

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE MINAS GERAIS – *CAMPUS SANTA LUZIA*
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

Marcelo Menezes de Almeida

**PROPOSTA DE REDUÇÃO DE PERDAS DE ÁGUA NO BAIRRO VILA
ESPERANÇA, EM BELO HORIZONTE/MG, A PARTIR DO CONTROLE DAS
PRESSÕES DISPONÍVEIS NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
EXISTENTE**

Santa Luzia

2023

MARCELO MENEZES DE ALMEIDA

**PROPOSTA DE REDUÇÃO DE PERDAS DE ÁGUA NO BAIRRO VILA
ESPERANÇA, EM BELO HORIZONTE/MG, A PARTIR DO CONTROLE DAS
PRESSÕES DISPONÍVEIS NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
EXISTENTE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
ao Curso Bacharelado em Engenharia Civil
do Instituto Federal de Minas Gerais -
Campus Santa Luzia para obtenção do grau
de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Augusto de
Miranda

Santa Luzia

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A474p Almeida, Marcelo Menezes de.

Proposta de redução de perdas de água no bairro Vila Esperança, em Belo Horizonte / MG, a partir do controle das pressões disponíveis no sistema de abastecimento de água existente / Marcelo Menezes de Almeida – Santa Luzia, 2023.

128 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - Campus Santa Luzia, Bacharelado em Engenharia Civil, 2023.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Augusto de Miranda.

1. Desenvolvimento de recursos hídricos. 2. Abastecimento de água. I. Miranda, Daniel Augusto de, orient. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Santa Luzia, MG. III. Título.

CDU: 556.18



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
Campus Santa Luzia

Diretoria de Ensino, Pesquisa e Extensão
Docência Eixo Sustentabilidade e Questões Ambientais- SQA (Urbanismo, Geografia, Transportes, Paisagem e Meio Ambiente)
Rua Érico Veríssimo, 317 - Bairro Londrina - CEP 33115-390 - Santa Luzia - MG
3136343910 - www.ifmg.edu.br

ATA DE DEFESA DO TCC

Aos sete dias do mês de março de dois mil e vinte e três, às 11 horas e 32 minutos, reuniu-se virtualmente a banca composta pelo Prof. Dr. Daniel Augusto de Miranda (orientador), Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus* Santa Luzia; Prof.ª Ma. Isabela Ferreira Batista (avaliadora interna) e Prof. Valter Lucas Júnior (avaliador externo), para avaliar o Trabalho de Conclusão do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil intitulado Proposta de redução de perdas de água no Bairro Vila Esperança, em Belo Horizonte/MG, a partir do controle das pressões disponíveis no sistema de abastecimento de água existente, apresentado pelo discente Marcelo Menezes de Almeida. Após apresentação e arguição, considera-se o estudante **APROVADO COM NOTA 93,6**. O estudante terá o prazo de 45 dias para realizar as correções sugeridas pela banca e enviar a versão final ao orientador, para que possa ser anexada ao processo do SEI, sendo a verificação das modificações sugeridas de responsabilidade do orientador. O não envio da versão final corrigida implicará na impossibilidade de solicitação do diploma por parte do discente. Nada mais havendo a tratar, a defesa foi encerrada às 12 horas e 30 minutos e eu, Daniel Augusto de Miranda, lavrei a presente ata que, após lida e aprovada, foi assinada por todos os membros da banca e pelo estudante.

Santa Luzia, 07 de março de 2023.



Documento assinado eletronicamente por **Daniel Augusto de Miranda, Professor**, em 07/03/2023, às 12:27, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Isabela Ferreira Batista, Professora Visitante**, em 07/03/2023, às 12:33, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Marcelo Menezes de Almeida, Usuário Externo**, em 07/03/2023, às 19:04, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Valter registrado(a) civilmente como Valter de Souza Lucas Júnior, Usuário Externo**, em 14/09/2023, às 15:03, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **1479015** e o código CRC **3F21C956**.

Dedico este trabalho a Deus e aos meus familiares, maiores incentivadores e fontes inesgotáveis de apoio, amor e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a toda minha família, por acreditarem em mim e pelo incentivo constante na realização deste trabalho.

Agradeço também ao meu orientador e a todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

Se não puder voar, corra. Se não puder correr,
ande. Se não puder andar, rasteje, mas
continue em frente de qualquer jeito.

(Martin Luther King Jr.)

RESUMO

O presente trabalho propõe uma solução para reduzir as perdas de água no sistema de abastecimento de uma microrregião de Belo Horizonte, localizada no Bairro Vila Esperança, regional Barreiro. A partir de uma revisão bibliográfica dos métodos e técnicas usados no combate às perdas de água, este estudo tem como objetivo identificar as ações eficazes em outros países, bem como no Brasil, e elaborar um balanço hídrico para compor as perdas no sistema de abastecimento, a fim de propor medidas para reduzir essas perdas.

Para alcançar esse objetivo, foram identificados os fatores que influenciam a perda e o desperdício de água por meio de dados coletados por pesquisa de campo e questionários, seguido da inserção de modelos simulados e indicadores de desempenho.

Os resultados encontrados neste estudo evidenciam que a redução dos índices de perda de água em sistemas de abastecimento pode ser alcançada por meio de ações voltadas ao controle efetivo das pressões e gerenciamento do sistema. Isso pode ser obtido por meio da implementação contínua de técnicas e métodos eficientes, direcionados à recuperação dos volumes perdidos e à otimização do sistema de abastecimento de água.

Dessa forma, alcança-se o propósito da pesquisa, qual seja fornecer informações relevantes e identificar soluções efetivas para reduzir as perdas de água no sistema de abastecimento, contribuindo para a gestão sustentável dos recursos hídricos e aprimorando os serviços de saneamento básico na região.

Acredita-se que este trabalho possa contribuir para o cumprimento das metas estabelecidas pelas empresas de saneamento para atender à legislação vigente.

Palavras-chave: Gestão de recursos hídricos; Balanço hídrico; Controle de pressão.

ABSTRACT

The present work proposes a solution to reduce water losses in the supply system of a micro-region of Belo Horizonte, located in Bairro Vila Esperança, regional Barreiro. Based on a bibliographical review of the methods and techniques used to combat water loss, this study aims to identify effective actions in other countries, as well as in Brazil, and to elaborate a water balance to compose the losses in the supply system, in order to propose measures to reduce these losses.

To achieve this objective, the factors that influence the loss and waste of water were identified through data collected through field research and questionnaires, followed by the insertion of simulated models and performance indicators.

The results found in this study show that the reduction of water loss rates in supply systems can be achieved through actions aimed at effective pressure control and system management. This can be achieved through the continuous implementation of efficient techniques and methods, aimed at recovering lost volumes and optimizing the water supply system.

In this way, the purpose of the research is achieved, which is to provide relevant information and identify effective solutions to reduce water losses in the supply system, contributing to the sustainable management of water resources and improving basic sanitation services in the region.

It is believed that this work can contribute to the fulfillment of the goals established by sanitation companies to comply with current legislation.

Keywords: Water resources management; Hydric balance; Pressure control.

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	10
2 – OBJETIVOS	13
2.1 – Objetivo geral	13
2.2 – Objetivos específicos	13
3 – JUSTIFICATIVA	14
4 – REFERENCIAL TEÓRICO	16
4.1 – Elementos do sistema de abastecimento de água	16
4.1.1 – Manancial	17
4.1.2 – Captação	18
4.1.3 – Adução	19
4.1.5 – Estação de tratamento de água	22
4.1.6 – Reservatório	24
4.1.7 – Rede de distribuição	26
4.2 – Perdas em sistema de abastecimento de água	26
4.2.1 - Balanço hídrico	29
4.2.2 - Indicadores de perda	34
4.2.3 - Ações de combate às perdas de água	37
4.2.4 - Perdas de água por região	42
4.2.4.1 - Internacional	43
4.2.4.2 - Nacional	46
4.2.4.3 – Estado de Minas Gerais	49
4.2.4.4 – Região Metropolitana de Belo Horizonte	52
4.2.4.5 – Região de estudo	57
4.3 – Controle das perdas	59
4.4 – Software de modelagem hidráulica (EPANET)	63
5 – METODOLOGIA	65
5.1 – Caracterização da área de estudo	65
5.2. – Procedimentos	69
5.2.1. – Revisão bibliográfica	69
5.2.2 – Questionário	70
5.2.1.3 – Pesquisa de campo	71
5.4 – Setorização	77
5.3 – Modelagem hidráulica	78
5.5 – Balanço hídrico e indicadores de desempenho	81
5.6 – Obras	85

6 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	86
6.1 – Área de estudo	86
6.2 – Proposta	91
6.3 – Balanço hídrico	91
6.4 – Indicadores de desempenho	94
6.5 – Redução esperada	98
6.6 – Estudo de viabilidade	99
7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	105
REFERÊNCIAS	106
APÊNDICE	113

1 – INTRODUÇÃO

A água desempenha um papel essencial para a sobrevivência e desenvolvimento das sociedades humanas à medida que estas vão se estabelecendo em um território, seja para produção de energia e alimentos, e para o equilíbrio de ecossistemas saudáveis (ONU, 2022).

Em vista de sua importância, “ao longo da história da humanidade, foram se tornando crescentemente mais diversificadas e exigentes, em quantidade e em qualidade, as necessidades de uso da água” (HELLER, PÁDUA, 2016, p. 38).

Por essa perspectiva, conforme Ferreira (1975 *apud* Heller e Pádua, 2016, p. 34), é necessário aplicar a engenharia com conhecimento e habilidades para a criação de estruturas, dispositivos e processos em formas mais efetivas ao atendimento das necessidades humanas.

Decerto, tem-se que a disponibilidade hídrica para consumo tem sido cada vez mais insuficiente à medida que a demanda vem crescendo, sendo necessário um acréscimo de 4,4 Sistemas Cantareira (em torno de 14,3 bilhões de m³ adicionais) só para atender as novas demandas de água (CLIMAINFO, 2020).

De acordo com Brito (2018), em várias regiões do Brasil, já são sentidos os impactos ambientais como escassez de água, desaparecimento de nascentes e rios, e aumento da poluição da água, gerando desafios para encontrar meios de sobrevivência, principalmente nos sistemas de abastecimento existentes.

Em outras palavras, essa realidade impacta na gestão dos recursos hídricos de tal modo que fica evidente a necessidade ao encontrar meios de tornar os sistemas mais eficientes com ações efetivas que vão de encontro das particularidades de cada sistema de abastecimento (SOBRINHO, 2012).

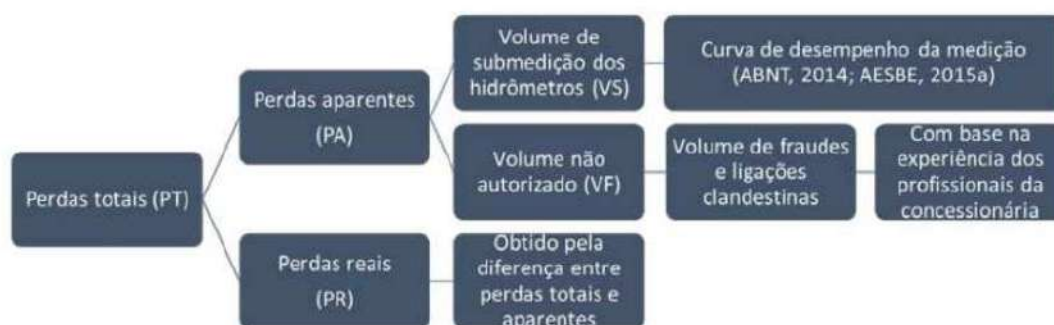
Dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS-AE 2020) apontam índice de perdas na distribuição de água no Brasil (IN049) de 40,1%, ou seja, a cada 100 m³ produzidos 40,1 m³ são perdidos em média nos sistemas de abastecimento do país.

Só em Minas Gerais, conforme salienta Siqueira (2018), presidente da ABES-MG, são perdidos em média 35% da água tratada, sendo as áreas de ocupações subnormais responsáveis por 102 m³.hab/ano no volume de perda no estado.

Certamente, é necessário entender as perdas em função do seu tipo, ou seja, separar a perda real ou física, proveniente de vazamentos nas tubulações desde o fornecimento até a distribuição, e a perda aparente ou não física, água consumida pelo usuário final, mas não medida (SOBRINHO, 2012).

Conforme a Figura 1, é possível identificar os tipos de perdas que podem existir em um sistema de abastecimento de água.

Figura 1: Esquemática da determinação das perdas reais e aparentes do SAA (Sistema de Abastecimento de Água)



Fonte: ABES (2019)

Para Barral (2018), Coordenador da Câmara Temática de Gestão de Perdas da ABES-MG, ao reduzir em 10% o índice de perdas, provoca-se um aumento de 6% no faturamento da empresa. Sendo assim, haverá retorno sobre o investimento, caracterizando a importância de se alcançar menores índices de perdas no sistema de abastecimento.

Já para Abreu (2018), outro desafio para as empresas que trabalham com perdas, além de conseguir diminuir tais índices, é mantê-los inalterados, haja vista a necessidade de serem implementadas ações contínuas para que isso seja possível.

Algumas ações que podem ser implementadas aos SAA (Sistemas de Abastecimento de Água), em conformidade com as peculiaridades que vão sendo identificadas na elaboração de um plano de ação, com medidas de

eficientização adotadas no fornecimento de água e na demanda dos consumidores (SOBRINHO, 2012).

Desta forma, vislumbram-se ações efetivas que visem reduzir perdas inerentes à distribuição e ao desperdício no consumo não consciente, de modo a se identificar maneiras eficientes que atuem no controle e combate a tais perdas.

Além disso, é necessário entender as causas e particularidades que ocorrem em cada região de estudo, com aplicação de medidas direcionadas. Para Dutra (2018), “temos que ir até essas comunidades, olhar para as pessoas, e ter uma outra maneira de olhar para a ligação de água”.

Em suma, o estudo é direcionado ao Bairro Vila Esperança, em Belo Horizonte, que possui *status* socioeconômico de baixa renda e um entorno zoneado pela prefeitura como área de preservação ambiental que atualmente está ocupada.

Os bairros que fazem limítrofes, também possuem características similares, sendo possível observar a necessidade de urbanização em alguns pontos e investimentos direcionados à habitação e infraestrutura.

Deste modo, define-se o problema desta pesquisa: como atuar no combate às perdas de água visando à recuperação do investimento em áreas com grandes problemas socioeconômicos, habitacionais, demográficos e de infraestrutura urbana?

2 – OBJETIVOS

2.1 – Objetivo geral

Propor intervenções para controle das pressões visando à redução do índice de perdas do sistema de abastecimento de água (SAA) existente do Bairro Vila Esperança, em Belo Horizonte (MG).

2.2 – Objetivos específicos

- Mapear os elementos necessários do SAA do Bairro Vila Esperança, tais como: diâmetros das tubulações, curvas de nível, pressões de entrada, pontos críticos, dentre outros, para definição dos parâmetros a serem estabelecidos;
- Inventariar, através de medidores de vazão, o consumo diário do Bairro Vila Esperança, com o intuito de se conhecer as vazões diurnas e noturnas;
- Definir o esboço da setorização no Bairro Vila Esperança na delimitação das pressões máximas e mínimas a serem adotadas;
- Modelar, através de *software* de simulação de sistemas de abastecimento de água, a setorização proposta, correlacionando-a com os dados de campo no controle do SAA;
- Definir os pontos de instalação de VRP's no Bairro Vila Esperança de acordo com a modelagem apresentada com cenários dos resultados encontrados na redução das perdas de água no sistema de abastecimento de água;
- Realizar o levantamento do quantitativo de insumos e mão de obra necessários para a aplicação da proposta relacionando os custos de o retorno esperado sobre o investimento.

3 – JUSTIFICATIVA

A implementação de medidas eficazes no combate às perdas de água é de fundamental importância no cenário brasileiro, visto que quase 40% da água potável produzida no país são perdidos de alguma forma (CLIMAINFO, 2020).

Outro fato importante que se observa advém do marco legal do saneamento básico, onde se busca a universalização no atendimento, no cumprimento de metas e na sustentabilidade, conforme se verifica no Art. 4º, § 1º da lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020:

Caberá à ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico) estabelecer normas de referência sobre: metas de universalização dos serviços públicos de saneamento básico para concessões que considerem, entre outras condições, o nível de cobertura de serviço existente, a viabilidade econômico-financeira da expansão da prestação do serviço e o número de Municípios atendidos.

Este trabalho apresenta uma proposta de adequação no sistema de abastecimento de água no Bairro Vila Esperança, em Belo Horizonte/MG, inferindo os impactos do controle e gestão das pressões disponíveis no combate às perdas de água através de modelagem.

Ressalta-se a importância na obtenção de índices menores de perda, levando em conta que em média 12,2% do gasto total das prestadoras de serviço de saneamento do país são provenientes do consumo de energia elétrica utilizados em seus processos que envolve direta ou indiretamente a produção, distribuição, coleta e devolução aos corpos d'água (ReCESA, 2008).

Ao reduzir o volume de água captada por conta da diminuição do índice de perda, gera-se uma economia energética e, conseqüentemente, economia financeira. Conforme salientam Tsutiya e Moreira (2009), “as perdas de água têm relação direta com o consumo de energia, pois é necessário cerca de 0,6kWh para produzir 1,0 m³ de água potável”.

Dados do SNIS (2021) revelam que “as despesas com energia elétrica dos prestadores dos serviços de água e esgoto alcançaram R\$ 7,4 bilhões, crescimento de 4,1% em relação aos R\$ 7,1 bilhões de 2019”, indicando o aumento nos custos de operação.

Há de se considerar também o fator ambiental, de vital importância, por se tratar de um recurso natural finito e com acesso restrito, onde 97,5% do

volume de água na Terra é salgada ou inadequada ao consumo, com o maior volume de água doce localizado em áreas de difícil acesso (SNIS, 2021).

Apesar disso, de acordo com dados do SNIS (2021), em 2020, um volume de 17,2 bilhões de m³ de água potável foi produzido no país, sendo que apenas 9,9 bilhões de m³ deste foram consumidos, o que representa cerca de 57,6% do total.

Observa-se, então, que existem lacunas no processo de identificação das perdas, o que muitas vezes inviabiliza ações assertivas em seu combate e controle, sendo esta a causa que favorece a elaboração deste trabalho com ênfase na relação das pressões com as perdas de água.

Além dessa lacuna na identificação e combate efetivo às perdas de água no sistema de abastecimento, existe ainda a motivação pessoal, visto que o autor desta pesquisa é empregado de uma companhia de saneamento que trabalha diretamente na área de perdas.

Nesse contexto, os objetivos buscados no trabalho visam inferir melhorias, correções e alcances de índices menores de perdas, no sistema de abastecimento da região estudada.

Com base nos resultados encontrados nessa pesquisa, propõe-se a definição de medidas norteadoras para o direcionamento de recursos financeiros em ações que realmente são eficazes no combate às perdas de água, gerando, desta forma, retorno às empresas de saneamento e contribuindo para a preservação dos mananciais.

4 – REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 – Elementos do sistema de abastecimento de água

O sistema de abastecimento de água pode ser definido como um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos destinados à produção e ao fornecimento de água potável, desde a captação até as ligações prediais (HELLER, 2016).

Conforme SNIS (2021), seus elementos são constituídos por atividades, disponibilização e manutenção de infraestruturas e as instalações operacionais que são necessárias ao abastecimento público de água potável.

Esses elementos estão dispostos em 5 etapas, sendo estas: captação, adução, tratamento, reservação e distribuição, conforme Figura 2.

Figura 2: Ciclo do abastecimento de água

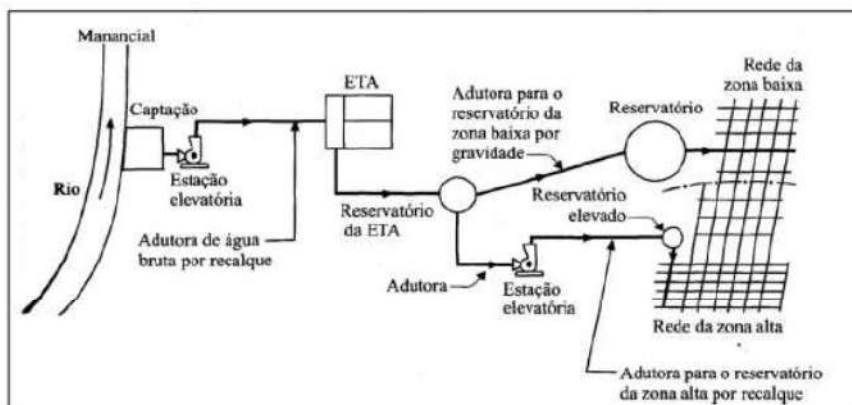


Fonte: SNIS (2021, adaptado)

Convém ressaltar que o termo “água bruta” constante na Figura 2 refere-se à qualidade da água do manancial tal como é captada e antes de passar por etapas de tratamento também indicadas na referida figura. Após seu tratamento, passa-se a designá-la como “água tratada”.

Prosseguindo, ainda se tem a representação esquemática do sistema de abastecimento de água, com cada uma das etapas na sequência já descrita, conforme Figura 3.

Figura 3: Modelo geral de um sistema de abastecimento de água



Fonte: Orsini (1996)

As definições e descrições sobre cada elemento componente de um sistema de abastecimento de água convencional são apresentadas nos itens 4.1.1 até 4.1.7.

4.1.1 – Manancial

Mananciais, esquematicamente representados na Figura 4, são fontes de água, que podem ser superficiais ou subterrâneas, utilizadas para o abastecimento público (HELLER; PÁDUA, 2016), tais como: rios, lagos, represas e lençóis freáticos.

Figura 4: Mananciais de água



Fonte: Geografia – ensinar e aprender (2012)

Conforme definição de Viana e Magalhães (2020), os mananciais são do tipo:

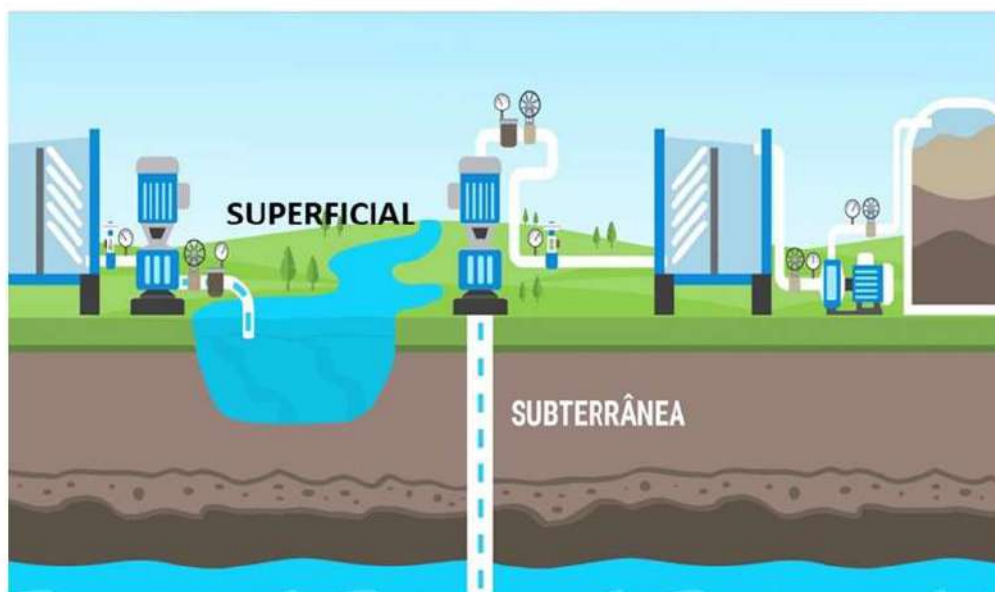
- Subterrâneos freáticos ou não confinados: é aquele constituído por uma formação geológica permeável e superficial, totalmente aflorante em toda a sua extensão, e limitado na base por uma camada impermeável. A superfície superior da zona saturada está em equilíbrio com a pressão atmosférica, com a qual se comunica livremente;
- Subterrâneo confinado: é aquele constituído por uma formação geológica permeável, confinada entre duas camadas impermeáveis ou semipermeáveis. A pressão da água no topo da zona saturada é maior do que a pressão atmosférica naquele ponto, o que faz com que a água ascenda no poço para além da zona aquífera;
- Superficial sem acumulação: representados pelos rios, córregos ou lagos e sua formação está associada ao escoamento superficial da água, seja da chuva ou de afloramentos de fontes subterrâneas ou até mesmo do degelo da neve do cume de montanhas;
- Superficial com acumulação: toda a água que se escoia e é armazenada na superfície terrestre;
- Água de chuva: ao precipitar sob a forma de chuva, neve, granizo e orvalho, a água pode ser aproveitada para o consumo humano.

4.1.2 – Captação

Segundo a NBR 12213 (1992), é o conjunto de estruturas e dispositivos construídos junto a mananciais com a função de retirar a água para alimentar um sistema de abastecimento.

A captação de água pode ser, em consonância com a Figura 5: (a) superficial que, conforme Prince (2016), são todas aquelas instaladas ou construídas junto a rios, ribeirões, córregos ou lagos, responsáveis pelo abastecimento de comunidades humanas; e (b) subterrâneas que, de acordo com Carmo e Costa (2016), podem ser naturais ou aflorantes, como fontes, nascentes e minas, ou obras diversas, tais como poços, galerias, drenos etc.

Figura 5: Tipos de captação de água



Fonte: Copasa (2015, adaptado)

4.1.3 – Adução

São tubulações responsáveis pelo transporte de água entre as unidades do sistema de abastecimento, ou seja, interligam a captação, a estação de tratamento e os reservatórios (VICENTINI, 2012).

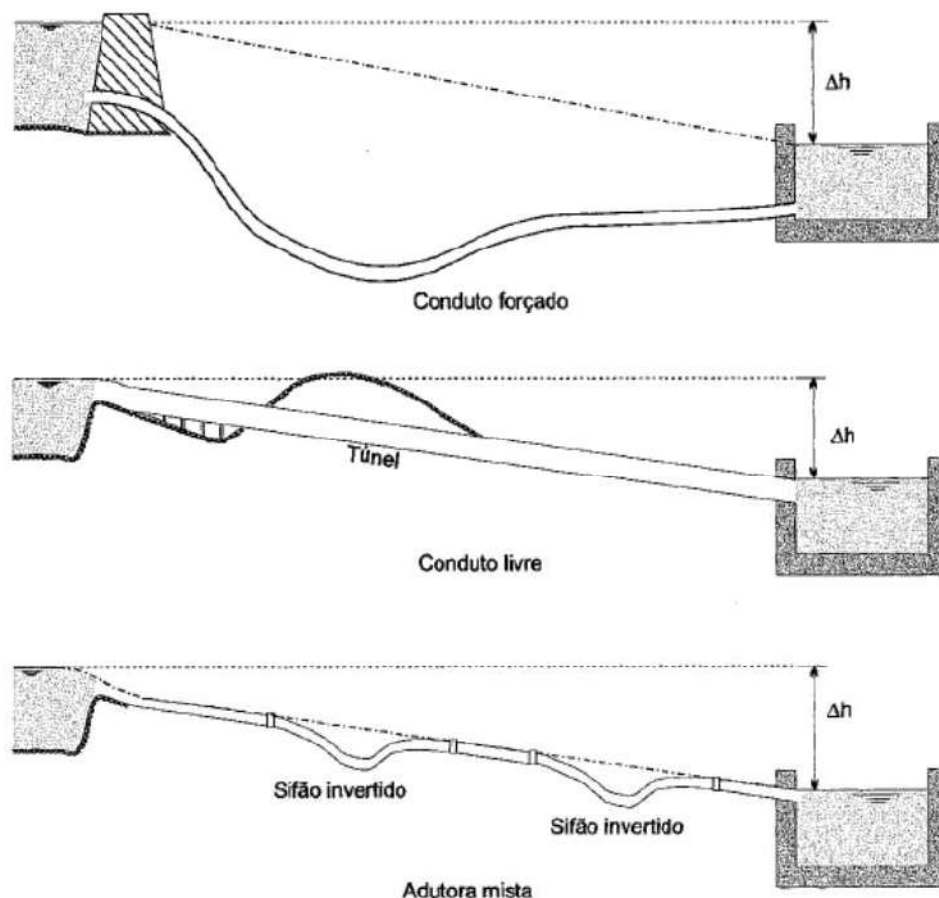
A adução pode ser por gravidade, conforme Figura 6, onde, segundo Coelho e Baptista (2016), à medida que exista um desnível, a água pode ser conduzida no declive, favorecendo economicamente o transporte por gravidade.

Essa adução ainda pode ser por meio de conduto forçado, quando a pressão interna é diferente da pressão atmosférica com seções transversais fechadas com o fluido preenchendo-o completamente (HELLER; PÁDUA, 2016).

Alternativamente, tem-se adução por condutos com escoamento livre, onde o líquido escoar por uma superfície livre com a ação da pressão atmosférica (HELLER; PÁDUA, 2016).

Por fim, há a adutora mista, onde ocorre a incidência tanto de conduto forçado nos trechos quanto de conduto com escoamento livre, com a inserção de sifão invertido, garantindo o escoamento do fluido (HELLER; PÁDUA, 2016).

Figura 6: Adução por gravidade



Fonte: HELLER; PÁDUA (2016).

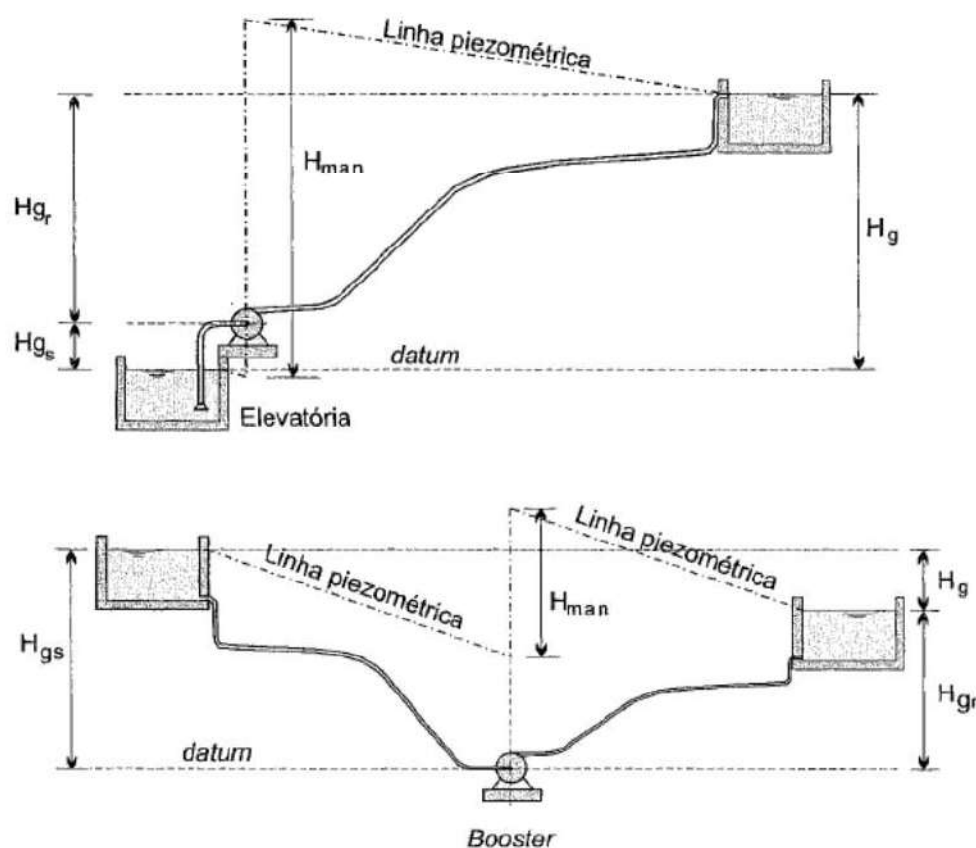
Ou então a adução pode ser por recalque, conforme Figura 7, sendo esta no aclave utilizando elevatórias, fonte de alimentação proveniente do reservatório, ou *booster's*, fonte de alimentação direto da tubulação de alimentação, que recalcam a água (HELLER; PÁDUA, 2016).

Conforme Páscoa (2009), utilizam-se os seguintes termos:

- Altura manométrica (H_{man}): representa qual a altura que uma bomba consegue elevar um líquido;
- Altura geométrica de sucção (H_{gs}): desnível geométrico (altura em metros) entre o nível dinâmico da captação e o bocal de sucção da bomba;
- Altura geométrica (H_g): é a altura física com a qual a água tem de ser elevada para atingir o consumidor;

- Altura geométrica de recalque (H_{gr}): distância entre o bocal de sucção da bomba de água até a saída da tubulação de descarga;
- *Datum*: é a superfície de referência para controle horizontal (X,Y) e vertical (Z) de pontos;
- Linha piezométrica.

Figura 7: Adução por recalque



Fonte: HELLER; PÁDUA (2016).

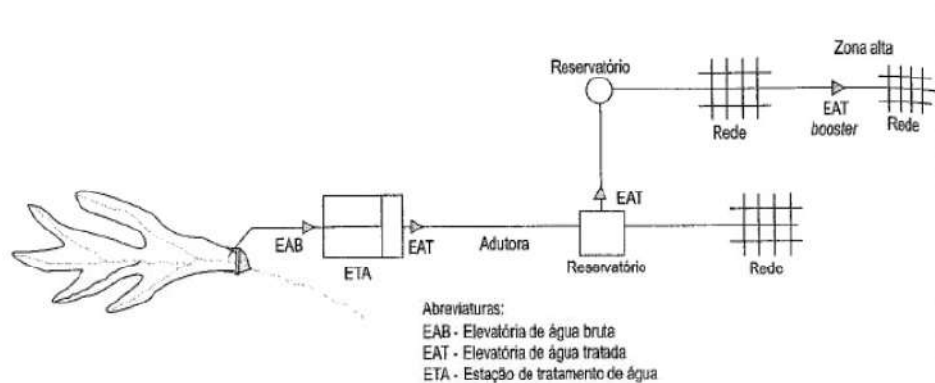
4.1.4 – Estações elevatórias

Quando o sistema de abastecimento possui locais a serem atendidos muito elevados ou distantes das fontes de água, torna-se necessária a instalação de equipamentos que possam conduzir o líquido às cotas mais elevadas, aumentando a capacidade de adução desse sistema (HELLER; PÁDUA, 2016).

Nesse sentido, as elevatórias passam a ter papel fundamental no sistema de abastecimento desde a captação e adução da água bruta até o tratamento e distribuição da água tratada (HELLER; PÁDUA, 2016).

Sendo assim, pela Figura 8, a partir do ponto de montante a elevatória é caracterizada, podendo esta ser de água bruta (sem tratamento) e água tratada (potável ao consumo humano).

Figura 8: Posicionamento de elevatórias em um sistema de abastecimento de água



Fonte: HELLER; PÁDUA (2016)

4.1.5 – Estação de tratamento de água

As estações de tratamento de água, também conhecidas como ETA's, são unidades responsáveis pelo tratamento da água bruta, captada do manancial, em conformidade aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004).

Os principais processos e operações envolvidos no tratamento estão apresentados na Figura 9 e no Quadro 1.

Figura 9: Tratamento de água: etapas do sistema convencional



Fonte: Canteiro de Engenharia (2020)

Quadro 1: Principais processos e operações do tratamento de água para abastecimento público

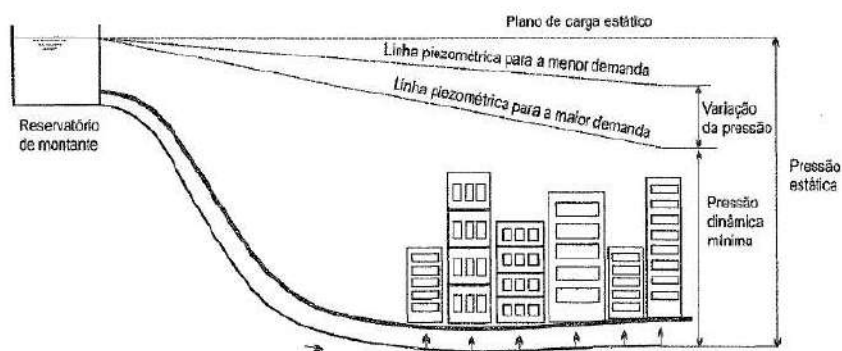
Processo/operação unitária	Descrição/finalidade
Micropeneiramento	Passagem da água por peneiras com malhas de pequena abertura, visando a remoção de material particulado.
Oxidação/aeração	Oxidar matéria orgânica e inorgânica presente na água, facilitando sua remoção posterior.
Adsorção	Remover compostos orgânicos e inorgânicos indesejáveis, incluindo os que causam sabor e odor, fazendo a água entrar em contato com uma substância adsorvente (em geral carvão
Troca iônica	Destinado a remover contaminantes inorgânicos presentes na água, fazendo-a passar por uma coluna contendo material sintético especial (resina).
Coagulação	Adição de coagulante, visando desestabilizar impurezas presentes na água e facilitar o aumento do tamanho das mesmas na etapa de floculação.
Floculação	Agitação da água realizada após a coagulação, com o objetivo de promover o contato entre as impurezas e, assim, aumentar o tamanho das mesmas.
Decantação	Passagem da água por tanques, no fundo dos quais as impurezas ficam depositadas.
Flotação	Arraste das impurezas para a superfície de um tanque, por meio da ação de microbolhas.
Filtração em meio granular	Remoção de material particulado presente na água, fazendo-a passar por um leito contendo meio granular (usualmente areia e/ou antracito).
Filtração em membrana	Remoção de contaminantes orgânicos e inorgânicos, incluindo material dissolvido, passando a água por membranas com abertura de filtração inferior a 1 u.m.
Desinfecção	Processo destinado a inativar microrganismos patogênicos presentes na água.
Abrandamento	Processo destinado a reduzir a dureza da água e remover alguns contaminantes inorgânicos.
Fluoretação	Adição de compostos contendo o íon fluoreto, com a finalidade de combater a cárie infantil.
Estabilização química	Acondicionamento da água, com a finalidade de atenuar efeitos corrosivos ou incrustantes no sistema abastecedor e nas instalações domiciliares.

4.1.6 – Reservatório

As unidades de reservação são estruturas responsáveis pelo armazenamento de água e concebidas com o objetivo de regular as vazões de adução e distribuição no sistema de abastecimento. São dimensionadas para a vazão média do dia de maior consumo e maximizada pelo coeficiente do dia de maior consumo (HELLER; PÁDUA, 2016).

Os reservatórios podem ser de montante que, conforme a NBR 12.217/94, são aqueles que vão fornecer água à rede de distribuição, sendo observados esquematicamente na Figura 10.

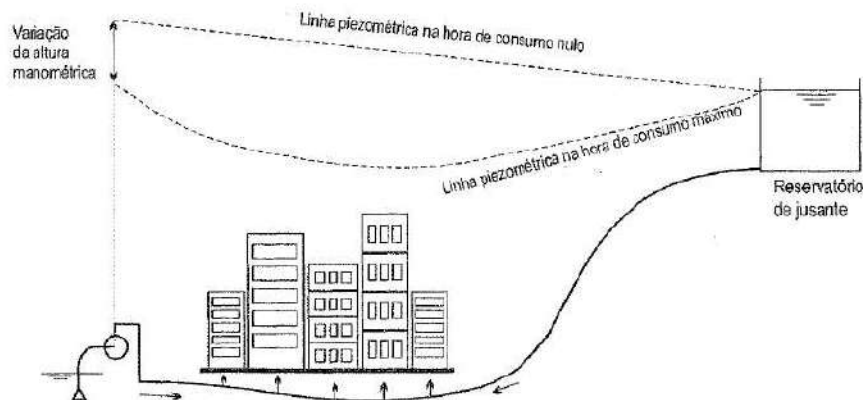
Figura 10: Reservatório de montante



Fonte: HELLER; PÁDUA (2016)

Já os reservatórios de jusante, segundo a NBR 12.217/94, são aqueles instalados a jusante da rede de distribuição, fornecendo ou recebendo água, sendo estes chamados de reservatórios de sobra, de acordo com a Figura 11.

Figura 11: Reservatório de jusante



Fonte: HELLER; PÁDUA (2016)

Vale ressaltar algumas definições para melhor compreensão das Figuras 10 e 11, tomando como base a NBR 12218 (1994) e a NBR 12217 (1994):

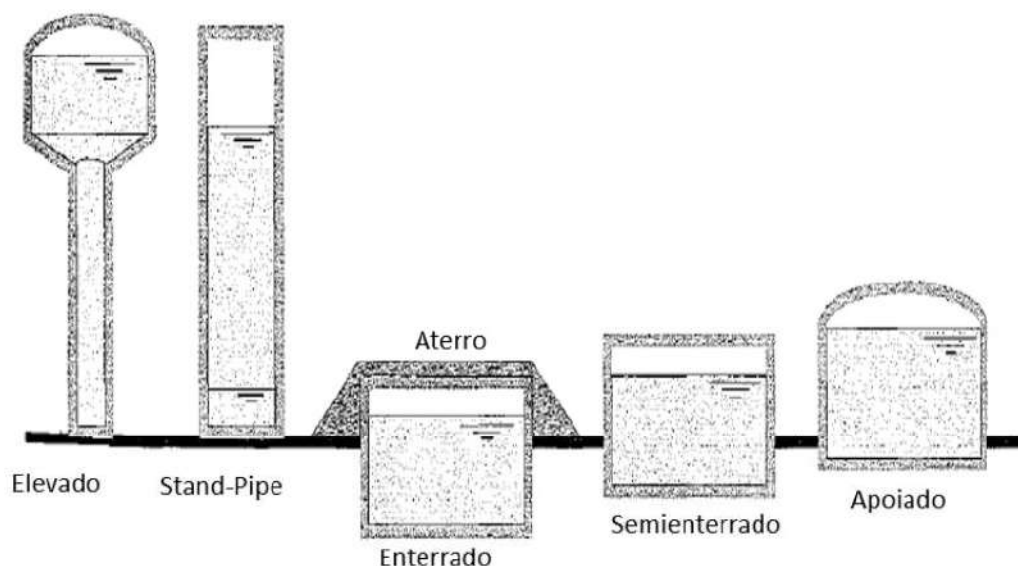
- a) Plano de carga estático – é a linha que demarca a continuidade da altura da carga inicial, através das sucessivas seções de escoamento;
- b) Linha piezométrica – é aquela que une as extremidades das colunas piezométricas. Fica acima do conduto de uma distância igual à pressão existente, e é expressa em relação à altura do líquido. Chamada também de gradiente hidráulico;
- c) Variação de pressão – representa a diferença entre as pressões de dois pontos de um fluido em equilíbrio;
- d) Pressão dinâmica mínima – referida ao nível do eixo da via pública, em determinado ponto da rede, sob condição de consumo não nulo;
- e) Pressão estática – referida ao nível do eixo da via pública, em determinado ponto da rede, sob condição de consumo nulo;
- f) Altura manométrica – é a energia por unidade de peso que o sistema solicita para transportar o fluido do reservatório de sucção para o reservatório de descarga, com uma determinada vazão;

Quanto a sua localização no terreno, o reservatório pode ser, de acordo com Guimarães (2007):

- Elevado: quando apoiado em estruturas de elevação;
- *Stand-pipe*: um sistema de reservatório de água elevado com a estrutura de elevação embutida, de modo a manter o perímetro da seção transversal da edificação;
- Enterrado: completamente embutido no terreno;
- Semienterrado: com a altura embutida em parte abaixo do nível do terreno;
- Apoiado: sobre uma laje de fundo construída no terreno.

A Figura 12 indica a representação de cada um destes reservatórios de água.

Figura 12: Tipos de reservatórios



Fonte: HELLER; PÁDUA (2016)

4.1.7 – Rede de distribuição

Segundo Prince (2016), rede de distribuição compreende tubulações interligadas entre si, com a finalidade de fornecer água em regime contínuo (24 horas por dia) em quantidade, qualidade e pressão adequadas aos diversos consumidores, em conformidade com as normas vigentes.

As redes de distribuição, em resumo, devem atender a duas características, segundo Prince (2016):

- Característica de garantir que a água chegue até seus consumidores sem a deterioração de sua qualidade e com a quantidade, pressão e continuidade estabelecidas pela boa técnica e pelas normas oficiais aplicáveis;
- Característica de constituir-se por mais de 50% do seu custo de implantação.

4.2 – Perdas em sistema de abastecimento de água

Em geral, não existe um sistema de abastecimento sem perdas de água. O que se busca são ações de planejamento e gestão que possam minimizar as perdas com a maior eficiência do sistema (SNIS, 2020).

Para Páscoa (2002), a perda de água representa toda e qualquer perda real ou aparente ou consumo não autorizado que impacta no custo de funcionamento do sistema e na plena receita operacional.

As perdas reais representam toda perda de água ocorrida nos processos que envolve desde a produção até a distribuição e as perdas aparentes correspondem ao volume de água consumido, mas não registrados decorrentes de erros de medições, fraudes, ligações clandestinas, entre outros (SNIS, 2020).

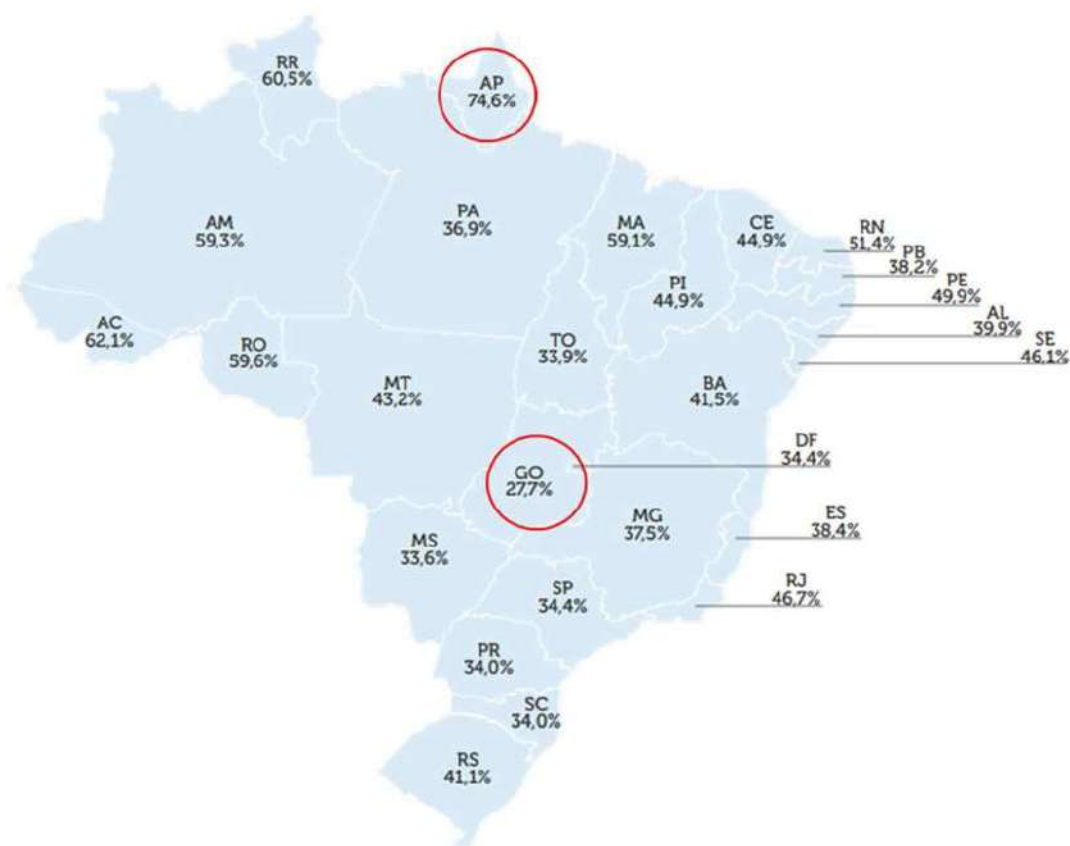
Nesse contexto, cabe ressaltar, conforme Miranda (2002) *apud* Sobrinho (2012), que os principais fatores que inferem nos elevados índices de perda são:

- Baixa capacidade institucional e de gerenciamento dos sistemas;
- Pouca disponibilidade de recursos para investimentos em ações de desenvolvimento tecnológico na rede de distribuição e na operação dos sistemas;
- Cultura do aumento da oferta e do consumo individual, sem preocupações com a conservação e o uso racional;
- Decisões de ampliação da carga hidráulica e extensão das redes até áreas mais distantes dos sistemas, para atendimento aos novos consumidores, sem os devidos estudos de engenharia.

Pela Figura 13, é possível identificar os índices de perda por cada estado da federação, onde se observam as diferenças existentes pelo território brasileiro. Tem-se um índice médio de perda de água, no país, de 40,1%.

Ainda pela Figura 13, é apresentado como destaque negativo, localizado Região Norte, o estado do Amapá (AP), onde se observa um índice de perda de 74,6%. E como destaque positivo, atingindo um índice de 27,7% de perda de água, está o estado de Goiás (GO), localizado na Região Centro-Oeste do país.

Figura 13: Perdas na distribuição de água



Fonte: SNIS-AE (2020)

Em contrapartida, vale enfatizar, conforme a Tabela 1, como os índices nacionais são elevados quando comparados aos de países como Finlândia, França, Dinamarca e Polônia.

Tabela 1: Índice de águas não faturadas (ANF) em operadores de diversos países

País	ANF	País	ANF
Malásia	36,4	Portugal	18 a 58
Itália	30 a 40	Noruega	40
Coreia	29,3	Dinamarca	7,6
Finlândia	12 a 25	Tailândia	38,8
França	10 a 30	Hungria	5 a 37
Polônia	10 a 20	EUA	5 a 37

Fonte: HELLER; PÁDUA (2016)

Outro ponto a considerar com relação às perdas é referente ao fato delas serem consideradas como um dos indicadores mais importantes dentre os parâmetros a serem avaliados pelas empresas de saneamento, pois apresentam

a real situação dos processos aplicados, por refletirem no desempenho operacional e nas ações das empresas de saneamento (ReCESA, 2008).

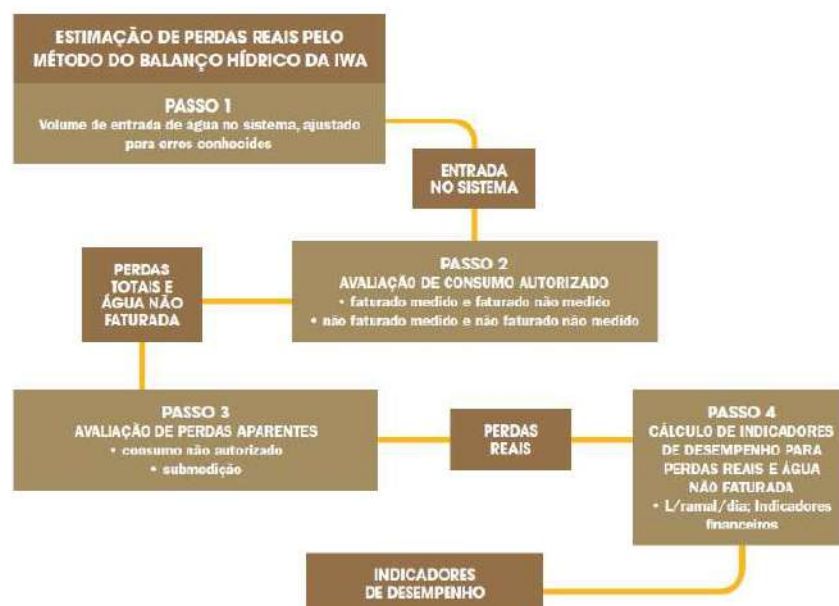
Da mesma forma, para um diagnóstico consistente a identificação dos diferentes tipos de perda de água no sistema de abastecimento, permitirá uma elaboração mais precisa das ações e construção da estrutura de balanço hídrico (FILHO, 2015).

4.2.1 - Balanço hídrico

Para compreender de maneira mais abrangente as perdas, é necessário um entendimento dos fatores que estão associados a ela e, conseqüentemente, atuar de forma efetiva em cada parte de um todo para a solução do problema.

Dessa forma, conforme a AESBE (2015), citam-se os balanços hídricos, sendo uma ferramenta importante para ajudar a diagnosticar o problema das perdas de água, típicos de um SAA, que deve ser seguida, de acordo com o esquema representado na Figura 14.

Figura 14: Resumo do Método Balanço Hídrico.



Fonte: AESBE (2015)

Neste contexto, para sua formulação, tem-se a técnica “*top down*”, que segundo a AESBE (2015), consiste na abordagem de cima para baixo na avaliação das perdas no sistema de abastecimento.

Ou então se pode referir à técnica “*bottom up*” que, pela AESBE (2015), refere-se à abordagem de baixo para cima na avaliação das perdas no sistema de abastecimento.

O cálculo do balanço de águas corresponde ao principal modelo para a avaliação e controle das perdas. Os volumes envolvidos nas análises devem primeiramente ser calculados e eles próprios representam os indicadores primários das perdas. Somente a partir deles, evidentemente, é que podem construir quaisquer indicadores.

A construção do balanço pode se dar de cima para baixo (método *top down*) ou de baixo para cima (método *bottom up*). O primeiro consiste em se estimar as perdas reais a partir das perdas totais. Nesse caso, torna-se necessário que antes sejam determinadas as perdas aparentes, recorrendo-se aos melhores métodos disponíveis. Evidentemente que o cálculo completo do balanço das águas sem qualquer nível de erro é muito difícil, podendo haver um elevado nível de incerteza. Os erros ocorrem em especial, na determinação das perdas aparentes, em cenário como os que existem no Brasil, em que sequer os volumes consumidos são medidos, com grande parte sendo estimado (quanto maior o nível de medição mais preciso é o balanço de águas). Assim, um outro método recomendado adota o monitoramento contínuo da vazão mínima noturna para determinar as perdas reais. A partir daí, tendo-se o volume de perdas totais, o balanço é completado com o cálculo das perdas aparentes (método *bottom up*). Ressalte-se que, mesmo empregando o primeiro método, é recomendável confrontar o resultado das perdas reais com aqueles acumulados via monitoramento da vazão mínima noturna (MIRANDA; 2006).

Conforme a Figura 15, são identificados seus critérios de avaliação, levando em conta os aspectos que envolve uma análise efetiva a respeito do retorno esperado, o setor de operação e estudo e por fim os acompanhamentos dos ativos existentes no setor.

Figura 15: Abordagens “*top down*” e “*bottom up*”



Fonte: Massaro (2020)

Destacam-se ainda, na Figura 16, os tipos de perdas que podem existir no sistema de abastecimento, com a indicação da sua origem, sendo ela real ou aparente.

Figura 16: Tipos de perdas existentes no SAA



Fonte: Silva (1998)

Dessa maneira, entende-se que, segundo a ReCESA (2008), “balanço hídrico consiste em avaliar as perdas pelo volume que entra no sistema menos o volume de água consumido, de modo que, neste método, as perdas calculadas são as perdas totais resultantes das várias partes da infraestrutura”.

A Figura 17 apresenta a matriz do balanço hídrico com seus respectivos componentes, onde são apresentados os parâmetros que devem ser inseridos para o levantamento das perdas no local estudado.

Figura 17: Matriz do balanço hídrico

VOLUME DE ENTRADA	CONSUMO AUTORIZADO	CONSUMO AUTORIZADO FATURADO	VOLUME FATURADO MEDIDO	VOLUME FATURADO
			VOLUME FATURADO NÃO MEDIDO	
		CONSUMO AUTORIZADO NÃO FATURADO	VOLUME NÃO FATURADO MEDIDO	VOLUME DE ÁGUA NÃO FATURADA
			VOLUME NÃO FATURADO NÃO MEDIDO	
	PERDAS DE ÁGUA	PERDAS APARENTES	SUBMEDIÇÃO	
			CLANDESTINOS / FALHAS DE CADASTRO	
			FRAUDES	
		PERDAS REAIS		

Fonte: AESBE (2015)

Conforme definição da AESBE (2015), apresenta-se a definição dos seguintes termos:

- a) **Volume de entrada:** corresponde ao volume anual de água que ingressou efetivamente no(s) sistema(s) distribuidor(es);
- b) **Consumo autorizado:** volume anual de água entregue nas ligações sem hidrômetros e que foram faturadas;
- c) **Perdas de água:** correspondem à soma do Volume de Perdas Aparentes com o Volume de Perdas Reais;
- d) **Consumo autorizado faturado:** corresponde ao Volume Faturado. O termo “Consumo Autorizado Faturado” serve para se contrapor com “Consumo Não Autorizado” e também com “Consumo Autorizado Não Faturado”;
- e) **Consumo autorizado não faturado:** corresponde à soma de Volume Não Faturado Medido com Volume Não Faturado Não Medido;

- f) **Perdas aparentes:** correspondem à soma dos volumes de Consumo Não Autorizado com os volumes de Inexatidão do Hidrômetros e Erros no Manuseio de Dados;
- g) **Perdas reais:** correspondem ao volume anual obtido com a operação: Volume de Entrada – Consumo Autorizado – Perdas Aparentes, representando as perdas de água ocorridas em vazamentos no sistema;
- h) **Volume faturado medido:** volume anual de água medido pelos hidrômetros instalados nas ligações de água e que deram origem ao faturamento;
- i) **Volume faturado não medido:** volume anual de água entregue nas ligações sem hidrômetros e que foram faturadas;
- j) **Volume não faturado medido:** corresponde aos volumes anuais medidos, cujo uso é autorizado pelo prestador de serviços, mesmo sem terem gerado faturamento;
- k) **Volume não faturado não medido:** corresponde a volumes anuais não medidos (portanto estimados), cujo uso é autorizado pelo prestador de serviços, mesmo sem terem gerado faturamento;
- l) **Submedição:** corresponde a volumes anuais de água entregues aos usuários que deixaram de ser registrados pelos hidrômetros, por ineficiência destes. Inclui ainda volumes não registrados devido a práticas erradas de leitura ou qualquer tipo de violação à integridade dos dados medidos pelos hidrômetros;
- m) **Clandestinos/ falhas de cadastro:** correspondem aos atos fora da legalidade, onde se está ilegítimo;
- n) **Fraudes:** obtenção de vantagens através de ações de má fé;
- o) **Volume faturado:** corresponde à soma do Volume Faturado Medido com o Volume Faturado Não Medido;
- p) **Volume de água não faturado:** corresponde à soma do Volume Não Faturado Medido, o Volume Não Faturado Não Medido, Submedição, Clandestinos/Falhas de Cadastro e Fraudes.

4.2.2 - Indicadores de perda

Os indicadores do desempenho são ferramentas de diagnóstico do sistema de abastecimento que expressam a evolução das ações aplicadas em relação às perdas reais e aparentes (VICENTINI, 2012).

Para uma boa análise de desempenho, é necessário conhecer alguns dos indicadores. Segundo Vicentini (2012), associar a medição ao indicador irá proporcionar um acompanhamento mais preciso dos processos envolvidos.

Ainda conforme Vicentini (2012), destacam-se algumas recomendações para uma boa parametrização:

- Fazer coincidir os períodos da macromedição com o período da leitura dos hidrômetros, uma vez que a defasagem que venha a ocorrer entre eles pode levar a que os períodos de macro e micromedição possam ter características de consumo bem diferentes e, conseqüentemente, levem a distorções no cálculo;
- Criar ou redefinir os grupos de leitura de hidrômetros de forma a coincidirem com os setores de abastecimento dentro de cada localidade, pois, em alguns casos, a medição da água de entrada em um dado sistema pode abranger mais de uma localidade e, conseqüentemente, diferentes grupos de leitura de hidrômetros; em outras palavras, possibilitar o cálculo do índice por setor, de tal forma que haja coincidência entre as áreas computadas em termos de entrada e saída de água.

Dentre os indicadores, citam-se, conforme Negrisolli (2009):

a) Indicador Percentual (IPD), indicado pela Equação 1.

$$IPD = \frac{\text{Volume Disponibilizado (VD)} - \text{Volume Utilizado (VU)}}{\text{Volume Disponibilizado (VD)}} \times 100 (\%)$$

(1)

Onde VD e VU são os volumes disponibilizado e utilizado, respectivamente.

Índices superiores a 40 % representam más condições do sistema quanto às perdas e valores abaixo de 25% indicam sistema com bom gerenciamento de perdas.

b) Índice de Perdas por Ramal (IPR), indicado pela Equação 2.

$$IPR = \frac{\text{Volume de Perdas Totais (ano)}}{N^{\circ} \text{ de ramais} \times 365} \text{ (m}^3\text{/ramal.dia)} \quad (2)$$

Onde se tem o volume de perdas totais e o número de ramais.

Este indicador representa o volume de água perdido relacionado ao número de ramais em que é distribuída a água e é indicado para aplicação em áreas urbanas (superior a 20 ramais/Km).

c) Índice de Perdas por Extensão de Rede (ILB), indicado pela Equação 3.

$$ILB = \frac{\text{Volume de Perdas Totais}}{\text{Extensão parcial da rede} \times 365} \text{ (m}^3\text{/km.dia)} \quad (3)$$

Onde se tem o volume de perdas totais e extensão parcial da rede.

As perdas que são expressas por este indicador incorporam as perdas reais e aparentes, uma vez que não se controlam os desvios sistemáticos de medição. Este indicador é calculado para se ter a distribuição das perdas ao longo da extensão da rede, apresentando valores altos quando há uma ocupação urbana muito elevada.

d) Índice de Infraestrutura de Perdas (ILE), indicado pela Equação 4.

$$ILE = \frac{\text{Volume de Perdas Totais (ano)}}{\text{Volume de Perdas Inevitáveis}} \text{ (adimensional)} \quad (4)$$

Onde se tem o volume de perdas totais e o volume de perdas inevitáveis.

Segundo Alegre (2012, *apud* TARDELLI FILHO, 2004), este é um indicador desenvolvido pela IWA (International Water Association ou Associação Internacional da Água, em tradução para a Língua Portuguesa), sendo a

proposta mais atual de se avaliar a situação das perdas e permitir a comparação entre sistemas distintos.

e) Índice de Perdas por Ligação (IPL), indicado pela Equação 5.

$$IPL = \frac{\text{Volume Disponibilizado (VD)} - \text{Volume Utilizado (VU)}}{\text{N}^\circ \text{ Ligações Ativas (LA)} \times \text{N}^\circ \text{ dias (ND)}} \quad (5)$$

Onde VD, VU, LA e ND são os volumes disponibilizado e utilizado, número de ligações ativas e número de dias, respectivamente.

O Índice de Perdas por Ligação (IPL) relaciona a diferença entre volume disponibilizado e volume utilizado ao número de ligações ativas.

f) Índice Linear de Perda Real (ILR), indicado pela Equação 6.

$$ILR = \frac{\text{Volume Disponibilizado (VD)} - \text{Volume Fisicamente Utilizado (VU)}}{\text{Extensão total rede} \times \text{N}^\circ \text{ dias (ND)}} \quad (6)$$

Onde VD, VU e ND são os volumes disponibilizado e fisicamente utilizado e o número de dias, respectivamente.

Este índice reflete a diferença entre o volume disponibilizado e o volume fisicamente utilizado distribuído pela extensão total da rede. A extensão total da rede inclui adutoras, subadutoras, redes de distribuição e ramais prediais.

g) Índice de Perda Total (IPT), indicado pela Equação 7.

$$IPT = \frac{\text{Volume Disponibilizado no setor} - \text{Volume Utilizado no setor}}{\text{Volume disponibilizado no sistema} - \text{Volume utilizado no sistema}} \quad (7)$$

Onde se tem o volume disponibilizado e utilizado no setor e o volume disponibilizado e utilizado no sistema.

Este índice foi proposto por Maldonado (2006) e relaciona o volume perdido por um determinado setor ao volume perdido do total do sistema. Esse indicador reflete percentualmente o quanto a perda de cada setor representa em relação à perda global.

4.2.3 - Ações de combate às perdas de água

Algumas ações são responsáveis por direcionar uma atuação mais efetiva na recuperação dos volumes de água perdidos no SAA. Nesse sentido, a Figura 18 representa uma esquematização das principais medidas que devem ser adotadas visando potencializar a recuperação das perdas existentes (THORNTON, 2002).

Figura 18: Ações no combate às perdas



Fonte: Sobrinho (2012)

Ainda conforme Sobrinho (2012), definem-se os seguintes termos:

- a) **Controle de pressão e de níveis:** conhecer as pressões dinâmicas e de serviço nas redes de distribuição proporciona uma gestão mais assertiva com ações planejadas que irão contribuir para o sistema de abastecimento;
- b) **Controle ativo de vazamentos e fugas:** metodologia aplicada para a localização de possíveis vazamentos visíveis e não visíveis, com a utilização de instrumentação específica, tais como hastes de escuta, geofones mecânicos e eletrônicos, correlacionador de ruídos, dentre outros auxiliares.

- Haste de escuta: indica a existência de vazamento nas proximidades, a partir de ruídos nas tubulações, conforme Figura 19.

Figura 19: Haste de escuta



Fonte: Vicentini (2012)

- Geofone: identifica ruídos a partir da superfície do solo, a partir do contato da base sobre a superfície. As vibrações são transmitidas para o fone de ouvido, conforme as Figuras 20 e 21.

Figura 20: Geofone eletrônico



Fonte: Vicentini (2012)

Figura 21: Geofone mecânico



Fonte: Vicentini (2012)

- Correlacionador de ruído: detecta vazamento onde o uso de geofone é mais difícil, de acordo com a Figura 22.

Figura 22: Correlacionador de ruído



Fonte: Vicentini (2012)

- Equipamentos auxiliares: são responsáveis por complementar a detecção dos vazamentos não visíveis.
 - Haste de perfuração: responsável pela sondagem do ponto de suspeita de vazamento, conforme Figura 23.

Figura 23: Haste de perfuração



Fonte: Vicentini (2012)

- Manômetro: aparelho utilizado para indicar a pressão instantânea do local, conforme Figura 24.

Figura 24: Manômetro



Fonte: Vicentini (2012)

- Trena: utilizada para medir as distâncias dos pontos de verificação, conforme Figura 25.

Figura 25: Trena ou roda de medição



Fonte: Vicentini (2012)

- Detector de massa metálica: aparelho usado para localizar componentes metálicos que estão encobertos, de acordo com a Figura 26.

Figura 26: Detector de massa metálica



Fonte: Vicentini (2012)

- c) Rapidez e qualidade dos reparos:** todo vazamento deve ser executado no menor tempo possível, sem que haja a perda da qualidade do serviço prestado, com a utilização de mão de obra qualificada;
- d) Gerenciamento, seleção, manutenção, recuperação e substituição de redes:** é preciso manter um cadastro confiável dos ativos, para ações proativas, afim de garantir a máxima qualidade e desempenho dos materiais.

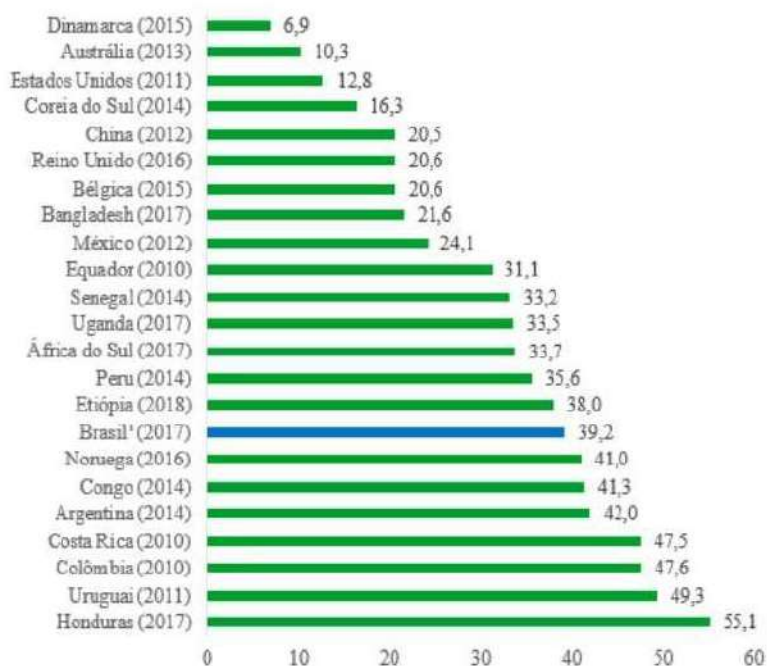
4.2.4 - Perdas de água por região

Ao analisar as perdas de água, com o intuito de identificar a melhor forma de combatê-las, é certo de encontrar métodos aplicados em diversas localidades, sejam elas no Brasil ou no exterior.

Grande parte das ações adotadas refere-se a locais cuja aplicação surtiu efeito para o alcance de índices melhores índices no combate às perdas de água.

Diante disso, ao verificar os índices de perdas de água através da Figura 27, tem-se um panorama da eficiência na operacionalização do sistema de abastecimento que cada país apresenta.

Figura 27: Índices de perdas (%)



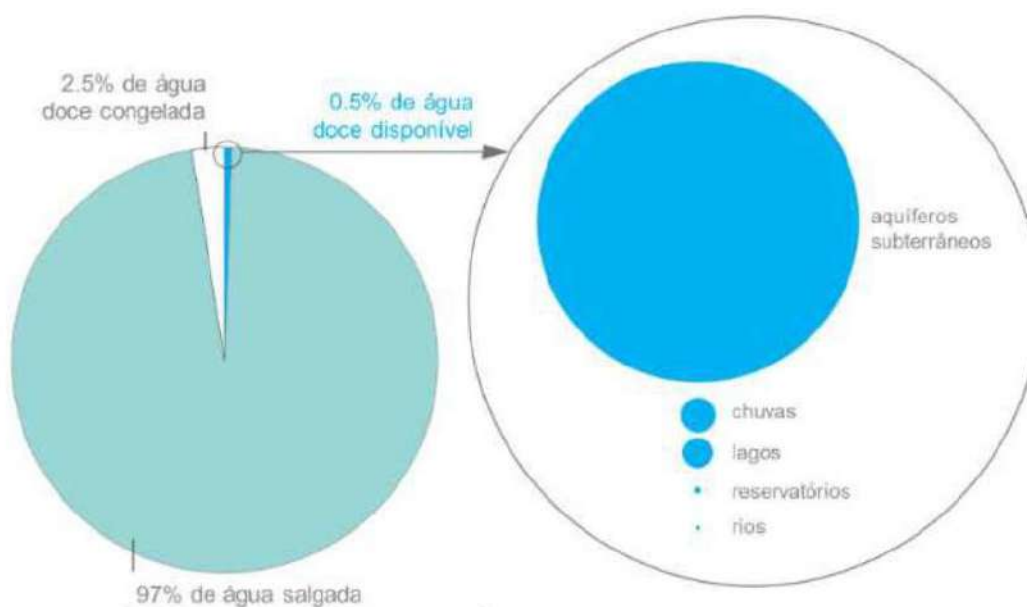
Fonte: CICLOVIVO (2019)

4.2.4.1 - Internacional

Verificando a disponibilidade de água no planeta, percebe-se que esse recurso essencial à vida possui limitações conforme se vê na Figura 28, em que se observa que 97% de água disponível é salgada, ou seja, imprópria para consumo, 2,5% são armazenados em geleiras de difícil acesso e apenas 0,5% de água é disponível para consumo.

Não bastasse o pouco volume disponível, essa água ainda é dividida em aquíferos subterrâneos, chuvas, lagos, reservatórios e rios, distribuída ao longo planeta.

Figura 28: Distribuição da água no planeta



Fonte: SAVEH (2022)

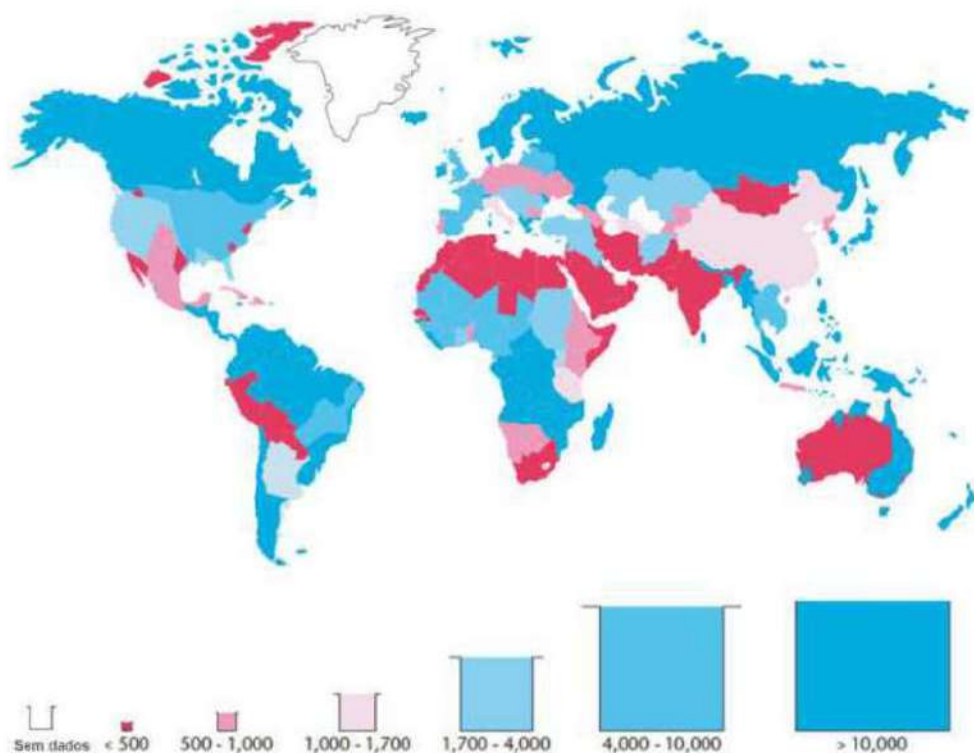
Além disso, de acordo com Sistema de Autoavaliação de Eficiência Hídrica - SAVEH (2022), “a água doce disponível é distribuída de maneira desigual pelo mundo. 60% da água doce disponível estão concentrados em 9 países: Brasil, Rússia, China, Canadá, Indonésia, EUA, Índia, Colômbia e Congo”.

Na Figura 29, é possível identificar a situação da distribuição de água pelo mundo e como ela se apresenta nas diversas regiões.

Salienta-se a existência de duas situações predominantes e antagônicas: a escassez de água, visto que em algumas regiões os volumes são

extremamente baixos, e sua abundância, com volumes muito elevados de água, conforme já visto que esses valores estão dentro do 0,5% de água doce disponível para o consumo.

Figura 29: Índice de disponibilidade de água *per capita* (m³/pessoa/ano)



Fonte: SAVEH (2022)

Com o propósito de garantir a disponibilidade deste recurso, são elencadas a seguir algumas soluções encontradas por países que conseguiram reduzir o desperdício e a perda de água, de acordo com o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS, 2018) e a Agência Brasil (2015).

- **Austrália**
 - a) Investimento pesado na infraestrutura. Foram R\$ 6 bilhões para evitar vazamentos e economizar água;
 - b) Aplicam em seu sistema o tratamento e o reúso da água.
- **China**
 - a) Implementação de cisternas no país inteiro;

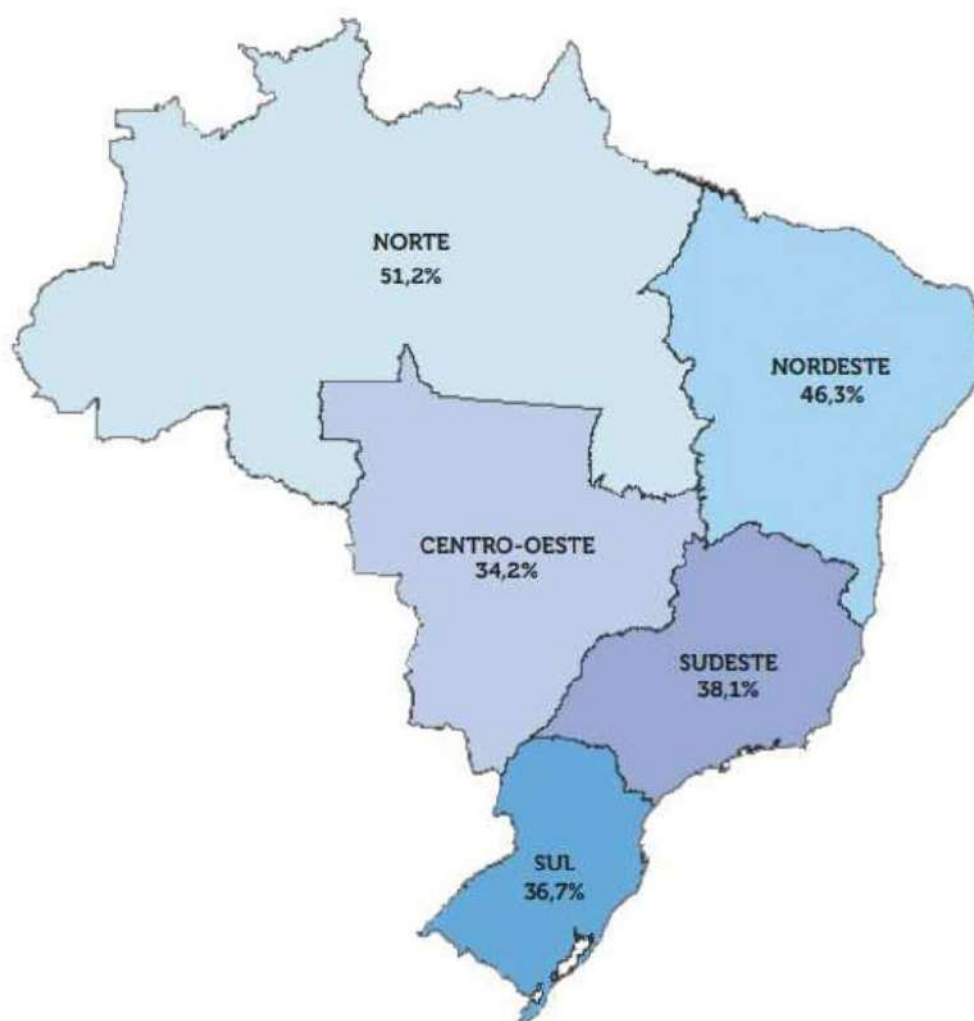
- b) Programa de selos de eficiência hídrica para vasos, mictórios, torneiras e pias, bem semelhante ao Selo Procel de eficiência energética brasileiro.
- **Estados Unidos**
 - a) Aumento das tarifas de água e multas de US\$ 500 por dia a quem for flagrado desperdiçando água potável;
 - b) Mudança no paisagismo, trocando a vegetação que exige maior consumo de água por outra de menor consumo;
 - c) Água reciclada é represada para irrigação e descargas sanitária.
- **Israel**
 - a) Leis foram criadas para regulamentar o uso da água, com sistemas de economia;
 - b) Técnicas exclusivas em Israel permitem extrair água até de geadas;
 - c) Tratamento e reúso da água.
- **Japão**
 - a) Pesquisa sobre vazamentos;
 - b) Reparo de vazamentos;
 - c) Substituição de redes;
 - d) Troca de ramais;
 - e) Gestão da pressão.
- **Dinamarca**
 - a) Legislação prevê que as companhias de abastecimento mantenham o percentual de perda de água por vazamentos abaixo de 10%, do contrário, não são autorizadas a repassar a taxa ambiental aos consumidores, tendo, assim, que pagá-la ao Estado;
 - b) Todos os anos, em média, 15 quilômetros de redes velhas ou com defeito são trocados ou renovados;
 - c) Monitoramento especial, com equipamentos modernos;
 - d) Quando um problema é detectado, uma equipe é enviada imediatamente ao local para checagem.

4.2.4.2 - Nacional

No cenário nacional, é possível verificar a relação das perdas de água pela estrutura da região, sendo esta diretamente ligada aos melhores ou piores índices alcançados, conforme se verifica na Figura 30.

Nesse panorama, os maiores índices de perda de água estão nas Regiões Norte e Nordeste, com valores, respectivamente, de 51,2% e 46,3%, diferentemente das demais regiões, que estão na faixa dos 30% de perda.

Figura 30: Perdas de água por Região Brasileira



Fonte: SNIS-AE (2020)

Segundo SNIS (2020), essas perdas devem estar relacionadas a dois fatores principalmente: (i) perda aparente, devido a situações como ligações clandestinas (os chamados “gatos”) e, (ii) perdas reais, quando há fugas/vazamentos na infraestrutura do sistema de distribuição.

Já segundo a Figura 31, tem-se os volumes de perdas expressos em litros por ligação e por dia, que estão relacionados com a maior eficiência operacional do sistema (SNIS, 2020).

Figura 31: Perdas de água por ligação ativa em cada Região Brasileira



Fonte: SNIS-AE (2020)

Neste parâmetro, o controle dos volumes de água produzido em relação ao número de ligações reais demonstra a situação do sistema atual e sua eficiência no combate às perdas, uma vez que esses valores representam diretamente a quantidade de água que é perdida.

Por outro lado, quando se compara de forma percentual o que é deixado de arrecadar, fica evidente que ações de combate às perdas possuem muita relevância, como pode ser visto na Tabela 2.

Tabela 2: Indicadores de Perdas de Faturamento Total nos Estados e Regiões

Estados	Região	População Total	Índice de perdas de faturamento total (%)	Índice de perdas na distribuição (%)	Índice de perdas por ligação (l/dia/lig.)
Goiás	Centro-Oeste	6.324.903	34,14%	28,78%	181,73
Distrito Federal	Centro-Oeste	2.789.761	26,98%	27,27%	314,16
Mato Grosso	Centro-Oeste	2.654.363	48,05%	47,17%	523,35
Mato Grosso Do Sul	Centro-Oeste	2.535.194	30,67%	32,92%	236,01
Região Centro-Oeste		14.304.221	35,22%	33,40%	271,61
Bahia	Nordeste	14.542.093	35,59%	41,58%	309,64
Pernambuco	Nordeste	9.088.993	48,27%	53,69%	441,95
Ceará	Nordeste	8.509.587	26,73%	36,52%	243,63
Maranhão	Nordeste	5.943.674	64,52%	37,84%	568,63
Paraíba	Nordeste	3.811.668	41,51%	36,18%	283,66
Rio Grande Do Norte	Nordeste	3.298.831	46,59%	55,26%	542,25
Alagoas	Nordeste	3.089.057	63,36%	46,12%	574,61
Piauí	Nordeste	2.953.381	48,55%	51,82%	452,42
Sergipe	Nordeste	2.195.662	51,30%	59,27%	609,66
Região Nordeste		53.432.946	45,03%	45,03%	389,74
Pará	Norte	6.528.576	58,17%	48,91%	657,65
Amazonas	Norte	2.813.030	72,62%	46,99%	697,66
Rondônia	Norte	1.653.224	50,63%	52,75%	694,17
Tocantins	Norte	1.404.240	26,91%	34,34%	198,72
Acre	Norte	776.463	57,01%	55,90%	824,68
Amapá	Norte	734.996	76,54%	76,54%	2.756,19
Roraima	Norte	488.072	64,63%	59,74%	848,61
Região Norte		14.398.601	60,59%	50,78%	653,18
São Paulo	Sudeste	43.121.223	32,10%	34,34%	368,95
Minas Gerais	Sudeste	20.195.874	31,16%	33,46%	254,87
Rio De Janeiro	Sudeste	16.274.685	50,62%	30,82%	583,78
Espírito Santo	Sudeste	3.741.308	23,59%	34,39%	379,68
Região Sudeste		83.333.090	36,09%	33,35%	370,09
Rio Grande Do Sul	Sul	10.929.084	48,85%	37,23%	364,76
Paraná	Sul	10.928.805	22,48%	33,35%	234,85
Santa Catarina	Sul	6.560.930	26,75%	33,71%	308,50
Região Sul		28.418.819	34,68%	35,06%	298,08
Brasil		193.887.677	39,07%	36,95%	366,86

Fonte: SNIS (2013, adaptado GO Associados; 2020)

Destacam-se também as perdas de água em áreas irregulares das cidades que, apesar de não serem a parte mais relevante, englobam a chamada “perda social”, decorrente de ligações clandestinas com consumo não autorizado e não faturado (TRATA BRASIL, 2015).

Assim, a partir dos parâmetros utilizados pelo Banco Mundial, tem-se no Quadro 2 os resultados no Brasil relacionados às perdas financeiras por

consequência das perdas de água nos sistemas de abastecimento (TRATA BRASIL, 2015).

Quadro 2: Resumo das perdas financeiras no Brasil em 2013

Perdas Aparentes	R\$ 6,740 bilhoes
Perdas Físicas	R\$ 1,086 bilhoes
Consumo Autorizado não Faturado	R\$ 0,188 bilhoes
Custo Total Perdas	R\$ 8,015 bilhoes

Fonte: TRATA BRASIL (2015)

4.2.4.3 – Estado de Minas Gerais

Quando o assunto é o estado de Minas Gerais, pode-se observar, conforme a Figura 32, a evolução das perdas com a tendência de aumento ao longo dos anos.

Figura 32: Situação de Minas Gerais em perdas na distribuição entre 2015 a 2019

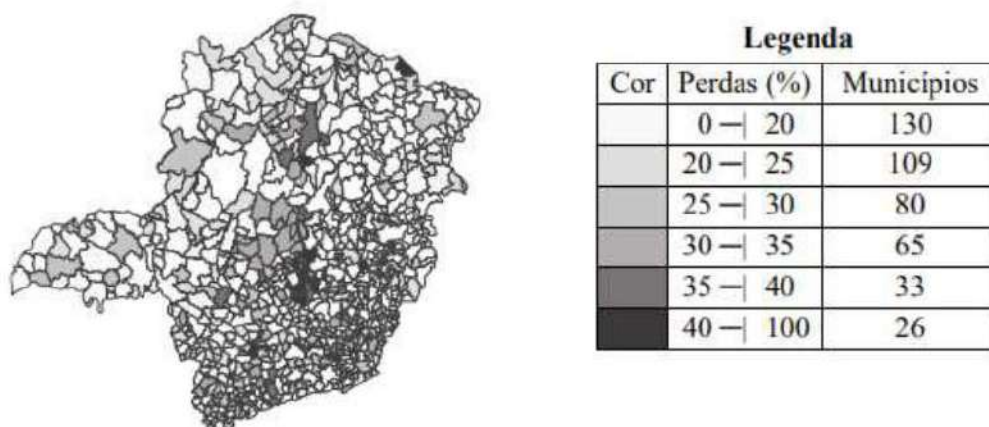


Fonte: SNIS (2019, adaptado GO Associados; 2020)

De acordo com Barcala (2022), “Minas Gerais é o 11º estado em perdas de faturamento (38,01%) e o 10º em perdas na distribuição (37,52%)”.

Nesse contexto, na Figura 33, bem como o panorama das perdas de água no estado, é possível verificar a incidência de perdas nos diversos Municípios de Minas.

Figura 33: Índice de perdas na distribuição no estado de Minas Gerais



Fonte: SBEA (2017)

Por outro lado, quando é feita a análise dos volumes perdidos, fica evidente que, apesar de não ser o pior estado da federação nesse aspecto, ainda existe um longo caminho a ser alcançado, conforme se verifica no Tabela 3. Convém ressaltar também que a tabela em questão agrupa dados dos demais estados da Região Sudeste no que se refere às perdas de água equivalentes.

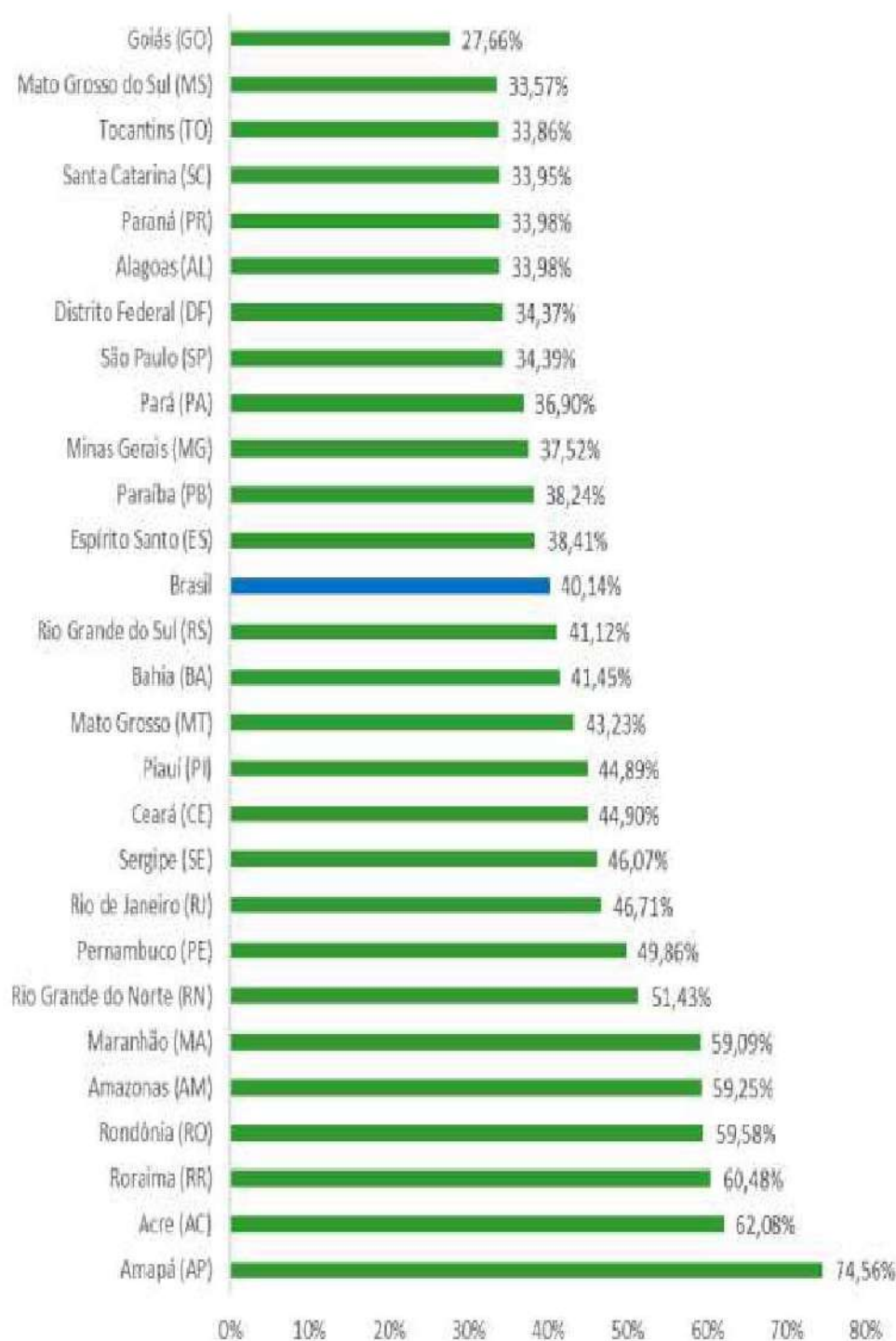
Tabela 3: Perdas por dia, em números equivalentes de piscinas olímpicas por dia – Região Sudeste

ESTADOS DA REGIÃO SUDESTE	Piscinas olímpicas perdidas por dia (a 2.500 m ³ cada piscina)
Espírito Santo	102
Minas Gerais	626
Rio de Janeiro	1520
São Paulo	1487

Fonte: SNIS (2019, adaptado GO Associados; 2020)

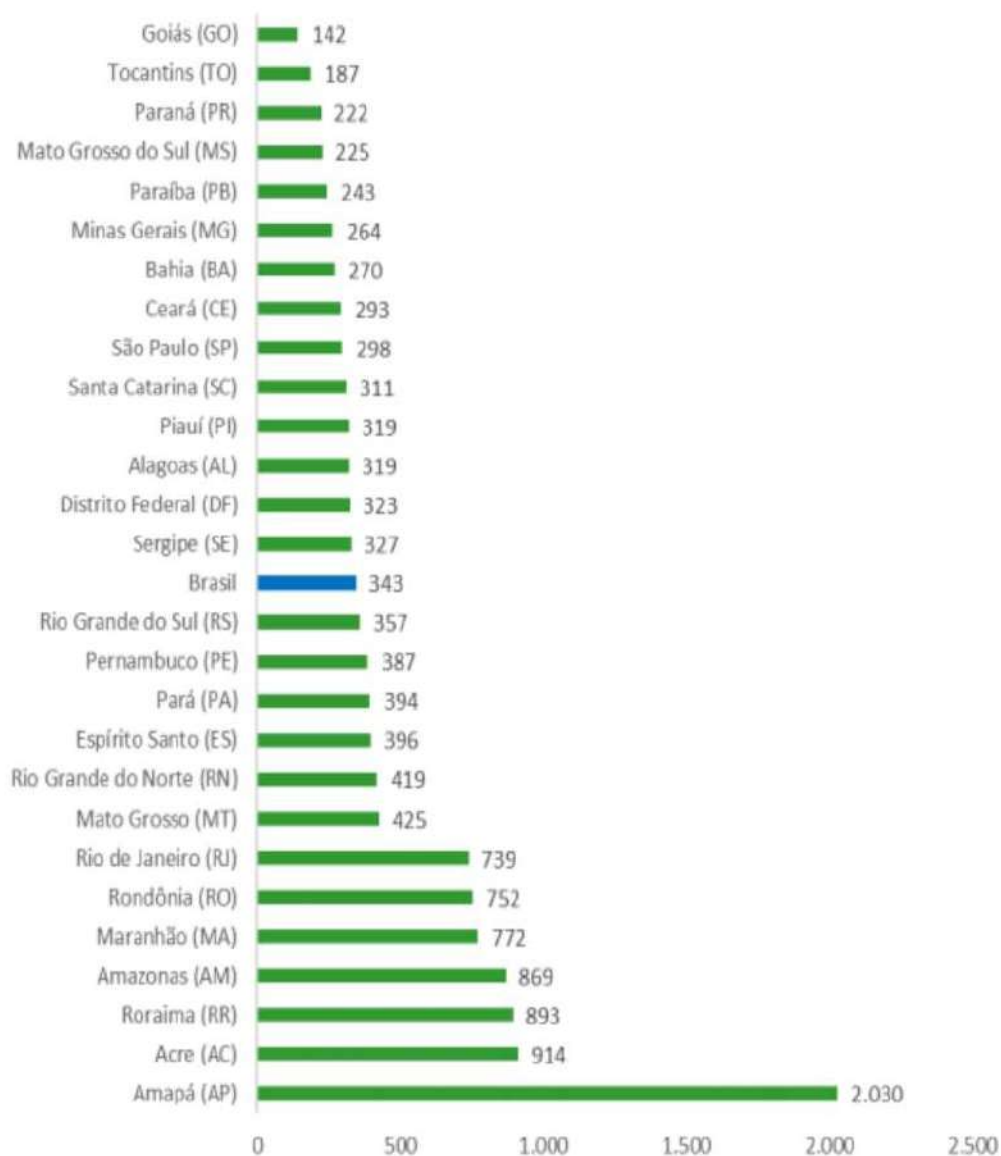
Já a Figura 34 e a Figura 35 apresentam, respectivamente, os índices de perdas na distribuição e de perdas por ligação, estando Minas Gerais abaixo da média nacional.

Figura 34: Perdas na distribuição, por estado (2020)



Fonte: SNIS (2019, adaptado GO Associados; 2020)

Figura 35: Perdas volumétricas (L/ligação/dia) por estado (2020)

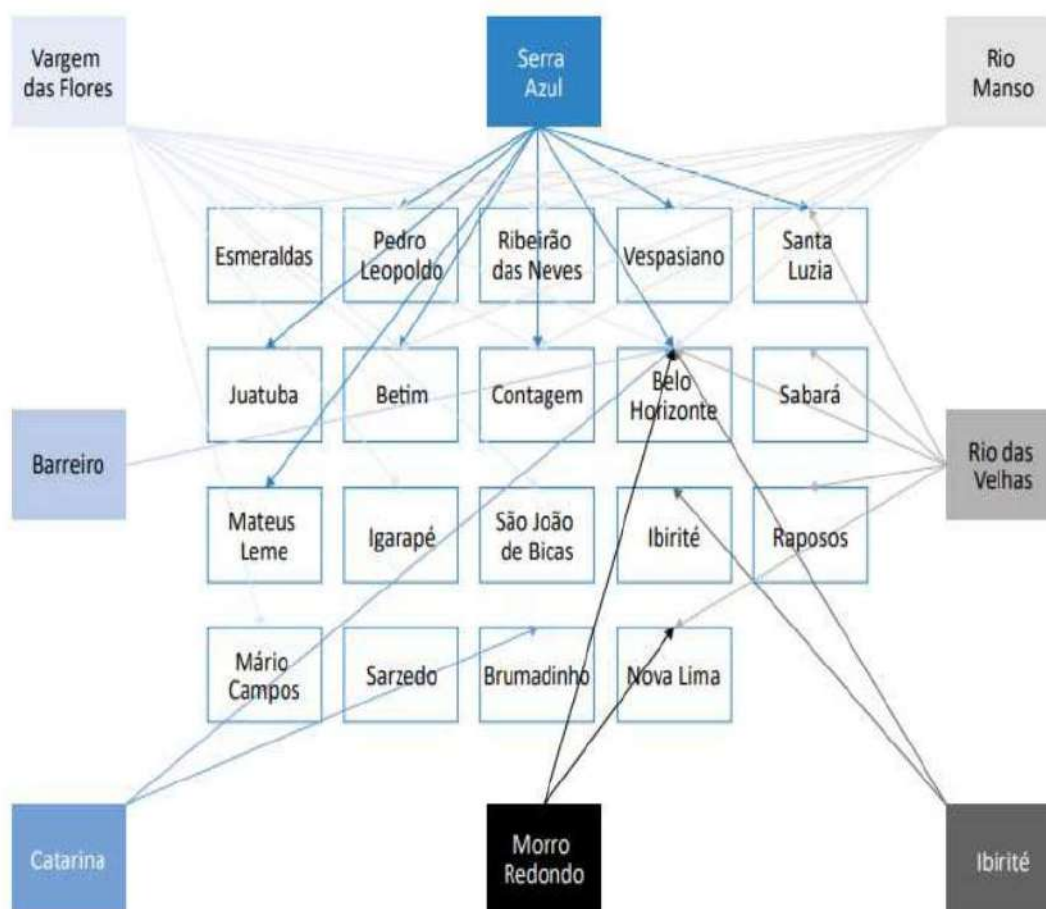


Fonte: SNIS (2019, adaptado GO Associados; 2020)

4.2.4.4 – Região Metropolitana de Belo Horizonte

Ao se tratar da Região Metropolitana de Belo Horizonte, conforme a Figura 36, verifica-se a característica do abastecimento com todos os mananciais que compõem o sistema, com observância da integração deles, à medida que dependem não somente de uma única fonte de abastecimento.

Figura 36: Sistema integrado de abastecimento de água da Região Metropolitana de Belo Horizonte



Fonte: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (2018)

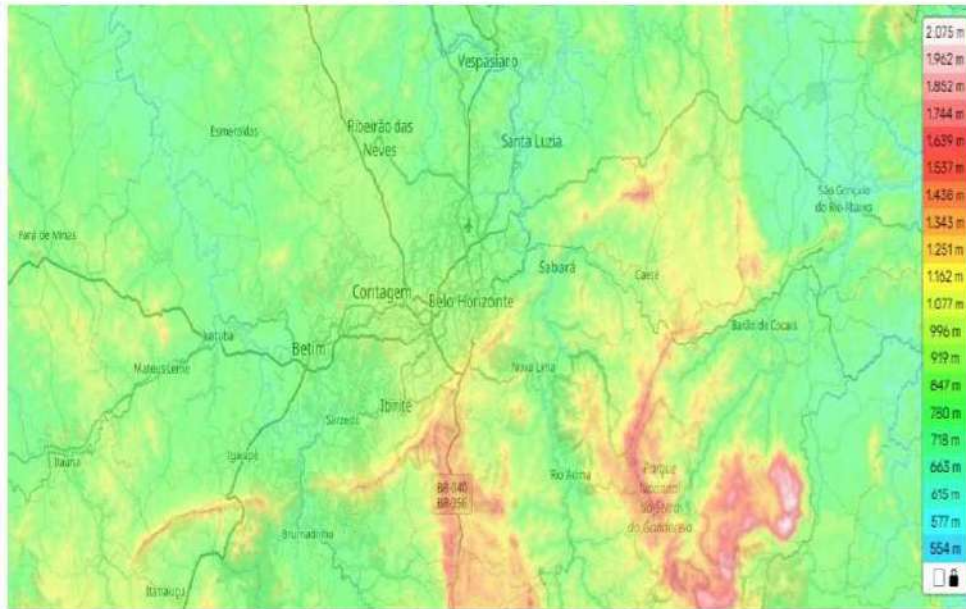
Nesse sentido, observam-se situações onde podem existir variações nas pressões dos pontos de captação, que dificilmente terão as mesmas curvas de nível, haja vista que, conforme a PBH (2022) “Informação do Município de Belo Horizonte (Prodabel), a variação entre os pontos dentro do município supera a casa dos 800 metros”.

Ainda Segundo Vilela (2022), “BH, pela topografia, enfrenta ainda o problema da pressão na rede de distribuição. Não podemos passar de 50 metros de coluna d’água, porque isso força as juntas e aí vêm os vazamentos”.

Na Figura 37, é possível identificar essas variações do terreno, que representam um problema no controle das pressões à medida que, grandes desníveis, vão requerer do sistema a necessidade de abastecimento por bombeamento. Isso pode ocasionar elevação das pressões nas cotas de

abastecimento mais baixas em decorrência do atendimento das cotas mais elevadas.

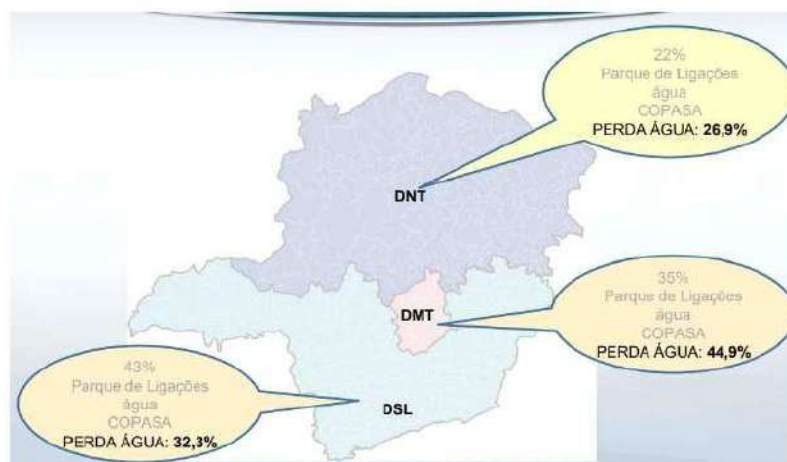
Figura 37: Altimetria da Região Metropolitana de Belo Horizonte



Fonte: Topographic-map (2022)

Tem-se na Figura 38, uma divisão do estado em três áreas, DNT (Departamento Norte), DSL (Departamento Sul) e DMT (Departamento Metropolitano), onde se observa na Metropolitana, o maior índice de perda de água do estado.

Figura 38: Perdas de água por departamento da COPASA



Fonte: COPASA (2017)

À medida em que se relaciona essa perda com o total produzido, fica evidente a necessidade de se alcançar índices melhores no desempenho operacional dos sistemas. Com efeito, Barcala (2022), alerta quanto às perdas de água de Belo Horizonte que atingem 43%. Trata-se de um percentual muito elevado para uma cidade de 2,5 milhões de habitantes, indicando uma ineficiência no controle dos volumes produzidos em comparação ao distribuído.

Além disso, Perilli (2018) afirma que ligações que teoricamente deveriam estar sem abastecimento, pelo fato de terem sido cortadas, continuam a ser utilizadas e, conseqüentemente, possuem abastecimento de água, mas, em contrapartida, não existe um número elevado de fontes alternativas, o que sugere a possibilidade de estarem com a ligação irregular, causando perdas no sistema de abastecimento.

Conforme o PMS (Plano Municipal de Saneamento de Belo Horizonte, 2016), em 2016 foram produzidos, por sistema:

- Sistema Ibirité – 3.000 m³;
- Sistema Morro Redondo – 31.174 m³;
- Sistema Rio das Velhas – 149.590 m³;
- Bacia do Paraopeba – 225.280 m³;
- Total para a Metropolitana = 490.044 m³ ou 490.044.000 litros de água.

Na Tabela 4, estão o desempenho de Belo Horizonte, Betim e Contagem, três municípios adjacentes que compõem a Região Metropolitana de Belo Horizonte, onde se verificam índices referentes às perdas do faturamento total, perdas no faturamento, perdas na distribuição e perdas por litros de ligação, com a apresentação de valores superiores a 40%, sendo Belo Horizonte com o melhor desempenho em relação às outras duas cidades da Metropolitana acima citadas.

Tabela 4: Indicadores presentes de perdas de água – municípios da Região Sudeste

Município	IPFT - Índice de Perdas de Faturamento Total (%)	IN013 - Índice de Perdas no Faturamento (%)	IN049 - Índice de Perdas na Distribuição (%)	IN051 - Índice de Perdas Por Ligação (litros)
Bauru	47,93	47,91	46,47	469,95
Belford Roxo	79,69	77,79	54,29	1120,50
Belo Horizonte	41,90	41,60	41,65	452,51
Betim	51,76	51,52	51,21	402,29
Campinas	13,50	13,21	20,70	163,40
Campos dos Goytacazes	39,50	33,74	49,12	503,40
Carapicuíba	34,15	27,72	40,28	338,58
Cariacica	56,33	55,62	60,10	787,53
Contagem	55,96	55,74	55,63	552,68

Fonte: Trata Brasil (2019)

Ainda, conforme o PMS (Plano Municipal de Saneamento de Belo Horizonte, 2016) algumas ações podem ser tomadas para o alcance de melhores índices:

- Aquisição, atualização e desenvolvimento de sistemas de gestão informatizados;
- Consultoria especializada;
- Diagnósticos, estudos de alternativas e de viabilidade técnico-econômica;
- Treinamentos e capacitação de pessoal para gestão, execução e acompanhamento dos planos e projetos;
- Ações de comunicação interna e externa;
- Aquisição de equipamentos de medição e controle de pressão, inclusive os referentes à infraestrutura necessária;
- Serviços de manutenção e calibração de equipamentos necessários para medição e controle;
- Serviços de instalação de equipamentos de medição e controle;
- Elaboração de projetos de setorização de redes de abastecimento de água e controle de pressão;
- Execução de obras de setorização e substituição de redes de abastecimento de água;
- Serviços para pesquisa de fraudes e vazamentos;

- Utilização de tecnologias inovadoras relacionadas às ações de redução de perdas.

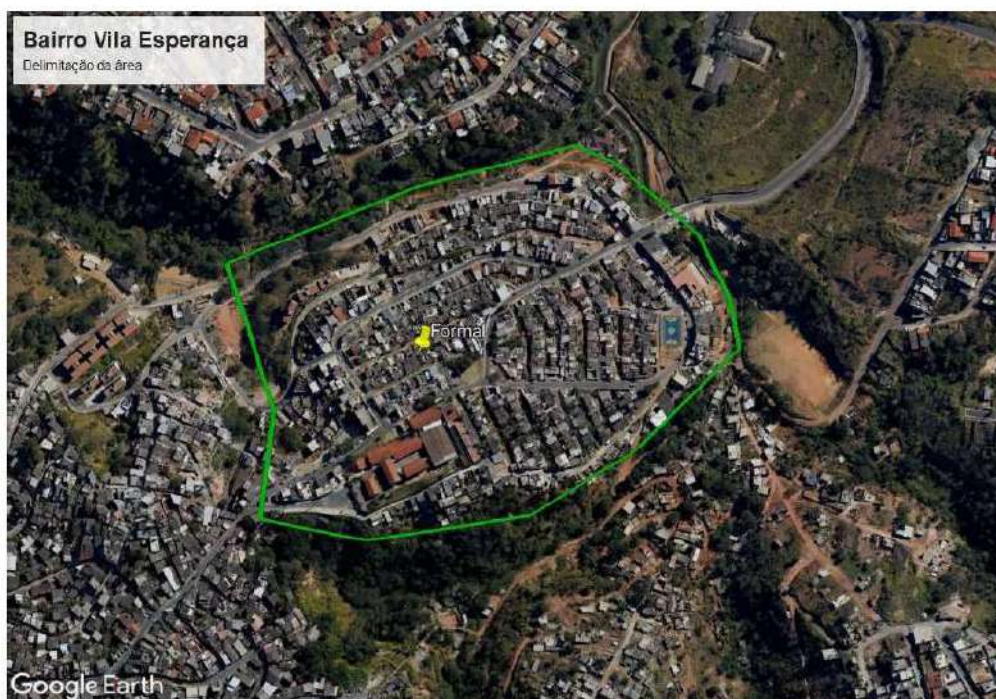
4.2.4.5 – Região de estudo

Pela Figura 39, tem-se o Bairro Vila Esperança, em Belo Horizonte MG, fazendo limite com os Bairros Vila Cemig, Bonsucesso e Jardim Liberdade, pertencendo a regional Barreiro.

Sua fundação aconteceu em meados de 1970. Devido ao crescimento desordenado da cidade, com o aumento das áreas de ocupação irregular, o prefeito da época criou conjuntos habitacionais para atender à população de baixa renda com o assentamento de famílias removidas de outras áreas (MARANGONI, 2019).

Ainda conforme Marangoni (2019), trata-se de um bairro cuja a estrutura física foi modificada pelos próprios moradores após receberem da prefeitura as unidades habitacionais individuais padronizadas.

Figura 39: Delimitação da área do Bairro Vila Esperança

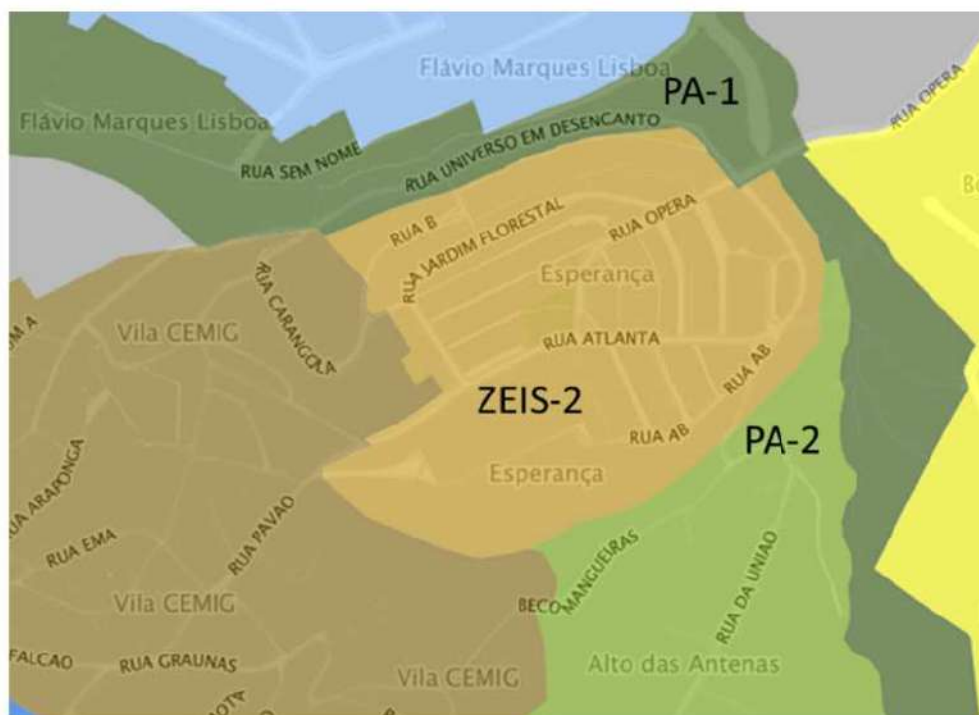


Fonte: Google Earth (2020)

Trata-se de uma região em que se observam duas situações distintas: há uma área regular, sendo o bairro reconhecido pela Prefeitura e caracterizado

como ZEIS-2 (Zonas especiais de interesse social) e outra área de ocupação irregular, caracterizada como PA-1 e 2 (Preservação ambiental), conforme Figura 40.

Figura 40: Zoneamento do Bairro Vila Esperança



Fonte: BHMap (2022, adaptado)

Conforme dados fornecidos pela prestadora de serviço de água, as perdas de água giram em torno de 74% e o atendimento com infraestrutura implantada abrange somente a área que é reconhecida pela Prefeitura Municipal de Belo Horizonte - PBH (COPASA, 2022).

Sua topografia é representada de acordo com a Figura 42, onde existe um desnível relativamente alto entre o ponto mais baixo, cota 970, e o mais elevado de abastecimento, cota 1015, o que cria um desnível de 55 metros, favorecendo situações de pressões mais elevadas nas cotas de abastecimento mais baixas.

Figura 41: Planialtimétrico do Bairro Vila Esperança



Fonte: BHMap (2022, adaptado)

4.3 – Controle das perdas

O controle das perdas é algo que, muitas vezes, fica disperso em métodos e processos que empresas mundo afora vão utilizando que, por consequência, resulta em uma infinidade de opções que ficam a cargo dos gestores a definição dos melhores caminhos para a aplicação no sistema de abastecimento.

Pode-se citar a atuação vigorosa da Water Loss Task Force, da IWA – International Water Association, que segue trabalhando sobre o tema desde 1995, tendo já contribuído com grandes avanços, tornando-se a principal referência internacional no assunto, quanto aos desenvolvimentos de metodologias e entendimento apurado das perdas nos sistemas. Pode-se citar como exemplos deste esforço a sistematização das metodologias existentes, anteriormente dispersas e pouco utilizadas, a melhor compreensão estabelecida sobre a relação entre vazamento e pressão, a modelagem de balanços hídricos, o desenvolvimento de indicadores de perdas mais adequados para análise e comparação dos sistemas, a análise de componentes das perdas, o emprego do conceito de Distrito de Medição e Controle como ferramenta de redução do tempo de conhecimento dos vazamentos entre muitas outras contribuições (AESBE, 2015).

Logo, são apresentadas a seguir as etapas para o combate e controle das perdas de água.

- **Entendendo a perda**

Primeiramente, é necessário relembrar o conceito de perdas reais, sendo essa a água perdida no interior do sistema de abastecimento, representada pela ineficiência do sistema de abastecimento, e a perda aparente, onde a água foi entregue ao consumidor, mas não houve o faturamento desta (AESBE, 2015).

Para a AESBE (2015), “Perdas reais requerem todo o aparato técnico de engenharia de projeto, construção, operação e manutenção; já as perdas aparentes mobilizam todo o aparato relacionado com a medição e a gestão comercial”.

Quanto às perdas reais, destaca-se a classificação dos vazamentos.

Na Figura 42, são representados os tipos de vazamentos presentes no sistema de abastecimento.

Figura 42: Classificação dos vazamentos segundo a IWA



Fonte: AESBE (2015)

Eles são definidos, conforme AESBE (2015), em:

- Inerente - Vazamento não-visível, não detectável, baixas vazões, longa duração;
 - Não-visível - Detectável, vazões moderadas, duração depende da frequência da pesquisa de vazamentos;
 - Visível - Aflorante, altas vazões, curta duração.
- **Relação entre vazamento e pressão**

De acordo com a AESBE (2015), “perdas reais são dependentes da pressão média, ao contrário dos consumos e das perdas aparentes, que são independentes da pressão em uma larga medida”.

O controle das pressões do sistema de abastecimento reflete no número de vazamentos e nas vazões por eles perdidas. Dessa maneira, o gerenciamento das pressões na distribuição de água é de suma importância para a redução das perdas do sistema (VICENTINI, 2012).

- **Método de vazões mínimas noturnas**

É observado pela AESBE (2015) que:

Em sistemas de abastecimento sem intermitências e com pressurização normal, os consumos são mínimos entre as 02:00h e as 04:00h da manhã. Devido a este fato, torna-se mais fácil estimá-los com maior segurança – frequentemente correspondem a menos de 10% do volume que ingressa no setor, mesmo em sistemas com bom controle de vazamentos.

Deduzindo-se o consumo mínimo noturno, da vazão que ingressa no setor neste horário obtém-se o volume de vazamentos – sejam eles inerentes, visíveis e não visíveis.

Este método é aplicável a DMC – Distritos de Medição e Controle bem monitorados.

Para o levantamento dos dados, são seguidos os passos de acordo com a AESBE:

- a) Levantar a quantidade de consumidores de todas as categorias, residencial, comercial, industrial e público. Presume-se que os consumidores residenciais comporão mais de 90% do total de clientes, a não ser em áreas de comércio, indústria ou serviços;
- b) No período noturno, entre às 02:00h e 04:00h da manhã, ler uma amostra aleatória de, pelo menos, 30 consumidores residenciais; fazer a média de consumo entre a primeira e a segunda leitura, sendo que, quanto maior for a perda real nos DMC's, menos relevância em termos relativos terá o consumo na vazão mínima noturna. O inverso também é verdadeiro: quanto melhor o controle de vazamentos, menor a perda real e mais relevância terá o consumo na vazão mínima noturna. Parâmetro para vazamentos internos nas instalações dos usuários pressurizadas diretamente pela rede 0,34 L/hora por habitante e 0,50 L/hora por ramal

pressurizado para cada elemento da amostra, em m^3/h , ou outra unidade apropriada;

- c) Fazer a média de consumo da amostra e extrapolar para o universo de consumidores residenciais;
- d) Caso haja grandes consumidores na área, de qualquer categoria, ler individualmente os medidores destes consumidores, obtendo também uma média em m^3/h ;
- e) Somar a média obtida para os pequenos medidores com a média obtida para os consumidores de maior porte, em m^3/h , e adotar como sendo o consumo noturno legítimo.

- **Setorização**

A setorização direciona o sistema de abastecimento em duas vertentes, sendo um setor de baixa pressão, limitado até 50 mca, e o setor de alta pressão, com pressões acima de 50 mca.

Para Vicentini (2012), a setorização começa com a definição de zonas de abastecimento com piezométricas que vão atender às pressões mínimas e máximas em conformidade as normas brasileiras, variando entre 10 e 50 mca.

- **Gerenciamento da infraestrutura**

O gerenciamento nada mais é que conhecer o sistema em que está operando, em relação à idade dos componentes, materiais, tempo de manutenções, equipamentos e controle etc. (VICENTINI, 2012).

O entendimento da situação real do sistema de abastecimento proporcionará uma melhor avaliação e eficiência em sua operacionalização.

- **Macromedição**

Para Vicentini (2012), “a macromedição é um fator importante no controle das perdas, visto que sua correta utilização tem influência direta nos índices de perda”.

Manter a boa operação dos medidores do sistema macro garante um dimensionamento correto das características da região em que foi instalado.

- **Micromedição**

A substituição periódica dos medidores é de fundamental importância no combate as perdas aparentes, uma vez que como qualquer aparelho, o hidrômetro (medidor de água) vai se desgastando com o tempo, o que gera a imprecisão das medições.

Para Vicentini (2012), “o envelhecimento dos hidrômetros é uma das causas de perdas gradativas de precisão, aumentando assim às perdas aparentes”.

- **Melhoria no cadastro comercial**

Manter o cadastro confiável acarreta na diminuição de problemas que envolvem a perda aparente, visto que, segundo Vicentini (2012), “é importante a realização de inspeções para a identificação de fraudes e ligações clandestinas”.

4.4 – Software de modelagem hidráulica (EPANET)

Para a determinação dos setores de controle e condições de operação do sistema de abastecimento, *softwares* de simulações como o EPANET passam a ser ferramentas de apoio imprescindíveis para o alcance de melhores resultados.

Segundo Rossman (2009), “o EPANET foi concebido para ser uma ferramenta de apoio à análise de sistemas de distribuição, melhorando o conhecimento sobre o transporte e o destino dos constituintes da água para consumo humano”.

Destacam-se como principais características os seguintes aspectos (ROSSMAN, 2009):

- Dimensão ilimitada do número de componentes da rede analisada;
- Cálculo da perda de carga utilizando as fórmulas de Hazen-Williams, Darcy-Weisbach ou Chezy-Manning;
- Consideração das perdas de carga singulares em curvas, alargamentos, estreitamentos, etc.;
- Modelagem de bombas de velocidade constante ou variável;
- Cálculo da energia de bombeamento e do respectivo custo;
- Modelagem dos principais tipos de válvulas, incluindo válvulas de seccionamento, de retenção, reguladoras de pressão e de vazão;

5 – METODOLOGIA

Este trabalho adota uma abordagem exploratória para alcançar seus objetivos, com a apresentação e análise de dados expressos e não expressos nas literaturas relacionadas ao tema. A metodologia é aplicada em etapas, seguindo um conjunto estruturado de métodos para elaborar uma proposta de melhoria na região de estudo.

O referencial teórico é a base estrutural do trabalho, fornecendo suporte para a análise dos dados e a elaboração de modelos simulados. Para isso, é utilizado um estudo de caso e informações fornecidas pela empresa prestadora do serviço de água, que servem como parâmetros para a elaboração dos modelos.

Com essa metodologia, espera-se obter resultados precisos e confiáveis para a elaboração de uma proposta de melhoria que atenda às necessidades da região de estudo. A seguir, serão detalhados os métodos e procedimentos utilizados na pesquisa.

5.1 – Caracterização da área de estudo

A metodologia deste trabalho consiste em realizar um estudo de caso no Bairro Vila Esperança, em Belo Horizonte (MG), delimitado conforme Figura 44, com o objetivo geral de propor intervenções para controle das pressões visando à redução do índice de perdas do SAA (Sistema de Abastecimento de Água) existente.

Para atingir o objetivo geral, se faz necessário o mapeamento dos elementos que compõe o SAA da região com a realização das seguintes etapas:

- Revisão bibliográfica sobre perdas de água e gerenciamento de pressão;
- Coleta de dados do sistema de abastecimento de água do Bairro Vila Esperança;
- Análise da situação atual do sistema de abastecimento de água, identificando os principais fatores que contribuem para as perdas de água.

que contribuem para as perdas de água e propor medidas efetivas para a redução dessas perdas.

O detalhamento necessário do sistema tem caráter descritivos dos componentes, tais como:

- Tubulações;
- Imóveis (instalações, características);
- Ramais;
- Vias.

De acordo com os dados disponibilizados pela Copasa (2022), o sistema de abastecimento do Bairro Vila Esperança atende:

- População regular atendida com água – 3.000 hab.;
- Ligações reais de água (ativa) – 558 lig.;
- Ligações factíveis de água (inativa) – 175 lig.;
- Macromedidor – 01;
- Volume distribuído;
 - Dez/21 – 17.409 m³;
 - Jan/22 – 25.540 m³;
 - Fev/22 – 19.029 m³;
 - Mar/22 – 14.949 m³;
 - Abr/22 – 20.084 m³;
 - Mai/22 – 26.078 m³;
 - Jun/22 – 25.132 m³;
 - Jul/22 – 23.004 m³;
 - Ago/22 – 25.270 m³;
 - Set/22 – 26.920 m³;
 - Out/22 – 26.313 m³;
 - Nov/22 – 24.342 m³.
- Percentual de perda de água – 74%;
- Volume micromedido – 5.752 m³/mês;
- VRP – 01;
- Estática do sistema – 1.050 m;

- DN (diâmetro nominal) das redes distribuidoras – 50 mm em PVC, classe 20;
- DN (diâmetro nominal) das redes Alimentadoras – 100 e 150 mm em ferro fundido, classe 20;
- Idade dos ativos – 40 anos;
- Média de vazamentos – 8 mensal;
- Hidrantes – 01;
- Volume de água utilizada do hidrante – 1.500 L/trimestral.

O consumo de água no Bairro Vila Esperança é monitorado pelo macromedidor da região, que registra um volume anual de 274.068.000 litros, correspondendo a uma vazão média de 8,69 l/s. No entanto, essa vazão pode variar ao longo do dia, com fatores multiplicativos de 1,2 em dias de maior consumo e 1,5 em horários de pico.

Embora não tenha sido possível obter dados específicos sobre as vazões diurnas e noturnas, os simuladores serão utilizados para inventariar os volumes de água disponibilizados ao bairro.

A topografia do terreno é outra informação importante para a caracterização das pressões nos pontos críticos e favoráveis do bairro. Para obter essas informações, utilizou-se um aplicativo altimétrico no celular para aferir as curvas de nível e pressão instantânea, permitindo a obtenção da linha piezométrica.

Na Figura 45, é possível verificar a confirmação da curva de nível por meio das informações obtidas no BHmap, site da Prefeitura de Belo Horizonte. Esses dados são fundamentais para a elaboração do esboço de setorização da área de estudo e para a escolha dos modelos simulados que permitirão a redução dos índices de perda de água.

Nesta etapa, a contribuição dos autores é avaliada conforme a proposta apresentada nos objetivos, tendo como finalidade a verificação da eficiência no combate às perdas por eles levantadas.

Utilizaram-se diversas fontes de pesquisa de dados como livros, artigos e trabalhos científicos, para uma análise das informações, extraindo o que é relevante para a construção das ideias que vão impactar o combate as perdas de água.

Na elaboração do referencial teórico cada afirmação declarada é fundamentada em uma fala de autor, afim de garantir maior confiabilidade na argumentação descrita.

A pesquisa está organizada, conforme roteiro a seguir:

- I. Componentes do SAA (sistema de abastecimento de água);
- II. Perdas de água (internacional, nacional e local);
- III. Métodos de controle das perdas;
- IV. *Software* de modelagem hidráulica.

Em suma, as informações foram extraídas por meio de pesquisa digital em *sítes* e publicações e pode ser observada nas referências no final do trabalho.

5.2.2 – Questionário

O foco desta etapa consistiu na obtenção de informações junto à prestadora do serviço de água para elaboração e confecção dos modelos simulados e diagnóstico da situação do abastecimento de água da região.

Para isso, estruturou-se um questionário contendo os parâmetros necessários para o estudo de caso, visto que a empresa não disponibiliza informações ao público em geral.

O envio do questionário deu-se por e-mail (grbo@copasa.com.br) e o mesmo contou com 17 perguntas direcionadas à prestadora de serviço de água do Bairro Vila Esperança. As perguntas incluídas em tal questionário são listadas a seguir:

1. Para a COPASA, o Bairro Vila Esperança, em Belo Horizonte/MG, é considerado um bairro formal e/ou ocupação irregular?

2. Qual é a população atendida com abastecimento de água no Bairro Vila Esperança, em Belo Horizonte/MG?
3. O bairro é atendido em sua totalidade?
4. Qual a quantidade de ligações de água existente no Bairro Vila Esperança, em Belo Horizonte/MG? Quantas dessas ligações de água são reais?
5. O local é macromedido? Se sim, qual é o volume mensal de água do bairro nos últimos 12 meses?
6. A perda de água, em média, para o Bairro Vila Esperança, em Belo Horizonte/MG, é atualmente de quanto (em porcentagem)?
7. Qual o volume micromedido mensal?
8. Existe(m) válvula(s) redutora(s) de pressão? Quantas?
9. A região conta com reservatório de água tratada? Se não, como é feito o abastecimento?
10. Qual é a linha piezométrica do Bairro Vila Esperança, em Belo Horizonte/MG?
11. Qual é o diâmetro e o material das redes de distribuição? E das redes de alimentação?
12. Existe balanço hídrico para o local?
13. Existe algum projeto de melhoria e/ou expansão para o local?
14. Qual é a idade dos ativos existentes (redes distribuidoras, alimentadoras, ramais etc.)?
15. Qual o número mensal, em média, de vazamentos no bairro?
16. Existe(m) hidrante(s)? Quantos? Mensalmente, qual é a quantidade de água utilizada?
17. Existe o mapa em PDF da região contendo as redes e a localização do reservatório? (anexa-lo)

5.2.1.3 – Pesquisa de campo

A pesquisa de campo consiste em verificar no local de estudo os aspectos relevantes para a formulação dos critérios a serem utilizados no mapeamento dos problemas que possam existir.

Na pesquisa, são avaliadas as características socioeconômicas da região que consistem no poder econômico e educação da população local (dados do

IBGE), sendo este um importante indicador para a análise de consumo de água no entendimento de possíveis causadores do desperdício.

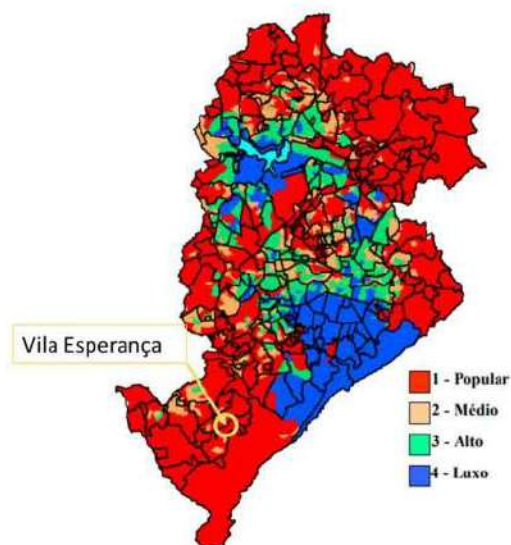
De acordo com a Figuras 46 e 47, respectivamente, pode-se notar que o bairro se caracteriza-se como uma região popular, de baixa renda e com edificações de até 3 pavimentos.

Figura 456: Vista da Vila Esperança - BH



Fonte: Libânio (2004)

Figura 467: Mapa da Classificação da Renda de Belo Horizonte



Fonte: IPEAD (2005)

Juntamente a isso, por exemplo, a área de ocupação utilização de materiais de baixa qualidade nas tubulações pela falta de recurso, agravando a incidência de vazamentos nas instalações hidráulicas na parte irregular do bairro.

Segundo o IPEAD (2005), os bairros de Belo Horizonte foram divididos em 4 categorias, conforme Quadro 5.

Quadro 5: Renda média mensal do chefe do domicílio em salários mínimos (SM)

Tipo ou Classe	Grupo de Bairros	Censo 2000
1	POPULAR	inferior a 5 SM
2	MÉDIO	igual ou maior a 5 SM e menor que 8,5 SM
3	ALTO	igual ou maior a 8,5 SM e menor que 14,5 SM
4	LUXO	igual ou superior a 14,5 SM

Fonte: Fonte: IPEAD (2005)

Na visita ao local, realizada em janeiro de 2023, com a finalidade de levantar as informações inerentes à composição do balanço hídrico, iniciou o estudo da piezométrica, com a medição de pontos de pressão estratégicos pré-estabelecidos conforme Figura 48.

Figura 478: Pontos de medição de pressão



Fonte: Google Earth (2020)

As pressões encontradas, estão listadas a seguir:

1. 51 mca – cota 1.018;
2. 37 mca – cota 1.010;

3. 76 mca – cota 970;
4. 71 mca – cota 990;
5. 48 mca – cota 1010;
6. 52 mca – cota 1.010;
7. 91 mca – cota 968.

A piezométrica média encontrada é de 1060 m, somente nos pontos 2 e 3 que houve um valor de 20 m menor.

A delimitação da área, apresentada na Figura 49, identifica os locais onde o sistema de abastecimento oficial atende, separado por setores de polígonos de cores diferentes, alimentações existentes, localização do reservatório que atende ao Bairro e a ocupação que está no limítrofe da região regular.

O reservatório que atende a área de estudo está localizado no alto do bairro Flavio Marques Lisboa, sendo este posicionado na cota 1.070, dentro da área da subestação da CEMIG.

Figura 489: SAA do Bairro Vila Esperança



Fonte: Google Earth (2020)

Na coleta de informações qualitativas a respeito das características do local, não mensuráveis, tem-se:

- a) A qualidade dos materiais (tubulações de alimentação e ramais prediais).

Os materiais encontrados na área regular do Bairro apresentam uma boa qualidade com poucas emendas não convencionais, diferentemente da área irregular onde as redes construídas pelos moradores apresentam materiais não adequados o que poderá causar posteriormente danos e, conseqüentemente, perdas físicas reais ao SAA da região.

Outro ponto observado é quanto os diâmetros utilizados para atender os imóveis da área irregular, pois o abastecimento só acontece porque a pressão está compensando a velocidade devido ao subdimensionamento das tubulações.

b) Urbanização.

Um grande problema está na área irregular devido à falta de urbanização das vias que são de terra, o que dificulta o acesso de veículos e em período chuvoso ocorre grandes danos como buracos e erosão, podendo estes causar avarias as tubulações que passam por elas.

Outro ponto a considerar, a área irregular pertence ao zoneamento PA (preservação ambiental), conforme Figura 50, o que dificulta ainda mais uma possível regularização junto a PBH.

Figura 50: Zoneamento da PBH



Fonte: BHMap (2023)

A exemplo tem-se a Figura 51, onde é possível ver o acesso a área de ocupação erodido e com o ramal de água exposto (tubo azul na figura), o que pode provocar o rompimento do mesmo por falta do apoio.

Figura 5491: Via de acesso a Ocupação Vila Esperança em 2020



Fonte: PBH (2020)

Na área formal do bairro, são encontradas ruas asfaltadas e vias de acesso para os moradores em concreto, sendo dessa forma mais difícil ocorrer avarias nas tubulações por causa de danos nas vias onde transitam os carros e pessoas.

c) Edificações.

Na Figura 52, é identificada as edificações em uma das principais vias da ocupação, caracterizando o porte das casas e situação em que se encontram.

Figura 502: Vista da rua União em 2020



Fonte: PBH (2020)

Essa caracterização visa compreender como se dará a inserção das pressões, em conformidade as normas brasileiras, que estipulam pressões variando de 10 a 50 mca, pois se houver imóveis acima de 3 pavimentos, a

mínima de norma não irá atender, causando prejuízo no abastecimento dos moradores.

Na área formal da mesma maneira são encontradas edificações de até 3 pavimentos, o que permite uma maior liberdade na simulação das pressões que serão aplicadas.

d) Relato dos moradores.

Com respostas livres, o registro visa entender com os moradores pesquisados, as condições do próprio bairro, principalmente os pontos precários, e como é a relação entre a empresa prestadora do serviço com a comunidade e a PBH (Prefeitura de Belo Horizonte).

“Não temos serviços de coleta, gás e nenhum depósito entrega nada aqui porque a rua ficou intransitável”.

“A PBH diz que o terreno não é dela, e não pode fazer nada. A Cemig vem e retira só parte das famílias, e a gente fica aqui, abandonado, sem resposta. Se não vai remover, então tem que regularizar”.

O relato de alguns moradores, levantamento por amostragem, tem como efeito averiguar às condições do bairro, entendendo as carências nos aspectos que impactam a elaboração do balanço hídrico.

Na ocupação, conforme PBH (2020) existem cerca de 400 famílias morando na região, com a ausência de infraestrutura urbana.

5.4 – Setorização

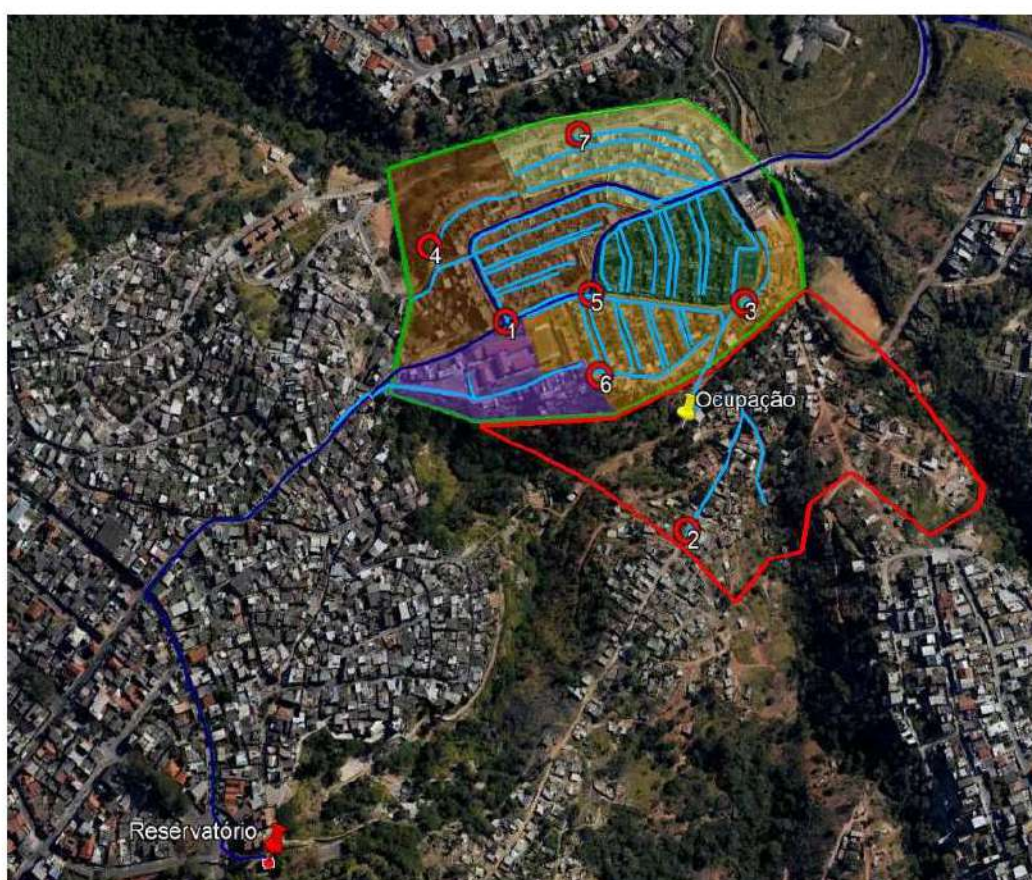
A proposta de setorização é desenvolvida por meio de modelos hidráulicos que são alocados em projetos no AutoCAD e no Google Earth para apresentação final dos resultados obtidos, que incluem a criação do DMC (distrito de medição e controle).

Esses setores são criados em conformidade com as pressões sugeridas em norma, que variam de 10 a 50 mca, levando em consideração a premissa de utilizar a menor pressão possível sem comprometer o abastecimento.

A setorização busca integrar pequenos setores com topografia semelhante para maximizar a redução das pressões, sendo este o foco principal deste estudo.

De acordo com a Figuras 53, tem-se a distribuição atual dos setores de abastecimento do Bairro, informação relevante para início da modelagem hidráulica, aonde os pontos numerados da figura foram medidos na pesquisa de campo.

Figura 53: Vista aérea do Bairro Vila Esperança, extraída do Google Earth, com destaque aos setores de abastecimento

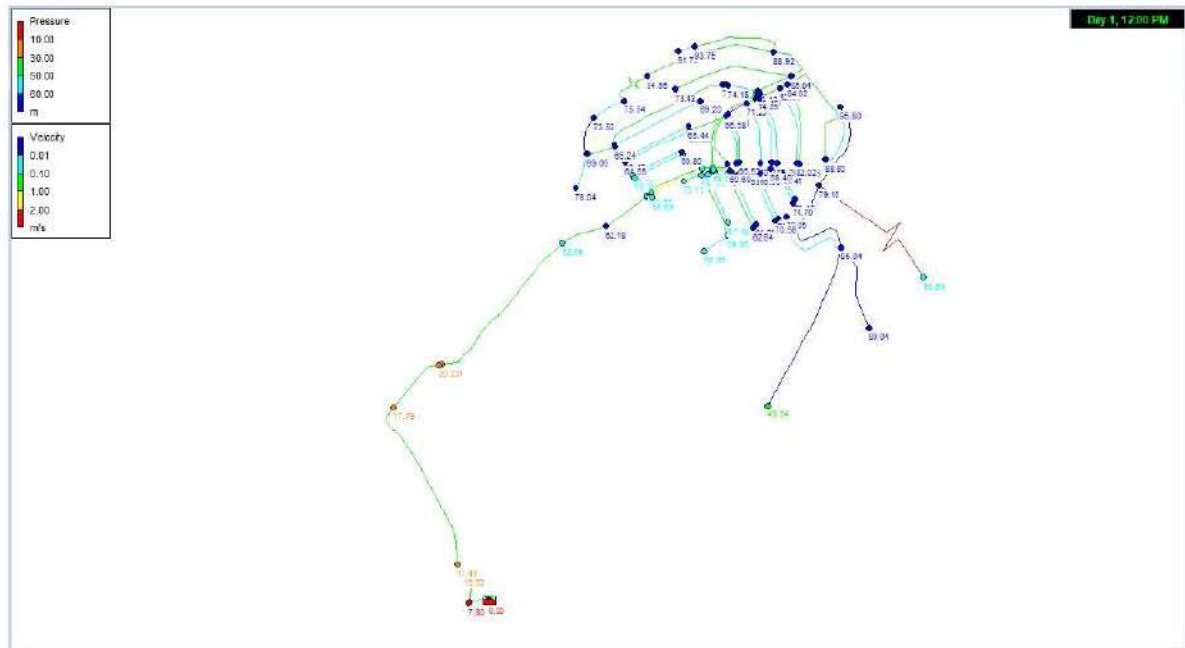


Fonte: Google Earth (2020)

5.3 – Modelagem hidráulica

Para os modelos hidráulicos aplicados no Bairro Vila Esperança, em Belo Horizonte MG, é utilizado o simulador hidráulico EPANET, com a inserção dos dados obtidos através da pesquisa de campo e questionário (com a opção de se utilizar dados estatísticos), de acordo com a Figura 54.

Figura 54: SAA da Vila Esperança na simulação



Fonte: Elaboração própria (2023)

Na elaboração das vazões, temos:

- Ligações ativas = 558;
- Habitantes por domicílio = 04;
- Consumo diário por pessoa = 150 l/dia;
- Coeficiente do dia de maior consumo = 1,2;
- Coeficiente da hora de maior consumo = 1,5;
- Coeficiente de perda no sistema = 1,74 (relativo aos 74% de perda).

população atendida = $558 \times 4 = 2.232$ hab.

vazão de projeto = $\frac{2.232 \times 150}{86.400} = 4$ l/s.

vazão do dia (maior consumo) = $4 \times 1,2 = 4,8$ l/s.

vazão do dia e hora (maior consumo) = $4 \times 1,2 \times 1,5 = 7,2$ l/s.

***vazão máxima de projeto* = $7,2 \times 1,74 = 12,53$ l/s.**

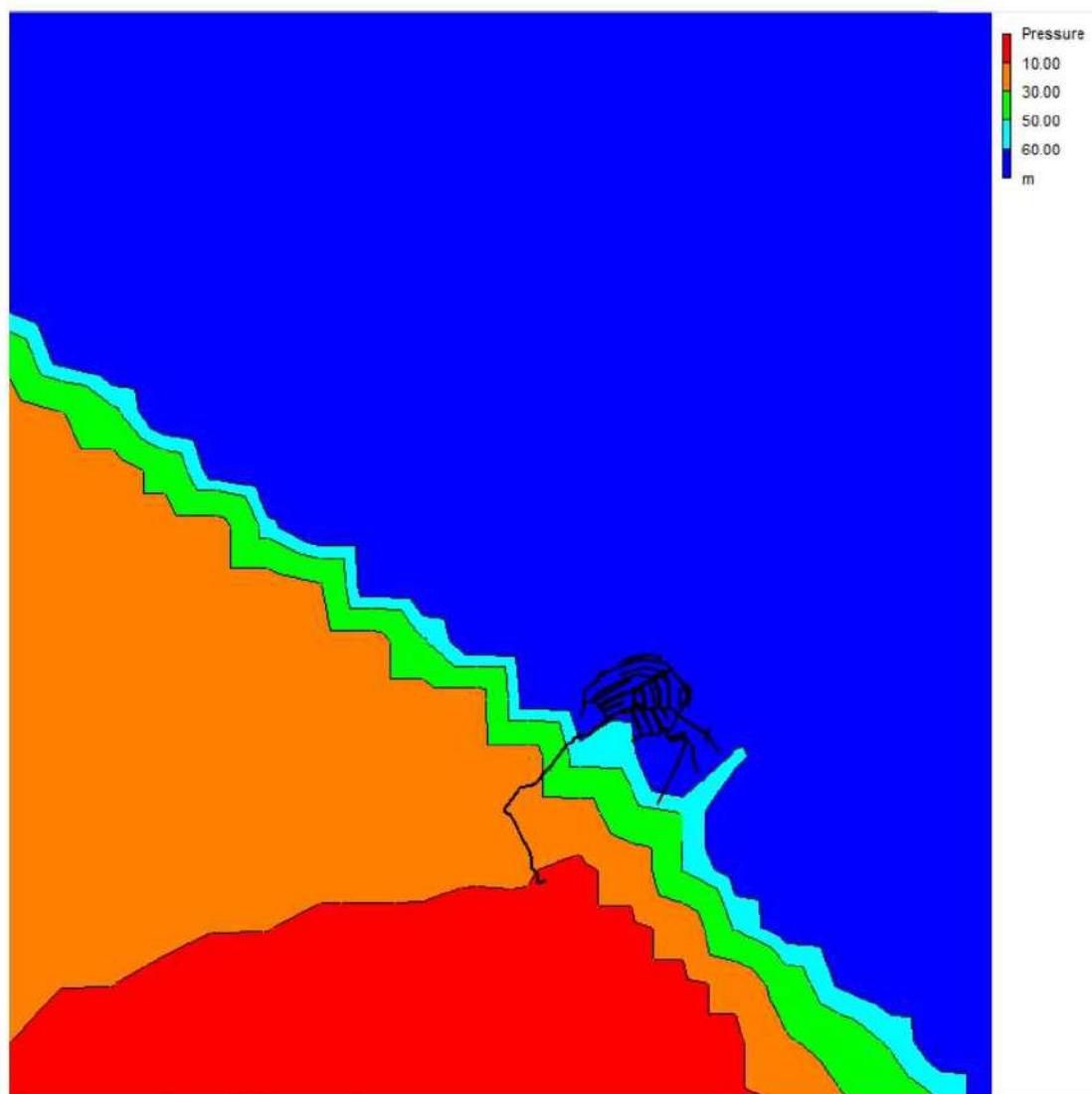
***vazão mínima de projeto* = $12,53 - 4,8 = 7,73$ l/s.**

Os dados de demanda inseridos na simulação apresentam valores de vazão mínima noturna de 7,83 l/s e máxima de 12,53 l/s, para o SAA funcionando no período de 48 horas, com margem de erro de +/- 2%.

Essa modelagem consiste na construção das redes de água com base no mapeamento do Google Earth, inserção da fonte de distribuição de água tratada ao sistema com a piezométrica e calibração das pressões extraídas dos pontos de referência

Os lançamentos no *software* EPANET, estão em conformidade com a Figura 55, consistindo nas faixas de pressão por macha, onde é possível observar a predominância de pressões superiores a 60 mca.

Figura 55: Resultados da simulação da operação da rede por meio do EPANET



Fonte: Elaboração própria (2023)

Esse resultado é encontrado após calibragem e ajustes do sistema, onde são inseridas as características do abastecimento por período de horário, com parametrização de 48 horas de abastecimento, sendo este majorado pelo coeficiente de perda do sistema já indicado.

Após todos os ajustes necessários são definidos através das simulações os pontos de instalação de válvulas e os novos setores de abastecimento do bairro e as obras que deverão ser executadas juntamente com seu custo de implantação.

5.5 – Balanço hídrico e indicadores de desempenho

O balanço hídrico é uma ferramenta fundamental para avaliar o desempenho do sistema de abastecimento de água e identificar possíveis perdas. A sua utilização permite a comparação entre o sistema atual e a proposta de alterações, levando em conta todos os dados e parâmetros calibrados.

Para a determinação dos modelos que serão apresentados, é adotado o método conjunto de *bottom up* e *top down*, que consiste em abordar o sistema de abastecimento de água tanto de forma detalhada, como um todo, quanto de forma mais abrangente, de cima para baixo. Dessa forma, é possível obter resultados mais próximos da realidade, já que o método permite a comparação e a obtenção de um valor médio para a aplicação final.

Assim, o balanço hídrico elaborado de acordo com o exemplo apresentado pelo *software World Bank Easy Calc* do Banco Mundial descrito no Quadro 6 será utilizado como referência para garantir a confiabilidade dos resultados obtidos durante todas as etapas de formulação da proposta de setorização. Além disso, é importante destacar que o balanço hídrico é uma ferramenta que permite a identificação de perdas de água e a proposição de ações para a redução dessas perdas, contribuindo para a gestão sustentável dos recursos hídricos.

Quadro 6: Exemplo de balanço hídrico resultante do *World Bank Easy Calc*

Início	Consumo autorizado	Consumo autorizado faturado 25.217.200 m ³ /ano	Consumo medido faturado 25.217.200 m ³ /ano	Água faturada 25.217.200 m ³ /ano
	25.376.500 m ³ /ano Margem de erro [+/-] 0,1%	Consumo autorizado não faturado 159.300 m ³ /ano Margem de erro [+/-] 10,0%	Consumo não medido faturado 0 m ³ /ano	
Volume anual de entrada no sistema		Consumo autorizado não faturado 159.300 m ³ /ano Margem de erro [+/-] 10,0%	Consumo medido não faturado 0 m ³ /ano	Água não faturada
	27.939.950 m ³ /ano Margem de erro [+/-] 5,0%	Perdas comerciais 2.072.856 m ³ /ano Margem de erro [+/-] 9,7%	Consumo não medido não faturado 159.300 m ³ /ano Margem de erro [+/-] 10,0%	
	Perdas de água 2.563.450 m ³ /ano Margem de erro [+/-] 54,5%	Consumo não autorizado 55.480 m ³ /ano Margem de erro [+/-] 10,0%	Imprecisões dos medidores 2.017.376 m ³ /ano Margem de erro [+/-] 10,0%	2.772.750 m ³ /ano
		Perdas físicas 490.594 m ³ /ano Margem de erro [+/-] 207,7%		Margem de erro [+/-] 51,3%

Fonte: UNICAMP (2010)

Para a composição dos indicadores de desempenho, é importante considerar a análise dos resultados obtidos na etapa anterior, por meio do balanço hídrico, que permite a avaliação do desempenho do sistema atual em comparação com a proposta de alterações. Dessa forma, serão utilizados os valores obtidos para confrontar os dados e determinar se houve melhora nos índices de perda de água após a implementação das ações propostas.

Além disso, será avaliado o tempo de retorno da obra sugerida, ou seja, o tempo necessário para que os benefícios gerados pela proposta de alteração do sistema de abastecimento de água compensem o investimento realizado. Para isso, será realizada uma análise comparativa do custo de implantação da obra proposta em relação ao valor do metro cúbico recuperado, que deixará de ser gasto para compensar as perdas na produção e transporte da água.

Por meio do Quadro 7, será possível verificar que as ações propostas na redução das pressões têm como objetivo a redução das perdas de água no sistema de abastecimento do bairro, com a expectativa de melhorias significativas nos índices de perda. Dessa forma, a implementação das ações

propostas pode trazer benefícios tanto para o fornecimento de água quanto para o meio ambiente.

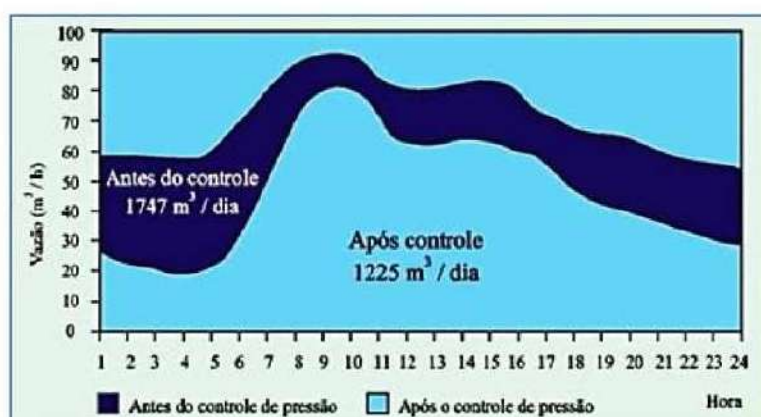
Quadro 7: Redução de perdas reais em função da redução das pressões na rede

Redução da pressão (%)	Redução da perda (%)
20	10
30	16
40	23
50	29
60	37

Fonte: Sobrinho (2012)

De certo, de acordo com a Figura 56, onde é apresentado um exemplo de controle na gestão de um sistema, é apresentada a eficiência operacional como resultado de melhorias operacionais, onde que conforme Lima (2017) “as perdas reais referem-se basicamente a ineficiência da infraestrutura, ao passo que a ineficiência administrativa e comercial que correspondem às perdas aparentes”.

Figura 56: Exemplo de um resultado obtido após o controle sistemático do SAA



Fonte: Tardelli Filho (2004)

Para este parâmetro, com as obras já definidas, serão aplicados os valores de mercado para cada obra sugerida, com a realização de orçamentos de materiais e consultas as tabelas de serviços disponíveis, e para a recuperação financeira, serão avaliados os custos de produção e distribuição da água tratada, através de tabelas de preços e planilhas de custo disponíveis no *site* da prestadora do serviço de abastecimento e aplicação dos valores nos volumes recuperados.

Essas ações estão em conformidade com o Quadro 8, nas medidas de eficiência por parte do fornecimento de água aonde é atendido com a proposta de setorização e redução das pressões do SAA.

Quadro 8: Medidas para implementação da eficiência de água e energia

Medidas de eficiência do lado do fornecimento de água
<i>Sistemas de abastecimento de água oferecem múltiplas oportunidades para reduzir o desperdício de água e energia, enquanto atende as necessidades dos usuários.</i>
1. Redução de vazamentos e perdas.
2. Operações e manutenção.
3. Sistemas de bombeamento.

Fonte: Sobrinho (2012, Adaptado)

A apuração dos resultados, apresenta-se nos indicadores IPD, IPR, LLB, ILE, IPL, ILR e IPT na etapa dos resultados e discussões para a avaliação dos índices alcançado.

5.6 – Obras

Para melhorar a eficiência e reduzir as perdas de água em sistemas de abastecimento, a execução de obras de saneamento é essencial. Essas obras podem envolver diversas intervenções, tais como:

1. Construção de novas redes de distribuição de água;
2. Instalação de equipamentos como válvulas redutoras de pressão;
3. Substituição de ativos com vida útil esgotada e;
4. Troca de medidores antigos.

Ao implementar essas obras, é possível reduzir as perdas de água causadas por vazamentos, rompimentos, falhas em equipamentos e erros de medição. Além disso, a execução dessas intervenções também contribui para a melhoria da qualidade do serviço prestado aos consumidores, uma vez que garante uma distribuição mais eficiente e confiável de água.

Para a elaboração da proposta, foram levantados os custos de implantação das obras necessárias, considerando os materiais e a mão de obra envolvidos. Esse levantamento permitiu estimar o investimento necessário para a execução das intervenções propostas, bem como avaliar o retorno econômico da iniciativa.

Vale destacar que a execução dessas obras de saneamento pode gerar diversos benefícios para a comunidade, como a redução das perdas de água, a melhoria do abastecimento e a diminuição dos custos operacionais do sistema de distribuição.

6 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para uma análise mais aprofundada, os dados coletados são tabulados e tratados com as ferramentas de análise estatística disponíveis, a fim de obter os resultados esperados na metodologia deste trabalho.

Com a aplicação das obras de saneamento propostas, espera-se uma redução significativa das perdas de água, impactando positivamente a sustentabilidade do sistema de abastecimento de água e, conseqüentemente, o meio ambiente e a sociedade.

Além disso, a redução das perdas de água pode contribuir para a economia financeira da empresa responsável pelo abastecimento, que poderá destinar os recursos economizados para outros investimentos em infraestrutura e melhoria dos serviços oferecidos aos usuários.

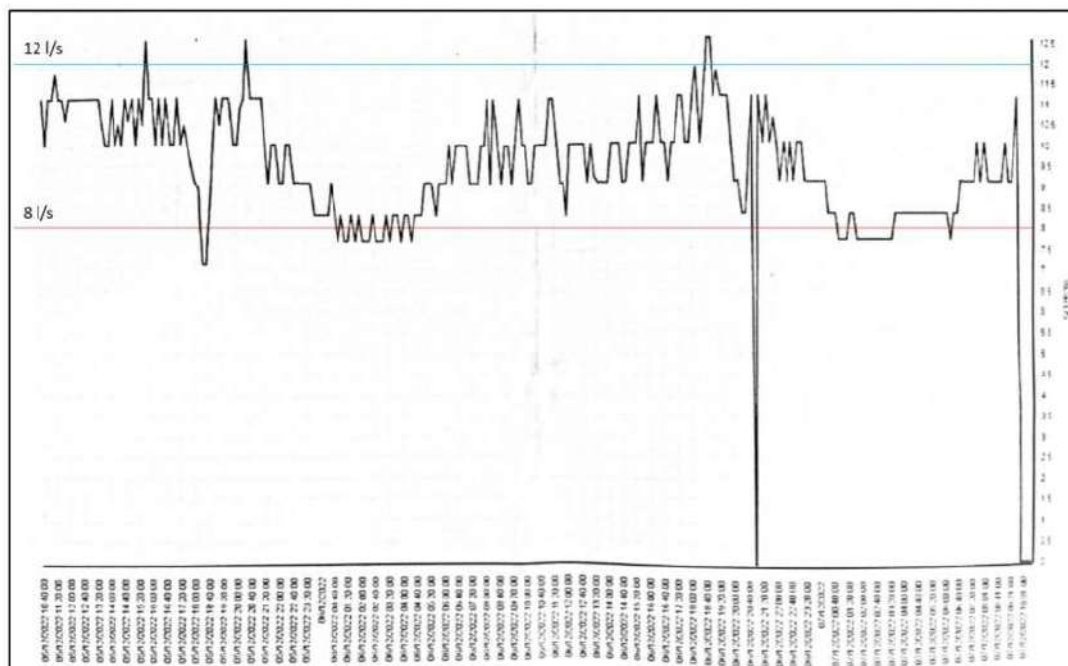
Cabe ressaltar que os resultados obtidos através da metodologia deste trabalho devem ser interpretados com cautela e sempre considerando as particularidades e características do sistema de abastecimento estudado, bem como as limitações e incertezas inerentes ao processo de simulação e análise estatística.

6.1 – Área de estudo

Após a realização da caracterização da área e dos procedimentos para obtenção das informações necessárias, foi possível gerar o Gráfico 1, que apresenta as vazões diurnas e noturnas do sistema de abastecimento. Esses dados são essenciais para a elaboração do modelo simulado que permitirá a análise das perdas de água no sistema.

É importante ressaltar que as vazões diurnas e noturnas possuem comportamentos distintos e que isso pode influenciar no desempenho do sistema de abastecimento e nas perdas de água. As vazões diurnas tendem a ser maiores, devido ao consumo elevado de água durante o dia, enquanto as vazões noturnas apresentam uma queda significativa, devido ao menor consumo nesse período.

Gráfico 1: Modelo simulado de Vazões diurnas e noturnas do Bairro Vila Esperança



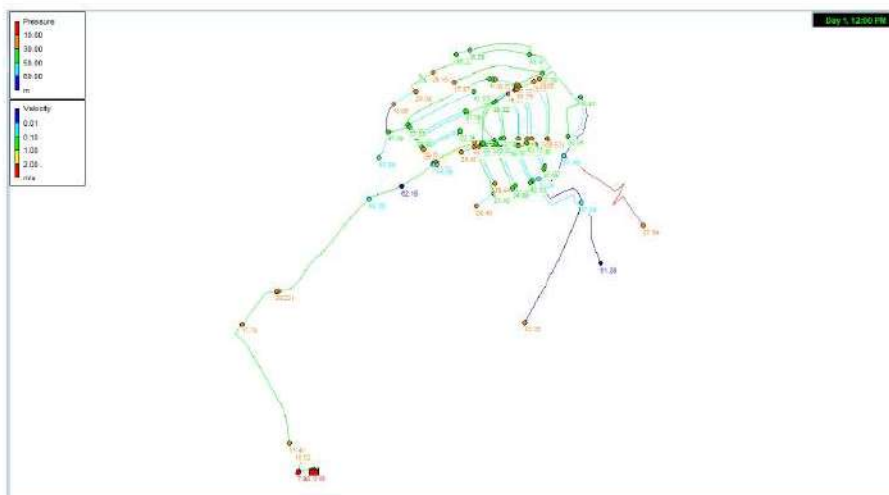
Fonte: Elaboração própria

Considerando a importância da simulação para avaliar os resultados esperados, foi realizada a modelagem do sistema proposto com todos os componentes ajustados e conferidos. O modelo simulado apresenta pressões entre 10 e 50 metros de coluna d'água (mca) e velocidade média de 1 metro por segundo (m/s), em conformidade com os objetivos estabelecidos neste trabalho.

A Figura 57 ilustra o modelo simulado para os novos setores propostos, permitindo visualizar como o sistema deve operar após a implementação das obras e alterações sugeridas. É importante ressaltar que o modelo foi desenvolvido considerando as características da área de estudo e os dados obtidos por meio das etapas anteriores da metodologia.

Com base no modelo simulado, é possível realizar análises e prever os resultados esperados para o sistema de abastecimento, contribuindo para a tomada de decisões mais assertivas e para a obtenção de melhores resultados.

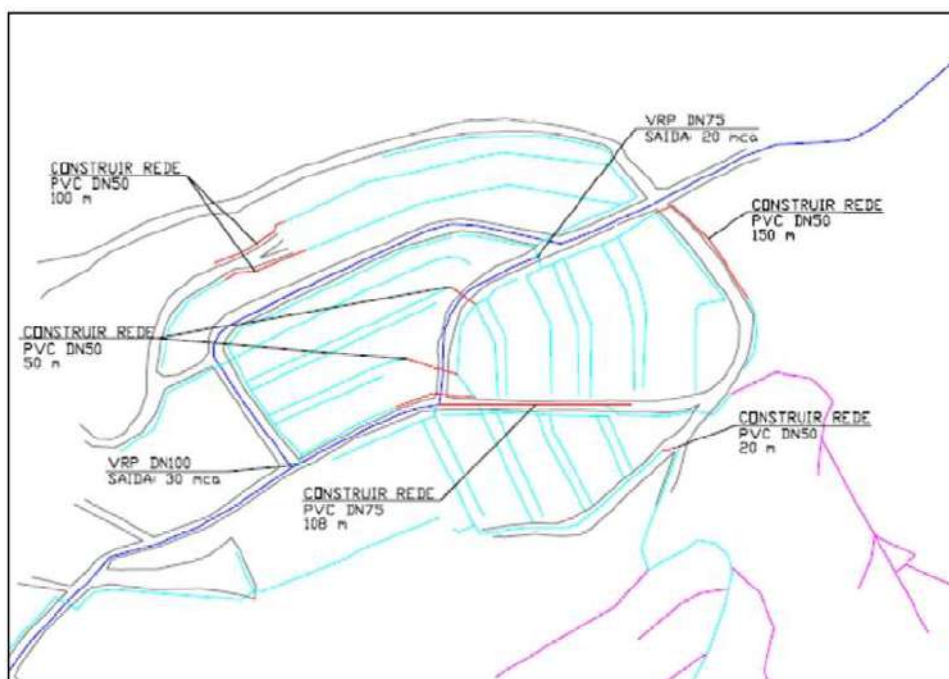
Figura 57: SAA da Vila Esperança setorizado através de simulação



Fonte: Elaboração própria (2023)

Na Figura 58, é possível visualizar as obras necessárias para a proposta de redução das pressões e conseqüente redução das perdas no sistema de abastecimento de água. As obras incluem a instalação de válvulas redutoras de pressão e construção de redes de água.

Figura 528: proposta de redistribuição das redes alimentadoras e distribuidoras



Fonte: Elaboração própria (2023)

Já Figura 59, mostra as novas zonas de pressão propostas para o sistema, que permitirão uma distribuição mais equilibrada de pressão e redução das perdas de água. Essas zonas são representadas pelas áreas coloridas no mapa descritas como setores.

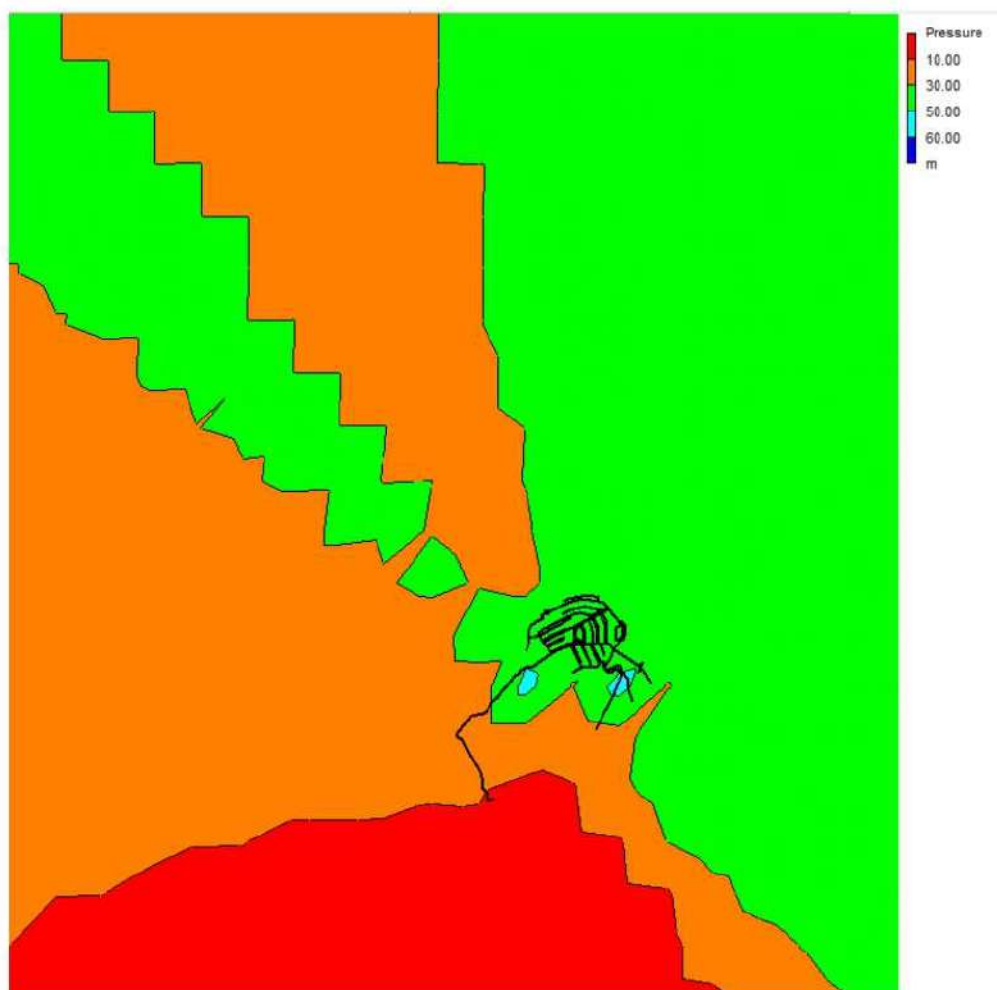
Figura 59: Proposta de setores de abastecimento no bairro Vila Esperança



Fonte: Google Earth (2020)

Com a realização da setorização do bairro Vila Esperança, é possível identificar as pressões que serão encontradas em cada setor, conforme apresentado na Figura 60. Essas pressões foram obtidas por meio das simulações realizadas no sistema de abastecimento de água (SAA) e são importantes para verificar se as condições do sistema vão ser adequadas para a distribuição de água na região.

Figura 60: Mancha das pressões após a setorização e o controle das pressões no bairro



Fonte: Elaboração Própria

Vale ressaltar, quando se alteram as pressões disponíveis em um sistema, existe um desconforto inicial por conta de uma fase de adaptação, até que os usuários acostumem-se a pressões elevadas para desempenhar suas tarefas.

Como uma forma de minimizar esse efeito, é importante informar com antecedência que haverá uma mudança nas pressões de distribuição, e, conseqüentemente, a pressão que usualmente é utilizada será alterada, em conformidade com as normas vigentes que estabelecem pressões entre 10 e 50 mca.

6.2 – Proposta

A composição de todas as obras necessárias para a setorização do bairro, de acordo com a simulação, compreende:

1. Construção de 320 metros de rede distribuidora DN 50 mm em PVC – classe 20;
2. Construção de 108 metros de rede alimentadora DN 75 mm em PVC – classe 20;
3. Instalação de 1 VRP DN 100 mm e 1 VRP DN 75 mm – auto operada;
4. Substituição de 470 metros de rede – programa de substituição de ativos (a implantar);
5. Substituição de 360 metros de ramais – programa de substituição de ativos (a implantar);
6. Substituição do parque de hidrômetros com idade superior a 5 anos.

Essa proposta prever reduzir as perdas aparentes e físicas, além de reduzir as pressões disponíveis em 60%, aonde se observa:

- Mínima – de 57 para 15 mca;
- Máxima – de 104 para 57 mca.

6.3 – Balanço hídrico

Sistema atual, conforme os Quadros 9 e 10:

Quadro 9: Balanço hídrico em m³/ano do sistema atual

Volume de Entrada no 274,068 m³/ano Margem de erro [+/-] 2.0%	Consumo autorizado 84,150 m³/year Margem de erro [+/-] 0.0%	Consumo autorizado faturado 69,024 m³/ano	Consumo medido faturado 69,024 m³/year	Água faturada 69,024 m³/ano
			Consumo não medido faturado 0 m³/year	
	Perdas de água 189,918 m³/ano Margem de erro [+/-] 2.9%	Consumo autorizado não faturado 15,126 m³/year Margem de erro [+/-] 0.0%	Consumo medido não faturado 15,120 m³/year	Água não faturada 205,044 m³/ano Margem de erro [+/-] 2.7%
		Perdas Aparentes 53,394 m³/year Margem de erro [+/-] 1.2%	Consumo não autorizado 27,375 m³/year Margem de erro [+/-] 1.6%	
			Imprecisões dos medidores e erros de manipulação dos dados 26,019 m³/year Margem de erro [+/-] 1.9%	
Perdas Reais 136,524 m³/year Margem de erro [+/-] 4.0%				

Fonte: Elaboração própria (2023)

Quadro 10: Balanço hídrico em m³/dia do sistema atual

Volume de Entrada no 751 m³/dia Margem de erro [+/-] 2.0%	Consumo autorizado 231 m³/dia Margem de erro [+/-] 0.0%	Consumo autorizado faturado 189 m³/dia	Consumo medido faturado 189 m³/dia	Água faturada 189 m³/dia
			Consumo não medido faturado 0 m³/dia	
	Perdas de água 520 m³/dia Margem de erro [+/-] 2.9%	Consumo autorizado não faturado 41 m³/dia Margem de erro [+/-] 0.0%	Consumo medido não faturado 41 m³/dia	Água não faturada 562 m³/dia Margem de erro [+/-] 2.7%
		Perdas Aparentes 146 m³/dia Margem de erro [+/-] 1.2%	Consumo não autorizado 75 m³/dia Margem de erro [+/-] 1.6%	
			Imprecisões dos medidores e erros de manipulação dos dados 71 m³/dia Margem de erro [+/-] 1.9%	
Perdas Reais 374 m³/dia Margem de erro [+/-] 4.0%				

Fonte: Elaboração própria (2023)

Sistema após às intervenções, conforme os Quadros 11 e 12:

Quadro 11: Balanço hídrico em m³/ano da proposta de melhoria

Volume de Entrada no 164,441 m³/ano Margem de erro [+/-] 2.0%	Consumo autorizado 78,102 m³/year Margem de erro [+/-] 0.0%	Consumo autorizado faturado 69,024 m³/ano	Consumo medido faturado 69,024 m³/year	Água faturada 69,024 m³/ano
			Consumo não medido faturado 0 m³/year	
		Consumo autorizado não faturado 9,078 m³/year Margem de erro [+/-] 0.0%	Consumo medido não faturado 9,072 m³/year	Água não faturada 95,417 m³/ano Margem de erro [+/-] 3.4%
		Consumo não medido não faturado 6 m³/year Margem de erro [+/-] 2.0%		
	Perdas de água 86,339 m³/ano Margem de erro [+/-] 3.8%	Perdas Aparentes 42,320 m³/year Margem de erro [+/-] 1.3%	Consumo não autorizado 16,425 m³/year Margem de erro [+/-] 1.6%	
			Imprecisões dos medidores e erros de manipulação dos dados 25,895 m³/year Margem de erro [+/-] 1.9%	
	Perdas Reais 44,019 m³/year Margem de erro [+/-] 7.6%			

Fonte: Elaboração própria

Quadro 12: Balanço hídrico em m³/dia da proposta de melhoria

Volume de Entrada no 451 m³/dia Margem de erro [+/-] 2.0%	Consumo autorizado 214 m³/dia Margem de erro [+/-] 0.0%	Consumo autorizado faturado 189 m³/dia	Consumo medido faturado 189 m³/dia	Água faturada 189 m³/dia
			Consumo não medido faturado 0 m³/dia	
		Consumo autorizado não faturado 25 m³/dia Margem de erro [+/-] 0.0%	Consumo medido não faturado 25 m³/dia	Água não faturada 261 m³/dia Margem de erro [+/-] 3.4%
		Consumo não medido não faturado 0 m³/dia Margem de erro [+/-] 2.0%		
	Perdas de água 237 m³/dia Margem de erro [+/-] 3.8%	Perdas Aparentes 116 m³/dia Margem de erro [+/-] 1.3%	Consumo não autorizado 45 m³/dia Margem de erro [+/-] 1.6%	
			Imprecisões dos medidores e erros de manipulação dos dados 71 m³/dia Margem de erro [+/-] 1.9%	
	Perdas Reais 121 m³/dia Margem de erro [+/-] 7.6%			

Fonte: Elaboração própria

6.4 – Indicadores de desempenho

Resultados dos Indicadores antes das intervenções propostas (referência 2022):

INDICADOR	VOLUME DISPONIBILIZADO (m ³)	VOLUME UTILIZADO (m ³)	RESULTADO
IPD	274.068	69.024	74,82%

INDICADOR	VOLUME DE PERDAS (m ³)	NÚMERO DE RAMAIS	RESULTADO (m ³ /ramal.dia)
IPR	205.044	733	0,77

INDICADOR	VOLUME DE PERDAS (m ³)	EXTENSÃO DE REDE (km)	RESULTADO (m ³ /km.dia)
ILB	205.044	4,72	119,09

INDICADOR	VOLUME DE PERDAS (m ³)	VOLUME DE PERDAS INEVITAVEIS (m ³)	RESULTADO
ILE	205.044	60.513	3,39

INDICADOR	VOLUME DISPONIBILIZADO (m ³)	VOLUME UTILIZADO (m ³)	LIGAÇÕES ATIVAS	RESULTADO
IPL	274.068	69.024	558	1,01

INDICADOR	VOLUME DISPONIBILIZADO (m ³)	VOLUME UTILIZADO (m ³)	EXTENSÃO DE REDE (km)	RESULTADO
ILR	274.068	69.024	4,72	119,02

Os setores estão distribuídos conforme Figura 61.

Figura 61: Setores de abastecimento existente



Fonte: Google Earth (2020)

INDICADOR	VOLUME DISPONIBILIZADO SETOR 1 (m ³)	VOLUME UTILIZADO SETOR 1 (m ³)	VOLUME DE PERDAS (m ³)	RESULTADO
IPT	74.780	18.833	205.044	27,29%

INDICADOR	VOLUME DISPONIBILIZADO SETOR 2 (m ³)	VOLUME UTILIZADO SETOR 2 (m ³)	VOLUME DE PERDAS (m ³)	RESULTADO
IPT	56.085	14.125	205.044	20,46%

INDICADOR	VOLUME DISPONIBILIZADO SETOR 3 (m ³)	VOLUME UTILIZADO SETOR 3 (m ³)	VOLUME DE PERDAS (m ³)	RESULTADO
IPT	49.729	12.524	205.044	18,14%

INDICADOR	VOLUME DISPONIBILIZADO SETOR 4 (m ³)	VOLUME UTILIZADO SETOR 4 (m ³)	VOLUME DE PERDAS (m ³)	RESULTADO
IPT	74.780	18.833	205.044	27,29%

INDICADOR	VOLUME DISPONIBILIZADO SETOR 5 (m ³)	VOLUME UTILIZADO SETOR 5 (m ³)	VOLUME DE PERDAS (m ³)	RESULTADO
IPT	18.695	4.708	205.044	6,82%

Indicadores após as intervenções propostas:

INDICADOR	VOLUME DISPONIBILIZADO (m ³)	VOLUME UTILIZADO (m ³)	RESULTADO
IPD	164.441	69.024	58,03%

INDICADOR	VOLUME DE PERDAS (m ³)	NÚMERO DE RAMAIS	RESULTADO (m ³ /ramal.dia)
IPR	95.417	733	0,36

INDICADOR	VOLUME DE PERDAS (m ³)	EXTENSÃO DE REDE (km)	RESULTADO (m ³ /km.dia)
ILB	95.417	5,15	50,81

INDICADOR	VOLUME DE PERDAS (m ³)	VOLUME DE PERDAS INEVITAVEIS (m ³)	RESULTADO
ILE	95.417	28.625	3,33

INDICADOR	VOLUME DISPONIBILIZADO (m ³)	VOLUME UTILIZADO (m ³)	LIGAÇÕES ATIVAS	RESULTADO
IPL	164.441	69.024	558	0,47

INDICADOR	VOLUME DISPONIBILIZADO (m ³)	VOLUME UTILIZADO (m ³)	EXTENSÃO DE REDE (km)	RESULTADO
ILR	164.441	69.024	5,15	50,81

Os setores estão distribuídos conforme Figura 62.

Figura 62: Setores de abastecimento da proposta de melhoria



Fonte: Google Earth (2020)

INDICADOR	VOLUME DISPONIBILIZADO SETOR 1 (m ³)	VOLUME UTILIZADO SETOR 1 (m ³)	VOLUME DE PERDAS (m ³)	RESULTADO
IPT	42.625	17.892	95.417	25,92%

INDICADOR	VOLUME DISPONIBILIZADO SETOR 2 (m³)	VOLUME UTILIZADO SETOR 2 (m³)	VOLUME DE PERDAS (m³)	RESULTADO
IPT	35.894	15.067	95.417	21,83%

INDICADOR	VOLUME DISPONIBILIZADO SETOR 3 (m³)	VOLUME UTILIZADO SETOR 3 (m³)	VOLUME DE PERDAS (m³)	RESULTADO
IPT	32.529	13.654	95.417	19,78%

INDICADOR	VOLUME DISPONIBILIZADO SETOR 4 (m³)	VOLUME UTILIZADO SETOR 4 (m³)	VOLUME DE PERDAS (m³)	RESULTADO
IPT	11.441	4.802	95.417	6,96%

INDICADOR	VOLUME DISPONIBILIZADO SETOR 5 (m³)	VOLUME UTILIZADO SETOR 5 (m³)	VOLUME DE PERDAS (m³)	RESULTADO
IPT	11.217	4.708	95.417	6,82%

INDICADOR	VOLUME DISPONIBILIZADO SETOR 6 (m³)	VOLUME UTILIZADO SETOR 5 (m³)	VOLUME DE PERDAS (m³)	RESULTADO
IPT	17.050	7.157	95.417	10,37%

INDICADOR	VOLUME DISPONIBILIZADO SETOR 7 (m³)	VOLUME UTILIZADO SETOR 5 (m³)	VOLUME DE PERDAS (m³)	RESULTADO
IPT	14.133	5.932	95.417	8,59%

6.5 – Redução esperada

Com a proposta apresentada, entende-se que haverá uma redução de 60% nas pressões disponíveis para o Bairro Vila Esperança e, conseqüentemente, uma redução de 17% nas perdas de água, utilizando como base no Quadro 8, onde indica uma redução 37% nos volumes perdidos.

Como comparativo, foi realizado um experimento do tempo médio necessário para encher um recipiente de 9 litros em locais com pressão de 180 mca e outro com pressões de 30 mca, obtendo os seguintes resultados:

- Pressão 30 mca – 17 segundos para encher o recipiente;
- Pressão 180 mca – 8 segundos para encher o recipiente.

Com esses resultados, pode-se dizer que, vazamentos onde a pressão é menor, de igual forma os volumes perdidos, dado um tempo médio para que ocorra o reparo, será menor.

Para uma análise de volume recuperado, a representatividade desse índice gira em torno 109.627 m³/ano, que deixarão de ser produzidos para suprir essas perdas.

Além disso, tem-se o programa sugerido para substituição de ativos, que tem um impacto na incidência de novos vazamento e localização de possíveis ligações clandestinas na área formal do bairro, utilizando indicadores de desempenho para a escolha das áreas prioritárias para a aplicação desses materiais.

Por fim, a substituição dos medidores afim de se garantir uma melhor precisão nas leituras reduzindo dessa forma a perda aparente.

Com todas as ações em prática, espera-se que o volume perdido de água reduza em 161.216 m³/ano, o que representa 25% a menos do volume que hoje é distribuído.

Vale ressaltar que a manutenção continua das ações é que vão garantir que o sistema opere de maneira mais eficiente, em virtude de todas as obras a serem executadas.

6.6 – Estudo de viabilidade

- Custo de implantação

Proposta apresentada conforme Tabela de orçamento de obra.

item	descrição do item	unidade	quantidade	custo			
				Uni. sem BDI	BDI	Uni. Com BDI	total
1	REDE ADUTORA						R\$ 8,044.25
1.1	Escavação em solo, profundidade até 1,50 m	m³	86.40	R\$ 7.13	25.56%	R\$ 8.95	R\$ 773.49
1.2	Aterro de valas e cavas de fundação, com avaliação visual da compactação	m³	86.40	R\$ 22.88	25.56%	R\$ 28.73	R\$ 2,482.11
1.3	Espalhamento de solo em botas fora	m³	12.42	R\$ 1.51	25.56%	R\$ 1.90	R\$ 23.55
1.4	Assentamento de tubos e conexões PVC JE DN 75 mm	m	108.00	R\$ 1.30	25.56%	R\$ 1.63	R\$ 176.29
1.5	Tubo de PVC rígido, ponta e bolsa, junta elástica, classe 20, fabricado conforme NBR 5647, inclusive anéis de borracha, tiro toroidal fabricados conforme NBR 6588						R\$ 2,861.75
1.5.1	DN 75	m	108.00	R\$ 22.78	16.32%	R\$ 26.50	R\$ 2,861.75
1.6	Conexões de PVC rígido, ponta e bolsa, bolsa e bolsa, junta elástica, classe 20 fabricados conforme NBR 5647, inclusive anéis de borracha, tipo toroidal, fabricados conforme NBR 6588						R\$ 1,727.06
1.6.1	Cap PVC JEDN 75	uni	1	R\$ 66.48	16.32%	R\$ 77.33	R\$ 77.33
1.6.2	Tê FoFo FF DN 100	uni	1	R\$ 845.00	16.32%	R\$ 982.90	R\$ 982.90
1.6.3	Extremidade FoFo BF DN 75	uni	1	R\$ 200.00	16.32%	R\$ 232.64	R\$ 232.64
1.6.4	Tê PVC BB JE DN 75	uni	2	R\$ 72.90	16.32%	R\$ 84.80	R\$ 169.59
1.6.5	Redução FoFo FF DN 100 x 75	uni	1	R\$ 200.00	16.32%	R\$ 232.64	R\$ 232.64
1.6.6	Adaptador PVC DN 75	uni	1	R\$ 27.47	16.32%	R\$ 31.95	R\$ 31.95

item	descrição do item	unidade	quantidade	custo			
				Uni. sem BDI	BDI	Uni. Com BDI	total
2	REDE DE DISTRIBUIÇÃO						R\$ 182,266.35
2.1	Escavação em solo, profundidade até 1,50 m	m³	160.00	R\$ 7.13	25.56%	R\$ 8.95	R\$ 1,432.39
2.2	Aterro de valas e cavas de fundação, com avaliação visual da compactação	m³	160.00	R\$ 22.88	25.56%	R\$ 28.73	R\$ 4,596.50
2.3	Espalhamento de solo em botas fora	m³	8.00	R\$ 1.51	25.56%	R\$ 1.90	R\$ 15.17
2.4	Assentamento de tubos e conexões PVC JE DN 50 mm	m	320.00	R\$ 1.30	25.56%	R\$ 1.63	R\$ 522.33
2.5	Tubo de PVC rígido, ponta e bolsa, junta elástica, classe 15, fabricado conforme NBR 5647, inclusive anéis de borracha, tiro toroidal fabricados conforme NBR 6588						R\$ 5,389.80
2.5.1	DN 50	m	320.00	R\$ 14.48	16.32%	R\$ 16.84	R\$ 5,389.80
2.6	Conexões de PVC rígido, ponta e bolsa, bolsa e bolsa, junta elástica, classe 20 fabricados conforme NBR 5647, inclusive anéis de borracha, tipo toroidal, fabricados conforme NBR 6588						R\$ 537.14
2.6.1	Curva 90° PVC DN 50	uni	4.00	R\$ 35.17	16.32%	R\$ 40.91	R\$ 163.64
2.6.2	Luva PVC DN 50	uni	5.00	R\$ 33.90	16.32%	R\$ 39.43	R\$ 197.16
2.6.3	Tê PVC DN 50	uni	4.00	R\$ 37.90	16.32%	R\$ 44.09	R\$ 176.34
2.7	Registro de gaveta fabricado, em ferro fundido dúctil, conforme PB-816 da ABNT destinado a atender aos tubos de ferro fundido junta elástica (NBR 7560 e NBR 7675)						R\$ 152,362.45
2.7.1	DN 50	uni	320.00	R\$ 409.33	16.32%	R\$ 476.13	R\$ 152,362.45
2.8	Tubo de ferro fundido dúctil centrifugado, ponta e flange, bolsa e flange, ponta e bolsa, junta elástica classe K-7 conforme NBR 7663, inclusive anéis de borracha conforme NBR 7676						R\$ 12,387.85
2.8.1	Tubo com bolsa, DN 80 L= 1,0m	m	20.00	R\$ 532.49	16.32%	R\$ 619.39	R\$ 12,387.85
2.9	Válvula redutora de pressão para rede de distribuição DN 50 mm. Pressão máx de entrada 25 BAR e variações na pressão de saída de 6 bar a 0,5 bar	uni	2.00	R\$ 1,446.29	16.32%	R\$ 1,682.32	R\$ 3,364.65
2.10	Escavação vertical a céu aberto, em solo de 1ª categoria com escavadeira hidráulica, incluindo carga, descarga e transporte em caminhão basculante DM7=0,3 Km	m³	48.00	R\$ 7.28	16.32%	R\$ 8.47	R\$ 406.47
2.11	Reaterro Compactado de vala com equipamento placa vibratória	m³	40.00	R\$ 26.90	16.32%	R\$ 31.29	R\$ 1,251.60

item	descrição do item	unidade	quantidade	custo			
				Uni. sem BDI	BDI	Uni. Com BDI	total
3	BLOCO DE ANCORAGEM						R\$ 404.50
3.1	Blocos de Ancoragem						R\$ 404.50
3.1.1	Bloco de ancoragem para tê, em concreto simples 15 MPa, virado em obra, com lançamento e adensamento	uni	4	40.27	25.56%	R\$ 50.56	R\$ 202.25
3.1.2	Bloco de ancoragem para curva 90°, em concreto simples 15 MPa, virado em obra, com lançamento e adensamento	uni	4	40.27	25.56%	R\$ 50.56	R\$ 202.25

item	descrição do item	unidade	quantidade	custo			total
				Uni. sem BDI	BDI	Uni. Com BDI	
4	SUBSTITUIÇÃO DE ATIVO (REDE DE DISTRIBUIÇÃO)						R\$ 17,617.55
4.1	Escavação e m solo, profundidade até 1,50 m	m³	200.00	R\$ 7.13	25.56%	R\$ 8.95	R\$ 1,790.49
4.2	Aterro de valas e cavas de fundação, com avaliação visual da compactação	m³	200.00	R\$ 22.88	25.56%	R\$ 28.73	R\$ 5,745.63
4.3	Espalhamento de solo em botas fora	m³	10.00	R\$ 1.51	25.56%	R\$ 1.90	R\$ 18.96
4.4	Assentamento de tubos e conexões PVC JE DN 50 mm	m	400.00	R\$ 1.30	25.56%	R\$ 1.63	R\$ 652.91
4.5	Tubo de PVC rígido, ponta e bolsa, junta elástica, classe 15, fabricado conforme NBR 5647, inclusive anéis de borracha, tiro toroidal fabricados conforme NBR 6588						R\$ 6,737.25
4.5.1	DN 50	m	400.00	R\$ 14.48	16.32%	R\$ 16.84	R\$ 6,737.25
4.6	Conexões de PVC rígido, ponta e bolsa, bolsa e bolsa, junta elástica, classe 20 fabricados conforme NBR 5647, inclusive anéis de borracha, tipo toroidal, fabricados conforme NBR 6588						R\$ 537.14
4.6.1	Curva 90° PVC DN 50	uni	4.00	R\$ 35.17	16.32%	R\$ 40.91	R\$ 163.64
4.6.2	luva PVC DN 50	uni	5.00	R\$ 33.90	16.32%	R\$ 39.43	R\$ 197.16
4.6.3	Tê PVC DN 50	uni	4.00	R\$ 37.90	16.32%	R\$ 44.09	R\$ 176.34
4.7	Escavação vertical a céu aberto, em solo de 1ª categoria com escavadeira hidráulica, incluindo carga, descarga e transporte em caminhão basculante DMÍ=0,3 Km	m³	60.00	R\$ 7.28	16.32%	R\$ 8.47	R\$ 508.09
4.8	Reaterro Compactado de vala com equipamento placa vibratória	m³	52.00	R\$ 26.90	16.32%	R\$ 31.29	R\$ 1,627.08

item	descrição do item	unidade	quantidade	custo			total
				Uni. sem BDI	BDI	Uni. Com BDI	
5	SUBSTITUIÇÃO DE ATIVO (RAMAL DOMICILIAR)						R\$ 5,693.72
5.1	Escavação e m solo, profundidade até 1,50 m	m³	111	R\$ 7.13	25.56%	R\$ 8.95	R\$ 993.72
5.2	Aterro de valas e cavas de fundação, com avaliação visual da compactação	m³	111	R\$ 22.88	25.56%	R\$ 28.73	R\$ 3,188.82
5.3	Espalhamento de solo em botas fora	m³	5	R\$ 1.51	25.56%	R\$ 1.90	R\$ 9.48
5.4	Assentamento de tubos e conexões PVC JE DN 20 mm	m	279	R\$ 1.02	25.56%	R\$ 1.28	R\$ 357.32
5.5	Tubo de PVC rígido, ponta e bolsa, junta elástica, classe 15, fabricado conforme NBR 5647, inclusive anéis de borracha, tiro toroidal fabricados conforme NBR 6588						658.801584
5.5.1	DN 20	m	279	R\$ 2.03	16.32%	R\$ 2.36	R\$ 658.80
5.6	Colar de tomada PVC rígido com travas 32x3/4"	uni	55	R\$ 4.66	16.32%	R\$ 5.42	R\$ 298.13
5.7	Adaptador para ligação predial c/ registro em PVC	uni	55	R\$ 2.93	16.32%	R\$ 3.41	R\$ 187.45

6	SUBSTITUIÇÃO DOS MEDIDORES						R\$ 8,929.62
6.1	hidrometro de 1/2"	uni	50	R\$ 144.90	16.32%	R\$ 168.55	R\$ 8,427.38
6.2	substituição	uni	50	R\$ 8.00	25.56%	R\$ 10.04	R\$ 502.24

Custo total de implantação = R\$ 222.955,99 (duzentos e vinte e dois mil e novecentos e cinquenta e cinco reais e noventa e nove centavos).

- Tempo de retorno do investimento.

O Quadro 13 apresenta os valores correspondentes aos volumes de água destinados a cada categoria de usuário. Esses valores são importantes para a análise dos consumos e para a elaboração do cenário de retorno esperado sobre o investimento.

Quadro 13: Tabela tarifária da COPASA

RESOLUÇÃO ARSAE-MG 173, DE 24 DE NOVEMBRO DE 2022				
Vigência: Janeiro/2023 a Dezembro/2023				
TABELA TARIFÁRIA DE APLICAÇÃO - COPASA				
Categorias	Faixas	Água	Esgoto	Unidade
Residencial Social	Fixa	9,16	6,78	R\$/mês
	0 a 5 m ²	1,05	0,79	R\$/m ³
	> 5 a 10 m ²	2,248	1,664	R\$/m ³
	> 10 a 15 m ²	3,483	2,578	R\$/m ³
	> 15 a 20 m ²	4,756	3,520	R\$/m ³
	> 20 a 40 m ²	12,099	8,953	R\$/m ³
	> 40 m ²	14,761	10,922	R\$/m ³
Residencial	Fixa	20,37	15,07	R\$/mês
	0 a 5 m ²	2,11	1,56	R\$/m ³
	> 5 a 10 m ²	4,496	3,327	R\$/m ³
	> 10 a 15 m ²	6,968	5,156	R\$/m ³
	> 15 a 20 m ²	9,512	7,039	R\$/m ³
	> 20 a 40 m ²	12,099	8,953	R\$/m ³
	> 40 m ²	14,761	10,922	R\$/m ³
Comercial	Fixa	33,00	24,42	R\$/mês
	0 a 5 m ²	4,57	3,38	R\$/m ³
	> 5 a 10 m ²	6,851	5,070	R\$/m ³
	> 10 a 20 m ²	9,216	6,820	R\$/m ³
	> 20 a 40 m ²	11,611	8,592	R\$/m ³
	> 40 a 200 m ²	14,073	10,413	R\$/m ³
	> 200 m ²	16,550	12,247	R\$/m ³
Industrial	Fixa	33,00	24,42	R\$/mês
	0 a 5 m ²	4,57	3,38	R\$/m ³
	> 5 a 10 m ²	6,851	5,070	R\$/m ³
	> 10 a 20 m ²	9,216	6,820	R\$/m ³
	> 20 a 40 m ²	11,611	8,592	R\$/m ³
	> 40 a 200 m ²	14,073	10,413	R\$/m ³
	> 200 m ²	16,550	12,247	R\$/m ³
Pública	Fixa	28,04	20,76	R\$/mês
	0 a 5 m ²	4,33	3,20	R\$/m ³
	> 5 a 10 m ²	6,491	4,802	R\$/m ³
	> 10 a 20 m ²	8,730	6,460	R\$/m ³
	> 20 a 40 m ²	11,000	8,140	R\$/m ³
	> 40 a 200 m ²	13,333	9,867	R\$/m ³
	> 200 m ²	15,678	11,603	R\$/m ³

Fonte: COPASA (2023)

Tomando como base o consumo de 10 m³, categoria residencial, para o levantamento dos valores perdidos, tem-se:

Cenário 1

Valor que deixará de perder (ano) = 4,496 x 161.216 = **R\$ 724.827,14**

Tomando como base o custo de produção de água, temos de acordo com Tabela 5.

Tabela 5: Custo da Água e de Serviços de Esgoto por Região

Região	Valor (R\$/m ³)
Norte	1,92
Nordeste	2,13
Sudeste	3,17
Sul	3,80
Centro-Oeste	4,71

Fonte: FUSATI (2020)

Cenário 2

Valor que deixará de perder (ano) = $3,17 \times 161.216 = \text{R\$ } 511.054,72$

Portanto, o tempo de retorno da obra é:

Cenário 1 – Retorno do investimento em 3,7 meses.

Cenário 2 – Retorno do investimento em 5,3 meses.

Durante a análise dos cenários propostos, foi verificado que a redução dos volumes perdidos pode resultar em benefícios significativos para o sistema de abastecimento de água. Isso porque esses volumes recuperados podem ser direcionados para o abastecimento de outras regiões, transformando o que era antes perda em volume faturado.

Além disso, a redução das perdas de água também pode trazer vantagens no que diz respeito aos custos operacionais do sistema. Com a diminuição da pressão na rede, o sistema de bombeamento passará a operar por um tempo menor, reduzindo assim os custos de energia elétrica e os custos com manutenção, já que a redução da pressão também diminui a incidência de vazamentos nos componentes hidráulicos.

Conforme mencionado anteriormente neste texto, Tsutiya e Moreira (2009) afirmam que são necessários cerca de 0,6 kWh de energia elétrica para produzir 1,0 m³ de água potável. Com a redução proposta de 161.216 m³ de água perdida, seria possível economizar aproximadamente 96.729 kWh de energia elétrica.

Considerando o custo da energia elétrica cobrado pela prestadora do serviço na área de estudo, é possível verificar, conforme demonstrado na Figura 63 que o valor varia de acordo com a bandeira de consumo.

Economia com energia elétrica – bandeira verde:

$$96.729 \times 0,65313 = \text{R\$ } 63.177,00$$

Figura 63: Custo do kWh da CEMIG

B3 - DEMAIS CLASSES	BANDEIRA VERDE - CONSUMO R\$/KWH	BANDEIRA AMARELA - CONSUMO R\$/KWH	BANDEIRA VERMELHA 1 - CONSUMO R\$/KWH	BANDEIRA VERMELHA 2 - CONSUMO R\$/KWH	BANDEIRA ESCASSEZ HÍDRICA - CONSUMO R\$/KWH
Demais classes (Consumo R\$/Kwh)	0,65513	0,68302	0,71813	0,75108	0,79513

Fonte: CEMIG (2023)

Cenário 3

Pelo custo de energia elétrica, tem-se:

$$222.955,99/63.177,00 = 3,6 \text{ anos}$$

Portanto o tempo de retorno da obra é:

Cenário 3 – Retorno do investimento em 3,6 anos.

7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta desse trabalho consistiu em apresentar um estudo de caso a partir de simulações e base bibliográfica sobre as perdas de água em um sistema de abastecimento, com foco na redução dos volumes perdidos.

Há de se destacar que a busca por garantir um sistema mais sustentável, visando à eficiência econômica e proteção aos mananciais, tem importância estratégica no gerenciamento das empresas de saneamento.

Baseando no cenário proposto, espera-se uma redução consistente, visto a complexidade dos aspectos envolventes nas perdas de água, que exige ações políticas, técnicas, administrativas e gerencias.

Outro ponto importante são os indicadores de resultado e o balanço hídrico, que compõem uma visão mais abrangente dos problemas que existem na área de estudo, sendo, dessa forma, possível direcionar o foco de atuação.

Certamente, é necessário um interesse das empresas e empregados na aplicação efetiva de qualquer nova metodologia, sendo essa carente de acompanhamento sistemático e contínuo, a fim de se garantir a máxima eficiência possível do sistema de abastecimento.

Ao longo desse trabalho, houve uma dificuldade na obtenção dos dados necessários para o alcance de informações atualizadas e confiáveis, de modo que muitas vezes vieram de outras prestadoras de serviço de saneamento, o que pode causar algumas imprecisões nos resultados, sendo este considerado no trabalho de 2%.

Portanto, ao criar um programa de redução de perdas, vem consigo melhorias no SAA existente e, conseqüentemente, benefícios financeiros às empresas que atua na área.

E por fim, garantir informações mais precisas é de extrema importância para que haja um levantamento de retorno esperado correto, a fim de se minimizar retrabalhos e obras que não trazem retorno financeiro.

REFERÊNCIAS

A água no Brasil: da abundância à escassez. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2018-10/agua-no-brasil-da-abundancia-escassez>>. Acesso em: 14 set. 2022.

A era da falta d'água. Disponível em: <<https://super.abril.com.br/ciencia/a-era-da-falta-dagua/>>. Acesso em: 14 set. 2022.

A ONU e o meio ambiente | As Nações Unidas no Brasil. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/91223-onu-e-o-meio-ambiente>>.

AESBE. Série balanço hídrico: guia prático para método direto de qualificação de perdas reais em sistemas de abastecimento volume 6. 2015.

AESBE. Série balanço hídrico: guia prático para qualificação de balanços hídricos e indicadores de desempenho volume 5. 2015.

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br>>. Acesso em: 14 set. 2022.

ÁGUA POTÁVEL - Metade das perdas diárias no Brasil ocorre na Região Sudeste. Disponível em: <<https://www.olimpia24horas.com.br/noticias/agua-potavel-metade-das-perdas-diarias-no-brasil-ocorre-na-regiao-sudeste/0/23796>>. Acesso em: 9 fev. 2023

AMBIENTAL, F. O Custo da Água no Brasil. Disponível em: <<https://fusatiambiental.com.br/o-custo-da-agua-no-brasil/#:~:text=Considerando%20as%20cinco%20regi%C3%B5es%2C%20a>>. Acesso em: 9 fev. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12211 - Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12214 - Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12215 - Projeto de adutora de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12216 - Projeto de estação de tratamento de água de abastecimento público. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12217 - Projeto de reservatório de distribuição de água de abastecimento público. Rio de Janeiro, 1994.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12586 - Cadastro de sistema de abastecimento de água - Procedimento. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5626 - Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998.

BARRETO, G. C.; PEREIRA, J. A. R. AVALIAÇÃO DA OPERAÇÃO E ESTIMATIVA DAS PERDAS DE ÁGUA E DE ENERGIA ELÉTRICA NO 3o SETOR DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM. Revista Traços, v. 11, n. 24, 2017.

BBC NEWS BRASIL. Os países em que a água já é um recurso em falta. BBC, 6 ago. 2019.

BOO, H. Pthar » AVALIAÇÃO DE PERDAS EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA – INDICADORES DE PERDAS E METODOLOGIAS PARA ANÁLISE DE CONFIABILIDADE. Disponível em: <<http://ptarh.unb.br/dissertacoes/avaliacao-de-perdas-em-sistemas-de-abastecimento-de-agua-indicadores-de-perdas-e-metodologias-para-analise-de-confiabilidade/>>. Acesso em: 15 set. 2022.

CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (CEBDS). Escassez de água: 6 soluções de países diferentes. Disponível em: <<https://cebds.org/escassez-de-agua/>>. Acesso em: 14 set. 2022.

De 28 cidades da bacia, 21 têm perdas de água acima da média nacional, diz estudo. Disponível em: <<https://cbhvelhas.org.br/noticias/de-28-cidades-da->

bacia-21-tem-perdas-de-agua-acima-da-media-nacional-diz-estudo/>. Acesso em: 14 set. 2022.

DE BELO HORIZONTE, V. D. W. Notícias da ABES – ABES MG. Disponível em: <<http://www.abes-mg.org.br/visualizacao-de-noticias/ler/9313/gestao-para-reducao-de-perdas-de-agua>>. Acesso em: 14 set. 2022.

Dinamarca reduziu consumo per capita de água em 35% nos últimos 20 anos. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2015-03/dinamarca-reduziu-consumo-capita-de-agua-em-35-nos-ultimos-20-anos>>. Acesso em: 14 set. 2022.

Resolução ARSAE-MG 131, de 11 de novembro de 2019. Disponível em: <http://arsae.mg.gov.br/images/documentos/legislacao/2019/Resoluo%20ARSAE_MG%20n131.2019_Cond_Gerais.pdf>. Acesso em: 14 set. 2022c.

Manual do usuário, Epanet 2.0 Brasil. Disponível em: <http://ct.ufpb.br/lenhs/contents/documentos/programaepanet/manual_do_epanet_brasil.pdf>. Acesso em: 14 set. 2022b.

MIRANDA, ERNANI CIRÍACO. Avaliação de perdas em sistemas de abastecimento de água – indicadores de perdas e metodologias para análise de confiabilidade. Disponível em: <<http://ptarh.unb.br/wp-content/uploads/2017/04/Ermani-Cir%C3%ADaco-2002.pdf>>. Acesso em: 14 set. 2022.

FILHO, JAIRO TARDELI. Aspectos relevantes do controle de perdas em sistemas públicos de abastecimento de água. Disponível em: <http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_201_n_1622.pdf>. Acesso em: 14 set. 2022.

Tabela tarifaria de aplicação – COPASA. Disponível em: <http://www.arsae.mg.gov.br/wpcontent/uploads/2022/10/Tabela_Tarifaria_Copasa_2023_Publicacao.png>. Acesso em: 9 fev. 2023.

Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público. Disponível em: <<http://www.emiliaweb.com.br/site/wp-content/uploads/2012/10/Nbr-12218-Projeto-De-Rede-De-Distribuicao-De-Agua-Para-Abastecimento-Publico.pdf>>. Acesso em: 14 set. 2022b.

Histórias de Bairros. Disponível em: <http://www.pbh.gov.br/historia_bairros/BarreiroCompleto.pdf>. Acesso em: 9 fev. 2023.

GUIMARÃES, CARVALHO E SILVA. Saneamento Básico Agosto/2007 Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%20179/Cap%204%20parte%203.pdf>>. Acesso em: 14 set. 2022.

Modulo II: Abastecimento de água. Disponível em: <https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/curso_basico_vigilancia_qualidade_agua_modulo_II_aula_2.pdf>. Acesso em: 14 set. 2022c.

Ministério da Saúde, Portaria MS nº 518/2004. Disponível em: <https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/portaria_518_2004.pdf>. Acesso em: 14 set. 2022.

Classificação dos Bairros de Belo Horizonte. Disponível em: <https://ipead.face.ufmg.br/_site/wp-content/uploads/2018/11/Classes_Bairros_BH_com_mapa.pdf>. Acesso em: 14 set. 2022b.

Plano Municipal de saneamento de Belo Horizonte 2016/2019. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/obras-e-infraestrutura/2018/documentos/volumei_final_pms2016_2019_agosto.pdf>. Acesso em: 9 fev. 2023.

Vilas, Favelas e Loteamentos públicos de interesse social Belo Horizonte. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/urbel/2021/mapa_vila_favela_2020_a1_2021.05.pdf>. Acesso em: 9 fev. 2023c.

Trata Brasil, saneamento é saúde. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/images/estudos/Relat%C3%B3rio_Final_-_Estudo_de_Perdas_2020_-_JUNHO_2020.pdf>. Acesso em: 14 set. 2022.

Análise do abastecimento hídrico de Belo Horizonte e região metropolitana: uma abordagem por meio de dinâmica de sistemas. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/327353385_Analise_do_abastecimento_hidrico_de_Belo_Horizonte_e_regiao_metropolitana_uma_abordagem_por_meio_de_dinamica_de_sistemas/fulltext/5b89e61092851c1e123f9a03/Analise>

-do-abastecimento-hidrico-de-Belo-Horizonte-e-regiao-metropolitana-uma-abordagem-por-meio-de-dinamica-de-sistemas.pdf>. Acesso em: 14 set. 2022.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. Abastecimento de água para consumo humano volume 1. 2016.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. Abastecimento de água para consumo humano volume 2. 2016.

JULHO. Água. Disponível em: <<https://unric.org/pt/agua/>>. Acesso em: 14 set. 2022.

L14026. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm>. Acesso em: 14 set. 2022.

Mapa topográfico Belo Horizonte, altitude, relevo. Disponível em: <<https://pt-br.topographic-map.com/map-vc85k/Belo-Horizonte/?center=-19.91655%2C-43.94669&zoom=10>>. Acesso em: 9 fev. 2023.

MASSARO, A. Abordagens top-down e bottom-up na análise fundamentalista. Disponível em: <<https://www.andremassaro.com.br/top-down-bottom-up/>>. Acesso em: 9 fev. 2023.

MELLO, C. Demanda por água pode aumentar quase 80% até 2040 no Brasil. Disponível em: <<https://climainfo.org.br/2020/08/27/demanda-por-agua-pode-aumentar-quase-80-ate-2040-no-brasil/>>. Acesso em: 14 set. 2022.

MELO, S. Artigo – Perdas de água no Brasil: atitude para mudar. Disponível em: <<https://abes-dn.org.br/?p=3063>>. Acesso em: 14 set. 2022.

MENEZES, M. et al. XI-011 -METODOLOGIA DE SETORIZAÇÃO DOS SISTEMAS PRESSURIZADOS DE ABASTECIMENTO URBANO DE ÁGUA DAS CIDADES DE JOÃO PESSOA E CABEDELO -PB. Disponível em: <https://abesnacional.com.br/XP/XP-EasyArtigos/Site/Uploads/Evento32/Trabalhos_CompletosPDF/XI-011.pdf>. Acesso em: 14 set. 2022.

Moradores do Conjunto Esperança também sofrem com danos causados pelas águas. Disponível em: <<https://www.cmbh.mg.gov.br/comunica%C3%A7%C3%A3o/not%C3%ADcias/2020/03/moradores-do-conjuntosesperan%C3%A7a-tamb%C3%A9m-sofrem-com-danos-causados-pelas>>. Acesso em: 9 fev. 2023.

NEOWATER. Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da ONU: como contribuir para água potável e saneamento. Disponível em: <https://www.neowater.com.br/post/odsagua?gclid=Cj0KCQiAg_KbBhDLARIsANx7wAynYcHDwVCsOUK6x9uMDqfn4Xysk7QpbbPB-P-9iFljZWHbGeN3MkaAIHIEALw_wcB>. Acesso em: 9 fev. 2023.

PÁSCOA, J. C. DA. Estudos de redução de perdas de água e efficientização energética no setor de saneamento. 2009.

Perdas de água Experiências e Tecnologias do Japão. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/12792690-Perdas-de-agua-experiencias-etecnologias-do-japao.html>>. Acesso em: 14 set. 2022.

Perdas de água na distribuição ainda são grande desafio para as companhias de saneamento na RMBH. Disponível em: <<https://cbhvelhas.org.br/noticias/perdas-de-agua-na-distribuicao-ainda-sao-grande-desafio-para-as-companhias-de-saneamento-na-rmbh/>>. Acesso em: 14 set. 2022.

Realização Parceiro Institucional Produção Técnica. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2022/09/Release_Regiao_Sudeste_-_Perdas_de_agua_2021.pdf>. Acesso em: 9 fev. 2023.

SANTOS, D. D.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Avaliação da Metodologia para redução de perdas de água no Recife-PE. Revista DAE, v. 62, n. 197, p. 56–70, 2014. Serviços Preços Prazos. Disponível em: <<https://agenciavirtual.sabesp.com.br/servicos-precos-prazos>>. Acesso em: 9 fev. 2023.

SILVA DE CARVALHO, F. et al. ESTUDOS SOBRE PERDAS NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA CIDADE DE MACEIÓ. Disponível em: <<https://ctec.ufal.br/professor/vap/perdassistemadeabastecimento.pdf>>. Acesso em: 14 set. 2022.

SILVA, B. SNIS - Diagnósticos. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnosticos>>. Acesso em: 14 set. 2022.

Teky. Disponível em: <<https://www.teky.com.br/pesquisar?divisionId=2&divisionName=Hidr%C3%A1ulicos+e+Pneum%C3%A1ticos&term=cuva+pvc+soldavel+50mm+classe&from=192>>. Acesso em: 9 fev. 2023.


Valores de tarifas e serviços. Disponível em: <<https://www.cemig.com.br/atendimento/valores-de-tarifas-e-servicos/>>.

VICENTINI, L. P. Componentes do balanço hídrico para avaliação de perdas em sistemas de abastecimento de água. [s.l.] Universidade de São Paulo, 3 set. 2015.

Vilas, Favelas e Loteamentos Públicos de Interesse Social (2020) CadUrbel Regional Barreiro. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/urbel/2021/dados_vila_favela_2020_2021.05.pdf>. Acesso em: 9 fev. 2023.

APÊNDICE

Apêndice I: Resposta da COPASA

	Companhia de Saneamento de Minas Gerais COMUNICAÇÃO EXTERNA	Página 1 / 3
---	--	--------------

Nº 384/2022 – GRBO

Belo Horizonte, 11 de novembro de 2022

Prezado Senhor
Marcelo Menezes de Almeida

Referência/Assunto: Resposta para o questionário do TCC: Proposta de redução de perdas de água do Bairro Vila Esperança, em Belo Horizonte/MG, a partir do controle das pressões disponíveis no sistema de abastecimento de água existente

Senhor Marcelo,

Em atenção à solicitação em referência, informamos que as respostas do questionário enviado estão listadas a seguir:

1. Para a COPASA, o Bairro Vila Esperança em Belo Horizonte/MG, é considerado um bairro formal e/ou ocupação irregular?
Para COPASA a ocupação nesse bairro é mista, pois há uma parte formal, atendida com serviços de abastecimento de água e coleta de esgoto, e uma outra informal, com área de ocupação.
2. Qual é a população atendida com abastecimento de água no Bairro Vila Esperança em Belo Horizonte MG?
Aproximadamente 3.000 pessoas.
3. O bairro é atendido em sua totalidade?
A parte formal do bairro é atendida em sua totalidade.
4. Qual a quantidade de ligações de água existente no Bairro Vila Esperança em Belo Horizonte/MG? Quantas dessas ligações de água são reais?
Temos 733 ligações de água no bairro, sendo 558 reais e 175 factíveis.
5. O local é macromedido? Se sim, qual é o volume mensal de água do bairro nos últimos 12 meses?
Sim, o bairro possui um macromedidor de entrada. Segue volumes mensais:

Rua Mar de Espanha, 625 – Bairro Santo Antônio – Belo Horizonte – MG - CEP 30330-906
www.copasa.com.br

Dez/21 - 17.409 m³
Jan/22 - 26.640 m³
Fev/22 - 19.029 m³
Mar/22 - 14.949 m³
Abr/22 - 20.084 m³
Mai/22 - 26.078 m³
Jun/22 - 25.132 m³
Jul/22 - 23.004 m³
Ago/22 - 25.270 m³
Set/22 - 26.920 m³
Out/22 - 26.313 m³
Nov/22 - 24.342 m³

6. A perda de água, em média, para o Bairro Vila Esperança, em Belo Horizonte/MG, é atualmente de quanto (em porcentagem)?

A perda no local está em 74%.

7. Qual o volume micromedido mensal?

Em média, o volume micromedido é de 5.752 m³/mês

8. Existe(m) válvula(s) redutora(s) de pressão? Quantas?

Existe uma válvula redutora de pressão instalada no bairro.

9. A região conta com reservatório de água tratada? Se não, como é feito o abastecimento?

O Bairro é atendido por um reservatório localizado na parte alta do Bairro Flavio Marques Lisboa.

10. Qual é a linha piezométrica do Bairro Vila Esperança, em Belo Horizonte/MG?

A pressão estática no bairro é de 1.050 m.

11. Qual é o diâmetro e o material das redes de distribuição? E das redes de alimentação?

Redes Distribuidoras – DN 50 em PVC, classe 20

Redes Alimentadoras – DN 100 e 150 em Ferro Fundido, PN20

12. Existe balanço hídrico para o local?

Não.

13. Existe algum projeto de melhoria e/ou expansão para o local?

Sim.

14. Qual é a idade dos ativos existentes (redes distribuidoras, alimentadoras, ramais etc.)?

A idade dos ativos coincide com a data de criação do bairro, quando as redes distribuidoras foram implantadas.

15. Qual o número (média mensal) de vazamentos de água no bairro?

Em média 8 vazamentos por mês.

16. Existe(m) hidrante(s)? Quantos? Mensalmente, qual é a quantidade de água utilizada?

Sim, existe um hidrante no bairro. A média de utilização é de 1.500 metros cúbicos a cada 3 meses.

17. Existe o mapa em PDF da região contendo as redes e a localização do reservatório? Se sim, gentileza anexar.

Atenciosamente,

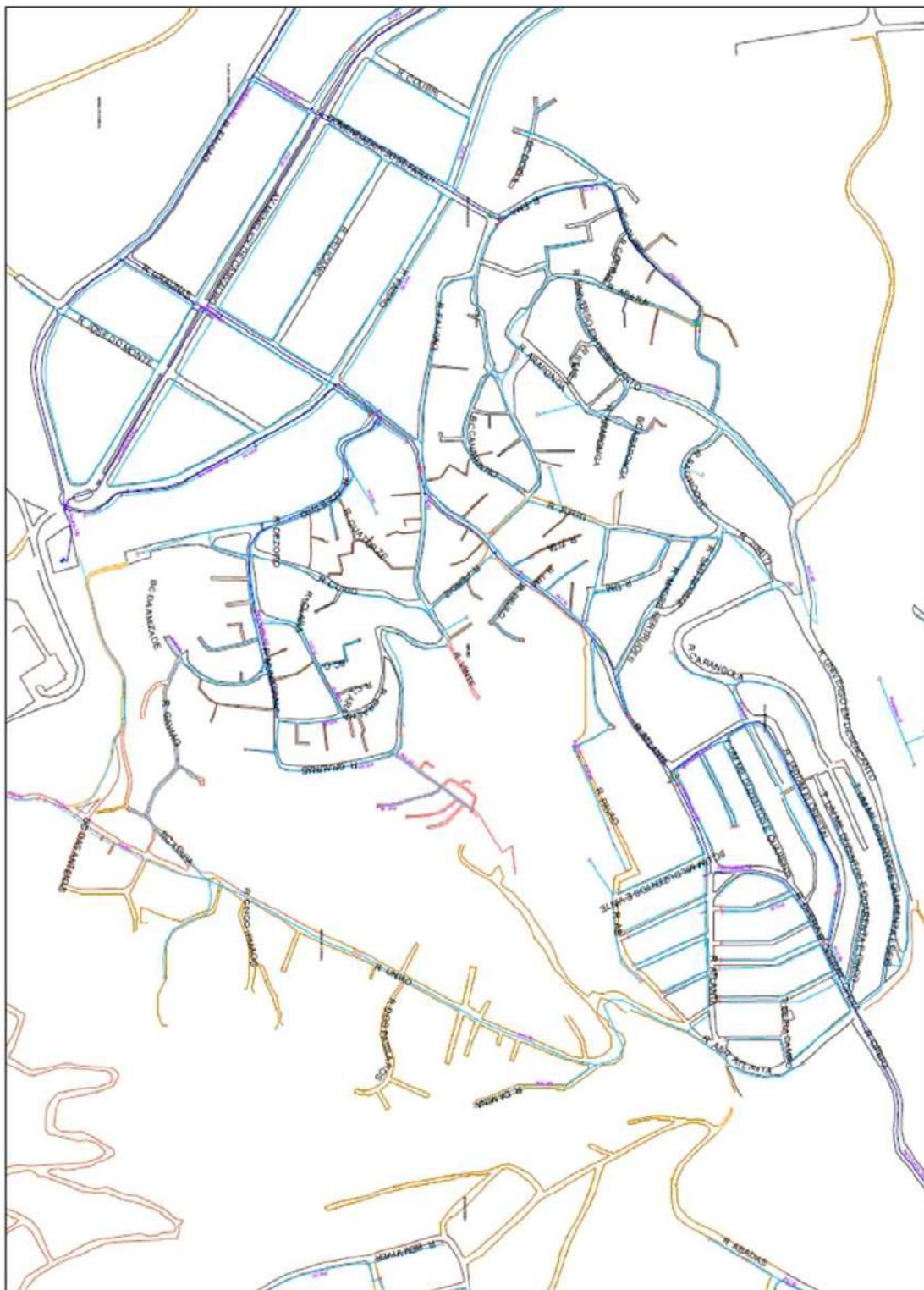
RONALDO DE MILO
SERPÁ
JUNIOR05134207623

Assinatura de forma digital
por RONALDO DE MILO
SERPÁ JUNIOR05134207623
Cartão: 2022.02.24.01.12.59
-0790

Ronaldo de Melo Serpa Júnior

Gerência Regional Belo Horizonte Oeste

Apêndice 2: Mapa com as redes de água



Apêndice 3: Ponto de pressão



Apêndice 4: Ponto de pressão



Apêndice 5: Ponto de pressão



Apêndice 6: Vista da área de ocupação



Apêndice 7: Ponto de pressão



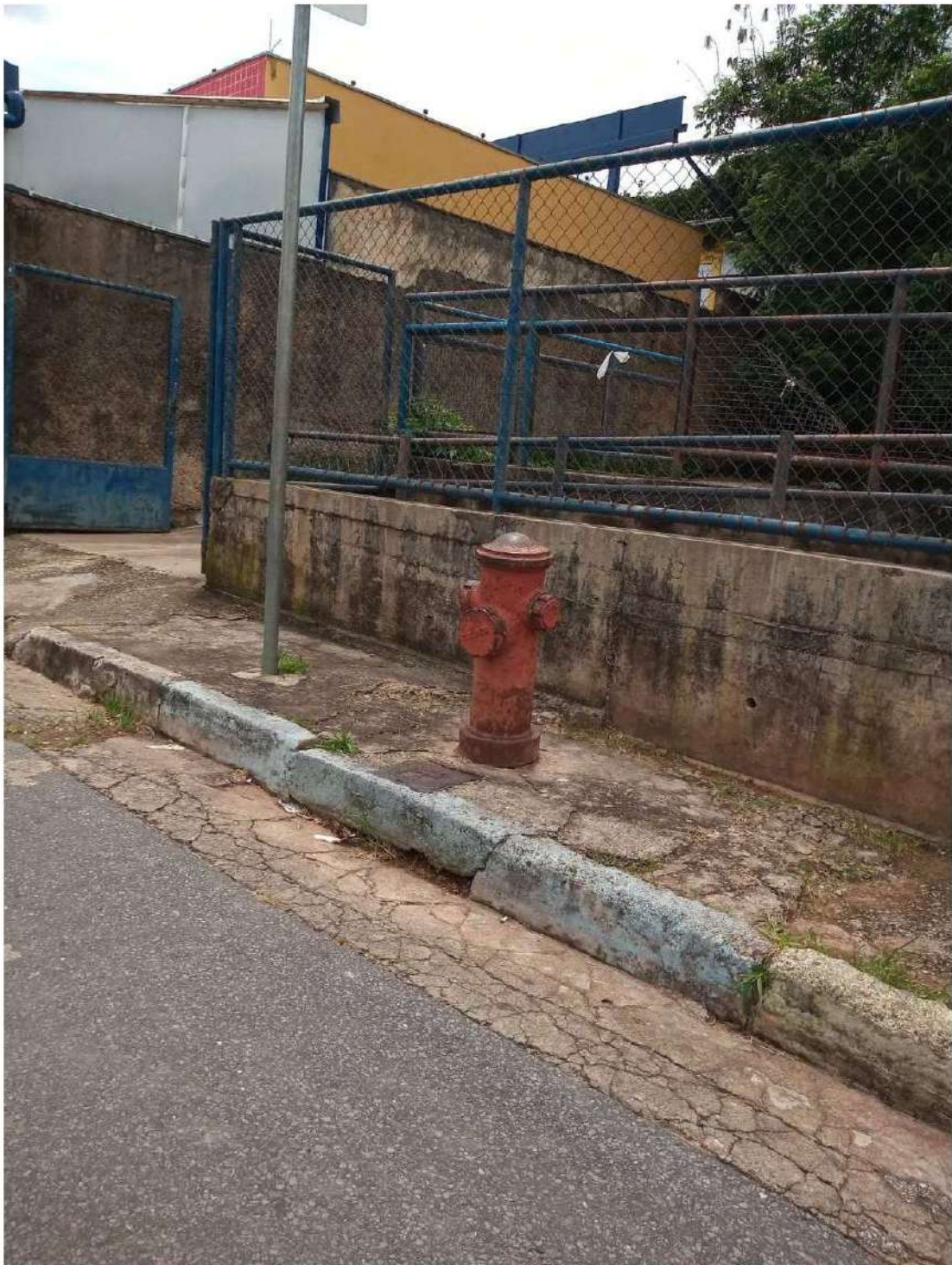
Apêndice 8: Ponto de pressão de referência para comparar com pressão alta



Apêndice 9: Ponto de pressão de referência para comparar com pressão baixa



Apêndice 10: Local do hidrante



Apêndice 11: Local do reservatório que abastece o bairro



Apêndice 12: Local do reservatório que abastece o bairro



Apêndice 13: Vista do Bairro



Apêndice 14: Vista do bairro



Apêndice 15: Vista do bairro



Apêndice 16: Vazamento visível



Apêndice 17: local onde foi encontrado o vazamento



Apêndice 18: Vista da área de ocupação



Apêndice 19: Despejo irregular no córrego



Apêndice 20: Vista do bairro



Apêndice 21: Ramais de alimentação da ocupação

