

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**CARLOS MAGNO BARBOSA SOARES**

**IDENTIFICAÇÃO DAS TÉCNICAS DO CONTROLE DAS PERDAS DE ÁGUA NOS  
SISTEMAS DE ABASTECIMENTO: estudo de caso em concessionárias de água, em  
São Luís- MA e Paço do Lumiar- MA**

SÃO LUÍS

2019

**CARLOS MAGNO BARBOSA SOARES**

**IDENTIFICAÇÃO DAS TÉCNICAS DO CONTROLE DAS PERDAS DE ÁGUA NOS  
SISTEMAS DE ABASTECIMENTO: estudo de caso em concessionárias de água, em  
São Luís- MA e Paço do Lumiar- MA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da  
Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, para obtenção do  
grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Rogerio Frade da Silva Souza

SÃO LUÍS

2019

Soares, Carlos Magno Barbosa.

Identificação das técnicas de controle das perdas de água nos sistemas de abastecimento: estudo de caso em concessionárias de água em São Luís – MA e Paço do Lumiar – MA / Carlos Magno Barbosa Soares. – São Luís, 2019.

117 f

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual do Maranhão, 2019.

Orientador: Prof. Me. Rogério Frade da Silva Souza.

1. Identificação de técnicas. 2. Perdas de água. 3. Sistema de abastecimento. I. Título

CDU: 628.179(812.1)

**CARLOS MAGNO BARBOSA SOARES**

**IDENTIFICAÇÃO DAS TÉCNICAS DE CONTROLE DAS PERDAS DE ÁGUA  
NOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO: estudo de caso em concessionárias de  
água, em São Luís- MA e Paço do Lumiar- MA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da  
Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, para  
obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Rogerio Frade da Silva Souza

Aprovada em: 01/07/2019

**BANCA EXAMINADORA**



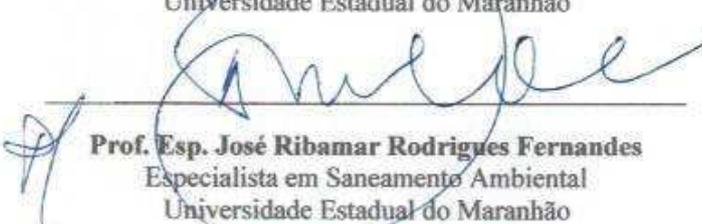
---

**Prof. Me. Rogerio Frade da Silva Souza (Orientador)**  
Mestre em Sustentabilidade de Ecossistemas  
Universidade Estadual do Maranhão



---

**Prof. Me. Daniel de Lima Nascimento Sirio**  
Mestre em Engenharia Urbana  
Universidade Estadual do Maranhão



---

**Prof. Esp. José Ribamar Rodrigues Fernandes**  
Especialista em Saneamento Ambiental  
Universidade Estadual do Maranhão

A Deus e a minha família.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela realização deste sonho, pois sem ele jamais chegaria ao término deste trabalho acadêmico.

A minha família, em especial aos meus pais, Flor de Lis e José Ribamar, por estarem em todos os momentos da minha vida. E aos meus irmãos Netenilson, Léo e Samara pelo incentivo e paciência durante esta caminhada.

Ao meu orientador Prof. Me Rogerio Frade da Silva Souza pela sugestão do tema proposto, que de uma maneira solidaria e prestativa tornou o andamento desta pesquisa muito agradável.

Ao Eng. Cristovam Dervalmar Rodrigues Teixeira Filho, Diretor do Departamento de Controle e Desenvolvimento Industrial da CAEMA, que contribuiu com informações muito claras para concretização deste trabalho.

Ao Eng. Alessandro Pinheiro da Coordenadoria de Macromedição e Pitometria da CAEMA, que de forma didática nos conduziu durante a visita técnica.

Ao Eng. Bruno Sales Oliveira Mendonça do Departamento de Controle de Perdas de Água da BRK Ambiental, pela disponibilidade, atenção e dados fornecidos para a composição deste trabalho.

Agradeço aos amigos pelo companheirismo e palavras otimistas.

*Mas aquele que beber da água que eu lhe der nunca terá sede, porque a água que eu lhe der se fará nele uma fonte de água que salte para a vida eterna.*

*João 4:14*

## RESUMO

O presente trabalho trata-se de um estudo de caso nas concessionárias de água de São Luís – MA e Paço do Lumiar – MA, em que são analisadas as técnicas do controle de perdas de água no sistema de abastecimento. O volume de água perdido no sistema de abastecimento torna-se um grande desafio para as concessionárias atualmente, conhecer as técnicas para controle e redução de perdas traz benefícios não somente para as concessionárias, mas também para os consumidores. Este trabalho teve como objetivo identificar os métodos e técnicas do controle das perdas de água no sistema de abastecimento. Assim como, identificar os tipos de perdas, as causas e consequências, levantar as ações desenvolvidas pelas concessionárias para redução e controle dos tipos de perdas e comparar se as técnicas adotadas pelas concessionárias são as mesmas recomendadas pela literatura técnica. Foram realizadas visitas técnicas nas concessionárias de água em São Luís - MA e Paço do Lumiar - MA, com aplicação de questionário para verificar as técnicas adotadas em cada etapa do sistema de abastecimento de água. Destacando técnicas como: hidrometração, macromedição, atualização de cadastro de consumidores para combater fraudes, uso de equipamentos para detecção de vazamentos não-visíveis, a utilização da pitometria para aferição de macromedidores, aplicação de DMC'S e o uso da setorização. A partir do resultado obtido, observou-se que as concessionárias têm utilizado as técnicas para controle de perdas, assim sugerida pela literatura técnica. Porém, ações de qualificação de mão-de-obra e investimento no setor controle de perdas são passos que precisam ser aprimorados. Dessa forma, o trabalho tendeu a contribuir para uma melhor compreensão sobre a identificação das técnicas do controle de perdas de água.

Palavras-chave: Técnicas. Perdas. Concessionárias. Sistema de Abastecimento.

## **ABSTRACT**

The present work deals with a case study in the water utilities of São Luís - MA and Paço do Lumiar - MA, in which the techniques of water loss control in the water supply system are analyzed. Currently, the volume of water lost in the supply system becomes a major challenge for concessionaires today. Knowing the techniques to control and reduce losses brings benefits not only to concessionaires, but also to consumers. This work aimed to identify the methods and techniques of water loss control in the water supply system. As well as identifying the types of losses, causes and consequences, the actions developed by the concessionaires to reduce and control the types of losses and compare if the techniques adopted by the concessionaires are the same as those recommended by the technical literature. Technical visits were made to water concessionaires in São Luís - MA and Paço do Lumiar - MA, with questionnaire application to verify the techniques adopted at each stage of the water supply system. Highlighting techniques such as: hydrometry, macromediation, updating of consumer records to combat fraud, use of equipment to detect non-visible leaks, use of pitometry for measuring macromeditors, application of DMC'S and the use of sectorization. From the result obtained, it was observed that the utilities have used the techniques to control losses, as suggested by the technical literature. However, actions to qualify labor and investment in the loss control sector are steps that need to be improved. In this way, the work tended to contribute to a better understanding of the identification of water loss control techniques.

**Keywords:** Techniques. Losses. Dealerships. Supply System.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ciclo Hidrológico. ....	21
Figura 2 - Evolução de cobertura de água. ....	26
Figura 3 - Ranking da cobertura de água. ....	27
Figura 4 - Unidades de um Sistema de Abastecimento de Água. ....	36
Figura 5 - Manancial de Paço do Lumiar. ....	37
Figura 6 - Captação de Água. ....	38
Figura 7 - Estação Elevatória. ....	39
Figura 8 – Adutora em São Luís – MA. ....	41
Figura 9 - Estação de Tratamento de Água. ....	42
Figura 10 - Captação em curso de água com reservatório enterrado e elevado. ....	42
Figura 11 - Captação em curso de água e com reservatório apoiado. ....	43
Figura 12 - Reservatório de Água. ....	43
Figura 13 - Troca da Rede de Distribuição de Água. ....	44
Figura 14 - Rede Ramificada. ....	45
Figura 15 - Rede Malhada. ....	45
Figura 16 - Rede Mista. ....	46
Figura 17 - Perdas de água. ....	50
Figura 18 – Síntese das ações para o controle e a redução das perdas reais. ....	51
Figura 19 - Componentes das perdas de água aparente. ....	53
Figura 20 - Estratégia de controle de perdas de água. ....	55
Figura 21 - Controle das perdas de água aparente. ....	56
Figura 22 - Síntese das ações para controle e a redução das perdas aparentes. ....	57
Figura 23 - Aparelho de Medição, Hidrômetro. ....	59
Figura 24 - Macromedição no Sistema de Abastecimento de Água. ....	60
Figura 26 - Transmissor Eletrônico de vazão. ....	61
Figura 25 - Medidor de Vazão Eletrônico. ....	61
Figura 27 – Tubo de pitot do tipo cole. ....	62
Figura 28 – Colar de tomada. ....	63
Figura 29 – Maleta para medição de parâmetros hidráulicos. ....	64
Figura 30 - Haste de Escuta e seus componentes. ....	65
Figura 31 - Uso de Haste de Escuta para detectar vazamentos. ....	65
Figura 32 - Geofone mecânico. ....	66
Figura 33 - Geofone Eletrônico. ....	66

Figura 34 – Aparelho de correlacionador de ruídos. ....	67
Figura 35 – Manômetro. ....	67
Figura 36 - Detector de massa metálica.....	67
Figura 37 - Desvio de água.....	69
Figura 38 - Fiscalização para combater Fraudes. ....	69
Figura 39 - Hidrômetro danificado.....	69
Figura 40 - Automação no Sistema de Abastecimento de Água. ....	74
Figura 41 - Telemetria das Medições. ....	75
Figura 42 - Reuso de Água.....	77
Figura 43 - Formas potenciais de reuso de água. ....	78
Figura 44 - Ciclo de Controle.....	80
Figura 45 - Mapa da área de estudo: São Luís e Paço do Lumiar. ....	82
Figura 46 – Macromedidor eletromagnético na estação de tratamento de água do Sacavém (CAEMA). ....	86
Figura 47 – Programa MDHidro de medições de pitometria para aferições de macro medidores. ....	86
.....	86
Figura 48 – Instalação de uma estação pitometrica na estação de tratamento de água do Sacavém (CAEMA).....	87
Figura 49 - EEAT Adutora de 440mm sistema Sacavém, dados do ISODAM- macromedidores tipo inserção eletromagnético .....	88
Figura 50 – Uso de macromedidores eletromagnético na BRK ambiental. ....	88
Figura 51 – Estação elevatória de tratamento de água da CAEMA. ....	89
Figura 52 – Reservatório enterrado da estação de tratamento de água do Sacavém (CAEMA). ....	90
Figura 53 – Reservatório elevado da BRK ambiental. ....	91
Figura 54 – Reservatório apoiado com flap da BRK ambiental.....	91
Figura 55 – Equipamento de geofone da BRK ambiental. ....	92

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Origem e Magnitude das Perdas Físicas. ....	52
Quadro 2: Características principais das perdas reais e perdas aparentes. ....	54
Quadro 3 - Benefícios da Redução de Perdas.....	58

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

ABES- Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental

ANA-Agência Nacional de Águas

CAESB- Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal

CETESB- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

COPASA- Companhia de Saneamento de Minas Gerais

CONAMA- Conselho Nacional do Meio Ambiente

FUNASA- Fundação Nacional de Saúde

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ONU- Organização das Nações Unidas

SABESP- Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>1.1 OBJETIVOS .....</b>	<b>19</b>
1.2.1 Objetivo geral.....	19
1.2.2 Objetivos específicos.....	19
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>20</b>
2.1 Ciclo hidrológico.....	20
2.2 A importância da água.....	22
2.3 Saneamento e saúde pública.....	24
2.4 Legislação sobre saneamento básico e recursos hídricos .....	28
a) Legislação Federal .....	28
b) Legislação Estadual .....	33
c) Legislação Municipal .....	34
2.5 Sistema de Abastecimento de Água .....	35
2.5.1 Conceito .....	35
2.5.2 Unidades componentes.....	37
2.5.2.1 Manancial.....	37
2.5.2.2 Captação .....	38
2.5.2.3 Estação Elevatória.....	39
2.5.2.4 Adutora.....	40
2.5.2.5 Estação de Tratamento de Água.....	41
2.5.2.6 Reservatório .....	42
2.5.2.7 Rede de Distribuição .....	44
2.6 Concessionárias de água e controle de perdas.....	46
2.7 Histórico da Gestão e Controle das Perdas de Água .....	47
2.8 Conceito das Perdas de Água .....	49
2.9 Classificação das perdas de água .....	50
2.9.1 Perda real.....	50
2.9.2 Perda Aparente .....	52
2.10 Controle das perdas de água.....	54
2.10.1 Micromedidores e Macromedidores.....	58
2.10.1.2 Pitometria: técnica para aferir macromedidores.....	61
2.10.2 Equipamentos de Controle de Perdas.....	64
2.10.2.1 Haste de Escuta .....	64
2.10.2.2 Geofones .....	65
2.10.2.3 Correlacionador de Ruídos.....	66
2.10.2.4 Equipamentos auxiliares .....	67

2.10.3 Combate à Fraude e Desvio de Água .....	68
2.10.4 Programas de Controle e Redução de Perdas de Água.....	70
2.10.5 Modernização do Sistema de Abastecimento de Água .....	73
2.10.6 Reuso de Água .....	76
2.10.7 Gestão das Perdas de Água nas concessionárias .....	79
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>82</b>
3.1 Área de estudo.....	82
3.2 Procedimentos metodológicos.....	83
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>85</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>96</b>
<b>6 RECOMENDAÇÃO PARA NOVOS TRABALHOS .....</b>	<b>97</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>98</b>
APÊNDICES .....	104
ANEXOS.....	117

## 1 INTRODUÇÃO

O elemento mais precioso do planeta Terra, a água, é um assunto do qual não podemos ser omissos. A escassez é uma realidade no nosso país, sendo que existe ainda pessoas que não recebem o abastecimento de água com potabilidade aceitável sujeitando-se ao uso de recursos hídricos insalubres, ocasionando consequências como doenças hídricas que poderiam ser evitadas, caso houvesse um planejamento ou uma administração eficiente que pudesse reparar a má distribuição da água. A perda de água é um dos fatores que tem colaborado para que muitas famílias não sejam beneficiadas por esse tesouro hídrico, pois são muitos volumes de água perdidos nos sistemas de abastecimento.

A água é o mais crítico e importante elemento necessário para permitir a vida humana, compõe de 60% a 70% do nosso peso corporal, regula a nossa temperatura interna e é essencial para todas as funções orgânicas. Em média, nosso organismo precisa de 2 litros de água por dia. Por isso temos que garantir uma água segura, com qualidade, pura e cristalina.

Existe uma falsa ideia de que os recursos hídricos são infinitos. Realmente há muita água no planeta, mas menos de 3% da água do mundo é doce, a qual 71% apresenta-se congelada nas regiões polares, 18% presente em depósitos subterrâneos, 4% sob a forma de vapor e umidade do ar e apenas 7% em lagos e cursos d'água superficiais, dificultando sua utilização pelo homem (DEMAE, 2017; PENA, 2015).

A água constitui o único recurso natural que está relacionado a todos os aspectos da civilização humana, desde o desenvolvimento agrícola e industrial, até os valores culturais e religiosos arraigados na sociedade, este é um recurso natural essencial, seja como componente bioquímico de seres vivos, como meio de vida de várias espécies vegetais e animais, como elemento representativo de valores sociais e culturais e até como fator de produção de vários bens de consumo final e intermediário (BRASILDASÁGUAS, 2017).

Um sistema de abastecimento e distribuição de água é constituído por um conjunto de infraestruturas, por exemplo: captação, estação elevatória, reserva de água bruta, tratamento, reserva de água tratada e rede de distribuição. A cada uma destas partes correspondem-lhe órgãos constituídos por obras de construção civil, equipamentos elétricos e eletromecânicos, acessórios, instrumentação e equipamentos de automação e

controle. Cada órgão em um sistema de abastecimento de água tem um objetivo e uma função (SOUSA, 2001).

As elevadas perdas de água tornaram-se um dos maiores problemas dos sistemas de abastecimento brasileiros. Contribuem para tal situação, entre outros motivos, a baixa capacidade institucional e de gestão dos sistemas; a pouca disponibilidade de recursos para investimentos, sobretudo em ações de desenvolvimento tecnológico na rede de distribuição e na operação dos sistemas; a cultura do aumento da oferta e de consumo individual, sem preocupações com a conservação e o uso racional; e as decisões pragmáticas de ampliação da carga hidráulica e extensão das redes até áreas mais periféricas dos sistemas, para atendimento aos novos consumidores, sem os devidos estudos de engenharia (CIRÍACO, 2010).

O gerenciamento das perdas exige, antes de mais nada, o seu conhecimento pleno. Identificar e quantificar corretamente as perdas constitui ferramenta essencial e indispensável para a implementação de ações de combate. Nesse contexto, as inovações tecnológicas facilitam a identificação e possibilitam medições cada vez mais precisas dos volumes de água perdidos. A redução dos custos dos equipamentos na medida em que se difundem as novas tecnologias, amplia o acesso para um número maior de operadores. O gerenciamento das perdas deve ser visto como parte da gestão integrada dos recursos hídricos no âmbito das unidades de bacia em que outros usuários participam como tomadores de água do sistema natural (CIRÍACO, 2010).

Segundo Tsutiya (2005), grande parte das perdas de água é causada por operações e manutenções deficientes de tubulações, e inadequada gestão das companhias de saneamento. Contudo, isso não quer dizer que é possível contar com a “perda zero” no sistema de abastecimento.

Em uma matéria vinculada pelo Jornal O Imparcial (2016) onde o Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS) informa que o Estado do Maranhão chegou a uma perda total de água acima de 64,52%, já a capital maranhense encontra-se em média com 68,61%. Esses dados são preocupantes pois apontam ainda que São Luís ocupa o 4º lugar no ranking dos índices de perdas de faturamento total, de acordo com os dados fornecidos pelo Ministério das Cidades, mais especificamente pelo SNIS e o Índice de Perdas de Faturamento (IPTF), que fazem levantamentos dos quantitativos de água potável dos quais foram produzidos, mas não faturados.

As Concessionárias de água estão fazendo uso de algumas técnicas para controle e redução de perdas de água no sistema de abastecimento, destaca-se: a

hidrometração, a macromedição, a aplicação da pitometria para aferição de macromedidores. Adicionalmente, a fiscalização efetiva realizada por funcionários treinados, substituição de redes antigas que estão fora do padrão, atualização de cadastro de consumidores para combater fraudes, uso de equipamentos para detecção de vazamentos não-visíveis, aplicação de DMC'S e o uso da setorização.

Neste trabalho pretendeu-se estudar a identificação dos métodos e das técnicas do controle das perdas de água adotados atualmente pelas concessionárias de abastecimento de água, em São Luís-MA e Paço do Lumiar-MA, comparando-as com o que é recomendado pela literatura técnica.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo geral**

Este trabalho tem como objetivo identificar os métodos e as técnicas de controle das perdas de água atualmente adotados pelas concessionárias de abastecimento de água em São Luís-MA e Paço do Lumiar-MA, bem como comparar esses métodos e técnicas com o recomendado pela literatura técnica.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Identificar as técnicas do controle das perdas de água em sistemas de abastecimento de água;
- Identificar os tipos de perdas que ocorrem nas concessionárias de água;
- Verificar as causas e as consequências das perdas nas concessionárias;
- Levantar as ações desenvolvidas pelas concessionárias para redução e controle das perdas físicas/ não físicas nos sistemas de abastecimento;
- Comparar os métodos e técnicas adotados pelas concessionárias com o recomendado pela literatura técnica e discutir os resultados obtidos.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Ciclo hidrológico

Este fenômeno que ocorre na Terra e que proporciona a renovação da água e do seu próprio retorno para o ambiente, tem importância significativa tanto na vida vegetal e animal pois mantém o desenvolvimento desses seres, garantindo a manutenção da vida. Nos seres humanos, o ciclo hidrológico está vinculado a geração de energia pois uma das principais fontes geradoras são as hidrelétricas, onde é necessário o abastecimento dos reservatórios que provém da precipitação das chuvas.

O ciclo hidrológico é um ciclo global de circulação fechada que está relacionada entre a superfície da Terra e a atmosfera, impulsionado substancialmente pela energia solar, agregando-se à gravidade e a rotação da terrestre (TUCCI, 2001).

Segundo Collischonn (2013) o ciclo hidrológico pode ser fechado em escala global. Porém em escala regional, podem aparecer alguns subciclos como: a água precipitada, a qual está se escoando para um rio e pode evaporar, condensar e retornar a precipitar antes de caminhar novamente ao oceano.

O ciclo hidrológico não é um fenômeno isolado, ele resulta de uma interação entre processos hidrológicos, geomorfológicos e biológicos, tendo como agentes dinâmicos a água e o clima. Cada processo interfere e sofre a interferência dos demais. A litosfera age sobre a biosfera como fornecedor de alimentos minerais e orgânicos, servindo de substrato para todos os seres vivos (KOBAYAMA *et al.* 1998, apud LOPES, 2007).

O ciclo obviamente não tem começo nem fim, a água é evaporada dos oceanos e da superfície continental e se torna parte da atmosfera. A umidade atmosférica precipita-se tanto nos oceanos como nos continentes. Nestes, a água precipitada pode ser interceptada pela vegetação e pode escoar pela superfície dos terrenos ou pode infiltrar-se no solo, de onde pode ser transpirada pelas plantas. Assim, o ciclo da água envolve vários e complicados processos hidrológicos: evaporação, precipitação, interceptação, transpiração, infiltração, percolação e escoamento superficial (LIMA, 2008).

Figura 1 - Ciclo Hidrológico.



Fonte: EVANS/USGS, 2014.

Conforme Garcez e Alvarez; Bertoni e Tucci; Silveira *et al.* (2004, apud Lopes, 2007, p.5), o ciclo hidrológico pode ser compreendido em quatro etapas principais:

- a) Precipitações Atmosféricas: é a água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre. Existem diversas formas de precipitação como neblina, chuva, granizo, saraiva, orvalho, geada e neve, o que as diferencia é o estado em que a água se encontra;
- b) Escoamentos Subterrâneos: a infiltração é a passagem de água da superfície para o interior do solo. As águas provenientes das precipitações que venham a ficar retidas no terreno ou a escoar superficialmente podem se infiltrar no solo por efeito da gravidade ou de capilaridade, passando a formar a água subterrânea;
- c) Escoamentos Superficiais: é o conjunto das águas que por efeito da gravidade, se desloca na superfície da Terra. O estudo do escoamento superficial engloba, portanto, desde a simples gota de chuva que tomba sobre o solo saturado ou impermeável, e escorre superficialmente, até o grande curso das águas que desembocam no mar;
- d) Evapotranspiração: a evaporação é o conjunto dos fenômenos físicos que transformam em vapor a água precipitada sobre a superfície do solo, das águas e das plantas. A transpiração é o processo de evaporação decorrente de ações

fisiológicas dos vegetais e animais. Os vegetais, por meio de suas raízes, retiram do solo a água necessária às suas atividades vitais e restituem parte dela a atmosfera. Assim, denomina-se evapotranspiração o conjunto de processos físicos e fisiológicos que provocam a transformação da água precipitada na superfície da Terra em vapor

## **2.2 A importância da água**

A água é indispensável para qualquer ser vivo terrestre, sem a qual jamais haveria vida e perpetuação da espécie (CAEMA, 2012). A água representa além do consumo básico, a vida em todas as suas formas, um bem de consumo para quase todas as atividades humanas (CASTELLANO & CHAUDRY, 2000).

De acordo com Weerelt (2003, apud CAEMA, 2012) a água cobre aproximadamente três quartos da superfície da Terra. Desse total, 97,5% é formado de água salgada (oceanos e mares) e 2,5 %, de água doce. Desses 2,5%, a maior parte (2,1%) está sob a forma sólida (gelo) nas regiões polares ou em rios e lagos subterrâneos, o que dificulta a ação do homem; e 0,4% é o que resta para ser utilizado por nós. Apenas 0,4% estão disponíveis para o consumo direto. E o que pode ser ainda mais grave é que não se sabe ao certo qual parte desses mananciais está livre de contaminação.

A água é imprescindível para o Planeta Terra, nela originaram os primeiros seres vivos, e a partir dessas originaram-se outras formas terrestres, as quais somente conseguiram sobreviver na proporção que puderam fortalecer mecanismos fisiológicos desenvolvidos que lhes permitiram retirar água do meio e retê-la em seus próprios organismos. (HORTA, 2009).

Conforme Lima (2008) a água está profundamente associada à evolução do homem em inúmeras maneiras. Sendo que uma das condições essenciais para o surgimento da vida na Terra foi a presença de água na forma líquida. Cada processo orgânico só foi possível em meio aquoso. A água é o constituinte fundamental do protoplasma e o seu papel no metabolismo, no processo regulatório da temperatura corporal e na nutrição dos tecidos, é vital.

A água é um dos mais importantes recursos ambientais e a adequada gestão dos recursos hídricos é componente fundamental da política ambiental. Quando as pessoas não têm acesso à água potável no lar, ou à água enquanto recurso produtivo, suas

escolhas e liberdades são limitadas pela doença, pobreza e vulnerabilidade. Não ter acesso à água e ao saneamento é, na realidade, um eufemismo para uma forma de privação que ameaça a vida, limita as oportunidades e enfraquece a dignidade humana (ANA, 2009).

Comemora-se segundo a ONU, o dia mundial da água em 22 de março. Onde a intenção é se conscientizar sobre a importância da água e defender o manejo sustentável dos recursos de água doce. Estima-se que um bilhão de pessoas carecem de acesso ao abastecimento de água suficiente, definindo como uma fonte que possa fornecer 20 litros por pessoa por dia a uma distância não superior a mil metros. Sendo que essas fontes são inclusas de ligações domésticas, fontes públicas, fossos, poços e nascentes protegidos e a coleta de águas pluviais (ONU, 2018).

O homem precisa de água com qualidade satisfatória e quantidade suficiente, para satisfazer suas necessidades de alimentação, higiene e outras, sendo um princípio considerar a quantidade de água, do ponto de vista sanitário, de grande importância no controle e na prevenção de doenças, como nos casos de gastroenterites. Sendo assim, existem parcelas dos diferentes usos de água dos quais podem ser citados segundo a (FUNASA, 2016):

**Doméstico:**

- Bebida;
- Cozinha;
- Banho;
- Lavagem de roupas e utensílios;
- Limpeza da casa;
- Descarga dos aparelhos sanitários;
- Rega de jardins;
- Lavagem dos veículos.

**Comercial:**

- Hotéis;
- Pensões;
- Restaurantes;
- Estabelecimento de ensinos particulares;
- Postos de abastecimento de combustível;
- Padarias;

- Açougues

**Industrial:**

- Transformação de matéria-prima;
- Entra na composição do produto;
- Fins agropecuários;
- Clubes recreativos.

**Público:**

- Fontes;
- Irrigação de jardins públicos;
- Limpeza pública;
- Edifícios públicos.

**Segurança:**

- Combate de incêndio

A escassez de água é uma realidade no nosso país, por isso é necessário que haja planejamento e uma administração eficaz para combater não somente as perdas no sistema de abastecimento, mas os desperdícios, as fraudes e as ligações clandestinas, para tanto, aplicando ações de preservação e conservação da água, a qual mantém a vida no planeta, assim estaremos dando a devida importância para o elemento mais precioso do universo.

### **2.3 Saneamento e saúde pública**

Saneamento é o conjunto de medidas que visa preservar ou modificar as condições do meio ambiente com a finalidade de prevenir doenças e promover a saúde, melhorar a qualidade de vida da população, a produtividade do indivíduo e facilitar a atividade econômica. No Brasil, o saneamento básico é um direito assegurado pela Constituição e definido pela Lei nº. 11.445/2007 como o conjunto dos serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, drenagem urbana, manejos de resíduos sólidos e de águas pluviais (TRATA BRASIL, 2012).

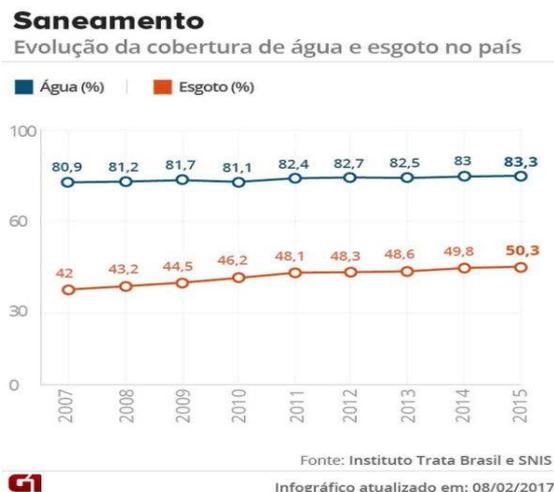
Segundo o artigo 3º da Lei 11.445/2007 pag. 3 para padronização das ações integrantes do saneamento básico:

- **Abastecimento de água:** caracteriza-se pela distribuição de água para a população em quantidade e qualidade em que possam atender as suas principais necessidades;
- **Esgotamento sanitário:** compreendendo a coleta dos esgotos gerados pelas populações e sua disposição de forma compatível com a capacidade do meio ambiente em assimilá-los;
- **Limpeza pública:** incluindo todas as fases de manejo dos resíduos sólidos domésticos, até sua disposição final, compatível com as potencialidades ambientais;
- **Drenagem pluvial:** significando a condução das águas pluviais, de forma a minimizar seus efeitos deletérios sazonais sobre as populações e as propriedades.

No Brasil, a falta do sistema adequado de saneamento básico alinhado a um crescimento desenfreado das áreas urbanas tem conduzido a quadros epidemiológicos preocupantes (FUNASA, 2007). Segundo Guimarães *et al.* (2007) investir em saneamento pode reverter a situação de crise em relação a doenças das quais a população tem sido acometida, tendo em vista que o saneamento promove a saúde pública preventiva, diminuindo assim a busca por hospitais e postos de saúde, ela elimina a contaminação por agentes que podem provocar doenças, sendo assim, ter um saneamento eficiente proporciona uma condição de vida mais saudável.

Entretanto, dez anos após a Lei do Saneamento Básico (BRASIL, 2007) entrar em vigor no Brasil, metade da população do país continua sem acesso a sistemas de esgotamento sanitário. Segundo os dados mais recentes do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2017), referentes a 2015, apenas 50,3% dos brasileiros tiveram acesso a coleta de esgoto, o que significa que mais de 100 milhões de pessoas utilizam medidas alternativas para lidar com os dejetos, seja através de uma fossa, seja jogando no esgoto ou diretamente em rios (PORTAL G1, 2017).

Figura 1 - Evolução de cobertura de água.



Fonte: G1 apud INSTITUTO TRATA BRASIL, 2017.

Diversas doenças infecciosas e parasitárias têm no meio ambiente uma fase de seu ciclo de transmissão, como por exemplo, uma doença de veiculação hídrica com transmissão feco-oral. A implantação de um sistema de saneamento, neste caso, significaria interferir no meio ambiente de maneira a interromper o ciclo de transmissão da doença. O controle de transmissão das doenças, além da intervenção em saneamento e dos cuidados médicos, completa-se quando é promovida a educação sanitária, adotando-se hábitos higiênicos como: utilização e manutenção adequada das instalações sanitárias e melhoria da higiene pessoal, doméstica e de alimentos (BOVOLATO, 2010).

Figura 3 - Ranking da cobertura de água.



Fonte: G1 apud SNIS, 2017.

Em diversos aspectos a administração nos municípios brasileiros passam por dificuldades em assumir seu efetivo papel de responsabilidade na gestão dos serviços de saneamento, em consequência de uma herança da realidade histórica implementada com a centralização política e tributária, característica dos anos 1970. Assim, é fundamental que haja um resgate desse papel na perspectiva de que esses serviços contribuam para a garantia de uma qualidade de vida digna para a população (BOVOLATO, 2010).

O saneamento e a saúde pública são assuntos que não podem ser desvinculados no Brasil. Ainda há falta de água encanada, água tratada, coleta de esgoto e tratamento desse esgoto, sem contar as vítimas de doenças hídricas por falta de uma gestão que não é complacente em relação as necessidades mais básicas da população. O saneamento traz desenvolvimento e perspectiva de vida para as pessoas. Lugares insalubres se tornam mais saudáveis, com menos manifestações de vetores de doenças, sem contar a questão da água tratada que chega à população. A própria infraestrutura do local muda com saneamento e como consequência vem a pavimentação, iluminação, coleta lixo e limpeza pública.

## 2.4 Legislação sobre saneamento básico e recursos hídricos

A Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, aponta de modo expresso no artigo 225:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo é essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. (BRASIL,1988, p. 25).

Conforme a constituição do Estado do Maranhão afirma em suas competências, das quais são: cuidar da saúde, da assistência pública, proteger e garantir as pessoas portadoras de deficiência de qualquer natureza; promover e incentivar programas de construção de moradias e fomentar a melhoria das condições habitacionais e de saneamento básico (MARANHÃO,1989).

Em relação à Lei Orgânica de São Luís, tanto o Município como o Estado e a União possuem habilidades para “promover e incentivar programas de construção de moradias, prioritariamente para as pessoas de baixa renda, e fomentar a melhoria das condições habitacionais existentes e de saneamento básico” (SÃO LUÍS, 1990).

A Lei nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a Política Federal de Saneamento Básico, foi considerada um marco regulatório para o setor de saneamento básico, pois prevê que os serviços públicos de saneamento (Abastecimento de Água, Esgotamento Sanitário, Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos) sejam prestados com base no princípio da universalização, visando à proteção da Saúde Pública e do Meio Ambiente (MOURA, LUZ, LANDAU, 2014).

### a) Legislação Federal

De acordo com o artigo 2º da Lei nº 11.445/2007 que traz informações das principais atividades do serviço público sobre o saneamento básico, destaca-se:

- I – Universalização do acesso;
- II – Integralidade, compreendida como o conjunto de atividades e componentes de cada um dos diversos serviços de saneamento básico, que propicia à população o acesso de acordo com suas necessidades e maximiza a eficácia das ações e dos resultados;

III – Abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de forma adequada à saúde pública e à proteção do meio ambiente;

IV – Disponibilidade, nas áreas urbanas, de serviços de drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das redes, adequados à saúde pública e à segurança da vida e do patrimônio público e privado;

V – Adoção de métodos, técnicas e processos que considerem as peculiaridades locais e regionais;

VI – Articulação com as políticas de desenvolvimento urbano e regional, de habitação, de combate à pobreza e de sua erradicação, de proteção ambiental, de promoção da saúde, de recursos hídricos e outras de interesse social relevante, destinadas à melhoria da qualidade de vida, para as quais o saneamento básico seja fator determinante (BRASIL, 2007, p. 3).

A Lei Nº 9.984, de 17 julho de 2000 criou a ANA (Agencia Nacional de Águas) sendo esta, uma entidade de cunho Federal. Sua implementação esteve relacionada à política e gerenciamento de recursos hídricos pela instituição de normas nacionais que regulamentam a prestação de serviços públicos de saneamento básico.

Conforme o artigo 4º da mesma Lei, a atuação da ANA deve obedecer aos fundamentos, às diretrizes e aos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, juntamente com entidades públicas e privadas integrantes do Sistema Nacional de Recursos Hídricos, cabendo-lhe:

I – Supervisionar, controlar e avaliar as ações e atividades decorrentes do cumprimento da legislação federal pertinente aos recursos hídricos;

II – Disciplinar, em caráter normativo, a implementação, a operacionalização, o controle e a avaliação dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos;

III – (VETADO)

IV – Outorgar, por intermédio de autorização, o direito de uso de recursos hídricos em corpos de água de domínio da União, observado o disposto nos art. 5º, 6º, 7º e 8º;

V – Fiscalizar os usos de recursos hídricos nos corpos de água de domínio da União;

VI – Elaborar estudos técnicos para subsidiar a definição, pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos, dos valores a serem cobrados pelo uso de recursos hídricos de domínio da União, com base nos mecanismos e quantitativos sugeridos pelos Comitês de Bacia Hidrográfica, na forma do inciso VI do art. 38 da Lei nº 9.433, de 1997;

VII – Estimular e apoiar as iniciativas voltadas para a criação de Comitês de Bacia Hidrográfica;

VIII – Implementar, em articulação com os Comitês de Bacia Hidrográfica, a cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio da União;

IX – Arrecadar, distribuir e aplicar receitas auferidas por intermédio da cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio da União, na forma do disposto no art. 22 da Lei nº 9.433, de 1997;

X – Planejar e promover ações destinadas a prevenir ou minimizar os efeitos de secas e inundações, no âmbito do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, em articulação com o órgão central do Sistema Nacional de Defesa Civil, em apoio aos Estados e Municípios;

XI – Promover a elaboração de estudos para subsidiar a aplicação de recursos financeiros da União em obras e serviços de regularização de cursos de água,

de alocação e distribuição de água, e de controle da poluição hídrica em consonância com o estabelecido nos planos de recursos hídricos;

XII – Definir e fiscalizar as condições de operação de reservatórios por agentes públicos e privados, visando a garantir o uso múltiplo dos recursos hídricos, conforme estabelecido nos planos de recursos hídricos das respectivas bacias hidrográficas;

XIII – Promover a coordenação das atividades desenvolvidas no âmbito da rede hidrometeorológica nacional, em articulação com órgãos e entidades públicas ou privadas que a integram, ou que dela sejam usuárias;

XIV – organizar, implantar e gerir o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos;

XV – Estimular a pesquisa e a capacitação de recursos humanos para a gestão de recursos hídricos;

XVI – Prestar apoio aos Estados na criação de órgãos gestores de recursos hídricos;

XVII – Propor ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos o estabelecimento de incentivos, inclusive financeiros, à conservação qualitativa e quantitativa de recursos hídricos [...] (ANA, 2000).

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei nº 9.433/1997, baseia-se nos seguintes fundamentos:

I – A água é um bem de domínio público;

II – A água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;

III – Em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;

IV – A gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;

V – A bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;

VI – A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades (PNRH, 1997).

Essa mesma Lei (PNRH, BRASIL, 1997) tem por objetivos assegurar para a população, em relação a disponibilidade de água referente a qualidade e quantidades adequadas que possam atender suas necessidades. Objetiva-se ainda, o uso de forma racional dos recursos hídricos e a ações preventivas contra eventos críticos relacionados ao desperdício dos recursos hídricos.

Conforme o Anexo XX da Portaria de nº 5, de 3 de outubro de 2017 no Capítulo II Art. 5º estabelece algumas definições como:

- I – **Água para consumo humano:** água potável destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem;
- II – **Água potável:** água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido nesta Portaria e que não ofereça riscos à saúde;
- III – **Padrão de potabilidade:** conjunto de valores permitidos como parâmetro da qualidade da água para consumo humano, conforme definido nesta Portaria;

- **IV – Padrão organoléptico:** conjunto de parâmetros caracterizados por provocar estímulos sensoriais que afetam a aceitação para consumo humano, mas que não necessariamente implicam risco à saúde;
- **V – Água tratada:** água submetida a processos físicos, químicos ou combinação destes, visando atender ao padrão de potabilidade;
- **VI – Sistema de abastecimento de água para consumo humano:** instalação composta por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, desde a zona de captação até as ligações prediais, destinada à produção e ao fornecimento coletivo de água potável, por meio de rede de distribuição;
- **VII – Solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano:** modalidade de abastecimento coletivo destinada a fornecer água potável, com captação subterrânea ou superficial, com ou sem canalização e sem rede de distribuição;
- **VIII – Solução alternativa individual de abastecimento de água para consumo humano:** modalidade de abastecimento de água para consumo humano que atenda a domicílios residenciais com uma única família, incluindo seus agregados familiares;
- **IX – Rede de distribuição:** parte do sistema de abastecimento formada por tubulações e seus acessórios, destinados a distribuir água potável, até as ligações prediais.

Nesta mesma Portaria, no Capítulo V no art. 27 em relação a potabilidade, informa que a água potável deve estar em conformidade com o padrão microbiológico, segundo o anexo I do anexo XX e as demais disposições.

- § 1º – No controle da qualidade da água, quando forem detectadas amostras com resultado positivo para coliformes totais, mesmo em ensaios presuntivos, ações corretivas devem ser adotadas e novas amostras devem ser coletadas em dias imediatamente sucessivos até que revelem resultados satisfatórios.
- § 2º – Nos sistemas de distribuição, as novas amostras devem incluir no mínimo uma recoleta no ponto onde foi constatado o resultado positivo para coliformes totais e duas amostras extras, sendo uma à montante e outra à jusante do local da recoleta.
- § 3º – Para verificação do percentual mensal das amostras com resultados positivos de coliformes totais, as recoletas não devem ser consideradas no cálculo.
- § 4º – O resultado negativo para coliformes totais das recoletas não anula o resultado originalmente positivo no cálculo dos percentuais de amostras com resultado positivo. § 5º - Na proporção de amostras com resultado positivo admitidas mensalmente para coliformes totais no sistema de distribuição, expressa no Anexo I a esta Portaria, não são tolerados resultados positivos que ocorram em recoleta, nos termos do § 1º deste artigo.
- § 6º – Quando o padrão microbiológico estabelecido no Anexo I a esta Portaria for violado, os responsáveis pelos sistemas e soluções alternativas coletivas de abastecimento de água para consumo humano devem informar à autoridade de saúde pública as medidas corretivas tomadas.
- § 7º – Quando houver interpretação duvidosa nas reações típicas dos ensaios analíticos na determinação de coliformes totais e *Escherichia coli*, deve-se fazer a recoleta.

Na Resolução do CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005, onde dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes,

e dá outras providências. No Capítulo III relata das condições e padrões de qualidade da água, temos assim na seção I as disposições gerais:

- Art. 7º Os padrões de qualidade das águas determinados nesta Resolução estabelecem limites individuais para cada substância em cada classe;
- Parágrafo único. Eventuais interações entre substâncias, especificadas ou não nesta Resolução, não poderão conferir às águas características capazes de causar efeitos letais ou alteração de comportamento, reprodução ou fisiologia da vida, bem como de restringir os usos preponderantes previstos, ressalvado o disposto no § 3º do art. 34, desta Resolução.
- Art. 8º O conjunto de parâmetros de qualidade de água selecionado para subsidiar a proposta de enquadramento deverá ser monitorado periodicamente pelo Poder Público.;
- § 1º Também deverão ser monitorados os parâmetros para os quais haja suspeita da sua presença ou não conformidade;
- § 2º Os resultados do monitoramento deverão ser analisados estatisticamente e as incertezas de medição consideradas;
- § 3º A qualidade dos ambientes aquáticos poderá ser avaliada por indicadores biológicos, quando apropriado, utilizando-se organismos e/ou comunidades aquáticas;
- § 4º As possíveis interações entre as substâncias e a presença de contaminantes não listados nesta Resolução, passíveis de causar danos aos seres vivos, deverão ser investigadas utilizando-se ensaios ecotoxicológicos, toxicológicos, ou outros métodos cientificamente reconhecidos;
- § 5º Na hipótese de os estudos referidos no parágrafo anterior tornarem-se necessários em decorrência da atuação de empreendedores identificados, as despesas da investigação correrão as suas expensas;
- § 6º Para corpos de água salobras continentais, onde a salinidade não se dê por influência direta marinha, os valores dos grupos químicos de nitrogênio e fósforo serão os estabelecidos nas classes correspondentes de água doce.
- Art. 9º A análise e avaliação dos valores dos parâmetros de qualidade de água de que trata esta Resolução serão realizadas pelo Poder Público, podendo ser utilizado laboratório próprio, conveniado ou contratado, que deverá adotar os procedimentos de controle de qualidade analítica necessários ao atendimento das condições exigíveis;
- § 1º Os laboratórios dos órgãos competentes deverão estruturar-se para atenderem ao disposto nesta Resolução;
- § 2º Nos casos onde a metodologia analítica disponível for insuficiente para quantificar as concentrações dessas substâncias nas águas, os sedimentos e/ou biota aquática poderão ser investigados quanto à presença eventual dessas substâncias.

Conforme a Resolução do CONAMA nº 396 de 3 de abril de 2008, onde dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. No Capítulo I a partir do art. 2º são adotadas as seguintes definições:

- I – **Águas subterrâneas:** águas que ocorrem naturalmente ou artificialmente no subsolo;
- II – **Análises toxicológicas:** análises químicas ou bioquímicas realizadas com a função de determinar compostos tóxicos, seus produtos de

biotransformação ou seus efeitos em materiais biológicos de organismos potencialmente expostos;

- III – **Aquífero**: corpo hidrogeológico com capacidade de acumular e transmitir água através dos seus poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carreamento de materiais rochosos; IV - classe de qualidade: conjunto de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais e futuros;
- V – **Classificação**: qualificação das águas subterrâneas em função de padrões de qualidade que possibilite o seu enquadramento;
- VI – **Condição de qualidade**: qualidade apresentada pelas águas subterrâneas, num determinado momento, frente aos requisitos de qualidade dos usos;
- VII – **Efetivação do enquadramento**: alcance da meta final do enquadramento;
- VIII – **Enquadramento**: estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (Classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um aquífero, conjunto de aquíferos ou porção desses, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo;
- IX – **Limite de detecção do método (LDM)**: menor concentração de uma substância que pode ser detectada, mas não necessariamente quantificada, pelo método utilizado;
- X – **Limite de quantificação praticável (LQP)**: menor concentração de uma substância que pode ser determinada quantitativamente com precisão e exatidão, pelo método utilizado;
- XI – **Limite de quantificação da amostra (LQA)**: LQP ajustado para as características específicas da amostra analisada;
- XII – **Metas**: realizações físicas e atividades de gestão, de acordo com unidades de medida e cronograma preestabelecidos, de caráter obrigatório;
- XIII – **Monitoramento**: medição ou verificação de parâmetros de qualidade ou quantidade das águas subterrâneas, em frequência definida;
- XIV – **Padrão de qualidade**: valor limite adotado como requisito normativo de um parâmetro de qualidade de água, estabelecido com base nos valores de referência de qualidade e nos valores máximos permitidos para cada um dos usos preponderantes;
- XV – **Parâmetro de qualidade da água**: substâncias ou outros indicadores representativos da qualidade da água.

## b) Legislação Estadual

A Lei nº 8.923 de 12 de janeiro de 2009 estabelece no artigo 2º que todos têm direito à vida em um ambiente salubre onde a preservação e promoção são de responsabilidade do Estado e também da coletividade. Nessa mesma lei ainda se estabelece no artigo 3º que todos têm direito a níveis adequados crescentes de salubridade ambiental e exigência, a partir dos órgãos competentes, de medidas preventivas, mitigadoras e reparadoras em face de atividades prejudiciais.

O artigo 14º da mesma lei supracitada, cria o Sistema Estadual de Saneamento Básico integrado com todos os órgãos e entidades que possuem competência em relação ao saneamento básico, constituído por:

- I – Órgão superior: Conselho Estadual de Saneamento Básico, com competências normativas e de controle;
- II – Órgão de controle social: o Conselho Estadual das Cidades, com competências de controle, bem como para viabilizar a integração da política de saneamento básico com outras políticas urbanas;
- III – Órgão coordenador: Secretaria de Estado da Saúde, com competências de formular, coordenar e implementar a Política Estadual de Saneamento Básico e monitorar e avaliar a execução de suas ações; e
- IV – Órgãos executores: os demais órgãos ou entidades estaduais que possuam dentre suas competências a execução de ações de saneamento básico, inclusive quando para promover o turismo. (MARANHÃO, 2009).

A Lei nº 8.149 de 15 de junho de 2004, no seu artigo 6º, conceitua os Planos Estadual de Recursos Hídricos e os Planos Diretores de Bacias Hidrográficas, como sendo planos diretores das quais tem por objetividade fundamentar e orientar a Política de Recursos Hídricos e a administração destes recursos pelos seguintes conteúdos:

- I – Inventário e diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos elaborados por bacia hidrográfica ou por conjunto de bacias;
- II – Análise de alternativas de crescimento demográfico, de evolução das atividades produtivas e de modificações dos padrões da ocupação do solo;
- III – Balanço entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, com identificação de conflitos potenciais;
- IV – Metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis;
- V – Medidas a serem tomadas, programas a serem desenvolvidos e projetos a serem implantados, para o atendimento das metas previstas;
- VI – Prioridades para outorga de direitos de uso de recursos hídricos;
- VII – diretrizes e critérios para cobrança pelo uso dos recursos hídricos;
- VIII – propostas para a criação de áreas sujeitas à restrição de uso, com vistas à proteção dos recursos hídricos;
- IX – Programas de desenvolvimento institucional, tecnológico e gerencial de valorização profissional e de comunicação social na área de recursos hídricos;
- X – Objetivos e diretrizes gerais para o aperfeiçoamento do sistema de planejamento estadual e inter-regional dos recursos hídricos. (MARANHÃO, 2004).

### **c) Legislação Municipal**

A lei nº 4.516 de 27 de julho de 2005, que dispõe sobre a Política Municipal de Saneamento Básico, traz as seguintes definições relacionadas ao saneamento e à saúde:

- I – Salubridade Ambiental, como o estado de qualidade ambiental capaz de prevenir a ocorrência de doenças relacionadas ao meio ambiente e de promover as condições ecológicas favoráveis ao pleno gozo da saúde e do bem-estar da população urbana e rural.

- II – Saneamento Ambiental, como o conjunto de ações que visam alcançar níveis crescentes de salubridade ambiental, por meio do abastecimento de água potável, coleta e disposição sanitária de resíduos líquidos, sólidos e gasosos, promoção da disciplina sanitária do uso e ocupação do solo, prevenção e controle e excesso de ruídos, drenagem urbana, controle de vetores de doenças transmissíveis e demais serviços e obras especializadas.
- III – Saneamento Básico, como o conjunto de ações entendidas fundamentalmente como de saúde pública, compreendendo o abastecimento de água em quantidade suficiente para assegurar higiene. (SÃO LUIS, 2005).

No artigo 6º da mesma lei supracitada, ficaram estabelecidos os seguintes princípios:

- I – O ambiente salubre, indispensável à segurança sanitária e à melhorias da qualidade de vida, é direito de todos, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de segurá-lo.
- II – Do primado da prevenção de doenças sobre o seu tratamento.
- III – De participação efetiva da sociedade, por meio de suas entidades representativas, na formulação das políticas, no planejamento e controle de serviços e obras de saneamento, nos processos de decisão e fiscalização sobre custos, qualidade dos serviços prioridades financeiras e planos de investimentos.
- IV – De subordinação das ações de saneamento básico ao interesse público, de forma a cumprir sua função social (SÃO LUÍS, 2005).

## 2.5 Sistema de Abastecimento de Água

### 2.5.1 Conceito

O sistema de abastecimento (figura 5) é o conjunto de obras, instalações e serviços, destinados a produzir e distribuir água a uma comunidade, em quantidade e qualidade compatíveis com as necessidades da população, para fins de consumo doméstico, serviços públicos, consumo industrial e outros usos (BRASIL, 2007).

O anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 do Ministério da Saúde, de 3 de outubro de 2017, no capítulo II, do art. 5º e inciso VI, define Sistema de Abastecimento como: “ instalação composta por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, desde a zona de captação até as ligações prediais, destinada à produção e ao fornecimento coletivo de água potável, por meio de rede de distribuição. ”

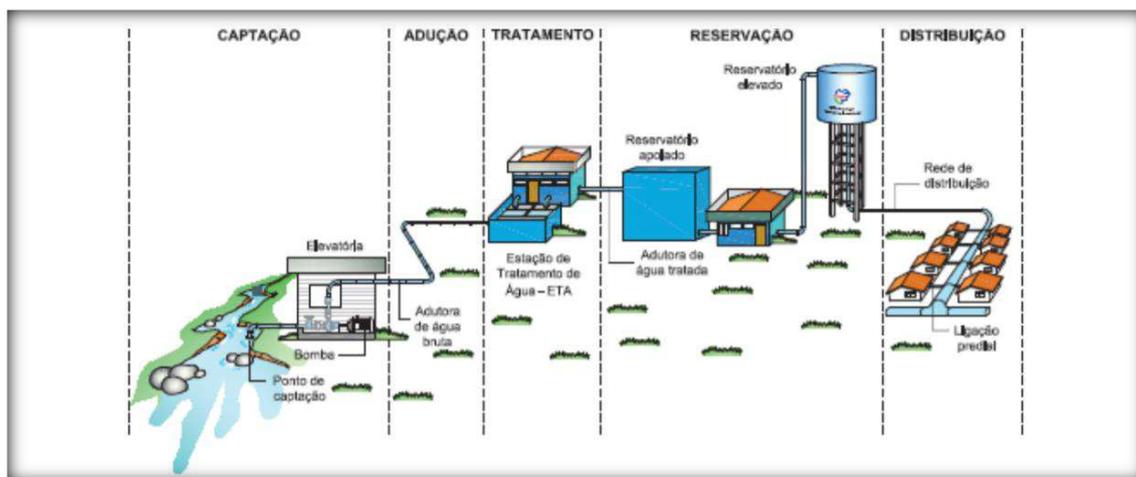
Tsutiya (2006, p.11) afirma que a concepção do sistema de abastecimento de água está relacionada com o desenvolvimento de estudos organizados na área topográfica,

bacias hidrográficas, uso e ocupação do solo e atividades econômicas. Sendo a concepção do sistema urbano de água os seguintes componentes:

- ✓ Manancial
- ✓ Captação
- ✓ Estação Elevatória
- ✓ Adução
- ✓ Estação de tratamento de água
- ✓ Reservatório
- ✓ Rede de distribuição

Um sistema de abastecimento de água apresenta basicamente a captação de água bruta de um manancial e posteriormente o seu tratamento, em seguida é transportada para um reservatório. Este transporte normalmente é feito por bombeamento até a estação de tratamento, após o tratamento, essa água é transportada para reservatórios em zonas baixas. Este reservatório é apoiado e em zonas mais altas é elevado. Nestas zonas altas, este transporte é feito a partir de bombeamento. Depois dessa água estar no reservatório, a mesma é transportada por meio da gravidade até o consumidor (DALMAS, 2012).

Figura 4 - Unidades de um Sistema de Abastecimento de Água.



Fonte: BRASIL, 2015.

Um sistema urbano de água deve funcionar de forma ininterrupta fornecendo água potável com os seguintes objetivos (MEDEIROS, 2000, p.17):

- Controle e prevenção de doenças;
- Melhores condições sanitárias (higienização intensificada e aprimoramento das tarefas de limpeza doméstica em geral);
- Conforto de segurança coletiva (limpeza pública, instalação de antiincêndios);
- Desenvolvimento de práticas recreativas e de esportes;
- Maior número de áreas ajardinadas, parques, etc;
- Desenvolvimento turísticos, industrial e comercial.

## 2.5.2 Unidades componentes

A seguir apresentaremos as partes que constituem o sistema de abastecimento de água.

### 2.5.2.1 Manancial

Segundo Tsutiya (2006, p. 9) o manancial significa “um corpo de água superficial ou subterrâneo, onde é retirada a água para o abastecimento. Deve fornecer vazão suficiente para atender a demanda de água no período de projeto, e a qualidade dessa água deve ser adequada sob o ponto de vista sanitário”. A figura 6 ilustra um manancial na área de Paço do Lumiar.

Figura 5 - Manancial de Paço do Lumiar.



Fonte: CLAYTON, 2013.

Para Dalmas (2012, p. 18) a água que é retirada dos mananciais deve ter uma vazão que possa ser satisfatória ao projeto estipulado, passando assim pela fase de tratamento onde serão realizadas adequações nos estados físico-químicos, bacteriológicos

e microbiológicos da água. Para alcançar um nível de potabilidade aceitável constante na Portaria de Consolidação nº 5 do Ministério da Saúde, anexo XX. Fornecendo assim uma água com qualidade e quantidade suficiente para os consumidores.

### 2.5.2.2 Captação

Conforme Heller (2010, p.74) captação:

“Consiste na estrutura responsável pela extração de água do manancial, a fim de torná-la disponível para seu transporte para os locais de utilização. Pode ser de muitas e diferentes formas, em função do tipo de manancial. Seu projeto, sobretudo quando se refere à captação em manancial da superfície, deve considerar cuidadosamente as características físicas do curso d’água e de suas margens, bem como as variações sazonais de vazão, uma vez que se trata de uma unidade de muita responsabilidade no sistema e, por se localizar no curso d’água, fica sujeita à ação das intempéries”.

Segundo Tsutiya (2006, p.10), a captação é o primeiro processo do sistema de abastecimento de água onde são dotados os equipamentos para retirada de água que serão conduzidos aos consumidores. A figura 7 ilustra a captação de água.

Figura 6 - Captação de Água.



Fonte: PROJETO ÁGUA PARA O FUTURO, 2019.

A captação pode ser superficial ou subterrânea. A superficial é feita nos rios, lagos ou represas, por gravidade ou bombeamento. No caso do bombeamento, uma casa de máquinas é construída junto à captação com conjuntos de motobombas que sugam a água do manancial e a envia para a estação de tratamento. A captação subterrânea é

efetuada por meio de poços artesianos com perfurações de 50 a 100 metros feitas no terreno para captar a água dos lençóis subterrâneos. A água desses lençóis também é sugada por motobombas instaladas perto do lençol d'água e enviada à superfície por tubulações. A água dos poços artesianos está, em sua quase totalidade, isenta de contaminação por bactérias e vírus, além de não apresentarem turbidez e cor (COPASA, 2019).

### 2.5.2.3 Estação Elevatória

Um sistema de recalque ou elevatório é o conjunto de tubulações, acessórios, bombas e motores necessário para transportar uma certa vazão de água ou qualquer outro líquido de um reservatório inferior para outro reservatório superior (PORTO, 2004). A figura 8 representa a composição de uma estação elevatória.

Tendo em vista a economia de energia, facilidade de operação, manutenção e segurança, seria desejável que os escoamentos fossem inteiramente por gravidade, contudo, algumas vezes os locais a serem atendidos estão em pontos altos ou muito afastados das fontes de abastecimento de água. Deste modo, as elevatórias tornam-se essenciais na captação, adução, tratamento e rede de distribuição de água, para conduzir o líquido a cotas mais elevadas, ou para aumentar a capacidade de adução do sistema (SILVA, 2016).

Figura 7 - Estação Elevatória.



Fonte: ÁGUAS DE PORTUGAL, 2019.

Uma estação elevatória é de extrema importância dentro de um sistema de abastecimento de água, pois elas podem ser utilizadas na captação, adução, tratamento e na distribuição da água. Sua instalação deve ser estudada com cautela, pois ela influenciará diretamente no valor da manutenção do sistema devido ao elevado custo de energia elétrica, se houver bombeamento no sistema, os gastos podem representar uma boa parte dentro de uma companhia de saneamento (TSUTIYA, 2006, apud GIROL, 2008).

#### **2.5.2.4 Adutora**

Destina-se a transportar a água interligando unidades de captação, tratamento, estações elevatórias, reservação e rede de distribuição. Em função da água que transporta, pode ser adutora de água bruta ou de água tratada e, em função de suas características hidráulicas, pode ser em conduto livre, em conduto forçado por gravidade ou em recalque (HELLER, 2010).

Para Tsutiya (2006, p 10) adutora é “canalização que se destina conduzir água entre as unidades precedem a rede de distribuição. Não distribuem a água aos consumidores, mas podem existir as derivações que são sub-adutoras”.

As obras de captação devem ser projetadas e constituídas de forma que, em qualquer época do ano, sejam asseguradas condições de fácil entrada de água e, tanto quanto possível, da melhor qualidade encontrada no manancial em consideração. Também deve-se ter sempre em vista, ao desenvolver um projeto, facilidade de operação e manutenção ao longo do tempo (TSUTIYA, 2001). A figura 9 apresenta a atuação de operadores para conter um vazamento na adutora de São Luís-MA.

Para a captação de água subterrânea, podem ser utilizados drenos, galerias filtrantes, poços escavados (rasos) e poços perfurados (profundos), sendo este último o mais utilizado para o sistema de abastecimento de água (TSUTIYA, 2001).

Figura 8 – Adutora em São Luís – MA.



Fonte: DOLORES, 2015.

### 2.5.2.5 Estação de Tratamento de Água

Nos sistemas de abastecimento de água, o objetivo final é disponibilizar água potável aos usuários de forma contínua e em quantidade e pressão adequadas. E as ETAs (Estações de Tratamento de Água) tem por finalidade fazer o tratamento da água antes de sua distribuição, para que a água não ofereça riscos à saúde da população. Embora seja comum se afirmar que do ponto de vista técnico é possível potabilizar qualquer tipo de água, os riscos sanitários e os custos envolvidos no tratamento de águas contaminadas podem ser muito elevados, exigindo o emprego de técnicas cada vez mais onerosas e sofisticadas, motivo pelo qual deve-se priorizar ações de proteção dos mananciais, ou seja, pode-se dizer que “o tratamento começa na escolha da captação da água bruta” (SILVA, 2016). A figura 10 representa um sistema de tratamento de água.

As tecnologias de tratamento podem ser divididas entre aquelas em que é utilizada a coagulação química e as que prescindem desse processo. De outra forma, a classificação das tecnologias de tratamento poderia ser feita em função da filtração, rápida ou lenta (TSUTIYA, 2001).

Figura 9 - Estação de Tratamento de Água.



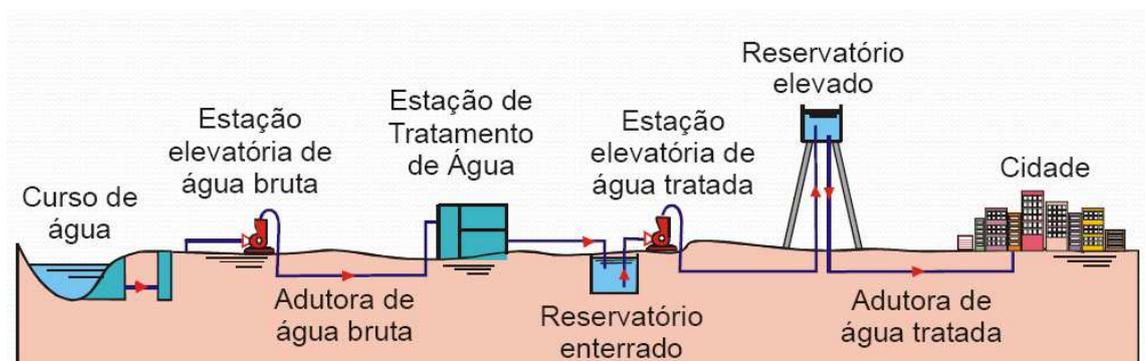
Fonte: CORSAN, 2015.

### 2.5.2.6 Reservatório

Para Tsutiya (2006, p. 10) reservatório “é o elemento do sistema de distribuição de água destinado a regularizar as variações entre as vazões de adução e de distribuição e condicionar as pressões na rede de distribuição”.

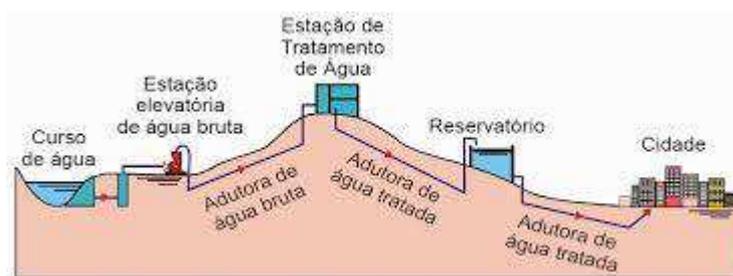
Dependendo da sua configuração e sua posição com relação à rede de distribuição, podem ser classificados em: enterrados (figura 11), semi-enterrados, apoiados (figura 12) ou elevados (figura 11); de montante ou de jusante (TSUTIYA, 2001).

Figura 10 - Captação em curso de água com reservatório enterrado e elevado.



Fonte: TSUTIYA, 2006.

Figura 11 - Captação em curso de água e com reservatório apoiado.



Fonte: TSUTIYA, 2006.

Os reservatórios elevados (figura 13), devido ao seu custo em geral são associados a reservatórios apoiados ou enterrados que armazenam a maior parte do volume necessário (TSUTIYA, 2001). Os reservatórios são posicionados de modo a abastecer durante as horas de maior consumo e tendo também a função de contribuir para a diminuição dos custos com a rede de distribuição. São eles que permitem a continuidade do abastecimento quando é necessário a interrupção do abastecimento para manutenção em unidades como captação, adução e estações de tratamento de água, e também podem ser dimensionados para permitir o combate a incêndios em situações especiais em locais onde o patrimônio e segurança da população estejam ameaçados (BARROS, 1995).

Figura 12 - Reservatório de Água.



Fonte: JÚNIOR, 2018.

Os reservatórios possuem as seguintes finalidades (TSUTIYA, 2006, p. 337):

- **Regularização da vazão:** acumulam água durante as horas em que a demanda de água é inferior à média e fornecem vazões complementares quando a demanda for superior à média;

- **Segurança:** São importantes em situações onde, por exemplo, uma adutora é rompida sendo necessária a interrupção da captação ou estação de tratamento;
- **Reserva de água para incêndio:** Podem disponibilizar vazões extras para o combate a possíveis incêndios;
- **Regularização das pressões:** O reservatório pode ser alocado em determinados pontos do sistema para reduzir a pressão na rede. São os chamados reservatório de quebra de pressão.

### 2.5.2.7 Rede de Distribuição

Segundo Heller (2010, p.78), a rede de distribuição:

“É composta de tubulações, conexões e peças especiais, localizados nos logradouros públicos, e tem por função distribuir água até residências, estabelecimentos comerciais, indústrias e locais públicos. Pode assumir configurações bastante simples até extremamente complexas, em função da parte, da densidade demográfica, da distribuição e da topografia da área abastecida”.

A figura 13 representa manutenções corretivas na rede de distribuição. As redes de distribuição são formadas por dois tipos de canalizações (TSUTIYA, 2006, apud GIROL, 2008):

- **Principal:** são as canalizações de maior diâmetro que tem a finalidade de levar água as canalizações secundárias. Estas canalizações também são conhecidas como canalização mestra ou conduto tronco.
- **Secundária:** são as canalizações de menor diâmetro e tem a finalidade de abastecer os pontos de consumo no sistema de distribuição.

Figura 13 - Troca da Rede de Distribuição de Água.



Fonte: VIRADOURO, 2018.

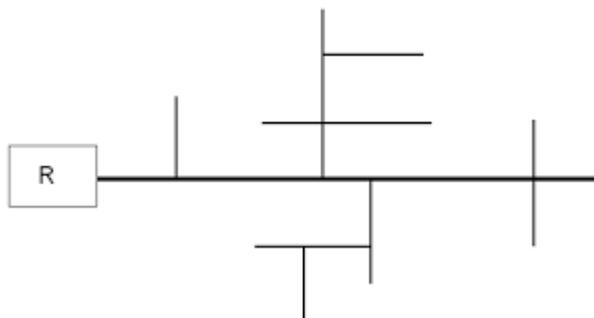
Com característica do tipo de traçado destes condutos, a literatura técnica classifica-os como (PRINCE, 2006, apud DALMAS, 2012):

**Rede ramificada (figura 15):** Esta configuração é característica de áreas que possuem um desenvolvimento linear em que as ruas não conectam entre si devido a problemas na topografia local ou de traçados urbanos (figura ramificada). Estas redes podem ter traçados do tipo “espinha de peixe” ou “em grelha”. A figura 15 exemplifica uma rede ramificada.

**Rede malhada (figura 16):** Esta configuração de rede é típica de áreas com ruas formando malhas viárias. As tubulações principais formam blocos ou anéis permitindo o abastecimento do sistema por mais de um caminho, favorecendo a manutenção na rede com o mínimo possível de interrupção no abastecimento de água. A figura 16 traz a ideia de uma rede malhada.

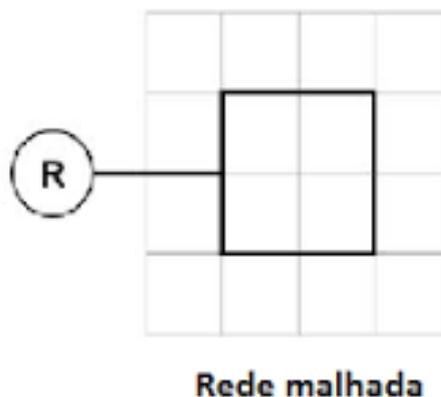
**Rede mista (figura 17):** é a combinação da rede ramificada com a rede malhada.

Figura 14 - Rede Ramificada.



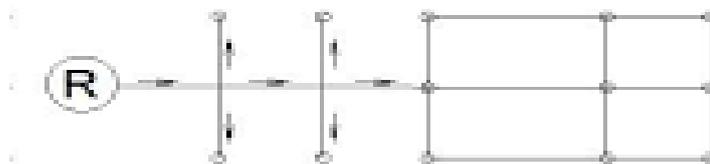
Fonte: SOARES, 2012.

Figura 15 - Rede Malhada.



Fonte: SANTOS, 2018.

Figura 16 - Rede Mista.



Fonte: SURCO, 2015.

## 2.6 Concessionárias de água e controle de perdas

As concessionárias de água são empresas responsáveis por administrar o abastecimento de água para uma comunidade em quantidade e qualidade necessárias para manter suas necessidades, além de regularidade e confiabilidade ao menor custo possível. Sendo assim, o sistema de abastecimento preza por qualidade de materiais e um serviço técnico que possa trabalhar com uma manutenção periódica preventiva atendendo-se a uma tolerância em relação a perda de água (ECIVIL, 2017).

Concessões municipais a entidades ou companhias estaduais ocorrem desde o século XX, com maior ênfase a partir da década de 1950. A modalidade de concessão foi a forma adotada para viabilizar os financiamentos dos serviços por meio das companhias estaduais. A partir de 1995, alguns municípios diretamente ou com intervenção dos Estados, passaram a adotar a concessão a empresas privadas como alternativa de financiamento dos serviços. As PPP's (Parceria Público Privada) foram regulamentadas recentemente e ainda são pouco utilizadas como forma de financiamento dos serviços, principalmente pelos Estados (TRATA BRASIL, 2012).

No ano de 2010, os dados da Associação Brasileira das Concessionárias Privadas de Serviços Públicos de Água e Esgoto (ABCON) indicavam que as empresas privadas do ramo atendiam 13,9 milhões de pessoas, um montante que equivale a 9,7% da população urbana brasileira em 216 municípios em 12 Estados. Atualmente, os serviços de abastecimento de água e de saneamento básico são prestados, ainda na maior parte dos municípios, por operadores públicos: há mais de 20 Companhias Estaduais de Saneamento Básico (CESBs) que atendem aproximadamente 3.300 Municípios e 1.800 sistemas municipais autônomos (PES, 2012).

As concessionárias de água encontram-se com perdas de água muito elevadas, conforme os dados do SNIS (2017) a CAEMA, por exemplo chega a 62,3% de perdas nas redes de distribuição, sendo que estas perdas se caracterizam por uma ação ineficiente de técnicas ou mesmo por uma má gestão, a qual não se mostra atenta aos desperdícios de recursos naturais e financeiros. Há uma necessidade da criação de programas, planejamentos, uso de equipamentos e qualificação da mão de obra dos quais possam contribuir para minimizar estas perdas.

O controle de perdas de água pode ser encarado pelo aspecto econômico em todos os tipos de concessionárias, porém com maior ênfase nas concessionárias privadas de água. Isso porque esses grupos atuam em um negócio com retorno de longo prazo, com altos investimentos e margens apertadas. Ter custo operacional enxuto, portanto, sem desperdícios, torna-se crucial para manter a lucratividade (FURTADO, 2017).

Um olhar sobre o programa de combate de perdas de um dos principais grupos privados no Brasil, a AEGEA Saneamento, traz informações relevantes sobre esse cenário. Com 13 concessionárias que atendem 47 municípios em 9 Estados, a empresa criou um programa especial para enfrentar o problema em todas elas, visando diminuir as perdas reais provocadas por vazamentos invisíveis, os mais difíceis de serem detectados e reparados (FURTADO, 2017).

A situação atual dos prestadores de serviço não favorece os investimentos em redução de perdas. Parte importante dos operadores não possui quadro de profissionais em quantidade suficiente e, mesmo quando o tem, não são suficientemente treinados e capacitados para gerenciarem os sistemas de modo a manter baixos e sob controle os índices de perdas (ABES, 2013).

Outro fator que agrava o problema é a precária condição física dos sistemas de abastecimento de água, com redes antigas, escassez de equipamentos e instrumentos, e até mesmo de cadastros técnicos e comerciais. Em outras palavras, há prestadores que desconhecem as principais características do sistema que operam (ABES, 2013).

## **2.7 Histórico da Gestão e Controle das Perdas de Água**

As primeiras iniciativas institucionais do Brasil para combater as perdas ocorrem ao final da década de 70, com recursos financiados pelo antigo BNH (Banco Nacional de Habitação), foi implementado a SABESP (Companhia de Saneamento

Básico do Estado de São Paulo) o PECOP (Plano Estadual de Controle de Perdas). Em 1984, percebendo que os incrementos financeiros necessários para reduzir o índice de perdas estavam aumentando à medida que este índice estava diminuindo, o PECOP foi reformulado tendo sua abrangência ampliada (TSUTIYA, 2006).

Segundo Miranda (2010, p. 801), as perdas de água tornaram-se um dos maiores problemas dos sistemas de abastecimento brasileiros. Contribuem para tal situação, entre outros motivos:

- A baixa capacidade institucional e de gestão dos sistemas;
- A pouca disponibilidade de recursos para investimentos, sobretudo em ações de desenvolvimento tecnológico na rede de distribuição e na operação dos sistemas;
- A cultura do aumento da oferta e do consumo individual, sem preocupações com a conservação e o uso racional;
- E as decisões pragmáticas de ampliação da carga hidráulica e extensão das redes até áreas mais periféricas dos sistemas, para atendimento aos novos consumidores, sem os devidos estudos de engenharia.

Desde a captação do manancial até a entrega da água tratada ao consumidor final ocorrem perdas de vários tipos que, em grande parte, são causadas na operação e manutenção deficientes das tubulações, bem como inadequada gestão comercial das companhias de saneamento. Por outro lado, isso não quer dizer que é possível contar com “perda zero” nos sistemas de abastecimento de água, onde a existência das tubulações enterradas pressurizadas e medidores de volumes ou vazões, com um certo grau de imprecisão inerente levam naturalmente a se trabalhar com um nível de perdas “aceitável”, tanto sob o ponto de vista econômico e operacional, como sob a ótica de conservação de recursos hídricos (TSUTIYA, 2006).

O combate às perdas de água tratada só será incorporado ao cotidiano das empresas de saneamento se a atividade passar a ser encarada pelo viés econômico, aquele que de fato justificaria as ações corretivas e preventivas. Percebe-se claramente a importância desse viés econômico por meio dos dados divulgados pela Consultoria GO Associados, segundo a qual o Brasil manda para o “ralo” R\$ 8 bilhões por ano, equivalentes às perdas financeiras, registra-se um total de 39% que não entra na receita do setor. O não-faturamento se refere a 6,5 bilhões de m<sup>3</sup> de água tratada/ano (FURTADO, 2017).

Para convencer os gestores sobre o aspecto econômico da questão, mais importante do que compreender a gravidade dos números apresentados pela consultoria é entender a dinâmica de implementação dos programas de combate a perdas das

principais companhias de saneamento do mundo, e assim perceber que elas encaram a ação de controle como um meio para ter mais receita para investir, visto que essa água passa a ser faturada, e para evitar investimentos quando necessitam expandir a produção, uma vez que passam a contar com fonte de abastecimento até então não aproveitada (FURTADO, 2017).

Uma questão importante para combater as perdas de água é a gestão como forma de avaliação sistemática e redirecionamento das ações de controle. Para a gestão são importantes (SABESP, 2014):

- Sistemas de informação de suporte operacional e gestão das perdas;
- Atendimento telefônico (24 h) para recebimento das informações da população a respeito dos vazamentos visíveis e acionamento das equipes de manutenção, entre outras coisas;
- Equipes treinadas e com logística adequada para fazer as medições de vazão, pressão, perdas de carga, curvas de bomba etc. (pitometria), úteis na gestão do abastecimento de água e das perdas;
- Monitoramento do sistema (pressões e vazões) em pontos estratégicos do sistema, e auxílio de modelagem matemática para diagnóstico e proposição de soluções;
- Envolvimento de todos os técnicos e do corpo gerencial da empresa.

## **2.8 Conceito das Perdas de Água**

As perdas de água no sistema de abastecimento correspondem aos volumes não contabilizados, incluindo os volumes não utilizados e os volumes não faturados. Tais volumes distribuem-se em perdas reais e perdas aparentes, sendo tal distribuição de fundamental importância para a definição e hierarquização das ações de combate às perdas, e também para a construção dos indicadores de desempenho (MIRANDA, 2010).

No processo de abastecimento de água por meio de redes de distribuição podem acontecer perdas do recurso hídrico em decorrência de variadas causas, tais como: vazamentos, erros de medição e consumos não autorizados. Essas perdas trazem impactos negativos para o meio ambiente, para a receita e para os custos de produção das empresas, onerando o sistema como um todo, e em última instância afetando todos os consumidores (TRATA BRASIL, 2018). Na Figura 18, pode-se observar a ocorrência de perdas de água em sistemas de abastecimento.

Neste sentido, o nível de perdas de água constitui um índice relevante para medir a eficiência dos prestadores em atividades como distribuição, planejamento,

investimentos e manutenção. Não obstante, uma rede de distribuição sem perdas não é um objetivo viável em termos econômicos ou técnicos, existindo assim um limite para a redução dos volumes de perda (TRATA BRASIL, 2018).

Figura 17 - Perdas de água.



Fonte: NASSIF, 2014

## 2.9 Classificação das perdas de água

### 2.9.1 Perda real

As perdas reais (ou perdas físicas) correspondem aos volumes decorrentes de vazamentos e extravasamentos nas unidades do sistema, desde a captação até a distribuição, mais os volumes utilizados de forma inadequada na operação de tais unidades, provocando consumos superiores ao estritamente necessário, dentre estes últimos destacando-se a descarga para limpeza de rede de distribuição e a lavagem de filtros em estações de tratamento de água (MIRANDA, 2010).

Em relação às perdas reais, dois pontos de extrema importância devem ser colocados (MARTINS, 2001 apud TSUTIYA, 2006):

- Um relacionado à conservação de recursos naturais, pois quanto menos volume se perde no sistema, menor a necessidade de explorar ou ampliar as captações de água, acarretando menor impacto ambiental. Pode-se argumentar que as perdas reais recarregam o lençol freático, o que é fato, mais isso não parece uma forma adequada de gestão de recursos hídricos, na medida em que, para atender à crescente demanda de água tratada, é requerida a execução de obras com elevado custo e com forte impacto ambiental, representadas por barragens, represas, importação de águas de outras bacias.

- Outro diz respeito a saúde pública, em decorrência da existência de vazamentos na rede de distribuição de água, onde qualquer despressurização do sistema (manutenção intermitência no abastecimento, por exemplo) pode levar à contaminação da água pela entrada de agente nocivos na tubulação. Este risco não é meramente potencial, há diversos casos relatados, inclusive em países do primeiro mundo, de mortes ou doenças ocasionadas por contaminação de redes através dos pontos de vazamento após despressurização do sistema.

As perdas reais afetam diretamente os custos de produção e a demanda hídrica. Neste sentido, um elevado nível de perdas reais equivale a uma captação e a uma produção superior ao volume efetivamente demandado, gerando ineficiências nos seguintes âmbitos (TRATA BRASIL, 2018):

- **Produção**

Maior custo dos insumos químicos, energia para bombeamento, entre outros fatores de produção;

Maior manutenção da rede e de equipamentos;

Desnecessário uso da capacidade de produção e distribuição existente; e

Maior custo pela possível utilização de fontes de abastecimento alternativas de menor qualidade ou difícil acesso.

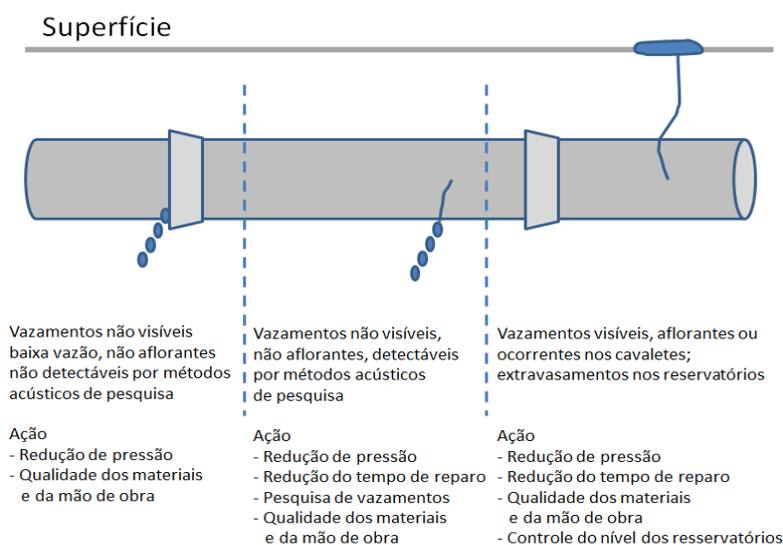
- **Ambiental**

Desnecessária pressão sobre as fontes de abastecimento do recurso hídrico; e

Maior custo de mitigação dos impactos negativos desta atividade (externalidades).

Na figura 18 segue ações para controlar e minimizar as perdas reais no sistema de abastecimento.

Figura 18 – Síntese das ações para o controle e a redução das perdas reais.



Fonte: TARDELLI, 2006.

Existem três tipos de vazamentos na rede de distribuição de água (ABES, 2015) e o quadro 1 mostra a origem e o grau de intensidade destas perdas:

- **Vazamentos Não Visíveis e Não Detectáveis (Inerentes):** baixas vazões e longa duração, não afloram à superfície do terreno e não são passíveis de serem identificados pelos equipamentos atuais de detecção acústica;
- **Vazamentos Não Visíveis e Detectáveis:** não afloram à superfície, mas são passíveis de identificação pelos equipamentos atuais de detecção acústica, cuja duração e respectivo volume perdido estão diretamente associados ao intervalo entre duas varreduras de pesquisa de vazamentos;
- **Vazamentos Visíveis:** altas vazões e aflorantes à superfície, são vistos e comunicados pela população à operadora de saneamento para o reparo.

Quadro 1 - Origem e Magnitude das Perdas Físicas.

	SUBSISTEMA	ORIGEM	MAGNITUDE
PERDAS FÍSICAS	Adução de Água Bruta	Vazamentos nas tubulações Limpeza do poço de sucção	Variável, função do estado das tubulações e da eficiência operacional
	Tratamento	Vazamentos estruturais Lavagem de filtros Descarga de lodo	Significativa, função do estado das instalações e da eficiência operacional
	Reservação	Vazamentos estruturais Extravasamentos Limpeza	Variável, função do estado das instalações e da eficiência operacional
	Adução de Água Tratada	Vazamento nas tubulações Limpeza do poço de sucção Descargas	Variável, função do estado das tubulações e da eficiência operacional
	Distribuição	Vazamentos na rede Vazamentos em ramais Descargas	Significativa, função do estado das tubulações e das pressões

Fonte: TSUTIYA, 2006.

### 2.9.2 Perda Aparente

Correspondente ao volume de água consumido, mas não contabilizado pela companhia de saneamento, decorrentes de erros de medição nos hidrômetros e demais tipos de medidores, fraudes, ligações clandestinas e falhas no cadastro comercial (o quadro 2 mostra as características das perdas aparentes e reais). Nesse caso, a água é efetivamente consumida, mas não faturada. De acordo com a IWA (International Water

Association), esse tipo de perda denomina-se de perda aparente ou não-física. Há outra denominação frequentemente utilizada que é perda comercial (TSUTIYA, 2006).

A seguir é feita uma breve descrição dos componentes das perdas de água aparente (SABESP, 2014). A figura 20 mostra o gráfico destes componentes:

**Erros de Medição**, em que os volumes apurados pelos hidrômetros sistematicamente são menores do que os efetivos, por conta de valores de alguns fluxos que passam se situarem nas faixas de baixa precisão dos hidrômetros; esta submedição é potencializada pela existência de caixas d'água com boia, pelo tempo de instalação do hidrômetro ou pela instalação inclinada do mesmo. Ensaio realizados com hidrômetros residenciais Classe B, com tempos de instalação entre seis e oito anos, mostraram os seguintes percentuais de submedição (ARREGUI, 2007):

Sem caixas d'água domiciliares: -7%

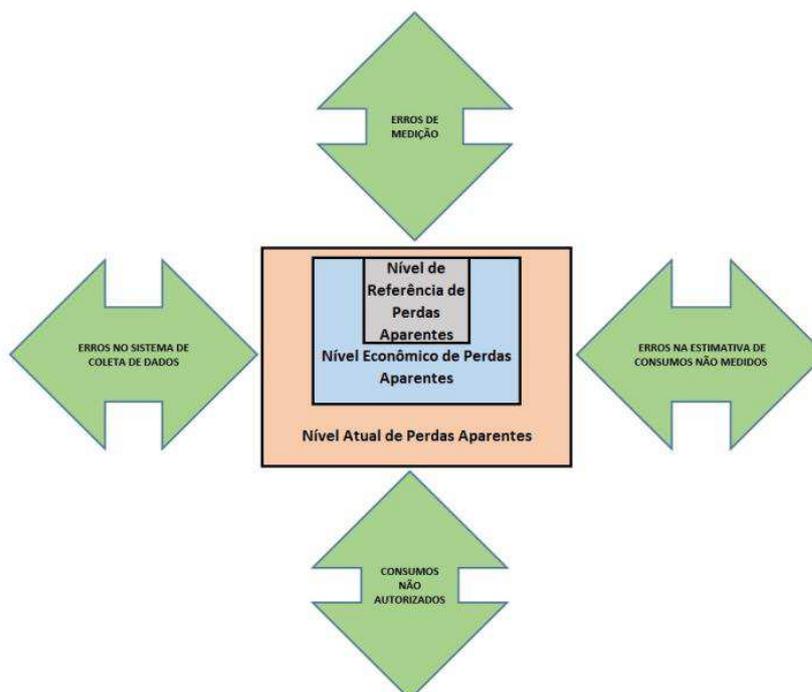
Com caixas d'água domiciliares: - 17%

**Consumos Não Autorizados**, representados pelas fraudes e ligações clandestinas realizadas nos hidrômetros ou cavaletes, bem como pelo roubo de água nos hidrantes públicos; são considerados como "crime" e é uma parcela difícil de ser avaliada, por razões óbvias, lançando-se mão de estimativas;

**Erros no Sistema de Coleta de Dados**, representados pelos problemas encontrados no sistema de macromedição e nos sistemas de apuração de consumos (leitura e processamento), falhas no Cadastro Comercial e outras anomalias nos processamentos dos sistemas comerciais da companhia de saneamento;

**Erros na Estimativa de Consumos Não Medidos**, representados pelas estimativas requeridas para valorar os consumos dos imóveis conectados desprovidos de hidrômetros.

Figura 19 - Componentes das perdas de água aparente.



O quadro 2 apresenta as características das perdas reais, aparentes e suas consequências na área ambiental, social e empresarial.

Quadro 2: Características principais das perdas reais e perdas aparentes.

Itens	Características Principais	
	Perdas Reais	Perdas Aparentes
Tipo de ocorrência mais comum	Vazamento	Erro de Medição
Custos associados aos volumes de água perdidos	Custo de produção	Tarifa
Efeitos no Meio Ambiente	- Desperdício do Recurso Hídrico. - Necessidades de ampliações de mananciais.	-
Efeitos na Saúde Pública	Risco de contaminação	-
Empresarial	Perda do Produto	Perda de receita
Consumidor	- Imagem negativa (ineficiência e desperdício)	-
Efeitos no Consumidor	- Repasse para tarifa - Desincentivo ao uso racional	- Repasse para tarifa - Incentivo a roubos e fraudes

Fonte: GO ASSOCIADOS, 2018.

## 2.10 Controle das perdas de água

Ações de controle de perdas de água no sistema de abastecimento, sejam para perdas reais ou aparentes traz impactos significativos na área econômica, financeira e social. Ações como estas consistem na detecção, controle e reparo de vazamentos, melhoria na infraestrutura, uso de materiais de qualidade, qualificação da mão-de-obra para utilização de equipamentos e um controle na pressão da rede de distribuição (ações para as perdas reais).

Para que haja um controle de perdas aparentes, as concessionárias deveriam fazer o uso do cadastro atualizado, aplicar uma fiscalização efetiva para identificar fraudes e irregularidades, melhorar a micromedição e realizar reparos e manutenções periódicas na macromedição.

Uma descrição sucinta sobre quatro grandes ações, ou seja, “boas práticas”, propostas pela IWA (International Water Association) as quais respondem pela obtenção

dos resultados almejados para combater a perdas reais (THORNTON, 2008; TARDELLI FILHO, 2004):

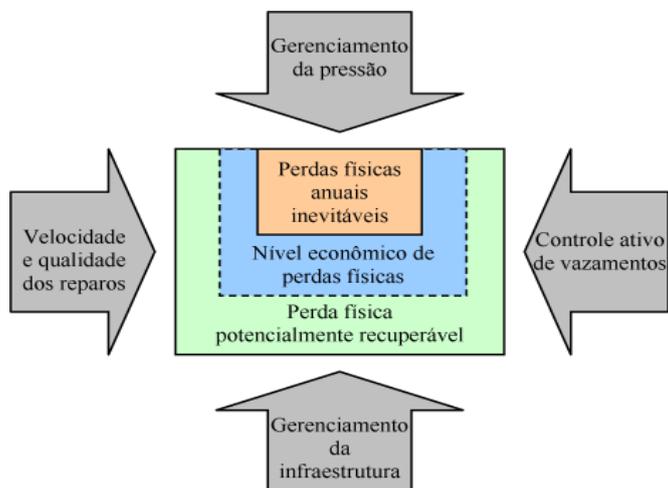
**Gerenciamento de Pressões**, em que através do zoneamento piezométrico e adoção de equipamentos para aumentar (apenas para atingir uma região mais alta) ou reduzir as pressões, consegue-se trabalhar com pressões adequadas às normas estabelecidas e devidamente estabilizadas;

**Controle Ativo de Vazamentos**, em que se busca identificar e reparar aqueles vazamentos não visíveis passíveis de detecção por meio de métodos acústicos (utilização de geofones, p. ex.), ao qual se contrapõe o "controle passivo de vazamentos" (só reparar os vazamentos quando afloram à superfície); é uma atividade essencial em qualquer programa de redução de Perdas Reais, cuja eficácia depende do planejamento da atividade (frequência maior de pesquisas em áreas com maior histórico de incidência de vazamentos ou elevada vazão mínima noturna), da qualidade da mão de obra empregada e dos recursos materiais e tecnológicos colocados à disposição dos técnicos;

**Agilidade e Qualidade no Reparo dos Vazamentos**, em que a operadora de saneamento deve montar uma logística para reparar os vazamentos visíveis e não visíveis com maior agilidade, bem como capacitar a mão de obra empregada e utilizar materiais e métodos adequados de execução dos reparos. Fugas de água reparadas sem os devidos cuidados certamente voltarão a ocorrer no mesmo ponto (retrabalho), desperdiçando recursos financeiros e perpetuando as perdas;

**Gerenciamento da Infraestrutura**, em que se buscam a boa execução das implantações das tubulações (qualidade dos projetos, materiais e mão de obra) e a substituição das mesmas quando o histórico de problemas assim justificar. É a atividade mais importante para o combate às Perdas Reais, com resultados definitivos e duradouros, porém com maiores custos agregado.

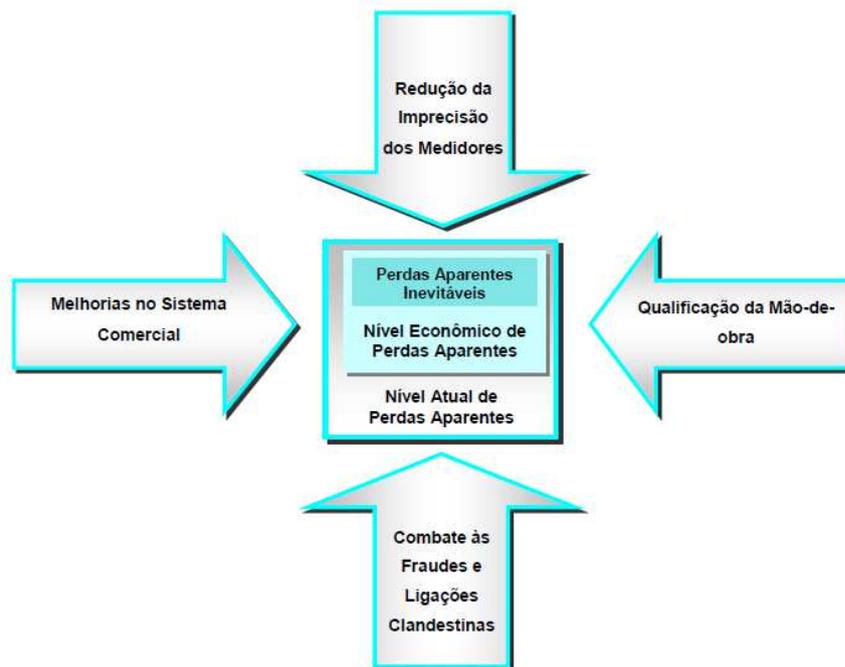
Figura 20 - Estratégia de controle de perdas de água.



Fonte: LAMBERT E HIRNER, 2000.

Assim como as perdas reais necessitam de um controle, as perdas aparentes adotam um diagrama da qual faz um resumo das ações que podem ser utilizadas para controle e redução conforme a figura 22.

Figura 21 - Controle das perdas de água aparente.



Fonte: MELATO, 2010 apud TARDELLI FILHO, 2004.

**Redução da imprecisão dos medidores:** os medidores são dispositivos mecânicos e usualmente perdem a precisão após um longo período de operação. As principais ações para a redução dos erros dos macromedidores estão relacionadas a especificação, ao dimensionamento adequado e à calibração periódica. Para os micromedidores as ações devem incluir a especificação, o dimensionamento adequado dos hidrômetros dos consumidores, leitura correta, troca corretiva (quando necessário) e trocas preventivas (MELATO, 2010; THORNTON, 2004).

**Combate às fraudes:** as fraudes incluem o consumo ilegal através de conexões irregulares, hidrômetros com rede em paralelo (*bypass*) e uso indevido de hidrantes. O combate às fraudes deve possuir programas de fiscalização constantes nas companhias de saneamento e em termos preventivos, as fraudes podem ser coibidas através da realização de campanhas de educação e conscientização para a população, utilização de lacres nos hidrômetros ou o uso de outros dispositivos que dificultem ações fraudulentas (TARDELLI FILHO, 2004).

O levantamento de possíveis fraudes ocorre através de denúncias da população, indícios observados pelos leituristas dos hidrômetros e análise do histórico de consumo das ligações. Com a suspeita da irregularidade é necessário ir à campo verificar

a veracidade da fraude e se esta for confirmada, atuar na sua regularização (MELATO, 2010).

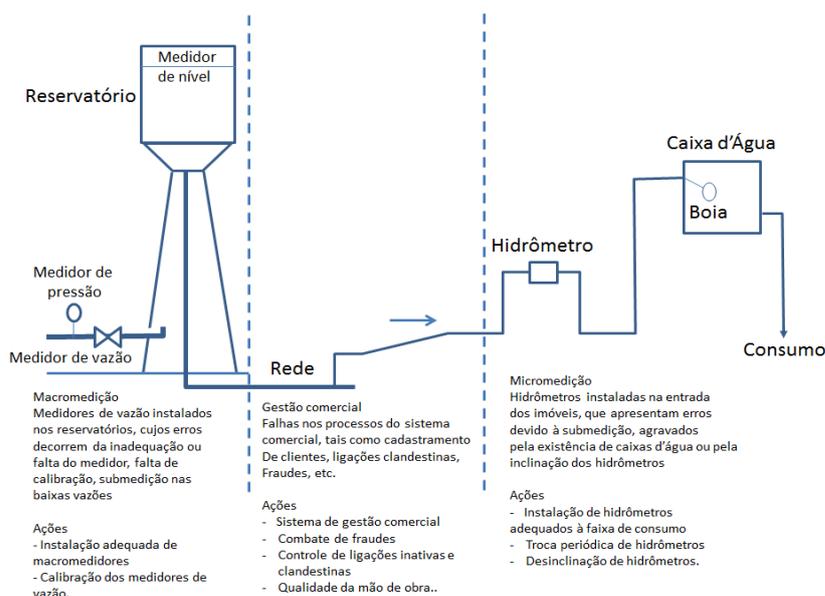
**Melhorias no sistema comercial:** a gestão comercial de uma prestadora de serviços de saneamento deve incluir sistemas de informação e controles adequados que variam de tamanho e complexidade em função do porte da área em questão. Tais sistemas envolvem o acatamento do pedido de ligação do cliente, cadastramento comercial da ligação após sua execução, programação das leituras, apuração do consumo, emissão de contas e geração de relatórios gerenciais (TARDELLI FILHO, 2004).

O cadastramento de novas ligações deve ser foco do sistema comercial. Há casos em que as ligações são realizadas legalmente, porém o departamento comercial não é notificado da nova ligação e dessa forma, o consumidor nunca receberá uma conta. Os consumidores sem registro podem ser detectados através do ciclo das leituras regulares dos demais hidrômetros (FARLEY, 2008).

**Qualificação da mão de obra:** a qualificação da mão de obra deve incluir os treinamentos dos profissionais que fazem a leitura dos hidrômetros, gestão comercial, instalação, calibração e manutenção dos medidores reduzindo erros e melhorando a percepção de problemas nas ligações e contabilização de consumos (MELATO, 2010).

A figura 22 apresenta as principais ações para combater as perdas de água aparente no sistema de abastecimento de água. O quadro 3 informa os benefícios da ação da redução das perdas aparentes e reais.

Figura 22 - Síntese das ações para controle e a redução das perdas aparentes.



Fonte: TARDELLI, 2006.

Quadro 3 - Benefícios da Redução de Perdas.

Perdas	Perdas aparentes	Perdas reais	
Ganhos	Aumento da receita	Redução de custos	Postergação de investimentos
Tipos de benefícios	Aumento do consumo medido e faturado	Menores custos com produtos químicos, e energia e outros insumos. Diminuição da produção de água com o atendimento do mesmo número de pessoas. Atendimento de maior número de pessoas com a mesma quantidade produzida.	
Ações envolvidas	Troca de hidrômetros e medidores; Corte nas ligações fraudulentas; Medição efetiva de todas as economias (domiliares, comercial e públicas); Melhoria no cadastro	Melhoria do controle da pressão na rede; Melhoria no controle e detecção de vazamentos; Melhoria e troca de tubulações, ligações, válvulas. Qualificação da mão de obra e melhoria dos materiais	

Fonte: ABES, 2013.

### 2.10.1 Micromedidores e Macromedidores

Os processos de medição se constituem num instrumento indispensável à operação de sistemas públicos de distribuição de água. Eles constituem ferramentas essenciais para o aumento da eficiência da operação e distribuição, permitindo conhecer seu funcionamento e subsidiando o controle de parâmetros, tais como: vazão, pressão e volumes distribuídos e consumidos. De forma genérica os sistemas de medição englobam os sistemas de macromedição e de micromedição (PATRÍCIO, 2007).

Enquanto a macromedição é aquela realizada nos sistemas desde a captação de água bruta até a sua distribuição, a micromedição de consumo é realizada no ponto de abastecimento do usuário em diferentes categorias e faixas de consumo (ALVES *et al.* 1999b). A macromedição (figura 25) é de fundamental importância no controle das perdas porque define o volume disponibilizado que pode ser comparado com o volume distribuído e assim indicar se existe e quanto existe de volume sendo perdido (ALVES *et al.* 1999a).

Micromedição é o termo usado na área de saneamento para a medida que totaliza o volume fornecido aos usuários, base para a cobrança e faturamento. Esse processo de medição individualizada, por meio de hidrômetros, teve início no século

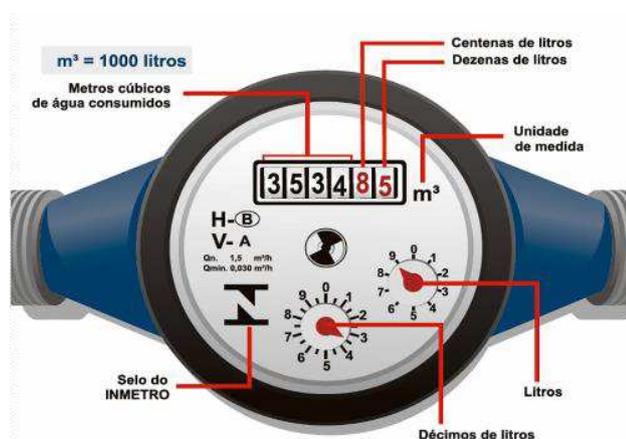
passado em função do aumento da confiabilidade dos equipamentos individuais de medição (ALVES *et al.* 1999b).

A ausência de micromedição é um dos principais indutores de perdas aparentes sendo, porém, negligenciada por alguns operadores. A experiência internacional e de algumas cidades brasileiras leva a concluir que o consumo em áreas com ligações não medidas fica limitado à capacidade de suprimento do sistema, pois o usuário não tem motivos para economizar água ou evitar desperdícios através da substituição de boias ou torneiras defeituosas ou do reparo de vazamentos em tubulações. A micromedição faz uso de equipamentos para quantificar um volume de água (SÁ, 2007).

A micromedição deve ser realizada com a maior exatidão possível, pois através dela e da macromedição chega-se às perdas totais. Quanto mais confiáveis forem as medições, mais seguras serão as decisões tomadas nas ações de combate às perdas. Vários fatores podem prejudicar a micromedição, desde a posição incorreta na instalação do hidrômetro, qualidade e classe do hidrômetro, dimensionamento incorreto, falhas de leitura, fraudes, consumo reduzido causando submedição, entre outros (PATRÍCIO, 2007).

Um motivo importante de erros na medição, refere-se aos hidrômetros (figura 24) com problemas diversos, entre eles destacam-se: hidrômetros parados, com a cúpula riscada ou opaca – o que induz a erros de leitura – e medidores com o tempo de instalação vencido levando a submedições superiores às normais (SÁ, 2007).

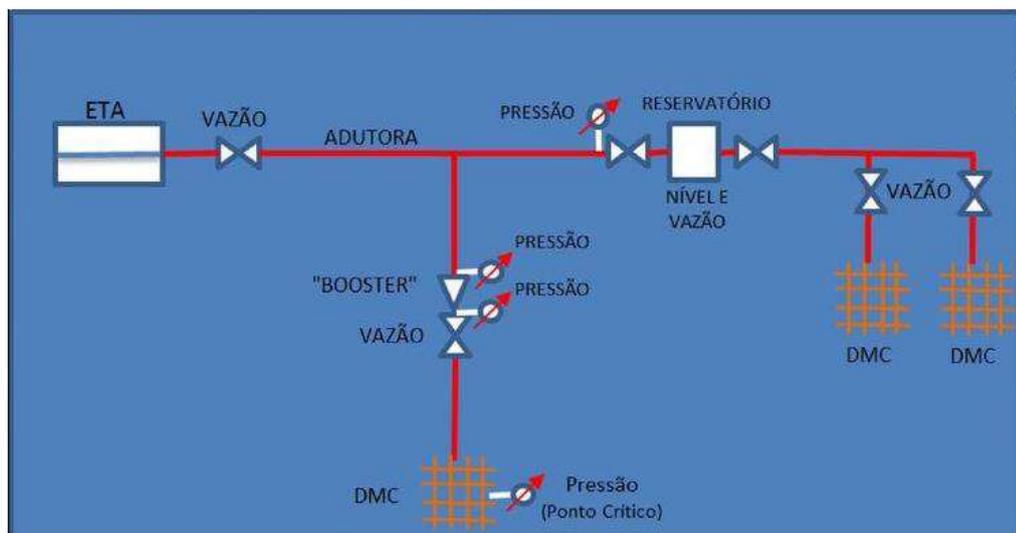
Figura 23 - Aparelho de Medição, Hidrômetro.



Fonte: ÁGUAS CUIABÁ, 2017.

A medição de vazão em redes de distribuição de água, também chamada de macromedição (figura 24), é um fator muito importante no controle de perdas, pois sua correta utilização tem influência direta nos indicadores de perdas. Isso se torna claro quando se tem consciência das magnitudes das vazões que passam por esses aparelhos e o quanto uma medida incorreta, mau dimensionamento, má instalação, falta de manutenção, ou ainda, a falta de macromedição, podem influenciar nos resultados obtidos no controle de perdas (TSUTIYA, 2006).

Figura 24 - Macromedição no Sistema de Abastecimento de Água.



Fonte: TSUTIYA. 2004.

Existem diversos tipos de medidores de vazão que podem ser utilizados nos sistemas de abastecimento de água, são eles segundo (TSUTIYA, 2006):

- Medidores de vazão para condutos livres:
  - ✓ Calhas e vertedouros;
  - ✓ Medidores eletrônicos (eletromagnético, ultrassônico).
- Medidores de vazão para condutos forçados:
  - ✓ Medidores deprimogêneos (venturi, bocal, placa de orifício);
  - ✓ Medidores tipo turbina (hidrômetro, Woltmann, composto, proporcional);
  - ✓ Medidores eletrônicos (eletromagnético, ultrassônico).
- Medidores de velocidade de escoamento ou de inserção:
  - ✓ Tubo de Pitot;
  - ✓ Molinete;
  - ✓ Medidores eletrônicos (eletromagnético, ultrassônico).

Um sistema de macromedição completo é constituído basicamente de três elementos (SANCHEZ *et al.* 2002):

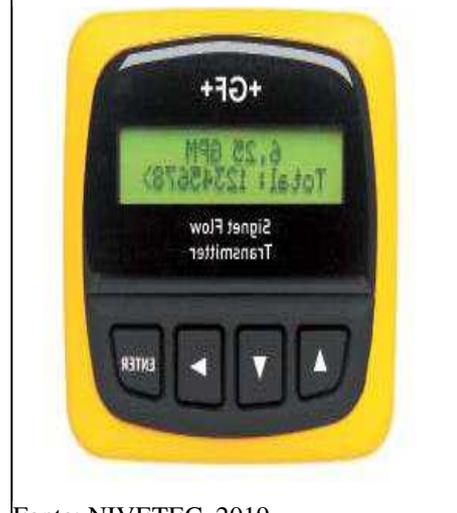
- Elemento primário: possui um sensor que transforma a velocidade da água em uma grandeza que pode ser medida através de um campo magnético.
- Elemento secundário: é constituído por um medidor de pressão diferencial, que mede a diferença de pressão e a transforma em um sinal elétrico que pode ser registrado e processado.
- Elemento terciário: é o processador que transforma o sinal elétrico em leitura de vazão e, eventualmente, o transmite para uma central que registra as vazões e totaliza os volumes.

Figura 25 - Medidor de Vazão Eletrônico.



Fonte: EMERSON, 2019.

Figura 26 - Transmissor Eletrônico de vazão.



Fonte: NIVETEC, 2019.

Os principais erros nos sistemas de macromedidores são o dimensionamento ou instalação inadequados, problemas com a instrumentação ou transmissão de dados e descalibração do medidor. Com relação à instalação, devem ser observadas as distâncias mínimas necessárias entre as conexões, válvulas, e o macromedidor, para que não haja interferência na medição (JÚNIOR, 2014).

### 2.10.1.2 Pitometria: técnica para aferir macromedidores

Em 1732, Henry Pitot utilizou pela primeira vez um equipamento para medir a velocidade de líquidos. O tubo pitot daquela época era bem rudimentar. Um tubo de vidro em forma de “L” era introduzido na corrente de água e a deflexão observada tida como proporcional à velocidade da corrente (FRANGIPANI, 2005).

O tubo pitot do tipo Cole (figura 28) é um instrumento destinado à medição de vazão através da obtenção da velocidade do fluxo, sendo deste modo obtida

indiretamente a vazão. Sendo um instrumento leve e portátil, sua utilização é extremamente prática devido à facilidade com que pode ser instalado em qualquer ponto do sistema de produção e distribuição de água, propiciando a determinação de dados reais acerca do funcionamento do sistema (FRANGIPAN, 2005).

Figura 27 – Tubo de pitot do tipo cole.



Fonte: O AUTOR, 2019.

Para que haja a implantação das estações pitométricas, é necessário que se estabeleça os locais de definições. Os pontos de instalação das estações pitométricas devem ser adotados conforme os seguintes procedimentos (NOVAES; BRESSANI, 2009):

A localização de uma EP (estação pitométrica) deve estar em média a uma distância equivalente a 10 diâmetros (da tubulação) a montante e 20 diâmetros da tubulação a jusante de qualquer singularidade na tubulação, tais como curvas, válvulas, etc. Este procedimento é para garantir o escoamento laminar do fluxo de água na tubulação;

Verificar o material da tubulação, pois caso for de PVC ou DeFoFo deve-se colocar o acessório colar de tomada (figura 29). Ressalta-se que o colar de tomada não se faz necessário para tubulações de PVC ou DeFoFo quando a pressão nestas for inferior a 15 mca.

Figura 28 – Colar de tomada.



Fonte: TIGRE, 2019.

A fim de que a medição de vazão em condutos forçados através das práticas pitométricas apresente resultados confiáveis, deverão ser observadas as condições abaixo (FRANGIPANI, 2005):

- Diâmetro do conduto a ser medido deve ser igual ou superior a 100 mm;
- Para diâmetros menores a área de obstrução devida à haste do tubo Pitot resultará em valores de velocidade imprecisos;
- Velocidade no conduto deve ser superior a 0,32 m/s, que corresponde teoricamente, a uma deflexão no tubo "U" igual a 60 mm com o líquido manométrico de densidade 1,11;
- Pressão dinâmica no ponto de medição superior a 3,0 mca para que a altura da haste do tubo Pitot seja vencida e a pressão diferencial seja transmitida ao tubo "U".

No mercado, existem equipamentos que possuem sensor de pressão e diferencial de pressão (figura 30), bastando apenas inserir no equipamento as duas mangueiras que estão acopladas nas duas tomadas de pressão do tubo Pitot. Desta forma o equipamento mede no mesmo instante tanto a pressão como o diferencial de pressão existente na tubulação. Tais equipamentos também registram os dados (*loggers*) de pressão e diferencial de pressão (NOVAES; BRESSANI, 2009).

Desta forma também é possível obter dados de vazões ao longo do tempo (histograma) em diversos períodos pré-definidos, principalmente nas redes de abastecimento que alimentam diretamente o consumo. Assim, com o histograma de vazão é possível fornecer subsídios para o entendimento de vários processos que estão ocorrendo na rede de distribuição, como por exemplo, vazões mínimas noturnas, máximas diárias e horárias. Este equipamento também permite aferir macromedidores de vazão bastando existir uma EP (estação piezométrica) situada a montante ou a jusante do macromedidor, comparando o histograma destes dois (NOVAES; BRESSANI, 2009).

Figura 29 – Maleta para medição de parâmetros hidráulicos.



Fonte: O AUTOR, 2019.

Os macromedidores de vazão que são comumente encontrados nos sistemas de abastecimento de água são do tipo eletromagnético, sendo estes divididos nos modelos Carretel e *Hot-Tap*. No entanto, estes equipamentos são calibrados e aferidos em laboratórios hidráulicos onde as condições do fluxo de água são ideais. Na prática, devido às tubulações dos sistemas de abastecimento estarem há mais tempo instaladas, tendendo desta forma a apresentar maiores rugosidades, as condições hidráulicas não são as mesmas das evidenciadas em laboratório (NOVAES; BRESSANI, 2009).

Desta forma, torna-se necessário à sua aferição, sendo recomendado a instalação de uma estação pitométrica a montante do macromedidor para que estes sejam aferidos e calibrados em um período de tempo, sendo este tempo sugerido a cada seis (06) meses. Desta forma a pitometria é o processo mais adequado para calibrar e aferir os macromedidores de vazão instalados nos sistemas de abastecimento de águas municipais (NOVAES; BRESSANI, 2009).

### **2.10.2 Equipamentos de Controle de Perdas**

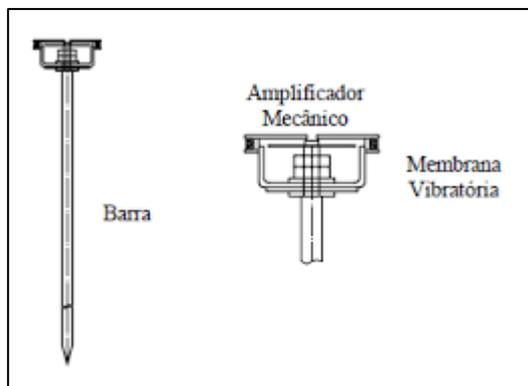
Nos itens a seguir, apresentaremos os equipamentos de controle de perdas.

#### **2.10.2.1 Haste de Escuta**

É um equipamento muito simples, composto de um amplificador mecânico ou eletrônico, acoplado a uma barra metálica, destinado a captar ruídos de vazamentos em acessórios da rede de distribuição de água (cavalete, registros, hidrantes, etc.). A haste

de escuta não localiza o vazamento, apenas indica a sua existência nas proximidades (TSUTIYA, 2006). A figura 31 ilustra uma haste de escuta.

Figura 30 - Haste de Escuta e seus componentes.



Fonte: BUREAU OF THE SAPPORO MUNICIPAL GOVERNMENT, 1994.

Figura 31 - Uso de Haste de Escuta para detectar vazamentos.



Fonte: SANESU, 2016.

### 2.10.2.2 Geofones

O geofone pode ser eletrônico (figura 33) ou mecânico (figura 32). O geofone eletrônico é um detector acústico de vazamentos composto de sensor, amplificador, fones de ouvido e filtros de ruídos, destinado a identificar os ruídos de vazamentos a partir da superfície do solo ou em contato com acessórios da rede. A técnica consiste em percorrer o caminhamento da tubulação de água com o geofone e observar variações sonoras próximas à posição do vazamento, de modo que o local onde o ruído apresentar maior intensidade será o ponto abaixo do qual se encontra o vazamento não-visível. O geofone

mecânico é um equipamento mais simples, sem filtros de ruídos e têm aplicação mais restrita (RECESA, 2008).

Figura 32 - Geofone mecânico.



Fonte: MECALTEC, 2019.

Figura 33 - Geofone Eletrônico.



Fonte: MECALTEC, 2019.

### 2.10.2.3 Correlacionador de Ruídos

É um equipamento acústico de uma unidade principal processadora, pré-qualificadores e sensores, são os elementos que identificam a posição dos vazamentos entre dois pontos determinados de uma tubulação. É o equipamento mais sofisticado usado na maior parte das vezes, para encontrar os vazamentos em trechos onde o uso do geofone é difícil (ruas movimentadas, por exemplo) ou para confirmar algum apontamento do geofone (TSUTIYA, 2006).

O princípio de funcionamento desse equipamento se baseia no ruído característico gerado por vazamento, que é captado por meio de sensores sonoros instalados em pontos de acesso à tubulação, como: registros, hidrantes, ramais prediais, ventosas e outros. A metodologia utilizada para a localização precisa do vazamento está embasada no fato das ondas sonoras geradas pela fuga da água se propagarem nos dois sentidos da tubulação (RECESA, 2008).

A correlação é baseada na diferença de tempo que o ruído do vazamento leva para atingir cada um dos sensores. Essa diferença de tempo é denominada tempo de retardo. Assim sendo, a partir do comprimento da tubulação entre os sensores, da velocidade de propagação da onda e do tempo de retardo é possível determinar a

localização do vazamento (RECESA, 2008). A figura 34 apresenta um correlacionador de ruído.

Figura 34 – Aparelho de correlacionador de ruídos.



Fonte: SANESOLUTI, 2019

#### 2.10.2.4 Equipamentos auxiliares

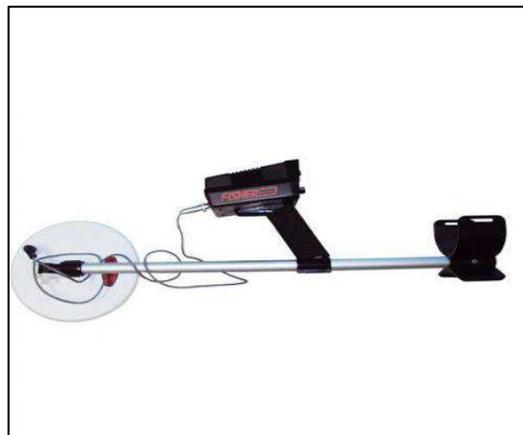
São os equipamentos considerados complementares para as atividades de detecção de vazamentos não-visíveis, tais como, barra de perfuração, manômetro (figura 35), trena ou roda de medição, detector de massas metálicas (figura 36) e detectores de tubulações metálicas e não-metálicas (TSUTIYA, 2006).

Figura 35 – Manômetro.



Fonte: CASAIRRIGA, 2019.

Figura 36 - Detector de massa metálica.



Fonte: MECALTEC, 2019.

### 2.10.3 Combate à Fraude e Desvio de Água

As fraudes são intervenções no hidrômetro com o objetivo de medir apenas uma parcela do consumo efetivo do imóvel. Os casos mais comuns de fraudes são segundo (TSUTIYA, 2006):

- Rompimento do lacre e inversão do hidrômetro;
- Execução de “*bypass*” no hidrômetro;
- Violação do hidrômetro, através de furo na cúpula, e colocação de arame para travar os dispositivos internos do hidrômetro;
- Acesso por torneira ou registro após o hidrômetro e inserção de um arame, ou outro obstáculo, para impedir a rotação da turbina do hidrômetro.

O combate às fraudes deve ser uma atividade perene da companhia de saneamento, pois se há percepção de fragilidade nesse sentido, os potenciais fraudadores sentir-se-ão encorajados ao delito. É importante realçar que fraude é crime e passível de todos os procedimentos jurídicos e processuais usuais para enquadramento nas penalizações previstas em lei (TSUTIYA, 2006).

O furto de água acarreta ainda uma série de problemas para o abastecimento público e a saúde da comunidade. Aquele que executa uma ligação não autorizada (clandestina) na rede de distribuição pode deixar essa rede vulnerável a contaminantes que comprometem a qualidade da água oferecida à população. Além disso, a fraude promove o consumo desregrado de água e impacta consideravelmente a oferta e a regularidade do abastecimento podendo prejudicar sensivelmente vizinhos ao diminuir pressão da rede e dificultar o abastecimento (BRK AMBIENTAL, 2018).

As ligações clandestinas ocasionam vazamentos, perda de pressão na rede e, conseqüentemente, falta de água para a população. Em alguns casos, a fraude também pode ser a origem de infiltrações, que comprometem a estrutura dos imóveis e em casos extremos, causadora de desabamentos (FREIRE E NUNES, 2016).

Para Freire e Nunes (2016) é necessário combater as ligações clandestinas e os desvios de água com a fiscalização por meio de pessoas qualificadas, ou mesmo um monitoramento do consumo para detectar assim vazamentos internos, pois essas ações

irregulares atingem o fornecimento de água, causando danos para a própria concessionária e prejudicando quem está devidamente regularizado.

As figuras 37 e 38 apresentam desvio de água e fiscalização para combater fraudes em residências de consumidores.

Figura 37 - Desvio de água.



Fonte: SABESP, 2016.

Figura 38 - Fiscalização para combater Fraudes.



Fonte: CAERD, 2014.

A fraude e o desvio de água são considerados práticas criminosas, de acordo com a lei nº 2.848, de 7 de dezembro de 1940, artigo 155 do Código Penal Brasileiro “Subtrair, para si ou para outrem, coisa alheia móvel: pena - reclusão, de um a quatro anos, e multa. § 1º - A pena aumenta-se de um terço se o crime é praticado durante o repouso noturno”. Na figura 39 observa-se um hidrômetro danificado.

Figura 39 - Hidrômetro danificado.



Fonte: CAERD, 2014.

Em termos preventivos, as fraudes podem ser coibidas através das campanhas de esclarecimento à população, tal qual utilização de lacres nos hidrômetros ou outros dispositivos dificultadores das ações fraudulentas. Sendo assim, a detecção de fraudes pode ser através (TSUTIYA, 2006):

- Denúncias da população;
- Indícios levantados pelos leituristas de hidrômetros;
- Análises do histórico de consumo de ligação.

A empresa Águas Guariroba (2006) possui um programa de combate a fraudes, desvios de água e erros de medição intitulado: Programa de Redução de Perdas, cujos dados demonstram que o índice de perdas de água passou de 56% para 19%, ou seja, houve uma redução elevada. Para tanto, a empresa investiu na qualificação da mão de obra e tecnologias que pudessem assegurar a empresa fornecedora do serviço a detectar fraudes e desvios de água (fazendo assim a utilização de geofones, telemetria, controlando a vazão noturna).

A CAESB possui o Programa de Controle e Redução de Perdas de Água no Distrito Federal, o programa de acordo com a operadora, foi dividido em duas etapas: a primeira consistiu na elaboração de um planejamento estratégico e atividades de recuperação de reservatórios. Realizou-se também pesquisas de vazamentos, instalação de válvulas redutoras de pressão, expansão e modernização da macromedição, pesquisa de ligações clandestinas e substituição de hidrômetros; sendo assim, na segunda fase, que ainda está ocorrendo, planeja-se investir recursos na setorização de toda a rede de distribuição e monitorar continuamente as operações (EOSCONSULTORIA, 2017).

#### **2.10.4 Programas de Controle e Redução de Perdas de Água**

Um Programa de Controle e Redução de Perdas deve fazer parte do planejamento estratégico da operadora de água, incorporando metas e recursos a serem alocados para a sua viabilização. A estruturação de um programa de perdas deve considerar aspectos técnicos, econômicos e de práticas de gestão, como forma de dar sustentabilidade às ações e respectivos resultados (ABES, 2015).

Existem alguns programas dos quais resultaram em benefícios quando se fala em perdas de água. Serão citados estes projetos que fazem parte de uma ação, visando combater as perdas que afetam as concessionárias e que prejudicam também os consumidores. Em alguns estados, concessionárias aplicaram, por exemplo, o planejamento, uma gestão operacional e atitudes preventivas no sistema de abastecimento de água.

**Programa REÁGUA (São Paulo):** O Programa Reágua (Programa de Apoio à Recuperação de Água no Estado de São Paulo), desenvolvido pelo Banco Mundial e pela Secretaria de Saneamento e Energia (SSE) do Estado de São Paulo, objetiva aumentar quantitativa e qualitativamente a disponibilidade de água em bacias críticas do Estado de São Paulo, através da aplicação de cerca de US\$ 107 milhões, recursos do Banco Mundial e de contrapartida do Governo do Estado de São Paulo.

No quesito quantidade, o Programa foca em três componentes: controle e redução de perdas reais; uso racional da água; e reuso de efluentes tratados. No quesito qualidade, o Programa foca igualmente em três componentes: coleta, transporte e tratamento de esgotos (ABES, 2015).

**COPASA- Programa de Redução de Perda de Água no Sistema de Abastecimento:** O Programa de Redução de Perdas de Água no Sistema de Distribuição COPASA tem por objetivo promover aos gerentes e técnicos operacionais, metodologias orientadas para a melhoria do desempenho da empresa, priorizando o combate das causas das perdas e facilitando o alcance das metas anuais estabelecidas segundo o Indicador de Perdas na Distribuição da Gratificação de Desempenho Institucional (GDI) (COPASA, 2003).

Para se atingir o objetivo traçado, a COPASA estabeleceu algumas estratégias que serviram como elementos direcionadores do Programa, orientando todos os encaminhamentos imediatos e futuros (COPASA, 2003):

- Elaborar e implantar modelo de gestão integrada de combate a perdas;
- Elaborar e implantar um programa continuado de comunicação para envolver e integrar a casa;
- Elaborar e implantar um programa de capacitação continuada, contemplando todos os níveis funcionais da empresa, com o foco na mudança de mentalidade nos aspectos técnicos, humanos, tecnológicos e gerenciais;
- Elaborar e implantar benchmarking, para os diferentes níveis gerenciais e de controle operacional, comparando-os com outros indicadores de desempenho utilizados no Brasil e no mundo;

- Estabelecimento de ações operacionais enfocando a causa e não a consequência. Em primeira instância, serão atacadas as causas geradoras de maior volume de perdas no processo de distribuição;
- Estabelecimento e difusão (treinamento, acompanhamento, aprimoramento benchmarking) de métodos de solução de problemas relacionados a perdas condizentes com a realidade da empresa;
- Elaboração dos Procedimentos Operacional Padrão - POP;
- Estabelecimento de critérios para a análise da relação custo-benefício de cada uma das ações na definição das metas de redução dos índices de perdas

### **SABESP - Programa de Redução de Perdas de Água e Eficiência**

**Energética:** O Programa de Redução de Perdas da SABESP – Saneamento Básico do Estado de São Paulo foi criado no ano de 2005, através da Implantação do Projeto MASPP (Método de Análise de Solução de Problemas aplicado às Perdas) no processo de produção e distribuição de água e faturamento no Escritório Regional do Butantã. Além desse Método de Análise e Solução, foi criado também o Sistema Comercial e Operacional de redução de Perdas e Informações *On-line* (SCORPION), pensando em minimizar os custos e gastos da empresa com as perdas de água (SABESP, 2010).

Em 2005, o índice de perdas na distribuição da SABESP era de 520 L/ ramal dia, já em 2008 o índice de perdas na distribuição e no faturamento da SABESP era de 432 L/ramal dia e 27,7% respectivamente. A meta da empresa é baixar esses valores para 211 L/ ramal dia e 13% até o ano de 2019. Para isso é necessário utilizar estratégias de integração de todas as ações para redução de perdas na Companhia (priorizadas por critérios técnicos), além de suporte financeiro que assegure a continuidade das ações ao longo dos anos (SABESP, 2010).

Algumas ações do Programa de Redução das Perdas da SABESP são as seguintes: substituição de redes com trocas de ramais, setorização, instalação de 40 válvulas redutoras de pressão, instalação e otimização dos *boosters* para aqueles sistemas mais prioritários onde, segundo a empresa apresentam índices de perdas na distribuição superiores a 346 L/ ramal dia. Esse valor abrange os sistemas que totalizam 80% do volume total perdido na Sabesp, correspondendo a 156 sistemas do total de 500 (SABESP, 2010).

**CAGECE – Programa de Controle e Redução de Perdas:** A Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) através da sua Unidade de Negócio Metropolitana Norte (UN-MTN) em 2005 e pensando na redução da variabilidade, aumento da confiabilidade e da eficiência dos processos principais e de apoio, implantou, com as

demais Unidades de Negócios, o Processo de Controle e Combate as Perdas (PCRP). No ano de 2007, houve uma modificação nesse processo de Controle e foi criado o Programa de Controle Redução de Perdas (PCRP). Este plano projetou identificar as causas fundamentais das perdas de água e realizar ações para redução do índice de água não faturada (CAGECE, 2010).

As principais metodologias utilizadas pela UN-MTN (Unidade de Negócio Metropolitana Norte) para aumentar a confiabilidade dos produtos e serviços fornecidos, além da diminuição do índice e volumes de perdas nos sistemas da CAGECE, são: programa contra fraude, substituição de redes com alto índice de rompimentos, regularização de ramais e ligações clandestinas, retirada de vazamentos, redução da submedição através da substituição de hidrômetro com mais de 8 anos e/ou que estiverem apresentando irregularidades no teste de conformidade conforme o Plano de Controle e Redução de Perdas (CAGECE, 2010).

### **2.10.5 Modernização do Sistema de Abastecimento de Água**

A gestão operacional com vistas no controle e redução de perdas em sistema de abastecimento de água, assim como toda a gestão de uma companhia de saneamento tem gradativamente usufruído aportes tecnológicos significativos no seu ferramental. De esquemas operacionais totalmente baseados no conhecimento pessoal dos técnicos e operadores a uma gestão fundamentada em planejamento, modelagem hidráulica, monitoramento, comandos à distância e demais itens que otimizam e agilizam a operação, há um desnível tecnológico que está sendo diminuído por intermédio, em grande parte, das companhias e de seus técnicos (TSUTIYA, 2006).

Existem algumas ferramentas que estão modernizando o sistema de abastecimento de água dos quais podemos citar:

**Águas Inteligentes:** esse conceito utiliza sensores ao longo da rede de distribuição para coletar informações relevantes do sistema. Os dados são processados por sistemas de inteligência artificial e manipulados por redes de dados (*Big Data*) que oferecem um plano de monitoramento e solução para as perdas e vazamentos (EOSCONSULTORES, 2019).

**Automação do sistema de abastecimento de água (figura 41):** para facilitar a operação do sistema de abastecimento de água, são utilizados equipamentos

automatizados, ou seja, controlados por um painel que permite acionar esses equipamentos à distância e monitorar o sistema, identificando de maneira rápida e precisa um problema (RECESA, 2008).

Figura 40 - Automação no Sistema de Abastecimento de Água.



Fonte: EOSCONSULTORIA, 2019.

**Simuladores hidráulicos:** são utilizados programas de computador para simular, tentar prever o comportamento de um sistema submetido a determinadas condições. Todos os simuladores possuem entre si algumas características em comum (RECESA, 2008):

- Admitem a possibilidade de trabalhar com mais de um sistema de unidades;
- Possibilitam a geração de relatórios e gráficos das variáveis selecionadas dentre as envolvidas nos cálculos;
- Possuem a capacidade de simular diversos cenários, sejam eles físicos (configurações do sistema distribuidor, por exemplo), temporais (diversos tipos de projeções populacionais ou etapas de uma determinada projeção) ou até mesmo operacionais (determinada válvula fechada ou aberta, por exemplo)

**Telemetria de Medições (figura 42):** já existe o uso da telemetria por parte de algumas concessionárias de água e esgoto pelo país. Um exemplo é o uso de hidrômetro digital que permite a leitura remota através de radiofrequência. Para garantia de sigilo das informações, esses hidrômetros possuem identificação única e chave de segurança. O uso dessa tecnologia garante praticidade ao leitorista e a cobrança correta

do consumo, visto que existem muitos locais que impossibilitam o acesso aos hidrômetros (EOSCONSULTORES, 2016).

Figura 41 - Telemetria das Medições.



Fonte: GIGARADIO, 2019.

**Armazenadores de Dados de Ruídos:** desenvolvido recentemente, esses equipamentos (“*data logger*” ruídos) são instalados em partes acessíveis da rede de distribuição (registros, cavaletes) e registram e armazenam as vibrações ocorrentes nos tubos. O espaçamento médio recomendado situa-se entre 50 e 100 m. Periodicamente o veículo passa pelas ruas onde estão instalados os equipamentos e captura as informações armazenadas. Ao se observar comportamento diferente nos gráficos de ruídos, é bastante provável a existência de vazamentos nas cercanias dos equipamentos. A localização do vazamento é feita posteriormente com o uso do geofone ou correlacionador, otimizando assim as atividades das equipes de pesquisa de vazamentos não-visíveis (TSUTIYA, 2006).

**Software de Planejamentos:** no mercado atual existem diversos tipos de *softwares* que auxiliam no planejamento de soluções para os sistemas de distribuição. Esses programas ajudam nas análises, projetos, simulações e otimizações dos sistemas. O planejamento e simulação de um projeto pode colaborar na redução de custos operacionais e melhorar a qualidade do serviço. Com os atuais desafios de simulação, modelagem hidráulica e de abastecimento em diversas regiões do país que ainda não são atendidas, os *softwares* ganharam um papel fundamental: reduzir custos e levar serviços de qualidade a regiões periféricas, que por sua vez são grandes oportunidades que as

empresas possuem. Portanto, buscar ferramentas de auxílio para verificar como trabalhar, são fundamentais na busca de soluções pertinentes (EOSCONSULTORIA, 2016).

**Tubos com baixo índice de vazamentos:** as pesquisas e desenvolvimentos para se chegar a uma qualidade de material e uma concepção de conexões que minimizem a ocorrência de vazamentos têm sido contínuas. A grande vantagem da aplicação do polietileno nas redes e ramais é a sondagem por eletrofusão que elimina diversas juntas, fontes potenciais de surgimento de vazamentos, além da boa performance hidráulica, resistência estrutural e inexistência de corrosão (TSUTIYA, 2006).

### 2.10.6 Reuso de Água

A reutilização ou o reuso de água não é um conceito novo e tem sido praticado em todo o mundo há muitos anos. Existem relatos de sua prática na Grécia Antiga, com a disposição de esgotos e sua utilização na irrigação. No entanto, a demanda crescente por água tem feito do reuso planejado um tema atual e de grande importância. Neste sentido, deve-se considerar o reuso de água como parte de uma atividade mais abrangente que é o uso racional ou eficiente da água, o qual compreende também o controle de perdas e desperdícios, e a minimização da produção de efluentes e do consumo de água (CETESB, 2010).

Como descrito pelo Decreto nº 54 de 28 de novembro de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, o reuso de água constitui-se em uma prática de racionalização e de conservação dos recursos hídricos, como princípios estabelecidos na Agenda 21. Sendo que essa prática visa regular a oferta e demanda de recursos hídricos. Ações de reuso de água reduzem a descarga de poluentes em corpos receptores, mantendo os recursos hídricos conservados para o abastecimento da população, além de reduzir os custos ligados a poluição, favorecendo a proteção do meio ambiente e da saúde pública.

Na Figura 42 a aplicação do reuso da água na área de jardinagem.

Figura 42 - Reuso de Água.



Fonte: VEJA, 2015.

De acordo com a OMS, o reuso de água pode ser classificado em diversas categorias, dependendo de seus usos e finalidades, conforme demonstra-se a seguir por meio de (MORUZZI, 2008):

- Reuso indireto: ocorre quando a água, após uma ou mais utilizações, seja na indústria ou no uso doméstico, é despejada num corpo d'água, que pode ser superficial ou subterrâneo. A capacidade de autodepuração deste corpo d'água será responsável pela redução da carga orgânica deste efluente que posteriormente será utilizado a jusante de onde foi descartado;

- Reuso direto: quando ocorre o uso de esgotos tratados na agricultura, indústria, recargas de aquífero e usos potáveis. A qualidade do efluente deve atender aos requisitos exigidos pelo solicitante e, portanto, deverá ser submetido a tratamentos distintos em estações dotadas de tecnologias para tal;

- Reciclagem interna: atividade a qual a água é utilizada com a finalidade de reduzir os custos com a extração da mesma, assim como também, para o controle da poluição. Para isso, a água é utilizada em sistema fechado na qual somente é repostada, através de uma fonte externa, quando esta for perdida durante seu uso nos sistemas operacionais;

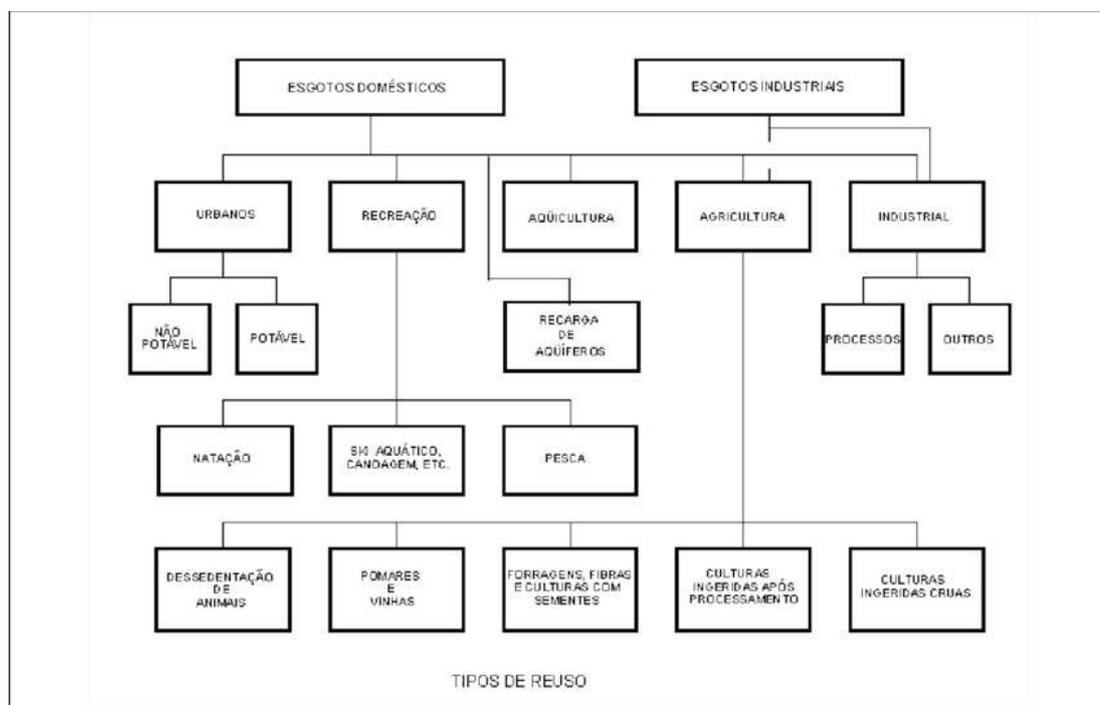
- Reuso potável direto: ocorre quando o esgoto bruto é coletado, submetido a tratamentos avançados e após atingir o nível de qualidade exigido, é novamente

distribuído para a população na rede de abastecimento público. Inviável no Brasil devido à grande oferta hídrica disponível e ao alto custo de operação deste sistema;

- Reuso potável indireto: situação na qual o esgoto tratado é lançado nos corpos d'água superficiais ou subterrâneas, cujas mesmas diluirão os poluentes e a carga orgânica do mesmo, será coletado a jusante em estações de tratamento de água para receber tratamento e posteriormente ser oferecido à população como água potável.

A Figura 43 mostra alguns tipos de reuso de água que poderiam ajudar a população em suas atividades seja na área industrial, agricultura ou mesmo no lazer.

Figura 43 - Formas potenciais de reuso de água.



Fonte: HESPANHOL, 1997.

O reuso de água é uma alternativa para combater perdas que ocorrerem nos sistemas de abastecimento, principalmente as que estão relacionadas a perdas reais, onde ocorrem extravasamentos nos reservatórios. Esta água coletada passa por processos de análise físico-química para ser usada na área de irrigação, ou mesmo sendo não potável o uso desta água no setor de construção de estradas é de grande valia para ser executado na pavimentação (baixar o nível de poeira).

Nas ETA, ocorrem perdas que são geradas a partir da lavagem de filtros. É uma iniciativa da cidade de Fortaleza, onde fora colocada em prática a instalação do sistema de reuso das águas de lavagem de filtros da Estação de Tratamento de Água,

localizado em Pacatuba, para assim reduzir o consumo de água no sistema de abastecimento, esta água retorna para o sistema onde passará por todas as etapas para assim ser distribuída para a população.

### **2.10.7 Gestão das Perdas de Água nas concessionárias**

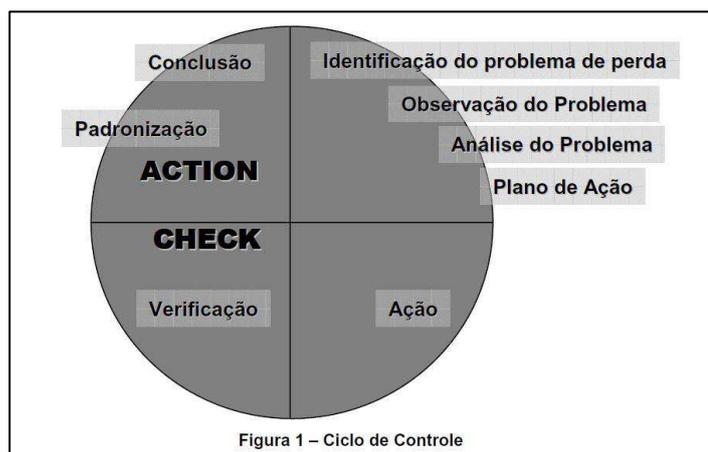
O desafio da redução de perdas de água nos sistemas de distribuição está presente em todas as cidades do Brasil. Cada municipalidade tem liberdade para escolher o modelo de gestão de seus recursos hídricos e garantir à sua população, o abastecimento público de água de qualidade e a boa gestão da coleta, tratamento e disposição de seus esgotos e efluentes líquidos. Há municípios que escolhem ter departamentos ou empresas públicas próprias para fazer a gestão da água. Outros apostam para um modelo de privatização e entrega dessa gestão a empresas especializadas (UNDP, 2015).

O gerenciamento do controle de perdas envolve o acompanhamento de diversas ações especializadas, integradas e sequenciais, avaliando o andamento e medindo os resultados. Com esses resultados são definidas as próximas estratégias e etapas de um programa de controle e redução de perdas em uma companhia de saneamento (TSUTIYA, 2006).

Segundo Tsutiya (2006, p. 511) existem procedimentos operacionais que estão envolvidos na redução e controle de perdas de água. Por exemplo, o ciclo PDCA (figura 45) dos quais a sigla significa:

- *Plan*: Etapa de planejamento, onde serão abordados as metas e objetivos;
- *Do*: Etapa de execução de acordo com as normas estabelecidas;
- *Check*: Etapa de avaliação dos resultados;
- *Action*: Corresponde a retificação do rumo, de acordo com os resultados gerados.

Figura 44 - Ciclo de Controle.



Fonte: TSUTIYA apud BAGGIO, 2009.

O importante nesse processo é que as decisões devem ser tomadas baseadas em indicadores e análise criteriosa dos resultados, deixando de lado o predomínio da experiência dos operadores do sistema de abastecimento de água como definidora das ações. Essa bagagem de conhecimentos que não deve ser desprezada, merece ser utilizada junto com ferramentas e métodos que traduzem uma maior otimização dos recursos disponíveis e uma elevada eficácia dos resultados (TSUTIYA, 2006).

Existem várias ferramentas de gestão para programas de redução de perdas. Entre eles, destacamos o Método de Análise e Solução de Problemas de Perdas de Água e de Faturamento (MASPP). O MASPP tem sido a ferramenta da qualidade empregada em várias companhias e pode ser entendido como uma adaptação do Ciclo do PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) para programas de redução de perdas (ABES, 2015).

De acordo com as diretrizes do MASPP, o principal objetivo é reduzir o índice de perda de água na distribuição, a partir da redução do VD (Volume Disponibilizado) e da elevação do VU (Volume Utilizado), desafio a ser compartilhado desde o mais alto dirigente da operadora até o pessoal diretamente ligado à operação do sistema de água.

Um dos pontos mais importantes é o desenvolvimento de Padrões de Trabalho pelas próprias equipes, envolvendo as atividades intrínsecas à diminuição do VD e à elevação do VU; a aplicação cotidiana e a comparação com os padrões estabelecidos permitem o aprimoramento contínuo dos processos de controle e gestão. O que se advoga é "controlar para não perder", e não "perder para controlar" (BAGGIO, 2015).

A solução definitiva para o problema das elevadas perdas de água em sistemas de abastecimento deve assegurar não somente a redução das perdas, mas sobretudo o seu

controle e manutenção em níveis aceitáveis, com garantias de sustentabilidade no tempo. A experiência demonstra que, mais importante que as ações de engenharia, é o modelo de gestão adotado para o gerenciamento das perdas. Assim, o primeiro passo deve ser a construção de um arranjo adequado que envolva todas as áreas do prestador de serviços, uma vez que as perdas de água têm relação direta com as atividades desenvolvidas em praticamente todos os setores de um operador (MIRANDA, 2010).

O Brasil possui grande abundância de água, mas em contrapartida existe uma má distribuição muito significativa onde há prejuízo direto à população na falta de acesso à água potável para suprir suas necessidades mais básicas. Sem contar as perdas que ocorrem durante a distribuição de água. Este seria um dos grandes desafios para as concessionárias de água na atualidade, onde há a necessidade da implantação da gestão das perdas de água, instalar uma central de controle eficiente para que pudesse supervisionar, fiscalizar e se comunicar com os seus clientes sobre perdas (Central de Atendimento).

A gestão das perdas ocorre antes mesmo da iniciação do projeto de abastecimento pois, existem perdas em cada etapa do sistema de fornecimento de água. Ter uma gestão otimizada que controle e reduza perdas significa minimizar desperdícios e abastecer um número maior da população, recomenda-se ainda, fazer investimentos no próprio sistema de abastecimento modernizando-o.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Área de estudo

A área de estudo compreende os municípios de São Luís e Paço do Lumiar. A cidade de São Luís possui as coordenadas geográficas: Latitude: 2° 31' 51'' Sul, Longitude 44° 18' 24'' Oeste, com uma população 1.014.837 milhões de pessoas e tem como principais atividades econômicas o comércio, serviços e indústria (IBGE, 2010).

Figura 45 - Mapa da área de estudo: São Luís e Paço do Lumiar.



Fonte: EDGAR, 2014.

A cidade de Paço do Lumiar fica localizada no Litoral Norte Maranhense, é um dos municípios que mais cresce atualmente no Maranhão, pertence à Região Metropolitana da Grande São Luís e possui uma população de 119.915 habitantes e uma área territorial de 122.828 Km<sup>2</sup> (PAÇO DO LUMIAR, 2016).

As empresas: Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão (CAEMA) e BRK Ambiental são as concessionárias responsáveis pelos sistemas de abastecimento de água em São Luís-MA e Paço do Lumiar-MA, respectivamente, as quais foram objeto do presente estudo sobre o gerenciamento do controle de perdas de água.

A CAEMA é uma sociedade por ações em regime de economia mista com capital autorizado constituída em conformidade com o disposto na Lei Estadual n° 2.653,

de 06 de junho de 1966 e ainda a Lei nº 3886, de 03 de outubro de 1967 (CAEMA, 2011). São objetivos sociais da Companhia: a promoção de saneamento no estado do Maranhão, em especial a exploração dos serviços públicos de abastecimento de água e esgotos sanitários (CAEMA, 2011).

Atualmente, a Companhia conta com o trabalho de 2.490 colaboradores, sendo 60,72% na capital e 39,28% nas Unidades de Negócios localizadas nas cidades de Chapadinha, Pinheiro, Pedreiras, São João dos Patos, Santa Inês, Itapecuru, Presidente Dutra e Imperatriz, totalizando 1.512 funcionários em São Luís e 978 nos demais municípios atendidos pela CAEMA (CAEMA, 2011).

Dos 217 municípios do Estado, a CAEMA atende com água tratada 162 sistemas de abastecimento de água. Destes, 149 estão em sedes municipais e em povoados. Ao todo são 561.395 ligações domiciliares no interior e na capital que atendem uma população total de 2.742.902. Em termos de esgotamento sanitário, a CAEMA atende dois municípios: São Luís e Imperatriz (CAEMA, 2011).

A BRK Ambiental, como a maior empresa privada de saneamento básico do Brasil, está presente em mais de 180 municípios do país. Sempre com o propósito de contribuir com a preservação dos recursos naturais e a melhoria da qualidade de vida dos moradores das cidades onde estamos presentes (BRK, 2017).

A atuação da BRK Ambiental no Maranhão foi iniciada em 2015. A concessão prevê que durante um período de 35 anos, esta seja responsável pela gestão dos serviços de água e esgoto e pelo desenvolvimento da infraestrutura necessária para atender aproximadamente 350 mil habitantes dos municípios de São José de Ribamar e Paço do Lumiar, com aporte financeiro superior a R\$ 450 milhões, previsto em contrato (BRK, 2017).

### **3.2 Procedimentos metodológicos**

A princípio, fora executada uma pesquisa bibliográfica com o tema: controle de perdas de água em sistemas de abastecimento, através de livros, artigos científicos, monografias, teses, manuais e outros materiais relativos ao assunto.

Foram feitas visitas técnicas para apurar quais mudanças estão sendo realizadas na estrutura da empresa para o tema proposto, pesquisas de campo, nas quais foram aplicados questionários estruturados sobre os vazamentos visíveis e invisíveis, as

medidas de correção de vazamentos, melhorias na área da engenharia (macromedição e micromedição), fraudes, ligação inativas, medição de consumo autorizado e não faturado, bem como entrevistas com perguntas abertas com os gestores das empresas.

A partir dos dados coletados, a comparação dos procedimentos adotados com o recomendado pela literatura técnica fora feita por meio de discussões embasadas pela análise de dados sobre as técnicas e as soluções utilizadas pelas concessionárias.

Por fim, a partir dos dados coletados da pesquisa bibliográfica e pesquisa de campo, e por meio de discussões de cunho teórico-prático, foram apontados os pontos fortes, as deficiências, os pontos satisfatórios e recomendações para melhorar o uso das técnicas para evitar perdas de água nas concessionárias que atuam na área de estudo.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nessa etapa da pesquisa foram apresentados os resultados e discussões do estudo de caso realizado nas concessionárias de água. Foram aplicados questionários (Apêndice I) estruturados junto a engenheiros que atuam nas concessionárias CAEMA (pública) e BRK AMBIENTAL (privada), responsáveis pela operação e controle de perdas de água nos sistemas de abastecimento situados em São Luís e Paço do Lumiar. Os questionários foram aplicados nos dias 22/04/2019 e 26/04/2019. Houve a realização da visita técnica no sistema de abastecimento de água de ambas as concessionárias nos dias 15/05/2019 (BRK ambiental) e 16/05/2019 (CAEMA).

Nos sistemas de abastecimento de água sob responsabilidade da CAEMA em São Luís, utiliza-se como captação de água tanto o tipo superficial, como subterrânea (poços). Nessa etapa do sistema de abastecimento, aplica-se a macromedição como forma de controle de perdas de água, adotada tanto no Sistema Italuís, como nos outros sistemas alimentados por poços.

Segundo SNIS (2017) a macromedição resulta de uma agregação de medições as quais participam das etapas do sistema de abastecimento, esta possui uma grande importância pois ajuda na identificação das perdas de água durante a distribuição e fornece informações ao setor de controle e operação de abastecimento.

A CAEMA adota macromedidores do tipo eletromagnético (Figura 46). Foram instalados 22 macromedidores na capital do Maranhão. A técnica de pitometria possui importância para aferição dos macromedidores, contribuindo também para o controle das perdas de água. A concessionária de água tem aplicado o *software* MDHidro (Figura 47) que juntamente com a maleta de medição para parâmetros hidráulicos, fornecem informações como o cálculo do fator de velocidade, cálculo automático da estação de pitometria (EP) (Figura 48), medição de vazão e medição de pressão (informação verbal).<sup>1</sup>

---

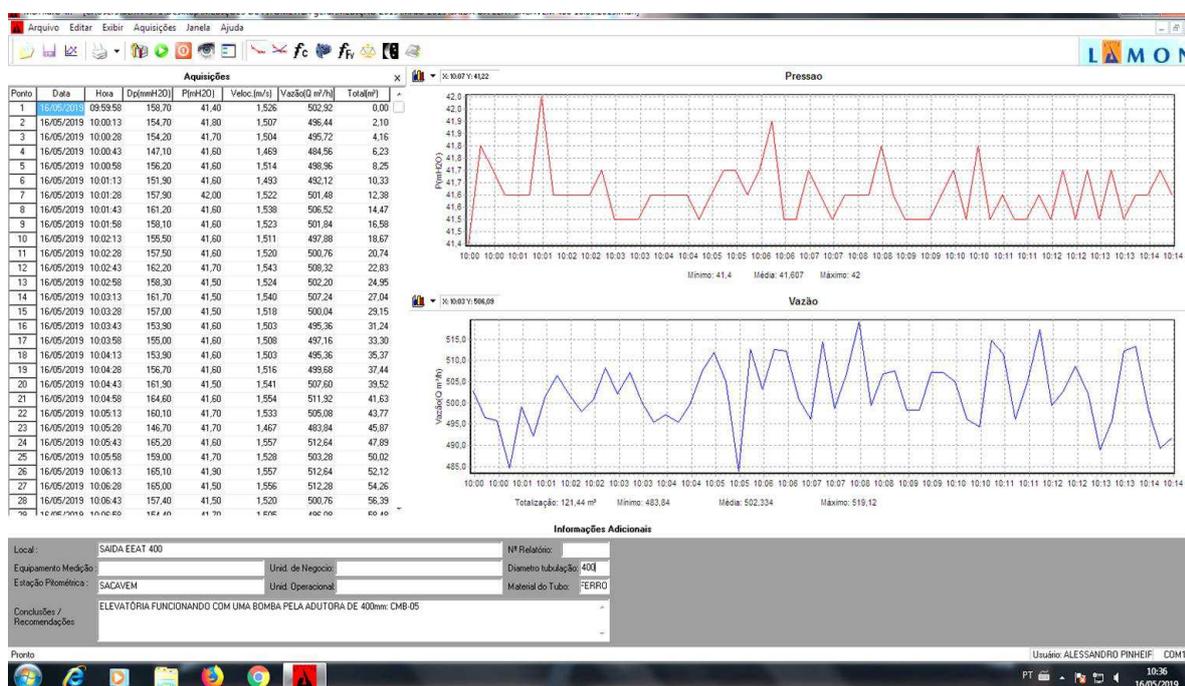
<sup>1</sup> Fala do Eng. Mecânico Alessandro Pinheiro da Coordenadoria de Macromedição e Pitometria da CAEMA durante a visita técnica, em 16 maio de 2019.

Figura 46 – Macromedidor eletromagnético na estação de tratamento de água do Sacavém (CAEMA).



Fonte: O AUTOR, 2019

Figura 47 – Programa MDHidro de medições de pitometria para aferições de macro medidores.



Fonte: PINHEIRO, 2019.

Figura 48 – Instalação de uma estação pitométrica na estação de tratamento de água do Sacavém (CAEMA).

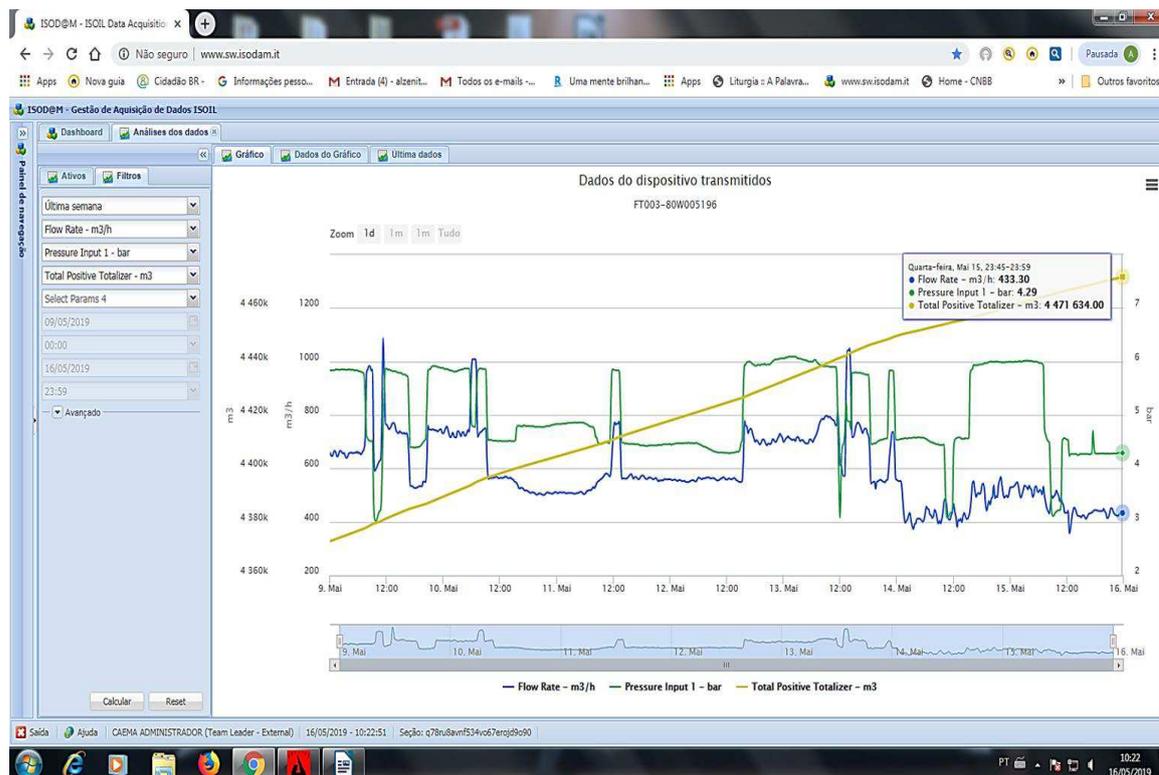


Fonte: O AUTOR, 2019.

O sistema de produção e distribuição de água da cidade de São Luís (Anexo I) contará com um plano de macromedição, que está em análise, o qual contemplará algumas ações para o controle de perdas de água como: aquisição e instalação de macromedidores e equipamentos de telemetria, preparação da oficina de pitometria e macromedição, capacitação profissional e projeto de aferição em campo.

A CAEMA está utilizando o *software* ISODAM (Figura 49), para o gerenciamento de dados, com monitoramento da vazão dos 22 macromedidores instalados na capital de São Luís - MA. Para que haja um controle nas adutoras em relação a pressão e vazão, contribuindo para o controle das perdas de água nos sistemas de abastecimento.

Figura 49 - EEAT Adutora de 440mm sistema Sacavém, dados do ISODAM-macromedidores tipo inserção eletromagnético.



Fonte: PINHEIRO, 2019.

A BRK ambiental adota a captação do tipo subterrânea (poços). Para contribuir com o controle de perdas, a mesma utiliza macromedidores eletromagnéticos (Figura 50). Além do mais conta com a qualificação técnica de funcionários para realizar fiscalização efetiva para detectar vazamentos no sistema de abastecimento de água.

Figura 50 – Uso de macromedidores eletromagnético na BRK ambiental.



Fonte: O AUTOR, 2019.

Em São Luís - MA com a prestação de serviços da CAEMA tem se utilizado em suas adutoras, tubos de materiais do tipo FoFo dúctil e aço. Não há manutenções preventivas nestas adutoras e, com ocorrência de vazamentos, são realizadas manutenções corretivas cuja periodicidade varia conforme a necessidade. Sendo assim não existe uma frequência média em relação a essas manutenções. A concessionária de água tem usado os macromedidores de inserção para controlar perdas de água nas adutoras.

Em relação as adutoras de aço, existem ações para combate dos efeitos corrosivos nas tubulações que por serem novas, contam com uma blindagem eletroestática –em Italuís – para tal, ocorrem verificações dos aterramentos dos pontos das adutoras de aço.

Na BRK ambiental no município de Paço do Lumiar as adutoras fazem uso dos tubos tipo FoFo dúctil e DeFoFo. A concessionária de água não adota nenhuma ação de manutenção preventiva. Uma vez por ano há manutenções corretivas. Segundo o Eng. Sanitarista Bruno Sales, “a BRK ambiental tem feito uso de equipamentos como geofone, altímetro e haste de escuta para controlar perdas de água nas adutoras”.

As estações elevatórias operadas pela CAEMA são EEPU (Estação Elevatória de Poço Úmido) (Figura 51), do qual não existe nenhum recurso tecnológico para detecção de perdas de água nestas estações elevatórias.

Figura 51 – Estação elevatória de tratamento de água da CAEMA.



Fonte: O AUTOR, 2019.

A EEPU (Estação Elevatória de Poço Úmido) tem sido operada pela concessionária da BRK ambiental, onde não existe nenhum recurso tecnológico para detecção de perdas de água nesta etapa que compõe o sistema de abastecimento.

Os reservatórios do tipo elevado enterrado (Figura 52), apoiado e semi-enterrado tem sido utilizado pela CAEMA, sendo que nestes reservatórios as manutenções preventivas não são executadas. As principais perdas de água que tem ocorrido nos reservatórios estão relacionadas a vazamentos na estrutura, barriletes e retenção de juntas. A cidade de São Luís foi dividida em 7 zonas de abastecimento e pressão, onde há pontos dentro da capital que recebem abastecimento a partir de reservatório elevado e apoiado conforme o anexo II.

Figura 52 – Reservatório enterrado da estação de tratamento de água do Sacavém (CAEMA).



Fonte: O AUTOR, 2019.

A BRK ambiental tem adotado o reservatório do tipo elevado (Figura 53) e apoiado (Figura 54). Conforme o modelo de sistema de abastecimento adotado, o reservatório elevado abastece a zona alta e o reservatório apoiado abastece a zona baixa do município de Paço do Lumiar. Há ocorrência de manutenções preventivas nestes reservatórios, com ações de limpeza e estanqueidade. As principais perdas de água que ocorrem nestes reservatórios são vazamentos nas estruturas e extravasamentos. A concessionária de água, para combater os extravasamentos tem recorrido à válvula flab nos reservatórios apoiados.

Figura 53 – Reservatório elevado da BRK ambiental.



Fonte: O AUTOR, 2019.

Figura 54 – Reservatório apoiado com flap da BRK ambiental.



Fonte: O AUTOR, 2019.

As redes de distribuição da CAEMA são do tipo ramificada, malhada e mista, cujas tubulações são de fibrocimento, ferro fundido dúctil, PVC-PBA, polietileno e PRFV (Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro). Atualmente as perdas de água na rede de distribuição estão em torno de um percentual que varia entre 20,01% a 50%. Esta concessionária de água possui um programa de controle e perdas de água com foco na rede de distribuição, o qual ainda está em estudo. Este programa pretende englobar:

- Hidrometração;
- Combate de vazamentos não-visíveis;
- Micromedição;
- Cadastro de consumidores.

A CAEMA, para combater as perdas de água na rede de distribuição, tem adotado equipamentos como haste de escuta e geofones, aliás há outras técnicas que tem sido de grande valia para combater as perdas, como o cadastro atualizado de consumidores, manutenção corretiva, micromedição e macromedição.

Em Paço do Lumiar, a BRK ambiental tem empregado na rede de distribuição, tipos ramificados, malhadas e mistas. No sistema de distribuição de água, os materiais aplicados são tubulações de PVC-PBA e polietileno. Atualmente, o percentual de perdas de água na rede encontra-se entre 50.01% a 75%. Diante de índices elevados

de perda de água, a concessionária implantou um programa de controle e perdas de água, o qual visa:

- A substituição das redes antigas que estão fora do padrão;
- Revitalização de reservatórios;
- Construção de centros de reservação;
- Aplicação EASY-Ramal para as novas ligações;
- O uso dos DMC'S (distrito de medição e controle) (Anexo III);
- Setorização das redes de distribuição (Anexo III).

Os equipamentos utilizados pela BRK ambiental para combater perdas de água na rede de distribuição são os seguintes: a haste de escuta, geofone (Figura 55) e altímetro. A concessionária adota outras técnicas como fiscalização efetiva (realizado por funcionários treinados e qualificados), cadastro de redes, equipes de manutenções de redes, macromedição e equipe de pitometria.

Figura 55 – Equipamento de geofone da BRK ambiental.



Fonte: O AUTOR, 2019.

Nos últimos 5 anos, os vazamentos ocasionaram as principais perdas reais no sistema de abastecimento operado pela CAEMA em São Luís - MA. Foram referidos como principais origens de perdas aparentes: ligações clandestinas, hidrômetros parados e erros de leitura.

A CAEMA não adota nenhuma medida para a reutilização da água que é perdida nas operações de lavagem de filtros, descarga de rede e lavagem de reservatório.

Sobre o uso de recurso tecnológicos, a concessionária de água tem aderido à automação para combater as perdas de água no sistema de abastecimento.

As principais perdas reais que tem ocorrido no sistema de abastecimento da BRK ambiental nos últimos 5 anos, foram os vazamentos, lavagem de filtros e descarga em redes. Em relação as perdas aparentes, foram destacadas ligações clandestinas e hidrômetros mal dimensionados durante o período de 5 anos.

A BRK ambiental não faz uso de nenhum programa que vise a reutilização da água perdida nas operações de lavagem de filtros, descarga de rede e lavagem de reservatório. Os recursos tecnológicos que a concessionária de água tem adotado para combater as perdas de água no sistema de abastecimento incluem a automação e controles de níveis ultrassônicos.

De acordo com os resultados obtidos a partir da realização desse trabalho, podemos verificar que as concessionárias de água que operam em São Luís e Paço do Lumiar estão adotando as técnicas de controle de perdas de água conforme a literatura.

Tanto a CAEMA quanto BRK ambiental tem identificado no sistema de abastecimento que operam, as perdas físicas e não-físicas para assim usar de métodos para reduzir e controlar estas perdas, destacamos assim a macromedição com equipamentos modernos e o uso da técnica da pitometria, com uma aferição precisa. Em ambas as concessionárias foi constatado que existem os setores de macromedição e pitometria.

Porém, os índices de perdas ainda são muito altos. Segundo o SNIS (2017) a CAEMA encontra-se com perdas na distribuição de 63,2%, podemos constatar que há a necessidade de uma manutenção preventiva, principalmente nas adutoras em ambas concessionárias de água que operam em São Luís e Paço do Lumiar - MA. É necessário fazer análise de corrosão da água, do solo, fiscalizar as possíveis rupturas e utilizar uma mão de obra qualificada nestas adutoras.

As porcentagens são expressivas, variam de 20,01% a 50% das perdas, no que tange o desempenho da rede de distribuição da CAEMA, conforme as informações levantadas pelo questionário. O Eng. Mecânico Cristovam Dervalmar Rodrigues Teixeira Filho (CAEMA) dentro do campo das técnicas do controle de perdas de água, quanto ao gerenciamento destas perdas no sistema de abastecimento, recomendou as seguintes melhorias: “implantação de novas tecnologias (automação, *softwares*), uso de equipamentos para combater as perdas, incluir a área de setorização e implantação de controle de perdas de água”.

A BRK ambiental encontra-se com perdas ainda mais expressivas, que variam de 50,01% a 75% na rede de distribuição. Segundo o Eng. Sanitarista Bruno Sales Oliveira Mendonça, da concessionária de água que abastece o município de Paço do Lumiar, houve sugestão para algumas ações de melhoria, tendo destacado: “ A hidrometria de todas as ligações, a macromedição dos poços, campanhas de uso de água, aumento de fiscalização das fraudes e a parceria com o corpo de bombeiros para o uso de água”.

Em Paço do Lumiar 65% das ligações de água são hidrometradas e possui o prazo para finalizar a hidrometria até 2020. A equipe de pitometria foi montada no ano de 2018, com a finalidade de aferir os medidores, estudar o perfil de consumo dos clientes para redução das perdas aparentes, buscando vazamentos não visíveis e detectar fraudes. A equipe realiza o monitoramento de pressão e vazão dos pontos estratégicos da rede de abastecimento. Contudo para o ano de 2019, tem-se uma meta de redução de 8% com todas essas ações. Temos uma meta contratual de 25% de perdas para o ano de 2022 (informação verbal).<sup>2</sup>

Vale ressaltar que as maiores perdas de água ocorrem na rede de distribuição. Percebeu-se que há uma ineficiência em programas concretos que possam reduzir ou controlar estas perdas. A CAEMA está em fase de análise de um programa que irá englobar não somente perdas reais, mas também perdas aparentes, e enquanto isso faz uso de equipamentos, por exemplo, o geofone para detecção de vazamentos, alguns *softwares* (ISODAM e o MDhidro) para controle de vazão e pressão nos macromedidores e atualização de dados de cadastro de seus consumidores.

A BRK ambiental com pouco tempo de atuação em Paço do Lumiar trouxe um programa estruturado de perdas de águas que está em pleno funcionamento. O uso dos DMC'S (distrito de medição e controle) que consiste na análise e controle de um sistema de abastecimento de água, onde foram reduzidas as redes de distribuição em pequenas áreas, assim foi possível ter um maior controle do que ocorre nestas localidades em relação as perdas.

A setorização é uma ferramenta que está inserida neste programa da BRK ambiental, e que apresenta resultados satisfatórios, onde há a inclusão e a verificação da redução das vazões mínimas noturnas nas áreas isoladas para identificação de vazamentos ocultos e indicadores de desempenho.

---

<sup>2</sup> Fala do Eng. Sanitarista Bruno Sales O. Mendonça, BRK ambiental, Paço do Lumiar em 15 de maio de 2019.

Em ambas as concessionárias de água que atuam em São Luís - MA e Paço do Lumiar - MA existe a ausência de CCO (Centro de Controle de Operação) que possa contribuir para identificar e controlar as perdas que ocorrem no sistema de abastecimento ou mesmo combater as fraudes e ligações clandestinas que trazem impactos tanto na área financeira, econômica, social e ambiental.

## 5 CONCLUSÃO

Este trabalho teve por foco a identificação das técnicas e os métodos utilizados no controle das perdas de água no sistema de abastecimento adotados pelas concessionárias de água, em São Luís - MA e Paço do Lumiar - MA. As perdas de água ainda são altas devido a ineficiência da operação e uma má gestão das concessionárias de água.

Realizar o gerenciamento das perdas dá suporte para identificar os tipos de perdas e realizar um planejamento do uso das técnicas que podem ser utilizadas nas etapas do sistema de abastecimento. De acordo com os dados coletados, percebeu-se que as concessionárias de água estão adotando as técnicas conforme a literatura, embora haja custos muito elevados quando se trata do controle de perdas de água.

Conclui-se deste estudo de caso que a CAEMA necessita difundir mais a questão das perdas de água na companhia, realizar treinamentos e qualificar a mão de obra para combater perdas nas adutoras e nas redes de distribuição. Possuir um programa efetivo que combata as fraudes e as ligações clandestinas, e uma fiscalização contínua na hidrometração da cidade de São Luís (pois há muitos aparelhos parados, quebrados e mal dimensionados).

Por sua vez, a BRK ambiental em curto período de tempo em Paço do Lumiar inseriu ferramentas para combater as perdas de água como DMC'S, fez uso da setorização e colocou em ação as fiscalizações com funcionários qualificados para detectar os hidrômetros parados, mal dimensionados ou quebrados.

Recomenda-se que as concessionárias de água adotem o gerenciamento das perdas de água, fazendo-se uso da CCO e setores específicos de gestão e controle de perdas de água para monitorar áreas com índices muito elevados de perda. O uso de informativos com intuito de conscientizar a população sobre as consequências das perdas tanto para a empresa quanto para os consumidores. Adicionalmente, investir em treinamento das técnicas de controle de perdas de água em cada etapa do sistema de abastecimento.

## **6 RECOMENDAÇÃO PARA NOVOS TRABALHOS**

A partir da experiência de coleta de dados, revisão bibliográfica e análise dos resultados contidos neste trabalho, houve a possibilidade do autor sugerir outras pesquisas tendo como foco:

- Redução e controle das perdas físicas com uso das válvulas redutora de pressão;
- A importância da pitometria no sistema de abastecimento de água;
- A hidrometração como técnica para gerenciamento das perdas de água no sistema de abastecimento;
- Distrito de medição e controle como ferramenta para gestão de perdas de água;
- ISODAM: novas tecnologias para medição de vazão.

## REFERÊNCIAS

ABES-Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água: Diagnóstico, Potencial de ganhos com sua redução e propostas de medidas para afetivo combate.** Disponível em: [http://abes-dn.org.br/pdf/28Cbesa/Perdas\\_Abes.pdf](http://abes-dn.org.br/pdf/28Cbesa/Perdas_Abes.pdf). Acesso em 18 mai. 2019, 23:20h.

ABES- Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Controle e Redução de Perdas nos Sistemas Públicos de Abastecimento de Água.** Disponível em: [http://abes-dn.org.br/pdf/28Cbesa/Perdas\\_Abes.pdf](http://abes-dn.org.br/pdf/28Cbesa/Perdas_Abes.pdf). Acesso em 18 mai. 2019, 23:28h.

ABES- Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Controle e Redução de Perdas nos Sistemas Públicos de Abastecimento de Água.** Disponível em: [http://abes-dn.org.br/pdf/28Cbesa/Perdas\\_Abes.pdf](http://abes-dn.org.br/pdf/28Cbesa/Perdas_Abes.pdf). Acesso em 18 mai. 2019, 23:48h.

ALVES, W. C., COSTA, A. J. M. P., GOMES, J. S., NILDA, O. I. **Macromedição - (Versão Preliminar).** Documentos Técnicos de Apoio D2 - Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, Brasília, 1999a. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/pncda>. Acesso em: 06 jul. 2018, 14:56h.

ALVES, W. C., COSTA, A. J. M. P., PEIXOTO, J. B., SANCHEZ, J. G., LEITE, S. R. **Micromedição.** Documentos Técnicos de Apoio D3 - Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, Brasília, 1999b. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/pncda>. Acesso em: 06 jul. 2018, 15:23h.

**ANEXO XX DA PORTARIA DE CONSOLIDAÇÃO Nº 5 DO MINISTÉRIO DA SAÚDE DE 03 DE OUTUBRO DE 2017.** Disponível em: <https://cevs-admin.rs.gov.br/upload/arquivos/201804/26143402-anexo-xx.pdf>. Acesso em 30 mai. 2019, 17:47h.

ARAÚJO PRINCE, A. **Rede de distribuição.** In: HELLER, L. e PÁDUA, V.L. Abastecimento de água para consumo humano. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006, p. 603-681.

BAGGIO, M.A. **Diagnóstico de perdas de sistemas de abastecimento de água.** Franca: ABES, 2000.

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

BARROS, Raphael T. de V. *et al.* **Saneamento.** Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995. (Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios).

BOVOLATO; Luís E. **Saneamento Básico e Saúde.** 2010

BRK AMBIENTAL. Sistema de Abastecimento de água. Disponível em: <https://www.brkambiental.com.br/maranhao/quem-somos>. Acesso em 04 de jun. 2019.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde - Funasa. **Manual de Saneamento.** 3 ed. Brasília: Ministério da Saúde/FUNASA, 2007.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Diário Oficial da União, Brasília. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm) Acesso em 09 mar. 2019, 15:30h.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978. Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm). Acesso em 16 fev. 2019, 10:41h.

BRASIL, **Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000**. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e responsável pela instituição de normas de referência nacionais para a regulação da prestação dos serviços públicos de saneamento básico. Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9984.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9984.htm). Acesso em 18 fev. 2019, 15:43h.

BRASIL, **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em [http://www.planalto.gov.br/Ccivil\\_03/Leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/Ccivil_03/Leis/L9433.htm). Acesso em 18 fev. 2019, 16:58h.

BRASIL. **Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre procedimentos de controle e de vigilância da qualidade de água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União. DF. 2011.

CAEMA. **Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão**. Sistema de Abastecimento de Água. Disponível em: <http://www.caema.ma.gov.br/>. Acesso em: 07 jul. 2018 17:20h.

CAGECE – Companhia de Águas e Esgoto do Ceará. **Relatório da Gestão PNQS 2010** Nível II. Unidade de Negócio Metropolitana Norte - UN-MTN. Fortaleza, 2010, 95p.

CASTELLANO, E. G. & CHAUDRY, F. H. **Desenvolvimento Sustentado: Problemas e Estratégias**. 1.ed. São Carlos, SP: EESC-USP, 2000.

CAVINATTO, V. M. **Saneamento básico: fonte de saúde e bem-estar**. São Paulo: Ed. Moderna, 1992.

CETESB. **Reuso da água. São Paulo**. SP. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/informacoes-basicas/tpos-de-agua/reuso-de-agua/> Acesso em 18 mai. 2019, 16:57h.

CIRÍACO DE MIRANDA, E. **Rede de distribuição**. In: HELLER, L. e PÁDUA, V.L. Abastecimento de água para consumo humano. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006, p. 801-818.

COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais. **Programa de Redução de Perdas de Água no sistema de distribuição: aprovadas pelo Conselho de Administração em 16/06/2003**. Belo Horizonte, 2003, 60p.

CNRH. **Resolução nº 54 de 28 de novembro de 2005**. Disponível <http://www.cnrh.gov.br/reuso-de-agua-recursos-hidricos?tag=> Acesso em 18 mai. 2019, 18:06h.

DALMAS, R.R.O. **Sistema de Abastecimento de Água - Estudo de caso: redentora-RS**. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. 2012.

E-CIVIL. **Engenharia Civil, Arquitetura e construção**. Sistema de Abastecimento de Água. Disponível em: [www.ecivilnet.com/](http://www.ecivilnet.com/). Acesso em: 07 jul. 2018, 15:33.

FILHO, Carlos Fernandes de Medeiros. **Abastecimento de água** - Universidade Federal de Campina Grande. Disponível em: [http://www.margarita.dea.unir.br/uploads/11523232/arquivos/Apostilha\\_Abast\\_de\\_Agua\\_UFCG\\_1632633735.pdf](http://www.margarita.dea.unir.br/uploads/11523232/arquivos/Apostilha_Abast_de_Agua_UFCG_1632633735.pdf). Acesso em 18 fev. 2019, 16:10h.

FRANGIPANI, Márcio. **Guia Prático de Ensaios Pitométricos**. Programa de Modernização do Setor de Saneamento- PMSS. Brasília.2005.

FURTADO, Marcelo. **Combate a perda de água tratada**. Edição: Hydro fevereiro 2017 - Ano XI – Nº 124. 2017

GIROL, Guilherme Violato. **Análise de perdas reais em um setor do sistema de abastecimento de água no município de capinzal** – SC: formação. 2008. 62 f. Monografia (formação Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina. Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. Capinzal, 2008.

GOVERNO DE RONDONIA. **Ações de Combate ao Furto de Água são intensificadas pela CAERD**. Rondonia.ro.gov.br. <http://www.rondonia.ro.gov.br/acoes-de-combate-ao-furto-de-agua-sao-intensificadas-pela-caerd/>. Acesso em 12 mai. 2019, 15:05h.

GOVERNO DO CEARÁ. **Segurança hídrica: governador aciona Sistema de Reuso da ETA Gavião**. Ceara.gov.br. Ceará. Disponível em <https://www.ceara.gov.br/2016/09/06/seguranca-hidrica-governador-aciona-sistema-de-reuso-da-eta-gaviao/>. Acesso em 25 mai. 2019, 22:00.

GUIMARÃES, A. J. A; CARVALHO, D. F. de; SILVA, L. D. B. da. **Saneamento Básico**. Disponível em: Acesso em: 12 fev. 2019

HELLER. L. **Saneamento e saúde**. Brasília: OPAS; 1997

HELLER, L; PÁDUA, V.L. (Org.) **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Atlas do Saneamento**. Rio de Janeiro. 2004.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Entendendo o saneamento básico ambiental no Brasil e sua importância socioeconômica**. Manual de Saneamento Básico, 2012. Disponível em <http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/uploads/estudos/pesquisa16/manual-imprensa.pdf> Acesso em 25 mar. 2019, 23:14h.

JÚNIOR, José do Carmo de Souza. **Distritos de Medição e Controle como Ferramenta de Gestão de Perdas em Redes de Distribuição de Água**. Universidade Estadual de Campinas. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos, Energéticos e Ambientais). Campinas 2014.

**Lei nº 8.923 de 12 de janeiro de 2009** Institui a Política Estadual de Saneamento Básico - PESB, disciplina o convênio de cooperação entre entes federados para autorizar a gestão associada de serviços públicos de saneamento básico, e dá outras providências Acesso em 21/02/2019 às 11:29

**Lei Estadual nº8.923 de 12 de janeiro de 2009**. Institui a Política Estadual de Saneamento Básico - PESB, disciplina o convênio de cooperação entre entes federados para autorizar a gestão associada de serviços públicos de saneamento básico, e dá outras providências. Disponível em <http://www.stc.ma.gov.br/legisla-documento/?id=2578> acesso em 21/02/2019 às 23:10

**Lei Estadual nº8.149 de 15 de junho de 2004**. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, o Sistema de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Disponível em <http://www.stc.ma.gov.br/legisladocumento/?id=2016>. Acesso em 21 fev. 2019, 23:19h.

MELATO, Débora Soares. **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: formação**. 2010. 133 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Transversal: lodo gerado durante o tratamento de água e esgoto: guia do profissional em treinamento: nível 2** / Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.). – Brasília: Ministério das Cidades, 2008. 90 p.

MIRANDA, E.C. (2002) **Avaliação de perdas em sistemas de abastecimento de água: indicadores de perdas e metodologias para análise de confiabilidade**. 193 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Universidade de Brasília, Brasília.

MOURA, Larissa *et al.* **Legislação sobre o Saneamento Básico**. In: Variação Geográfica do Saneamento Básico no Brasil em 2010: domicílios urbanos e rurais, p. 19-22. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/157825/1/GeoSaneamento-Cap01.pdf> Acesso em 15 mai. 2019 às 18:33h.

MORUZZI, Rodrigo Braga. **Reuso de água no contexto da gestão de recursos hídricos: impacto, tecnologias e desafios**. OLAM – Ciência & Tecnologia. Ano VIII. Volume 8. Nº 3. P. 271. Rio Claro. São Paulo. 2008.

NOVAES, Luciano Farias de. Bressani, Fabrício. **A importância da pitometria no sistema de abastecimento de água**. Disponível em <https://docplayer.com.br/4972584-Importancia-da-pitometria-no-sistema-de-abastecimento-de-agua.html> Acesso em 20 mai. 2019, 19:48h.

NUNES, Renata; FREIRE, Lérica. **Fraudes na Rede de Água Comprometem Abastecimento**. Saladeimprensa.ceara.gov.br. Ceará. Disponível em: <http://saladeimprensa.ceara.gov.br/todospelaagua/?p=27002>. Acesso em 02 mar. 2019, 16:09h.

PATRÍCIO, Robson José de Oliveira. **Análise de Perdas na Rede de Distribuição de Água em um Subsetor da Cidade de Presidente Prudente - SP**. Ilha Solteira-SP.2007  
PENA, Rodolfo F. Alves. **Distribuição da água no mundo**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/distribuicao-agua-no-mundo.htm>. Acesso em: 18 mar. 2019, 17:14.

PES, João Hélio F. ROSA, Taís Hemann. **O direito fundamental de acesso água e a interrupção do serviço público de abastecimento**. Disponível em: <http://www.publicadireito.com.br/artigos/?cod=82cadb0649a3af49>. Acesso em 03 mai. 2019, 15:57h.

**PROGRAMA DE REDUÇÃO DE PERDAS**. Aguasgariroba.com.br. Mato Grosso do Sul. Disponível em: <http://www.aguasguariroba.com.br/programa-de-reducao-de-perdas/> Acesso em 14 mar. 2019, 18:07h.

PORTO, R. M. **Hidráulica Básica**. São Carlos, SP: EESC/USP, 2004.

REDE BRASIL. **Menos perda mais água**. Disponível em: <http://www.br.undp.org/content/dam/brazil/docs/publicacoes/prosperidade/menos-perda-mais-agua-movimento-pela-reducao-das-perdas-de-agua-na-distribuicao.pdf> Acesso em 12 mar. 2019, 17:17h.

**RESOLUÇÃO CONAMA Nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005**. Disponível em <http://www2.mma.gov.br/port/conama/> Acesso em 30 mai. 2019, 16:04h.

**RESOLUÇÃO CONAMA no 396, de 3 de abril de 2008**. Publicada no DOU nº 66, de 7 de abril de 2008, Seção 1, páginas 64-68. Disponível em <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562> Acesso em 30 mai. 2019, 16:09h.

SÁ, Clarissa Campos de. **A importância da micromedição no combate às perdas de água**- Estudo da Hidrometração da Companhia Águas de Joinville. Florianópolis-SC. 2007.

SABESP. **Apostila do Curso de Perdas**. São Paulo: SABESP, 2005

SABESP – **Saneamento Básico do Estado de São Paulo** - Superintendência de Planejamento Integrado. Prêmio Nacional de Qualidade em Saneamento – PNQS – Nível II. São Paulo. 2010, 93p.

SABESP. Relatório Técnico - **Programa de Redução de Perdas da SABESP na Região Metropolitana de São Paulo**, Diretoria Metropolitana, 2014  
Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2017. Brasília: SNS/MDS, 2019. 226p.

SANCHEZ, J. G. *et al.* **Calibração de Macromedidores in situ**. Anais do XIII encontro Técnico da Associação dos Engenheiros da SABESP, São Paulo, 2002.

SECRETARIA NACIONAL DE SAMENAMENTO AMBIENTAL (org.) **Abastecimento de água: gerenciamento de perdas de água e energia elétrica em sistemas de abastecimento: guia do profissional em treinamento: nível 2** /– Salvador: RECESA, 2008. 139p.

SILVA, Francinaldo de Brito. **O sistema de Abastecimento d'água da cidade de Santa Rita-PB**, 2016.

TARDELLI, F, J. **Controle e Redução de Perdas**. In: TSUTIYA, M. T. Abastecimento de Água. EPUSP, 1ª Edição, 2004

TARDELLI, Filho, J. In: TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Abastecimento de Água- 3ª edição**-São Paulo- Departamento de engenharia hidráulica e sanitária da escola politécnica da universidade de São Paulo, 2006-643p.

TSUTIYA, M.T. **Abastecimento de água**. 2.ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.

\_\_\_\_\_. **Abastecimento de água**. 3ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

\_\_\_\_\_. **Redução do custo da energia elétrica em Sistemas de Abastecimento de Água**. 1.ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2001.

\_\_\_\_\_. **Gerenciamento de perdas de água e energia elétrica em sistemas de abastecimento: nível 2** / Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org). – Salvador: ReCESA, 2008. 139p

VELASCO, Clara. **Saneamento melhora, mas metade dos brasileiros segue sem esgoto no país**. G1.globo.com. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/noticia/saneamento-melhora-mas-metade-dos-brasileiros-segue-sem-esgoto-no-pais.ghtml>. Acesso em 11 fev. 2019, 18:15 h.

## APÊNDICES

**QUESTIONÁRIO I**  
**IDENTIFICAÇÃO DAS TÉCNICAS DO CONTROLE DE PERDAS DE ÁGUA NOS**  
**SISTEMAS DE ABASTECIMENTO**

IDENTIFICAÇÃO / DADOS GERAIS	
Faculdade / Departamento:	UEMA / Departamento de Hidráulica e Saneamento
Data da Entrevista:	22 / 04 / 2019
Entrevistador:	Carlos Magno Barbosa Soares
Empresa:	CAEMA
Nome do Entrevistado:	<i>Cristovam de Ribamar R. Texeira Filho</i>
Função do Entrevistado:	<i>Dept. de Controle e Desenvolvimento Institucional</i>
QUESTÕES GERAIS E ESPECIFICAS	
1 Captação de Água	
1.1 Quais os tipos de captação utilizada pela concessionária?	
<input checked="" type="checkbox"/> Superficial <input checked="" type="checkbox"/> Subterrânea	
1.2 Na captação de água é realizada alguma ação para controle de perdas de água?	
<input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	
1.3 Caso sim na pergunta anterior, qual ação?	
Macromedição na captação superficial em Italuís e alguns poços em geral	
2 Adutora	
2.1 Quais os tipos de tubos utilizados nas adutoras?	

<input type="checkbox"/> Fofo Dúctil <input type="checkbox"/> Aço <input type="checkbox"/> Concreto <input type="checkbox"/> Outro. Qual? _____
2.2 São realizadas manutenções preventivas nas adutoras?
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
2.3 Caso sim na pergunta anterior, qual a periodicidade média dessas manutenções?
_____ _____ _____
2.4 São realizadas manutenções corretivas nas adutoras?
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
2.5 Caso sim na pergunta anterior, qual a frequência média dessas manutenções?
Na ocorrência de vazamentos há atuação, das quais variam
2.6 Quais os equipamentos utilizados para controle de perdas de água nas adutoras?
Macromedidores de inserção
2.7 Caso existam adutoras de aço, quais as ações para controle de corrosão nessas tubulações?
Nas adutoras novas a ação de uma blindagem eletroestática (Italuís). Verificação de aterramento nos pontos de adutora de aço

### 3 Estação Elevatória

3.1 Qual é o tipo da Estação Elevatória operado pela Concessionária?

Booster  EEPS  EEPU  Outra. Qual? \_\_\_\_\_

3.2 Existe algum recurso tecnológico para a detecção de perdas de água nas Estações Elevatórias?

Sim  Não

3.3 Caso sim na pergunta anterior, quais são essas tecnologias?

---

---

---

### 4 Reservatórios

4.1 Qual é o tipo de reservatório utilizado pela concessionária?

Elevado  Enterrado  Apoiado  Semi-enterrado

4.2 São realizadas manutenções preventivas nos Reservatórios?

Sim  Não

4.3 Caso na pergunta anterior seja sim, quais?

---

---

---

4.4 Quais as principais perdas de água que tem ocorrido nos reservatórios?

Extravasamentos  Vazamentos na Estrutura  Limpeza  Outra. Qual? Barriletes, retenção nas juntas

## 5 Rede de Distribuição

5.1 Qual é o tipo de rede adotado pela concessionária?

Ramificada  Malhada  Mista

5.2 No sistema de distribuição de água quais são os materiais utilizados pela concessionária?

T. Fibrocimento  T. Ferro Fundido Dúctil  T. PVC-PBA  T. Polietileno  
 Outra. Qual? PRFV Poliéster reforçado com fibra de vidro.

5.3 Atualmente, qual o percentual de perda de água na rede de distribuição?

0,00 a 20,00 % ( ) 20,01 a 50,00% (X) 50,01% a 75,00% ( )  
 75,01 a 90,00% ( ) Maior do que 90% ( )

5.4 Existe algum programa de controle de redução de perdas na rede de distribuição?

Sim  Não

5.5 Caso seja sim na pergunta anterior, qual programa?

Programa de Eficiência Operacional

---

---

---

5.6 Quais equipamentos tem sido utilizados para combater as perdas de água na rede de distribuição?

Haste de Escuta  Geofones  Correlacionador de Ruídos  Outra.

Qual? \_\_\_\_\_

5.7 O combate das perdas no sistema de distribuição é efetuado com:

Fiscalização Efetiva  Cadastro de Redes  Macromedição  Outra.

Qual? Manutenção corretiva, micromedição

## 6 Perdas Reais e Aparentes

6.1 Quais são as principais Perdas Reais que tem ocorrido nos últimos 5 anos?

Vazamentos  Lavagem de Filtros  Descarga em redes  Outra. Qual?

\_\_\_\_\_

6.2 Quais são as principais Perdas Aparentes que tem ocorrido nos últimos 5 anos?

Ligações Clandestinas  Hidrômetros parados  Erros de Leitura  Outra.

Qual? \_\_\_\_\_

6.3 Existe algum programa para reutilizar a água da lavagem de filtros, da descarga de rede e da lavagem de reservatório?

Sim       Não

6.4 Caso seja sim na pergunta anterior, qual?

---

---

---

6.5 Quais recursos tecnológicos tem sido adotado para combater as perdas de água no Sistema de Abastecimento de Água?

Automação       Instalação de Alarmes       Outros.  
Quais? \_\_\_\_\_

## 7 Sugestão de Melhoria

7.1 Quais melhorias poderiam ser adotadas para o controle do gerenciamento das perdas de água no Sistema de Abastecimento?

Implantação de novas tecnologias (automação, *softwares*). Uso de equipamentos para combate de perdas. Incluir área de setorização. Implantação de controle de perdas de água.

**QUESTIONÁRIO II**  
**IDENTIFICAÇÃO DAS TÉCNICAS DO CONTROLE DE PERDAS DE ÁGUA NOS**  
**SISTEMAS DE ABASTECIMENTO**

IDENTIFICAÇÃO / DADOS GERAIS	
Faculdade / Departamento:	UEMA / Departamento de Hidráulica e Saneamento
Data da Entrevista:	26 / 04 / 2019
Entrevistador:	Carlos Magno Barbosa Soares
Empresa:	<i>BRK Ambiental</i>
Nome do Entrevistado:	<i>Bruno Sales Oliveira Mendonça</i>
Função do Entrevistado:	<i>Departamento de Controle de Perdas de água.</i>
QUESTÕES GERAIS E ESPECIFICAS	
1 Captação de Água	
1.1 Quais os tipos de captação utilizada pela concessionária?	
<input type="checkbox"/> Superficial <input checked="" type="checkbox"/> Subterrânea	
1.2 Na captação de água é realizada alguma ação para controle de perdas de água?	
<input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	
1.3 Caso sim na pergunta anterior, qual ação?	
Utilização da macromedição e também de fiscalização efetiva (barrilete)	
2 Adutora	

2.1 Quais os tipos de tubos utilizados nas adutoras?

Fofo Dúctil     Aço     Concreto     Outro. Qual? PVC - Defofo

2.2 São realizadas manutenções preventivas nas adutoras?

Sim     Não

2.3 Caso sim na pergunta anterior, qual a periodicidade média dessas manutenções?

---

---

---

2.4 São realizadas manutenções corretivas nas adutoras?

Sim     Não

2.5 Caso sim na pergunta anterior, qual a frequência média dessas manutenções?

1 por ano

2.6 Quais os equipamentos utilizados para controle de perdas de água nas adutoras?

Geofone, Altímetro e Haste de escuta

2.7 Caso existam adutoras de aço, quais as ações para controle de corrosão nessas tubulações?

---

---

---

---

---

---

---

---

### 3 Estação Elevatória

3.1 Qual é o tipo da Estação Elevatória operado pela Concessionária?

Booster  EEPS  EEPU  Outra. Qual? \_\_\_\_\_

3.2 Existe algum recurso tecnológico para a detecção de perdas de água nas Estações Elevatórias?

Sim  Não

3.3 Caso sim na pergunta anterior, quais são essas tecnologias?

---

---

---

### 4 Reservatórios

4.1 Qual é o tipo de reservatório utilizado pela concessionária?

Elevado  Enterrado  Apoiado  Semi-enterrado

4.2 São realizadas manutenções preventivas nos Reservatórios?

Sim  Não

Limpeza, Estanquidade
4.4 Quais as principais perdas de água que tem ocorrido nos reservatórios?
<input checked="" type="checkbox"/> Extravasamentos <input checked="" type="checkbox"/> Vazamentos na Estrutura <input type="checkbox"/> Limpeza <input type="checkbox"/> Outra. Qual? _____
<b>5 Rede de Distribuição</b>
5.1 Qual é o tipo de rede adotado pela concessionária?
<input checked="" type="checkbox"/> Ramificada <input checked="" type="checkbox"/> Malhada <input checked="" type="checkbox"/> Mista
5.2 No sistema de distribuição de água quais são os materiais utilizados pela concessionária?
<input type="checkbox"/> T. Fibrocimento <input type="checkbox"/> T. Ferro Fundido Dúctil <input checked="" type="checkbox"/> T. PVC-PBA <input checked="" type="checkbox"/> T. Polietileno
5.3 Atualmente, qual o percentual de perda de água na rede de distribuição?
0,00 a 20,00 % ( ) 20,01 a 50,00% ( ) 50,01% a 75,00% (X) 75,01 a 90,00% ( ) Maior do que 90% ( )
5.4 Existe algum programa de controle de redução de perdas na rede de distribuição?
<input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
5.5 Caso seja sim na pergunta anterior, qual programa?
Substituição das redes antigas fora do padrão, revitalização de reservatórios, construção do setor de reservação, aplicação easy – ramal para as novas ligações e setorização das redes de distribuição.

---



---



---

5.6 Quais equipamentos tem sido utilizados para combater as perdas de água na rede de distribuição?

Haste de Escuta  Geofones  Correlacionador de Ruídos  Outra.

Qual? Altímetro

5.7 O combate das perdas no sistema de distribuição é efetuado com:

Fiscalização Efetiva  Cadastro de Redes  Macromedição  Outra.

Qual? Equipe de pitometria, equipe de manutenção de redes

## 6 Perdas Reais e Aparentes

6.1 Quais são as principais Perdas Reais que tem ocorrido nos últimos 5 anos?

Vazamentos  Lavagem de Filtros  Descarga em redes  Outra. Qual?

6.2 Quais são as principais Perdas Aparentes que tem ocorrido nos últimos 5 anos?

Ligações Clandestinas  Hidrômetros parados  Erros de Leitura  Outra.

Qual? Hidrometros mal dimensionados

6.3 Existe algum programa para reutilizar a água da lavagem de filtros, da descarga de rede e da lavagem de reservatório?

Sim       Não

6.4 Caso seja sim na pergunta anterior, qual?

---

---

---

6.5 Quais recursos tecnológicos tem sido adotado para combater as perdas de água no Sistema de Abastecimento de Água?

Automação       Instalação de Alarmes       Outros.  
Quais? Controle de níveis, medidores eletrônicos

## 7 Sugestão de Melhoria

7.1 Quais melhorias poderiam ser adotadas para o controle do gerenciamento das perdas de água no Sistema de Abastecimento?

Hidrometria de todas as ligações e a macromedição dos poços. Campanhas de uso da água, aumento das fiscalizações no que tange as fraudes. Parceria com o corpo de bombeiros para o uso da água

**ANEXOS**



ANEXO II- ZONAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM SÃO LUÍS – MA

