



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

Pedro Adryan de Queiroz Estima

ANÁLISE DAS PERDAS DE ÁGUA NO SISTEMA DE
ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO MUNICÍPIO DE FLORES -
PE

RECIFE, 2022

Pedro Adryan de Queiroz Estima

**ANÁLISE DAS PERDAS DE ÁGUA NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE
ÁGUA DO MUNICÍPIO DE FLORES - PE**

Trabalho de Conclusão do Curso (TCC), apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Área de concentração: Recursos Hídricos

Orientadora: Profa. Dra. Bruna Scandolara Magnus

RECIFE, 2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Estima, Pedro Adryan de Queiroz.

Análise das perdas de água no sistema de abastecimento de água do município de Flores - PE / Pedro Adryan de Queiroz Estima. - Recife, 2022.
68p. : il., tab.

Orientador(a): Bruna Scandolaro Magnus

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia Civil - Bacharelado, 2022.

Inclui referências, apêndices.

1. Rede de abastecimento. 2. Perdas de água. 3. Indicadores de perdas. I. Magnus, Bruna Scandolaro. (Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)

PEDRO ADRYAN DE QUEIROZ ESTIMA

**ANÁLISE DAS PERDAS DE ÁGUA NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE
ÁGUA DO MUNICÍPIO DE FLORES – PE**

Trabalho de Conclusão do Curso (TCC), apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Aprovado em: 04/11/2022.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Bruna Scandolara Magnus (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Leidjane Maria Maciel de Oliveira (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Eng. MSc. Marcos Adriano Marques Pessoa Sales (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, por tantas oportunidades e graças ao longo do curso, por me iluminar e me dar sabedoria para que pudesse completar toda minha jornada.

Agradecer a minha família, pela fé e apoio dado nos momentos mais difíceis, me dando a força necessária para prosseguir e alcançar tudo o que desfruto hoje.

Agradecer a minha orientadora, Bruna Magnus, pelo tempo e suporte oferecido, e nas várias correções, viabilizando a publicação desse Trabalho de Conclusão.

Agradeço a meus amigos, antigos e que fiz ao longo do curso, pelos momentos de apoio e descontração que tornaram minha jornada mais leve.

À Universidade Federal de Pernambuco e o Centro de Tecnologia e Geociência, que me forneceram toda a infraestrutura e docentes para que eu leve grandes conhecimentos para minha vida profissional.

E a todos que indiretamente, me auxiliaram a realizar esse sonho.

RESUMO

O Brasil é um país continental, sempre sendo destaque para a quantidade de reservas de água que dispõem em seu território, porém nos últimos anos, o país vem sofrendo com problemas relacionados a crise hídrica, onde refletem em dificuldades de geração de energia (hidrelétricas) e no abastecimento de água potável, assim, ressalta-se a importância de uma boa rede sistema de abastecimento.

Contudo, as redes de abastecimento não têm o seu funcionamento perfeito, em toda distribuição há sempre uma parte que é perdida e, consequentemente, causa prejuízos para a empresa contratada e para a população. Com isso, destaca-se a importância de um bom estudo dos sistemas de abastecimento e a elaboração de boas medidas combativas para evitar que ocorra um colapso do sistema hídrico que está sendo captado para o consumo da população.

Diante deste contexto, este trabalho tem como objetivo analisar a atual situação de perdas no sistema de abastecimento de água do município de Flores – PE, bem como propor métodos que possam diminuir o desperdício de água na sua distribuição. Este trabalho de conclusão de curso foi elaborado através da revisão bibliográfica, entrevistas com funcionários da Companhia Pernambucana de Águas e Saneamento (COMPESA) e dados disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Assim, foi elaborado gráficos através do software Excel, para a comparação com valores estaduais, regionais e nacionais.

Os resultados obtidos indicam que o município de Flores, após anos de crescimento nos valores dos indicadores, houve uma redução nos índices nos últimos anos, obtendo valores abaixo das médias comparadas. Apesar de manter resultados considerados regulares, sugere-se soluções para garantir um melhor desempenho da rede de abastecimento. Com isso, entre as medidas propostas, foi apontado a implantação de Distritos de Medição e Controle (DMC) para melhorar o monitoramento de vazões e tornar ainda mais eficientes ações de redução de perdas.

Palavras-Chave: Rede de abastecimento, perdas de água, indicadores de perdas.

ABSTRACT

Brazil is a continental country, always standing out for the amount of water reserves they have in their territory, but in recent years, the country has been suffering from problems related to the water crisis, which reflect on difficulties in generating energy (hydroelectric plants). and in the supply of drinking water, thus, the importance of a good network supply system is highlighted.

However, supply networks do not function perfectly, in every distribution there is always a part that is lost and, consequently, causes damage to the contracted company and to the population. With this, the importance of a good study of the supply systems and the elaboration of good combative measures to prevent a collapse of the water system that is being captured for the consumption of the population is highlighted.

Given this context, this work aims to analyze the current situation of losses in the water supply system in the municipality of Flores - PE, as well as to propose methods that can reduce the waste of water in its distribution. This course completion work was prepared through a bibliographical review, interviews with employees of the Companhia Pernambucana de Águas e Saneamento (COMPESA) and data provided by the National Sanitation Information System (SNIS). Thus, graphs were prepared using Excel software, for comparison with state, regional and national values.

The results obtained indicate that the municipality of Flores, after years of growth in the values of the indicators, there was a reduction in the indexes in recent years, obtaining values below the averages compared. Despite keeping results considered regular, solutions are suggested to ensure better performance of the supply network. As a result, among the proposed measures, the implementation of Measurement and Control Districts (DMC) was pointed out to improve flow monitoring and make loss reduction actions even more efficient.

Keywords: Supply network, water losses, loss indicators.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Disponibilidade Hídrica Mundial.	15
Figura 2 Sistema de Abastecimento de Água.	16
Figura 3 Captação de água.	18
Figura 4 Componentes Estação Elevatória.	20
Figura 5 Adutoras Escoamento por Gravidade.	21
Figura 6 Esquematização do tratamento e distribuição de água potável.	22
Figura 7 Rede Ramificada.....	24
Figura 8 Rede Malhada.	24
Figura 9 Esquema Abastecimento Geral.....	25
Figura 10 Tipos e percentuais de Perdas no sistema de abastecimento de água.....	27
Figura 11 Ligação tipo By-Pass.	28
Figura 12 Ligação tipo Derivação de Ramal.....	28
Figura 13 Ligação tipo Clandestino.	29
Figura 14 Componentes do controle e redução de Perdas Reais.	35
Figura 15 Combates as perdas aparentes.	36
Figura 16 Localização Município de Flores - PE.....	38
Figura 17 Sede de Flores - PE, onde foi realizado o estudo.	39
Figura 18 Localização Bacia de Fátima.	42
Figura 19 Mapa de Abastecimento em Flores, Adaptado.	43
Figura 20 Estação de Tratamento de Água de Flores – PE.....	44
Figura 21 Localização da ETA.	45
Figura 22 Estação de Tratamento de Água.	46
Figura 23 Reservatório da cidade de Flores - PE.....	46
Figura 24 Extensão da rede de Abastecimento.	47
Figura 25 Relação População e Consumo.....	49
Figura 26 Relação Volume Produzido x Volume Consumido.....	50
Figura 27 Perdas Percentuais.	51
Figura 28 Perdas por Ramal.....	51
Figura 29 Perdas por Extensão.....	52
Figura 30 Comparativo Perdas Percentuais.	53

Figura 31 Perdas por Ramal ($\text{m}^3/\text{dia}/\text{ligação}$).	53
Figura 32 Perdas por Extensão de Rede ($\text{m}^3/\text{dia}/\text{km}$).	54
Figura 33 Medidas de Combate à perdas.	55

Sumário

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Justificativa e motivação	13
1.2 Objetivos Gerais e Específicos.....	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 Disponibilidade Hídrica	15
2.2 Sistema de Abastecimento de Água	16
2.3 Componentes do Sistema de Abastecimento de Água.....	17
2.3.1 Manancial	17
2.3.2 Captação	18
2.3.3 Estação Elevatória	19
2.3.4 Adutora.....	21
2.3.5 Estação de Tratamento de Água.....	21
2.3.6 Reservatório.....	22
2.3.7 Rede de Distribuição	23
2.4 Perdas no Sistema de Abastecimento.....	24
2.4.1 Perdas Reais.....	26
2.4.2 Perdas Aparentes	27
2.5 Indicadores de Perdas	30
2.5.1 Indicador Percentual.....	30
2.5.2 Índice de Perdas por Ramal.....	31
2.5.3 Índice de Perdas por Extensão de Rede.....	31
2.5.4 Índice Infra estrutural de Perdas.....	31
2.5.5 Comparativo entre Indicadores.....	32
2.6 Métodos de avaliação de Perdas.....	32

2.6.1 Método do Balanço Hídrico	32
2.6.2 Vazão Mínima Noturna	34
2.7 Controle e Redução de Perdas.....	34
2.7.1 Combate Perdas Reais	34
2.7.2 Combate Perdas Aparentes.....	36
3 METODOLOGIA.....	38
3.1 Caracterização do Município de Flores - PE	38
3.1.1 Dados Gerais	39
3.1.2 Economia.....	39
3.1.3 Educação.....	40
3.1.4 Saúde	40
3.2 Caracterização da rede de abastecimento do município de Flores – PE.....	40
3.3 Quantificação dos pontos de perdas de águas.....	40
3.4 Causas dos vazamentos e desperdícios	41
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	42
4.1 Componentes do Sistema de Abastecimento de Água.....	42
4.1.1 Captação	42
4.1.2 Estação de Tratamento de Água	44
4.1.3 Reservatório.....	46
4.1.4 Rede de Distribuição	47
4.2 Hidrometração	47
4.3 Consumo	48
4.4 Indicadores de Perdas	50
4.4.1 Indicador Percentual.....	50
4.4.2 Índice de Perdas por Ramal.....	51
4.4.3 Índice de Perdas por Extensão de Rede.....	52

4.5 Comparativos	52
5 PROPOSTAS DE AÇÕES E CONTROLE DE PERDAS	56
CONCLUSÃO	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO SISTEMA DE ABASTECIMENTO FLORES-PE	64
APÊNDICE B – TERMO DE SIGILO E CONFIDENCIALIDADE	67
APÊNDICE C – TERMO DE CONSENTIMENTO DE PESQUISA ACADÊMICA.....	68

1 INTRODUÇÃO

O aumento da população induz uma crescente necessidade de abastecimento de água, o que acarreta diversos problemas que a longo prazo podem se tornar irreversíveis. O Brasil é um país continental, segundo a Empresa Brasil de Comunicação (EBC), 12% de toda água doce mundial se encontra no Brasil, contudo o país segue sofrendo ano após ano com seguidas crises hídricas. Assim, demonstra-se a necessidade de uma melhor distribuição e cuidados em como é efetuado o abastecimento no Brasil.

De acordo com o banco de dados do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS), para o ano de 2020 o Brasil tem 84,1% da sua população com acesso ao abastecimento de água, sendo que o Nordeste possui segunda pior média entre as 5 regiões nacionais com 74,9% da população com abastecimento. O estado de Pernambuco se destaca ficando acima da média regional com 81,7%, contudo ainda abaixo da média nacional. Para o estado de Pernambuco e a região nordeste, a disponibilidade hídrica para o abastecimento sempre foi um problema. Grande parte da Região Nordeste encontra-se no Polígono da Seca, que é uma área caracterizada por longos períodos de estiagem, abrangendo mais da metade da população nordestina, onde por sua baixa pluviosidade causa forte impacto no abastecimento da região. A transposição do Rio São Francisco, possibilitou que diversas cidades Pernambucanas apresentassem um abastecimento adequado a sua população, sobretudo no interior do estado, causando assim, uma melhora nos índices estaduais de abastecimento.

O alto consumo de água potável da população e a falta de chuvas, acarretam cada vez mais a crise hídrica. Esse consumo crescente tem parte de seu abastecimento convertida em desperdício, essas perdas de água podem ocorrer por vazamentos nas tubulações de abastecimento e ligações clandestinas. Tais perdas afetam não só a sociedade como também a companhia de distribuição e a natureza. De acordo com o SNIS, em 2022 houve perdas de 40,1%, dentre perdas físicas e não físicas (aparentes), em todo o abastecimento brasileiro, sendo as médias de Pernambuco e Nordeste maiores que a média nacional, possuindo valores de 49,9% e 46,3% respectivamente

A Lei 14.026 de 15 de julho de 2020 tem como objetivo melhorar os índices de saneamento básico no Brasil. A lei recentemente aprovada tem dentre suas metas a universalização do abastecimento de água potável e coleta de esgoto até o ano de 2033, ou seja, disponibilizar água tratada para 99% da população brasileira e de, no mínimo, 90% da

população tenham coleta e tratamento adequado de esgoto. Para a coleta de resíduos sólidos, o prazo estabelecido no Marco varia de acordo com a quantidade da população residente, tendo esse prazo estabelecido para 2021 em capitais e regiões metropolitanas, e para 2024 em cidades com menos de 50 mil moradores. Além disso, segundo o artigo 11-B da lei mencionada, deve ser definido em seus contratos de prestação metas quantitativas de não intermitência do abastecimento, de redução de perdas e de melhoria dos processos de tratamento. Para as perdas de abastecimento, o inciso 2 do artigo 43 aponta que: “A entidade reguladora estabelecerá limites máximos de perda na distribuição de água tratada, que poderão ser reduzidos gradualmente, conforme se verificarem avanços tecnológicos e maiores investimentos em medidas para diminuição desse desperdício”. Assim os municípios terão que se adequar e reajustar suas redes de abastecimento para suprir a demanda necessária para que a meta seja cumprida. Portanto torna-se necessário a avaliação da rede, identificando pontos de perdas de água e propondo melhorias economicamente viáveis para a realidade nacional e municipal.

Nesse contexto, o presente trabalho propõe uma avaliação do sistema de abastecimento de água da cidade de Flores – PE, e suas perdas provenientes de cada unidade do sistema, bem como propor soluções para a mitigação deste problema. O município de Flores pertence ao semiárido nordestino, onde não dispõe a mesma frequência de chuvas e disposição de água das demais regiões do país, apresentando assim uma grande falta de água, sendo que a vulnerabilidade é decorrência da instabilidade climática, dramatizada pelos períodos de seca que ocorrem em média, a cada cinco anos (Cruz et. al., 1999).

1.1 Justificativa e motivação

O planeta Terra vive em uma crescente necessidade de obtenção de água para o consumo, com isso empresas de abastecimento procuram novos mananciais para suprir a demanda da população, acarretando problemas que ao longo prazo se tornam irreversíveis. Desta forma, medidas devem ser tomadas para se estabelecer um consumo sustentável de água. Um método para se reduzir desperdícios de água é o estudo de perdas no abastecimento, onde é obtido dados desde a obtenção até o destino final, onde a companhia de abastecimento pode usar resultados encontrados para uma atualização ou correção da rede de abastecimento.

1.2 Objetivos Gerais e Específicos

O objetivo geral é a avaliação do Sistema de Abastecimento de Água do município de Flores – PE, identificando as perdas de água no sistema, apresentando soluções mitigadoras para este problema.

Os objetivos específicos podem-se listar:

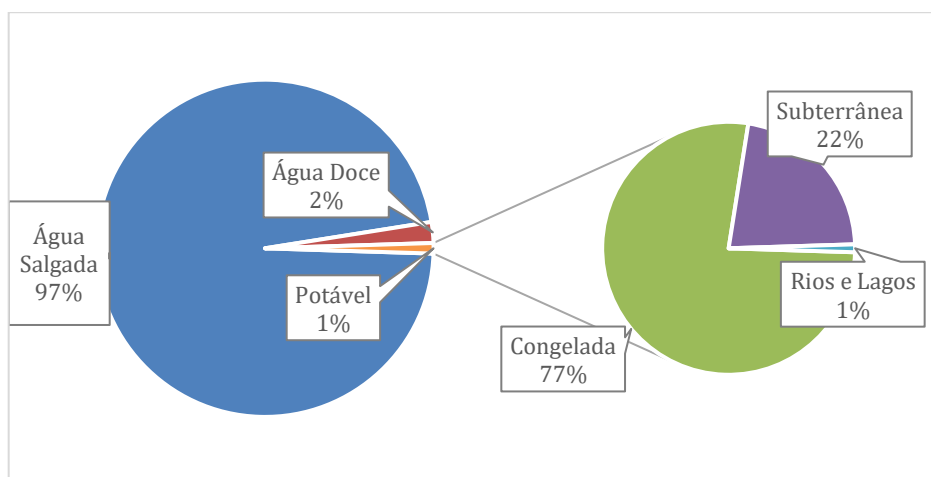
- Caracterização da rede de abastecimento do município de Flores – PE;
- Apontar causas responsáveis por vazamentos e desperdícios;
- Expor soluções econômicas onde se resolvam o problema.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Disponibilidade Hídrica

A água é um elemento essencial para a vida na Terra, sem ela não existiria atividade biológica conhecida. Segundo a World Wildlife Fund Brasil (WWF Brasil), cerca de 70% de toda a superfície terrestre está coberta por água sendo desse valor cerca de 3% é composto por água doce. Considerando esse pequeno percentual de água doce, torna-se necessário cuidados com suas distribuições e usos conscientes, tendo em vista o consumo crescente e descontrolado dos recursos hídricos. Contudo, a exploração da água potável no planeta não é simples, pois a imensa maioria desses recursos encontra-se em situações onde sua extração seria complexa e de grande custo, de acordo com a WWF Brasil, a água potável pode ser localizada de acordo com o gráfico abaixo.

Figura 1 Disponibilidade Hídrica Mundial.



Fonte WWF

Do total de água doce mostrado acima, a maior parte encontra-se imprópria para o consumo humano por contaminações dos corpos hídricos. A quantidade que pode ser consumida pelos humanos é denominada Água Potável, onde deve obedecer a padrões de potabilidade que são especificados na Portaria MS nº 888/2021.

Águas subterrâneas, em sua maioria, obedecem aos padrões de potabilidade determinadas na portaria, porém águas de rios e lagos necessitam de tratamento. Sendo assim, ao ser identificado algum tipo de impureza na água, ela é destinada às estações de tratamento, onde são retiradas todas as impurezas que podem vir a causar danos à saúde humana, logo após, as águas são lançadas nas redes de distribuição, garantindo o abastecimento da população.

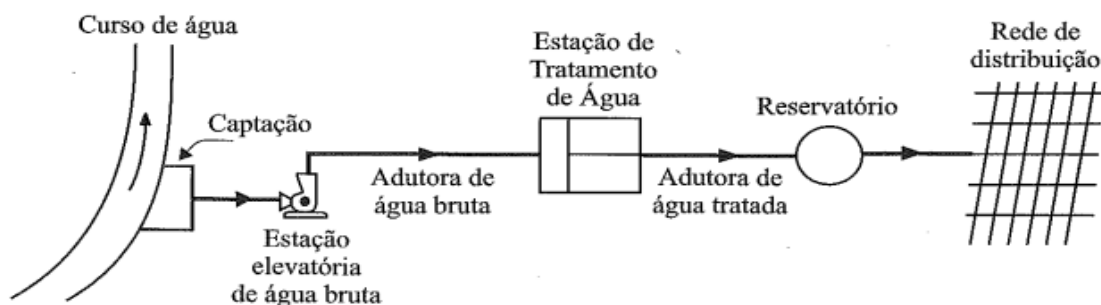
2.2 Sistema de Abastecimento de Água

Denomina-se um sistema de abastecimento de água um conjunto de equipamentos, serviços e infraestruturas que tem objetivo de propiciar água potável para o consumo humano, industrial e outros. Sendo composto por três partes principais, sendo elas:

- Captação de água (Superficiais ou subterrâneas);
- Estação de tratamento (ETA);
- Rede de distribuição.

A figura abaixo exemplifica as etapas desde a captação até a rede de distribuição.

Figura 2 Sistema de Abastecimento de Água.



Fonte Tsutiya (2006)

Nos últimos anos o Brasil vem investindo cada vez mais em sua rede de abastecimento, segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) no ano de 2020, houve um investimento de R\$ 6,02 bilhões de Reais em toda a rede Nacional, atendendo cerca de 175,5 milhões de pessoas, alcançando 84,1% de abastecimento de água. O quadro abaixo apresenta a evolução do abastecimento de água ao longo dos anos.

Quadro 1 Abastecimento de Água no Brasil

Região	Índice de Atendimento Total de Água ao longo dos anos						
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Norte	54,5%	56,9%	55,4%	57,5%	57,1%	57,5%	58,9%
Nordeste	72,9%	73,4%	73,6%	73,3%	74,2%	73,9%	74,9%
Centro Oeste	88,9%	89,6%	89,7%	90,1%	89,0%	89,7%	90,9%
Sudeste	91,7%	91,2%	91,2%	91,3%	91,0%	91,1%	91,3%
Sul	88,2%	89,4%	89,4%	89,7%	90,2%	90,5%	91,0%
Brasil	83,0%	83,3%	83,3%	83,5%	83,6%	83,7%	84,1%
Investimento (Em bilhões de Reais)	5,06	5,73	5,92	5,57	5,75	5,76	6,02

Fonte: SNIS (2022)

Visando a universalização dos sistemas de abastecimento de água, o Governo Brasileiro formulou a lei nº 14026/2020, onde impõe o Novo Marco Legal dos sistemas de saneamento básico, onde afirma que os contratos de prestação dos serviços públicos de saneamento básico deverão definir metas que garantam o atendimento de 99% da população com água potável até o final de 2033.

Os princípios fundamentais do Novo Marco Legal são:

- Universalização dos Serviços;
- Eficácia dos resultados;
- Eficácia e Sustentabilidade;
- Transparência dos serviços.

Houveram algumas mudanças na lei quando se leva em consideração o antigo marco de saneamento. As principais mudanças que ocorreram foram: Obrigatoriedade de Licitação (Empresas privadas passam a participar de licitações), Criação de blocos e regionalização (Criação de um grupo de cidades para melhorar os serviços de saneamento), Regulação pela Agência Nacional de Águas (Regularização federal do setor de abastecimento estabelecendo normas e padrões) e cadeia produtiva (Expansão da rede causará grande investimento em materiais hidráulicos).

O novo Marco Legal do Saneamento, sancionado em julho de 2020, até Abril/22, já gerou, aproximadamente, R\$ 72,2 bilhões em investimentos, segundo informações do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR). De acordo com a CNN, somente em 2021, houve um investimento no setor de saneamento básico no Brasil de, aproximadamente, R\$ 42,8 bilhões em investimentos. Apenas os leilões de concessões de serviços garantiram R\$ 37,7 bilhões.

2.3 Componentes do Sistema de Abastecimento de Água

2.3.1 Manancial

Manancial é designado como um dado corpo de água, superficial ou subterrânea, onde será retirado a água que será destinada ao abastecimento. Esse corpo d'água deve conter uma vazão que possa suprir as necessidades do local aonde está sendo enviado (Tsutiya, 2006).

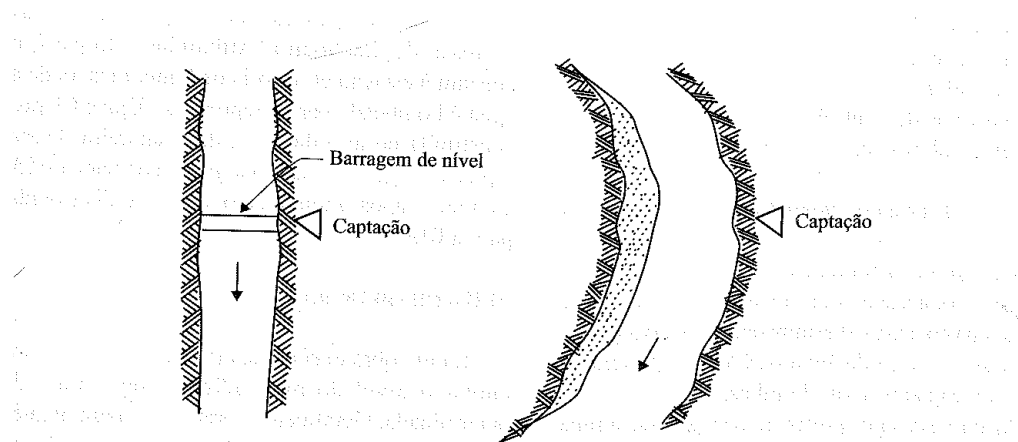
- Manancial superficial é composto por cursos d'água, sendo eles, córregos, rios, lagos e represas, onde tendem a sofrer com a expansão da malha urbana e, conseqüentemente, sua poluição.
- Manancial Subterrâneo: é composto por um aquífero, onde são formados através de infiltrações da água através das formações geológicas. Em sua grande parte, possui água mais potável do que os mananciais superficiais, contudo sua retirada tem um maior custo e em caso de uma retirada sem controle, pode ocasionar em problemas no solo, podendo ocorrer um colapso.

2.3.2 Captação

De acordo com o Heller (2010), captação pode ser designado como um conjunto de equipamentos onde tem a finalidade de retirar a água do manancial para abastecimento. Na captação de mananciais superficiais tubulações são colocadas no leito do sítio para colher a água. Quando o consumo tende a ser menor do que a vazão mínima do manancial, a captação tende a ser feita por fio d'água, quando o consumo ultrapassa, tende a ser construída um reservatório de regularização. Na captação de águas subterrâneas, a captação é feita após ser perfurado um poço acima do local do aquífero, assim por meio de tubos e bombas (quando necessário) são obtidos a vazão necessária.

A escolha para o local de captação de um manancial superficial, como um rio, pode ser realizada por um trecho retilíneo ou côncavo, sendo o último sendo efetuado a captação na curvatura mais externa. Assim, evita-se a obstrução dos equipamentos pelos bancos de areia. A figura abaixo demonstra as captações.

Figura 3 Captação de água.



Fonte: Tsutiya, 2006.

Tsutiya (2006) aponta alguns cuidados que devem ser tomados para que a captação de água seja efetiva, assim alguns cuidados que devem ser tomados são:

- Evitar locais em que ocorra formação de bancos de areia;
- Locais em que as margens sejam estáveis;
- Locais com inundações frequentes.

Existem diversos meios de captação de água, abaixo podemos apontar alguns métodos de captação, sendo assim, temos:

Captação de águas pluviais: É efetuado a coleta da água da chuva por meio de coletores, que são ligados às calhas, fazendo assim, sua captação inicial e encaminhando a água para um filtro inicial, que retira folhas e galhos. Em seguida, um filtro retira impurezas menores, e por fim, é reservado em um reservatório.

Captação subterrâneas: É realizada através de poços tubulares, sendo utilizada uma perfuratriz que, dependendo do tipo do solo que está abaixo, há variação no tipo da perfuração, podendo ser: Perfuração rotativa, perfuração a percussão ou roto-pneumática.

Captação superficiais: Realizada em lagos, rios ou represas sendo captadas diretamente do corpo hídrico ou através de um derivado (canal). As partes constituintes da captação podem ser:

- Barragem, vertedor ou enrocamento;
- Tomada d'água;
- Gradeamento;
- Desarenador;
- Dispositivos de controle;
- Canais e Tubulação.

2.3.3 Estação Elevatória

É caracterizado por um conjunto de bombas, com o objetivo de fazer o recalque da água levando a mesma para a próxima unidade de distribuição, conduzindo a água para cotas mais elevadas. Podendo também ser usado para aumentar a adução do sistema.

Segundo Heller (2010), há três tipos de Estações elevatórias, sendo elas:

- Estações elevatórias de Água Bruta: Destinada a água sem tratamento;
- Estações Elevatórias de Água Tratada: Destinado a água tratada;

- Boosters: Localizado entre reservatórios ou na rede de distribuição.

Heller (2010) apresenta equipamentos que estão presentes nas estações, assim pode-se listar:

Válvula de pé com crivo: Tem como objetivo, evitar o retorno da água, após o desligamento da bomba. Localiza-se na parte inferior da tubulação, quando a bomba está acima do nível d'água;

Redução Excêntrica: Funciona evitando o surgimento de bolhas de ar, e consequentemente, evitando a ocorrência de problemas na bomba;

Ampliação Concêntrica: Faz o ajuste entre os diâmetros da tubulação e da bomba;

Válvula de Retenção: Protege a bomba contra o retorno de água;

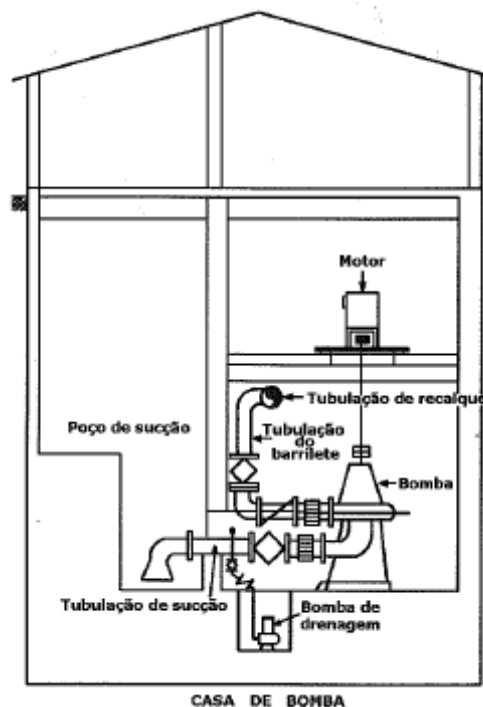
Válvula de registro: Controla a vazão da água e auxilia na manutenção da válvula de retenção;

Bomba: Usa a energia mecânica em hidráulica, com a força dada pelo motor, “puxando” a água de um nível menor;

Motor: Fornece energia as bombas, podendo ser por eletricidade, diesel ou gasolina. Há métodos mais antigos como cata-vento e roda d'água.

A figura abaixo demonstra os componentes da Estação Elevatória.

Figura 4 Componentes Estação Elevatória.



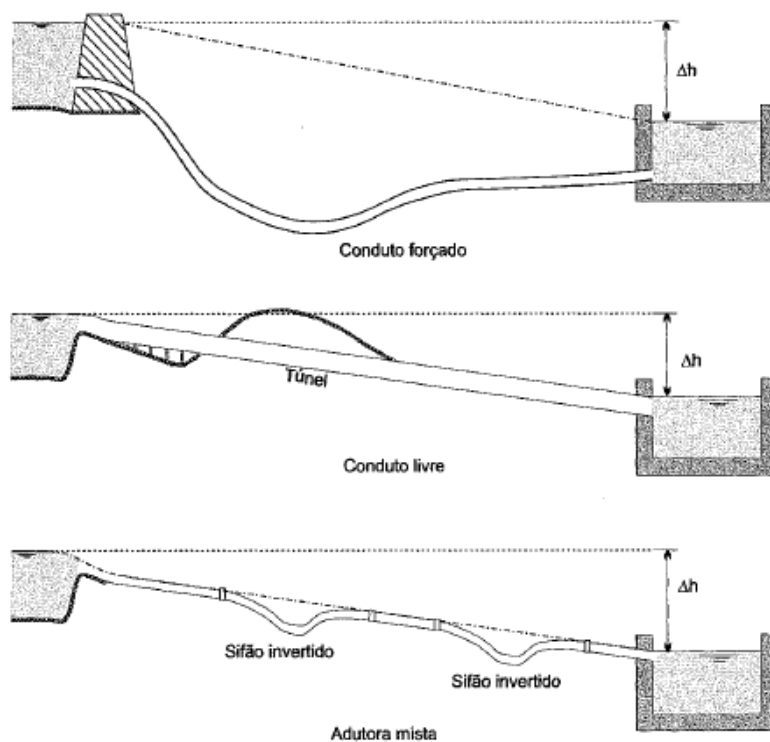
Fonte: Heller (2010)

2.3.4 Adutora

Conjunto de tubulações e conexões que tem por finalidade o transporte da água entre as unidades de distribuição, interligando a captação até as estações de tratamento e entre essas e o reservatório. Quando são derivadas de outras adutoras são denominadas subadutoras.

O traçado de uma adutora deve ser feito após um estudo topográfico na região para evitar regiões que impossibilitem sua passagem ou manutenção, como áreas de pântano. Deve também ter atenção grande declividades e diferenças de cotas, pois é priorizado o escoamento por gravidade, onde não é necessário a utilização de bombas para o transporte da água, gerando economias ao projeto de implantação.

Figura 5 Adutoras Escoamento por Gravidade.



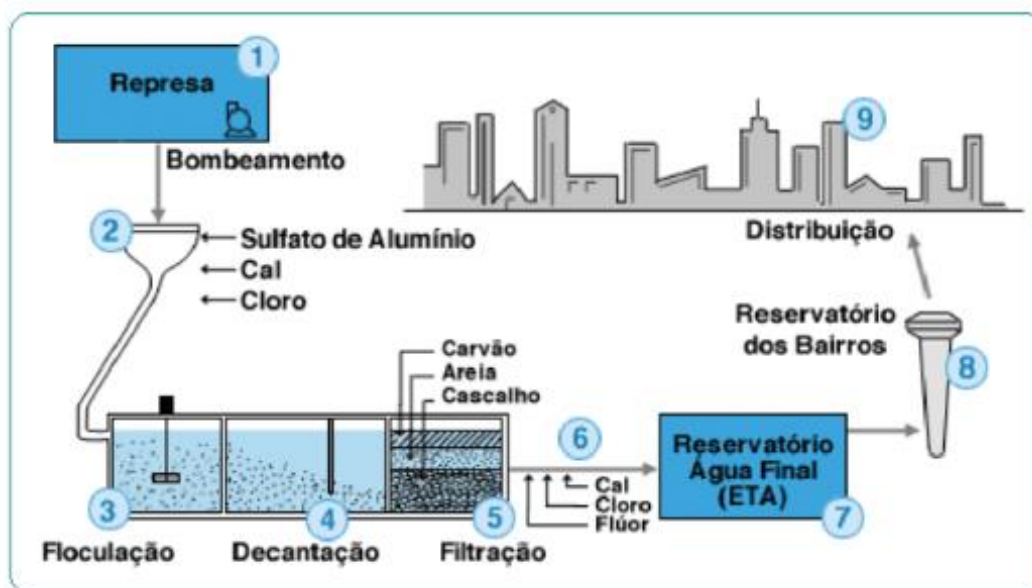
Fonte: Heller (2010)

2.3.5 Estação de Tratamento de Água

Unidade responsável por realizar o tratamento da água, filtrando e adicionando produtos que tornam a água potável para o consumo humano seguindo a Portaria MS 888/2021. O volume de água que uma estação pode filtrar varia de acordo com a necessidade de consumo da região em que será abastecida. O processo de tratamento é dividido em algumas fases tais

como, decantação e filtração. Na imagem abaixo fica esquematizado o processo de tratamento de água para consumo.

Figura 6 Esquematização do tratamento e distribuição de água potável.



Fonte: SABESP

Nas ETAs para abastecimento, em sua maioria, os processos para tratamento da água são efetuados de acordo com a imagem acima. É realizada a cloração (Adição de cloro para a eliminação de microrganismos vivos que possam vir causar danos à saúde), fluoretação (Prevenção da cárie dentária) e a correção de pH.

Quando há a presença de substâncias orgânicas e inorgânicas, que diferem das comumente são encontradas nos corpos de água, podem ser necessários outros meios de tratamento, tais como: abrandamento (Redução da dureza da água), adsorção (Moléculas presentes na água se fixarem em outro composto), aeração (Transferência de substâncias solúveis do ar para a água), oxidação (Oxidação de metais presentes na água).

2.3.6 Reservatório

Segundo Tsutiya (2006) é a unidade responsável pelo acúmulo de água antecedendo a distribuição na rede, por ter essa função de acúmulo, o reservatório fica responsável pelas regularizações das vazões e pressões do sistema, garantindo uma maior segurança ao sistema em caso de crise hídrica.

Para evitar altos consumos de energia elétrica, os reservatórios são feitos por meio de instalações elevatórias causando menores variações de pressão, permitindo assim a adução por gravidade.

Heller (2010) aponta que os reservatórios tem como objetivo:

- Regularizar as vazões de adução e distribuição;
- Regularização das pressões na rede;
- Servir de reserva para combate a incêndio ou situações de emergência.

A regularização da vazão é necessária para o abastecimento, para que seja reduzido o abastecimento em períodos de menor demanda, evitando o desperdício e reduzindo a pressão da coluna de água no sistema de abastecimento.

2.3.7 Rede de Distribuição

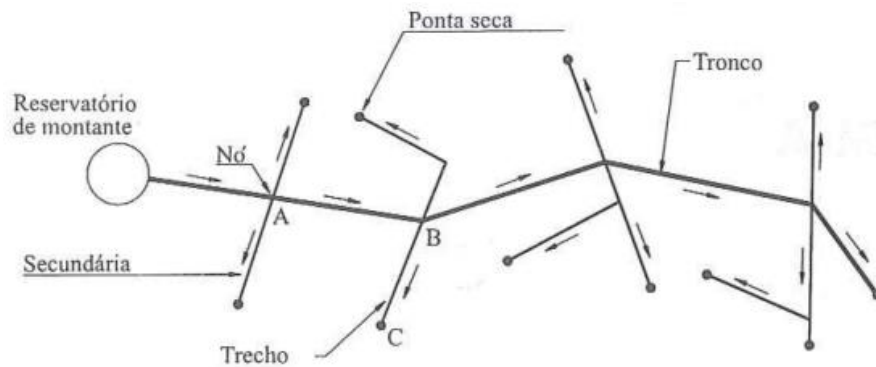
Conjunto de tubulações e conexões que tem como finalidade fornecer água potável em quantidade, qualidade e pressão adequadas aos consumidores (Heller, 2010).

A rede de distribuição merece constante atenção, pois como são projetadas para serem abaixo do solo, uma má execução do projeto ou a falta de manutenção, pode fazer a rede apresentar diversos contratempos que não serão percebidos até que se torne um problema mais grave.

As redes de distribuição podem ser configuradas como:

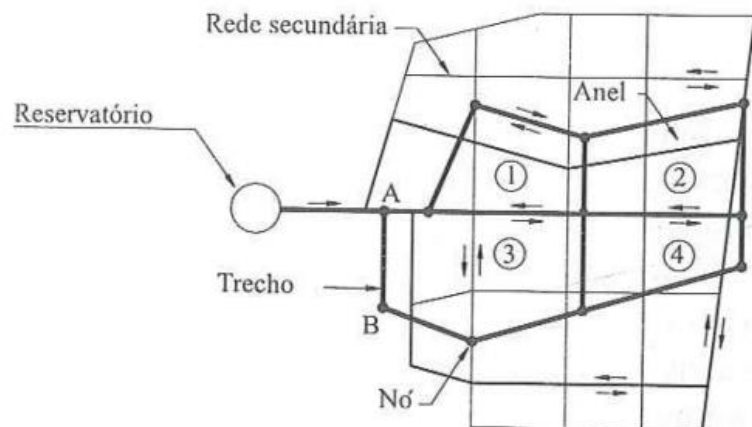
- Rede Ramificada: É caracterizado por uma rede principal, sendo ligada diretamente pelo reservatório ou estação elevatória, abastecendo condutos secundários que realizam o abastecimento.
- Rede Malhada: Formado por anéis ou blocos, onde possibilita o abastecimento de qualquer lugar da rede por mais de um caminho.
- Rede Mista: É a rede que é composta pela união da rede malhada e ramificada.

Figura 7 Rede Ramificada.



Fonte: Porto (2006)

Figura 8 Rede Malhada.

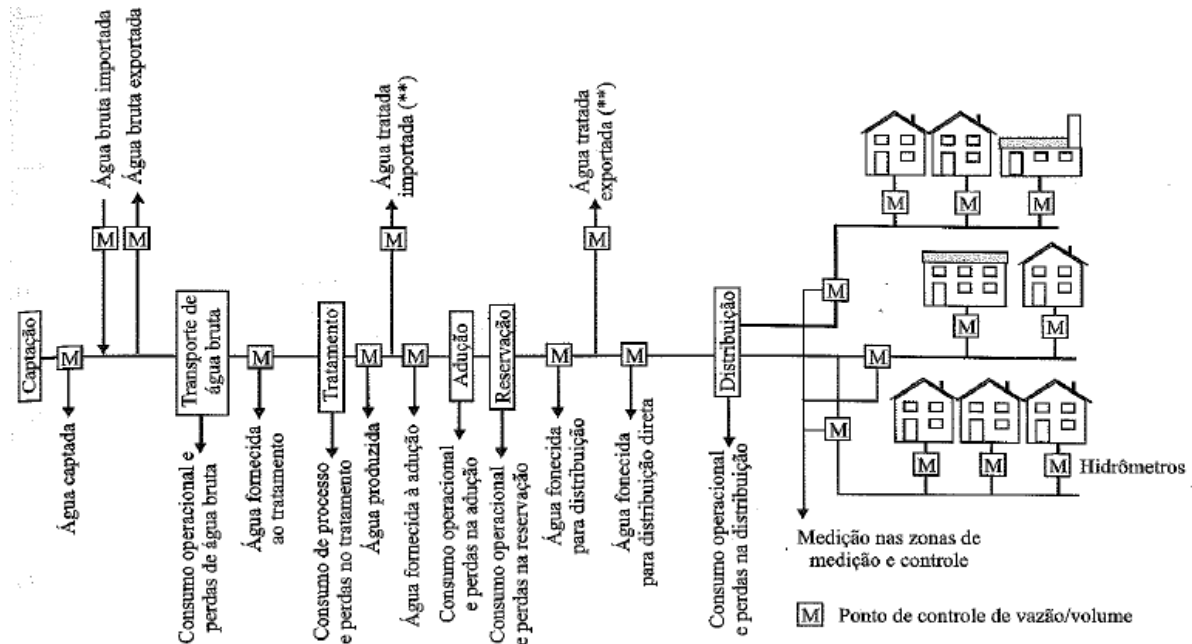


Fonte: Porto (2006)

2.4 Perdas no Sistema de Abastecimento

No começo do processo de abastecimento (captação) até a distribuição final ao consumidor ocorre perdas de água no sistema, seja no seu tratamento, ou no armazenamento em reservatórios. Nenhum processo é 100% eficaz, assim as empresas de distribuição de água trabalham com uma margem de perdas em seus processos de distribuição impondo um aspecto mais realista aos valores trabalhados na empresa. Para isso são colocados medidores onde torna-se possível a verificação da quantidade captada e a quantidade distribuída, a imagem a seguir apresenta como são impostas as medições ao longo do sistema.

Figura 9 Esquema Abastecimento Geral.



Fonte: Alegre (2000)

Portanto, para evitar perdas é necessário que os sistemas de abastecimento sejam bem operados e com manutenções frequentes. Tem-se que até a etapa de armazenamento e distribuição, os processos são claramente visíveis e as obras por serem grandes (Estações de tratamento, Estações elevatórias) podem facilmente ter fiscalização, contendo assim um grande número de funcionários que trabalham diariamente para manter o menor número de desperdícios. Contudo logo após ser iniciado a distribuição, as redes por serem subterrâneas, tornam mais difíceis a fiscalização e manutenção, ocorrendo assim vários problemas que causa altos valores de perdas (em receitas, custos e prejuízos aos consumidores) para a empresa ocorrendo perdas não esperadas como vazamentos, erros de medição e consumos irregulares.

A IWA (Internacional Water Association) demonstra o conceito de perdas, podendo ser dividido em:

- **Perdas Reais:** É dado pela perda de água nas etapas anteriores ao consumo humano (Captação, Tratamento, Armazenamento e Distribuição).
- **Perdas Aparentes:** É caracterizado pelo volume de água que é consumido pela população onde não há registro, na grande maioria dos casos é feito na forma de fraude.

2.4.1 Perdas Reais

As perdas reais têm impacto direto na captação da água, pois torna-se necessário uma captação maior do que o volume demandado. Com isso, tem-se um aumento no custo de produção da água tratada.

Segundo Tsutiya (2006), as perdas reais ocorrem em várias etapas da distribuição, tais como: nas estruturas da ETA, tubulações das linhas de adução, nos ramais e cavaletes prediais, estruturas de reservatórios, equipamentos de elevação. De acordo com Plano Nacional de Combate ao Desperdício de água (Marcka, 2004), algumas origens para que ocorra as perdas são apresentadas no quadro abaixo.

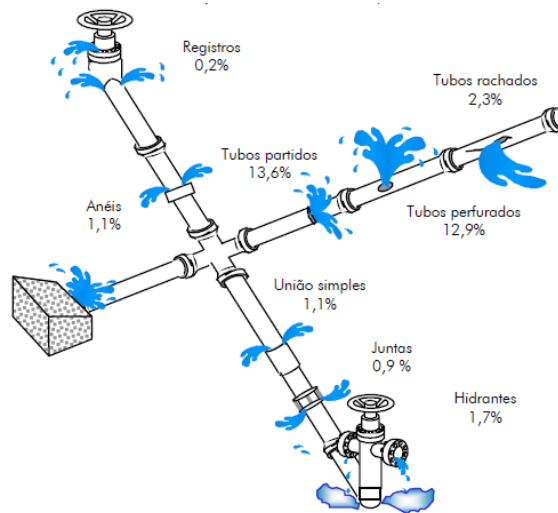
Quadro 2 Perdas Físicas por subsistema: Origem e Magnitude

Subsistema	Origem	Magnitude
Adução de Água Bruta	Vazamento nas tubulações Limpeza do poço de sucção	Variável, função do estado das tubulações e da eficiência operacional
Tratamento	Vazamentos Estruturais Lavagem de Filtros Descargas de lodo	Significativa, função do estado de instalações e da eficiência operacional
Reservação	Vazamentos Estruturais Extravasamentos Limpeza	Variável, função do estado das instalações e da eficiência operacional
Adução de Água Tratada	Vazamentos nas tubulações Limpeza do poço de sucção Descargas	Variável, função do estado das tubulações e da eficiência operacional
Distribuição	Vazamentos na rede Vazamento em Ramais Descargas	Significativa, função do estado das tubulações e principalmente de pressões

Fonte: Plano Nacional de Combate ao Desperdício de Água

As perdas na distribuição são elevadas contudo por estarem mais espalhadas tornam que ações combativas sejam muito difíceis, a figura a seguir apresenta os percentuais e tipos de perdas na rede de abastecimento.

Figura 10 Tipos e percentuais de Perdas no sistema de abastecimento de água.



Fonte: Marcka, 2004

2.4.2 Perdas Aparentes

Também chamado de perdas comerciais, são os volumes de água que são consumidos, mas não são contabilizados pela empresa responsável pela distribuição. Esse tipo de perda envolve aspectos administrativos e sociais, assim, segundo (Tsutiya, 2006), as perdas aparentes estão associadas aos faturamentos da empresa, pois a mesma deixa de faturar por volumes de água consumidos, assim como para o consumidor também não há vantagens, pois, as companhias colocam na composição de preços.

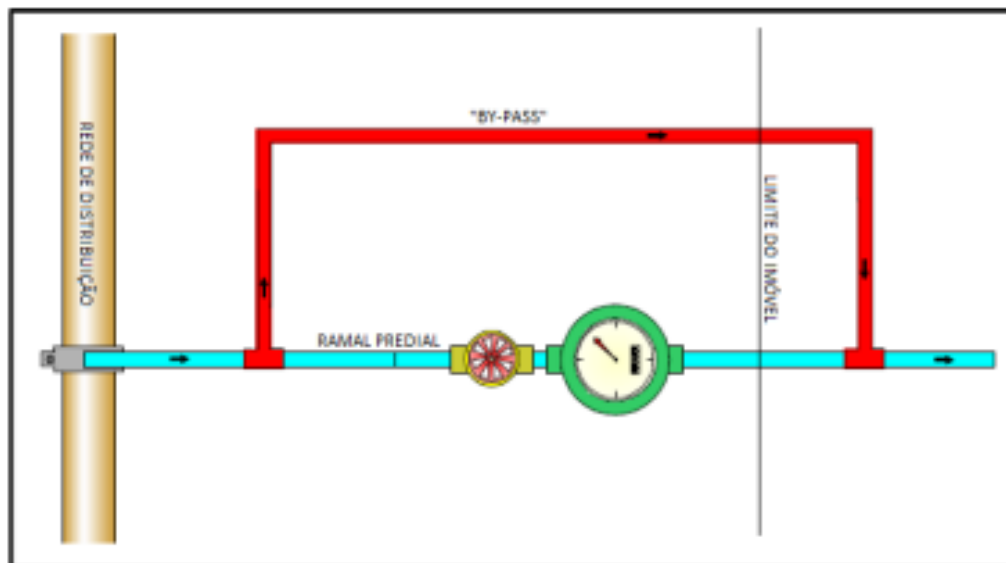
2.4.2.1 Fraudes

São modificações no hidrômetro para não seja medido uma parte ou por completo a captação de água da rede. Há 3 tipos de fraudes que são levados em consideração no sistema de abastecimento, são eles o By-Pass, Derivação de Ramal e Ligação clandestina.

- By-Pass

Neste tipo de fraude, existe uma conexão antes do hidrômetro onde posteriormente é ligado ao ramal, onde causa um desvio na água capturada, fazendo com esse o abastecimento não passe e não seja registrado pelo hidrômetro.

Figura 11 Ligação tipo By-Pass.

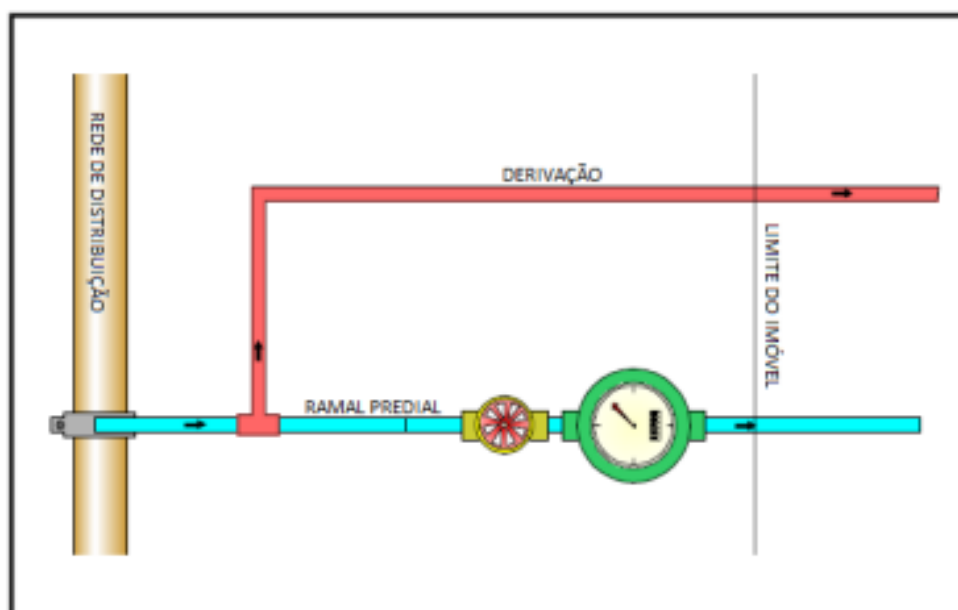


Fonte: Léo (1999)

- Derivação de Ramal

Consiste na ligação antes do hidrômetro, fazendo assim com que o abastecimento passe tanto pelo hidrômetro, quanto por esse novo ramal.

Figura 12 Ligação tipo Derivação de Ramal.

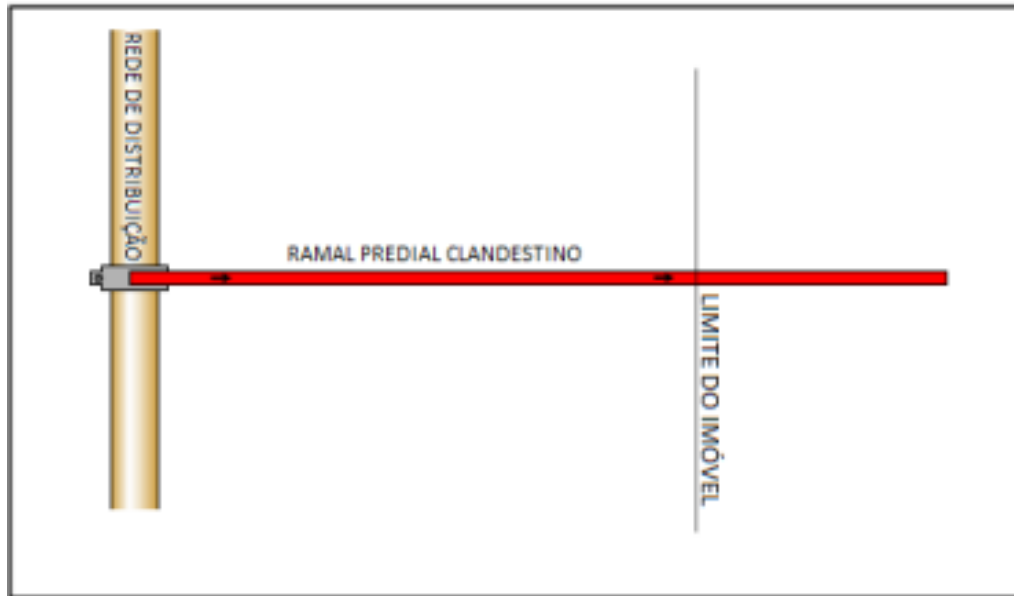


Fonte: Léo (1999)

- Ligação clandestina

É feita uma ligação na rede de abastecimento, sem qualquer tipo de permissão da empresa de distribuição.

Figura 13 Ligação tipo Clandestino.



Fonte: Lédo (1999)

2.4.2.2 Cadastro Comercial

É registrado o total de consumidores da rede de abastecimento pelo cadastro comercial, contudo, a casos onde o cadastro demora uma grande quantidade de dias para ser concluída com isso, o consumo de água não será contabilizado

2.4.2.3 Erros de Macromedição

São falhas nas medições do sistema de abastecimento, desde a captação até a entrega ao consumidor, essas falhas podem ser ocasionadas por descalibração e dimensionamento ou instalação inadequada.

2.4.2.4 Erros de Micromedição

São erros que ocorrem nos hidrômetros, fazendo assim ocorrer uma diferença entre a quantidade consumida pela residência e o volume registrado no medidor.

2.5 Indicadores de Perdas

De acordo com Alegre et al (2000), os indicadores de perdas são ferramentas que servem de base para a fiscalização da eficiência e eficácia da empresa administradora.

Magalhães (2000) afirma que os indicadores são elementos que sinalizam, comunicam, demonstram, indicam e informam sobre uma questão qualquer. Tornando possível quantificar e simplificar uma informação, facilitando sua comunicação, podem ser descritivos e representar um modelo empírico, fazendo assim, que seja viável uma comparação.

Portanto, deve-se ter o máximo de atenção e responsabilidade possível no controle quantitativo e qualitativo das informações obtidas pelos indicadores, pois é de fundamental importância que os dados obtidos tenham o máximo grau de precisão, aumentando assim sua confiança. Segundo Melato (2010), os principais indicadores propostos pela IWA são:

- Indicador Percentual;
- Índice de Perdas por Ramal;
- Índice de Perdas por Extensão de Rede;
- Índice infra estrutural de Perdas.

2.5.1 Indicador Percentual

Esse indicador é o mais fácil de ser compreendido e calculado, é dado pela razão entre o volume perdido total e o volume total disponibilizado pela distribuidora. Sendo assim é dado pela fórmula.

$$\text{Indicador Percentual (IP)} = \frac{\text{Volume Perdido Total}}{\text{Volume Disponibilizado}} * 100$$

O volume perdido é dado pela soma das perdas reais e perdas aparentes, assim se refere ao índice não faturado e não ao índice perdido, portanto não é utilizado para avaliações de perdas, sendo mais usado para avaliações financeiras de perdas. A tabela abaixo demonstra a classificação dos sistemas em relação a esse índice.

Tabela 1 Índice Percentuais de Perdas

Índice Total de Perdas (%)	Classificação do Sistema
Menor do que 25	Bom
Entre 25 e 40	Regular
Maior do que 40	Ruim

Fonte: Tsutiya, 2006.

2.5.2 Índice de Perdas por Ramal

ALEGRE, et al. (2006) afirma que para sistemas que contem densidade de ramais por extensão de rede superior a 20 ramais/quilômetros é indicado o uso desse índice. É dado pela razão do volume perdido anual com o número de ramais do sistema. O índice é calculado pela fórmula:

$$\text{Índice de Perdas por Ramal (IPR)} = \frac{\text{Volume Perdas Anual}}{\text{Número de Ramais} * 365} * \frac{T}{100}$$

“T” é caracterizado pelo percentual do ano em que o sistema está pressurizado

O resultado encontrado pela fórmula é representado como m³/ramal*dia

2.5.3 Índice de Perdas por Extensão de Rede

Esse indicador é recomendado quando a densidade de ramais por extensão de rede for inferior a 20 ramais/quilômetro. É dado pela razão das perdas anuais com o comprimento da rede do sistema de abastecimento. O índice é calculado pela fórmula:

$$\text{Índice de Perdas por Extensão de rede (IPER)} = \frac{\text{Volume Perdas Anual}}{\text{Extensão da Rede} * 365} * \frac{T}{100}$$

“T” é caracterizado pelo percentual do ano em que o sistema está pressurizado, caso não ocorra interrupção do abastecimento, o seu valor será 100%.

O resultado encontrado pela fórmula é representado como m³/km*dia.

Tsutiya (2006) afirma que o indicador distribui suas perdas para toda extensão da rede, assim caso o sistema tenha uma ocupação urbana muito alta, seus valores também serão bastante elevados.

2.5.4 Índice Infra estrutural de Perdas

De acordo com Alegre (2000) o índice infra estrutural de perdas é o mais atual meio de se comparar os sistemas, sendo desenvolvido pela IWA. É dado pela razão entre o valor perdido total anual e o nível mínimo de perdas do sistema, ou seja, suas perdas inevitáveis, seu valor é adimensional. Sendo assim, é dado pela fórmula:

$$\text{Índice Infra Estrutural de Perdas} = \frac{\text{Volume Perdas Anual}}{\text{Perdas Inevitáveis}}$$

O valor considerado perfeito é o valor unitário (um), assim quando mais distante o resultado se encontrar do valor unitário, pior será o sistema.

2.5.5 Comparativo entre Indicadores

O quadro a seguir reúne os comparativos dos indicadores com base nas suas aplicabilidades e restrições.

Quadro 3 Aplicações Recomendadas dos Indicadores de Perdas.

Objetivo	Volume por Ano	L/ramal*dia	L/km*dia	Percentual	Infra-Estrutura
Definição de metas e acompanhamento da performance, para um sistema individual	Sim, para grandes sistemas	Sim	Sim	Não	Somente se toda a gestão de pressão tiver sido implementada
Performance técnica e comparação de diferentes sistemas	Não	Não	Não	Não	Sim
Conclusões gerais a partir de sistemas únicos ou múltiplos	Não	Não	Não	Não	Sim, com outros fatores de contexto

Fonte: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental ABES (2015).

2.6 Métodos de avaliação de Perdas

Para que ocorra uma avaliação precisa de perdas, é necessário que seja feita sua quantificação. Para isso, é feita uma auditoria das águas sendo baseada em técnicas elaboradas pela Internacional Water Association (IWA). Essa auditoria pesquisa dados sobre perdas na rede de abastecimento e auxilia na elaboração de controles para fazer sua redução.

Para efetuar essa quantificação a IWA propõe duas medidas, o método do balanço hídrico e a vazão mínima noturna.

2.6.1 Método do Balanço Hídrico

O método top-down ou Balanço Hídrico, é caracterizado pelo cálculo “de cima para baixo”, ou seja, parte de um volume total conhecido (valor do volume total disponibilizado pela empresa de abastecimento) e é subtraído por valores então conhecido, que foram medidos e

certamente consumidos, assim no final sobra apenas o valor que foi perdido. Por ser bastante sensível aos dados que são introduzidos na matriz, é recomendado o uso de valores no período de um ano para que seja feita a avaliação, pois assim será utilizada uma média anual, sendo removidos períodos em que ocorram algum tipo de variação (sazonalidade). Atualmente há vários softwares e planilhas que auxiliam o cálculo. Na tabela abaixo está representado a matriz usada para ser calculado esse método.

Tabela 2 Método do Balanço Hídrico

Volume Fornecido ao Sistema (compensado para imprecisões conhecidas)	Consumo Autorizado	Consumo Autorizado Faturado	Consumo Medido Faturado	Água Faturada
			Consumo Não Medido Faturado	
		Consumo Autorizado Não Faturado	Consumo Medido Não Faturado	Água Não Faturada (ANF)
			Consumo Não Medido Não Faturado	
	Perdas de Água	Perdas Aparentes	Consumo Não Autorizado	
			Imprecisão nos Hidrômetros e Erro no Manuseio de Dados	
		Perdas Reais	Vazamentos nas Redes	
			Vazamentos e Extravasamentos em Reservatórios	
			Vazamentos em Ligações até o Hidrômetro	

Fonte: Ministério do Desenvolvimento Regional, 2022

2.6.2 Vazão Mínima Noturna

Também chamado de botton-up, é caracterizado pelos cálculos “debaixo para cima”, esse método é medido com base em vários ensaios de campo, sendo baseado nas pressões da rede de abastecimento, onde é obtido o valor de cada tipo de vazamento, onde posteriormente é somado e encontrado o valor total das perdas. O consumo mínimo é dado entre 2 e 4 horas da madrugada onde a maioria dos consumidores estão dormindo, assim os reservatórios estarão cheios, e em decorrência das pressões serem maiores, haverá mais vazamentos, então facilitando a detecção de vazamentos. De acordo com a Associação Estadual de Saneamento Básico (AESBE), é mais fácil encontrar vazamento nesse método, pois o volume de abastecimento é menos de 10% do volume que entra na rede durante o dia, por isso a maior segurança nos resultados.

2.7 Controle e Redução de Perdas

Todas as empresas que fornecem abastecimento de água enfrentam o problema das perdas, mesmo o mais moderno sistema ainda sofrerá desse problema, ainda que em pequenas quantidades, afinal nenhum sistema de abastecimento é 100% eficaz. Para que exista um bom plano de combate as perdas, torna-se necessário que todas as áreas da empresa responsável, tenham comprometimento e trabalhem juntas para a longo prazo ter sucesso. Com isso torna-se necessário medidas que diminuam ao máximo o desperdício.

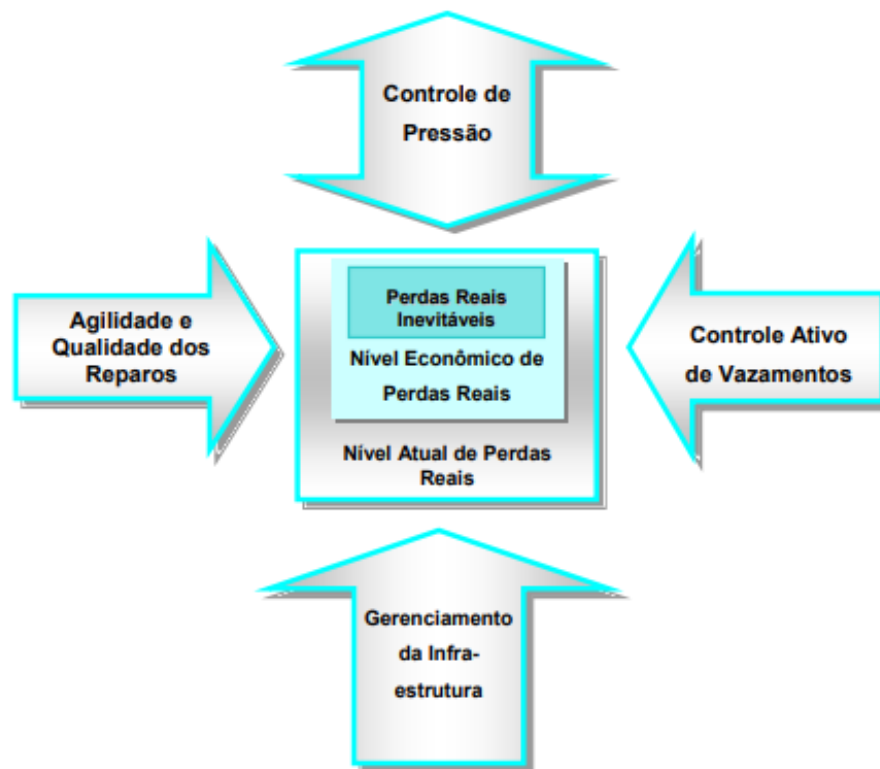
O controle de desperdícios de um SAA solicita uma grande busca e coleta de dados para que assim seja analisado e elaborado soluções para um combate efetivo, assim demonstra a necessidade da implantação de registros ao longo de todo sistema, para uma melhor coleta de dados. Uma correta distribuição dos registros garante uma alta assertividade dos valores que são perdidos e o armazenamento desses dados garante uma elaboração de um banco de dados para ver a evolução ou regressão das medidas adotadas. Para isso, deve-se ter um plano para os dois tipos de perdas, reais e aparentes.

2.7.1 Combate Perdas Reais

Diversas são as ações que podem ser usadas para evitar perdas reais, a imagem a seguir apresenta alguns componentes necessários para se elaborar o combate. Melato (2010) afirma que, para se obter uma redução eficiente, as ações devem ser realizadas simultaneamente, de

modo a reduzir a primeira camada do quadro maior (Nível Atual de Perdas Reais) até que se consiga chegar ao quadro intermediário (Nível Econômico de Perdas Reais)

Figura 14 Componentes do controle e redução de Perdas Reais.



Fonte: MELATO (2010) adaptado de THORNTON (2002)

Motta (2010) aponta outras ações para o combate, mesmo não sendo de caráter técnico, são fundamentais para se iniciar um trabalho de combate, sendo assim, eles são:

- Manter o cadastro técnico atualizado, digitalizado e georreferenciado: Onde deve-se haver informações sobre a infraestrutura existente (características da rede existente), atualizando quando houver manutenções e ampliações da rede de abastecimento;
- Setorização: Conhecimento do cadastro técnico, assim dividindo a área de abastecimento em setores, para melhor abrangência e precisão;
- Macromedição: Conhecimento do volume de todos os setores da rede, pode ser efetuado instalando registros em pontos chaves na área de distribuição, obtendo assim, as medidas dos volumes de água que chegaram no setor;

- Cadastro Comercial: Deve-se definir rotas para que ocorra a leitura dos hidrômetros diminuindo efeitos de sazonalidade e defasagem.

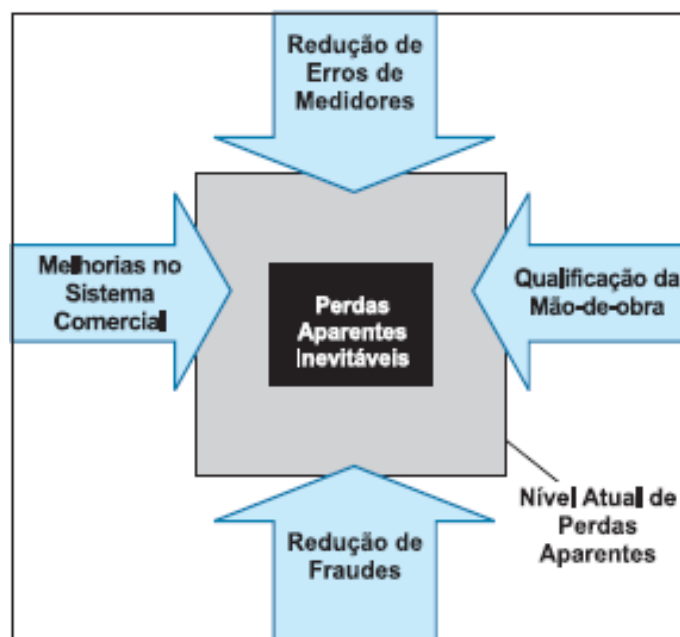
Motta (2010) ainda afirma que essas medidas são necessárias para começar o controle das perdas, e que sem elas não é possível iniciar medidas preventivas e corretivas.

2.7.2 Combate Perdas Aparentes

Segundo o Plano Nacional de Combate ao Desperdício de Água, as perdas não físicas ou aparentes representam mais de 50% do volume de água não faturada, pois depende de fatores como manutenção de hidrômetros e seu dimensionamento correto (Se adequando ao consumo do local em que é instalado).

De acordo com Malheiro (2011) é necessário a formulação de diagnósticos para caracterizar o estado das perdas e suas origens, sendo logo após elaborado um plano de redução. A figura abaixo demonstra algumas ações que podem contribuir para a redução das perdas aparentes.

Figura 15 Combates as perdas aparentes.



Fonte: Marcka, 2004

- Redução de Erros nos medidores:

Deve ser efetuado a substituição de medidores que se encontram com problemas de medição, para assim se efetuar valores precisos. Para isso, é necessário que ocorra inspeções em determinados períodos de tempo para a melhor investigação e análise completa da rede.

- Qualificação da Mão de Obra:

A modernização de equipamentos para servidores da companhia de abastecimento, tornaria o trabalho mais rápido, prático e eficiente. A implantação de equipamentos que atualizem o banco de dados para informação dos funcionários sobre residências que possuem ligações válidas e que comparem medidas atuais com médias anteriores, podem evitar grandes diferenças nos valores finais e identificação de possíveis fraudes e vazamentos.

- Redução de Fraudes:

Para reduzir o número de fraudes, a empresa distribuidora deve fazer uma “operação fraude”, onde como exemplo já mencionado, deve ser elaborado inspeções em determinados períodos de tempo para fiscalização de medidores e ligações na rede. Bancos de dados sobre hidrômetros devem estar atualizados, informando o número de ligações e suas localizações, para facilitar as inspeções, sobretudo em lugares onde tem seu atendimento cortado.

- Melhorias no Sistema Comercial:

A elaboração de um banco de dados que forneça todos as informações sobre o sistema de abastecimento da região em estudo é de fundamental importância. Não apenas dados globais, mas dados individuais de cada residência para análise e, quando necessários, investigações sobre alguma irregularidade registrada na leitura do consumo mensal. Esses bancos de dados devem estar mensalmente atualizados para precisão de dados e investigações.

3 METODOLOGIA

A metodologia proposta tem como finalidade o estudo de caso do sistema de abastecimento de água do município de Flores – PE apresentando suas características e os equipamentos que o compõem.

A análise do sistema de abastecimento será realizada a partir de consultas em mapas de distribuição da cidade por meio de visitas a prefeitura local para obtenção de dados. Para auxiliar na obtenção de dados, foi feita visitas a funcionários da COMPESA obtendo informações complementares ao que já foi obtido. A partir do estudo das informações obtidas serão formulados gráficos com índices de perdas e apontamento de locais críticos de perdas de água, sendo assim apresentados resultados e propostas para solucionar os problemas encontrados.

3.1 Caracterização do Município de Flores - PE

Localizado a 394km da capital do Estado (Recife), o município está localizado na Mesorregião do Sertão Pernambucano, na microrregião do Pajeú. Faz fronteira com o Estado da Paraíba e com o município de Quixaba ao norte, ao sul com o município de Betânia, ao leste com os municípios de Carnaíba e Custódia e ao Oeste com o município de Calumbi e Triunfo.

Segundo o censo do IBGE de 2010, a cidade consta com uma população de 22.169 habitantes, sendo 5.025 habitantes da sede da cidade, onde foi efetuado o estudo, onde 100% dos domicílios (aproximadamente 1380 domicílios) da sede constam com acesso a rede de abastecimento de água, fornecido pela COMPESA, sendo esse abastecimento oriundo da transposição da rede do São Francisco.

Figura 16 Localização Município de Flores - PE.



Fonte: IBGE

Figura 17 Sede de Flores - PE, onde foi realizado o estudo.



Fonte: Google Earth

3.1.1 Dados Gerais

Por se localizar no interior do Estado, possui um clima semiárido e consequentemente seu bioma é característico da caatinga, a sede da cidade se localiza a uma altitude de 486 metros. O seu IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) correspondente no valor de 0,556, abaixo da média nacional de 0,765.

O município de Flores tem sua maior extensão na área rural, onde a população está distribuída em seus dois distritos (Sítio dos Nunes e Fátima), cinco povoados (São João dos Leites, Tenório, Santana de Almas, Saco do Romão e Matolotagem) e em inúmeros sítios.

3.1.2 Economia

Por ter a maioria da sua população rural, a economia do município de Flores, segundo censos do IBGE, se baseia na agricultura, onde há a produção familiar e produção em escala comercial, também há grande presença da pecuária, caprinocultura e avicultura. O comércio local se baseia em instalações essenciais, tais como: mercados, farmácia, postos e lanchonetes, possuindo duas fábricas, fábrica de doces e usina de cerâmica. Segundo o IBGE, a cidade possui um Produto Interno Bruto (PIB) no valor de R\$ 170.092,84 e um Produto Interno Bruto Per capita no valor de R\$ 7.515,92.

3.1.3 Educação

A cidade possui um total de 46 escolas distribuídas em todo seu território, sendo elas: 20 de ensino infantil, 23 de ensino fundamental e 3 de ensino médio, comportando um total de 4.268 alunos matriculados (IBGE, 2010). A cidade possuiu grande resultados no ramo da educação, possuindo uma das melhores escolas da microrregião do Pajeú, sendo premiada a nível nacional, sendo essa, a escola Dário Gomes de Lima.

3.1.4 Saúde

De acordo com o IBGE, o município dispõe de 8 estabelecimentos de saúde, sendo eles 1 hospital e 7 Unidades Básicas de saúde, distribuídos ao longo do município, possuindo serviços do SAMU para todo o município. Na esfera privada, segundo a prefeitura, a cidade dispõe de um consultório oftalmológico e odontológicos, além de dois consultórios Veterinários.

3.2 Caracterização da rede de abastecimento do município de Flores – PE

Foi realizada a classificação em etapas de todas as partes constituintes da rede de abastecimento, desde sua captação no manancial até o destino final nas residências, sendo especificado cada etapa, função e local na cidade, apresentado por mapas e fotografias, além da apresentação das características presentes na tubulação. A coleta desses dados foi obtida por documentos no centro de distribuição, prefeitura local e visitas locais específicos da distribuição de água.

3.3 Quantificação dos pontos de perdas de águas

Após a caracterização da rede, foi efetuado levantamentos com os dados de perdas e calculado o índice de perdas. Para a obtenção dos dados serão utilizados o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, onde há a disponibilidade de uma grande quantidade de dados na série histórica para comparações com anos anteriores. Os pontos de perdas foram coletados junto empresa distribuidora de água e dados do SNIS.

3.4 Causas dos vazamentos e desperdícios

Por meio das informações encontradas nos últimos 20 anos, foi desenvolvido tabelas e gráficos, e assim, determinada as causas para a determinada quantidade de perdas, para isso foi feito um estudo com intermédio da bibliografia para apontar a origem, seja ela causada pelo material da rede, equipamentos ou alguma interferência externa. Sendo classificadas as causas para as perdas aparentes e reais.

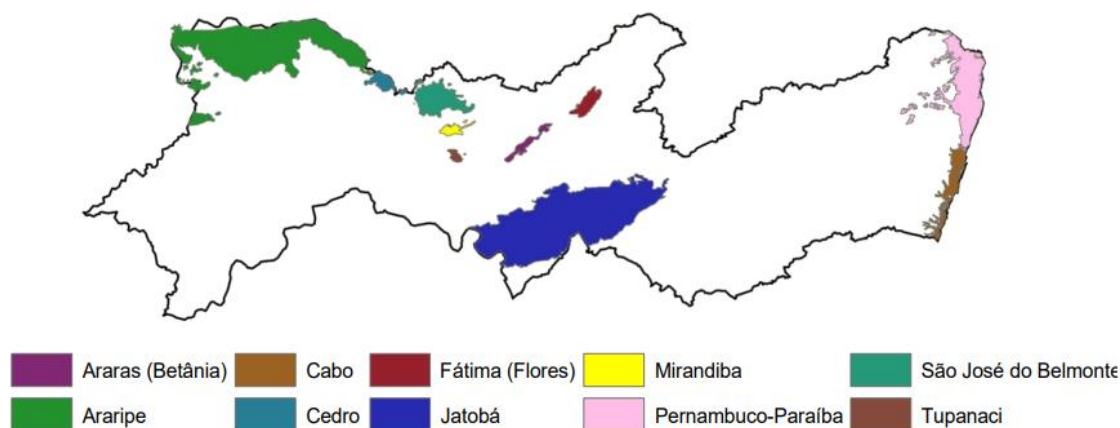
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Componentes do Sistema de Abastecimento de Água

4.1.1 Captação

Por algum tempo, a captação de água disponível para o abastecimento da cidade de Flores – PE, era efetuada pela extração da água subterrânea da Bacia de Fátima. Segundo a COMPESA, o envio da água para o município de Flores foi interrompido, em decorrência de desvios ilegais que eram efetuados na tubulação causando, dentre outros motivos, uma vazão extremamente baixa, não suprimindo a demanda de consumo do município. Contudo essa captação ainda envia água para distritos e sítios próximos, além de exportar para cidades vizinhas.

Figura 18 Localização Bacia de Fátima.



Fonte: APAC, 2019

Atualmente a captação de água do município é originário do rio São Francisco, onde a água abastece a cidade por adutoras que realizam o seu transporte. Há dois caminhos que a água efetua para chegar à cidade. O primeiro é a adutora do Pajeú, onde segue todo o traçado o Rio Pajeú cortando cidades como Serra Talhada, Flores e Afogados da Ingazeira. O segundo é o Eixo Leste da Transposição do Rio São Francisco.

O principal responsável pelo transporte de água do município em estudo é realizado pelo eixo leste da transposição do Rio São Francisco, onde uma adutora intercepta a transposição no município de Sertânia e leva a água captada até a adutora do Pajeú, utilizando a tubulação da adutora para o transporte da água. Para que isso seja possível, existe um registro antes da cidade de Flores (localizada no sítio Lagoinha), onde a água que iria na direção Serra Talhada-Flores é interrompida, possibilitando que a água da transposição chegue à cidade.

Quando ocorre alguma situação em que se necessite a interrupção do abastecimento da transposição, é fechado o registro localizado logo após a cidade de Flores, e aberto o registro localizado no sítio Lagoinha, interrompendo assim a água da transposição e fazendo a cidade ser abastecida pela adutora.

Na figura abaixo, está representado ambos os sistemas responsáveis pelo abastecimento da cidade.

Figura 19 Mapa de Abastecimento em Flores, Adaptado.



Fonte: Ministério do Desenvolvimento Regional, 2021

4.1.2 Estação de Tratamento de Água

A adutora ao chegar na cidade com a água bruta proveniente do São Francisco, é encaminhada para a Estação de Tratamento de Flores (ETA - Flores) para desinfecção de qualquer microrganismo ou impureza que esteja contido na água, seguindo os procedimentos de pureza para água potáveis contidos na Portaria MS 888/2021.

A estação de tratamento é do tipo convencional, podendo tratar uma vazão de 20L/s, com exceção do abastecimento noturno, que a vazão é reduzida para 13L/s, assim evitando o transbordamento em decorrência do baixo consumo. É composta por plástico reforçado com fibra de vidro (PRFV), possuindo seu sistema de lavagem multicelular.

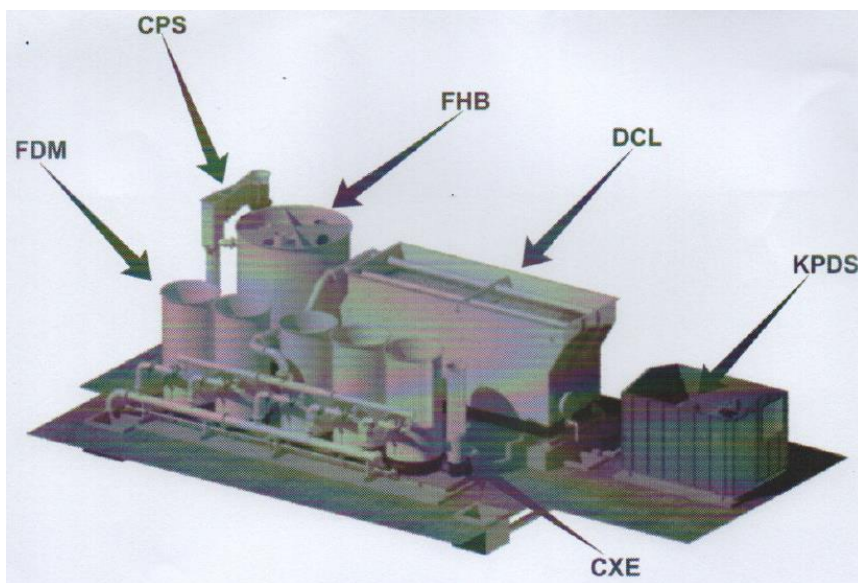
A ETA é dividida em 4 partes, sendo elas: mistura rápida, floculação, decantação e filtração descendente. Possuindo, nessas etapas, os seguintes componentes:

- 1 calha Parshall (CPS);
- 1 floculador hidráulico de bandeja (FHB);
- 1 decantador lamelar prismático (DCL);
- 5 filtros descendentes com lavagem multicelular (FDM).

Ainda fazem parte da composição 1 kit de preparação e dosagem de soluções (KPDS) e 1 caixa de equilíbrio (CXE).

A figura abaixo apresenta o modelo da ETA do município de Flores.

Figura 20 Estação de Tratamento de Água de Flores – PE.



Fonte: Manual de Operações ETA - Flores

O tratamento de água é efetuado da seguinte forma: quando a água bruta chega a ETA, é efetuada sua macromedição e assim ela entra no sistema de tratamento. Sua mistura é hidráulica, sendo realizada na calha Parshall, onde é adicionado o coagulante Sulfato de Alumínio e logo em seguida, é realizado sua medição. Logo após, a água é enviada ao floculador, onde possui, 4 bandejas perfuradas, garantindo a efetividade na aglutinação das partículas presentes na água. Assim, a água é introduzida por cima de cada câmara de floculação, sendo escoada em sentido descendente, atravessando os orifícios, colocadas perpendicular à direção do fluxo. Saindo do floculador, a água é enviada para os decantadores, onde ocorre a remoção de partículas que são decantadas no fundo do decantador, sendo sua remoção efetuado através de descargas regulares. Por fim, a água é enviada para os filtradores, que são compostos por areia e carvão antracito, encaminhando a água filtrada para uma caixa de equilíbrio. A lavagem dos filtros é feita diariamente, em períodos de baixa vazão. Logo após filtragem a água é bombeada para o reservatório e enfim distribuída na rede.

Assim que a água tratada sai da ETA é medida em um registro situado no local para análise e coleta do volume de água que está sendo disponibilizado para o consumo na rede de abastecimento.

Figura 21 Localização da ETA.



Fonte: Google Earth, 2022

Figura 22 Estação de Tratamento de Água.



Fonte: Autor, 2022

4.1.3 Reservatório

Após o processo de tratamento a água é bombeada para o reservatório da cidade (Figura 22). O reservatório possui uma capacidade máxima de 250 mil litros e tem 20 metros de altura, segundo dados informados pelo Google Earth, está a uma cota de 485 metros. Apesar de não estar no ponto mais alto da cidade, sua elevação faz com que ele se torne o ponto mais alto, assim possibilitando que a distribuição seja feita por gravidade.

Figura 23 Reservatório da cidade de Flores - PE.

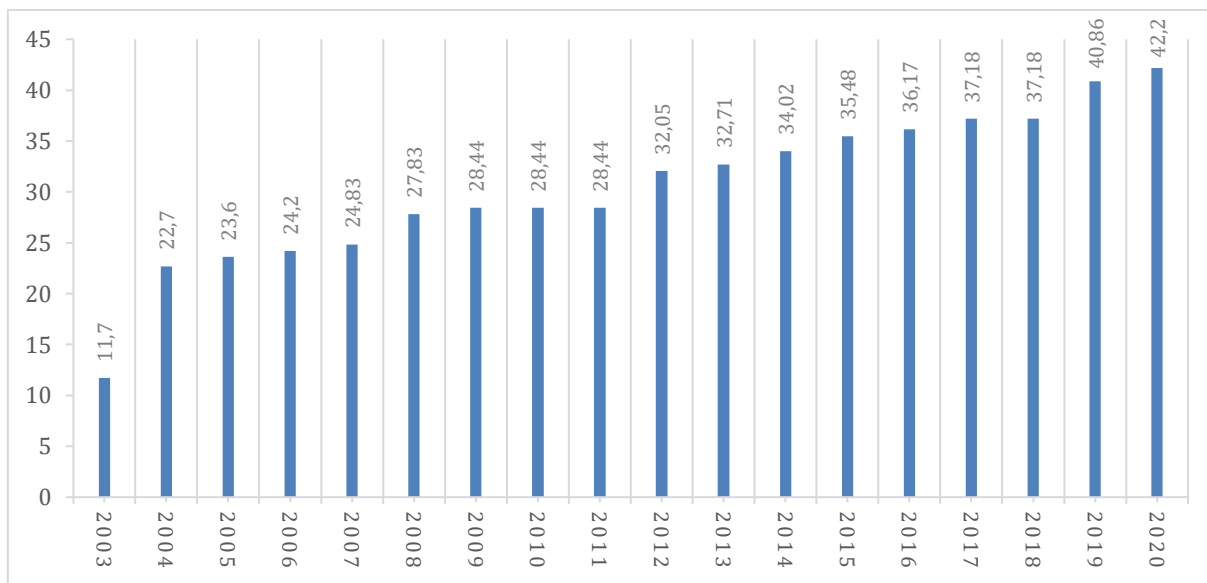


Fonte: Autor

4.1.4 Rede de Distribuição

Segundo o banco de dados da SNIS, de acordo com o último levantamento publicado em 2021, a cidade tinha 42,2 km de tubulações compondo a rede de distribuição. A tubulação da cidade é composta por PVC PBA, exceto em região de maior pressão onde essa tubulação é substituída por ferro. A figura abaixo apresenta o crescimento da rede de distribuição da cidade.

Figura 24 Extensão da rede de Abastecimento.



Fonte: SNIS, 2020

4.2 Hidrometração

Após análise no site do SNIS, foram encontrados três tipos de dados para os hidrômetros, os hidrômetros ativos, micromedidos e totais. Hidrômetro ativos refere-se ao número de ligações na rede que possuem ou não hidrômetro. Ligações micromedidas, se referem a quantidade de hidrômetros que estavam em funcionamento durante o ano. As ligações totais são a quantidade de ligações que possuem ou não hidrômetro, que foram micromedidas ou não.

Assim para encontrar o valor das ligações inativas, foi usada a fórmula:

$$\text{Ligações Inativas} = \text{Ligações Totais} - \text{Hidrômetros Ativos}$$

Para encontrar o valor de ligações que não possuem hidrômetro utiliza-se a fórmula:

$$\text{Ligações sem HD} = \text{Ligações Ativas} - \text{Ligações Micromedidas}$$

Portanto, na tabela abaixo é apresentado os dados dos hidrômetros para anos de 2020 e anteriores.

Tabela 3 Quantificação Hidrometrização.

ANO	Micromedidas	Ativas	Inativas	Sem HD	Totais
2003	1.169	1.469	198	300	1.667
2004	1.976	2.668	569	692	3.237
2005	1.937	2.749	612	812	3.361
2006	1.977	2.821	622	844	3.443
2007	2.043	2.958	588	915	3.546
2008	2.096	3.047	568	951	3.615
2009	2.091	3.152	533	1.061	3.685
2010	2.111	3.280	485	1.169	3.765
2011	2.172	3.424	435	1.252	3.859
2012	3.536	3.643	371	107	4.014
2013	3.794	3.853	362	59	4.215
2014	4.025	4.115	339	90	4.454
2015	4.188	4.272	338	84	4.610
2016	4.313	4.402	328	89	4.730
2017	4.398	4.478	321	80	4.799
2018	4.454	4.552	311	98	4.863
2019	4.487	4.614	304	127	4.918
2020	4.533	4.724	314	191	5.038

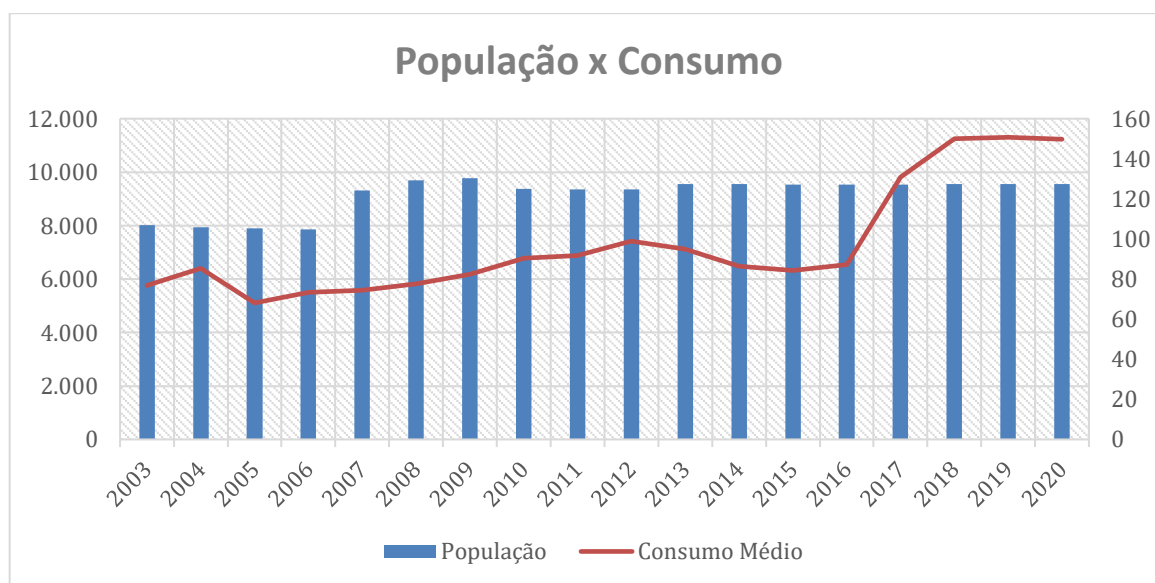
Fonte: SNIS, 2020

As ligações inativas, são aquelas que não estão ligadas a rede, portanto não recebem o abastecimento. Para as ligações sem hidrômetros elas recebem o abastecimento, porém não tem o seu valor marcado no registro, assim de acordo com gerente local da COMPESA, o valor cobrado aos moradores é equivalente a taxa mínima de água, onde atualmente equivale a R\$50,50.

4.3 Consumo

A Figura 25 demonstra a relação do crescimento populacional e o aumento do consumo, nota-se que a população da área urbana da cidade ficou estagnada enquanto houve o crescimento do consumo do abastecimento.

Figura 25 Relação População e Consumo.



Fonte: SNIS, 2020

Ainda que não ocorra crescimento populacional, ainda existe diversos fatores que contribuem para esse aumento do consumo. Alguns fatores que podemos apontar são:

- Desenvolvimento Econômico da cidade: Onde o seu crescimento comercial serve de atração para pessoas de outras localidades e da zona rural se deslocarem para a cidade aumentando momentaneamente o consumo;
- Aumento de Atividades Produtivas: Em volta da cidade, há uma grande presença de chácaras e fazendas onde existe produções agrícolas e produção de animais. Por ser uma cidade pequena, grande parte do comércio local se baseia nessa fonte de renda. Assim com expansões dessas produções, há também uma maior necessidade de água para desenvolvê-la, contribuindo assim com um aumento no consumo local;
- Expansão da rede de Abastecimento: Como visto na Figura 24, houve um aumento na malha de abastecimento, assim o abastecimento é levado a regiões mais carentes da cidade, implicando no aumento do consumo total.

O volume produzido para o consumo em alguns anos foi bem superior ao volume total consumido pela população. Segundo o SNIS, após o ano de 2012, houve uma diminuição do volume produzido para o consumo, para estabilizar com o volume que é consumido pela cidade.

Figura 26 Relação Volume Produzido x Volume Consumido.



Fonte: SNIS, 2020

4.4 Indicadores de Perdas

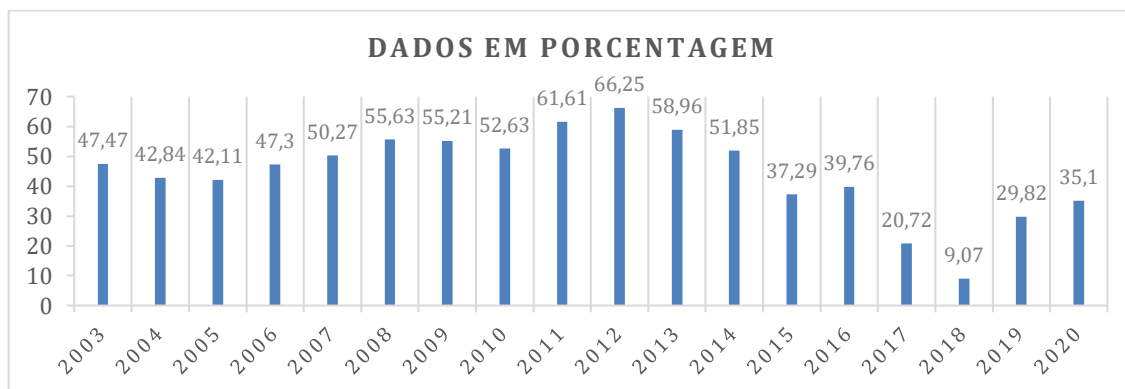
4.4.1 Indicador Percentual

O gráfico abaixo apresenta o Índice Percentual de Perdas (IPD) entre os anos de 2003 – 2020, nota-se que em 2012 o sistema chegou ao ápice de perdas no período estudado, alcançando 66,25%. Logo após a máxima, houve um decréscimo nos valores, chegando a 9,07% no ano de 2018, segundo as classificações valor considerado ótimo.

Contudo, posteriormente houve novamente um aumento dos valores, onde em 2020 chegou a 35,1%, valor considerado regular, mesmo ainda não sendo um valor alarmante igual 2012, apresenta preocupação devido ao crescimento rápido em comparação ao que tinha em 2018.

As oscilações de crescimento e queda nos valores, são causados em decorrência do volume produzido e consumidos apresentados na Figura 26. Onde os anos há maior diferença entre os valores produzidos e consumidos, foram os mesmos em que houve maior perda. E consequentemente, os anos em que o volume produzido foi próximo ao consumido pela população, 2018, foi o ano em que o percentual foi mais baixo.

Figura 27 Perdas Percentuais.



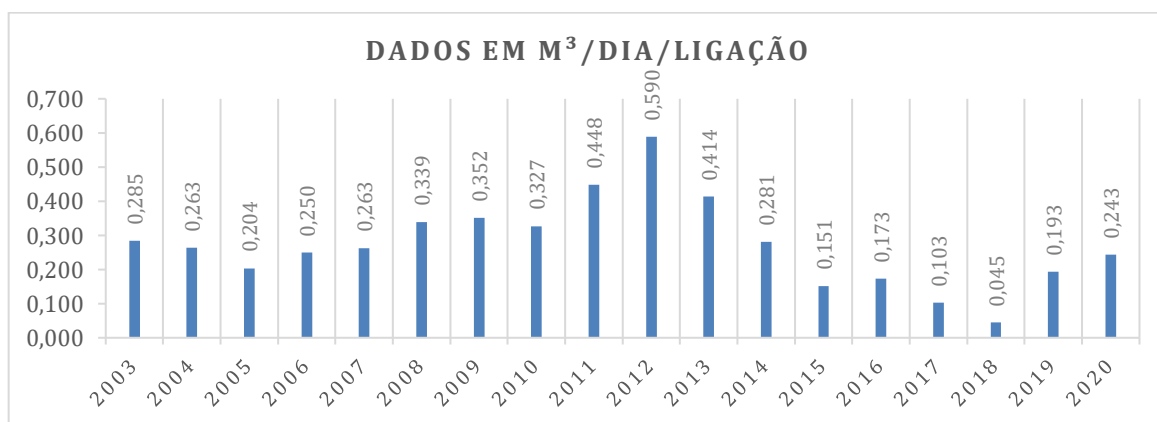
Fonte: SNIS, 2020

4.4.2 Índice de Perdas por Ramal

As perdas por ramal refletem os valores encontrados no índice percentual devido a sua fórmula que considera as perdas totais anuais. O crescimento de ligações na rede tem valor médio de 3% por ano, causado em decorrência da população do município não apresentar crescimento acentuado, chegando a ter decréscimo, ao longo dos anos, fazendo assim as ligações não terem um impacto de redução nos valores. Assim, obtendo seu máximo em 2012 (0,59 m³/dia/ligação) e mínimo em 2018 (0,045 m³/dia/ligação).

A exceção ao espelhamento dos resultados é 2009, onde houve uma leve queda percentual e aumento das perdas por ramal, isso ocorre por que em 2009 houve uma leve queda do número de hidrômetros micromedidos, em relação a 2008, como houve um aumento das perdas totais também ocorre o aumento do valor no gráfico.

Figura 28 Perdas por Ramal.



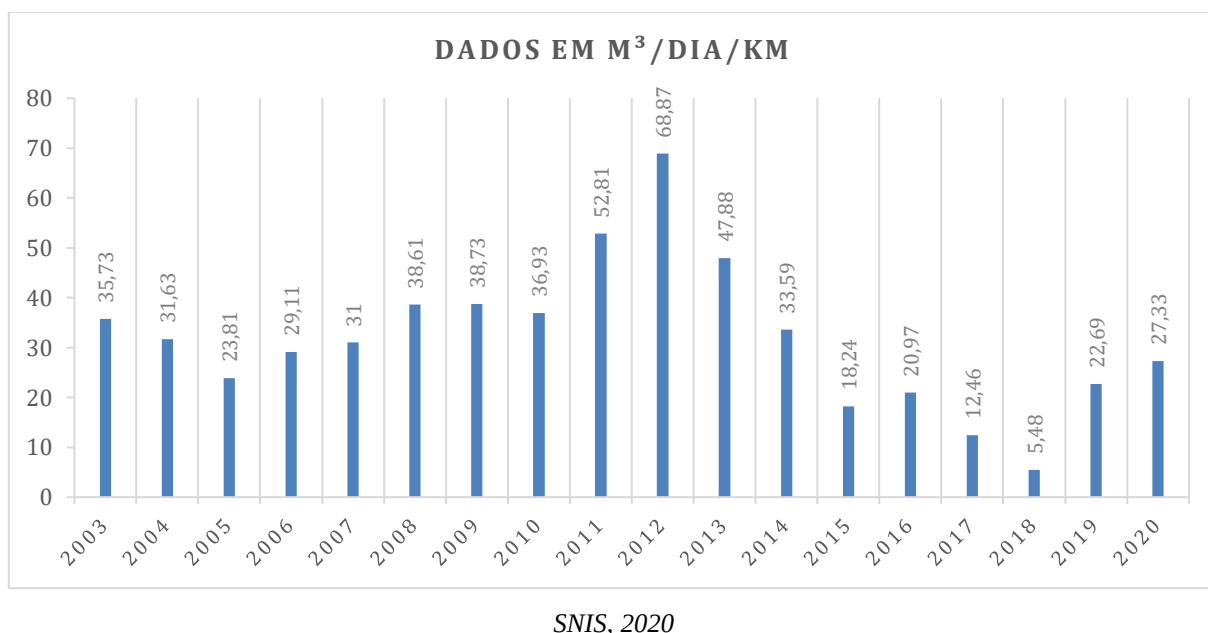
Fonte: SNIS, 2020

4.4.3 Índice de Perdas por Extensão de Rede

Seguindo exemplo das Figuras 27 e 28, as perdas por extensão também teve seu ápice em 2012 com 68,87 m³/dia/km, ocorrendo uma queda nas perdas, voltando seu crescimento em 2019 e 2020. O espelhamento, igualmente a Figura 28, é devido a utilização do valor das perdas totais, onde também só ocorreu uma exceção, que foi no ano de 2009.

De acordo com entrevistas realizadas com funcionários da COMPESA, eles apontaram que algumas ruas apresentam grande número de vazamento, por causa de transporte de veículos pesados pelo local. Um exemplo é a Rua Pio XI, onde há a presença de uma fábrica de doces, com isso o transporte de veículos pesados é constante, o que causa rompimentos a rede que se encontra um pouco abaixo da rua.

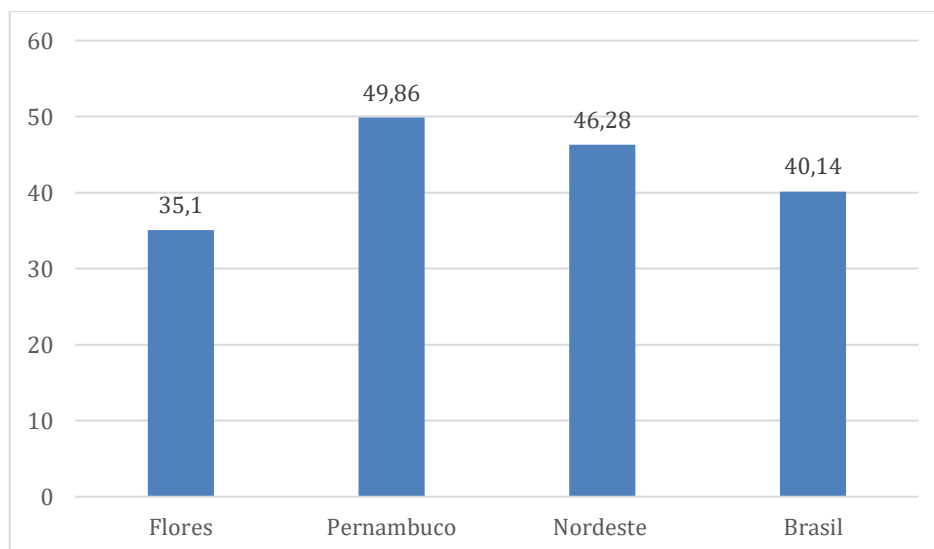
Figura 29 Perdas por Extensão.



4.5 Comparativos

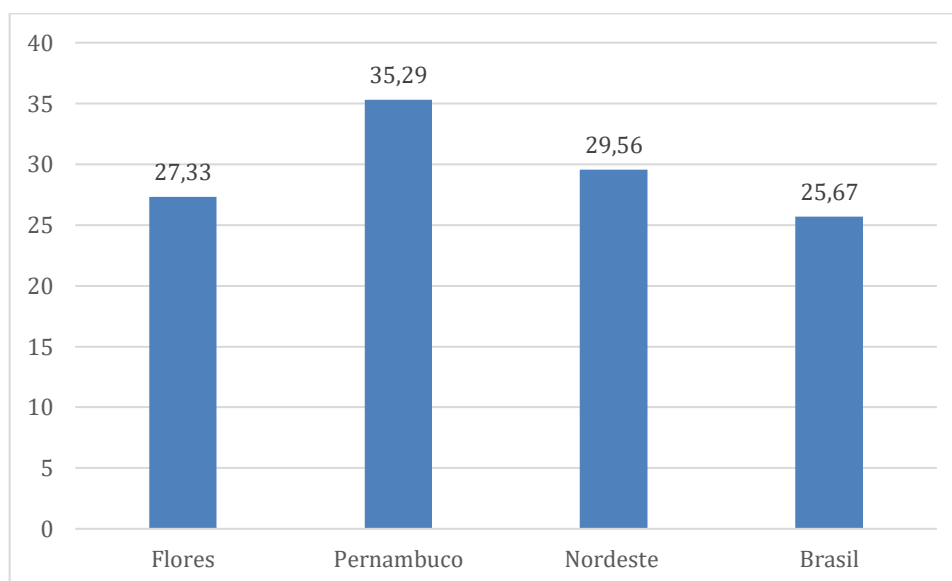
O SNIS apresenta o resumo com os dados do estado, até o presente momento do estudo não foram divulgados os dados para os anos de 2021 e 2022, assim foi usado como comparação os dados para o ano de 2020. Será comparado os valores das perdas Percentuais, por ramais e por extensão de redes com os valores Estaduais, Regionais e Nacionais.

Figura 30 Comparativo Perdas Percentuais.



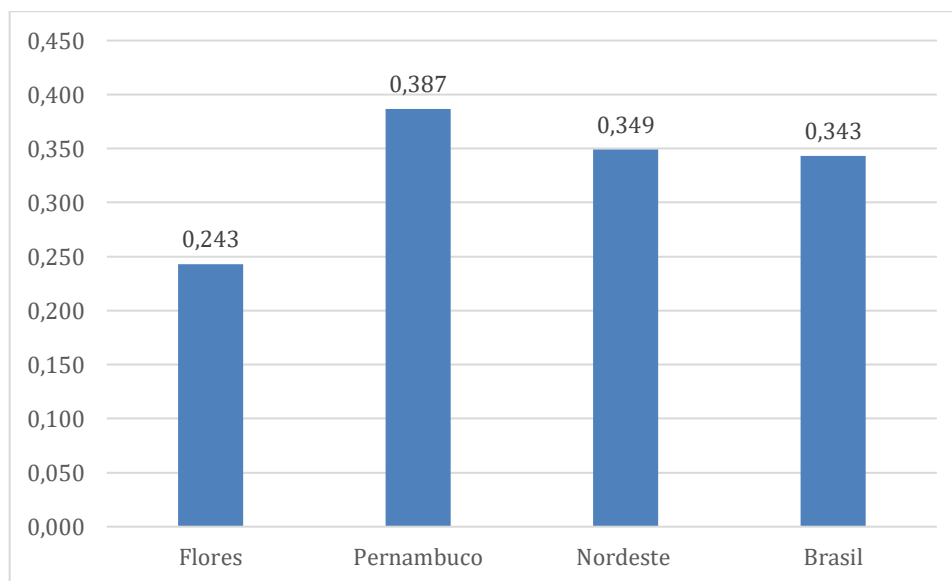
Fonte: SNIS, 2020

Figura 31 Perdas por Ramal (m^3 /dia/ligação).



Fonte: SNIS, 2020

Figura 32 Perdas por Extensão de Rede (m³/dia/km).



Fonte: SNIS, 2020

De acordo com os gráficos apresentados a cidade de Flores exerce bons resultados ao ser comparado com as médias nacionais, regionais e federais, sobretudo na Figura 32, onde devido a sua rede ser abrangente em toda cidade com valores de volume desperdiçado baixo, possui um valor 30% menor do que a média nacional e 38% menor que a média estadual. Contudo, temos na Figura 31, os valores da cidade se elevam tendo em vista ótimos resultados encontrados nas Figuras 30 e 32. Isso decorre do baixo número de ligações presentes na cidade, onde causa elevação do valor das perdas por ramal, chegando a ficar maior que a média nacional. Vale ressaltar os valores encontrados para o estado de Pernambuco, onde em todos os gráficos teve seu valor superior às demais. Mesmo com, segundo o SNIS, a falta de dados de 5 cidades do Estado, os resultados foram preocupantes, necessitando assim de uma formação de plano do governo juntamente com a COMPESA para análise e combate as perdas no estado.

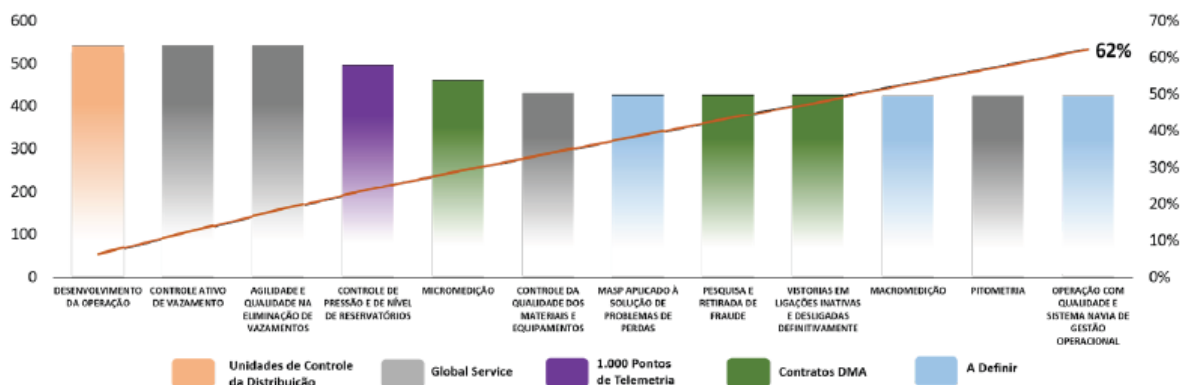
Segundo o Plano Anual de Negócios 2022 / Estratégias de Longo Prazo 2022-2026, a COMPESA dispõe de ações que já estão em vigor para o combate das perdas, sendo elas:

- Criação de Centro de Controle de Distribuição em 20 Unidades de Negócio da Companhia;
- Contrato único denominado Global Service, que tem o objetivo de otimizar a execução dos serviços de manutenção de vazamentos, crescimento vegetativo e combate às perdas reais;

- Contrato de monitoramento por telemetria de 1.000 pontos de pressão na rede de distribuição da RMR e cerca de 1.500 do interior;
- Instalações e substituição de hidrômetros e tratamento de anormalidades de leitura.

A Figura abaixo apresenta as medidas que estão sendo postas em prática pela COMPESA.

Figura 33 Medidas de Combate à perdas.



Fonte: Plano Anual de Negócios 2022 / Estratégias de Longo Prazo 2022-2026

Contudo no âmbito municipal, de acordo com a última atualização do SNIS, no ano de 2020, o município afirmou que não possui plano municipal de saneamento básico, elaborado nos termos estabelecidos na Lei 11.445/2007. Essa situação apresenta que o município apresenta uma necessidade de implantação de um plano, visto que cada vez mais se aproxima o prazo para a apresentação de resultado conforme o Marco Legal de Saneamento e que nos últimos dois anos de disponibilidade de dados da série histórica, o município apresentou um aumento significativo de suas perdas.

5 PROPOSTAS DE AÇÕES E CONTROLE DE PERDAS

A cidade de Flores – Pernambuco, apresenta valores satisfatórios em seu sistema de abastecimento. O sistema de captação de água, tanto oriundo do eixo leste, quanto da adutora do Pajeú, apresentam condições satisfatórias de transporte da água, e fornecem um ótimo abastecimento, suprimindo a necessidade de consumo da população, em período de maior e menor consumo e também em situações de emergenciais na rede.

A ETA trabalha em boas condições e atende as normas vigentes de qualidade de água e seu reservatório apresenta boas condições de infraestrutura, sem nenhum vestígio de trincas ou rachaduras que possam causar perdas de água. Para medição do consumo de água, a ETA possui registros onde garantem a fiscalização da quantidade que é enviada para abastecimento. Não foi informado se existe pontos de controle de pressão na caixa d'água, onde poderia ser de ajuda para o controle de vazões, ajudando a encontrar possíveis pontos de vazamento.

A rede de abastecimento de Flores está em expansão, com aparecimento de novos bairros e construções de fazendas, podendo no futuro ser necessária uma atualização da rede para suportar o a demanda do consumo, visto uma cidade que possui poucos habitantes. Para as ruas que possuem transporte de cargas pesadas, já se torna necessário a atualização da rede e aprofundamento ou mudança de material das tubulações, para evitar constante vazamentos.

O índice de perdas local apresenta bons valores, comparados a resultados antigos. O índice percentual é classificado como regular e índice por ramais e por extensão deram abaixo da média estadual e regional, contudo como visto, os índices já foram melhores do que os atuais, então mesmo com o crescimento do consumo pela população, é necessário que medidas sejam tomadas para evitar grandes índices como em 2012.

Os valores dos índices de perdas do município são oriundos da grande discrepância entre os volumes de água produzidos e consumidos da população. Essa diferença é convertida em um volume de água que é perdido na distribuição.

A perda percentual, tem o maior impacto e dependência da diferença entre valores produzidos e consumidos, pois essa diferença convertida em perda e o valor produzido estão presentes na fórmula para obtenção dos seus valores.

O Índice de Perdas por Ramal e o Índice de Perdas por Extensão de Rede, também refletem o aumento das perdas, contudo existem outras variáveis que podem amenizar os seus valores, tais como a quantidade de ramais e a extensão da rede. Apesar de ocorrer um aumento

municipal do número de ramais e da extensão da rede, o crescimento é baixo, não oferecendo impacto em comparação ao volume que é perdido. Assim, o Índice de Perdas por Ramal e o Índice de Perdas por Extensão de Rede terão seus valores recebendo maior influência das perdas totais.

Para o cumprimento das medidas que foram impostas pelo Novo Marco do Saneamento, torna-se necessário a implantação de medidas que extingam ou reduzam as quantidades das perdas municipais. Com isso, torna-se necessário a implantação de um Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) para a cidade, criando diretrizes e metas, e estabelecendo o financiamento necessário para pôr as ações em prática.

Por meio de pesquisa pode-se adotar algumas medidas para combater as perdas de água, podendo ser inclusas em um Plano Municipal, assim propõem-se as seguintes ações:

Base Cadastral: A princípio deve ser realizado uma pesquisa para elaboração de uma Base Cadastral contendo todas as informações sobre toda a rede de distribuição na cidade, incluindo todas as unidades operacionais do sistema. A Base Cadastral deve conter todos os dados do sistema incluindo uma série histórica. Sugere-se a elaboração de um mapa contendo toda a rede de abastecimento com as propriedades de materiais e localização (facilitando reparos de vazamentos), localização das unidades operacionais e uma base de dados com micro e macromedições com constante atualizações.

Setorização da rede de distribuição: Para facilitar a análise e atualização dos dados que seriam medidos no município, a cidade teria sua extensão total dividida em áreas menores de abastecimento, subsetores, essa divisão pode ser demarcada por uma delimitação natural, pressão na rede, cota, localização de válvulas de manobra, bairro, etc. O processo de demarcação do setor, ficaria a disposição de como a companhia prestadora do abastecimento deduzisse que facilitaria a identificação dessas áreas;

Distritos de Medição e Controle (DMC): Com a setorização, seria efetuado comparações entre os volumes produzidos para o setor e os volumes micromedidos, para isso os volumes de entra e saída dos setores serão monitorados, para assim, ser feita os controles das perdas dos locais que apresentam maiores vazamentos ou fraudes, que serão encontrados por inconsistência dos dados de valores médios que aquele setor utiliza;

Análise e manutenção da rede: Após identificação de inconsistência em um setor, é enviado uma equipe com equipamentos que investiguem a rede para casos de vazamentos não visíveis. Assim efetuando reparos ou manutenções na rede de abastecimento;

Criação de um Centro de Controle de Operações (CCO): O CCO é responsável pelo monitoramento e controle do sistema de abastecimento, gerindo e tomando decisões para as reduções de perdas. O CCO, recebe os dados dos micros e macromedidores por telemetria, agilizando uma decisão sobre intervenções em vazamentos. O Centro fica responsável pela atualização do banco de dados com os valores obtidos nas medições.

CONCLUSÃO

Apesar da crise hídrica que a região Nordeste enfrenta ao longo dos anos, o município de Flores - PE não sofreu as consequências em relação ao abastecimento da cidade. A implementação da adutora do Pajeú e a finalização do eixo leste da transposição do Rio São Francisco, beneficiou a cidade com um volume de abastecimento suficiente para suprir a demanda municipal.

No geral, o sistema de abastecimento de água apresenta um bom estado, com componentes construídos recentemente, como a ETA e o reservatório. Contudo, a cidade de Flores mesmo possuindo índices de perdas no abastecimento de água abaixo da média estadual, regional e nacional, é notável o aumento nos índices, mesmo após sucessivas quedas.

Com os dados obtidos pelo SNIS nos últimos 20 anos, é notável o aumento do índice de perdas no sistema de abastecimento da cidade de Flores, levou a uma análise e justificativa para os índices de perdas percentuais, por ligação e por distribuição. Constatando fatores que impactaram nos valores apresentados, tais como, a Relação Volume Produzido x Volume Consumido.

É necessária a implantação de um Plano Municipal de Saneamento Básico com um Plano Diretor de Combate a Perdas de Água no Sistema de Abastecimento Público do município de Flores, Pernambuco, é um projeto complexo. Tendo em vista que esse projeto é desenvolvido para um longo período de tempo, permitindo o controle e a redução das perdas de água gradativas até atingir os valores desejados no Novo Marco de Saneamento. Cabe a prefeitura municipal, em conjunto com o Governo Estadual e a Companhia de Abastecimento, iniciarem estudos na área, para implantação de um novo Plano.

Vazamentos sempre irão ocorrer, não há como evitar em sua totalidade, contudo, há como diminuí-las a ponto de não ser um problema para a companhia e população. A aplicação de medidas de controle precisas, tende-se a prolongar a vida útil das tubulações e evitar que vazamentos se prolonguem e causem prejuízos ainda maiores a empresa, afinal quem paga o prejuízo é o consumidor final.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABES – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Controle e Redução de Perdas nos Sistemas Públicos de Abastecimento de Água, posicionamento e contribuições técnicas.** 2015.

GOMES A. S. e outros. **Guias Práticos da Associação Brasileira das Empresas Estaduais de Saneamento (AESBE)**, Volume 6. Brasília, 2015. Disponível em: www.aesbe.org.br.

ABNT - Agência Brasileira de Normas Técnicas – NBR 12211. **Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água.** Brasília (DF), 1992, 14 páginas.

ALEGRE, H. et al. **Performance indicators for water supply services.** 1. ed. London: IWA Publishing, 2000.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Atlas Águas - Nordeste.** Brasília, DF, 2021.

APAC – AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA. **Outorga de Águas Subterrâneas: A Experiência da APAC.** Vitória, ES, 2019.

AZEVEDO NETTO, J. M.; FERNANDEZ, M. F.; ARAUJO, R.; ITO, A. E. **Manual de hidráulica.** 8. ed. São Paulo: Blucher, 1998.

AZEVEDO NETTO, J.M. de; RICHTER, C.A. **Tratamento de Água Tecnologia Atualizada.** In: O tratamento de água. São Paulo: Editora Edgar Blucher LTDA, 1991

BRASIL, Lei nº 14.026, de 16 de julho de 2020. (2020). **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF. Brasil.

COMPESA – Companhia Pernambucana de Águas e Saneamento. **Plano Anual de Negócios 2022**. Recife, PE. Brasil

COMPESA – Companhia Pernambucana de Águas e Saneamento. **Manual de Operações – Estação de Tratamento de Água de Flores - 20 L/s – Tecnologia de Tratamento Ciclo Completo (Convencional)**. Recife, PE. Brasil

CRUZ, P. H. COIMBRA, R. M., FREITAS, M. A. V. **Vulnerabilidade climática e recursos hídricos no Nordeste**. In.: O ESTADO DAS ÁGUAS NO BRASIL/ org. Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas – Brasília, DF: ANEEL, SIH; MMH, SRH; MME, 1999.

CNN - Cable News Network. Disponível em <https://www.cnnbrasil.com.br/business/novo-marco-legal-do-saneamento-ja-gerou-mais-de-r-70-bilhoes-em-investimentos/>. Acesso em 05/06/2022

DALMAS, R. R. O. **Sistema de Abastecimento de Água, Estudo de Caso: Redentora - RS**. Dissertação (Graduação) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí, 2012.

FIA Business School - **Marco Legal do Saneamento: entenda tudo sobre o tema!**. Disponível em <https://fia.com.br/blog/marco-legal-do-saneamento-entenda-tudo-sobre-o-tema/>

GONÇALVES, E. **Metodologias para controle de perdas em sistemas de distribuição de água – Estudo de caso da CAESB**. Brasília, 1998. Dissertação (Mestrado) Universidade de Brasília. Brasília – DF, 1998.

HELLER, Léo; PÁDUA, Valter Lúcio de. **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: UFMG, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

IWA – **International Water Association**. Disponível em <https://iwa-network.org/> Acesso em 15/03/2022.

Lédo, P. (1999). **Combate ao roubo de água - uma experiência no sistema de Guanambi**. 20º Congresso Brasileiro de engenharia sanitária e ambiental, BA, Rio de Janeiro.

MALHEIRO, R. M. G. **Controlo de perdas aparentes em sistemas de abastecimento de água com utilização de telecontagem**. Porto, 2011. Dissertação (Mestrado) Universidade de Porto. Porto, Portugal, 2011.

MARCKA, E. **Indicadores de perdas nos sistemas de abastecimento de água - DTA A2**. Programa de Combate ao Desperdício de Água - PNCDA, Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano, Secretaria de Política Urbana. Brasília, 2004.

MELATO, D. S. **Discussão de uma metodologia para o diagnóstico e ações para redução de perdas de água: aplicação no sistema de abastecimento de água da região metropolitana de São Paulo**. Universidade de São Paulo. São Paulo. 2010.

Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria nº 888, de 4 de maio de 2021. Brasília, 2021.

Ministério do Desenvolvimento Regional. Disponível em <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/pmss/projeto-com-agua/balanco-hidrico>. Acesso em 14/05/2022

MIRANDA, E. C. **Avaliação de perdas em sistemas de abastecimento de água - Indicadores de perdas e metodologias para análise de confiabilidade**. Universidade de Brasília. Brasília. 2002.

MIRANDA; E. C. **Gerenciamento de Perdas de Água**. In: HELLER, L.; PÁDUA, V. L. Abastecimento de Água para Consumo Humano. 2ª ed. rev. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010. Volume 2.

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

PORTO, R. M. **Hidráulica Básica.** 4ª ed. São Carlos, EESC – USP, 2006.

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Disponível em <https://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=47>. Acesso em 14/05/2022

SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Diagnósticos dos serviços de água e esgotos – 2020.** Brasília, DF, 2021

TSUTIYA, MILTON TOMOYUKI. **Abastecimento de Água.** Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – São Paulo 2006.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO SISTEMA DE ABASTECIMENTO FLORES-PE

Sobre a Captação

- Como é realizado o abastecimento nos sítios e distritos de Flores – PE
- Antes da adutora e do eixo leste, qual o antigo meio de abastecimento?
- O aquífero de Fátima é usado a de algum abastecimento?
- O abastecimento principal é originário do Eixo Leste da Transposição?
- Em virtude da distância para a transposição para o eixo leste, porque é adotado o abastecimento principal por lá e não pela adutora vinda de Serra?
- Também em virtude da distância, como a água do eixo leste chega a Flores? Vem por onde?
- Em quais casos o abastecimento de Flores deixa de ser fornecido pelo eixo leste, e passa a ser pela adutora vinda de Serra?
- Há outros pontos de captação de água com exceção do eixo leste e da adutora?
- O atual abastecimento de Flores atende a demanda da população? Ocorre falta de água ou interrupção no abastecimento? Se sim, porquê?
- Ocorre a importação ou exportação de água para outras cidades?
- Qual o material da tubulação que traz a água bruta para a ETA?
- Qual a vazão de água bruta que chega na cidade?
- Ocorre a medição da água bruta antes de entrar na ETA?

Sobre a Estação de Tratamento de Água

- Qual o nome da ETA?
- Quais são as etapas do tratamento de água realizados na cidade? Há coagulante? Decantador? Como são e quantos são os filtros? Como ocorre a desinfecção contra microrganismos? Há fluoretação? Há calhas Parshall?
- Qual a vazão de filtração? Qual a vazão de saída para o reservatório? Há medidores na saída para o reservatório?
- Há medidas para evitar o vazamento na ETA? Ocorre vazamentos? O valor é registrado?
- A qualidade de água obedece a portaria do MS? Como é medida a qualidade?
- A ETA é automatizada? Em quais partes necessita-se de trabalhos manuais?

Sobre o Reservatório

- Como é feita a elevação da água da ETA para o reservatório? É por bomba? Como é a bomba?
- Qual a capacidade total do reservatório? E sua altura em relação a base e ao nível do mar?
- Atualmente o reservatório está usando sua capacidade máxima? Se não está porquê?
- Há outros reservatórios ativos na cidade, ou só o principal?
- Há medidores de vazão no reservatório?
- É o ponto mais alto da cidade? Como é feito o abastecimento? Por gravidade? Existe algum ponto na cidade em que é necessário utilização de bombas?
- Há controladores de pressão?
- Como é medido a vazão que é distribuída na cidade?
- Existe diferença no abastecimento de dia (maior vazão) e a noite (menor vazão)?

Sobre a Rede de abastecimento

- Quais os materiais da tubulação que compõe a rede de abastecimento? Há uma quantificação?
- Se for mais de 1 material, onde eles são usados? E porque foi usado outro material?
- Quando foi implantada a rede de abastecimento na cidade? Houve atualizações na rede? Quando? E quais as mudanças?
- Existe macromedidores na rede? Se sim, quais os lugares na rede de abastecimento que possuem esses medidores?
- Existem pontos de vazamentos frequentes? Onde estão situados? E quais as causas que foram apontadas?
- Qual a explicação para o aumento do consumo de água em 2017 sendo que a população se manteve constante? Houve mais desperdício? Consumo para agricultura?
- Há manutenção ou inspeção dos micromedidores nas residências? Se sim, qual frequência?

Sobre Controle de Perdas

- Há, atualmente, um plano de combate as perdas? Qual? Como é feito?
- O plano tem se mostrado efetivo?
- Existe separação entre as perdas reais e aparentes ou são todas inclusas como perdas?

Como ocorre a análise das perdas?

- Como são analisadas e quantificadas as perdas?
- Os dados levam em consideração a ocorrência de práticas clandestinas? Como é incluso nos dados?

APÊNDICE B – TERMO DE SIGILO E CONFIDENCIALIDADE



TERMO DE SIGILO E CONFIDENCIALIDADE

Eu, Pedro Adryan de Queiroz Estima, comprometo-me a manter o sigilo e a confidencialidade com relação a toda documentação e toda informação obtidas durante a execução das atividades a serem desenvolvidas para o trabalho de conclusão de curso "Análise do Sistema de Abastecimento de Água do Município de Flores – PE" coordenado pela professora Bruna Scandolara Magnus.

Por este termo, comprometo-me a:

- não divulgar a terceiros a natureza ou o conteúdo de qualquer informação que componha ou que seja resultado de atividades do projeto de pesquisa e desenvolvimento;
- não permitir a terceiros o manuseio de qualquer documentação ou informação que componha ou que seja resultado de atividades do projeto de pesquisa e desenvolvimento;
- não explorar informações ou documentos que componham ou que sejam resultados de atividades do projeto de pesquisa e desenvolvimento, em benefício próprio ou de terceiros, neste tempo ou em tempo futuro;

A obrigação de sigilo e confidencialidade aqui assumida não prevalece sobre informações ou documentos que comprovadamente já constavam sob domínio público antes da data de início do projeto de pesquisa e desenvolvimento.

A obrigação de sigilo e confidencialidade aqui assumida não prevalece sobre informações ou documentos que foram tornados públicos por força de instrumento legal ou por órgão similar de competência em âmbito nacional ou estadual.

Declaro ter conhecimento de que as informações e os documentos pertinentes às atividades técnicas do projeto de pesquisa e desenvolvimento somente podem ser acessados por aqueles que assinaram este Termo de Sigilo e Confidencialidade.

O presente compromisso será válido até que os direitos dos envolvidos tenham sido devidamente protegidos sob as cautelas legais exigíveis, ou tornado público por interesse mútuo das instituições parceiras.

Paudalho, 13 de Junho de 2022.

Professor Orientador – UFPE

Pesquisador/lotação

Gerente da área a ser pesquisada



APÊNDICE C – TERMO DE CONSENTIMENTO DE PESQUISA ACADÊMICA



TERMO DE CONSENTIMENTO DE PESQUISA ACADÊMICA

Representando o trabalho de conclusão de curso "**Análise do Sistema de Abastecimento de Água do Município de Flores – PE**", que será desenvolvido por Pedro Adryan de Queiroz Estima, com o principal objetivo de determinar um coeficiente confiável para dimensionamento de adutoras de água bruta, estamos de acordo na utilização do ambiente Compesa para coleta de dados e/ou experimentos práticos com coletas de material, que fazem referência ao projeto citado acima no período de respeitando o termo de confidencialidade e preservando a ética necessária para a realização desta pesquisa.

Recife, 13 de Junho de 2022.

Professor Orientador – UFPE

Pesquisador/lotação

Gerente da área a ser pesquisada

