


**unesp**  **UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”**  
**CAMPUS DE GUARATINGUETÁ**

**MÔNICA KITAZUKA YOSHIMOTO**

**DIAGNÓSTICO E PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS PARA O CONTROLE DAS  
PERDAS DE ÁGUA NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE  
GUARATINGUETÁ (SP)**

Guaratinguetá  
2015

MÔNICA KITAZUKA YOSHIMOTO

DIAGNÓSTICO E PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS PARA O CONTROLE DAS  
PERDAS DE ÁGUA NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE  
GUARATINGUETÁ (SP)

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Isabel Cristina de Barros Trannin

Guaratinguetá  
2015

Y65d Yoshimoto, Mônica Kitazuka  
Diagnóstico e proposição de medidas para o controle das perdas de  
água no sistema de abastecimento de Guaratinguetá / Mônica Kitazuka  
Yoshimoto – Guaratinguetá : [s.n], 2015.

47 f. : il.

Bibliografia : f. 45-47

Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade  
Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2015.

Orientadora: Profª Drª Isabel Cristina de Barros Trannin

1. Água – Distribuição 2. Abastecimento de água 3. Recursos  
hídricos - Desenvolvimento 4. Saneamento I. Título

CDU 628.15

**DIAGNÓSTICO E PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS PARA O CONTROLE DAS  
PERDAS DE ÁGUA NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE  
GUARATINGUETÁ (SP)**

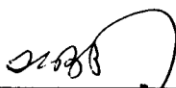
MÔNICA KITAZUKA YOSHIMOTO

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO  
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE  
**GRADUADO EM ENGENHARIA CIVIL**

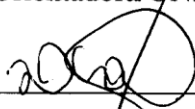
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

Prof. Dr. George de Paula Bernardes  
Coordenador

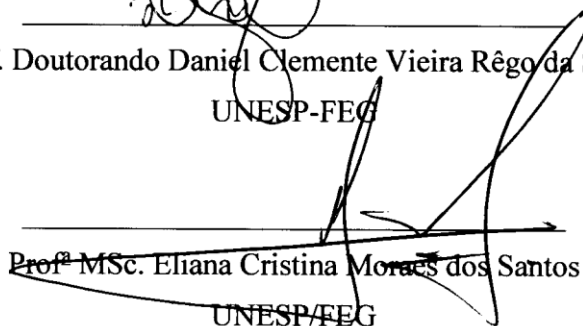
**BANCA EXAMINADORA:**



Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Isabel Cristina de Barros Trannin  
Orientadora/UNESP-FEG



Prof. Doutorando Daniel Clemente Vieira Rêgo da Silva  
UNESP-FEG



Prof<sup>ª</sup> MSc. Eliana Cristina Moraes dos Santos  
UNESP-FEG

Dezembro de 2015

## **DADOS CURRICULARES**

### **MÔNICA KITAZUKA YOSHIMOTO**

NASCIMENTO	05.11.1992 – SÃO PAULO / SP
FILIAÇÃO	Wilson Missao Yoshimoto Marta Issami Kitazuka Yoshimoto
2010/2015	Curso de Graduação Universidade Estadual Paulista – “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Guaratinguetá.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar à minha família, por todo o amor e apoio que sempre me deram.

Ao meu pai, *Wilson*, por nunca me deixar faltar nada.

À minha mãe, *Marta*, por me educar e nunca me deixar desistir.

À minha irmã, *Gabriela*, pela parceria e todo o apoio.

À minha orientadora, *Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Isabel Cristina*, por ter sido uma orientadora atenciosa, que me auxiliou e aconselhou durante todo o desenvolvimento deste estudo.

Ao *Prof Msc. Daniel Clemente*, pela paciência em me ajudar quando mais precisei.

Às minhas amigas da *República Bico Doce*, por todo o apoio que sempre me deram, foram anos incríveis morando juntas.

À empresa SAEG, pela oportunidade de estágio e fornecimento de dados importantes para este estudo.

YOSHIMOTO, M. K. **Diagnóstico e proposição de medidas para o controle das perdas de água no sistema de abastecimento de Guaratinguetá (SP)**. 2015. 47 f. Trabalho de Graduação (Graduando em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

## RESUMO

Nos últimos dois anos, o Brasil tem enfrentado uma das maiores crises hídricas da sua história e o estado de São Paulo é o que vem passando por maiores dificuldades. Diante desse cenário, todos os usuários da água devem fazer o possível para que o consumo dos recursos hídricos seja realizado de forma sustentável. Neste contexto, as empresas responsáveis pelo abastecimento público de água precisam aumentar a eficiência da gestão dos recursos hídricos, sendo imprescindível, o combate às perdas no sistema de abastecimento público. Quando ocorre um vazamento não-visível em uma tubulação, o volume de água desperdiçada pode ser elevado, mas nesse caso, a água retorna à natureza e continua participando do ciclo hidrológico. A perda econômica corresponde ao valor agregado ao produto água, que inclui os custos intrínsecos de exploração, tratamento e distribuição. Esse prejuízo tem como consequência a menor disponibilidade de recursos financeiros das empresas de saneamento para o investimento em soluções ecologicamente corretas. Este estudo teve como objetivo diagnosticar o sistema de distribuição de água do município de Guaratinguetá (SP), realizado pela Companhia de Serviços de Água, Esgoto e Resíduos de Guaratinguetá (SAEG), para propor medidas de combate às perdas de água. Entre as medidas propostas, destacam-se o monitoramento das perdas por macro e micromedidores, o planejamento para a substituição das tubulações antigas, a conscientização da empresa quanto à importância do combate às perdas de água e da população para o uso sustentável da água de abastecimento.

**PALAVRAS-CHAVE:** Recursos hídricos. Saneamento básico. Crise hídrica. Distribuição de água. Planejamento.

YOSHIMOTO, M. K. **Diagnosis and proposal of measures for controlling water losses in the supply system Guaratinguetá (SP)**. 2015. 47 f. Graduate Work (Graduate in Civil Engineering) - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

### **ABSTRACT**

Over the past two years, Brazil has been facing a major water crisis in its history and the state of Sao Paulo is the one that has been going through worst difficulties. In this scenario, all water users should do everything possible so that the consumption of water resources is carried out in a sustainable manner. In this context, the companies responsible for the public water supply must increase the efficiency of water resource management. It is indispensable combating losses in the public supply system. When there is a non-visible leak in a pipe, the wastewater volume can be high, but in this case, the water returns to nature and continues to participate in the hydrological cycle. The economic loss corresponds to the value added to the product water, which includes the intrinsic costs of exploration, processing and distribution. This damage results in a reduced availability of financial resources of sanitation companies to invest in environmentally friendly solutions. This study aimed to diagnose the water distribution system in the city of Guaratinguetá (SP), held by the Companhia de Serviços de Água, Esgoto e Resíduos de Guaratinguetá (SAEG), to propose measures to combat water loss. Among the proposed measures, there is the monitoring of losses, planning for replacement of old pipes and company awareness as a whole in relation to combat water losses.

**KEYWORDS:** Water resources. Basic sanitation. Water crisis. Water supply. Planning.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Perdas de água por país.....	10
Figura 2: Sistema de Abastecimento público de água.....	18
Figura 3 - Principais tipos de vazamentos em um sistema de distribuição de água e ações para controle.....	25
Figura 4 – Esquema do combate às perdas reais de água pela Cruz de Lambert.....	26
Figura 5 – Cruz de Lambert utilizada para o combate às perdas aparentes de água tratada. ...	28
Figura 6 – Zoneamento do município de Guaratinguetá (SP).....	29
Figura 7 - Ribeirão Guaratinguetá, à direita e Ribeirão Lemes, à esquerda.....	31
Figura 8 - Macromedidor do bairro Santa Luzia, Guaratinguetá (SP).....	39
Figura 9 - Hidrômetro localizado no interior da residência, dificultando a leitura e a identificação de vazamentos pela equipe da SAEG (a) Hidrômetro com instalação adequada, facilitando a leitura, a identificação de vazamentos e a prevenção de fraudes pela equipe da SAEG (b e c).....	41
Figura 10 - Geofone utilizado para a localização de vazamento para posterior conserto. ....	41

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Evolução institucional da gestão dos recursos hídricos no Brasil .....	15
Tabela 2 – Principais fatores causadores de falhas em tubulações. ....	24
Tabela 3 – Comparativo da despesa de exploração por m <sup>3</sup> de água de municípios do Vale do Paraíba (SP). ....	38
Tabela 4 - Macro e micromedição de água no Bairro Santa Luzia, Guaratinguetá (SP).....	39
Tabela 5 - Volumes Perdidos estimados de Abril a Julho.....	39

## SUMÁRIO

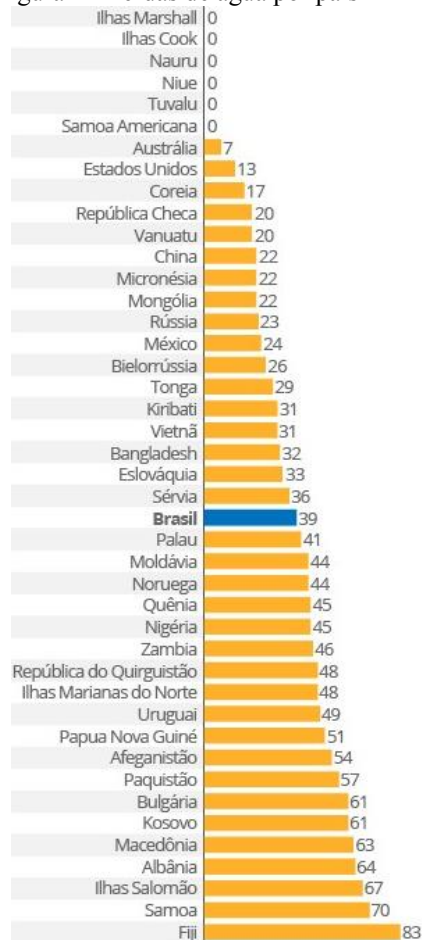
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>12</b>
	2.1 Objetivo Geral.....	12
	2.2 Objetivos Específicos.....	12
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>13</b>
	3.1 Gestão de recursos hídricos no Brasil.....	13
	3.2 Infraestrutura de um sistema de abastecimento público de água .....	17
	3.3 Perdas reais de água .....	22
	3.4 Perdas aparentes de água .....	27
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>29</b>
	4.1. Localização e caracterização da área de estudo.....	29
	4.2. Companhia de Serviço de Água, Esgoto e Resíduos de Guaratinguetá (SAEG).....	30
	4.3 Sistema de abastecimento de água de Guaratinguetá (SP) .....	31
	4.4 Metodologia para a análise das perdas de água .....	33
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>36</b>
	5.1 Classificação do sistema de abastecimento de água de Guaratinguetá.....	36
	5.2 Custos do tratamento de água na ETA de Guaratinguetá.....	37
	5.3 Diagnóstico do setor de combate às perdas .....	38
	5.4 Proposição de medidas de combate às perdas .....	42
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>44</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>45</b>

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com o diagnóstico fundamentado no monitoramento dos reservatórios brasileiros, realizado pela Agência Nacional das Águas (ANA), a região sudeste está enfrentando a pior crise hídrica dos últimos 84 anos (ANA, 2015). Essa crise hídrica, associada aos problemas de falta de infraestrutura e de planejamento, tem gerado sérios impactos ao abastecimento público, principalmente na região metropolitana de São Paulo.

Os sistemas de abastecimento público são necessários para a distribuição de água em quantidade e qualidade para o consumo humano, sendo constituídos de unidades de captação, estações de tratamento, adutoras, estações elevatórias, reservatórios e redes de distribuição. O Internacional Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities (IBNET, 2011), relata que o Brasil perde cerca de 39% de sua água tratada no sistema de distribuição pública, superando países como Vietnã, México, Rússia e China, que perdem, respectivamente, 31%, 24%, 23% e 22%, como mostra o infográfico da Figura 1.

Figura 1 - Perdas de água por país



Fonte: IBNET(2015)

Em um sistema de abastecimento público, sempre haverá perda quando a água tratada não chegar ao consumidor final. Essa perda nem sempre é física, como o volume de água perdido em um vazamento. Do ponto de vista empresarial, como é o caso da Companhia de Serviço de Água, Esgoto e Resíduos de Guaratinguetá (SAEG), se um produto for entregue e por alguma ineficiência não for faturado, os custos intrínsecos para sua produção e transporte serão considerados e não ocorrerá incorporação de receita pela companhia. Portanto, além da perda física tem-se o prejuízo causado pelos custos relacionados ao aspecto comercial do serviço prestado (SANTOS, 2008). Um elevado índice de perdas de água indica uma redução no faturamento das empresas responsáveis pelo abastecimento público e, conseqüentemente, diminui a capacidade de investimento e obtenção de financiamentos. Além disso, a perda de água no sistema de abastecimento gera danos ambientais, devido ao esgotamento de reservatórios, o que obriga as empresas de saneamento a explorarem novos mananciais (ABES, 2013). Portanto, o gerenciamento e a adoção de medidas de combate às perdas de água tratada nos sistemas de distribuição pública são imprescindíveis para o uso sustentável dos recursos hídricos.

Neste trabalho foi realizado o diagnóstico do sistema de distribuição de água do município de Guaratinguetá (SP) e a avaliação do potencial de perdas, visando à proposição de medidas mitigadoras e a conscientização da importância da atuação das políticas públicas na otimização do abastecimento público, para que os recursos hídricos sejam utilizados de forma sustentável.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

O objetivo geral deste estudo foi diagnosticar o potencial de perdas de água no sistema de distribuição de água do município de Guaratinguetá (SP), visando a proposição de medidas mitigadoras e a conscientização da importância da atuação das políticas públicas no combate às perdas no abastecimento público.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Realizar levantamentos junto à Companhia de Serviço de Água, Esgoto e Resíduos de Guaratinguetá (SAEG), sobre o sistema de abastecimento público de água adotado no município;
- Diagnosticar a situação atual do combate à perda de água no sistema de abastecimento público do município de Guaratinguetá (SP);
- Propor à SAEG técnicas de controle das perdas reais e aparentes de água no sistema de distribuição.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Gestão de recursos hídricos no Brasil

A gestão de recursos hídricos é o conjunto de ações destinadas a regular o uso, controlar e proteger os recursos hídricos, em conformidade com a legislação e normas pertinentes. Segundo Viegas Filho (2013), a gestão dos recursos hídricos tem por finalidade compatibilizar a disponibilidade hídrica com as múltiplas demandas. Em países como os Estados Unidos, Inglaterra, Chile, Espanha e Austrália, a gestão dos recursos hídricos tem como base a concessão de direitos de propriedade privada sobre a água e visa a livre negociação desses direitos, buscando a eficiência e a distribuição no mercado. Em outros países, como o Brasil e a França, a gestão dos recursos hídricos é fundamentada na concepção de que a água é um bem de domínio público, que pode sofrer intervenções do Poder Público e o gerenciamento é participativo e integrado entre usuários e sociedade.

Borsoi (2015) relata que a primeira experiência do Brasil em gestão de recursos hídricos, embora vinculada à questão agrícola, teve início em 1933 com a criação da Diretoria de Águas, depois Serviço de Águas, no Ministério da Agricultura. Em 1934, o Serviço foi transferido para o Departamento Nacional de Pesquisa Mineral (DNPM), quando foi editado o Código das Águas pelo Decreto 24.643, modelo orientado por tipos de uso da água.

De acordo com Ferreira (2006) a implantação da Gestão de Recursos Hídricos no Brasil pode ser dividida em três fases:

**1ª fase** – Modelo Burocrático (Final da década de 40): a administração pública tinha como objetivo prioritário cumprir e fazer cumprir os dispositivos legais sobre as águas. Houve uma elaboração da regularização dos cursos de água ou captação para abastecimento público, fornecimento de energia e sistemas para controle de inundações.

**2ª fase** – Modelo Econômico-Financeiro (Décadas de 50 a 70): houve um aumento da demanda e, conseqüentemente, a construção de obras hidráulicas de grande porte. Essa etapa foi marcada por duas orientações: atendimento a prioridades setoriais do governo, com a elaboração de programas de investimento em setores usuários de água, como irrigação, geração de energia e saneamento e, o desenvolvimento integral da bacia hidrográfica.

**3ª fase** – Modelo Sistêmico de Integração Participativa (Década de 80): Com o aumento da produção industrial e o crescimento populacional, a água disponível tornou-se escassa, o que provocou conflito entre usuários e teve como consequência, a necessidade da elaboração de mecanismos de planejamento e coordenação dos usos dos recursos hídricos.

Embora o Brasil apresente cerca de 12% da reserva de água doce, considerada a maior do mundo, diante do aumento da demanda e do conflito de usos, foi necessária a criação de leis para a proteção de seus recursos hídricos. Com esse objetivo foi criada a Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, da Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH), conhecida como a lei das águas, que estabeleceu a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e de implementação da PNRH.

Assim, as bacias hidrográficas têm sido adotadas como unidades físicas de reconhecimento, caracterização e avaliação, como forma de facilitar o planejamento e a gestão dos recursos hídricos. O comportamento de uma bacia hidrográfica pode ser alterado ao longo do tempo por dois fatores, sendo eles, de ordem natural, responsáveis pela pré-disposição do meio físico à degradação ambiental, e antrópicos, onde as atividades humanas interferem de forma direta ou indireta no funcionamento da bacia. (FIGUEIRA, 2013)

Após a criação desta lei, outros instrumentos de gestão dos recursos hídricos foram criados, como pode ser observado na Tabela 1.

O art 1º da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, baseia-se nos seguintes fundamentos: I – *A água é um bem de domínio público*: corresponde ao domínio público das águas e surgiu do fato da água ser um elemento do meio ambiente com funções indispensáveis à sobrevivência da vida na Terra e à manutenção do equilíbrio ecológico, sendo um bem de interesse comum.

II – *A água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico*: define a água como bem econômico e procura estabelecer critérios para seu uso e garantir o acesso das presentes e futuras gerações e a eficiência em sua utilização. Sobre essa questão, Pereira (2002) apud Ferreira (2006) relata que a “definição de bem econômico está baseada nos princípios de escassez de um recurso, que ocorre quando este recurso não apresenta quantidade suficiente para satisfazer a totalidade da procura”.

III – *Em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais*: define os usos prioritários da água em casos de escassez e parte do princípio de que a água é um elemento essencial para a existência de todos os organismos vivos do planeta. Assim sendo, sua prioridade deve ser ao consumo humano e a dessedentação de animais.

IV – *A gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas*: baseia-se na equidade do acesso à água, buscando a otimização e equilíbrio do uso dos recursos hídricos, de forma que cada modalidade os utilize na menor quantidade possível.



V – *A bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional dos Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos*: tem como objetivo adequar a legislação e estrutura institucional às condições territoriais do ambiente. Assim, há uma otimização dos usos e a garantia das múltiplas demandas pela água, permitindo também um monitoramento mais próximo.

VI – *A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades*: busca uma gestão descentralizada com a participação do Poder Público, usuários e comunidade; busca distribuir e delegar competências, impondo atribuições a níveis hierárquicos inferiores e concede aos cidadãos o exercício de sua cidadania ao permitir que haja discussões da comunidade a respeito da melhor forma de gerir os recursos hídricos.

Tabela 1: Evolução institucional da gestão dos recursos hídricos no Brasil

Ano	Concepção	Descrição
1934	Código de águas	Marco legal da gestão dos recursos hídricos no Brasil. Possui definições dos itens relacionados à água no país. Apesar de ser relativamente antigo, ainda encontra-se em vigência. Embora destinado a gestão da água como um todo, na época de sua criação houve um privilégio no setor de produção de energia elétrica, pois o órgão responsável pela água era o mesmo das concessões de geração de energia elétrica.
1967	Política Nacional de Saneamento e Conselho Nacional de Saneamento (CONSANE)	Formalizou o saneamento básico, abrangendo: Abastecimento de água, esgotos pluviais e drenagem, controle da poluição ambiental, das inundações e das erosões. A CONSANE tem como atribuições: Planejar, coordenar e controlar a Política Nacional de Saneamento.
1976	Comitê de Bacia Hidrográfica	Os Comitês surgiram para discutir e organizar a utilização de recursos hídricos nas Bacias Hidrográficas Brasil, conciliando os usos múltiplos da água dos diversos setores usuários.
1979	Política Nacional de Irrigação	Sua primeira versão objetivava o aproveitamento racional de recursos hídricos e do solo para o desenvolvimento da agricultura irrigada. Mais tarde foi revogada pela versão atual de 2013.
1981	Política Nacional do Meio Ambiente	Tem como objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental. Para os recursos hídricos, a PNMA possui inferências na proteção jurídica das águas.
1986	Resolução Conama 20/86	Dispõe sobre a classificação e enquadramento das águas. Dessa forma, pode-se assegurar a compatibilidade da qualidade da água e o uso a que for destinada.
1997	Política Nacional dos Recursos Hídricos	Sua finalidade é assegurar à atual e às futuras gerações água em qualidade e disponibilidade suficientes através do uso racional e integrado da prevenção e da defesa dos recursos hídricos.
2000	Agência Nacional das Águas (ANA)	Desempenha ações de regulação, apoio ao planejamento e gestão de recursos hídricos, de monitoramento de rios e reservatórios, além de desenvolver programas e projetos e oferecer um conjunto de informações com o objetivo de estimular a adequada gestão e uso racional e sustentável da água
2005	Resolução Conama 357/05	Altera a Resolução Conama 20/86 e dispõe sobre o enquadramento das classes de águas e estabelece padrões de qualidade da água de acordo com seus usos preponderantes.
2011	Resolução Conama 430/11	Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes e altera a Resolução Conama 357/05
2011	Portaria do Ministério da Saúde 2914/11	Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade

(Fonte: Compilado por Autora)

A Agência Nacional das Águas (ANA) é uma entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, criado pela Lei nº 9.984, de 7 de Julho de 2000. A ANA desempenha ações de regulação, apoio ao planejamento e gestão de recursos hídricos, de monitoramento de rios e reservatórios, além de desenvolver programas e projetos e oferecer um conjunto de informações com o objetivo de estimular a adequada gestão e uso racional e sustentável da água. Também oferece apoio à elaboração dos Planos de Recursos Hídricos, definindo prioridades para outorga, diretrizes e critérios para cobrança pelo uso da água. Esta Agência estimula a criação dos Comitês de Bacias Hidrográficas, compostos por representantes da sociedade civil, dos usuários da água e do Poder Público, que juntos, aprovam a aplicação adequada dos instrumentos de gestão na bacia, formando uma regulação eficiente e descentralizada. Também é função da ANA definir as condições de operação dos reservatórios para garantir os usos múltiplos dos recursos hídricos e avaliar a sustentabilidade de obras hídricas com participação federal. Além disso, deve regular serviços de irrigação em regime de concessão e de adução de água bruta e fiscalizar a segurança de barragens. A ANA tem como missão implementar e coordenar a gestão compartilhada e integrada dos recursos hídricos e regular o acesso a água, promovendo seu uso sustentável em benefício das atuais e futuras gerações. Algumas estratégias centrais são definidas como: “Negócio - Uso sustentável da água”; “Visão - Ser reconhecida pela sociedade como referência na gestão dos recursos hídricos e na promoção do uso sustentável da água”; “Valores - Compromisso, transparência, excelência técnica, proatividade e espírito público”.

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), criado em 1996 pelo Governo Federal, contém em sua base de dados, informações e indicadores sobre a prestação de serviços de água, esgoto e resíduos sólidos urbanos nos municípios brasileiros e está vinculado à Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA) do Ministério das Cidades, tendo como principais objetivos:

- 1 – Planejamento e execução de políticas públicas de saneamento;
- 2 – Orientação da aplicação de recursos;
- 3 – Conhecimento e avaliação do setor de saneamento;
- 4 – Avaliação de desempenho dos prestadores de serviços;
- 5 – Melhoria da gestão, elevando os níveis de eficiência e eficácia;
- 6 – Orientação de atividades regulatórias; e
- 7 – Busca por melhores práticas e guia de referência para medição de desempenho.

Além disso, o SNIS publica anualmente o diagnóstico da prestação de serviço de saneamento básico brasileiro, disponível para a consulta de qualquer usuário.

### **3.2 Infraestrutura de um sistema de abastecimento público de água**

Um sistema de abastecimento público de água é a solução coletiva mais econômica e definitiva para atender a demanda de água de uma comunidade, cuja densidade demográfica da área pode aumentar. A seguir serão descritos os principais constituintes de um sistema de abastecimento público, apresentados no esquema da Figura 2.

Manancial: é a fonte de captação de água para abastecimento e em sua seleção devem ser consideradas a qualidade e a quantidade de água, bem como, a viabilidade econômica.

Captação: é o conjunto de equipamentos e instalações para retirar a água do manancial e lançá-la no sistema de abastecimento.

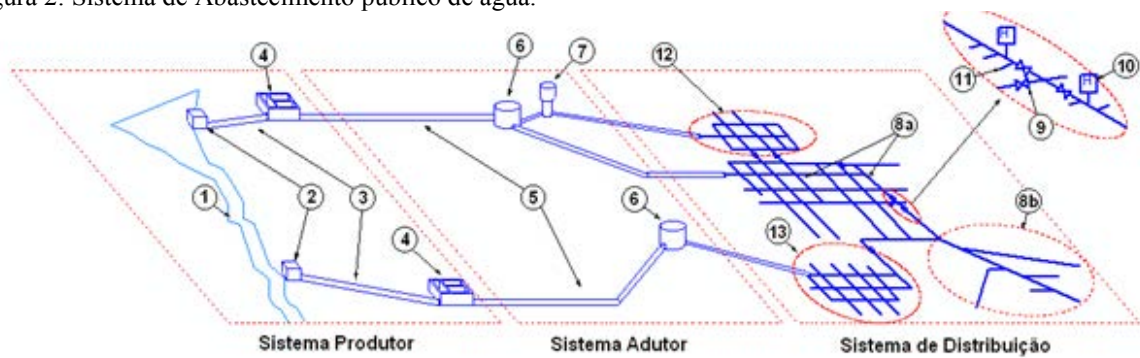
Adução: é uma tubulação normalmente sem derivações, que liga a captação ao tratamento ou o tratamento à rede de distribuição. Segundo o seu funcionamento, pode ser realizada por gravidade, quando aproveita o desnível entre o ponto inicial e final da adutora ou por recalque, quando utiliza um meio elevatório qualquer.

Tratamento da água: pode existir ou não, de acordo com a qualidade da água obtida no manancial.

Reservatório: a reservação é empregada para o acúmulo da água, visando atender a variação do consumo; manter uma pressão mínima ou constante na rede e atender demandas de emergências, como casos de incêndios, ruptura de rede, entre outras.

A demanda de água por uma comunidade está ligada a diversos fatores como clima, hábitos de higiene, qualidade da água, cobrança (água medida ou não). Para uma mesma população, o consumo varia de acordo com as horas do dia, sendo denominada de variação horária. Também pode variar com a época do ano, que corresponde à variação diária. O reservatório de distribuição permite atender a essas variações.

Figura 2: Sistema de Abastecimento público de água.



Fonte: Misiunas (2005) apud Sarzedas (2009)

1.Manancial, 2.Captação, 3.Adutora de água bruta, 4.Estação de Tratamento de Água (ETA), 5.Adutora, 6.Reservatório superficial, 7.Reservatório elevado, 8.Rede de distribuição: (a)em anéis, (b)ramificada, 9.Registro, 10.Hidrante, 11.Zona alta, 13.Zona baixa.

Rede de distribuição: a rede de distribuição transfere a água do reservatório ou da adutora para os pontos de consumo.

Ramal domiciliar: a ligação feita das tubulações assentadas nas ruas para os domicílios é denominada de ramal domiciliar.

Reservação: os reservatórios construídos para um sistema de abastecimento público de água podem ser divididos em duas classes principais: 1) reservatório de acumulação e 2) reservatório de distribuição. Os reservatórios de acumulação são construídos em um curso d'água, quando se deseja aproveitá-lo como fonte de abastecimento, sendo sua vazão média superior à vazão média demandada pela comunidade. No entanto, se este curso d'água apresentar vazões mínimas, diárias ou mensais, insuficientes para atender as necessidades de consumo, o excedente de água nos tempos de vazões máximas é acumulado em reservatórios, denominados de reservatório de acumulação. Se a vazão mínima do curso d'água for maior que a vazão máxima de consumo que a comunidade utiliza, não será necessária a construção do reservatório de acumulação ou barragens, que podem ser construídos com terra, alvenaria, concreto ciclópico, concreto armado ou concreto rolado. Para que haja uma retirada relativamente uniforme de água dos reservatórios de acumulação, apesar das necessidades de consumo variarem, é necessário a construção dos reservatórios de distribuição.

Proteção do reservatório de acumulação e da bacia: a fim de preservar a qualidade da água em reservatório de acumulação, é necessário fazer sua limpeza antes do mesmo começar a receber a água após a construção. Em caso de um grande reservatório de acumulação, também usado como local de recreação devem ser respeitadas as leis que disciplinam sua utilização

com esta finalidade, definidas a partir das condições locais, para assegurar a qualidade da água, estabelecendo-se áreas para desenvolvimento de pesca, natação e outras atividades a uma distância segura do local de captação. Se existirem casas isoladas na bacia, estas deverão ser providas de instalações sanitárias adequadas para o destino adequado dos resíduos.

Reservatório de distribuição: são reservatórios construídos para um sistema de abastecimento d'água com as seguintes finalidades: uniformização do fornecimento de água, uma vez que o reservatório minimiza ou torna imperceptível as diferenças de volume d'água, requeridos durante os períodos de maior consumo; uniformização da adução para o sistema; atendimento de emergência, no caso de uma interrupção na adução de água, o volume acumulado no reservatório abastece a cidade, até que a dificuldade seja sanada; economia na rede de distribuição de um sistema de abastecimento de água, pela construção de reservatórios em cotas mais baixas e maior auxílio no combate à incêndios.

Os reservatórios de distribuição podem ser classificados de acordo com sua localização em relação à rede de distribuição em: 1) reservatório de montante, quando está localizado entre a captação e a rede de distribuição; 2) reservatório de jusante, quando está localizado após a rede de distribuição e, neste caso, recebe água de consumo mínimo e ajuda a abastecer a cidade durante as horas de consumo máximo; 3) reservatório de quebra de pressão, em terreno com desníveis acentuados.

Também podem ser classificados em relação ao nível do terreno: 1)Enterrados; 2)semi-enterrados; 3)apoiados; 4)elevados. As razões que determinam a escolha de um destes tipos são normalmente, pressões, vazões e volumes a armazenar e as econômicas.

Em relação ao material de construção: 1)Concreto armado - geralmente os elevados; 2)Alvenaria, geralmente construído enterrado; 3)Aço - pouco uso no Brasil (mais nas indústrias); 4)Madeira - apenas usados para os apoiados e elevados.

Tubulações em um reservatório de distribuição: 1) de entrada; 2) de saída; 3) de descarga; 4) extravasor - geralmente descarregando no dreno.

Cortinas: em um reservatório enterrado ou semi-enterrado, de grande dimensões, devem ser instaladas cortinas, a fim de evitar pontos mortos onde a água não sofra movimentação.

Declividade no fundo dos reservatórios de distribuição: os fundos dos reservatórios de distribuição devem ter declividade para o ponto de descarga, facilitando assim bastante a sua limpeza.

Desinfecção: o reservatório, antes de ser posto a funcionar, deve ser desinfetado com uma solução de 50mg/l de cloro útil, com um tempo de detenção mínima de 24 horas.

Proteção do reservatório: nos reservatórios de distribuição não deve ser permitida a entradas de pessoas estranhas nas suas cercanias, tanto para evitar uma poluição ou contaminação no caso semi-enterrados, enterrados e apoiados, como também para se evitar acidentes no caso dos elevados. As tampas de acesso ao interior dos reservatórios, devem ser mantidas em boas condições sanitárias e de vedação, devendo ser periodicamente limpas. As escadas de acessos devem ser mantidas em boas condições de segurança e as paredes sempre protegidas por uma boa pintura.

Órgãos Acessórios: os órgãos acessórios de um reservatório de distribuição são: 1) Tubo de ventilação - destinado a circulação do ar; 2) Indicador de nível - para acompanhar variações de consumo; 3) Registros - a fim de regular a entrada e saída de água.

Macromedição: em um sistema de abastecimento de água, é imprescindível o controle de perdas durante a distribuição, neste caso, a macromedição, que é o conjunto de equipamentos e atividades voltadas para o levantamento das grandezas hidráulicas do sistema, é a ferramenta para uma operação adequada e eficiente e aplicada ao cálculo de indicadores de desempenho. Sem a macromedição, a operação do sistema torna-se apenas estimada e sem controle. Para a correta operação, os macromedidores devem ser instalados corretamente, obedecendo as recomendações dos fabricantes e a manutenção deve ser efetuada por equipes capazes de executar procedimentos de calibração em campo e medições temporárias com equipamentos portáteis. A melhor forma de medir as perdas no sistema é a comparação entre o volume de água macromedido com o volume micromedido (THORNTON, 2007).

Setorização e Micromedição: devido à grande extensão das redes de distribuição de água, é necessária a implantação de setorização, visando o melhor gerenciamento do sistema. A setorização possibilita uma análise mais detalhada do sistema de distribuição, identificando com maior eficiência os pontos mais problemáticos em relação às perdas de água. A micromedição dos consumidores finais em um setor viabiliza a compatibilização entre a macro e a micromedição, facilitando o gerenciamento dos índices de perdas nas áreas avaliadas. A setorização, bem como, a divisão em subsetores ou zonas de pressão, possibilita o melhor controle das pressões e ocorrências das redes de distribuição (THORNTON, 2007).

Distrito de Medição e Controle (DMC): para o controle de perdas, é necessário um amplo conhecimento da área estudada. Quanto mais medições houver no sistema, mais fácil se torna o gerenciamento, melhores os resultados e mais eficazes serão as ações de combate às perdas. Isso significa que, na medida do possível, devem-se criar Distritos de Medição e Controle (DMCs). Também conhecidos como Distritos Pitométricos, os DMCs, segundo Motta (2010), são áreas de medição e controle perfeitamente delimitadas e permanentemente isoladas. Para que um setor de abastecimento seja fragmentado em DMCs, as condições da rede de distribuição devem oferecer a possibilidade de fragmentação sem prejuízo ao abastecimento. O objetivo é dividir a rede de distribuição em zonas definidas de modo que as vazões possam ser monitoradas nas entradas de cada área, permitindo a identificação da ocorrência de vazamentos e arrebentamentos nas redes. De acordo com Tsutiya (2006), a área de medição e controle exige: tamanho médio entre 1000 e 5000 ligações; área estanque, não se admitindo fluxos entre DMCs vizinhos e existência de pontos para a medição de vazão e pressão na entrada.

Válvula Redutora de Pressão (VRP): são dispositivos mecânicos instalados em determinados pontos da rede de distribuição com o objetivo de gerar uma perda localizada para uniformizar e controlar a pressão. A instalação de uma VRP requer a delimitação de um setor isolado por meio de registros limítrofes, configurando um DMC. Segundo Motta (2010), quando há projetos de novos setores de abastecimento, pode-se determinar, através de programas de modelagem matemática, as áreas com potencial para implantação de áreas controladas por VRPs e simular a operação da válvula, para avaliar a viabilidade da sua implantação. Como as áreas com potencial para implantação de subsetores controlados por VRPs estão dentro de setores de abastecimentos já existentes, a instalação das válvulas são dificultadas em função das variáveis existentes. Assim sendo, faz-se necessário o uso de vários testes de campo para a possível configuração do subsetor para a avaliação da viabilidade da instalação. Em primeira análise, deve-se verificar a pressão dinâmica no ponto mais crítico de abastecimento, que é o ponto de menor pressão dentro da área, localizados nas cotas mais altas, mais distantes da entrada ou onde os dois fatores estão combinados. Pressões nesses pontos acima de 30 metros de coluna de água (mca) indicam potencial para o controle de pressão (Yashimoto *et al.*, 1999 apud Motta, 2010).

Cálculo do índice de perdas (IP): para quantificar as perdas de um sistema de abastecimento, em primeira análise, pode-se aplicar a equação 1, que define o índice de perdas (IP):

$$IP (\%) = (Volume\ macromedido - Volume\ micromedido) / Volume\ macromedido \quad (1)$$

O IP é uma análise superficial das perdas de água do sistema. Ainda deve-se analisar o sistema qualitativamente e em relação às perdas aparentes, como número de fraudes e ligações clandestinas encontradas. Entretanto, o IP serve como um ponto de partida para um estudo sobre as perdas do setor. De acordo com Santos (2008), o IP superior a 40%, indica que o sistema de distribuição apresenta gerenciamento ruim, IP entre 25 e 40% corresponde a níveis médios e IP inferior a 25% é obtido em sistemas de distribuição de água com bom gerenciamento.

### **3.3 Perdas reais de água**

De acordo com Tsutiya (2006), a perda real ou física da água corresponde ao volume de água tratada que não chega ao consumidor final (residências). Essa perda ocorre devido aos vazamentos das adutoras, das redes/ramais de distribuição, dos reservatórios e extravasamentos em reservatórios setoriais.

Sobre as perdas reais de água, duas questões precisam ser consideradas. A primeira está relacionada à conservação dos recursos hídricos, pois quanto menos se perde no sistema, menor é a necessidade de explorar ou ampliar as captações de água e, portanto, menor será o impacto ambiental. É importante destacar que, embora o volume de água das perdas reais recarregue os aquíferos, os investimentos em seu tratamento serão perdidos. Para atender a crescente demanda por água tratada é necessária a execução de obras de custos elevados, com fortes impactos ambientais, como barragens, represas e até a transposição de água de outras bacias, entre outras obras de engenharia. Desta forma, quando as perdas reais de água são controladas, é possível diminuir os impactos ambientais, em especial, sobre os recursos hídricos.

A segunda questão relacionada às perdas reais de água, diz respeito à saúde pública. Neste aspecto, existem vazamentos na rede de distribuição de água, onde qualquer despressurização do sistema, por exemplo, devido à intermitência no abastecimento para manutenção, pode levar à contaminação da água pela entrada de agentes patogênicos na tubulação.



As causas dos vazamentos podem ser internas e externas. Nas bombas, as causas dos vazamentos são internas e ocorrem devido ao desgaste das gaxetas<sup>1</sup>; ajustes inadequados nos registros, válvulas e juntas; ou devido às pressões elevadas. Nos reservatórios, as perdas também ocorrem devido às causas internas, em consequência da baixa qualidade dos materiais, de falhas de execução da obra e envelhecimento dos materiais.

Nas tubulações, as causas podem ser internas e externas. As internas ocorrem devido à baixa qualidade dos materiais, à corrosão, ao envelhecimento, ao projeto inadequado, encaixes inadequados, golpe de aríete, pressão alta e baixa qualidade da água, que pode causar corrosão interna. As causas externas são devidas à carga de tráfego e agressividade do solo, que podem causar corrosão externa, poluição do solo, movimentos de terra ocasionados por obras, deslizamentos e movimentos sísmicos (AGUIAR, 2007). Sarzedas (2009) descreve os fatores mais relevantes que causam as falhas e vazamentos nas tubulações apresentados na Tabela 2.

Makar e Kleiner (2000) apud Sarzedas (2009) inferem que os custos associados a uma falha na tubulação podem ser divididos em três categorias principais: diretos, indiretos e sociais. Os custos diretos são devidos ao reparo em si, ao volume de água que vazou durante a falha, custo do dano nos arredores e responsabilidades (danos, acidentes, etc). Os custos indiretos incluem a interrupção do abastecimento (perda de negócios durante a falha), taxa de deterioração da infraestrutura e queda na capacidade de combate a incêndios. Os custos sociais englobam o custo da degradação da qualidade da água devido à entrada de contaminantes causada pela despressurização, diminuição da confiança pública, custos pela interrupção do trânsito e atividades comerciais e prejuízo no abastecimento de água para clientes especiais (hospitais e escolas, por exemplo).

De acordo com Chiara e Arnesen (2015), para controlar as perdas reais de água algumas técnicas podem ser aplicadas:

- Renovação de ativos: substituição de redes e ramais de forma criteriosa, por implicar em altos investimentos, priorizando os trechos de maior incidência de vazamentos e com maior idade;
- Gestão da pressão: por meio da definição das intervenções necessárias nos sistemas de abastecimento, visando manter a continuidade do abastecimento (pressão dinâmica de 10 mca) e a diminuição das perdas pela redução da pressão média do sistema, considerando que a vazão dos vazamentos está relacionada com essa pressão média. A definição das intervenções necessárias, como a criação de novos setores, implantação de Válvulas Redutoras de Pressão

<sup>1</sup>Gaxetas: Elemento de vedação em um sistema, usado por exemplo em válvulas e bombas.

(VRP) e a substituição de trechos com alta perda pode ser feita por modelagem hidráulica dos setores estudados. A melhoria da gestão operacional dos setores pode ocorrer com a criação de Distritos de Medição e Controle (DMC), possibilitando o monitoramento online da vazão mínima noturna da área e a análise diária da necessidade de realização de ações de combate às perdas, por meio de pesquisa ativa de vazamentos e execução dos seus reparos.

Tabela 2 – Principais fatores causadores de falhas em tubulações.

<b>Fator</b>	<b>Descrição</b>
Idade e período de instalação	A idade da tubulação é a causa predominante de falhas na tubulação, mas deve ser analisado em conjunto com o método de instalação que foi utilizado, pois nem sempre uma rede mais antiga é mais propícia à falha. As técnicas de instalação e acoplamento da época correspondente são determinantes para essa análise
Corrosão	Em tubulações de ferro e outros metais, a corrosão é uma das principais causas de falhas. A corrosão interna depende de características da água, como pH, alcalinidade, bactérias e oxigênio. Já a corrosão externa depende do ambiente (características do solo e aeração)
Diâmetro	Quanto menor o diâmetro da tubulação, maior o risco de ocorrência de falhas. Isso ocorre devido a uma menor resistência e espessura da parede, diferentes padrões de fabricação e menor confiabilidade das juntas para pequenos diâmetros.
Comprimento	Uma tubulação mais comprida possui um maior risco de falhas, mas isso varia ao longo do comprimento conforme as condições externas a que é submetida, como condições do solo e tráfego.
Material	A maioria das redes de distribuição é feito de ferro fundido e existem numerosos registros de falhas desse tipo, pois é um material mais antigo e a época em que foi assentado é crucial para definir o risco de falhas. Já o PVC e PEAD são relativamente recentes.
Variação de temperatura	Para a maioria das redes de distribuição, a ocorrência de falhas é maior no inverno, devido à contração térmica do material, mas também ocorrem falhas no verão, pelo ressecamento e redução de solo argiloso.
Condições do solo	Em tubulações de ferro fundido há um maior risco de falha devido à corrosão externa, causada pelas condições do solo. Já as tubulações de PVC são menos resistentes em solos argilosos devido à contração-expansão mais elevada.
Falhas anteriores	A taxa de quebra em tubulações aumenta a cada ocorrência de falha. Pode ocorrer devido a fatores como: onda de pressão de água do reabastecimento, movimentos de terra causados por escavação e movimentação de veículos pesados durante o reparo.
Defeitos de fabricação	Os defeitos de fabricação, como pequenos poros na parede da tubulação e variação em sua espessura influenciam diretamente na ocorrência de falhas, pois as propriedades mecânicas da tubulação são alteradas.
Pressão da água	Oscilações de pressão dinâmica no sistema de distribuição, como quando fecham e abrem válvulas para reparos na rede, podem ocasionar falhas na tubulação. Já a pressão estática da água pode levar a um estresse da tubulação que pode ocasionar uma quebra na parede onde já houver pontos de corrosão.
Uso do solo	O uso do solo (Área de tráfego, residencial, comercial ou industrial) corresponde às cargas externas nas tubulações. Portanto, um tráfego pesado significa um maior risco de falhas.

Fonte: SARZEDAS (2009)

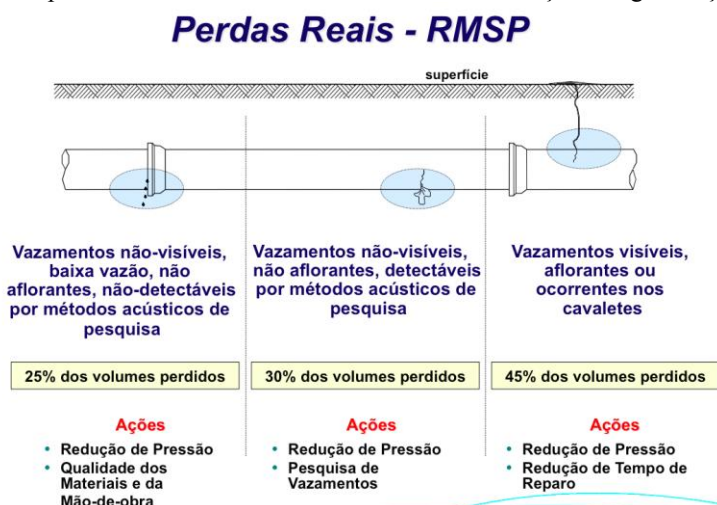
Quanto à pesquisa ativa dos vazamentos e ações a serem tomadas, para cada tipo de vazamento é necessária uma medida de mitigação, como pode ser observado na Figura 3 e descrito a seguir.

- Vazamentos visíveis: Afloram à superfície, comunicados pela população e detectados pela SAEG. Correspondem a 45% dos volumes perdidos e devem, portanto, serem consertados imediatamente. O tempo de execução do conserto é um fato importante, pois a demora para chegar ao local, pode aumentar o desperdício de água tratada. Quando o registro da rua é fechado, não se deve demorar também, pois pode ocorrer um extravasamento do reservatório, dimensionado para abastecer o setor o dia todo. Outra ação a ser tomada é a diminuição (gerenciamento) da pressão da água, que pode estar vazando com maior intensidade em um horário em que não há necessidade de tanta pressão (de madrugada, por exemplo).

- Vazamentos não visíveis: Não afloram à superfície, são localizados por equipamentos de detecção acústica. Correspondem a 30% do volume perdido e pode ser neutralizado através de pesquisas de vazamento utilizando instrumentos adequados. Também pode ser atenuado com um adequado gerenciamento da pressão da água. Trata-se de um vazamento mais perigoso que exigem uma gestão especial, pois devido a não aflorarem à superfície, se não houver uma monitoria desses vazamentos pode correr uma perda de água em um longo período.

- Vazamentos inerentes: Não visíveis e não detectáveis, geralmente uma vazão menor que  $250 \text{ L h}^{-1}$  (LAMBERT, 2002). Por não haver um método viável de detecção de tais vazamentos, deve-se tomar medidas de prevenção, como é o caso da utilização de materiais de boa qualidade e execução correta de sua construção, pela contratação de mão de obra qualificada.

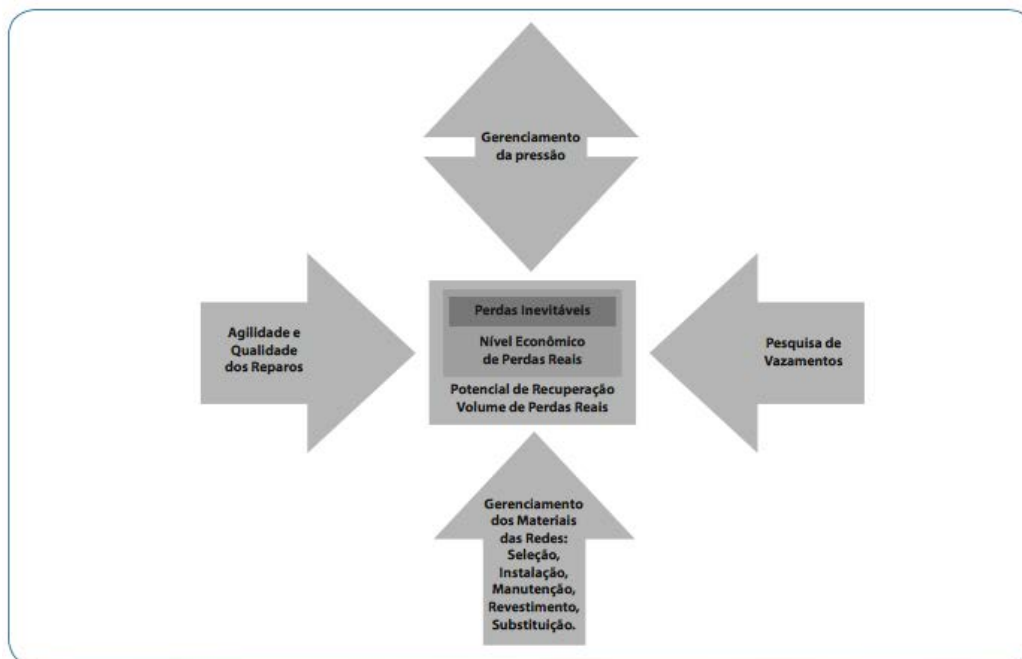
Figura 3 - Principais tipos de vazamentos em um sistema de distribuição de água e ações para controle.



Fonte: FUNASA (2014).

Uma forma clássica de esquematizar o combate às perdas reais de água é a Cruz de Lambert, criada pela International Water Association (IWA) e adaptada pela FUNASA (2014), conforme Figura 4.

Figura 4 – Esquema do combate às perdas reais de água pela Cruz de Lambert.



Fonte: FUNASA (2014)

De acordo com a figura 3, o nível de perdas pode ser reduzido por meio de ações como gerenciamento de pressão, pesquisa de vazamentos, agilidade e qualidade nos reparos, até atingir um controle razoável. A área compreendida entre os dois quadrados de “Potencial de Recuperação do Volume de Perdas Reais” e “Perdas inevitáveis” representa o volume de perdas potencialmente recuperável. O “nível econômico de perdas reais” encontra-se, portanto, em algum ponto entre os dois quadrados (AGUIAR, 2007).

O componente relativo ao “gerenciamento de pressão” representa a compatibilização das pressões em valores mais adequados a cada caso, de forma a otimizar a operação do sistema de distribuição, sem aumentar o número de vazamentos e a potência de suas vazões. De acordo com Aguiar (2007), uma forma de aplicar o gerenciamento é por meio da setorização ou instalação de Válvulas Redutoras de Pressão (VRPs).

O componente referente à “pesquisa de vazamentos” representa a realização de campanhas para a detecção de vazamentos não visíveis e pode ser feito por meio de aparelhos de detecção de ruídos.

O componente referente à “agilidade e qualidade dos reparos” representa o encurtamento do tempo entre conhecimento/localização do vazamento e o efetivo conserto do

vazamento, visível ou não-visível. Enquanto o componente “gerenciamento dos materiais das redes” refere-se à atividade de proteção da rede contra a corrosão, troca de redes e ramais ou reabilitação dessas tubulações e também à melhoria estrutural dos reservatórios.

### **3.4 Perdas aparentes de água**

Sob a perspectiva de uma empresa de saneamento responsável pelo abastecimento de água de um município, se o produto (água tratada) for entregue e, por alguma ineficiência, não for faturado, tem-se um volume de produto, no qual foram incorporados todos os custos de produção industrial e transporte, mas que não está sendo contabilizado como receita da companhia, ou seja, corresponde a um prejuízo (SANTOS, 2008).

A perda comercial de água ou perda aparente corresponde ao volume de água consumido, que não foi devidamente contabilizado, havendo uma cobrança inadequada da empresa ao consumidor. Essa perda pode ser devida, por exemplo, a erros de medição no hidrômetro, a fraudes, à ligação clandestina ou mesmo falha de cadastro.

Para o controle das perdas aparentes de água tratada, algumas medidas são necessárias como:

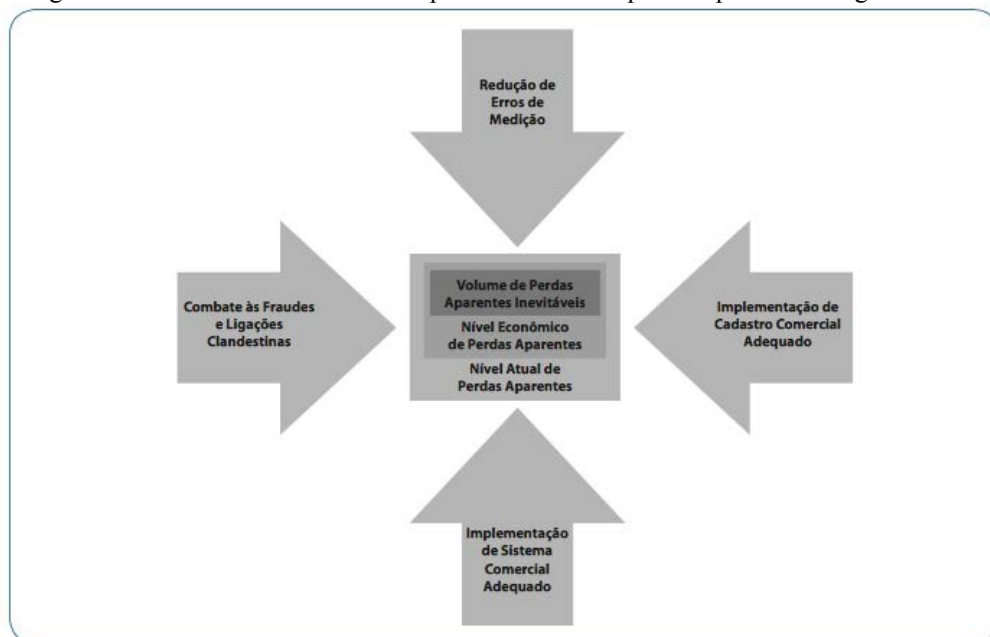
- Manutenção de hidrômetros: o parque de hidrômetros deve ser objeto de uma manutenção preventiva ativa, com avaliação criteriosa dos hidrômetros a serem substituídos. Uma das principais funções da substituição dos medidores é reduzir a submedição, registrando o consumo corretamente. Além disso, são evitados os vazamentos nos micromedidores, o que pode ocorrer devido aos defeitos nos aparelhos.
- Atualização do cadastro comercial: para evitar a aplicação das regras tarifárias de forma inadequada, pois implica em perdas de faturamento, por exemplo, devido ao cadastro errôneo da categoria de consumo ou número de economias (SANEAS, 2015).
- Inspecção em ligações com indícios de irregularidade: identificados por meio da análise do comportamento do histórico de consumo medido e posterior regularização das ligações e, onde a irregularidade for constatada, com a instalação de “unidade de medição de água padronizada” (UMA), de forma a dificultar futuras ocorrências (SANEAS, 2015).

Para o combate às perdas aparentes da água tratada, também pode ser utilizada a “Cruz de Lambert”, apresentada na Figura 5.

De acordo com Aguiar (2007), o componente relativo à “redução de erros de medição” representa ações de especificação correta e a instalação adequada dos medidores e hidrômetros, a troca corretiva e preventiva dos hidrômetros e a calibração periódica dos

medidores. O componente “combate às fraudes e ligações clandestinas” envolve ações de inspeção de ligações suspeitas de haver interferência na contabilização do consumo de água e as medidas de coibição desta prática. Uma maneira relativamente simples de se evitar ligações clandestinas é a instalação dos hidrômetros na frente da casa, de modo visível para facilitar a leitura e a fiscalização. Para o caso de fraudes, as UMAs são boas opções de controle. O componente “implementação de cadastro comercial adequado” refere-se à constante atualização no cadastro das ligações e apuração dos consumos dos clientes e ao aperfeiçoamento contínuo do sistema de gestão comercial da companhia.

Figura 5 – Cruz de Lambert utilizada para o combate às perdas aparentes de água tratada.



Fonte: FUNASA (2014)

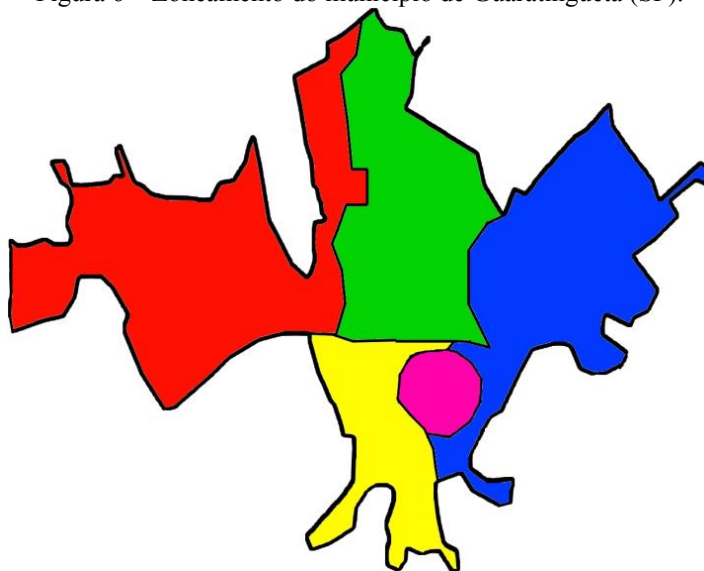
## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Localização e caracterização da área de estudo

O município de Guaratinguetá localiza-se no estado de São Paulo, na região do Vale do Paraíba, entre as cidades do Rio de Janeiro e São Paulo e possui importância turística, industrial e comercial. Com base em dados do IBGE (2015), estima-se que no ano 2015 o município de Guaratinguetá, com uma área urbana aproximada de 13,5 km<sup>2</sup>, atingiu 115 mil habitantes.

O município de Guaratinguetá é dividido em cinco regiões, como pode ser observado na Figura 6: Norte (verde), Leste (azul), Oeste (vermelho), Sul (amarelo) e Centro (rosa).

Figura 6 – Zoneamento do município de Guaratinguetá (SP).



Fonte: Prefeitura Municipal de Guaratinguetá.

- Zona Norte: Parque das Alamedas, Mirante, Portal das Colinas, Parque do Sol, Beira Rio I e II, Jardim do Vale I e II, Jardim Esperança, Nova Guará, Vila Paraíba, Jardim Pérola, entre outros menores.
- Zona Sul: São Benedito, Campinho, Santa Rita, Vila Santa Rita, Campo do Galvão, Pedreira, Chácara Selles, Jardim Tamandaré, Vila Santa Maria, Residencial Augusto Filippo, Jardim David Fernandes Coelho, entre outros menores.
- Zona Oeste: Pedregulho, Parque das Árvores, Jardim Rony, Vila Mollica, Vila Indiana, Parque São Francisco, Jardim Independência, Vila Comendador, Matadouro, Parque Santa Clara, Vila Municipal I e II, Vila dos Funcionários, entre outros menores.

- Zona Leste: Vila Rosa, Vila Guará, Vila Santa Mnica, Vila Angelina, Chácaras Paturi, Clube dos 500, Jardim Primavera, Nova República, entre outros menores.
- Centro: centro histórico e centro expandido.

#### **4.2. Companhia de Serviço de gua, Esgoto e Resíduos de Guaratinguetá (SAEG)**

A Companhia de Serviço de gua, Esgoto e Resíduos de Guaratinguetá (SAEG)  responsável pelo abastecimento de água, esgotamento sanitário e manejo de resíduos do município e possui uma economia mista, com sede e foro em Guaratinguetá (SP), na Rua Xavantes, 1880, Jardim Aeroporto e tem como objetivos:

- I – Estudo, projeto e execuo, direta ou indireta, de obras e serviços relativos ao sistema de abastecimento de água, esgotamento sanitário e manejo de resíduos sólidos;
- II – Operao, manuteno, conservao e explorao, direta ou indireta, dos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário e manejo de resíduos sólidos;
- III – Lançamento, fiscalizao e cobrança de tarifas, taxas e outros preços resultantes da prestao dos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário e manejo de resíduos;
- IV – Exercício de quaisquer outras atividades relacionadas com os sistemas públicos de abastecimento de água, esgotamento sanitário e manejo de resíduos sólidos. (SAEG,2015)

A companhia apresenta os seguintes indicadores de atendimento da populao urbana de Guaratinguetá: 100% de abastecimento de água, com 597 km de rede; 91,7% de coleta e afastamento de esgoto, com 459 km de rede e 19% de tratamento de esgoto; 100% de coleta de resíduos sólidos urbanos (RSU), sendo 96% destes resíduos destinados a aterro sanitário e 50% da populao são atendidos por coleta seletiva. (SAEG,2015)

A Estão de Tratamento de gua (ETA)  abastecida pelos ribeirões Guaratinguetá e Lemes, sendo responsável pelo abastecimento de 87,17% da populao. As etapas de tratamento são: coagulao, filtrao e desinfeco com gás cloro e fluoretao. (SAEG,2015)

Sua capacidade de produo  de  $409 \text{ L s}^{-1}$  o equivalente a  $1.472,40 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ ; com regime de operao de  $21 \text{ h dia}^{-1}$ ; produzindo em média  $30.920,40 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$ . A limpeza da ETA  executada a cada 2 meses (SAEG, 2015).

Segundo Tsutiya (2006), o sucesso das aoes contínuas para a reduo de perdas nas companhias de saneamento, resulta em:

- Melhor performance econmica da companhia, revertendo tal benefício em tarifas mais baixas aos clientes;
- Postergao de novos investimentos na ampliao dos sistemas de produo, aduo e reservao de gua.



### 4.3 Sistema de abastecimento de água de Guaratinguetá (SP)

#### *Captação*

O município de Guaratinguetá é, predominantemente, abastecido pelo ribeirão Guaratinguetá e, além deste, tem-se também a captação no ribeirão Lemes, ambos apresentados na Figura 7. Estas duas captações se somam na ETA principal do sistema. Além do abastecimento por estes cursos d'água superficiais, há também 6 poços artesianos nos bairros: João Daniel, Comerciários, Santa Clara, Engenho d'Água, Vila Ofélia e Montes Verdes. O município conta com duas ETAs compactas nos bairros, Rocinha e Pedrinhas.

Figura 7 - Ribeirão Guaratinguetá, à direita e Ribeirão Lemes, à esquerda.



Fonte: Autora

#### *Reservatórios*

O sistema de abastecimento do município de Guaratinguetá conta com 29 reservatórios atualmente, descritos a seguir, com seus respectivos bairros abastecidos:

CR 01/10 – Reservatório Geral Caixa Velha (Setor 10): Centro, Chácara Selles, Jardim Padroeira, Vila Santa Maria, Alto São João, Campo do Galvão, Mercado Municipal, Vila Alves, Ilha dos Ingás, Residencial Augusto Fillipo, Jardim Tamandaré, Figueira, Pedreira, Antonio Paula Santo, Jardim Nova Era, Morro Frio e Olaria José Benedito.

CR 01/20 – Reservatório Geral Caixa Velha (Setor 20): Campinho, Vil Broca, Santa Rita, Vila Antunes, Vila São José, São Benedito, Vila Angelina e Jardim Modelo.

CR 01/30 – Reservatório Geral Caixa Velha (Setor 30): Jardim Bela Vista, São Dimas, Jardim Esplanada, Adhemar de Barros, Pedregulho, Jardim Pérola, Vila Galvão, Cecap, Jardim Coelho Neto, Jardim Independencia e Village Santana.

CR 01/40 – Reservatório Geral Caixa Velha (Setor 40): Vila Paraíba, Nova Guará, Alberto Byngton, Afonso José C. Neto e Morro Frio.

CR 03/20 – Reservatório Geral Caixa Nova (Setor 20): Chácara Santa Maria, Jardim Primavera, Chácara Vitor, Vila Paulista, Vila Brasil, Engenheiro Neiva e Vila Regina.

CR 03/40 – Reservatório Geral Caixa Nova (Setor 40): Chácara Agrícolas, Jardim do Vale I e II, Beira Rio I e II, Portal das Colinas, Jardim Esperança, Cohab Bandeirantes, Parque do Sol, Parque das Alamedas, Nova Guará, Mirante do Vale e Afonso José C. Neto.

CR 03B/30 – Reservatório Geral Caixa Nova (Setor 30): Jardim Panorama I e II, São Dimas, Village Santana, Village Mantiqueira e Residencial Hípica.

CR 04B/10 – Reservatório Sucupira: Sucupira e Jardim Tamandaré.

CR 05B/10 – Reservatório Alto São João: Alto São João e David F. Coelho.

CR 05C/10 – Reservatório Alto São João: Alto São João e David F. Coelho.

CR 06B/20 – Reservatório do Clube dos 500: Clube dos 500

CR 06C/20 – Reservatório do Clube dos 500: Residencial Shangri-la, Vila Bela, Internacional, Chácara Paturi, Jardim Vista Alegre, Vila Rosa, Granja Paturi, Polo Industrial e Rodovia (Dutra).

CR 07/30 – Reservatório Elevado ETA Xavantes: Vila Eliana Maria, Pedregulho, Parque das Árvores, Jardim Ícaro, Residencial Nino, Jardim Aeroporto, Vila Mollica, Jardim Rony, Comendador R. Alves, Dr Walter Arantes, Vila Coronel Bento Ribeiro, Residencial Costa e Silva, Vila Indiana, Cooperi, Chácara Santana, Colonia do Piagui, São Manoel e Loteamento Cappio.

CR 08B/30 – Reservatório Parque São Francisco: Dr Andre Broca Filho, Parque São Francisco e Santa Clara.

CR 09B/30 – Reservatório do poço artesiano Parque Santa Clara: Santa Clara.

CR 10A/30 – Reservatório Jardim Santa Luzia: Santa Luzia.

CR 10B/30 – Reservatório Jardim Santa Luzia: Santa Luzia.

CR 11A/30 – Reservatório Montes Verdes: Bom Retiro e Montes Verdes.

CR 12/30 – Reservatório Parque das Garças: Bom Jardim e Parque das Garças.

CR 13B/30 – Reservatório Los Angeles: Bosque dos Ipês, Los Angeles, Mato Seco, Pingo de Ouro e São Sebastião.

CR14A/30 – Reservatório do poço artesiano Comercíarios: Vila dos Comercíarios I e II.

CR 15A/30 – Reservatório Vila Municipal: Vila Municipal I e II.

CR 16A/20 – Reservatório do poço artesiano Vila Ofélia: Vila Ofélia.

CR 17A/20 – Reservatório Jardim Modelo: Jardim Modelo.

CR 23/30 – Reservatório Pedrinha: Pedrinha e Taquaral.

CR 24/10 – Reservatório Rocinha: Rocinha

CR 25E – Reservatório do poço artesiano João Daniel: João Daniel

CR 33A/10 – Reservatório do poço artesiano Engenho d'Água: Engenho d'Água.

CR 00/30 – Reservatório Lemes: Santa Edwirges, Capituba, Pilões e Lemes.

### *Macromedidores*

O sistema de distribuição de água do município de Guaratinguetá conta com 12 macromedidores, sendo eles localizados no Engenho d'Água, Rocinha, Vila Ofélia, Santa Clara, Santa Luzia, São Manoel, João Daniel, Resedas, 2 medidores no Pedregulho e mais 2 nas Pedrinhas.

#### **4.4 Metodologia para a análise das perdas de água**

O diagnóstico qualitativo foi realizado junto ao setor de Combate a Perdas de Água da SAEG, por meio de levantamentos de campo no bairro Santa Luzia, nos dias 14 e 15 de agosto de 2015, com o objetivo de obter informações sobre o sistema de distribuição de água e a detecção de pontos de vazamento. Para a detecção de vazamentos foi utilizada a haste de escuta mecânica, em cada residência deste bairro.

Os funcionários responsáveis por este trabalho de campo devem ser qualificados e treinados para conseguir identificar quando o som corresponde a um provável vazamento. Quando há suspeita de vazamento é utilizado o geofone, que também se baseia na acústica, mas apresenta maior sensibilidade e facilidade de locomoção e o vazamento pode ser localizado e consertado.

Houve também uma busca de informações sobre a idade e o tipo de material utilizado nas tubulações do sistema de abastecimento de água de todo o município, como forma de identificar o tempo de uso e a necessidade de substituição.

Para o diagnóstico das perdas de água foi comparado o volume de água que sai de um reservatório com a somatória do volume que chega às residências. O volume de água disponibilizado é medido por meio de um macromedidor disposto na saída do reservatório. Alguns macromedidores possuem sistemas automatizados que registram nos dias determinados qual foi o volume disponibilizado. No caso da SAEG, a leitura é feita por funcionários da Equipe de Combate às Perdas, que anotam o valor no mesmo dia em que as leituras dos hidrômetros das residências são feitas. O volume que chega às residências, gerado pela micromedição, é obtido pelo Setor Comercial da SAEG, por meio do somatório dos valores obtidos dos hidrômetros dos usuários. Para uma primeira análise, é aplicada a equação do Índice de Perdas.

Para a comparação do custo para a exploração e tratamento de água de Guaratinguetá, o cálculo baseia-se em Indicadores Econômicos definidos pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), conforme descrito a seguir.

$$IN026 = \frac{FN015}{AG011 + ES007} \quad (2)$$

Em que:

IN026: Despesa de exploração por m<sup>3</sup> faturado;

FN015: Despesas de exploração (DEX);

AG011: Volume de água faturado;

ES007: Volume de esgoto faturado.

O fator FN015 (Despesa de exploração) é composto pelos seguintes itens:

FN010 - Despesa com pessoal próprio

FN011 – Despesa com produtos químicos

FN013 – Despesa com energia elétrica

FN014 – Despesa com serviço de terceiro

FN020 – Água importada

FN021 – Despesas fiscais ou tributárias computadas na DEX

FN027 – Outras despesas de exploração

FN039 – Esgoto exportado

Com o valor obtido de IN026, é possível avaliar os custos mensais aproximados da empresa, mesmo com apenas o valor total Micromedido (VMicro), considerando que a média nacional de perdas no sistema de distribuição é de 39% (IBNET, 2011).

Para isso, estima-se primeiramente o Volume Macromedido ( $V_{Macro}$ ) e, em seguida, o Volume de Perdas ( $V_p$ ), da seguinte forma:

$$V_{Micro} = V_{Macro} - 0,39 V_{Macro} = 0,61 V_{Macro} \quad (3)$$

Manipulando a Equação 3 para que  $V_{Macro}$  fique em função de  $V_{Micro}$ , tem-se:

$$V_{Macro} = V_{Micro}/0,61$$

E, portanto, com os valores Macro e Micromedidos, pode-se calcular o Volume de Perdas  $V_p$ :

$$V_p = V_{Macro} - V_{Micro} \quad (4)$$

Em seguida, multiplica-se o  $V_p$  pelo índice que indica o custo de exploração e tratamento, IN026.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Classificação do sistema de abastecimento de água de Guaratinguetá

De acordo com dados obtidos da FUNASA (2014), o município de Guaratinguetá enquadra-se na Classe 03 de sistema de abastecimento de água, pois possui uma população urbana entre 100 e 500 mil habitantes.

Dessa forma, a recomendação do Sistema de Macromedição Quantitativo Mínimo para a Classe 03, conforme a FUNASA(2014), e considerando as características do sistema de Guaratinguetá, é a seguinte:

Macromedidor de Vazão para o Sistema de Produção: o sistema principal estudado enquadra-se neste caso em “várias linhas adutoras de água bruta que se encontram em uma caixa de reunião ou em uma linha de adução”, e as medidas das fontes de produção/captação devem ser realizadas na saída desta caixa. Nos sistemas onde há poços artesianos, deve-se prever pontos para a medição de vazão de forma permanente na saída das captações de água subterrânea para acompanhar sua operação e o estado do aquífero.

Para Guaratinguetá, portanto, recomenda-se instalar um Macromedidor na saída da caixa de reunião. Como são 6 poços artesianos, deve-se medir em cada uma das 6 captações de água.

Macromedidor de Vazão para o Sistema de Distribuição: Recomenda-se medir prioritariamente as entradas de todos os reservatórios de distribuição, sempre ou quando suas áreas de influência estiverem estanques (isoladas de entrada de água).

Para o caso estudado, são 29 reservatórios a serem Macromedidos.

Macromedidor de Pressão para o Sistema de Produção e Distribuição: Recomenda-se a localização dos pontos de medição não permanentes na tubulação de sucção e na de descarga e instalação do medidor o mais próximo possível das flanges. Além disso, recomenda-se localizar em cada zona de pressão pontos de medição não permanentes de pressão nos trechos mais desfavoráveis da rede (ponto de pressão estática máxima e de dinâmica mínima). Se houverem VRPs, recomenda-se instalar na entrada e na saída das mesmas.

Não há atualmente um estudo sobre a localização e necessidade de instalação dos macromedidores nos pontos citados.

No total são 36 Macromedidores recomendados, além do estudo dos pontos desfavoráveis da rede.

## 5.2 Custos do tratamento de água na ETA de Guaratinguetá

O custo para o tratamento de água na ETA de Guaratinguetá envolve itens como a despesa de exploração, que inclui desde a energia elétrica do sistema de abastecimento, até a despesa com funcionários.

Sobre o estudo de caso da SAEG no ano de 2013 e utilizando dados retirados das planilhas de Informações e Indicadores do SNIS, o cálculo do indicador “Despesa de Exploração por m<sup>3</sup> faturado” (IN026), pode ser calculado pela Equação 2:

$$IN026 = \frac{FN015}{AG011 + ES007}$$

O fator FN015 é composto pelos seguintes valores em reais na empresa SAEG no ano de 2013:

- FN010 - Despesa com pessoal próprio: R\$ 6.092.911,93
- FN011 – Despesa com produtos químicos: R\$ 763.371,85
- FN013 – Despesa com energia elétrica: R\$ 2.065.421,46
- FN014 – Despesa com serviço de terceiro: R\$ 11.011.876,41
- FN020 – Água importada: R\$ 0,00
- FN021 – Despesas fiscais ou tributárias computadas na DEX: R\$ 799.288,37
- FN027 – Outras despesas de exploração: R\$ 0,00
- FN039 – Esgoto exportado: R\$ 0,00

Realizando a somatória dessas despesas, o resultado é: R\$ 20.732.870,02

$$FN015 = 20.732.870,02$$

Ainda sobre o ano de 2013, a SAEG teve:

$$AG011 = 8.523.090,00 \text{ e}$$

$$ES007 = 8.069.700,00$$

Portanto, o valor de IN026 pode ser calculado:

$$IN026 = \frac{20.732.870,02}{8.523.000,09 + 8.069.000,70}$$

$$IN026 = R\$ 1,2495 \text{ m}^{-3}$$

O cálculo mostra que o custo para a exploração da água é de R\$ 1,25 m<sup>-3</sup>, resultado que pode ser também consultado na Tabela do SNIS.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 3, verificou-se que o custo para a exploração de água no município de Guaratinguetá de R\$ 1,25 m<sup>-3</sup> se manteve abaixo da média de custos de outros municípios do Vale do Paraíba que é de R\$ 1,52 m<sup>-3</sup>, cujo número de habitantes e consumo per capita de água são semelhantes, por volta de 170 L hab<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup>. Também foi possível observar que a SABESP apresentou o maior valor de indicador de despesa de exploração, enquanto o menor valor foi alcançado pela SAAE, de Jacareí.

Tabela 3 – Comparativo da despesa de exploração por m<sup>3</sup> de água de municípios do Vale do Paraíba (SP).

Município	Empresa responsável	nº habitantes (mil hab.)	Consumo per capita (L hab <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )	Despesa de exploração (R\$ m <sup>-3</sup> )
Guaratinguetá	SAEG	115	169,70	1,25
Caçapava	SABESP	91	173,86	1,91
Jacareí	SAAE	187	198,47	1,15
Lorena	SABESP	87	155,73	1,46
Pindamonhangaba	SABESP	103	156,14	1,84

Fonte: SNIS (2013)

### 5.3 Diagnóstico do setor de combate às perdas

O setor de Combate às Perdas de Água da SAEG ainda está no início de suas atividades. A aparelhagem necessária é relativamente simples e já foi adquirida, entretanto, a equipe não a utiliza para os devidos fins.

As características das tubulações, como extensão, idade, material e diâmetro, não foram fornecidas para o presente estudo.

A pesquisa de campo realizada no bairro Santa Luzia, nos dias 14 e 15 de agosto de 2015 e a análise dos dados de Macro e Micromedição disponibilizados, possibilitou diagnosticar parte da situação do sistema de distribuição de água do setor Santa Luzia.

O primeiro problema encontrado foi no macromedidor mostrado na Figura 8, pois analisando os volumes de água dos meses de abril, maio, junho e julho do ano de 2015, verificou-se que os valores registrados foram quatro vezes inferior à somatória dos micromedidores, ou seja, é como se entrasse um volume de água, mas fosse consumido cerca de 4 vezes mais, como pode ser observado na Tabela 4. Portanto, o macromedidor apresenta defeito, que pode ser devido ao mau dimensionamento ou devido ao tempo de uso.



Tabela 4 - Macro e micromedição de água no Bairro Santa Luzia, Guaratinguetá (SP).

Mês	Macro (m <sup>3</sup> )	Consumo (m <sup>3</sup> )
Abril	4579	15211
Maio	3790	15487
Junho	3622	15121
Julho	3813	15343

Fonte: SAEG (2015).

Figura 8 - Macromedidor do bairro Santa Luzia, Guaratinguetá (SP).



Fonte: Autora

Sobre os valores de consumo, para uma visualização numérica das perdas de água em Guaratinguetá,

- Estimando-se a perda de 39% (média brasileira) para o bairro, aplica-se as equações 3 e 4, conforme o exemplo para o mês de Abril:

$$V_{\text{Macro}} = V_{\text{Micro}}/0,61$$

$$V_{\text{Macro}} = 15.211 / 0,61 = 24.936,07 \text{ m}^3$$

$$V_p = V_{\text{Macro}} - V_{\text{Micro}}$$

$$V_p = 24.936,07 - 15.211 = 9.725,07 \text{ m}^3$$

Aplicando o mesmo procedimento para os outros meses, tem-se a Tabela 5:

Tabela 5 - Volumes Perdidos estimados de Abril a Julho

Mês	V <sub>Micro</sub> (m <sup>3</sup> )	V <sub>p</sub> (m <sup>3</sup> )
Abril	15211	9725,07
Maio	15487	9901,52
Junho	15121	9667,52
Julho	15343	9809,46

Fonte: Autora

Obtemos, então, o Valor Perdido médio de  $9.775,89 \text{ m}^3 \text{ mes}^{-1}$  de água.

- Aplicando o indicador de despesa de exploração IN026 = R\$  $1,25 \text{ m}^{-3}$ , tem-se:

$$9.775,89 \times 1,25 = \text{R\$ } 12.219,86$$

Isso significa que somente no bairro Santa Luzia, o prejuízo devido à perda de água foi estimado em R\$ 12.219,86 por mês.

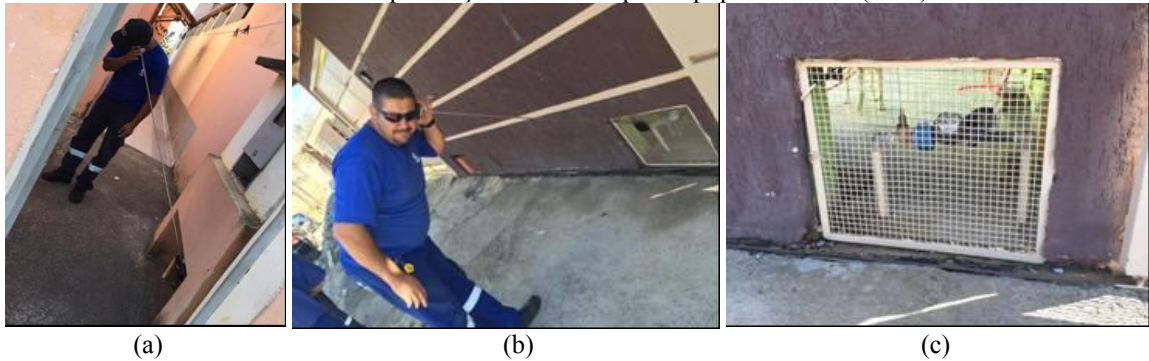
- Estendendo-se ainda essa estimativa para um ano, tem-se:  $12.219,86 \times 12 = \text{R\$ } 146.638,32$  por ano.

Não foi possível calcular o valor real das perdas de água no sistema de distribuição devido à falta de dados, ocasionado pelo defeito apresentado pelo macromedidor do setor Santa Luzia.

Santos (2008) propôs a readequação do sistema de distribuição de água do setor Interlagos, no município de São Paulo, sob a responsabilidade da SABESP. Para isso, este autor caracterizou o consumo residencial, comercial e industrial e a infraestrutura da rede, considerando o diâmetro, o material, a extensão e a idade das tubulações. Com essa base de dados foi calculado o volume total macromedido em um ano, que corresponde ao ponto de partida para um estudo de controle de perdas de água no sistema de distribuição. Com a metodologia proposta para o combate às perdas d'água, que inclui instalação, adequação (substituição) e monitoramento de VRPs, reativação de ligações inativas, troca de hidrômetros e mapeamento e conserto de vazamentos; esse autor estimou uma redução de 9% da perda de água em 105 dias de operação.

No presente estudo, durante o levantamento sobre as perdas de água em algumas ruas do bairro Santa Luzia, foi verificado que na grande maioria das residências, os hidrômetros foram dispostos do lado interno e com muro fechado, dificultando a leitura dos dados, além disso, muitos moradores estavam ausentes ou não abriram o portão para a equipe de controle de perdas de água da SAEG, como mostra a Figura 9. Portanto, a visualização do medidor e, consequentemente, o levantamento dos pontos de vazamento, só pode ser realizado quando havia alguém em casa, o que impossibilitou a execução do trabalho de forma eficaz. Na figura 8 também pode ser observada a localização adequada de um hidrômetro no bairro Santa Luzia.

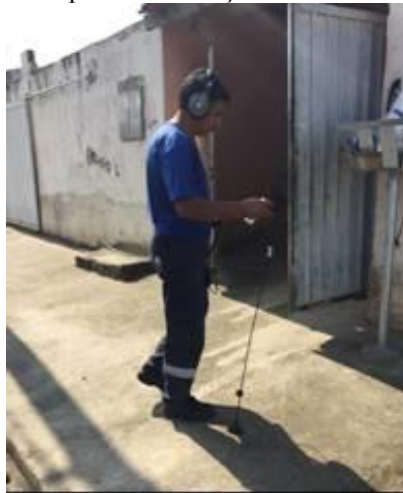
Figura 9 - Hidrômetro localizado no interior da residência, dificultando a leitura e a identificação de vazamentos pela equipe da SAEG (a) Hidrômetro com instalação adequada, facilitando a leitura, a identificação de vazamentos e a prevenção de fraudes pela equipe da SAEG (b e c).



Fonte: Autora

A haste de escuta mecânica foi utilizada em cada residência do bairro Santa Luzia e quando houve suspeita de vazamento, foi empregado o geofone, conforme a Figura 10, para identificação do mesmo e posterior conserto.

Figura 10 - Geofone utilizado para a localização de vazamento para posterior conserto.



Fonte: Autora

Não foi possível realizar o diagnóstico quantitativo das perdas de água no sistema de distribuição devido a vários fatores. Entre estes, vale destacar que o tempo de análise foi muito pequeno, pois a coleta de dados dos macromedidores por fontes confiáveis que estão de posse da SAEG foram iniciados em março de 2015. Além disso, os maiores bairros de Guaratinguetá, que possuem macromedidor, de tubulações mais antigas e mais propícias a vazamentos são os bairros Pedregulho e Santa Luzia, e em ambos os macromedidores estão com defeitos. Por outro lado, outros bairros, com o sistema fechado, como a Vila Ofélia, que é abastecida por poço artesiano, não possui grandes extensões, apresenta baixo índice de

fraudes e de tubulação relativamente nova, ou seja, o dimensionamento foi feito com mais cuidado e não possui potencial de perda de água significativo.

#### **5.4 Proposição de medidas de combate às perdas**

Como primeira medida de controle de combate às perdas de água, deve-se prioritariamente medir os volumes de água do sistema, pois apenas dessa forma é possível constatar um problema. Para um município como Guaratinguetá, com sistema de abastecimento de água classe 3 recomenda-se:

- Instalação de macromedidor na saída da caixa de reunião das linhas adutoras de água bruta na ETA;
- Instalação de macromedidor na entrada de todos os reservatórios de distribuição;
- Mudança dos hidrômetros residenciais para a parte frontal da casa, com proteção e lacre para evitar ligações clandestinas e fraudes;
- Monitoramento dos macromedidores instalados e conserto ou substituição dos que foram constatados defeituosos, como os dos bairros Santa Luzia e Pedregulho;
- Realizar pesquisas de vazamento nas ruas onde forem verificadas perdas significativas de água, procurando sempre uma eficiência nos consertos no quesito agilidade e qualidade do reparo.
- Realizar estudos de viabilidade para estabelecer novos Distritos de Medição e Controle;
- Aumentar a setorização do sistema e possibilitar a instalação de Válvulas de Redução de Pressão;
- Substituir hidrômetros e mapear os vazamentos, como foi realizado no trabalho de Santos (2008).

A substituição de tubulações mal dimensionadas, com material inadequado ou com idade acima da recomendada, pode ser realizada seguindo a metodologia proposta por Sarzedas (2009), aplicada à Região Metropolitana de São Paulo, que abordou itens importantes como:

- Taxa de fraturas em tubulações do período de 1996 a 2007;
- Variação mensal dos vazamentos reparados de 2002 a 2007, onde o autor constatou que nos meses de inverno foram verificados mais vazamentos;

- Vazamentos reparados por faixa de diâmetro, demonstrando que quanto menor o diâmetro, maior a ocorrência de vazamentos;
- Taxa de quebra por década de implantação;
- Taxa de quebra por material inadequado usado na tubulação, onde o cimento amianto é o que apresenta maior taxa de quebra, apesar de pouco utilizado (2,7% na região avaliada);
- Taxa de quebra por via pública, onde a maior taxa ocorre em vias arteriais (de tráfego pesado a muito pesado) e;
- Taxa de quebra por faixa de pressão da água.

Este autor utilizou um modelo para previsão de falhas, baseado em um histórico de vazamentos, um modelo de previsão do tempo ótimo de substituição, cujo cálculo considera o custo mínimo, que resulta da soma do custo de manutenção e de implantação, e um planejamento de longo prazo. Para isso, foi utilizado o cadastro da rede de distribuição com dados demonstrados na forma de gráficos e a análise da confiabilidade hidráulica que, por meio de programas computacionais, possibilita a identificação de falhas no sistema que podem prejudicar o abastecimento.

## 6 CONCLUSÕES

O potencial de perdas no sistema de distribuição de água do município de Guaratinguetá (SP) é elevado, pois devido à ausência de monitoramento dos macromedidores já instalados e à falta de alguns que deveriam existir, há uma baixa eficiência na detecção de vazamentos não-visíveis. Tais problemas são detectados apenas quando os usuários reclamam de falta de água na residência. Além disso, o fato de não existir um Sistema de Informações organizado, com as características das tubulações da rede (como idade, material, diâmetro), contribuem para o potencial de perdas, pois não há previsão de substituição de tubulações, o que pode acarretar maiores problemas na rede.

O controle de perda de água do sistema de abastecimento público no município de Guaratinguetá é precário, sendo necessária a adoção de medidas para ser melhorado. O setor de combate a perdas de água da SAEG possui funcionários capacitados por cursos certificados de controle e combate às perdas e equipamentos de pesquisa de vazamentos adequados. O que falta é a manutenção dos equipamentos, como macromedidores que possibilitem o cálculo da diferença entre os volumes macromedidos e os micromedidos, necessário para constatar a ocorrência de problemas.

O valor estimado de perdas por bairro em um ano foi de R\$ 146.638,32. Tal valor poderia ser convertido em investimentos para melhorias no próprio sistema.

Observa-se que a perda de água no sistema de distribuição municipal é um assunto relativamente novo e não possui obrigatoriedade e fiscalização por parte do governo, mesmo que este tenha projetos de modernização do sistema, cabendo à própria empresa decidir se é importante ou não o investimento no combate às perdas de água.

As medidas mitigadoras para que o sistema de abastecimento de água do município de Guaratinguetá tenha um controle eficaz das perdas de água são: a instalação de mais macromedidores, atendendo o que é recomendado: 36 Macromedidores, substituição de hidrômetros defeituosos e padronização (alocação na frente da residência e colocação de lacres para impedir fraudes), pesquisa de vazamento nos setores que apresentarem grandes perdas, estudos de viabilidade de setorização (DMCs) e posterior instalação de VRPs, adequação das tubulações, por meio de um planejamento para a substituição, e conscientização da empresa, que deverá manter uma base de dados confiável, elaborada por funcionários capacitados para o monitoramento das perdas de água do sistema.

## REFERÊNCIAS

AGENCIA NACIONAL DAS AGUAS – ANA.

<<http://www2.ana.gov.br/Paginas/acessoainformacao/institucional.aspx>> Acesso em 18/09/2015

AGUIAR, M. *et al*, **Conceitos gerais, balanço hídrico e gerenciamento do controle de perdas**. 2007. 31 p. Apostila de Capacitação em Macromedição, Automação e Técnicas de Controle e Redução de Perdas Reais, Brasília, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL - ABES. **Perdas em sistemas de abastecimento de água: diagnóstico, potencial de ganhos com sua redução e propostas de medidas para o efetivo combate**. Relatório técnico. São Paulo, 2013. 45 p.

BORSOI, Z. M. F. *et. al*, A política de recursos hídricos do Brasil.

<[http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes\\_pt/Institucional/Publicacoes/Consulta\\_Expressa/Setor/Meio\\_Ambiente/199712\\_13.html](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Publicacoes/Consulta_Expressa/Setor/Meio_Ambiente/199712_13.html)> Acesso em 17/09/2015

CHIARA, C. T., O Programa Corporativo de Redução de Perdas da Sabesp: Situação Atual e Desafios. Revista SANEAS, São Paulo, 2015. 50 p.

COMPANHIA DE SERVIÇO DE AGUA, ESGOTO E RESIDUOS DE GUARATINGUETA – SAEG. < <http://www.saeg.net.br/saeg>> Acesso em 16/07/2015

FERREIRA, G. L. B. V. *et al*, **Fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos**. 2006. 11 p. Bauru, 2006

FIGUEIRA, R. B., **A bacia hidrográfica como unidade de análise e gestão do território: o caso da Bacia do Rio Mato Grosso, Saquarema/RJ**. 2013. 19 p. Rio de Janeiro, 2013.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE – FUNASA. **Redução de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água**. Brasília, 2014. 176 p.

HAUBERT M. A região Sudeste vive a pior crise hídrica em 84 anos, afirma ministra

<<http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2015/01/1579680-regiao-sudeste-vive-a-pior-crise-hidrica-em-84-anos-afirma-ministra.shtml>> Acesso em 29/05/2015

HENKES, S. L. Histórico Legal e Institucional dos Recursos Hídricos no Brasil, Revista Jus Navigandi, Teresina, 2003. <<http://jus.com.br/artigos/4146>> Acesso em: 13/11/2015

IBNET. Country Profile Brazil <[http://database.ib-net.org/country\\_profile?ctry=119&years=2014,2013,2012,2011,2010&type=report&ent=country&mult=true&table=true&chart=false&chartType=column&lang=en&exch=1](http://database.ib-net.org/country_profile?ctry=119&years=2014,2013,2012,2011,2010&type=report&ent=country&mult=true&table=true&chart=false&chartType=column&lang=en&exch=1)> Acesso em 02/06/2015

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA – IBGE.  
<<http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?codmun=351840>> Acesso em 16/07/2015

MOTTA, R. G., **Importância da setorização adequada para combate as perdas reais de água de abastecimento público.** 2010, 176 p. Dissertação para Mestrado (Engenharia Hidráulica) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

POLÍTICA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – PNMA  
<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm)> Acesso em 09/11/2015

POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS – PNRH  
<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm)> Acesso em 09/11/2015

SANEAS. São Paulo: AESabesp, 2015. Anual.

SANTOS, R. B. **Perdas de água no sistema para abastecimento publico.** 2008. 68p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2008.

SARZEDAS, G. L., **Planejamento para a substituição de tubulações em sistemas de abastecimento de água. Aplicação na rede de distribuição de água da Região Metropolitana de São Paulo.** 2009. 114 p. Dissertação para Mestrado (Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS.  
**Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos.** Brasília, 2014. 181 p.

THORNTON, J. *et al*, **Estruturação do Programa de Controle e Redução de Perdas.** Brasília, 2014. 176 p.



TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. 2006. 643 p. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006

VIEGAS F., J. S. **A Gestão de Recursos Hídricos e o papel das Microbacias nesse contexto**. 2013. 14 p. Passo Fundo, 2013