

N. CLASS. M 628.1  
CUTTER P281P  
ANO/EDIÇÃO 2015

**UNIS - CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS**  
**GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**  
**JOSIMAR CORNÉLIO DA PASCOA**

**PROPOSIÇÃO PARA REDUÇÃO DE PERDAS NO SISTEMA DE**  
**ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE BAEPENDI - MG**

**Varginha**  
**2015**

**JOSIMAR CORNÉLIO DA PÁScoa**

**PROPOSIÇÃO PARA REDUÇÃO DE PERDAS NO SISTEMA DE  
ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE BAEPENDI - MG**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário do Sul de Minas - UNIS, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil, sob orientação do Prof. Leopoldo Uberto Ribeiro Júnior.

**Varginha**

**2015**

**JOSIMAR CORNÉLIO DA PÁSCOA**

**PROPOSIÇÃO PARA REDUÇÃO DE PERDAS NO SISTEMA DE  
ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE BAEPENDI - MG**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário do Sul de Minas - UNIS, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

---

Professor Dr. Leopoldo Uberto Ribeiro Júnior

---

Professora Ms. Ivana Prado de Vasconcelos

---

Professora Ms. Ana Paula Salgado

OBS.:

## RESUMO

A redução de perdas pode postergar a exploração de novos mananciais, além de melhorar a eficiência dos sistemas de abastecimento. Na maioria das empresas de Saneamento tanto estaduais como municipais, os sistemas operam, normalmente com uma perda elevada que é incompatível com uma gestão racional e eficiente. Frequentemente os diagnósticos abordam problemas na gestão nas atividades de manutenção de rede como: baixa qualidade da manutenção da rede de distribuição, pressão excessiva na rede, redes de abastecimento apresentando má qualidade ou material inadequado para a pressão de trabalho, e a inexistência de controle de vazamentos. O desconhecimento das causas, da quantificação e suas componentes pelos sistemas de abastecimentos, torna-se um problema para traçar ações efetivas de combate e redução das perdas. No sistema de Baependi identificou-se que uma grande parcela das perdas são decorrentes de vazamentos causados por rompimentos constantes de redes que são antigas e encontram-se com sua vida útil já esgotadas. Para diminuir o índice de perdas uma das estratégias adotadas é a criação dos DMC's (Distritos de Controle de Perdas), que deverão ser implantados com o objetivo de atuar de maneira mais focada e eficiente potencializando os recursos financeiros, humanos e materiais, porque as perdas estão presentes ao longo de todo o sistema, desde a captação até a residência dos clientes. Outro fato relevante da atualidade é a escassez hídrica que na nossa região tem afetado o funcionamento dos sistemas de abastecimento, causando aumento de custos operacionais às empresas de saneamento. A redução do índice de perdas é fundamental para a sustentabilidade do sistema de Baependi porque reduz custos operacionais, posterga a necessidade de ampliação do sistema e assegura a sustentabilidade social e ambiental.

**Palavras chave:** Saneamento, tratamento de água, perdas de água.

## **ABSTRACT**

*The reduction of losses can postpone the exploration of new sources, and improve the efficiency of supply systems. Most of Sanitation companies both state and municipal systems operate normally with a high loss which is incompatible with a rational and efficient management. Often diagnoses address problems in managing the network maintenance activities such as: low quality of maintenance of the distribution network, excessive pressure on the network, supply networks presenting poor quality or inappropriate material to the pressure of work, and the lack of control leaks. The ignorance of the causes, quantification and their components by supply systems, it becomes a problem to design effective actions to combat and reduce losses. In Baependi system it was identified that a large portion of the losses are due to leaks caused by constant disruptions of networks that are old and are with your life already exhausted. To reduce the rate of loss of the adopted strategies is the establishment of DMC's (Loss Control Districts), to be deployed in order to act in a more focused and efficiently leveraging the financial, human and material, because losses they are present throughout the system, from capture to the residence of the customer. Another relevant fact of our time is the water scarcity that in our region has affected the operation of the supply systems, causing increased operating costs to sanitation companies. The reduction in the loss ratio is critical to the sustainability of Baependi system because it reduces operating costs, postponing the need for expansion of the system and ensure social and environmental sustainability.*

**Keywords:** *Sanitation, Water Treatment, water losses.*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Layout sistema de Abastecimento de Água.....	10
Figura 02 - Macromedidor Eletromagnético.....	16
Figura 03 - Hidrômetro 3 m <sup>3</sup> /h – ½” Polegadas.....	17
Figura 04 - Válvula redutora de pressão auto-operada.....	18
Figura 05 - Portal da cidade de Baependi.....	27
Figura 06 - Gráfico perdas percentuais.....	47
Figura 07 - Consumo médio das ligações.....	48
Figura 08 - Gráfico de perdas específicas.....	49
Figura 09 - Vazamento de rede não afluente.....	51
Figura 10 – Distribuição de DMC no sistema de Baependi.....	69

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01- Indicadores Operacionais da Copasa. ....	30
Tabela 02- Componentes do Balanço de Água (IWA).....	31
Tabela 03- Indicadores Percentual de Perdas / Influência do consumo per capita no valor das Perdas Reais expresso em termos percentuais para o ano de 2014.....	47
Tabela 04- Relação Perda específica e perdas percentuais no Sistema Baependi – Período analisado 12 meses.....	50
Tabela 05- Relação Perda específica e perdas percentuais no DPSL(Departamento Sul Leste) – Período analisado 12 meses.....	52
Tabela 06 - Balanço de Água Baependi – 01/2014 a 12/2014 (COPASA, 2015).....	54
Tabela 07 – Distribuição de rede no sistema de Baependi-MG. ....	63
Tabela 08 – Tabela demonstrativa de reservação – SAA.....	64
Tabela 09 – Análise estatística do Parque de Hidrômetros .....	65
Tabela 10 – Proposta de Ampliação do SAA.....	67
Tabela 11 – Custo de implantação DMC – Cenário 2.....	73
Tabela 12 – Potencial de economia na redução de perdas. ....	77
Tabela 13 – Investimento sem substituição de rede – Cenário 03. ....	78

## SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO .....	1
2 – OBJETIVOS .....	4
2.1 - Objetivos gerais .....	4
2.2 - Objetivos específicos .....	4
3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	5
3.1 – A importância da Água .....	5
3.2 – A água no Mundo.....	6
3.3 – A água no Brasil.....	6
3.4 - A importância da água no organismo do ser humano.....	7
3.4.1- Saneamento Básico .....	7
3.5 – Etapas no tratamento de água.....	10
3.6 – Reservação. ....	12
3.7 – Redes de distribuição .....	12
3.8 – Ligações domiciliares.....	12
3.9 – Perdas de Água.....	13
3.9.1 – Definições das perdas de água .....	13
3.9.2 – Perdas físicas de água (Perdas reais).....	14
3.9.3 – Perdas não físicas de água (Perdas aparentes).....	15
3.9.4 – Macromedição.....	16
3.9.5 – Micromedição .....	17
3.9.6 – Gerenciamento de pressões .....	18
3.9.7 – Gerenciamento da infraestrutura .....	19
3.9.8 – Perdas na captação e na adutora de água bruta .....	19
3.9.9 – Perdas em adutoras e subadutoras de água tratada.....	20
3.9.10 – Perdas em redes de distribuição .....	20
4 – CLASSIFICAÇÃO DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA .....	23
4.1 – Considerações Preliminares .....	23
4.2 – Enfoque Conceitual da Classificação de sistemas.....	23
4.3 – Conceituação do nível mínimo necessário e do nível desejável em sistemas de abastecimento de água.....	24
5 – MATERIAIS E MÉTODOS .....	26
5.1 – Baependi – MG .....	26



5.2 – Dados Operacionais de Baependi – MG .....	30
5.3 – Indicadores de Perdas: IWA, AGHTM, AESBE/ASSEMAE .....	30
5.4 – Controle e redução de perdas .....	32
5.4.1 – Macromedição .....	32
5.4.2 – Micromedição .....	33
5.4.3 – Cadastros .....	34
5.4.4 – Comercialização .....	34
5.5 – Determinação das perdas no sistema .....	35
5.6 – Apuração dos volumes produzidos e consumidos .....	35
5.7 – Setorização e implantação de distrito de medição .....	36
5.8 – Vazão noturna .....	36
5.9 – Controle de pressão .....	38
5.10 – Detecção e reparo de vazamentos .....	39
5.11 – Recuperação de redes de água .....	40
5.12 – Controle de perdas em sistemas intermitentes de abastecimento .....	41
5.13 – Balanço anual .....	41
5.14 – Quantificação de perdas físicas e não físicas .....	42
5.15 – Seleção das formas de controle de perdas .....	42
5.16 – Controle de perdas não físicas .....	43
5.17 – Controle de perdas físicas .....	43
5.18 – Avaliação econômica no controle de perdas .....	44
6 - RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	46
6.1 – Indicadores Percentual de Perdas .....	46
6.2 – Indicadores específico de Perdas .....	48
6.3 – Perdas de água no sistema de Baependi – MG .....	50
6.4 – Passos para calcular Água não faturada e Perdas conforme Balanço IWA no sistema de Baependi – MG .....	52
6.5 – Componentes do Balanço de Água e Cálculos Relativos .....	54
6.6 – Limites econômicos e limites técnicos do controle de perdas de água .....	57
7 – MELHORIAS SEREM IMPLANTADAS PARA DIMINUIR O ÍNDICE DE PERDAS DE ÁGUA. ....	58
7.1 – O sistema de Baependi. ....	58
7.1.1 - Sede: .....	58
7.1.2 – Captação: .....	59

7.1.3 - Adutora de Água Bruta – AAB:.....	59
7.1.4 - Estação de Tratamento de Água – ETA:.....	59
7.1.5 – Macromedição da produção: .....	61
7.1.6 - Adutora de Água Tratada – AAT:.....	62
7.1.7 - Rede de Distribuição de Água – RDA:.....	63
7.1.8 - Reservação do Sistema: .....	64
7.1.9 - Automação do Sistema de Bombeamento:.....	64
7.1.10 - Hidromedição:.....	65
7.2 – Problemas estruturais e estruturantes do Sistema de Abastecimento da Sede: .....	66
7.2.1 – A gestão de programas de redução de perdas.....	66
7.2.2 - Melhorias Propostas – Cenário 1.....	66
Fonte: O autor .....	67
7.3 – Implantações dos distritos de medição e controle de perdas – DMC.....	68
7.3.1 – Projetando e implantando DMC:.....	68
7.3.2 – Propostas de melhorias – Cenário 2.....	72
7.5 – Estimar consumos não autorizados e volumes não apropriados por falha de cadastro. ....	73
7.6 – Quantificação de balanços hídricos e indicadores de desempenho operacional. ....	74
7.7 - Método direto de quantificação de perdas reais em sistemas de abastecimento.....	74
7.8 – Limites econômicos e limites técnicos do controle de perdas.....	75
7.8.1 – Estimativa do potencial de ganho advindo de medidas de redução de perdas de água... 75	
7.8.2 – Benefícios envolvidos na redução de perdas físicas de água. ....	78
8 – CONCLUSÃO .....	80
9 - REFERÊNCIAS.....	82

## 1 – INTRODUÇÃO

A água é o recurso natural mais abundante do planeta. Ela está no dia a dia dos 7 bilhões de pessoas que habitam o planeta. Além de matar a sede, a água está nos alimentos, nas roupas, nos carros e é um recurso natural indispensável à vida, seja como componente bioquímico de seres vivos, ou como meio de vida de várias espécies vegetais e animais. Mas o recurso mais fundamental para a sobrevivência dos seres humanos enfrenta uma crise de abastecimento (Planeta Sustentável, 2015). Estima-se que cerca de 40% da população global viva hoje sob a situação de estresse hídrico. Essas pessoas habitam regiões onde a oferta anual é inferior a 1700 metros cúbicos de água por habitante, limite mínimo considerado seguro pela organização das nações Unidas (Antenadocomageografia, 2015 apud ONU/UNESCO, 2013).

No Brasil, o setor de saneamento tem se apresentado como um dos mais ineficientes através dos números apresentados principalmente com relação a perda de água tratada. Segundo o SNIS - 2013 (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento), a perda média brasileira pode chegar a 37% (perda percentual), e 290 litros/ligação/dia (Perda específica). O elevado indicador de perda no Brasil, traz prejuízos para as empresas que perdem junto com a água faturamento, e todo tipo de insumo investido no seu tratamento. Perde o meio ambiente que sofre cada vez mais com a pressão dos núcleos urbanos e da super exploração. O custo do serviço cresce cada vez mais porque cobra-se também a ineficiência para pagar o custo operacional.

O saneamento básico tem como seu principal objetivo zelar pela saúde do ser humano, visto que várias doenças podem se desenvolver em um ambiente onde o saneamento é precário. O saneamento engloba as seguintes atividades: Abastecimento de água, coleta, transporte e tratamento de esgotos domésticos e industriais; coleta, remoção e destinação final do lixo e drenagem de águas pluviais. Vale ressaltar que a cada R\$1,00 investido em saneamento, R\$ 4,00 são economizados na área de saúde, porque o saneamento básico representa medidas de prevenção (OMS/ONU, 2012/Funasa, 2014).

As condições de saneamento da população brasileira ainda são deficientes. Cerca de 98% (IBGE, 2011), da população brasileira possui acesso à água potável, mas cerca de 17% do total de domicílios não possui o fornecimento hídrico encanado, tendo

acesso ao recurso hídrico por meio de cisternas, rios e açudes. As condições de saneamento da população brasileira ainda são deficientes. Cerca de 3,7 milhões de residências no Brasil, onde moram mais de 16 milhões de pessoas não têm sanitários. Restam ainda 2,3 milhões de domicílios ou mais de 10 milhões de brasileiros sem abastecimento de água, sendo 6,9 milhões nas zonas rurais. (IBGE, 2011).

A crise hídrica de 2014/2015 no sudeste e centro-oeste brasileiro está mudando o comportamento das pessoas. A mistura de falta de planejamento, e eventos climáticos extremos, consumo excessivo e ineficiência de algumas empresas de saneamento ameaçam o fornecimento de água em cidades pelo Brasil. O episódio ensina lições a governos, empresas e usuários. Uma delas é que não podemos desperdiçar água em hipótese nenhuma, dentro desse contexto esse trabalho focalizará uma das patologias do saneamento: a perda de água. Também devemos aprender a tornar o consumo mais racional.

Nos grandes centros urbanos as empresas buscam água cada vez mais longe para suprir suas necessidades tanto de volume a ser tratado quanto de qualidade a fim de abastecer as populações cada vez maiores, fato que poderia ser adiado ou postergado se diminuísse as perdas e disponibilizasse esse volume recuperado para consumo das pessoas.

A existência da água também é essencial para o desenvolvimento de praticamente todas as atividades realizadas pelo homem sobre a terra, sejam elas urbanas, industriais ou agropecuárias. Além disso, a água é responsável pelo equilíbrio térmico da terra.

Embora 75% da superfície do planeta seja coberta por água, apenas aproximadamente 1% da água existente, constituída pelos rios e lagos, é que está a disposição da humanidade para atender as suas necessidades (Projeto Brasil da Águas, 2015).

O novo século traz a escassez e até mesmo a cobrança pelo uso deste recurso e o homem precisa discutir o futuro da água e da vida. A abundância do elemento líquido causa uma falsa sensação do recurso inesgotável, e como fonte de vida deve-se evitar qualquer tipo de desperdício e perdas referente ao seu uso, que se não combatidos, serão fatores de contribuição para sua maior escassez.

O setor de saneamento básico talvez nunca tenha ocupado tanto espaço na imprensa nacional quanto nestes últimos anos. Um dos itens bastante discutidos neste setor são as perdas ocorridas nos sistemas de abastecimento de água potável. Estes volumes de água não contabilizados trazem deficiências não somente para o seu sistema de origem como também para o sistema energético. A noção do uso racional da água tem que ser difundida para se alcançar a pretendida sustentabilidade.

O elevado índice de perdas de água define-se como um problema de engenharia passível de solução, visto que em alguns países, já foi superado e é mantido a níveis aceitáveis, demonstrando que, com trabalho e planejamento é possível conseguir avanços, e grandes resultados.

## 2 – OBJETIVOS

### 2.1 - Objetivos gerais

Propor uma metodologia para diminuir o nível de perdas de água, sejam elas do tipo físicas e não físicas (Perdas Econômicas) no sistema de Abastecimento de Baependi – MG.

### 2.2 - Objetivos específicos

- Avaliar as condições gerais do Sistema de Abastecimento de Água de Baependi identificando suas deficiências e oportunidades com o intuito de propor melhorias;
- Definir e classificar os tipos de perdas de água que ocorrem em sistemas de abastecimento apresentando suas causas, origens e magnitudes dentro de um subsistema;
- Fazer uma análise das perdas de água segundo alguns indicadores utilizados pelas empresas de saneamento básico e pelos órgãos internacionais;
- Relacionar as perdas de água com grandezas hidráulicas como pressão, vazão e perda de carga, com o objetivo de obter resultados que servem de parâmetro para o entendimento da importância do combate às perdas de água relacionada com o dimensionamento correto dos sistemas de abastecimento de água.

### 3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 – A importância da Água

A água é fonte da vida. Não importa quem somos o que fazemos e onde vivemos, nós dependemos dela para viver. No entanto, por maior que seja a importância da água, as pessoas continuam poluindo os rios e suas nascentes, esquecendo o quanto ela é essencial para nossas vidas (Projeto Brasil das Águas, 2015).

A água é provavelmente o único recurso natural que tem a ver com todos os aspectos da civilização humana, desde o desenvolvimento agrícola e industrial aos valores culturais e religiosos arraigados na sociedade. 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 (Projeto Brasil das Águas, 2015).

O planeta Terra, 70% é constituído de água, sendo que somente 3% são de água doce e, desse total, 98% é água subterrânea. Isto quer dizer que a maior parte da água disponível e própria para consumo é mínima perto da quantidade total de água existente na nossa Terra. Nas sociedades modernas, a busca do conforto implica necessariamente em um aumento considerável das necessidades diárias de água (Projeto Brasil das Águas, 2015).

Os recursos hídricos têm profunda importância no desenvolvimento de diversas atividades econômicas. Em relação à produção agrícola, a água pode representar até 90% da composição física das plantas. A falta d'água em períodos de crescimento dos vegetais pode destruir lavouras e até ecossistemas devidamente implantados. Na indústria, para se obter diversos produtos, as quantidades de água necessárias são muitas vezes superiores ao volume produzido (Projeto Brasil das Águas, 2015).

Observando os dados abaixo, percebemos que precisamos começar a utilizar a água de forma prudente e racional, evitando o desperdício e a poluição, pois:

- Um sexto da população mundial, mais de um bilhão de pessoas, não têm acesso a água potável;

- 40% dos habitantes do planeta (2.400 milhões) não têm acesso a serviços de saneamento básico;
- Cerca de 6 mil crianças morrem diariamente devido a doenças ligadas à água insalubre e a um saneamento e higiene deficientes (Projeto Brasil das Águas, 2015);
- Segundo a ONU, até 2025, se os atuais padrões de consumo se mantiverem, duas em cada três pessoas no mundo vão sofrer escassez moderada ou grave de água.

### 3.2 – A água no Mundo

A Terra possui 1,4 milhões de quilômetros cúbicos de água, mas apenas 2,5% desse total é doce. Os rios, lagos e reservatórios de onde a humanidade retira o que consome só correspondem a 0,26% desse percentual. Daí a necessidade de preservação dos recursos hídricos. Em todo mundo, 10% da utilização da água vai para o abastecimento público, 23% para a indústria e 67% para a agricultura (Projeto Brasil das Águas, 2015). A água doce utilizada pelo homem vem das represas, rios, lagos, açudes, reservas subterrâneas e em certos casos do mar (após um processo chamado dessalinização). A água para o consumo é armazenada em reservatórios de distribuição e depois enviada para grandes tanques e caixas d'água de casas e edifícios. Após o uso, a água segue pela rede de captação de esgotos. Antes de voltar à natureza, ela deve ser novamente tratada, para evitar a contaminação de rios e reservatórios.

### 3.3 – A água no Brasil

O Brasil é um país privilegiado no que diz respeito à quantidade de água. Tem a maior reserva de água doce da Terra, ou seja, 12% do total mundial. Sua distribuição, porém, não é uniforme em todo o território nacional. A Amazônia, por exemplo, é uma região que detém a maior bacia fluvial do mundo. O volume d'água do rio Amazonas é o maior do globo, sendo considerado um rio essencial para o planeta. Ao mesmo tempo, é também uma das regiões menos habitadas do Brasil (Projeto Brasil das Águas, 2015).



Em contrapartida, as maiores concentrações populacionais do país encontram-se nas capitais, distantes dos grandes rios brasileiros, como o Amazonas, o São Francisco e o Paraná. O maior problema de escassez ainda é no Nordeste, onde a falta d'água por longos períodos tem contribuído para o abandono das terras e para a migração aos centros urbanos como São Paulo e Rio de Janeiro, agravando ainda mais o problema da escassez de água nestas cidades.

Além disso, os rios e lagos brasileiros vêm sendo comprometidos pela queda de qualidade da água disponível para captação e tratamento. Na região amazônica e no Pantanal, por exemplo, rios como o Madeira, o Cuiabá e o Paraguai já apresentam contaminação pelo mercúrio, metal utilizado no garimpo clandestino, e pelo uso de agrotóxicos nos campos de lavoura. Nas grandes cidades, esse comprometimento da qualidade é causado por despejos de esgotos domésticos e industriais, além do uso dos rios como convenientes transportadores de lixo (Projeto Brasil das Águas, 2015).

### **3.4 - A importância da água no organismo do ser humano**

A água assume uma função de extrema importância no organismo, assentando todo o metabolismo humano em reações desenvolvidas em soluções aquosas. A água transporta nutrientes (glicose, lipídios, hidratos de carbono, vitaminas e sais minerais), ajudando a repor os níveis diminuídos de glicogênio muscular e hepático (fígado). A água representa ainda um papel de transporte e eliminação pela urina dos produtos tóxicos resultantes do metabolismo energético (ex.: ácido láctico). A admissão de água no organismo faz-se naturalmente pela ingestão direta e, indiretamente, através dos vários alimentos e de outros líquidos da dieta alimentar (Cartilha Sobre a Água – CVRD, 2015).

#### **3.4.1- Saneamento Básico**

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), saneamento é o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre o bem estar físico, mental e social. De outra forma, pode-se dizer que

saneamento caracteriza o conjunto de ações socioeconômicas que têm por objetivo alcançar Salubridade Ambiental (Carvalho e Silva *et al*, 2007).

O saneamento básico se restringe:

- Abastecimento de água às populações, com a qualidade compatível com a proteção de sua saúde e em quantidade suficiente para a garantia de condições básicas de conforto;
- Coleta, tratamento e disposição ambientalmente adequada e sanitariamente segura de águas residuárias (esgotos sanitários, resíduos líquidos industriais e agrícola);
- Acondicionamento, coleta, transporte e/ou destino final dos resíduos sólidos (incluindo os rejeitos provenientes das atividades doméstica, comercial e de serviços, industrial e pública); e
- Coleta de águas pluviais e controle de empoçamentos e inundações.

A importância do saneamento e sua associação à saúde humana remontam às mais antigas culturas. O saneamento desenvolveu-se de acordo com a evolução das diversas civilizações, ora retrocedendo com a queda das mesmas, ora renascendo com o aparecimento de outras. Os poucos meios de comunicação do passado podem ser responsabilizados, em grande parte, pela descontinuidade da evolução dos processos de saneamento e retrocessos havidos. Conquistas alcançadas em épocas remotas ficaram esquecidas durante séculos porque não chegaram a fazer parte do saber do povo em geral, uma vez que seu conhecimento era privilégio de poucos homens de maior cultura. Por exemplo, foram encontradas ruínas de uma civilização na Índia que se desenvolveu a cerca de 4.000 anos, onde foram encontrados banheiros, redes de esgoto nas construções e drenagem nas ruas. O antigo testamento da Bíblia apresenta diversas abordagens vinculadas às práticas sanitárias do povo judeu como, por exemplo, o uso da água para limpeza de roupas sujas que favoreciam o aparecimento de doenças (escabiose), (Carvalho e Silva *et al*, 2007).

Desta forma os poços para abastecimento eram mantidos tampados, limpos e longe de possíveis fontes de poluição. Existem relatos do ano 2000 a.C., de tradições médicas, na Índia, recomendando que a água impura devia ser purificada pela fervura sobre um fogo, pelo aquecimento no sol, mergulhando um ferro em brasa dentro dela ou podia ainda ser purificada por filtração em areia ou cascalho, e então resfriada. Das práticas sanitárias coletivas mais marcantes na antiguidade destacam-se a construção de

aquedutos, banhos públicos, termas e esgotos romanos, tendo como símbolo histórico a conhecida Cloaca Máxima de Roma (Carvalho e Silva *et al*, 2007).

Havia em Roma nove aquedutos para abastecimento, com extensão que variavam de 16 a 80 km e seção transversal de 0,65 a 4,65 m<sup>2</sup>. Alguns autores estimaram a capacidade total de todos estes aquedutos e chegaram a uma vazão de 221,9 m<sup>3</sup>, suficiente hoje para abastecer uma de 600.000 habitantes, admitindo-se uma demanda per capita de aproximadamente 300 l/dia. Entretanto, a falta de difusão dos conhecimentos de saneamento levou os povos a um retrocesso, originando o pouco uso da água durante a Idade Média, quando o consumo per capita de certas cidades européias chegou a 1 l/dia por habitante (Carvalho e Silva *et al*, 2007).

Nessa época, houve uma queda nas conquistas sanitárias e conseqüentemente sucessivas epidemias. O quadro característico desse período é o lançamento de dejetos na rua. Nessa ocasião, a construção de aquedutos pelos mouros, o reparo do aqueduto de Sevilha em 1235, a construção d aqueduto de Londres com o emprego de alvenaria e chumbo e, em 1183, o abastecimento inicial de água em Paris, são obras que podem ser citadas. Somente no século passado é que se começou a dispensar maior atenção à proteção da qualidade de água, desde sua captação até sua entrega ao consumidor. Essa preocupação se baseou nas descobertas que foram realizadas a partir de então, quando diversos cientistas mostraram que havia uma relação entre a água e a transmissão de muitas doenças causadas por agentes físicos, químicos e biológicos (Carvalho e Silva *et al*, 2007).

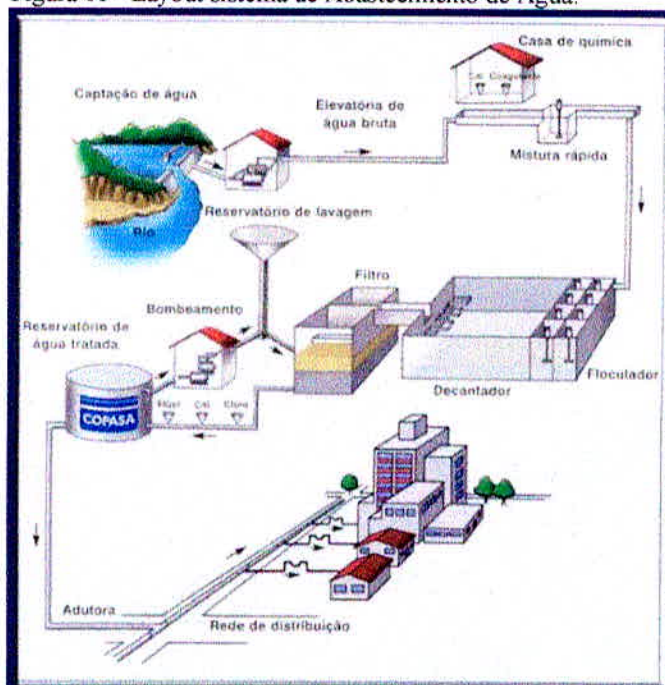
Ainda nos dias de hoje, mesmo com os diversos meios de comunicação existentes, verifica-se a falta de divulgação desses conhecimentos. Em áreas rurais a população consome recursos para construir suas casas sem incluir as facilidades sanitárias indispensáveis, como poço protegido, fossa séptica, etc. Assim sendo, o processo saúde versus doença não deve ser entendido como uma questão puramente individual e sim como um problema coletivo. No Brasil, pesquisas realizadas no início dos anos 90 pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) possibilitam uma visualização do quadro sanitário do país, evidenciando as condições precárias a que está exposta grande parte da população brasileira (Carvalho e Silva *et al*, 2007).

Sanear quer dizer tornar são, sadio, saudável. Pode-se concluir, portanto, que Saneamento equivale a saúde. Entretanto, a saúde que o Saneamento proporciona difere daquela que se procura nos hospitais e nas chamadas casas de saúde. É que para esses estabelecimentos são encaminhadas as pessoas que já estão efetivamente doentes ou, no mínimo, presumem que estejam. Ao contrário, o Saneamento promove a saúde pública preventiva, reduzindo a necessidade de procura aos hospitais e postos de saúde, porque elimina a chance de contágio por diversas moléstias. Isto significa dizer que, onde há Saneamento, são maiores as possibilidades de uma vida mais saudável e os índices de mortalidade - principalmente infantil - permanecem nos mais baixos patamares (Carvalho e Silva *et al*, 2007).

### 3.5 – Etapas no tratamento de água

O tratamento de água consiste na remoção de impurezas e contaminantes antes de destiná-la ao consumo. Isso porque a água sempre contém resíduos das substâncias presentes no meio ambiente como micro-organismos e sais minerais, necessitando, pois, de tratamento para remover as impurezas que podem ser prejudiciais ao homem (Copasa, 2015).

Figura 01 - Layout sistema de Abastecimento de Água.



Fonte: Copasa, 2015 (<http://www.copasa.com.br>)

Na figura temos o um lay-out de um processo de tratamento completo incluindo todas as suas fases desde a captação até a entrega ao consumidor.

O tratamento da água varia conforme a sua captação. Se ela for em águas subterrâneas de poços profundos, geralmente dispensa tratamento, pois essas águas são naturalmente filtradas pelo solo e, como não estão expostas, não foram contaminadas, logo também não apresentam turbidez. Necessitando apenas de uma desinfecção com cloro (Copasa, 2015).

Já para as águas captadas na superfície é necessário um tratamento especial que é composto pelas seguintes fases:

- **Oxidação:** O primeiro passo é oxidar os metais presentes na água, principalmente o ferro e o manganês, que normalmente se apresentam dissolvidos na água bruta. Para isso, injeta-se cloro ou produto similar, pois tornam os metais insolúveis na água, permitindo, assim, a sua remoção nas outras etapas de tratamento.
- **Coagulação:** A remoção das partículas de sujeira se inicia no tanque de mistura rápida com a dosagem de sulfato de alumínio ou cloreto férrico. Estes coagulantes têm o poder de aglomerar a sujeira, formando flocos. Para otimizar o processo adiciona-se cal, o que mantém o pH da água no nível adequado.
- **Floculação:** Na floculação, a água já coagulada movimenta-se de tal forma dentro dos tanques que os flocos misturam-se, ganhando peso, volume e consistência.
- **Decantação:** Na decantação, os flocos formados anteriormente separam-se da água, sedimentando-se no fundo dos tanques.
- **Filtração:** A água ainda contém impurezas que não foram sedimentadas no processo de decantação. Por isso, ela precisa passar por filtros constituídos por camadas de areia ou areia e antracito suportadas por cascalho de diversos tamanhos que retêm a sujeira ainda restante.
- **Desinfecção:** A água já está limpa quando chega a esta etapa. Mas ela recebe ainda mais uma substância: o cloro. Este elimina os germes nocivos à saúde, garantindo também a qualidade da água nas redes de distribuição e nos reservatórios.
- **Correção de pH:** Para proteger as canalizações das redes e das casas contra corrosão ou incrustação, a água recebe uma dosagem de cal, que corrige seu pH.

- **Fluoretação:** Finalmente a água é fluoretada, em atendimento à Portaria do Ministério da Saúde. Consiste na aplicação de uma dosagem de composto de flúor (ácido fluossilícico). Reduz a incidência da cárie dentária, especialmente no período de formação dos dentes, que vai da gestação até a idade de 15 anos.

Após tratada, a água pode ser encaminhada ao usuário final também por outro modelo bem típico de sistema de abastecimento que é a parte de distribuição ao usuário final (Copasa, 2015).

### **3.6 – Reservação.**

A água é armazenada em reservatórios, com duas finalidades:

- Manter a regularidade do abastecimento, mesmo quando é necessário paralisar a produção para manutenção em qualquer uma das unidades do sistema;
- Atender às demandas extraordinárias, como as que ocorrem nos períodos de calor intenso ou quando, durante o dia, usa-se muita água ao mesmo tempo (na hora do almoço, por exemplo). Quanto à sua posição em relação ao solo, os reservatórios são classificados em subterrâneos (enterrados), apoiados e elevados.

### **3.7 – Redes de distribuição**

Para chegar às casas, a água passa por vários canos enterrados sob a pavimentação das ruas da cidade. Essas canalizações são chamadas redes de distribuição. Para que uma rede de distribuição possa funcionar perfeitamente, é necessário haver pressão satisfatória em todos os seus pontos. Onde existe menor pressão, instalam-se bombas, chamadas boosters, cujo objetivo é bombear a água para locais mais altos. Muitas vezes, é preciso construir estações elevatórias de água, equipadas com bombas de maior capacidade. Nos trechos de redes com pressão em excesso, são instaladas válvulas redutoras.

### **3.8 – Ligações domiciliares**

A ligação domiciliar é uma instalação que une a rede de distribuição à rede interna de cada residência, loja ou indústria, fazendo a água chegar às torneiras. Para

controlar, medir e registrar a quantidade de água consumida em cada imóvel instala-se um hidrômetro junto à ligação.

### **3.9 – Perdas de Água**

No Brasil, não existe, formalmente, uma política nacional de racionalização e combate ao desperdício do uso da água. O que existe são ações pontuais como, por exemplo, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel, 2012), que está sob a responsabilidade da Eletrobrás, criado em 30 de dezembro de 1985 pela Portaria Interministerial 1.877 com o objetivo de promover o uso racional de energia elétrica combatendo o desperdício.

Esse programa tem um viés para o setor de saneamento: a capacitação de pessoal com a proposta de redução de perdas de água evitando-se, conseqüentemente, o desperdício de energia elétrica. Outras ações importantes são conduzidas com o auxílio do Programa de Modernização do Setor Saneamento (PMSS), mas não tem uma linha de financiamento específica, somente apoio técnico.

É importante lembrar que a redução das perdas de faturamento em 20%, considerando o volume produzido em 2005 (13,4 bilhões de metros cúbicos), resultaria em uma economia de cerca de R\$ 4,7 bilhões com as tarifas das prestadoras regionais e de R\$ 2,9 bilhões com as das prestadoras locais. Esses valores poderiam gerar, no mínimo, entre 155 mil e 250 mil novos postos de trabalho (PMSS, 2015).

#### **3.9.1 – Definições das perdas de água**

Perda de água é “toda perda real ou aparente ou todo o consumo não autorizado que determina aumento do custo de funcionamento ou que impeça a realização plena da receita operacional”. Divide-se em perdas reais de água (Físicas), correspondem ao volume que não chega ao consumidor. Ela é proveniente de vazamentos e rompimentos (superficiais ou subterrâneos) em redes e ramais ou, ainda, de vazamentos e extravasamentos em reservatórios (PMSS, 2015 - Conceito adotado pela Internacional Water Association - IWA, 2006).

Já as perdas aparentes de água (Não físicas), consistem nos volumes consumidos, mas não contabilizados, decorrentes de fraudes (Roubo de água), falhas de

cadastro, ligações clandestinas, ou na imprecisão dos equipamentos dos sistemas de macromedição e micromedição (PMSS 2015).

Perda de água é “toda perda física ou não física de água ou todo consumo não autorizado que determina aumento do custo de funcionamento ou que impeça a realização plena da receita operacional”. Perda de água = volume de entrada – consumo autorizado (COPASA, 2015).

### 3.9.2 – Perdas físicas de água (Perdas reais)

É o volume de água produzido que não chega ao consumidor final devido à ocorrência de vazamentos nas adutoras, redes de distribuição e reservatórios, bem como de extravasamentos em reservatórios setoriais (PMSS, 2015).

Perdas físicas de água são todas as perdas reais de água provenientes de vazamentos e rompimentos (superficiais ou subterrâneos) em redes e ramais ou, ainda, de vazamentos e extravasamentos em reservatórios (COPASA, 2015).

São aquelas decorrentes de vazamentos nas tubulações, que podem ser perdas visíveis e perdas não visíveis, ocorrem entre a captação de água bruta e o cavalete do consumidor. Para reduzir as perdas reais, as Empresas de Saneamento atuam em trabalhos voltados à pesquisa de vazamentos não visíveis, agilidade e qualidade nos consertos, gerenciamento de pressões da rede e da infra-estrutura. Algumas empresas utilizam técnicas de localização de vazamentos não visíveis, que utilizam geofones eletrônicos (correlacionadores de ruídos, armazenadores de dados de ruídos), para detectar perdas. Os sistemas funcionam como se o Técnico auscultasse o asfalto para identificar o vazamento. Outro fator importante no controle de perdas reais é a agilidade e qualidade no conserto de vazamentos, diminuindo o tempo de reparo das instalações para evitar desperdício e problema no abastecimento (COPASA, 2015).

Quando o assunto é perda de água nos sistemas de abastecimento, a imagem mais comum para representá-lo são os vazamentos e extravasamentos na rede e reservatórios, ou seja, água tratada sendo desperdiçada e não faturada. Mas, quando se entra nos detalhes é possível descobrir que há muito mais coisas envolvidas com essa perda classificada pela IWA como real. Compreende macromedição, automação, sistema cadastral técnico e modelagem hidráulica, por exemplo. É por isso que as



perdas reais devem ser trabalhadas em três subsetores: Macro Medição e Automação; Sistema Cadastral Técnico e Modelagem Hidráulica e Controle e Redução de Perdas Reais.

### 3.9.3 – Perdas não físicas de água (Perdas aparentes)

É o volume de água consumido, mas não contabilizado pelo prestador de serviço, decorrente de erros de medição nos hidrômetros e demais tipos de medidores, fraudes, ligações clandestinas e falhas no cadastro comercial. É a água efetivamente consumida, mas não faturada (PMSS, 2015).

Perdas não físicas de água ou aparentes consistem nos consumos não autorizados (roubo) ou na imprecisão dos equipamentos de medição de vazão dos sistemas de macromedição de vazão e micromedição (COPASA, 2015).

Perdas aparentes são aquelas perdas que são causadas por fraudes ou erros na medição do consumo, são também conhecidas como perdas comerciais porque, a água é usada, mas não é contabilizada no caixa das empresas. Os prejuízos são financeiros já que existe o consumo de água, porém, não há faturamento. As atividades das empresas neste caso devem ser voltadas para a substituição dos medidores defeituosos, combate às fraudes e ligações clandestinas e melhoria no sistema do cadastro comercial.

Mencionar perdas em um sistema de abastecimento de água é ter em mente, à primeira vista, que se trata de água produzida que se perdeu pelo caminho entre a captação e o hidrômetro do usuário. Neste caso, a empresa perdeu algo que consegue medir em volume. Comparando a água a outro bem produzido, uma garrafa, por exemplo, é como se esse objeto saísse da fábrica e chegasse ao consumidor sem que houvesse o faturamento. No entanto, o conceito de perdas em um sistema de abastecimento de água, assim como para uma indústria, é mais amplo, pois envolve outros aspectos como o faturamento desse bem (COPASA, 2015).

Do ponto de vista empresarial, se um produto for produzido e entregue, ele deve ser faturado. Se por alguma ineficiência isso não ocorrer, todos os custos empregados na sua produção – matéria-prima, pessoal capacitado, impostos, etc. – não são contabilizados como receita para a empresa e sim como prejuízo, perda. Esse é o

aspecto comercial que faz parte do todo e interfere no balanço hídrico do prestador de serviço.

Mas o cadastro de consumidores, a micromedição e todo o conjunto de regras relacionadas com o faturamento e a cobrança não devem ser praticados apenas na perspectiva comercial, ignorando-se a lógica da gestão do sistema de abastecimento. “Pelo contrário, a gestão comercial deve andar junta com a gestão operacional uma vez que são totalmente interdependentes. Esta interdependência pode ser vislumbrada quando se tentar montar o balanço hídrico para um determinado sistema. Percebe-se a necessidade dos dados serem agregados na mesma base geográfica ou unidade de controle, coisa para a qual os sistemas de gestão comercial estão geralmente despreparados”. Essa interdependência não se limita a esses exemplos, pois a gestão comercial está relacionada também com a gestão da demanda que, por sua vez, relaciona-se com a gestão de perdas de água.

#### 3.9.4 – Macromedição

Macromedição é o conjunto de medições realizadas no sistema público de abastecimento de água, desde a captação de água bruta até os pontos de entrada para distribuição. Como exemplos citam-se: medições de água bruta captada ou medições na entrada de setores de distribuição, ou ainda medições de água tratada entregue por atacado a outros sistemas públicos. Esses medidores são normalmente de maior porte.

Figura 02 - Macromedidor Eletromagnético.



Fonte: Copasa, 2015 ( <http://www.copasa.com.br> )

A figura 2 nos mostra um medidor eletromagnético. O medidor eletromagnético é o equipamento com a maior precisão usado pelos prestadores de serviço em saneamento, seu erro é de apenas 0,5% da taxa de vazão.

As ações de macromedição e automação nos prestadores de serviço básico em saneamento devem começar com a reavaliação dos dados apresentados no Diagnóstico Situacional Técnico-Operacional, setorização das redes de abastecimento e a escolha das células de controle. Essa estratégia é importante, quanto a perspectiva de se obter os resultados esperados, já que dependendo do porte do sistema de abastecimento de água é impossível atuar em toda a rede de distribuição.

A macromedição e a setorização têm forte ligação porque definida a área setorizada (isolada), é possível afirmar quanto de água entrou na área controlada (ZMC – Zona de Medição e Controle), por meio da macromedição instalada na entrada.

### 3.9.5 – Micromedição

Entende-se por micromedição a medição do consumo realizada no ponto de abastecimento de um determinado usuário, independente de sua categoria (residencial, comercial, industrial, etc.) ou faixa de consumo. Medidores parados ou com indicações inferiores às reais, além da evidente perda do faturamento, elevam erroneamente os indicadores de perdas do sistema, pois apesar da água estar sendo fornecida ao usuário, parte dela não está sendo contabilizada.

Figura 03 - Hidrômetro 3 m<sup>3</sup>/h – ½” Polegadas



Fonte: Copasa, 2015 (<http://www.copasa.com.br>)

Por outro lado, o uso de medidores envolve custos algumas vezes elevados e a otimização na escolha dos locais onde a medição deve ser aplicada e a escolha dos medidores de modelos e tamanhos que produzam o melhor retorno econômico não devem ser esquecidas (COPASA, 2015).

De acordo com os institutos internacionais, em Saneamento não existe perda zero. Países como o Japão, que possuem tubos em aço inoxidável, apresentam pequenos volumes de vazamentos. Para especialistas, os maiores esforços das empresas de saneamento devem ser para reduzir o máximo possível à quantidade de água perdida (COPASA, 2015).

### 3.9.6 – Gerenciamento de pressões

A pressão é uma das variáveis mais importantes na ocorrência de vazamentos. Para controlar a pressão, as empresas instalam válvulas redutoras de pressão.

Figura 04 - Válvula redutora de pressão auto-operada



Fonte: <http://www.saint-gobain-canalizacao.com.br>

Também conhecidas como VRP's elas possibilitam modular a pressão da rede de abastecimento fazendo com que ela fique dentro da faixa de valor desejada, dependendo das características de rede e topografias de onde elas estão instaladas. Trata-se de uma tecnologia inteligente para regular e controlar a pressão em função da variação do consumo.

### 3.9.7 – Gerenciamento da infraestrutura

As empresas de Saneamento, além de criar normas rígidas para especificações dos produtos, mantendo um departamento de controle de qualidade eficiente, também devem investir em treinamento para formação de funcionários e terceirizados, em que métodos de trabalho, normas técnicas e de segurança devam ser colocadas em prática buscando minimizar os riscos de vazamentos.

### 3.9.8 – Perdas na captação e na adutora de água bruta

As perdas físicas na captação e na adução de água bruta correspondem à água utilizada para a limpeza geral, incluindo o poço de sucção, sendo em geral, pequena e função das características hidráulicas do projeto e da qualidade da água bruta.

O componente que merece mais atenção são os vazamentos na adução, função do estado da tubulação e do material utilizado; sua idade; pressão; adequada execução da obra; elementos de proteção contra golpes de aríete e consequentes rompimentos em casos de interrupção do fornecimento de energia (COPASA, 2015).

Trata-se de um componente crítico do sistema de abastecimento, merecendo especial atenção no que diz respeito à manutenção sistemática de caráter preventivo. Ressalte-se que a manutenção preventiva, elétrica ou hidráulica, como o conserto da tubulação obstruída por incrustações ou reparos de vazamentos. Muitas vezes, não é feita ou é adiada para se evitar o desconforto junto à população, pois paradas no sistema produtor provocam interrupções no fornecimento de água por muitas horas (COPASA, 2015).

Tal procedimento, no entanto, acaba comprometendo o comportamento do sistema, aumentando muitas vezes as perdas de carga e o consumo de energia, bem como as perdas e os riscos de interrupções mais demoradas por falhas e rompimentos.

A magnitude das perdas na adução de água bruta é variável, função do estado das instalações e das práticas operacionais e de manutenção preventiva, sendo normalmente pouco expressivas no contexto geral, a não ser em adutoras de grande extensão e/ou deterioradas Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNDA – 1999).

### **3.9.9 – Perdas em adutoras e subadutoras de água tratada**

São as perdas por vazamentos e rompimentos nas tubulações das adutoras e subadutoras, que transportam vazões elevadas para serem distribuídas pela rede de distribuição (PNCDA, 1999). Outra forma de perda física na adução de água tratada é o caso das descargas, seja para esvaziar a tubulação para reparos, seja para melhorar a qualidade da água. Nesses casos, apenas serão consideradas perdidas em sentido estrito, as vazões excedentes ao necessário para a correta operação do sistema.

No caso de vazamentos, pelo fato de as vazões veiculadas serem elevadas, estes são geralmente localizados e prontamente reparados. Ressalte-se que se tais rompimentos não forem detectados e controlados em curto prazo, grandes danos materiais podem ocorrer decorrentes de o seu alto poder erosivo e destrutivo.

A manutenção preventiva e a adoção de procedimentos operacionais, e do treinamento de pessoal para a realização de manobras adequadas é vital para que se evitem rompimentos causados por aumentos súbitos de pressão. Tais aumentos podem ocorrer em cascata, refletindo-se por meio de múltiplos rompimentos, principalmente nas redes de distribuição. A falta de instalação ou manutenção de ventosas pode ser um importante fator que propicia a ocorrência de transientes de pressão e consequente rompimento de adutoras, devendo merecer especial atenção. Em sistemas pressurizados por bombeamento, também deve-se prestar especial atenção à instalação de elementos aliviadores de pressões, em casos de paradas de funcionamento da bomba.

A magnitude das perdas pode variar significativamente, função do estado das tubulações, das pressões e da eficiência operacional.

### **3.9.10 – Perdas em redes de distribuição**

São as perdas decorrentes de vazamentos na rede de distribuição e nos ramais prediais e de descargas. As perdas físicas que ocorrem nas redes de distribuição, incluindo os ramais prediais, são muitas vezes elevadas, mas estão dispersas, fazendo com que as ações corretivas sejam complexas, onerosas e de retorno duvidoso, se não forem realizadas com critérios e controles técnicos rígidos. Nesse sentido, é necessário

que operações de controle de perdas sejam precedidas por criteriosa análise técnica e econômica (COPASA, 2015).

Nesse caso também, encaixam-se as perdas decorrentes de descargas para melhoria da qualidade da água ou esvaziamento da tubulação para reparos. A magnitude das perdas será tanto mais significativa quanto pior for o estado das tubulações, principalmente nos casos de pressões elevadas.

As experiências de técnicos do ramo indicam que a maior quantidade de ocorrências de vazamentos está nos ramais prediais. Em termos de volume perdido, a maior incidência é nas tubulações da rede distribuidora. O uso de materiais adequados, associados à execução da obra com pessoal treinado e equipado com ferramentas compatíveis com os materiais utilizados, incluindo a realização de testes de estanqueidade, são pré-requisitos para a existência de baixos níveis de perdas.

Ressalte-se que geralmente o recebimento de obras em novos loteamentos é feito sem que ocorra fiscalização durante a construção. Tal fato decorre da cultura de parte do setor privado em executar obras apressadamente, simultaneamente à fase de elaboração e aprovação do projeto, e há casos em que o projeto simplesmente inexistente. Esse fato, com certeza, se repete em todo o país, onde novas redes são recebidas consciente ou inconscientemente pelos prestadores de serviços, com altos níveis de perdas. Para os sistemas já implantados, os aspectos considerados a seguir apontam para a priorização da redução de pressões na rede de distribuição, para que haja redução de perdas. As perdas por vazamentos na rede de distribuição sejam decorrentes de falhas construtivas, defeitos em peças especiais e conexões, rupturas, materiais inadequados, etc., aproximam-se ao escoamento em orifícios e fendas. Pela hidráulica básica, o escoamento da água sob pressão por um orifício pode ser demonstrado com sendo:

$$Q = V \cdot A = Cd (2 \cdot g \cdot h)^{0,5} \cdot A$$

Onde:

Q = Vazão

Cd = Coeficiente de descarga

A = Área do orifício

V = Velocidade média da água através do orifício

g = 9,81m/s<sup>2</sup> (Aceleração da gravidade)

$h = \text{pressão} - \text{mca}$

Ou seja, a vazão do vazamento varia conforme a pressão segundo uma relação quadrática.

Dessa forma, especial atenção deve ser dada ao controle de cargas hidráulicas na rede, pois sua simples redução leva a substanciais reduções nas perdas nos vazamentos existentes, além de restringir o risco de novas rupturas.

Exemplificando, a instalação de uma válvula redutora de pressão, dimensionada para reduzir as cargas em 60% (por exemplo, de 100 mca para 40 mca), em um setor com perdas físicas conhecidas de 50%, acarretará uma redução de 37% nas perdas existentes, as quais passarão de 50% para 31,5%, com uma redução efetiva de 18,5%. O fato de diminuir a pressão num determinado sistema sem comprometer o abastecimento é muito importante, pois se diminui a pressão, diminui-se também a possibilidade de surgir vazamentos e rompimentos nas tubulações e conexões.

Portanto, é possível quantificar previamente as reduções de perdas esperadas por meio de reduções de pressões e, com isso, avaliar economicamente o retorno dos investimentos a realizar para atingir os objetivos.



## **4 – CLASSIFICAÇÃO DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

### **4.1 – Considerações Preliminares**

A elaboração de projetos de planejamento e controle da operação de sistemas de abastecimento de água deve ser conduzida de forma tal que sejam previstas instalações/equipamentos e métodos num grau de sofisticação compatível com os objetivos e metas do sistema e com o nível técnico dos recursos humanos encarregados da operação e manutenção.

Naturalmente esse princípio causa a necessidade de diferenciação de tratamento de cada sistema de abastecimento de água quanto ao planejamento e controle da operação, objetivando o equilíbrio entre as necessidades do sistema e as limitações da empresa quanto à absorção e uso adequado da tecnologia proposta. Fatores tais como complexidade de operação (determinada pelo porte do sistema e o correspondente arranjo de unidades operacionais), necessidade de preservação da imagem da empresa (que é função da confiabilidade do sistema), segurança do consumidor e a sua satisfação, são fundamentais para a concepção de um adequado projeto de planejamento e controle da qualidade da operação de um sistema de abastecimento de água (FUNASA, 2014).

Para fazer frente à problemática apresentada foram criadas classes de sistemas de abastecimento de água, para os quais foram uniformizados procedimentos de concepção, projeto, implantação e operação de sistemas de planejamento e controle.

A classificação de sistemas de abastecimento de água deve tanto quanto possível, permitir o agrupamento de sistemas semelhantes quanto ao planejamento e controle da operação em uma mesma classe, de maneira que o mesmo tratamento possa ser dado a todos os sistemas da mesma classe (FUNASA, 2014).

### **4.2 – Enfoque Conceitual da Classificação de sistemas.**

O agrupamento de sistemas de abastecimento de água em classes deve obedecer aos seguintes princípios:

- a) Todos os sistemas de abastecimento de água pertencentes a uma mesma classe devem ter seus sistemas de planejamento e controle projetados e operados segundo as mesmas regras básicas;
- b) Os níveis operacionais, de supervisão e gerencial do pessoal da empresa, principalmente do pessoal envolvido com a operação e manutenção dos sistemas de planejamento e controle da operação pertencentes a uma mesma classe, devem ser aproximadamente equivalentes; (Funasa: Fundação Nacional de Saúde, 2014)
- c) A complexidade de operação e manutenção dos sistemas de abastecimento de água e dos sistemas de planejamento e controle pertencentes a uma mesma classe deve ser aproximadamente a mesma;
- d) Os dados/informações gerados pelo sistema de planejamento e controle da operação de mesma classe sofrerão o mesmo tipo de processamento e análise.

O desdobramento dos princípios básicos anteriores, assim como a análise da tecnologia disponível, leva à definição de quatro (4) classes de sistemas de abastecimento de água, quais sejam:

**CLASSE 01** - Sistemas de cidades com população urbana até 20 mil habitantes;

**CLASSE 02** - Sistemas de cidades com população urbana entre 20 mil e 100 mil habitantes;

**CLASSE 03** - Sistemas de cidades com população urbana entre 100 mil e 500 mil habitantes;

**CLASSE 04** - Sistemas de cidades com população urbana acima de 500 mil habitantes.

#### **4.3 – Conceituação do nível mínimo necessário e do nível desejável em sistemas de abastecimento de água.**

A rigor, a classificação dos sistemas de abastecimento de água deveria ser tal que cada classe definisse as bases para concepção dos sistemas de planejamento e controle da operação desejáveis para os sistemas respectivos. Tal conceito leva em consideração as necessidades dos sistemas de abastecimento de água em termos de requisitos para a operação, as potencialidades do pessoal de operação e a necessidade de conhecimento mais profundo do sistema, visando o planejamento de operação e ampliação do mesmo. A concepção de sistemas de planejamento e controle da operação

desejável para cada classe deve, portanto, fazer com que sejam proporcionados dados/informações de parâmetros hidráulicos, elétricos ou mecânicos em quantidade e qualidade suficientes, para que os objetivos do planejamento e controle sejam completamente atingidos (FUNASA, 2014).

Por outro lado, frequentemente as empresas de saneamento não dispõem, imediatamente, de recursos para adquirir, implantar, administrar e usar adequadamente os sistemas de planejamento e controle desejáveis. Visando atenuar esse problema, instituiu-se o conceito de sistema de planejamento e controle de nível mínimo necessário em cada classe. Assim sendo, para cada classe de sistema de abastecimento de água são estabelecidos dois (2) níveis (mínimo necessário e desejável), que consubstanciam uma proposta automática de aperfeiçoamento e evolução do sistema de planejamento e controle da operação ao longo do tempo, em função das disponibilidades financeiras, necessidades e capacidade de operação e manutenção (FUNASA, 2014).

O nível desejável poderá ser adotado de imediato se a empresa julgar conveniente.

## 5 – MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.1 – Baependi – MG

A estrutura organizacional da Copasa é composta por 09 diretorias sendo 05 diretorias administrativas e 04 diretorias operacionais. O Sul do Estado e o Triângulo Mineiro formam a Diretoria Operacional Sul Leste – DSO, que por sua vez contempla dois departamentos operacionais o Departamento Sul Leste – DPSL, com sede em Varginha MG e o Departamento Oeste – DPOE, com sede em Araxá. Os departamentos são formados por distritos operacionais delimitados por bacias hidrográficas. O DPSL possui 6 distritos: Distrito do Vale do Sapucaí – DTVS (Pouso Alegre), Distrito do Alto da Mantiqueira – DTAM (Itajubá), Distrito do Sudoeste Mineiro (São Sebastião do Paraíso), Distrito do Médio Rio Grande – DTMG (Alfenas), Distrito do Rio Grande – DTRG (Lavras) e o Distrito do Rio Verde – DTRV, ao qual está subordinada o sistema de Baependi.

#### **Baependi dados (IBGE, 2015):**

População estimada 2014: 19.117 habitantes.

População 2010: 18.307 habitantes.

Área da unidade territorial: (km<sup>2</sup>)750,554

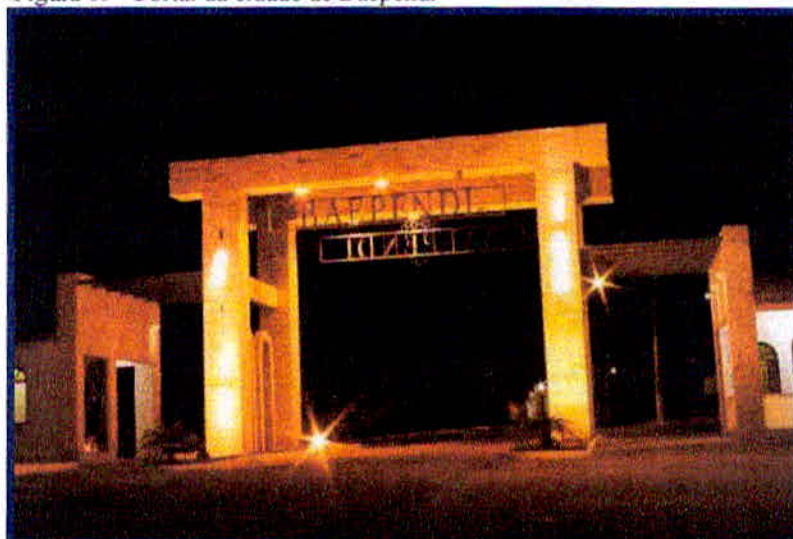
Densidade demográfica: (hab/km<sup>2</sup>)24,39

Código do Município: 3104908

Gentílico: baependiano

## Histórico

Figura 05 - Portal da cidade de Baependi



Fonte: Arquivo fotográfico Escritório Local - Baependi

É controvertida a origem do topônimo Baependi. Segundo uns, seria derivado de mbae (coisa), pe (interrogativo) e nde (tua) e significaria: que gente e essa (tua) ou pertence-te isto? - pergunta que teria sido feita a um indígena pelos primeiros civilizados que andaram pela região. Para outros - Teodoro Sampaio, inclusive - e uma corruptela de mbae-pindi o limpo em alusão a uma clareira na mata marginal do rio Grande, facilitando o caminho dos descobridores (IBGE Cidades, 2015).

Há outras interpretações, todavia. As primeiras referências sobre o território que atualmente compreende o Município datam dos primeiros anos do século XVII. Segundo certos autores, a bandeira de André Leão, partindo de São Paulo, em 1601, seguiu o curso do Paraíba, desde o lugar onde atualmente é São José dos Campos, até Cachoeira, e galgando a serra da Mantiqueira, rumou para Pouso Alto e Baependi. A partir desta data, seu nome começa a aparecer nos relatos dos sertanistas. Em 1646, Jaques Félix - ou Félix Jaques, segundo Diogo de Vasconcelos - recebeu a incumbência de procurar minas andou pelos sertões de Guaratinguetá e chegou até o planalto do rio Verde. Dizem que Baependi já possuía, em 1681, alguma criação. Em ano anterior a 1694, andou também pela região Bartolomeu da Cunha, a procura das riquezas ali existentes. Quanto ao povoamento, antiga tradição diz que em 1692, Antônio da Veiga, seu filho João da Veiga e Manuel Garcia partiram de Taubaté rumo ao sertão, para captura de silvícolas. Empolgados por informações referentes à existência de ouro além

da serra da Mantiqueira, incursionaram pelo rio Verde e deram a um tributário deste o nome de Baependi (IBGE Cidades, 2015).

Admite-se que o desbravador se tenha estabelecido no local mais tarde conhecido como o Engenho. Depois, atraídos pela notícia da descoberta de ouro naquelas paragens, outros colonizadores fundaram uma pequena povoação, a que denominaram Baependi, e edificaram uma capela, sob a invocação de Nossa Senhora de Montserrat. Sabe-se que entre os primeiros povoadores estão Tomé Rodrigues Nogueira do Ó e sua esposa Maria Leme do Prado. Não se sabe ao certo por que nem quando vieram, embora estes fatos não devam ter ultrapassado a primeira metade do século XVIII. Em 1814, foi o arraial elevado à categoria de vila, completando a 19 de julho de 1964 o seu 150.º aniversário. Quinze anos depois, José Marques da Rocha apresentou projeto de criação da nova província, formada por Baependi, Lorena, Guaratingueta, Bananal, Areias, Cunha, São João do Príncipe, Ilha Grande, Parati, Valença Resende e Campanha. O fato não se consumou, embora outras tentativas ocorressem anos mais tarde, sem lograrem, contudo melhor sorte. A revolução de 1842 teve repercussão no Município, onde os rebeldes, ainda que conseguissem êxitos parciais, foram batidos pelas tropas legalistas (Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE Cidades, 2015).

Formação Administrativa Distrito criado com a denominação de Santa Maria de Baependi, por alvará de 07-08-1752, e por lei estadual nº 2, de 14-09-1891, subordinado a vila de Campanha da Princesa (mais tarde Campanha). Elevado à categoria de vila com a denominação de Santa Maria de Baependi, pelo alvará de 19-07-1814, desmembrado de Campanha da Princesa. Sede no antigo distrito de Santa Maria de Baependi. Constituído do distrito sede. Instalado em 23-10-1814. Pela lei provincial nº 239, de 30-11-1842, a vila de Santa Maria de Baependi adquiriu do município de Lavras o distrito de São Tomé das Letras. Elevado à condição de cidade com a denominação Baependi, pela lei provincial nº759, de 02-05-1856. Pela lei provincial nº 1997, de 14-11-1873, e por lei estadual nº 2, de 14-09-1891, é criado o distrito de Encruzilhada e anexado ao município de Baependi. Em divisão administrativa referente ao ano de 1911, o município é constituído de 3 distritos: Baependi, Encruzilhada e São Tomé das Letras. Nos quadros de apuração do recenseamento geral de 1-IX-1920, o município aparece constituído de 3 distritos: Baependi, São Sebastião da Encruzilhada ex-Encruzilhada e

São Tomé das Letras. Assim permanecendo em divisões territoriais datadas de 31-XII-1936 e 31-XII-1937. Pelo decreto-lei estadual nº 148, de 17-12-1938, o distrito de São Sebastião da Encruzilhada passou a chamar-se simplesmente Encruzilhada. No quadro fixado para vigorar no período de 1939-1943, o município constituído de 3 distritos: Baependi, Encruzilhada ex-São Sebastião da Encruzilhada e São Tomé das Letras. Pelo decreto-lei estadual nº 1058, de 31-12-1943, o distrito de Encruzilhada passou a denominar-se Cruzilha. No quadro fixado para vigorar no período de 1944-1948, o município constituído de 3 distritos: Baependi, Cruzilha ex-Encruzilhada e São Tomé das Letras. Pela lei estadual nº 336, de 27-12-1948, desmembra do município de Baependi o distrito de Cruzilha. Elevado à categoria de município. Em divisão territorial datada de 1-VII-1950, o município é constituído de 2 distritos: Baependi e São Tomé das Letras. Assim permanecendo em divisão territorial datada de 1-VII-1960. Pela lei estadual nº 2764, de 30-12-1962, desmembra o município de Baependi o distrito de São Tomé das Letras. Elevado à categoria de município. Em divisão territorial datada de 31-XII-1963, o município é constituído de 2 distritos: Barra Longa e Bonfim da Barra Assim permanecendo em divisão territorial datada de 2007. Alteração toponímica municipal Santa Maria de Baependi para simplesmente Baependi alterado, pela lei provincial de nº 759, de 02-05-1856 (IBGE Cidades, 2015).

## 5.2 – Dados Operacionais de Baependi – MG

Tabela 01- Indicadores Operacionais da Copasa.

Indicadores operacionais	Baependi	DPSL		Copasa
		Números		
População atendida (hab.)	19.237	1.916.990	14.744.498	
Nº. de empregados	11	1.715	12.499	
Nº Ligações de água	6152	590.367	3.990.730	
Empregado/ligações	559,27	529	518	
Extensão de rede (m)	57104	7.514.725	47.055.597	
Volume produzido de água (m³/mês - média)	97.803 m³	8.802.553	75.431.488	
Volume consumido de água (m³/mês - média)	56.286 m³	6.127.272	46.265.166	
Índice de perdas de faturamento (%)	34,82	26,82	34,75	
Água não convertida em receita – ANCR – (l/ligação/dia)	194,95	135,56	224,92	
Consumo per capita distribuído (l/hab/dia)	167,08	155,76	175,44	
Consumo per capita micromedido (l/hab./dia)	108,98	114,08	114,55	
Índice de macromedição - macro (%)	100	98,84	96,97	
Índice de hidrometação - micro (%)	100	100	99,98	
Índice de atendimento de água (%)	98,99	97,49	97,69	
Metros de rede/ligação (m)	10,08	11,79	12,63	

Fonte: Copasa, 2015 ([www.copasa.com.br](http://www.copasa.com.br))

## 5.3 – Indicadores de Perdas: IWA, AGHTM, AESBE/ASSEMAE

Dois dos métodos internacionais mais completos para levantamento de informações e construção de indicadores foram elaborados pela *Association Générale des Hygiénistes et Techniciens Municipaux - AGHTM*, pela *International Water Supply Association - IWSA* e pela *International Water Association - IWA*, e no caso do Brasil destaca-se os estudos da Associação das Empresas de Saneamento Básico Estaduais (AESBE) e a Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento (ASSEMAE) (Werdine, 2002).



Os estudos da AESBE/ASSEMAE convergem com os da AGHTM e da IWA no sentido de reconhecer que não é apenas um indicador isolado que torna possível fornecer toda a complexidade das perdas nos sistemas públicos de abastecimento. Ambas as entidades reconhecem ser necessário combinar indicadores percentuais com indicadores físicos acurados por extensão de rede ou por economia, como base para qualquer comparação de desempenho (Werdine, 2002).

Tabela 02- Componentes do Balanço de Água (IWA).

A	B	C	D	E	
Volume de Entrada No Setor m <sup>3</sup> /ano	Consumo autorizado m <sup>3</sup> /ano	Consumo autorizado faturado m <sup>3</sup> /ano	Consumo medido faturado m <sup>3</sup> /ano	Água faturada m <sup>3</sup> /ano	
			Consumo não medido faturado m <sup>3</sup> /ano		
		Consumo autorizado não faturado m <sup>3</sup> /ano	Consumo medido não faturado m <sup>3</sup> /ano		
			Consumo não medido não faturado m <sup>3</sup> /ano		
	Perda de água m <sup>3</sup> /ano	Perda Não Física m <sup>3</sup> /ano		Consumo não autorizado m <sup>3</sup> /ano	Água não convertida em receita m <sup>3</sup> /ano
				Erro de medição m <sup>3</sup> /ano	
Perda Física m <sup>3</sup> /ano		Vazamento extravasamento m <sup>3</sup> /ano			
		Vazamento em adutoras e redes m <sup>3</sup> /ano			
		Vazamento em ramais m <sup>3</sup> /ano			

Fonte: ABES, 2015 (Associação Brasileira de Engenharia Sanitária)

Esta terminologia inclui as seguintes definições (algumas já descritas anteriormente):

- “Água Captada” é o volume de água obtida para entrar nas tubulações de água bruta e que seguem para a estação de tratamento.
  - “Água Produzida” é o volume de água tratada para ser transportada ao sistema de distribuição.
  - “Água Importada e Exportada” relacionam-se com os volumes que são transferidos “no atacado” de, e para fora do sistema em estudo.
  - “Volume de Entrada em um Sistema” é o volume de água que entra em um sistema de transporte ou distribuição.
  - “Consumo Autorizado” é o volume medido e/ou não medido de água tomado por consumidores cadastrados pelo próprio fornecedor e outros que estão implícita ou explicitamente autorizados para tal pelo fornecedor, para usos domésticos, comercial e industrial. Inclui a água exportada.
- a) “Água Não Faturada” é a diferença entre o Volume de Entrada no Sistema e o Consumo Autorizado Faturado (Tabela 02).

Verifica-se que o consumo autorizado (Tabela 02) inclui itens como combate e treinamento para combate a incêndios, limpeza de tubulações de água e esgoto, descarga de redes, varrição hidráulica de ruas, rega de canteiros e praças públicas, fontes públicas, proteção contra congelamento, água para construções públicas. Isto pode ser cobrado ou não, medido ou não, de acordo com as práticas locais.

“Água Não Faturada” é a diferença entre o Volume de Entrada no Sistema e o Consumo Autorizado Faturado (Tabela 02).

## 5.4 – Controle e redução de perdas

### 5.4.1 – Macromedição

A macromedição é o conjunto de elementos e atividades permanentes, destinados à obtenção, processamento, análise e divulgação de dados operacionais de rotina relativos a vazões, volumes produzidos e distribuídos, pressões e níveis de reservatórios do sistema de abastecimento. O monitoramento contínuo para controle de perdas tem seus custos cada vez mais viáveis em quase todos os sistemas de

distribuição, o uso de medidores tais como os eletromagnéticos e ultra-sônicos tem crescido consideravelmente.

Esses medidores, com dimensões, intervalos de vazão e custos razoáveis para medidas de vazões, devido ao rápido avanço em tecnologia, tem expandido o intervalo de vazões dos tradicionais medidores mecânicos. O armazenamento dos dados obtidos tem sido realizado de forma bastante diversificada, sendo que as técnicas variam desde a simples leitura manual de dados até a utilização de data loggers programáveis e telemetria.

A macromedição através de medidores eletromagnéticos apresentam precisão de medição de 0,5%, enquanto medidores mecânicos e calhas do tipo Parshall apresentam erros de 5%. Devido a sua alta eficiência é recomendável que seja instalado em todo processo medidores eletromagnéticos para que se elimine as perdas devido aos erros dos instrumentos de medição. A macromedição deve ser a primeira a ser aferida para dar confiabilidade ao estudo de redução das perdas de água.

#### 5.4.2 – Micromedição

A medição dos volumes consumidos pelos usuários dos sistemas de abastecimento de água é a forma pela qual pode-se verificar que os consumos ocorram dentro dos padrões estabelecidos em projetos, e permitam a cobrança justa e equitativa dos serviços prestados. Os medidores devem ser sensíveis a baixas vazões.

Ainda recentemente, medidores de maior precisão com diâmetro de ½”, designados como classe C, foram testados e identificou-se que esses medidores podem apresentar submedições superiores a 30%, pois, não registram com precisão vazões inferiores a 22 l/h, e vazões inferiores a esses valores são comumente encontrados, principalmente em sistemas dotados com caixa d’água, como no Brasil.

A solução seria o uso de medidores de maior sensibilidade 14 para baixas vazões, definidos como classe D. No Brasil, grande parte dos medidores utilizados para micromedição é do tipo turbina vertical, os hidrômetros taquimétricos, especificados pela norma NBR 8193 e previsto pela legislação metrológica em vigor (Instituto Nacional de Metrologia e Qualidade industrial - Portaria nº 29 de 1994).

Esse tipo de medidor, tanto o monojato quanto o multijato, tem o seu processo de funcionamento baseado em um sistema que integra o valor instantâneo de vazão detectado pela rotação da turbina com o tempo e o apresenta em forma de volume totalizado. Então esse hidrômetro deve ser dimensionado pela vazão que passa por ele e não pelo volume totalizado, ou seja, o hidrômetro deve estar corretamente dimensionado para que a vazão a qual ele está sujeito não supere a vazão máxima especificada (ou, por longos períodos, a vazão nominal) independente da quantidade de volume totalizado no período.

Também é necessário conhecer a vazão mínima a qual prevê-se que o medidor deverá registrar corretamente, o que caracteriza a classe de precisão (A,B ou C). As companhias de saneamento precisam pesquisar e solicitar junto aos fabricantes, o desenvolvimento de aparelhos mais sensíveis a baixas vazões, de classe metrológica mais avançada, para minimizar submedições de consumo, uma vez que estima-se que 15% do índice de perdas são decorrentes da limitação dos hidrômetros, mesmo quando a manutenção está atualizada.

Os testes em hidrômetros novos, classe D, revelaram erros de submedição entre 8 a 13%, o que leva a supor que índices de perdas baseados na relação entre a água que entra na rede e que é micromedida não serão inferiores a esses valores

#### **5.4.3 – Cadastros**

A existência de cadastros confiáveis é de grande importância no controle operacional de uma companhia, desde o correto registro de usuários até informações seguras sobre a rede de distribuição, em outras palavras, número de ligações, consumo médio mensal, extensões de rede, idade e tipo de material usado, etc.

#### **5.4.4 – Comercialização**

O faturamento e a cobrança correta e em tempo hábil dos serviços prestados, além de permitirem o atendimento satisfatório aos clientes, baseado na transparência, estabelecendo um sistema tarifário justo, possibilita a cobrança equitativa proporcional ao consumo (Coelho, 1996 apud Gonçalves, 1998).

### 5.5 – Determinação das perdas no sistema

O índice de perdas dá uma ideia preliminar da eficiência do sistema, e o balanço anual indica as perdas sem efeito das oscilações que ocorrem entre períodos do ano. Trata-se, também, da determinação da vazão mínima noturna, visando estimar as perdas do sistema, a partir do cálculo da perda noturna. A vazão mínima noturna permite uma visão mais acurada das perdas que efetivamente estão ocorrendo nas diversas partes da rede (perdas físicas). Por tratar-se de um elemento fundamental no controle de perdas, será visto, também o método para determinação das pressões que atuam no sistema, bem como determinação das perdas físicas e não físicas.

### 5.6 – Apuração dos volumes produzidos e consumidos

A contabilização do volume produzido (medido na saída da ETA) deve ser feita a partir da verificação da disponibilidade de equipamentos para realizar as medições de vazão, devendo-se, a princípio, utilizar um macromedidor na captação e outro na saída da ETA, o que possibilita a contabilização não apenas da água produzida, mas também da captada, medindo a eficiência na adução de água bruta e no processo de tratamento.

No caso em que diferentes sistemas de distribuição são alimentados por um único sistema produtor, deve-se dispor de medidores na saída da ETA e na entrada da distribuição dos sistemas, de forma a obter-se um balanço mais preciso da água fornecida para cada sistema. Recomenda-se o uso de medidores tais como os eletromagnéticos e ultra-sônicos com registro contínuo da vazão, onde os dados coletados devem ser armazenados através de data loggers enviados por telemetria. O registro contínuo de vazão reduz as distorções provocadas pela extrapolação de vazões obtidas em curto período de tempo.

A apuração do volume consumido deve ser feita seguindo os seguintes passos:

- a) Verificar através do cadastro comercial disponível, a quantidade e localização das ligações que dispõem de hidrômetros e as ligações sem hidrômetros;
- b) Medir o consumo das ligações providas de hidrômetros;
- c) Estimar o volume consumido, usando a média dos últimos meses micromedidos, em hidrômetros que, por um motivo qualquer, não tenham sido realizadas as suas leituras;

d) No caso de ligações sem hidrômetros, estimar o consumo através da média do volume micromedido das ligações de sua vizinhança que disponham de hidrômetros, ou em última hipótese, a partir do consumo per capita médio, obtido através de medições de consumo realizadas em um setor representativo, ou de estudos de demanda. Visando melhorar a contabilização do volume consumido, recomenda-se que todas as ligações de água sejam hidrometradas, e fazer coincidir o período da contabilização do volume produzido com o período da leitura dos hidrômetros, permitindo comparações coerentes.

### 5.7 – Setorização e implantação de distrito de medição

O trabalho de controle e redução de perdas inicia-se com a setorização da rede, a partir da delimitação das zonas de pressão, definindo então os setores de manobra, ou seja, regiões que podem ser isoladas com o fechamento de registros (Fraga e Silva Samuel, 1995 *apud* Gonçalves, 1998). Assim sendo, são criados os distritos de medição, que são áreas perfeitamente delimitadas, por meio do fechamento de registros, ou naturalmente por acidentes geográficos, avenidas, linhas férreas, ou outros, e a fonte de alimentação desses distritos é conhecida e mensurável por meio de processos de macromedição ou pitométricos (Fávero e Suzuki, 1992 *apud* Gonçalves, 1998). Segundo Piñero e Cubillo (1996 *apud* Gonçalves, 1998), na setorização da rede, além da facilidade de isolamento do setor, é necessário que seja considerada a disponibilidade de medições de consumo dentro do setor, caso contrário, a análise será incompleta. Para a realização dessa etapa, deve-se fazer uma revisão do cadastro, o qual será usado para a determinação do distrito e dos setores de manobra. A leitura dos macromedidores deverão ser realizadas no mesmo dia em que for realizada a leitura dos micromedidores. Normalmente o leitorista ao concluir a leitura do hidrômetros já passa no distrito de medição e faz a leitura do macromedidor, realizando também a consistência do consumo do setor.

### 5.8 – Vazão noturna

O uso da vazão mínima noturna é o principal indicador do nível de perdas em uma zona particular, uma vez que, normalmente, o consumo noturno é bastante reduzido, especialmente em se tratando de áreas essencialmente residenciais, ela é

realizada para dar maior confiabilidade entre 01:00 e 05:00 da manhã e entre terça e quinta feira porque nos finais de semana o resultado pode ser influenciado porque as pessoas dormem tarde.

Mas isso não é uma regra deve-se estudar o perfil e o comportamento de cada sistema para avaliar em que dias e horários a vazão noturna trará um resultado mais confiável. Através do monitoramento da vazão noturna, qualquer alteração no seu valor mínimo pode significar alguma modificação no funcionamento normal da rede, ou seja, a ocorrência de perdas (Piñero e Cubillo, 1996 *apud* Gonçalves, 1998). Obviamente, em locais onde há abastecimento irregular e/ou demanda reprimida, o consumo noturno não fornece dados confiáveis sobre perdas.

A metodologia para obtenção das perdas reais a partir da utilização da vazão mínima noturna é uma forma bastante refinada. Porém temos uma utilização mais simplificada ainda, que é a determinação do fator de pesquisa. O fator de pesquisa é o parâmetro que é determinado a partir da relação entre vazão mínima noturna e a vazão média diária do setor conforme expressão:

$$FP = Q_{\text{mínima}}/Q_{\text{média diária}}$$

Onde:

FP = Fator de Pesquisa

Q<sub>mínima</sub> = Vazão mínima noturna.

Q<sub>média diária</sub> = Vazão média diária do Setor.

Quanto mais o “FP” tende para 1, maior a possibilidade de estar ocorrendo vazamentos. Isto significa também um grande retorno no trabalho de pesquisa acústica. Em geral, se o setor apresentar fator de pesquisa superior a 0,30, o setor em estudo contém vazamentos economicamente detectáveis.

Na Copasa, adota-se sempre a meta para os indicadores de desempenho pré-estabelecido. Se estiver adotando o indicador percentual, o indicador de “FP” é utilizado nos setores com maior potencial de retorno no trabalho de pesquisa acústica, perdas com valores acima de 0,30. E para setores estabilizados, onde o fator de pesquisa não varia tanto, adota-se a meta estabelecida para a unidade organizacional, ex: se a meta para o

sistema de abastecimento de água de Baependi como um todo é de perdas percentual de 25%, então o fator de pesquisa para o setor estável não poderá passar de 0,25 porque o fator de pesquisa nada mais é do que simplificação do indicador de perda percentual total.

O trabalho com perdas é um trabalho contínuo. Após o trabalho de identificação e correções de vazamentos ou anormalidades identificadas, faz-se o trabalho de manutenção. Consiste na realização de vazão mínima noturna a cada quinzena do mês com o objetivo de caso ocorrer problemas de vazão noturna fora dos parâmetros causada por vazamentos não visíveis, ainda é possível a correção para que os vazamentos não prejudiquem os resultados do mês como um todo.

Outra atribuição do “Fator de Pesquisa - FP” é revelar a modalidade das perdas. Se o fator de pesquisa é alto e o nível de perdas também é alto, significa que são perdas físicas, isto é rede ou ligação rompida perdendo água por vazamento que não se aflorou, justifica-se a pesquisa de vazamentos com Geofone acústico. Se o “FP” é baixo e o nível de perdas do setor é alto, é um forte indicio de perdas comerciais (Fraude), porque a noite durante a madrugada no horário em que a vazão noturna é realizada, normalmente entre 01:00 e 05:00 da manhã a possibilidade das pessoas estar consumindo água é muito pequena.

### **5.9 – Controle de pressão**

O Water Research Centre - WRc (R.U.) recomenda que, nos distritos de medição, devem ser adotados métodos de controle de pressão em conjunto com atividades de redução de perdas (Jeffery e Taylor, 1993 *apud* Gonçalves, 1998). Segundo o Technical Group on Waste of Water (1980), o controle de pressão é um rápido e efetivo método para reduzir os níveis de vazamentos, uma vez que existe uma relação direta entre pressão e vazamento, assim, a redução de pressão, através da regulagem de válvulas redutoras de pressão (VRP's), reduz o vazamento. Com a instalação de medidores de vazão e válvulas redutoras de pressão, bem como de um armazenador de dados para registro da variação da pressão, pode-se obter a relação de redução na vazão noturna, em função do controle e redução da pressão.



**Relação pressão x vazamento:** Teoricamente, sabe-se que a vazão que atravessa um orifício de dimensões constantes é proporcional a raiz quadrada da pressão no orifício, mas, na prática, uma série de experimentos realizados tem demonstrado que essa relação não é sustentada em sistemas de abastecimento de água (Technical Group on Waste of Water, 1980). A equação obtida através da realização desses experimentos foi a seguinte:

$$\text{Índice de Vazamentos (\%)} = 0,5 \times \text{PMNS} + 0,0042 \times \text{PMNS}^2$$

Onde o Índice de vazamento é obtido através da vazão noturna líquida e PMNS é a pressão média noturna do setor

Trabalhos realizados por Capener e Ratcliffe (1994 *apud* Gonçalves, 1998), abrangendo um número maior de dados de campo, não foram suficientes para invalidar a equação anterior, levando a uma equação semelhante:

$$\text{Índice de vazamentos (\%)} = 0,5 \times \text{PMNS} + 0,007 \times \text{PMSNS}^2$$

Capener e Ratcliffe (1994 *apud* Gonçalves, 1998) recomendam que todo o consumo noturno deveria ser deduzido das medições da vazão mínima noturna, antes de estabelecer-se uma relação entre pressão e vazamento.

### 5.10 – Detecção e reparo de vazamentos

A depender do tipo de política adotada para o controle de perdas, a detecção e o reparo de vazamentos podem ser feitos isoladamente, mas é desejável que ocorram em conjunto com as medidas de controle de vazão e de pressão, uma vez que essas medidas podem indicar os pontos mais críticos em relação à ocorrência de vazamentos, e, a partir daí, indicar um método de detecção mais eficiente e menos oneroso, agilizando o processo de reparo e a redução das perdas. Os vazamentos podem ser do tipo visível ou não visível. Os do tipo visível são rapidamente identificados e reparados, sendo que quanto maior o diâmetro da tubulação, em geral, tem-se uma menor duração do vazamento. A duração do vazamento não visível dependerá do controle de vazamentos utilizado.

### 5.11 – Recuperação de redes de água

O processo de recuperação de redes envolve três atividades: reparo, reconstrução e substituição da tubulação (tubos, conexões, etc.). A necessidade de recuperação surge do estado de degradação da tubulação, que aumenta as incrustações, corrosão, vazamentos nas junções, e turbidez, podendo afetar tanto o funcionamento hidráulico como o aspecto de qualidade de água na rede (Hirner, 1994 *apud* Gonçalves, 1998). De modo geral, a degradação de uma rede está associada ao seu processo de envelhecimento, apesar de não se ter um parâmetro de quando uma tubulação atingiu sua idade crítica, além de que outros aspectos, tais como diâmetro, conexões, tipo de leito de assentamento da tubulação e fadiga da mesma, podem interagir nesse processo (Herz, 1996 *apud* Gonçalves, 1998).

Na prática, tem-se adotado um plano de recuperação de tubulações e um programa de controle de perdas, dentro de uma mesma companhia de saneamento, como atividades isoladas. Porém, pode-se obter benefícios operacionais e financeiros quando as duas questões fazem parte de um sistema integrado (Conroy e Hall, 1995, e Dyachkov, 1994 *apud* Gonçalves, 1998). No R.U. tem-se evidenciado que, nos últimos 20 anos, o nível de vazamentos tem aumentado a despeito dos esforços empenhados no controle de vazamentos. Isso pode ser atribuído aos baixos investimentos em renovação e recuperação das tubulações. Tem-se evidenciado que o reparo de vazamentos em trechos de rede tem aumentado a ocorrência de rompimentos na rede, provavelmente devido ao aumento da pressão em tubulações com alto índice de degradação (Conroy e Hall, 1995 *apud* Gonçalves, 1998).

Tem-se demonstrado que nem sempre é apropriado continuar localizando e reparando vazamentos na rede, quando a substituição da mesma pode ser viável economicamente. Por outro lado, onde a recuperação é necessária para resolver problemas de qualidade de água, a identificação da solução mais apropriada deve levar em conta os custos associados a reparos de vazamentos e rompimentos de rede. O uso de um sistema de informações georeferenciadas pode auxiliar na correlação de dados relativos a vazamentos e à degradação de um determinado setor da rede, sendo possível identificar e justificar soluções integradas de reparo de vazamentos e recuperação, bem como determinar seus custos efetivos (Baptista e Alegre, 1997 *apud* Gonçalves, 1998).

### 5.12 – Controle de perdas em sistemas intermitentes de abastecimento

Um dos principais problemas no abastecimento de uma dada localidade é a intermitência no fornecimento de água, que é o atendimento ao consumidor durante uma parte do dia, sendo que há falta de água em outro período. Tal problema pode ser originado pela insuficiência da produção e/ou altos índices de perdas na distribuição. De um modo geral, em sistemas de abastecimento com intermitência no fornecimento, tem-se duas dificuldades na detecção de perdas, que são:

a) o tempo para realização da detecção é muito pequeno, devido às poucas horas de abastecimento;

b) baixas pressões no sistema, onde praticamente nenhum aparelho é eficiente;

c) a vazão mínima noturna não representa perdas, uma vez que alguns setores têm falta d'água durante o dia e só podem consumi-la no período noturno. Pode-se, então, partir para as seguintes soluções:

a) Tornar contínuo o fluxo em um determinado setor, o que gera transtorno nos demais setores, que ficarão sem água por um período maior;

b) dividir em zonas de 200 a 300 ligações prediais, colocar todo o setor em carga e observar o consumo, no sentido de detectar um provável vazamento; e;

c) Utilizar um tanque de abastecimento em uma dada área isolada, injetando água no sistema com cerca de 50 a 100 ligações prediais e pressões de 5 a 10 mca, para que os aparelhos de detecção de vazamentos possam funcionar adequadamente (Kumar, 1997 *apud* Gonçalves, 1998)

### 5.13 – Balanço anual

Visando fazer um balanço global do desempenho dos sistemas quanto às perdas, deve-se contabilizar o volume perdido acumulando os seus valores para o período anual, o que permite retirar as interferências advindas das variações ocorridas de um período

para o outro, num mesmo ano. Ganha-se na avaliação geral do sistema, porém, perde-se na capacidade de se tomar decisões a curto prazo.

#### **5.14 – Quantificação de perdas físicas e não físicas**

As perdas não físicas podem ser estimadas a partir da diferença entre o volume perdido e a perda obtida através da vazão mínima noturna. Uma vez que a parcela de contribuição das ligações clandestinas durante o período de vazão mínima noturna é muito pequena comparada ao valor total da vazão mínima noturna, a perda física pode ser considerada como a própria perda obtida pela vazão mínima noturna, a menos dos erros gerados pela imprecisão dos equipamentos utilizados para a medição dessa vazão. No caso de não se ter dados de vazão mínima noturna, para obter o valor das perdas físicas e, por diferença, as perdas não físicas, pode-se estimar, grosseiramente, os percentuais referentes às ligações clandestinas e à submedição. Na falta de informações sobre a submedição, deve-se utilizar os valores encontrados na bibliografia, que variam de 9%, para medidores de boa precisão para baixas vazões, até 25%, no caso de medidores ou de baixa precisão, ou em más condições de conservação. A quantificação das perdas físicas e não físicas possibilitam uma avaliação prévia de quais são as atividades que resultarão em uma redução mais significativa de perdas, ou seja, realizar atividades de redução de perdas físicas ou de perdas não físicas. A depender da distribuição percentual das perdas físicas e não físicas no total perdido, pode-se ter, por exemplo, em um dado sistema, uma grande predominância de perdas não físicas, o que direciona o controle de perdas para a realização de combate de perdas não físicas.

#### **5.15 – Seleção das formas de controle de perdas**

Uma companhia de saneamento deve implantar o seu programa de controle de perdas de forma a desenvolver as atividades que proporcionem uma redução de perdas a valores aceitáveis, obedecendo aos critérios de viabilidade econômica. A primeira atividade de controle de perdas é a setorização da rede. Pode-se utilizar, como única forma de controle, a implantação simples do distrito de medição da vazão de entrada do setor, monitorando a vazão de entrada e, a partir do controle dessa vazão, avaliar as perdas do sistema. De maneira a melhorar esse método, deve-se dividir o distrito em distritos menores, instalando medidores de maior sensibilidade, permitindo um controle

mais eficiente do setor quanto ao monitoramento da vazão mínima noturna. Na setorização deve ser previsto um sistema de monitoramento e controle da pressão. A partir da relação entre as pressões e os vazamentos, pode-se estipular a melhor forma de redução e os níveis de pressão que proporcionem a redução de perdas da forma mais adequada, do ponto de vista econômico. A pesquisa de vazamentos deve ser feita, a princípio, após a setorização da rede, de forma a se ter maior eficiência na sua execução, além de garantir que com o bom funcionamento da rede, devido à setorização, os vazamentos identificados e reparados não retornem devido a pressões inadequadas da rede. A depender das condições da rede, pode ser que a pesquisa de vazamentos, feita de maneira isolada, resulte na melhor solução em termos de redução de perdas.

#### **5.16 – Controle de perdas não físicas**

Partes das perdas não físicas já são combatidas na etapa de apuração do volume perdido, uma vez que aspectos relacionados à submedição e à imprecisão de medidores de vazão são observados nessa etapa. A companhia deve combater as ligações clandestinas, através da priorização de áreas que possuam elevado percentual de perda não física, enviando para campo equipes de detecção de ligações clandestinas, bem como criando um programa de rotina para desenvolvimento dessa atividade. É necessário desenvolver ações que visem a manutenção de um adequado registro de dados sobre os usuários dos sistemas de abastecimento de água da empresa, ligações existentes e outras informações de natureza comercial que possibilitem o correto faturamento e cobrança dos serviços prestados (cadastro de consumidores). Deve-se, também, realizar atividades que visem rever a base dos cadastros técnicos e de usuários objetivando sua unificação, revisão e adequação à realidade física, possibilitando a atualização de forma sistemática dos registros.

#### **5.17 – Controle de perdas físicas**

O primeiro passo a ser dado na setorização de redes é determinar as zonas de influência dos reservatórios apoiados e/ou elevados. O critério usado para delimitação dos setores deve seguir as orientações das normas relativas às pressões máxima e mínima dinâmica, ou diretrizes de operação que prevaleçam nos casos de incompatibilidade com as anteriores. Para atender esta etapa, a companhia deve dispor

de um cadastro técnico confiável e atualizado. Na setorização deve-se, além de isolar o sistema em setores de abastecimentos, também colocar válvulas redutoras de pressão ou reservatórios para quebra de pressão, bem como, quando tratar-se de sistemas existentes, substituir e adequar os diâmetros das redes, visando um melhor funcionamento do sistema quanto a pressões de serviço mais adequadas no que refere-se à redução de perdas. É necessário instalar medidores de vazão, preferencialmente, em uma única linha alimentadora, bastando para a medição global, a colocação de um único macromedidor. No caso de distritos de medição com mais de uma linha de alimentação ou que uma de suas linhas esteja abastecendo outro distrito, devem ser previstas tantas estações de macromedidores ou pitométricas quantas forem necessárias, para que, através de medições simultâneas de vazão, se obtenha, com sua somatória, o histograma de consumo da área em questão. Tal consideração também vale para o caso de sub-distritos. A extensão de rede contida em um distrito de medição deve levar em conta os seguintes aspectos:

- A extensão da rede deve ser tal que o distrito possua uma distribuição homogênea do consumo;
- A dimensão da linha ou linhas de alimentação do distrito pitométrico deverá ser suficiente para abastecer a área sem problemas e ter velocidades de água compatíveis com os limites de precisão do tubo de pitot (velocidades não devem ser inferiores a 0,3 m/s).

Em geral, a quantidade de registros a serem fechados para isolar o distrito não deve ser maior que 20, caso contrário, o tempo de manobra pode inviabilizar o isolamento, bem como a extensão total da rede não deve ultrapassar a 25 km. Deve-se dimensionar os medidores de vazão para serem capazes de medir, sem perda de precisão, baixas vazões (vazão mínima noturna), bem como permitir o abastecimento na vazão de pico, sem introduzir uma considerável perda de carga. Devem ainda ser dimensionados para uma certa quantidade de consumidores, variando de 2.000 a 5.000 propriedades. Para refinamento de um distrito, subdividi-lo, de tal forma que se tenha apenas uma entrada nessa área, facilitando o seu controle, e instalar um medidor de alta precisão para vazões baixas, obtendo-se um melhor controle da vazão perdida no distrito (distrito de medição combinado)

#### **5.18 – Avaliação econômica no controle de perdas**

A análise de custos, incorporada à política de controle de perdas, é um valioso instrumento que auxilia na escolha do melhor momento para a implementação de um

programa de detecção de vazamentos, além de indicar quando deve ser feita a substituição da rede, indicando também a viabilidade econômica para a implantação de VRP's (Válvula Redutora de Pressão), para redução de pressão em conjunto com controle da vazão mínima noturna.

a) Sem um plano de detecção de vazamentos o que é aplicado em pequenas e médias cidades, onde há insuficientes recursos humanos e tecnológicos somente a manutenção corretiva. O reparo de uma dada tubulação ocorre apenas quando a água que vaza da tubulação chega à superfície, sendo comunicado à Companhia. Dessa forma, o custo total anual será resultado da soma do custo do reparo (custo unitário multiplicado pelo número de vazamentos reparados anualmente) e do custo anual da água perdida.

b) Com um plano de detecção apesar do aumento dos custos operacionais, há redução no volume de água perdida de duas maneiras: devido a redução da duração do vazamento; e redução do número de vazamentos remanescentes. O balanço dos custos se faz a partir do custo anual de água perdida, do custo anual de reparo e do custo anual de detecção de vazamentos.

c) Com um plano para substituição de tubos Com a introdução do conceito de vida útil da tubulação, passa-se a considerar, na composição de custo total, a opção de substituir tubos ao invés de repará-los. Considera-se, nesta análise, que o número de vazamentos, apresentados em uma dada tubulação, aumenta linearmente com sua idade e são considerados através de um comportamento geral do sistema, e não para cada tipo de material em específico.

Alguns softwares de computadores são instrumentos capazes de realizar uma avaliação econômica que estabelece, a partir da escolha do tipo de redução de pressão, o potencial de redução de perdas, bem como o período de retorno do investimento realizado. Através dos componentes da vazão mínima noturna, bem como do monitoramento da pressão média horária em um dado dia, o programa calcula a perda diária e com as informações de custo de implantação da válvula e custos da água, pode-se chegar à solução mais viável para o controle de pressão. Idealmente, o ponto ótimo de perdas é onde o custo da água é igual ao custo do controle ativo de perdas.

## 6 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 6.1 – Indicadores Percentual de Perdas

De uma forma clara, o indicador percentual de perdas refere-se ao conceito traduzido pela equação:

$$\text{IP\%} = \frac{\text{Volume Produzido} - \text{Volume Consumido}}{\text{Volume Produzido}} \times 100$$

**Volume produzido:** É o volume total produzido descontando-se o auto consumo da Estação de Tratamento de Água – ETA. Normalmente ele é registrado por um macro medidor de produção na saída de todo processo. Esse macromedidor pode ser mecânico ou eletromagnético. Mas atualmente usa-se somente o macromedidor eletromagnético porque ele possui perdas de medição da ordem de 0,5% enquanto o medidor mecânico possui perdas da ordem de 2,5%.

**Volume consumido:** Volume consumido ou volume micromedido é a soma total de todos os volumes registrados no hidrômetros domiciliar dos clientes residenciais, públicos, comerciais e industriais.

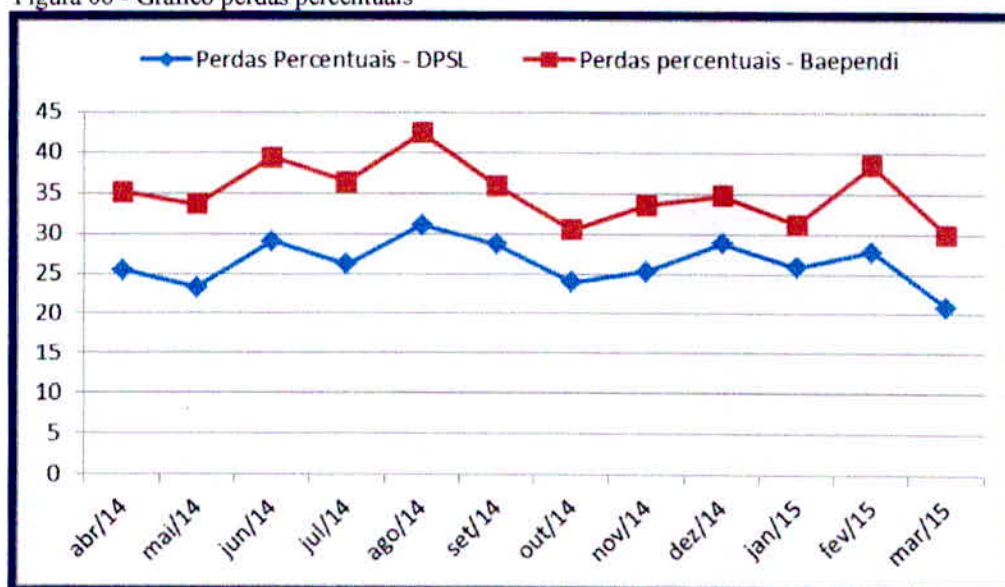
**Em que IP = Índice de perdas (%)**

Destaca-se a seguir alguns pontos importantes referentes a este indicador de perdas:

- Não permite a comparação de desempenho, quanto às perdas de água entre sistemas e outros serviços;
- Não leva em consideração as variações nas características de um sistema para outro (topografia, comprimento das tubulações, números de ligações, padrões dos serviços prestados e da forma como o sistema é operado e mantido);
- É bastante afetado pelo consumo *per capita*.



Figura 06 - Gráfico perdas percentuais



Fonte: O autor

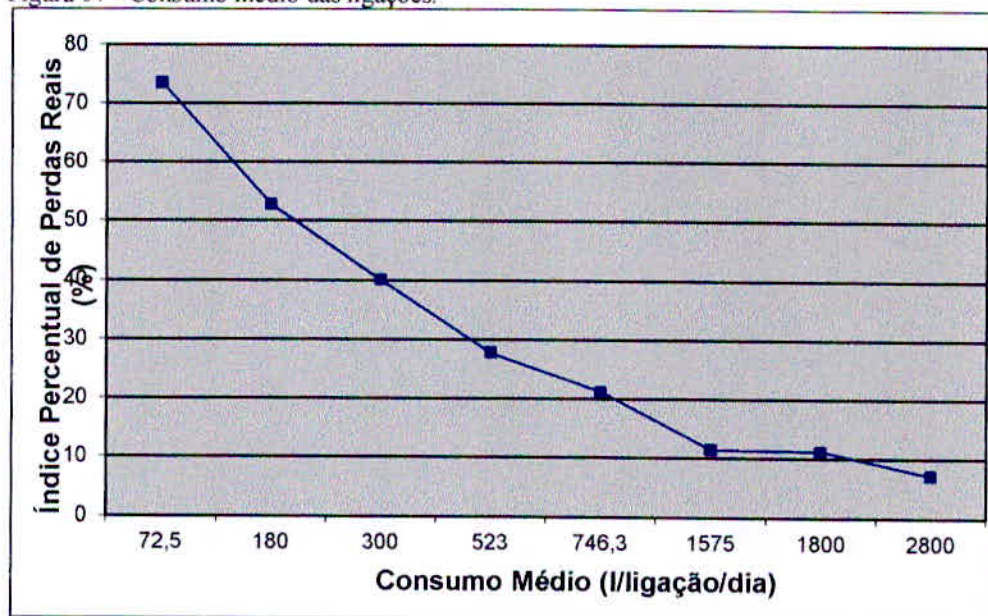
A seguir, pelas Tabelas 03 e Figura 07, com valores obtidos pela COPASA, exemplifica-se o indicador percentual de perdas e a influência do consumo *per capita* no valor das perdas reais.

Tabela 03- Indicadores Percentual de Perdas / Influência do consumo per capita no valor das Perdas Reais expresso em termos percentuais para o ano de 2014.

VOLUME DISTRIBUÍDO m <sup>3</sup> /mês	VOLUME CONSUMIDO m <sup>3</sup> /mês	VOLUME PERDIDO m <sup>3</sup> /mês	PERDA MEDIDA %
272,5	72,5	200	73,4
380,0	180,0	200	52,6
500,0	300,0	200	40,0
723,0	523,0	200	27,7
946,3	746,3	200	21,1
1.775,0	1.575,0	200	11,3
2.000,0	1.800,0	200	11,1
3.000,0	2.800,0	200	7,1

Fonte: COPASA (2015)

Figura 07 - Consumo médio das ligações.



Fonte: COPASA (2015)

Da Tabela 03 e Figura 07 observa-se que, quanto maior o volume consumido, para a mesma quantidade de água perdida, menor é o índice de perda medida.

## 6.2 – Indicadores específico de Perdas

O indicador específico de perdas possui algumas vantagens em relação ao indicador percentual de perdas porque possibilita comparações entre sistemas de portes diferentes sem contaminar o indicador. O indicador específico tornou-se um indicador universal usado no mundo todo pela influência da própria IWA, justamente para permitir o *Banchmarking* no mundo todo.

O indicador específico de perdas é conhecido como: Índice de perdas por ligação (IPL):

IPL = Volume Disponibilizado

VU = Volume Utilizado

VD = Volume Disponibilizado

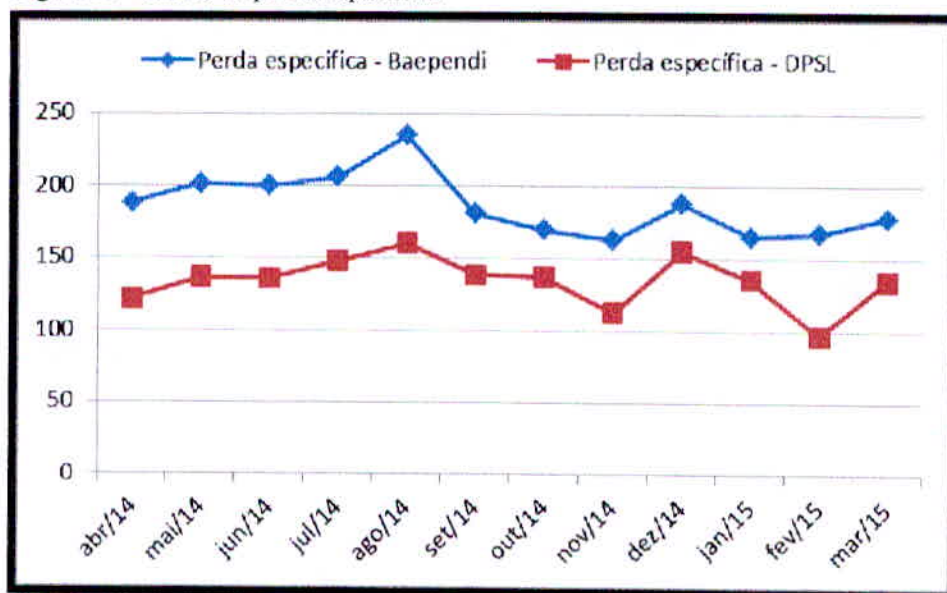
LA = Ligações Ativas

ND = Numero de dias

$$\text{IPL (l/lig/dia)} = \text{VD} - \text{VU} / \text{LA} * \text{ND}$$

Na tabela 04 com os dados do sistema de Baependi, por exemplo, a média móvel de 12 meses do indicador percentual de perdas, está registrada no mês de março de 2015 em 186,72 (l/lig/dia), apesar de ser um número razoável se comparado com o resto do Brasil, quando comparamos com o DPSL (Departamento Sul da Copasa), no qual o Sistema de Baependi está subordinado, administrativamente e tecnicamente o número ainda está alto, pois a média do DPSL é 134,55 (l/lig/dia). Outra comparação é que o consumo percapta do sistema que é distribuído é de 158,68 (l/hab/dia), e o consumido é de 102,91 (l/hab/dia). Se recuperássemos essas perdas seria possível abastecer mais 1633 habitantes com a mesma estrutura atual, ou diminuir o tempo de operação da ETA (Estação de Tratamento de Água), em 6,5 horas diariamente. Por esta razão é importante e necessário reduzir o índice de perdas no Sistema de abastecimento de água de Baependi, o que possibilitará otimizar o tempo de funcionamento permitindo ao sistema até parar para realizar manutenções rotineiras. Também permitirá a empresa economia de produtos químicos, de energia elétrica de mão-de-obra, além de deixar de retirar da natureza o recurso natural além do necessário.

Figura 08 - Gráfico de perdas específicas



Fonte: Autor

### 6.3 – Perdas de água no sistema de Baependi – MG

O sistema de abastecimento de Baependi apresenta perdas de água na ordem de 187 l/Lig/dia (perda específica) e 35,12 % (Perda percentual) conforme Indicadores Básicos Operacionais – (IBO) e Indicadores Básicos Gerenciais – (IBG) – (03/2015), sem a adoção de nenhuma ação sistemática de redução de perdas ao longo do tempo sendo somente implantado projetos isolados para combate às perdas aparentes ( Geofonamento acústico, retirada de alguns vazamentos não aflorantes, medições de pressão e monitoramento do funcionamento das Elevatórias de Água Tratada (EAT).

Tabela 04- Relação Perda específica e perdas percentuais no Sistema Baependi – Período analisado 12 meses.

Mês/ano	Macro Medido	Micro Medido	Perda [%]	Perda Específica [L/lig/dia]
Abr./14	100.379	65.139	35,11	188,20
Mai./14	95.687	63.453	33,69	201,14
Jun./14	94.490	57.272	39,39	200,10
Jul./14	91.676	58.314	36,39	206,17
Ago./14	97.803	56.286	42,45	234,67
Set./14	94.520	60.552	35,94	180,72
Out./14	89.091	61.907	30,51	169,73
Nov./14	92.350	61.352	33,56	162,77
Dez./14	87.988	57.406	34,76	187,79
Jan./15	94.773	65.202	31,19	164,89
Fev./15	93.995	57.807	38,49	166,79
Mar./15	78.489	54.956	29,98	177,69
<b>Total</b>	<b>1.111.241</b>	<b>719.646</b>	<b>421,46</b>	<b>2.240,66</b>
<b>Média (12 meses)</b>	<b>92.603,42</b>	<b>59.971,50</b>	<b>35,12</b>	<b>186,72</b>

Fonte: IBO/IBG 03/2015 da Copasa

Os sistemas de abastecimento de água operam, normalmente, com uma perda elevada que é incompatível com uma gestão racional e eficiente. Frequentemente, os diagnósticos abordam problemas na gestão das atividades de manutenção da rede, pressões excessivas na rede, redes de abastecimentos apresentando má qualidade e inexistência de controle de vazamentos, porém, o desconhecimento das causas, das componentes e da quantificação das perdas é o principal problema para definir ações eficientes de redução.

O propósito deste trabalho é demonstrar os fundamentos. As atividades deste programa atuam de maneira especial para redução de perdas reais e aparentes de água aplicando metodologias eficazes de combate as perdas e remodelagem do sistema implantando a setorização com a implantação do distrito de controle de perdas, combinada com uma ferramenta de gestão – (MASPP - Método de Análise e Soluções de Problemas de Perdas) para garantir a sustentabilidade dos resultados obtidos no período após estudos e implantação do projeto.

Figura 09 - Vazamento de rede não aflorante



Fonte: Arquivo fotográfico Escritório Local Baependi

Iremos abordar a metodologia adotada na estimativa de perdas de acordo com o proposto a seguir:

- A estimativa das perdas reais obtidas com a utilização do método FND-Fator Noite-Dia que relaciona a vazão mínima noturna com a vazão média através de um fator horário. Os consumos noturnos foram estimados através dos ensaios de campo obtidos estatisticamente;
- A perda física inerente - UARL - foi estimada conforme determina a metodologia desenvolvida pela IWA (2000) que representa a parcela inerente das perdas e serve para indicar as condições da infraestrutura existente.

Tabela 05- Relação Perda específica e perdas percentuais no DPSL(Departamento Sul Leste) – Período analisado 12 meses.

Mês/ano	Macro Medido	Micro Medido	Perda [%]	Perda Específica [L/lig/dia]
Abr./14	9.457.607	7.051.305	25,44	122,30
Mai./14	9.147.651	7.022.146	23,23	136,61
Jun./14	9.093.834	6.450.196	29,07	136,22
Jul./14	8.962.793	6.618.306	26,16	147,74
Ago./14	9.235.577	6.363.497	31,10	160,12
Set./14	9.475.828	6.760.474	28,65	138,55
Out./14	9.077.555	6.899.989	23,97	137,41
Nov./14	8.959.811	6.691.085	25,29	112,89
Dez./14	8.744.393	6.226.121	28,80	154,94
Jan./15	9.566.049	7.095.693	25,81	135,82
Fev./15	8.836.964	6.383.794	27,76	97,01
Mar./15	7.815.480	6.185.411	20,86	135,02
<b>Total</b>	<b>108.373.542</b>	<b>78.748.017</b>	<b>316,14</b>	<b>1614,63</b>
<b>Média (12 meses)</b>	<b>9.031.128,50</b>	<b>6.645.668,08</b>	<b>26,34</b>	<b>134,5525</b>

Fonte: IBO/IBG 03/2015 da Copasa

Na etapa do diagnóstico, as perdas reais de todo o sistema de abastecimento serão estimadas pelo método Fator Noite-Dia utilizando-se de parâmetros (expoente N, Pressões Médias, vazão mínima noturna) característico do sistema. O plano de ação de redução de perdas reais e aparentes será concebido com a implantação simultânea de projetos de redução de perdas reais ( melhoria da qualidade dos reparos, controle e gerenciamento de pressão, controle de vazamentos ativos e melhoria da infraestrutura instalada) e do combate às perdas aparentes ( melhoria da medição, revisão do cadastro comercial, combate às fraudes e ligações irregulares).

#### 6.4 – Passos para calcular Água não faturada e Perdas conforme Balanço IWA no sistema de Baependi – MG

1. Definição do Volume de Entrada no Sistema e colocá-lo na coluna A;
2. Definição do Consumo Medido Faturado e Consumo Não Medido Faturado na Coluna D; entre com este valor no Consumo Faturado Autorizado (coluna C) e Água Faturada (coluna E);

3. Cálculo do volume de Água Não Faturada (coluna E) a partir da diferença entre Volume de Entrada no Sistema (coluna A) menos Água Faturada (coluna E);
4. Estabelecimento do Consumo Medido Não Faturado e Consumo Não Médio Não Faturado na coluna D; transferência do total de Consumo Autorizado Não Faturado para a coluna C;
5. Adicionamento dos volumes de Consumo Autorizado Faturado e Consumo Autorizado Não Faturado da coluna C; entre com este valor em Consumo Autorizado (no topo da coluna B);
6. Cálculo das perdas de água (coluna B) como a diferença entre o Volume de Entrada no Sistema (coluna A) e Consumo Autorizado (coluna B);
7. Estabelecimento dos componentes de Consumo Não Autorizado e “Imprecisões” de Medição da melhor maneira possível, soma e entre com este valor em Perdas Aparentes (coluna C);
8. Cálculo da Perda Real (coluna C) como Perdas de Água (coluna B) menos Perdas Aparentes (coluna C);
9. Estabelecimento dos vários componentes das Perdas Reais (coluna D) através das melhores técnicas disponíveis (medições de vazões noturnas, modelização, etc.) adição e comparação destes com o volume Perdas Reais na coluna C, conforme calculado até o item 8.

Tabela 06 - Balanço de Água Baependi – 01/2014 a 12/2014 (COPASA, 2015).

A	B	C	D	E	
Volume de Entrada na no sistema de Baependi 395.401.204 m <sup>3</sup> /ano	Consumo autorizado 258.706.030 m <sup>3</sup> /ano	Consumo autorizado faturado 257.038.783 m <sup>3</sup> /ano	Consumo medido faturado 255.477.573 m <sup>3</sup> /ano	Água faturada 257.038.783 m <sup>3</sup> /ano	
			Consumo não medido faturado 1.561.210 m <sup>3</sup> /ano		
		Consumo autorizado não faturado 1.667.247 m <sup>3</sup> /ano	Consumo medido não faturado 1.667.247 m <sup>3</sup> /ano		
			Consumo não medido não faturado NÃO É APURADO m <sup>3</sup> /ano		
	Perda de água 136.695.174 m <sup>3</sup> /ano	Perda Não Física 39.540.120 m <sup>3</sup> /ano		Consumo não autorizado NÃO É APURADO m <sup>3</sup> /ano	Água não convertida em receita <sup>14</sup> 138.362.421 m <sup>3</sup> /ano
				Erro de medição 39.540.120 m <sup>3</sup> /ano	
		Perda Física 97.155.054 m <sup>3</sup> /ano		Vazamento extravasamento NÃO É APURADO m <sup>3</sup> /ano	
				Vazamento em adutoras e redes NÃO É APURADO m <sup>3</sup> /ano	
				Vazamento em ramais NÃO É APURADO m <sup>3</sup> /ano	

Fonte:(IBO/IBG) - COPASA (2015)

Pela Tabela 06, exemplifica-se um Balanço de Água com dados do SAA – Sistema de Abastecimento de Água de Baependi – (Distrito do Rio Verde – DTRV).

### 6.5 – Componentes do Balanço de Água e Cálculos Relativos

As ‘Melhores Práticas’ na administração das perdas de Água consistem em um contínuo cálculo do Balanço de Água junto com medições noturnas de vazões continuamente ou ‘quando requerido’. O Balanço de Água, usualmente tomado em um período de 12 meses, deve incluir:



- Uma completa contabilidade da água que entra e sai do sistema, incluindo-se aí a inspeção no sistema de registros (de informações);
- Um programa contínuo de aferição e calibração dos medidores;
- A consideração apropriada devido ao intervalo de tempo entre as medições dos medidores na produção e no consumo.

O cálculo do Balanço de Água quantifica volumes totais de água no sistema, consumo autorizado (faturado ou não, medido ou não) e perdas de água (aparente e real), conforme a Tabela 06. Nesta tabela verifica-se que a prática de detecção de vazamentos não é contínua, e o processo pode também incluir uma análise de custo/benefício para a recuperação de vazamentos excessivos, levando a um programa de detecção de vazamentos.

Todos os cálculos do Balanço de Água são aproximados em algum grau, em razão das dificuldades de se estabelecer todos os componentes do balanço com completa precisão. A confiabilidade tende a aumentar quando os volumes de entrada no sistema são medidos em duplicata, e toda a água é medida por meio de um parque de hidrômetros de consumidores adequadamente mantido, e abastece propriedades sem reservatórios de estocagem de água. A existência de reservatórios domiciliares pode resultar em baixas vazões nas ligações domiciliares, e estas baixas vazões podem não ser registradas com precisão nos hidrômetros domiciliares.

As 'Melhores Práticas', conforme recomendado pelo Grupo de Indicadores de Desempenho da IWA (Werdine, 2002), consistem em atribuir notas sobre o grau de confiança em cada um dos componentes do Balanço de Água, incorporando notas para confiabilidade e precisão.

Cada componente do Balanço de Água anual (Tabela 06) deve ser sempre apresentado, inicialmente, em termos de volumes anuais. Os volumes anuais de Água Não Faturada, Água Perdida, Perdas Aparentes e Perdas Reais são calculados usando-se os passos mostrados sob a Tabela 06.

O Passo 9 dos cálculos recomenda que os volumes das Perdas reais calculados pela diferença entre Perdas de Água e Perdas Aparentes deve ser checado, se possível, pelo estabelecimento dos vários componentes das Perdas Reais. Uma melhor

compreensão dos componentes das Perdas Reais pode ser obtida classificando-os como abaixo:

- Perdas não-visíveis (*Background*) advindas de vazamentos mínimos não detectáveis – tipicamente baixas vazões, longa duração, e grandes volumes;
- Perdas de vazamentos informadas pelos consumidores – tipicamente altas vazões, pouca duração, volumes moderados;
- Perdas por rompimentos não informados, encontrados pelo controle ativo de vazamentos – vazões médias, mas a duração e o volume depende da política de detecção ativa de vazamento;
- Extravasamentos e vazamentos em reservatórios.

Métodos para se analisar e avaliar as Perdas reais, outros que não o Balanço de Água, incluem:

- Análise de vazões noturnas baseadas em dados de setores de medição;
- Análise dos registros de vazamentos e rompimentos, quantidade, vazões médias e durações;
- Cálculos por meio de modelos que incluem registros de vazamentos invisíveis e pressões.

Nas ações operacionais os problemas mais comuns são:

- Grandes vazamentos na rede hidráulica
- Redução do tempo médio de reparo de vazamentos.
- Setorização da rede de distribuição.
- Detecção mais rápida das perdas, mediante automação e controle da rede e atuação para sua correção.
- Detecção de vazamento não visível.
- Pesquisa de vazamentos planejada e frequente.
- Instalação de válvulas redutoras de pressão.
- Implantação de obras de setorização.
- Combate às fraudes e ligações inativas.
- Substituições de redes de distribuições.

- Layout impróprio.
- Superdimensionamento do sistema.
- Seleção incorreta dos equipamentos.
- Equipamentos antigos e ultrapassados.
- Manutenção precária.
- Desperdício de água utilizável.

Apesar das perdas depois do padrão de ligação não estarem incluídas nestes cálculos, elas podem ser de alguma valia e ser consideradas para propósitos de cálculos de demanda

#### **6.6 – Limites econômicos e limites técnicos do controle de perdas de água**

Outra contribuição importante da IWA foi a de definir dois limites para os volumes das perdas em um sistema:

- Um limite econômico, a partir do qual se gasta mais para reduzir as perdas do que o valor intrínseco dos volumes recuperados (Varia de cidade para cidade, em função das disponibilidades hídricas, custo de produção, etc.);
- Um limite técnico (“perdas inevitáveis”), mínimo, definido pelo alcance das tecnologias atuais dos materiais, ferramentas, equipamentos e logísticos, ou, em outras palavras, nunca haverá perda zero, sempre teremos de conviver com algum volume perdido, por mais bem implantado e operado que seja um sistema de abastecimento.

Assim, não é economicamente viável eliminar completamente toda a perda de água física e comercial. Entretanto, devido às significativas perdas de água nos países em desenvolvimento, é razoável prever que a quantidade de perda de água nestes países pode ser reduzida pela metade pelo menos, nos próximos anos.

## 7 – MELHORIAS SEREM IMPLANTADAS PARA DIMINUIR O ÍNDICE DE PERDAS DE ÁGUA.

### 7.1 – O sistema de Baependi.

#### 7.1.1 - Sede:

A sede do município possui uma população estimada em 19.941 habitantes (IBO/IBG – Copasa - 09/15), com o índice de atendimento de 99,5%. As principais atividades econômicas são comércio e turismo e há uma tendência de crescimento na direção sul.

Sistema de Abastecimento de Água da cidade de Baependi começou a ser operado pela COPASA em 1979. A água é captada no Rio Baependi e tratada em uma estação do tipo clarificador de contato e uma convencional, onde passa pelos processos de oxidação, floculação, decantação, filtração, desinfecção, correção de pH e fluoretação. A Copasa atende, em Baependi, aproximadamente 17,4 mil habitantes. A água chega aos imóveis percorrendo mais de 55 mil metros de redes de distribuição.

O sistema atende 5.954 (IBO/IBG – Copasa - 09/2015) ligações prediais, e trabalham com 11 empregados, sendo 01 encarregado de sistema, 02 leituristas, 02 oficiais de água, 01 servente de água, 01 atendente comercial, 01 auxiliar de sistemas e 02 operadores de ETA.

Como premissa básica do trabalho de perdas, deve-se verificar subsetores por fazerem parte do macro sistema de abastecimento de água. Como as perdas estão presentes em todo o sistema desde a captação até a ligação de água do cliente, cada fase deverá ser avaliada:

- Adutora de Água Bruta – AAB;
- Estação de Tratamento de Água – ETA;
- Adutora de Água Tratada – AAT;
- Rede de Distribuição de Água – RDA;
- Reservação do Sistema;
- Automatização do Sistema de Bombeamento;

Para isso etapas e subprojetos deverão ser verificados ou implantados:

- Modernização do Cadastro Técnico;
- Estudo de Setorização e Macromedição do Sistema;
- Modernização do Cadastro Comercial;
- Avaliação do Nível de Erro de Hidrômetros Existentes;
- Avaliação comparativa de Hidrômetros Classes C e B;
- Avaliação de perdas de água em ligações prediais;
- Influência da redução de pressão nas Perdas da Distribuição;
- Pesquisa de Vazamentos não Visíveis;
- Avaliação do Volume de Água de Processo Utilizado na ETA.

#### **7.1.2 – Captação:**

A captação é superficial com balsa, às margens do Rio Baependi, com capacidade total de 136,0 L/s, que atende as cidades de Baependi e Caxambu. Atualmente, o manancial é outorgado pela portaria nº 60 com data de publicação em 01/08/1993, com vazão outorgada de 150 L/s e regime de operação de 24 h/dia. Foi protocolada na Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável processo de renovação de outorga, conforme recibo nº 1711435/2013 de 23/08/2013. A AAB tem pequena extensão com um trajeto bem delimitado e não há vazamentos.

#### **7.1.3 - Adutora de Água Bruta – AAB:**

A adução de água bruta se dá por recalque da EAB até a ETA, através de três conjuntos motobombas de 50 cv, em tubos de ferro fundido DN 300, numa extensão total de 160 m. A AAB tem pequena extensão por um trajeto bem conhecido e não há vazamentos.

#### **7.1.4 - Estação de Tratamento de Água – ETA:**

O tratamento é feito em duas ETA's que produzem água tratada para Caxambu (60%) e Baependi (40%), sendo uma com clarificador de contato, em concreto, com

vazão nominal de 80 L/s e outra metálica convencional com vazão nominal de 30 L/s. Ambas em paralelo e com vazão atual de operação de 130 L/s, operando em média 21 h 15 min./dia (IBO/IBG - Copasa - 09/2015). Controle efetivo da qualidade da água na distribuição, garantindo sua potabilidade, conforme determinação da Portaria 518 do Ministério da saúde e efetuando melhorias, sempre que necessárias. O controle de qualidade da água distribuída certifica a potabilidade da água produzida pela Copasa, verificando se ela está própria para o consumo humano, de acordo com os padrões estabelecidos pela legislação em vigor. Para tanto, são realizadas, periodicamente, análises em amostras para evidenciar a ausência de substâncias químicas e físicas, como também microorganismos que possam ser prejudiciais à saúde. Essas análises podem ser agrupadas em quatro grandes grupos:

**Análises físicas** - Verificam os aspectos físicos da água, como por exemplo, a cor e turbidez, ou seja, possíveis alterações na sua transparência ou presença de resíduos.

**Análises químicas** - Verificam e identificam a existência de compostos orgânicos e inorgânicos que afetam a saúde ou a aparência da água, como por exemplo, os pesticidas, metais pesados, ferro, alumínio, etc.

**Análises bacteriológicas** - São análises que verificam e identificam a existência de coliformes totais e fecais, dentre outros microorganismos, que são indicativos da possibilidade da presença de outros microorganismos causadores de doenças no homem.

**Análises hidrobiológicas** - Verificam e identificam a existência de determinados microorganismos vegetais e animais que possam contaminar e poluir as águas, como protozoários, microcústeos, rotíferos, alguns tipos de algas e etc.

O clarificador de contato está trabalhando acima do seu limite máximo, com comprometimento da qualidade da água tratada, principalmente em períodos chuvosos, além de apresentar problemas estruturais que implicam em vazamentos de, aproximadamente, 17,77% da vazão captada (IBO/IBG – Copasa - 09/2015). Da ETA a água é conduzida a quatro reservatórios e chega à população através de rede distribuidora em tubos PVC, ferro galvanizado e ferro fundido. Com diâmetros variáveis de 15 a 200 mm, em aproximadamente 56.582 m de extensão.

**Unidade de Tratamento de Resíduos - UTR:** Com a Deliberação Normativa COPAM n.º 153, de 26 de julho de 2010, republicação da DN COPAM n.º 153/2010 concedida “ad referendum”, publicada no Diário Oficial de 27/07/2010 e referendada na Câmara Normativa e Recursal – CNR de 20/02/2013, com alterações.

*Delibera:*

*III- Municípios com ETA's com capacidade de tratamento superior a 100 l/s até 200 l/s devem formalizar, até dezembro de 2019, o processo de regularização ambiental do sistema de tratamento de água, incluindo a ETA com a UTR;*

### **7.1.5 – Macromedição da produção:**

Macromedição é o conjunto de medições realizadas no sistema público de abastecimento de água, desde a captação de água bruta até as extremidades de jusante da rede de distribuição. Como exemplo citam-se: medições de água bruta captada ou medições na entrada de setores de distribuição, ou ainda medições de água tratada entregue por atacado a outros sistemas públicos. No caso da Estação de tratamento de Baependi esse fato ocorre, porque a mesma ETA atende as cidades de Baependi e também de Caxambú. Um medidor está instalado na AAB que leva água para Caxambú de forma a contabilizar o consumo e apropriar os custos provenientes, de forma a ser rateado pelas duas cidades.

Os medidores envolvidos na macromedição são normalmente de maior porte que os usados na micromedição, podendo, no entanto, ocorrer eventualmente de um medidor de grande porte ser usado em micromedição, como no caso de um grande consumidor industrial, por exemplo.

No sistema de Baependi, são macromedidos tanto a AAB, quanto a AAT. Há um macromedidor eletromagnético DN 300 na AAB (Adutora de Água Bruta) e dois macromedidores de produção instalados nas AAT01 (Adutora de Água Tratada nº 01) que abastece o Sistema de Baependi DN 200 e outro instalado na AAT (Adutora de Água Tratada) que abastece o sistema de Caxambú. A calibração é feita periodicamente pela equipe de macromedição e pitometria mantendo os equipamentos dentro das condições de confiabilidade e dentro do erro do equipamento que é de 0,5%. A hipótese

de erro no sistema de macromedição praticamente não existe devido a precisão dos equipamentos eletromagnéticos.

#### **7.1.6 - Adutora de Água Tratada – AAT:**

A Adutora de Água Bruta nº 01 (AAT01) tem o comprimento total de 1470 [m], sendo um trecho duplicando numa extensão de 882 [m] em FºFº DN 150, e mais um trecho de adutora simples de 588 [m] em FºFº DN 200. A AAT01 leva água tratada da EAT01 até os reservatórios REN01 (Reservatório Enterrado nº 01) com um volume de 500 m³, e reservatório RSE01 (Reservatório Semi-enterrado nº 01) com um volume de 300 m³. Saíndo do RSE01 está montada a EAT02 que bombeia água tratada através de uma da AAT02, (Adutora de Água Tratada nº 02), em PVC DN 75 numa extensão de 1380 [m] até o RAP01 (Reservatório Apoiado nº 01) com o volume de 100 m³. No sistema de Baependi há 02 elevatórias, sendo:

**EAT-01:** Localizada na Av. Juscelino Kubitschek Oliveira, 820 – Centro (Na área da ETA) com 02 conjuntos motobombas 1x100 cv + 1x125 cv. Recalca água tratada para o RSE-02, RSE-03 através da AAT01 com 882 [m] duplicados em FºFº DN 150 e 588 [m] de adutor simples FºFº DN 200. São trechos de adutoras virgens, isto é: não possuem derivações, nem bifurcações e nem ligações prediais como a vazão que sai da EAT01 e a mesma que chega aos reservatórios, não há a possibilidade de ter vazamentos não aflorantes.

**EAT-02:** Localizado na Rua Teófilo Otoni, s/nº, com 04 conjuntos motobombas 2x20 cv + 2 x 12,5 cv. Os conjuntos moto-bombas de 20 CV, bombeiam a água tratada do REN01 (Reservatório Enterrado nº 01) através de uma AAT02 com 1380 [m] de extensão para RAP-04 neste trecho a possibilidade de haver vazamentos não aflorantes é pequena, visto que a AAT02 também vai virgem até o RAP01 (Reservatório Apoiado nº 01). Quanto aos conjuntos moto-bombas de 12,5 CV foram instalados para vencer a perda de carga devido a diâmetros sub-dimensionados e abastecem em marcha a zona média da cidade. Neste trecho o número de vazamentos é muito alto devido a pressão também alta, a probabilidade de vazamentos não aflorantes perdendo água para galerias ou até mesmo para a rede de esgoto é muito grande. Deveremos instalar nesta região



dois DMC's (Distrito de Medição e Controle de Perdas) de forma a facilitar a identificação das perdas e o geofonamento acústico dos setores.

### 7.1.7 - Rede de Distribuição de Água – RDA:

Na tabela 07 temos a distribuição de rede no sistema de Baependi que é compreendido desde o diâmetro de 15 mm até o diâmetro de 200 mm

Tabela 07 – Distribuição de rede no sistema de Baependi-MG.

<b>Tipo de Rede</b>	<b>Extensão (m)</b>
DEFOFO DN 200	822,00
DEFOFO DN 150	724,00
F.ºF.º DN 150	416,00
F.G. DN 100	164,00
F.G. DN 75	324,00
PVC DN 140	404,00
PVC DN 125	127,00
PVC DN 110	764,00
PVC DN 100	396,00
PVC DN 85	536,00
PVC DN 75	5.452,00
PVC DN 60	2.210,00
PVC DN 50	21.355,00
PVC DN 40	10.385,00
PVC DN 32	6.420,00
PVC DN 25	4.722,00
PVC DN 20	343,00
PVC DN 15	1.018,00
<b>TOTAL</b>	<b>56.582,00</b>

Fonte: O autor

O sistema de distribuição de rede conta com diâmetros desde PVC DN 15 até o diâmetro de PVC DN 200 DEFOFO (Diâmetro Equivalente ao Ferro Fundido). Nas redes de distribuição verificamos os maiores problemas relacionados às perdas de água no sistema de Baependi, porque trata-se de redes muito velhas, com diâmetros subdimensionados, com alta perda de carga e submetidos a uma pressão de trabalho muito alta, as vezes superior a pressão suportada pelo tubo. Dos 56.582 m de rede de distribuição, 22.888 m são de diâmetro inferior a 50 mm, que é o menor diâmetro

estabelecido por norma. A proposta é que para revitalização das redes de distribuição será necessário a substituição de 22.888 m de rede por rede PVC DN 50 como forma de diminuir a perda de carga e consequentemente o numero de vazamentos e as perdas físicas de água. Com a criação de 05 DMC (Distrito de Medição e Controle de Perdas) a expectativa é que a perda de água baixe dos atuais 37,33% (IBO/IBG – Copasa - 09/2015), para números mais aceitáveis.

### 7.1.8 - Reservação do Sistema:

Tabela 08 – Tabela demonstrativa de reservação – SAA.

Tipo de Reservatório	Volume (m <sup>3</sup> )	Reutilizável (S/N)	Estado de conservação
REN – 01 (Alvenaria)	250	Sim	Bom
RSE – 02 (Alvenaria)	500	Sim	Bom
RSE – 03 (Alvenaria)	300	Sim	Bom
RAP – 04 (Metálico)	100	Sim	Bom
<b>TOTAL</b>	<b>1.150</b>	-----	-----

Fonte: O autor

O sistema de reservação atende as necessidades do sistema de Baependi, e também atende as exigências de 1 terço do volume médio tratado. Como o volume médio tratado foi de 3014 m<sup>3</sup> no mês (IBO/IBG – Copasa - 09/2015), 1150 m<sup>3</sup> representa 38,15% da vazão média, portanto acima de 1 terço. Mais mesmo assim ainda propomos a implantação de 02 reservatórios de 300 m<sup>3</sup> visando melhoria das condições de abastecimentos de bairros mais distantes. Os dois reservatórios teriam a função de modular o abastecimento porque a sua localização estratégica beneficiaria bairros que quando a necessidade de parada para manutenção, leva muito tempo para recuperar totalmente o abastecimento.

### 7.1.9 - Automatização do Sistema de Bombeamento:

A automação do sistema é realizada através de rádio de telecomando entre a EAT01 e Reservatórios. Funciona muito bem e evita extravasamentos. Neste item do sistema de abastecimento de água está descartado qualquer tipo de perdas de água devido à qualidade do sistema de automação

### 7.1.10 - Hidrometação:

Na tabela 09 temos uma análise estatística com a idade do parque de hidrômetros do Sistema de Abastecimento de Água de Baependi. Observa-se que 80,78% dos hidrômetros possuem idade inferior a 6 anos de uso, fator esse, que diminui os erros devido a desgaste nas partes móveis dos aparelhos.

Tabela 09 – Análise estatística do Parque de Hidrômetros  
DSO - DPSL - DTRV - BAEPENDI  
Diagnóstico da Micromedição  
Resumo IDPH - Idade do Parque de Hidrômetros  
Posição: Setembro/2015

Idade	Ligação	Até 6 anos	Acima de 6 anos	IDPH(%)
Até 1 ano	698	698	0	100
01 a 02 anos	979	979	0	100
02 a 03 anos	613	613	0	100
03 a 04 anos	601	601	0	100
04 a 05 anos	1019	1019	0	100
05 a 06 anos	821	821	0	100
06 a 07 anos	518	0	518	0
07 a 08 anos	178	0	178	0
08 a 09 anos	127	0	127	0
09 a 10 anos	178	0	178	0
10 a 11 anos	125	0	125	0
<b>TOTAL</b>	<b>5.857</b>	<b>4731</b>	<b>1126</b>	<b>80.78</b>

Fonte: Autor

Uma boa gestão da micromedição é essencial para a manutenção dos volumes de submedição em patamares mais baixos. No Brasil, devido ao hábito de uso de reservatórios domiciliares os volumes de submedição tendem a aumentar. Por outro lado, os medidores velocimétricos de classe “B”, extensamente utilizados no País, tem se mostrado pouco eficientes em baixas vazões e perdem capacidade com poucos anos de uso. Uma complexa equação de custos e benefícios envolvendo pessoal capacitado, infraestrutura de laboratórios, tecnologia de medidores, capacidade de gestão das aquisições e de fornecedores, capacidade de instalação, manutenção corretiva, preditiva e preventiva de medidores, precisa ser resolvida de modo a garantir os menores patamares possíveis de submedição no parque de hidrômetros. Por muitos anos ainda, possivelmente sempre haverá muito a fazer nesta matéria. No sistema de Baependi foi

verificada a idade dos hidrômetros e análise estatística para determinar nível de perda do parque atualmente instalado no sistema. Verificou-se que o parque de hidrômetros de Baependi 80,78% possui idade inferior a 6 anos de uso, e somente 19,22 possui idade superior a 6 anos de uso. Aprimorando ainda mais a análise, somente 7,34% dos hidrômetros do parque possui mais de 8 anos de uso quando é recomendado a manutenção preventiva para evitar que os hidrômetros comecem a submedir, trazendo prejuízos para as empresas de saneamento.

## **7.2 – Problemas estruturais e estruturantes do Sistema de Abastecimento da Sede:**

### **7.2.1 – A gestão de programas de redução de perdas**

Padrões de Trabalho de Controle de volume de água disponibilizado, abrangendo:

- Planejamento e Controle de reservatórios;
- Planejamento e Controle de bombeamentos;
- Planejamento e Controle de VRP's;
- Planejamento e Controle de Redes de Distribuição;
- Planejamento e Controle de combate a vazamentos;
- Planejamento e Controle de manobras; e outros...

Padrões de Trabalho de Controle de volume de água utilizado e ligações ativas, abrangendo:

- Planejamento e Controle de Cadastro de Consumidores;
- Planejamento e Controle da Micromedição tanto para rol comum como para cliente especial;
- Planejamento e Controle de combate a fraudes e clandestinas;
- Planejamento e Controle das Margens de Erro da Macro e Micromedição;
- Planejamento e Controle de Ataque a Inativas; e outros...

### **7.2.2 - Melhorias Propostas – Cenário 1.**

Proposta para melhorar e ampliar o SAA, com atendimento a 100% da população, com investimento total previsto de **R\$ 5.046.148,15**.

Tabela 10 – Proposta de Ampliação do SAA

<b>Investimento</b>	<b>Valor (R\$)</b>
Implantação de uma EAT (2x10cv) e recuperação na qualidade ambiental.	300.000,00
Substituição de 600m de rede FOFO DN 200 por DN 250.	200.000,00
<b>Subtotal 1</b>	<b>500.000,00</b>
Implantação de um <i>booster</i> . ( 2x1,5cv).	70.000,00
Implantação de um <i>booster</i> . (2x5cv).	80.000,00
Reforma no prédio, aquisição de novos equipamentos para casa de química/laboratório e melhorias no sistema de dosagem (1ª Etapa).	120.000,00
Implantação de um <i>booster</i> . (2x3cv).	80.000,00
Substituição de 1.600m de rede FOFO DN 150 por DN 250.	450.000,00
Implantação de dois reservatórios – RAP 300m³.	500.000,00
Substituição de 12.503 m de rede com diâmetros inferiores a 40 mm por PVC DN 50.	926.148,15
<b>Subtotal 2</b>	<b>2.226.148,15</b>
Reforma no prédio, aquisição de novos equipamentos para casa de química/laboratório e melhorias no sistema de dosagem.	360.000,00
Implantação de um reservatório – REL 40m³.	120.000,00
Implantação de um reservatório – RAP 170m³.	200.000,00
Implantação de um reservatório – REL 25m³.	100.000,00
Implantação de 570m de rede PVC DN 100.	60.000,00
Implantação de 2.465m de rede FOFO DN 100.	400.000,00
Implantação de uma ETA convencional de 180 L/s. Levando em consideração a população flutuante de Baependi e Caxambu. Ambas com potencial turístico.	800.000,00
Substituição dos conjuntos motobombas da EAB (3x60 cv)	80.000,00
Melhorias na unidade de captação.	200.000,00
<b>Subtotal 3</b>	<b>2.320.000,00</b>
<b>Subtotal 4 – Custo implantação DMC</b>	<b>1.262.972,72</b>
<b>TOTAL</b>	<b>6.309.120,87</b>

Fonte: O autor

As principais deficiências do SAA são:

- ETA convencional com problemas estruturais. (Comprometendo indicadores econômico-financeiros, elevando o consumo de energia elétrica e produtos químicos)
- Rede de distribuição subdimensionada.
- Rede de distribuição de ferro fundido muito antiga. (Elevada quantidade de manutenções e comprometimento da qualidade da água distribuída).
- Déficit de reservação.
- Falta de urbanização de áreas.
- Déficit de elevatórias.

### **7.3 – Implantações dos distritos de medição e controle de perdas – DMC**

#### **7.3.1 – Projetando e implantando DMC:**

- Basear-se em modelos hidráulicos; dos mais fáceis para os mais difíceis;
- Critérios de Projeto:
- Só um ponto de entrada (se possível)
- Tamanho: entre 500 e 3.000 ramais
- Máximo de 25 km de redes
- Considerar variações topográficas (minimizar)
- Isolamento do DMC através de registros limítrofes ou seccionamento; reduzir tanto quanto possível a quantidade de pontas de rede (qualidade da água);
- Instalação de equipamentos para medição da VAZÃO de entrada; pressão na entrada e pressão média;

Figura 10 – Distribuição de DMC no sistema de Baependi.



Fonte: Google earth

No sistema de Baependi como estratégia para o trabalho de combate as perdas de água, serão implantados 5 DMC's (Distrito de Controle de Perdas). O DMC facilita o trabalho de combate às perdas porque reduz a área de atuação fazendo com que os trabalhos possam ser realizados por partes e programados sem comprometer o abastecimento e nem mesmo afetar a operação, permitindo aos demais clientes receberem seus serviços, enquanto no DMC estudado, o trabalho pode ser executado planejadamente.

Implantação de DMC: estratégia para programas de redução e controle de perdas

- A implantação de DMC é o melhor método disponível de gerenciamento de fugas para companhias ricas e pobres
- O princípio subjacente é: “o que não se pode medir não se pode gerenciar”;
- Decisões com informação economizam dinheiro;
- Sistemas em más condições: DMCs são ainda mais importantes;
- Sistemas sem recursos podem começar gradualmente, por etapas, um DMC por vez;
- DMCs são perfeitos como unidades de avaliação em programas de redução e controle de perdas;

Muitos são os benefícios decorrentes do monitoramento dos Volumes de Entrada nos setores de abastecimento, ao permitir a utilização de modelos de cálculo das perdas e de indicadores de desempenho operacional. O primeiro grande benefício sem dúvida é

o entendimento adequado do fenômeno das perdas. Dentre os mais fundamentais, os fenômenos que poderão ser avaliados incluem:

- A constatação de que a diminuição das perdas reais diminui automaticamente os volumes de entrada. Este fenômeno tipicamente ocorre com a redução das pressões médias e como controle ativo de vazamentos;
- A constatação de que a redução dos desperdícios dos usuários também reduzem os volumes de entrada. Este fenômeno tipicamente ocorre com a racionalização dos consumos decorrente da instalação de hidrômetros em ligações não medidas e também pode ocorrer em parte devido a redução de fraudes e ligações clandestinas;
- A verificação cotidiana das medidas de combate às perdas que funcionam e o quanto funcionam, desta forma permitindo a adequada priorização das medidas de efficientização.

A simples verificação das séries históricas de Volumes de Entrada permite concluir de imediato se o sistema opera normalmente; se ocorrem intermitências e quando; se as perdas são muito altas nos horários de baixo consumo, etc.

Estratégias especiais para situações de abastecimento intermitente:

- Implantação de DMC também é útil para situações de abastecimento intermitente ou rotativo;
- Medições durante condições completamente pressurizadas produzem informações de volume e localização de fugas;
- Estratégia de longo prazo: gradualmente converter ao abastecimento contínuo, distrito por distrito.
- Abastecimento contínuo evita problemas de qualidade da água e deterioração acelerada da infraestrutura;

Levantamento das condições do setor em campo após implantação:

- Setor de abastecimento ou DMC, estanque, uma única entrada;
- Pressurizado (sem intermitências);
- Válvula redutora de pressão na entrada;



- Medições: VAZÃO na entrada; pressões na entrada, no ponto médio e no ponto crítico;
- Desejável: 100% micromedido e sem fraudes;
- Realizar no horário de consumo mínimo noturno;

#### Determinação de consumos noturnos:

- Parâmetros Copasa: 0,34 L/h.hab para consumos legítimos. Vazamentos internos (instalações internas pressurizadas diretamente pela rede): 0,5 L/h.ramal;
- Determinação amostral por leitura em hidrômetros;
- Leitura de vazão noturna dos consumidores maiores pode ser lidos diretamente;
- Lê-se uma amostra dos hidrômetros domiciliares (mínimo de 30) e extrapola-se para o total de domicílios.

#### Modelagem de vazamentos: Requisitos:

- Os DMC's estudados deverão estar estanques e não sujeitos a intermitências no abastecimento de modo a que no final do período noturno não esteja mais ocorrendo reposição nos tanques domiciliares da água consumida durante o dia (ou seja, é admissível apenas a reposição do consumo momentâneo ou noturno);
- No caso de sistemas com intermitência, deverá ser assegurado o abastecimento contínuo ao DMC a ser testado, de modo a assegurar as condições citadas.
- O setor deve ser monitorado por no mínimo 24 horas nas variáveis horárias: vazão de entrada ( $m^3/h$ ) e pressão média (mca). Preferencialmente devem ser utilizadas médias semanais ou de períodos maiores, como quinzenais ou mensais;
- Os dados de vazão horária e pressão média horária são médias de no mínimo 4 leituras por hora. A PMS característica do setor é a média das 24 horas pressões horárias;
- Deve ocorrer a determinação correta das pressões médias de setor no ponto de PMS, para que se possa aplicar criteriosamente a relação entre pressão média e vazamento, o que começa pela escolha adequada do ponto de pressão a monitorar no sistema para representar a PMS. A verificação do comportamento de oposição entre os gráficos de pressão média e vazão de entrada (volume disponibilizado) indica que o ponto escolhido para o monitoramento da pressão média foi adequado.

- Nos casos de sistemas não setorizados, com múltiplas entradas, a PMS pode ser determinada por nuvem de pontos dispersos, com a subdivisão do setor/sistema em no mínimo três faixas de cotas topográficas, com a monitoração de pelo menos 3 pontos de pressão em cada faixa, totalizando nove medidas simultâneas. Os resultados serão consolidados segundo ponderação pelo número de ligações de cada faixa.
- A determinação da relação pressão-vazamento, poderá ser levantado em campo de forma específica para os sistemas estudados ou, alternativamente, poderão ser utilizados valores de literatura, coerentes com as características dos sistemas;
- A determinação de consumos mínimos noturnos aceitáveis no horário de vazão mínima noturna pode ser feita amostralmente, pela leitura de micromedidores, ou com base em fórmulas empíricas adequadamente determinadas;
- O comportamento dos gráficos da vazão de entrada no sistema e o da pressão média do sistema deve apresentar a coerência esperada para a interdependência existente entre estas duas variáveis.
- Os equipamentos de medição, as condições de instalação dos equipamentos e as condições de contorno dos testes deverão ser documentados, de modo a que se possa avaliar, ainda que estimativamente, as incertezas associadas aos processos de medição.

### 7.3.2 – Propostas de melhorias – Cenário 2.

Como proposta número 2 da implantação de melhorias, seria efetivado somente aquelas que trariam benefícios diretos e imediatos no trabalho de perdas. Como foi identificado como causa estrutural o excessivo número de vazamentos devido ao excesso de pressão nas redes com perda de carga elevada a proposta 2, seria substituir 12503 [m] de redes com diâmetros inferiores a 40 mm e criação dos DMC's para exercer um trabalho mais efetivo com medição de vazão noturna e controle de perdas por setor, com geofonamento acústico para identificar vazamentos não aflorantes.

Tabela 11 – Custo de implantação DMC – Cenário 2

<b>Investimento</b>	<b>Valor (RS)</b>
Substituição de 12503 [m] de rede com diâmetro inferior a 40 mm	926.148,15
Implantação do DMC – 01, macromedidor eletromagnético DN 200	64.500,00
Implantação do DMC – 02, macromedidor eletromagnético DN 200	64.500,00
Implantação do DMC – 03, macromedidor eletromagnético DN 150	44.526,00
Implantação do DMC – 04, macromedidor eletromagnético DN 150	44.526,00
Implantação do DMC – 05, macromedidor eletromagnético DN 75	36.516,00
Serviços de setorização, separação e estanqueidade do DMC	82.256,57
<b>TOTAL</b>	<b>1.262.972,72</b>

Fonte: O autor

#### 7.4 – Determinações de consumos autorizados não faturados (CANF).

É importante que as medições ou estimativas do Consumo Autorizado não Faturado (CANF); sejam objeto de análise periódica, de modo que os gestores formulem medidas de redução desses consumos. O CANF é autorizado, porém, pelo fato de não representar volumes cobrados deve ser gerenciado com todo o cuidado, assim como objeto de medidas de racionalização do uso da água.

No caso dos consumos próprios é importante que a companhia designe responsáveis pelo gerenciamento de cada unidade e incentive a instalação de dispositivos economizadores de água, como torneiras automáticas e caixas de descarga de dois estágios.

#### 7.5 – Estimar consumos não autorizados e volumes não apropriados por falha de cadastro.

Falhas cadastrais não deveriam existir ou serem mínimas. O Cadastro de Clientes, quando bem gerido, é mantido atualizado e completo todo o tempo, sem necessidade de recenseamentos. Idealmente, deve utilizar recursos de GIS (Sistemas de Informação Geográfica) e imagens de satélite. Em pequenas e médias cidades a fiscalização pode ser tal que alcance uma meta de zero clandestino, ligações diretas e violações de medidores.

Idealmente, também o cadastro deve identificar a setorização do abastecimento assim como fornecer dados por setor de abastecimento. Dentro da área comercial da companhia devem ser constituídos grupos especializados para combate a fraudes, especialmente nos grandes centros urbanos. Estes grupos especializados podem utilizar recursos como:

- Análise de consumos para identificação de variações nos consumos médios;
- Inspeção nas ligações com indicio de fraudes, apontadas pelos leituristas;
- Inspeções a partir de denúncias;
- Ações coercitivas quando se identifica as fraudes;
- Busca permanente da prevenção de fraude na conexão e no medidor;

#### **7.6 – Quantificação de balanços hídricos e indicadores de desempenho operacional.**

A metodologia de balanço hídrico da IWA é hoje em dia praticamente um consenso mundial, sendo oficial em muitos países desenvolvidos e utilizados por dezenas de agências reguladoras. Seria bastante oportuno que as concessionárias fizessem um esforço para adotar as ferramentas da IWA para análise de perdas, em particular o balanço hídrico, dando base assim para um grande salto na qualidade do gerenciamento operacional dos sistemas de abastecimento. Porém, há que ressaltar que o uso das ferramentas de análise de perdas tem como pré requisito o desenvolvimento da cultura de medição nos sistemas, em particular nos sistemas distribuidores, único meio para superar uma lacuna histórica na gestão de perdas de água em nosso país.

#### **7.7 - Método direto de quantificação de perdas reais em sistemas de abastecimento.**

É preciso investir em capacitação de pessoal local da operação e manutenção de sistemas para que se tornem capazes de utilizar as ferramentas de análise de perdas, especialmente de determinação de perdas reais. A operação e manutenção de sistemas em regime de eficiência é uma tarefa complexa que exige pessoal altamente qualificado e comprometido, especialmente no nível local, onde se opera o sistema efetivamente, requisitos raramente atendidos nos sistemas de abastecimento de água do Brasil. No Brasil ainda persiste a cultura de só se manter pessoal qualificado no nível sede da

empresa ou autarquia, como se a operação e manutenção fosse tarefa para pessoas de baixa qualificação e formação. É preciso mudar esta situação. Mesmo quando há pessoal capaz no nível local frequentemente o arranjo de gestão não permite que este pessoal exerça efetivamente os seus conhecimentos ou tome as decisões e sejam responsabilizados, ou ainda faltam recursos de apoio e orçamento para a realização das atividades. É necessário criar arranjos de gestão que permitam a evolução da gestão operacional dos sistemas de abastecimento. No mínimo deverá ser realizado um treinamento completo para os funcionários do sistema de Baependi de forma a internalizar os novos conhecimentos repassados.

## **7.8 – Limites econômicos e limites técnicos do controle de perdas.**

### **7.8.1 – Estimativa do potencial de ganho advindo de medidas de redução de perdas de água.**

Também foram definidos dois limites para estratégias de redução de perdas de água:

- Um limite econômico, a partir do qual se gasta mais para reduzir as perdas do que o valor intrínseco dos volumes recuperados (varia de cidade para cidade, em função das disponibilidades hídricas, custos de produção, etc.);
- Um limite técnico ("perdas inevitáveis"), mínimo, definido pelo alcance das tecnologias atuais dos materiais, ferramentas, equipamentos e logísticos, ou, em outras palavras, nunca haverá perda zero, sempre teremos de conviver com algum volume perdido, por mais bem implantado e operado que seja um sistema de abastecimento.

Assim, não é economicamente viável eliminar completamente toda a perda de água física e comercial. Entretanto, devido às significativas perdas de água nos países em desenvolvimento, é razoável prever que a quantidade de perda de água nestes países pode ser reduzida pela metade.

Estimativa do potencial de ganho advindo de medidas de redução de perdas de água.

A partir de parâmetros Comparativos de trabalhos realizados pela Copasa em outros sistemas, seria possível reduzir o índice de perdas de 37,33% atualmente para

uma perda em torno de 20%, para isso foi simulado três cenários. No primeiro cenário, foi previsto a revitalização completa do sistema com implantação de ETA convencional 180 l/s, substituição de conjuntos moto-bombas da EAB para 3 x 60 CV, implantação de 1 reservatórios de 40 m<sup>3</sup> e 2 reservatórios de 300 m<sup>3</sup> para equalizar o abastecimento do sistema e permitir a parada da produção no horário de ponta da Cemig e consequentemente baixar o custo com energia elétrica, implantação de 5 DMC's, substituição de 12503 [m] de rede com diâmetro inferior a 40 mm, substituição de redes DN 150 por redes DN 250 para diminuir perda de carga, substituição de redes DN 200 por redes DN 250 também para diminuir a perda de carga, implantação de booster 2 x 5 CV e 2 x 1,5 CV e recuperação ambiental de todas as unidades, nesse primeiro cenário além do trabalho de perdas está previsto também a recuperação da vida útil do sistema para mais 30 anos. Não foi avaliado o custo benefício por envolver outras variáveis além das perdas de água.

No segundo cenário foi levado em consideração somente a melhorias relativas ao trabalho de perdas: Substituição de 12.503 m de redes com diâmetro inferior a 40 mm com perda de carga alta, pressão acima da capacidade do tubo e excesso de vazamentos. Criação de 5 DMC's contendo macromedidores eletromagnéticos, VRP (Válvula Redutora de Pressão), estação pitométrica para medição de vazão e pressão, além de toda a interface com separação de setores implantação de registros de descarga e manobras e estanqueidade dos DMC's. Valor orçado: R\$ 1.262.972,72. Economia estimada se baixarmos o índice de perdas do sistema de 37,33% para 20%, conseguiríamos reduzir o índice em 17,33%. Como o sistema atualmente tem uma produção média mensal de 91.730, 5 m<sup>3</sup>, que é usado inclusive para alimentar as perdas, seria possível economizar o volume de 15.896,9 [m<sup>3</sup>] por mês, trazendo uma redução nos insumos conforme abaixo:

Tabela 12 – Potencial de economia na redução de perdas.

<b>Economia estimada – Redução de 37,33% para 20% perdas físicas</b>	
–	Valor R\$
<b>Volume economizado médio – 15.897 [m<sup>3</sup>/mês]</b>	
Energia elétrica – 13.512,35 kWh/mês x R\$ 0,4747	6.415,46
Produtos químicos usados para tratar 15.897 m <sup>3</sup> .	517,68
Mão de obra com encargos sociais – R\$ 20,52/hora x 4/dia x 30	2.462,40
Manutenção e conservação (Mensal)	820,00
<b>TOTAL</b>	<b>10.215,54/mês</b>

Fonte: O autor

Na análise de custo benefício, o cenário 2 mostra-se totalmente inviável porque a redução de perdas de 37,33% para 20% proporcionaria uma economia de R\$ 10.215,54/mês, e o investimento seria de R\$ 1.262.972,72, seria necessário 123,63 meses para amortizar o investimento 10,3 anos. Nesta análise o investimento perde até para a poupança que remunera atualmente o índice de 0,7% ao mês sendo esse investimento atualmente o mais conservador, havendo outros investimentos com remuneração maior.

$$M = C(1 + i)^t$$

$$M = 1.262.972,72(1 + 0,0070)^{123,63}$$

$$M = 1.262.972,72(1,0070)^{123,63}$$

$$M = 1.262.972,72(2,36880)$$

$$M = \text{R\$ } 2.991.764,59$$

Investindo o capital de R\$ 1.262.972,72 na poupança no final de 10 anos, tempo necessário para amortizar o investimento nos DMC's (Pay-back sem desconto), o montante será de: R\$ 2.991.762,86 – R\$ 1.262.972,72 = R\$ 1.728.790,14. O investimento terá um resultado financeiro de R\$ 1.728.790,14.

Diante da inviabilidade, optou-se por retirar do projeto a substituição de 12.503 m de rede com diâmetro inferior a 40 mm e criar somente os DMC's.

Tabela 13 – Investimento sem substituição de rede – Cenário 03.

<b>Implantação de DMC's sem substituição de redes – Cenário 3</b>	<b>Valor R\$</b>
DMC – 01 – Macromedidor DN 200	64.500,00
DMC – 02 – Macromedidor DN 200	64.500,00
DMC – 03 – Macromedidor DN 150	44,256,00
DMC – 04 – Macromedidor DN 150	44.256,00
DMC – 01 – Macromedidor DN 75	36.516,00
Setorização	82.256,57
<b>TOTAL</b>	<b>336.284,00</b>

Fonte: O autor

Diante das perspectivas, a alternativa encontrada para viabilizar o trabalho de redução de perdas foi retirar do orçamento a substituição de redes, o que baixou o investimento para R\$ 336.284,00. Retirando a substituição aumentam as incertezas quanto o alcance da meta de reduzir 17,33%, mas possibilitou viabilizar o investimento, ficando assim planejado: Investimento: R\$ 336.284,00 dividido por R\$ 10.215,54/mês (Previsão de economia – benefício). Resultará que o investimento será amortizado em 32,9 meses, dois anos e nove meses.

### 7.8.2 – Benefícios envolvidos na redução de perdas físicas de água.

Os benefícios de um projeto de redução de perdas são diversos. Com a redução das perdas físicas, a empresa pode produzir uma quantidade menor de água para abastecer a mesma quantidade de pessoas. Ao produzir uma quantidade menor de água, a operadora de saneamento reduz os custos com diversos itens, tais como:

- Produtos químicos;
- Energia elétrica;
- Compra de água bruta (nos casos em que há cobrança pelo uso da água);
- Mão de obra Com a redução das perdas aparentes, decorrentes de fraudes nas ligações, consumo não faturado, falta de hidrômetros, problemas de medição, dentre outros, a principal consequência é o aumento do volume faturado e, consequentemente, da receita.



Além disso, a empresa pode postergar investimentos necessários para atender ao aumento da demanda decorrente do crescimento populacional. Entre aumentar a capacidade de produção de água e diminuir as perdas de água, a segunda alternativa será, em muitos casos, a mais adequada do ponto de vista econômico-financeiro e também ambiental.

Com o aumento da eficiência na produção e distribuição de água, a mesma quantidade produzida atende mais pessoas. Os ganhos com redução de perdas de água podem ter impactos em termos de receitas, custos e investimentos.

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 (domiciliares, comercial e públicas);  
Melhora no cadastro Melhora do controle da pressão na rede;
- Melhora no controle e detecção de vazamentos;
- Melhoria e troca de tubulações, ligações, válvulas.
- Qualificação da mão de obra e melhoria dos materiais:

Além dos ganhos indicados há um benefício intangível associado ao ganho de imagem da empresa que é focada em eficiência e preservação dos recursos naturais. É difícil imaginar algo mais incoerente com a missão empresarial de prestar serviços ambientais de uma operadora do que o registro de elevadas perdas de água em qualquer etapa do processo de disponibilização ou uso dos sistemas. Além disso, aumento de eficiência permite que as empresas tenham mais recursos para investir na expansão dos sistemas de água e esgoto.

## 8 – CONCLUSÃO

Neste trabalho realizou-se estudos para reduzir o índices de perdas do SAA (Sistema de Abastecimento de Água) de Baependi. Identificou-se que o maior volume de perdas é oriundo do rompimento de redes de pequenos diâmetros que somam um total de 12503 m abaixo de 40 mm, com vida útil esgotada, e que vazam devido a rompimentos causados por perda de carga elevada e pressão elevada. Como principal estratégia de combate ou redução das perdas, optou-se por substituir os 12503 m de rede com diâmetro menor que DN 40, por rede PVC DN 50, e também pela implantação de 05 DMC de forma a reduzir a área de atuação, facilitando assim o trabalho. Após avaliar os custos do projeto e a economia que eles trariam, verificou-se que não haveria viabilidade financeira. Como forma de tornar o empreendimento viável retirou-se do projeto a substituição de redes, permanecendo somente a implantação dos DMC's.

Após a implantação dos DMC's o gerenciamento das perdas de água é realizado através do monitoramento das pressões e vazões. O gerenciamento das pressões possibilita, com sua redução, a diminuição das perdas. Por sua vez, a medição das vazões permite identificar áreas com níveis elevados de vazamentos. A detecção e localização de vazamentos constitui a principal ação utilizada após a identificação do aumento da vazão. Embora existam diversos métodos e equipamentos para localizar vazamentos, os recursos acústicos são mais utilizados. Eles captam as vibrações decorrentes do movimento de água fora do tubo, em contato com o solo.

Embora os DMC's tenham aplicação relativamente recente, trata-se de uma prática internacionalmente aceita como uma das mais eficientes para a redução de perdas de água no abastecimento público, pois facilita a análise e a identificação de problemas. A prática e a metodologia são utilizadas pelas maiores e mais sérias companhias de saneamento do mundo e estão incorporadas à filosofia da moderna gestão do processo de distribuição de água. "O gerenciamento através de DMC's possibilita a atuação de maneira mais focada e eficiente pois, como se sabe, os recursos financeiros são geralmente escassos para a realização de trabalhos destinados à redução de perdas. Particularmente o direcionamento das ações para os DMC's com maiores perdas permite alcançar resultados mais rápidos e efetivos, proporcionando maior redução dos volumes perdidos nas redes de distribuição".

Nas primeiras etapas a redução de volume produzido estará diretamente vinculada à redução de vazamentos não aflorantes de redes e ligações de água que resultaram da varredura com equipes caça vazamentos em toda a rede de distribuição e nos ramais domiciliares, onde for identificada a maior incidência de vazamentos. Ações estruturantes serão necessárias para recuperar perdas e conseqüentemente faturamento.

Na atividade de incremento de faturamento espera-se uma recuperação de volumes bem maior que a meta em função dos resultados atuais e do andamento de ações que ainda serão implementadas após a implantação dos DMC's. Também é importante destacar a definição de um modelo de gestão do sistema para garantir a sustentabilidade dos resultados ao longo do tempo.

## 9 - REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (ABES) – “Abastecimento de água: Diagnóstico, Potencial de ganhos com sua redução e propostas de medidas para o efetivo combate”.

ANTENADOCOMAGEOGRAFIABLOGSPOT.COM. BR – “E se de repente você abrir a torneira e não cair uma gota de água” – Acesso em 04.03.2015 as 20h00min.

COELHO, Adalberto Cavalcanti. “Medição de água e politica e prática” Manual de Consulta, janeiro de 1996.

CIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS – COPASA – Disponível em: <http://www.copasa.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=23&tpl=printerview> – Acesso em 10.04.2015 ás 19h10min

COMPANHIA VALE DO RIO DOCE – Gerência de Comunicação Regional de Minas Gerais – Gerência de Minas Gerais do Sistema Sul - “A água que você desperdiça pode fazer falta amanhã – Cartilha”

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE – FUNASA - “Redução de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água” 2ª edição. Brasília 2014.

GRUPO ABRIL – REVISTA ELETRÔNICA PLANETA SUSTENTÁVEL – Disponível em: <http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/ambiente/populacao-falta-agua-recursos-hidricos-graves-problemas-economicos-politicos-723513.shtml>. Acesso em 21.03.2015 as 19h00min.

GONÇALVES, Elton. “Metodologia para Controle de Perdas em Sistemas de Distribuição de Água – Estudos de Caso da CAESB” Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos – Brasília DF – Junho de 1998.

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO ORÇAMENTO E GESTÃO - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE “Atlas do Saneamento 2011”

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO ORÇAMENTO E GESTÃO - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE “Cidades, 2015”.

MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE (MME) - Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/instrumentos-da-politica-de-residuos/plano-nacional-de-saneamento-basico>. Acesso em 21.03.2015 às 17h20min.

MINISTERIO DAS CIDADES – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental “Técnicas de Operação em Sistemas de Abastecimento de Água - Macromedição” Volume 1 – Brasília 2007.

MINISTÉRIO DAS CIDADES - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS “Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2013” – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental.

MINISTÉRIO DAS CIDADES – PROGRAMA DE MODERNIZAÇÃO DO SETOR DE SANEAMENTO – PMSS – Brasília - 2015.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONUBR- Nações Unidas no Brasil – “Até 2030 o planeta pode enfrentar déficit de água de até 40% alerta relatório da ONU”. Disponível em: [nacoesunidas.org](http://nacoesunidas.org) – Acesso em 29.03.2015 as 17h00min

PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCO DE ÁGUA – (PNCDA-1999), MINISTÉRIO DO MEIO AMBIETE (MMA) & MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA (MME) – “Documentos Técnicos de Apoio” Brasília – 1999.

PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCO DE ÁGUA – (PNCDA-1999), MINISTÉRIO DO MEIO AMBIETE (MMA) & MINISTÉRIO DAS

MINAS E ENERGIA (MME) – “Documentos Técnicos de Apoio – Roteiros para códigos de Prática” Brasília – 1999.

PROJETO BRASIL DAS ÁGUAS – “A importância da Água” - Disponível em: <http://brasildasaguas.com.br/educacional/a-importancia-da-agua/> - Acesso em 11.04.2015 às 20h43min.

SANEAMENTO BÁSICO - <http://www.saneamentobasico.com.br/portal/>. Acesso em 21.03.2015 às 18h40min.

TOMÁZ, Plínio “Curso de Hidráulica e Saneamento – Perdas de Água” – São Paulo, Março de 2009.

TOMÁS, Plínio. “Economia de Água” Editora Navegar – São Paulo Abril de 2001.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO – UFRRJ  
<http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%20179/Cap%201.pdf> - Guimarães; Carvalho e Silva – Saneamento Básico – Rio de Janeiro – 2007 Apostila UFRJ.

WERDINE, Demarcus “Perdas de Água em Sistemas de Abastecimento” Dissertação de Mestrado – UNIFEI – Universidade Federal de Itajubá – Dezembro de 2002.

---