços. O segmento de ampliação da cobertura do saneamento no país visava à redução das desigualdades socioeconômicas e à disparidade do setor do saneamento entre os municípios e, para isso, foram criados programas que não possuíam viabilidade financeira.

Os programas que podem ser destacados são o Programa de Saneamento para Núcleos Urbanos (PRONURB), Pró-Saneamento, Programa de Ação Social em Saneamento (PASS) e Programa FUNASA – Saneamento. O outro segmento dos programas de saneamento, voltado para a modernização e desenvolvimento institucional, tem como principais programas o Programa de Modernização do Setor de Saneamento (PMSS) e Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNDCA).

De acordo com o Ministério das Cidades (2009), na década de 90, pela existência do Programa de Desestatização e por causa da falta de recursos financeiros, o Brasil experienciou um período de privatizações que passou a polarizar o setor do saneamento.

Para esse estudo de caso, ressalta-se o Plano Nacional de Combate ao Desperdício de Água<sup>4</sup>. O PNCDA foi instituído em 1997 pelo governo Federal em parceria com os ministérios de Planejamento e Orçamento, de Meio Ambiente e de Minas e Energia. O programa tinha como principal objetivo promover o uso racional dos recursos hídricos nos sistemas de abastecimento de água por meio de uma melhor gestão dos ativos existentes para minimizar a aplicação de recursos financeiros em ampliação dos sistemas. A criação do PNCDA veio de encontro aos objetivos do PLANASA, que, em seu período de desenvolvimento, visava ampliação do setor do saneamento por meio de obras de engenharia sem foco na eficiência do setor.

---

<sup>4</sup> O PNCDA possui diversos Documentos Técnicos de Apoio (DTA) disponíveis em <http://www.pmss.gov.br/index.php/biblioteca-virtual/167-documentos-tecnicos-de-apoio-dta>

Nesse período, o empenho político em desenvolver o saneamento nacional era tão expressivo que os recursos do FGTS (Fundo de Garantia por Tempo de Serviço) e BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) passaram a financiar projetos de concessionárias privadas, com objetivo de aumentar a eficiência operacional do saneamento e aumentar a cobertura do serviço. Outro marco para o setor foi a criação do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), em 1995, que tinha o objetivo de avaliar o desempenho do saneamento no Brasil (SALLES, 2008).

Em 2007, entrou em vigor a Lei 11.445/2007 – Lei do saneamento básico. A referida lei trouxe mudanças principalmente no tocante ao controle social da gestão dos serviços de saneamento, pois criou mecanismos e procedimentos que garantem à sociedade informações, representação técnica e participação nos processos de formulação de políticas, de planejamento e de avaliação relacionados aos serviços públicos.

Na década seguinte, outro programa que ganhou destaque e apoio federal foi o Programa de Desenvolvimento do Setor Água – INTERÁGUAS. De acordo com Rosa (2013), o programa foi criado com objetivo de aprimorar as ações relacionadas às questões hídricas do país com atenção para regiões mais carentes e locais onde o saneamento ainda é fator condicionante de crescimento e desenvolvimento. Dessa forma, este programa favoreceria a diminuição das desigualdades regionais. O INTERÁGUAS teve seu início no ano de 2012 e foi criado com recursos do Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento – BIRD e contrapartida de recursos financeiros oriundos do Ministério do Meio Ambiente – MMA, Ministério das Cidades – MCIDADES e Ministério da Integração Nacional – MI. O programa possuiu um período de execução que ocorreu entre abril de 2012 e outubro de 2018, tendo as operações financeiras encerradas em maio de 2019.

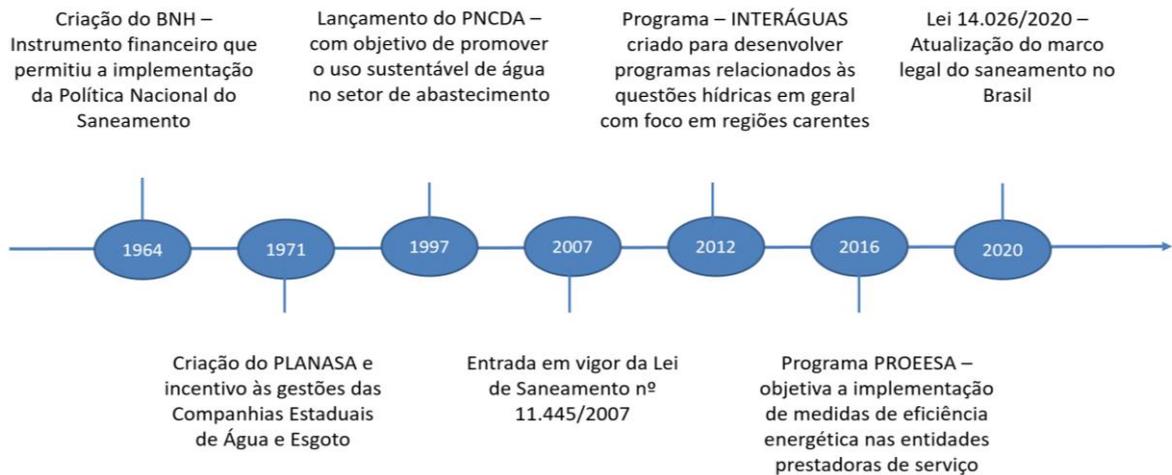
O investimento de 20 milhões ao longo dos seis anos de duração do programa permitiu desenvolver programas estratégicos que geraram produtos significativos para o país. Destaca-se, entre os produtos de levantamentos e avaliação de Políticas Públicas e situações existentes, desenvolvimento de novos programas, planos e instrumentos de gestão, estudos de viabilidade técnica econômica e ambiental para empreendimentos estratégicos e iniciativas de capacitação (ANA, 2018).

Atualmente, destaca-se o Projeto de Eficiência Energética no Abastecimento de Água (ProEESA). Ele é fruto da cooperação entre a Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério de Desenvolvimento Regional (SNS/MDR) e o Ministério Federal da Cooperação Econômica e do Desenvolvimento da Alemanha (BMZ). Criado em 2016, seu escopo possui o objetivo de atuar na melhoria das condições para a implantação de medidas de eficiência energética nas entidades prestadoras de serviço (PROEESA, 2018).

Durante a fase 1 do programa, podem-se destacar alguns resultados obtidos das atividades do projeto, como: a adição de um capítulo sobre consumo de energia no Diagnóstico anual dos Serviços de Água e Esgotos do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento; desenvolvimento do Caderno Temático de Perdas e Água e Eficiência Energética do Plano Nacional de Saneamento Básico; e publicação de quatro normas técnicas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), com relevância na área de eficiência energética (Recalque de água, Projeto de adutora, Poço tubular, Projeto de rede). O projeto de cooperação internacional se encontra na fase 2 e tem como foco principal o apoio à implantação de medidas nas prestadoras de serviço e agências reguladoras.

Nessa etapa, a metodologia utilizada é a Rede de Aprendizagem, que consiste, basicamente, no compartilhamento de desafios e união de esforços para solução de problemas comuns de eficiência energética. A rede conta com apoio de consultores externos e proporciona uma vasta troca de experiências interinstitucionais (PROEESA, 2018). A linha do tempo abaixo, na Figura 2, permite uma melhor visualização dos programas e marcos legais citados neste tópico do trabalho.

Figura 2 – Linha do tempo dos principais marcos do saneamento



Fonte: Elaborado pela autora

## 2.4 Metodologia IWA

Internacionalmente, até o final do século passado, não existia uma uniformidade no conceito de gerenciamento de perdas em sistemas públicos de distribuição de água. Nos Estados Unidos, os vazamentos eram localizados e seus volumes eram estimados. Após todo o processo da “Auditoria das Águas”, estimava-se o volume de água perdido (*Unaccounted-for Water*), que eram os volumes aos quais não se tinha um conhecimento da sua destinação ou uso. No Japão, as denominações utilizadas eram o “Uso efetivo” e o “Uso não efetivo”. O processo consistia no somatório dos volumes de água utilizados, incluindo o erro dos hidrômetros, e a diferença dos volumes micro e macro medidos resultava no “Uso não efetivo” sem um maior detalhamento dessas perdas (ABES, 2015).

No Brasil, até começo dos anos 70, o conceito de gerenciamento de redução de perdas era a simples medição dos volumes macro medidos e micro medidos e a comparação desses valores. Na década de 70, começaram os primeiros esforços técnicos com ações básicas de micromedição, pitometria, pesquisa e detecção de vazamentos não visíveis financiados pelo Banco Nacional de Habitação.

A partir de 1981, foi realizado o contrato entre a SABESP e a LYSA – *Lyonnaise des Eaux Services Associés*, que faz parte do grupo SUEZ, empresa que atua há mais de 160 anos no ramo do saneamento. O contrato teve como objetivo principal implementar o Programa de Redução de Águas Não Faturadas na região

metropolitana de São Paulo. Além disso, foi feita uma avaliação em relação ao custo/benefício nas seguintes categorias: ações básicas fundamentais; reduções perdas físicas; reduções de perdas não físicas; e ações referentes ao gerenciamento comercial (MELATO, 2010).

A falta da padronização e de valores de referência para uso das prestadoras e entidades ligadas à distribuição de água gera resultados que podem ser interpretados de diversas formas. Por conta desse cenário, a IWA convocou um grupo de profissionais para estudar, discutir e propor uma padronização mundial de terminologia, conceitos e indicadores de perdas em sistemas públicos de abastecimento de água (*Water Loss Specialist Group - WLSG*).

A IWA foi fundada em 1965, sendo o resultado da fusão entre outras duas associações que são as seguintes: *International Water Supply Association (IWSA)* e a *International Water Quality Association (IAWQ)*. A associação sem fins lucrativos tem como objetivo conectar profissionais ligados à água, desenvolvendo produtos e serviços por meio de diversas reuniões para promover as boas práticas na gestão de perdas em sistemas de abastecimento (MELATO, 2010).

No ano de 2000, a IWA publicou o documento técnico de título *International Best Practice Water Balance and Performance Indicators for Water Supply Services*. O manual fornece uma metodologia internacional com o objetivo de avaliar a qualidade dos serviços prestados em diversas entidades gestoras utilizando indicadores de várias categorias. Em 2004, quatro anos após a publicação do documento técnico, o LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil (Portugal), por meio da eng. Helena Alegre, editou e adaptou para o português a edição original da IWA – Indicadores de Desempenho para Serviços de Abastecimento de Água.

Segundo Pena (2010), conforme citado por Alegre et al. (2004), a abordagem da metodologia criada foi abrangente, pois se aplica aos diversos agentes (prestadores, agências reguladoras, financiadoras, organizações ambientais e de defesa do consumidor), porém o foco do Manual é para as prestadoras do serviço de abastecimento. Além disso, objetivou-se, também, a aplicação em diversas regiões com diferentes níveis econômicos, clima, demografia e características sociais e culturais.

A IWA criou seis grupos de indicadores das seguintes classes: indicadores de recursos hídricos, recursos humanos, infraestruturas, operacionais, qualidade de

serviço e econômico-financeiros. Devido à dificuldade de implementar a aplicação de todos os indicadores e as particularidades de cada gestão, foram criados três níveis que podem ser aplicados de acordo com sua importância, acompanhando o avanço do controle de perdas pelas prestadoras. Mesmo sendo possível a aplicação de totalidades dos indicadores da metodologia, sugere-se que sejam implementados em fases que seguirão uma hierarquia de prioridades (ALEGRE et al., 2004). Segundo Alegre et al. (2004), níveis podem ser classificados como:

**Nível 1** – Básico: primeiro conjunto de indicadores de desempenho que fornece uma síntese da eficiência e da eficácia do prestador; é composto por indicadores derivados de informações técnicas mínimas, exigíveis de todos os sistemas indistintamente;

**Nível 2** – Intermediário: constitui um conjunto adicional de indicadores de desempenho que permite um conhecimento mais detalhado do que os indicadores do Nível 1. É composto por indicadores derivados de informações técnicas específicas mais refinadas do que as utilizadas nos indicadores do nível básico;

**Nível 3** – Avançado: constitui mais um conjunto adicional de indicadores de desempenho, de maior detalhe específico, mas ainda relevantes para a gestão do prestador. É composto por indicadores derivados de informações técnicas que, adicionalmente aos atributos das anteriores (níveis básico e intermediário), envolvem um grande esforço de monitoramento e controle operacional, utilizando técnicas e equipamentos mais sofisticados e indicadores com maior detalhe específico, relevantes para a gestão do operador.

Ainda pode-se destacar um quarto nível de indicadores, que seriam os complementares. Esses indicadores não estão detalhados no Manual por se tratar de produtos recategorizados e dependentes da própria entidade gestora.

## 2.5 Balanço hídrico

As perdas de água ocorrem em todas as etapas desde a captação de água até a distribuição para o consumidor final. Essas perdas variam de acordo com alguns fatores, como características da rede, práticas operacionais, frequência de manutenção e gestão das prestadoras (nível de tecnologia aplicado). Vale ressaltar que não existe “perda zero”, por mais que a gestão seja detalhada e eficiente,

justificada pelo grau de imprecisão dos dados que são inerentes aos equipamentos de medição e dos incidentes que podem acontecer nas redes. Ainda, segundo Galvão (2007), a maior parte das perdas em sistemas de abastecimento está concentrada nas redes de distribuição.

Um dos fundamentos para elaboração de estratégias para o controle de perdas é, portanto, a compreensão do relativo significado de cada componente correspondente ao volume perdido, assegurando-se que cada um seja medido ou estimado com a máxima precisão possível para que, dessa forma, possam hierarquizar-se ações de combate às perdas e também para a construção dos indicadores de desempenho (HELLER; PÁDUA, 2006). O período de cálculo ideal do Balanço Hídrico deve ser feito em 12 meses para levar em consideração as variações sazonais, obtendo, assim, a média anual de todos os componentes (ALEGRE et al., 2004).

Dentro da classificação dos consumos autorizados, temos as classificações faturado e não faturado. Ainda em faturado, existem os não medidos e medidos, que são, por exemplo, os volumes estimados e a água exportada para rede, respectivamente. Os não faturados não medidos são águas destinadas ao combate a incêndio e abastecimento de áreas irregulares. Em medidos não faturados, seriam os para caminhões pipa e uso próprio da concessionária, por exemplo (ABES, 2015). O Quadro 1 abaixo ilustra os componentes do Balanço Hídrico.

Quadro 1 – Componentes do Balanço Hídrico

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

Fonte: ABES, 2015

Os componentes do Balanço Hídrico são os seguintes:

- Volume produzido ou disponibilizado: consiste no volume de água produzido ou importada;
- Consumo autorizado: é a parcela do volume, que é medido ou não, autorizado pela prestadora e fornecido aos consumidores e/ou à própria prestadora.
  1. Consumo autorizado faturado: pode ser dividido nas classes medido e não medido;
    - a. Consumo medido faturado: é a parcela de água entregue às unidades residenciais, industriais e comerciais, onde há dispositivos para a medição do volume faturado e a partir dessa informação ocorre o faturamento;
    - b. Consumo não medido faturado: parcela de água estimada pelo prestador;
  2. Consumo autorizado não faturado: Volume que não gera receita. Pode ser dividido em outras duas parcelas: medido e não medido;
    - a. Consumo autorizado não faturado medido: por exemplo, o volume utilizado pela própria prestadora do serviço;

- b. Consumo autorizado não faturado não medido: por exemplo, volumes utilizados no combate a incêndios, lavagem de ruas, conglomerados subnormais e em atividades da prestadora, tais como lavagem de redes e de reservatórios;
- Perdas (consumos não autorizados):
    1. Perdas aparentes (comerciais): as causas principais dessa parcela de perdas são as fraudes (consumos não autorizados), falha do sistema comercial e sub medição de hidrômetros;
    2. Perdas reais (físicas): as causas principais dessa parcela das perdas são os vazamentos no geral.

A IWA detalha as perdas de água em duas categorias, as reais (físicas) e as aparentes (não físicas). De acordo com Tardelli (2004), o volume de água produzido que não chega ao consumidor final é classificado como perda física, ou seja, são perdas do recurso natural propriamente dito (perda real). Elas acontecem por meio de vazamentos na rede, extravasamento de reservatórios entre outros. Além disso, a água utilizada inadequadamente em unidades operacionais, em volume superior ao necessário, também entra nessa categoria.

Vale ressaltar que o controle desse tipo de perda está relacionado à preocupação ambiental por parte das prestadoras do serviço. Quando existe uma gestão eficiente, o volume de água a ser captado e as obras de infraestrutura serão menores e, por consequência, os impactos ambientais assim também serão. A redução das perdas físicas permite diminuir os custos de produção, mediante redução do consumo de energia, de produtos químicos e outros, além de utilizar as instalações existentes para aumentar a oferta, sem expansão do sistema produtor. As ações estratégicas para controle de perdas físicas apontadas pela IWA são as seguintes:

1. Controle de pressão: instalação de válvulas redutoras de pressão (VRPs); setorização; unidades de reservação;
2. Controle Ativo de Vazamentos e Fugas: pesquisa de vazamentos e fugas; pesquisa de vazamento não visível;
3. Gerenciamento da infraestrutura; substituição de redes e ramais; recuperação; revitalização; padronização e treinamento;
4. Rapidez e qualidade dos reparos: setorização de redes; cadastro.

### 2.5.1 Perdas Aparentes

Segundo Tardelli (2004), a perda aparente (não física) é o volume de água consumido e não faturado pela operadora de saneamento. Isso ocorre por meio de fraude, consumo clandestino, submedição ou falhas no sistema comercial. A redução das perdas aparentes permite aumentar a receita tarifária, melhorando a eficiência dos serviços prestados e o desempenho financeiro do prestador de serviços. Contribui indiretamente para a ampliação da oferta efetiva, uma vez que induz a redução de desperdícios por força da aplicação da tarifa aos volumes efetivamente consumidos.

A perda aparente é exclusivamente de faturamento das prestadoras do serviço pelo volume que foi utilizado, porém não faturado. Nesse caso, a água cumpriu sua função ambiental para qual ela foi captada, aduzida, tratada e distribuída. Segundo Sousa (2011), a IWA sugere algumas ações no enfrentamento das perdas não físicas, sendo elas:

- Maior precisão da medição e da informação: substituição de hidrômetros; aferição de macro/micro medidores; mudança de local de padrão; setorização; treinamento;
- Controle Ativo de Fraudes: revisão cadastro comercial; estruturação de equipes de pesquisa de fraude; aquisição de equipamentos de pesquisa;
- Gerenciamento da Infraestrutura: manutenção dos atuais padrões; padronização de cavaletes;
- Rapidez e Qualidade de Medidores: estruturação de equipes de hidrometria; cadastro de medidores.

Como visto anteriormente, o volume de água utilizado, porém não medido e/ou não medido corretamente, corresponde ao volume de perdas aparentes num sistema de abastecimento. De acordo com Melato (2010), as causas das perdas aparentes ocorrem principalmente por imprecisão da medição e falhas na gestão comercial da concessionária. A seguir são listadas algumas:

- Imprecisão dos macro medidores;
- Má qualidade dos medidores;
- Dimensionamento inadequado do medidor;
- Detritos nas redes de distribuição (areia em suspensão);
- Submedição - “Efeito caixa d’água”;

- Envelhecimento do parque de hidrômetros;
- Inclinação dos hidrômetros;
- Ligações clandestinas;
- Fraudes (*bypass*, violação de hidrômetro e/ou qualquer tipo de violação na ligação ativa ou inativa);
- Roubo de água em hidrantes ou em quaisquer pontos dos sistemas de redes de distribuição;
- Inexistência de hidrometração das ligações (volumes estimados);
- Falha do Cadastro Comercial;
- Deficiência nos sistemas e nas rotinas comerciais na apuração dos consumos (falta de acompanhamento e controles sistematizados dos consumos medidos faturados);
- Política tarifária, como tarifas mais elevadas para consumos maiores que podem favorecer o aumento de fraudes, ou tarifas fixas para favelas, que não favorecem o uso racional da água.

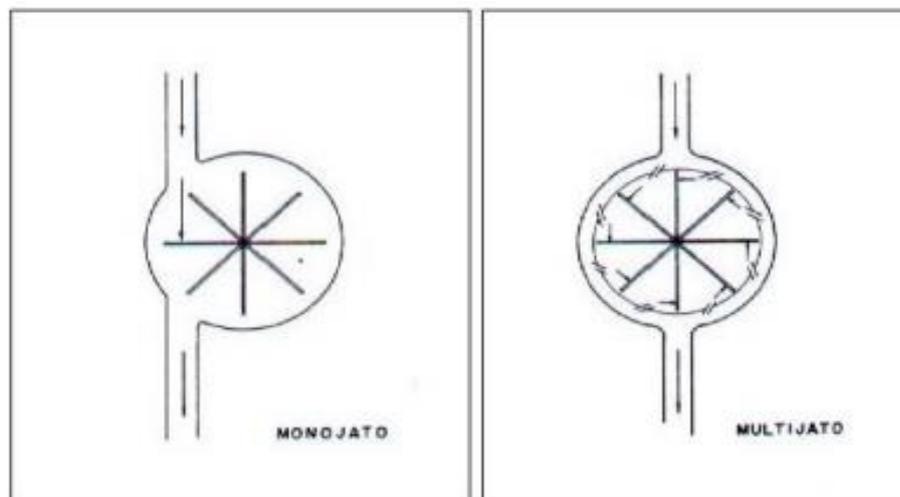
Para entender melhor os fatores principais das perdas aparentes, é válido abordar um pouco mais sobre o funcionamento dos hidrômetros, já que a micromedição é uma atividade essencial ao controle e redução dessa categoria de perda. Além disso, a micromedição fornece dados sobre os volumes fornecidos que podem ser usados para avaliar o comportamento e as tendências dos usuários ao longo do tempo. Destaca-se, também, que a hidrometração incentiva um consumo mais racional por parte da população e contribui para maior disponibilidade do recurso a ser distribuído.

Os hidrômetros possuem algumas classificações em relação à capacidade de medição (classe metrológica), características construtivas e princípios de funcionamento. A escolha de um medidor adequado deve se valer da análise de cada classificação citada. De acordo com Barbosa (2017), os hidrômetros possuem três partes fundamentais: câmara de medição, registrador (relojaria) e o mecanismo de transmissão do movimento (mecânico ou magnético). A câmara de medição é responsável por produzir movimento com a passagem da água. O registrador é responsável por converter os movimentos da câmara de medição em números que indiquem o volume medido.

Existem dois tipos gerais de hidrômetros: os velocimétricos e os volumétricos. Os tipos citados influenciam a precisão da medição, custo e tempo de vida útil. Os hidrômetros velocimétricos ainda podem ser divididos entre monojato, multijato e do tipo *Woltmann*. De acordo com a NBR NM 212 (ABNT), o hidrômetro de velocidade é um instrumento instalado num conduto fechado com um elemento móvel, que são as palhetas da turbina que é acionada pelo movimento da água em seu interior e posteriormente transmite essa informação ao dispositivo indicador.

O tipo monojato, como o próprio nome diz, possui apenas um único jato que incide na parte móvel. Este também é conhecido como hidrômetro unijato ou de jato único. Já o tipo multijato possui vários jatos tangenciais que fazem girar as palhetas e começar a contabilização dos volumes. Durante a rotação, os jatos desse tipo de hidrômetro formam pares de forças binárias que proporcionam equilíbrio à turbina. A passagem da água, de ambos os tipos citados, faz o mecanismo móvel girar e, sabendo que a velocidade é proporcional à vazão ( $Q=A \times V$ ), então o número de voltas desse mecanismo fornece a velocidade do escoamento de água. A Figura 3 abaixo ilustra o funcionamento dos dois tipos citados.

Figura 3 – Hidrômetros velocimétricos do tipo monojato e multijato

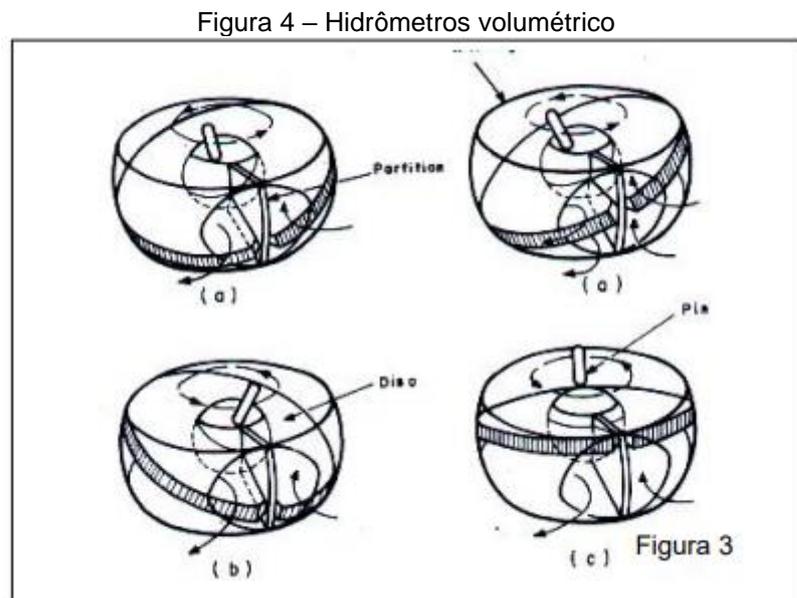


Fonte: SAMAE, 2004

Ainda, na classificação dos velocimétricos, existe o hidrômetro tipo *Woltmann*, em que o fluxo atua axialmente em relação ao eixo da turbina. Normalmente, os hidrômetros tipo *Woltmann* são usados para consumidores de grande faixa de consumo, tais como estabelecimentos comerciais, edifícios públicos ou edifícios residenciais que demandam grandes quantidades de água. Assim como também

podem ser utilizados para reservatórios, casas de bomba entre outros (TSUTIYA, 2006).

Os hidrômetros de tipo volumétrico são constituídos de câmaras internas de volume conhecido que se enchem e esvaziam durante seu uso. Esse processo causa uma diferença de pressão que provoca o movimento giratório no êmbolo do dispositivo. Esse movimento é transmitido para o mecanismo de medição que, por sua vez, gera os dados numéricos. Esse tipo de hidrômetro não é muito utilizado no Brasil, principalmente pelo elevado custo e pela sensibilidade na presença de partículas sólidas que podem se alojar nas câmaras (SAMAE, 2014). No entanto, em comparação com os hidrômetros velocimétricos, eles apresentam um funcionamento mais eficiente em vazões baixas. Suas características técnicas fornecem maior exatidão nos valores aferidos e ficam menos sujeitos a problemas de instalação devido à liberdade da posição da montagem. A Figura 4 abaixo ilustra o funcionamento desse tipo de hidrômetro:



Fonte: SAMAE, 2004

Em relação aos problemas de matéria em suspensão, é recomendado que haja a instalação de um filtro a montante desse tipo de hidrômetro, como a Figura 5 abaixo ilustra:

Figura 5 – Utilização de filtro antes do hidrômetro



Fonte: Site Globalfiltros.

Sobre as novas tecnologias disponíveis no mercado, existem os micro medidores ultrassônicos. Esse tipo de medidor possui sensores que emitem ondas ultrassônicas que atravessam o líquido. O resultado da influência nessas ondas que atravessaram o fluido permite determinar a velocidade de escoamento e, com isso, o volume. De acordo com o princípio de medição, existem dois tipos de medidores: os de tempo de trânsito e os de efeito *Doppler*. Nos de tempo de trânsito, existe um emissor e um receptor que é fixado na tubulação a uma distância conhecida. Comparando o tempo de propagação do sinal, pode-se determinar a velocidade média do escoamento na seção que o sinal atravessou. Já os de efeito *Doppler* possuem, em uma única sonda, o emissor e o receptor. A velocidade média do fluxo é determinada pela variação da frequência do sinal ultrassônico que é refletido nas partículas em suspensão do fluido (RODRIGUES, 2014).

Tais medidores ainda são pouco utilizados no Brasil por terem um custo mais alto em relação aos velocimétricos. Além disso, possuem especificações construtivas específicas: devem ser mantidos em trechos retos antes e depois do medidor. Por outro lado, uma das principais vantagens é a durabilidade dos medidores ultrassônicos. Pelo fato de não possuir partes móveis, a durabilidade é dependente do tempo de vida da bateria, que é, em média, de 10 anos. Outras vantagens também são relevantes, como a possibilidade de medir grandes vazões e a impossibilidade de entupimento (SEIBT, 2016).

Segundo Rodrigues (2014), deve ser feita a análise de custo/benefício da aplicação dos medidores ultrassônicos baseado no histograma prévio de consumo da

unidade. Uma das metodologias para isso é identificar os setores ou sistemas que utilizam um volume de água acima do valor referente à tarifa mínima praticada pela companhia no local em que se queira utilizar essa tecnologia.

O hidrômetro ultrassônico já é utilizado pelas principais companhias de saneamento do Brasil, no entanto sua utilização ainda é relativamente restrita por conta de suas especificações técnicas e alto custo. Pode-se citar o caso da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP que, de acordo com o site<sup>5</sup> oficial da companhia, em 2019, instalou 100 mil hidrômetros na cidade de São Paulo, implementando, por meio do equipamento ultrassônico, a Internet das coisas, em inglês, *Internet of Things* (IoT). Por esse processo, será possível conectar os hidrômetros a sistemas para leitura mensal e até aplicativos para uso do consumidor.

No Rio de Janeiro, a CEDAE passou a utilizar, em seus parques, os medidores em parte das residências, considerando o volume de consumo das unidades. Para aquelas com hidrômetro com diâmetro nominal entre 40 e 150, foram substituídos os hidrômetros velocimétricos pelos ultrassônicos. A Tabela 1 abaixo mostra, de forma resumida, os principais tipos de hidrômetros existentes no mercado e suas características de funcionamento:

Tabela 1 – Tipos de hidrômetros e seus princípios de funcionamento

Velocimétrico			Volumétrico	Ultrassônico
<u>Monojato</u>	<u>Multijato</u>	<u>Woltmann</u>	Funcionamento por meio do processo de enchimento e esvaziamento do embolo do dispositivo.	Funcionamento por meio de ondas ultrassônicas que atravessam o fluido.
Único jato incidindo nas paletas dos hidrômetros.	Vários jatos incidindo de maneira tangencial às paletas.	Fluxo incidindo axialmente em relação ao eixo da turbina.		

Fonte: Elaborado pela autora

A Portaria 246/2000 INMETRO é, atualmente, o instrumento mais importante para a padronização e qualidade de micromedição. Ela regulamenta legalmente a homologação de modelos, testes, verificações periódicas ou eventuais e os limites

<sup>5</sup> Informação disponível em <https://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/sabesp-adota-internet-das-coisas-para-medir-consumo/>.

para manutenção e/ou troca dos medidores de água de até 15 m<sup>3</sup>/h. Nela estão listados conceitos de parâmetros básicos necessários para a escolha do hidrômetro.

- Vazão (Q): quociente do volume de água escoado por meio do hidrômetro pelo tempo do escoamento deste volume, expresso em metros cúbicos por hora (m<sup>3</sup>/h);
- Vazão máxima (Q<sub>max</sub>): maior vazão, expressa em m<sup>3</sup>/h, na qual o hidrômetro é exigido a funcionar 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. Comum em abertura brusca de registros;
- Vazão nominal (Q<sub>n</sub>): maior vazão nas condições de utilização, expressa em m<sup>3</sup>/h, nas quais o medidor é exigido para funcionar de maneira satisfatória dentro dos erros máximos admissíveis;
- Vazão mínima (Q<sub>min</sub>): menor vazão, na qual o hidrômetro fornece indicações que não possuam erros superiores aos erros máximos admissíveis;
- Vazão de transição (Q<sub>t</sub>) – vazão que define a separação entre as faixas superior e inferior de medição.

A Portaria do INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial) de nº 246 apresenta, também, a classe metrológica dos hidrômetros. Essa classificação é a principal na escolha dos hidrômetros para as instalações hidráulicas. A referida portaria define que a comercialização de hidrômetros deve ser feita a partir da vazão nominal do instrumento. O documento define alguns valores de vazão nominal, descritos no Quadro 2 a seguir:

Quadro 2 – Tabela de vazões nominais e suas vazões máximas

$Q$ (m <sup>3</sup> /h)	0,6	0,75	1,0	1,5	2,5	3,5	5,0	6,0	10,0	15,0
$Q_{max}$ (m <sup>3</sup> /h)	1,2	1,5	2,0	3,0	5,0	7,0	10,0	12,0	20,0	30,0

Fonte: Portaria INMETRO 246/2000 (adaptado)

A Portaria 246/2000 do INMETRO define apenas três classes: A, B e C, sendo o grau de precisão crescente nessa ordem. Cada uma dessas classes define, de acordo com a faixa de vazão nominal, qual é a vazão mínima e a vazão de transição

que o instrumento deve medir, respeitando os erros máximos admissíveis estabelecidos conforme a Quadro 3 abaixo:

Quadro 3 – Classes metrológicas e suas vazões nominais, mínimas e de transição

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

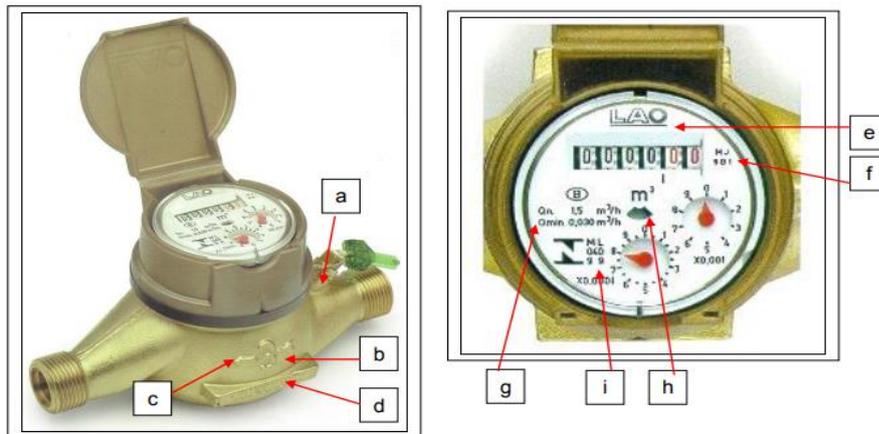
Fonte: Portaria INMETRO 246/2000

De acordo com o INMETRO, o hidrômetro deve estar marcado de forma clara, indelével e sem ambiguidades, sobre sua carcaça, mostrador, suporte da tampa (anel) ou na tampa, se estes dois últimos não forem facilmente removíveis, com as seguintes inscrições:

- a) marca ou símbolo do fabricante;
- b) número indicativo da vazão máxima, em ambos os lados da carcaça, em alto ou baixo relevo, em altura ou profundidade mínima de 0,3 mm;
- c) sentido do fluxo, em alto relevo, em ambos os lados da carcaça;
- d) sentido da sua regulação, em alto ou baixo relevo, quando houver regulagem;
- e) numeração sequencial de fábrica. Quando colocada na carcaça, deve ser gravada em baixo e/ou alto relevo, com uma profundidade mínima de 0,3 mm, em pelo menos um dos lados da carcaça ou sobre a face horizontal da cabeça, para hidrômetros de até 10 m<sup>3</sup>/h de vazão nominal ou na parte superior do flange para hidrômetros de 15 m<sup>3</sup>/h de vazão nominal;
- f) código de modelo do fabricante;
- g) vazão nominal e identificação da posição de instalação, acompanhada da respectiva classe metrológica, exceto na carcaça;
- h) unidade de medida do volume em m<sup>3</sup>, inscrita no mostrador;
- i) marca de aprovação do modelo e indicação da classe metrológica, no mostrador.

A Figura 6 abaixo mostra cada item elencado na Portaria 246/2000 pelo INMETRO.

Figura 6 – Inscrições e marcas obrigatórias no hidrômetro

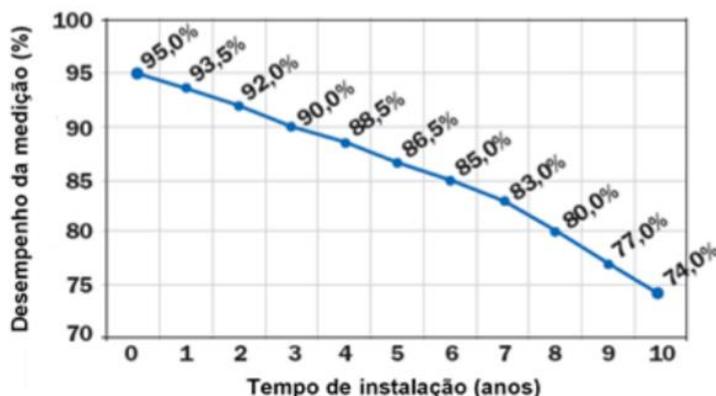


Fonte: SAMAE – Caxias do Sul, 2004

Outro aspecto importante a ser observado nos hidrômetros é a submedição ao longo do tempo de utilização do medidor. A Norma ABNT NBR 15.538/2014 – Medidores de água potável – ensaios para avaliação de eficiência traz a metodologia para estimar da submedição do parque de hidrômetros. Nesse método, é utilizado o gráfico que contém a Curva de Desempenho da Medição, em que existem duas variáveis: a porcentagem de submedição relacionada à idade do hidrômetro. Assim, cada ano é associado a um Índice de Desempenho da Medição.

Para o cálculo do volume sub medido, deve ser feito o levantamento da idade do parque de hidrômetros e o volume total micro medido em um período de um ano. Com essas informações, é possível estimar o volume de água levando em conta a sub medição dos hidrômetros. É importante ressaltar que a idade do hidrômetro deve ser determinada com base na data de instalação do hidrômetro e não no ano de fabricação (AESBE, 2015). A Figura 7 abaixo mostra um exemplo de Curva de Desempenho da Medição:

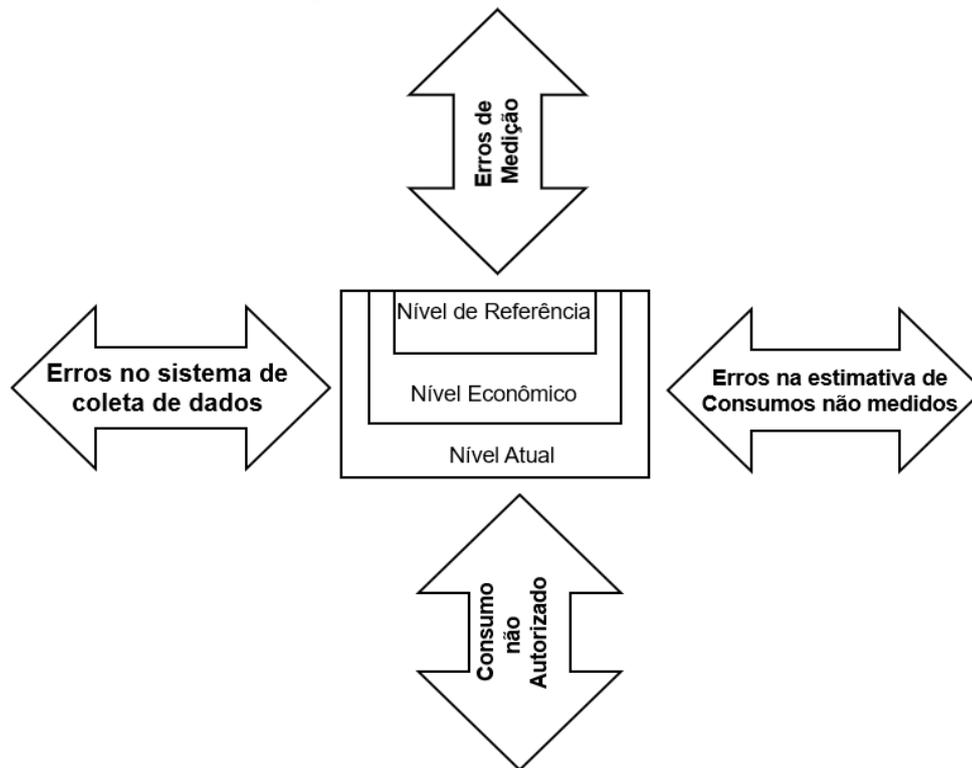
Figura 7 – Curva de Desempenho da Medição



Fonte: AESBE, 2015

As perdas aparentes (comerciais ou não físicas) podem ser combatidas utilizando as ações abaixo como referência. A Figura 8 ilustra isso:

Figura 8 – Cruz de Perdas Aparentes



Fonte: Lambert (adaptado), 2002 Tardelli

Na imagem, podemos identificar os retângulos sendo os níveis totais de perdas do sistema em três fases distintas. As setas indicam as ações gerais prioritárias na gestão de perdas aparentes. No total, são quatro vertentes de ações: consumos não autorizados; erros de medição; erros no sistema de coleta de dados; erros na estimativa de consumo não medido.

O **primeiro nível** é o Nível Atual de Perdas do Sistema. Para o enfrentamento das perdas nessa etapa, são necessárias pequenas ações, que, na maioria das vezes, não exigem um esforço financeiro grande por parte da concessionária. Algumas ações pertinentes nessa fase são listadas a seguir:

- Recadastramento da rede para a correta identificação dos usuários;
- Aplicação de um adequado sistema de informações comerciais;
- Busca por ligações clandestinas ou fraudes nos hidrômetros.

O **segundo nível** é chamado Nível Econômico de Perdas Aparentes, em que o custo para recuperar um volume conhecido é maior do que o custo para produzir e distribuir esse mesmo volume de água tratada. Para gerenciar as perdas nesse nível, são necessárias ações que dependem dos esforços econômicos da prestadora do serviço, como a troca dos modelos dos hidrômetros por modelos mais precisos na medição.

O **terceiro nível** é o Nível de Referência de Perdas Aparentes e ele representa as perdas inerentes ao funcionamento do sistema. Ou seja, aqueles naturais que fazem parte do processo como, por exemplo, os erros próprios de cada equipamento de medição de volume.

Muitas vezes, o prestador do serviço não possui um parque de hidrometração abrangente em toda área abastecida, por isso são necessárias algumas estimativas para o cálculo do volume consumido, seja ele por categoria de consumo, seja por consumo médio por habitante. Nesse passo, é necessário que a concessionária utilize metodologias confiáveis e adequadas para fazer essa estimativa por meio da busca em guias práticos consagrados e da literatura disponível. Normalmente, esse perfil de sistema encontra-se em conglomerados subnormais, em que a concessionária fornece a água por subsídio cruzado.

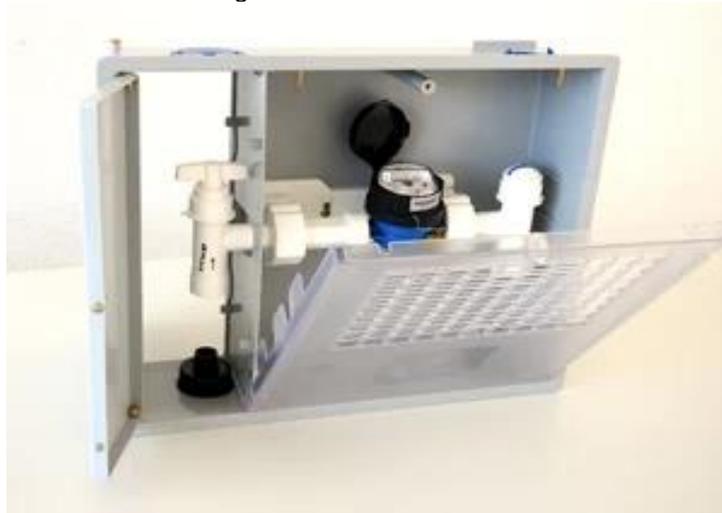
De acordo com Sousa (2011), as ações prioritárias no combate às reduções de erro nos medidores são: a especificação e o dimensionamento correto dos medidores instalados no sistema distribuidor e consumidor; instalação adequada dos medidores; manutenção preventiva e corretiva de hidrômetros; e adequação e leitura correta de hidrômetros.

A redução de consumos não autorizados, mais comumente encontrados na literatura como fraude ou derivação clandestina, envolve as ações de inspeção de ligações suspeitas de haver interferência na contabilização do consumo de água e as medidas de coibição dessa prática. De acordo com Vicentini (2012), a identificação de fraudes pode ser feita por análise de histórico de consumo ou de denúncias da própria população. A etapa de busca por fraudes na rede pode ser considerada uma das ações mais sensíveis do processo, pois, em alguns casos, está relacionada a questões sociais e habitacionais derivadas da situação econômica da população.

Os erros na coleta dos dados ocorrem por diversos fatores, um deles é próprio erro do leitorista, que acontece por falta de treinamento correto e acesso dificultado

ao hidrômetro. Nessa etapa, podem ser feitos treinamentos para qualificação da mão de obra e padronização da entrada de água nas unidades consumidoras. Podem ser utilizadas as caixas de leitura para facilitar a aferição do dado pelo funcionário e prevenir furtos, como na Figura 9 abaixo

Figura 9 – Caixa de leitura



Fonte: Sanepar

Outro fator importante para reduzir os erros no sistema de coleta de dados é a utilização de um bom sistema de cadastro comercial. De acordo com Vicentini (2012), ações como atualização de cadastro e monitoramento de consumos devem ser feitas frequentemente. Esta última ação serve tanto para identificar fraude como para identificar erros de leitura dos hidrômetros.

### 2.5.2 Perdas Reais

As perdas reais são consideradas aquelas que não são utilizadas pelo consumidor final, ou seja, em algum momento em seu percurso, houve vazamentos de volumes de água, ocasionando a perda do recurso hídrico propriamente dito. Tais vazamentos são classificados em dois tipos: os visíveis e os não visíveis, como mostra a Figura 10. Os visíveis são afloramentos de água na superfície e normalmente são vazamentos de grandes perdas, porém são de rápida identificação e reparo. Os vazamentos não visíveis podem ser separados em outras duas classes: os detectáveis e os não detectáveis. Os vazamentos não detectáveis são aqueles que são inerentes ao sistema e não são identificados por meio acústico convencional e a

utilização de outros meios não se justifica economicamente. A duração desse tipo de vazamento normalmente é de grandes períodos de tempos, dependendo da frequência do controle ativo de vazamentos (MELATO, 2010).

Figura 10 – Tipos de vazamento



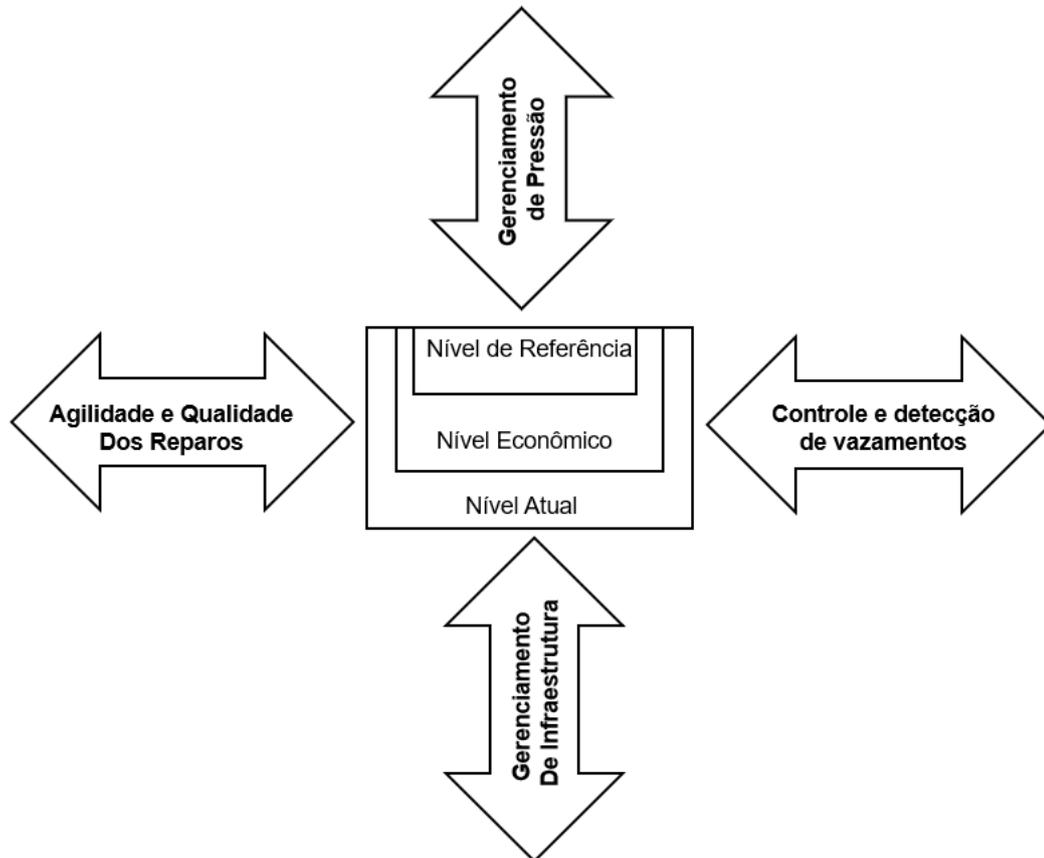
Fonte: ABENDE, 2001

De acordo com Melato (2010), as causas dos vazamentos são diversas. Alguns fatores podem ser destacados, tais como:

- Pressões elevadas;
- Variação da pressão (intermitências, perdas de carga elevadas etc.)
- Má qualidade de materiais dos componentes dos sistemas;
- Má qualidade da mão de obra utilizada na implantação e manutenção dos sistemas;
- Falhas de operação
- Intervenção de terceiros;
- Corrosividade da água e do solo;
- Intensidade de tráfego;
- Inexistência de política de detecção de vazamentos não visíveis;
- Deficiência de projeto;
- Instabilidade do solo.

As principais ações para o combate às perdas reais podem ser visualizadas na Figura 11 abaixo:

Figura 11 – Cruz de perdas reais



Fonte: Lambert (adaptado), 2002

### 2.5.2.1 Gerenciamento de pressão

As válvulas redutoras de pressão são instrumentos importantes para o controle de pressão nas redes de distribuição e, por consequência, são atores importantes no combate e controle de perdas reais. De acordo com Motta (2010), as VRPs são elementos mecânicos instalados em pontos estratégicos da rede a fim de gerar perda de carga localizada e controlada com o objetivo de reduzir as pressões na rede que está a jusante do ponto de instalação. A instalação desses dispositivos requer a delimitação do setor a ser avaliado (Distrito de Medição e Controle) por meio do fechamento de válvulas limítrofes que garantam a estanqueidade da área.

Em projetos novos de rede de instalação, é possível determinar com precisão os pontos necessários de utilização de VRPs. Por meio de modelagem matemática, é possível simular as operações da válvula para então decidir se é possível ou não sua aplicação naquele setor. A aplicação de VRPs pode se tornar mais dificultada em

redes já existentes. Isso ocorre porque, em locais onde a rede já foi instalada e é antiga, podem existir fatores que atrapalham a determinação correta do local da VRP, tais como: rede não cadastrada, vazamentos, fraudes e assentamento mal feito nas juntas e conexões.

Por isso, antes da instalação da VRP no setor, é recomendada uma pesquisa de vazamentos profunda para posterior reparo. A tendência é que haja diminuição das vazões no trecho a jusante da VRP e as vazões medidas serão utilizadas para o dimensionamento da VRP, portanto esse passo evita o superdimensionamento das válvulas. O ponto crítico de abastecimento é o que determina o potencial de instalação de uma VRP. Nesse ponto, está a menor pressão encontrada no subsetor controlado. Intuitivamente, os pontos críticos localizam-se em cotas mais altas da rede, dessa forma suas determinações da rede só podem ser feitas depois de investigação de campo analisando as pressões além dos fatores citados anteriormente.

As VRPs são instaladas em um *bypass* na rede principal, além de sua instalação, é recomendada também a instalação de filtros que antecede a VRP. A instalação combinada do filtro serve para evitar incrustações e reter areia ou pedras que podem danificar a VRP. No Brasil, as pressões da rede de distribuição, bem como outros parâmetros, são definidas pela NBR 12218/2017<sup>6</sup>. A Norma estabelece que a pressão estática máxima no setor abastecido pelo seu respectivo reservatório deve estar entre 500 kPa (50 mca) e 100 kPa (10 mca), sendo que outros valores de pressão podem ser adotados no projeto, desde que justificados técnica e economicamente. A partir desses parâmetros, são definidos o posicionamento do reservatório, boosters e VRPs nos projetos hidráulicos.

Dutra e Oliveira (2017) conduziram um estudo que visava mostrar a eficiência do uso de VRPs em um município de Minas Gerais. O município em questão apresentava um índice percentual de perdas na ordem de 50%, muito acima da média brasileira de 36,7% de acordo com o SNIS de 2014. A princípio, houve o trabalho de

---

<sup>6</sup> 5.3 Pressão de serviço

5.3.1 A pressão estática máxima nas tubulações distribuidoras deve ser de 400 kPa, podendo chegar a 500 kPa em regiões com topografia acidentada, e a pressão dinâmica mínima, de 100 kPa, e ser referenciada ao nível do terreno.

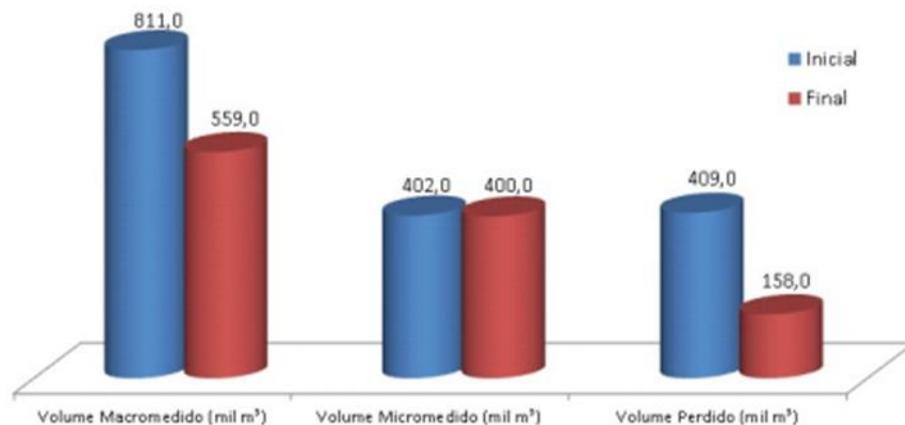
NOTA 1 Sempre que possível, adotar as pressões estáticas entre 250 kPa e 300 kPa, com o objetivo de diminuir perdas reais.

NOTA 2 Nos casos em que a diferença entre as pressões estáticas máximas e dinâmicas mínimas forem significativas, adotar dispositivos de controle dotados de ajuste automático de pressão em função da variação de consumo diurno e noturno.

levantamento cadastral da rede da cidade por meio das plantas das zonas de abastecimento, identificação dos limites dos setores e distrito de medição e controle, localização de VRP e *boosters*, reservatórios e zonas de pressão demarcadas.

Além desse levantamento, foram feitas simulações hidráulicas e medições de vazão e pressão para a confirmação dos dados levantados. Após a elaboração do projeto, foram instaladas 44 válvulas redutoras de pressão, com diâmetros de DN 50 mm até DN 150 mm. A extensão da rede setorizada pelas VRPs foi de 269 km, correspondentes a 40% da extensão total de rede do município. O resultado do estudo pode ser observado através a Figura 12 abaixo:

Figura 12 – Comparativo dos volumes com a utilização de VRPs



Fonte: Dutra e Oliveira (2017)

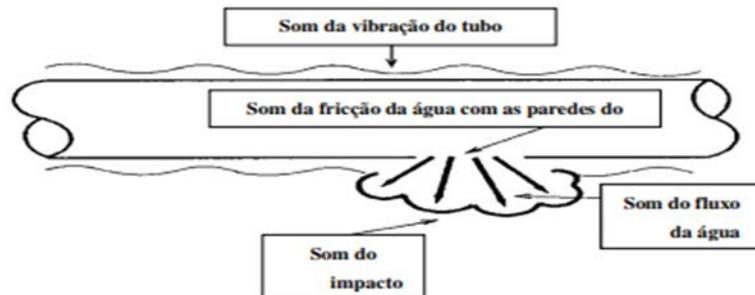
O estudo alcançou um resultado melhor do que o esperado, definido inicialmente com o índice percentual de perdas para 30%. Após a implementação das VRPs, houve redução de perdas em 56%, passando o índice percentual de 50% para 28%. Além da própria redução de perdas, outros impactos positivos foram identificados. Parte da rede possuía problemas com a intermitência do abastecimento de água e, após a realização do estudo, das 19 mil ligações problemáticas, apenas 500 restaram com abastecimento irregular. Em relação ao faturamento, também foram identificados os valores potencialmente conversíveis em receita para a concessionária responsável.

#### 2.5.2.2 Detecção de vazamentos por métodos acústicos

Para entender melhor os métodos de busca de vazamentos não visíveis por meio acústico, é necessário o conhecimento básico dos princípios físicos envolvidos nesse processo. O som é uma vibração capaz de ser percebida pelo ouvido humano.

Na situação de um vazamento em uma tubulação pressurizada, como nas redes de distribuição de água, verifica-se um som contínuo de intensidade irregular emitido pelo orifício de vazamento. O som gerado pela passagem da água se propaga não apenas pela água, mas também pelo sólido (parede da tubulação) (ABENDE, 2005 *apud* ZANIBONI, 2009). Além do som emitido pela água, existem os ruídos gerados pela vibração do tubo da rede. A Figura 13 abaixo ilustra os sons emitidos em uma situação de vazamentos:

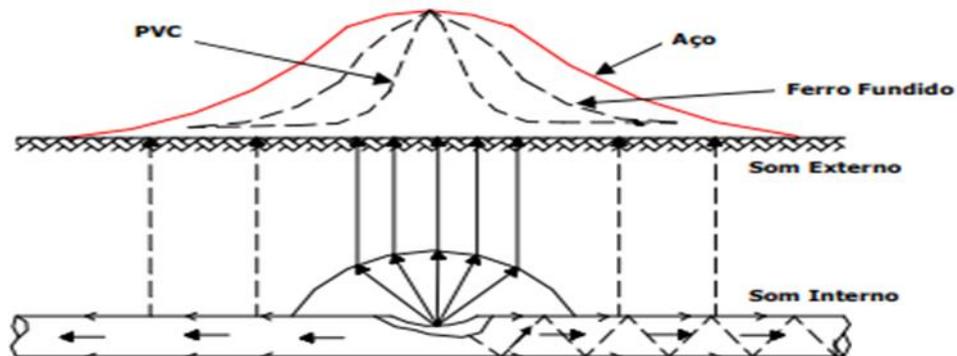
Figura 13 – Ruídos em uma situação de vazamentos



Fonte: Zaniboni, 2009

A intensidade produzida pelo fluido e pela tubulação é influenciada pelo material de composição da tubulação. Obviamente, quanto mais próximo dos pontos de fuga, maior é a intensidade percebida, como mostra a Figura 14:

Figura 14 – Intensidade de ruído de acordo com material da rede



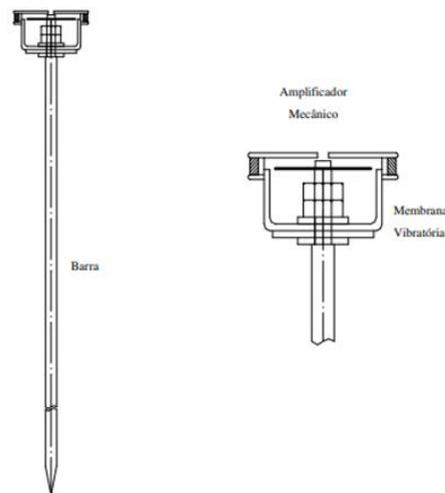
Fonte: Zaniboni, 2009

A Figura 14 acima mostra a intensidade dos ruídos de cada material. Com base na imagem, é possível deduzir que, em tubulações de aço, o ruído de vazamento poderá ser identificado mais longe do ponto exato de fuga em comparação à tubulação de PVC. Esse entendimento é essencial para as concessionárias de abastecimento para aplicar os instrumentos corretos na detecção de acordo com as características específicas da rede do setor ou subsetor analisado. Desse modo, há a diminuição do tempo de localização do vazamento e, por consequência, um reparo mais rápido, gerando a minimização das perdas físicas.

No Brasil, a utilização da acústica como instrumento de detecção de vazamentos começou na década de 70 com a utilização dos geofones. Os equipamentos acústicos de busca de vazamento normalmente detectam sons nas frequências de 80 Hz até 5000 Hz. É importante ressaltar que os ruídos de vazamentos podem ser classificados em três grupos: sons de baixa frequência (abaixo de 500 Hz, inclusive), média frequência (entre 500 Hz e 1000 Hz) e alta frequência (acima de 1000 Hz). Os principais equipamentos de detecção acústica são três: haste de escuta mecânica e eletrônica; geofone eletrônico e mecânico; e correlacionadores de ruídos e vazamentos.

A haste de escuta é uma ferramenta essencial para a detecção de vazamentos não visíveis. A faixa de operação deste equipamento varia entre 200 Hz e 1500 Hz. Seu princípio de funcionamento é simples: a haste entra em contato direto com os componentes da rede (cavalete, registros, hidrantes) e assim ocorre a transmissão de sons e vibrações para um amplificador localizado na outra extremidade. Dessa forma, o operador consegue identificar a existência de vazamentos naquela região (ZANIBONI, 2009). As hastes de escuta não localizam o vazamento, apenas indicam a existência dele nas proximidades (VICENTINI, 2012). As vantagens da utilização das hastes mecânicas são de fácil manuseio e baixo custo de aquisição em comparação às hastes eletrônicas. A Figura 15 mostra os componentes principais do instrumento e sua forma de utilização.

Figura 15 – Componentes da haste de escuta mecânica



Fonte: Zaniboni, 2009

De acordo com Zaniboni (2009), os geofones também funcionam amplificando os ruídos dos vazamentos da rede. Os componentes desse equipamento são a base metálica, condutores plásticos e auriculares. A faixa de operação dos geofones é de 200 Hz e 1500 Hz, assim como as hastes, porém os modelos eletrônicos possuem uma faixa operacional de 0 até 4000 Hz. A diferença principal é que, nesse equipamento, o contato é feito direto no solo e não em componentes da rede. A Figura 16 abaixo mostra a forma de utilização do equipamento:

Figura 16 – Utilização de geofone



Fonte: Site SONDEQ.

O correlacionador de ruídos de vazamentos é o equipamento mais desenvolvido tecnologicamente. O princípio de funcionamento desse instrumento é a correlação do tempo que o som precisa para chegar até os sensores de contato. Os correlacionadores são usados onde a localização mais aproximada do vazamento é desconhecida e as distâncias são relativamente altas. Por isso, é recomendado seu uso após a utilização das hastes de escuta que são menos precisas. A vantagem desse equipamento é que ele pode ser usado em redes compostas por diversos materiais e diâmetros.

O processador calcula os parâmetros médios a partir dos dados que chegam às unidades de processamento e, com isso, determina o “*Time Delay*” (tempo de retardo). A distância entre os sensores deve ser informada assim como a velocidade de propagação do som através do tubo. Os equipamentos correlacionadores já possuem dados na memória com as velocidades dos principais materiais e diâmetros encontrados no mercado. As vantagens da utilização desse equipamento são as aplicações em locais onde ruídos externos podem interferir na detecção por outros métodos acústicos e não influencia a profundidade da rede, já que é necessário que os sensores estejam em contato com algum elemento da rede. A Figura 17 abaixo ilustra o funcionamento do equipamento:

Figura 17 – Ilustração do funcionamento do correlacionador de ruídos



Fonte: SONDEQ<sup>7</sup>

Como visto, existem diversos instrumentos disponíveis no mercado para a detecção de vazamentos não visíveis. Porém, o sucesso das pesquisas em campo não depende apenas da aquisição de equipamentos avançados que implicam em altos custos para as concessionárias de abastecimento. De acordo com Pena (2010),

<sup>7</sup> Disponível em [http://www.sondeq.com.br/pt/nd\\_controle\\_geofone.php](http://www.sondeq.com.br/pt/nd_controle_geofone.php)

o fator mais influente para se obter êxito nas pesquisas de campo é a experiência da equipe e o treinamento dos operadores. É preciso que haja amplo conhecimento da natureza dos vazamentos, como os cadastros atualizados da rede. Conhecidas essas informações, a equipe será capaz de selecionar o instrumento que mais se adequa para aquela realidade, o que não necessariamente implica em ser o mais caro ou avançado em termos de tecnologia.

#### 2.5.2.3 Agilidade e qualidade dos reparos

Segundo Palau e Arregui (2012), a agilidade dos reparos é mais influenciada pela organização da equipe e pelos recursos financeiros disponíveis. A qualidade dos reparos pode ser garantida por meio da utilização de materiais apropriados e mão de obra qualificada. Dessa forma, evita-se a reincidência dos vazamentos e logicamente de volumes perdidos.

#### 2.5.2.4 Gerenciamento de infraestrutura

Tardelli (2004) relata que as tubulações da rede de distribuição possuem sua vida útil dependente de alguns fatores, tais como: qualidade do material utilizado, condições do solo e mão de obra utilizada. O autor ainda ressalta que, normalmente, as redes possuem vida útil de 50 anos. Atingindo esta idade, espera-se das companhias de saneamento a troca de cerca de 2% da rede anualmente. Após o assentamento da rede, devem ser observadas as condições da rede por meio da idade das tubulações no cadastro comercial e por manutenções para verificação *in loco*.

### 2.6 Indicadores de perdas

Os indicadores de perdas podem ser usados para diversas funções. Para os gestores, eles podem ser usados com objetivo de sustentar decisões por meio da simplificação e agregação de informações (dados). Os indicadores nada mais são do que informações que comunicam por meio de dados mensurados e observados na realidade. É importante ressaltar que os dados podem ser comparados a uma

“fotografia” do processo, ou seja, é um diagnóstico ou mesmo uma informação pontual do que se analisa (MAGALHÃES JÚNIOR et al., 2003).

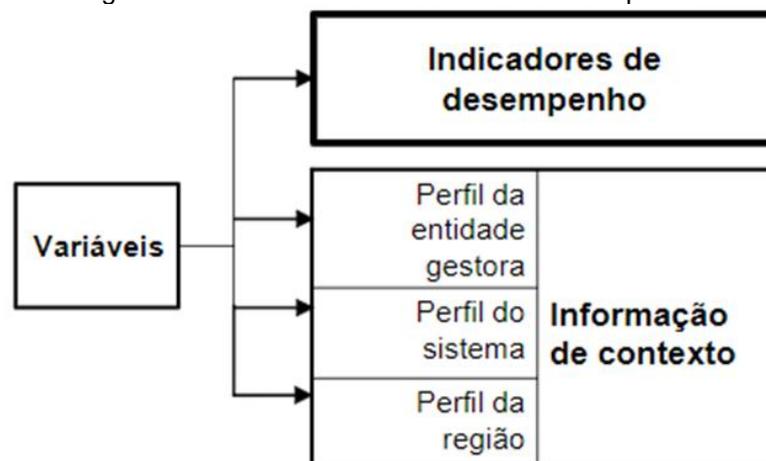
No ambiente de gestão pública ou mesmo empresarial, deve-se incorporar à gestão o acompanhamento simultâneo de um processo analisado para construir sua percepção a curto, médio e longo prazo, tendo, assim, uma gestão dinâmica dos indicadores. De acordo com Benetti (2006), os indicadores possuem diversos objetivos, para esse trabalho, pode-se destacar os seguintes: simplificação do processo de decisão (embasamento), caracterização da realidade, identificação de tendências e informações relevantes, detecção de distúrbios e mensuração do progresso da sustentabilidade.

Alegre et al. (2004) conceituam, ainda, a ideia de indicadores de desempenho no Guia Técnico Indicadores de Desempenho para Serviços de Abastecimento de Água desenvolvido pela IWA, conforme a seguir:

Um indicador de desempenho é uma medida quantitativa de um aspecto particular do desempenho da entidade gestora ou do seu nível de serviço. É um instrumento de apoio à monitorização da eficiência e da eficácia da entidade gestora, simplificando uma avaliação que de outro modo seria mais complexa e subjetiva (ALEGRE et al., 2004, p. 4).

Destaca-se, ainda, a importância de contextualizar os indicadores para uma análise mais específica e adequada, pois um indicador reflete uma visão parcial e momentânea da realidade. Dessa forma, Alegre et al. (2004) apresentam os principais aspectos para contextualizar o grupo de indicadores escolhidos pela entidade gestora a fim de analisar seu desempenho (Figura 18).

Figura 18 – Sistema de indicadores de desempenho



Fonte: IWA, 2004

O perfil da unidade gestora é de características básicas da estrutura e organização da empresa. O perfil do sistema é de informações técnicas – operacionais (volume de água gerido, características físicas dos componentes do sistema, recurso tecnológico utilizado e clientes). Já o perfil da região engloba os aspectos demográficos, econômicos, geográficos e ambientais. O Guia Técnico - Indicadores de Desempenho para Serviços de Abastecimento de Água, desenvolvido e elaborado pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), elencou diversos indicadores classificados por níveis e tipos, assim como visto anteriormente. O Quadro 4 ilustra os tipos, níveis e as quantidades de indicadores existentes.

Quadro 4 – Indicadores da metodologia IWA

Grupo de indicadores	código	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Total
		N1	N2	N3	
Indicadores de recursos hídricos	WR	1	1	2	4
Indicadores de recursos humanos	Pe	1	5	19	25
Indicadores infra-estruturais	Ph	1	6	8	15
Indicadores operacionais	Op	9	19	12	40
Indicadores de qualidade de serviço	QS	8	18	1	27
Indicadores económico-financeiros	Fi	8	14	25	47
Número total de indicadores		28	63	67	158

Fonte: Alegre et al. (2004)

Dentro da categoria de Indicadores Operacionais, ainda existe uma subcategoria exclusiva chamada Perdas de Água. Tal subcategoria engloba oito indicadores:

- Op23 - Perdas de água por ramal ( $m^3$ /ramal/ano);
- Op24 – Perda de água por comprimento de conduta ( $m^3$ /km/dia);
- Op25 – Perdas Aparentes (%);
- Op26 – Perdas Aparentes por volume de água entrada no sistema (%);
- Op 27 – Perdas Reais por ramal (L/ramal/dia com sistema em pressão);
- Op28 – Perdas reais por comprimento de conduta (L/km/dia com sistema em pressão);
- Op 29 – Índice Infraestrutural de fugas.

No Brasil, o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) é a maior base de dados do setor de saneamento brasileiro. O cálculo dos indicadores de perdas é feito em quatro unidades, sendo elas:

- IN049 - Índice de perdas na distribuição (%);
- IN051 - Índice de perdas por ligação (L/lig./dia);
- IN050 - Índice bruto de perdas lineares (m<sup>3</sup>/km/dia);
- IN010 - Índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado (%);
- IN013 - Índice de perdas no faturamento (%);

É necessário ressaltar que os indicadores do SNIS não diferenciam as perdas físicas das não físicas. Dessa forma, não é possível afirmar que toda perda indica, de fato, o desperdício do recurso hídrico. Esse fato demonstra um obstáculo que os prestadores encontram pela falta de técnica na avaliação das perdas. Os indicadores apresentados possuem uma base de cálculo que se assemelham, sendo assim alguns deles possuem correspondentes. A Tabela 2 abaixo mostra a correlação dos indicadores IWA e do SNIS:

Tabela 2 – Indicadores correspondentes SNIS e IWA

<b>Metodologia</b>	<b>Indicadores</b>			
<b>IWA</b>	Op25	Op26	Op27	Op28
<b>SNIS</b>	IN049		IN051	IN050

Fonte: Elaborado pela autora

Ainda, segundo PENA (2010), o indicador de água não faturada, preconizado pelo manual de boas práticas da IWA, recomenda que esse volume, expresso como percentual do volume de água entrada no sistema, seja considerado um indicador de desempenho financeiro.

### 2.6.1 Indicadores percentuais

Segundo Melato (2010), indicadores percentuais (IP) (Op25 e Op 26) são utilizados com maior frequência pelas prestadoras de serviços de abastecimento de água por serem de fácil compreensão e cálculo. De acordo com o Guia Técnico da IWA, o Op25 é utilizado nas fases de adução e produção e o Op26 em nas fases restantes do sistema. De acordo com Tsutiya (2004), a vantagem de se utilizar esse indicador é a própria facilidade da concepção deste, porém apresenta desvantagem

na aplicação em sistemas diferentes, tornando esse indicador não auditável. Vale ressaltar que este tipo de indicador serve para avaliar as perdas financeiras (perdas aparentes) em bases anuais. A Equação 1 abaixo demonstra a fórmula de cálculo:

Equação 1 – Cálculo do indicador percentual IWA

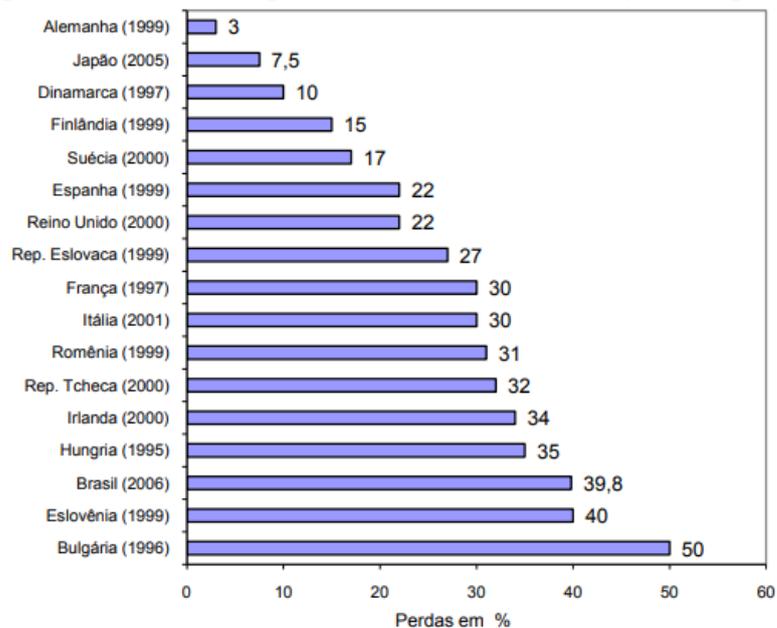
$$IP = \frac{\text{volume perdido total} \times 100}{\text{volume disponibilizado}} (\%)$$

Tsutiya (2004) mostra uma tentativa de classificar os sistemas de abastecimento em relação às perdas. Esses valores podem ajudar a dar referência inicial às concessionárias sobre o controle de perdas naquele setor avaliado.

- Bom – menor que 25%;
- Regular – entre 25% e 40%;
- Ruim – maior que 40%.

Melato (2010) listou, em seu trabalho, alguns valores de perdas de vários países da Europa, Ásia e do Brasil em diferentes anos. O resultado pode ser observado na Figura 19 abaixo:

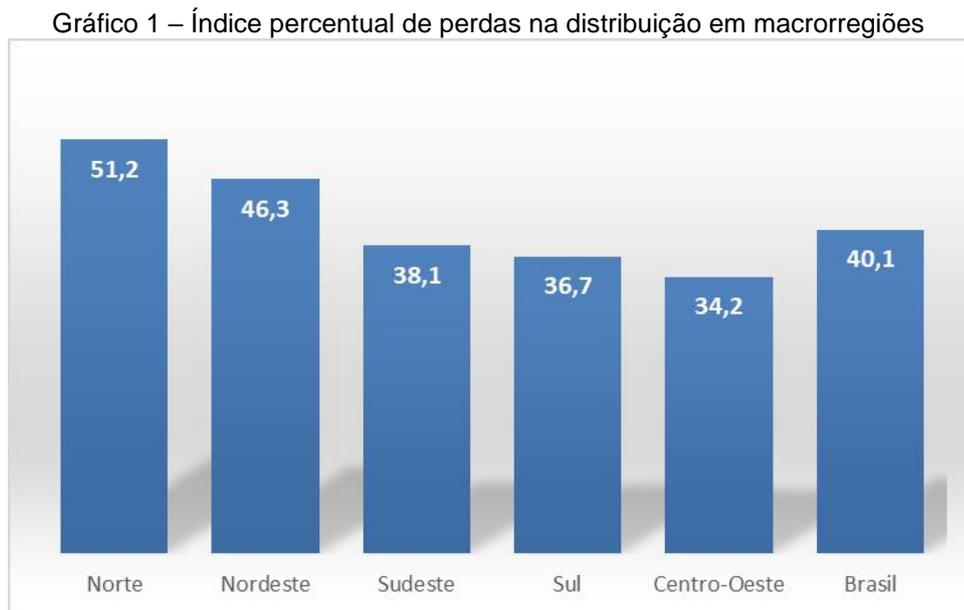
Figura 19 – Perdas de água em sistemas urbanos em porcentagem



Fonte: Melato, 2010

O índice de perdas por região pode ser observado em território nacional por meio do levantamento feito pelo SNIS em 2020. É importante destacar que os

indicadores do SNIS não diferem o valor das perdas reais e aparentes, ou seja, não se pode afirmar que os dados desses índices indicam desperdício de recurso hídrico. Por isso, pode indicar, também, um recurso não contabilizado e faturado pela concessionária. O Gráfico 1 mostra os valores percentuais das perdas em cada região no Brasil por meio da utilização do Índice de Perdas na Distribuição (IN049), calculado conforme a fórmula abaixo.



Fonte: SNIS, 2022

Fórmula 1 – Cálculo do indicador percentual IN049 do SNIS

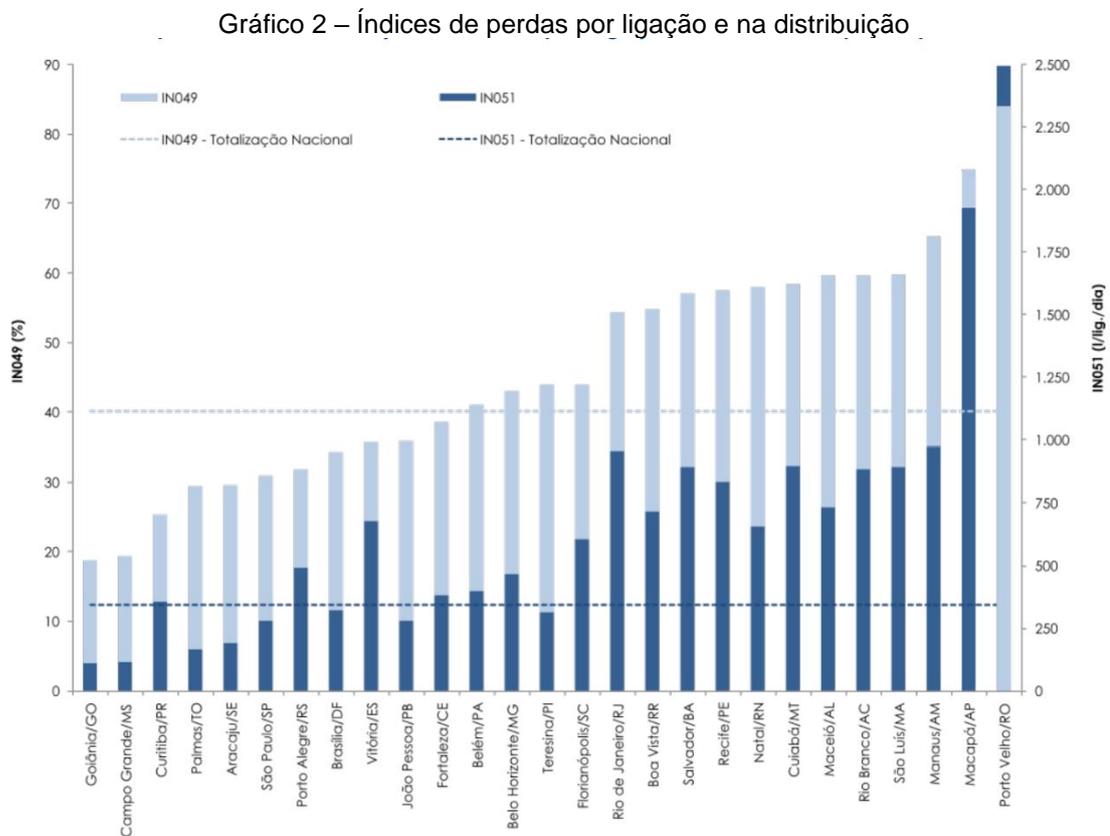
$$\frac{\text{Volume de Água (Produzido + Tratado Importado - de Serviço)} - \text{Volume de Água Consumido}}{\text{Volume de Água (Produzido + Tratado Importado - de Serviço)}}$$

Por meio do gráfico acima, é possível notar que existe uma disparidade muito grande quando são analisados os valores de perdas na distribuição por região. As regiões norte e nordeste possuem índices expressivos quando comparados às outras regiões ou até mesmo com a média nacional.

#### 2.6.2 Indicadores de perdas por ramal e por extensão de rede

Os índices de perdas por ramal ou extensão de rede (Op27 e Op28) são usados para comparar o funcionamento de sistemas de tamanhos diferentes (fator de escala).

Para isso, a referência utilizada é o número de ramais ou o comprimento da rede. Esses indicadores são considerados os fatores de escala ao parametrizar as perdas de um sistema com o número de ligações. De acordo com Lambert (2002) citado por Miranda (2002), deve-se considerar que, pelo fato de as perdas reais acontecerem em maior parte nos ramais/ligações, recomenda-se o uso das ligações de água como fator de escala dos indicadores. A importância do uso de um indicador fator de escala pode ser bem visualizada no Gráfico 2 abaixo. O gráfico faz um ranking das capitais do Brasil comparando os indicadores **IN049** e **IN051**.



Fonte: SNIS, 2022

Na comparação, percebe-se que a relação de perdas na distribuição não é proporcional às perdas por ligação. Apenas 11 das 27 cidades capitais apresentam valor de IN049 menor do que a média nacional, que é de 40,1%. De acordo com o SNIS (2022), elevados valores de índice de perdas por ligação (IN051) e índice de perdas na distribuição (IN049) podem ser causados pelo baixo índice de hidrometração e de macromedição. Ausência ou baixos índices desses dois

parâmetros não permitem o diagnóstico verossímil com a realidade do local pelas concessionárias prestadoras do serviço.

De acordo com Alegre et al. (2006), o indicador de perdas por ramal (IPR) aplica-se no caso de densidades de ramais maiores do que 20 ramais/km, tal situação normalmente configura-se em regiões urbanizadas. Esse indicador relaciona o volume perdido total anual com o número médio de ramais existente na rede de distribuição, associado a um fator de escala e pode ser calculado pela Equação 2:

Equação 2 - Cálculo do indicador por ramal da IWA

$$\text{IPR} = \frac{\text{volume de perdas anual (L/ramal/dia)}}{\text{número de ramais} \times 365}$$

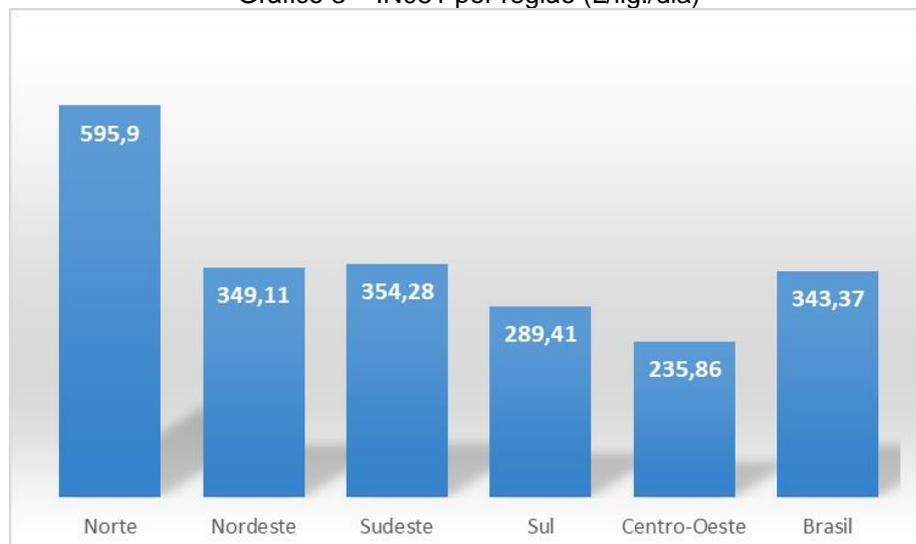
O índice de perdas por ramal ou por ligação é calculado pelo SNIS sob a denominação de IN051, expresso em termos L/dia/lig e calculado conforme a Fórmula 2 abaixo.

Fórmula 2 – Cálculo do indicador perdas por ligação IN051 do SNIS

$$\frac{\text{Volume de Água (Produzido + Tratado Importado – de Serviço)} - \text{Volume de Água Consumido}}{\text{Quantidade de Ligações Ativas de Água} \times 365}$$

Veja, no Gráfico 3 abaixo, o resultado do indicador perdas por ligação IN051 por região e no Brasil em 2020:

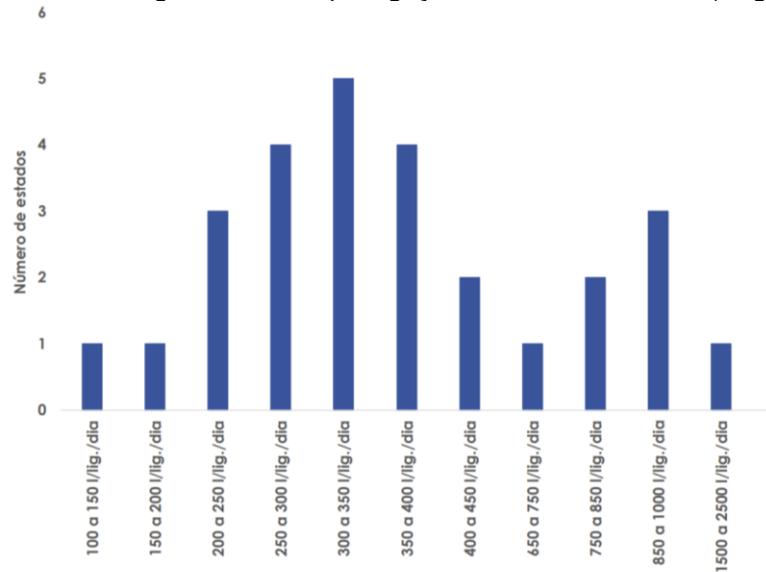
Gráfico 3 – IN051 por região (L/lig./dia)



Fonte: SNIS, 2022

A média brasileira de perdas por ligação encontra-se distante do nível de referência de 216 L/lig./dia proposto pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. O desempenho da região sudeste, pouco acima da média brasileira, pode ser explicado pelo maior consumo per capita por ligação, sendo influenciado pela maior demanda por pessoa e pelo maior número de habitantes por ligação. Para se aprofundar mais na realidade brasileira, é apresentado a seguir, no Gráfico 4, o histograma das perdas por ligação dos estados brasileiros no ano de 2020:

Gráfico 4 – Histograma Perdas por ligação do estado brasileiro (L/lig./dia)



Fonte: SNIS, 2022

A Tabela 3 mostra os estados por faixa de perdas por ligação por dia:

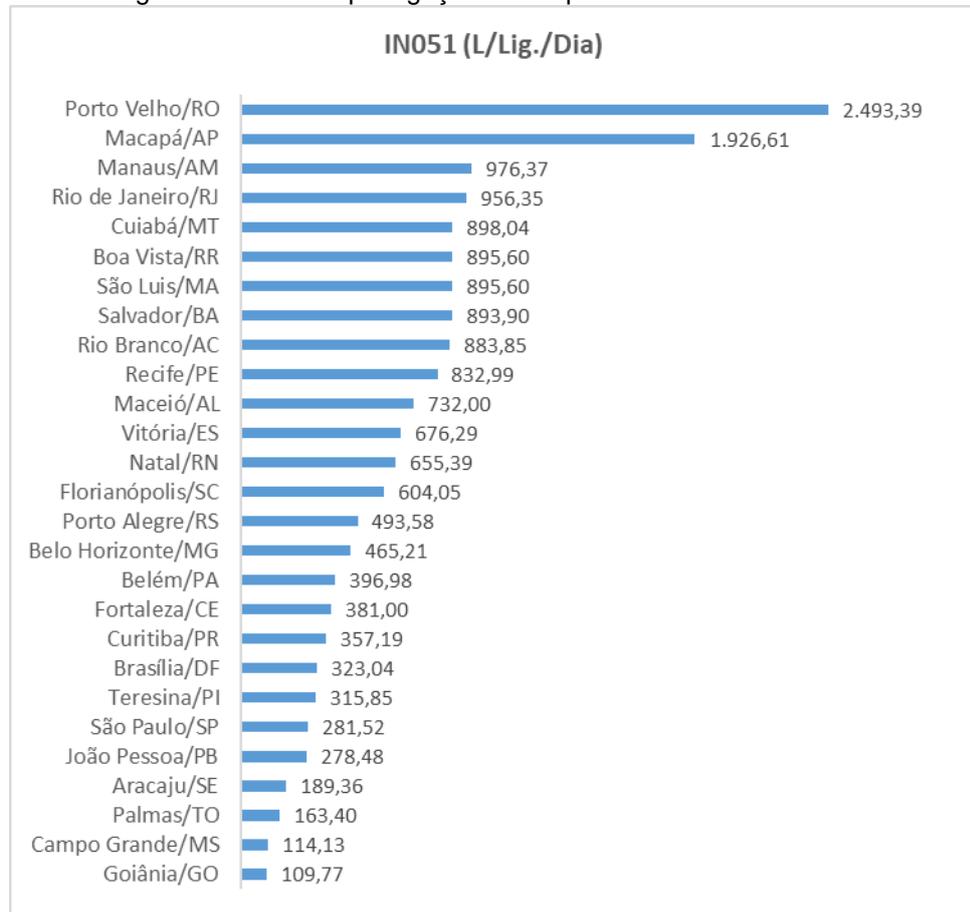
Tabela 3 – Estados brasileiros por faixa de perda por ligação por dia

Faixa	Estado
100 a 150	Goiás
150 a 200	Tocantins
200 a 250	Paraíba; Paraná; Mato Grosso do Sul
250 a 300	Bahia; Ceará; Minas Gerais; São Paulo
300 a 350	Alagoas; Piauí; Sergipe; Santa Catarina; Distrito Federal
350 a 400	Paraná; Pernambuco; Espírito Santo; Distrito Federal
400 a 450	Rio Grande do Norte; Mato Grosso
650 a 750	Rio de Janeiro
750 a 850	Rondônia; Maranhão
850 a 1000	Acre; Amazonas; Roraima
1500 a 2500	Amapá

Fonte: SNIS,2022

A Figura 20 abaixo mostra as perdas por ligação nas capitais de cada estado:

Figura 20 – Perdas por ligação das capitais dos estados



Fonte: Elaborado pela autora

Em áreas menos aglomeradas (< 20 ramais/km), Alegre et al. (2004) sugerem o uso do indicador Op28 (perdas por extensão de rede) e exemplificam com os casos das fases de adução e produção do sistema. O índice de perdas por extensão de rede (IPER) é calculado pela Equação 3:

Equação 3 – Cálculo do indicador de perdas por extensão da IWA

$$\text{IPER} = \frac{\text{volume de perdas anual (L/km/dia)}}{\text{extensão de rede}}$$

### 2.6.3 Índice infraestrutural de perdas

Por fim, o índice infraestrutural de perdas (IIE), em inglês *Infrastructure Leakage Index (ILI)*, é produto da relação do nível atual de perdas com as perdas

inevitáveis, ou seja, o cenário ideal é chegar ao índice de valor 1. Esse indicador permite comparar sistemas diferentes e tem em sua composição características importantes das redes, tais como fatores de pressão e operação. De acordo com Melato (2010), o índice é adimensional e está descrito conforme a Equação 4:

Equação 4 – Cálculo do índice infraestrutural de perdas

$$\text{IIE} = \frac{\text{Perdas Reais Anuais (m}^3\text{/lig.dia)}}{\text{Perdas Inevitáveis Anuais (m}^3\text{/lig.dia)}}$$

Sendo Perdas Inevitáveis =  $(18 \times L_m + 0,8 \times N_c + 25 \times L_p) \times P$

### 2.6.3.1 Perdas Reais Inevitáveis

Por mais que haja uma gestão ativa e preventiva no conjunto de setores de abastecimento, é impossível chegar a uma realidade de perda zero. Além da perda da vazão inerente, é preciso contabilizar os volumes de perdas que acontecem mesmo com ações de campo frequentes na rede. Para isso, a IWA, por meio do seu Grupo Tarefa para perdas, desenvolveu uma fórmula com os parâmetros necessários para quantificar o volume de perdas reais inevitáveis. Esses parâmetros foram obtidos em redes de referência com boas condições de infraestrutura e operação. Além disso, são levados em consideração nessa fórmula os vazamentos inerentes, vazamentos não visíveis e os visíveis (TARDELLI, 2004). A estimativa da vazão de perdas inevitáveis (PRAI), em inglês, *Unavoidable Annual Real Losses – UARL*, é obtida pela Equação 5 abaixo:

Equação 5 – Cálculo de perdas inevitáveis

$$\text{PRAI} = (18 L_R + 0,8 N_C + 25 L_P) P \text{ (L/dia)}$$

Sendo:

$L_R$  = extensão da rede (km);

$N_C$  = quantidade de ligações (considerando os vazamentos entre a saída da rede e o limite do lote);

$L_P$  = extensão média da ligação domiciliar entre o limite do lote até o hidrômetro (km);

P = pressão média do sistema (metros de coluna d'água).

No Brasil, os hidrômetros normalmente são instalados junto à testada do imóvel e, por isso, o termo  $L_p$  da fórmula pode ser considerado nulo em redes com essa configuração. Assim, a equação anterior fica, então, conforme mostra a Equação 6:

Equação 6 – Cálculo de perdas inevitáveis ajustada

$$\text{PRAI} = (18 L_R + 0,8 N_C) \times P$$

O método apresentado pode ser considerado como um valor de referência para uma gestão ideal das perdas reais de abastecimento de um sistema, pois oferece uma base racional e flexível de aplicação em diversos sistemas de diversas configurações.

## 2.7 Avaliação das vazões mínimas noturnas (método *bottom up*)

No método de Vazões Mínimas Noturnas, o que é avaliado é a variação da vazão de água que passa pela rede ao longo do dia. De acordo com Gonçalves e Alvin (2007), esse é um dos principais indicadores de perdas reais em áreas de uso residencial. Ressalta-se que esse método deve ser aplicado a áreas onde há abastecimento regular para evitar erros de interpretação dos valores por conta da demanda reprimida (enchimento de caixa d'água durante a madrugada). O que ocorre, na prática, é que o máximo do consumo geralmente ocorre entre 11:00 h e 14:00 h e o mínimo consumo entre 3:00 h e 4:00 h.

Durante o período das vazões mínimas, também se encontra uma situação de vazão estável, principalmente devido à utilização de caixas d'água em áreas residenciais. Assim, grande parte do que for medido nesse período é referente às perdas reais por meio de vazamentos na rede. O método *Bottom Up* descrito pode ser considerado mais confiável em relação ao método *Top Down* porque envolve diagnóstico de campo, porém a desvantagem encontra-se no fato que exige maior disponibilidade das companhias custearem essas medições.

Ainda referente às Vazões Mínimas Noturnas, existe o Fator Noite/Dia (FND). De acordo com Ghidetti (2013), os vazamentos (perdas reais) podem acontecer ao longo de todo dia. Porém, um dos fatores que influenciam muito os valores das vazões de perdas são as pressões na rede, as quais variam durante o dia. Durante a noite,

existe a situação de pressão máxima na rede (na ausência de válvulas redutoras de pressão), portanto as vazões de vazamento também são máximas.

Dessa forma, extrapolar os valores medidos nos ensaios de vazão mínima noturna para todo o dia supervalorizará os volumes perdidos. O Fator Noite/Dia é um número dado em horas por dia. Multiplicar esse fator pela vazão mínima noturna encontrada nos diagnósticos de campo resultará nas perdas reais médias ao longo do dia. O Fator Noite/Dia é determinado utilizando a pressão média do setor, o fator N1 e a pressão média de referência, que é a pressão da vazão mínima noturna, conforme a Equação 7 a seguir:

Equação 7 – Cálculo do Fator Noite/Dia

$$\text{FND} = \sum_{i=1}^{24} (P_i/P_{3-4})^{N1}$$

$P_i$  = Pressão média horária, durante o período de dias de amostragem, da hora  $i$  do dia;

$P_{3-4}$  = Pressão média de referência, obtida no horário entre 3 e 4 horas, correspondendo à pressão média de todos os dias no horário da vazão mínima noturna.

Dessa forma, a vazão perdida é calculada como a Equação 8 abaixo:

Equação 8 – Cálculo da vazão perdida

$$Q_{\text{perdido}} = Q_{3-4} \times \text{FND}$$

O coeficiente N1 é um fator exponencial que está relacionado à vazão dos vazamentos e à pressão da rede. Além disso, esse fator também está diretamente ligado ao tipo de material que é composta a rede de distribuição. Portanto, o valor de N1 é específico de cada sistema e deve ser obtido por meio de um ensaio de campo chamado *step-test*. Durante o *step test*, são observadas as variações de pressão e vazão no horário de consumo mínimo do sistema (vazão mínima noturna) porque, nesse momento, a vazão de entrada e a pressão média do sistema são mais estáveis e variam pouco. As variações de pressão e vazão devem ser observadas no ponto médio de pressão (PPMS) da rede analisada.

Por sua vez, para definir o ponto médio de pressão na rede, Lambert e Thornton (2002) *apud* Melato (2010) definem que é necessário calcular a média ponderada das

cotas de ramais, redes e hidrantes. Com a média dessas cotas calculadas, deve-se encontrar um ponto na rede com o valor próximo ao encontrado para servir como ponto de medição para os ensaios. Para o ensaio de definição do valor de N1, o setor ou subsetor deve ser abastecido apenas por um único ponto de entrada. Assim, a pressão no ponto de entrada deve ser variada e as pressões e vazões no PPMS devem ser registradas para o cálculo de N1.

De acordo com Melato (2010), a pressão deve ser reduzida em, no mínimo, três níveis (P0, P1 e P2) no ponto de entrada. Após essa etapa, obtém-se a vazão dos vazamentos Q0, Q1 e Q2 correspondentes às pressões medidas no PPMS, P0, P1 e P2, o N1 pode ser calculado pela Equação 9:

Equação 9 – Cálculo do coeficiente N1

$$N1 = h(Q1/Q0)/h(P1/P0) = h(Q2/Q0)/h(P2/P0)$$

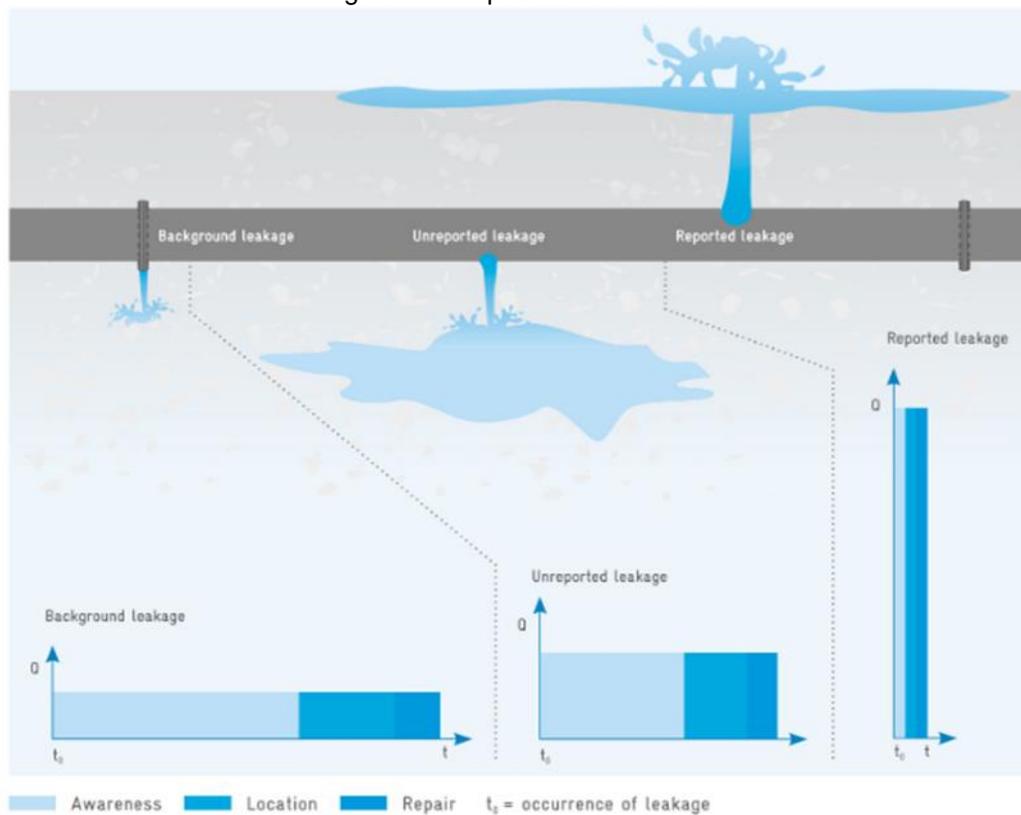
Lambert e Thorton (2002) *apud* Melato (2010) detalham cada passo para a definição da pressão média do setor e do valor de N1. De acordo com Tardelli Filho (2004), o expoente N1 depende do material da tubulação da rede e pode variar entre os valores de 0,5 e 2,5 sendo, para tubos metálicos,  $N1 = 0,5$ , para tubos plásticos,  $1,5 < N1 < 2,5$ , para vazamentos inerentes,  $N1 \cong 1,5$ . Na impossibilidade da concessionária realizar os testes para a obtenção de N1, pode-se adotar o valor de 1,00, pois os valores encontrados em redes compostas de materiais diferentes do expoente N1 são próximos de 1,15.

## 2.8 Método BABE – Background and Burst Estimates

O conceito de BABE, do inglês *Background and Burst Estimates*, foi desenvolvido pela *UK National Leakage Control Initiative* durante a década de 90. Essa metodologia parte da avaliação das estatísticas de reparo. Para obter essa estatística, são analisados três fatores influentes principais: conhecimento, localização e reparo. O conhecimento é o tempo entre o começo do vazamento até o momento em que a companhia toma ciência dele. A localização é o tempo entre o conhecimento da existência do vazamento até a localização precisa do local de fuga. E, por fim, o reparo é o período entre a localização até que a fuga seja cessada.

Além desses períodos de tempo, é necessário conhecer a ocorrência de vazamentos inerentes, visíveis e não visíveis, a frequência de ocorrência dos vazamentos por ano, as condições da rede e pressão média do setor. Avaliando sistematicamente esses fatores, é possível representar o valor perdido nos vazamentos futuros com base no histórico da rede. Os volumes perdidos dependem diretamente dos três fatores apresentados anteriormente. A Figura 21 abaixo ilustra esse conceito:

Figura 21 – Tipos de vazamento



Fonte: Site Waterlossreduction<sup>8</sup>

Nota-se que o tipo e a localização dos vazamentos influenciam o tempo total de reparo e, conseqüentemente, o volume de perdas. O último exemplo gráfico exemplifica um típico arrebentamento visível, como mostra a imagem. Por ser visível, esse tipo possui um tempo curto conhecimento, localização e reparo. Dessa forma, o volume perdido (área do gráfico) é menor apesar da pressão ser maior nessa situação. Os outros dois exemplos representados mostram a situação de vazamentos não visíveis. Percebe-se que as vazões influenciam o tempo de conhecimento do

<sup>8</sup> Disponível em <http://www.waterlossreduction.com/index.php/en/solutions/leak-repair>

vazamento. No primeiro exemplo, apesar da baixa vazão, a detecção é tão demorada que torna o volume perdido mais expressivo. Já no segundo exemplo, existe um vazamento não visível, porém com uma vazão mais significativa em relação ao primeiro. Portanto, a detecção será o meio termo entre o primeiro e último exemplo.

## 2.9 *Fixed and Variable Area Discharge Paths* – Importância do controle da pressão na rede

A pressão é um dos principais fatores a ser controlado no gerenciamento de perdas. A aplicação da teoria de hidráulica mostra que a pressão e vazão possuem relação quadrática entre si e, além disso, não existe previsão de variação da área de descarga. No entanto, em campo, existe um fator que influencia essa relação e a modifica que é a variação do orifício de vazamento. O aumento do tamanho do orifício contribui de maneira significativa ao aumento da vazão de perdas. O modelo *FAVAD* – *Fixed and Variable Area Discharge* equaciona essa realidade encontrada nas redes de distribuição. De maneira geral, tem-se que, quanto maior a pressão sobre o orifício, mais ele se deforma aumentando sua área. Consequentemente, a vazão de perda é maior para uma área de fuga maior. Então, a vazão dos vazamentos se comporta de acordo com a Equação 10 abaixo (TARDELLI, 2004):

Equação 10 – Cálculo da relação entre vazão e pressão

$$(Q_1 / Q_0) = (P_1 / P_0)^{N_1}$$

Sendo:

$Q_1$  = vazão do vazamento à pressão  $P_1$ ;

$Q_0$  = vazão do vazamento à pressão  $P_0$ ;

$P_0$  = pressão inicial na rede;

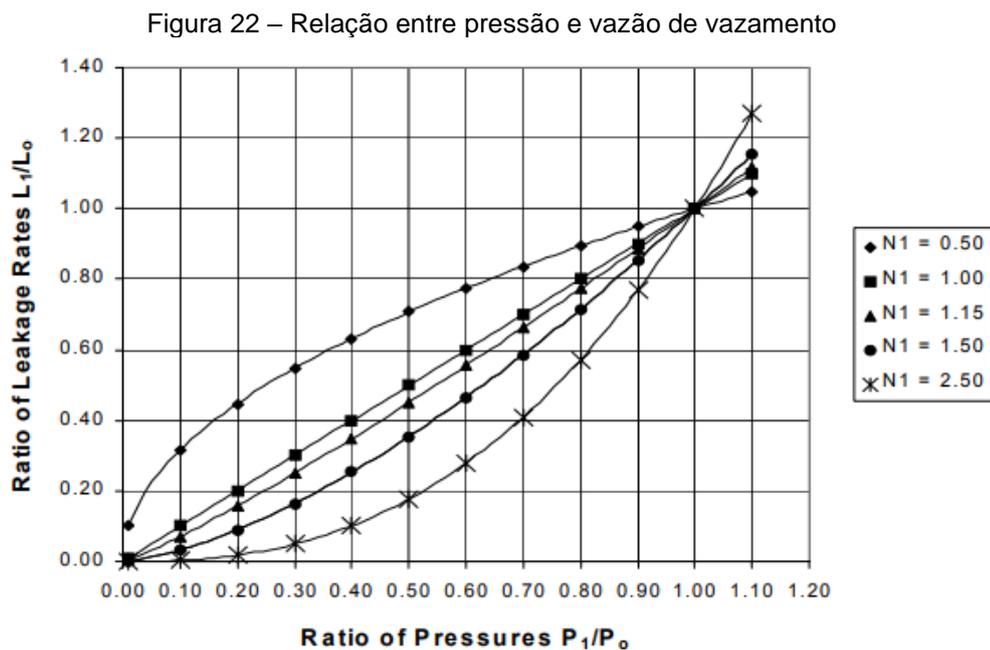
$P_1$  = Pressão final na rede;

$N_1$  = coeficiente exponencial da relação vazão/pressão, baseado no material de composição da rede.

A pressão utilizada na equação é a Pressão Média do Setor (PMS) descrita anteriormente e o coeficiente varia de acordo com o material da rede. Alguns valores de referência de  $N_1$  são exemplificados a seguir:

- Para tubos metálicos:  $N1 = 0,5$ ;
- Para tubos plásticos:  $1,5 < N1 < 2,5$ ;
- Para vazamentos inerentes:  $N1 \cong 1,5$ .

Nota-se que o fator  $N1$  varia de acordo com a tendência do material em se deformar ao longo do tempo e sobre ação das pressões da rede. Esse fato é de extrema importância para atenção das concessionárias de abastecimento de água. Quanto mais rígido o material dos dutos de abastecimento de água, menor será o valor de  $N1$ . Um estudo desenvolvido por Lambert (2000) mostra a relação entre as variações de pressão e vazão em diferentes valores do fator  $N1$  na Figura 22 abaixo. O eixo das ordenadas (*Ratio of Leakage Rates*) mostra as variações da razão entre vazões e, nas coordenadas (*Ratio of Pressure*), está a relação das pressões para cada fator  $N1$  exemplificado acima.



Fonte: Lambert (2000)

#### A Figura 22

é um exemplo gráfico que ilustra o comportamento da variação da vazão com a variação da pressão e do  $N1$ . Comparando o  $N1 = 0,5$  (mais rígido) com o  $N1 = 2,5$  (menos rígido), pode-se notar um comportamento esperado para cada tipo de material. No  $N1$  mais rígido (0,5), ao aumentar a pressão, existe pouca variação da fração de vazamento, pois o material se deforma menos. Por outro lado, no  $N1$  mais

flexível (2,5), para o mesmo intervalo de variação de pressão comparado com o N1 menos flexível (0,5), pode-se notar uma variação da fração de vazão mais expressiva.

## 2.10 Método PDCA

O ciclo PDCA pode ser definido como uma sequência de ações realizadas ciclicamente com objetivo de garantir a melhoria de atividades da organização, segundo Slack (1996).

O Ciclo PDCA é um método de gestão, representando o caminho a ser seguido para que as metas estabelecidas possam ser atingidas. Na utilização do método, poderá ser preciso empregar várias ferramentas analíticas para a coleta, o processamento e a disposição das informações necessárias à condução das etapas do PDCA (WERKEMA, 2012, p. 29).

Segundo Campos (1992), o ciclo PDCA é composto por quatro etapas que compõem as siglas do nome da metodologia, sendo os seguintes:

1. Planejamento (P) - Essa etapa consiste em estabelecer metas e o método para alcançar os objetivos determinados.

2. Execução (D) - Executar as tarefas conforme foram previstas na etapa de planejamento e coletar dados que serão utilizados na próxima etapa de verificação do processo. Nesta etapa, a educação e o treinamento nas atividades a serem executadas no trabalho são essenciais.

3. Verificação (C) - A partir dos dados coletados na execução, comparar o resultado alcançado com a meta planejada.

4. Atuação corretiva (A) - Essa etapa consiste em atuar no processo em função dos resultados obtidos adotando como padrão o plano proposto, caso a meta tenha sido alcançada ou agir sobre as causas do não atingimento da meta, caso o plano não tenha sido efetivo.

Dessa forma, a utilização do PDCA pode vir da alta administração ou de setores operacionais. Para ambos, o programa de melhoria contínua deve se iniciar com um planejamento detalhado e criterioso, em seguida devem ser estabelecidas as metas e as ações a serem realizadas. Por fim, as ações devem ser colocadas em práticas e os dados dos resultados devem ser mensurados e analisados para utilização como padrão ou redefinição de novo planejamento.

### 3 ESTUDO DE CASO

A região escolhida para o estudo de caso é um setor amostral do bairro de Laranjeiras, zona sul da cidade do Rio de Janeiro, o qual foi objeto de estudo pela autora. A Figura 23 mostra a região de estudo.

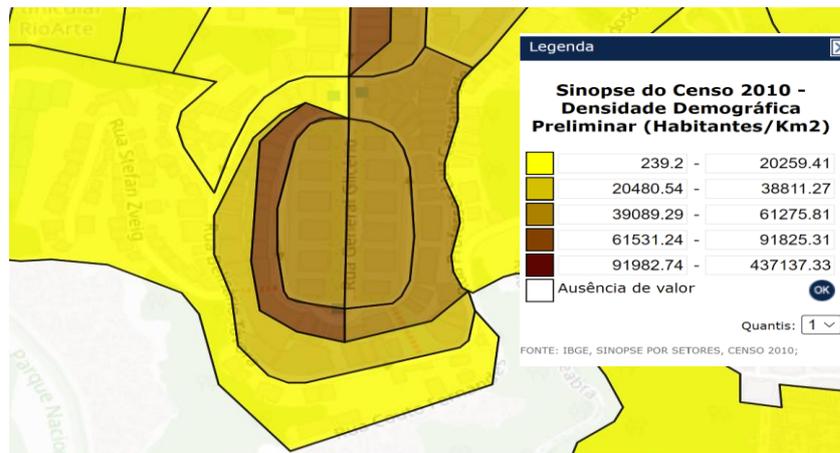
Figura 23 – Área de estudo no bairro de Laranjeiras



Fonte: Google Earth

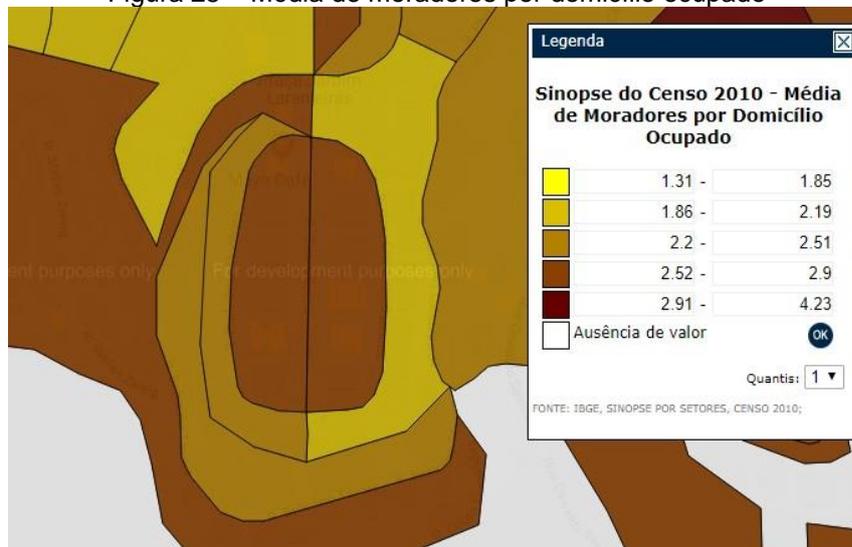
A região estudada é uma área valorizada onde predominam classes média e alta. É parte integrante da Região Administrativa de Botafogo, de acordo com a Prefeitura do Município do Rio de Janeiro. A área é composta por muitas casas, principalmente nas partes altas. No entanto, nas últimas décadas, ocorreu e ainda ocorre um processo de verticalização intensa na área.

O IBGE define o setor censitário como a menor unidade territorial com limites físicos identificáveis em campo, com dimensão adequada à operação de pesquisa. A Figura 24 mostra a densidade demográfica em habitantes por Km<sup>2</sup> e a Figura 25 mostra a média de moradores por domicílio ocupado.

Figura 24 – Densidade demográfica em habitantes por Km<sup>2</sup>

Fonte: IBGE 2010.

Figura 25 – Média de moradores por domicílio ocupado



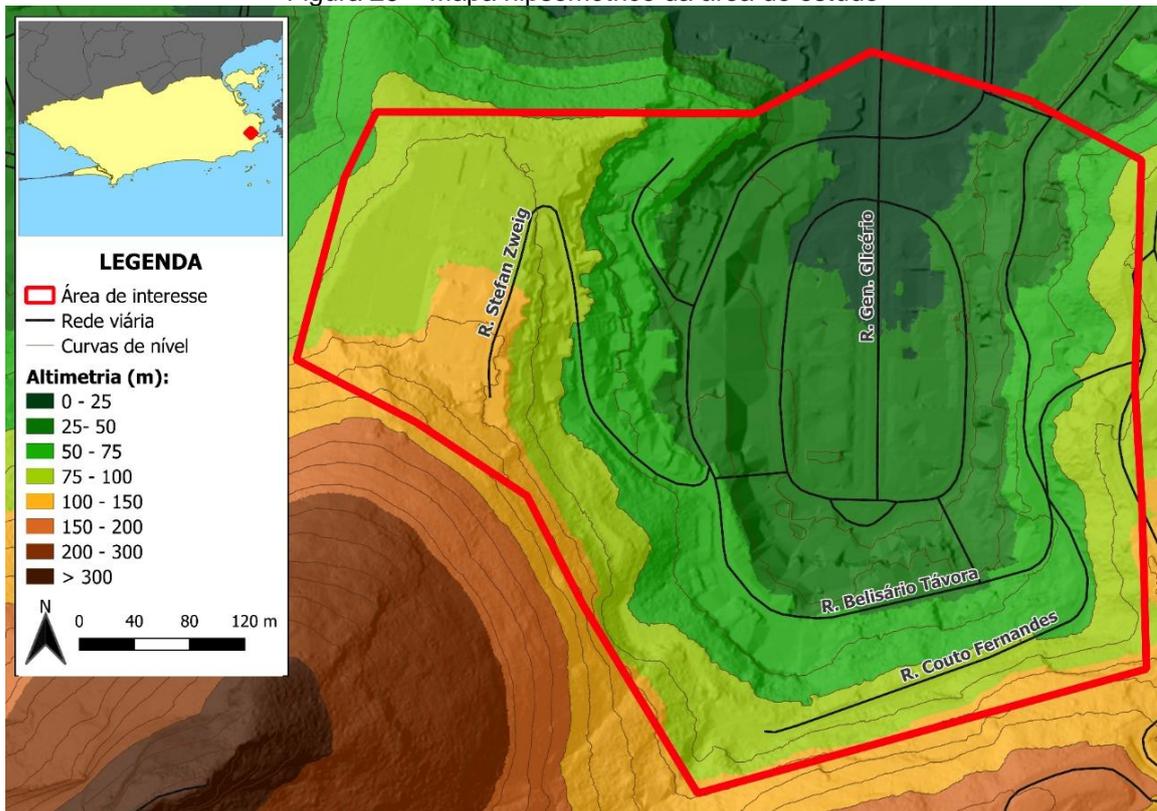
Fonte: IBGE 2010.

O desenvolvimento do bairro começou no século XIX, com o surgimento de chácaras que eram movidas a trabalho escravo. O fato de a Princesa Isabel morar no palacete da rua Guanabara, que hoje tem o nome de rua Pinheiro Machado, acelerou o crescimento da região. Uma grande transformação ocorreu após a instalação da Companhia de Fiações e Tecidos Aliança na Rua General Glicério, atraindo muitos comerciantes para o local em 1880. Até 1993, com o funcionamento da fábrica, desenvolveram-se ali muitas vilas operárias.

O bairro possui localização estratégica e é tipicamente residencial, faz limite com os bairros Cosme Velho, Santa Teresa, Catete, Flamengo, Botafogo, Catumbi (pelo Túnel Santa Bárbara) e Rio Comprido (Túnel da Rua Alice). A área de estudo

tem duas zonas de pressão, uma de alta pressão e outra de média e baixa pressão. Para contextualizar sobre esse aspecto da área de estudo, veja a seguir o mapa hipsométrico (Figura 26) da região que mostra as altitudes das ruas citadas neste trabalho:

Figura 26 – Mapa hipsométrico da área de estudo



Fonte: Elaborado pela autora

## 4 METODOLOGIA

Este capítulo objetiva a descrição da metodologia empregada para que todos os objetivos propostos fossem cumpridos. Foram utilizados dados disponibilizados por instituições, literatura técnica e pelo Sistema Único de Perdas Reais e Aparentes – SUPERA, sistema de gestão da Cedae.

O primeiro passo para início das ações de controle de perdas foi definir a região ou bairro a ser levantado. Em seguida, foi escolhida uma área amostral representativa dessa região onde se possam delimitar as entradas de água (Distrito de Medição e Controle - DMC). A região escolhida conta com dois DMCs doravante denominados como DMC da General Glicério e DMC da Belisário Távora. No ano de 2021, as duas áreas contavam com um total de 1826 economias e 175 ligações. Anteriormente à realização do estudo, já haviam sido instalados os macro medidores na região para fins de redefinição do coeficiente de retorno<sup>9</sup> em áreas urbanas. Os pontos escolhidos para a instalação de macro medidores de água seguiram os critérios dos pontos de alimentação dos três sistemas, posição das ligações prediais incluídas na área amostral, impacto dos serviços de manutenção futura, localização das válvulas de controle de fluxo e logística com facilidade para coleta dos dados da medição.

Para a medição das vazões fornecidas, foi instalado um macromedidor em cada um dos três distribuidores que abastece este setor, tendo os dados computados a cada 10 minutos e enviados por telemetria a cada 30 minutos para serem tratados. As imagens da Figura 27, Figura 28 e Figura 29 abaixo identificam e ilustram os macromedidores do setor amostral do estudo e a rede:

---

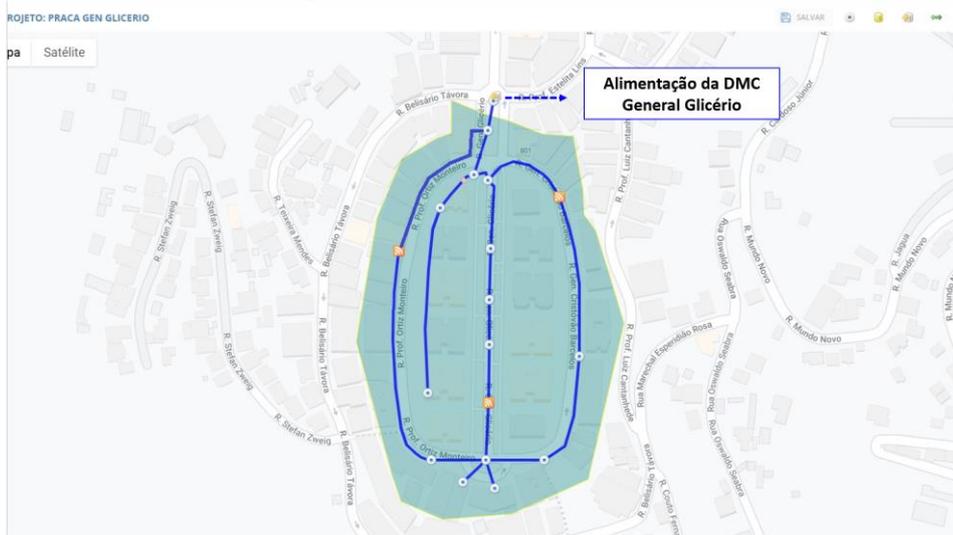
<sup>9</sup> Percentual do que é gerado de esgoto a partir da água consumida.

Figura 27 – Posição dos macro medidores e traçado da rede



Fonte: Google Earth (adaptado)

Figura 28 – DMC General Glicério



Fonte: SUPERA

Figura 29 – DMC Belisário Távora

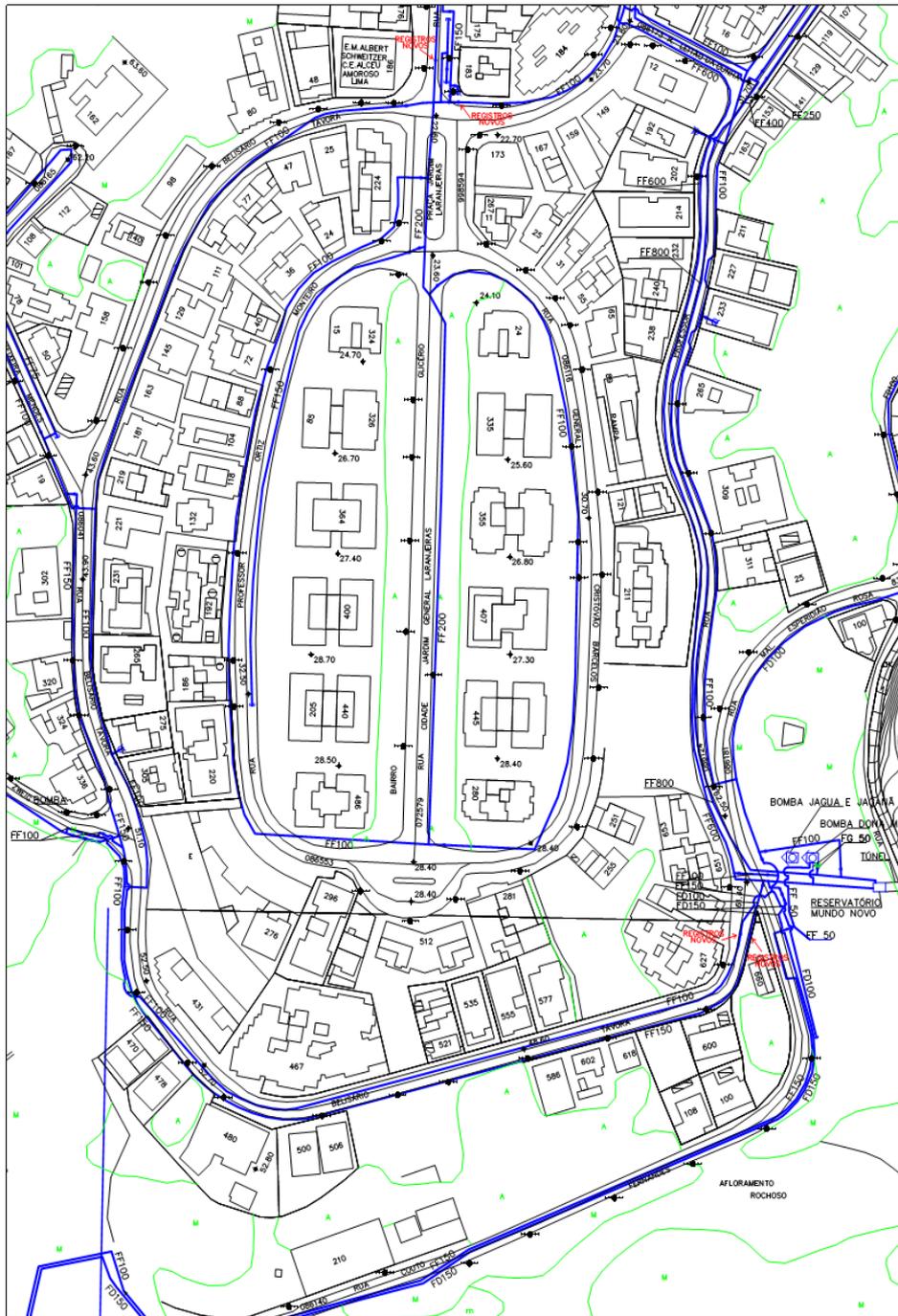


Fonte: SUPERA

A rede do macro medidor 1, referente ao DMC General Glicério, possui diâmetro nominal de 200 mm. As redes dos macro medidores 2 e 3, referentes ao DMC da Belisário Távora, possuem diâmetros nominais 150 e 100, respectivamente. A tubulação onde está o macromedidor 1 é responsável pelo abastecimento da parte baixa do setor de medição onde estão as ruas General Glicério, General Cristóvão Barcelos e Professor Ortiz Monteiro. Os macros 2 e 3 são responsáveis pelo abastecimento das ruas Couto Fernandes, Belisário Távora e Stefan Zweig. Além de macromedidores remotos, as pressões foram obtidas instantaneamente para efeito de possibilitar a distribuição de água nas partes mais altas do sistema (DMC Belisário Távora). No entanto, não foram implementados sensores permanentes que permitissem a aquisição das leituras das pressões.

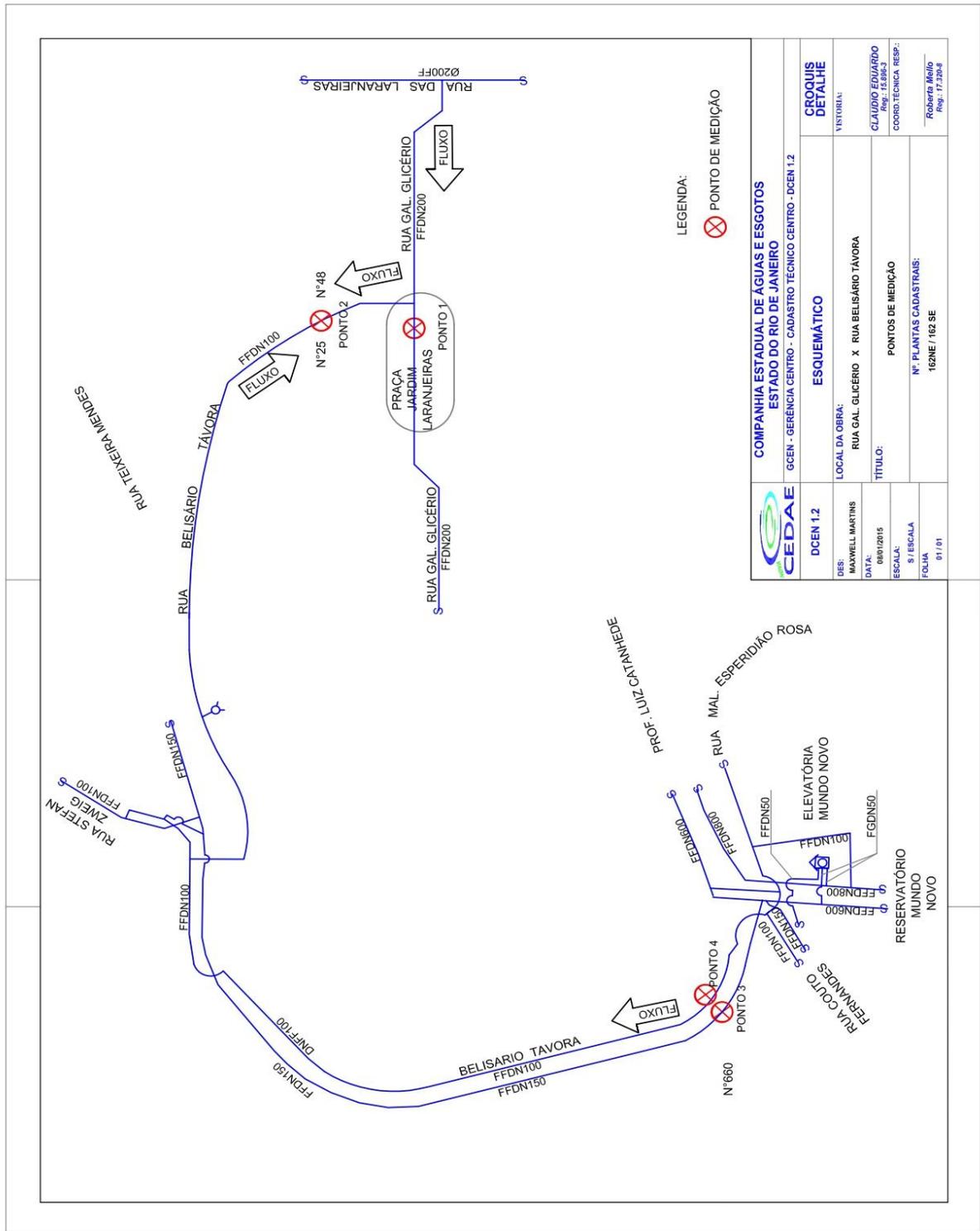
A Figura 30 e a Figura 31 apresentam as plantas baixas dos DMCs, obtidas dos acervos da CEDAE, que foram estabelecidos para os estudos no bairro de Laranjeiras.

Figura 30 – DMC Laranjeiras



Fonte: CEDAE

Figura 31 – Pontos de medição Gal. Glicério e Belisário Távora



Fonte: CEDAE

Após a definição da área com a garantia de que houvesse estrutura suficiente para conhecimento de todas as entradas de água do sistema, foi iniciado o levantamento de dados da rede.

#### 4.1 Ações de redução de perdas e resultados mensais

Para analisar os dados mensais de perdas obtidos entre 2016 e 2018 por meio dos principais indicadores do SNIS, foram utilizados, neste trabalho, as seguintes informações obtidas do SUPERA e das ações em campo:

- Macromedição;
- Micromedição;
- Parque hidrômetros: submedição, tipo de hidrômetros, vazão nominal, classe e total de hidrômetros;
- Número de economias do setor amostral.

Os dados de micro, macromedição e do parque de hidrômetros foram coletados por meio do sistema adquirido pela CEDAE. O sistema SUPERA (Sistema Único de Perdas Reais e Aparentes) foi contratado e desenvolvido com o objetivo de levantar dados sobre a rede local. A plataforma auxilia na análise de aferição dos medidores em relação às faixas de consumo, propiciando, assim, o correto e permanente uso dos hidrômetros – permitindo a verificação da existência de fraudes por meio da média histórica dos consumidores (consumo médio por economia) e posterior vistoria criteriosa local nas unidades consumidoras fora da faixa definida. O SUPERA possui diversos módulos de serviços disponíveis, tais como hidrometria, troca de medidores, aferição e laudo de medidores, limite espacial e distrito de medição e consumo - DMC, modelagem de redes entre outros.

O projeto de aquisição e implementação do sistema contou com a participação de equipes da CEDAE e equipes da empresa desenvolvedora do software. A etapa inicial de intervenções na rede consistiu nos esforços de levantamento de informações do parque de hidrômetros no DMC. Por meio das informações adquiridas no SUPERA, tem-se o diâmetro nominal, vazão nominal, tipo, classe, quantidade de hidrômetros e percentual de submedição. O critério para a substituição dos hidrômetros foi o Índice de Desempenho de Medição (IDM).

Este método é preconizado pela Norma ABNT NBR 15.538/2014 – Medidores de água potável – ensaios para avaliação de eficiência, que consiste em determinar a submedição de um parque de hidrômetros a partir de uma Curva de Desempenho da Medição. A curva em questão fornece a informação da eficiência média da medição dos hidrômetros de acordo com o tempo de instalação. Assim, para cada ano de uso

do hidrômetro, está associado um Índice de Desempenho da Medição (IDM), que representa a porcentagem de água consumida que o hidrômetro consegue medir. A princípio, foram selecionados os hidrômetros com valores de sub medição próximos ou maiores de 10% como mostra a Tabela 4 abaixo:

Tabela 4 – Hidrômetros e valores de submedição

DIÂMETRO (mm)	Qn (m³/h)	Tipo	Classe	Total	Submedição (%)
15	0,75	Unijato	B	32	-10,32
20	1,5	Multijato	B	113	-10,86
25 a 40	3,5 a 10	Multijato	B	22	-9,85
50 a 150	15 a 150	Woltman	B	6	-15,95
<b>TOTAL DE MEDIDORES</b>				173	-11,75

Fonte: CEDAE

A partir desse levantamento cadastral, começaram os esforços da equipe para promover a substituição dos equipamentos. Após a substituição dos medidores e a instalação de outros dois hidrômetros onde antes existiam apenas ligações não hidrometradas, a configuração do parque de hidrômetros ficou de acordo com a Tabela 5:

Tabela 5 – Distribuição dos medidores novos

DIÂMETRO (mm)	Qn(m³/h)	Tipo	Classe	Total	Submedição (%)
15	0,75	Unijato	B	57	-4,23
20	1,5	Multijato	B	47	-6,53
20	1,5	Volumétrico	C	41	-3,47
25 a DN40	3,5 a 10	Multijato	B	20	-7,85
40 a 150	40 a 250	Ultrassônico	R500	10	-3,84
<b>TOTAL DE MEDIDORES</b>				175	-5,18

Fonte: CEDAE

Os dez medidores ultrassônicos foram instalados em locais onde o consumo de água é maior comparado à média de consumo do setor. Pelo alto custo de aquisição do equipamento, foi necessário selecionar apenas aqueles consumidores em que, ao longo do tempo, o valor investido pudesse ser recuperado pela concessionária. Além disso, houve a inserção dos hidrômetros tipo volumétricos em substituição de alguns velocimétricos de vazão compatível. O critério de escolha para essa substituição foi a faixa de consumo médio do cliente cadastrado. Para clientes

que consumiam acima do volume para tarifa<sup>10</sup> mínima cobrada pela CEDAE, 15 m<sup>3</sup>, essa substituição e alteração de tipo de hidrômetro foram efetuadas. Por fim, foram instalados dois hidrômetros em unidades consumidoras, conforme citado anteriormente, que anteriormente tinham seus consumos estimados pela concessionária.

Em seguida à reconfiguração do parque de hidrômetros, foi realizado o levantamento dos dados cadastrais e das plantas da área de estudo armazenadas na mapoteca de uma das unidades da CEDAE. O objetivo nesse passo foi mapear as edificações (prédios, casas e estabelecimentos comerciais) que eram abastecidos pela rede em estudo. Para isso, fez-se uma vistoria detalhada do funcionamento da rede de abastecimento dessa área, buscando identificar irregularidades (fraudes e vazamentos) *in loco*. Encontradas as irregularidades, elas foram corrigidas e mensuradas. Nessa etapa, foi utilizado o equipamento de haste de escuta para confirmar os locais suspeitos de vazamento, como mostra a Figura 32 abaixo, durante a pesquisa de campo:

Figura 32 – Uso de haste de escuta na busca de vazamentos não visíveis



Fonte: CEDAE

A Figura 33 mostra a intervenção na rede após a identificação de vazamento oculto com auxílio da haste. Já a Figura 34 está ilustrando outro vazamento detectado nos setores de estudo.

---

<sup>10</sup> Disponível em: <https://www.cedae.com.br/tarifas>. Para as categorias residenciais e públicas é considerado tarifa mínima de 500 litros por dia mesmo o imóvel estando desocupado. Para indústria e comércio, o volume é de 666 litros por dia.

Figura 33 – Localização de vazamento oculto e reparo



Fonte: CEDAE

Figura 34 – Vazamento exposto para reparo



Fonte: CEDAE

Em paralelo às campanhas de vistoria, foi aplicado um questionário para todos os prédios e casas na região. Os questionários eram deixados sob responsabilidade dos porteiros/síndicos ou moradores. O objetivo da aplicação do questionário foi obter o levantamento de dados da área amostral para a quantificação total do número de economias e determinação do número de habitantes por economia para obtenção da informação do consumo esperado.

Essa foi uma forma utilizada para identificar possíveis irregularidades. Por meio de análise comparativa entre o consumo real e o esperado, é possível identificar áreas em que possíveis vazamentos ou fraudes estariam acontecendo. Nessa parte, a análise do perfil de consumo de cada unidade foi muito relevante para o estudo. A princípio, foram selecionados para inspeção os prédios com desvio entre o consumo esperado e o real acima de 40%. Essa porcentagem foi preestabelecida com base na experiência profissional dos técnicos da CEDAE, que atuavam na região estudada. O consumo esperado mensal foi calculado de acordo com a taxa de ocupação dos prédios, ou seja, é um valor teórico calculado para ser utilizado como referência de consumo médio. Dessa forma, pôde-se destacar seis prédios com indícios de fraudes ou vazamentos internos. O Quadro 5 abaixo mostra os valores encontrados:

Quadro 5 – Comparativo dos consumos reais e esperados

Local	Consumo Real Mensal (m <sup>3</sup> )	Consumo Esperado Mensal (m <sup>3</sup> )	Desvio (%)
Prédio a	38,00	19,15	49,60
Prédio b	68,00	28,73	57,70
Prédio c	64,00	19,15	70,10
Prédio d	25,00	38,31	-53,20
Prédio e	1.154,00	1.781,35	-54,40
Prédio f	560,00	766,17	-36,80

Fonte: CEDAE

Por meio desses valores mapeados na área de estudo, foi possível concentrar esforços em locais onde havia indícios de irregularidades dessa forma. Por meio dessa priorização, foi possível corrigir as alterações, como mostra a Figura 35, onde um operador da CEDAE realiza o procedimento de corte de ligação clandestina. A Figura 36 mostra um hidrômetro fraudado identificado durante as inspeções de campo.

Figura 35 – Ligação clandestina na rede



Fonte: CEDAE

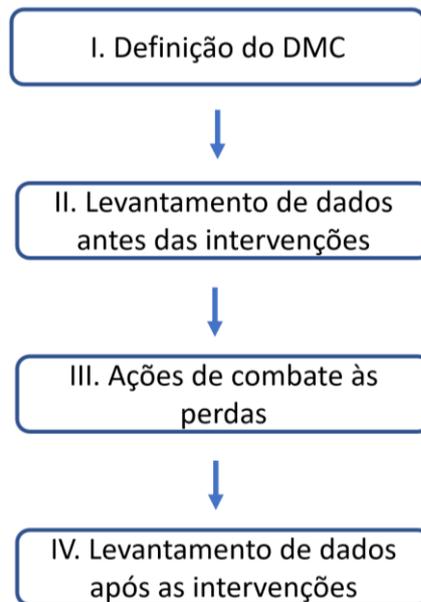
Figura 36 – Hidrômetro fraudado



Fonte: CEDAE

A etapa seguinte do trabalho permitiu ajustar, por meio de intervenções no campo, a setorização da área estudada e identificação de irregularidades na rede. De forma geral, o estudo em questão foi orientado em conformidade com o ciclo PDCA, sendo definidos os seguintes passos na Figura 37:

Figura 37 – Passos do estudo para obtenção de dados



Fonte: Elaborado pela autora

As ações de combate às perdas (item III) começaram com duas frentes de atuação: micromedição (perdas aparentes) e detecção de vazamentos (perdas reais). De forma detalhada, as ações compreenderam a ordem a seguir:

- Levantamento de dados cadastrais e plantas da área monitorada;
- Obtenção dos dados do parque de hidrômetros e de sub medição por meio do SUPERA;
- Identificação dos hidrômetros a serem substituídos/redimensionados;
- Reconfiguração do parque de hidrômetros com implementação de novas tecnologias;
- Vistoria detalhada da rede em questão;
- Aplicação de questionário para obtenção do consumo esperado;
- Monitoramento comercial para obtenção do consumo real;
- Comparativo de medições (consumo real *versus* esperado).

Por meio das etapas da campanha de redução de perdas na área objeto do estudo, foi possível a determinação da evolução dos seguintes indicadores mensais: IN010 - índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado (%); IN103- índice de perdas de faturamento (%); e IN051 – índice de perdas por ligação (L/Lig./dia).

É importante ressaltar que, durante a atuação no estágio profissional da autora (2016-2018), os dados acompanhados foram de meses específicos de cada ano. Por isso, no capítulo de resultados, as informações serão apresentadas referentes aos valores mensais de medição. Após o ano de 2018, o setor da CEDAE, sediado no bairro de Botafogo e que implementava campanhas de redução de perdas no DMC de Laranjeiras, teve suas operações encerradas por mudanças estruturais da companhia com troca de cargos da alta direção incluindo o da presidência. No entanto, para ser possível uma análise mais abrangente, dados anuais (considerando doze meses) do sistema de informações da CEDAE foram extraídos de 2017 a 2021 e estes também serão apresentados e discutidos.

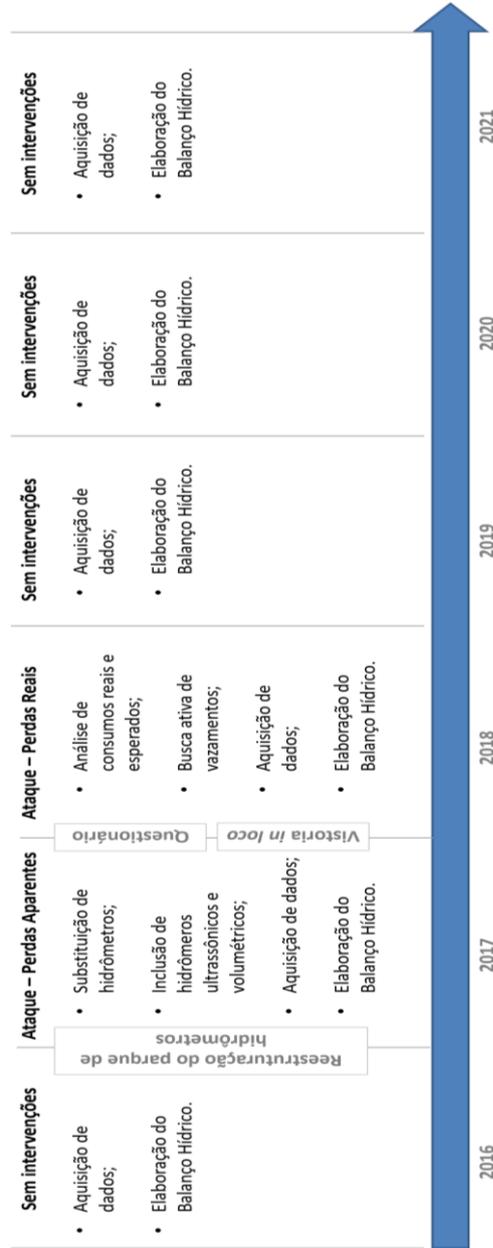
A escolha por apresentar também os dados dos balanços hídricos considerando os 12 meses de cada ano apresentados a seguir é um critério técnico que visa uma boa avaliação do sistema. A análise de 12 meses do ano calendário permite abrandar variações sazonais ou mesmo as diferenças de ciclos de leitura.

#### 4.2 Elaboração dos Balanços Hídricos e resultados anuais

Para analisar o comparativo entre os dados mensais obtidos e os dados anuais do Balanço Hídrico, foram utilizados os dados do SUPERA de macro e micromedição relativos aos 12 meses de cada ano desde 2017 até 2021. Em seguida, os dados foram inseridos no modelo criado no software de edição de planilhas Excel pela orientadora deste trabalho, Profa. Monica Maria Pena. Os componentes do Balanço Hídrico são os mesmos do Quadro 1, sendo os seguintes : entrada de água no sistema ( $m^3/ano$ ); consumo autorizado ( $m^3/ano$ ); perdas de água ( $m^3/ano$ ); consumo autorizado faturado ( $m^3/ano$ ); consumo autorizado não faturado ( $m^3/ano$ ); perdas aparentes ( $m^3/ano$ ); perdas reais ( $m^3/ano$ ); consumo faturado medido ( $m^3/ano$ ); consumo faturado não medido ( $m^3/ano$ ); consumo não faturado medido - uso operacional ( $m^3/ano$ ); consumo não faturado medido ( $m^3/ano$ ); consumo não faturado não medido - uso social ( $m^3/ano$ ); consumo não autorizado - furtos gestão comercial ( $m^3/ano$ ); perdas de erros de medição - submedição ( $m^3/ano$ ); vazamento na redes de distribuição ( $m^3/ano$ ); vazamento de extravasamento de reservatórios ( $m^3/ano$ ); e vazamento em ligações ( $m^3/ano$ ).

A partir da análise do Balanço Hídrico, considerando os dados dos 12 meses de cada ano, foi possível calcular os seguintes indicadores anuais: IN010 - índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado (%); IN103- índice de perdas de faturamento (%); IN051 – índice de perdas por ligação (L/Lig./dia). Para apresentação dos processos de intervenções e análises de forma visual, veja a Figura 38:

Figura 38 – Evolução temporal de cada fase do estudo



Fonte: Elaborado pela autora

Após, será apresentada uma análise do aspecto financeiro das perdas. Para isso serão calculados os custos das perdas reais, perdas aparentes e perdas totais do setor analisado. Os volumes de perdas foram obtidos dos balanços hídricos e os indicadores IN005 - Tarifa média de água (R\$/m<sup>3</sup>) e IN0026 - Despesa de exploração por m<sup>3</sup> faturado foram extraídos da base de dados histórica do SNIS. Ressalta-se que como os dados do SNIS de 2022, referentes a 2021 ainda não foram divulgados oficialmente, foram utilizados os mesmos valores do IN005 e IN0026 referentes a 2020.

#### 4.3 Comparativo com estudos de perdas

Em seguida, será feita uma análise comparativa com estudos que tinham o objetivo de reduzir as perdas em determinadas áreas conduzidos por outros prestadores de serviços. Essa abordagem de comparar com estudos anteriores é importante para garantir que as soluções propostas são baseadas em boas práticas já abordadas na literatura. Isso também permite que os resultados do estudo atual sejam, além de comparados, avaliados em relação aos estudos anteriores.

Para isso, foram analisados estudos conduzidos nos estados de Pernambuco, Rio de Janeiro e São Paulo. Cada um deles será detalhado no capítulo de resultados, permitindo um melhor entendimento sobre a metodologia e os resultados de cada um deles. Essa abordagem de analisar estudos anteriores também pode ajudar a identificar lacunas de conhecimento ou áreas que precisam de mais pesquisa. Esse processo pode indicar oportunidades para pesquisas futuras sobre o tema.

#### 4.4 Proposta de protocolo de perdas

Por fim, será criado um protocolo de perdas que será resultado de uma análise cuidadosa do estudo atual e dos comparativos realizados com outros prestadores de serviços. O objetivo principal é estabelecer um conjunto de ações concretas e eficazes que visem reduzir as perdas que podem ser implementadas por concessionárias com objetivo de iniciar as campanhas de redução de perdas.

O protocolo será elaborado seguindo as premissas da melhoria contínua, conhecida como PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), que é uma metodologia utilizada para aprimorar processos e sistemas de gestão.

## 5 RESULTADOS

Neste capítulo, serão apresentados os resultados e discussões de cada uma das etapas do trabalho de forma alinhada aos objetivos definidos anteriormente.

### 5.1 Redução de perdas e os resultados mensais

A reconfiguração do parque de hidrômetros realizada com ações de substituição de hidrômetros e a instalação de dois hidrômetros no setor amostral fez com que a porcentagem de submedição passasse de 12% para 5%. Dessa forma, em maio de 2017, foi possível reduzir as perdas de faturamento de 32% para 18%, redução que foi possível pelo aumento da precisão de medição dos hidrômetros que geraram aumento do volume micromedido.

Para o cálculo do índice de perdas totais, foi relacionado o valor macromedido ao micromedido, sendo este índice a razão entre a diferença do valor macro e micromedido sobre o valor macromedido. Os resultados obtidos podem ser observados Quadro 6 abaixo:

Quadro 6 – Parâmetros antes e depois da primeira etapa

<b>Parâmetros</b>	<b>Novembro de 2016</b>	<b>Mai de 2017</b>
<b>Volume Macromedido (m<sup>3</sup>/mês)</b>	40.134	40.710
<b>Volume Micromedido (m<sup>3</sup>/mês)</b>	27.397	33.382
<b>Índice de Perdas de faturamento (IN013) (%)</b>	32	18

Fonte: Elaborado pela autora

Essa etapa de ações exigiu maiores esforços no aporte de recursos financeiros da prestadora do serviço. No entanto, quando são investidos recursos na modernização de equipamentos, é esperada a recuperação financeira com o aumento da receita pela diminuição da submedição. Após a apresentação dos Balanços Hídricos ano a ano a seguir, será discutida a relação entre o gasto para as ações e o retorno financeiro pela concessionária.

Após as campanhas de vistoria *in loco* e ações de intervenção nas unidades consumidoras selecionadas a partir do comparativo do consumo real *versus* consumo esperado, as intervenções iniciais já mostraram grandes avanços no combate às

perdas em um setor em que antes não havia nenhuma ação nesse sentido. No Quadro 7, estão os dados de antes e depois da intervenção inicial.

Quadro 7 – Comparativo dos parâmetros durante a segunda etapa

<b>Parâmetros</b>	<b>Maio de 2017</b>	<b>Agosto de 2018</b>
<b>Volume Macromedido (m<sup>3</sup>/mês)</b>	40.710	28.513
<b>Volume Micromedido (m<sup>3</sup>/mês)</b>	33.382	26.806
<b>Índice de Perdas de faturamento (IN013) (%)</b>	18	8

Fonte: Elaborado pela autora

Esta etapa de ações trouxe redução de cerca de 30% do valor macromedido. O resultado foi reflexo de ações voltadas ao combate de perdas por vazamento (perdas reais). O acompanhamento dos dados de gestão foi crucial para a efetivação dos resultados. A identificação dos consumos que estavam variando em 40% para mais ou para menos comparado à média mensal possibilitou ações de correção mais rápidas, diminuindo o tempo desde o conhecimento da irregularidade até sua solução.

Em relação à comparação dos volumes consumidos reais e os esperados, vale ressaltar que o histórico de consumo é dinâmico porque reflete o comportamento do usuário. Desvios maiores ou menores podem ser encontrados mesmo em situações de regularidade. No entanto, é válido o esforço da concessionária em analisar mais profundamente esses casos. O Quadro 8 abaixo mostra a comparação consolidada dos parâmetros mensais do início das ações (novembro de 2016) e do final (agosto de 2018).

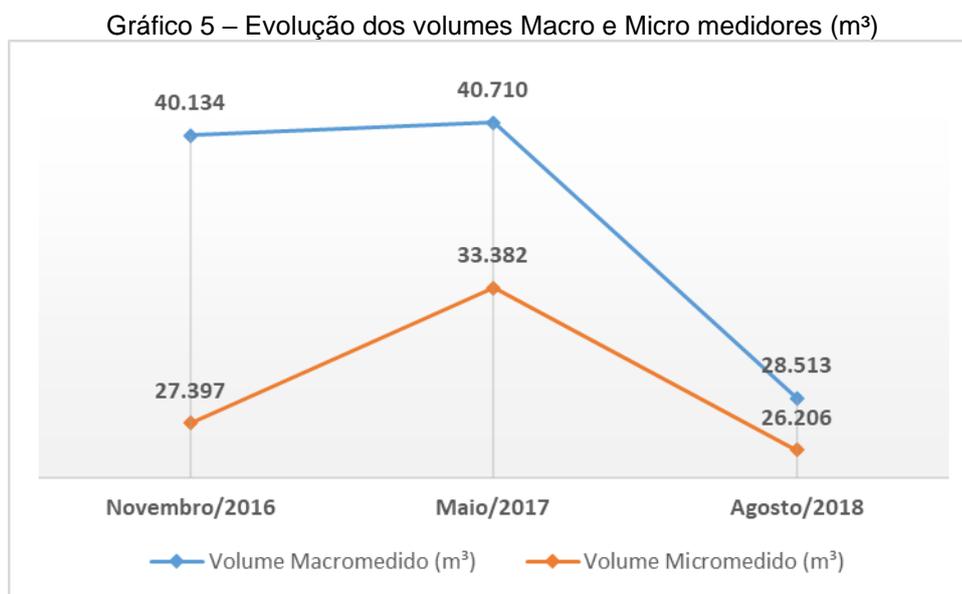
Quadro 8 – Comparativo ao final do estudo

<b>Parâmetros</b>	<b>Novembro de 2016</b>	<b>Maio de 2017</b>	<b>Agosto de 2018</b>
<b>Volume Macro medido (m<sup>3</sup>)</b>	40.134	40.710	28.513
<b>Volume Micro medido (m<sup>3</sup>)</b>	27.397	33.382	26.206
<b>Índice de Perdas de faturamento (IN013) (%)</b>	32	18	8

Fonte: Elaborado pela autora

Por meio dos esforços das etapas feitas no estudo de caso do setor amostral (reconfiguração do parque de hidrômetros; vistorias na rede; comparativo entre consumo real e esperado) foi possível reduzir de maneira significativa as perdas reais da rede na região abordada. O resultado das intervenções feita no DMC de Laranjeiras

pode ser visualizado por meio dos gráficos e tabela abaixo. O Gráfico 5 ilustra a evolução temporal dos volumes macro e micromedidos mensais nos diferentes momentos das ações. O Gráfico 5 mostra a evolução dos índices de percentuais de faturamento e de micromedição na rede.

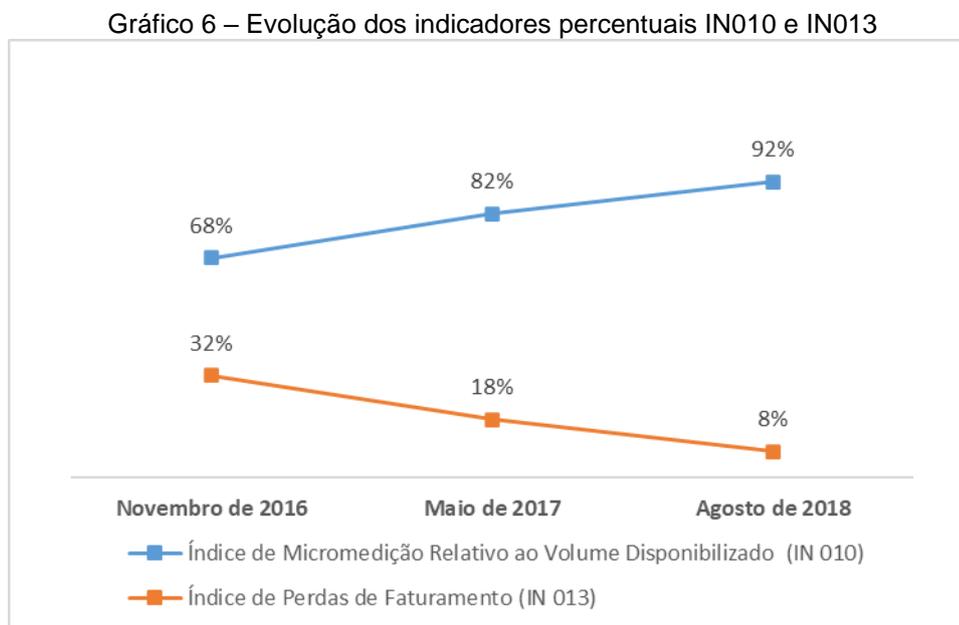


Fonte: Elaborado pela autora

A partir das informações obtidas em campo e de dados do SUPERA, foi possível a determinação dos valores dos três indicadores mencionados no capítulo de metodologia, a saber: IN010 - índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado (%); IN103- índice de perdas de faturamento (%); e IN051 – índice de perdas por ligação (L/Lig./dia).

Analisando apenas o gráfico com os volumes, é possível perceber resultados compatíveis com as ações implementadas na área de estudo. Entre novembro de 2016 e maio de 2017, foram realizadas ações no combate às perdas aparentes. A redução de perdas aparentes permite um aumento da micromedição. Por isso, a linha laranja (volume micromedido) apresentou um crescimento significativo enquanto a linha azul (volume macromedido) se manteve relativamente estável. Já no período seguinte (maio de 2017 a agosto de 2018), é encontrada uma variação muito grande do valor macromedido, resultado das ações de combate às perdas reais. Observa-se no Gráfico 6 que, nesse mesmo período, também houve aumento do volume micromedido, relativo ao volume disponibilizado, que pode ser justificado por

interferências na rede, como fraudes e ligações clandestinas que foram encontradas nesse segundo momento de ações.



Os gráficos mostrados ilustrando os índices percentuais de perdas mostram um resultado significativo quando analisados em particular. De acordo com Melato (2010), os indicadores percentuais são utilizados atualmente para uma avaliação financeira das perdas. Sendo assim, a partir do IN005 - Tarifa média de água (R\$/m<sup>3</sup>), será apresentada a perda financeira do volume total de perdas dos meses de novembro de 2016, maio de 2017 e agosto de 2018 na Tabela 6:

Tabela 6 – Perdas financeiras mensais

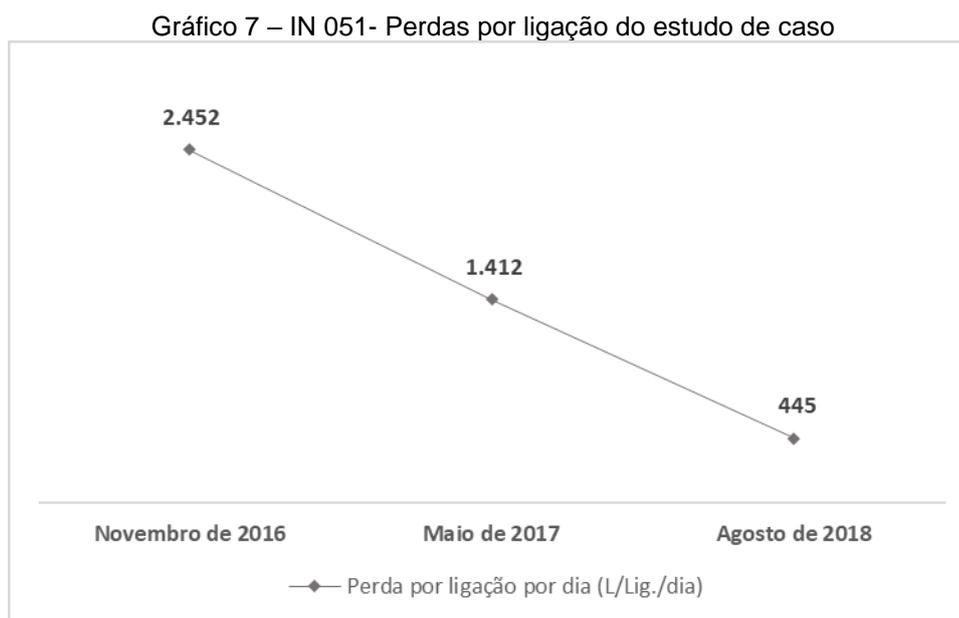
Parâmetros	Novembro/2016	Mai/2017	Agosto/2018
Volume perdido (m <sup>3</sup> )	12.737,00	7.327,80	2.307,00
IN005 - Tarifa média de água (R\$/m <sup>3</sup> )	3,63	4,04	4,79
Valor perdido (R\$)	46.235,31	29.604,31	11.050,53

Fonte: Elaborado pela autora

Apesar do aumento das tarifas, houve queda expressiva de perdas de faturamento por meio das ações implementadas. A redução de 64% entre novembro de 2016 e maio de 2017 e a queda de 37% entre maio de 2017 e agosto de 2018 indicam que ações sistemáticas de redução de perdas podem gerar retornos financeiros que justifiquem os valores gastos nos protocolos de perdas com foco nas perdas aparentes. A redução das perdas aparentes pode gerar um impacto financeiro

importante para concessionárias, pois permite aumentar o volume micromedido e, conseqüentemente, o faturamento.

A seguir, será demonstrada a situação da rede no período de estudo sob a ótica das perdas por ligação, fator de escala nos estudos de avaliação de perdas. O Gráfico 7 mostra os valores de perdas total por ligação calculados com os volumes mensais.



Fonte: Elaborado pela autora

Inicialmente, na rede sem intervenções, existia um índice de perdas totais por ligação de 2.452 L/lig./dia nos dois DMCs (173 ligações). Ao final das intervenções, o índice de perdas por ligação passou para 445 L/lig./dia. Pode-se observar uma redução significativa do índice de perdas totais por ligação (IN051) ao longo do período de estudo. No entanto, ao comparar os valores obtidos após as ações de combate às perdas com as médias por região do Brasil, observa-se que o índice final ainda está acima da média nacional (343 L/lig./dia) e acima da média da região sudeste (354 L/lig./dia). O cenário mostrado pelo **IN051** neste estudo reforça a ideia de que a análise por indicadores deve abranger ao menos um indicador que seja fator de escala para uma comparação eficiente com outros sistemas (DMCs) ou prestadoras.

Percebe-se que o sistema de gestão da CEDAE – SUPERA possui diversas funcionalidades para obtenção de dados sobre a rede. No entanto, existem pontos de melhoria que podem ser considerados para implementação futura pela prestadora. O primeiro ponto seria a distinção de perdas reais e aparentes. Esse processo de

distinção já é um item de discussão pela Câmara Técnica de Desenvolvimento Operacional (CTDO) e pela Associação Brasileira de Empresas Estaduais de Saneamento (AESBE). A Nota técnica 01/2022 propõe alterações no SNIS com o objetivo de que as informações do Sistema em relação às perdas de água sejam ainda mais assertivas. Considerando a metodologia de alteração proposta para o SNIS, um grande ponto de melhoria ao SUPERA seria implementar essa distinção entre os índices de perdas aparentes e reais.

O Indicador de Perdas Aparentes seria resultado percentual do somatório do AG023 e AG025, dividido pelo Volume distribuído no sistema (AG006 – Volume de Água Produzido + AG018 – Volume de Água Tratada Importado – AG019 – Volume de Água Tratada Exportado). O AG023 e AG025 são dois indicadores novos que tiveram sua criação proposta, sendo o AG023 – volume de água consumido não autorizado e o AG025 – volume de submedição (imprecisão dos hidrômetros).

O AG023 é a parcela do balanço hídrico do item 2.5 deste trabalho (Quadro 1) correspondente aos volumes de “Consumos não autorizados (fraudes)” e “Falhas no sistema comercial”. Esse volume se refere ao volume de água estimado, utilizado por usuários de forma não autorizada pelo prestador de serviços que pode ocorrer por meio de fraudes nos medidores, desvios de água por meio de *by-passes* ou ligações clandestinas, entre outras formas peculiares à realidade do prestador de serviços.

Essas práticas ilegais podem afetar significativamente os indicadores de perdas de água da prestadora, uma vez que o volume estimado, como sendo consumido, é contabilizado como perda. Além disso, tais práticas também podem prejudicar o fornecimento de água para outros usuários, afetando a pressão na rede e a qualidade do serviço prestado.

O AG025 é volume de água entregue aos usuários que não são registrados pelos hidrômetros, por ineficiência dos equipamentos para medição em baixas vazões ou pelo desgaste pelo uso. Uma das formas de entender a dimensão desse indicador é a metodologia da Curva de Desempenho que expressa a eficiência média da medição dos hidrômetros em função do tempo de instalação.

Já o Indicador de Perdas Reais (também percentual) proposto pela Nota Técnica é resultado da subtração do Volume distribuído no sistema (AG006 – Volume de Água Produzido + AG018 – Volume de Água Tratada Importado – AG019 – Volume de Água Tratada Exportado), do AG023 – Volume de Água Consumido não

Autorizado, do AG025 – Volume de Submedição, do AG010 – Volume de Água Consumido e do novo AG024-Volume de Serviço, dividido por (AG006 – Volume de Água Produzido + AG-018 – Volume de Água Tratada Importado – AG019 – Volume de Água Tratada Exportado). Veja, na Figura 39, o cálculo da composição das perdas:

Figura 39 – Fórmulas de cálculo de perdas reais e aparentes

<b>Perdas de água (m<sup>3</sup>/ano)</b>	<b>Perdas aparentes (m<sup>3</sup>/ano)</b>
	$\frac{(AG023+AG025)}{(AG006+AG018-AG019)}$
	<b>Perdas reais (m<sup>3</sup>/ano)</b>
	$\frac{(AG006+AG018-AG019-AG010-AG024-AG023-AG025)}{(AG006+AG018-AG019)}$

Fonte: Nota Técnica AESBE (01/2022)

O segundo ponto de melhoria sugerido às campanhas de redução de perdas é a utilização do critério de volume medido nos hidrômetros para a determinação do melhor momento para a substituição do equipamento. Através de ensaios específicos em bancada, é possível determinar o “ponto ótimo” para troca do hidrômetro com base no volume medido. Essa metodologia se baseia na avaliação do Índice de Desempenho de Medição de cada medidor de diferentes marcas e diferentes volumes medidos. Com base nos desempenhos de cada tipo de hidrômetro, é possível identificar a submedição e traçar as estratégias de substituição com melhor assertividade, se comparada com o critério de idade.

## 5.2 Resultado do Balanço Hídrico e comparativo com resultados anuais (doze meses)

Para que haja o completo entendimento do efeito do trabalho realizado no setor de Laranjeiras, foram desenvolvidos os Balanços Hídricos do DMC de Laranjeiras para os respectivos anos de 2017 a 2021, sendo aplicados os valores médios anuais de Submedição calculados pelo SUPERA – método *Bottom Up*. Abaixo, apresentam-se os balanços ano a ano pela Figura 40, Figura 41, Figura 42, Figura 43 e Figura 44:

Figura 40 – Balanço Hídrico 2017

2017					
Entrada de água no sistema (m³/ano)	Consumo autorizado (m³/ano)	Consumo autorizado faturado (m³/ano)	Consumo faturado medido (m³/ano)	Água faturada (m³/ano)	
		356.354	356.354	356.354	
			Consumo faturado não medido (m³/ano)		
	356.354		-		
	77%	Consumo autorizado não faturado (m³/ano)	Consumo não faturado medido - uso operacional (m³/ano)	Água não faturada (perdas comerciais) (m³/ano)	
			0		
			Consumo não faturado medido (m³/ano)		
			-		
			Consumo não faturado não medido - uso social (m³/ano)		
			0		
463.896			107.542		
Perdas de água (m³/ano)	Perdas aparentes (m³/ano)	Consumo não autorizado - furtos gestão comercial (m³/ano)	23%		
		4.639			
	107.542	Perdas de erros de medição - submedição (m³/ano)		22.370	
		25%			
	23%	Perdas reais (m³/ano)		Vazamento na redes de distribuição (m³/ano)	8.053
				80.533	8.053
		Vazamento de extravasamento de reservatórios (m³/ano)	-		
		Vazamento em ligações (m³/ano)	72.480		
	75%				

Fonte: Elaborado pela autora

Figura 41 – Balanço Hídrico 2018

<b>2018</b>					
Entrada de água no sistema (m³/ano)	Consumo autorizado (m³/ano)	Consumo autorizado faturado (m³/ano)	Consumo faturado medido (m³/ano)	Água faturada (m³/ano)	
		<b>347.383</b>	<b>347.383</b>	<b>347.383</b>	
			Consumo faturado não medido (m³/ano)		
	<b>347.383</b>		-		
	86%	Consumo autorizado não faturado (m³/ano)	Consumo não faturado medido - uso operacional (m³/ano)	Água não faturada (perdas comerciais) (m³/ano)	
		-	<b>0</b>		
			Consumo não faturado medido (m³/ano)		
			-		
			Consumo não faturado não medido - uso social (m³/ano)		
	<b>402.727</b>		<b>0</b>	<b>55.344</b>	
Perdas de água (m³/ano)	Perdas aparentes (m³/ano)	Consumo não autorizado - furtos gestão comercial (m³/ano)			
		<b>22.838</b>	<b>4.027</b>		
	<b>55.344</b>	<b>41%</b>	Perdas de erros de medição - submedição (m³/ano)	<b>18.811</b>	
			Perdas reais (m³/ano)	Vazamento na redes de distribuição (m³/ano)	<b>3.251</b>
				Vazamento de extravasamento de reservatórios (m³/ano)	-
<b>14%</b>	<b>32.506</b>	Vazamento em ligações (m³/ano)	<b>29.256</b>		
	<b>59%</b>		<b>14%</b>		

Fonte: Elaborado pela autora

Figura 42 – Balanço Hídrico 2019

<b>2019</b>					
Entrada de água no sistema (m³/ano)	Consumo autorizado (m³/ano)	Consumo autorizado faturado (m³/ano)	Consumo faturado medido (m³/ano)	Água faturada (m³/ano)	
		<b>335.994</b>	<b>335.994</b>	<b>335.994</b>	
	<b>335.994</b>		Consumo faturado não medido (m³/ano)		
			-		
	<b>87%</b>	Consumo autorizado não faturado (m³/ano)	Consumo não faturado medido - uso operacional (m³/ano)		
			<b>-</b>	<b>0</b>	
			Consumo não faturado medido (m³/ano)		Água não faturada (perdas comerciais) (m³/ano)
			-		
			Consumo não faturado não medido - uso social (m³/ano)		
		<b>0</b>	<b>48.181</b>		
<b>384.175</b>					
Perdas de água (m³/ano)	Perdas aparentes (m³/ano)	Consumo não autorizado - furtos gestão comercial (m³/ano)			
		<b>17.133</b>	<b>3.842</b>		
	<b>48.181</b>	<b>36%</b>	Perdas de erros de medição - submedição (m³/ano)		
			<b>13.291</b>		
	<b>13%</b>	Perdas reais (m³/ano)	Vazamento na redes de distribuição (m³/ano)		
			<b>31.048</b>	<b>3.105</b>	
<b>64%</b>			Vazamento de extravasamento de reservatórios (m³/ano)		
			-		
		Vazamento em ligações (m³/ano)			
		<b>27.943</b>	<b>13%</b>		

Fonte: Elaborado pela autora

Figura 43 – Balanço Hídrico 2020

2020						
	Consumo autorizado (m³/ano)	Consumo autorizado faturado (m³/ano)	Consumo faturado medido (m³/ano)	Água faturada (m³/ano)		
Entrada de água no sistema (m³/ano)		<b>321.127</b>	<b>321.127</b>	<b>321.127</b>		
			Consumo faturado não medido (m³/ano)			
		<b>321.127</b>		-		
	88%	Consumo autorizado não faturado (m³/ano)	-	Consumo não faturado medido - uso operacional (m³/ano)	Água não faturada (perdas comerciais) (m³/ano)	
				0		
				Consumo não faturado medido (m³/ano)		-
				Consumo não faturado não medido - uso social (m³/ano)		0
	<b>365.011</b>			<b>0</b>	<b>43.884</b>	
	Perdas de água (m³/ano)	Perdas aparentes (m³/ano)	<b>17.413</b>	Consumo não autorizado - furtos gestão comercial (m³/ano)		
				<b>3.650</b>		
<b>43.884</b>		40%	Perdas de erros de medição - submedição (m³/ano)	<b>13.763</b>		
			Perdas reais (m³/ano)			
12%	26.471	12%	Vazamento na redes de distribuição (m³/ano)	<b>2.647</b>		
			Vazamento de extravasamento de reservatórios (m³/ano)	-		
			Vazamento em ligações (m³/ano)	<b>23.824</b>		
		60%				

Fonte: Elaborado pela autora

Figura 44 – Balanço Hídrico 2021

2021						
Entrada de água no sistema (m³/ano)	Consumo autorizado (m³/ano)	Consumo autorizado faturado (m³/ano)	Consumo faturado medido (m³/ano)	Água faturada (m³/ano)		
		327.039	327.039	327.039		
			Consumo faturado não medido (m³/ano)			
	327.039		-			
	87%	Consumo autorizado não faturado (m³/ano)	Consumo não faturado medido - uso operacional (m³/ano)		Água não faturada (perdas comerciais) (m³/ano)	
			-	0		
				Consumo não faturado medido (m³/ano)		
				-		
				Consumo não faturado não medido - uso social (m³/ano)		
	374.152		0	47.113		
Perdas de água (m³/ano)	Perdas aparentes (m³/ano)	Consumo não autorizado - furtos gestão comercial (m³/ano)				
		16.174	3.742			
	47.113	34%	Perdas de erros de medição - submedição (m³/ano)			
			12.433			
			Vazamento na redes de distribuição (m³/ano)			
13%	Perdas reais (m³/ano)	3.094				
		30.939	Vazamento de extravasamento de reservatórios (m³/ano)			
			-			
	66%	Vazamento em ligações (m³/ano)				
		27.845				
				13%		

Fonte: Elaborado pela autora

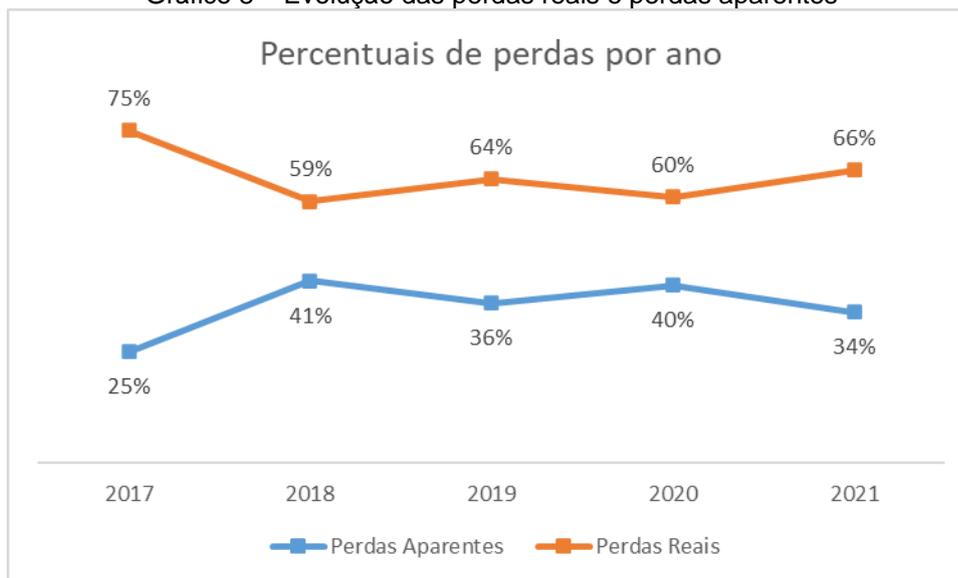
A seguir, na Tabela 7, no Gráfico 8, Gráfico 9 e Gráfico 10, serão apresentados os dados principais de 2017 a 2021 a partir do Balanço Hídrico:

Tabela 7 – Dados do DMC considerando volumes totais anuais

	2017	2018	2019	2020	2021
<b>Macromedido anual (m<sup>3</sup>)</b>	463.896	402.727	384.175	365.011	374.152
<b>Micromedido anual (m<sup>3</sup>)</b>	356.354	347.383	335.994	321.127	327.039
<b>Índice de Micromedição Relativo ao Volume Disponibilizado (IN 010)</b>	77%	86%	87%	88%	87%
<b>Índice de Perdas de Faturamento (IN 013)</b>	23%	14%	13%	12%	13%

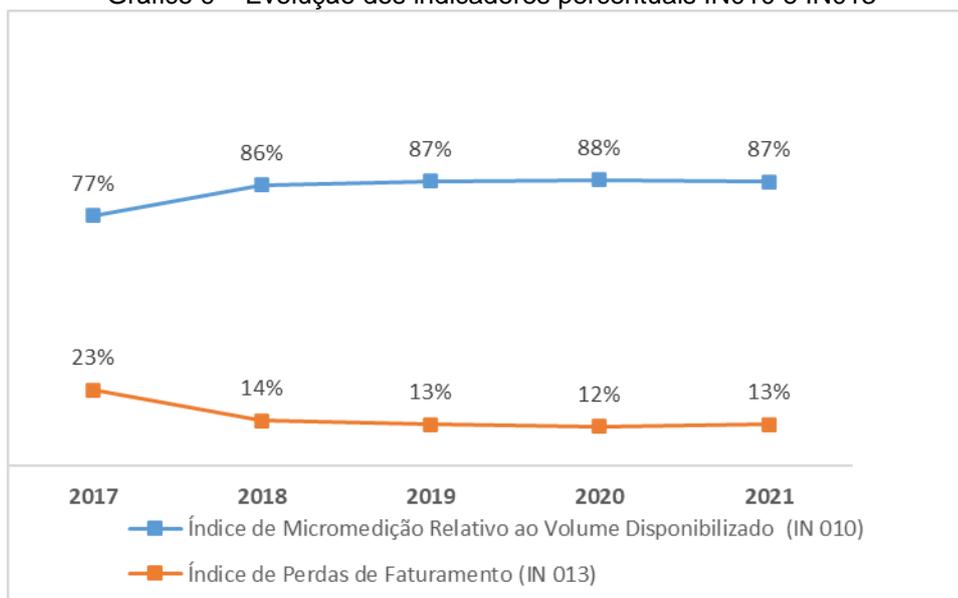
Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do Balanço Hídrico

Gráfico 8 – Evolução das perdas reais e perdas aparentes

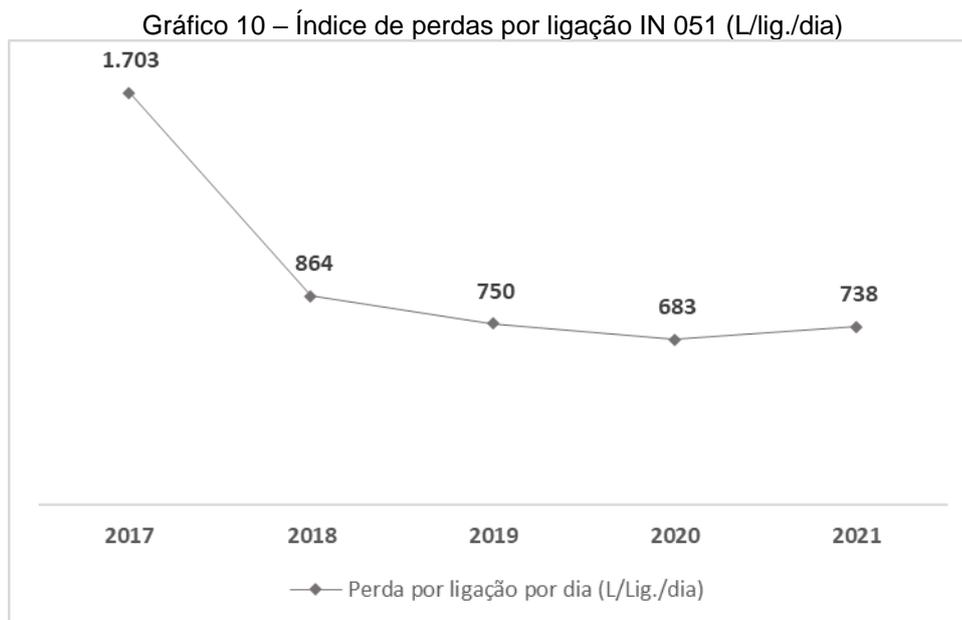


Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do Balanço Hídrico

Gráfico 9 – Evolução dos indicadores percentuais IN010 e IN013



Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do Balanço Hídrico



Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do Balanço Hídrico

Os resultados observados acima demonstram que, quando analisados em relação a todo o período anual, os indicadores apresentam grande variação em comparação aos dados mensais. Com foco no **IN010**, quando analisados os valores mensais e anuais, observa-se uma variação de -9% em 2017 e -1% em 2018. Para esse indicador, também há grande variação de um ano e outro para os dados mensais e anuais, a saber: 1% entre 2018 e 2017 para o dado mensal e 9% para o dado anual.

Comparando o mês de agosto de 2018, em que foi obtido **IN013** de 8%, a média anual, considerados os volumes de janeiro a dezembro (doze meses) de 2018, foi de 14%. O aumento de 75% entre um dado e outro demonstra que análises considerando a comparação entre meses de diferentes anos não podem ser um dado analisado de maneira isolada porque podem superestimar a eficiência do resultado da gestão de perdas em determinado local.

No entanto, na análise do **IN013**, considerando a variação entre as comparações mensais e anuais, pode-se perceber maior convergência de resultados. Na análise mensal, houve variação de cerca 10% (18%-8%) entre um ano e outro. Já na análise anual, a mesma variação ficou em 9% (23%-14%).

Em relação ao **IN051** (perdas por ligação), os valores anuais se diferenciaram de maneira significativa. O dado deste indicador no mês de maio de 2017 era de 1412 L/Lig./dia, já o valor anual de 2017 foi de 1703 L/Lig./dia, ou seja, 20% a mais foi aferido nos dados anuais. Analisando o indicador no ano de 2018, o mês de agosto

apresentou o valor de 444 L/Lig./dia e o ano de 2018 apresentou o valor de 864 L/Lig./dia, que representa 94% de diferença entre o dado mensal e anual. Veja, na Tabela 8, o comparativo entre os resultados mensais e anuais:

Tabela 8 – Comparativo entre indicadores mensais e anuais

Indicador	Período de análise	2017	2018	2019	2020	2021
% Micromedicação (IN010)	Mensal	86%	87%	-	-	-
	Anual	77%	86%	87%	88%	88%
% Perdas (IN013)	Mensal	18%	8%	-	-	-
	Anual	23%	14%	13%	12%	12%
Perda por ligação por dia (IN051) (L/Lig./dia)	Mensal	1412	445	-	-	-
	Anual	1703	864	750	683	738

Fonte: Elaborado pela autora com base nos dados do SUPERA

Por meio das análises de variação entre o dado mensal (um mês do ano) e o anual (doze meses do ano), é possível verificar grandes discrepâncias nos resultados do próprio indicador e de sua variação. Por isso, é importante que prestadoras que estejam iniciando campanhas de redução de perdas tenham minimamente um ano inteiro de análises (doze meses) para, a partir disso, verificar a eficiência das ações na rede. Além desta análise comparativa entre indicadores mensais anuais, será abordada a evolução temporal dos Balanços Hídricos de 2017 a 2021.

Nota-se o decréscimo dos volumes micromedidos de 2017 a 2020, justificado pela permanência dos resultados das ações realizadas até o final de 2018 na rede em estudo. No entanto, entre 2020 e 2021, houve um pequeno aumento de cerca de 2%, que pode ser atribuído ao período de pandemia vivido em todo o Brasil. Pelo fato de muitos municípios aderirem ao *lockdown*, era esperado que o consumo de água nas residências aumentasse. Da mesma forma acontece com o volume macromedido, que teve um aumento de 2,5% entre 2020 e 2021.

Como mencionado no capítulo de metodologia, será discutida agora a relação entre as ações implementadas e aspectos financeiros.

Uma das perspectivas da análise de custos é identificar o quanto a prestadora deixa de arrecadar com as perdas ano a ano. Por isso, foram calculadas as perdas financeiras anuais de 2016 a 2021. Para isso, foram utilizados os mesmos indicadores do SNIS citados acima: tarifa média de água (IN005) e despesa de exploração por m<sup>3</sup> (IN026). As perdas aparentes (m<sup>3</sup>) foram multiplicadas pela tarifa média e as perdas

reais (m<sup>3</sup>) multiplicadas pelos valores de despesa de exploração. Sendo assim, veja os resultados na Tabela 9, Tabela 10 e na Tabela 11:

Tabela 9 – Perdas financeiras – reais

Ano	Perdas reais (m <sup>3</sup> )	IN026 - Despesa de exploração por m <sup>3</sup> faturado	Perda (R\$/Ano)	Varição ref. ano anterior
2016	106.003	1,99	210.946	-
2017	80.533	1,25	100.666	-52%
2018	32.506	1,49	48.434	-52%
2019	31.048	2,15	66.753	38%
2020	26.471	2,75	72.795	9%
2021	30.939	2,75	85.082	17%

Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 10 – Perdas financeiras – aparentes

Ano	Perdas aparentes (m <sup>3</sup> )	IN005 - Tarifa média de água (R\$/m <sup>3</sup> )	Perda (R\$/Ano)	Varição ref. ano anterior
2016	38.877	4,04	157.063	-
2017	27.009	4,79	129.373	-18%
2018	22.838	6,53	149.132	15%
2019	17.133	6,52	111.707	-25%
2020	17.413	6,41	111.617	0%
2021	16.174	6,41	103.675	-7%

Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 11 – Resultado total (aparentes e reais)

Ano	Perdas totais (m <sup>3</sup> )	Perdas totais (R\$/Ano)	Varição ref. ano anterior
2016	144.880	368.009	-
2017	107.542	230.039	-37%
2018	55.344	197.566	-14%
2019	48.181	178.460	-10%
2020	43.884	184.413	3%
2021	47.113	188.758	2%

Fonte: Elaborado pela autora

O resultado apresentado nas tabelas anteriores demonstra que, na área de estudo em questão, a implementação de ações de redução de perdas gerou um impacto financeiro maior por meio da redução drástica dos valores perdidos anualmente. Observa-se, também, que nos anos de 2019, 2020 e 2021 houve um aumento de perdas financeiras pelas perdas reais. Isso indica a consequência da descontinuidade de monitoramento de perdas na rede por parte da concessionária.

Por outro lado, em relação às perdas aparentes durante os anos apresentou resultados alternados entre redução e aumento de perdas. Para a determinação de possíveis causas deste resultado, seria necessária uma análise detalhada das ações realizadas naquele período pela prestadora.

Quando analisado o resultado total na Tabela 11, percebe-se coerência com as ações realizadas na área de estudo em 2017 e 2018. Sendo, em 2017, a reconfiguração do parque de hidrômetros, gerando um impacto positivo com a redução das perdas financeiras aparentes já no mesmo ano. E as perdas reais resultaram em um impacto expressivo em 2018 com a redução de 52% das perdas financeiras, demonstrando a resposta direta das ações na rede.

Para a reconfiguração do parque de hidrômetros, foi necessário o investimento de 63 mil reais aproximadamente, considerando o custo do equipamento e a mão de obra para instalação. Veja, na Tabela 12, os custos por tipo de hidrômetro:

Tabela 12 – Custo de reconfiguração do parque de hidrômetros

<b>Tipo</b>	<b>Qtd. Hidrômetros</b>	<b>Custo de troca</b>	<b>Custo unitário</b>
<b>Unijato</b>	25	3.132,50	125,30
<b>Multijato</b>	30	4.003,50	133,45
<b>Volumétrico</b>	41	8.138,50	198,50
<b>Multijato</b>	10	5.355,40	535,54
<b>Ultrassônico</b>	10	42.342,30	4.234,23
<b>Total</b>	116	62.972,20	542,86

Fonte: CEDAE

Por meio da análise dos resultados de custos das perdas é possível concluir que a intervenção foi bem-sucedida em termos financeiros. Isso significa que a receita gerada pela intervenção foi suficiente para cobrir os custos associados à sua implementação em um período curto. Essa informação é importante para avaliar a viabilidade financeira da intervenção e pode ser usada para justificar investimentos futuros em melhorias similares.

Neste trabalho, foram considerados os custos de equipamento e mão de obra, porém é importante ressaltar que a análise de custo-benefício deve levar em consideração não apenas estes custos diretos da intervenção, mas também os indiretos, como treinamento de funcionários, tempo de paralisação do processo durante a intervenção entre outros.

### 5.3 Resultados dos estudos aplicados sobre o tema de redução de perdas

O trabalho implementado no setor de Laranjeiras foi eficaz na apresentação de resultados em redução de perdas. No entanto, para analisar sua eficiência, a seguir serão descritos e comparados três estudos conduzidos em estados diferentes.

#### 5.3.1 Recife/PE

O primeiro trabalho analisado foi conduzido no estado de Pernambuco e foi o tema da seguinte dissertação: *Avaliação da metodologia para controle de perdas de água em sistema de distribuição no Recife-PE*. As ações do trabalho iniciaram-se em 2010 e tinham os seguintes objetivos: redução das perdas reais e aparentes, utilizando-se dos novos processos e metodologias implantados pelo PROMAIS – Programa de Estruturação e Modernização das Agências de Serviços; atingir 100% de hidrometração no distrito; e capacitar os colaboradores da COMPESA nos diversos processos e metodologias empregadas no projeto. De acordo com Santos (2013), foram definidas quatro vertentes de ações: controle ativo de vazamentos; gestão da infraestrutura; rapidez e qualidade nos reparos; e controle da pressão.

Para o controle de vazamentos, foram realizadas campanhas de vistoria com a utilização de geofone e hastes de escuta. Nessa etapa, a pressão da rede foi elevada para que ficasse minimamente com 15 mca para melhor detecção dos aparelhos. Após cada ciclo de reparação, a pressão era diminuída, sendo o limite mínimo definido de 6 mca. A pesquisa registrou informações de cada ciclo de campanhas: extensão pesquisada (Km); período (mês/ano); número de vazamentos visíveis e não visíveis identificados; e relação vazamento por Km.

Em relação à rapidez e qualidade dos reparos, estes eram executados por equipes terceirizadas, porém acompanhados por fiscal da COMPESA – Companhia Pernambucana de Saneamento. Todo o processo seguia premissas para garantir boas práticas e rapidez no processo. No entanto, a autora destaca dificuldades encontradas, como falhas na execução do trabalho, gerando retrabalho ou mesmo demora de mais de uma semana para o reparo de um vazamento pelo fato de ser necessária a utilização de retroescavadeiras.

No tocante ao controle de pressões, foram realizados monitoramentos e testes sistemáticos na VRP com objetivo de identificar vazamentos. Durante a pesquisa, foi identificada que a VRP do setor estava superdimensionada e ela foi substituída. Para a gestão de infraestrutura, durante todo o processo de reparo, ao ser encontrados ramais de PVC soldável ou ferro, todo o ramal era substituído. Na substituição, era utilizado o PEAD (polietileno de alta densidade), que garante maior resistência e menor número de conexões.

Para trabalhar a redução de fraudes, a pesquisa realizou ações de atualização do cadastro comercial e fiscalização, além de inspeções em 26 grandes consumidores e auditoria de consumo em 116 imóveis. Durante esse processo, foram encontrados 22 ramais clandestinos que foram desativados. Em um segundo momento de varredura da rede, por meio da utilização de haste de escuta e geofone, fraudes e irregularidade foram corrigidas. O estudo de caso contou com a contratação de uma empresa de consultoria para fazer a auditoria de consumo, mas não descreve detalhes do processo.

Também foi realizada a reconfiguração do parque de hidrômetros, 60 novos equipamentos foram instalados e outros 110 foram substituídos. A substituição foi feita para aqueles com mais de 5 anos de funcionamento. Para garantir a qualificação da mão de obra, as equipes comerciais foram treinadas por consultoria contratada. Em conjunto com as campanhas as ações, um sistema de geoprocessamento foi implementado na concessionária. O objetivo desta etapa foi de elaborar mapas temáticos com informações georreferenciadas.

Para a elaboração do Balanço Hídrico, foi utilizada a planilha WB Easy Calc. Os resultados do estudo foram apresentados comparando o volume distribuído e o volume utilizado na área amostral. Após a implementação das ações de redução, houve diminuição de 47% do volume distribuído. Em seguida, são apresentados os valores mensais de perdas de faturamento (%). No início do estudo, a área tinha o índice em torno de 64% e, ao final, 55%.

O índice de perdas por ligação passou a ser monitorado em 2011 e passou de 1.243 (L/Lig./dia) para 1.353 (L/Lig./dia), representando um aumento de quase 9%. A autora comenta que, em relação a este indicador, as ações não surtiram efeito principalmente pelo fato de os processos não terem sido incorporados à rotina de todos.

### 5.3.2 Municípios da região hidrográfica dos rios Guapi-Macacu e Caceribu/RJ

O segundo estudo analisado foi a dissertação com o seguinte título: *Avaliação do uso dos recursos hídricos superficiais para abastecimento na região hidrográfica dos rios Guapi-Macacu e Caceribu*. O estudo em questão aborda, de forma teórica, de que forma o controle de perdas pode auxiliar o déficit hídrico de uma região, reduzindo o volume de água captado nos corpos hídricos. No documento, a área analisada aborda, em parte ou integralmente, os municípios de Niterói, São Gonçalo, Tanguá, Maricá, Magé, Cachoeiras de Macacu, Guapimirim, Itaboraí e Rio Bonito.

Por meio de dados projetados por estudos e dados do SNIS, foi verificada a atual demanda de água para o sistema. Utilizando como base o índice de perdas de Niterói replicado para as outras cidades, o cenário foi criado e, assim, analisadas as consequências sobre as demandas de água para o setor de estudo. Dentre os municípios analisados, o autor destaca que o município de Niterói foi aquele que implementou ações preconizadas no PNCDA e, por isso, o índice de perdas de faturamento da cidade atingiu o patamar de 17,79%. Enquanto isso, a média da região era de 55,21%.

A partir dos dados de volume distribuído em cada município, foi possível calcular o volume perdido ao multiplicar pelo percentual de perdas de faturamento. O cálculo mostrou que as perdas totais dos municípios resultam em 120.429.440 litros de água perdidos por ano. Ao criar o cenário em que todos os municípios tinham o índice de 17,79% de perdas, o volume perdido passa a ser de 65.815.410, ou seja, 54,6% a menos de volume d'água perdido. Analisando o cenário hipotético e seu impacto no déficit hídrico, a redução de 54,6% no volume perdido representaria 2,08 m<sup>3</sup>/s de vazão média para a área analisada. O estudo aponta que apenas as ações de perdas não seriam suficientes para cobrir todo o déficit dos municípios, mas o reduziria drasticamente.

### 5.3.3 Região Metropolitana de São Paulo/SP

O terceiro estudo de caso foi tema de dissertação com o seguinte título: *Discussão de uma metodologia para o diagnóstico e ações para redução de perdas*

*de água: aplicação no sistema de abastecimento de água da região metropolitana de São Paulo.* O estudo informa o número de população de toda a RMSP e não apenas dos setores analisados. O trabalho foi elaborado por uma servidora da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), que trabalha com perdas desde 1998. O objetivo do documento é mostrar e discutir o resultado de ações de perdas implementadas na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).

A apresentação dos resultados começa discorrendo sobre as vistorias realizadas com objetivo de mensurar a incidência percentual de fraudes (número de fraudes encontradas na vistoria/ número total de unidades vistoriadas). Essa análise demonstrou que, apesar de um dos três setores analisados, apresentou a maior incidência de fraudes, no entanto, ao se analisar volume de água perdido, esse setor não foi o mais significativo. Isso demonstra que apenas a análise do percentual de fraudes por vistoria não é um indicador que possa ser analisado isoladamente.

Após essa etapa, foi calculado o Balanço Hídrico por meio do *software W-B Easy Calc* com o input de dados obtidos da gestão comercial da companhia para cada um dos três setores (Mooca; Paulista; Jd. São Pedro/Jd. da Conquista). Na análise, a autora demonstra os valores de perdas físicas e comerciais de cada setor. Além disso, também compara os valores do Índice Infraestrutural de Perdas dos setores analisados com valores de países selecionados aleatoriamente.

Em seguida, a autora elabora os balanços hídricos com outro software, o *FastCalc*, para comparar os dados obtidos em cada um dos setores. De maneira geral, foi considerado que o *W-B Easy Calc* possui vantagens no aspecto de experiência do usuário por ser mais didático. Em relação aos resultados, a conclusão é que os dados obtidos foram muito próximos e, por isso, ambos podem ser utilizados para elaboração de balanços hídricos.

Por fim, o trabalho apresenta uma tabela comparativa de cada setor, distinguindo, dentre outras informações, as perdas reais, as aparentes e os Índices Infraestruturais de Perdas. Pela análise, foi importante destacar que, apesar dos setores fazerem parte de uma mesma região metropolitana, os resultados se diferenciaram de maneira significativa. Isso demonstra que, para cada uma das regiões, deve ser definida uma estratégia diferente.

Para priorizar uma possível aplicação de estratégias de redução de perdas pela companhia, a autora classificou os setores de acordo com a metodologia do Banco

Mundial. Cada categoria/ grupo de performance possui premissas para ações de perdas sendo as seguintes:

- Para o grupo de performance A: redução adicional de perda pode não ser econômica, ao menos que haja insuficiência de abastecimento; são necessárias análises mais criteriosas para identificar o custo de melhoria efetiva;
- Para o grupo de performance B: potencial para melhorias significativas; considerar o gerenciamento de pressão; práticas melhores de controle ativo de vazamentos e uma melhor manutenção da rede;
- Para o grupo de performance C: registro deficiente de vazamentos; tolerável somente se a água é abundante e barata; mesmo assim, analisar o nível e a natureza dos vazamentos e intensificar os esforços para redução de vazamentos.

#### 5.3.4 Análise comparativa dos estudos

Para resumir as ações apresentadas neste estudo de caso e os três exemplos comparativos, veja a Tabela 13 a seguir:

Tabela 13 – Informações principais de cada estudo abordado

	Estudo 1	Estudo 2	Estudo 3	Estudo 4
<b>Município</b>	Rio de Janeiro	Recife	Diversos	Região Metropolitana
<b>Estado</b>	RJ	PE	RJ	SP
<b>Tipo de estudo</b>	Prático	Prático	Teórico	Teórico
<b>Resumo</b>	Implementação de ações no projeto piloto em região amostral e comparação com resultados da literatura para discussão.	Implementação de ações no projeto piloto em região amostral e comparação com resultados da literatura para discussão.	Projeção do índice de perdas de um município que implementou ações de perdas com base no PNDA em outros municípios para analisar cenários relacionando-os com os impactos no déficit hídrico da região	Elaboração do balanço hídrico em dois softwares diferentes e discussão dos resultados com diferenciação entre perdas físicas e comerciais das três áreas analisadas.
<b>Índice de perdas de faturamento inicial (%)</b>	23%	64%	55%	-
<b>Índice de perdas de faturamento final (%)</b>	13%	55%	18%	-
<b>População</b>	5.479 (estimado)	10.867	2.332.303	Sem informação
<b>Extensão da rede (Km)</b>	Sem informação	36	Sem informação	1.339
<b>Número de ligações</b>	175	2.874	-	177.351
<b>Ações de controle de pressão?</b>	Não	Sim	-	Sim
<b>Busca ativa por vazamento?</b>	Sim	Sim	-	-
<b>Busca ativa por fraude?</b>	Sim	Sim	-	-
<b>Comparativo de consumo esperado versus real?</b>	Sim	Sim	-	-
<b>Presença de conglomerados subnormais?</b>	Não	Sem informação	Sim	Sem informação
<b>Boas práticas na implantação/assentamento da rede ou ramais?</b>	Não	Sim	-	-
<b>Gestão do parque de hidrômetros?</b>	Sim	Sim	-	-

Fonte: Elaborado pela autora

Os trabalhos abordados para análise comparativa foram selecionados considerando, também, abordagens diferentes de ação e discussão sobre perdas. O Estudo 1 é o próprio trabalho desenvolvido no bairro de Laranjeiras/RJ e descrito neste documento. Os documentos classificados como “Práticos” foram elaborados com a participação dos autores em ações práticas de redução de perdas. Os estudos “Teóricos” foram desenvolvidos com base em cenários propostos ou comparativos de dados já existentes, ou seja, sem implementação de ações práticas na rede estudada. Vale reforçar que ambos os formatos contêm informações ricas sobre os aspectos de redução de perdas.

Em relação aos estudos práticos, a ação que merece destaque é o processo de comparação entre o consumo real e o esperado com base na taxa de ocupação de cada prédio descrito neste estudo (Estudo 1). No Estudo 2, esse processo é citado como auditoria de consumo. De maneira geral, é um procedimento que visa verificar, de fato, a acurácia dos valores micromedidos para identificação de possíveis fraudes ou mesmo vazamentos. O processo comparativo dos consumos (real e esperado) pode auxiliar as equipes envolvidas a identificar mais rapidamente pontos de atenção para uma vistoria detalhada.

No caso de Laranjeiras, o consumo esperado era calculado com base nos questionários que eram enviados uma vez ao ano para as unidades consumidoras. No entanto, pode-se avaliar a frequência de aplicação dos questionários para adaptação ao contexto de prestadoras de diferentes portes ou equipe disponível. Outra possibilidade de realizar a auditoria de consumo é comparar os dados mensais ou anuais de consumos das unidades com a média histórica. Assim, após definida a margem percentual de variação aceitável de acordo com a expertise de cada prestadora, podem ser analisadas as unidades que estão fora da margem percentual para passar pela vistoria detalhada.

O Estudo 3, por sua vez, traz uma análise relevante que não foi abordada nos outros estudos. Como dito anteriormente, o trabalho em questão possui como objetivo principal a análise do impacto de redução de perdas no déficit hídrico da região. Por meio de um processo de gerenciamento de perdas sistematizado e definido em políticas pelas prestadoras do serviço de abastecimento, é possível reduzir de

maneira drástica a demanda de água para captação porque aumenta a oferta efetiva do recurso hídrico.

Esse aspecto se relaciona de maneira intrínseca com a realidade nacional atual. Além disso, o estudo também traz a reflexão de que, numa mesma região, onde existem diferentes prestadoras, a redução de perdas visando impactos no déficit hídrico precisa acontecer de maneira concomitante em todas as regiões ou minimamente nas principais regiões. Apenas um município ou apenas uma região de uma prestadora implementando boas práticas de redução de perdas pode não trazer resultados significativos na diminuição do déficit hídrico.

Por fim, o Estudo 4 implementado na RMSP aborda sobre as diferentes características de perdas encontradas numa mesma região. O trabalho mostra de maneira clara que uma mesma região pode ter diferentes componentes de perdas reais e aparentes. Sob esta ótica, é necessário iniciar os trabalhos de redução de perdas com estratégias diferentes para cada uma dessas variações. Ainda sobre a definição de estratégias diferentes para cada característica do sistema, a autora apresenta e implementa em seu estudo a metodologia do guia geral desenvolvido pelo Banco Mundial. Por meio de um *software*, é possível verificar se o sistema se encontra ou não em níveis aceitáveis e direcionar melhor as ações a partir dos seguintes dados: Índice Infraestrutural de Perdas; Perdas reais em L/ligação x dia; e Faixas de pressão de operação. A metodologia ainda leva em consideração a diferença ente países desenvolvidos e em desenvolvimento.

A análise comparativa dos estudos de redução de perdas abordados anteriormente permitiu vislumbrar melhorias no processo implementado no estudo de caso no bairro de Laranjeiras, no Rio de Janeiro. A primeira delas seria o monitoramento das vazões mínimas noturnas. Como dito anteriormente, os macromedidores da área de estudo registram as vazões de 15 em 15 minutos e, por isso, a análise das vazões entre 3 e 4 horas da manhã poderiam auxiliar na identificação de perdas reais.

O monitoramento das vazões mínimas noturnas é uma estratégia importante para identificar perdas reais de água em um sistema de abastecimento. Isso porque as vazões noturnas tendem a ser mais estáveis e uniformes, já que não há a interferência de fatores como a demanda de água para consumo de atividades que normalmente ocorrem durante o dia.

A análise das vazões mínimas noturnas é particularmente relevante neste caso, pois, nesse período, é esperado que o consumo de água seja mínimo, principalmente em áreas predominantemente residenciais. Dessa forma, se as vazões mínimas noturnas registradas nesse intervalo estiverem muito acima do esperado, é possível inferir a existência de perdas reais de água no sistema de abastecimento. Isso permite direcionar os esforços de manutenção e reparo para as áreas mais problemáticas, minimizando as perdas de água e melhorando a eficiência do sistema como um todo.

Outro aspecto que poderia ser o foco principal nas próximas campanhas na área de estudo seriam a implementação de boas práticas na própria rede de abastecimento de água. O assentamento adequado da rede de abastecimento de água é uma boa prática que pode ajudar a reduzir as perdas de água em sistemas de distribuição. Isso se deve ao fato de que a má instalação da rede pode causar vazamentos, rupturas e perda de pressão, resultando em perdas de água e, conseqüentemente, aumento dos custos operacionais.

O uso de materiais de qualidade, como tubulações resistentes a corrosão, vedações adequadas e conexões de alta qualidade, também deve ser considerado nas próximas ações porque ajuda a reduzir o risco de vazamentos e, conseqüentemente, a perda de água. Da mesma forma, a instalação da rede com mão de obra qualificada, seguindo as normas e padrões técnicos, permite a minimização dos riscos que podem gerar perdas.

#### 5.4 Proposta de Protocolo de Perdas

A partir da experiência do estudo de caso em questão e dos outros estudos comparativos apresentados, foi elaborado um protocolo para prestadoras de serviço que desejem iniciar campanhas de redução de perdas. O protocolo foi criado com base no ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) e contém as seguintes etapas, como mostra a Figura 45 – Resumo de protocolo de perdas proposto Figura 45:

Figura 45 – Resumo de protocolo de perdas proposto

Planejamento	Execução	Verificação	Ação
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Garantia de isolamento da área;</li> <li>• Identificação dos volumes macro e micromedidos;</li> <li>• Levantamento de dados do parque de hidrômetros;</li> <li>• Identificação das ligações/ramais;</li> <li>• Identificação de dados de pressão da rede;</li> <li>• Estabelecimento de metas claras e específicas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Substituição de hidrômetros;</li> <li>• Auditoria de consumo;</li> <li>• Vistoria na rede;</li> <li>• Análise das vazões mínimas noturnas;</li> <li>• Realização de intervenções na rede necessárias;</li> <li>• Monitoramento contínuo;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coleta e análise de dados;</li> <li>• Identificação e mapeamento das áreas e pontos críticos;</li> <li>• Verificação de atingimento de metas – resultados do protocolo;</li> <li>• Identificação de eventuais problemas ou desvios em relação ao planejado;</li> <li>• Análise econômica para avaliar a viabilidade das estratégias propostas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementação de avanços e melhorias no protocolo;</li> <li>• Estabelecimento de novas metas;</li> <li>• Dar continuidade ao monitoramento e avaliação do desempenho do sistema;</li> <li>• Identificação de lições aprendidas e melhores práticas.</li> </ul>

Fonte: Elaborado pela autora

*Plan* (Planejamento):

- Garantir que a área possua isolamento total, em que a quantidade de água que entra pode ser medida;
- Identificar volumes macro e micromedidos;
- Levantar dados do parque de hidrômetros por classe, tipo e idade;
- Identificação das ligações/ramais;
- Identificação de dados de pressão da rede;
- Estabelecer metas claras e específicas para as campanhas de redução de perdas considerando o(s) período(s) de ação(ões), investimento disponível e o foco de atuação (perdas reais *versus* perdas aparentes), levando em conta as condições e particularidades do sistema de abastecimento de água.

*Do* (Execução):

Implementar ações para reduzir as perdas identificadas conforme o foco das campanhas definidas anteriormente, considerando as melhores práticas para cada situação, tais como:

- Substituição de hidrômetros com submedição acima do nível aceitável estabelecido pela concessionária;
- Auditoria de consumo: comparativo entre consumo real e esperado, ligações inativas;
- Vistoria na rede com objetivo de identificar fraudes ou vazamentos;
- Análise das vazões mínimas noturnas para identificação se ainda existem perdas reais na rede;
- Realização de intervenções na rede necessárias, como substituição de tubulações e conexões onde antes ocorriam vazamentos;
- Monitorar continuamente o desempenho do sistema e avaliar a efetividade das ações implementadas por meio da implementação de um sistema comercial;

*Check* (Verificação):

- Coletar e analisar dados sobre a quantidade de água distribuída, os índices de perdas, o consumo por setor, entre outras informações relevantes;

- Identificar e mapear as áreas e pontos críticos onde ocorreram as maiores perdas de água e suas causas;
- Verificar se as metas estabelecidas foram atingidas e se as ações implementadas tiveram o efeito desejado;
- Identificar eventuais problemas ou desvios em relação ao planejado;
- Realizar uma análise econômica para avaliar a viabilidade das estratégias propostas.
- Avaliar os resultados do protocolo de redução de perdas de água, comparando os indicadores de desempenho antes e depois da implementação das estratégias;

*Act (Ação):*

- A partir da identificação de subáreas que tenham como característica principal mais perdas reais ou mais perdas físicas, implementar avanços e melhorias no protocolo e estabelecer novas metas, caso seja necessário;
- Continuar o monitoramento e avaliação do desempenho do sistema, buscando sempre melhorias contínuas. Ou seja, implementar o programa de perdas como ação sistemática e não apenas pontual;
- Identificar as lições aprendidas e as melhores práticas para aplicação em futuros protocolos de redução de perdas de água.

Assim, o Protocolo de Redução de Perdas de Água deve ser uma ação cíclica e contínua, que envolve planejamento, execução, verificação e ação constante. Ao adotar esse modelo de gestão, é possível alcançar resultados mais efetivos e permanentes na redução das perdas de água, garantindo um uso mais sustentável e eficiente dos recursos hídricos e energéticos, podendo ser adaptada às necessidades específicas de cada empresa de água e saneamento.

## 6 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

A literatura demonstra inúmeros métodos de ações de combate às perdas e exemplos de sucesso aplicados em diversas regiões do mundo. Apesar disso, as ações nesse sentido ainda são bastante isoladas e descontínuas na maioria das prestadoras do serviço no Brasil. Dessa forma, este estudo mostra a eficiência de ações básicas no combate às perdas em situações em que as concessionárias pretendem iniciar a gestão de perdas. Por meio da análise das ações de intervenção da rede amostral do bairro de Laranjeiras, conclui-se que é possível elaborar um programa básico de combate às perdas com resultados significativos.

Por meio desta sequência, foi possível priorizar e hierarquizar as ações e as áreas críticas com base na expertise dos técnicos que já atuavam na região do estudo. No entanto, após o ano de 2017, quando ocorreu a primeira ação de redução de perdas, há basicamente uma estabilização dos indicadores. Com isso, é possível concluir, também, que os programas implementados não foram incorporados à cultura e nas rotinas da concessionária, indicando a falta de uma política estabelecida que permaneça independentemente de trocas de gestão. Nesses casos, os resultados das ações de perdas das concessionárias sempre será um resultado pontual/temporário.

O comparativo dos dados mensais e anuais permitiu compreender as diferenças da análise mensal e anual dos resultados. A análise de dados de um ano todo fornece uma visão mais ampla e abrangente do comportamento dos indicadores ao longo do tempo. Essa abordagem permite observar as variações sazonais e as tendências de longo prazo nos dados. Além disso, ela ajuda a identificar padrões e anomalias que podem não ser evidentes em uma análise mensal isolada.

Por outro lado, a análise mensal pode fornecer informações mais detalhadas e precisas sobre o comportamento dos indicadores em um curto período de tempo. Isso é particularmente útil para detectar flutuações ou eventos pontuais que podem ter um impacto significativo nos resultados. Em resumo, a análise de dados anuais e mensais tem suas vantagens e limitações e a escolha da abordagem depende do objetivo da análise e do contexto em que os dados estão sendo utilizados.

O estudo de caso feito no setor de Laranjeiras no Rio de Janeiro mostra que, para atingir o objetivo de redução significativa e permanente de perdas, podem ser implementadas ações, como busca por vazamentos e irregularidades, além de uma

gestão comercial monitorada por meio do levantamento de dados importantes da rede, assim como das características e informações do parque de hidrômetros e do próprio hábito de consumo dos usuários. Ao longo do tempo, com o amadurecimento das campanhas e protocolos de perdas, é possível implementar metodologias mais avançadas ou que exijam maiores aportes financeiros, como a avaliação das vazões mínimas noturnas, utilização de VRPs para controle de pressão ou mesmo troca do material da tubulação da rede de abastecimento.

O trabalho permitiu ainda a proposta de melhorias ao sistema SUPERA para o aprimoramento da gestão de dados e indicadores sendo a diferenciação entre perda real e aparente e nova metodologia para determinação da troca de hidrômetros com base no volume medido pelo equipamento.

A realização do comparativo dos estudos permitiu avaliar diferentes abordagens e metodologias utilizadas por meio de uma visão mais ampla e objetiva sobre o desempenho e as características das diferentes abordagens utilizadas. Essa prática auxilia na identificação das melhores práticas e estratégias, além de oferecer *insights* sobre como melhorar a eficiência e a eficácia das atividades e processos. Por meio desse processo, foi possível indicar pontos de melhoria nas campanhas de redução de perdas em Laranjeiras a exemplo da confirmação dos valores de submedição obtidos do SUPERA, pelo método de vazões mínimas noturnas e das boas práticas em obras de assentamento da rede,

Por fim, foi possível desenvolver um protocolo de ações de redução de perdas considerando a experiência dos estudos abordados que pode ser implementado em concessionárias de diversas características como localização ou porte que pretendem iniciar as ações nas regiões de abastecimento.

## REFERÊNCIAS

ABES. **Controle e Redução de Perdas nos Sistemas Públicos de Abastecimento de Água**: posicionamento e contribuições técnicas da ABES. 1. ed. ABES, 2015

ALEGRE, H. et al. **Indicadores de desempenho para serviços de abastecimento de água**. Lisboa: IWA, IRAR, LNEC, 2004.

ANDRADE, M. E. L. D. **Regularização fundiária de favelas**: O caso HBB. Dissertação (mestrado) – Programa e Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS ESTADUAIS DE SANEAMENTO. **Guia Prático de procedimentos para estimativa de submedição no parque de hidrômetros**. 1. ed. AESBE, 2015. Disponível em: [http://www.aesbe.org.br/wp-content/uploads/2018/04/GUIA-3\\_V5-.pdf](http://www.aesbe.org.br/wp-content/uploads/2018/04/GUIA-3_V5-.pdf). Acesso em: 20 de jan. de 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12218**. Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

BARBOSA, P. A. D. S. **Análise comparativa entre sistemas prediais de água fria e quente com medição coletiva e individual**. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

BARROSO, L. R. **Temas de Direito Constitucional**. Tomo II. Rio de Janeiro: Renovar, 2003.

BENETTI, L. B. **Avaliação do Índice de Desenvolvimento Sustentável do Município de Lages (SC) através do Método do Painel de Sustentabilidade**. (Tese de Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2006.

BRASIL. **Conceitos, características e interfaces dos serviços públicos de saneamento. Lei Nacional de Saneamento Básico**: perspectivas para as políticas e gestão dos serviços públicos. vol. 2. Brasília: Ministério das Cidades, 2009.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. **Diário Oficial da União**, Brasília, 1988.

BRASIL. Lei Federal nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2007.

BRASIL. Lei Federal nº 11.977, de 7 de julho de 2009. Dispõe sobre o Programa Minha Casa, Minha Vida. PMCMV e a Regularização Fundiária de Assentamento localizados e, áreas urbanas e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2009.

BRASIL. Lei Federal nº 13.465, de 11 de julho de 2017. Regularização Fundiária Rural e Urbana - REURB. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2017.

BRASIL. Lei Federal nº 8.080, de 19 de setembro de 1990. Dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 1990.

BRASIL. Lei Federal nº 9785, de 29 de janeiro de 1999. Altera o Decreto-Lei nº 3.365, de 21 de junho de 1941 (desapropriação por utilidade pública) e as Leis nos 6.015, de 31 de dezembro de 1973 (registros públicos) e 6.766, de 19 de dezembro de 1979 (parcelamento do solo urbano). **Diário Oficial da União**, Brasília, 2007.

BRASIL. LEI Nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 1979.

BRASIL. Lei nº 7.783, de 28 de Junho de 1989. Dispõe sobre o exercício do direito de greve, define as atividades essenciais, regula o atendimento das necessidades inadiáveis da comunidade, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 1989.

BRASIL. **Manual de saneamento**. 3. ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2004.

BRASIL. **Nacional de Informações Sobre Saneamento – SNIS**. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Regional, 2021.

BRASIL. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 24º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2018**. Brasília: SNS/MDR, 2019.

BRASIL. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2019**. Brasília: Ministério das Cidades, 2020.

CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC: controle da qualidade total (no estilo japonês)**. 5. ed. Rio de Janeiro: Bloch, 1992.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. **PIB do agronegócio**: Cresce em março e acumula alta de 3,3% no primeiro trimestre. CEPEA-Esalq/USP, 2020. Disponível em: [https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea\\_PIB\\_Agro\\_marco\\_junho2020\(1\).pdf](https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_PIB_Agro_marco_junho2020(1).pdf). Acesso em: 20 de jan. de 2023.

DUTRA, R. H. D. A; OLIVEIRA, A. L. D. Utilização de válvulas redutoras de pressão no controle de perdas em redes de abastecimento de água. **Revista DAE**, v. 65, n. 208, p. 122-134, 2017. Disponível em: [http://revistadae.com.br/Art.igos/Art.igo\\_edicao\\_208\\_n\\_1685.pdf](http://revistadae.com.br/Art.igos/Art.igo_edicao_208_n_1685.pdf). Acesso em: 8 jun. 2020.

EPE. **Balanco Energético Nacional**. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia, 2018.

GALVÃO, J. R. B. **Avaliação da relação pressão x consumo, em áreas controladas por válvulas redutoras de pressão (VRPs)**. Estudo de caso: rede de distribuição de água da Região Metropolitana de São Paulo. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Hidráulica e Saneamento) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

GHIDETTI, A. J. **Eficácia do método das vazões mínimas noturnas para diagnosticar as perdas de água**. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

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

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água, sociedade e ambiente. Abastecimento de Água para Consumo Humano**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006.

LAMBERT, A. What do we know about pressure: leakages relationships in distribution systems?. *In: IWA Conference on System Approach to Leakage Control and Water Distribution Systems Management*. Londres, 2000.

MEDEIROS, S. R. F. Q. **A casa própria: Sonho ou realidade? Um olhar sobre os conjuntos habitacionais em Natal**. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

MELATO, D.S. **Discussão de uma metodologia para o diagnóstico e ações para redução de perdas de água**: aplicação no sistema de abastecimento de água da Região Metropolitana de São Paulo. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

MENEGUIN, F. B.; PRADO, I. P. **Os Serviços de Saneamento Básico, sua Regulação e o Federalismo Brasileiro**. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisa/CONLEG/Senado, 2018.

MIRANDA, E.C. **Avaliação de perdas em sistemas de abastecimento de água: indicadores de perdas e metodologias para análise de confiabilidade**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Universidade de Brasília, Brasília, 2002.

MOTTA, R. G. D. **Importância da setorização adequada para combate às perdas reais de água de abastecimento público**. Tese (doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

NASCIMENTO, C. et al. A migração do campo para os centros urbanos no Brasil: da desterritorialização no meio rural ao caos nas grandes cidades. **Anais... XVI Congresso Internacional FoMerco**, 2017.

PALAU, C. V.; ARREGUI, F. J. Burst detection in water networks using principal component analysis. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 138, n. 1, 2012.

PENA, M. M. **Aplicação e análise da metodologia da IWA para o controle de perdas no sistema de abastecimento de água da baixada de JACAREPAGUÁ/RJ**. Tese (doutorado) –Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

PENA, M. M. **O Saneamento na Cidade do Rio de Janeiro: Uma Abordagem Histórica e Perspectivas**. Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, Rio de Janeiro, 2004.

PROEESA. **Roteiro para constituir Redes de Aprendizagem com prestadores de serviços de saneamento** - Mecanismos de aceleração na adesão a boas práticas e propagação de conhecimento. SNSA. Ministério das Cidades, 2018a.

RODRIGUES, J. A. **O impacto da utilização de diferentes equipamentos de medição no índice de perdas em um setor do sistema de abastecimento de água da cidade de Campo Grande/ MS**. Dissertação (Mestrado) – Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande/MS, 2014.

ROSA, D. J. M. **Sistemas fotovoltaicos domiciliares de dessalinização de água para consumo humano: Um estudo de sua viabilidade e configurações**. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

SALLES, M. J. **Política nacional de saneamento: percorrendo caminhos em busca da universalização**. Rio de Janeiro: s.n., 2008.

SANTOS, D. D. **Avaliação da metodologia para controle de perdas de água em sistema de distribuição no Recife-PE**. Recife: O Autor, 2013.

SEIBT, G. M. **Micromedição com hidrômetros ultrassônicos para grandes consumidores do sistema de abastecimento de água da região conurbada de Florianópolis e impactos sobre as perdas aparentes**. TCC (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

SLACK, N. et al. **Administração da produção**. São Paulo: Editora Atlas, 1996.

SOUSA, E. C. **Estudos para determinação do nível econômico de vazamento na rede de distribuição de água da zona baixa de Maceió**. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) – Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2011.

TARDELLI, J. Controle e Redução de Perdas. *In*: TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 3. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

VICENTINI, L. P. **Componentes do Balanço Hídrico para avaliação de perdas em sistemas de abastecimento de água**. ed. rev. São Paulo, 2012.

WERKEMA, C. **Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

ZANIBONI, N. **Equipamentos e metodologias para controle e redução de perdas reais em sistemas de abastecimento de água**. Dissertação (mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.