



Universidade Federal do Rio de Janeiro
Escola Politécnica & Escola de Química
Programa de Engenharia Ambiental

Metodologia da IWA Aplicada à Gestão de Perdas do Sistema de Abastecimento de
Água da Cidade Universitária - Estudo de Caso na Vila Residencial da Universidade
Federal do Rio de Janeiro / UFRJ

Rio de Janeiro
2021



UFRJ

Gabriel da Silva Madeira

Metodologia da IWA Aplicada à Gestão de Perdas do Sistema de Abastecimento de Água da Cidade Universitária - Estudo de Caso na Vila Residencial da Universidade Federal do Rio de Janeiro / UFRJ

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica & Escola de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientador: Monica Maria Pena

Rio de Janeiro

2021



UFRJ

Metodologia da IWA Aplicada à Gestão de Perdas do Sistema de Abastecimento de
Água da Cidade Universitária - Estudo de Caso na Vila Residencial da Universidade
Federal do Rio de Janeiro / UFRJ

Gabriel da Silva Madeira

Orientador: Monica Maria Pena

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa
de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica &
Escola de Química, da Universidade Federal do Rio
de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à
obtenção do título de Mestre em Engenharia
Ambiental.

Aprovada pela Banca:

Presidente, Prof.^a Monica Maria Pena, D. Sc., UFRJ

Prof.^a Heloisa Teixeira Firmo, D. Sc., UFRJ

Prof. Isaac Volschan Junior, D. Sc., UFRJ

Prof.^a Monica Pertel, D. Sc., UFRJ

Rio de Janeiro

2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, que, mesmo diante de perdas, permite que eu sonhe e conquiste todos os grandes objetivos da minha vida. Aos meus filhos – Davi, Pedro e Matheus, vitais como a água, minhas maiores conquistas e inspirações. Ao Theo, que hoje é Teu. À minha esposa e xará, Gabriela, companheira de caminhada, por toda sua cumplicidade, apoio e amor; sobretudo durante o período pandêmico, em que partilhamos ainda mais das tarefas diárias, do trabalho e do tempo de dedicação ao mestrado.

Agradeço aos meus pais, Celso e Alcinéia, meus alicerces, os maiores incentivadores e investidores do meu sucesso profissional e pessoal. A todos os professores e funcionários do PEA/UFRJ que, de alguma forma, contribuíram para o meu crescimento. A CEDAE, através do engenheiro Luiz Cláudio Drumond, pela parceria e suporte necessários a realização deste trabalho. À minha chefe e amiga de trabalho e mestrado na UFRJ, a engenheira Leila Sales, por todo apoio, suporte e incentivo na realização deste objetivo.

Em especial, agradeço a professora Monica Maria Pena, pelas orientações e contribuições fundamentais na elaboração deste trabalho e a todos os estimados membros da banca examinadora – a professora Heloisa Teixeira Firmo, o professor Isaac Volschan Junior e a professora Monica Pertel, que dedicaram suas valiosas horas para lapidar esta obra, contribuindo para o seu sucesso.

RESUMO

MADEIRA, Gabriel da Silva. Metodologia da IWA Aplicada à Gestão de Perdas do Sistema de Abastecimento de Água da Cidade Universitária - Estudo de Caso na Vila Residencial da Universidade Federal do Rio de Janeiro /UFRJ. Rio de Janeiro, 2021. Dissertação (mestrado) – Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

O presente trabalho tem como objetivo realizar o diagnóstico e elaborar um Plano de Controle e Redução das Perdas no Sistema de Abastecimento de Água da Vila Residencial da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) através da Metodologia da *International Water Association* (IWA). O Balanço hídrico – cenário base, segundo a IWA, é o primeiro e fundamental passo na elaboração de um diagnóstico da rede. Através da elaboração do Balanço Hídrico é possível desagregar a parcela das perdas do sistema, com a identificação das perdas reais e aparentes. A Matriz de Balanço Hídrico foi extraída neste estudo através do *software WB – EasyCalc*, versão 5.18 (out/2019), preconizado pela IWA. Foi realizada uma análise pela abordagem *top-down* no Distrito de Medição e Controle (DMC) da Rua dos Cravos e do DMC correspondente a todo o setor censitário da vila residencial da UFRJ, para o período de estudo de março de 2019 a fevereiro de 2020. Para consubstanciar os dados de perdas, realizou-se também o diagnóstico através da abordagem *bottom-up*, pelo método das vazões mínimas noturnas. Os dados de macro e micromedição, bem como todas as demais informações necessárias, foram fornecidos pela prestadora dos serviços da região, a Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro (CEDAE). Este estudo destaca, ainda, a situação dos indicadores de performance do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) obtidos em comparação com o panorama nacional e regional de perdas no Brasil. Os resultados apontam que as perdas são elevadas e predominantemente reais na região do estudo. Foram definidas ações estruturais para a gestão da infraestrutura, como foco para obtenção da redução dos índices de perdas reais na região, por ser considerada uma medida mais efetiva, eficiente e duradoura. Através da elaboração e análise de cenários e metas para redução dos índices de perdas na distribuição, considerando uma troca total ou parcial da rede de abastecimento, busca-se alcançar três estágios hipotéticos de redução dos índices de perdas na região: meta pessimista, realista e otimista. O planejamento para o alcance das metas considera a análise do retorno dos investimentos estimados (*payback*) dos cenários previstos para gestão da infraestrutura existente. Os planos de gestão de perdas da Vila Residencial da UFRJ apresentados neste estudo consideram, ainda, outras ações específicas para atendimento das demais boas práticas de gestão de perdas reais recomendadas pela IWA, a citar: a agilidade e qualidade dos reparos e o controle ativo de vazamentos.

Palavras-chave: Perdas; Perdas Reais; Sistema de Abastecimento de Água; Balanço Hídrico; IWA

ABSTRACT

MADEIRA, Gabriel da Silva. IWA Methodology Applied to Loss Management of the University City Water Supply System - Case Study in the Residential Village of the Federal University of Rio de Janeiro / UFRJ. Rio de Janeiro, 2021. Dissertation (master's degree) - Environmental Engineering Program, Polytechnic School and School of Chemistry, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

This work aims to diagnose and develop a Plan for Control and Reduction of Losses in the Water Supply System of the Residential Village of the Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ) using the International Water Association (IWA) Methodology. The Water balance - base scenario, according to IWA, is the first and fundamental step in the elaboration of a network diagnosis. Through the elaboration of the Water Balance it is possible to disaggregate the portion of the system's losses, with the identification of real and apparent losses. The Water Balance Matrix was extracted in this study using the WB - EasyCalc software, version 5.18 (Oct / 2019), recommended by IWA. An analysis was carried out using the top-down approach in the District Meter Area (DMA) of Cravos' Street and the DMA corresponding to the entire census sector of the residential village of UFRJ, for the study period from March 2019 to February 2020. In order to substantiate the loss data, the diagnosis was also carried out through the bottom-up approach, using the method of minimum night flows. Macro and micro-measurement data, as well as all other necessary information, were provided by the region's service provider, the State Water and Sewage Company of Rio de Janeiro (CEDAE). This study also highlights the situation of the performance indicators of the National Sanitation Information System (SNIS) obtained in comparison with the national and regional panorama of losses in Brazil. The results show that the losses are high and predominantly physical in the study region. Structural actions for the management of the infrastructure were defined as a focus for obtaining a reduction in the real loss rates in the region, as it is considered a more effective, efficient and lasting measure. Through the elaboration and analysis of scenarios and goals for the reduction of the loss indexes in the distribution, considering a total or partial exchange of the supply network, we seek to reach three hypothetical stages of reduction of the loss indexes in the region: pessimistic, realistic and optimistic. The planning for achieving the goals considers the analysis of the estimated return on investments (payback) of the scenarios foreseen for the management of the existing infrastructure. The loss management plans of residential village of the UFRJ presented in this study also consider other specific actions to comply with the other good loss management practices recommended by IWA, to mention: the speed and quality of repairs and the active control of leaks.

Keywords: Losses; Real Losses; Water Supply System; Water Balance; IWA

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:Relação entre os Limites Técnicos e Econômicos das Perdas de Água do sistema.....	47
Figura 2:Crescimento Natural das Perdas e os Desafios para o Combate.....	51
Figura 3:Tipos de Vazamentos e Ações Corretivas.....	52
Figura 4: Tipos de Perdas Aparentes.....	53
Figura 5:Índice de Perdas na Distribuição (IN049) no Território Brasileiro	62
Figura 6:Evolução do IN049 – Brasil.....	63
Figura 7: Evolução do IN013 – Brasil.....	63
Figura 8:Perdas de Faturamento – Regionais (SNIS 2019)	64
Figura 9:Perdas de Distribuição – Regionais (SNIS 2019)	64
Figura 10:Perdas por Ligação – Regionais (SNIS 2019)	65
Figura 11:Perdas de Faturamento Estaduais (IN013) – SNIS 2019	66
Figura 12:Perdas na Distribuição Estaduais (IN049) – SNIS 2019	67
Figura 13:Perdas por Ligação Estaduais (IN051) – SNIS 2019	67
Figura 14:Perdas (%) – Cenário Mundial	68
Figura 15:Planilha “ <i>Start</i> ” – Início (<i>Software WB-EasyCalc</i> , Versão 5.18)	73
Figura 16:Método das Vazões Mínimas Noturnas.....	76
Figura 17:Boas Práticas da IWA para Mitigação de Perdas Reais.....	80
Figura 18:Boas Práticas da IWA para Mitigação das Perdas Aparentes.....	83
Figura 19:Análise Otimizada do Tempo para a Troca Preventiva de Hidrômetros....	84
Figura 20:Arquipélago onde Construiu-se a Cidade Universitária – Ilha do Fundão	88
Figura 21:Cidade Universitária logo após o Aterramento em 1953	88
Figura 22:Localização do Campus da Cidade Universitária da UFRJ, Ilha do Fundão, na Cidade do Rio de Janeiro	89
Figura 23:Localização do Setor Censitário da Vila Residencial no Campus da Cidade Universitária da UFRJ, Ilha do Fundão	90
Figura 24:Rede de Distribuição de Água da Vila Residencial da UFRJ	93
Figura 25:Vínculo dos Moradores da Vila Residencial com a UFRJ	93
Figura 26:Localização das Economias e do Macromedidor de Vazão e de Pressão do DMC Vila Residencial	95

Figura 27:Localização das Economias e do Macromedidor de Vazão e de Pressão DMC Rua dos Cravos	95
Figura 28:Macromedidor do DMC da Vila Residencial, 100mm, antes da Manutenção	96
Figura 29:Macromedidor do DMC da Rua dos Cravos, 50 mm, antes da Manutenção	96
Figura 30:Realização da Manutenção, Troca, do Macromedidor do DMC da Vila Residencial, 100mm	97
Figura 31:Macromedidor da Marca KROHNE/CONAUT, 100mm, referente ao DMC Vila Residencial, Após a Manutenção	98
Figura 32:Macromedidor da Marca KROHNE/CONAUT, 50mm, referente ao DMC Rua dos Cravos, Após a Manutenção	99
Figura 33:Medições de Vazões hora a hora do Macromedidor J16CA00109 no Período de Estudo, com destaque para os pontos descartados – circulados	100
Figura 34:Medições de Vazões hora a hora do Macromedidor G16CA01017 no Período de Estudo, com destaque para os pontos descartados – circulados.....	100
Figura 35:Medições de Pressões hora a hora para o DMC da Vila Residencial no Período de Estudo, com destaque para os pontos descartados – circulados.....	98
Figura 36:Medições de Pressões hora a hora para o DMC da Rua dos Cravos no Período de Estudo, com destaque para os pontos descartados – circulados.....	101
Figura 37:Modelo de Hidrômetro <i>HidroReader</i> da <i>Energyrus</i> instalados nas Unidades em Estudo	102
Figura 38:Análise das Vazões Mínimas Noturnas X Vazão Mínima Noturna Inerente do DMC da Vila Residencial.....	112
Figura 39:Percentual de Perdas Reais e Aparentes na Área de Estudo	116
Figura 40:Percentual do Custo das Perdas Reais e Aparentes na Área de Estudo	117
Figura 41:Situação do IN013 do Estudo de Caso no Panorama Regional e Nacional em 2019	117
Figura 42:Situação do IN049 do Estudo de Caso no Panorama Regional e Nacional em 2019	118
Figura 43:Situação do IN051 do Estudo de Caso no Panorama Regional e Nacional em 2019	119
Figura 44:Estratégia de Mitigação das Perdas da Vila Residencial da UFRJ	120

Figura 45:Modelo Genérico de Geofone Eletrônico e Ilustração da Detecção de Vazamentos com o Equipamento Acústico na Rede	121
Figura 46:Logomarca Sugerida do Programa para Agilidade de Reportagem de Vazamentos na Área de Estudo	122
Figura 47:Canal de Atendimento à Comunidade Universitária, Disponível no Site da Prefeitura Universitária da UFRJ	122
Figura 48:Esquemático da Interligação entre os Agentes e as Ações para a Gestão de Perdas, Segundo a IWA, a Serem Aplicadas, Simultaneamente, na Vila Residencial da UFRJ	134
Figura 49:Plano de Gestão de Perdas da Vila Residencial da UFRJ – Meta Pessimista	136
Figura 50:Plano de Gestão de Perdas da Vila Residencial da UFRJ – Meta Realista	138
Figura 51:Plano de Gestão de Perdas da Vila Residencial da UFRJ – Meta Otimista	140

LISTA DE QUADROS

Quadro 1:Perdas Reais por Subsistemas: Origens e Magnitudes.....	29
Quadro 2:Perdas Aparentes: Origens e Magnitudes.....	30
Quadro 3:Matriz de Balanço Hídrico da IWA	41
Quadro 4:Características Principais: Perdas Reais e Aparentes	42
Quadro 5:Conceito NRW (Non-Revenue Water)	54
Quadro 6:Avaliação dos Resultados de Redução de Perdas nos Contratos Encerrados do Projeto JICA da SABESP	82
Quadro 7:Planilha “Water Balance” / Balanço Hídrico do DMC da Vila Residencial	106
Quadro 8:Planilha “Water Balance” / Balanço Hídrico do DMC da Rua dos Cravos.....	108
Quadro 9:Método das Vazões Mínimas Noturnas do Estudo de Caso	111
Quadro 10:Avaliação dos Custos dos Componentes do Balanço Hídrico do DMC da Vila Residencial	113
Quadro 11:Vantagens dos Tipos de Tubulações	124
Quadro 12:Desvantagens dos Tipos de Tubulações	124

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Indicador Percentual x Consumos Per Capita	48
Tabela 2: Apuração de Volume Micromedido – Águas Juturnaíba	58
Tabela 3: Referência de Leituras em Junho, com Leituras de Maio a Julho – Águas Juturnaíba	59
Tabela 4: Metas Globais e Regionais para o Índice de Perdas na Distribuição (IN049) no PLANSAB	85
Tabela 5: Dados Micromedidos das Economias Ativas Referentes ao DMC Vila Residencial.....	103
Tabela 6: Dados Micromedidos das Economias Ativas Referentes ao DMC Rua dos Cravos	104
Tabela 7: Cálculo do Fator Noite-dia (FND)	110
Tabela 8: Principais Resultados do Diagnóstico das Perdas da Área de Estudo	115
Tabela 9: Equivalências das Dimensões Nominais – PBA x PEAD	125
Tabela 10: Quantitativos e Preços PEAD – C 1,35m E.A. 63mm - ABPE (Parametrização)	126
Tabela 11: Quantitativos e Preços PEAD – C 1,35m E.A 90mm - ABPE (Parametrização)	127
Tabela 12: Orçamento Cenário 1	128
Tabela 13: Orçamento Cenário 2	128
Tabela 14: Orçamento Cenário 3	128
Tabela 15: Orçamento Cenário 4	129
Tabela 16: Análise do <i>Payback</i> : Cenário 1	132
Tabela 17: Análise do <i>Payback</i> : Cenário 2	132
Tabela 18: Análise do <i>Payback</i> : Cenário 3	132
Tabela 19: Análise do <i>Payback</i> : Cenário 4	133

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Medição das Perdas.....	55
Equação 2: Medição das Perdas nos conceitos do PNCD A.....	55
Equação 3: Relativização das Perdas	56
Equação 4: Métrica de Avaliação das Perdas por Mês pela Metodologia OPAS.....	57
Equação 5: Métrica de Avaliação das Perdas Anuais pela Metodologia OPAS.....	57
Equação 6: Cálculo dos Vazamentos Inerentes Adaptado à Realidade Nacional	74
Equação 7: Cálculo do Fator Noite/Dia (FND).....	75
Equação 8: Cálculo do Consumo Noturno Residencial(L/h)	75
Equação 9: Cálculo do Consumo Noturno Não Residencial (L/h)	75
Equação 10: Cálculo do Consumo Noturno Legítimo (L/h)	75
Equação 11: Cálculo da Perda Real Noturna pelo método <i>Bottom-up</i>	76
Equação 12: Cálculo da Perda Real Diária pelo método <i>Bottom-up</i>	76
Equação 13: Índice de Perdas de Faturamento (IN013):.....	77
Equação 14: Índice de Perdas na Distribuição (IN049):.....	75
Equação 15: Índice de Perdas por Ligação (IN051)	78
Equação 16: Índice de Vazamento da Infraestrutura (IVI) da IWA.....	78
Equação 17: Cálculo das Perdas Reais Anuais Inevitáveis (PRAI).....	79
Equação 18: Cálculo dos Vazamentos Inerentes (VI) do Estudo.....	109
Equação 19: Cálculo do Q1 (L/h) do Estudo.....	109
Equação 20: Cálculo do Q2 (L/h) do Estudo	109
Equação 21: Cálculo do Q Legítimo do Estudo (L/h)	109
Equação 22: Cálculo do IN013 do Estudo (%)	113
Equação 23: Cálculo do IN049 do Estudo (%)	113
Equação 24: Cálculo do IN051 do Estudo (L/lig.dia)	114
Equação 25: Cálculo da PRAI (m ³ /dia) do Estudo	114
Equação 26: Cálculo do IVI do Estudo	114

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABENDE	Associação Brasileira de Ensaios Não Destrutivos e Inspeção
ABES	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
ABPE	Associação Brasileira de Tubos Poliolefinicos e Sistemas
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AESBE	Associação Brasileira das Empresas Estaduais de Saneamento
AMAVILA	Associação de Moradores e Amigos da Vila Residencial
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
AWWA	American Water Works Association
BIRD	Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BNH	Banco Nacional da Habitação
CEDAE	Companhia Estadual de Águas e Esgoto do Rio de Janeiro
CESB	Companhia Estadual de Saneamento
DMC	Distrito de Medição e Controle
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETUB	Escritório Técnico da Universidade do Brasil
FND	Fator Noite/Dia
GIZ	<i>Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INCC	Índice Nacional de Custos da Construção
IPA	Índice de Perdas Aparentes
IVI	Índice de Vazamentos da Infraestrutura
IWA	International Water Association
JICA	Agência de Cooperação Internacional do Japão
LABURB	Laboratório de Projetos Urbanos Sustentáveis
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil (Portugal)
MDR	Ministério do Desenvolvimento Regional
NEP	Nível Econômico de Perdas
NRW	<i>Non-Revenue Water</i>
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PDCIDUNI	Plano Diretor da Cidade Universitária
PLANASA	Plano Nacional de Saneamento

PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento Básico
PMS	Pressão Média do Sistema
PMSS	Programa de Modernização do Setor de Saneamento
PNCDA	Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água
PRAI	Perda Real Anual Inevitável
PROEESA	Projeto de Eficiência Energética em Sistemas de Abastecimento de Água
PU	Prefeitura Universitária
PVC PBA	Policloreto de Vinila com Ponta e Bolsa
QGIS	<i>Software</i> Livre de Sistema de Informação Geográfica
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SANEPAR	Companhia de Saneamento do Paraná
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
TI	Tecnologia da Informação
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	17
1.1	Motivação	17
1.2	Objetivos	20
1.3	Descrição dos Capítulos	20
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1	Sistema de Abastecimento de Água: A Importância do Controle de Perdas	21
2.1.1	Panorama Histórico Nacional	21
2.1.2	Novo Marco Legal do Saneamento	24
2.1.3	Dimensões do Problema Perdas	25
2.1.4	Perdas e a Eficiência Energética	25
2.1.5	Perdas e a Crise Hídrica	26
2.2	Sistema de Abastecimento de Água: Onde ocorrem as Perdas?	27
2.3	Ações e Pesquisas em Controle de Perdas: Breve Histórico	31
2.4	A Metodologia da IWA	38
2.4.1	Matriz do Balanço Hídrico	40
2.4.2	Limites das Perdas	46
2.4.3	Indicadores da IWA	48
2.4.4	Crescimento Natural das Perdas	50
2.4.5	Tipos de Perdas Reais	51
2.4.6	Tipos de Perdas Aparentes	52
2.4.7	Conceito NRW (Non-Revenue Water)	53
2.5	Métricas de Avaliação de Perdas	55
2.5.1	Metodologia OPAS – Organização Panamericana da Saúde	57
2.5.2	Metodologia Pro Rata Die	58
2.5.3	Metodologia de Leitura da Macromedição Simultânea com a da Micromedição	60
2.5.4	Metodologia Online	60
2.6	Base Nacional de Dados: Os Indicadores SNIS	60
2.7	Perdas de Água no Brasil e no Mundo	62
2.7.1	Realidade Nacional	62
2.7.2	Realidades Regionais	64
2.7.3	Realidades Estaduais	65
2.7.4	Benchmarking	68

3	METODOLOGIA	69
3.1	Aspectos Gerais	69
3.2	Seleção da Área de Estudo	69
3.3	Distritos de Medição e Controle (DMC)	69
3.4	Software Utilizado: WB EasyCalc	70
3.5	Levantamento dos Dados	70
3.6	Cálculo do Balanço Hídrico: Abordagem Top Down	72
3.7	Cálculo do Balanço Hídrico: Abordagem Bottom Up	73
3.8	Método de Cálculo dos Indicadores de Performance	77
3.8.1	Índice de Perdas de Faturamento (%) - IN013	77
3.8.2	Índice de Perdas na Distribuição (%) - IN049	77
3.8.3	Índice de Perdas por Ligação (L/lig.dia) - IN051	78
3.8.4	Índice de Vazamento da Infraestrutura – IVI (Infrastructure Leakage Index - ILI)	78
3.9	Metodologia para Mitigação das Perdas: Boas Práticas da IWA	79
3.10	Definição das Metas para Redução das Perdas	85
4	ESTUDO DE CASO	86
4.1	Introdução	86
4.2	Área de Estudo	87
4.2.1	A Cidade Universitária da UFRJ	87
4.2.2	A Vila Residencial	89
4.3	Sistema de Abastecimento Existente - Vila Residencial/UFRJ	92
4.4	Dados Populacionais da Vila Residencial/UFRJ	93
4.5	Dados Macromedidos e Pressões no Sistema	94
4.6	Dados Micromedidos e Ligações Cadastradas	102
4.7	Cálculo do Balanço Hídrico – Cenário Base	104
4.8	Avaliação dos Custos do Cenário Base – Vila Residencial	112
4.9	Cálculo dos Indicadores de Performance	113
4.10	Apresentação e Discussão dos Resultados	114
4.11	Controle e Redução de Perdas: Cenários e Metas	120
4.12	Plano de Gestão de Perdas na Vila Residencial da UFRJ: Agentes e Ações	134
5	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	141
6	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	146

APÊNDICE I - Planilhas – Memória de cálculo do balanço hídrico cenário base DMC Vila Residencial: *Software WB – Easycalc*

APÊNDICE II - Planilhas – Memória de cálculo do balanço hídrico cenário base DMC Rua dos Cravos: *Software WB – Easycalc*

ANEXO I - Projetos – “Como Construído” da Rede de Abastecimento de Água da Vila Residencial da Ilha do Fundão

1. INTRODUÇÃO

1.1 MOTIVAÇÃO

O fornecimento de água de qualidade e em quantidade suficiente e regular é de fundamental importância para manutenção da saúde da população e para o atendimento ao crescimento populacional dos meios urbanos.

A promoção do uso racional da água e a correspondente preservação dos recursos hídricos, através do controle de perdas, permite postergar investimentos para ampliação dos sistemas de captação e produção de água, contribuindo, ainda, para concentrar os maiores investimentos para o atendimento da meta de universalização do abastecimento de água no país (BRITTO, 2011).

Até o final do século passado não havia um entendimento comum sobre o que eram as "perdas" nos sistemas públicos de abastecimento de água. De maneira geral, dependendo dos critérios e diretrizes de cada operador, havia várias definições para o que eram perdas. A partir dos anos 90, estes conceitos até então particulares, passaram a ser estudados e revisados pela força tarefa da International Water Association (IWA).

No manual *“International Best Practice - Water Balance and Performance Indicators for Water Supply Services”* publicado em 2000 pela IWA, foi apresentado uma nova estruturação para as perdas, através da Matriz do balanço Hídrico, e uma nova terminologia, com a denominação de perdas reais e aparentes, além da definição da diferença entre águas não faturadas e perdas (IWA, 2006). Os resultados dos trabalhos desenvolvidos tiveram como principal finalidade definir uma metodologia de avaliação da qualidade dos serviços prestados de saneamento através de um conjunto de indicadores de desempenho. Como meta, os resultados deveriam ser aplicáveis a entidades de diferentes dimensões, nível de desenvolvimento, clima, demografia e características socioculturais em todo o mundo. Concomitantemente, por volta do ano 2000, por meio do Programa de Modernização do Setor de Saneamento - PMSS, do Ministério das Cidades e de várias companhias estaduais e municipais de saneamento, adotou-se no Brasil os mesmos entendimentos da IWA.

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) é a base de dados mais completa referente ao setor no país atualmente e, por isso, seus índices são utilizados para os estudos de perdas no Brasil. O quadro atual do setor de saneamento brasileiro apresenta grande precariedade no atendimento dos serviços de abastecimento de água de acordo com os indicadores de perdas do SNIS.

São realizados cada vez mais esforços para se elevar o padrão nos Sistemas de Abastecimento de Água no Brasil, citando por exemplo a criação do Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), que, juntamente com o novo marco legal do saneamento, a lei nº14.026/20, buscam a universalização dos serviços de saneamento no país e uma maior eficiência dos índices de perdas.

Falar da problemática de perdas de água está também, intrinsecamente, ligado a abordagem da eficiência energética, uma vez que toda energia utilizada na produção e transporte desse recurso também é perdida. O uso eficiente da energia elétrica e a redução das perdas de água permitem, não somente, a obtenção de um maior retorno financeiro, considerando a redução nos custos de produção de água; mas, também, o melhor aproveitamento da infraestrutura civil e eletromecânica existente e a consequente postergação da aplicação de recursos necessários para ampliação dos sistemas (ABES, 2015). A ineficiência no uso de energia na operação de um sistema de abastecimento de água gera custos adicionais que poderiam ser evitados, a ser suportados por subsídios nas operações dos serviços. O dispêndio de energia sem considerar eficiência contribui, também, para uma desnecessária emissão de gases de efeito estufa, que gera impacto nas alterações climáticas em escala global.

Nos recentes, e cada vez mais recorrentes, episódios de crise hídrica, com projeção nacional, são gerados incrementos nos custos operacionais em todo o sistema de abastecimento de água para o setor, em consequência do aumento dos preços da energia elétrica e da redução de consumos nos sistemas de abastecimento de água em todo o país, refletindo na necessidade de racionamento do uso da água, impactando na saúde financeira das operadoras de saneamento e nas perdas de água, nos caso que há interrupção de abastecimento e grandes variações de pressões no sistema (ABES, 2015).

Neste contexto, o Plano Diretor da Cidade Universitária da Universidade Federal do Rio de Janeiro (PDCIDUNI/UFRJ 2020) define sua Responsabilidade Ambiental e Energética como compromisso em assegurar que as práticas estejam

permanentemente buscando, entre outros: o uso responsável e econômico dos recursos ambientais, a economia e eficiência energética e a economia e eficiência no uso de recursos hídricos. Cita ainda que para alcançar tais objetivos, exige-se um entendimento de que a questão ambiental e energética deve ser contemplada no conjunto do PDCIDUNI 2020 e em cada um dos projetos que o integrarão, destacando-se a gestão responsável dos recursos hídricos.

Em documento encaminhado ao Comitê Técnico do Plano Diretor, a Associação de Moradores e Amigos da Vila Residencial (AMAVILA), com objetivo de organizar a luta pelo direito de moradia em condições de salubridade e dignidade, manifesta suas expectativas e adverte:

“[...] com o não atendimento das nossas reivindicações, o Plano Diretor se desvirtuará do seu propósito, não alcançará a plenitude dos seus objetivos, pois não haverá de forma integral a proposta de humanização de espaços dentro da Ilha da Cidade Universitária, continuará a fragmentação e a desagregação presente hoje na Vila Residencial, já que, a distância imposta pela sua posição geográfica e com o não atendimento das intervenções necessárias do Plano Diretor na Vila, manterá a fraca vitalidade urbana do seu espaço”. Impõe-se, pois, assegurar a efetiva integração da Vila Residencial às redes de circulação e infraestrutura previstas pelo PDUFRJ 2020, de modo a promover as transformações necessárias para uma Vila saudável e sustentável e fazendo justiça corrigindo o passivo social acumulado por muitos e dolorosos anos.” (AMAVILA, Proposta da Associação dos Moradores e Amigos da Vila Residencial UFRJ para o Plano Diretor UFRJ 2020, 24/09/2009).

Ante o exposto, é justificável a necessidade de implantação de práticas que visem uma melhor e mais adequada gestão de recursos hídricos em toda a Cidade Universitária, incluindo a Vila Residencial, de forma a zelar pelos recursos de forma integrada e efetiva. Portanto, aplicar práticas de gestão e controle de perdas no abastecimento de água da região é condição fundamental para que este objetivo seja alcançado.

O autor é servidor da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), lotado na Divisão de Águas e Esgotos da Prefeitura Universitária, o que denota o seu total interesse e engajamento em desenvolver este estudo que visa contribuir com ações para diagnosticar e mitigar os índices de perdas da região da Vila Residencial da Cidade Universitária da UFRJ e que possam, também, vir a consubstanciar futuras ações em atendimento a todo o Campus da Universidade.

1.2 OBJETIVOS

Objetivo geral

O presente trabalho apresenta e analisa estudos utilizando as premissas da metodologia da International Water Association (IWA) no diagnóstico e na proposição do Plano de Controle e Redução de Perdas no Sistema de Abastecimento de Água da Cidade Universitária, através de estudo de caso na Vila Residencial da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), no município do Rio de Janeiro.

Objetivos Específicos

- ✓ Elaborar o Balanço Hídrico - Cenário Base do Sistema de Abastecimento de Água da Vila Residencial da UFRJ.
- ✓ Propor ações estruturais e estruturantes para o controle e redução das perdas analisadas.
- ✓ Analisar cenários e metas para redução dos índices de perdas na distribuição no Distrito de Medição e Controle (DMC) da Vila Residencial.
- ✓ Calcular o retorno dos investimentos estimados (*payback*) dos cenários previstos para o gerenciamento da infraestrutura existente.
- ✓ Propor um plano de controle e redução de perdas na Vila Residencial da Cidade Universitária da UFRJ.

1.3 DESCRIÇÃO DOS CAPÍTULOS

Esta dissertação é construída em um total de seis capítulos. Além do presente capítulo (Introdução), o Capítulo 2 (Revisão Bibliográfica) aborda a importância do controle e redução das perdas no contexto do abastecimento de água no cenário nacional. Apresenta, também, as dimensões do problema e a correspondente interrelação das perdas com a eficiência energia e os episódios de crise hídrica do país. É apresentada, ainda, a definição e o conceito das perdas reais e aparentes,

suas principais ocorrências no sistema e as principais ações direcionadas ao seu diagnóstico e mitigação, desenvolvidos historicamente em todo o mundo, com destaque para a metodologia da International Water Association (IWA). São apresentados os indicadores do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) adotados no estudo e o panorama atual das perdas no cenário nacional segundo estes índices.

O Capítulo 3 (Metodologia) apresenta os critérios para seleção da área de estudos, os métodos para obtenção dos dados da pesquisa e as ferramentas preconizadas pela metodologia da IWA utilizadas para realizar o diagnóstico e para mitigar as perdas analisadas.

No Capítulo 4 (Estudo de Caso) é realizado o diagnóstico das perdas da região de estudo, através da elaboração do Balanço Hídrico – Cenário Base (abordagem *top down*), consubstanciada, pela análise do método das vazões mínimas noturnas (abordagem *bottom up*). São apresentadas ações para mitigação das perdas da região, com aplicação das boas práticas da IWA, de acordo com o diagnóstico obtido no Cenário base. É proposto um Plano para o Controle e Redução das perdas da Vila Residencial da Cidade Universitária da UFRJ.

Por último, o Capítulo 5 (Conclusão e Recomendações) detalha as conclusões gerais da pesquisa e as recomendações para trabalhos futuros, visando a gestão responsável dos recursos hídricos na Cidade Universitária da UFRJ e o capítulo 6 (Referência Bibliográfica) apresenta o referencial bibliográfico do presente estudo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA: A IMPORTÂNCIA DO CONTROLE DE PERDAS

2.1.1 Panorama Histórico Nacional

O sistema de abastecimento de água é um dos pilares do saneamento básico. No Brasil, esta constatação surgiu no fim dos anos 50, quando, diante da necessidade de se estabelecer o que era básico para interferir no ambiente e obter os melhores resultados referentes à política de saúde, meio ambiente e desenvolvimento urbano, foi criado o termo saneamento básico, face à escassez de recursos na época. Ficou

estabelecido que o básico era água potável e disposição ordenada dos excrementos (COSTA, 1994).

Pertel (2014) atenta que em houve uma importante mudança nas ações de saneamento básico no país na década de 70, período em que o Brasil passou a ser predominantemente urbano, acelerando a necessidade de investimentos no setor. Neste contexto, em 1971, foi formatado e instituído pelo Banco Nacional da Habitação (BNH), o Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), marco da participação dos estados na provisão e operação da infraestrutura de saneamento no país. Surge assim, um novo modelo de gestão para o setor, levando a centralização de toda a gestão nas mãos do estado, através da criação das companhias estaduais de saneamento (CESBs) para a execução desse plano, em todos os estados do Brasil. Pena (2004) destaca que o maior objetivo do PLANASA com a criação das CESBs foi centralizar a gestão dos serviços e minimizar problemas oriundos de políticas locais.

O termo saneamento ambiental foi incorporado pelo setor em meados dos anos 80, com a entrada da agenda ambiental no cenário político - a Lei 6.938 de 1981 instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente, em decorrência aos problemas sanitários e ambientais constatados nas cidades brasileiras e às críticas ao modelo PLANASA. Isto deu uma maior abordagem e requisitou a inclusão de ações de meio ambiente e saúde pública na conceituação do saneamento.

Em outubro de 1988 foi promulgada a Constituição Brasileira, com diversos dispositivos relacionados ao setor de saneamento, cabendo destacar o disposto no artigo 30, inciso V da Constituição Federal: “compete aos municípios organizar e prestar diretamente, ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local, (...)”, e no artigo 175: “incumbe ao Poder Público, na forma da lei, diretamente ou sob o regime de concessão ou permissão, sempre através de licitação, a prestação de serviços públicos”. Verificou-se, assim, um fortalecimento dos municípios impulsionado pela Constituição, passando a contar com maior orçamento, maior autonomia político administrativa e maior acesso a financiamentos, mesmo que tal fortalecimento esteja aquém do necessário para uma verdadeira e desejável descentralização.

Na década de 90, em um período no qual muito se falava em descentralização de políticas públicas, a estrutura das CESBs, sem transparência e fechada à participação dos municípios, passou a ser objeto de muitas críticas (BRITTO, 2012).

A partir de 1992, começaram a ser realizadas inúmeras conferências, seminários e reuniões de trabalho no segmento mobilizadas pela extinção do PLANASA e pelo advento de novos financiamentos com recursos do Banco Mundial – BIRD, o que fez o Governo Federal ampliar as discussões do setor, iniciando o Programa de Modernização do Setor Saneamento - PMSS. Neste estágio, Pertel (2014) destaca que novas políticas, legislações e instituições surgem no âmbito das questões ambientais. A Política Nacional de Recursos Hídricos, em 1997 – Lei nº 9.433, seguida da criação da ANA – Agência Nacional das Águas em 2000 e a criação da Lei 11.445 – Lei Nacional de Saneamento Básico, em 2007, influenciaram a capacidade de planejamento e viabilidade de expansão e implementação de novos sistemas de abastecimento de água. “A Lei nº 11.445 de 2007 surge com o intuito de descentralização, buscando uma maior aproximação com os municípios e, conseqüentemente, mudanças no quadro ainda de centralização das CESBs” (PERTEL, 2014, p. 8).

A promoção do uso racional da água e a correspondente preservação dos recursos hídricos, através do controle de perdas, ganhou notoriedade por permitir postergar investimentos para ampliação dos sistemas de captação e produção de água, contribuindo, ainda, para concentrar os maiores investimentos para o atendimento da meta de universalização do abastecimento de água no país (BRITTO, 2011).

O quadro atual do setor de saneamento brasileiro apresenta grande precariedade no atendimento dos serviços de água e esgotos. Importantes lacunas carecem de tratamento mais eficiente, objetivando, por exemplo, a universalização. Há deficiência nas condições operacionais dos sistemas de água, destacando-se a questão das perdas na rede de distribuição, que estão longe do que seria um padrão adequada para a prestação de serviços.

Em contrapartida, são realizados cada vez mais esforços para se elevar o padrão nos Sistemas de Abastecimento de Água no Brasil, citando por exemplo a criação do PLANSAB, Plano Nacional de Saneamento Básico. O PLANSAB foi

aprovado pelo Governo Federal em dezembro de 2013 e, juntamente com a lei do saneamento, buscam a universalização dos serviços de saneamento no país e uma maior eficiência dos índices de Perdas.

2.1.2 Novo Marco Legal do Saneamento

Em julho de 2020 foi sancionada a lei nº 14.026 - o novo marco legal do saneamento. Entre muitas questões relevantes, objeto de discussões, destaca-se o foco na meta de universalização para o abastecimento de água a ser alcançada até 2033 e para o compromisso com a redução dos índices de perdas no sistema de abastecimento de água, conforme as metas pré-estabelecidas no PLANSAB, agora definidas em lei, a serem atendidas nos contratos e concessões. Destaques também para a prorrogação do prazo para o fim dos lixões, a permissão de investimentos do setor privado e/ou a facilitação a privatização de estatais do setor e a extinção do modelo atual de contrato entre municípios e empresas estaduais de água e esgoto. Pelas regras atuais, as companhias precisam obedecer aos critérios de prestação e tarifação, mas podem atuar sem concorrência. O novo marco transforma os contratos em vigor em concessões com a empresa privada que vier a assumir a estatal. A nova legislação torna ainda obrigatória a abertura de licitação, envolvendo empresas públicas e privadas (lei nº 14.026/2020).

O novo marco legal do saneamento altera a lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas (ANA) também a competência sobre o saneamento básico do país. A “nova” Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico passa a ter um papel fundamental de regulação sobre o saneamento, cabendo a ela o desafio de ter a competência para elaborar as normas de referência e metodologias de controle e regulação para atendimento das metas propostas para os serviços de saneamento, incluindo as dos índices de perdas de água, no Brasil.

O novo marco regulatório promete ser uma verdadeira revolução para os serviços de saneamento ambiental do Brasil, mas suas propostas e efeitos devem ser objeto de discussões profundas dos especialistas e operadores do setor, de forma que o cerne da questão seja o real interesse pelo avanço da qualidade da atual precária prestação destes serviços no país.

2.1.3 Dimensões do Problema Perdas

A ABES (2015) apresenta as dimensões dos problemas das perdas de água, tratados em recente documento europeu da *European Commission* (2015), que não se restringem às questões técnicas e econômicas, limitadas às ações de operadoras locais ou regionais. A questão tem implicações bem mais amplas, com repercussões significativas, destacadas a seguir:

Políticos: envolvem aspectos relativos às entidades responsáveis pelos serviços, agências de governo, linhas de financiamento para o setor e a mídia;

Econômicos: abrange os custos dos volumes perdidos e não faturados, incluindo também os custos operacionais e os investimentos em ações para a própria redução ou manutenção das perdas, fundamental para a sustentabilidade das empresas;

Sociais: referente ao uso racional da água, ao pagamento ou não pelos serviços, às questões de saúde pública e a imagem das operadoras diante da população;

Tecnológicos: consideram as interações entre o conhecimento técnico e as tecnologias, as ferramentas e as metodologias disponíveis para as atividades inerentes às ações de combate as perdas;

Legais: referente a legislação existente para o setor, as licenças e suas respectivas regulações;

Ambientais: envolvem a utilização e a gestão de recursos hídricos e os impactos das obras de saneamento no meio ambiente.” (ABES, 2015, p.7)

2.1.4 Perdas e a Eficiência Energética

O consumo de energia elétrica é indispensável na gestão e operação dos sistemas de abastecimento de água, gerando, assim, consideráveis despesas de exploração (SNIS, 2019).

Segundo o SNIS (2019) a ineficiência no uso de energia na operação de um sistema de abastecimento de água gera custos adicionais que poderiam ser evitados, a ser suportados por subsídios nas operações dos serviços. O dispêndio de energia sem considerar eficiência contribui, também, para uma desnecessária emissão de gases de efeito estufa, que gera impacto nas alterações climáticas em escala global.

Falar da problemática de Perdas de água está, portanto, intrinsecamente ligado a abordagem da eficiência energética, uma vez que toda energia utilizada na produção e transporte desse recurso também é perdida. O uso eficiente da energia elétrica e a redução das perdas de água permitem, não somente, a obtenção de um maior retorno financeiro, considerando a redução nos custos de produção de água; mas, também,

o melhor aproveitamento da infraestrutura civil e eletromecânica existente e a consequente postergação da aplicação de recursos necessários para ampliação dos sistemas.

Os dados históricos do SNIS (2019) apontam para uma tendência crescente de consumo energético no setor que geralmente acompanha os aumentos nos índices de consumo per capita de água e os índices de Perdas no abastecimento de água. Os gastos com a energia elétrica correspondem ao segundo maior custo dos prestadores de serviços, após a folha de pagamento. Não obstante, outros fatores importantes que influenciam na produção de água, como a escassez hídrica, podem impactar também nestes indicadores. Além disso, o aumento da população atendida torna necessário que os prestadores de serviço aumentem o volume de água produzido, impactando no aumento do gasto energético.

Deve-se investir em um gerenciamento apropriado de forma a reduzir, efetivamente, os custos decorrentes do uso de energia. Saliencia-se a necessidade da existência de ações para a melhoria da gestão e da sustentabilidade da prestação de serviços, além da modernização dos sistemas e a qualificação dos trabalhadores, que incluam programas de avaliação, controle e manutenção do equipamento eletromecânico, de modo contínuo e efetivo, a gestão de faturas de energia elétrica, melhoria de gestão de pressões na rede, somados ao gerenciamento das perdas de água (SNIS, 2019).

2.1.5 Perdas e a Crise Hídrica

Os episódios de crise hídrica ocorrem em todo o mundo com certa frequência. A ABES (2015) destaca que, uma vez identificada, a crise hídrica leva às operadoras de saneamento a serem alvo de uma sabatina de críticas vindas da população e da imprensa, acusadas, principalmente, da falta de planejamento na execução das obras e serviços que mitigariam os danos ao abastecimento público durante este período crítico. Os índices elevados de perdas de água existentes em sistema de distribuição, afetados por estes períodos de crise hídrica, agravam a situação.

A ABES (2015) relembra o fato recente ocorrido na região sudeste do Brasil, que passou por este cenário de crise hídrica. Foi observado durante o verão de 2013-

2014, extremamente seco, a ocorrência de precipitações abaixo das mínimas históricas registradas, o que somado ao baixo registro de chuvas no verão seguinte, 2014-2015, impossibilitou a recuperação dos volumes de armazenamento dos reservatórios de água bruta, acarretou conseqüente crise hídrica.

Entre as ações das operadoras de sistemas de abastecimento de água durante períodos de crises, o combate às perdas é uma das suas atividades operacionais contínuas e mais importantes.

Para a ABES (2015), o grande problema em termos financeiros de uma crise hídrica adquirir uma projeção nacional é a geração de incrementos nos custos operacionais gerados em todo o sistema de abastecimento de água para o setor, em consequência do aumento dos preços da energia elétrica e da redução de consumos nos sistemas de abastecimento de água em todo o país, refletindo na racionalidade do uso da água, nas perdas e na saúde financeira das operadoras de saneamento.

A ABES (2015) frisa os três gradativos níveis para análise da gestão de crises hídricas existentes ao redor do mundo a serem adotadas circunstancialmente: Um primeiro nível de atenção e alerta; um segundo nível de emergência; e um terceiro nível de racionamento, em que são tomadas medidas extremas no fornecimento de água que impactam na gestão de perdas.

Neste sentido, a ABES (2015) ressalta que, tão importante quanto as medidas estruturais e operacionais adotadas no combate a perdas é a realização de extensas e intensas campanhas de esclarecimentos, informações e conscientização da população, onde a transparência da operadora é a principal contrapartida para se obter um efetivo engajamento de todos.

2.2 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA: ONDE OCORREM AS PERDAS?

A ABES (2015) destaca que até o final do século passado não havia um entendimento comum sobre o que eram as "perdas" nos sistemas públicos de abastecimento de água. Existia nos Estados Unidos, por exemplo, o conceito de "Água Não Contabilizada" (*Unaccounted-for Water*), que se referia ao valor que sobrou ao ser realizada a chamada "Auditoria das Águas". As Águas Não Contabilizadas eram

os volumes aos quais não se tinha um conhecimento da sua destinação ou uso após realizadas as apurações e estimativas, incluindo os vazamentos. No Japão, o conceito referia-se ao "Uso Efetivo" da água, onde eram considerados todos os volumes utilizados, incluindo a submedição de hidrômetros. O que restava era denominado o "Uso Não Efetivo". Neste conceito, perdas se restringiam aos vazamentos na rede de distribuição e ramais.

De maneira geral, dependendo dos critérios e diretrizes de cada operador, havia várias definições para o que eram perdas. A partir dos anos 90, estes conceitos até então particulares, passaram a ser estudados e revisados pela força tarefa da *International Water Association (IWA)*.

Segundo Tardelli (2014), algumas importantes leituras podem ser feitas a partir da estruturação da matriz do balanço hídrico da IWA, com destaque para o surgimento de uma nova terminologia, com a denominação de perdas reais e aparentes, além da definição da diferença entre águas não faturadas e perdas. Para a IWA (2006), as perdas reais referem-se aos vazamentos em várias partes do sistema e extravasamentos em reservatórios de água tratada – captação, tratamento, armazenamento e distribuição (perdas físicas) e as aparentes referem-se às águas que são consumidas, mas não são faturadas pela companhia de saneamento (perdas comerciais), decorrentes, principalmente, de submedição nos hidrômetros e fraudes. Perdas estão mais associadas à eficiência operacional da companhia de saneamento, enquanto as águas não faturadas têm forte associação à alguns usos legítimos da água, mas que não são faturados.

A GO Associados & Instituto Trata Brasil (2021) apresentam as principais causas e as magnitudes das perdas reais nas diferentes etapas de produção conforme preconiza a IWA. Tais informações podem ser observadas no Quadro 1:

Quadro 1: PERDAS REAIS POR SUBSISTEMAS: ORIGENS E MAGNITUDES

	Subsistemas	Origens	Magnitudes
Perdas Reais (Físicas)	Adução de Água Bruta	Vazamento nas tubulações Limpeza do poço de sucção	Variável, em função do estado da tubulação e da eficiência operacional
	Tratamento	Vazamentos estruturais Lavagem de filtros Descarga de lodo	Significativa, em função do estado da tubulação e da eficiência operacional
	Reservação	Vazamentos estruturais Extravasamentos Limpeza	Variável, em função do estado da tubulação e da eficiência operacional
	Adução de Água Tratada	Vazamentos nas tubulações Limpeza do poço de sucção Descargas	Variável, em função do estado da tubulação e da eficiência operacional
	Distribuição	Vazamentos na rede Vazamentos em ramais Descargas	Significativa, em função do estado da tubulação e principalmente das pressões

FONTE: GO Associados & Instituto Trata Brasil (2021)

Nota-se que as perdas reais afetam diretamente os custos de produção e a demanda hídrica.

Segundo a IWA (2006), as perdas aparentes representam os volumes de água consumidos, mas que não são autorizados e nem faturado. São também denominadas perdas comerciais. Em geral, são perdas decorrentes de erros na medição dos hidrômetros, ligações clandestinas, fraudes ou decorrentes por falhas no cadastro comercial. O Quadro 2 detalha as origens e magnitudes das perdas aparentes destacados pela GO Associados & Instituto Trata Brasil (2021).

Quadro 2: PERDAS APARENTES: ORIGENS E MAGNITUDES

	Origens	Magnitudes
Perdas Aparentes (Não Físicas)	Ligações clandestinas / irregulares	Podem ser significativas, dependendo de: i) procedimentos cadastrais e de faturamento; ii) manutenção preventiva; iii) adequação de hidrômetros; e iv) monitoramento do sistema.
	Ligações sem hidrômetros	
	Hidrômetros parados	
	Hidrômetros que subestimam o volume consumido	
	Ligações inativas reabertas	
	Erros de leitura	
	Número errado de economias	

FONTE: GO Associados & Instituto Trata Brasil (2021)

A GO Associados & Instituto Trata Brasil (2021) destacam, ainda, que um nível elevado de perdas aparentes diminui a capacidade financeira das empresas de saneamento e seus recursos disponíveis para melhorar a qualidade dos serviços ou para custear as despesas necessárias para a manutenção e reposição dos ativos.

Atualmente, Baggio (2017) ressalta que perda pode ser considerada como consequência da improdutividade ou ineficiência operacional do operador e constata que a estratégia de ataque às perdas, diferentemente das experiências ocorridas no passado recente no Brasil, que só fizeram aumentar sua ocorrência, deve ser sobre suas causas e não sobre o seu efeito. Sua conclusão é que não se combatem perdas sem uma estratégia definida, com foco e que envolva todos os seus atores – Gestor, operador, regulador e clientes.

Baggio (2017) destaca que toda organização de saneamento, como qualquer outra organização, pode ser classificada em processos principais ou de negócio, de apoio e gerenciais, segundo a literatura. Os processos principais resultam diretamente em um produto, ou serviços, destinado aos clientes externos da organização – a água distribuída, por exemplo; os de Apoio, geram produtos invisíveis ao cliente externo, tais como os processos de recrutamento e seleção ou de gestão de recursos humanos e os gerenciais, compreendem providências a serem tomadas pelos gerentes. Vale, aqui, salientar a forte necessidade de avanço das práticas de gestão, identificadas pela ABES, ao final dos anos 90.

Baggio (2017) alerta que as perdas são muito evidenciadas nos Processos Principais mas que no Brasil, de maneira paradoxal, é comum que as organizações de saneamento privilegiem as áreas meio (Processos de Apoio e Gerencias), ainda assim, não consideram importantes questões passíveis de gerar perdas advindas dos processos de Apoio e Gerenciais, como a necessidade de eficiência na concepção dos projetos e obras de engenharia, da falta de definição de metas e planos efetivos nos processos de planejamento e na gestão de aquisições e compras, focada apenas no preço, sem considerar a qualidade de materiais e equipamentos, por exemplo. A sua conclusão é que os Processos Principais, por se aterem à gestão dos principais ativos de uma organização de saneamento, conviverão indefinidamente com ativos mal concebidos e mal construídos - tubulações e conexões de má qualidade, por exemplo. Enquanto os ativos estiverem instalados, irá se conviver com vazamentos, extravasamentos, submedições, fraudes, clandestinas, entre outras perdas.

Conclui-se que as perdas ocorrem intensamente na rotina diária da operação e manutenção de processos dos sistemas de abastecimento de água. Apresentam-se na forma de fugas (vazamentos e/ou extravasamentos) em captações, bombeamentos, aduções, tratamento, reservação e distribuição. Também tem origem e causa na rotina diária dos processos relativos ao Sistema Comercial, como atendimento e comercialização, cadastro e consumidores, medição de consumos, faturamento, arrecadação e cobrança.

2.3 AÇÕES E PESQUISAS EM CONTROLE DE PERDAS: BREVE HISTÓRICO

Pena (2010) destaca que, inicialmente os reparos de vazamentos eram realizados apenas através de solicitação do usuário, sendo assim era denominado Controle Passivo, o que era determinante na limitação da obtenção de qualidade e eficiência no controle das perdas reais. Ainda não fazia parte da rotina dos prestadores de serviços de saneamento as ações como a pesquisa de vazamentos e o controle de pressão.

O conceito de Controle Ativo adveio com a realização das medições de vazão, utilizando tubo de Pitot, em zonas delimitadas. Em 1940 este conceito ganha força com o início das pesquisas de vazamentos não visíveis realizadas com geofone mecânico e, a partir de 1950, com o geofone eletrônico. Nos anos 70, desenvolve-se

o correlacionador de ruídos e a possibilidade de armazenamento dos dados. Nos anos 80 e 90, as perdas reais passaram a ser monitoradas por meio do controle de pressão e modelagem ativa das perdas (ARIKAWA, 2005).

Nas ações e pesquisas em controle de Perdas no Brasil, pode-se citar a atuação da SABESP desde o final da década de 70, apresentando notória evolução em suas ações a partir de 1997, com o Programa de Redução de Pressões.

Mundialmente, o primeiro estudo importante sobre perdas em sistemas de água foi iniciado no Reino Unido, em 1973. Este trabalho foi consolidado no documento *Report 26* em 1980. Este documento baseava-se na aplicação de questionários respondidos por diversas companhias e foi complementado por um exaustivo trabalho de campo.

Pode-se considerar o ano de 2000 como um marco evolutivo nas pesquisas e ações para controle de perdas, quando foi publicado o relatório *Manual of Best Practice Series - Performance Indicators for Water Supply Services* - Indicadores de Desempenho para Sistemas de Abastecimento de Água, concluído a partir do trabalho da força-tarefa liderada pela *International Water Association (IWA)*, que teve como objetivo definir um conjunto de indicadores para medição da eficiência e efetividade das companhias de saneamento, com respeito aos aspectos específicos das atividades das empresas e do comportamento dos sistemas de abastecimento, tornando-se uma importante ferramenta gerencial para os prestadores.

Pena (2010) resume e apresenta uma breve retrospectiva dos principais procedimentos de análise e de documentos referentes a perdas em âmbito internacional:

“1800 – medições de vazão com utilização de tubo pitot e pesquisa de vazamentos com utilização de haste acústica produzida em madeira – WRC (*Water Research Centre*) (LAMBERT, 1998 apud ARIKAWA, 2005);
 1940 – Pesquisa de vazamentos com utilização de geofone mecânico - WRC;
 1950 – Pesquisa de vazamentos com utilização de geofone eletrônico - WRC;
 1970 – Reino Unido – pesquisa de vazamentos com utilização de correlacionadores de ruídos computadorizados – WRC;
 1980 – Reino Unido – *Leakage Control Policy and Practice*, Política e Práticas no Controle de Vazamentos. – *Report 26* - WRC;
 1980 – Estados Unidos da América – *Manual M3618* – Auditoria de perdas – *American Water Works Association* - AWWA;
 1985 – Reino Unido – *Leakage Control Policy and Practice – Technical Group on Waste Water* (1985 [1980]), *Standing Technical Committee Report 26*;
 1985 – District Metering: Part 1 – *System Design and Installation*, UK;
 1987 – District Metering: Part 2 – *System Operation*, UK;
 1991 – Copenhagen – Revisão Internacional – IWA;

1992-1994 – Reino Unido – UK *National Leakage Control Initiative*, Conceito BABE - *Background and Burst Estimates*, Conceito da análise e estimativa dos componentes das perdas anuais reais e componentes da vazão noturna, Conceito da Estimativa de Vazamentos Inerentes e de Arrebetamentos;

1994/Abril – Reino Unido – *Accounting for Losses – the Bursts and Background Estimates Concepts*, Journal of the *Institution of Water and Environmental Management*. Allan Lambert;

1994/outubro – Reino Unido – *Pressure Dependent Leakage*, Vazamento Dependente da Pressão. John May. *World Water and Environmental Engineering*;

1994-1998 – Reino Unido – *Pressure: Leakage Relationships*, Relação: Pressão e Vazamento; Melhor Compreensão da Pressão: relações entre vazamentos e Dados de Pressão: Frequência de novos arrebetamentos; FAVAD;

1994 – Reino Unido – Controle de Perdas 9 Informes: *Managing Leakage – Reports A to J; Report A – Managing Leakage, Summary Report; Report B – Reporting Comparative Leakage Performance; Report C – Setting Economic Leakage Targets; Report D – Estimating Unmeasured Water Delivered; Report E – Interpreting Measured Night Flows; Report F – Using Night Flow Data; Report G – Managing Water Pressure; Report H – Dealing with Customer Leakage; Report J – Leakage Management Techniques, Technology and Training*. WRC/WSA/WCA – *Engineering and Operations Committee* – WRC;

1996-2000 – IWA *Task Forces on Water Losses & PIs*, Força Tarefa para Introdução de Terminologia Padrão e Melhores Práticas para o Balanço Hídrico, e de Indicadores de Desempenho. Perdas Reais Anuais Inevitáveis – PRAI; *Unavoidable (Technical Minimum) Annual Real Losses* – UARL;

1999 – *A Manual of DMA (District Meter Area) Practice*, UK WIR (*Water Industry Research*);

1999/dezembro – AQUA, artigo sobre perdas reais inevitáveis (PRI); 18 A 2ª edição foi lançada em 1999 e a 3ª em 2009.

2000/Julho – *Manual of Best Practice Series - Performance Indicators for Water Supply Services - IWA*, incluso a metodologia do Balanço Hídrico;

2000/Outubro – IWA *Blue Pages, Blue Pages Leaflet: Losses from Water Supply Systems: Standard Terminology and Performance Measures*;

2001 – Suíça – *Leakage Management and Control – A Best Practice Training Manual*, Controle e Gerenciamento dos Vazamentos – Manual de Formação de Boas Práticas, Malcolm Farley, WHO - *World Health Organization*, Genebra;

2001 – Alemanha – *Berlin International Report* – IWA, neste relatório é apresentada a influência dos reservatórios domiciliares superiores (abastecimento indireto) nas perdas aparentes, maiores, do que os de abastecimento direto; a maior ocorrência de sub-medida decorrente de baixas vazões no abastecimento de reservatórios superiores; comparações entre países com sistemas de abastecimento direto e indireto não são adequadas (LAMBERT, 2002);

2002 – Princípios para o cálculo do Nível Econômico de Perdas: atualização da abordagem apresentada no *Report A – Key principles in the economic level of leakage calculation* referente aos Informes da *Managing Leakage* – WRC, introdução do nível de confiabilidade de 95% no Balanço Hídrico e outros cálculos;

2003 – Reino Unido – *Losses in Water Distribution Networks - Manual*, Malcolm Farley e Stuart Trow;

2003-2004 – Série de artigos dos membros da IWA *Water Losses Task Force (WLTF)* – Revista *Water 21*;

2004 – Austrália – *Managing and Reducing Losses from Water Distribution Systems*, Controle e Redução de Perdas em Sistemas de Distribuição de Água, 9 volumes - *Wide Bay Water Corporation*;

2005 – Portugal – Controlo de Perdas de água em Sistemas Públicos de Adução e Distribuição, Helena Alegre, S.T.Coelho, M.C. Almeida e P. Vieira, LNECIRAR;
2007 – EUA – *Leakage Management Technologies*, Tecnologias no Gerenciamento de Vazamentos, AWWARF;
2008 – EUA – *Water Loss Control19- Manual*, 2o Edição, Julian Thornton, Reinhard Sturm, George Kunkel.
2009 – EUA – *Manual M36 – Water Audits and Loss Control Programs – AWWA.*” (PENA, 2010, p. 70-72)

Recentemente, corroborando com a atualização da listagem supracitada, merece destaque o documento europeu “*Good Practices on Leakage Management - EUROPEAN COMMISSION (2015)*”, onde foram elaborados inúmeros levantamentos, discussões e foram extraídas conclusões relativas às ações e resultados de perdas, especialmente as perdas reais, em diversas cidades e companhias de vários países no mundo.

Wyatt (2010) estruturou o equacionamento do problema da definição do limite econômico de perdas e divulgou em publicações e seminários de amplo acesso através do trabalho: “*Non-Revenue Water: Financial Model for Optimal Management in Developing Countries*”. Havia, no entanto, muita variável requerida para aplicação do modelo, com dificuldade natural para ser obtida, com certo grau de confiabilidade, o que trazia temores e desconfianças quanto aos resultados.

Em 2019, o Projeto de Eficiência Energética em Sistemas de Abastecimento de Água (PROEESA 2), com foco em perdas de água e eficiência energética, se interessou em adaptar o modelo de Wyatt (2010) ao Brasil. Recentemente, em março de 2021, foi publicado pelo Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR) o importante documento intitulado “Perdas de Água: Guia para Determinar o Nível Econômico e Metas Progressivas de Controle”, resultado da parceria do governo brasileiro com a cooperação alemã *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit* (GIZ) desenvolvido pelo PROEESA.

Segundo Cavaleiro *et al.* (2021) o modelo supracitado evidencia um raciocínio financeiro, é extremamente simples e transparente, ponderando por um lado os custos de combate a perdas e por outro lado os custos evitados pela redução das perdas reais de água assim como as receitas geradas por reduzir perdas aparentes.

O grande mérito do trabalho do PROEESA foi utilizar todo o ferramental desenvolvido por Alan Wyatt e aplicá-lo para as condições brasileiras, deixando para as companhias operadoras um referencial técnico de grande valor, que deve ser

absorvido e ajustado, permanentemente, para cada situação local. De certo, a referida metodologia deve, ainda, ser objeto de muitas discussões e críticas dos operadores e especialistas do tema, mas poderá fundamentar as novas metas reguladas pela ANA, para atendimento aos índices eficientes de perdas no Brasil, consideradas em uma base científica e econômica.

As perdas no sistema de abastecimento de água tem sido objeto de estudos e aplicações em todo o mundo. Eventos e seminários anuais têm sido realizados, buscando discutir e divulgar o assunto.

No cenário nacional brasileiro, destaca-se a atuação da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES). Segundo a ABES (2015), sua missão é ser propulsora de atividades técnico-científicas, político-institucionais e de gestão que contribuam para o desenvolvimento do saneamento ambiental no Brasil. Neste contexto, uma das atividades mais presentes na ABES é a promoção de treinamentos para os quadros de saneamento do país, com largo histórico desde os tempos do antigo Banco Nacional de Habitação (BNH).

A ABES promove, bienalmente, os Congressos Nacionais, com a apresentação e debate de todos os temas ligados ao saneamento ambiental; além de realizar publicação de livros e estudos de conteúdo técnico para o setor.

Na estrutura da ABES existem, ainda, as Câmaras Temáticas, que tratam dos assuntos específicos para os quais elas foram criadas. Existem, por exemplo, Câmaras Temáticas regionais específicas para atendimento ao tema Perdas, como a do Rio Grande do Sul, que organizou o 1º Seminário Nacional de Gestão e Controle de Perdas de Água, em julho de 2015.

Em termos de programas nacionais, destaca-se o PLANSAB (2013), do Governo Federal, que apresenta metas e ações para investimentos nos serviços de saneamento ambiental brasileiro, para um horizonte de 20 anos (2014 - 2033). Tais ações são divididas basicamente em: Medidas estruturais - obras e intervenções nas infraestruturas de saneamento, como as ampliações e melhorias dos ativos e medidas estruturantes - modernização ou reorganização dos sistemas, com foco na gestão de ativos.

O Programa 3 – Saneamento Estruturante, do PLANSAB, apresenta os tipos de ações em que as Perdas estão inseridas: Ações Estruturantes de Apoio à Gestão; Ações Estruturantes de Capacitação e Assistência Técnica; Ações Estruturantes de Apoio à Prestação de Serviços; e Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PLANSAB, 2013).

Cita-se alguns estudos e projetos importantes que contribuem para a abordagem do tema no cenário nacional:

Pena (2010) aplicou e analisou a metodologia da IWA para o controle de perdas no sistema de abastecimento de água da baixada de Jacarepaguá no Rio de Janeiro (RJ). Em seus estudos, foram formulados cenários, metas e realizado o cálculo dos *paybacks* na elaboração do prognóstico. No diagnóstico através do Balanço Hídrico – Cenário Base, Pena (2010) efetuou o rateio das perdas pela abordagem *top down*, porém não foi possível aplicar a abordagem *bottom up* em seus estudos, através da análise das vazões mínimas noturnas. Seu estudo apresenta uma estratégia de controle e redução das perdas diagnosticadas, com foco em setorização e aplicação das boas práticas da IWA, sendo analisada a viabilidade e a sustentabilidade técnico-econômica-financeira de uma Programa de controle e redução de perdas da região,

Melato (2010) apresentou uma discussão de uma metodologia para realizar o diagnóstico e propor ações para redução de perdas de água aplicado ao sistema de abastecimento de água da região metropolitana de São Paulo. Uma importante contribuição do seu estudo foi apresentar resultados do sistema de abastecimento de uma grande metrópole nacional, utilizando um software gratuito desenvolvido pelo banco mundial e preconizado pela IWA (*WB-EasyCalc*), o que torna a metodologia acessível e disponível a todos. É feita, ainda, uma comparação dos principais resultados através do uso de outro *software*, do Programa e Indicadores de Desempenho de Perdas de Água “*FastCalc*”, na versão personalizada comercial da SABESP, mais complexo e mais completo. Melato (2010) conclui que os resultados são similares em ambos os *softwares*, alterando apenas a forma e complexidade de preenchimento dos dados.

Vicentini (2012) fez uma análise detalhada na obtenção dos componentes do Balanço Hídrico na avaliação das perdas nos sistemas de abastecimento de água na região metropolitana de São Paulo, tratando dos limites das incertezas de suas

variáveis. Apresenta-se detalhes de calibração e de aferição dos macromedidores, além das características metrológicas dos micromedidores analisados.

Pertel (2014) realizou um experimento hidráulico conjugado ao uso de indicadores de desempenho aplicados à quantificação de perdas em sistemas de abastecimento de água no Brasil. Em sua tese avalia, por meios de experimentos práticos, os volumes perdidos em dois pontos críticos do sistema, a saber: cavaletes de micromedição e tubulações de distribuição. Sua principal contribuição foi discutir as perdas de água por meio da mensuração dos volumes perdidos e pela busca de um *benchmarking* entre as companhias estaduais. Pertel (2014) conclui que o aumento da pressão contribui proporcionalmente com o aumento da vazão do vazamento em seus experimentos. Outra importante contribuição do seu estudo foi ter analisado experimentalmente o comportamento do expoente de vazamento, tecnicamente conhecido como N1, para diferentes materiais, submetidos a diferentes faixas de pressão, em comparação ao valor teórico.

Destaca-se em termos de Programas de controle e redução de perdas em execução no Brasil o sucesso do programa corporativo da Companhia de Saneamento Básico de São Paulo (SABESP) iniciado em 2008.

A Companhia possui uma estratégia para se combater a problemática das perdas obtendo um resultado consistente a curto e longo prazo, contando com suportes financeiros por meio de financiamentos que sugerem a continuidade das ações ao longo dos anos e com uma gestão centralizada do Programa de Controle de Perdas. Considerando a priorização por critérios técnicos, a SABESP tem como foco as ações de melhoria da infraestrutura: troca corretiva dos ramais com vazamentos; substituição criteriosa de redes com uso de tubo de Polietileno de Alta Densidade (PEAD); e setorização dos sistemas de abastecimento através da definição dos Distritos de Medição e Controle (DMC).

Para o seu Programa de perdas, a SABESP contou inicialmente com suporte financeiro do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), numa etapa de transição da estruturação do financiamento da Agência de Cooperação Internacional do Japão (JICA) - parceria que promove desenvolvimento institucional através de financiamento e também de cooperação técnica entre os países e, atualmente, conta com suporte do Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD), que visa propiciar a substituição de mais de 800km de

tubulação da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), computando um investimento total de 6,2 bilhões desde o início da implantação do Programa.

Destaca-se também nas ações desenvolvidas pela SABESP a estruturação do sistema de capacitação e certificação da mão de obra dos profissionais envolvidos nos serviços da Companhia, contando com parceria do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) e da Associação Brasileira de Ensaios Não Destrutivos e Inspeção (ABENDE), gerando significativa melhoria da qualidade dos serviços e das instalações e a padronização dos treinamentos aderentes às normas e procedimentos, reduzindo retrabalhos e, conseqüentemente, as perdas de água.

Orellana (2020), Gerente do Departamento de Gestão do Programa de Controle e Redução de Perdas da SABESP, destaca como importantes inovações adotadas nos contratos do escopo JICA as seguintes exigências contratuais feitas pela Companhia: capacitação e certificação da mão de obra para instalação e manutenção das redes e ramais de água – SENAI e ABENDE; soldagem das tubulações em PEAD por eletro e termo fusão – SENAI; testes de estanqueidade em redes e ramais; e pagamentos totais dos contatos de assentamento das redes vinculados à necessidade dos testes de estanqueidade.

2.4A METODOLOGIA DA IWA

Em 2000, a *International Water Association* (IWA), maior associação de membros do setor global de água, reunindo profissionais de todo o mundo, publicou o manual “*International Best Practice - Water Balance and Performance Indicators for Water Supply Services*”, resultado dos trabalhos desenvolvidos que tiveram como principal finalidade definir uma metodologia de avaliação da qualidade dos serviços prestados através de um conjunto de indicadores de desempenho. Buscou-se delinear alguns princípios fundamentais para a sua implementação. A abordagem visou cobrir as necessidades de diversos tipos de prestadores, entidades reguladoras, financiadoras, organizações ambientais ou de defesa do consumidor. Como meta, os resultados deveriam ser aplicáveis a entidades de diferentes dimensões, nível de desenvolvimento, clima, demografia e características socioculturais. O projeto dos indicadores foi apresentado e discutido em cerca de 20 encontros científicos e técnicos pelo mundo e contou com a contribuição de mais de 50 países e de 100 técnicos.

Ao todo, foram desenvolvidos 158 Indicadores de Desempenho, alocados em três diferentes níveis, possibilitando uma implementação gradual por parte do prestador ou entidade de interesse, de acordo com a especificidade necessária. Foram incorporados a este conceito seis grupos de indicadores: Indicadores de Recursos Hídricos; Indicadores de Recursos Humanos; Indicadores Infra estruturais; Indicadores Operacionais; Indicadores de Qualidade de Serviço; e os Indicadores Econômico-financeiros.

Concomitantemente, por volta do ano 2000, por meio do Programa de Modernização do Setor de Saneamento - PMSS, do Ministério das Cidades e de várias companhias estaduais e municipais de saneamento, adotou-se no Brasil os mesmos entendimentos da IWA.

Em 2004, a adoção dos entendimentos da IWA no Brasil foi facilitada após o LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil (Portugal), através da eng. Helena Alegre, ter editado e adaptado para o português a edição original - Indicadores de Desempenho para Serviços de Abastecimento de Água.

Um ponto importante sobre a gama de indicadores estudados pela IWA é que cada prestador de serviços e os demais interessados do setor devem selecionar apenas os mais relevantes indicadores, que atendam suas reais necessidades. A metodologia preconizada pela IWA (ALEGRE et al., 2004) define como principal objetivo da sua aplicação fornecer um quadro de indicadores de referência que compõe um instrumento de apoio à gestão dos prestadores de serviços de saneamento básico. Entre os objetivos complementares mais relevantes pode-se citar a possibilidade de comparações entre prestadores de serviço no âmbito de iniciativa de “*benchmarking*” e o fornecimento de uma base de dados consistente, de forma a obter uma consolidação de estatísticas no âmbito internacional.

Para Alegre (et al., 2004), cada indicador deve respeitar os seguintes requisitos gerais: simplicidade e significado conciso; possibilidade de cálculo por todos os operadores; possibilidade de verificação por entidades independentes; e quantificação objetiva de um determinado aspecto a avaliar.

Lambert A. & Hirner W. (2000) atentam que os indicadores de desempenho devem apresentar uma base anual e por isso recomenda-se que o ano seja utilizado como período de referência.

Os indicadores de desempenho são expressos por relações entre variáveis operacionais, podendo ser adimensionais (por exemplo, em %) ou intensivos, de maneira a expressar intensidade e não extensão (por exemplo, em R\$/m³). Neste caso, o denominador deve representar uma dimensão do prestador ou do sistema em análise. O uso de variáveis suscetíveis de oscilarem significativamente de ano para ano devido a fatores externos ao prestador, a citar o consumo anual de água, dependente de fatores meteorológicos, não deve ser adotado como denominador, a não ser que esta variação se reflita na mesma proporção no numerador (ALEGRE et al., 2004).

Alegre et al (2004) alerta ainda que comparações entre indicadores de desempenho baseados em dados obtidos em períodos diferentes do ano devem considerar a sazonalidade que impacta nas variáveis ao longo do ano, devido a fatores aleatórios ou de planejamento de atividades. A não observância desta questão pode levar a interpretações incorretas dos resultados.

2.4.1 MATRIZ DO BALANÇO HÍDRICO

Os estudos da IWA apresentam um marco conceitual que auxiliou em muito na métrica das perdas, o fundamento do Balanço Hídrico. Este importante e fundamental conceito é uma relevante metodologia de diagnóstico de perdas e de seus componentes.

Com o balanço hídrico da IWA surgiu uma nova conceituação de perdas, sendo considerada como todo o consumo não autorizado que determina aumento do custo de funcionamento ou que impeça a realização plena da receita operacional, ou, ainda, a diferença entre o volume de entrada na distribuição e os consumos autorizados faturados e não faturados (IWA, 2006).

Surgiu, portanto, o conceito de consumo autorizado ou não autorizado, que deu foco aos operadores que queriam fazer do índice de perdas seu importante índice de avaliação de desempenho, além da definição de uma nova terminologia, com a denominação de perdas reais e aparentes. A Matriz do balanço Hídrico, segundo Alegre (2004), evidencia este novo conceito, trazendo mais clareza à definição de perdas. A Matriz do Balanço Hídrico é instrumento fundamental na estruturação do problema perdas, nos sistemas de abastecimento de água, pois é objetiva, clara e fácil de ser compreendida, conforme mostrado no Quadro 3 (ALEGRE, 2004).

Quadro 3: MATRIZ DE BALANÇO HÍDRICO DA IWA

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

Fonte: Alegre, 2004

2.4.1.1 Perdas Reais e Aparentes: Principais características

A GO Associados & Instituto Trata Brasil (2021) sintetizam no Quadro 4 as principais características das perdas reais e aparentes no sistema de abastecimento de água de acordo com os entendimentos da IWA.

Quadro 4: CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS: PERDAS REAIS E APARENTES

Itens	Características Principais	
	Perdas Reais	Perdas Aparentes
Ocorrência mais comum	Vazamentos	Erro de medição
Custos associados ao volume perdido	Custo de produção	Tarifa; Receita operacional
Efeitos no meio ambiente	Desperdício do recurso hídrico; Necessidade de ampliação dos mananciais	
Efeitos na saúde pública	Riscos de contaminação	
Aspecto empresarial	Perda do produto	Perda de receita
Aspecto do consumidor	Imagem negativa (ineficiência e desperdício)	
Efeitos no consumidor	Repasse para a tarifa; Desincentivo ao uso racional	Repasse para a tarifa; Incitamento a roubos e fraudes

Fonte: GO Associados & o Instituto Trata Brasil (2021)

2.4.1.2 Medição das Perdas

Para a avaliação das perdas no sistema é fundamental que se quantifique os volumes das frações delimitadas no Balanço Hídrico, sem isto não será possível efetuar qualquer gestão técnica para melhoria das operações do sistema de abastecimento de água.

Segundo a ABES (2015), a medição se dá em dois níveis em termos de volume: macromedição e micromedição. A Macromedição é a referência principal de todo o Balanço Hídrico; realizada no registro dos volumes produzidos nas Estações de Tratamento de Água - ETA, disponibilizados à distribuição ou aqueles apontados em subsetores ou em outras compartimentações operacionais das redes de distribuição de água. A Micromedição é o registro dos volumes de água na entrada dos consumidores finais (residências, imóveis comerciais ou industriais), onde são feitas leituras periódicas nos hidrômetros instalados. A totalização das leituras

micromedidas, em um intervalo de tempo determinado, deve ser comparada com a macromedição registrada no mesmo intervalo de tempo para aferição das perdas.

A ABES (2015) atenta que no preenchimento das frações na Matriz de Balanço Hídrico (tabela 04) primeiramente deve-se registrar as parcelas que podem ser medidas, atenuando os erros das parcelas não medidas, que requerem estimativas. Outra constatação importante é que se deve ter acurácia na obtenção das medições. Medir corretamente, com os medidores calibrados e os fluxos nas faixas ideais de funcionamento do medidor, é tão importante quanto medir bastante. O alcance de uma adequada "Auditoria das Águas" realizada por qualquer companhia de saneamento ambiental depende de uma adequada sistematização do uso do Balanço Hídrico.

Para a efetiva avaliação e gestão das perdas, outros parâmetros operacionais importantes também devem ser aferidos, tais como: as pressões em pontos notáveis do sistema (pontos críticos da rede de distribuição, recalque de *boosters* etc.) e a medição de níveis em reservatórios setoriais.

É importante constar que há uma faixa de imprecisão estatística inerente ao processo de medição, variável conforme a tecnologia empregada, as condições locais de instalação do medidor e as condições de fluxo de água. Faixas ainda maiores de imprecisão são observadas nos casos em que não há medição, quando recorre-se às estimativas.

2.4.1.3 Rateio das Perdas

A medição ou estimativa dos volumes do Balanço Hídrico permite quantificar as Perdas, porém, no cálculo da Matriz de Balanço Hídrico, é preciso expressar o rateio entre Perdas Reais e Perdas Aparentes, por meio de medições e/ou estimativas mais específicas.

Geralmente, as Perdas Reais são a parcela maior no processo de quantificação em volume do rateio, mesmo em sistemas que possuem reservatórios (caixas d'água), onde há maior submedição, devido aos efeitos do fechamento da chave de boia. Porém, quando se monetizam os volumes, a situação se inverte, uma vez que os valores unitários para as Perdas Reais (R\$/m³) incorporam os custos de produção e distribuição da água, enquanto as Perdas Aparentes incorporam a venda da água no varejo, resultando valores por m³ consideravelmente maiores. Por isso que, segundo

a ABES (2015), ambas as perdas são importantes de serem mitigadas, uma com visão de gestão operacional e economia dos recursos hídricos (perdas reais) e outra com visão mais empresarial (perda aparente).

A seguir apresenta-se os dois principais métodos para definição do rateio entre os tipos de perdas:

a) Método “*Bottom-up*”: Vazão Mínima Noturna

Trata-se do método onde se obtém maior precisão nas medições, por outro lado é a abordagem mais trabalhosa e que tem os custos mais elevados. É geralmente realizado através de medições em campo das chamadas vazões mínimas noturnas, às quais aplica-se estimativas de consumos noturnos, realiza-se correções de pressão, chegando-se às Perdas Reais e, por diferença, às Perdas Aparentes. Este método de compor as parcelas das perdas denomina-se "*Bottom-up*" (de baixo para cima).

O método das vazões mínimas noturnas compreende a medição da variação dos consumos no sistema ao longo do dia. O pico de consumo normalmente ocorre entre 11 e 14 h, e o consumo mínimo ocorre entre 3 e 4 h da madrugada, cuja vazão correspondente a esse consumo é denominada de vazão mínima noturna. É considerado o fato da maioria dos consumidores nesse horário noturno estar dormindo e os reservatórios domiciliares estarem cheios. Assim, uma parcela significativa desta vazão corresponde às vazões de vazamentos, possibilitando assim a identificação das perdas reais. Esta abordagem é recomendada para áreas não muito extensas e com baixa incidência de cisternas, de forma a não causar amortecimento da curva de oferta no período noturno.

b) Método “*Top-down*”

A abordagem denominada "*top-down*" (de cima para baixo) é caracterizada pela realização do rateio das perdas a partir de estimativas genéricas, baseadas em dados secundários ou de outros sistemas similares, seguindo, ainda, a experiência do operador. É um processo de mais fácil obtenção e de menor custo, geralmente suficiente para fundamentar planos estratégicos para gestão das perdas no sistema

de abastecimento – estágio de planejamento, mesmo que, em contrapartida, apresente precisão inferior em comparação ao método anterior.

2.4.1.4 Consumos Não Medidos e Não Faturados

Parcela do Balanço Hídrico que considera os consumos autorizados, que a rigor não são fraudes, que não têm medição e nem sofrem qualquer tipo de faturamento por parte da companhia de saneamento. Estes volumes são representados, basicamente, pelos volumes gastos em algumas ações operacionais executadas em campo, os volumes gastos pelo Corpo de Bombeiros no combate a incêndios e pelo fornecimento de água à núcleos urbanos assentados em áreas irregulares (subnormais).

No Brasil, a ABES (2015) destaca que o principal ponto a ser objeto de atenção e preocupação na observância da questão dos consumos não medidos e não faturados corresponde ao denominado "Uso Social da Água", que apresenta enorme magnitude nas grandes cidades do país, decorrentes da ocupação urbana desordenada e ausência do saneamento ambiental adequado nas suas áreas periféricas. Em muitas destas áreas, as companhias de saneamento têm restrições legais para o fornecimento regular de água a esses núcleos. Assim, proliferam-se as ligações clandestinas, improvisadas, executadas inadequadamente. Razões humanitárias vedam os cortes dessas ligações, pois os problemas decorrentes seriam de maior amplitude e magnitude do que qualquer benefício que a companhia de saneamento poderia auferir. O risco potencial à saúde pública é presente, caso ocorra depressurização do sistema e impurezas entrem na tubulação por eventuais furos existentes. Em relação ao abastecimento de água nos setores subnormais, em que há restrições para a atuação da prestadora dos serviços, estimasse que ocorra bastante desperdício em virtude de não haver cobrança pela água; bem como ocorrem vazamentos que permanecem longo tempo sem possibilidade de reparo.

A ABES (2015) alerta que é notório que a solução deste problema esteja além da competência das companhias de saneamento. As Prefeituras, que são as responsáveis pelo uso do solo municipal, tem a responsabilidade pela execução dos processos de regularização fundiária, reurbanização ou reassentamento dessas populações.

Têm sido feitas experiências no sentido a haver um entendimento entre a companhia de água, a Prefeitura e o Ministério Público, de forma a obter melhorias concretas no fornecimento de água a essas populações, incluindo o assentamento de redes de Polietileno de Alta Densidade (PEAD), medições coletivas com hidrômetro (50 economias) e a participação proativa da comunidade (BANDEL, 2015).

2.4.2 LIMITES DAS PERDAS

Buscando atingir a máxima eficiência operacional, constatada a inviabilidade de eliminação total das perdas em um sistema de abastecimento, a IWA (2006) definiu dois limites que devem delinear as definições de metas de longo prazo nas companhias de saneamento:

a) Limite Econômico de Perdas

Limite em que os custos para a execução das ações de combate às perdas se igualam aos custos de exploração e distribuição da água, ou a aqueles dependidos para a exploração de um novo sistema produtor de água.

Esta definição do "Nível Econômico de Perdas" (NEP) varia de acordo com as características de cada sistema, sua disponibilidade hídrica, os seus custos de exploração, os custos de distribuição e os custos das ações para combater as perdas.

b) Limite Técnico de Perdas

Limitado pelas metodologias e tecnologias atualmente disponíveis, o Limite Técnico de Perdas é aquele partir do qual não se tem conhecimento nem técnica suficiente para conseguir reduzir mais as perdas.

Definiu-se aqui pela IWA o conceito de "Perdas Reais Inevitáveis", propondo-se uma formulação para se chegar a valores limites específicos de cada sistema, em função dos parâmetros físicos (extensão de redes, número de ramais, dados físicos do ramal) e operacionais (pressão média). Os coeficientes associados aos parâmetros foram apropriados em aferições e análises de sistemas operados com eficiência e considerados de excelência em termos de gestão de perdas.

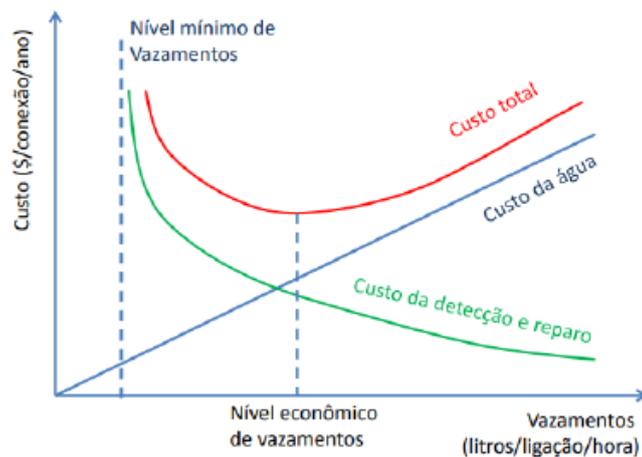
Já para as Perdas Aparentes, criou-se um "valor referencial", haja visto a dificuldade de obtenção de um "limite técnico" para este tipo de perdas. Estipulou-se assim este valor como sendo equivalente a 5% do volume micromedido no respectivo

sistema. Importante frisar que esta referência foi definida para sistemas cujos imóveis abastecidos não se utilizam de caixas d'água domiciliares. Para o caso mais comumente difundido no Brasil, contendo reservatórios domiciliares, não há indicação da IWA nesse sentido, considerando-se que este valor referencial deveria ser maior.

Constata-se que, através dessas considerações e limites adotados pela IWA, não existe perda zero em sistemas de abastecimento de água e que, principalmente, combater perdas custa caro. Esta constatação muitas vezes é negligenciada por leigos no assunto, especialmente a mídia.

A Figura 1 ilustra os limites supracitados: “o nível econômico ótimo de vazamentos” e o “nível mínimo de vazamentos”.

Figura 01 – Relação entre os limites técnicos e econômicos das perdas de água do sistema



Fonte: (ABES, 2013)

Analisando o gráfico, observa-se que o custo da água é proporcional ao tempo entre o início e o término do reparo dos vazamentos. Quando uma empresa realiza poucas detecções em campo de perdas, há consequentemente uma maior probabilidade de que vazamentos não sejam identificados. Por isso, os custos inerentes a essas perdas são maiores - curva do custo da água.

Da mesma forma, os custos de detecção e reparo variam conforme as frequências dos ciclos de identificação das perdas. Operadores que possuem elevado nível de localização de vazamentos terão um maior custo para o programa, em contraste com aqueles que executam um plano com uma menor taxa de detecção - curva do custo da detecção e reparo.

2.4.3 INDICADORES DA IWA

Indicadores é um dos assuntos mais debatidos em seminários técnicos e publicações ligadas ao assunto perdas. A ABES (2015) atenta que a IWA faz severas restrições ao uso do indicador clássico de perdas, o indicador percentual, em volumes perdidos referenciados aos volumes produzidos ou disponibilizados, que embora seja de compreensão fácil e universal, não deve ser objeto de comparações entre sistemas, ou mesmo para avaliar a evolução das perdas em um determinado sistema, especialmente quando se tratar de volumes relativos às Perdas Reais. Segundo a IWA, há muitas distorções promovidas pela leitura desse indicador, principalmente decorrente do padrão de consumo per capita de água nos vários sistemas, o que resulta em indicadores com valores diferentes para o mesmo volume perdido. Mesmo para o caso desse indicador ser utilizado para acompanhamento dos resultados do combate às perdas em um sistema específico, deve-se atentar para as alterações de uso do solo que também acarretam distorções nos números mostrados na série histórica dos indicadores mensais ou anuais desse local.

Tardelli (2013) exemplifica na Tabela 1 os problemas relatados referentes ao uso do indicador percentual de perdas.

Tabela 1 – INDICADOR PERCENTUAL X CONSUMOS PER CAPITA

Cidade População: 10.000 habitantes Volume Perdido: 300 m ³ /dia (perdas reais)			
Fórmula: IP (%) = (Vol. Produzido - Vol. Consumido)/(Vol. Produzido) x 100			
Consumo Per Capita (L/hab.dia)	Consumo Total Diário (m ³ /dia)	Volume Produzido (m ³ /dia)	Índice de Perdas (%)
100	1.000	1.300	23,0
200	2.000	2.300	13,0
500	5.000	5.300	5,7

Fonte: Tardelli (2013)

Com esse entendimento, a IWA (2006) propôs indicadores que sofreriam, em tese, menos deformações na interpretação dos seus dados e nas suas comparações, buscou-se incorporar fatores estruturais e operacionais da rede de distribuição de água, os fatores de escala.

2.4.3.1 Índice de Vazamento da Infraestrutura – IVI (*Infrastructure Leakage Index* - ILI)

Segundo a IWA, o indicador mais adequado para efetuar comparação das Perdas Reais entre sistemas distintos é o chamado Índice de Vazamentos da Infraestrutura – IVI ou *Infrastructure Leakage Index* – ILI. Adimensional, este índice relaciona o volume atual de Perdas Reais em um sistema com o volume considerado "inevitável", dependente da pressão média do sistema.

2.4.3.2 Indicadores Técnicos de Infraestrutura de Rede - L/km.dia e L/ramal.dia

A IWA também introduziu os indicadores técnicos referentes à infraestrutura da rede de distribuição, basicamente a extensão da rede ou o número de ramais (ou ligações), expressos em L/km.dia ou L/ramal.dia.

Quando a densidade de ramais for inferior a 20 ramais/km, recomenda-se empregar o indicador associado à extensão de rede - L/km.dia. Ainda nesse caso, a IWA não recomenda a sua aplicação para a comparação entre distintos sistemas, devendo ser aplicado apenas para acompanhar a evolução das perdas em um determinado sistema.

Para as Perdas Totais (reais e aparentes), a IWA sugere o uso de indicadores técnicos ligados à infraestrutura (ALEGRE et al., 2006).

2.4.3.3 Índice de Perdas Aparentes – IPA

Apenas recentemente foi proposto um indicador adimensional, com a mesma concepção do IVI, para análise e estudo das Perdas Aparentes. O chamado Índice de Perdas Aparentes - IPA relaciona o volume atual de Perdas Aparentes do sistema com um valor referencial. O valor referencial adotado corresponde a 5% do volume micromedido e considera que o padrão mínimo aceitável corresponde a sistemas sem caixas d'água domiciliares (o que não é o caso do Brasil, em geral). Entende-se que seus valores, em sistemas com caixas d'água, serão fatalmente superiores, sendo praticamente impossível atingir o valor de IPA = 1 (RIZZO, 2007).

2.4.3.4 Aplicabilidades e Restrições

Atualmente, tem se apostado como adequado, para definição de metas nos programas de redução de perdas em um sistema, o uso do indicador "volume anual perdido" (*EUROPEAN COMMISSION*, 2015). A recomendação de aplicação do ultrapassado indicador percentual fica apenas para volumes faturados pela operadora. Neste sentido, para a ABES (2015), considerando que várias operadoras em suas estruturas tarifárias adotam no faturamento um valor mínimo, mesmo que o volume mensal micromedido tenha sido inferior a esse valor, os índices de perdas de faturamento tendem a ser inferiores aos índices de perdas que consideram apenas os volumes micromedidos.

A ABES (2015) conclui, neste ponto, que não existe nenhum indicador perfeito. Há problemas verificados na aplicação inclusive do IVI, em casos de pressões muito baixas, por exemplo. "Deve-se buscar precisão e cuidado na apuração das variáveis dos indicadores e avaliar aqueles que melhor se adequam na aplicação em questão" (ABES, 2015). Observa-se, no entanto, que a utilização dos indicadores percentuais ainda é comum, sobretudo no Brasil, com os indicadores SNIS. Mesmo com todas as restrições ao seu uso, a tendência à comparação dos números entre sistemas de abastecimento distintos ainda é inevitável dada a universalidade do seu entendimento.

2.4.4 CRESCIMENTO NATURAL DAS PERDAS

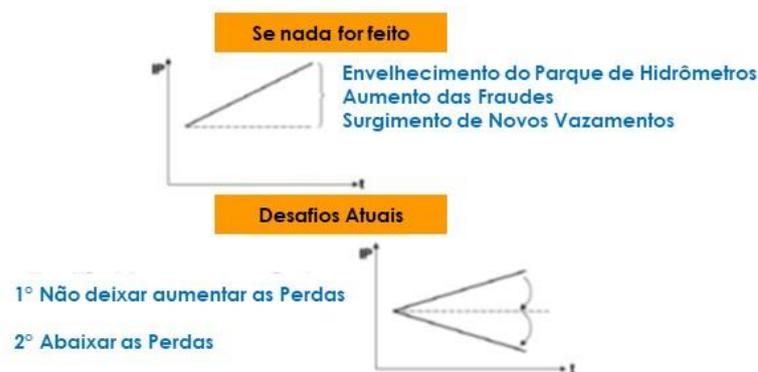
Os estudos da IWA (2006) são do entendimento de que se nada for feito para combater as perdas, os volumes de água perdidos crescerão naturalmente, uma vez que as tubulações se deterioram, o número de vazamentos nas redes e nos ramais gradativamente vai aumentando e os hidrômetros se desgastam com o tempo, tendo seu funcionamento prejudicado, aumentando a submedição. Outra constatação é que alguns clientes podem se sentir incentivados a praticar e/ou sugerir a outros clientes que fraudem uma ligação, uma vez que isto não cause nenhuma reação da operadora de saneamento.

A SABESP (2014) atenta que somente através de ensaios em campo é que se torna possível aferir a valoração desse crescimento. A qualidade e a idade da

infraestrutura do sistema de abastecimento, são características fundamentais nesta aferição, bem como dos procedimentos comerciais da operadora.

Neste sentido, a Figura 2 apresenta dois distintos desafios que são esperados na evolução das perdas no sistema para a perspectiva de "Não Fazer Nada" (*Do Nothing Scenario*). O primeiro é não deixar as perdas aumentarem e o segundo é baixar o patamar das perdas até a meta estabelecida, para posteriormente realizar as ações para manter o padrão das perdas no nível esperado.

Figura 2 – Crescimento Natural das Perdas e os Desafios para o Combate



Fonte: SABESP (2014)

2.4.5 TIPOS DE PERDAS REAIS

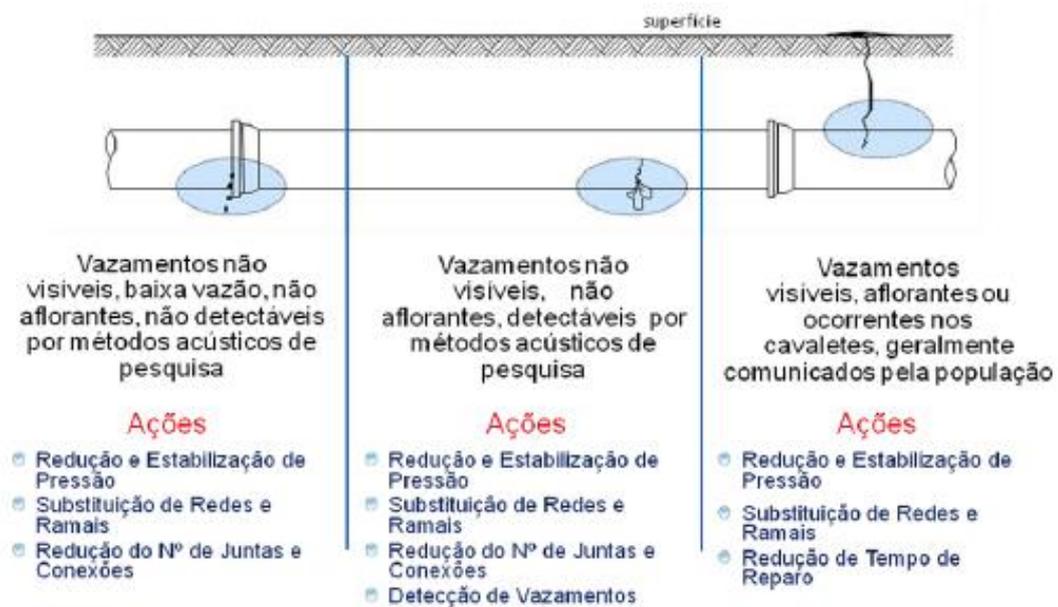
Tardelli (2014) destaca que existem três tipos de vazamentos que representam as perdas reais na rede de distribuição de água.

Os chamados vazamentos não visíveis e não detectáveis ou inerentes, caracterizam-se pelas baixas vazões de longa duração, não afloram à superfície e não são passíveis de serem identificados pelos equipamentos atuais de detecção acústica. Já os vazamentos não visíveis e detectáveis retratam aqueles que não afloram à superfície, mas são passíveis de identificação pelos equipamentos atuais de detecção acústica, sendo que seu respectivo volume perdido está diretamente associado ao intervalo entre duas varreduras de pesquisa de vazamentos. O terceiro tipo se apresenta na forma de alta vazão aflorante à superfície, geralmente observados e comunicados pela população à operadora de saneamento para o devido reparo em tempo hábil e, por isso, são chamados de vazamentos visíveis.

A ABES (2015) alerta que ensaios recentes demonstram que os volumes perdidos através dos vazamentos visíveis representam pequena parcela dos volumes totais perdidos nos vazamentos. Em contrapartida, são enormes a representatividade e a importância do controle das perdas não visíveis. A SABESP, por exemplo, através de avaliações feitas no sistema de abastecimento de água na Região Metropolitana de São Paulo – RMSP, mostrou que somente considerando os vazamentos não visíveis o sistema entraria em colapso em apenas dois anos, se nenhuma ação tivesse sido feita para detectar e reparar os vazamentos encontrados (SABESP, 2014).

Tardelli (2014) sintetiza os tipos existentes de perdas reais no esquema da Figura 3 e associa as características de cada vazamento às respectivas ações mais eficazes.

Figura 03: Tipos de Vazamentos e Ações Corretivas



Fonte: Tardelli, 2014

2.4.6 TIPOS DE PERDAS APARENTES

Os componentes principais referentes à ocorrência de perdas aparentes são sintetizados na Figura 4:

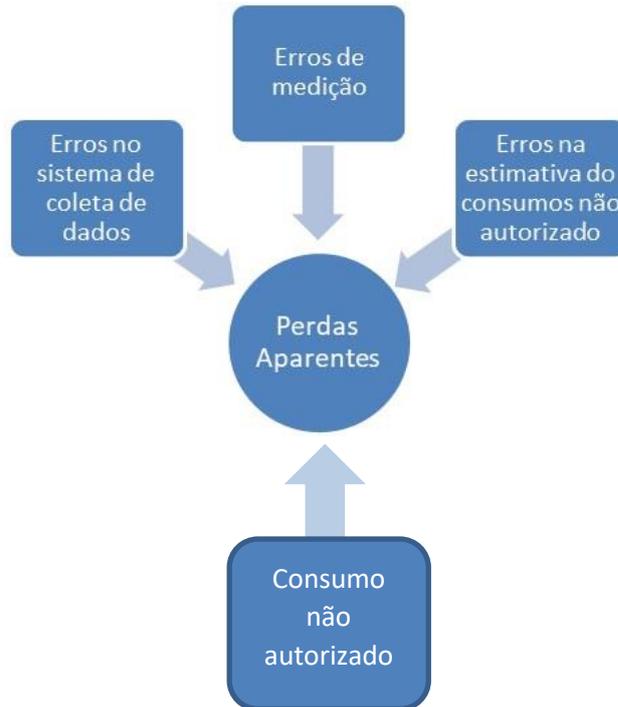


Figura 4: Tipos de perdas aparentes (elaboração própria, 2021)

Entre as suas principais ocorrências, a SABESP (2014) destaca os erros de medições, que ocorrem quando os volumes registrados pelos hidrômetros são menores do que os efetivos, devido aos valores de alguns fluxos que passam abaixo das faixas de precisão reduzida dos hidrômetros. A existência de caixas d'água com boia, o tempo de instalação do hidrômetro e a instalação inclinada deste potencializam a submedição. Cita-se também os consumos não autorizados, que são representados pelas ligações clandestinas e pelas fraudes realizadas nos hidrômetros ou cavaletes de medição. Estes consideram também o roubo de água nos hidrantes públicos. São consumos considerados como "crime" e, por isso, é uma parcela difícil de ser avaliada, sendo, muitas vezes, objeto de estimativas.

2.4.7 CONCEITO NRW (NON-REVENUE WATER)

Para minorar as baixas confiabilidades na apuração dos consumos autorizados não faturados, que geram conseqüente incerteza na apuração das perdas, a IWA (2006), a partir do Balanço Hídrico, trouxe um conceito alternativo às perdas muito utilizado na Europa, o “*Non Revenue Water*” (NRW), ou “Águas Não Faturadas”.

O Conceito NRW representa “a perda total (real e aparente) somada ao consumo autorizado não faturado que determina aumento do custo de funcionamento

ou que impeça a realização plena da receita operacional” (Baggio, 2017), ou seja, a diferença entre o volume de entrada na distribuição e o consumo autorizado faturado.

Tardelli (2015) ilustra esse entendimento no Quadro 5:

Quadro 5 – Conceito NRW (*Non-Revenue Water*)

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

Fonte: Tardelli (2015)

As águas não faturadas representam um volume maior do que o volume perdido efetivamente. Este conceito despreza a mensuração do consumo autorizado não faturado, recheado de incertezas, eliminando suas inferências, contribuindo com a qualidade das informações sobre a eficiência operacional de uma organização de saneamento, elevando assim a confiabilidade dos dados.

Com o conceito NRW, “Perda” passa a ser tudo o que não gera receita, focando, assim, na maximização da receita. Para a ABES (2015), deduzir milhares ou milhões de litros relativos a consumos autorizados não faturados do setor subnormal é a perpetuação da cômoda gestão comercial que tem como foco o hídrico, em vez da receita. Para Pena (2010) deve-se ressaltar que na gestão de perdas todos os volumes devem ser medidos; a política para o pagamento deve ser trabalhada em paralelo.

2.5 MÉTRICAS DE AVALIAÇÃO DE PERDAS

Baggio (2017) apresenta quais são as métricas para medição das perdas e quais são as metodologias usualmente adotadas, de acordo com a tecnologia empregada, seu grau de precisão e particularidades.

Primeiramente, temos que perda é medida pela Equação 1- Medição das Perdas:

$$P = VP - VC \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

P – Volume perdido ou perda da distribuição (m³);

VP – Volume produzido, entregue à distribuição (m³);

VC – Volume comercializado, totalizando volume micromedido e estimado (m³).

Adicionados os conceitos advindos do Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA), parte integrante do Programa de Modernização do Setor de Saneamento (PMSS), de 2006, conforme Equação 2 – Medição das Perdas nos conceitos do PNCDA:

$$P = VD - VU \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

P – Volume perdido ou perda na distribuição (m³).

Volume Disponibilizado (VD) – Soma algébrica dos volumes produzidos, importados e exportados, disponíveis para a distribuição no sistema de abastecimento, sendo:

- Volume Produzido (VP) – Volumes efluentes das Estações de Tratamento de Água (ETA) ou unidades de tratamento simplificado de um sistema de abastecimento;
- Volume Importado (VIm) – Volumes de água com qualidade para pronta distribuição, potável, auferidos de outras áreas de serviço ou de outros produtores;

- Volume Exportado (VEx) – Volumes de água com qualidade para pronta distribuição, potável, entregue à outras áreas de serviço ou aos agentes distribuidores.

Volume Utilizado (VU) – Soma algébrica dos volumes micromedidos, recuperados, estimados, operacionais e especiais, considerando:

- Volume Micromedido (Vm) – Volume registrado nas ligações dos medidores;
- Volume Recuperado (VR) – Correspondente às anulações das fraudes e das ligações clandestinas;
- Volume Estimado (VE) – Refere-se às estimativas de consumo fundamentadas a partir dos volumes micromedidos de áreas com características similares, com os mesmos tipos de usuários;
- Volume Operacional (VO) – Volumes despendidos em testes de estanqueidade e utilizados na desinfecção das adutoras, subadutoras e da distribuição da rede;
- Volumes Especial (VEs) – Volumes medidos e destinados para o uso do corpo de bombeiros, nos caminhões-pipa, para suprimentos sociais (área subnormais e chafarizes) e para uso próprio do prestador de serviços.

A relativização das perdas, com a criação de um denominador na Equação 2, permitindo a medição das perdas em termos percentuais, torna possível a comparação de desempenho entre empresas do setor, conforme Equação 3 – Relativização das Perdas:

$$P = \frac{(VD - VU)}{VD} \times 100 \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

P – Perda na distribuição (%);

VD – Volume disponibilizado para distribuição (m³);

VU – volume utilizado, de conceito mais amplo, comparado aos conceitos atuais do SNIS (m³)

São apresentadas a seguir as quatro principais métricas, hegemonicamente, adotadas na literatura.

2.5.1 METODOLOGIA OPAS – ORGANIZAÇÃO PANAMERICANA DA SAÚDE

Esta metodologia considera a perda do mês e a do ano separadamente. A perda do mês é avaliada como perda trimestralizada e é calculada conforme a Equação 4 – Métricas de Avaliação das Perdas por mês pela Metodologia OPAS:

$$P \text{ do mês} = \frac{\sum_1^3 VD - \sum_1^3 VU}{\sum_1^3 VD} \times 100 \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

P do mês – perda móvel trimestralizada na distribuição (%);

$\sum_1^3 VD$ – Volume disponibilizado para a distribuição, correspondente ao somatório de três meses consecutivos (m³);

$\sum_1^3 VU$ – Volume utilizado, correspondente ao somatório de três meses consecutivos (m³);

Já a do ano, abalizada como a perda anualizada, é calculada conforme a Equação 5: Métrica de Avaliação das Perdas Anuais pela Metodologia OPAS

$$P \text{ do ano} = \frac{\sum_1^{12} VD - \sum_1^{12} VU}{\sum_1^{12} VD} \times 100 \quad (\text{Equação 5})$$

Onde:

P do ano – perda móvel anualizada na distribuição (%);

$\sum_1^{12} VD$ – Volume disponibilizado para a distribuição, correspondente ao somatório dos doze meses consecutivos (m³);

$\sum_1^{12} VU$ – Volume utilizado, correspondente ao somatório de doze meses consecutivos (m³);

Assim, duas diferentes abordagens a respeito das perdas são apresentadas. De um lado, a perda anualizada, refere-se a perda do sistema, englobando as quatro estações meteorológicas, o que elimina os efeitos de sazonalidades. Baggio (2017) cita que exemplos na Região Sul do Brasil, apontam perdas de inverno chegando a incrementar cerca de até 30% ao sistema, em razão das baixas temperaturas e da consequente diminuição dos volumes de consumo, agravado por operações inadequadas. Por outro lado, tem-se as perdas do mês, registradas em determinado

momento, sem considerar os efeitos sazonais, que são perdas expeditas e que devem ser pouco consideradas.

2.5.2 METODOLOGIA PRO RATA DIE

Na metodologia *Pro Rata Die*, existe defasagem entre os períodos de aferição dos volumes micromedidos e macromedidos. Assim, esta metodologia exige que seja feita a compatibilização entre os períodos de apuração da micromedição com o calendário da macromedição. Bianchini (2009) elucida esta metodologia através do exemplo abaixo:

Foram apurados os consumos apontados no Sistema de Juturnaíba, na Região dos Lagos/RJ, para o mês de junho de 2007. O sistema possuía 28 Grupos de Faturamento, cada um aferido em dias diferentes, conforme a Tabela 2:

Tabela 2: Apuração de volume micromedido – Águas Juturnaíba

ÁGUAS DE JUTURNAÍBA												
Relatório de Perdas												
Referência: jun/2007												
Grupo	Leitura		Dias	Volume Medido	% Medido	Volume Faturado	% Faturado	Dias Média P	Med M. Dia	Fat M. Dia	Med P. Mês	Fat P. Mês
	Anterior	Atual										
1	24/5/07	23/6/07	30	31.656	5,1%	56.881	6,8%	1,53	1.055	1.896	32.012	57.521
2	25/5/07	25/6/07	31	35.809	5,8%	56.506	6,7%	1,79	1.155	1.623	35.044	55.296
3	26/5/07	26/6/07	31	30.728	5,0%	51.100	6,1%	1,54	991	1.648	30.071	50.008
4	28/5/07	27/6/07	30	41.708	6,7%	73.546	8,7%	2,02	1.390	2.452	42.177	74.373
5	31/5/07	30/6/07	30	29.039	4,7%	51.040	6,1%	1,41	968	1.701	29.366	51.614
6	2/6/07	3/7/07	31	13.275	2,1%	25.621	3,0%	0,67	428	826	12.991	25.073
15	24/5/07	23/6/07	30	3.174	0,5%	4.198	0,5%	0,15	106	140	3.210	4.245
25	25/5/07	25/6/07	31	21.204	3,4%	27.129	3,2%	1,06	684	875	20.751	26.549
35	26/5/07	26/6/07	31	8.438	1,4%	8.798	1,0%	0,42	272	284	8.258	8.610
45	28/5/07	27/6/07	30	6.552	1,1%	10.501	1,2%	0,32	218	350	6.626	10.619
55	31/5/07	30/6/07	30	7.597	1,2%	10.256	1,2%	0,37	253	342	7.682	10.371
65	2/6/07	3/7/07	31	3.149	0,5%	3.593	0,4%	0,16	102	116	3.082	3.516
101	5/6/07	6/7/07	31	30.598	4,9%	47.464	5,6%	1,53	987	1.531	29.944	46.449
102	5/6/07	6/7/07	31		0,0%		0,0%	0,00	0	0	0	0
105	5/6/07	6/7/07	31	4.804	0,8%	6.178	0,7%	0,24	155	199	4.701	6.045
201	8/6/07	9/7/07	31	32.198	5,2%	66.554	7,9%	1,61	1.039	2.147	31.510	65.131
205	8/6/07	9/7/07	31	4.559	0,7%	5.354	0,6%	0,23	147	173	4.462	5.240
301	7/6/07	7/7/07	30	24.258	3,9%	33.205	3,9%	1,18	809	1.107	24.531	33.578
302	7/6/07	7/7/07	30	5.182	0,8%	8.182	1,0%	0,25	173	273	5.240	8.274
305	7/6/07	7/7/07	30	3.048	0,5%	3.121	0,4%	0,15	102	104	3.082	3.156
401	11/6/07	11/7/07	30	11.563	1,9%	22.225	2,6%	0,56	385	741	11.693	22.475
402	11/6/07	11/7/07	30		0,0%		0,0%	0,00	0	0	0	0
403	11/6/07	11/7/07	30	18.580	3,0%	30.408	3,6%	0,90	619	1.014	18.789	30.750
405	11/6/07	11/7/07	30	7.616	1,2%	14.936	1,8%	0,37	254	498	7.702	15.104
501	9/6/07	10/7/07	31	20.613	3,3%	29.321	3,5%	1,03	665	946	20.172	28.694
505	9/6/07	10/7/07	31	3.386	0,5%	3.604	0,4%	0,17	109	116	3.314	3.527
601	31/5/07	30/6/07	30	155.416	25,1%	155.416	18,5%	7,53	5.181	5.181	157.164	157.164
LC	31/5/07	30/6/07	30	64.662	10,4%	35.949	4,3%	3,13	2.155	1.198	65.389	36.353
Soma			30,46	618.812	100,0%	841.086	1	30,34	20.403	27.680		

Fonte: Bianchini (2009)

Atenta-se, aqui, que o volume micromedido apurado no mês de junho, não se refere efetivamente a esse mês; trata-se apenas do jargão comercial: “referência junho”. Constata-se isto através da simples observação de que as leituras de “junho” tiveram início em 25 de maio e foram concluídas no dia 11 de julho, conforme Tabela 3:

Tabela 3: Referência de leituras em junho, com leituras de maio a julho – Águas Juturnaíba

Grupo	Leitura	
	Anterior	Atual
1	24/5/07	23/6/07
2	25/5/07	25/6/07
3	26/5/07	26/6/07
4	28/5/07	27/6/07
5	31/5/07	30/6/07
6	2/6/07	3/7/07
15	24/5/07	23/6/07
25	25/5/07	25/6/07
35	26/5/07	26/6/07
45	28/5/07	27/6/07
55	31/5/07	30/6/07
65	2/6/07	3/7/07
101	5/6/07	6/7/07
102	5/6/07	6/7/07
105	5/6/07	6/7/07
201	8/6/07	9/7/07
205	8/6/07	9/7/07
301	7/6/07	7/7/07
302	7/6/07	7/7/07
305	7/6/07	7/7/07
401	11/6/07	11/7/07
402	11/6/07	11/7/07
403	11/6/07	11/7/07
405	11/6/07	11/7/07
501	9/6/07	10/7/07
505	9/6/07	10/7/07
601	31/5/07	30/6/07
LC	31/5/07	30/6/07

Fonte: Bianchini (2009)

Para Bianchini (2009), querer comparar o volume macromedido de junho, que tem 30 dias calendário (00h00 do dia 1º, às 24h00 do dia 30), com o volume micromedido referência junho, é um grande erro conceitual. A metodologia *Pro Rata Die* procura corrigir essas distorções.

2.5.3 METODOLOGIA DE LEITURA DA MACROMEDIÇÃO SIMULTÂNEA COM A DA MICROMEDIÇÃO

Apesar de apresentar margem de erro reduzida, a viabilidade de aplicação desta metodologia é restrita a sistemas de menor porte ou às frações de sistemas, como um determinado setor de abastecimento ou determinado distrito de medição e controle (DMC). As leituras dos macros dos sistemas ou de sua fração, são realizadas de maneira praticamente simultânea. Atenta-se, no entanto, que tal simultaneidade não é perfeita, uma vez que é praticamente impossível aferir uma elevada quantidade de micromedidores juntamente com a aferição do macromedidor. O processo, invariavelmente, gera certa margem de erro de apuração de volumes e, por consequência, das perdas.

2.5.4 METODOLOGIA ONLINE

Baggio (2017) atenta que esta metodologia apresenta a maneira mais criteriosa de apuração dos volumes. Por ser proporcionada pela Tecnologia da Informação (TI), permite leituras remotas, obtidas on-line, tanto dos macros quanto dos micromedidores.

A TI viabilizou a possibilidade, até então utópica, de se aferir simultaneamente um número elevado de micromedições e macromedições, sem que se utilize um número absurdo de leituristas. O México e os Estados Unidos da América (EUA), são exemplos de países que já adotam em larga escala os sistemas de leitura on-line, inaugurando uma era digital no setor, em contradição a atual vocação brasileira de utilizar hidrômetros velocimétricos mecânicos e analógicos (BAGGIO, 2017).

2.6 BASE NACIONAL DE DADOS: OS INDICADORES SNIS

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) é a base de dados mais completa referente ao setor no país atualmente e, por isso, é utilizada para os estudos de perdas no Brasil.

Concebido pelo antigo Programa de Modernização do Setor Saneamento (PMSS), extinto em 2010, o SNIS foi administrado até o ano de 2018 pela extinta Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades, que editava anualmente, desde 1995, o documento intitulado “Diagnóstico dos Serviços de Água

e Esgotos”, contendo o mais importante acervo referencial da situação do saneamento no Brasil. Desde 1º de janeiro de 2019 o Ministério da Integração Nacional e o Ministério das Cidades foram fundidos e transformados no Ministério do Desenvolvimento Regional, que é o responsável atualmente por editar o documento supracitado.

A referida base de dados reúne informações de prestadores das esferas estaduais, regionais e municipais de serviços de acesso ao saneamento ambiental (água, coleta e tratamento de esgoto, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas e dos resíduos sólidos). Os dados utilizados nos estudos de perdas, “Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos”, estão disponíveis para o período 1995-2019.

Cabe salientar que o SNIS possui defasagem de dois anos em relação ao fornecimento dos dados. Dados SNIS divulgados em 2021, por exemplo, são baseados nos dados referentes ao ano de 2019, e, por isso, são chamados de SNIS 2019.

Importante destacar, também, que as informações do SNIS são fornecidas pelos próprios prestadores de serviço, o que pode mascarar o quadro da realidade na eficiência no abastecimento. As declarações não contam com qualquer espécie de auditoria externa, de modo que as companhias podem declarar o que lhes for conveniente – o que sugere a ideia de que o desperdício nas redes de distribuição deva ser maior do que o informado.

Por outro lado, ressalta-se que, em busca de aprimorar a qualidade das informações publicadas pelo SNIS, foi publicada a Portaria nº 719, de 12 de dezembro de 2018, do extinto Ministério das Cidades, que institui metodologia para auditoria e certificação de informações do SNIS, especificamente relacionado ao serviço de água (SNIS, 2019).

A disponibilidade dos dados com abrangência nacional que apresentem de maneira independente as perdas reais e aparentes é limitada. Por este motivo, geralmente, nos estudos de perdas no Brasil adotam-se índices percentuais e unitários baseados em volumes que consideram as perdas totais.

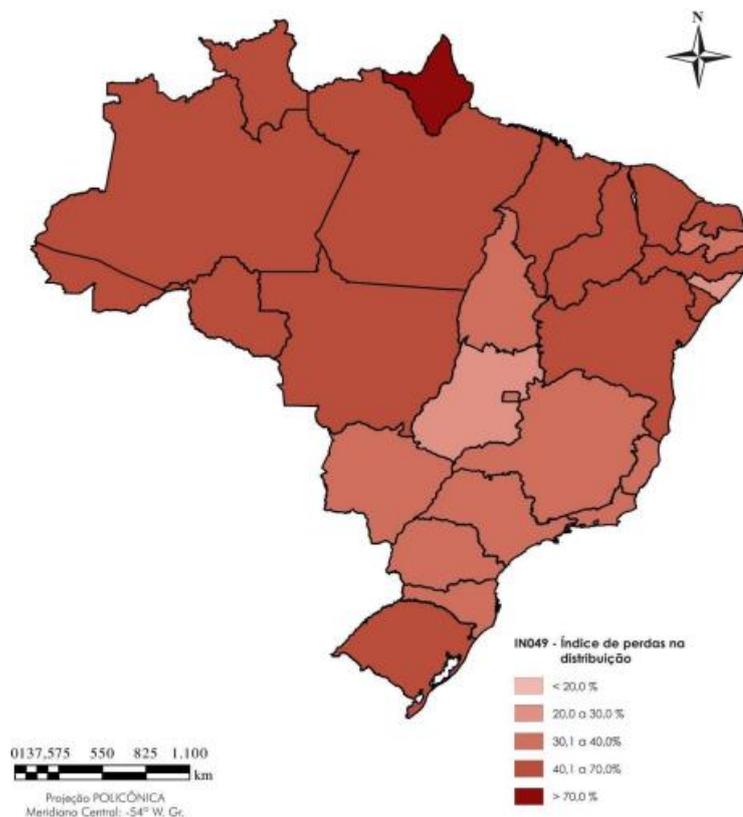
2.7 PERDAS DE ÁGUA NO BRASIL E NO MUNDO

O sistema de abastecimento de água no Brasil ainda apresenta um abismo em termos de eficiência ao compararmos os resultados dos indicadores de perdas de água nacionais com os padrões da maioria dos países desenvolvidos. As subseções seguintes ilustram essa realidade.

2.7.1 REALIDADE NACIONAL

A representação espacial do índice de perdas na distribuição (IN049) dos prestadores de serviços participantes do SNIS em 2019, distribuído por faixas percentuais, segundo os estados e o Distrito Federal, é apresentada na Figura 5:

Figura 5 – Índice de perdas na Distribuição (IN049) no território brasileiro



Fonte: SNIS (2019)

A respeito do tema “perdas na distribuição”, detecta-se, também, que são poucos os avanços no sentido de mitigar esse tipo de perdas de água no Brasil, pelo contrário, nota-se, inclusive, que houve aumento desses índices ao longo dos anos, sendo os índices de 2019 superiores àqueles aferidos em 2015, conforme Figura 6:

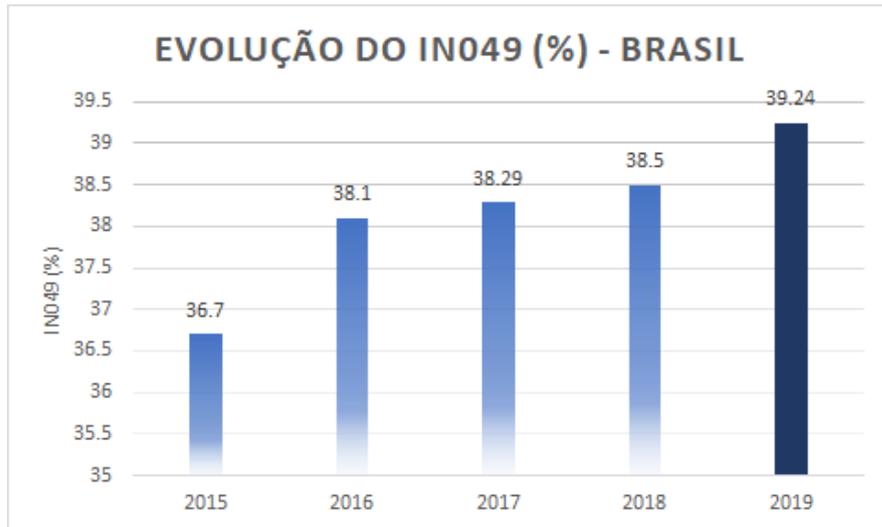


Figura 6: Evolução do IN049 no Brasil (SNIS, 2019)

Ao analisarmos o índice de perdas de faturamento (IN013), em termos médios, registrados no Brasil em 2019, temos o alarmante percentual de 37,39%, valor que representa mais que o dobro do verificado na média dos países desenvolvidos, em torno de 15% (ABES, 2015). Esta realidade é agravada pela falta de consistência dos dados informados pelas empresas, a citar a não utilização de indicadores que tratem de forma independente as perdas físicas e as perdas comerciais.

Aplicando a mesma comparação anual utilizada no índice IN049, observa-se na Figura 7 que também há um retrocesso semelhante nos índices de Perdas de Faturamento (IN013), o que alerta para a necessidade da existência de maiores esforços no controle e na busca pela redução das perdas no Brasil.

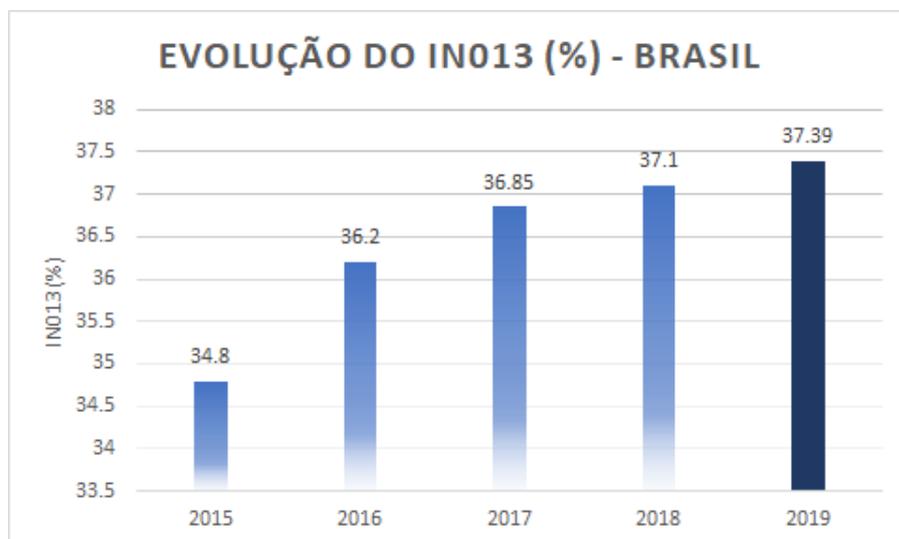


Figura 7: Evolução do IN013 no Brasil (SNIS, 2019)

2.7.2 REALIDADES REGIONAIS

A GO Associados & Instituto Trata Brasil (2021) atentam que a situação de perdas no Brasil não é homogênea. Por ser um país continental, o Brasil apresenta enorme disparidade entre as suas diversas regiões e unidades da federação, fato que impacta, inclusive, na situação do abastecimento dessas regiões. As Figuras 8 a 10 apresentam uma avaliação dos dados de 2019 referentes ao índice de perdas no faturamento (IN013), perdas na distribuição (IN049) e das perdas por ligação (IN051) das diferentes regiões brasileiras.

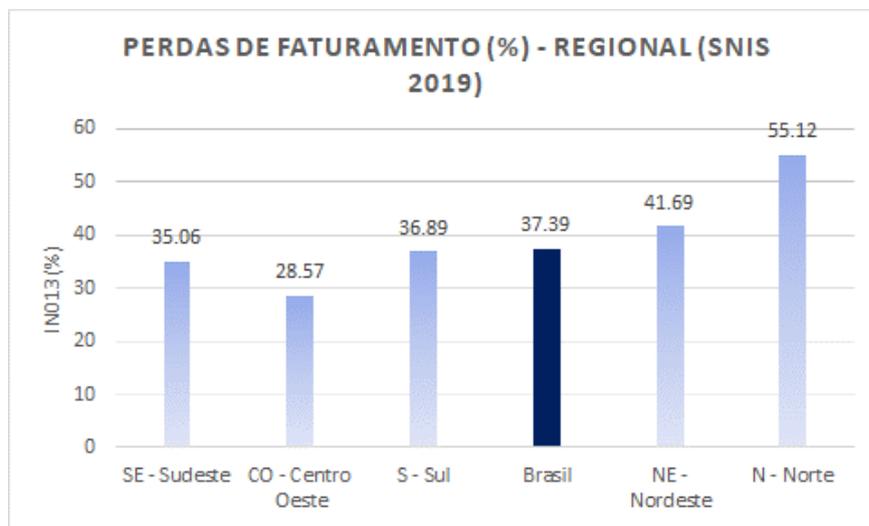


Figura 8: Perdas de Faturamento Regionais (SNIS, 2019)

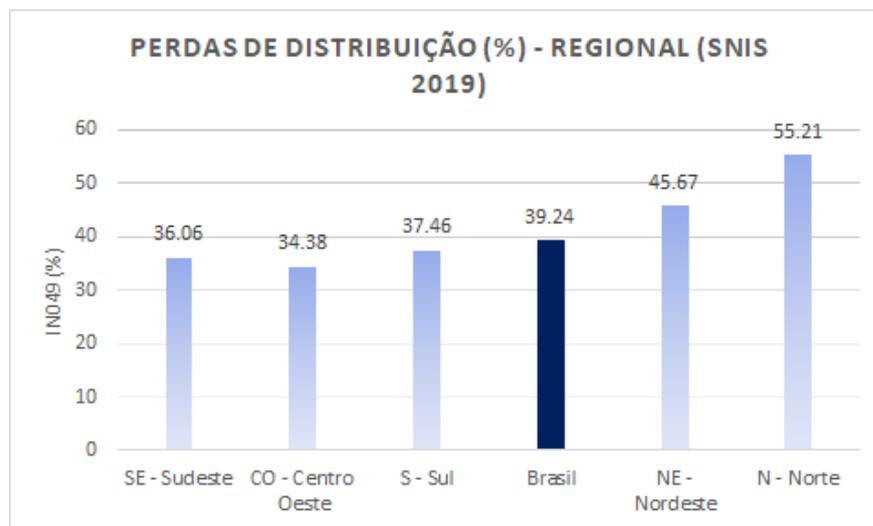


Figura 9: Perdas de Distribuição Regionais (SNIS, 2019)

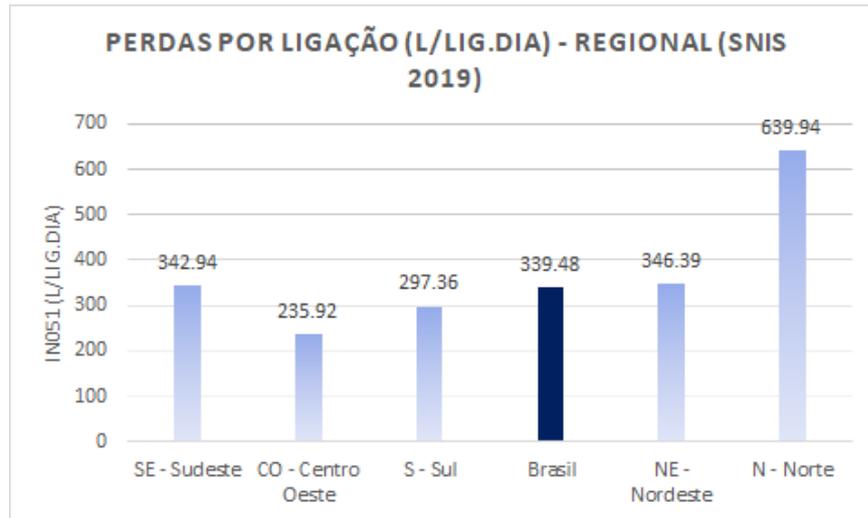


Figura 10: Perdas por Ligação Regionais (SNIS, 2019)

Comparando-se os dados supracitados, fica notória a diferença existente entre os níveis de eficiência do serviço de abastecimento de água entre as diversas regiões brasileiras, sendo as regiões Norte e Nordeste, as mais deficitárias, e que, portanto, merecem as maiores atenções ao desafio que é controlar e reduzir perdas.

2.7.3 REALIDADES ESTADUAIS

Segundo o SNIS (2019), a tendência observada a nível nacional também é mantida ao analisarmos os índices de perdas a nível estadual. Observa-se, em geral, os melhores desempenhos nos estados das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, contendo inclusive valores abaixo da média nacional. Por outro lado, os estados das regiões Norte e Nordeste apresentam os piores desempenhos, salvo exceções.

As Figuras 11 a 13 ilustram essa constatação aplicando-se os índices de perdas no faturamento (IN013), perdas na distribuição (IN049) e de perdas por ligação (IN051) a nível estadual.

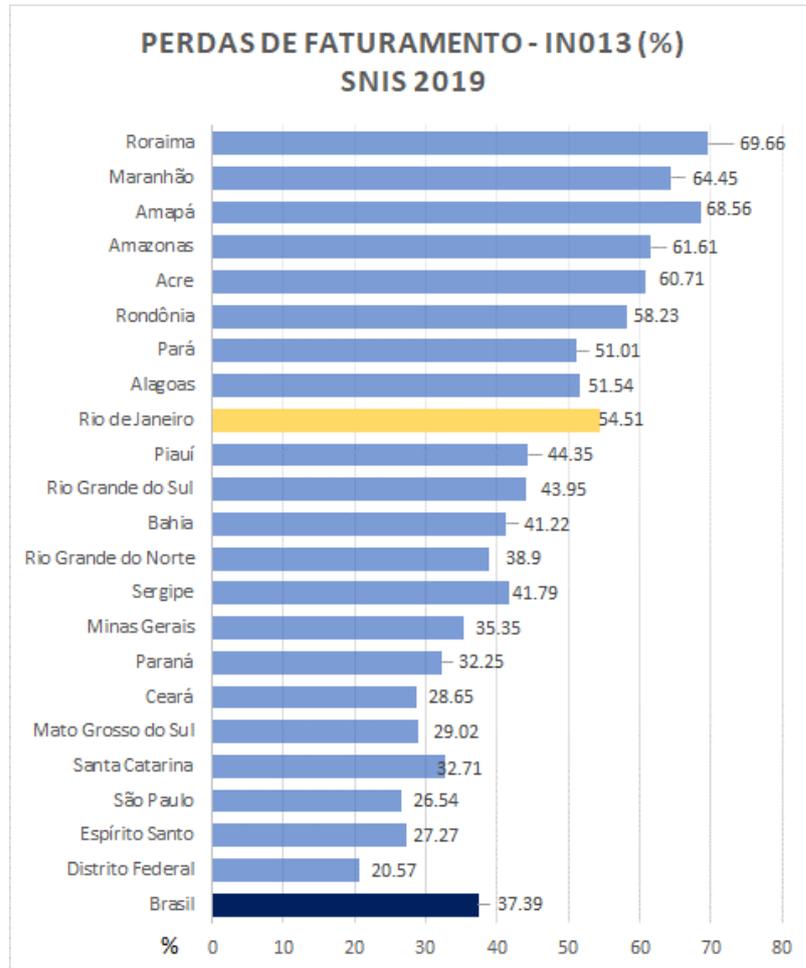


Figura 11: Perdas de Faturamento Estaduais (SNIS, 2019)

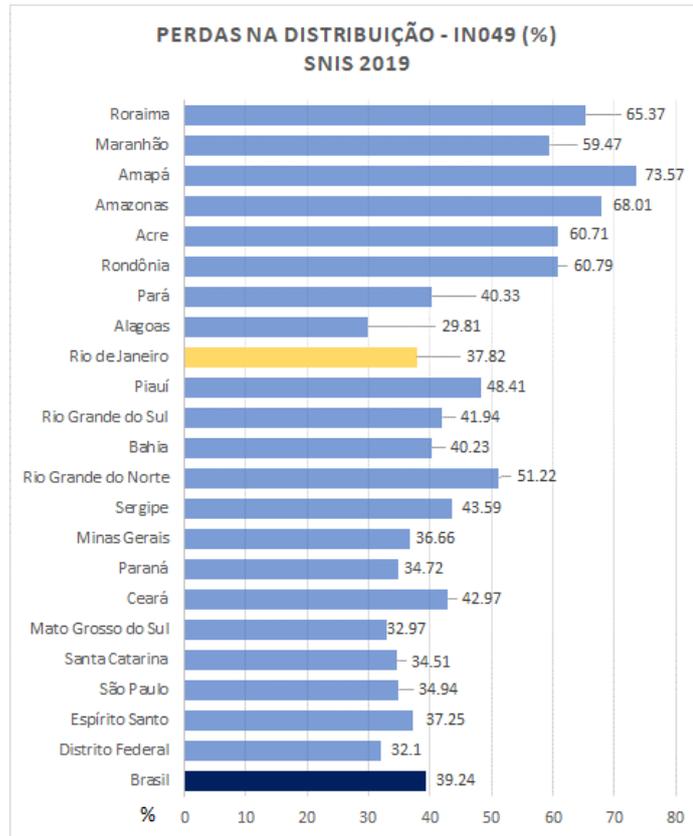


Figura 12: Perdas na Distribuição Estaduais (SNIS, 2019)

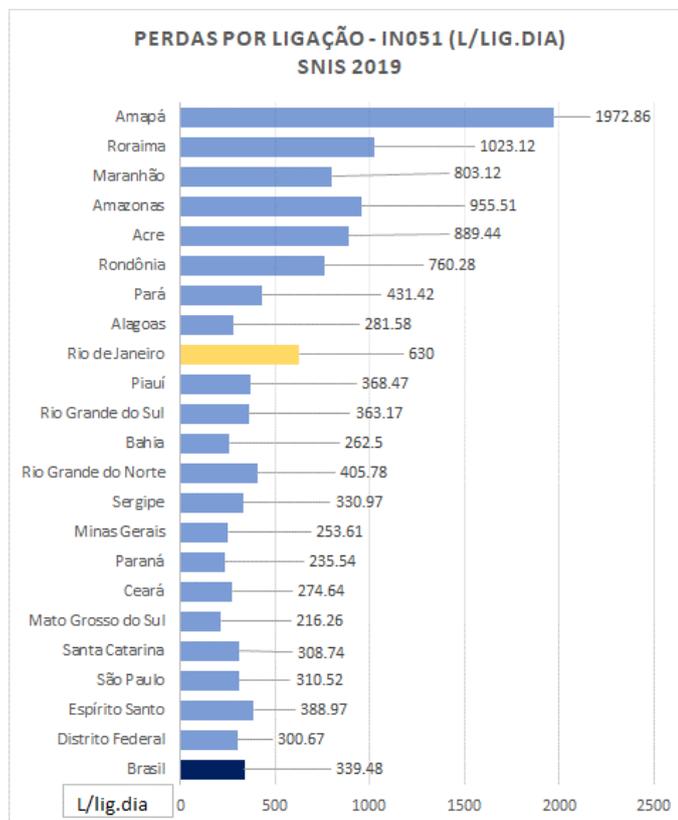


Figura 13: Perdas por Ligação Estaduais (SNIS, 2019)

2.7.4 BENCHMARKING

Para elucidar a problemática das perdas, busca-se apresentar neste subitem uma breve comparação internacional a respeito dos seus níveis. É importante ressaltar que as comparações aqui apresentadas evidenciam uma tendência geral, não obstante, podem existir distorções geradas pelas diferentes definições de volume adotadas por cada país analisado e, principalmente, em decorrência do uso do questionado índice percentual de perdas.

Os dados a seguir são parte integrante do recente estudo europeu sobre o tema, intitulado “*Good Practices on Leakage Management - EUROPEAN COMMISSION (2015)*”, que apresenta levantamentos e discussões, além de extrair importantes conclusões relativas às ações e resultados de perdas, aferidas em diversas cidades ou companhias ao redor do mundo.

Na Figura 14 observa-se esta comparação das perdas a nível internacional.

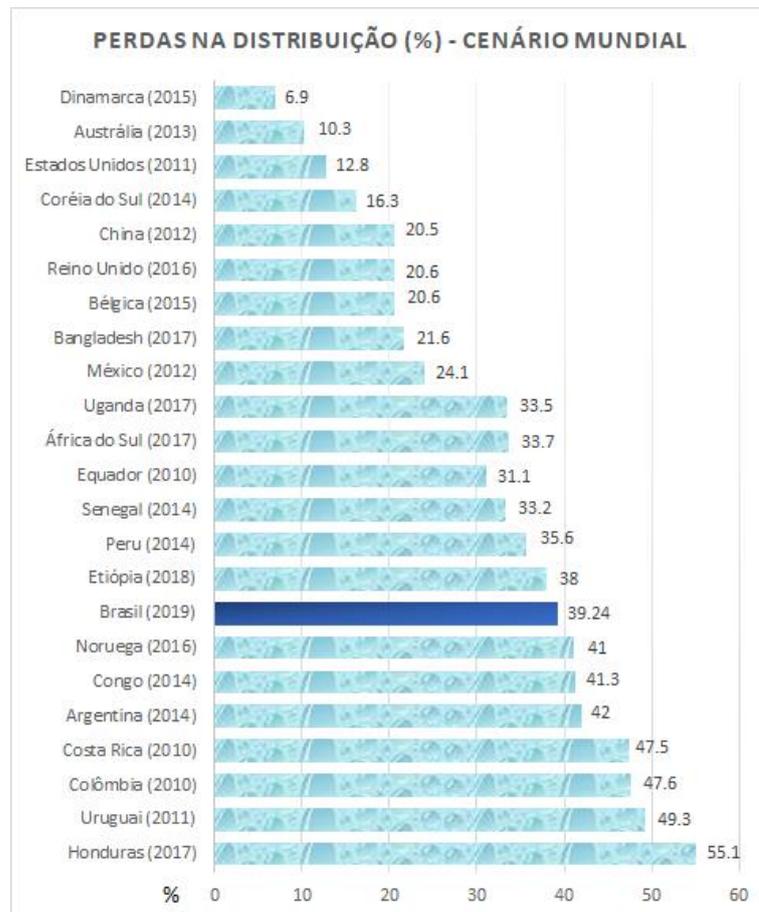


Figura 14: Perdas (%) Cenário Mundial (IBNET / SNIS, 2019)

3 METODOLOGIA

3.1 ASPECTOS GERAIS

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa exploratória, pois pode prover novas ideias e descobertas sobre o tema perdas no Sistema de Abastecimento de Água. É realizada uma Revisão Bibliográfica a respeito do tema. Apresenta-se os principais conceitos, implicações, estudos e ações desenvolvidas para atendimento ao problema, com foco na Metodologia da International Water Association (IWA). Quanto aos procedimentos, é realizada uma análise de estudo de caso, que possibilita referência mais adequada em relação ao cenário de gestão do sistema de abastecimento de água da Vila Residencial da Cidade Universitária da UFRJ. Aplica-se a Metodologia da IWA para realizar o diagnóstico e para propor ações para mitigar as perdas na região do estudo.

3.2 SELEÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Através da identificação das menores unidades territoriais com limites físicos identificáveis em campo, com dimensão adequada à operação de pesquisas na Cidade Universitária, Ilha do Fundão, adota-se o setor censitário da Vila Residencial da UFRJ como área de estudo, com auxílio da ferramenta QGIS, versão 3.14.15 – *Software* livre de Sistema de Informação Geográfica (SIG).

3.3 DISTRITOS DE MEDIÇÃO E CONTROLE (DMC)

A instalação de um macromedidor possibilita a limitação de uma área que será considerada um Distrito de Medição e Controle (DMC). A aplicação do Cálculo do Balanço Hídrico e dos demais conceitos da Metodologia da IWA é realizado considerando a criação de dois DMCs neste estudo, um referente ao macromedidor existente para atendimento a Vila Residencial como um todo e outro localizado para atender exclusivamente a Rua dos Cravos, pertencente a Vila Residencial - macromedidores J16CA00109 (DN 100mm) e G16CA01017 (DN 50mm), respectivamente. Assim, serão apresentados dois diagnósticos da área de estudo,

que servirão para fundamentar estratégias para o controle e redução das perdas da região.

3.4 SOFTWARE UTILIZADO: WB EASYCALC

Para realização dos cálculos dos Balanços Hídricos e para o desenvolvimento das análises de perdas nos dois distritos de medição e controle (DMC) setorizados na Vila Residencial da UFRJ, foi utilizado o *software WB-EasyCalc*, versão 5.18 (out/2019), preconizado pela IWA. A utilização do *software WB-EasyCalc* com os padrões da IWA torna mais fácil a compreensão e a comparação dos indicadores de perdas no sistema de abastecimento de água.

O *software WB-EasyCalc* foi desenvolvido em 2006 para auxiliar Companhias de distribuição de água e os Consultores que precisam aplicar apropriadamente a Metodologia do grupo especializado em Perdas de água da IWA. Esta ferramenta foi se tornando ao longo dos anos uma das mais utilizadas na análise e controle de perdas em todo o mundo. O idioma pré-definido é o Inglês, utilizando a terminologia da IWA, mas há a opção para a Língua Portuguesa. Existe ainda a opção pela utilização dos termos preferenciais do Banco Mundial relativos as perdas físicas e perdas comerciais, ao invés da terminologia sugerida pela IWA de perdas reais e perdas aparentes, entretanto, as fórmulas de cálculo permanecem as mesmas.

3.5 LEVANTAMENTO DOS DADOS

Os dados necessários para realizar a análise do Balanço Hídrico - Cenário Base através da abordagem *top down* com a utilização do *software WB-EasyCalc* são os seguintes dados de controle do sistema: Volume de entrada no sistema; Consumo faturado; Consumo não faturado; Consumo não autorizado; Erros de medição; Dados da infraestrutura da rede; Pressão média; Informação sobre a intermitência do abastecimento e informação financeira.

Para determinação dos volumes de entrada e dos demais dados de controle do sistema de abastecimento da área de estudo necessários para elaboração do Balanço Hídrico fornecidos pela prestadora dos serviços locais, foram considerados os critérios definidos pela Associação Brasileira das Empresas Estaduais de Saneamento

(AESBE) na importante contribuição técnica elaborada no cenário nacional intitulada “Série Balanço Hídrico: Guia Prático”, volumes 1 ao 5 (AESBE, 2015).

A prestadora de serviços, a Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro (CEDAE), forneceu o Projeto “Como Construído” da rede de abastecimento de água da Vila Residencial da UFRJ para obtenção das informações dos elementos hidráulicos do sistema da área de estudo - dados da infraestrutura da rede.

Os dados de pressão e vazão macromedida foram fornecidos pela CEDAE, registrados hora a hora, através de leituras remotas por telemetria, considerando um período de estudo de uma série histórica de 12 meses, de março de 2019 a fevereiro de 2020, de forma a permitir uma avaliação adequada do sistema, cobrindo as possíveis sazonalidades e as defasagens das leituras dos hidrômetros dos consumidores.

A prestadora forneceu os volumes faturados e medidos dos doze meses (março de 2019 a fevereiro de 2020) por tipo de consumidor – domiciliar, comercial e industrial, incluindo informações das economias ativas cadastradas, das quantidades de matrículas e do percentual de hidrometração. Estes dados também foram registrados através de telemetria – leituras *on-line*.

Para o rateio das perdas pela abordagem *top down* buscou-se identificar se o prestador mantém algum controle do Consumo Autorizado Não Faturado e Não-Medido - Uso Social e Uso Operacional (Operação do Sistema, Lavagem de Rede, Combate a Incêndio etc.), dados geralmente obtidos por estimativas, conforme AWWA (2009). O prestador informou que, em função das características da região, não existem dados para uso social para o setor e que não foram registrados reparos ou descargas de rede na série histórica estudada – uso operacional.

Para as fraudes e ligações clandestinas – Consumo não autorizado, o prestador informou que é considerado um percentual estimado de 0,5% do volume fornecido.

Os índices de submedição que foram considerados para o cálculo do balanço hídrico de cada DMC estudado também foram informados pelo prestador dos serviços e foram obtidos em ensaios de campo.

Buscou-se identificar as variáveis do IBGE referentes aos dados da população e dos domicílios da região de estudo com auxílio da ferramenta QGIS, versão 3.14.15 – *Software* livre de Sistema de Informação Geográfica (SIG). Devido a defasagem dos dados supracitados, em virtude da não realização do Censo 2020, foi realizada uma projeção população utilizando os dados fornecidos pela CEDAE, referentes aos

domicílios existentes no período do estudo, considerando o uso da mesma taxa de ocupação obtida com os dados do IBGE em 2010.

Para a avaliação dos custos dos Cenário Base, o valor monetário usualmente adequado para as perdas aparentes é o preço médio de venda da água ao consumidor - a tarifa de água. Para as perdas reais, ALEGRE et al. (2005) preconiza a utilização do custo marginal de longo prazo relativo à produção da água. Neste estudo, aplicou-se o valor de exploração – operação e manutenção. Com isso, para as perdas aparentes utilizou-se o valor da tarifa média de água, município do Rio de Janeiro de R\$ 6,53/m³ (tarifa média de água praticada em 2019) e para as perdas reais aplicou-se o valor calculado de R\$ 1,49/m³, despesas de exploração (R\$/ano) / volume de água produzido (m³/ano) para o município do Rio de Janeiro (SNIS, 2019).

Os custos unitários (R\$/m) para a análise dos cenários de investimento em ações de gerenciamento da infraestrutura existente são parametrizados dos obtidos pela Associação Brasileira de Tubos Poliolefinicos e Sistemas – ABPE, em seu recente estudo intitulado “Consultoria para Comparativos de Implantação de Linhas sob Pressão para Sistemas de Infraestrutura Hidráulica” (2017)

3.6 CÁLCULO DO BALANÇO HÍDRICO: ABORDAGEM TOP DOWN

A Abordagem *top-down*, segundo a metodologia da IWA, permite uma avaliação preliminar de perda de água no sistema analisado através da coleta de dados e registros disponíveis e posterior lançamento destes na planilha do Balanço Hídrico, de modo a fundamentar decisões estratégicas para mitigação das perdas.

O cálculo do balanço hídrico com uso do *software WB-EasyCalc*, versão 5.18 (out/2019), inicia-se com o preenchimento da planilha “*Start*” /Início (Figura 15), identificando-se o nome do setor e o período de estudo analisado.

Dados de entrada	
Iniciando	
Mudar a língua Change Language	
1.) Volume de Entrada no Sistema	
2.) Consumo faturado	
3.) Consumo não faturado	
4.) Consumo não autorizado	
5.) Imprecisões dos medidores e erros de manipulação dos dados	
6.) Dados da rede	
7.) Pressão	
8.) Abastecimento intermitente	
9.) Informação financeira	
Resultados	
A) Balanço Hídrico em m ³ /ano	
B) Balanço Hídrico em m ³ /dia	
C) Balanço Hídrico para o período	
D) Indicadores de Performance	
E) FERRAMENTA "E SE"	
F) Dados históricos	

Figura 15: Planilha “Start” / Início (software WB-EasyCalc, versão 5.18, 2019)

Após o preenchimento dos dados de entrada do sistema, obtêm-se os resultados das perdas de forma automatizada na Matriz de Balanço hídrico gerada pelo software.

3.7 CÁLCULO DO BALANÇO HÍDRICO: ABORDAGEM *BOTTOM UP*

Para consubstanciar o diagnóstico das perdas no DMC da Vila Residencial é realizada a abordagem “*bottom up*” através do método da análise das vazões mínimas noturnas, de forma a consubstanciar os resultados do estudo.

É fundamental o conhecimento dos elementos que compõem a vazão noturna para que se possa chegar ao valor das perdas reais através da vazão mínima noturna, a citar: o consumo noturno residencial, o consumo noturno não residencial (indústrias, hospitais etc.), o consumo noturno excepcional, as perdas noturnas após hidrômetro e as perdas totais na rede de distribuição de água.

As perdas até o hidrômetro compreendem todos os tipos de vazamentos existentes no sistema de distribuição - vazamentos visíveis e não visíveis, arreventados e vazamentos inerentes. Já os consumos após hidrômetro compreendem o uso noturno: consumo noturno residencial; não residencial (comércios e indústrias); e excepcional (alguma eventualidade após o hidrômetro), e as perdas nas instalações internas dos usuários (vazamentos em tubulações prediais e nas boias das caixas d’água).

Deve-se determinar os vazamentos inerentes e a correspondente vazão mínima noturna inerente do sistema, compostas pela Vazão mínima inerente e pelo Consumo Legítimo Médio no horário da mínima noturna. A AESBE (2015) traduz os vazamentos inerentes através da Equação 6 – Cálculo dos Vazamentos Inerentes adaptado à realidade nacional:

$$VI \left(\frac{\text{litros}}{\text{hora}} \right) = \frac{(9,6 \times ER + 0,60 \times QR) \times PMS}{24 \text{ horas}} \quad (\text{Equação 6})$$

Onde,

VI = Vazamentos inerentes (Litros/hora);

ER = Extensão de Rede (Km);

QR = Quantidade de Ramais Pressurizados (unidades);

PMS = Pressão Média horária do Sistema (mca)

As vazões de vazamentos assim determinadas representam os valores observados naquela hora do ensaio onde as pressões do sistema atingem o máximo. Como a vazão nos vazamentos é bastante influenciada pela pressão o valor observado na hora da mínima noturna é a vazão máxima diária dos vazamentos que, se simplesmente multiplicada por 24h, estaria supervalorizando os volumes diários perdidos. Para solucionar esse problema foi criado o “Fator Noite/Dia” (FND), que é um número dado em horas por dia, que multiplicado pela vazão dos vazamentos, extraída da Vazão Mínima Noturna, resulta no Volume Médio Diário dos Vazamentos, ou seja, nas Perdas Reais médias do ensaio. O FND também pode ser entendido como o parâmetro que corrige o valor da perda real ocorrida no horário da mínima noturna, permitindo obter o valor médio diário da perda real, em m³/dia. O FND com unidades de horas/dia é influenciado pelo valor do parâmetro N1 – fator de escala para determinação dos vazamentos na rede em função da composição dos materiais da infraestrutura do sistema, além da variação das pressões médias horárias no setor de abastecimento. Esta variação de pressões influi diretamente na vazão dos vazamentos.

A determinação do FND é precedida da determinação do parâmetro N1 e das Pressões Médias Horárias do Setor. O N1 pode ser obtido em testes de campo. Segundo a AESBE (2015), para pequenos vazamentos em juntas e conexões (vazamentos inerentes) o N1 assume sempre o valor 1,5.

De posse das pressões médias horárias e do valor de N1, o valor de FND será dado pela Equação 7 - Cálculo do Fator Noite/Dia (FND):

$$FND = \sum \left(\frac{P_i}{P_0} \right)^{N1} \quad (\text{Equação 7})$$

Onde:

P_i = Pressão média da rede, durante o período de dias de amostragem, em uma hora i qualquer do dia;

P_0 = Pressão média de referência, quando ocorre a vazão mínima noturna.

$N1$ = Fator de escala na relação pressão vazamento.

A vazão total de uso ou consumo no horário da mínima noturna, ou ainda vazão de consumo legítimo (Q Legítimo) divide-se entre os usos ou consumos normais e excepcionais e os vazamentos após os hidrômetros das ligações. Os consumos normais são divididos entre residenciais e não residenciais e podem ser determinados com base em dados socioeconômicos (número de ligações, economias, índices habitante/economia) e consumos típicos individuais determinados com base em pesquisas de campo ou em medições no setor, ou pela aplicação de taxas típicas obtidas de pesquisas realizadas em outros locais. Valores e taxas típicas de consumos normais obtidos em pesquisas realizadas na RMSP pela Sabesp, em 1997, e no Reino Unido (Inglaterra), conforme Lambert e Thornton (2012) são calculadas por meio das Equações de 8 a 10:

$$Q1 (L/h) = \frac{0,34l}{\frac{\text{hora}}{\text{habitante}}} \times n^{\circ} \text{ de habitantes} \quad (\text{Equação 8})$$

$$Q2 \left(\frac{L}{h} \right) = \frac{8l}{\frac{\text{hora}}{\text{economia não residencial}}} \times n^{\circ} \text{ de economias não residenciais} \quad (\text{Equação 9})$$

$$Q \text{ legítimo} = Q1 + Q2 \quad (\text{Equação 10})$$

Sendo:

$Q1$ = Consumo Noturno Normal Residencial (L/h);

$Q2$ = Consumo Noturno Normal Não Residencial (L/h).

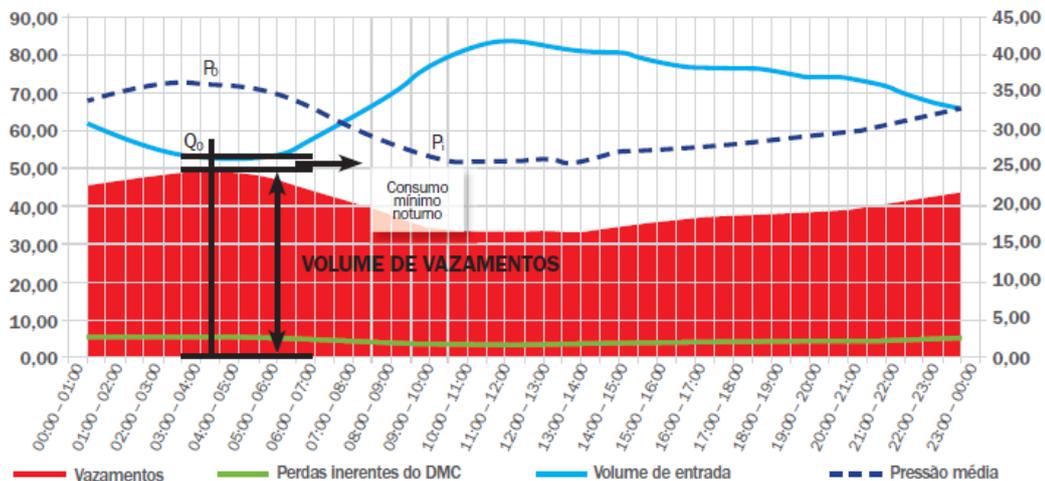
Em resumo, o cálculo das Perdas Reais ou perdas físicas neste método é feito com base na perda real, ou de vazamentos, que ocorre em um sistema no horário da vazão mínima noturna. De posse desse valor pode-se determinar as perdas reais para um dia inteiro utilizando-se o fator de correção diário, FND, que leva em conta a variação das pressões no sistema ao longo das 24 horas. Finalmente a partir do índice de perdas totais, subtraindo-se a perda real, chega-se ao valor correspondente às perdas aparentes no sistema através do método *Bottom-up*, de acordo com as Equações 11 e 12:

$$\text{Perda real noturna} = Q_{\text{min not médio}} - Q_{\text{min not inerente}} \quad (\text{Equação 11})$$

$$\text{Perda Real Noturna} \times \text{FND} = \text{Perda Real} \quad (\text{Equação 12})$$

Entre as principais vantagens da avaliação através da vazão mínima noturna estão: a maior confiabilidade dos dados e a maior representatividade da realidade operacional da área de estudo. Por outro lado, os ensaios devem ser feitos em áreas restritas e de menor porte, cuja extrapolação pode induzir a erros, envolvem maiores custos com equipes e equipamentos na realização dos ensaios e podem não ser aplicáveis em sistemas que possuam caixas d'água, devido aos efeitos do amortecimento da curva de consumo no período noturno. A Figura 16 representa o método das vazões mínimas noturnas:

Figura 16. Método das Vazões Mínimas Noturnas



3.8 MÉTODO DE CÁLCULO DOS INDICADORES DE PERFORMANCE

Apresenta-se a seguir a metodologia de cálculo dos indicadores do SNIS e do IVI em conformidade com os conceitos da metodologia da IWA que são utilizados no estudo.

3.8.1 ÍNDICE DE PERDAS DE FATURAMENTO (%) - IN013

Segundo o SNIS (2019), o Índice de Perdas de Faturamento (IN013), busca aferir a água produzida e não faturada. O indicador obedece a Equação 13 – Índice de Perdas de Faturamento (IN013):

$$\frac{\text{Volume de Água (Produzido+Tratado Importado-de Serviço)} - \text{Volume de Água Faturado}}{\text{Volume de Água (Produzido+Tratado Importado-de Serviço)}} \quad (\text{Equação 13})$$

Segundo o SNIS (2019) o “Volume de Água Produzido (AG006)” corresponde ao volume anual de água disponível para consumo, compreendendo a água captada pelo prestador de serviços e a água bruta importada, ambas tratadas na (s) unidade (s) de tratamento do prestador de serviços, medido ou estimado na (s) saída (s) da (s) ETA (s) ou UTS (s). Inclui também os volumes de água captada pelo prestador de serviços ou de água bruta importada, que forem disponibilizados para consumo sem tratamento, medidos na (s) respectiva (s) entrada (s) do sistema de distribuição. O “Volume de Água Tratado Importado (AG018)”, caracteriza o volume anual de água potável, previamente tratada (em ETA(s) ou em UTS(s)), recebido de outros agentes fornecedores, “Volume de Água De Serviço (AG024)”, é o valor da soma dos volumes anuais de água usados para atividades operacionais e especiais, acrescido do volume de água recuperado e o “Volume de Água Faturado (AG011)” corresponde ao volume anual de água debitado ao total de economias (medidas e não medidas), para fins de faturamento, Incluído o volume de água tratada exportado (AG019) para outro prestador de serviços.

3.8.2 ÍNDICE DE PERDAS NA DISTRIBUIÇÃO (%) - IN049

O Índice de Perdas na Distribuição é calculado pelo SNIS (2019) segundo a Equação 14 - Índice de Perdas na Distribuição (IN049):

$$\frac{\text{Volume de Água (Produzido+Tratado Importado-de Serviço)} - \text{Volume de Água Consumido}}{\text{Volume de Água (Produzido+Tratado Importado-de Serviço)}} \quad (\text{Equação 14})$$

Acrescenta-se aqui a seguinte definição do SNIS (2019): o “Volume de Água Consumido (AG010)”, que é definido como o volume anual de água consumido por todos os usuários, compreendendo o volume micro medido, o volume de consumo estimado para as ligações desprovidas de hidrômetro ou com hidrômetro parado, acrescido do volume de água tratada exportado para outro prestador de serviços.

3.8.3 ÍNDICE DE PERDAS POR LIGAÇÃO (L/LIG.DIA) - IN051

O Índice de Perdas por Ligação (IN051) é calculado segundo a Equação 15 - Índice de Perdas por Ligação (IN051):

$$\frac{\text{Volume de Água (Produzido + Tratado Importado - de Serviço)} - \text{Volume de Água Consumido}}{\text{Quantidade de Ligações Ativas de Água}} \times \frac{1.000}{365} \quad (\text{Equação 15})$$

Para a aplicação desse índice, o SNIS (2019) define a “Quantidade de Ligações Ativas de Água (AG002)” como a quantidade de ligações ativas de água ligadas à rede pública, providas ou não de hidrômetro, que estava em pleno funcionamento no último dia do ano de referência. No caso dessa informação, considera-se a média aritmética dos valores do ano de referência e do ano anterior ao mesmo para cálculo deste indicador.

3.8.4 ÍNDICE DE VAZAMENTO DA INFRAESTRUTURA – IVI (INFRASTRUCTURE LEAKAGE INDEX - ILI)

Segundo a IWA, o IVI é calculado conforme as Equações 16 e 17:

$$ILI = IVI = \frac{\text{Perdas Reais Anuais}}{\text{Perdas Reais Anuais Inevitáveis}} \quad (\text{adimensional}) \quad (\text{Equação 16})$$

As Perdas Reais Anuais Inevitáveis (PRAI) são calculadas na seguinte forma:

$$PRAI = \left[\frac{(18 \times Lf + 0,8 \times Ni + 25 \times Lram) \times P}{1000} \right] (m^3/dia) \quad (Equação 17)$$

Onde:

Lf = Comprimento de rede (Km);

Ni = Número de ligações (unidades);

$Lram$ = Comprimento ramal (distância, em metros, entre a testada do imóvel até o hidrômetro)

P = Pressão média (mca)

3.9 METODOLOGIA PARA MITIGAÇÃO DAS PERDAS: BOAS PRÁTICAS DA IWA

A seguir, são apresentadas as recomendações da IWA para mitigação das perdas, sintetizando, de forma clara, as principais ações para se combater as perdas nos sistemas de abastecimento de água a serem aplicadas neste estudo.

3.9.1 Mitigação das Perdas Reais

Para a mitigação das perdas reais da região, alguns pontos importantes devem ser considerados inicialmente, segundo os entendimentos da IWA (2006) e a experiência dos operadores na gestão de perdas identificadas no cenário nacional:

- É condição essencial para uma eficiente gestão das perdas que exista um cadastro técnico atualizado e confiável;
- É necessário retratar, fielmente, a realidade da infraestrutura da rede de distribuição de água e outras partes do sistema através do projeto da rede existente;
- As avaliações para controle e redução de perdas devem ser realizadas em áreas delimitadas e estanques da rede de distribuição. A melhor forma de realizar essas análises e avaliações é através dos Distritos de Medição e Controle - DMC, com instalação de um macromedidor na sua entrada, geralmente contendo um número de ligações entre 2.000 e 5.000;

- A Macromedição trata não somente da instalação de macromedidores, mas sim de todas as suas atividades inerentes, tais como: ensaios para calibração, ajustes físicos de instalações e manutenção em geral e atualização tecnológica;
- Observa-se, ainda, o fato de que avaliações realizadas na maioria das operadoras no mundo mostram que o grande vilão das perdas reais é o ramal predial, conforme a experiências da SABESP (2014) e Melato (2010), que possui a maior parte das ocorrências de vazamentos e dos volumes perdidos. Segundo a ABES (2015), na maioria das vezes os ramais são executados com tubos plásticos no Brasil, com número elevado de juntas, contando, ainda, com problemas nos materiais e na mão de obra empregados no setor, o que aumenta consubstancialmente as perdas reais.

O esquema apresentado na Figura 17 foi proposto pela IWA (2006) e foi difundido por todo o mundo. Composto por quatro grandes ações, as "Boas Práticas", se aplicadas na medida e na sequência ideal para cada sistema, permite o alcance dos resultados almejados. Mostra-se também, de forma esquemática, os dois limites descritos anteriormente, o "técnico" e o "econômico" (TARDELLI, 2014):

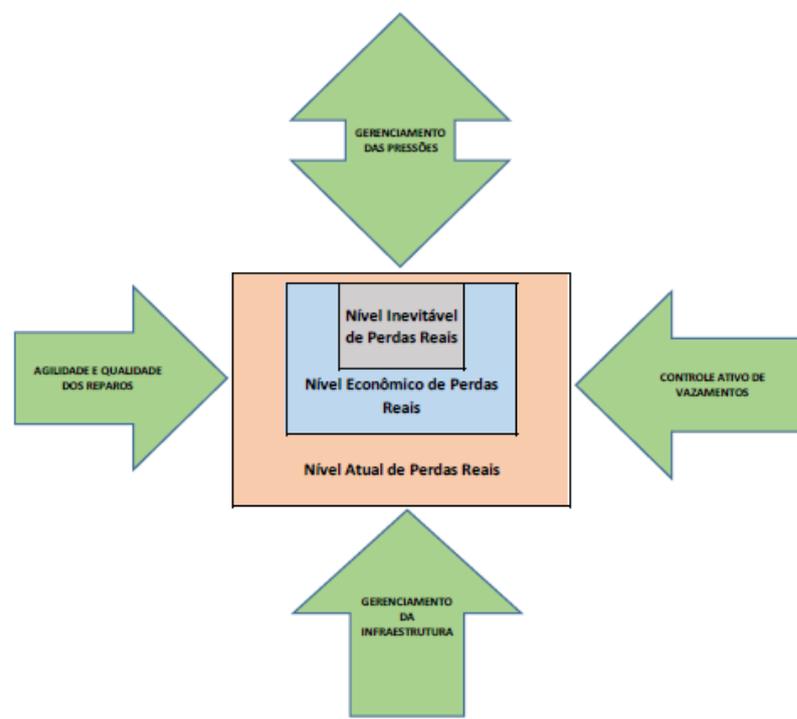


Figura 17: Boas práticas da IWA para mitigação de perdas reais (TARDELLI, 2014)

A seguir é feita uma breve descrição desses componentes (SABESP, 2014):

a) Gerenciamento de Pressões

Gerenciamento realizado através do zoneamento piezométrico e da adoção de equipamentos para elevar ou reduzir as pressões, visando trabalhar com pressões adequadas às normas estabelecidas e devidamente estabilizadas. O fato desta ação poder gerar a necessidade de aumentar ou diminuir as pressões no sistema, a fim de mitigar os vazamentos, explica o sentido da seta para cima e para baixo na representação gráfica referente ao gerenciamento das pressões.

b) Controle Ativo de Vazamentos

Gerenciamento realizado de forma ativa, através do controle de pressão e do monitoramento e pesquisa de vazamentos antes de se tornarem aflorantes ou visíveis, feitos com utilização de aparelhos de detecção acústica – geofone mecânico, eletrônico e o correlacionador de ruídos. Atualmente outra importante ferramenta tem ganhado destaque no controle ativo de vazamento, a modelagem hidráulica das perdas.

c) Agilidade e Qualidade no Reparo dos Vazamentos

Prática fundamental em que a operadora de saneamento monta uma logística para reparar os vazamentos visíveis e não visíveis com maior agilidade possível. Busca-se capacitar a mão de obra empregada e utilizar materiais e métodos adequados para execução dos reparos. Deve se evitar o retrabalho em função de reparos malsucedidos, mitigando, assim, desperdício de recursos financeiros e a perpetuação das perdas, que gera impacto na credibilidade do prestador de serviços.

d) Gerenciamento da Infraestrutura

Trata-se da atividade mais importante para o combate às perdas reais segundo a IWA (2006), alcançando resultados definitivos e duradouros. No entanto, apresenta os maiores custos agregados. Busca-se a obtenção da boa execução das implantações das tubulações, através da qualidade dos projetos, materiais e mão de obra empregados no sistema e busca, também, a substituição das tubulações, quando o histórico de problemas assim justificar.

É considerado como critério para seleção das ações para o gerenciamento da infraestrutura do presente estudo os resultados efetivos do Programa de Controle e Redução de Perdas da SABESP. Orellana (2020) apresenta a avaliação dos resultados de perdas pós-obra dos principais contratos encerrados do projeto JICA da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), com uma latente correlação entre o percentual de troca de rede em tubulação de PEAD e o percentual de redução dos índices de perdas, em L/lig.dia, alcançados, conforme Quadro 6:

Quadro 6 – Avaliação dos Resultados de Redução de Perdas nos Contratos Encerrados do Projeto JICA da SABESP, destacando a correlação entre a troca percentual (%) de rede em tubo PEAD com a redução percentual (%) de perdas, indicador IPDt (L/lig. dia)

Obras | JICA – Contratos Encerrados – Avaliação de Resultados



AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS DE PERDAS - PÓS OBRA					Perdas Reais (físicas)			Indicador de Perdas		
UN	Setor de Abastecimento	Escopo	Valores Investidos R\$ milhões	Retorno (R\$/L/s)	(L/s)			IPDt (l/lig.dia)		
					Antes da obra	Após a obra	Redução	Antes da obra	Após a obra	Redução
ML	VRP Antonio	11,1 km rede + 1.347 ramais (68% da extensão da rede)	3,43	283.471,00	18,1	6,0	68%	681	227	67%
	VRP Astorga	5,6 km rede + 829 ramais (86% da extensão da rede)	1,77	431.707,00	4,5	0,4	91%	281	23	92%
MN	VRP Casa Verde	6,6 km rede + 620 ramais (77% da extensão da rede)	2,85	268.490,00	12,5	1,9	85%	942	176	81%
	Casa Verde (t...)	54,5 km rede + 6.976 ramais (60% da extensão da rede)	19,50	741.522,22	43,9	17,6	60%	584	207	65%
MN	VRP Ana Ribe	9,9 km de rede + 2124 ramais (76% da extensão da rede)	4,32	239.722,00	23,5	5,5	77%	633	157	75%

Fonte: Departamento do Programa de Redução de Perdas da SABESP (Orellana, 2020)

3.9.2 Mitigação das Perdas Aparentes

A SABESP (2014) enuncia também as condições básicas para mitigação das perdas aparentes:

- É fundamental que qualquer sistema conte com 100% de hidrometração, seja pela imprudência observada no uso da água pelos clientes ou pela indispensável necessidade de apuração dos volumes medidos;
- É essencial, também, a existência de um cadastro comercial confiável e atualizado, para não se conviver com distorções durante a cobrança dos clientes e de forma a mitigar as deficiências de apuração dos volumes micromedidos.

As ações para combater os problemas de perdas aparentes relatados anteriormente, segundo os entendimentos da SABESP (2014), estão sintetizadas na Figura 18, adaptada da ilustração de Tardelli (2014) para perdas reais:

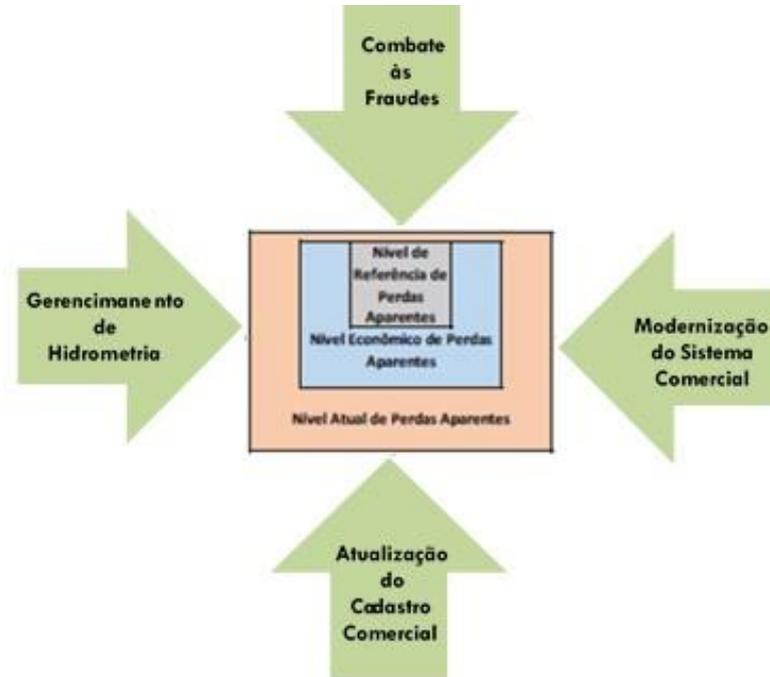


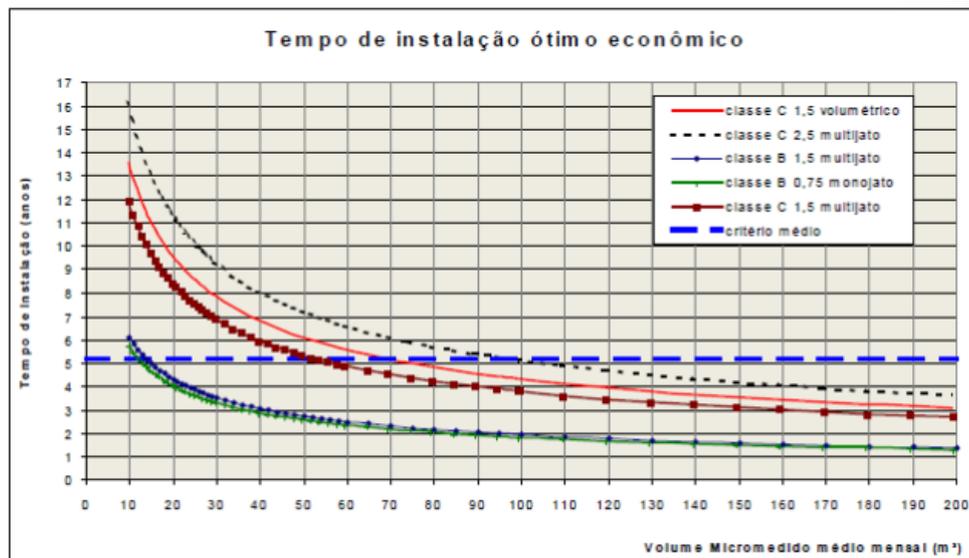
Figura 18: Boas práticas da IWA para mitigação de perdas aparentes (TARDELLI, 2014, adaptado)

a) Gerenciamento da Hidrometria:

Reflete a necessidade de se realizar o acompanhamento dos hidrômetros instalados, com priorização e substituição daqueles sujeitos a maiores submedições, devido ao envelhecimento ou à inadequação da sua capacidade nominal ao perfil de consumo do cliente - trocas preventivas. Corresponde também as trocas corretivas, através da substituição dos hidrômetros quebrados.

Estudos realizados pela Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR (DEPEXE, 2015) mostram um tempo máximo de 5,2 anos de vida útil para os hidrômetros, considerando o critério de otimização a condição em que o custo marginal das substituições iguala o faturamento médio. Estes estudos demonstraram também que a aplicação do modelo de otimização por faixa de consumo e por tipo de hidrômetro, realizado pela SANEPAR, proporciona um resultado mais fino e preciso. A análise resultou a curva que define o critério geral de troca preventiva de hidrômetros, como apresentado na Figura 19:

Figura 19 - Análise Otimizada do Tempo para a Troca Preventiva de Hidrômetros



Fonte: ABES, 2015

b) Combate às Fraudes e Irregularidades:

Prática de monitoramento das variações de consumos dos clientes, onde há uma minuciosa identificação de potenciais irregularidades do tipo: ligações clandestinas ou reativações de ligações consideradas inativas. Realiza-se inspeções em campo, acata-se denúncias e, posteriormente, regulariza-se os problemas constatados.

c) Modernização do Sistema Comercial:

Busca-se a implantação e modernização contínua dos sistemas informatizados que processam e consolidam os dados das atividades de apuração de consumos, dos faturamentos etc.

d) Atualização do Cadastro Comercial:

Esforço realizado no sentido a obter uma eficiente manutenção do cadastro, atualizando-o continuamente. Elimina-se ao máximo as ligações sem hidrômetros, buscando agilidade no cadastramento das novas ligações.

3.10 DEFINIÇÃO DAS METAS PARA REDUÇÃO DAS PERDAS

As metas globais e regionais estipuladas no PLANSAB para o Índice de Perdas na Distribuição (IN049) a serem alcançados a médio e longo prazo no Brasil são consideradas como critério para determinação de duas das três metas do presente estudo: meta realista e otimista. Metas apresentadas na Tabela 4:

Tabela 4: Metas globais e regionais para o índice de perdas na distribuição (IN049) no PLANSAB

Região	Metas - Índice de Perdas na Distribuição (%)			
	2010	2018	2023	2033
Norte	51	45	41	33
Nordeste	51	44	41	33
Sudoeste	34	33	32	29
Sul	35	33	32	29
Centro-Oeste	34	32	31	29
Brasil	39	36	34	31

Fonte: (PLANSAB, 2013)

Para o atendimento a meta de curto prazo, considerada a meta pessimista do estudo, foi adotado como critério o atendimento ao índice já registrado no Brasil em 2018, IN049 = 38,45%.

Em resumo, são consideradas as seguintes metas para o estudo:

- Meta Pessimista, que considera o índice de perda na distribuição registrado no Brasil pelo SNIS em 2018 (IN049 = 38,45%);
- Meta Realista, que leva em consideração a meta de médio prazo para redução do índice de perda na distribuição estimada pelo PLANSAB, a ser alcançada no Sudeste do Brasil em 2023 (IN049 = 32%);
- Meta Otimista, que tem por objetivo alcançar os índices previstos no PLANSAB para o sudeste em 2033 (IN049 = 29%).

4 ESTUDO DE CASO

4.1 INTRODUÇÃO

Neste Capítulo, inicialmente é feita uma apresentação da área de estudo, contendo as características da região, incluindo aquelas que levaram a sua escolha como objeto de pesquisa. Inclui-se também as informações dos elementos hidráulicos do sistema de abastecimento existentes na microrregião - Vila Residencial localizada no Campus da Cidade Universitária da Ilha do Fundão, UFRJ, conforme análise do Projeto fornecido pela CEDAE.

Apresenta-se os dados de vazão fornecidos pela prestadora dos serviços, a CEDAE, considerando um período de estudo de uma série histórica de 12 meses, de março de 2019 a fevereiro de 2020. Foram apresentados e analisados os dados de macromedição e de pressão referentes aos macromedidores de dois DMCs considerados na área de estudo, o DMC Vila Residencial e o DMC Rua dos Cravos. Analisa-se, também, os dados de volume faturado e micromedidos fornecidos pelo prestador dos serviços, referentes às ligações cadastradas no período.

É realizado o diagnóstico das perdas da região através da elaboração do Balanço Hídrico, nos moldes da Matriz da IWA, através da abordagem *top-down*, extraída neste estudo através do software *WB – EasyCalc*, preconizado pela IWA.

O rateio das perdas, identificação das perdas reais e aparentes, são consubstanciados através do “método *bottom-up*”, através da Análise da Vazão Mínima Noturna.

É realizada a avaliação dos custos do cenário base do DMC da Vila residencial.

A obtenção do diagnóstico supracitado, com o correspondente detalhamento das perdas reais e aparentes do DMC da Vila Residencial, torna possível a aplicação direcionada das práticas para mitigação de perdas reais, segundo os entendimentos da IWA.

São definidas, como foco deste estudo, ações para o gerenciamento da infraestrutura existente como medida para obtenção da redução dos índices de perdas totais na região, por ser considerada uma medida mais efetiva, eficiente e duradoura. Neste sentido, serão definidos quatro cenários hipotéticos de investimento considerando a troca total ou parcial da rede e das ligações existentes em PVC PBA por uma nova infraestrutura em tubos de Polietileno de Alta densidade (PEAD),

material com propriedades superiores e com menores custos de implantação, sendo estes: troca de 100%, 50%, 33,33% e 25% da rede e ramais.

É realizada uma análise do retorno dos investimentos, o *payback*, das ações de gerenciamento de infraestrutura em quatro cenários propostos neste estudo, tendo como objetivo estratégico a redução dos índices de perdas na rede aos níveis a serem alcançados em três diferentes metas dos anos base do PLANSAB.

Os planos de gestão de perdas da Vila Residencial da UFRJ apresentados neste estudo consideram, ainda, as ações específicas para atendimento de outras importantes práticas de gestão de perdas reais recomendadas pela IWA (2006), a citar: a agilidade e qualidade dos reparos e o controle ativo de vazamentos.

4.2 ÁREA DE ESTUDO

4.2.1 A CIDADE UNIVERSITÁRIA DA UFRJ

A Cidade Universitária na Ilha do Fundão foi criada pela Lei Nº 447 de 20/10/1948 que unificava nove ilhas da Baía de Guanabara, sendo uma delas a ilha do Fundão, por meio de um aterramento no leito marinho na área, dando fim a uma longa discussão de sua localização proveniente desde a década de 30. A definição e consolidação da “Ilha Universitária” deu-se sobre coordenação do engenheiro Luiz Hildebrando, a partir do Escritório Técnico da Universidade do Brasil – ETUB, conforme Figuras 20 e 21:

Figura 20 – Arquipélago onde construiu-se a Cidade Universitária - Ilha do Fundão



Fonte: PDCIDUNI (2020)

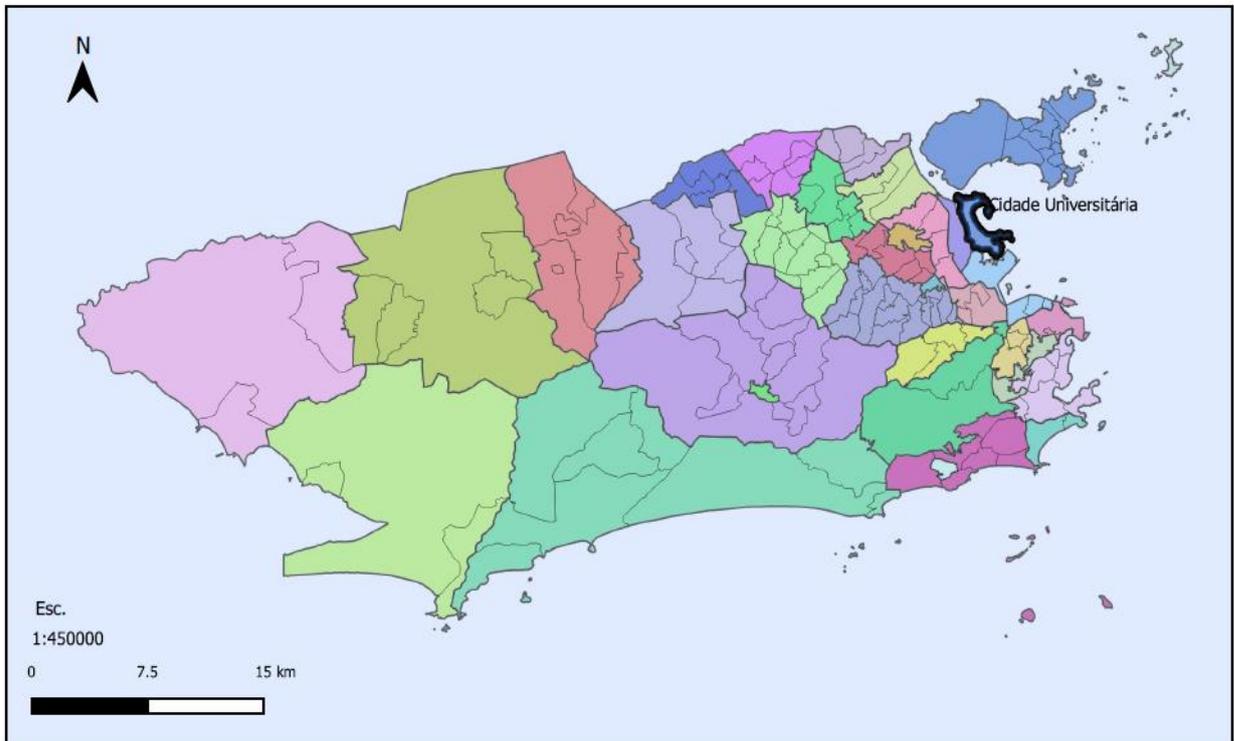
Figura 21 – Cidade Universitário logo após o aterramento em 1953



Fonte: PDCIDUNI (2020)

As Infraestruturas analisadas no presente trabalho estão localizadas no Campus da Cidade Universitária da UFRJ - Ilha do Fundão. A seguir, apresenta-se o mapa da localização do campus supracitado na Cidade do Rio de Janeiro, por meio da Figura 22:

Figura 22 – Localização do Campus da Cidade Universitária da UFRJ, Ilha do Fundão, na Cidade do Rio de Janeiro (Elaboração Própria, 2020).

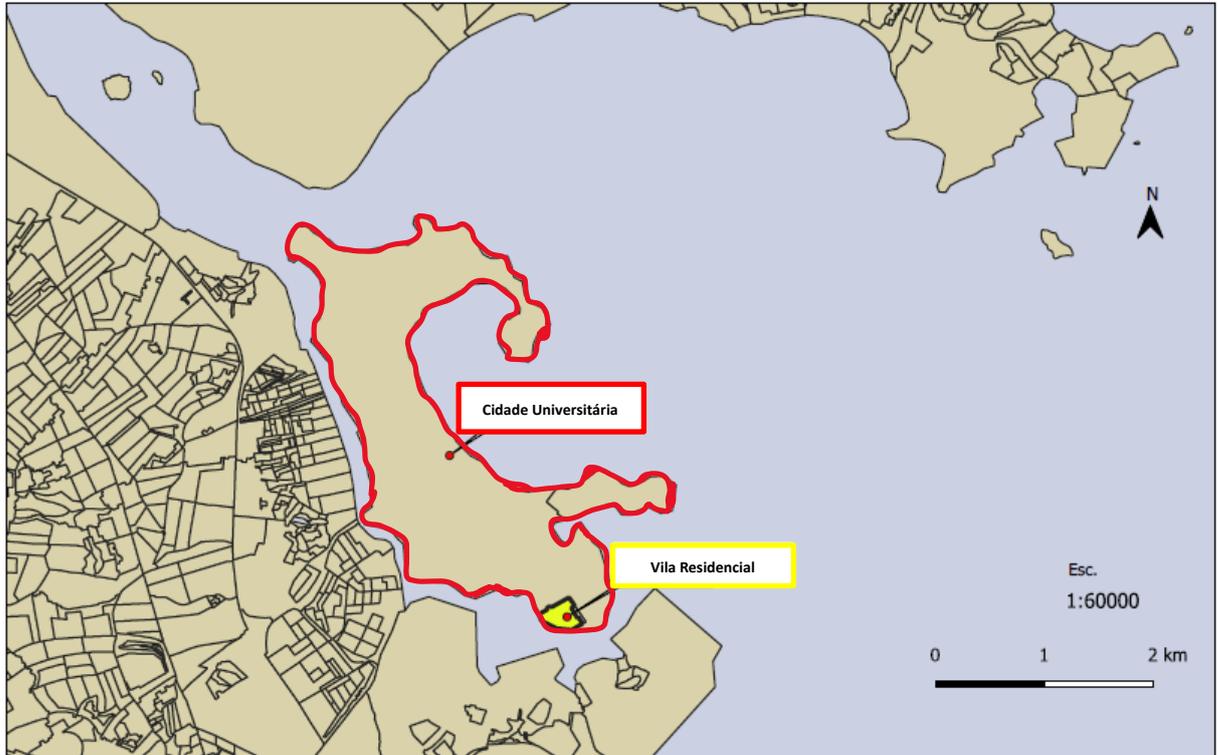


Dados: Limites dos Bairros e Limites das Regiões Administrativas do município do Rio de Janeiro
 Fonte de dados: IPP - Instituto Pereira Passos
 Datum: EPSG 29193 - SAD69/UTM Zone 23S - Projetado
 Autor: Gabriel Madeira
 Data: Setembro de 2020

4.2.2 A VILA RESIDENCIAL

Localizada à sudeste da Ilha do Fundão, a Vila Residencial da UFRJ pertence ao bairro da Cidade Universitária, possui uma vinculação institucional direta com a UFRJ e ocupa uma área de 122.640 m² de um total de 5.238.337,90 m² da Cidade Universitária, conforme Figura 23.

Figura 23 – Localização do Setor Censitário da Vila Residencial - área destacada em amarelo, no Campus da Cidade Universitária da UFRJ, Ilha do Fundão – área delimitada em vermelho (Elaboração Própria, 2020).



Dados: Malhas Territoriais dos Setores Censitários
 Fonte de dados: Censo Demográfico 2010 - IBGE
 Datum: EPSG 31983 - SIRGAS 2000/UTM Zone 23S - Projetado
 Autor: Gabriel Madeira
 Data: Setembro de 2020

Testemunha viva da história da Cidade Universitária, a região é carente de planejamento urbano e social, sofre com ausência de controle da gestão efetiva dos recursos hídricos e com conseqüente elevado índice de perdas no abastecimento de água. Historicamente, a maioria de seus primeiros moradores foi de operários que se mobilizaram para a construção dos megaempreendimentos de aterro e unificação das ilhas de Sapucaia e do Catalão, que, juntamente com outras seis ilhas (Cabras, Pindaí do Ferreira, Pindaí do França, Baiacu, Fundão, Bom Jesus), viriam constituir a Ilha da Cidade Universitária. A população foi complementada por outra gama de operários que vieram construir a Universidade do Brasil, que ao fim das obras foram integrados ao quadro funcional da universidade e receberam terrenos para construir suas moradias. Durante a construção da Ponte Rio-Niterói, no início dos anos 70, a Vila Residencial foi usada como depósito e suporte à obra. Barracos de madeira,

construídos em caráter temporário, para abrigar os operários da construção da ponte começaram a ser ocupados pelos moradores que viviam espalhados pelos mais diversos pontos da então Cidade Universitária, sendo a sua maioria de funcionários da UFRJ. Com o passar dos anos, os problemas relacionados a perdas de água na Vila Residencial se acumularam em decorrência da falta de manutenção das já precárias instalações implantadas pelos próprios moradores e pelo aumento populacional, incluindo a presença de ligações clandestinas e hidrômetros defeituosos ou alterados.

De acordo com Censo Demográfico mais atual do IBGE, as informações obtidas através do código da variável referente ao setor indicam que a Vila Residencial no ano de 2010 possuía 364 domicílios particulares permanentes e 1.150 moradores em domicílios particulares permanentes – variável V002. Identificou-se também que nos dados que incluem os domicílios coletivos, variável V001, foram registrados 390 domicílios particulares e coletivos e 1.176 moradores em domicílios particulares e coletivos nos dados do Censo 2010.

Vale ressaltar que os dados supracitados são referentes ao último Censo Demográfico realizado pelo IBGE, ano de 2010, possuindo, assim, uma defasagem de uma década para a realidade do período deste estudo – março de 2019 a fevereiro de 2020, no entanto, serão utilizados como norteadores para este estudo de caso, por serem considerados os dados mais confiáveis obtidos da região.

Pena (2010) destaca que o IBGE considera a identificação de 2 tipos de setores censitários, os comuns (não-especial) e o especial – aglomeração subnormal (setor tipo 1). Setor aglomerado subnormal é todo conjunto (favelas e assemelhados) constituídos por unidades habitacionais (barracos, casas etc.), ocupando ou tendo ocupado até período recente, terreno de propriedade alheia (pública ou particular), dispostas em geral, de forma desordenada e densa, e carentes, em sua maioria, de serviços públicos essenciais (IBGE, 2010). Neste sentido, constatou-se que não há atualmente setor censitário especial, favelas e assemelhados, na região da Vila Residencial da UFRJ, segundo os dados do IBGE.

A seleção desta área de estudo ocorreu, principalmente, pela peculiaridade de apresentar hidraulicamente um único ponto de abastecimento, tendo também limites bem definidos. Assim, o sistema de abastecimento da Vila Residencial se torna um circuito “estanque”, o que favorece a obtenção das estimativas dos volumes de águas,

produzido e faturado/consumido, sendo uma área propícia para a aplicação da metodologia da IWA. A escolha da área de estudo se mostra conveniente também, uma vez que não há programas de controle e redução de perdas realizados pelo prestador em questão, a CEDAE.

4.3 SISTEMA DE ABASTECIMENTO EXISTENTE - VILA RESIDENCIAL/UFRJ

O abastecimento de água na Vila Residencial é realizado pela Companhia Estadual de Águas e Esgoto do Rio de Janeiro (CEDAE), através de uma rede geral de distribuição. Em função da configuração geográfica peculiar da área de estudo, citada anteriormente, o sistema de abastecimento da Vila Residencial é alimentado através de um único ponto. O macromedidor **J16CA00109** (DN 100mm) está localizado na Rua das Papoulas, de onde parte uma tubulação de PVC-PBA, classe 15, com diâmetro de 75mm que mais adiante se bifurca para alimentar a rua dos Cravos, trecho 02, com diâmetro de 75mm, reduzindo em seguida para 50mm no trecho 01, onde encontra-se o macromedidor **G16CA01017** (DN 50mm). A outra derivação segue para a Rua das Margaridas, também com diâmetro de 75mm, dando sequência ao atendimento do abastecimento de toda a área de estudo, com tubulações e consequentes derivações, ramificações e anéis hidráulicos com diâmetros variando entre 75mm e 50mm. O trecho referente a Rua dos Cravos, DMC delimitado pelo macro medidor G16CA01017 (DN 50mm), possui um comprimento total de rede de 409 metros. O sistema de abastecimento de água da Vila Residencial possui um comprimento total de rede de distribuição de 3.705 metros.

Segundo relatório recente do Laboratório de Projetos Urbanos Sustentáveis (LABURB/UFRJ), sob coordenação da Professora Gisele Silva Barbosa (Poli/UFRJ), foi identificado, no diagnóstico da Vila Residencial da UFRJ, que toda a população da região tem acesso aos serviços de abastecimento de água, com cerca de 71% do armazenamento sendo feito em caixas d'água e os outros 29% em cisternas, conforme Figura 24 (LABURB/UFRJ, 2016):

REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

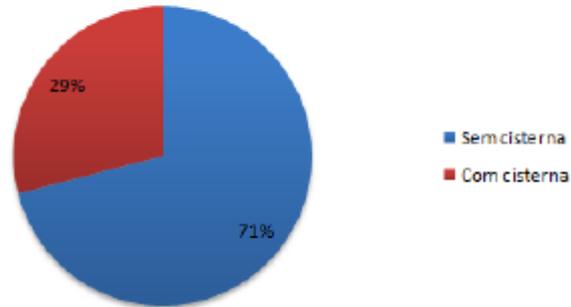


Figura 24: Rede de Distribuição de Água da Vila Residencial da UFRJ (LABURB, 2016)

4.4 DADOS POPULACIONAIS DA VILA RESIDENCIAL/UFRJ

A maioria da população da Vila Residencial, assim como sua região, apresenta um vínculo histórico com a UFRJ. O LABURB (2016) ratifica esta característica presente até os dias atuais através da Figura 25:

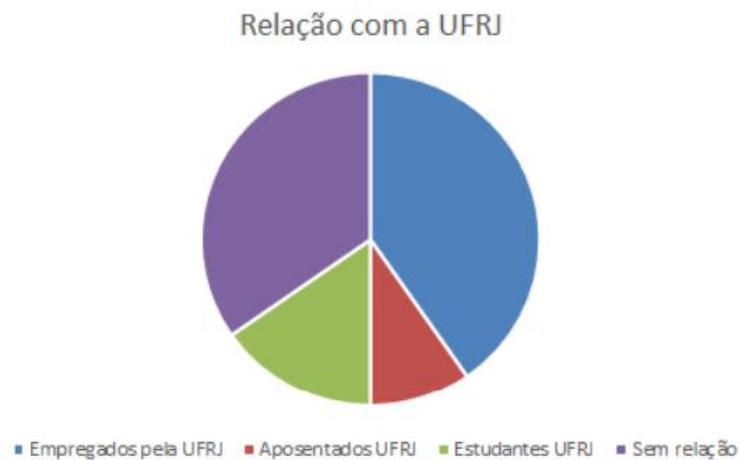


Figura 25: Vínculo dos moradores da Vila Residencial com a UFRJ (LABURB, 2016)

Em relação ao quantitativo populacional, de acordo com Censo Demográfico mais atual do IBGE, a Vila Residencial possuía 1.150 moradores em 364 domicílios particulares permanentes registrados no ano de 2010, computando, assim, uma Taxa de Ocupação de aproximadamente 3 habitantes/domicílio. No entanto, em virtude da não atualização do Censo no ano de 2020, os dados populacionais estão bastante defasados da realidade.

Segundo o Diagnóstico da Vila Residencial da UFRJ (LABURB, 2016), a taxa de ocupação da região em 2016, em sua maioria, variou entre 3 e 8 pessoas por residência, com estimativa total de aproximadamente 2.000 moradores, não sendo, no entanto, levantado o número exato de residentes da Vila no período do estudo supracitado.

Neste sentido, considerando, ainda, a grande volatilidade dos números de moradores da região, em função, principalmente, da ocupação sazonal de repúblicas estudantis e albergues de funcionários do Parque Tecnológico da UFRJ, buscou-se estimar a população atual utilizando os dados fornecidos pela CEDAE, referentes aos domicílios existentes no período do estudo, considerando o uso da mesma taxa de ocupação obtida com os dados do IBGE em 2010, de forma a obter estimativas mais precisas, mitigando erros na aplicação desta abordagem. Extrapolando os dados populacionais para os dias atuais, considera-se, assim, um total de 1.524 habitantes na Vila Residencial no período de estudo.

4.5 DADOS MACROMEDIDOS E PRESSÕES NO SISTEMA

A macromedição é feita a partir da instalação de um macromedidor, com plano pré-definido em projeto e seu correspondente memorial descritivo, dimensionado em função da demanda do setor e do perfil de pressão.

As Figuras 26 e 27 apresentam a localização na rede dos macromedidores de vazão e dos medidores de pressão nos dois DMCs objeto de estudo.

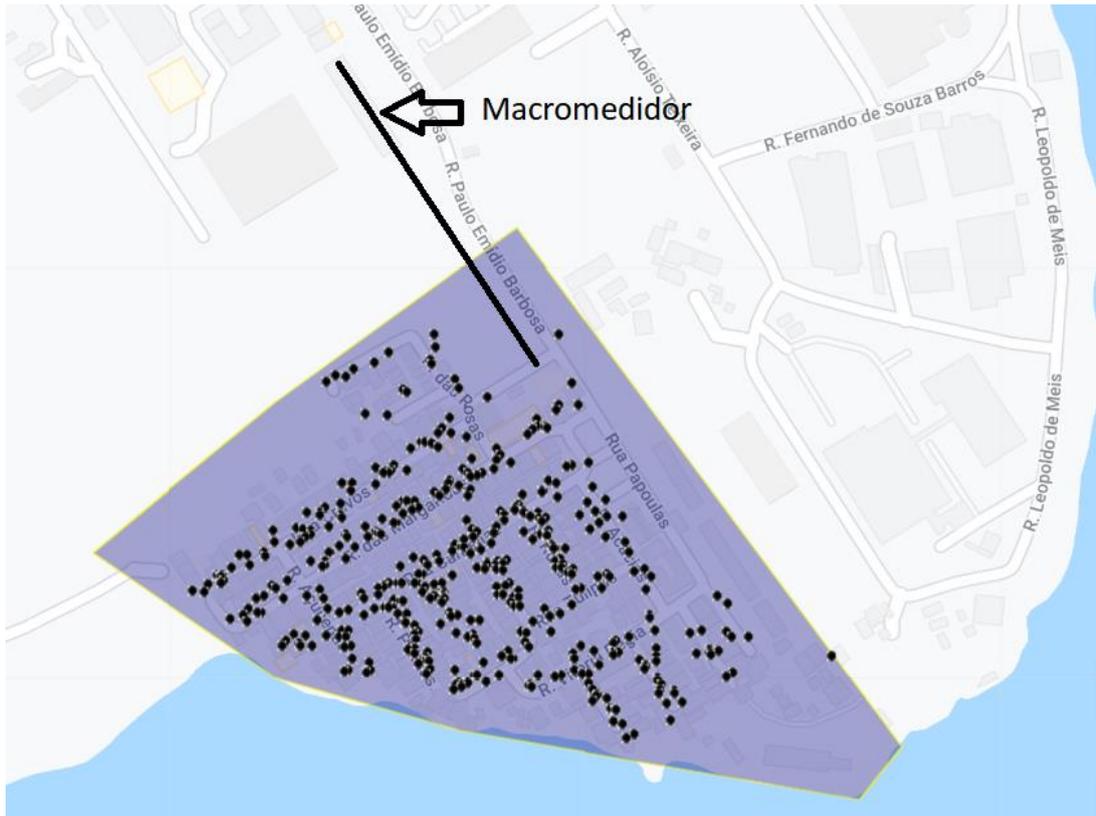


Figura 26 – Localização das economias e do Macromedidor de vazão e de pressão do DMC Vila Residencial. Sinalização e Marcadores em preto. (CEDAE, 2020).



Figura 27 – Localização das economias e do Macromedidor de vazão e de pressão DMC Rua dos Cravos. Sinalização e Marcadores em preto. (CEDAE, 2020).

A prestadora dos serviços da região observou, em vistoria realizada *in loco*, que os macromedidores existentes necessitavam de manutenção e devida calibração. A CEDAE realizou, assim, a troca dos macromedidores objeto da pesquisa, contendo o

recurso de telemetria, para a mitigação dos erros de leitura e, correspondente, correta aferição das medições durante o período de estudo, conforme Figuras 28 a 30:



Figura 28: Macromedidor do DMC da Vila Residencial, 100mm, antes da manutenção (elaboração própria, 2018)



Figura 29: Macromedidor do DMC da Rua dos Cravos, 50mm, antes da manutenção (Elaboração própria, 2018)



Figura 30: Realização de manutenção, troca, do Macromedidor do DMC da Vila Residencial, 100mm (CEDAE, 2018)

Os dados da macromedição apresentados neste estudo foram, assim, fornecidos pelo prestador, a CEDAE, baseados nas leituras hora a hora dos consumos dos macromedidores **J16CA00109** (DN 100mm) e **G16CA01017** (DN 50mm) e dos medidores de pressão presentes na rede, após manutenção, seguindo o calendário comercial, em relação aos setores e datas de leitura da micromedição, no período de março de 2019 a fevereiro de 2020.

A seguir apresenta-se as Figuras 31 e 32 identificando os macromedidores objetos deste estudo, após a manutenção da CEDAE.



Figura 31: Macromedidor da marca KROHNE/CONAUT, 100mm, referente ao DMC Vila Residencial, após a manutenção (CEDAE, 2018)



Figura 32: Macromedidor da marca KROHNE/CONAUT, 50mm, referente ao DMC Rua dos Cravos, após a manutenção (CEDAE, 2018)

Os dados/leituras das vazões dos macromedidores e das respectivas leituras de pressões fornecidos hora em hora, no período mínimo de um (01) ano, torna possível identificar a ocorrência ou não de "amortecimento" da curva, por abastecimento das caixas de água em período noturno por exemplo; o que pode impactar na aplicação da análise das perdas através das vazões mínimas noturnas, conforme conclui Pena (2010) em seus estudos.

As medições de vazão foram visualizadas em gráficos de forma a facilitar a identificação de medições a serem descartadas por estarem fora do padrão para o período analisado. De uma forma geral, os valores das medições se apresentam com comportamento bastante regular, tanto para o macromedidor da Vila Residencial quanto para o da Rua dos Cravos, apresentando as variações horárias da demanda, em sua maioria, dentro de um mesmo padrão para todos os doze meses, ocorrendo apenas a esperada mudança no padrão por conta da sazonalidade.

Os gráficos das Figuras 33 e 34 apresentam os dados supracitados de vazão para os dois DMC considerados, Vila Residencial e Rua dos Cravos. Pode-se observar uma pequena quantidade de leituras que fugiram do padrão de comportamento das variações da demanda. Tais pontos, irrisórios em comparação ao montante da amostra, foram descartados.

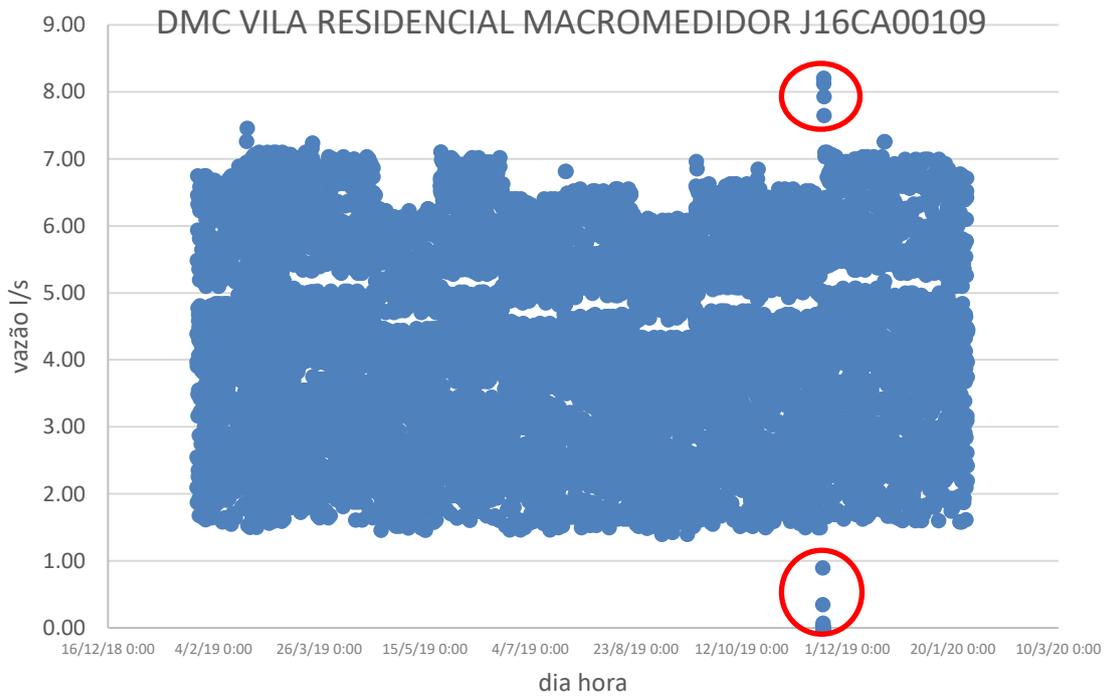


Figura 33 – Medições de Vazões hora a hora do Macromedidor J16CA00109 no período de estudo, com destaque para os pontos descartados – circunscritos (CEDAE, 2020)



Figura 34 – Medições de Vazões hora a hora do Macromedidor G16CA01017 no período de estudo, com destaque para os pontos descartados – circunscritos (CEDAE, 2020)

O mesmo procedimento foi adotado para verificar os valores de pressão. As Figuras 35 e 36 representam graficamente as medições, incluindo os pontos fora do padrão, considerados irrisórios em comparação ao montante da amostra, mas que foram descartados, referentes ao medidor de pressão da Vila Residencial e o da Rua dos Cravos, respectivamente.

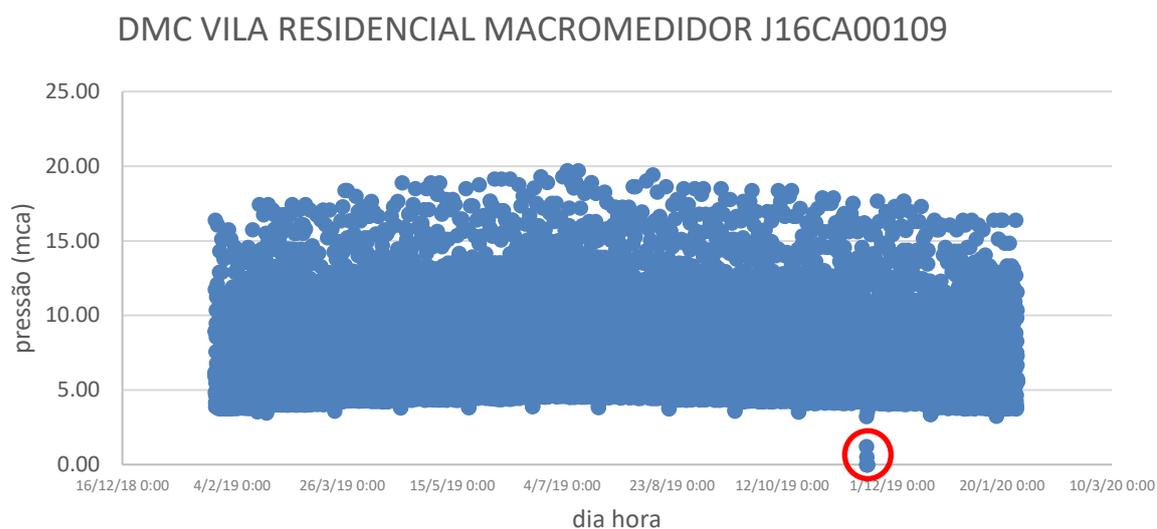


Figura 35 – Medições de Pressões hora a hora para o DMC da Vila Residencial no período de estudo, com destaque para os pontos descartados – circulos (CEDAE, 2020)

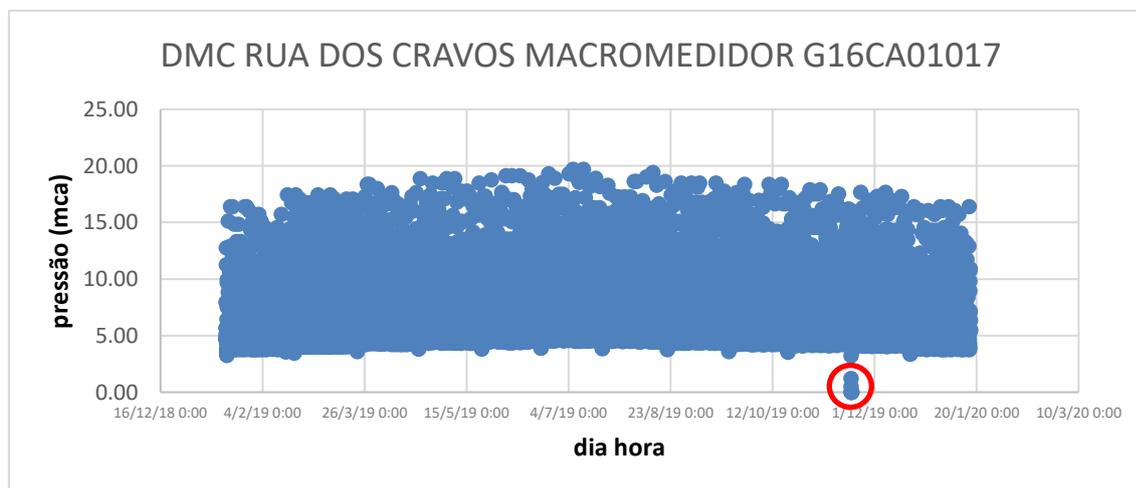


Figura 36 – Medições de Pressões hora a hora para o DMC da Rua dos Cravos no período de estudo, com destaque para os pontos descartados – circulos (CEDAE, 2020)

Após a consolidação das amostragens foi definido o volume anual de água que ingressou efetivamente nos sistemas e as medições de pressão correspondentes aos

medidores da Vila Residencial e ao da Rua dos Cravos para o período de março de 2019 a fevereiro de 2020.

Para o medidor da Vila Residencial obteve-se a o volume de entrada 129.979 m³/ano macromedido (equivalente à vazão média produzida total de 4,12 L/s) e pressão média anual no valor de 7,7 mca. Para o DMC da Rua dos Cravos obteve-se o volume de entrada 5.615 m³/ano macromedido (equivalente à vazão média anual de 0,18 L/s) e uma pressão média anual no valor de 7,7 mca.

4.6 DADOS MICROMEDIDOS E LIGAÇÕES CADASTRADAS

Os dados de micromedição utilizados para o cálculo do balanço hídrico neste estudo são aqueles volumes de água utilizados pelos consumidores da Vila Residencial, nas ligações cadastradas, pertencentes aos DMCs limitados pelos macromedidores **J16CA00109** (DN 100mm) e **G16CA01017** (DN 50mm), durante o período de março de 2019 a fevereiro de 2020. As datas de medição seguem o calendário desenvolvido pelo setor de arrecadação, que constam as datas de medições de todos os setores, mês de referência comercial e o período de consumo.

A seguir, por meio da Figura 37, apresenta-se o modelo do hidrômetro existente nas unidades consideradas neste estudo. O micromedidor modelo *HidroReader* da *Energyrus*, possui tecnologia de telemetria, o que possibilita a leitura on-line das suas medições.



Figura 37: Modelo de Hidrômetro *HidroReader* da *Energyrus* instalados nas unidades em estudo. Fonte: CEDAE (2019)

As Tabelas 5 e 6 apresentam os resultados referentes ao volume total e médio anual, faturado e medido, das ligações e economias ativas (cadastradas) por tipo de consumidor domiciliar, comercial e industrial nos DMCs Vila Residencial e Rua dos Cravos.

Tabela 5: Dados micromedidos das economias ativas referentes ao DMC Vila Residencial

MICROMEDIÇÃO		Com hidrômetro				Sem hidrômetro				TOTAL			
Data	Categoria	Nº de Economias (un)	Quantidade de Matrículas	Consumo Faturado no Mês (m³)	Consumo Medido no Mês (m³)	Nº de Economias (un)	Quantidade de Matrículas	Consumo Faturado no Mês (m³)	Consumo Medido no Mês (m³)	Nº de Economias (un)	Quantidade de Matrículas	Consumo Faturado no Mês (m³)	Consumo Medido no Mês (m³)
mar/19	01-DOMICILIAR	500	422	4578	5620	5	5	45	21	505	427	4623	5641
	02-COMERCIAL	6	5	120	250			0	0	6	5	120	250
	03-INDUSTRIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
abr/19	01-DOMICILIAR	500	422	4.567	5.278,00	7	7	45	27	507	429	4612	5305
	02-COMERCIAL	7	6	128	165					7	6	128	165
	03-INDUSTRIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
mai/19	01-DOMICILIAR	500	422	4.134	4.953,00	7	7	45	27	507	429	4179	4980
	02-COMERCIAL	7	6	108	145					7	6	108	145
	03-INDUSTRIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
jun/19	01-DOMICILIAR	500	422	4.437	5.023,00	7	7	45	27	507	429	4482	5050
	02-COMERCIAL	7	6	112	65					7	6	112	65
	03-INDUSTRIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
jul/19	01-DOMICILIAR	500	422	4.567	5.145,00	7	7	45	27	507	429	4612	5172
	02-COMERCIAL	7	6	134	56					7	6	134	56
	03-INDUSTRIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ago/19	01-DOMICILIAR	501	423	4.817	5.398,00	7	7	45	27	508	430	4862	5425
	02-COMERCIAL	7	6	140	65					7	6	140	65
	03-INDUSTRIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
set/19	01-DOMICILIAR	501	423	4.674	5.120,00	7	7	45	27	508	430	4719	5147
	02-COMERCIAL	7	6	231	189					7	6	231	189
	03-INDUSTRIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
out/19	01-DOMICILIAR	501	423	5.233	5.768,00	7	7	47	28	508	430	5280	5796
	02-COMERCIAL	7	6	167	105					7	6	167	105
	03-INDUSTRIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
nov/19	01-DOMICILIAR	501	423	4.941	5.550,00	7	7	45	27	508	430	4986	5577
	02-COMERCIAL	7	6	378	359					7	6	378	359
	03-INDUSTRIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
dez/19	01-DOMICILIAR	503	423	4.661	5.126,00	7	7	45	27	510	430	4706	5153
	02-COMERCIAL	8	7	174	137					8	7	174	137
	03-INDUSTRIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
jan/20	01-DOMICILIAR	505	423	5.385	5.917,00	7	7	47	28	512	430	5432	5945
	02-COMERCIAL	8	7	163	141					8	7	163	141
	03-INDUSTRIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
fev/20	01-DOMICILIAR	505	423	4.984	5.505,00	7	7	44	27	512	430	5028	5532
	02-COMERCIAL	8	7	190	152					8	7	190	152
	03-INDUSTRIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Σ	TOTAL com hidrômetros			Consumo Faturado no Ano (m³)	Consumo Medido no Ano (m³)			Consumo Faturado no Ano (m³)	Consumo Medido no Ano (m³)			Consumo Faturado no Ano (m³)	Consumo Medido no Ano (m³)
				59023	66232			543	320			59566	66552
				Consumo Médio Faturado no Ano (m³)	Consumo Médio Medido no Ano (m³)			Consumo Médio Faturado no Ano (m³)	Consumo Médio Medido no Ano (m³)			Consumo Médio Faturado no Ano (m³)	Consumo Médio Medido no Ano (m³)
				4918,58	5519,33			45,25	26,67			4963,83	5546,00

Fonte: CEDAE (2020)

Tabela 6: Dados micromedidos das economias ativas referentes ao DMC Rua dos Cravos

MICROMEDIÇÃO		Com hidrômetro				Sem hidrômetro				TOTAL			
Data	Categoria	Nº de Economias (un)	Quantidade de Matrículas	Consumo Faturado no Mês (m³)	Consumo Medido no Mês (m³)	Nº de Economias (un)	Quantidade de Matrículas	Consumo Faturado no Mês (m³)	Consumo Medido no Mês (m³)	Nº de Economias (un)	Quantidade de Matrículas	Consumo Faturado no Mês (m³)	Consumo Medido no Mês (m³)
mar/19	01-DOMICILIAR	75	55	756	875	0	0	0	0	75	55	756	875
	02-COMERCIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	03-INDUSTRIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
abr/19	01-DOMICILIAR	75	55	768	875	0	0	0	0	75	55	768	875
	02-COMERCIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	03-INDUSTRIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
mai/19	01-DOMICILIAR	75	55	734	856	0	0	0	0	75	55	734	856
	02-COMERCIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	03-INDUSTRIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
jun/19	01-DOMICILIAR	75	55	782	903	0	0	0	0	75	55	782	903
	02-COMERCIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	03-INDUSTRIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
jul/19	01-DOMICILIAR	75	55	765	843	0	0	0	0	75	55	765	843
	02-COMERCIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	03-INDUSTRIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ago/19	01-DOMICILIAR	75	55	782	903	0	0	0	0	75	55	782	903
	02-COMERCIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	03-INDUSTRIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
set/19	01-DOMICILIAR	75	55	693	706	0	0	0	0	75	55	693	706
	02-COMERCIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	03-INDUSTRIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
out/19	01-DOMICILIAR	75	55	857	948	0	0	0	0	75	55	857	948
	02-COMERCIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	03-INDUSTRIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
nov/19	01-DOMICILIAR	74	54	798	901	0	0	0	0	74	54	798	901
	02-COMERCIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	03-INDUSTRIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
dez/19	01-DOMICILIAR	74	54	702	525	0	0	0	0	74	54	702	525
	02-COMERCIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	03-INDUSTRIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
jan/20	01-DOMICILIAR	74	54	884	920	0	0	0	0	74	54	884	920
	02-COMERCIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	03-INDUSTRIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
fev/20	01-DOMICILIAR	74	54	825	831	0	0	0	0	74	54	825	831
	02-COMERCIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	03-INDUSTRIAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Σ	TOTAL com hidrômetros			Consumo Faturado no Ano (m³)	Consumo Medido no Ano (m³)			Consumo Faturado no Ano (m³)	Consumo Medido no Ano (m³)			Consumo Faturado no Ano (m³)	Consumo Medido no Ano (m³)
				9346	10086			0	0			9324	10019
				Consumo Médio Faturado no Ano (m³)	Consumo Médio Medido no Ano (m³)			Consumo Médio Faturado no Ano (m³)	Consumo Médio Medido no Ano (m³)			Consumo Médio Faturado no Ano (m³)	Consumo Médio Medido no Ano (m³)
				778,83	840,50			0,00	0,00			777,00	834,92

Fonte: CEDAE (2020)

4.7 CÁLCULO DO BALANÇO HÍDRICO – CENÁRIO BASE

4.7.1 Abordagem Top-Down

Nesta seção, através do uso do software “WB-EasyCalc”, aplica-se a metodologia da IWA para diagnóstico das perdas, considerando os dois DMCs do estudo; um referente ao macromedidor existente para atendimento a Vila Residencial como um todo e outro localizado para atender exclusivamente a Rua dos Cravos, DN 100mm e DN 50mm, respectivamente. O que permitirá fundamentar estratégias para

o combate e controle das perdas da região, através dos diagnósticos obtidos da área de estudo.

a) DMC Vila Residencial

O volume anual de entrada no sistema para o DMC da Vila Residencial, macromedidor **J16CA00109**, foi de 129.978,85 m³, com uma margem de erro estimada de 5%. O consumo medido faturado no período de estudo foi de 59.023 m³. O consumo não medido faturado, para o mesmo período, foi de 543 m³. O volume medido não faturado fornecido pela prestadora foi de 7.209 m³. Considerou-se nulo o volume não medido não faturado - o volume de usos especiais, operacionais e sociais, conforme informação da prestadora dos serviços, a CEDAE. O volume referente às fraudes fornecido pelo prestador foi de 649,90 m³/ano ou 1,78 m³/dia, valor estimado considerando-se 0,5% do volume produzido. Foi considerada, ainda, uma margem de erro estimada em 10%. A CEDAE, forneceu os resultados dos ensaios de campo contendo, também, valores mensais de submedição dos hidrômetros da Vila Residencial. O valor percentual lançado na planilha, igual a 11,1%, corresponde à média aritmética desses valores. Foi considerado uma margem de erro estimada de 10%. A respeito dos erros de manipulação e leitura, como o sistema encontra-se totalmente informatizado, com leituras remotas e com emissão da conta na hora da leitura, este foi considerado nulo, o que fez com as respectivas linhas da planilha fossem deixadas em branco. Foram lançados os dados de extensão de rede 3.705m (3,7Km) e o número de ligações ativas 515, ambos consideraram uma submedição estimada de 1%, devido à grande confiabilidade dos dados. O número de ligações clandestinas foi considerado zero, devido as características da região. O comprimento médio do ramal predial do limite da propriedade até o hidrômetro também é nulo, uma vez que no Brasil os hidrômetros são instalados junto à testada do imóvel. O valor médio ponderado das pressões medidas no PPMS, com dados obtidos através das medições de pressão em campo, para o setor da Vila Residencial, foi de 7,7 mca, considerando uma margem de erro estimada de 5%. O abastecimento da região foi considerado contínuo no período de estudo, segundo informação do prestador, por isso, a planilha do *software* referente à informação da intermitência do abastecimento não foi preenchida. A última planilha a ser preenchida nos dados de entrada do *software WB-EasyCalc* é referente aos dados financeiros. Estes foram obtidos no

Diagnóstico do SNIS 2019, informados pelo prestador dos serviços no estado do Rio de Janeiro, a CEDAE. Foi considerada, assim, uma tarifa média de R\$ 6,53 /m³ (tarifa média de água praticada pela CEDAE em 2019) e um custo marginal da água de R\$ 1,49/m³ (SNIS, 2019).

Após o preenchimento de todas as planilhas das etapas supracitadas, foi obtido o cálculo do balanço hídrico, com todos os seus componentes, extraído da planilha “*Water balance*” / Balanço Hídrico (Quadro 7). No caso do setor estudado, observa-se que as perdas totais foram de 63.204 m³, subdividas em 8.004 m³ para perdas aparentes (12,66% do total de perdas) e 55.200 m³ para perdas reais (87,34% do total de perdas), observando se, portanto, que pela abordagem *top-down* aplicada no setor da Vila Residencial, no período estudado, as perdas foram preponderantemente físicas.

Volume de Entrada no 129.979 m³/ano Margem de erro [+/-] 5,0%	Consumo autorizado 66.775 m³/year Margem de erro [+/-] 0,0%	Consumo autorizado faturado 59.566 m³/ano	Consumo medido faturado 59.023 m³/year	Água faturada 59.566 m³/ano
			Consumo não medido faturado 543 m³/year	
		Consumo autorizado não faturado 7.209 m³/year Margem de erro [+/-] 0,0%	Consumo medido não faturado 7.209 m³/year	Água não faturada 70.413 m³/ano Margem de erro [+/-] 9,2%
		Perdas de água 63.204 m³/ano Margem de erro [+/-] 10,3%	Consumo não medido não faturado 0 m³/year Margem de erro [+/-] 0,0%	
		Perdas Aparentes 8.004 m³/year Margem de erro [+/-] 0,8%	Consumo não autorizado 650 m³/year Margem de erro [+/-] 10,0%	
		Perdas Reais 55.200 m³/year Margem de erro [+/-] 11,8%	Imprecisões dos medidores e erros de manipulação dos dados 7.355 m³/year Margem de erro [+/-] 0,0%	

Quadro 7 - Planilha “*Water balance*” / Balanço Hídrico do DMC da Vila Residencial (*software WB-EasyCalc*, versão 5.18, 2019)

b) DMC Rua dos Cravos

O volume anual de entrada no sistema para o DMC Rua dos Cravos, macromedidor **G16CA01017**, foi de 5.615 m³, também com uma margem de erro estimada de 5%. O consumo medido faturado para o mesmo período de estudo foi de

9.346 m³. Não houve registro de volume não medido faturado. O volume medido não faturado foi de 740 m³ e o volume não medido não faturado, que corresponde ao volume de usos especiais, operacionais e sociais, usando-se os mesmos critérios do balanço anterior, também foi considerado nulo. Na Rua dos Cravos, assim como para o DMC da Vila Residencial, foi considerado um volume estimado em 0,5% do volume produzido para determinação do índice de fraudes em ligações ativas que resultou um volume de 0,077m³/dia, ou 28m³/ano, com uma margem de erro estimada em 10%. O prestador dos serviços, a CEDAE, forneceu os resultados dos ensaios de campo contendo valores mensais de submedição dos hidrômetros da Rua dos Cravos. O valor percentual lançado na planilha foi de 13,03%, correspondente a média aritmética desses valores informados mensalmente. Foi considerado, ainda, uma margem de erro estimada de 10%. A respeito dos erros de manipulação e leitura, como o sistema encontra-se totalmente informatizado, com leituras remotas e com emissão da conta na hora da leitura, este foi considerado nulo, o que fez com as respectivas linhas da planilha fossem deixadas em branco. A pressão média obtida através das medições de pressão também resultou em 7,7 mca para todo o DMC Rua dos Cravos, com uma margem de erro também estimada em 5%. Foi preenchida as informações da rede do trecho referente a Rua dos Cravos, que possui um comprimento total de rede de 409 metros e um número médio de clientes ativos de 75 unidades. Como não há abastecimento intermitente no setor da Rua dos Cravos, a planilha “*Intermittent supply*” /Abastecimento intermitente foi deixada em branco. Por último, foram inseridos os dados na planilha “*Financial Data*” /Dados financeiros, contendo os dados de informação financeira retirados do SNIS 2019, fornecidas pelo prestador dos serviços no estado do Rio de Janeiro, a CEDAE. A tarifa média foi de R\$ 6,53 /m³ (tarifa média de água praticada em 2019) e o custo marginal da água de R\$ 1,49/m³ (SNIS, 2019).

Com o preenchimento de todas as planilhas do *software* adotado, foi obtido o balanço hídrico do setor do DMC Rua dos Cravos e todos os seus componentes, extraído da planilha “*Water balance*” /Balanço Hídrico (Quadro 8):

Balanço Hídrico em m³/ano

Volume de Entrada no 5.615 m³/ano Margem de erro [+/-] 5,0%	Consumo autorizado 10.086 m³/year Margem de erro [+/-] 0,0%	Consumo autorizado faturado 9.346 m³/ano	Consumo medido faturado 9.346 m³/year	Água faturada 9.346 m³/ano
			Consumo não medido faturado 0 m³/year	
	Perdas de água -4.471 m³/ano Margem de erro [+/-] -6,3%	Consumo autorizado não faturado 740 m³/year Margem de erro [+/-] 0,0%	Consumo medido não faturado 740 m³/year	Água não faturada -3.731 m³/ano Margem de erro [+/-] -7,5%
			Consumo não medido não faturado 0 m³/year Margem de erro [+/-] 0,0%	
		Perdas Aparentes 1.428 m³/year Margem de erro [+/-] 0,2%	Consumo não autorizado 28 m³/year Margem de erro [+/-] 10,0%	
		Imprecisões dos medidores e erros de manipulação dos dados 1.400 m³/year Margem de erro [+/-] 0,0%	Perdas Reais -5.899 m³/year Margem de erro [+/-] -4,6%	

Quadro 8 - Planilha “*Water balance*” / Balanço Hídrico do DMC da Rua dos Cravos, com destaque para o registro negativo (*software WB- EasyCalc*, versão 5.18, 2019)

Tem-se uma importante constatação ao analisarmos os dados obtidos através do Cenário base do DMC Rua dos Cravos. Foram gerados dados negativos para os volumes de perdas do balanço hídrico em questão, que apresenta um Volume de Entrada de água no sistema (Macromedido) inferior ao Volume Consumido (micromedido) informado pela prestadora dos serviços, a CEDAE. As análises, observações e possíveis conclusões obtidas através desta constatação serão melhor apresentadas em outro item.

Devido a constatação supracitada, todos os demais cálculos e análises que seguem neste estudo de caso serão considerados apenas para o DMC da Vila Residencial.

3.10.2 Abordagem *Bottom Up*: Vazões Mínimas Noturnas

Para o procedimento através da análise da vazão mínima noturna, conforme item 3.7, a CEDAE forneceu os dados registrados de pressão e vazão hora a hora para o DMC da Vila Residencial durante todo o período do estudo. Devido as características específicas da região, o consumo mínimo observado ocorreu entre as 6h e 7h da manhã. Para a identificação dos componentes dos consumos noturnos e

correspondente aplicação desta abordagem, inicialmente foi registrada a pressão máxima noturna média de 16,33 mca e a correspondente vazão mínima noturna média de 6,24 m³/h, em todo o período de estudo. O número médio de matrículas (ramais pressurizados) registrados no período de estudo é de 436 unidades e o correspondente número médios de economias é de 515 unidades – 508 habitacionais e 7 comerciais.

Em relação aos dados populacionais, conforme citado anteriormente, buscou-se estimar a população atual utilizando dos dados fornecidos pela CEDAE referentes às unidades e considerando o uso da mesma Taxa de Ocupação obtida com os dados do IBGE em 2010, de forma a obter estimativas mais precisas, mitigando erros na aplicação desta abordagem. Extrapolando os dados populacionais para os dias atuais, considera-se, assim, um total de 1.524 habitantes na Vila Residencial no período de estudo.

Considerando os dados supracitados, parte-se inicialmente para a determinação dos vazamentos inerentes e a correspondente obtenção da vazão mínima noturna inerente do sistema, compostas pela Vazão mínima inerente e pelo Consumo Legítimo Médio no horário da mínima noturna, conforme Equações 18 a 21:

a) Cálculo dos Vazamentos Inerentes (VI)

$$VI \left(\frac{\text{Litros}}{\text{hora}} \right) = \frac{(9,6 \times 3,705 + 0,60 \times 436) \times 16,33}{24 \text{ horas}} = 202,20 \left(\frac{L}{h} \right) \quad (\text{Equação 18})$$

b) Cálculo da Vazão de Consumo Noturno (Q legítimo)

$$Q1 \left(\frac{L}{h} \right) = \frac{0,34l}{\text{habitante}} \times 1524 \text{ habitantes} = 518,16 \left(\frac{L}{h} \right) \quad (\text{Equação 19})$$

$$Q2 \left(\frac{L}{h} \right) = \frac{8l}{\text{economia não residencial}} \times 7 = 56 \left(\frac{L}{h} \right) \quad (\text{Equação 20})$$

Logo:

$$Q \text{ Legítimo} = 518,16 + 56 = 574,16 \left(\frac{L}{h} \right) \quad (\text{Equação 21})$$

Por fim, o cálculo das perdas reais ou perdas físicas neste método é feito com base na perda real, ou de vazamentos, que ocorre em um sistema no horário da vazão mínima noturna. De posse desse valor pode-se determinar as perdas reais para um dia inteiro utilizando-se o fator de correção diário - o fator noite dia (FND), calculado conforme Tabela 7, que leva em conta a variação das pressões no sistema ao longo das 24 horas. Finalmente a partir do índice de perdas totais, subtraindo-se a perda real, chega-se ao valor correspondente às perdas aparentes no sistema através do método *bottom-up*.

c) Cálculo do Fator Noite-dia (FND)

N1 ADOTADO		1,50
HORÁRIO	PRESSÕES MÉDIAS (mca)	$FND = \sum (P_1 / P_0)^{N1}$
00:00 - 01:00	5,24	0,18
01:00 - 02:00	6,09	0,23
02:00 - 03:00	6,51	0,25
03:00 - 04:00	7,06	0,28
04:00 - 05:00	10,37	0,51
05:00 - 06:00	13,70	0,77
06:00 - 07:00	16,33	1,00
07:00 - 08:00	7,07	0,29
08:00 - 09:00	5,31	0,19
09:00 - 10:00	5,02	0,17
10:00 - 11:00	4,78	0,16
11:00 - 12:00	4,30	0,14
12:00 - 13:00	4,30	0,13
13:00 - 14:00	4,50	0,14
14:00 - 15:00	6,11	0,23
15:00 - 16:00	8,39	0,37
16:00 - 17:00	9,28	0,43
17:00 - 18:00	10,32	0,50
18:00 - 19:00	11,77	0,61
19:00 - 20:00	11,76	0,61
20:00 - 21:00	7,74	0,33
21:00 - 22:00	7,07	0,29
22:00 - 23:00	6,33	0,24
23:00 - 00:00	6,33	0,24
PMS - TOTAIS	7,70	
FND		8,28

Tabela 7 - Cálculo do FND do estudo de caso (elaboração própria, 2020)

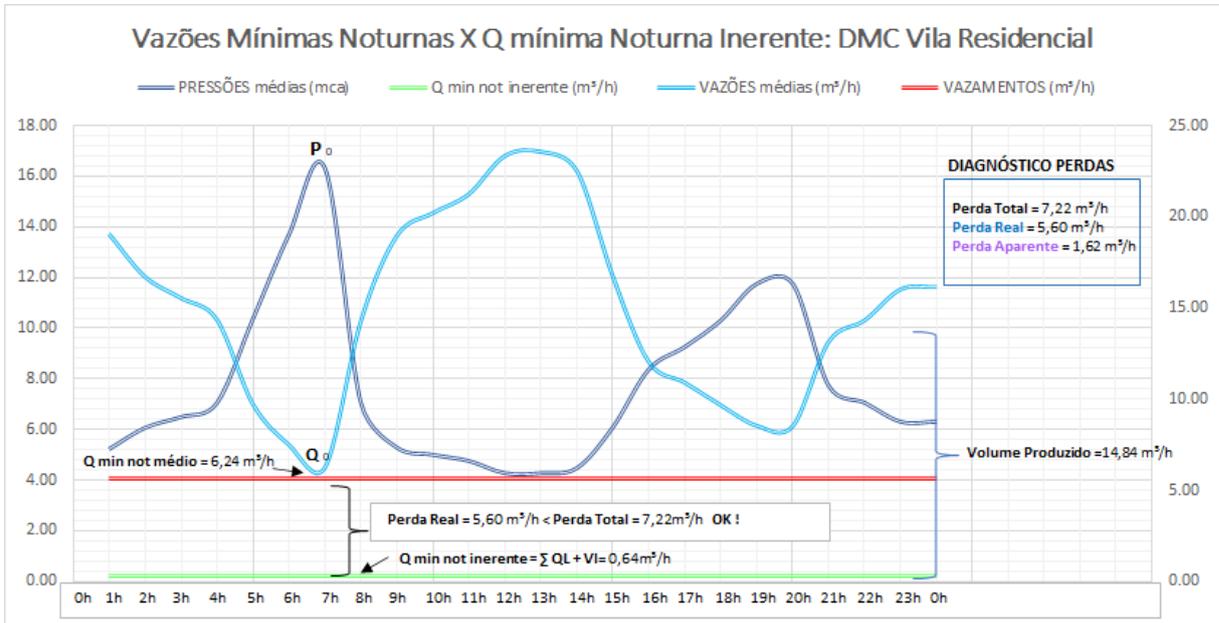
O Quadro 9 sintetiza os cálculos do método da Vazão Mínima Noturna no diagnóstico das perdas na área do estudo:

DIAGNÓSTICO DE PERDAS: MÉTODO DAS VAZÕES MÍNIMAS NOTURNAS			
Vazão Mínima Inerente e Vazão de Consumo Legítimo	DADOS: Período: março/19 a fev/20 508 econ residenciais 7 econ comerciais 3,705 km de rede	Vazões	Unidade
Consumo Legítimo (QL)	$QL = Q \text{ Residencial} + Q \text{ Comercial}$	574.16	L/h
Vazamentos Inerentes (VI)	$VI = (9,6 \times ER + 0,60 \times QR) \times PMS / (24 \text{ horas})$	202.20	L/h
Vazamentos (l/dia)	VI x FND com: FND = 8,28	1674.20	L/dia
Vazamentos corrigidos (l/h)	VI x FCP com: FCP = FND/24h	69.76	L/h
Q Mínima Noturna Inerente	$\sum QL + VI$	643.92	L/h
		0.64	m ³ /h
Q min not médio		6.24	m ³ /h
Perda Real	Perda Real Noturna = Q min Not médio - Q min not Inerente	5.60	m ³ /h
		77.51%	%
Perda Total	Balanço Hídrico - Cenário Base	7.22	m ³ /h
Perda Aparente	Perda Aparente = Perda Total - Perda Real	1.62	m ³ /h
		22.49%	%

Quadro 9 - Método das Vazões Mínimas Noturnas do Estudo de Caso (elaboração própria, 2020)

A Figura 38 elucida a análise das vazões mínimas noturnas no diagnóstico das perdas na área do estudo:

Figura 38: Análise das Vazões Mínimas Noturnas X Vazão Mínima Noturna Inerente do DMC da Vila Residencial



Fonte: Elaboração própria (2020)

4.8 AVALIAÇÃO DOS CUSTOS DO CENÁRIO BASE – VILA RESIDENCIAL

Após a consolidação dos componentes do Balaço Hídrico, através das abordagens *top-down* e *bottom-up*, pode-se avaliar os custos aplicando valores monetários aos volumes anuais dos componentes.

Para as perdas aparentes utilizou-se o valor da tarifa média de água, município do Rio de Janeiro de R\$ 6,53/m³ (tarifa média de água praticada em 2019) e para as perdas reais aplicou-se o valor calculado de R\$ 1,49/m³, despesas de exploração (R\$/ano) / volume de água produzido (m³/ano) para o município do Rio de Janeiro (SNIS, 2019).

Apresenta-se a matriz de Balanço Hídrico – Cenário Base, ajustada através da abordagem *bottom-up*, contendo a avaliação de custos dos componentes da Vila Residencial, conforme Quadro 10:

AVALIAÇÃO DOS CUSTOS R\$/ANO DOS COMPONENTES DO BALANÇO HÍDRICO - CENÁRIO BASE					
VOLUME DE ENTRADA 129.979 m³/ano	CONSUMO AUTORIZADO 66.775 m³/ano	CONSUMO AUTORIZADO FATURADO 59.566 m³/ano	CONSUMO MEDIDO FATURADO 59.023 m³/ano	ÁGUA FATURADA 59.566 m³/ano	
			CONSUMO NÃO MEDIDO FATURADO 543 m³/ano		
	PERDAS DE ÁGUA 63.204 m³/ano R\$/ANO 165.815,44	CONSUMO AUTORIZADO NÃO FATURADO 7.209 m³/ano		CONSUMO MEDIDO NÃO FATURADO 7.209 m³/ano R\$/ANO 47.074,77	ÁGUA NÃO FATURADA 70.413 m³/ano R\$/ANO 212.890,21
				CONSUMO NÃO MEDIDO NÃO FATURADO (USO SOCIAL) 0 m³/ano	
		PERDAS APARENTES 14.214,58 m³/ano R\$/ANO 92.821,20 55,98%			
		PERDAS REAIS 48.989,42 m³/ano R\$/ANO 72.994,24 44,02%			

Quadro 10: Avaliação dos Custos dos componentes do Balanço Hídrico do DMC da Vila Residencial (Elaboração própria, com base no software *W-B EasyCalc*, versão 5.18, 2019)

4.9 CÁLCULO DOS INDICADORES DE PERFORMANCE

a) Índice de Perdas de Faturamento (%) - IN013

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

$$IN013 = \frac{(129.978,85m^3 - 59.566m^3)}{129.978,85}$$

IN013 = 54,17% (Equação 22)

b) Índice de Perdas na Distribuição (%) - IN049

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

$$IN049 = \frac{(129.978,85m^3 - 66.775m^3)}{129.978,85}$$

IN049 = 48,63% (Equação 23)

c) Índice de Perdas por Ligação (L/lig.dia) - IN051

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

$$\times \frac{1.000}{365}$$

$$IN051 = \frac{(129.978,85m^3 - 66775m^3)}{515} \times \frac{1.000}{365}$$

$$IN051 = 336,24 \frac{L}{lig} \cdot dia \quad (\text{Equação 24})$$

d) Índice de Vazamento de Infraestrutura – IVI (*Infrastructure Leakage Index - ILI*)

$$ILI = IVI = \frac{\text{Perdas Reais Anuais}}{\text{Perdas Reais Anuais Inevitáveis (PRAI)}} \quad (\text{Equação 25})$$

As Perdas Reais Anuais Inevitáveis (PRAI) são calculadas na seguinte forma:

$$PRAI = \left[\frac{18 \times 3,705 + 0,8 \times 515 + 25 \times 0}{1000} \right] \times 7,7$$

$$ILI = IVI = \frac{151 (m^3/dia)}{3,69 (m^3/dia)}$$

$$ILI = IVI = 40,97 \quad (\text{Equação 26})$$

4.10 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Observa-se que com aplicação da metodologia da IWA, através da elaboração e análise do Balanço Hídrico – Cenário Base, foi possível obter um detalhamento e uma avaliação das perdas reais e aparentes do DMC da Vila Residencial, o que permite a aplicação direcionada das práticas para mitigação de perdas segundo a IWA, de acordo com o diagnóstico obtido.

Por outro lado, com o cálculo do Balanço Hídrico no DMC da Rua dos Cravos observa-se que os volumes micromedidos registrados foram maiores que os macromedidos no período de estudo, o que gerou supostos volumes negativos de perdas na Matriz de Balanço Hídrico. Erro este que compromete a aplicação das demais metodologias deste estudo no setor previamente selecionado como um DMC.

Em consulta a prestadora dos serviços da região, foi informado que através de inspeção local foi identificado uma alteração das características originais do projeto da rede de abastecimento de água para atendimento ao DMC da Rua dos Cravos realizada durante a obra. Esta alteração não foi registrada no Projeto “Como Construído” fornecido pela CEDAE. O subsetor da Rua dos Cravos que seria abastecido através de uma única rede ramificada, limitada pelo macromedidor G16CA01017 (DN 50mm), conforme definição prévia em projeto, apresenta uma contribuição por interligação com o restante da rede malhada do DMC da Vila Residencial. Assim, o subsetor da Rua dos Cravos não é estanque e não pode ser adotado como DMC para aplicação da metodologia da IWA.

Atenta-se que a inconsistência supracitada nos dados registrados, isoladamente, nos estudos do DMC da Rua dos Cravos não impacta nos resultados positivos do diagnóstico obtido para o DMC da Vila Residencial, que atende todo o setor censitário do estudo, incluindo a Rua dos Cravos.

Os resultados das duas abordagens aplicadas, *top-down* e *bottom-up*, apontam para um mesmo diagnóstico – a presença majoritária das perdas reais na área de estudo. Para os demais procedimentos deste estudo, que balizarão o planejamento e as ações para mitigação das perdas totais da região, foi considerado o rateio das perdas obtido através da abordagem *bottom-up*, método onde se obtém maior precisão nas medições.

A Tabela 8 apresenta um resumo dos principais resultados do diagnóstico obtido através da aplicação da metodologia proposta neste trabalho.

Tabela 8: Principais resultados do diagnóstico das perdas da área de estudo

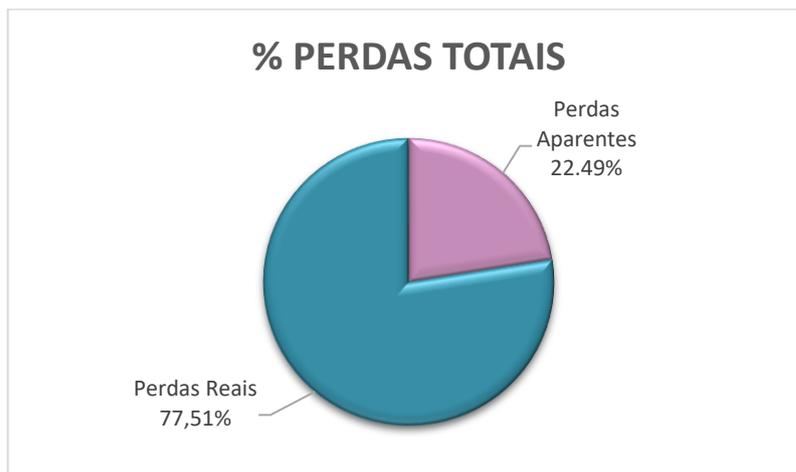
DMC	% PERDAS TOTAIS		% CUSTO (R\$) PERDAS TOTAIS		INDICADORES DE PERFORMANCE				GRUPO DE PERFORMANCE
	REAIS	APARENTES	FÍSICAS	COMERCIAIS	IWA	SNIS			
					ILI	IN013 (%)	IN049 (%)	IN051 (L/liq.dia)	
VILA RESIDENCIAL	77,51	22,49	44,02	55,98	40,97	54,17	48,63	336,24	D
RUA DOS CRAVOS	OBS. IMPOSSIBILIDADE DE APLICAÇÃO DO MÉTODO								

Fonte: Elaboração própria, 2021.

A seguir é destacado, nas Figuras 39 e 40, a magnitude dos principais resultados obtidos através da aplicação do método do Balanço Hídrico – Cenário Base

e, nas Figuras 41 a 43, a situação dos indicadores de performance obtidos no estudo de caso em comparação com o panorama nacional e regional de perdas identificados neste estudo:

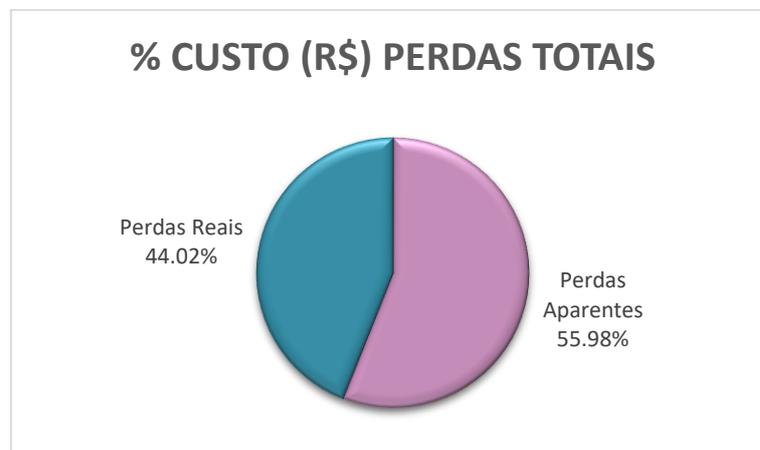
Figura 39: Percentual de perdas reais e aparentes na área de estudo



Fonte: Elaboração própria.

O gráfico da Figura 39 destaca a maioria das perdas reais (físicas), 77,51%, em comparação às perdas aparentes (comerciais), 22,49%, na região do estudo. Este diagnóstico denota que as perdas se concentram predominantemente em vazamentos na rede ou ramais de distribuição, quer sejam eles vazamentos visíveis ou invisíveis, detectáveis ou não detectáveis pelos métodos acústicos existentes. Um provável motivo para as perdas aparentes na área de estudo estarem bem abaixo da realidade apresentada em outros sistemas, que também não possuem ações e programas de gestão de perdas, pode vir do fato de o prestador de serviços, a CEDAE, ter realizado a substituição e modernização dos hidrômetros, contendo inclusive o recurso da telemetria, além de ter realizado a troca e calibração dos medidores antes da aferição dos dados deste estudo, mitigando sua ocorrência mais comum - submedição.

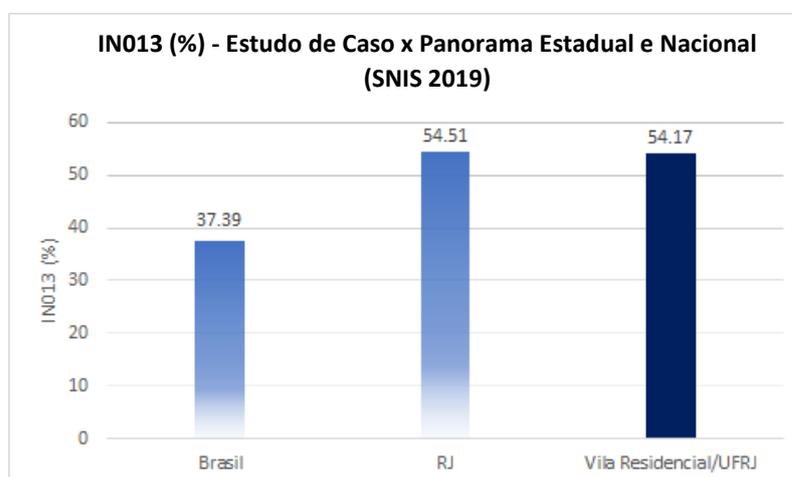
Figura 40: Percentual do custo das perdas reais e aparentes na área de estudo



Fonte: Elaboração própria.

O valor monetário adequado para análise das perdas aparentes - a tarifa de água no município do Rio de Janeiro (R\$ 6,53/m³) é muito superior ao aplicado nas perdas reais – despesas de exploração (R\$/ano) / volume de água produzido (m³/ano) no município do Rio de Janeiro (R\$ 1,49/m³), com isso, confirmando uma tendência apresentada pela IWA, na Figura 40 os percentuais dos custos das perdas aparentes (55,98%) superam os percentuais das perdas reais (44,02%), não havendo, porém, uma discrepância considerável na importância entre elas. Encontra-se, aqui, um maior equilíbrio nos números das perdas, o que somado a avaliação da Figura 39, ratificam a necessidade de preocupação e concentração nas perdas reais para fundamentar ações e/ou programas para gestão de perdas na região.

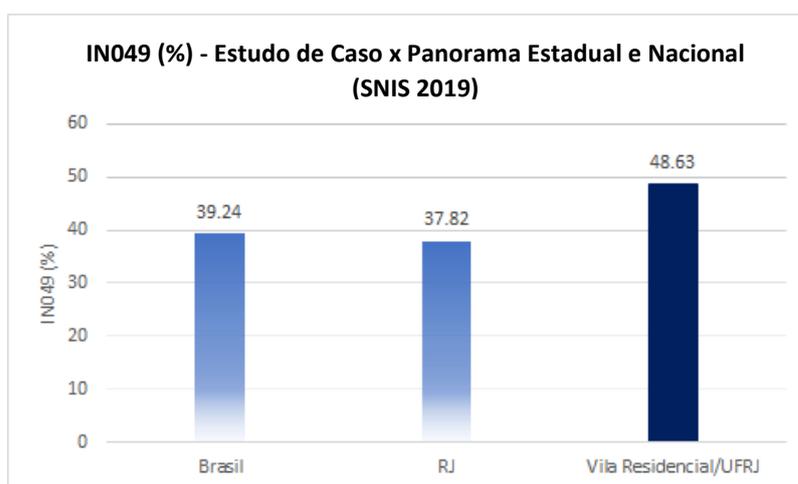
Figura 41: Situação do IN013 do estudo de caso no panorama estadual e nacional em 2019



Fonte: Elaboração própria.

A análise da Figura 41, gráfico comparativo das perdas de faturamento (IN013) da área de estudo no cenário estadual e nacional em 2019, alertam para uma elevada perda de receita (perda de faturamento), com níveis elevados, conforme os apresentados no Rio de Janeiro (IN013=54,51%) e bastante superiores ao índice nacional (IN013 = 37,39%). Não é minimamente razoável imaginar confortável para qualquer tipo de negócio, não somente se tratando da exploração e distribuição de água, que se deixe de arrecadar 54,17% daquilo que se produz. Uma melhor gestão de perdas, com redução dos índices de perdas de faturamento na região, é fundamental para tornar este negócio “viável”, permitindo subsidiar novos investimentos na rede.

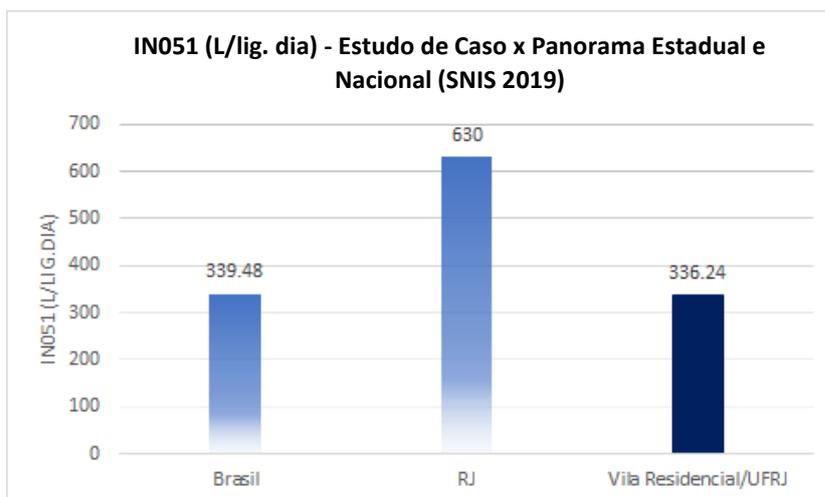
Figura 42: Situação do IN049 do estudo de caso no panorama estadual e nacional em 2019



Fonte: Elaboração própria.

A análise da Figura 42, gráfico comparativo das perdas de distribuição (IN049) da área de estudo no cenário estadual e nacional em 2019, alarmam a elevada perda percentual da água produzida (IN049 = 48,63%), em níveis também bastante superiores aos já elevados índices apresentados no Rio de Janeiro (IN049=37,82%) e no Brasil (IN049 = 39,24%). Também, neste caso, é necessária uma melhor gestão de perdas para redução dos índices percentuais na distribuição de água na região, para atender os índices de planejamento previstos nas metas atuais estabelecidas no Plano Nacional de Saneamento Básico - PLAN SAB, IN049 = 33%, sendo este um indicador razoável para fundamentar ações e/ou programas de curto, médio e longo prazo para redução de perdas de água em qualquer região do Brasil.

Figura 43: Situação do IN051 do estudo de caso no panorama estadual e nacional



Fonte: Elaboração própria.

A análise da Figura 43, gráfico comparativo dos índices de perdas por ligação (IN051) da área de estudo no cenário estadual e nacional em 2019, apontam que as perdas na região seguem a tendência nacional de perdas por ligação, em torno de 340 L/lig.dia (IN051=336,24 L/lig.dia na Vila residencial da UFRJ e 339,48 L/lig.dia no Brasil). Atenta-se que esta realidade não deve ser encarada com naturalidade, uma vez que se trata de números bastante elevados se comparado com a realidade de outros países e, até mesmo, de outros estados do Brasil, que apresentam uma gestão de perdas mais efetiva e eficiente, a citar o Estado de Goiás, com o surpreendente índice de perda por ligação de “apenas” 156,67 L/lig.dia. Apesar das metas nacionais do PLANSAB considerarem índices percentuais nos seus planejamentos, o índice de perda por ligação apresenta um diagnóstico mais condizente com o entendimento da IWA, por se tratar de um indicador que sofre, em tese, menos deformações na interpretação dos seus dados e nas suas comparações, incorporando fatores estruturais e operacionais da rede de distribuição de água. Por isso, o IN051 deve ter relevância na análise de diagnósticos e no planejamento de ações e/ou programas para gestão de perdas de água no Brasil.

4.11 CONTROLE E REDUÇÃO DE PERDAS: CENÁRIOS E METAS

Após a discussão dos resultados apresentados no item anterior, são propostas ações para mitigação das perdas na Vila Residencial da UFRJ, de acordo com a estratégia apresentada na Figura 44:

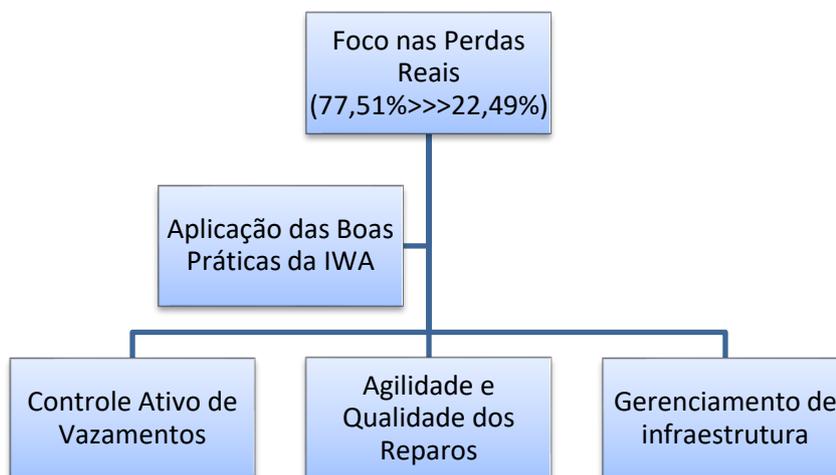


Figura 44: Estratégia de Mitigação das perdas da Vila Residencial da UFRJ (elaboração própria)

O Gerenciamento de Pressões, outra boa prática de mitigação de Perdas Reais defendida pela IWA, não será considerado neste estudo pois, devido as características da região, o sistema existente já trabalha com pressões baixas e não há grande variação – pressões são estabilizadas. Novas interferência neste sentido não causarão tanto impacto na redução de perdas.

Observa-se, ainda, o fato de que as perdas aparentes foram mitigadas previamente com a substituição dos hidrômetros e com o reparo e calibração dos medidores feitos pela prestadora dos serviços antes da obtenção dos dados deste estudo.

4.11.1 Controle ativo de vazamentos

Ação efetiva da prestadora dos serviços na realização do controle ativo, a ser acompanhada e aferida pela Prefeitura Universitária da UFRJ, através da utilização de equipamentos acústicos e/ou demais tecnologias de detecção de vazamentos operados pela CEDAE, com realização de varreduras pré-definidas - manutenção

preditiva, visando o diagnóstico e a redução do tempo de detecção e reparo dos vazamentos, sem maiores custos agregados. O autor é servidor da Prefeitura Universitária, lotado na Divisão de Águas Urbanas da UFRJ, o que denota o seu total interesse e torna viável tal comprometimento na aferição do atendimento da ação proposta. A Figura 45 ilustra um modelo de equipamento acústico utilizado para detectar vazamentos - o geofone eletrônico e apresenta uma ilustração de como é realizada as varreduras na rede com a utilização do aparelho – o controle ativo de vazamentos.



Figura 45: Modelo genérico de geofone eletrônico e ilustração de detecção de vazamentos com o equipamento acústico na rede (Hidratec Detecção de Vazamentos Joinville, 2020)

4.11.2 Agilidade e qualidade dos reparos

Prática atendida em parte pelas propostas de controle ativo de vazamento – mitigação das perdas não visíveis detectáveis. Para mitigação das perdas visíveis, aflorantes a superfície, é proposto que haja também uma parceria com a Prefeitura Universitária, através da criação do “Programa Vazou” - canal de atendimento ao consumidor a ser disponibilizado no sítio eletrônico da Prefeitura Universitária, utilizando a ferramenta “*WhatsApp*” - aplicativo para envio de mensagens via smartphones e afins, de forma a facilitar que a comunidade universitária reporte, prontamente, os vazamentos observados na Vila Residencial da UFRJ. Inclui-se também nesta ação de gestão a exploração de outras mídias sociais da Prefeitura, a maciça comunicação visual de alerta e destaque para o tema, ações de publicidade divulgadas por todo o Campus e o comprometimento dos profissionais da Prefeitura responsáveis pela gestão da Infraestrutura do Campus, incluindo o autor, em auxiliar

na pronta comunicação a prestadora dos serviços para correspondente realização dos reparos – gestão conjunta do sistema de abastecimento.

A Figura 47 apresenta a página do sítio eletrônico da Prefeitura Universitária da UFRJ onde já se encontra disponível um canal de atendimento a comunidade universitária, para reportar problemas ocorrentes no Campus, facilmente adaptável ao programa aqui proposto – “Programa Vazou”. Segue, também sugestão de modelo para a logomarca do programa supracitado, conforme Figura 46:

Programa Vazou 

Figura 46: Logomarca sugerida do programa para agilidade de reportagem de vazamentos na área de estudo (elaboração própria)



The screenshot shows the website interface for Prefeitura Universitária UFRJ. At the top, there is a navigation bar with links for 'BRASIL', 'CORONAVÍRUS (COVID-19)', 'Simplifique!', 'Participe', 'Acesso à Informação', 'Legislação', and 'Canais'. Below this is a main menu with 'INÍCIO', 'PREFEITURA', 'ESTRUTURA', 'INSTALAÇÕES', 'FAQ', 'CONTATO', and 'MAPA DO SITE'. A central banner features a WhatsApp icon and the text 'Ajude a Prefeitura a cuidar do campus' with the phone number 99195-0593. The banner also includes a description: 'Este WhatsApp é para problemas referentes ao meio ambiente, manutenção urbana, transporte, trânsito, focos de Aedes aegypti, abandono de animais e segurança.' The footer contains various service icons like 'Acesso à Informação', 'Ouvidoria', 'UFRJ 2020', 'Universidade Federal do Rio de Janeiro', and 'Correio Eletrônico', along with contact information: 'Praça Jorge Machado Moreira, 100, Cidade Universitária, Rio de Janeiro, RJ - CEP 21941-592 | Caixa postal 68.010, Tel.: +55 21 3938-9324 Fax: +55 21 3938-4940'.

Figura 47: Canal de atendimento à comunidade universitária, disponível no site da Prefeitura Universitária da UFRJ (PU/UFRJ, 2020)

4.11.3 Gerenciamento de Infraestrutura

A prática mostra que este é o fator que mais afeta no controle e redução de perdas reais, sendo também o mais custoso. Este será o foco das ações consideradas neste estudo.

A seguir é apresentado um passo a passo da proposta referente à estratégia para gerenciamento da infraestrutura analisada, divididas em quatro etapas:

I) Renovação da Rede Existente: Substituição, total ou parcial, da rede e das ligações em PVC PBA existentes por nova infraestrutura em PEAD

Pode-se afirmar que umas das ações mais efetivas para redução dos três tipos de vazamentos que ocorrem nas redes e ramais de distribuição (vazamentos inerentes, não visíveis detectáveis e vazamentos visíveis ou aflorantes) é a substituição das redes e ramais e suas correspondentes ligações. Propõe-se neste estudo, como uma ação efetiva de gerenciamento da infraestrutura, a substituição total ou parcial da rede e ligações existentes em PVC PBA por uma nova em tubos de Polietileno de Alta Densidade (PEAD), com juntas de solda. O PEAD é um material com alto grau de estanqueidade e com propriedades de trabalhabilidade, características mecânicas, hidráulicas, químicas e ambientais superiores ao PVC PBA, além de possuir menores custos de implantação. Tubulações em material do tipo PEAD possui juntas de solda - eletro e termo fusão, que eleva o índice de estanqueidade das juntas e conexões da rede, outro obstáculo no combate as perdas reais ocorridas nas redes e ramais de abastecimento. Ações efetivas para redução de vazamentos na rede, devem considerar também a redução do número de juntas e conexões ou, até mesmo, a melhora da estanqueidade destas. A substituição da infraestrutura existente por uma nova em material PEAD é uma ação de Gerenciamento de Infraestrutura que atenderá, portanto, duas das principais questões que impactam no combate aos vazamentos na rede: qualidade das tubulações e estanqueidade das juntas e conexões da Rede.

Apresenta-se os Quadros 11 e 12, comparativos, com as principais vantagens e desvantagens dos materiais PVC PBA e PEAD (ABPE,2017):

LISTA DE MATERIAIS																														
MATERIAL	TIPO DE TUBO	TIPO DE JUNTA	FAIXA DE DIÂMETROS NOMINAIS		VANTAGENS												PONTUAÇÃO													
			MIN (mm)	MAX (mm)	TRABALHABILIDADE				CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS				CARAC. HIDRÁUL		CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS			CARAC. AMBIENTAIS												
					RESISTÊNCIA A IMPACTO	FACILIDADE DE TRANSPORTE	SEM TESTES NA MONTAGEM	FÁCIL AJUSTE DE MONTAGEM	PIESO LEVE	POSSÍVEL FABRICAÇÃO NA OBRA	ALTO GRAU DE AVANÇO DE OBRA	MATERIAL ISOTRÓPICO	ALTA DUCTIBILIDADE	TUBO FLEXÍVEL	TUBO SEMIRÍGIDO	CONTINUIDADE ESTRUTURAL		DISPENSA BLOCOS DE ANCORAGEM	RESISTENTE A IMPACTOS EXTERNOS	RESISTENTE A VANDALISMO	AUTO GRAU DE ESTANQUEIDADE	BAIXA RUGOSIDADE	RESISTÊNCIA A RAIOS UV	SEM REVESTIMENTO INTERNO	SEM REVESTIMENTO EXTERNO	RESISTENTE A FOGO EXTERNO	IMUNIDADE À CORROSÃO	RESISTENTE À SOLOS AGRESSIVOS	MAIOR MOVIMENTAÇÃO DO SOLO	MAIOR DECOMPOSIÇÃO DO PAVIMENTO
AÇO	PONTA/PONTA	SOLDA DE TOPO	700	1200						X					X		X	X											X	6
DEFOFO	PONTA & BOLSA	ELÁSTICA	100	300				X						X			X	X												6
FOFO	PONTA & BOLSA	ELÁSTICA	80	800	X						X	X		X	X		X	X			X	X	X	X	X					13
PBA	PONTA & BOLSA	ELÁSTICA	50	100		X		X						X		X	X	X												7
PEAD	ELETRO E TERMO FUSÃO	SOLDA	63	1200	X	X		X	X	X			X		X		X	X	X*	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	13
PVC-O	PONTA & BOLSA	ELÁSTICA	100	300				X	X		X	X		X		X		X	X											9

* Todos os tubos de cor preta possuem Resistência à fotodegradação, devido ao fato de serem aditivado com negro de fumo.

Quadro 11: Vantagens dos tipos de tubulações (ABPE, 2017, adaptado)

LISTA DE MATERIAIS																														
MATERIAL	TIPO DE TUBO	TIPO DE JUNTA	FAIXA DE DIÂMETROS NOMINAIS		DESVANTAGENS												PONTUAÇÃO													
			MIN (mm)	MAX (mm)	TRABALHABILIDADE				CARAC. HIDRÁUL				CARAC. AMBIENTAIS																	
					BAIXA RESISTÊNCIA A IMPACTO	TRANSPORTE REQUER CUIDADOS	EXIGE TESTES NA MONTAGEM	REQUER CUIDADOS NA MONTAGEM	TUBOS PESADOS	FABRICAÇÃO DISTANTE DA OBRA	AVANÇO LENTO DE OBRA	BAIXA DUCTIBILIDADE	TUBO RÍGIDO	REQUER BLOCOS DE ANCORAGEM	SUJEITO A DESLOCAMENTO	POSSIBILIDADE DE SAN GADOUROS		GRAU DE ESTANQUEIDADE MÉDIO	ALTA RUGOSIDADE	NÃO RESISTE A RAIOS UV	REQUER REVESTIMENTO EXTERNO	NÃO RESISTE A FOGO EXTERNO	REQUER PROTEÇÃO À CORROSÃO	SOFRE ATAQUE POR SOLOS AGRESSIVOS	MAIOR MOVIMENTAÇÃO DO SOLO	MAIOR DECOMPOSIÇÃO DO PAVIMENTO	MAIOR PERDA DE MATERIAL			
AÇO	PONTA/PONTA	SOLDA DE TOPO	700	1200		X	X	X	X	X	X		X	X		X			X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	12
DEFOFO	PONTA & BOLSA	ELÁSTICA	100	300	X						X		X	X	X	X		X					X	X	X	X	X	X	X	8
FOFO	PONTA & BOLSA	ELÁSTICA	80	800		X		X	X		X		X	X	X						X	X	X	X	X	X	X	X	X	11
PBA	PONTA & BOLSA	ELÁSTICA	50	100	X						X		X	X	X	X		X					X	X	X	X	X	X	X	8
PEAD	ELETRO E TERMO FUSÃO	SOLDA	63	1200											X	X		X*		X										4
PVC-O	PONTA & BOLSA	ELÁSTICA	100	300									X	X	X	X		X		X					X	X	X	X	X	6

* Todos os tubos de cor preta possuem Resistência à fotodegradação, devido ao fato de serem aditivado com negro de fumo.

Quadro 12: Desvantagens dos tipos de tubulações (ABPE, 2017, adaptado)

II) Análise dos Custos para Renovação da Rede Existente: 4 Cenários

Para a análise dos custos de implantação do Gerenciamento da Infraestrutura no presente trabalho foram propostos quatro cenários para renovação da Rede e de

suas ligações, considerando uma troca percentual da infraestrutura existente em uma nova em PEAD, sendo estes:

- Cenário 1: trocar 100% da rede existente;
- Cenário 2: trocar 50% da rede existente;
- Cenário 3: trocar 33,33%, ou seja, 1/3 da rede existente; e
- Cenário 4: trocar 25% da rede existente.

Os custos unitários (R\$/m) foram parametrizados dos obtidos pela Associação Brasileira de Tubos Poliolefinicos e Sistemas – ABPE, em seu recente estudo intitulado “Consultoria para Comparativos de Implantação de Linhas sob Pressão para Sistemas de Infraestrutura Hidráulica” (2017). No documento supracitado, entre outros objetivos, foi apresentado um estudo de viabilidade econômico da utilização de tubulações distintas, entre elas a rede PVC PBA e a PEAD, considerados todas as normas, especificações técnicas, etapas e parâmetros de projeto adequados na implantação da rede. Os preços foram baseados no “Banco de Preços de Obras e Serviços de Engenharia”, elaborado pela SABESP, em julho de 2016 - banco de alta influência nacional e bastante específico e criterioso para a área de saneamento ambiental, além de se utilizar de cotações nos principais fabricantes de tubulações do país, a citar: a Amanco, Saint Gobain e a Tigre.

Importante destacar que há diferenças nas dimensões nominais entre o material existente na rede e o proposto para renovação da rede neste estudo. As correspondentes equivalência são informadas na Tabela 9:

Tabela 9: Equivalências das dimensões nominais – PBA x PEAD

PBA (mm)	PEAD (mm)
50	63
75	90
100	110

Fonte: ABPE (2017)

Os resultados comparativos de custos obtidos no estudo da ABPE (2017) ratificam a eficiência da rede em PEAD, que apresenta melhores resultados, em comparação com a rede PVC PBA.

Os custos unitários (R\$/m) utilizados nas planilhas orçamentárias estimativas nos quatro cenários previstos neste estudo foram parametrizados da planilha do estudo da ABPE que considerou todas as etapas necessárias à obra de implantação da rede, contendo as seguintes características em conformidade com a realidade da área de estudo: Escoramento contínuo, profundidade constante da rede de 1,35m, fundação em envoltória de areia, material PEAD, diâmetros da rede 63mm e 90mm.

São apresentadas as planilhas de referências da ABPE que foram fontes para parametrização dos custos unitários deste estudo, Tabelas 10 e 11:

Comparativos de Implantação de Linhas sob Pressão - ABPE			
	EMPRESA	PROJETO LINHA SOB PRESSÃO	FOLHA
	Sistemas Urbanos	Linha Padrão Estudo Comparativo - ABPE	11
	ASSUNTO		DATA
	Quantitativos e Preços PEAD - C. - 1,35 m - E.A - 63 mm		nov-16
REFERÊNCIA DE PREÇOS			
RESUMO DOS PREÇOS			
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	PREÇO (R\$)
1	CANTEIRO DE OBRAS	GB	6.088,64
2	SERVIÇOS PRELIMINARES	GB	36.214,20
3	MOVIMENTO DE TERRA	GB	35.688,42
4	ESCORAMENTOS	GB	143.434,97
5	ESGOTAMENTOS	GB	26.712,71
6	FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS	GB	267,33
7	ASSENTAMENTO	GB	2.238,71
8	PAVIMENTAÇÃO	GB	175.931,53
10	URBANIZAÇÃO	GB	0,00
11	SERVIÇOS ESPECIAIS	GB	0,00
12	SERVIÇOS COMPLEMENTARES	GB	0,00
13	MATERIAL	GB	16.242,32
	TOTAL GERAL		442.814,83

1.065,10 m
415,75 R\$/m

Tabela 10: Quantitativos e Preços PEAD – C 1,35m E.A. 63mm (ABPE, 2017, adaptado)

Comparativos de Implantação de Linhas sob Pressão - ABPE

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	PREÇO (R\$)
2	SERVIÇOS PRELIMINARES	GB	36.214,20
3	MOVIMENTO DE TERRA	GB	37.443,48
4	ESCORAMENTOS	GB	145.912,74
5	ESGOTAMENTOS	GB	26.712,71
6	FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS	GB	267,33
7	ASSENTAMENTO	GB	0,00
8	PAVIMENTAÇÃO	GB	180.349,21
10	URBANIZAÇÃO	GB	0,00
11	SERVIÇOS ESPECIAIS	GB	0,00
12	SERVIÇOS COMPLEMENTARES	GB	0,00
13	MATERIAL	GB	22.173,68
TOTAL GERAL			455.159,99

1.065,10 m
427,34 R\$/m

Tabela 11: Quantitativos e Preços PEAD – C 1,35m E.A 90mm (ABPE, 2017, adaptado)

Importante salientar que nas parametrizações e obtenções dos custos unitários (R\$/m) nas duas situações deste estudo, rede de 63mm e 90mm, foram subtraídos os custos correspondentes ao item pavimentação nas planilhas de referência. Esta estratégia visa diminuir os custos dos orçamentos calculados para os quatro cenários de investimento proposto neste estudo, diminuindo assim o retorno dos investimentos, o *payback*, tornando o cenário mais interessante para o investidor ou prestador dos serviços, responsável pela gestão da rede. Nesta proposta a pavimentação poderia ser realizada pela responsável pela gestão da infraestrutura do Campus da Cidade Universitária, a Prefeitura Universitária da UFRJ, por exemplo. Atenta-se que os

custos unitários foram, ainda, atualizados para o período de estudo considerando a aplicação do Índice Nacional de Custo de Construção Civil (INCC) equivalente.

Apresenta-se a seguir, Tabelas 12 a 15, as planilhas orçamentárias estimativas de cada um dos quatro cenários considerados neste estudo, calculadas conforme critérios definidos neste item:

Tabela 12: Orçamento Cenário 1

ORÇAMENTO:		SUBSTITUIÇÃO DE 100% REDE HIDRÁULICA DA VILA RESIDENCIAL		DATA BASE			
		QUANTIDADE: 3705m		abr/17	abr/20	abr/20	
		MATERIAL: PEAD		PREÇO UNITÁRIO (R\$)		PREÇO TOTAL (R\$)	
FONTE	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNIDADE	QUANTIDADE				
ABPE	ASSENTAMENTO REDE PEAD 63MM, ENVOLTORIA DE AREIA, PROF 1,35M. INCLUINDO CUSTOS SERVIÇOS PRELIMINARES, MOV DE TERRA, ESCORAMENTOS, ESGOTAMENTOS, FUNDAÇÕES E ASSENTAMENTO.	M	2593,5	R\$ 250,57	R\$ 278,886	R\$ 649.856,20	R\$ 723.290,025
ABPE	ASSENTAMENTO REDE PEAD 90MM, ENVOLTORIA DE AREIA, PROF 1,35M. INCLUINDO CUSTOS SERVIÇOS PRELIMINARES, MOV DE TERRA, ESCORAMENTOS, ESGOTAMENTOS, FUNDAÇÕES E ASSENTAMENTO.	M	1111,5	R\$ 258,01	R\$ 287,170	R\$ 286.782,63	R\$ 319.189,103
TOTAL						R\$ 936.638,83	R\$ 1.042.479,128

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 13: Orçamento Cenário 2

ORÇAMENTO:		SUBSTITUIÇÃO DE 50% REDE HIDRÁULICA DA VILA RESIDENCIAL		DATA BASE			
		QUANTIDADE: 1852,5m		abr/17	abr/20	abr/20	
		MATERIAL: PEAD		PREÇO UNITÁRIO (R\$)		PREÇO TOTAL (R\$)	
FONTE	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNIDADE	QUANTIDADE				
ABPE	ASSENTAMENTO REDE PEAD 63MM, ENVOLTORIA DE AREIA, PROF 1,35M. INCLUINDO CUSTOS SERVIÇOS PRELIMINARES, MOV DE TERRA, ESCORAMENTOS, ESGOTAMENTOS, FUNDAÇÕES E ASSENTAMENTO.	M	1296,75	R\$ 250,57	R\$ 278,886	R\$ 324.928,10	R\$ 361.645,012
ABPE	ASSENTAMENTO REDE PEAD 90MM, ENVOLTORIA DE AREIA, PROF 1,35M. INCLUINDO CUSTOS SERVIÇOS PRELIMINARES, MOV DE TERRA, ESCORAMENTOS, ESGOTAMENTOS, FUNDAÇÕES E ASSENTAMENTO.	M	555,75	R\$ 258,01	R\$ 287,170	R\$ 143.391,32	R\$ 159.594,551
TOTAL						R\$ 468.319,42	R\$ 521.239,564

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 14: Orçamento Cenário 3

ORÇAMENTO:		SUBSTITUIÇÃO DE 33,33%(1/3) REDE HIDRÁULICA DA VILA RESIDENCIAL		DATA BASE			
		QUANTIDADE: 1235m		abr/17	abr/20	abr/20	
		MATERIAL: PEAD		PREÇO UNITÁRIO (R\$)		PREÇO TOTAL (R\$)	
FONTE	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNIDADE	QUANTIDADE				
ABPE	ASSENTAMENTO REDE PEAD 63MM, ENVOLTORIA DE AREIA, PROF 1,35M. INCLUINDO CUSTOS SERVIÇOS PRELIMINARES, MOV DE TERRA, ESCORAMENTOS, ESGOTAMENTOS, FUNDAÇÕES E ASSENTAMENTO.	M	864,5	R\$ 250,57	R\$ 278,886	R\$ 216.618,73	R\$ 241.096,675
ABPE	ASSENTAMENTO REDE PEAD 90MM, ENVOLTORIA DE AREIA, PROF 1,35M. INCLUINDO CUSTOS SERVIÇOS PRELIMINARES, MOV DE TERRA, ESCORAMENTOS, ESGOTAMENTOS, FUNDAÇÕES E ASSENTAMENTO.	M	370,5	R\$ 258,01	R\$ 287,170	R\$ 95.594,21	R\$ 106.396,368
TOTAL						R\$ 312.212,94	R\$ 347.493,043

Fonte: Elaboração própria

Tabela 15: Orçamento Cenário 4

ORÇAMENTO: **SUBSTITUIÇÃO DE 25% REDE HIDRÁULICA DA VILA RESIDENCIAL**
QUANTIDADE: 926,25m
MATERIAL: PEAD

FONTE	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UNIDADE	QUANTIDADE	DATA BASE			
				abr/17	abr/20	abr/20	
				PREÇO UNITÁRIO (R\$)		PREÇO TOTAL (R\$)	
ABPE	ASSENTAMENTO REDE PEAD 63MM, ENVOLTORIA DE AREIA, PROF 1,35M. INCLUINDO CUSTOS SERVIÇOS PRELIMINARES, MOV DE TERRA, ESCORAMENTOS, ESGOTAMENTOS, FUNDAÇÕES E ASSENTAMENTO.	M	648,375	R\$ 250,57	R\$ 278,886	R\$ 162.464,05	R\$ 180.822,506
ABPE	ASSENTAMENTO REDE PEAD 90MM, ENVOLTORIA DE AREIA, PROF 1,35M. INCLUINDO CUSTOS SERVIÇOS PRELIMINARES, MOV DE TERRA, ESCORAMENTOS, ESGOTAMENTOS, FUNDAÇÕES E ASSENTAMENTO.	M	277,875	R\$ 258,01	R\$ 287,170	R\$ 71.695,66	R\$ 79.797,276
TOTAL						R\$ 234.159,71	R\$ 260.619,782

Fonte: Elaboração própria.

III) Estabelecimento de Metas para Redução de Perdas Totais

Foram definidos três níveis hipotéticos para redução dos índices percentuais de perdas na área de estudo considerando os anos bases das metas do PLANSAB: uma meta pessimista, que considera alcançar o índice de perda na distribuição registrado no Brasil pelo SNIS em 2018 (IN049 = 38,45%); outra realista, que leva em consideração a meta de médio prazo para redução do índice de perda na distribuição estimada pelo PLANSAB, a ser alcançada no Sudeste do Brasil em 2023 (IN049 = 32%); e, por último, a meta otimista, que tem por objetivo alcançar os índices previstos no PLANSAB para o sudeste em 2033 (IN049 = 29%):

- Meta 1 – Pessimista: IN049 = 38,45%;
- Meta 2 – Realista: IN049 = 32%; e
- Meta 3 – Otimista: IN049 = 29%.

A partir do estabelecimento de metas para redução dos índices de perdas na distribuição (IN049), tem-se uma consequente redução dos índices de perda de faturamento (IN013). As diferenças dos valores de custo de água não faturada do Cenário Base pelos custos de água não faturada de cada cenário hipotético de redução de perdas considerados nas metas - pessimistas, realistas e otimistas, geram uma correspondente economia anual de água (R\$/m³) conforme apresentado a seguir:

- **Situação sem o Plano de Controle e Redução de Perdas – Cenário Base**
 - ✓ 54,17 % Perdas de Faturamento (IN013) no período;
 - ✓ 48,63% Perdas na Distribuição (IN049) no período;
 - ✓ Perdas totais: 336,24 L/lig.dia (IN051) no período;
 - ✓ Perdas Reais: 260,62 L/lig.dia;
 - ✓ Perdas aparentes: 75,62 L/lig.dia

- **Meta 1 de Controle e Redução de Perdas – Meta Pessimista: Redução de 21% nas perdas totais atuais**
 - ✓ **38,45% Perdas na Distribuição (IN049);**
 - ✓ 44,00 % Perdas de Faturamento (IN013);
 - ✓ Perdas totais: 265,87 L/lig.dia (IN051);
 - ✓ Perdas Reais: 190,25 L/lig.dia;
 - ✓ Perdas aparentes: 75,62 L/lig.dia (obs. Mantida a perda aparente do cenário base);
 - ✓ **Economia custo anual de água: R\$ 19.707,97/ano**

- **Meta 2 de Controle e Redução de Perdas – Meta Realista: Redução de 34% nas perdas totais atuais**
 - ✓ **32% Perdas na Distribuição (IN049);**
 - ✓ 37,55 % Perdas de Faturamento (IN013);
 - ✓ Perdas totais: 221,27 L/lig.dia (IN051);
 - ✓ Perdas Reais: 145,65 L/lig.dia;
 - ✓ Perdas aparentes: 75,62 L/lig.dia (obs. Mantida a perda aparente do cenário base);
 - ✓ **Economia custo anual de água: R\$ 32.199,59/ano**

- **Meta 3 de Controle e Redução de Perdas – Meta Otimista: Redução de 40% nas perdas totais atuais**
 - ✓ **29% Perdas na Distribuição (IN049);**
 - ✓ 34,55 % Perdas de Faturamento (IN013);
 - ✓ Perdas totais: 200,53 L/lig.dia (IN051);
 - ✓ Perdas Reais: 124,91 L/lig.dia;
 - ✓ Perdas aparentes: 75,62 L/lig.dia (obs. Mantida a perda aparente do cenário base);
 - ✓ **Economia custo anual de água: R\$ 38.009,64/ano**

IV) Análise dos *Paybacks*

Por fim, considera-se a análise do retorno do investimento, o *payback*, das ações de gerenciamento de infraestrutura dos quatro cenários propostos neste estudo – trocar 100%, 50%, 33,33% e 25% da rede e das ligações, tendo como objetivo estratégico a redução dos índices de perdas na rede aos níveis a serem alcançados em três diferentes metas – pessimista, realista e otimista.

Através das diferenças dos valores de custo de água não faturada do Cenário Base e aqueles que seriam obtidos com a redução das perdas em cada uma das três metas definidas neste estudo - a economia do custo anual de água (R\$/ano), é feita a análise do retorno do investimento para implantação da nova rede para cada um dos quatro cenários propostos, de forma a avaliar a viabilidade econômico-financeira das propostas para redução de perdas da Vila Residencial da UFRJ. O fato de, aparentemente, a curto prazo, não ser interessante investir na redução dos índices de perdas valores maiores daqueles economizados através da redução das correspondentes perdas de faturamento, obtidos em cada uma das três situações das metas propostas neste estudo, torna a análise do *payback* um critério razoável para a estratégia de redução de índices de perdas da região.

A seguir, são apresentadas as Tabelas 16 a 19 de análise do *payback*, considerando os quatro cenários estratégicos de gerenciamento da infraestrutura, através da troca total ou parcial da rede e das ligações, em cada uma das três metas de redução dos índices percentuais de perdas definidas no estudo – IN049 = 38,45% (SNIS 2018), IN049 = 32% (PLANSAB 2023) e IN049 = 29% (PLANSAB 2033).

Tabela 16: Análise do *Payback*: Cenário 1PAYBACK: **ESTRATÉGIA DE SUBSTITUIÇÃO DE 100% REDE HIDRÁULICA DA VILA RESIDENCIAL**

INVESTIMENTO (R\$)	METAS	Economia anual (R\$)	% Economia Anual (R\$)/Valor Investido (R\$)	<i>Payback</i> (ano)
R\$ 1.042.479,13	Pessimista	R\$ 19.707,97	1,89	53
R\$ 1.042.479,13	Realista	R\$ 32.199,59	3,09	32
R\$ 1.042.479,13	Otimista	R\$ 38.009,64	3,65	27

Fonte: Elaboração própria

Tabela 17: Análise do *Payback*: Cenário 2PAYBACK: **ESTRATÉGIA DE SUBSTITUIÇÃO DE 50% REDE HIDRÁULICA DA VILA RESIDENCIAL**

INVESTIMENTO (R\$)	METAS	Economia anual (R\$)	% Economia Anual (R\$)/Valor Investido (R\$)	<i>Payback</i> (ano)
R\$ 521.239,56	Pessimista	R\$ 19.707,97	3,78	26
R\$ 521.239,56	Realista	R\$ 32.199,59	6,18	16
R\$ 521.239,56	Otimista	R\$ 38.009,64	7,29	14

Fonte: Elaboração própria

Tabela 18: Análise do *Payback*: Cenário 3PAYBACK: **ESTRATÉGIA DE SUBSTITUIÇÃO DE 33,33% (1/3) REDE HIDRÁULICA DA VILA RESIDENCIAL**

INVESTIMENTO (R\$)	METAS	Economia anual (R\$)	% Economia Anual (R\$)/Valor Investido (R\$)	<i>Payback</i> (ano)
R\$ 347.493,043	Pessimista	R\$ 19.707,97	5,67	18
R\$ 347.493,043	Realista	R\$ 32.199,59	9,27	11
R\$ 347.493,043	Otimista	R\$ 38.009,64	10,94	9

Fonte: Elaboração própria

Tabela 19: Análise do *Payback*: Cenário 4

PAYBACK:

ESTRATÉGIA DE SUBSTITUIÇÃO DE 25% REDE HIDRÁULICA DA VILA RESIDENCIAL

INVESTIMENTO (R\$)	METAS	Economia anual (R\$)	% Economia Anual (R\$)/Valor Investido (R\$)	<i>Payback</i> (ano)
R\$ 260.619,782	Pessimista	R\$ 19.707,97	7,56	13
R\$ 260.619,782	Realista	R\$ 32.199,59	12,36	8
R\$ 260.619,782	Otimista	R\$ 38.009,64	14,58	7

Fonte: Elaboração própria.

Importante salientar que foi considerada nesta análise a seguinte premissa: os valores de economia anual de água (R\$/ano) e o capital investido na troca da rede (R\$) sofrem reajustes anuais através de uma mesma taxa referencial e, por isso, o cálculo do *payback* não considera o valor do dinheiro no tempo.

4.12 PLANO DE GESTÃO DE PERDAS NA VILA RESIDENCIAL DA UFRJ: AGENTES E AÇÕES

De acordo com os cenários, metas e as análises dos *paybacks* propostos para o gerenciamento da infraestrutura neste estudo, somadas as ações para atendimento às outras práticas recomendadas pela IWA para mitigação de perdas reais, foram adotadas três possibilidades consideradas viáveis na obtenção de um plano de gestão das perdas na Vila Residencial da UFRJ, incluindo definição de ações, seus agentes e possibilidade de auto investimento, considerando a economia anual obtida na redução das perdas de faturamento.

Foi considerado como critério de seleção das ações de gerenciamento da infraestrutura para os Planos aqui propostos a análise da relação direta entre o percentual de redução de perdas totais esperados e o percentual de substituição da infraestrutura dos cenários apresentados, fator com maior impacto na gestão de perdas reais. Hipótese observada conforme o Quadro 6. A Figura 48 representa a interligação entre os agentes e as ações propostas para serem aplicadas na gestão de perdas da Vila Residencial da UFRJ.

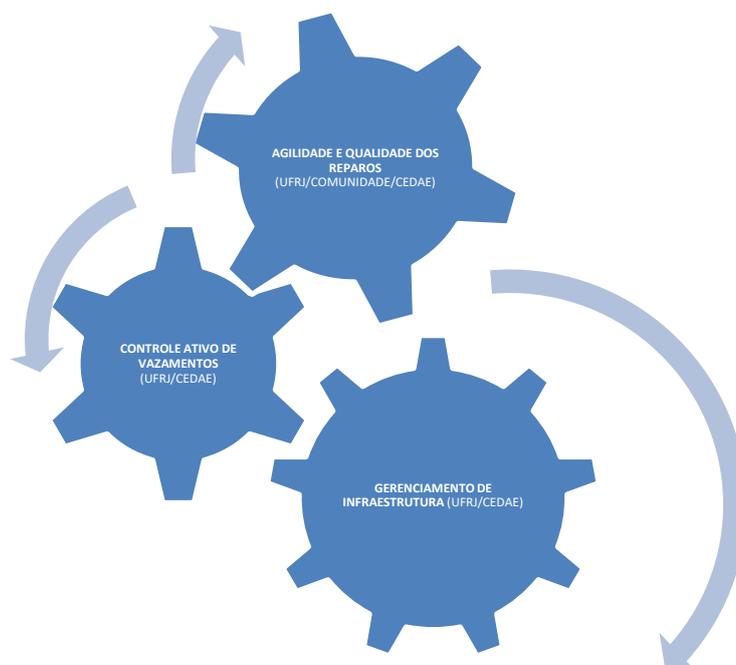


Figura 48: Esquemático da interligação entre os agentes e as ações para gestão de perdas, segundo a IWA, a serem aplicadas, simultaneamente, na Vila Residencial da UFRJ (Elaboração própria, 2020)

4.12.1 PLANO 1: META PESSIMISTA

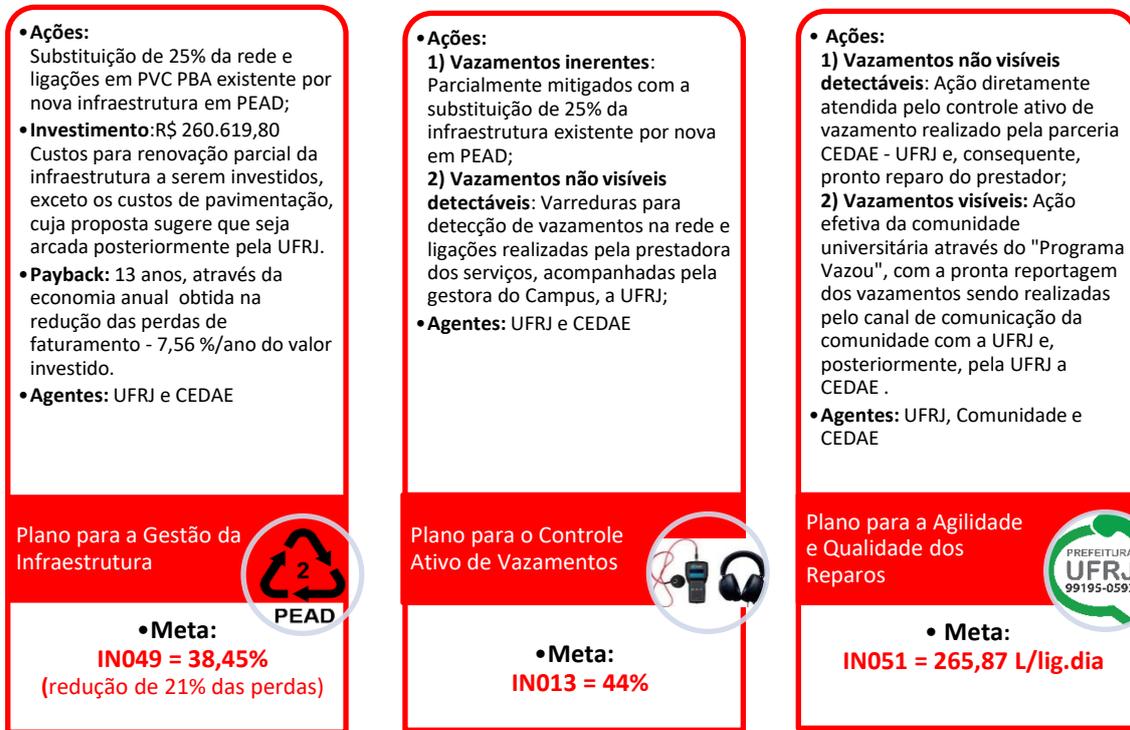
O Plano 1 proposto para a gestão das perdas da área de estudo tem como meta reduzir em 21% as perdas totais, de forma a alcançar os já defasados índices de perdas de distribuição obtidos no Brasil em 2018 - IN049 = 38,45%, com IN013 = 44% e IN051 = 265,87 L/lig.dia. São propostas ações para atendimento às seguintes práticas para mitigação das perdas reais recomendadas pela IWA, com a correspondente identificação dos seus agentes: Gerenciamento de Infraestrutura; Controle Ativo de Vazamentos; e a Agilidade e a Qualidade dos Reparos.

Em relação as propostas para gerenciamento da infraestrutura existente, considera-se necessário, neste caso, executar ações para substituição de 25% da rede e ligações existentes por uma nova em PEAD para que se reduza apenas em 21% o total das perdas na região, computando um investimento estimado de R\$ 260.619,80, com *payback* de 13 anos – meta pessimista.

As ações de controle ativo de vazamentos e para a agilidade e qualidade dos reparos são comuns nos 3 planos propostos neste estudo. Em resumo, correspondentemente, consideram a necessidade de execução de varreduras para detecção de vazamentos com equipamentos acústicos e demais tecnologias a serem realizadas pelo prestador de serviços e a necessidade de efetiva e pronta comunicação de vazamentos à prestadora dos serviços para correspondente realização dos reparos, contando com a intensa participação da comunidade universitária – “Programa Vazou”.

A Figura 49 apresenta o Plano de Gestão de Perdas de Água da Vila Residencial da UFRJ proposto, segundo a meta pessimista analisada neste estudo:

Figura 49: Plano de Gestão de perdas da Vila Residencial da UFRJ – Meta Pessimista



Fonte: Elaboração própria.

4.12.2 PLANO 2: META REALISTA

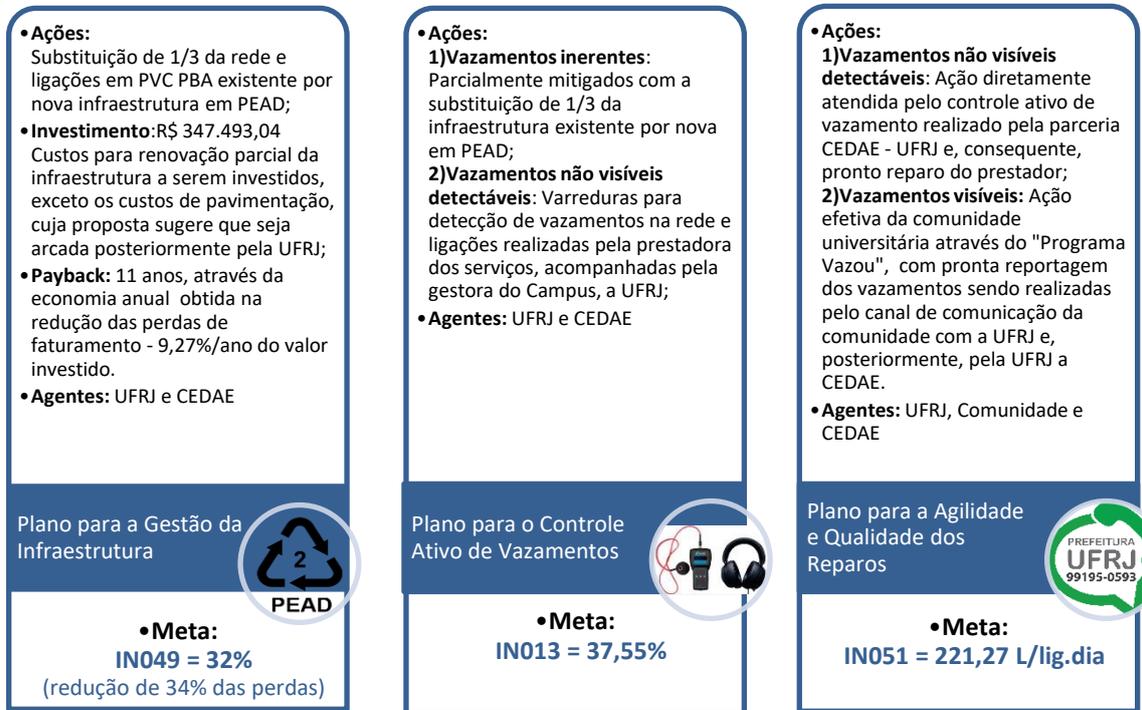
O Plano 2 proposto para a gestão das perdas da área de estudo tem como meta reduzir em 34% as perdas totais, de forma a alcançar os valores dos indicadores SNIS esperados nas metas do PLANSAB para o ano 2023 - IN049 = 32%, com IN013 = 37,55% e IN051 = 221,27 L/lig.dia. São propostas ações para atendimento às seguintes práticas para mitigação das perdas reais recomendadas pela IWA, com identificação dos seus agentes: Gerenciamento de Infraestrutura; Controle Ativo de Vazamentos; e a Agilidade e a Qualidade dos Reparos.

Em relação as propostas para gerenciamento da infraestrutura existente, considera-se necessário, neste caso, executar ações para substituição de 1/3 (aproximadamente 34%) da rede e ligações existentes por uma nova infraestrutura em PEAD para que se reduza em 34% as perdas totais na região, computando um investimento estimado de R\$ 347.493,04, com *payback* de 11 anos – meta realista. Esta medida destaca a seguinte consideração adotada neste estudo: pressupõe-se uma relação direta entre o percentual de substituição da rede – gerenciamento de infraestrutura (34%) e o percentual de redução de perdas (34%).

Reitera-se que as ações de controle ativo de vazamentos e para a agilidade e qualidade dos reparos são comuns nos 3 planos propostos neste estudo. Em resumo, correspondentemente, consideram a necessidade de execução de varreduras para detecção de vazamentos com equipamentos acústicos e demais tecnologias a serem realizadas pelo prestador de serviços e a necessidade de efetiva e pronta comunicação de vazamentos à prestadora dos serviços para correspondente realização dos reparos, contando com a intensa participação da comunidade universitária – “Programa Vazou”.

A Figura 50 apresenta o Plano de Gestão de Perdas de Água da Vila Residencial da UFRJ proposto, segundo a meta realista analisada neste estudo:

Figura 50: Plano de Gestão de perdas da Vila Residencial da UFRJ – Meta Realista



Fonte: Elaboração própria.

4.12.3 PLANO 3: META OTIMISTA

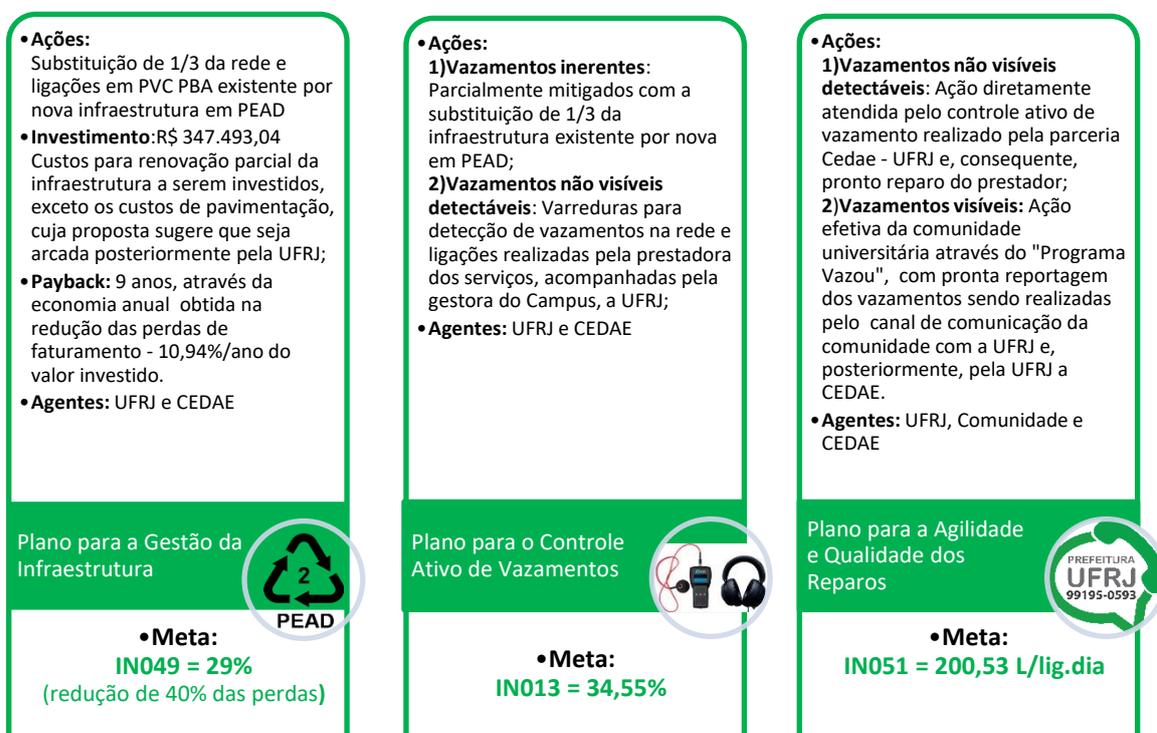
O Plano 3 proposto para a gestão das perdas da área de estudo tem como meta reduzir em 40% as perdas totais, de forma a alcançar os valores dos indicadores SNIS esperados nas metas do PLANSAB para o ano 2033 - IN049 = 29%, com IN013 = 34,55% e IN051 = 200,53 L/lig.dia. São propostas ações para atendimento às seguintes práticas para mitigação das perdas reais recomendadas pela IWA, com identificação dos seus agentes: Gestão de Infraestrutura; Controle Ativo de Vazamentos; e a Agilidade e a Qualidade dos Reparos.

Em relação as propostas para o gerenciamento da infraestrutura existente, considera-se suficiente, neste caso, executar ações para substituição de 1/3 da rede e das ligações existentes por uma nova infraestrutura em PEAD para que se reduza em 40% as perdas totais na região, computando um investimento estimado de R\$ 347.493,04, com *payback* de 9 anos – meta otimista.

Ratifica-se que as ações de controle ativo de vazamentos e para a agilidade e qualidade dos reparos são comuns nos 3 planos propostos neste estudo. Em resumo, correspondentemente, uma considera a necessidade de execução de varreduras para detecção de vazamentos com equipamentos acústicos e demais tecnologias a serem realizadas pelo prestador de serviços e a outra, a necessidade de efetiva e pronta comunicação de vazamentos à prestadora dos serviços para correspondente realização dos reparos, contando com a intensa participação da comunidade universitária – “Programa Vazou”.

A Figura 51 apresenta o Plano de Gestão de Perdas de Água da Vila Residencial da UFRJ proposto, segundo a meta otimista analisada neste estudo:

Figura 51: Plano de Gestão de perdas da Vila Residencial da UFRJ – Meta Otimista



Fonte: Elaboração própria.

5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

A obtenção de estimativas de volumes de perdas reais e aparentes do DMC da Vila Residencial através do cálculo do Balanço Hídrico – Cenário Base no período de estudo de março de 2019 a fevereiro de 2020 e os correspondentes resultados dos cálculos dos indicadores SNIS – IN049, IN013 e IN051, mostram que a Vila Residencial da UFRJ apresenta elevados índices de perdas, se comparado a realidade regional e nacional brasileira – realidade já bastante defasada da mundial. Atesta-se, portanto, a real necessidade de tomada de providências para mitigação das perdas na região, com foco nas perdas reais. O cálculo do IVI – metodologia da IWA, no entanto, apresentou índice bastante elevado, fora de qualquer padrão razoável. Neste ponto deve se atentar ao fato de o IVI apresentar problemas em sistemas com pressões muitas baixas, como as apresentadas no estudo de caso, não servindo, assim, para o correto diagnóstico das perdas.

Os resultados aparentemente insatisfatórios obtidos através do cálculo do Balanço Hídrico – Cenário Base no setor considerado erroneamente como um DMC - DMC da Rua dos Cravos, enfatizam um alerta importante relativo ao atendimento da premissa fundamental para a aplicação da metodologia da IWA – a necessidade de análise de um sistema estanque. No Balanço Hídrico supracitado foram observados volumes micromedidos maiores que os macromedidos no período de estudo, o que gerou volumes negativos de perdas. Recomenda-se, neste sentido, acurácia na seleção de uma nova área a ser definida como um novo DMC, para análise na Vila Residencial, a fim de realocar o macromedidor atualmente instalado na Rua dos Cravos. Concluiu-se, neste estágio, que a aplicação de todas as demais metodologias da IWA, consideradas neste estudo, deveriam ser aplicadas e analisadas somente no DMC da Vila Residencial da UFRJ.

O presente estudo demonstra que é tecnicamente viável elaborar Planos para redução dos índices de perdas na região, à níveis razoáveis, segundo as metas de médio e longo prazo pré-estabelecidas no Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB, através da aplicação da metodologia da IWA. Os Planos propostos consideraram os agentes e suas ações necessárias ao combate das perdas, de acordo com o atendimento às principais práticas de gestão de perdas reais recomendadas pela IWA – Gerenciamento de Infraestrutura, Agilidade e Qualidade

nos Reparos e Controle Ativo de Vazamentos. O Gerenciamento das Pressões, apesar de ser outra fundamental prática para gestão das perdas reais, não foi objeto de análise neste estudo, uma vez que foram consideradas pressões estabilizadas para o período. Outra decisão importante para obtenção do Plano foi concentrar a análise de investimentos nas ações para gerenciamento da infraestrutura, por serem consideradas as mais impactantes da redução das perdas reais. Trata-se, ainda, de uma prática fundamental na leitura de gestão de ativos, sendo este um patrimônio da população da região.

Foram elaborados cenários e metas para redução dos índices de perdas na distribuição no DMC da Vila Residencial, considerando uma troca total ou parcial da rede de abastecimento – 100%, 50%, 33,33% e 25% da rede, objetivando alcançar três estágios hipotéticos de redução dos índices de perdas: meta pessimista, realista e otimista. Concluiu-se, neste sentido, que a medida mais efetiva e eficiente para o gerenciamento da infraestrutura existente seria a substituição da rede e das ligações com a utilização de um novo material, o PEAD, com alto grau de estanqueidade e com propriedades de trabalhabilidade, características mecânicas, hidráulicas, químicas e ambientais superiores ao PVC PBA, além de possuir menores custos de implantação, reduzindo o *payback* dos cenários analisados.

De todas as análises de *payback* das combinações entre os quatro cenários de troca da rede e três metas de redução de perdas totais, foram selecionadas três situações consideradas viáveis para serem objeto de elaboração de um Plano de redução das perdas na região de estudo. Mostrou-se coerente adotar como critério para tal seleção a análise da relação direta entre o percentual de redução de perdas totais esperados em cada plano e o percentual de substituição da rede empregado no gerenciamento de infraestrutura do Cenário proposto, fator notoriamente com maior impacto na gestão de perdas reais. Como resultado, foram apresentadas três possibilidades de Planos de Gestão de Perdas para a Vila Residencial da UFRJ, considerando a identificação dos agentes e ações em atendimento as boas práticas da IWA, para atendimento das metas de redução dos índices de perdas totais – IN049, IN013 e IN051, aos níveis considerados no estudo – Plano pessimista, Plano Realista e Plano Otimista.

O Plano 1 - Pessimista apresentou os piores resultados da análise técnico-econômico-financeira entre os planos propostos – pior *payback* (13 anos), substituição da infraestrutura (25%) e percentual de redução de perdas esperados (21%) inferiores

aos resultados dos outros planos propostos e, por isso, recomenda-se que este seja descartado. O Plano 3 - otimista apresenta os melhores resultados da análise técnico-econômica-financeira do estudo – melhor *payback* (9 anos), melhor percentual de redução de perdas esperados (40%), com a mesma substituição percentual da infraestrutura do Plano 2 (33%) e tem potencial para ser considerado na elaboração do Plano de Gestão de Perdas da região de estudo. No entanto, conclui-se que o Plano 2 – Realista, que possui resultados técnico-econômico-financeiro similares ao Plano 3 – *payback* de 11 anos e considera o mesmo percentual de troca de 33% da rede e das ligações, não deve ser descartado, uma vez que também possui metas plausíveis de serem alcançadas, com razoável prazo para retorno dos investimentos. Recomenda-se, portanto, que os Planos 2 ou 3 podem ser adotados como uma das soluções que consubstancie as ações para o Plano de Gestão de Perdas da Vila Residencial da UFRJ.

Outra notória conclusão nesta análise alerta para o fato de que reduzir perdas custa caro e que planos e programas com tal objetivo, nesta escala, não se sustentam se considerados apenas os critérios econômicos. Mesmo no cenário mais otimista como resultado deste estudo – Plano 3: Meta Otimista, de acordo com o *payback* calculado – 9 anos, levaria quase uma década para que o investimento do gerenciamento da infraestrutura fosse totalmente custeado pelas economias anuais correspondente a redução das perdas de faturamento no sistema. Pode-se concluir, por conseguinte, que este é um grande motivo para que o assunto perdas seja negligenciado pelos prestadores de serviços que tenham uma visão restrita da problemática de perdas, focadas apenas no impacto econômico que ela causa. Recomenda-se, para tanto, que o prestador dos serviços atente em sua análise para os outros grandes impactos coexistentes com a perda de faturamento da água produzida, a citar: problemas políticos, sociais, legais e ambientais. O novo marco regulatório, com a consequente atuação de regulação sobre responsabilidade da ANA, poderá ter um papel fundamental para o cumprimento de metas eficientes e que considerem também os aspectos legais, sociais e a responsabilidade ambiental nos serviços de abastecimento de água.

Constata-se, ainda, neste estudo, que a gestão de perdas é algo complexo, que deve envolver vários atores – prestador, gestor, regulador, operador e a comunidade ou consumidor, com ações coordenadas que funcionem juntas, como uma

engrenagem, considerando as boas práticas da IWA, para obtenção de um Plano efetivo e eficiente para mitigação dos seus índices. O diagnóstico de perdas segundo a metodologia adotada neste estudo – a metodologia do Balanço Hídrico da IWA, com a identificação das perdas reais e aparentes, simplifica o tema e torna seu entendimento muito mais compreensível, permitindo que os investimentos e planos de ações para gestão das perdas sejam priorizados pela prestadora dos serviços.

As práticas de gestão previstas neste estudo, envolvendo todos os atores impactados com a problemática de perdas, na região da Vila Residencial, está de acordo com as mais recentes recomendações dos consultores do tema, estimulando, assim, a adoção da gestão de perdas na Cidade Universitária da UFRJ com a participação ativa da responsável pela gestão da infraestrutura do Campus da UFRJ - a Prefeitura Universitária, assim como da prestadora dos serviços – a CEDAE, contando ainda com participação de toda a comunidade universitária – os clientes.

É importante salientar que o presente estudo foi realizado numa microrregião, com escala bastante reduzida em comparação a realidade da maioria dos sistemas de abastecimentos de água a serem geridos, no entanto, seus resultados podem consubstanciar ações e medidas de mitigação de perdas a serem adotadas em sistemas com diagnóstico semelhante – maioria de perdas reais.

O estabelecimento das metas fundamentadas no PLANSAB atende a necessidade de obtenção de um Plano de gestão responsável dos recursos hídricos da Cidade Universitária, da Ilha do Fundão, em concordância com as metas do Plano Diretor (PDCIDUNI 2020).

Importante observar que um novo Plano Diretor da UFRJ, com vigência após 2020, ainda se encontra em fase de desenvolvimento pela Universidade e, portanto, ainda não foi disponibilizado até a data do fechamento desta dissertação.

Atenta-se que o trabalho desenvolvido nesta dissertação foi realizado a nível de concepção e análise de viabilidade técnico-econômica-financeira para a elaboração de um Plano de gestão de perdas na Vila Residencial da UFRJ, com objetivo de reduzir os percentuais de perdas totais na região. Para a efetiva aplicação do Plano, com obtenção dos resultados esperados, recomenda-se o desenvolvimento de novos estudos e projetos, contendo maiores detalhamentos, que fundamentem a criação de um Programa específico para gestão de perdas da região.

Alerta-se que, no caso da elaboração do Programa supracitado, se faz necessário que sejam incluídas também medidas para mitigação das perdas

aparentes, de forma a dar continuidade no sucesso nos resultados de redução das perdas totais esperados neste estudo a médio e longo prazo. As perdas aparentes foram mitigadas previamente com a substituição dos hidrômetros e com o reparo e calibração dos medidores feitos pela prestadora dos serviços antes da obtenção dos dados deste estudo. Devem ser avaliados e previstos os prazos para novas ações de calibragem e/ou substituição dos medidores, de acordo com as recomendações dos fabricantes, por exemplo.

Sugere-se, para a continuidade dos resultados esperados neste trabalho, que, ao se aplicá-lo na prática, sejam realizados diagnósticos anuais, Balanço Hídricos, para aferição do cumprimento das metas definidas nos Planos de Gestão de perdas para o sistema analisado. Tratar de Gestão é tratar de um “organismo vivo”, altamente mutável, que deve ser acompanhado com afinco, de forma a aferir todos os procedimentos e resultados, continuamente, para manter o que está fluindo corretamente e aprimorar o que precisa ser corrigido.

Para o completo atendimento ao Plano e/ou Programa de Controle de Perdas na Cidade Universitária da UFRJ, em continuidade a este estudo, outras análises poderão ser realizadas, considerando a implantação de outros macromedidores em pontos estratégicos, de forma a definir novas DMCs e por conseguinte a aplicação da metodologia da IWA em toda infraestrutura do sistema de abastecimento de água do Campus Fundão. A configuração geográfica da Ilha do Fundão, com limites definidos de forma natural, torna o seu sistema de abastecimento estanque, tecnicamente viável para a aplicação da metodologia da IWA, para definição de cenários e metas que estejam em concordância com as metas do Plano Diretor da Universidade.

6 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABCON – Associação Brasileira das Concessionárias Privadas de Serviço Público de Água e Esgotos/SINDCON – Sindicato Nacional das Concessionárias Privadas de Serviço Público de Água e Esgotos. **Panorama da Participação Privada no Saneamento**, 2015.

ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Guia PNQS – Prêmio Nacional da Qualidade em Saneamento 2020**. Regulamento e critérios de avaliação, 2020.

ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais dos Congressos Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 2001 / 2003 /2005 / 2007 / 2009 / 2011 / 2013/2015/2017.

ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água**. Diagnóstico, Potencial de Ganhos com sua Redução e Propostas de Medidas Para o Efetivo Combate, 2013.

ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Controle e Redução de Perdas nos Sistemas Públicos de Abastecimento de Água**. Posicionamentos e Contribuições Técnicas da ABES, 2015.

ABPE - Associação Brasileira de Tubos Poliolefinicos e Sistemas. **Consultoria para Comparativos de Implantação de Linhas sobre Pressão para Sistemas de Infraestrutura Hidráulica**, 2017.

AESBE – Associação Brasileira das Empresas Estaduais de Saneamento. **Série Balanço Hídrico**. Volume 1 – Guia Prático para Determinação de Volume de Entrada nos Sistemas de Abastecimento, 2015.

AESBE – Associação Brasileira das Empresas Estaduais de Saneamento. **Série Balanço Hídrico**. Volume 2 – Guia Prático para Determinação de Consumos Autorizados Não Faturados, 2015.

AESBE – Associação Brasileira das Empresas Estaduais de Saneamento. **Série Balanço Hídrico**. Volume 3 – Guia Prático de Procedimentos para Estimativa de Submedição no Parque de Hidrômetros, 2015.

AESBE – Associação Brasileira das Empresas Estaduais de Saneamento. **Série Balanço Hídrico**. Volume 4 – Guia Prático para Estimativa de Consumos Não Autorizados e Volumes Não Apropriados por Falhas de Cadastro, 2015.

AESBE – Associação Brasileira das Empresas Estaduais de Saneamento. **Série Balanço Hídrico**. Volume 5 – Guia Prático para Quantificação de Balanços Hídricos e Indicadores de Desempenho Operacional, 2015.

AESBE – Associação Brasileira das Empresas Estaduais de Saneamento. **Série Balanço Hídrico**. Volume 6 – Guia Prático para Método Direto de Quantificação de Perdas Reais em Sistemas de Abastecimento, 2015.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: **Projeto de Rede de Distribuição de Água para Abastecimento Público**: NBR 12 218, 1994.

ADERASA - Asociación de Entes Reguladores de Agua Potable y Saneamiento de las América. Grupo **Regional de Trabajo de Benchmarking (GRTB)**. **Informe anual 2012, datos año 2011**. Coordinador Alejo Molinari. Buenos Aires, 2012.

ALEGRE, H.; HIRMER W.; MELO BAPTISTA J.; PARENA R. **Indicadores de desempenho para serviços de abastecimento de água**. Série Guias Técnicos. LNEC, Lisboa, 2004.

ALEGRE, H.; BAPTISTA, J. M.; CABRERA JR., H.; CUBILLO, F.; DUARTE, P.; HIRNER, W.; MERKEL, W.; PARENA, R. **Performance indicators for water supply services**. 2. Ed. Londres: IWA Publishing, 2006. 312 p.

ALEGRE, H.; COELHO, S.T.; ALMEIDA, M.C.; VIEIRA, P.. **Controlo de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição**. Série Guias Técnicos 3, Ed. IRAR, Lisboa, 2005.

ARIKAWA, K. C. O. **Perdas Reais em Sistemas de Distribuição de água - proposta de metodologia para Avaliação de Perdas reais de Definição das Ações de Controle**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. USP, São Paulo, SP, Brasil, 2005.

ARRETCHE, M. T. S. **Política Nacional de Saneamento**: a reestruturação das companhias estaduais. Brasília: IPEA, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 9001/2000: Sistemas de Gestão da Qualidade. Rio de Janeiro, 2001.

AWWA. **Water Audits and Loss Control Programs, Manual of Water Supply Practices**, M36. 3 ed. Denver, American Water Works Association, USA, 2009.

BAGGIO, M. A.; SILVA, A. P. G.; MAÓSKI, A. **Plano de Redução de Perdas na Cidade de Campo Grande: A Associação do Método MASPP I com Gestão de Pessoas e Tecnologia Apropriável**. In *Anais: 25º Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental*. Recife, Pernambuco – 2009.

BAGGIO, M. **Como Formular e Executar Estratégia de Combate às Perdas, com Foco em Resultados**. 1º Seminário Nacional de Gestão e Controle de Perdas de Água - ABES, Porto Alegre, 2015.

BAGGIO, M. **Gestão Operacional no Controle de Perdas, 1º Seminário Nacional de Gestão e Controle de Perdas de Água** - ABES, Porto Alegre, 2015.

BAGGIO, M. A.; DA COSTA H. G; **Formulação e Execução de Estratégias de Combate às Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água: Foco em Liderança**, São Paulo, 2017.

BANDEL, P. T. **Programa Consumo Responsável** - DMAE, 1º Seminário Nacional de Gestão e Controle de Perdas de Água - ABES, Porto Alegre, 2015.

BIANCHINI A. – **“O desafio do combate às perdas”**. Alexandre Bianchini. MASPP I - Método de Análise e Solução de Problemas de Perdas D' Água e de Faturamento, ref. eng. Mario Augusto Baggio. Águas de Niterói, Seminário Encontro das Águas. Rio de Janeiro, abril de 2009.

BRASIL. Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 09 jan 97. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm>. Acesso em 02 março 2019

BRASIL. Lei 11.445 de 5 de janeiro de 2007. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico**; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.

Disponível

em:<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato20072010/2007/lei/l11445.htm>.

Acesso em 22 abril 2019.

BRASIL. Lei 12.862 de 17 de setembro de 2013. **Altera a Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, com o objetivo de incentivar a economia no consumo de água**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2013/Lei/L12862.htm>. Acesso em 28 abril 2019.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. **Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento**. [S. l.], 15 jul. 2020. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/web/dou/-/lei-n-14.026-de-15-de-julho-de-2020-267035421>> Acesso em 23 outubro 2020.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento –SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS: **25º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2019**. Brasília, 2020.

BRITTO, A. L. **Panorama do saneamento básico no Brasil – Avaliação político-institucional do setor de saneamento básico**. Volume IV. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2011.

CEDAE. Companhia Estadual de Águas e Esgotos – RJ. **Dados de Medições de vazões e pressões, no período de março de 2019 a fevereiro de 2020 e localização dos medidores J10CA00109 e G16CA01017**. Divisão de Medição, Serviço de Pitometria. 2020.

CEDAE. Companhia Estadual de Águas e Esgotos – RJ. **Dados de volume faturado, ligações e economias ativas da Vila Residencial da UFRJ, no período de março de 2019 a fevereiro de 2020**. Gerência de Arrecadação, Faturamento e Micromedição. 2020.

CEDAE. Companhia Estadual de Águas e Esgotos – RJ. **Projeto “AS BUILT”: Sistema de abastecimento de água da Vila Residencial da Ilha do Fundão – Rede de distribuição de água**, Queiroz Galvão Construção, 2011.

COSTA, André Monteiro. "**Análise Histórica do Saneamento no Brasil**", dissertação de mestrado, Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, 1994.

DEPEXE, M. D. **Modelo Econômico Aplicado para a Redução da Submedição na SANEPAR**, 1º Seminário Nacional de Gestão e Controle de Perdas de Água - ABES, Porto Alegre, 2015.

EPA - United States Environmental Protection Agency. **Control and mitigation of drinking water losses in distribution systems**. USA, 2010.

EUROPEAN COMMISSION. **EU Reference document Good Practices on Leakage Management WFD CIS WG PoM**. Main Report, 2015.

FARLEY, M.; TROW, S. **Losses in Water Distribution Networks. A Practitioner's Guide to Assessment, Monitoring and Control**. 1 ed. London, IWA Publishing, 2003.

FARLEY, M. **Are there Alternatives to the DMA In: Anais Water Loss Conference**. Manila- Filipinas, 2012.

Hidratec Detecção de Vazamentos Joinville – Disponível em :< <https://hidrateccavazamentos.com.br> >. Acesso em: 22 de novembro de 2020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Características da população e dos municípios – Resultado do Universo: Censo Demográfico**.2010.

LABURB – Laboratório de Projetos Urbanos Sustentáveis. **Diagnóstico da Vila Residencial da UFRJ – Relatório Final**. Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016.

LAMBERT, A. **Accounting for losses: The bursts and background concept**. *Journal of Institution of Water and Environmental Management*, 205-214. 1994.

LAMBERT A. & HIRNER W. **“Losses from Water Supply Systems: Standard Terminology and Recommended Performance Measures”**. The Blue Pages. IWA – 2000.

LAMBERT, A.; THORNTON, J. **Pressure: Bursts Relationships: Influence of Pipe Materials, Validation of Scheme Results, and Implications of Extended Asset Life**. *In: Anais Water Loss Conference*. Manila- Filipinas, 2012.

LIVE FGS BRASIL, SABESP E CAGECE: Programa de Redução de Perdas da Sabesp [S. l.]. 20 de agosto de 2020. 1 vídeo (2h:22min) [*live*]. Disponível em: [\(243\) Live FGS Brasil, Sabesp e Cagece - Redução de Perdas de Água - YouTube](#). Acesso em: 12 de junho de 202. Palestrantes: Alex Orellana e José Roberto B. Danieletto.

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) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. São Paulo, 2010.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Plano Nacional de Saneamento Básico - PLANSAB**, 2013.

MIRANDA, E. C. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS**. *In: Alceu de Castro Galvão Junior, Alexandre Caetano da Silva (org.)*. Regulação: indicadores para a prestação de serviços de água e esgoto. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora Ltda., 2006.

OLIVEIRA, F. G. R.; REIS, F. A. G. V.; GIORDANO, L. C.; MEDEIROS, G. A. **Controle de Perdas em Sistema de Abastecimento de Água: O caso do Município de Poços de Caldas (MG)**. Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 1, p. 309-320, jan/ab 2009.

OLIVEIRA G.; MARCATO F. S.; SCAZUFCA P.; PIRES R. C.; **Perdas de Água 2018 (SNIS 2019): Desafios para Disponibilidade Hídrica e Avanço da Eficiência do Saneamento Básico**. GO Associados & Instituto Trata Brasil, São Paulo, 2021.

PENA. M. M. **O saneamento na cidade do Rio de Janeiro: uma abordagem histórica e perspectivas**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. UERJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2004.

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 de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2010.

PERTEL, M. **Experimentos Hidráulicos Conjugados ao Uso de Indicadores de Desempenho Aplicados à Quantificação de Perdas em Sistemas de Abastecimentos de Água no Brasil**, Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2014.

QGIS – **Software livre de Sistema de Informação Geográfica (SIG)**, versão 3.14.15. Disponível em: https://qgis.org/pt_BR/site/. Acesso em: 23 de outubro de 2020.

RIZZO, A. et al. **Apparent Water Loss Control: The Way Forward**, Water 21, IWA Publishing, 2007.

SABESP. Relatório Técnico - **Programa de Redução de Perdas da SABESP na Região Metropolitana de São Paulo**, Diretoria Metropolitana, 2014.

TARDELLI, J. **“Controle e Redução de Perdas”**. **Abastecimento de Água**. 3 ed. Cap. 10. São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

TARDELLI F^o, J. **Disponibilidade Hídrica e Controle de Perdas nos Sistemas de Abastecimento de Água da RMSP - SABESP**. 6^o Encontro Técnico Interamericano de Alto Nível. AIDIS, São Paulo, 2013.

TARDELLI F^o, J. **Perdas e Vazamentos nos Sistemas de Abastecimento de Água**. Temas de Ingeniería Sanitaria y Ambiental - Vision de Expertos de América Latina y el Caribe, AIDIS, 2014.

THORTON, J. **Managing leakage by managing pressure: a practical approach**. IWA Task Force – Water Loss. IWA Published, 2003.

THORNTON, J.; STURM, R.; KUNKEL, G. **Water Loss Control**. 2 ed, USA, McGraw- Hill, 2008.

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.

WB Easy Calc – **Software livre de Cálculo do Balanço Hídrico**, versão 5.18 (out/2019). Disponível em: < <http://www.liemberger.cc/> >. Acesso em: 15 de maio de 2020.

WYATT, A. S. **Non-Revenue Water: Financial Model for Optimal Management in Developing Countries**", 2010. Disponível em:
<<https://www.rti.org/sites/default/files/resources/mr-0018-1006-wyatt.pdf> > Acesso em: 12 de junho de 2021.

WYATT A.S.; CAVALEIRO, R.; DEPEXE, M.; FINGER, M.; MANZI, D.; MENDES, R.; SCHUCH, K. **Perdas de Água: Guia para Determinar o Nível Econômico e Metas Progressivas de Controle**. Ministério do Desenvolvimento Regional, Brasil, 2021.

UFRJ. **Plano Diretor 2020 (PDCIDUNI2020)**, Cidade Universitária, 2011.

VICENTINI, L. P. **Componentes do Balanço Hídrico para Avaliação de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Hidráulica. USP, São Paulo, SP, Brasil, 2012.

APÊNDICE I

**PLANILHAS – MEMÓRIA DE CÁLCULO DO BALANÇO HÍDRICO CENÁRIO
BASE DMC VILA RESIDENCIAL: SOFTWARE WB – EASYCALC**

WB-EasyCalc

The free water balance software

Version 5.18 (16 October 2019)

Nome da Empresa:

Vila Residencial da UFRJ

Ano:

2020

Os volumes usados para este balanço são para um período de:

365

Dias



by courtesy of Liemberger & Partners

... because the best things in life are free! ...

check for updates on:

www.liemberger.cc

Dados de entrada

Iniciando

Mudar a língua
Change Language

1.) Volume de Entrada no Sistema

2.) Consumo faturado

3.) Consumo não faturado

4.) Consumo não autorizado

5.) Imprecisões dos medidores e erros de manipulação dos dados

6.) Dados da rede

7.) Pressão

8.) Abastecimento intermitente

9.) Informação financeira

Resultados

A Balanço Hídrico em m3/ano

B Balanço Hídrico em m3/dia

C Balanço Hídrico para o período

D Indicadores de Performance

E FERRAMENTA "E SE"

F Dados históricos

Volume de Entrada no Sistema

Fonte de água	[m3]	Margem de erro [+/- %]
MACROMEDIDOR J16CA00109	129,979	5.0%
Margem de erro [+/-]		5.0%
Volume de entrada no sistema [m3]		
Mínimo	123,480	
Máximo	136,478	
Melhor estimativa	129,979	

Consumo não autorizado					
Descrição	Número estimado	Margem de erro [+/- %]	Pessoas por residência	Consumo [litros/pessoa/dia]	Total [m3]
Ligações clandestinas - residenciais					-
				consumo [litros/ligação/dia]	
Ligações clandestinas - outras					-
				Consumo [litros/cliente/dia]	
Hidrômetros violados, bypasses, etc em clientes registrados					-
				Consumo [m3/dia]	
Volume estimado em 0,5% Volume Produzido (CEDAE,2020)		10%		2	650
					-
					-
					-
Margem de erro [+/-]		10.0%			
Consumo não autorizado [m3]					
Mínimo					585
Máximo					715
Melhor estimativa					650

Pressão média [m]			Início
Área	Número de ligações aproximado	Pressão média diária [m]	
Estimativa para todo o setor (P medida no ponto médio)	515	7.7	
Margem de erro [+/-]		5%	
Pressão média [m]			
Mínimo		7.3	
Máximo		8.1	
Melhor estimativa		7.7	

Redes de distribuição e adutoras		Ramais prediais		
Descrição	Comprimento [km]	Descrição	Número	Margem de erro [+/- %]
DMC Vila residencial	3.7	Número de Clientes (Ativos)	515	1.0%
		Número de ligações de clientes registrados <i>Nota: este número é geralmente (ligeiramente) menor que o número de clientes</i>		
		Número de contas inativas com ligação existente		
		Número estimado de ligações clandestinas	0	0.0%
		Margem de erro [+/-]		0%
		Número de ligações		
		Mínimo	-	
		Máximo	-	
		Melhor estimativa	-	
		Comprimento médio do ramal predial do limite da propriedade até hidrômetro [metro]		
		Comprimento total dos ramais prediais do limite da propriedade até hidrômetro	0	0%
Total [km]	3.7			
Submedição estimada				
Comprimento da tubulação [km]				
Mínimo	3.7			
Máximo	3.7			
Melhor estimativa	3.7			

Abastecimento intermitente			
Área	Número de ligações aproximado	Tempo de abastecimento [dias por semana]	Tempo de abastecimento [horas por dia]
Margem de erro [+/-]			<input type="text"/>
Tempo de abastecimento médio [h/dia]			
Mínimo			<input type="text" value="24.0"/>
Máximo			<input type="text" value="24.0"/>
Melhor estimativa			<input type="text" value="24.0"/>

Informação financeira		
	por m3	moeda
Tarifa média	<input type="text" value="6.53"/>	<input type="text" value="R\$"/>
Custo variável de produção e distribuição (custo marginal da água)	<input type="text" value="1.49"/>	<input type="text" value="R\$"/>
Componente de ANF	Valor Anual	
Consumo medido não faturado	<input type="text" value="47,075"/>	<input type="text" value="R\$"/>
Consumo não medido não faturado	<input type="text" value="-"/>	<input type="text" value="R\$"/>
Perdas Aparentes	<input type="text" value="52,268"/>	<input type="text" value="R\$"/>
Imprecisões dos medidores e erros de manipulação	<input type="text" value="48,026"/>	<input type="text" value="R\$"/>
Consumo não autorizado	<input type="text" value="4,243"/>	<input type="text" value="R\$"/>
Perdas Reais	<input type="text" value="82,247"/>	<input type="text" value="R\$"/>
Volume Total (m3/d)	<input type="text" value="151"/>	
Volume que pode ser vendido para consumidores novos ou existentes (m3/d)	<input type="text"/>	
Valor total de ANF	<input type="text" value="181,590"/>	<input type="text" value="R\$"/>
Custo operacional anual (sem depreciação)	<input type="text"/>	<input type="text" value="R\$"/>

Volume de Entrada no 129,979 m3/ano Margem de erro [+/-] 5.0%	Consumo autorizado 66,775 m3/year Margem de erro [+/-] 0.0%	Consumo autorizado faturado 59,566 m3/ano	Consumo medido faturado 59,023 m3/year	Água faturada 59,566 m3/ano
			Consumo não medido faturado 543 m3/year	
	Perdas de água 63,204 m3/ano Margem de erro [+/-] 10.3%	Consumo autorizado não faturado 7,209 m3/year Margem de erro [+/-] 0.0%	Consumo medido não faturado 7,209 m3/year	Água não faturada 70,413 m3/ano Margem de erro [+/-] 9.2%
			Consumo não medido não faturado 0 m3/year Margem de erro [+/-] 0.0%	
		Perdas Aparentes 8,004 m3/year Margem de erro [+/-] 0.8%	Consumo não autorizado 650 m3/year Margem de erro [+/-] 10.0%	
			Imprecisões dos medidores e erros de manipulação dos dados 7,355 m3/year Margem de erro [+/-] 0.0%	
Perdas Reais 55,200 m3/year Margem de erro [+/-] 11.8%				

APÊNDICE II

**PLANILHAS – MEMÓRIA DE CÁLCULO DO BALANÇO HÍDRICO CENÁRIO
BASE DMC RUA DOS CRAVOS: SOFTWARE WB – EASYCALC**

Consumo medido não faturado		Consumo não medido não faturado		
Descrição	[m3]	Descrição	[m3]	Margem de erro [+/- %]
Venda de água por atacado (exportação)		0% (FONTE: CEDAE 2020)	-	0.0%
micromedidores HidroReader Energyrus	740			
Consumo medido não faturado		Margem de erro [+/-]		
		Consumo não medido não faturado [m3]		
		Mínimo	-	
		Máximo	-	
		Melhor estimativa	-	
	[m3] 740			0.0%

Consumo não autorizado					
Descrição	Número estimado	Margem de erro [+/- %]	Pessoas por residência	Consumo [litros/pessoa/dia]	Total [m3]
Ligações clandestinas - residenciais				consumo [litros/ligação/dia]	-
Ligações clandestinas - outras				Consumo [litros/cliente/dia]	-
Hidrômetros violados, bypasses, etc em clientes registrados				Consumo [m3/dia]	-
Volume estimado em 0,5% do Volume Produzido (CEDAE, 2020)		10%		0	28
Margem de erro [+/-]		10.0%			
Consumo não autorizado [m3]					25
Mínimo					31
Máximo					28
Melhor estimativa					28

Pressão média [m]		
Área	Número de ligações aproximado	Pressão média diária [m]
Estimativa para todo o setor (P medida no ponto médio)	75	7.7
Margem de erro [+/-]		5%
Pressão média [m]		
Mínimo		7.3
Máximo		8.1
Melhor estimativa		7.7

Redes de distribuição e adutoras		Ramais prediais		
Descrição	Comprimento [km]	Descrição	Número	Margem de erro [+/- %]
DMC Vila residencial	0.4	Número de Clientes (Ativos)	75	1.0%
		Número de ligações de clientes registrados Nota: este número é geralmente (ligeiramente) menor que o número de clientes		
		Número de contas inativas com ligação existente		
		Número estimado de ligações clandestinas	0	0.0%
		Margem de erro [+/-]		0%
		Número de ligações		
		Mínimo	-	
		Máximo	-	
		Melhor estimativa	-	
		Comprimento médio do ramal predial do limite da propriedade até hidrômetro [metro]		
		Comprimento total dos ramais prediais do limite da propriedade até hidrômetro	0	0%
Total [km]	0.4			
Submedição estimada				
Comprimento da tubulação [km]				
Mínimo	0.4			
Máximo	0.4			
Melhor estimativa	0.4			

Abastecimento intermitente			
Área	Número de ligações aproximado	Tempo de abastecimento [dias por semana]	Tempo de abastecimento [horas por dia]
Margem de erro [+/-]			
Tempo de abastecimento médio [h/dia]			
Mínimo			24.0
Máximo			24.0
Melhor estimativa			24.0

Informação financeira		
	por m3	moeda
Tarifa média	6.53	R\$
Custo variável de produção e distribuição (custo marginal da água)	1.49	R\$
Componente de ANF	Valor Anual	
Consumo medido não faturado	4,832	R\$
Consumo não medido não faturado	-	R\$
Perdas Aparentes	9,327	R\$
Imprecisões dos medidores e erros de manipulação	9,144	R\$
Consumo não autorizado	184	R\$
Perdas Reais	- 8,790	R\$
Volume Total (m3/d)	-16	
Volume que pode ser vendido para consumidores novos ou existentes (m3/d)		
Valor total de ANF	5,369	R\$
Custo operacional anual (sem depreciação)		R\$

Volume de Entrada no 5,615 m3/ano Margem de erro [+/-] 5.0%	Consumo autorizado 10,086 m3/year Margem de erro [+/-] 0.0%	Consumo autorizado faturado 9,346 m3/ano	Consumo medido faturado 9,346 m3/year	Água faturada 9,346 m3/ano
			Consumo não medido faturado 0 m3/year	
	Perdas de água -4,471 m3/ano Margem de erro [+/-] -6.3%	Consumo autorizado não faturado 740 m3/year Margem de erro [+/-] 0.0%	Consumo medido não faturado 740 m3/year	Água não faturada -3,731 m3/ano Margem de erro [+/-] -7.5%
			Consumo não medido não faturado 0 m3/year Margem de erro [+/-] 0.0%	
		Perdas Aparentes 1,428 m3/year Margem de erro [+/-] 9.8%	Consumo não autorizado 28 m3/year Margem de erro [+/-] 10.0%	
			Imprecisões dos medidores e erros de manipulação dos dados 1,400 m3/year Margem de erro [+/-] 10.0%	
Perdas Reais -5,899 m3/year Margem de erro [+/-] -5.3%				

ANEXO I

**PROJETOS – “COMO CONSTRUÍDO” DA REDE DE ABASTECIMENTO DE
ÁGUA DA VILA RESIDENCIAL DA ILHA DO FUNDÃO**

