

UNESP



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Ilha Solteira

FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM

RECURSOS HÍDRICOS E TECNOLOGIAS AMBIENTAIS



**Análise de perdas na rede de
distribuição de água em um
subsetor da cidade de Presidente
Prudente - SP**



Robinson José de Oliveira Patrício

Candidato

Professor Doutor Milton Dall'Aglio Sobrinho

Orientador

Dezembro - 2007

Agradecimentos

Ao Professor Doutor Milton Dall'Aglio Sobrinho pela orientação e incentivo para desenvolver a dissertação.

Aos Professores da Unesp de Ilha Solteira pelos ensinamentos transmitidos e aos funcionários pela colaboração e ajuda que prestaram durante o curso.

Ao Engenheiro Antero, Gerente Distrital da Sabesp de Presidente Prudente e ao Engenheiro Paulo, Gerente do Setor Técnico Presidente Prudente, pela liberação de minhas atividades profissionais nos períodos solicitados e pelo apoio e incentivo recebidos.

Aos colegas Nicanor, Décio e Gilmar pela amizade, incentivo, apoio e colaboração recebidos e aos outros colegas pela amizade e bom relacionamento que tivemos durante todo o período do curso.

Aos empregados da Sabesp de Presidente Prudente que participaram da realização dos levantamentos internos e em campo e aos colegas do Departamento Regional de Operação – ROP / São Paulo e do Departamento de Desenvolvimento Operacional de Presidente Prudente que forneceram subsídios para o desenvolvimento desta dissertação.

A minha esposa Sylvia, meus filhos Renan e Thais e a toda minha família pelo apoio recebido e pela compreensão que tiveram nos momentos de minha ausência.

E a todos que durante o curso contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

<u>RESUMO</u>	I
<u>ABSTRACT</u>	II
<u>LISTA DE FIGURAS</u>	III
<u>LISTA DE TABELAS</u>	V
<u>1. INTRODUÇÃO</u>	1
1.1. <u>DEFINIÇÃO DO PROBLEMA</u>	2
1.2. <u>OBJETIVO</u>	8
1.3. <u>JUSTIFICATIVA</u>	8
<u>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</u>	10
2.1 <u>PERDAS, DESPERDÍCIO E REUSO DA ÁGUA</u>	10
2.2 <u>INDICADORES DE PERDAS EM SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA</u>	13
2.3 <u>PERDAS EM SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA</u>	17
2.4 <u>MACROMEDIÇÃO E MICROMEDIÇÃO</u>	26
2.4.1 <u>– Macromedição</u>	27
2.4.2 <u>Micromedição</u>	31
<u>3 MATERIAIS E MÉTODOS</u>	33
3.1 – <u>MATERIAIS</u>	33
3.2 – <u>METODOLOGIA DE CONTROLE E ACOMPANHAMENTO DE PERDAS</u>	38
<u>4 ATIVIDADES REALIZADAS E COLETA DE DADOS</u>	47
4.1 <u>LEVANTAMENTO PRELIMINAR JUNTO A SABESP DE PRESIDENTE PRUDENTE</u>	48
4.2 <u>ESCOLHA DA ÁREA DE ESTUDO</u>	53
4.2.1 <u>Característica da Área de Estudo</u>	56
4.3 <u>LEVANTAMENTO DOS DADOS EM CAMPO</u>	59
4.3.1 – <u>Determinação do Ponto de Pressão Média do Setor - PPMS</u>	59

4.3.2 – Teste para cálculo do N1.....	61
4.3.3 – Cálculo do Fator Noite Dia - FND.....	62
4.4 REALIZAÇÃO DE AÇÕES PARA REDUÇÃO DE PERDAS.....	65
4.4.1 - Geofonamento e Reparo de Vazamentos do Subsetor.....	65
4.4.2 - Troca de Hidrômetros acima de dez anos.....	67
4.4.3 - Instalação de VRPs.....	68
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	70
5.1 DISCUSSÃO SOBRE A OPÇÃO PELA ÁREA.....	70
5.2 PROBLEMAS ENCONTRADOS.....	71
5.3 DADOS DE MACROMEDIÇÃO E MICROMEDIÇÃO.....	73
5.4 CÁLCULO DAS PERDAS.....	79
5.5 AVALIAÇÃO DAS AÇÕES REALIZADAS.....	81
5.6 ANÁLISE DO DESEMPENHO DOS HIDRÔMETROS.....	85
6 CONCLUSÃO.....	94
7 REFERÊNCIAS.....	96
ANEXOS.....	101

Resumo

A redução de perdas em sistema de abastecimento de água é um assunto de destaque no saneamento básico mundial. Perdas de até 50% causam preocupação tanto pela redução das reservas de água potável quanto pelo aumento no custo da água distribuída. Muitos sistemas são objeto de estudo para ampliação de sua capacidade de produção quando, na verdade, bastaria reduzir as perdas. .

O objetivo principal deste trabalho é a determinação do índice de perdas reais – causadas por vazamentos – e do índice de perdas aparentes – causadas por ligações clandestinas ou irregulares, falhas na hidrometria e por fraudes – e realizar ações de redução de perdas, monitorando seus resultados.

Após a realização de cada ação, foi aguardado um período para avaliação. Posteriormente, foi realizada outra ação, aguardando outro período para avaliação e assim sucessivamente. Nem todas as ações programadas foram realizadas e não foi possível determinar quais foram mais eficientes, mas o estudo apresenta as dificuldades encontradas e as propostas para desenvolver novos trabalhos. O índice médio de perdas encontrado foi de 222 L/ramal.dia para as perdas totais e de 182 L/ramal.dia para as perdas reais. As perdas aparentes foram de apenas 40 L/ramal.dia, o que significa que os vazamentos são preponderantes nas perdas.

Foi realizado um estudo sobre a ação de troca de hidrômetros para verificação da submedição e da recuperação de volumes não medidos avaliando os erros de medição através da aferição dos hidrômetros substituídos e acompanhando os consumos dos hidrômetros instalados.

Palavras chave: redução de perdas, perdas reais, perdas aparentes, índice de perdas.

Abstract

The reduction of losses in the water supply system is a prominent subject in the world basic sanitation. Losses up to 50% cause concern not only by drinking water reservation reduction but also by the cost of distributed water due to the production costs and maintenance of the system. Many systems are study objects for production capacity enlargement when actually, it would be enough to reduce the losses.

The main goal of this work is the real losses index determination - caused by leaks - and the apparent losses index - caused by clandestine or irregular connections, residential water meters flaws and frauds - and to accomplish reduction of losses actions, monitoring their results.

After the accomplishment of each action, a period will be awaited for evaluation. Later, another action will be accomplished, awaiting other period for evaluation and so forth. Not all the programmed actions were executed and neither was possible to determine which were the most efficient ones although the study presents the difficulties found and proposals for new work developing.

A study was accomplished on changing customer meters for verifying the submeasurement and the not measured volume recovering, evaluating the measuring errors through the substituted meters gauge and also following the installed customer meters consumption.

Key words: reduction of losses, real losses, apparent losses, index of losses.

Lista de Figuras

Figura 1: Tipos de vazamentos e as ações que influenciam na redução das perdas.....	03
Figura 2 – Comportamento de vazamento por envelhecimento, fadiga ou acomodação do solo.....	05
Figura 3 - Esquema de ramal predial e porcentagem de ocorrência de vazamentos.....	06
Figura 4 - Balanço hídrico da distribuição de água.....	07
Figura 5 - Detalhe do <i>Tap</i> ou registro de derivação.....	29
Figura 6 - Hidrômetro tradicional e hidrômetro com cúpula inclinada.....	32
Figura 7 - Fotografias do medidor MVS e do transmissor diferencial de pressão.....	34
Figura 8 - Fotografia de válvula geradora de ondas, manômetro, <i>data-logger</i> , geofone mecânico e haste de escuta.....	35
Figura 9 - Fotografias demonstrando a utilização da válvula geradora de ondas, associada ao geofone mecânico e utilização da haste de Escuta na detecção de vazamento invisível.....	36
Figura 10 - Fotografia de bancada portátil para aferição de hidrômetros.....	37
Figura 11 - Tela de consulta do cadastro comercial.....	37
Figura 12 - Modelo de cadastro individual de rede de água.....	38
Figura 13 - Curva de variação da demanda diária.....	39
Figura 14 - Gráfico da variação de pressões e vazões.....	40
Figura 15 - Gráfico do ensaio de campo para cálculo do N1.....	43
Figura 16 - Fotografias de conexões para tomada de água para ligação de água.....	49
Figura 17 - Fotografia de lacre, antifraude para hidrômetro e cavalete padrão lacrado.....	51
Figura 18 - Fotografias de Unidade de Medição de Água – UMA, caixa aberta com acesso do cliente pelo lado de dentro e caixa fechada com vista externa.....	52
Figura 19 - Índice de Perdas Totais por Ramal na Distribuição - IPDT. Sabesp, RB - Unidade de Negócio Baixo Paranapanema – Município: Presidente Prudente.....	53

Figura 20 - Esquema de abastecimento de água do Subsetor Shiraiwa	55
Figura 21 - Gráfico da variação dos volumes micromedidos e do número de ligações ativas nos últimos 3 anos.....	76
Figura 22 – Consumo médio por ligação antes e após a troca de hidrômetros.....	79
Figura 23 – Freqüência de erro dos hidrômetros.....	82
Figura 24 – Comportamento dos volumes macromedidos e micromedidos do Subsetor Shiraiwa no período entre junho de 2006 e abril de 2007.....	89
Figura 25 – Esquema de by-pass para medição de baixas vazões.....	88

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Características da rede de água do Subsetor Shiraiwa	56
Tabela 2 – Tipo de ligação e distribuição dos hidrômetros no Subsetor Shiraiwa	57
Tabela 3 – Idade dos hidrômetros instalados no Subsetor Shiraiwa	58
Tabela 4 – Relação de pontos e pressões utilizadas para determinação do PPMS.....	60
Tabela 5 – Dados e cálculo do Consumo Noturno.....	61
Tabela 6 – Valores de pressão e vazão para cálculo do N1.....	62
Tabela 7 – Pressões registradas no PPMS para cálculo do FND.....	63
Tabela 8 – Determinação do FND.....	64
Tabela 9 – Relação de vazamentos localizados e reparados no Subsetor Shiraiwa – 1º Geofonamento.....	66
Tabela 10 – Relação de vazamentos localizados e reparados no Subsetor Shiraiwa – 2º Geofonamento.....	67
Tabela 11 – Volumes macromedidos.....	73
Tabela 12 – Volume micromedido no Subsetor Shiraiwa entre junho/2006 e julho/2007	75
Tabela 13 – Dados utilizados no cálculo das perdas.....	77
Tabela 14 – Cálculo das perdas totais, reais e aparentes.....	77
Tabela 15 – Vazamentos no Subsetor Shiraiwa antes e após a Instalação da VRP.....	80
Tabela 16 – Resultado dos ensaios dos hidrômetros.....	83
Tabela 17 – Estatística básica e teste de significância das diferenças entre médias de aferição de hidrômetros.....	83
Tabela 18 – Estatística básica e teste de significância das diferenças entre médias de aferição de hidrômetros novos e usados.....	84
Tabela 19 – Estatística básica e teste de significância das diferenças entre médias de consumo antes e após a troca de hidrômetros....	85

Tabela 20 – Estatísticas básicas e teste de significância das diferenças entre médias de consumo em 2006 e após a troca de hidrômetros em 2007.....	86
Tabela 21 – Comparação entre o parque de hidrômetros de 2006 e de 2007.....	87

1. Introdução

Todo Sistema de Abastecimento de Água apresenta perdas que podem estar ou não dentro de limites toleráveis. Segundo Reis e Porto (1993), perda de 20% é aceitável, mas, no Brasil as perdas chegam a 50 % e no Estado de São Paulo chegam a 40 %. Estas perdas provocam aumento da produção necessária para atender a demanda e conseqüentemente aumentam os custos relacionados ao abastecimento.

A estimativa das perdas no sistema de distribuição se dá por comparação entre o volume de água que sai do reservatório, medido por macromedidores e o volume medido nos hidrômetros dos imóveis consumidores. Desta forma calculam-se as perdas totais. As perdas totais são divididas em perdas reais e perdas aparentes.

As perdas reais são as que ocorrem por vazamentos, visíveis ou não, em redes, ramais e cavaletes; por extravasamentos de reservatórios e por descargas excedentes para limpeza ou esvaziamento de redes para execução de manutenção. Os vazamentos são classificados em três tipos:

- Vazamentos visíveis – são os vazamentos aflorantes à superfície, comunicados pela população ou detectados pela empresa de saneamento;
- Vazamentos não-visíveis – são os vazamentos não-aflorantes à superfície, localizáveis por equipamentos de detecção acústica e,
- Vazamentos inerentes – são os vazamentos não aflorantes, e não-detectáveis por equipamentos de detecção acústica - com vazão menor que 250 L/h

As perdas aparentes são as perdas provocadas por volumes não faturados e consumidos pela população e são causadas por ligações clandestinas ou irregulares, ligações sem hidrômetro, hidrômetros avariados ou dimensionados incorretamente e por fraudes.

A distribuição inicia a partir dos reservatórios que abastecem as redes e os ramais que fornecem a água aos consumidores. A distribuição pode ser por gravidade –

para cotas inferiores ao reservatório, ou por recalque – para cotas superiores ao reservatório e deve atender a pressões mínimas e máximas estabelecidas em norma.

O recalque pode ser realizado para um reservatório elevado situado em pontos altos das cidades e daí distribuído por gravidade para os locais com cotas onde os reservatórios apoiados não atendem. Atualmente, em substituição aos reservatórios elevados, utilizam-se pressurizadores com variadores de velocidade, onde a vazão de distribuição aumenta ou diminui conforme a demanda, abastecendo diretamente a rede.

A redução das perdas de água em sistemas de distribuição é preocupação constante das companhias de saneamento e dos departamentos municipais responsáveis pelo abastecimento, porque se reduzindo as perdas, reduz-se as despesas com energia elétrica, com produtos químicos, com materiais de manutenção e por outro lado aumenta-se a receita através da recuperação dos volumes de perdas aparentes.

1.1. Definição do Problema

Em um sistema de distribuição de água, as perdas são dispersas, ocorrendo em tubulações e conexões de redes e ramais, nos cavaletes, na hidrometria e por fraudes, entre outros. As ações para sanar os problemas das perdas físicas e recuperar volumes das perdas aparentes, são complexas e podem ser onerosas se não forem realizadas com critério, controlando e monitorando as ações realizadas para que os resultados desejados sejam alcançados.

Para que as metas de redução de perdas sejam atingidas é essencial que o sistema possua distritos pitométricos com macromedidores confiáveis, aferidos periodicamente, e um parque de hidrômetros atualizado constantemente através de substituição dos avariados e dos antigos. As perdas reais dependem do estado da tubulação – idade, qualidade do material e qualidade da execução – e da pressão de serviço, conforme demonstrado na Figura 1.

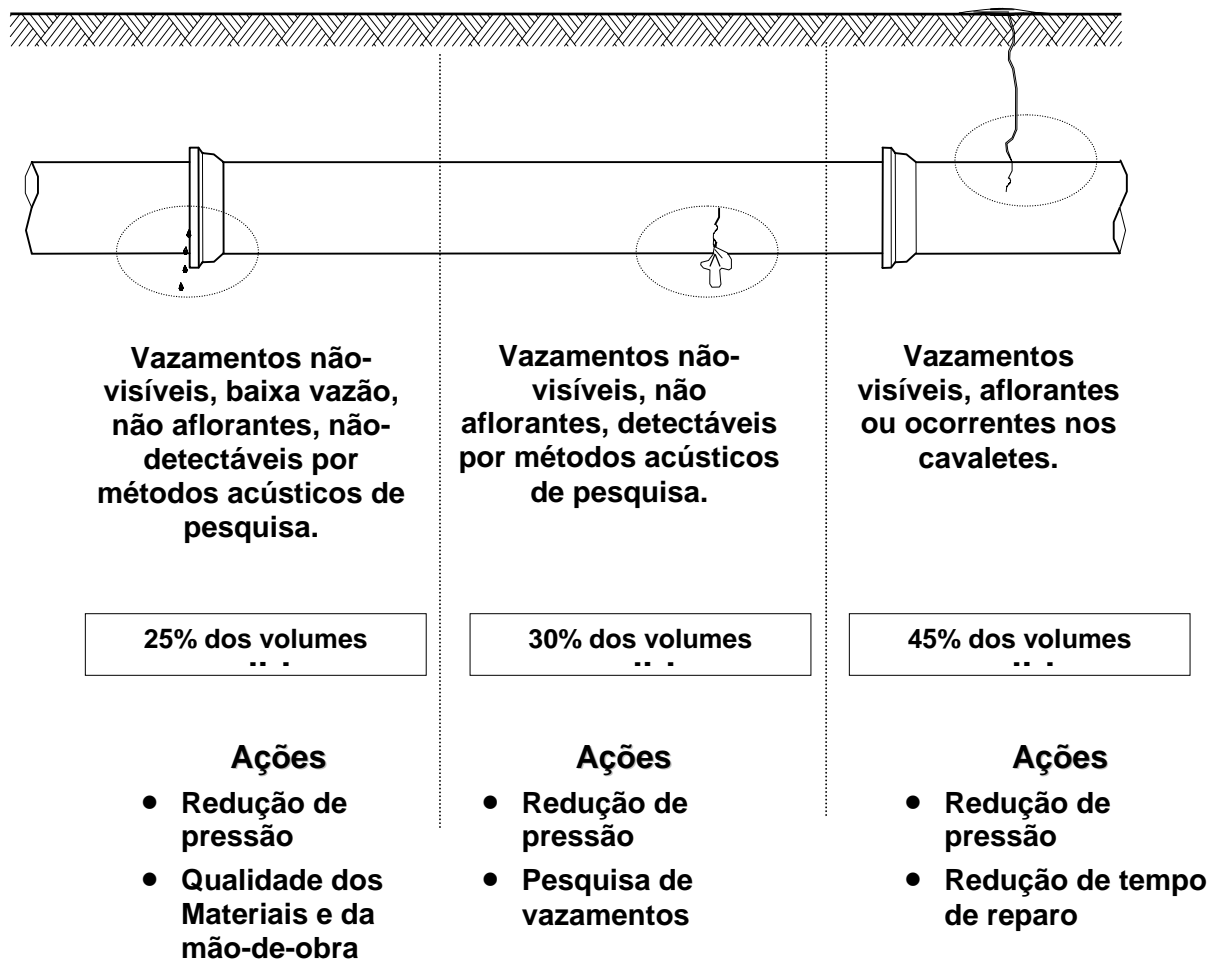


Figura 1 – Tipos de vazamentos e as ações que influenciam na redução das perdas.
 Fonte: Sabesp - Diretoria Metropolitana de Distribuição, 2004.

Quanto maiores são as pressões, maiores são as perdas. As perdas em vazamentos por falhas construtivas, qualidade dos materiais ou rupturas, aproximam-se ao escoamento em orifícios e fendas. Para tubos metálicos em geral, a vazão perdida, é uma função proporcional à raiz quadrada da carga hidráulica, como mostra a Equação 1.

$$Q = f(H^{1/2}) \quad (1)$$

Q = Vazão.

H = Carga hidráulica.

Desta forma deve-se dar especial atenção ao controle de cargas hidráulicas na rede, pois sua simples redução leva a substancial redução nas perdas por vazamentos existentes, além de restringir risco de novas rupturas.

No caso de tubos plásticos há uma redução ainda maior das perdas em função da redução da pressão. Isto se deve à variação da dilatação do trinco ou furo na tubulação, já que em redes metálicas a dilatação é pequena e em redes de PVC a dilatação é grande, influenciando na área de fuga do vazamento.

A redução de pressões em setores de abastecimento normalmente exige a execução de trechos de redes de distribuição para fechar malhas e seccionamentos para separação entre as áreas que devem permanecer com a mesma pressão e as áreas onde se deve ter redução de pressão. A pressão pode ser reduzida através de instalação de Válvula Redutora de Pressão – VRP ou alteração de um setor pressurizado para um setor com abastecimento por gravidade.

Segundo a NBR 12218/94, a pressão estática máxima nas tubulações de distribuição deve ser de 500 kPa, ou seja, 50 mca e a pressão dinâmica mínima, de 100 kPa, ou seja, 10 mca. Para atender aos limites de pressão, a rede deve ser subdividida em zonas de pressão. Os valores de pressão estática superiores à máxima e valores de pressão dinâmica inferiores à mínima podem ser aceitos desde que justificados técnica e economicamente.

Além da redução da pressão de serviço algumas outras ações podem reduzir as perdas reais, tais como, a execução de geofonamento para localização dos vazamentos, a utilização de materiais de melhor qualidade na execução de redes e ramais prediais, a substituição de redes e ramais antigos e a divisão da rede de distribuição em subsetores de abastecimento. Todas estas ações envolvem recursos financeiros e, portanto devem ser bem avaliadas.

A divisão da rede de distribuição em setores, além de reduzir o volume de descarga necessário para a realização da manutenção de vazamento, facilita a medição de vazão por distritos pitométricos e reduz a área afetada pela interrupção do fornecimento de água.

Os distritos pitométricos consistem em divisões da rede de distribuição do sistema de abastecimento de água onde se conheçam as vazões de entrada e saída, bem como, o perfil de consumo dos imóveis atendidos com acompanhamento da vazão noturna. Durante a noite ocorre o aumento da pressão na rede decorrente da menor demanda por parte dos imóveis abastecidos e neste período, com freqüência, ocorrem as maiores perdas.

Mink (1979) citado por Coelho (1983) apresenta o gráfico da Figura 2, demonstrando o comportamento de um vazamento ocorrido devido ao envelhecimento, fadiga ou acomodação do solo onde se observa que o aumento da fuga é inicialmente de forma lenta para, depois de determinado período, ter rápido incremento. Verifica-se que a perda tem um aumento gradual e somente após atingir valores superiores a 70 L/h a fuga seria detectada pelos métodos tradicionais de ausculta da rede.

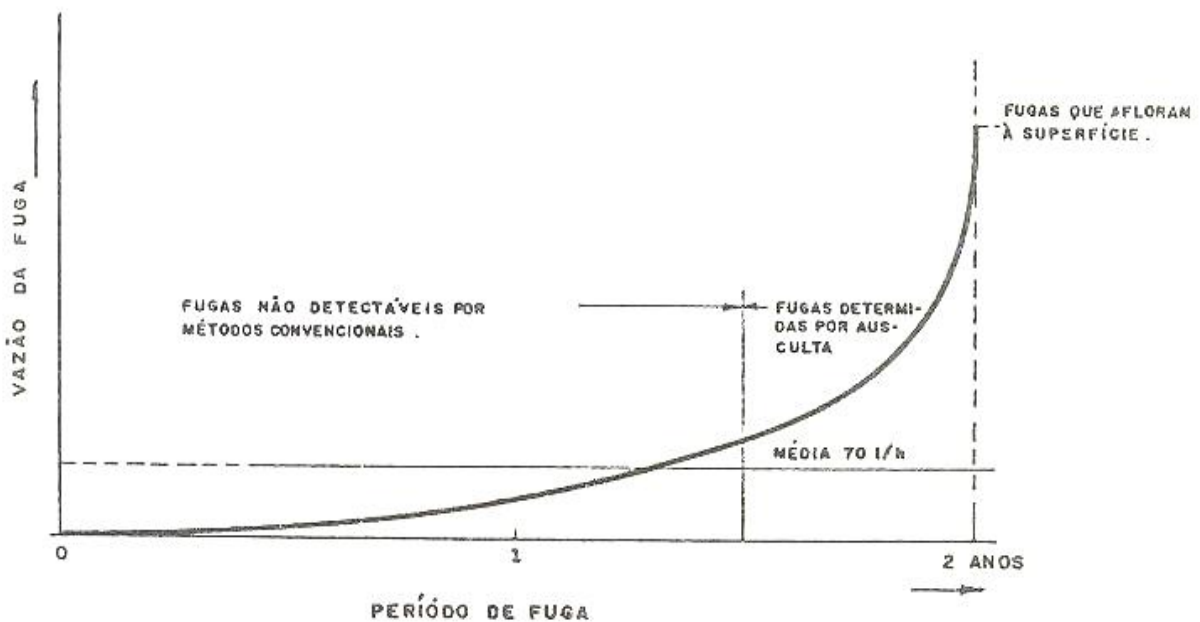
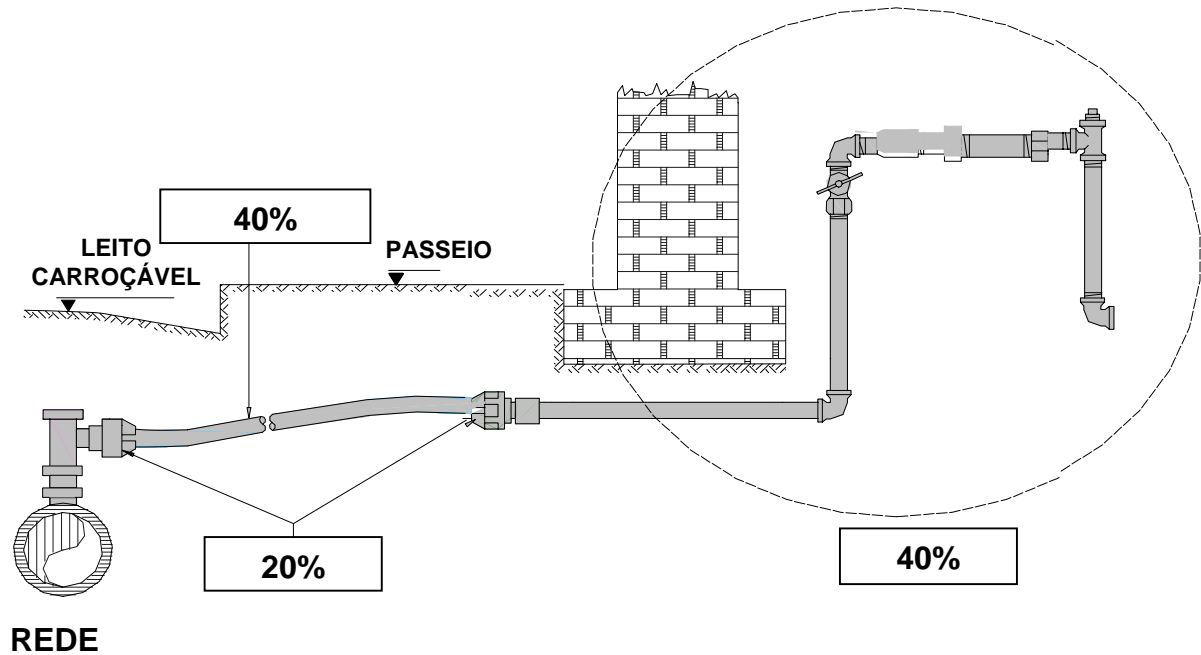


Figura 2 – Comportamento de vazamento por envelhecimento, fadiga ou acomodação do solo. (Mink, 1979)

Segundo Marcka (2004), a maior quantidade de ocorrência de vazamentos está nos ramais prediais – 70 a 90 % do total de ocorrências, conforme demonstrado na Figura 3. Em termos de volume perdido, a maior incidência é nas tubulações de rede de distribuição.



Na Região Metropolitana de São Paulo 90% dos vazamentos ocorrem nos ramais e os outros 10% ocorrem na rede

Figura 3 – Esquema de ramal predial e porcentagem de ocorrência de vazamentos.
Fonte: Sabesp - Diretoria Metropolitana de Distribuição, 2004.

Ainda segundo Marcka (2004), a identificação e separação das perdas reais de água das perdas aparentes são tecnicamente possíveis, mediante pesquisa de campo, utilizando o método da análise de histograma – registros contínuos – de consumo das vazões macromedidas. A demanda noturna estabilizada durante a madrugada, abatendo-se o consumo contínuo de fábricas, hospitais hotéis e outros, representa a perda física no período pesquisado, decorrentes de vazamentos de redes e ramais de água.

As perdas aparentes correspondem aos valores não faturados, ou seja, a água que é consumida pelo cliente e não faturada pelo serviço. A redução destas perdas é possível através de ações administrativas, tais como, atualização do cadastro de consumidores, levantamento dos consumos médios, realização de serviços de caça-fraudes, substituição de hidrômetros avariados ou obsoletos e identificação de ligações clandestinas.

A Figura 4 demonstra o balanço hídrico do volume distribuído, separando os volumes faturados, consumidos e as perdas.

VOLUME DISPONIBILIZADO À DISTRIBUIÇÃO	VOLUME AUTORIZADO	VOLUME FATURADO	VOLUME MEDIDO	ÁGUAS FATURADAS
			VOLUME ESTIMADO	
		VOLUME NÃO-FATURADO	USOS OPERACIONAIS	ÁGUAS NÃO-FATURADAS
			USOS EMERGENCIAIS	
	USOS SOCIAIS			
	PERDAS	APARENTES	IMPRECISÃO DA MICROMEDIÇÃO	
			GESTÃO COMERCIAL	
		REAIS	VAZAMENTOS	
			EXTRAVASAMENTOS	

Figura 4 – Balanço hídrico da distribuição de água.

Fonte: Sabesp - Diretoria Metropolitana de Distribuição, 2004

Na gestão das empresas de saneamento, sempre que as perdas de água se elevam, é comum intensificar a procura das causas, tanto pelas áreas administrativas como operacionais, executando ações que são da competência de cada área, mas sem conseguir medir os resultados, agindo em seus setores de forma aleatória. Isto causa desgaste do pessoal envolvido e desperdício de recursos financeiros, pois mesmo proporcionando redução das perdas, estes recursos poderiam ser aplicados com mais eficiência, através de ações conjuntas, planejadas e monitoradas.

1.2. Objetivo

O estudo foi realizado para definir qual o valor das perdas totais do Subsetor Shiraiwa e verificar a porcentagem correspondente às perdas reais e a porcentagem correspondente às perdas aparentes, visando planejar ações que atuem diretamente nas causas mais influentes ao aumento do índice de perdas.

A definição das porcentagens de perdas reais e de perdas aparentes e a realização de ações isoladas para combatê-las, são necessárias para conhecer e quantificar o efeito que cada uma delas causa no índice de perdas do subsetor estudado. Deste modo, se investiga quais destas ações resultam em redução de perdas mais expressiva e assim aplicar-las em outros subsetores e setores de mesmas características.

Também visou gerar subsídios às empresas de saneamento para definir diretrizes de aplicação de recursos financeiros em programas de redução de perdas com total controle das ações operacionais e administrativas, conhecendo seus resultados através do monitoramento do subsetor.

Uma das ações relacionadas às perdas aparentes e à gestão comercial foi a substituição de hidrômetros com idade de instalação superior a 10 anos. Esta ação teve um estudo paralelo para detectar a real necessidade de sua aplicação, já que todos os hidrômetros retirados foram posteriormente aferidos em bancada portátil, da mesma forma que é realizada pela concessionária a aferição dos hidrômetros em campo. Com a determinação do erro de medição dos hidrômetros pretende-se constatar se o custo-benefício da substituição dos hidrômetros é satisfatório.

1.3. Justificativa

A aplicação de recursos operacionais e financeiros direcionados a ações que comprovadamente vão resultar em redução das perdas, significa economia à empresa de saneamento, tanto no que refere à questão de redução de

investimentos como na questão do adiamento de maior exploração dos recursos hídricos.

Através do monitoramento das ações administrativas e operacionais implantadas pretende-se conhecer e acompanhar seus respectivos efeitos, fornecendo dados para aplicações em outros subsetores.

Com a redução das perdas, adiam-se os investimentos destinados a ampliações do sistema e os recursos financeiros podem ser aplicados em outras áreas e em melhorias ao atendimento da população abastecida pela rede existente.

Como exemplo, existe muitos sistemas de distribuição onde há necessidade de remanejamento de redes antigas, principalmente de ferro fundido, que liberam resíduos na água, causando problemas de ordem organoléptica como cor, cheiro e sabor. Além disso, também ocorrem problemas de incrustações que obstruem redes e ramais reduzindo a pressão nos horários de pico de consumo.

Com relação à avaliação dos erros dos hidrômetros, a empresa concessionária possui meta de troca de hidrômetros com mais de 8 anos de uso. Será avaliado o custo benefício das trocas realizadas no subsetor verificando a real necessidade das trocas.

2. Revisão Bibliográfica

As significativas perdas em sistemas de abastecimento de água sempre foram preocupantes para todos que gerenciam empresas de saneamento. Ultimamente, devido à expectativa de possíveis racionamentos, principalmente nos grandes centros, onde os recursos hídricos já escassos estão cada vez mais prejudicados pela poluição causada pela especulação imobiliária e invasão do homem às faixas de proteção dos mananciais, este assunto passou a ser de primordial importância.

A avaliação que se faz hoje, leva em consideração a possibilidade de se proteger os investimentos necessários à ampliação de um sistema de abastecimento, realizando ações de redução de perdas, redução de desperdícios de água e reuso da água.

2.1 Perdas, Desperdício e Reuso da Água.

Quanto às perdas no sistema de abastecimento, a responsabilidade e a necessidade de redução, são da empresa de saneamento, já que evitando as perdas, reduz-se o volume de água tratada, economiza-se produtos químicos e reduz-se as despesas de energia e de manutenção.

Segundo Conejo et al (1999), a principal origem das perdas físicas de água em um sistema público de abastecimento está nas redes de distribuição e nos ramais prediais. As redes de distribuição apresentam as maiores dificuldades operacionais do sistema de abastecimento, justamente por serem obras enterradas e estarem espalhadas por grandes áreas urbanas.

Portanto, é recomendável, que na fase de concepção, o projetista tome todos os cuidados possíveis para proporcionar facilidades operacionais e de manutenção, contribuindo, dessa forma, para a definição de regras operacionais do sistema. As áreas abrangidas por um sistema de distribuição são compostas por diferentes tipos

de setores específicos de uso e ocupação do solo - residencial, comercial, industrial e outras.

Um sistema de distribuição deve ser concebido para atender a área de projeto por meio de setores de abastecimento, com limites bem definidos, alimentados, preferencialmente, por um único ponto e com um centro de reservação exclusivo para regular as variáveis de consumo.

Os setores de abastecimento devem ser subdivididos por zonas de pressão em função da topografia e das pressões estática e dinâmica, que obedecem a limites prefixados, como capacidade de reservação, pressões máximas e mínimas, diâmetro da rede de abastecimento, entre outros. Cada zona de pressão, por sua vez, pode ser subdividida em setores de medição que devem ser perfeitamente delimitados e isolados, com pontos de monitoramento para acompanhamento da evolução do consumo e para a identificação e avaliação das perdas de água na rede.

Na maioria dos sistemas de abastecimento de água das cidades brasileiras, as ampliações das redes de distribuição ocorrem na direção das ocupações urbanas da periferia, sem um adequado planejamento e projeto, ao contrário do que de fato deveria acontecer, ou seja, a implantação da infra-estrutura deveria induzir a expansão urbana planejada.

Outro problema é o desperdício de água e sobre este assunto, são realizadas diversas campanhas de divulgação e educação para conscientizar a população de que a água é um bem finito e há necessidade de economizar e preservar.

Segundo Azevedo Netto (1981), o desperdício não é involuntário, ele é causado pelo descuido ou pelo esbanjamento, refletindo a cultura do consumidor e, muitas vezes a má qualidade do serviço, principalmente no que se refere à cobrança. O desperdício é causado pelo menosprezo à água, como bem comum, em decorrência de aspectos culturais; falta de educação sanitária; inexistência de medição domiciliar; tarifa desatualizada; pressões elevadas; aparelhos sanitários de má qualidade; entre outros.

Diante da escassez de água para abastecimento em diversas áreas do planeta e da redução da oferta de água em locais considerados bem servidos de mananciais, principalmente devido à contaminação por poluição urbana, a população começa a se conscientizar da importância da utilização racional da água, evitando assim o desperdício.

Muitas indústrias que utilizam grande volume de água em seu processo de produção e em sua maior parte não necessariamente potável, já fazem o reuso da água. Com o reuso, reduz-se o consumo de água captada, preservando o manancial para demanda futura.

Com as indústrias reduzindo o consumo e reutilizando a água em seu processo de produção, a população economizando e evitando o desperdício, os problemas em relação às perdas se concentram entre a agricultura - a maior consumidora de água entre todos os setores da economia - e as companhias de abastecimento de público.

Segundo Christofidis (1997) citado por Paz et al (2000) o setor agrícola é o maior consumidor de água no mundo e consome cerca de 69% de toda a água derivada das fontes - rios, lagos e aquíferos subterrâneos - e os outros 31% são consumidos pelas indústrias e uso doméstico.

Estima-se que, em média, a eficiência de irrigação é de 37% e grande parte do volume perdido torna-se severamente degradado em sua qualidade ao arrastar sais, pesticidas e elementos tóxicos do solo. Portanto, além da dificuldade de recursos hídricos adicionais, em muitos casos tem-se o uso não eficiente como causa da redução da disponibilidade e da qualidade. No Brasil, quase metade da água consumida destina-se a agricultura irrigada.

O setor da agricultura é o maior consumidor de água no mundo e onde ocorrem as maiores perdas e desperdícios, sendo a eficiência na irrigação de apenas 37 %. No setor de abastecimento público as perdas giram em torno de 40 % quando 20 % é considerado o índice aceitável.

2.2 Indicadores de Perdas em Sistema de Distribuição de Água

Segundo Liemberger (2002), tradicionalmente são utilizados quatro indicadores de desempenho que são os seguintes:

- Perdas de água e perdas reais como um percentual do volume de entrada do sistema;
- Por propriedade por dia;
- Por km de tubulações por dia e
- Por conexão de serviço por dia

Perdas de Água como percentuais da entrada do sistema, são facilmente calculadas e freqüentemente citadas, e certamente são os indicadores mais comuns. Existem diversas definições para perdas de água e em países em desenvolvimento o conceito de Água Não Faturada é comumente usado. Portanto, o indicador não é significativo principalmente, devido aos níveis às vezes altíssimos de consumo não autorizado - conexões ilegais.

O manual IWA - *International Water Association* – Alegre et al (2000) sugere seu uso apenas como indicador de desempenho financeiro e afirma claramente ser inadequado para avaliar a eficiência da administração dos sistemas de distribuição.

Perdas Reais como percentual de entrada do sistema, também sofre de deficiências, principalmente em relação à variação do consumo e em locais com abastecimento intermitente. Por exemplo, no caso de um sistema com abastecimento de 12 horas por dia, pode ter apenas 20% de perdas reais, mas este índice numa situação ininterrupta, onde todos os rompimentos vazariam por 24 horas, teria duas vezes mais água perdida.

As perdas por propriedade devem ser rejeitadas uma vez que o imóvel tem pouco a ver com o vazamento e freqüentemente um edifício com 50 apartamentos é contado como 50 propriedades, embora tenham apenas uma conexão de serviço que pode vazar.

Isto deixa uma dúvida sobre qual dos dois indicadores que restam é mais apropriado. As análises dos vazamentos nos sistemas de distribuição de água ao redor do mundo mostraram que a maior proporção de perdas reais anuais ocorre nas conexões, incluindo o ponto de ligação com a tubulação principal. Aplica-se a todos os sistemas com densidade de conexão acima de 20 conexões por km de tubulação. Portanto, nesses sistemas os indicadores de volume/conexão/dia quando o sistema é pressurizado é o melhor entre os tradicionais, a fim de permitir comparações entre os sistemas com diferentes níveis de abastecimento. Contudo, este indicador ainda não leva em conta a pressão de operação, o que é uma desvantagem significativa.

Segundo Miranda (2002), existe uma grande quantidade de indicadores e a falta de uma linguagem uniforme para os termos, definições e fórmulas de cálculo, já é de amplo conhecimento do setor saneamento. Seu trabalho pesquisou diversos estudos nacionais e internacionais, tendo realizado uma criteriosa análise dos indicadores propostos, que resultou em uma avaliação de 59 versões de indicadores, os quais utilizam 109 versões de dados na sua construção.

A análise comparada dos indicadores e os testes de cálculo efetuados com os dados da pesquisa permitiram a seleção dos indicadores considerados mais representativos, recomendados para uma proposta padrão composta de oito indicadores de perdas, distribuídos em níveis básico, intermediário e avançado, conforme as seguintes definições:

- nível básico: composto por indicadores derivados de informações técnicas mínimas, exigíveis de todos os sistemas indistintamente; fornece uma síntese da eficiência e da eficácia do operador;
- nível intermediário: composto por indicadores derivados de informações técnicas específicas mais refinadas do que as utilizadas nos indicadores do nível básico; permite um conhecimento mais pormenorizado que os indicadores do nível básico, para uma análise mais profunda;
- nível avançado: composto por indicadores derivados de informações técnicas que, adicionalmente aos atributos das anteriores (níveis básico e intermediário) envolvem um grande esforço de monitoramento e controle operacional, utilizando técnicas e equipamentos mais sofisticados;

indicadores com maior detalhe específico, relevantes para a gestão do operador.

Os indicadores recomendados por Miranda (2002), são os seguintes:

- No nível Básico: Indicador de águas não faturadas por volume - %; Indicador de perdas totais de água - % e Indicador de perdas totais de água por ligação - L/lig. dia.
- No nível Intermediário: Indicador de perdas reais por ligação - L/lig.dia; Indicador de perdas aparentes por ligação – L/lig.dia e Indicador de águas não faturadas em termos de custo - %.
- No nível Avançado: Indicador de perdas reais por ligação associada à pressão – L/lig.mca.dia e Indicador de vazamentos da infra-estrutura – adimensional.

Segundo Arikawa (2005), os indicadores de perdas servem para comparar o desempenho de sistemas de abastecimento de água distintos; avaliar a situação das perdas em um determinado sistema; gerenciar a evolução dos volumes perdidos. Também permite o monitoramento dos efeitos das decisões de gestão; permite destacar os pontos fortes e fracos dos diversos setores da Prestadora de Serviços de Saneamento, e assim apoiar a implantação de medidas para melhoria da produtividade, dos procedimentos e das rotinas de trabalho; permite redirecionar as ações de redução e controle de perdas; proporciona uma base técnica de suporte a processos de autoria e permite apoiar a formulação de políticas para o setor da água, no âmbito da gestão integrada dos recursos hídricos.

Os indicadores de perdas expressos em percentual relacionando volumes não são apropriados para a avaliação de perdas e comparação entre sistemas. Segundo Bessey e Lambert (1994) citados por Arikawa (2005), esses indicadores não são recomendáveis, embora sejam reconhecidamente os de mais fácil utilização e compreensão.

Segundo Miranda (2002), países como Japão, Alemanha, Grã-Bretanha, Austrália e África do Sul, dentre outros, já não admitem esses indicadores para avaliação de desempenho. Outros países da Comunidade Européia, da Ásia e da Oceania têm

feito restrições ao uso do indicador, embora ainda o considerem como válidos devido à sua fácil obtenção e melhor assimilação por parte da população em geral, políticos e imprensa.

A maioria dos estudos propõe alternativamente ou complementarmente aos indicadores em percentual, a utilização dos chamados fatores de escala, que relacionam volumes perdidos de água com a extensão da rede de distribuição e com a quantidade de economias ou de ligações de água, na unidade de tempo. Podem ser em m³/km de rede/dia, m³/economia/dia ou m³/ligação/dia ou ainda adotar outras unidades de tempo, de acordo com o objetivo da análise.

No presente trabalho o indicador de perdas adotado será o índice de perdas por ramal na distribuição calculado mensalmente em litros por ramal por dia e desmembrado em índice de perdas físicas e índice de perdas aparentes.

Na Sabesp, que é a companhia que administra o serviço de saneamento no município o índice adotado é o Índice de Perdas Totais por Ramal na Distribuição – IPD_t, expresso em litros por ramal por dia. Este indicador é utilizado para acompanhamento das perdas e é calculado considerando a média dos volumes e do número de ligações ativas dos últimos doze meses conforme a Equação 2.

$$IPD_t = \frac{(VP - (VCM + VO))}{NLA} * \frac{1000 * 12}{365} \quad (2)$$

Onde:

IPD_t – Índice de Perdas Totais por Ramal na Distribuição (L/ramal*dia)

VP – Média do volume produzido nos (m³).

VCM – Média do volume micromedido (m³).

VO – Média do volume outros usos – bombeiros, prédios próprios e carros-pipa (m³).

NLA – Média do número de ligações ativas.

2.3 Perdas em Sistema de Distribuição de Água

As perdas de água ocorrem em todas as etapas do sistema de abastecimento, desde a captação, adução, tratamento, reservação e distribuição. Para o desenvolvimento deste trabalho será considerada apenas a perda ocorrente no sistema de distribuição de água.

A estimativa das perdas no sistema de distribuição se dá por comparação entre o volume de água que sai do reservatório e o volume medido nos hidrômetros dos imóveis consumidores. Desta forma calculam-se as perdas totais. As perdas totais são divididas em perdas reais e perdas aparentes.

As perdas reais são as que ocorrem por vazamentos, visíveis ou não, em redes e ramais, por extravasamentos de reservatórios, por descargas excedentes para limpeza ou esvaziamento de redes para execução de manutenção. Os vazamentos são classificados em três tipos:

- Vazamentos visíveis – são os vazamentos aflorantes à superfície, comunicados pela população ou detectados pela empresa de saneamento;
- Vazamentos não-visíveis – são os vazamentos não-aflorantes à superfície, localizáveis por equipamentos de detecção acústica; e
- Vazamentos inerentes – são os vazamentos não aflorantes, e não-detectáveis por equipamentos de detecção acústica - com vazão menor que 250 L/h

As perdas aparentes são as perdas provocadas por volumes não faturados e consumidos pela população e são causadas por ligações clandestinas ou irregulares, ligações sem hidrômetro, hidrômetros subdimensionados ou inoperantes e por fraudes.

Segundo Pinero e Cubillo, (1996) citados por Gonçalves (1998), pode-se definir as perdas sob dois aspectos:

- Água que se perde dentro da terra ou que escoar para linhas de esgotamento pluvial e sanitário, advinda das tubulações de rede e ramais, o que se pode chamar de vazamentos - perdas físicas;

- Água que não é medida, ou que não tenha o seu uso definido, bem como consumo de quantidades desconhecidas para propósitos também desconhecidos - perdas não físicas, tais como as ligações clandestinas, imprecisão e erros de leitura dos equipamentos medidores de vazão.

A Companhia de saneamento de Minas Gerais - COPASA (2003) considera perda de água como sendo todo o consumo não autorizado que determina aumento do custo de funcionamento ou que impeça a realização plena da receita operacional. Perda de água é igual ao volume de entrada menos o consumo autorizado.

Perdas aparentes ou perdas não-físicas de água - consistem nos consumos não autorizados – furto, ou na imprecisão dos equipamentos de medição de vazão dos sistemas de macromedição e micromedição.

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

A IWA (2000) citada por Sabesp (2002), define as perdas de água como sendo a diferença entre a água que entra no sistema e o consumo autorizado. As perdas de água podem ser consideradas para todo o sistema, ou calculadas em relação a subsistemas como, por exemplo, uma rede de água não tratada, o sistema de adução ou o de distribuição. Em cada caso as componentes do cálculo são consideradas em conformidade com a situação. As perdas de água dividem-se em perdas reais e perdas aparentes.

Perdas reais são perdas físicas de água do sistema, até ao medidor do cliente. O volume anual de perdas através de todos os tipos de fissuras, rupturas e extravasamentos depende da frequência, da vazão e da duração média de cada vazamento. Apesar das perdas físicas localizadas a jusante do medidor do cliente se serem do cálculo das perdas reais, são muitas vezes significativas - em particular quando não há medição, e merecedoras de atenção no contexto dos objetivos da gestão dos consumos.

Perdas aparentes contabilizam todos os tipos de imprecisões associadas às medições da água produzida e da água consumida, e ainda o consumo não-autorizado - por furto ou uso ilícito.

As leituras com submedição em medidores de água distribuída, bem como, leituras com supermedição em medidores de clientes, levam a uma sub-avaliação das perdas reais. As leituras com supermedição dos medidores de água produzida, bem como as leituras com submedição por defeito em medidores de clientes, levam a uma sobre-avaliação das perdas reais. Daí a importância de possuir um sistema de medições com a maior qualidade possível, para garantir a precisão dos dados utilizados no controle do sistema e na medição das perdas.

Há diversos grupos de trabalho em empresas públicas e privadas, universidades, setores do governo que se dedicam ao estudo da redução das perdas de água em todas as fases do sistema de abastecimento. Alguns dos trabalhos que se referem ao sistema de distribuição de água sugerem como forma de reduzir perdas, a redução da pressão, a modelagem de rede e o controle de gestão.

Viegas (2002) demonstrou a influência do projeto de controle e redução de pressão na rede de distribuição implantando o programa de redução de perdas físicas de água no sistema de Santa Maria - RS, operado pela Companhia Riograndense de Saneamento - CORSAN. Os estudos e o conhecimento da relação do aumento de vazamentos, em função da pressão, existem há muito tempo e o uso deste princípio tornou-se importante com a necessidade de redução de perdas e melhor gerenciar os sistemas de abastecimento de água.

Esse princípio está apoiado no fato das alterações de pressão na rede de distribuição produzirem mudanças nas dimensões das áreas das fissuras e dos orifícios das tubulações e conseqüentemente alterando as vazões de vazamentos, portanto, a redução e o monitoramento da pressão tornam-se importante instrumento no gerenciamento.

Também, verificou-se que tubulações têm comportamento diferente em função do tipo de material - flexibilidade - e conseqüentemente parâmetros diferentes nas

equações que regem esta relação. As incidências de rompimentos nas tubulações estão relacionadas com estes fatores, porém, outros são importantes, tais como tipo de material, tipo de solo e forma de operação.

A alternativa técnica adotada pela CORSAN, segundo Viegas (2002) foi a implantação de um conjunto de Válvulas Redutoras de Pressão – VRP, com o objetivo de minimizar as pressões ao longo do período das 24 horas, assegurando os padrões mínimos de pressão para os consumidores.

A operação das VRPs propiciaram, de imediato, três importantes benefícios nas áreas de influência com controle de pressão:

- Redução das vazões diárias de operação provocada pelo rebaixamento da pressão a níveis operacionais que evitem a falta de água nos pontos críticos, porém, reduzindo a pressão excedente.
- Redução brusca da incidência de rompimentos de tubulações melhorando a qualidade do atendimento, reduzindo os custos de manutenção.
- Operação do sistema de abastecimento de água com pressões mais estabilizadas e de intensidade adequada, reduzindo a ocorrência de danos às instalações internas.

O método de dimensionamento do diâmetro e da escolha da forma de modulação das VRPs que foram instaladas nos setores selecionados exigiram um conjunto de informações do sistema de abastecimento conforme listados a seguir:

- Pressões máxima e mínima de montante da VRP;
- Pressão projetada de jusante da VRP para operar com sustentação mínima de 10 m.c.a. no ponto crítico;
- Vazão máxima horária;
- Vazão mínima horária;
- Velocidades mínimas e máximas na VRP de 1,2 m/s e 7,5 m/s respectivamente para operar com segurança operacional;

Os benefícios alcançados com a melhoria da atividade de manutenção de redes do sistema de abastecimento ocorreram devido à redução da incidência de

rompimentos de tubulações. Isto gerou uma diminuição nos custos, que são significativos, em função do elevado valor dos materiais de consertos, mão de obra especializada e dos serviços de repavimentações e reaterro de valas.

O acompanhamento dos resultados deste projeto tem demonstrado a importância de se adotar medidas que atuem nas causas que produzem perdas de água através de rompimentos de tubulação. Os resultados alcançados permitem garantir que a redução de pressão nas redes é uma ação fundamental para melhorar o desempenho operacional.

Gratão (2000) apresentou um modelo computacional desenvolvido para reduzir perdas utilizando Válvulas Redutoras de Pressão – VRPs, aplicado em uma rede de distribuição de água localizada no subsetor Jardim Monte Carlo na cidade de São Carlos – SP. No local havia VRP instalada e foram realizados testes com fechamento gradativo da válvula e registradas as informações de vazão e pressão na entrada do setor e outros pontos pré-estabelecidos.

Os estudos foram divididos em duas etapas distintas, sendo uma parte de levantamento de campo e outra de simulação numérica. As dificuldades encontradas foram a falta de um cadastro confiável para determinação das características da rede; falta de calibração e aferição dos equipamentos instalados pelo SAAE; falta de treinamento e conhecimento dos equipamentos; necessidade de matrizes maiores e introdução de novas equações e a exigência de computador compatível – maior memória e velocidade de processamento.

Soares (2003) realizou estudo de calibração de modelos de redes de distribuição de água para abastecimento considerando vazamentos e demandas dirigidas pela pressão, utilizando Algoritmos Genéticos – AGs, procedimento híbrido AGs e Simplex e utilizou o simulador hidráulico EPANET.

O modelo de vazamentos empregado foi o proposto por Tucciarelli, Criminisi & Termini (1999), que apresenta uma formulação baseada na perda de água por superfície de tubo, ao invés da consideração de vazamentos por comprimento de tubulação.

Uma análise das diferentes relações pressão x demanda apresentadas na literatura foi feita com base no número de iterações necessárias para a convergência no modelo hidráulico proposto. Este modelo foi o que consumiu menor tempo de processamento computacional, sendo adotado para as simulações de calibração em termo das rugosidades absolutas, demandas, diâmetros, cotas topográficas e parâmetros do modelo pressão x vazamento. No entanto, análises em sistemas reais fazem-se necessárias para conhecimento da variação das demandas com a pressão.

Dois tipos de AGs foram testados na calibração. O AG geracional elitista consumiu maior tempo de processamento computacional na medida em que o nível de dificuldade da calibração aumentava – maior número de parâmetros para calibração. O AG *Steady-State*, requereu poucas gerações para que a convergência fosse atingida. A utilização do modelo híbrido AGs – Simplex, mostrou-se vantajosa por poupar esforço computacional e refinar a solução final.

Todas as avaliações tomaram por base rede hipotética da literatura, embora na prática, as redes reais sejam os alvos deste tipo de investigação, recomendando o emprego do algoritmo para calibração de redes reais para trabalhos futuros.

Soares et al (2004) realizaram simulações hidráulicas onde foram identificados os parâmetros do modelo pressão x vazamento para um setor da rede de distribuição de água da cidade de Campo Grande-MS. Para tanto, utilizaram-se modelos inversos, resolvidos com o suporte da tecnologia dos Algoritmos Genéticos, alimentados por dados obtidos em campo. Os valores de pressão em alguns nós da rede e da vazão abastecida coletados são os dados necessários para a determinação dos parâmetros do modelo pressão x vazamento.

As simulações hidráulicas realizadas utilizaram o simulador hidráulico no qual tanto as perdas por vazamento quanto a dependência das demandas com a pressão são considerados simultaneamente. O procedimento iterativo utiliza o simulador EPANET 2 (Rossman, 2000) como módulo auxiliar nas análises hidráulicas.

Dois padrões de demanda foram considerados, correspondentes às condições de vazão abastecida máxima - horas do dia em que o consumo é maior, portanto com menores níveis de vazamentos e maiores restrições na vazão de atendimento da demanda potencial devido às menores pressões na rede - e vazão abastecida mínima - horas do dia em que o consumo é menor ou quase nulo, com maiores índices de vazamentos e menor ou nenhuma restrição na vazão de atendimento da demanda potencial devido aos maiores níveis de pressão.

Segundo Soares et al (2004) o procedimento geral para calibração de um modelo de rede pode ser dividido em seis etapas:

- Obtenção de dados cadastrais - consulta de informações - referentes às características físicas das tubulações - diâmetros, rugosidades, comprimento e material - e características dos componentes - válvulas e bombas - elevações topográficas, consumos das quadras, incidência de vazamentos, dentre outros;
- Simplificação da rede, desconsiderando diâmetros inferiores a 150 mm, salvo algumas exceções - ponta de rede, proximidades de reservatórios, mudança de diâmetro, dentre outras;
- Divisão da rede em setores homogêneos em termos das rugosidades e parâmetros do modelo de vazamentos, de forma que as estimativas para cada setor de rede correspondam a um fator de ajuste global para esse setor;
- Detecção e reparo de vazamentos via campanhas de geofonamento;
- Instalação de medidores de pressão e vazão - medidas preliminares de campo - na rede, de forma a armazenar tais dados simultaneamente com as informações relativas aos níveis dos reservatórios;
- Simulação da rede - análise via computador - utilizando os dados coletados para obter valores das variáveis de estado - pressão e vazão - e compará-los - modelo de calibração - com os dados obtidos em campo. Se o ajuste é aceitável, a calibração é finalizada, caso contrário, volta-se à etapa de simulação, determinando novos valores para os parâmetros e assim por diante, até que o critério de convergência seja satisfeito.

Segundo Andrade e Luzivotto Junior (2004), foi criado em São Carlos - SP um grupo de pesquisa para formar profissionais com objetivo de estudar e desenvolver a questão dos abastecimentos urbanos.

Vários programas foram realizados incluindo o desenvolvimento de modelo de simulação computacional para análise de redes de abastecimento de água em período extensivo, desenvolvimento de modelo de calibração para aplicação a modelos de simulação visando ao controle operacional e desenvolvimento de modelo computacional para detecção de fugas.

Esses trabalhos são importantes para o controle operacional das redes de abastecimento de água através de central de comando e poderá futuramente utilizar como ferramenta um modelo matemático adequado para simulação hidráulica, auxiliando a operação do sistema.

Com relação às perdas de água, as pesquisas ainda estão na fase teórica, mas com o desenvolvimento de programas computacionais resultando em cálculos mais rápidos, os modelos para detecção de fugas poderão ter aplicação na localização dos vazamentos.

Os estudos de modelagem de rede de distribuição de água não serão utilizados no presente trabalho, mas considera-se que podem se tornar, no futuro, uma importante ferramenta para desenvolver e gerenciar sistemas de abastecimento. Se as empresas de saneamento atualizarem seus cadastros, tornando-os confiáveis, somando-se ao desenvolvimento dos programas de modelagem e de máquinas de alta velocidade de processamento de dados, as simulações poderão ser aplicadas em toda rede sem necessidade de simplificação gerando resultados bem próximos à situação real.

O controle de gestão do sistema de distribuição também é ferramenta importante na redução das perdas. O monitoramento das vazões máximas, médias e mínimas noturnas auxilia na gestão do sistema, gerando dados como o fator de pesquisa, que é o resultado da vazão mínima noturna pela vazão média do período medido.

Quanto mais próximo de zero for o valor do fator de pesquisa melhor estará a situação do sistema em relação às perdas.

Scalize e Leite (2006) realizaram diversas ações visando a redução das perdas em dois setores da cidade de Araraquara – SP, resultando em redução de 12% em 14 meses de acompanhamento.

A pesquisa de vazamentos não visíveis – VNV - foi realizada por equipes percorrendo os setores com haste de escuta mecânica, geofone eletrônico e haste perfuratriz. A haste de escuta mecânica era colocada em contato com o hidrômetro de cada residência e ao sinal de qualquer ruído fazia-se uso da haste perfuratriz para definir o possível vazamento. Em algumas situações utilizava-se o geofone eletrônico para melhor definição do vazamento.

O serviço de caça fraudes foi realizado na maioria das residências e durante a fiscalização foram detectadas 66 fraudes. Os hidrômetros fraudados, os que apresentavam problemas de funcionamento e alguns hidrômetros que apresentavam tempo de instalação superior a 5 anos e/ou com mais de 2.000 m³ foram substituídos.

O acompanhamento da vazão mínima noturna permitiu avaliar o desempenho dos serviços de conserto dos VNV, bem como possíveis vazamentos. Para esta ação ser eficaz é recomendável que o setor ou sub-setor apresente uma área pequena que possa ser percorrida no menor tempo possível.

O trabalho de Scalize e Leite (2006) permitiu concluir que com ações voltadas para a pesquisa de VNV é possível reduzir o índice de perdas significativamente. No entanto, faz-se necessário manter equipes fixas para pesquisa de VNV, pois, devido ao aumento de pressão após os consertos dos vazamentos, outros locais podem apresentar novos vazamentos, até que ocorra equilíbrio.

Também pode ser concluído, analisando o número de fraudes detectadas e os hidrômetros que apresentavam possíveis sub-medição, que um programa de caça

fraudes e trocas periódicas de hidrômetros diminuem as perdas aparentes e aumentam a receita.

2.4 Macromedição e Micromedição

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

Entende-se por micromedição a medição do consumo realizada no ponto de abastecimento de um determinado cliente, independente de sua categoria ou faixa de consumo.

Macromedição é o conjunto de medições realizadas no sistema público de abastecimento de água. Como exemplo há os medidores de água bruta, medidores na entrada de setores de distribuição ou medidores de água tratada distribuída por atacado a outros sistemas públicos. Esses medidores são normalmente de maior porte.

Sempre se deve ter em mente que a avaliação de um sistema de abastecimento requer um sistema de medição envolvendo macromedição e micromedição confiáveis.

Como exemplo básico, tem-se que as perdas no sistema público de abastecimento são calculadas pela diferença dos volumes disponibilizados - medidos pela macromedição - menos a soma dos volumes consumidos - medidos através dos micromedidores instalados nos imóveis dos consumidores. A partir das medições realiza-se o cálculo das perdas e podem ser tomadas providências para evitá-las ou minimizá-las.

2.4.1 – Macromedição

A macromedição tem por objetivo oferecer ferramentas necessárias á avaliação dos volumes de água fornecidos pelos sistemas públicos de abastecimento, além de outras aplicações como:

- controle de produção de água – permite medir os volumes produzidos durante determinado período de interesse ou séries históricas;
- operação do sistema – permite medir parâmetros técnicos importantes como vazão instantânea, indicando aumento de consumo ou vazamento;
- planejamento – oferece subsídios importantes para expansão do sistema, readequações de setores, demandas, limites de exploração entre outros;
- fornecimento de água a outro sistema – permite medir o volume fornecido a outro sistema produtor ou outro município;
- dosagem de produtos químicos – para se obter a concentração pré-estabelecida de produtos químicos, é necessário utilização de macromedidores precisos.

Algumas considerações sobre macromedição são apresentadas a seguir com base em Documento Técnico de Apoio do PNCDA – Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água elaborado por Alves et al (1999).

O fator humano tem enorme importância no grau de exatidão e confiabilidade de qualquer sistema de medição, do mais simples ao mais complexo. Sistemas de medição bem concebidos e bem implantados podem gerar resultados ruins em função da inadequação da equipe envolvida no cumprimento dos objetivos.

Entretanto, o fator humano é condicionado por uma série de variáveis, dentre as quais se podem destacar o nível de motivação para a atividade, o nível de agregação da equipe, o nível de formação geral e treinamento específico e a qualificação e experiência para a implantação do sistema.

A correta instalação dos medidores é fundamental para a macromedição. Erros de projeto podem prejudicar sua exatidão e até mesmo inviabilizar seu funcionamento.

Não é raro encontrar medidores que, sem medir e desempenhar a função básica para a qual foram destinados constitui um aspecto negativo para o próprio funcionamento do sistema público de abastecimento.

Sempre é necessário conhecer e obedecer às condições de instalação definidas nos catálogos dos medidores. Aparentemente óbvia esta recomendação, freqüentemente é esquecida, perdendo-se recursos importantes e potencial de controle. Além disto, os seguintes aspectos devem ser considerados:

- observar as prescrições para instalação, distâncias ou medidas, em geral, definidas em termos de diâmetros em trecho retilíneo, a montante e a jusante do medidor;
- observar o regime hidráulico de funcionamento da rede de tal forma a compatibilizá-lo com o regime e faixas de medição específicos do medidor;
- avaliar cuidadosamente as estruturas auxiliares, sobretudo aquelas relativas á pitometria. A localização dos registros de derivação – *taps*, por exemplo, necessita de padrões de instalação tal como no caso dos medidores;
- avaliar preliminarmente as condições de acessibilidade aos medidores tanto para manutenção corretiva quanto preventiva. Por exemplo, medidores tipo Venturi podem ter suas tomadas obstruídas por deposição de material particulado. Neste caso, uma simples injeção de ar comprimido na tomada obstruída pode recuperar o medidor sem maiores intervenções e,
- permitir ações que requeiram a retirada do medidor, prever dimensões adequadas da caixa e dispositivos associados ao medidor.

O *tap* ou registro de derivação apresentado na Figura 5 é um dispositivo instalado na tubulação em carga, cuja principal função é permitir o acesso ao fluxo interno da tubulação, sem a necessidade de sua paralisação.

Dependendo do instrumento de medição utilizado na conexão ao *tap* é possível se obter parâmetros como vazão, velocidade, diâmetro da tubulação – tubo Pitot - e pressão – manômetro.

fundamentais tanto para a qualidade das leituras quanto para a avaliação de problemas que podem passar despercebidos.

Quanto à calibração dos macromedidores, recomenda-se que seja procedida com periodicidade mínima anual. No caso de medidores limítrofes ou de compra de água por outro município é aconselhável que as calibrações sejam de conhecimento do comprador da água. Normalmente estas calibrações são executadas em campo e é possível também que seja necessária a presença de um órgão independente e aceito por ambos, para realizar a calibração.

Um problema recorrente na manutenção de macromedidores está na dificuldade de deslocar os medidores para recalibração em bancada, quer pela carência de laboratórios adequados, quer pelas dificuldades operacionais de se retirar medidores de grande diâmetro da linha sem prejudicar o abastecimento.

Como regra geral, medidores de diâmetros inferiores a 300 mm, que podem mais facilmente ser calibrados na própria bancada de macromedição do serviço de saneamento, devem ser anualmente recalibrados em bancada, com verificações pitométricas quando for necessário. Para medidores maiores e dependendo de seu tipo, cuja calibração em bancada é mais difícil, a calibração ou inspeção junto ao fabricante é necessária. Adicionalmente, esses medidores devem ser anualmente verificados em campo por pitometria e retirados para recalibração quando as verificações pitométricas indicarem um problema maior.

Segundo Pereira et. al, (2003), no Brasil, especificamente nos sistemas de abastecimento de água, é habitual instalar medidores de vazão por diferencial de pressão com diâmetros maiores que 300 mm sem qualquer calibração prévia em laboratório. As constantes destes medidores são verificadas *in situ*, com o medidor sujeito à influência de singularidades e a variações de vazão. A verificação é normalmente feita por comparação entre a vazão indicada pelo medidor avaliado e a vazão calculada por mapeamento do perfil de velocidades utilizando tubo de Pitot. O tubo de Pitot normalmente utilizado é do tipo Cole. Esta prática é baseada na idéia de que macromedidores de grande diâmetro só são usados com propósitos de controle operacional da produção e dos sistemas de distribuição.

Contribuindo para esta prática está a inexistência de laboratórios de calibração para estes macromedidores, especialmente para aqueles com mais de 1000 mm de diâmetro. Deve-se mencionar que o diâmetro de 800 mm é o limite máximo considerado pela norma ISO 5167 para este tipo de medidor. Esta situação gerou entre os profissionais da área a convicção que estes medidores naturalmente não são confiáveis para totalização de volume e como dispositivos de transferência de custódia. Nesta cultura os projetos de instalações de medidores não utilizam sistemas de *by-pass* ou medidores de *stand-by*, de tal forma a possibilitar a retirada do macromedidor. (PEREIRA et. al,2003)

2.4.2 Micromedição

A micromedição deve ser realizada com a maior exatidão possível, pois através dela e da macromedição, chega-se às perdas totais. Quanto mais confiáveis forem as medições, mais segurança trarão às decisões tomadas nas ações de combate às perdas.

Vários fatores podem prejudicar a micromedição, desde posição incorreta na instalação do hidrômetro, qualidade e classe do hidrômetro, dimensionamento incorreto, falhas de leitura, fraudes, consumo reduzido causando submedição, entre outros.

Segundo Rech (1999), as perdas em função da sensibilidade de hidrômetros magnéticos de 19 mm e vazão nominal de 1,5 m³/h, situam-se na faixa de 8 a 12 % quando instalados em prédio com reservatório individual e baixo consumo médio mensal, em torno de 10 a 15 m³ e pressão de abastecimento na ordem de 30 mca. Prédios com reservatório individual acarretam uma vazão média de operação do hidrômetro de 40 L/h, ou seja, na faixa inferior de medição onde os erros são maiores. Assim sendo, a perda por sensibilidade é também função do consumo, pois quanto menor o consumo, menor será a vazão e maior será a perda. Se o prédio não possui reservatório o medidor trabalha em vazão média próxima de 500 L/h, até um máximo de 800 L/h, situando-se na faixa superior de medição, onde a variável

sensibilidade não afeta a medição da água e se houver perda deve-se à regulação do aparelho.

Freqüentemente abrigo construído com altura abaixo do padrão dificulta ou impede a leitura, exigindo que o aparelho seja posicionado de forma inclinada. Ele passa a trabalhar em condições inadequadas, fazendo com que a turbina sofra desgastes laterais, pela inclinação em que se encontra, provocando maior perda de carga e afetando em muito a sensibilidade.

Atualmente existem no mercado hidrômetros com o visor da relojoaria inclinado, facilitando a instalação em locais com abrigo baixo, mantendo-se a posição correta do medidor e evitando assim a perda causada pela instalação do medidor de forma incorreta.

Na Figura 6 é apresentada fotografia com dois tipos de hidrômetros, sendo um tradicional e outro com a relojoaria inclinada, onde se percebe a facilidade de leitura, mesmo quando só é possível observar o visor do medidor transversalmente.



Figura 6 – Hidrômetro tradicional e hidrômetro com cúpula inclinada.

3 Materiais e Métodos

O local onde se realizou a pesquisa é um subsetor da cidade de Presidente Prudente – SP, abastecido pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp. Os materiais aplicados são os utilizados rotineiramente pela Companhia e estavam disponíveis para consulta e aplicação no trabalho.

3.1 – Materiais

Os materiais necessários para a realização dos trabalhos em campo, tanto nas instalações, como nas pesquisas, foram os seguintes:

- Medidor de Vazão Sabesp – MVS. É um medidor por diferencial de pressão do tipo de inserção e com multifuros. Este medidor foi desenvolvido por engenheiro da Companhia e está em fase de registro de patente. Maiores detalhes sobre o medidor MVS podem ser encontrados em Camapum Filho (2007). Para medição das vazões, foram instalados dois medidores em pontos estratégicos, sendo um na rede de fofo 300 mm, localizado antes da travessia da ponte sobre a Rodovia Julio Budisk e outro na rede de PVC Defofo 200 mm, localizado na entrada do *Booster* do Bairro São João. A Figura 7 mostra o medidor MVS instalado.
- Placa de orifício com Medidor MVS por diferencial de pressão tipo inserção, instalada na rede de Fofo 400 mm, na saída do reservatório Shiraiwa;
- Hidrômetros Classe B da marca Tecnobras, Lao ou Schlumberger, para substituição dos hidrômetros avariados, parados ou com idade acima de 10 anos. Os trabalhos de substituição dos hidrômetros são realizados rotineiramente, sempre que se constata visualmente ou através aferição, algum defeito no hidrômetro;



Figura 7 – Fotografias do Medidor MVS e do transmissor diferencial de pressão.

Fonte: Nicanor Alencar Camapum Filho – Sabesp. 2004.

- Haste de escuta marca Mecaltec, para localização de vazamentos através de geofonamento por varredura dos ramais prediais. Com a haste de escuta o trabalho de geofonamento é executado com muita rapidez, podendo ser realizado durante o dia e apenas confirmando e marcando o local do vazamento à noite através de geofone. A varredura é realizada auscultando com a haste todos os cavaletes da rua, identificando aqueles que apresentarem sinal de vazamento. A Figura 8 apresenta foto da ferramenta e a Figura 8 sua utilização.
- Geofone mecânico marca Mecaltec, para confirmação e marcação dos vazamentos invisíveis, já pré-identificados na varredura com a haste de escuta ou localização de rede ou *by-pass* junto com a válvula de golpe. A Figura 8 apresenta foto do aparelho e a Figura 9 sua utilização.

- *Data-loggers*, da marca Metrolog, modelo NET – P / F / D 200 m, para monitoramento das pressões, principalmente na fase de cálculo do fator N1 – ver item 3.4. A Figura 8 apresenta fotografia do aparelho.

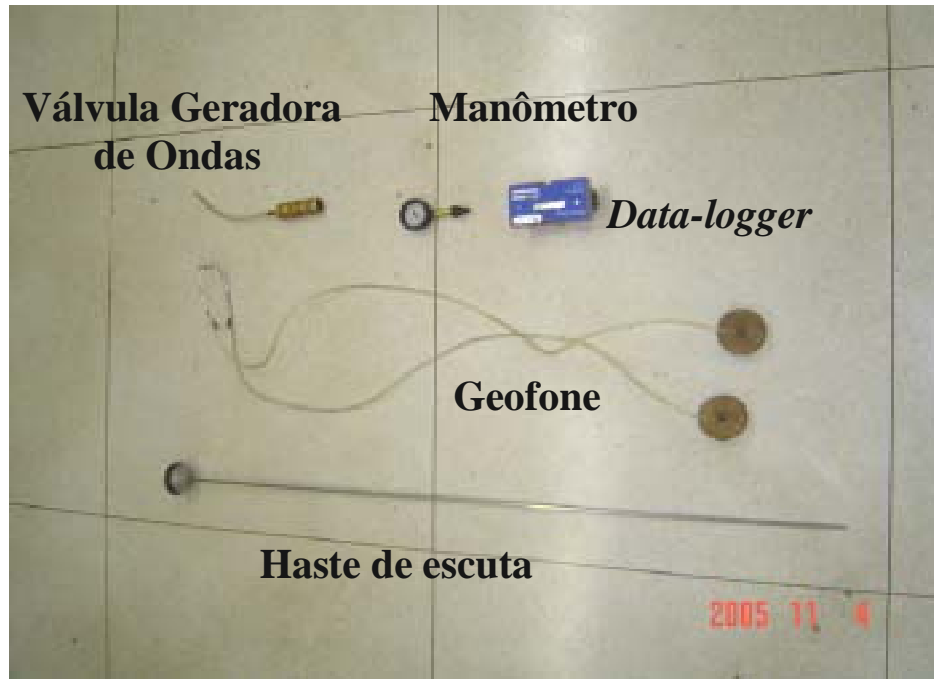


Figura 8 – Fotografia de Válvula Geradora de Ondas, Manômetro, *Data-Logger*, Geofone Mecânico e Haste de escuta.

- Manômetros manuais da marca Mecaltec, com escala de 0 a 100 mca, para medições instantâneas das pressões e ramais obstruídos. No caso de ramais com obstrução, percebe-se no manômetro que assim que é instalado, a pressão atinge certo valor e vai aumentando gradativamente até chegar à máxima para aquele horário e local, indicando que o ramal está permitindo a passagem de pequena vazão de água, ou seja, está parcialmente obstruído. A Figura 8 apresenta foto do aparelho.
- Válvula Geradora de Ondas – VGO marca Restor, utilizada para geração de golpes no cavalete e ramal, onde, através de geofone, pode-se localizar fraude por *by-pass*. Esta válvula é útil também para localizar a rede de água através de um ramal existente. A utilização é simples, bastando retirar o

hidrômetro do cavalete e instalar a válvula na perna de entrada da água, regulando o fluxo e o ritmo dos golpes. Com um geofone, segue-se o som dos golpes acompanhando o ramal até a rede. No caso de *by-pass* ouve-se som em duas direções, indicando que existe outra entrada de água que não passa pelo cavalete. A Figura 8 apresenta foto da ferramenta e na Figura 9 sua utilização associada ao geofone.



Utilização da Válvula e Geofone



Utilização da haste de escuta

Figura 9 – Fotografias demonstrando a utilização da Válvula Geradora de Ondas, associada ao Geofone Mecânico e utilização da Haste de Escuta na detecção de vazamento invisível.

- Bancada de aferição eletrônica portátil, marca Hidrotest II, para aferir no local os hidrômetros com suspeita de fraude e para aferição dos hidrômetros que foram substituídos devido à idade acima de 10 anos. A Figura 10 apresenta foto do equipamento.



Figura 10 – Fotografia de Bancada Portátil para aferição de hidrômetros.

- Cadastro comercial do subsetor, contendo endereço do imóvel, hidrômetros instalados, consumos e registros de todos os serviços executados. Na Figura 11 é mostrado um exemplo de tela do sistema comercial da Companhia.

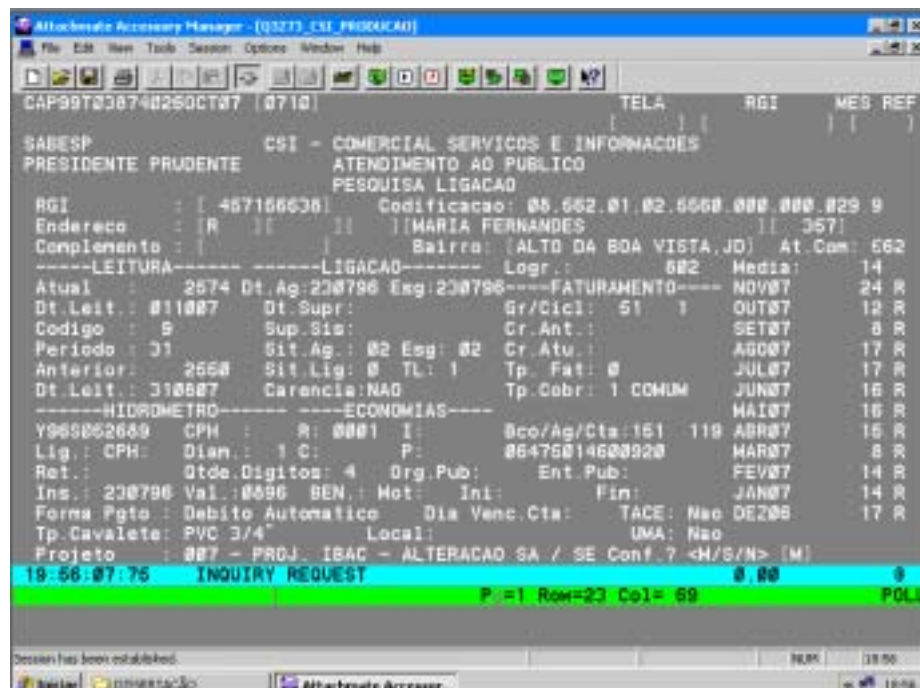


Figura 11 – Tela de consulta do cadastro comercial.

- Cadastro técnico do subsetor, contendo planta de localização da rede de água, identificando materiais, diâmetros, conexões, válvulas de manobra e de descarga, conforme exemplo na Figura 12.

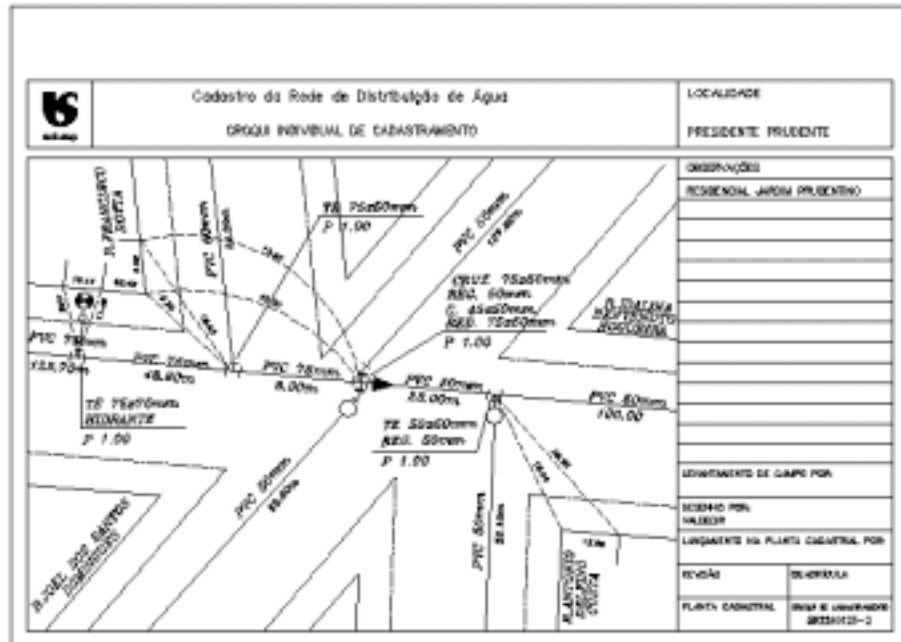


Figura 12 – Modelo de cadastro individual de rede de água.

As curvas de calibração dos medidores MVS por diferencial de pressão tipo inserção e as calibrações das bancadas de aferição de hidrômetros Hidrotest II estão no Anexo 1 e as plantas dos setores estão no Anexo 2.

3.2 - Metodologia de controle e acompanhamento de perdas

O método adotado pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - Sabesp será utilizado no subsetor em estudo por ser um procedimento da empresa e esta ser a concessionária que opera em Presidente Prudente – SP. Para entendimento deste método utilizado, serão apresentados alguns conceitos que fazem parte do procedimento da empresa, desenvolvido através de consultoria de Lambert e Thornton em 2002.

- **Vazão Mínima Noturna** - é a menor vazão que ocorre durante um dia. É chamada de mínima noturna porque somente ocorre durante a madrugada, quando a maioria dos consumidores está repousando. É o dado mais importante para o cálculo da vazão de perdas reais. Em um sistema por gravidade, quando ocorre a vazão mínima as pressões no sistema são as máximas, devido à perda de pressão estar ligada à vazão no sistema, e conseqüentemente a vazão de perdas é máxima. Desta forma é possível dizer que a hora mais propícia para se obter a vazão de vazamentos é na hora da mínima noturna. A Figura 13 apresenta a variação de consumo de um sistema de distribuição e aponta a ocorrência da vazão mínima noturna.

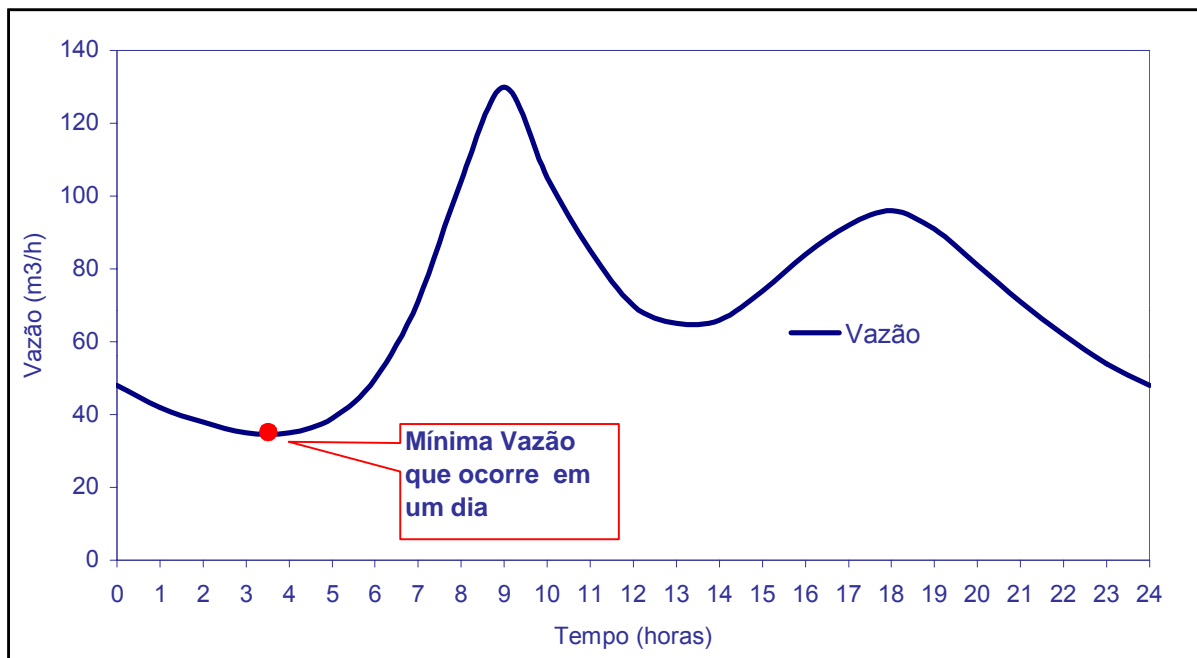


Figura 13 – Curva de Variação da demanda diária.

Fonte: Sabesp - Diretoria Metropolitana de Distribuição, 2004

As variações das pressões e vazões de um sistema abastecido por gravidade são mostradas na Figura 14, onde se observa que quando a pressão é máxima, a vazão é mínima e durante o pico de consumo, a pressão diminui.

A vazão dos vazamentos varia durante as 24 horas do dia, sendo maior à noite, quando a pressão é máxima. Na maioria dos sistemas a ocorrência da vazão mínima noturna é entre 3 e 4 horas.

O volume diário de perdas físicas, representado em amarelo, é o que se procura determinar através dos cálculos de N1 e FND. Multiplicando a vazão mínima noturna pelo FND, obtem-se o volume de vazamentos do dia ou ainda, pode-se calcular a vazão mínima noturna média do mês e multiplica-la pelo FND, determinando-se o volume de perdas físicas do mês.

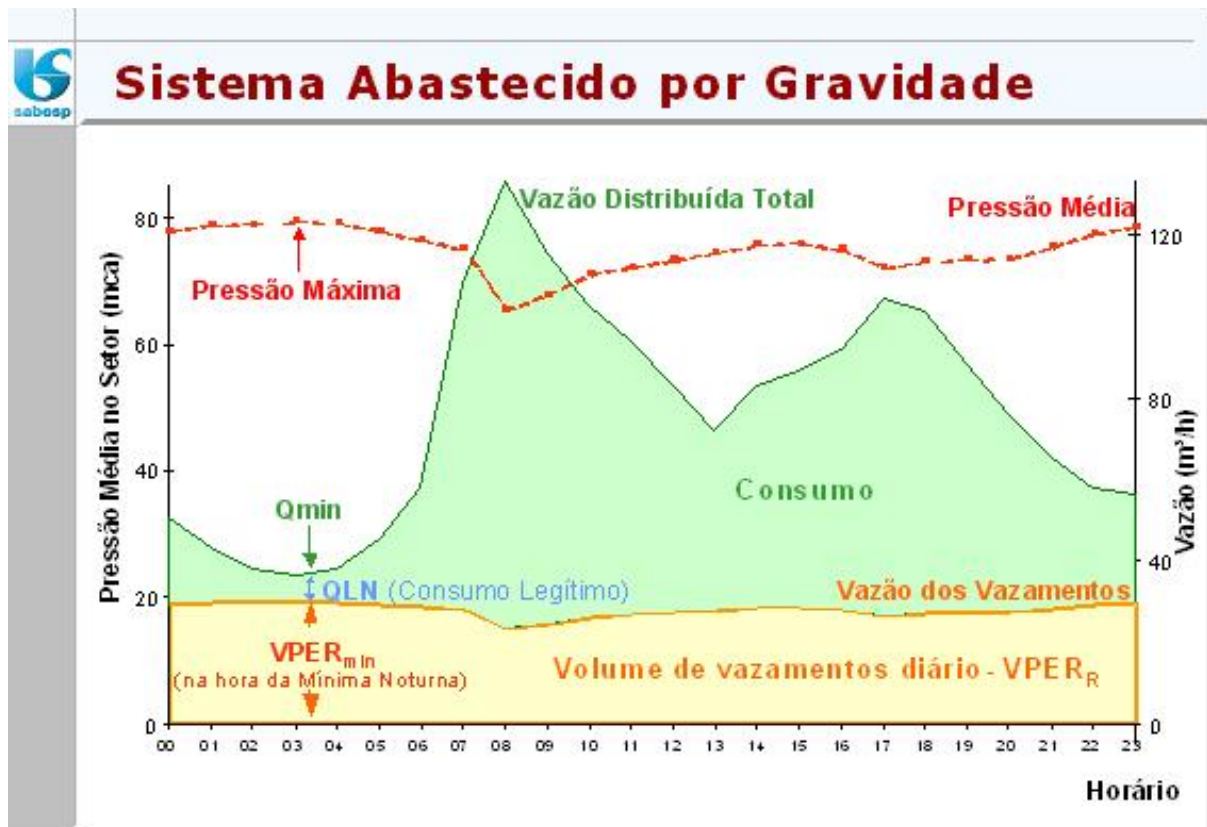


Figura 14 – Gráfico da variação de pressões e vazões

Fonte: Sabesp - Diretoria Metropolitana de Distribuição, 2004

- Fator Noite-Dia – FND é a relação entre a vazão média diária de vazamentos e a vazão de vazamentos que ocorre no horário da vazão mínima noturna. Matematicamente, esta relação pode ser escrita como mostra a Equação 3.

$$Q_{vaz-med} = Q_{vaz-MN} \times FND \quad (3)$$

Onde:

FND - fator noite-dia (horas/dia);

$Q_{vaz-med}$ - vazão média diária de vazamentos (m^3/dia); e

Q_{vaz-MN} - vazão de vazamentos no horário da vazão mínima noturna ($m^3/hora$).

Portanto, para obter a vazão média diária de perdas reais, multiplica-se a vazão média de vazamentos obtida no horário da vazão mínima noturna pelo FND.

O FND é um valor que transforma o volume horário de perdas por vazamento - verificado na hora da vazão mínima noturna - em um valor diário (m^3/dia), possibilitando assim o cálculo dos índices de perdas reais mensais. O valor de FND depende de dois parâmetros básicos, que são as pressões médias horárias do setor e o valor do fator N1.

O valor ideal para o FND é aquele relativo a um ano de dados, que reflete as possíveis variações sazonais deste parâmetro. Isto é obtido registrando-se dados de pressões médias durante quatro semanas ao longo do ano. Inicialmente, admite-se, em um primeiro momento, o FND obtido para uma semana.

O fator N1 reflete a relação entre as vazões de perdas por vazamentos e as pressões médias vigentes no setor. Matematicamente, esta relação pode ser escrita como mostra a Equação 4.

$$\frac{Q_{hi}}{Q_{ho}} = \left(\frac{P_{hi}}{P_{ho}} \right)^{N1} \quad (4)$$

Onde:

Q_{hi} - vazão total de vazamentos no setor na hora hi , em $m^3/hora$;

Q_{ho} - vazão total de vazamentos no setor na hora ho , em $m^3/hora$;

P_{hi} - pressão média no setor na hora hi , em $m^3/hora$;

P_{ho} - pressão média no setor na hora ho , em $m^3/hora$; e

$N1$ - fator definido por teste em campo.

O valor de $N1$ é obtido através de um ensaio em campo, no setor considerado. Resumidamente, o ensaio é realizado no horário da vazão mínima noturna, medindo-se pares de valores de vazões de entrada no sistema – Q e pressões no ponto médio - P , obtendo-se assim valores de $N1$. O valor final é a média dos valores de $N1$ assim obtidos.

Os valores típicos de $N1$ são: $N1=0,50$ para vazamentos em tubulações metálicas e $N1= 1,50$ para vazamentos em tubulações plásticas.

Na Figura 15, pode-se observar o gráfico das pressões e vazões durante o ensaio de campo para determinação do $N1$. No ensaio, anota-se a vazão de entrada no setor e a pressão do ponto médio e em seguida o registro de entrada de água no sistema de abastecimento é estrangulado reduzindo-se a vazão e aguardando sua estabilização. Após estabilizar, são anotadas a vazão e a pressão do ponto médio do setor, retomando novamente o mesmo processo de estrangulamento do registro de entrada com novas anotações de vazão e pressão até que a pressão no ponto crítico – ponto de menor pressão no setor – atinja limite mínimo de abastecimento.

Com os pares de dados de vazão e pressão anotados, são calculados vários N1 que posteriormente será adotado como a média dos valores obtidos.

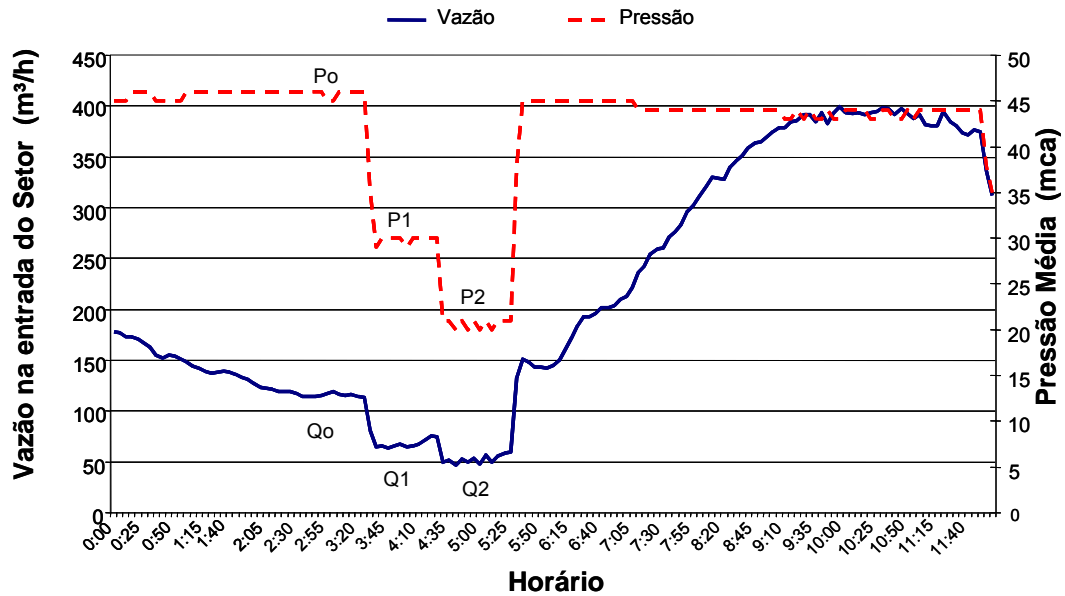


Figura 15 – Gráfico do ensaio de campo para cálculo do N1

Fonte: Sabesp - Diretoria Metropolitana de Distribuição, 2004

Com base no perfil médio horário de pressões e com o valor de N1, o FND é calculado conforme Equação 5.

$$FND = \sum_{i=1}^{24} \left(\frac{P_i}{P_{MN}} \right)^{N1} \quad (5)$$

Onde:

P_i - pressão média na hora i : entre 0 e 1 hora, entre 1 e 2, 2 e 3, h_i a h_n , até 23-24 horas;

P_{MN} - pressão mínima noturna média, geralmente ocorre entre 3 e 4 horas.

Caso a pressão mínima noturna ocorra, por exemplo, entre 2 e 3 horas, então se deve utilizar na fórmula o valor P_{2-3} , e não P_{3-4} . Caso a vazão mínima ocorra entre 4 e 5 horas, então utilizar-se P_{4-5} .

Tanto as vazões de consumo quanto as pressões dinâmicas em um sistema de abastecimento variam ao longo do dia. Portanto, a vazão dos vazamentos também varia durante as vinte e quatro horas do dia.

O valor de FND pode resultar menor, igual ou maior que 24, dependendo das seguintes configurações do sistema analisado:

- em sistemas sem controle de pressão, com abastecimento direto a partir de reservatórios, FND é menor que 24 ($FND < 24$);
- em sistemas com controle de pressão acentuado no período noturno, FND é maior que 24 ($FND > 24$);
- em sistemas em que a pressão permanece praticamente constante ao longo do dia (tubulações superdimensionadas, por exemplo), FND é igual ou bem próximo a 24 ($FND = 24$).

O parâmetro FND é influenciado pelo valor de N_1 . Portanto, quanto maior a confiabilidade do valor de N_1 obtido no teste, melhor será também o resultado de FND.

- A Pressão Média do Setor - PMS é aquela que representa o comportamento da pressão em todo o setor durante um determinado dia. É obtida monitorando-se o Ponto de Pressão Média do Setor – PPMS, que é o ponto do setor onde a pressão medida representa a PMS. Outra variável importante é Pressão Média Noturna do Setor – PMNS, definida como sendo a pressão média medida no PPMS na hora onde ocorre a Vazão Mínima Noturna - Q_{min} .

A determinação do PPMS é realizada através da ponderação das cotas com elementos físicos da área estudada. Quando há o cadastro atualizado da rede do setor com curvas de nível, a cota do ponto médio e, posteriormente, o local do ponto médio pode ser obtido, adotando um dos seguintes procedimentos:

- Ponderação do número de elementos físicos - registros, ligações - existente entre curvas de nível nas plantas de cadastro técnico;
 - Ponderação dos dados de extensão de redes com as cotas médias de cada trecho de rede, obtidos do cadastro técnico; e,
 - Ponderação dos dados de consumos micromedidos totais em faces de quadra com as cotas médias das faces de quadra.
- Fator de Consumo Médio Normal Não Residencial - É o número que indica a existência ou não de consumos não residenciais normais no horário da vazão mínima noturna. Quando não existe consumo não residencial noturno, este fator vale zero; e um, quando existe. Dentro do sistema, este valor zero ou um, multiplica o valor médio do consumo não residencial normal padrão, que é de 8,0 litros/economia não residencial/hora, ocorrendo no horário da vazão mínima noturna. O valor padrão de 8,0 litros/economia não residencial/hora é um valor de referência mundial, sendo proveniente de pesquisas realizadas no Reino Unido sobre todos os tipos de consumidores não residenciais.
- Consumo Noturno Excepcional - corresponde à soma entre os volumes de consumos legítimos excepcionais residenciais e não residenciais que ocorrem no horário da vazão mínima noturna. Definem-se como consumos excepcionais àqueles que são superiores a 250 litros/hora, como por exemplo:
- residenciais: enchimento de piscinas e reservatórios, irrigação e rega de jardins; e
 - não residenciais: hospitais, cadeias públicas, grandes consumidores comerciais noturnos -hotéis, supermercados e restaurantes, quando há vida noturna no local - ou mesmo consumos legítimos operacionais, de bombeiros e ou sociais, ocorrendo apenas no horário da vazão mínima noturna.

Após a definição do FND é realizada a coleta mensal de dados da micromedição e da macromedição para utilização no cálculo das perdas totais mensais do setor. O

volume de perdas totais mensais é a diferença entre o volume macromedido e o volume micromedido.

A vazão mínima noturna é anotada diariamente e calculada a média mensal. O resultado da multiplicação da vazão mínima mensal pelo FND são as perdas reais mensais no setor que subtraídas das perdas totais chega-se às perdas aparentes mensais.

Depois de calculadas as perdas totais, as reais e as aparentes do setor, é implantada a etapa de execução de ações para redução de perdas acompanhando os resultados e verificando quais ações são mais eficazes.

4 Atividades Realizadas e Coleta de Dados

O trabalho teve início com a instalação dos três medidores de vazão, sendo um do tipo placa de orifício e dois do tipo MVS, localizados na saída do Reservatório do Setor Shiraiwa, na entrada do Setor Ana Jacinta e na entrada do Setor do Booster São João, respectivamente.

Em seguida foram realizados os levantamentos em plantas cadastrais do Subsetor Shiraiwa, analisando as curvas de nível e posteriormente realizados levantamentos de dados de pressão através da instalação dos *data-loggers* para determinação do Ponto de Pressão Média do Setor – PPMS. Posteriormente, foi instalado um *data-logger* no PPMS para determinar a Pressão Média Noturna do Setor – PMNS.

Após a definição do PPMS e da PMNS, foi realizado no período em que ocorre a vazão mínima noturna, entre 2:00 h e 4:00 h o levantamento do expoente N1 utilizado no cálculo do Fator Noite Dia – FND.

Com a definição do FND e o acompanhamento das medições dos volumes macromedidos e micromedidos, foram calculadas as perdas físicas e perdas aparentes para comparação com as perdas calculadas mensalmente após a realização das ações propostas para sua redução.

As ações realizadas foram o geofonamento e reparo dos vazamentos em dois meses subseqüentes, a troca de hidrômetros com idade acima de 10 anos e a instalação de VRP.

Algumas ações comerciais que foram propostas inicialmente não foram realizadas devido ao baixo índice de perdas do setor, à dificuldade de verificação de resultados e à complexidade de implantação. Como estas ações comerciais demandam mobilização de equipes especializadas em caça fraudes para vistoria aos imóveis e levantamento cadastral junto aos clientes, considerou-se que seria desgaste desnecessário neste subsetor e os serviços foram executados em outro local. Os

procedimentos e as ações de redução de perdas realizados no estudo estão detalhados a seguir.

4.1 Levantamento preliminar junto a Sabesp de Presidente Prudente.

Várias ações foram realizadas em Presidente Prudente para redução das perdas no sistema de distribuição de água, entre elas, destacam-se:

- Geofonamento periódico de toda a cidade, dividida por setores de abastecimento;
- Instalação de 46 válvulas redutoras de pressão – VRP, nos locais com pressão excessiva;
- Adoção de novos materiais, com qualidade superior aos aplicados anteriormente;
- Adoção da política de substituição de ramais com vazamento ou ramais com reincidência de serviços de reparos;
- Substituição de hidrômetros obsoletos;
- Lacração e instalação de antifraude em 100 % dos hidrômetros e,
- Instalação de macromedidores na entrada dos setores de abastecimento.

Em Presidente Prudente foi criada uma Célula de Perdas para estudar e propor outras ações necessárias à gestão do sistema de distribuição de água e comercialização de serviços, visando reduzir as perdas reais e aparentes. Esta Célula é composta por vários profissionais da empresa das áreas Operacional, Comercial, *Marketing* e Desenvolvimento Operacional.

O geofonamento periódico foi implantado na companhia há vários anos, tomando como base para definição do setor a geofonar, os locais com alta vazão mínima noturna, medida através do setor de pitometria. Atualmente, com a instalação de medidores de vazão em várias entradas de setores de distribuição, o próprio setor operacional define os locais onde é necessário o geofonamento. A proposta é que até o final de 2007, todas as entradas dos setores de abastecimento estejam com medidores de vazão, proporcionando melhor controle e acompanhamento do sistema.

A instalação das VRPs foi definida pelo setor operacional, em conjunto com o Departamento de Desenvolvimento Operacional, através de *data-loggers* para registro das pressões nos locais onde esta era excessiva. Definindo a área que deveria ter controle de pressão, foram instalados novamente os *data-loggers* nos pontos de jusante e montante, para determinar qual a redução necessária para que a pressão ficasse entre 15 e 40 mca. Em toda cidade de Presidente Prudente estão instaladas 46 VRPs e no setor Shiraiwa são três, com proposta de instalação de mais uma.

Para a instalação da VRP é necessário que a área de influência tenha apenas uma entrada de abastecimento e que esta área seja estanque. Em vários locais foram necessários seccionamentos e/ou fechamento de malha da rede de distribuição para adequar as áreas que ficaram sob influência das VRPs.

A Concessionária também procura a melhoria nos materiais utilizados tanto em novas ligações como nos reparos de vazamentos. Foi adotado o Te de Serviço Integrado - TSI, que é uma peça que substitui o colar de tomada e o registro broca - materiais utilizados para fazer a tomada de água da rede para o ramal predial – Figura 16. Esta peça substitui as outras duas melhorando a qualidade, pois é mais robusta e elimina um ponto de vazamento que é a conexão entre o colar e o registro broca.



Figura 16 – Fotografias de conexões para tomada de água para ligação de água.

Quando se utilizava para fazer a ligação o registro macho e cotovelo, a vantagem passa a ser ainda maior, pois o TSI substitui as três peças e elimina dois pontos de vazamento. A Figura 16 apresenta fotografia com as três opções de materiais para execução de ligação de água. De um lado está o TSI que é uma peça fixada através de parafusos e do outro estão as opções de utilização do colar de tomada tradicional, fixado através de travas, junto com o registro broca e junto com o registro macho e cotovelo.

Outro material substituído foi o PEAD preto que devido à cor, vários materiais eram misturados à sua composição reduzindo sua qualidade. O PEAD adotado atualmente é na cor azul, dificultando a mistura de outros materiais. Todo material adquirido pela companhia é inspecionado em lotes nas fábricas para depois ser enviado para o almoxarifado que solicitou a compra.

No caso de loteamento, que é um empreendimento particular, mas, que posteriormente será doado à Companhia para operação, todo material utilizado também é inspecionado na fábrica para depois ser liberado. Os pedidos de compra dos materiais do loteamento são encaminhados à Companhia que solicita ao setor de inspeção a sua avaliação e liberação.

Outra ação recente foi a adoção da política de substituição dos ramais com vazamento. Anteriormente a substituição era realizada no caso de ramais com vazamentos recorrentes, levantados através dos registros do sistema comercial ou quando os próprios empregados percebiam que já havia emenda no ramal e tomavam a iniciativa de substituí-lo completamente. Atualmente existe um contrato para geofonamento e outro de troca de ramais, com defasagem de um mês, para que todos os ramais com vazamento que foram localizados através de geofone sejam substituídos por completo, evitando os reparos parciais.

A substituição de hidrômetros é realizada por etapas e conforme a disponibilidade de hidrômetros e recursos humanos. Atualmente está em vigência um contrato terceirizando a troca de 15.585 hidrômetros de 1,5 e 3 m³/h. A meta da empresa é manter o parque de hidrômetros com até 8 anos de utilização. No setor em estudo foram substituídos os hidrômetros com idade acima de dez anos.

A lacração e instalação de antifraude nos hidrômetros são ações que procuram reduzir a ocorrência de fraudes na ligação, reduzindo assim as perdas aparentes. Vários tipos de peças antifraude foram testados pela Companhia e a peça utilizada atualmente é uma mola cônica de aço instalada dentro do tubete para impedir a introdução de arame que provoca o travamento do hidrômetro. Os lacres são de plástico e são instalados envolvendo as porcas dos tubetes que depois só são retirados com rompimento da trava e o descarte do lacre. A Figura 17 mostra fotografia do lacre, da mola antifraude e de um cavalete lacrado.



Figura 17 – Fotografia de lacre, antifraude para hidrômetro e cavalete padrão lacrado.

Outra ação antifraude foi a eliminação do Tê instalado no cavalete, que facilitava a introdução de arame até o hidrômetro. O modelo atual de cavalete vem com dois cotovelos e o cliente só poderá instalar a torneira de jardim após o cavalete, de preferência embutida no muro.

Em relação ao cavalete, a Companhia desenvolveu novo padrão para ligações de água que substituirá os cavaletes atuais, chamado de Unidade de Medição de Água – UMA, composto por uma caixa metálica ou de PVC e dispositivo de medição com hidrômetro que deverá ser instalada embutida no muro do imóvel, onde o cliente terá acesso apenas ao registro interno para fechamento em caso necessário e a

empresa terá acesso pelo lado externo ao registro de entrada e ao hidrômetro, conforme mostrado da Figura 18. Esta caixa foi desenvolvida para dificultar a realização de fraudes no medidor, impedindo o acesso do cliente ao hidrômetro, permitindo apenas a leitura pelo lado externo. Também facilita a execução de cortes de água por inadimplência sem a necessidade de adentrar ao imóvel já que existe registro para corte com chave própria que pode ser manobrado através da retirada do lacre existente na tampa externa.



Figura 18 – Fotografias de Unidade de Medição de Água – UMA. Caixa aberta com acesso do cliente pelo lado de dentro e caixa fechada com vista externa.

A instalação de macromedidores em todas as entradas de setor de abastecimento é uma ação importante para gestão e controle de perdas do sistema. Permite acompanhamento em tempo real da vazão de abastecimento e da vazão mínima noturna, permite a medição dos volumes distribuídos por setores e alerta sobre vazamentos em rede de água pelo aumento expressivo da vazão. O monitoramento está disponibilizado em rede para os engenheiros do Setor de Produção e do Setor de Operação.

Com as ações já realizadas e em andamento a empresa tem atingido reduções consecutivas do índice de perdas IPDt que é calculado através da média dos índices mensais considerando os dados dos últimos doze meses. Na Figura 19 percebe-se a tendência de queda do índice observando-se dados dos últimos dois anos.

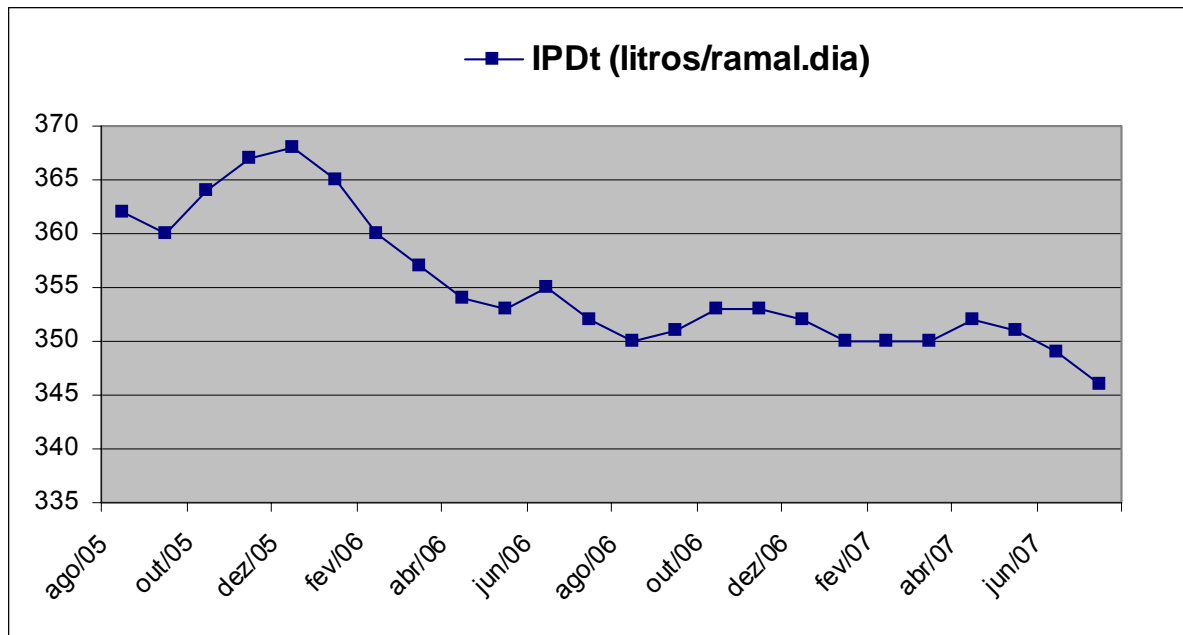


Figura 19 - Índice de Perdas Totais por Ramal na Distribuição - IPDt. Sabesp RB - Unidade de Negócio Baixo Paranapanema - Município: Presidente Prudente.

4.2 Escolha da área de estudo.

As análises das perdas foram realizadas em um subsetor de abastecimento da cidade de Presidente Prudente – SP – Brasil, que compreende os Bairros Jardim Itaipu, Jardim Santa Fé, Jardim Vila Real, Jardim Tropical, Jardim Vale do Sol, parte do Parque Shiraiwa e Residencial Universitário. No início dos trabalhos o subsetor Shiraiwa contava com 2637 ligações de água, com consumo médio de 13,95 m³/mês e 41,03 km de rede de distribuição.

Esse subsetor foi escolhido por necessitar apenas de pequena adequação para fazer coincidir a área de micromedição com a de abastecimento, tornando as áreas técnica e comercial com a mesma delimitação. Em cidades com vários setores de abastecimento, não é comum acontecer a concordância entre a área abastecida e a área de leitura dos consumos. A adequação foi realizada alterando um pequeno trecho de abastecimento, através de interligação de rede para mudar a entrada da água por outro subsetor e seccionamento em dois pontos para evitar a mistura com subsectores vizinhos.

A quantidade de ligações também influenciou na escolha do local para que os trabalhos desenvolvidos pudessem ser realizados de forma rápida que não prejudicasse a micromedição e a macromedição. As outras opções de local, como por exemplo, o Subsetor Ana Jacinta que possui três grupos de leitura e mais de 3900 ligações, fato que poderia causar morosidade na execução das ações propostas para combate às perdas, influenciando no período de leitura dos consumos.

Como o subsetor está contido no setor de abastecimento do Reservatório Shiraiwa, a adequação resultou em três áreas distintas, tornando necessário para as medições de vazão, a instalação de três medidores. Um medidor foi instalado na saída do reservatório – M1, outro na ponte de travessia da Rodovia Julio Budiski, que delimita o subsetor Ana Jacinta – M2 e outro no subsetor do *Booster* São João – M3, conforme mostrado na Figura 20.

ESQUEMA DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO SUBSETOR SHIRAIWA

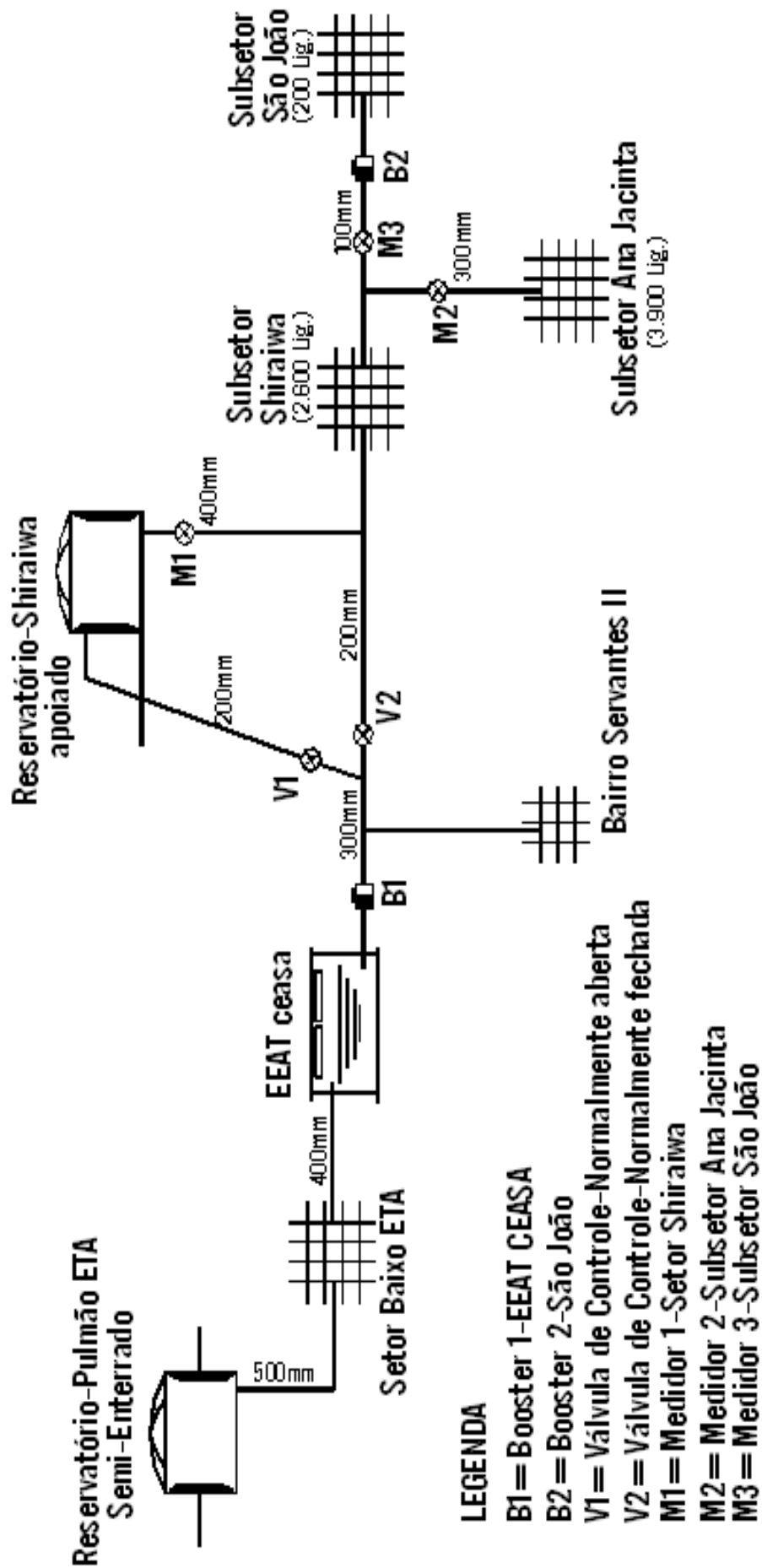


Figura 20 – Esquema do abastecimento de água do Setor Shiraiwa

4.2.1 Característica da Área de Estudo

Através do cadastro técnico foi realizado levantamento das redes de água do Subsetor Shiraiwa, identificando diâmetro, comprimento, materiais, microsetores de manobra e descargas de rede. Na Tabela 1 é apresentado o levantamento das redes de água.

Tabela 1 – Características da rede de água do Subsetor Shiraiwa (Sabesp – Gerência Distrital de Presidente Prudente, 2006).

LEVANTAMENTO DE CARACTERÍSTICAS DE REDES DE ÁGUA - SUBSETOR SHIRAIWA						
DIÂMETRO	BAIRROS					TOTAL
	Res. Universitário	Jd. Santa Fé	Vi. Real / Jd. Tropical	Jd. Itaipu/ Shiraiwa	Jd. Vale do Sol	
50 CA		448,00	371,00			819,00
50 PVC	3.684,00	4.692,00	3.960,00	7.575,00	6.963,00	26.874,00
75 CA		546,00				546,00
75 PVC	128,00		113,00	1.572,00	1.624,00	3.437,00
100 CA		169,00				169,00
100 PVC	140,00			493,00	427,00	1.060,00
150 PVC	448,00			201,00	58,00	707,00
150 CA		290,00			525,00	815,00
150 FOFO				267,00	217,00	484,00
150 DEFOFO			435,00		549,00	984,00
200 FOFO				1.060,00		1.060,00
200 CA					634,00	634,00
300 FOFO				1.302,00		1.302,00
TOTAL	4.400,00	6.145,00	4.879,00	12.470,00	10.997,00	38.891,00

Os tipos de ligação do Subsetor Shiraiwa e a distribuição dos hidrômetros pela capacidade, foram levantados e estão relacionados na Tabela 2. Foram levantados também os locais onde estão instalados os hidrômetros de 30 m³/h e verificado que estão numa escola, num laticínio – que utiliza água de poço – e na ETE - estação de tratamento de esgoto da cidade. Os relatórios de consumo dos grandes consumidores estão no Anexo 4.

Tabela 2 – Tipo de ligação e distribuição dos hidrômetros no Subsetor Shiraiwa (Sabesp – Gerência Distrital de Presidente Prudente, 2006).

Tipo de Ligação	
	jun/06
Residencial	2444
Comercial	147
Industrial	6
Publica	6
Mista	24
Total	2627
Parque de Hidrômetros	
	jun/06
Capacidade (m ³ /h)	Quantidade
1,5	2535
3	89
30	3
Total	2627

A seguir foi analisada a característica dos consumidores do subsetor, determinando se há consumos não residenciais e consumos excepcionais noturnos, definindo assim o Fator de Consumo Médio Normal Não Residencial como zero ou um. Como não foram detectados estes consumos no subsetor, este fator foi definido como zero.

Com relação ao parque de hidrômetros, foi realizado o levantamento da idade de instalação através do programa HydroControl - *software* que faz o controle de todos os hidrômetros instalados e retirados dos imóveis abastecidos pela Companhia. Verificou-se que junho de 2006, do total dos hidrômetros, 12 % estavam acima de 10 anos e 50 % estavam acima de 5 anos de utilização conforme apresentado na Tabela 3.

A Portaria Número 246 do INMETRO (2000) – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, estabelece que verificações periódicas devam ser realizadas a intervalos não superiores a cinco anos. A Norma Técnica Sabesp – NTS 181 (2005) determina um total máximo registrado para manutenção conforme a

vazão nominal do hidrômetro ou periodicidade de 8 anos para manutenção preventiva com possibilidade da substituição.

Tabela 3 – Idade dos hidrômetros instalados no Subsetor Shiraiwa (Sabesp – Gerência Distrital de Presidente Prudente, 2006).

Subsetor – Shiraiwa			
Idade dos hidrômetros Instalados			
Idade (anos)	Jun / 06		
		%	% Acum.
acima de 10	317	12	12
de 9 a 10	105	4	16
de 8 a 9	266	10	26
de 7 a 8	129	5	31
de 6 a 7	251	10	41
de 5 a 6	252	10	50
de 4 a 5	271	10	61
de 3 a 4	241	9	70
de 2 a 3	227	9	78
de 1 a 2	349	13	92
de 0 a 1	219	8	100
Total	2.627		

Na Figura 20 foi apresentado um esquema do abastecimento do Setor, onde mostra que a água é fornecida ao sistema diretamente da Estação de Tratamento, através de um reservatório pulmão semi-enterrado. A água sai da ETA por uma adutora de FF 500 mm, abastecendo vários bairros do Setor Baixo ETA, seguindo em adutora de FF 400 mm até a Estação Elevatória de Água Tratada do Ceasa – EEAT Ceasa. Desta elevatória abastece o bairro Servantes II que está fora da área de estudo e o reservatório do Setor Shiraiwa. Mostra também a localização dos medidores de vazão, as válvulas de manobra, os setores pressurizados e os todos os subsetores abastecidos pelo reservatório.

Durante o abastecimento normal a válvula V2 permanece fechada permitindo passagem apenas pela válvula V1 situada na rede que abastece o reservatório. Quando necessário, a válvula V2 é aberta e o sistema passa a ser abastecido em marcha, ficando o reservatório como sobra. Esta manobra ocorre quando é

executada a limpeza e desinfecção do reservatório – a cada dois anos - ou em caso de parada do sistema de abastecimento devido a rompimento de adutora ou problema eletromecânico e seja necessária recuperação rápida.

Com o abastecimento em marcha, os imóveis são abastecidos diretamente pelo bombeamento reduzindo a altura manométrica, aumentando a vazão das bombas e reduzindo o tempo de recuperação. Neste caso, o reservatório permanece como sobra e no período noturno quando os imóveis já estão abastecidos a água entra pela tubulação de 400 mm que é a saída do reservatório até atingir o nível máximo quando o operador da ETA desliga a EEAT Ceasa.

4.3 Levantamento dos Dados em Campo

Com os trabalhos de levantamento de pressões realizados pela equipe de pitometria do Departamento de Desenvolvimento da Operação de Presidente Prudente – RBO e apoio técnico do Departamento de Controle de Perdas e Planejamento – ROP, sediado em São Paulo, foram realizados os levantamentos de pressões em campo.

4.3.1 – Determinação do Ponto de Pressão Média do Setor - PPMS

A determinação do Ponto de Pressão Média do Setor – PPMS foi realizada através da instalação de *data-loggers* em 24 locais distribuídos dentro do subsetor para registrar as pressões de abastecimento durante 24 horas, chegando a uma pressão média diária de 39,23 mca conforme mostrado na Tabela 4.

Dentre os pontos medidos foram escolhidos três locais com possibilidade de um deles ser adotado como PPMS, definindo ao final da avaliação, por monitorar o ponto PPMS – Rua Alfa Boscoli, 503.

O ponto crítico de pressão foi determinado pela topografia escolhendo-se o ponto mais alto da região e com a menor pressão de distribuição. O local escolhido foi o

imóvel da Rua Jânio Quadros, 283. Este ponto foi monitorado para evitar atingir pressões negativas que indicasse o desabastecimento do local.

Tabela 4 – Relação de pontos e pressões utilizadas para determinação do PPMS.

Determinação do PPMS			
Ponto	Endereço	Pressões (mca)	
		Mínima	Máxima
1	Rua Libério Colnago, 62	24	33
2	Rua Antonio Anselmo, 277	36	43
3	Rua Antonio Willian, 65	42	48
4	Rua Alfa Boscoli, 503	33	41
5	Rua Alfa Boscoli, 178	15	21
6	Rua Prof. Boulanger, 488	8	27
7	Rua Pedro Rena, 162	27	31
8	Rua José Berlot, 335	18	35
9	Rua Janio da Silva Quadros, 90	37	41
10	Rua Roque Bongiovani, 54	23	28
11	Rua José Bueno, 309	20	25
12	Rua Francisco Cotini, 256	30	35
13	Rua Antonio M. Sobrinho, 349	26	31
14	Rua Dimas Fustioni, 28	43	54
15	Rua Ines M. Trombini, 160	44	54
16	Rua Raul Inacio Pires, 224	59	64
17	Rua Maria T. A. Alberti, 135	38	46
18	Rua Eduardo Andreasi, 50	29	30
19	Rua Rosa P. Germiniani, 285	41	52
20	Rua Carlos Pardo, 77	44	62
21	Rua Gino Piron, 210	43	52
22	Av. Eme Albem Pioch, 598	41	47
23	Rua Elizeu Alvares, 662	50	71
24	Rua José Palacio, 625	67	74
Média		34,92	43,54
Média Mínima / Máxima		39,23	

Após a definição do PPMS, foi instalado neste ponto o *Data-logger*, para registro das pressões durante 24 horas, determinando o Ponto Médio de Pressão – PMS e a Pressão Média Noturna do Setor – PMNS.

4.3.2 – Teste para cálculo do N1

O teste para cálculo de N1 foi realizado conforme Procedimento SISPERDAS V3, através do estrangulamento da vazão de saída do reservatório por no mínimo três vezes e medindo a pressão no PPMS. Da vazão medida na saída do reservatório é subtraída a vazão do consumo noturno excepcional, chegando ao valor da vazão de vazamentos que foi utilizada no cálculo. O N1 é a média ponderada dos N1 calculados com estes valores.

A rede de distribuição deve permanecer sempre pressurizada durante o teste e para isso, o ponto crítico do setor deve ser monitorado, observando para que a pressão neste ponto não chegue a zero.

O consumo noturno excepcional considera os consumos legítimos da população mais os vazamentos noturnos internos das residências. É calculado utilizando valores padrão de 0,5 litros por economia por hora para vazamentos internos e de 0,34 litros por pessoa por hora para consumo legítimo, conforme procedimento Sisperdas V3.

Para estimar o consumo noturno, foram utilizados dados da população de Presidente Prudente extraídos do censo de 2000 do IBGE. A informação do número de economias no setor foi fornecida Setor Comercial e Administrativo da Gerência Distrital de Presidente Prudente. Os dados para cálculo e o resultado do consumo noturno excepcional que inclui o consumo legítimo dos moradores e os vazamentos internos aos imóveis estão na Tabela 5.

Tabela 5 – Dados e cálculo do Consumo Noturno.

Nº de Habit. / Econ.	3,23		m ³ /h	
Nº de Econ. Resid.	2680	0,50 litros/(econ. res*h)	1,34	Vaz. Internos
Nº de Habitantes	8656	0,34 litros/(pessoa*h)	2,94	Cons. Legítimo
		Consumo Noturno.	4,28	m ³ /h

O ensaio em campo para determinação do N1 iniciou no dia 29/12/2005 à 1:45 h com a anotação em planilha dos dados de hora, vazão de entrada no setor e pressão nos pontos médio e crítico. Às 2:06 h foi realizado o estrangulamento da válvula na saída do reservatório, mas mesmo aguardando um período verificou-se que não houve alteração em vazão e pressão. Às 2:18 realizou-se novo estrangulamento que provocou alterações nos dados e foi aguardando novo período até a estabilização que ocorreu às 2:39 h. Às 2:40 houve novo estrangulamento e aguardou-se até a estabilização às 3:08 h. Após este passo, não foi possível continuar o teste devido à pressão no ponto crítico ter chegado a 4 mca e se ocorresse novo estrangulamento a pressão iria zerar.

Os dados de vazão de entrada no sistema, de pressão crítica e pressão no ponto médio do setor eram anotados posteriormente ao estrangulamento e à estabilização da distribuição da água. Estes dados foram utilizados para cálculo do N1 e estão na Tabela 6.

Tabela 6 – Valores de pressão e vazão para cálculo do N1.

Valor de N1					
Pressão (mca)		Vazão (m ³ /h)			N1
PPMS	Ponto Crítico	Entrada	Cons. Noturno.	Vazamentos	
36,00	19,00	13,95	4,28	9,67	
21,60	11,00	10,46	4,28	6,18	0,88

4.3.3 – Cálculo do Fator Noite Dia - FND

Os valores das pressões diárias foram obtidos através da instalação de *data logger* no Ponto de Pressão Média do Setor durante uma semana e com estas pressões foram calculadas as médias horárias e definida a pressão média no horário da mínima noturna. Estes dados foram utilizados no cálculo do FND e a Tabela 7 apresenta os valores obtidos.

Tabela 7 – Pressões registradas no PPMS para cálculo do FND.

PRESSÃO MÉDIA HORÁRIA NA SEMANA - SUBSETOR SHIRAIWA								
VALORES REGISTRADOS EM DATA LOGGER								
Horas	17/03/06 Terça	18/03/06 Quarta	19/03/06 Quinta	20/03/06 Sexta	21/03/06 Sábado	22/03/06 Domingo	23/03/06 Segunda	Média da semana
00 a 01	38,8	39,0	39,0	40,0	40,0	40,0	40,0	39,5
01 a 02	39,0	39,0	39,0	40,0	40,0	40,0	40,0	39,6
02 a 03	39,3	40,0	39,0	39,3	40,0	39,8	40,0	39,6
03 a 04	40,0	40,0	39,0	38,5	38,8	39,3	39,3	39,3
04 a 05	40,0	39,8	38,3	37,8	37,5	37,8	38,0	38,4
05 a 06	39,0	39,3	35,3	36,8	37,3	37,8	38,0	37,6
06 a 07	35,0	38,8	35,8	36,0	37,0	37,3	37,3	36,7
07 a 08	37,0	37,8	34,8	33,8	34,8	36,8	36,8	35,9
08 a 09	36,8	35,5	33,8	35,0	36,3	36,3	36,5	35,7
09 a 10	36,0	31,8	34,0	19,0	36,8	36,0	36,0	32,8
10 a 11	34,8	33,8	35,0	35,1	36,8	35,8	35,3	35,2
11 a 12	35,0	32,0	35,5	35,3	37,8	36,0	36,0	35,4
12 a 13	33,5	33,3	36,0	28,8	38,0	37,3	37,0	34,8
13 a 14	35,5	33,3	36,5	35,5	38,3	35,8	37,3	36,0
14 a 15	36,5	34,0	34,5	36,8	38,0	37,5	36,3	36,2
15 a 16	36,8	35,0	36,0	36,3	37,5	35,8	35,8	36,1
16 a 17	35,3	35,0	35,8	34,8	36,8	35,3	35,5	35,5
17 a 18	36,5	35,8	34,8	36,3	37,3	36,5	36,3	36,2
18 a 19	35,3	36,3	37,3	37,3	38,8	37,8	37,0	37,1
19 a 20	36,0	37,0	37,8	37,8	39,0	37,8	38,0	37,6
20 a 21	37,0	37,3	38,3	38,0	39,3	38,5	38,5	38,1
21 a 22	37,8	38,0	38,8	39,0	40,0	39,0	39,3	38,8
22 a 23	38,0	38,0	39,0	39,3	40,0	39,5	39,3	39,0
23 a 24	38,8	39,0	39,3	40,0	40,0	40,0	40,0	39,6
MÉDIA = 37,11								

Na Tabela 8 estão os valores das pressões, do N1 e a equação utilizados no cálculo do FND.

Tabela 8 – Determinação do FND.

Cálculo do FND - Subsetor Shiraiwa			
$FND = \sum_{i=1}^{24} (P_i / P_{MN})^{N1} \quad N1 = 0,88$			
Horas	P _i	P _{3,4}	(P _i / P _{3,4}) ^{N1}
00 a 01	39,5	39,6	0,99841
01 a 02	39,6	39,6	0,99921
02 a 03	39,6	39,6	1,00000
03 a 04	39,3	39,6	0,99206
04 a 05	38,4	39,6	0,97377
05 a 06	37,6	39,6	0,95543
06 a 07	36,7	39,6	0,93544
07 a 08	35,9	39,6	0,91780
08 a 09	35,7	39,6	0,91298
09 a 10	32,8	39,6	0,84676
10 a 11	35,2	39,6	0,90126
11 a 12	35,4	39,6	0,90505
12 a 13	34,8	39,6	0,89286
13 a 14	36,0	39,6	0,91940
14 a 15	36,2	39,6	0,92422
15 a 16	36,1	39,6	0,92261
16 a 17	35,5	39,6	0,90735
17 a 18	36,2	39,6	0,92341
18 a 19	37,1	39,6	0,94344
19 a 20	37,6	39,6	0,95543
20 a 21	38,1	39,6	0,96660
21 a 22	38,8	39,6	0,98252
22 a 23	39,0	39,6	0,98650
23 a 24	39,6	39,6	0,99921
FND = 21,66			

Multiplicando-se o FND pela vazão mínima noturna média dos vazamentos - $Q_{\text{min-not-vaz}}$, calculou-se a vazão média mensal de vazamentos em $\text{m}^3/\text{mês}$ - $Q_{\text{perdas reais}}$, que é a vazão das perdas reais mensais do subsetor. Com as perdas reais definidas, a diferença entre a perda total e a perda real é a perda aparente.

No mês de junho/2006 foram realizadas as primeiras medições das perdas, resultando em 223 L por ramal por dia de perdas totais, sendo 158 L por ramal por dia de perdas reais – vazamentos e 64 L por ramal por dia de perdas aparentes – submedição, fraudes e outros.

Após este procedimento, foram executadas ações para redução das perdas com o acompanhamento dos resultados para verificar quais as ações seriam mais eficientes.

4.4 Realização de Ações para Redução de Perdas

Dentro da área definida para estudo, foram executadas ações administrativas e operacionais que após a implantação, foi aguardado um período para verificação dos resultados. Estas ações foram executadas isoladamente para que se conheça o efeito de cada uma no consumo e nas perdas reais e aparentes.

As ações operacionais foram o geofonamento e reparos dos vazamentos encontrados; monitoramento das pressões com instalação de três VRPs. As ações administrativas foram as adequações do parque de hidrômetros e substituição de hidrômetros parados, avariados e obsoletos.

4.4.1 - Geofonamento e Reparo de Vazamentos do Subsetor

No período de 19/09/06 a 22/09/06, foram geofonados através de varredura com haste de escuta, todos os imóveis do setor estudado. Parte por equipe formada por três empregados de empresa contratada e parte por equipe com dois empregados da Sabesp. No setor foram localizados 18 vazamentos, sendo dois visíveis, um

vazamento em registro de cavalete e 15 vazamentos invisíveis. Todos os vazamentos invisíveis eram em ramais prediais e foram sanados substituindo-os na totalidade por ramais novos executados com o Te de serviço integrado – TSI e PEAD azul, conforme procedimento da empresa e apresentado na Tabela 9.

Tabela 9 – Relação de vazamentos localizados e reparados no Subsetor Shiraiwa – 1º geofonamento

GEOFONAMENTO SUBSETOR SHIRAIWA – PERÍODO 19/09/06 A 22/09/06					
SS	ENDEREÇO	REPARO DE VAZAMENTO / TROCA DE RAMAL			
		RAMAL	CAVALETE	REDE	TROCA DE RAMAL
52.830	PASCOAL VERNILE, 532				1,00
53.459	GIUSEPE PICCIULA, 247				1,00
53.319	GIUSEPE PICCIULA, 87				1,00
55.086	ANTONIO ANCELMO, 278				1,00
53.458	MARIETA TENÓRIO, 446				1,00
53.026	ANA MARIA RODRIGUES, 284				1,00
51.334	JOSEFA C. MARRAFON, 82				1,00
55.087	EDUARDO ANDREASI, 185				1,00
52.856	CARLOS PARDO, 61	1,00			
53.317	SANTO CASAROTTI, 288		1,00		
51.665	JOSE PALÁCIO, 73				1,00
51.664	JOSE PALÁCIO, 685				1,00
51.663	ELIZEU ALVARES, 687				1,00
51.662	GINO PIRON, 709				1,00
51.802	MARIA C. JESUS, 107				1,00
52.154	ESTEVAN ROTTA, 267				1,00
52.156	ANTONIO PEREIRA TELLES, 643				1,00
52.152	NESTOR GUERMANDI, 829				1,00
	TOTAL	1,00	1,00		16,00

Posteriormente, após o reparo de todos os vazamentos localizados na primeira varredura, o setor foi geofonado novamente entre os dias 30/10/06 e 01/11/06 pela empresa contratada, localizando mais 10 vazamentos, sendo um em cavalete e 9

em ramais prediais, conforme apresentado na Tabela 10. Os ramais com vazamento foram substituídos por completo por outra empresa contratada para execução deste serviço.

Tabela 10 – Relação de vazamentos localizados e reparados no Subsetor Shiraiwa – 2º geofonamento.

GEOFONAMENTO SUBSETOR SHIRAIWA - PERÍODO 30/10/06 A 01/11/06					
SS	ENDEREÇO	REPARO DE VAZAMENTO / TROCA DE RAMAL			
		RAMAL	CAVALETE	REDE	TROCA DE RAMAL
59.615	JOSÉ MORALES, 336				1,00
59.616	HERMINIO MINATI, 182				1,00
59.724	HERMINIO MINATI, 151		1,00		
59.728	ANTONIO P. TELLES, 640				1,00
59.729	NESTOR GUERMANDI, 841				1,00
59.730	BARTOLOMEU GONZALES,51				1,00
59.725	HELIO GREGOLIN, 102				1,00
59.732	OTORINO PERETI, 1086				1,00
59.731	OTORINO PERETI, 626				1,00
59.733	ELIZEU ALVARES, 809				1,00
	TOTAL		1,00		9,00

4.4.2 - Troca de Hidrômetros acima de dez anos

O levantamento da idade dos hidrômetros instalados foi realizado pela área comercial através do programa HydroControl com previsão de troca de 400 hidrômetros, com idade acima de 10 anos.

A troca dos hidrômetros foi realizada entre os dias 22 e 24 de fevereiro para não interferir nas leituras, já que a leitura mensal estava programada para dia 22 e havia a necessidade de aguardar o fechamento do mês.

Dos hidrômetros previstos para troca, 334 foram trocados e 66 não foram trocados devido a imóveis fechados. Mesmo trabalhando no sábado, dia 24, muitos imóveis ainda se encontravam fechados, para alugar ou na ausência do morador.

Os hidrômetros retirados foram estocados em depósito na gerência divisional da empresa, para posterior aferição. A aferição dos hidrômetros mostrará se havia necessidade ou não de trocá-los e a porcentagem de erro contida nas leituras.

Dos 334 hidrômetros trocados, 281 eram de 1,5 m³/h e 53 de 3 m³/h e todos foram substituídos por hidrômetro de 1,5 m³/h Classe B. Durante a aferição constatou-se que 6 hidrômetros estavam parados, sendo cinco de 1,5 m³/h e um de 3 m³/h.

A aferição foi realizada com o mesmo procedimento adotado pela Companhia para aferição em campo, ou seja, os hidrômetros foram aferidos com bancada portátil regulada para vazão de 1500 L/h, passando por eles 100 litros de água. A pressão de abastecimento durante a aferição situava-se em torno de 40 mca que é próxima da pressão média do Subsetor Shiraiwa.

4.4.3 - Instalação de VRPs

Os estudos de pressão dos bairros abastecidos pelo reservatório do Setor Shiraiwa foram realizados novamente, mas desta vez, incluindo apenas as regiões onde a pressão ultrapassava 50 mca que é a máxima permitida pela Norma Técnica Brasileira – NBR 12.218/94.

Pelo levantamento, foram detectadas três regiões no setor, sendo uma no Subsetor Shiraiwa – Jardim Vale do Sol e duas no Subsetor Ana Jacinta – Conjunto Habitacional Ana Jacinta.

Para instalação da VRP do Jardim Vale do Sol, foi necessária a execução de 54,00 metros de rede de água de 50 mm para fechar a malha de abastecimento, e o fechamento de dois registros de setor. A pressão estática no ponto mais baixo do bairro chegava a 70 mca e foi reduzida para 50 mca. Não foi possível redução maior

porque a pressão estava limitada pelo ponto alto do bairro onde foi necessário manter com 20 mca para suportar a variação da pressão dinâmica devido ao consumo. O mapa com a área de influência da VRP está no Anexo 2.

No Conjunto Ana Jacinta foram instaladas duas VRPs. Para isso foi necessária a execução de 55,00 m de rede de 50 mm para fechar malha de abastecimento, fechamento de um registro de setor e quatro seccionamentos de redes para delimitar a área de atuação das VRPs.

A instalação das VRPs melhora as características do abastecimento por manter a pressão constante na entrada do setor, mesmo ocorrendo variações a montante da válvula. Com a redução da pressão diminuem os vazamentos, a vazão dos vazamentos e conseqüentemente as perdas físicas.

5 Resultados e Discussões

A seguir serão apresentadas as discussões sobre o estudo e os resultados atingidos durante o período de monitoramento do setor.

Alguns problemas ocorreram durante a aquisição dos dados de volumes da macromedição que serão apresentados e justificados mais adiante. Quanto aos volumes micromedidos, não houve dificuldade na aquisição dos dados que são lidos mensalmente pela Companhia.

5.1 Discussão sobre a opção pela área

A opção pela área começou a se definir com a constituição de uma Célula de Combate a Perdas na Companhia, integrada por diversos profissionais, incluindo o autor deste trabalho. Das análises iniciais foram pré-selecionadas duas áreas próximas que eram o Subsetor Shiraiwa e o Subsetor Ana Jacinta. Um dos pontos positivos no Subsetor Shiraiwa era que os setores de abastecimento e de leitura eram praticamente compatíveis, ou seja, a macromedição coincidia com a micromedição, outro era o número de ligações ativas que foi considerado bom para a pesquisa. No Subsetor Ana Jacinta havia três grupos de leitura e o número de ligações considerado muito alto para as perspectivas do estudo.

Na opção pelo Subsetor Shiraiwa foi decisivo o menor número de ligações ativas que eram em torno de 2600 e a leitura realizada em um dia e o Subsetor Ana Jacinta foi descartado por possuir aproximadamente de 3900 ligações com dois dias para leitura.

Para a realização das diversas ações propostas, a quantidade de ligações era de extrema importância, influenciando na rapidez da execução para que o resultado aparecesse dentro dos próximos 30 dias. Se a opção fosse por um setor maior,

dificultaria as ações de geofonamento e reparo dos vazamentos, as trocas de hidrômetros e as ações de caça fraudes.

No início do trabalho considerou-se que os aspectos positivos fossem suficientes para decisão pela área e, após um ano, as desvantagens prevaleceram, inviabilizando a análise durante vários meses. A opção pelo Subsetor Shiraiwa, trouxe problemas que não haviam sido discutidos na Célula e que durante o monitoramento foram surgindo e prejudicando os dados coletados em campo.

5.2 Problemas encontrados

Um dos problemas encontrados foi referente à necessidade da utilização de três medidores para se obter as leituras de vazões e de volumes distribuídos, pois qualquer anormalidade ocorrida em um dos três medidores comprometia o cálculo do volume do Subsetor estudado. Isto porque o volume do Subsetor Shiraiwa era resultante da leitura total de distribuição do reservatório menos as leituras dos Subsetores Ana Jacinta e São João.

O primeiro problema ocorreu durante a lavagem e desinfecção do reservatório de distribuição, em agosto de 2006, quando a equipe de operação do setor realizou a manobra da válvula de controle – V1 da Figura 20, alterando para distribuição em marcha, sem passar pelo reservatório e, portanto, deixando de medir a água distribuída.

A operação de lavagem e desinfecção do reservatório demora de com seis a oito horas de trabalho e a recuperação do nível de abastecimento acontece no período noturno, afetando a leitura por aproximadamente 24 horas. Esta operação prejudicou apenas um dia de leitura que poderia ser estimado e compensado durante o mês, mas devido ao esvaziamento da rede, o medidor acumulou ar, deixando de medir corretamente e prejudicando a leitura por vários dias até que o problema fosse detectado e corrigido.

Outro problema ocorreu no macromedidor instalado próximo à ponte da Rodovia Julio Budisck em que a caixa do medidor ficou localizada numa bacia que acumulou água pluvial. Com as chuvas intensas no início do ano de 2007, a água infiltrou na caixa causando danos no medidor que teve que ser substituído.

A macromedição e a medição da vazão mínima noturna foram prejudicadas pela baixa vazão verificada durante a madrugada no medidor da saída do reservatório, ocorrendo em alguns períodos a paralisação do medidor fazendo com que ficasse zerado. No início dos trabalhos foi possível realizar os registros das vazões mínimas noturnas, mas com o decorrer das ações de redução de perdas e com os problemas ocorridos nos medidores, as leituras deixaram de ser confiáveis para uso no presente trabalho.

Uma maneira de solucionar o problema da medição confiável das vazões mínimas noturnas exige maior investimento na instalação através da execução de *by pass* com tubulação de menor diâmetro, instalando outro medidor em paralelo que somente será utilizado quando o medidor principal atingir a velocidade mínima do aparelho, conforme apresentado na Figura 21.

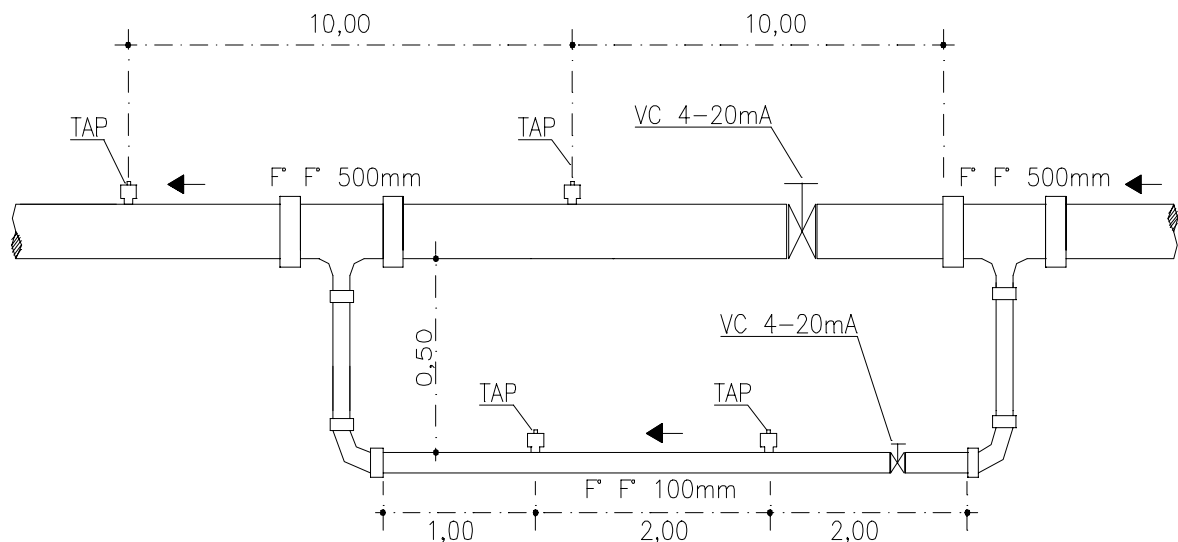


Figura 21 – Esquema de *By-pass* para medição de baixas vazões.

Para que o sistema de medição funcione automaticamente, é necessário instalar duas válvulas borboleta com acionador elétrico e sinal de 4 a 20 mA controladas por um CLP – Controlador Lógico Programável. O medidor principal instalado na tubulação de maior diâmetro funcionará no período de maior demanda e assim que a vazão atingir o valor mínimo predeterminado na programação, a válvula da tubulação de menor diâmetro se abre e a da tubulação maior diâmetro se fecha passando a operar com o segundo medidor. Quando a demanda aumentar a CLP inverte as válvulas operando com o medidor principal. A CLP poderá fazer a soma dos volumes e enviar dados de volume e vazão para um supervisor no CCO - Centro de Controle Operacional.

Desta forma, os medidores estariam funcionando dentro da faixa ideal para medição informando vazão mínima noturna e volumes dentro da precisão necessária para um estudo de perdas de água.

Devido aos problemas surgidos com relação aos dados da macromedição e pela constatação de que as perdas no setor – 223 litros por ramal por dia - não eram tão altas se comparadas com índice geral da cidade, as ações comerciais previstas de realização de caça fraudes e pesquisa de ligações clandestinas foram realizadas em outro setor. Esta ação demandaria mobilização de equipes especializadas em caça fraudes e contatos com clientes, causando desgaste desnecessário.

As ações para redução de perdas aparentes ficaram restritas apenas às trocas de hidrômetros acima de dez anos de utilização apesar da meta da Companhia ser de manter o parque de hidrômetros com no máximo oito anos de uso.

5.3 Dados de macromedição e micromedição

As leituras dos macromedidores eram realizadas mensalmente por empregado operacional na mesma data que os empregados da área comercial realizavam a leitura dos hidrômetros, sempre próximas do dia 22.

Do primeiro medidor, instalado na rede de Ferro Fundido de 400 mm na saída do reservatório, subtraiu-se a medição do medidor instalado na rede de Ferro Fundido de 300 mm que abastece o Subsetor Ana Jacinta e a medição do medidor instalado na rede de PVC de 100 mm que abastece o Subsetor São João, resultando no consumo da área em estudo. A localização dos medidores pode ser vista na Figura 20 e os volumes medidos através dos macromedidores estão relacionados na Tabela 11.

Tabela 11 – Volumes macromedidos.

Data da Medição	VOLUMES MACROMEDIDOS			RESULTADOS
	Reservatório	Ana Jacinta	São João	Shiraiwa
23/06/06	138325	74765	11364	52196
24/07/06	123894	71735	11277	40882
23/08/06	112426	73221	11884	27321
22/09/06	123636	58457	12063	53116
22/10/06	78427	75120	13937	-10630
22/11/06	143570	73795	13072	56703
22/12/07	135706	68401	11528	55777
22/01/07	90114	Med. Novo	12409	-
22/02/07	Med. Novo	652	11796	-
22/03/07	130672	51070	11578	68024
23/04/07	140784	65327	13167	62290
23/05/07	121077	76802	11190	33085
22/06/07	129611	75539	12145	41927
23/07/07	121729	86307	14340	21082

Conforme comentado anteriormente sobre os problemas encontrados verifica-se pelos dados apresentados na Tabela 11 que em vários meses os volumes

macromedidos ficaram prejudicados inviabilizando sua utilização nos cálculos das perdas.

No mês de julho de 2006 a leitura do macromedidor da saída do reservatório ficou abaixo da média esperada e não foi detectado nenhum problema no medidor, mas como o volume total ficou bem abaixo do esperado o valor mais provável foi estimado posteriormente para uso no estudo.

No dia 09 de agosto de 2006, foi realizada a lavagem e desinfecção do reservatório paralisando o medidor por 24 horas. A manobra executada para realização do serviço causou posteriormente acúmulo de ar no equipamento que só foi detectado no dia 23 de agosto durante a leitura mensal. Portanto prejudicou a medição do volume total distribuído e inviabilizou o cálculo correto do volume do Subsetor Shiraiwa neste mês.

Em outubro de 2006 ocorreu problema no medidor da saída do reservatório que acumulou ar e passou a submedir a vazão de distribuição. Após a detecção do problema o ar foi expurgado e foram instaladas ventosas nas tomadas de pressão do medidor para evitar que o acúmulo de ar ocorresse novamente. As ventosas resolveram o problema do ar, mas a leitura de outubro ficou prejudicada.

Em janeiro de 2007 ocorreram chuvas torrenciais acumulando água na bacia onde está instalado o medidor do Subsetor Ana Jacinta. A água infiltrou pelo tampão do poço de visita e o medidor ficou submerso causando sua perda. Houve a necessidade da substituição do medidor perdendo a leitura anterior e afetando a leitura seguinte. Para solucionar este problema foi instalada tubulação para drenagem de água de infiltração. Em fevereiro de 2007 houve a necessidade de trocar o medidor do reservatório que estava danificado, porém a leitura de fevereiro já estava comprometida pela troca do medidor do Subsetor Ana Jacinta.

As leituras da macromedição coletadas a partir de março de 2007, período em que não foram percebidos problemas nos medidores provocaram grande variação no resultado do volume distribuído para o Subsetor Shiraiwa impossibilitando seu uso para o cálculo das perdas.

Comparando a macromedicação e a micromedicação observa-se que houve um pico de consumo no mês de abril com as medições da saída do reservatório e do Subsetor São João também aumentando. Por outro lado, o medidor do Subsetor Ana Jacinta não acompanhou o acréscimo, sugerindo que possa ter ocorrido submedição.

Os consumos mensais micromedidos, o número de ligações ativas de água e as datas das leituras foram informados pelo Setor Comercial da empresa e estão relacionadas na Tabela 12. As médias dos consumos mensais do Subsetor Shiraiwa foram calculadas e incluídas na tabela.

Tabela 12 – Volume micromedido, número de ligações e consumo médio do Subsetor Shiraiwa entre junho/2006 e julho/2007.

VOLUME MICROMEDIDO - SUBSETOR SHIRAIWA			
DATA	Nº LIGAÇÕES	TOTAL (m³)	CONSUMO MÉDIO (m³/mês)
23/jun/06	2633	34540	13,12
24/jul/06	2637	36798	13,95
23/ago/06	2651	36781	13,87
22/set/06	2668	36686	13,75
22/out/06	2672	39118	14,64
22/nov/06	2682	38064	14,19
22/dez/06	2691	37548	13,95
22/jan/07	2690	35189	13,08
22/fev/07	2696	36335	13,48
22/mar/07	2694	35626	13,22
23/abr/07	2706	41662	15,40
23/mai/07	2709	36936	13,63
22/jun/07	2720	36347	13,36
23/jul/07	2732	37163	13,60
MÉDIAS	2684	37056	13,80

Para observação da sazonalidade do consumo, os volumes micromedidos e a quantidade de ligações ativas foram levantados à partir de agosto de 2004, representando os últimos 36 meses e estão apresentados na Figura 22.

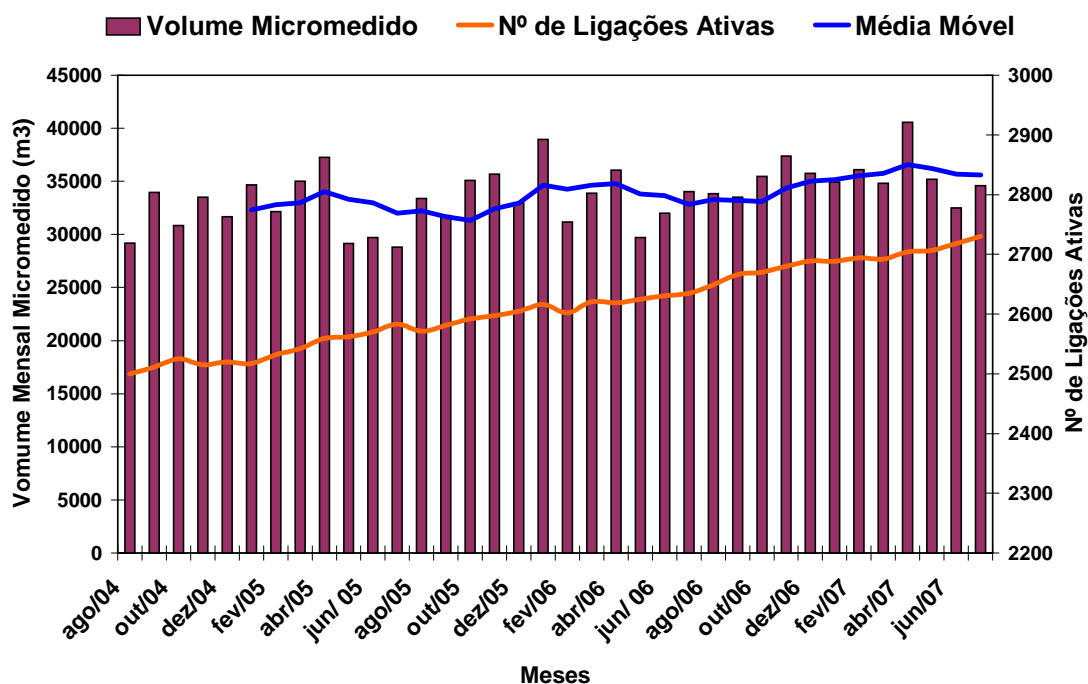


Figura 22 – Variação dos volumes micromedidos e do número de ligações ativas nos últimos 3 anos.

Observa-se na Figura 22 um crescimento do número de ligações ativas, sem que se observe um padrão sensível de aumento no volume micromedido. A série de 36 meses apresentou média de 33.758 m^3 de volume micromedido por mês e um desvio padrão de 2730 m^3 .

A hipótese sugerida pela Figura 22 de não estar ocorrendo aumento nos volumes micromedidos foi comprovada por um teste de normalidade da distribuição dos dados. Os resultados do teste levaram a um valor de $X^2 = 1,95$ para 4 graus de liberdade, indicando uma probabilidade de 75% a 95% de que a distribuição seja gaussiana. Estes fatores são indicativos de que pode estar havendo um crescimento do número de fraudes ou que os hidrômetros estejam com submedição devido à idade.

A Figura 23 apresenta os dados de micromedição mensal da Figura 22 em termos de consumo médio por ligação ativa, tendo em vista o número crescente de ligações no período analisado.

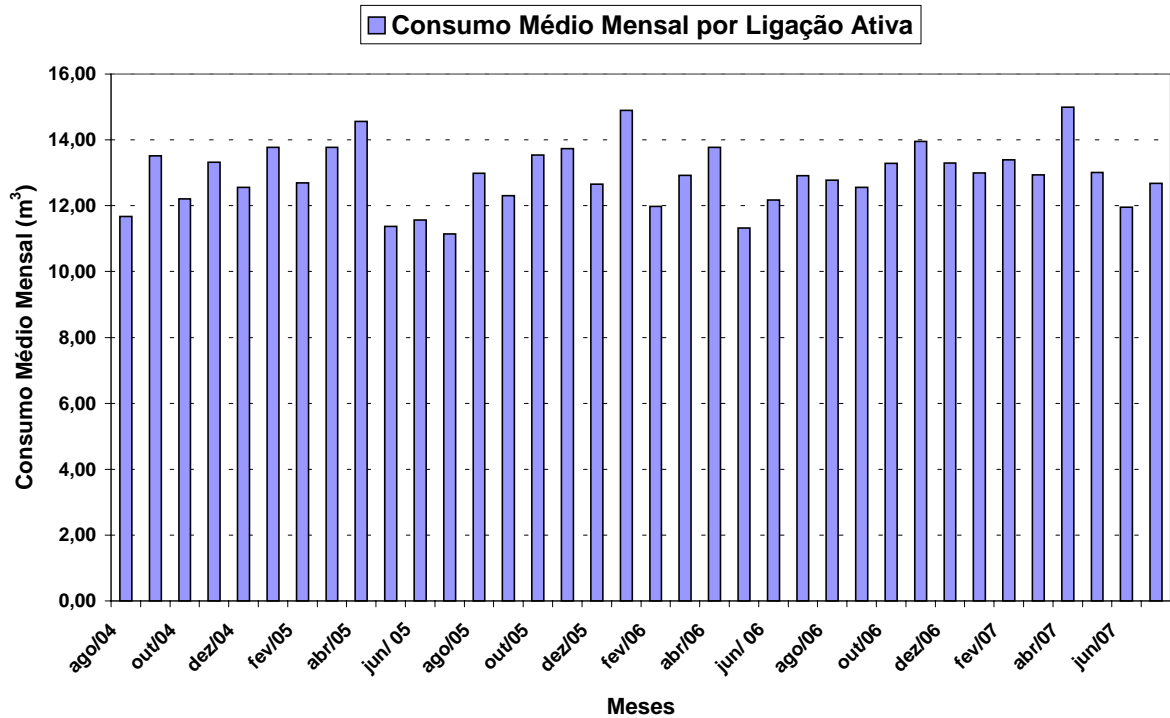


Figura 23 – Variação dos consumos mensais por ligação ativa nos últimos 3 anos.

A análise conjunta da macromedição e micromedição é necessária para o cálculo das perdas. A Figura 24 apresenta esta informação. Conforme verificado na Figura 24 a micromedição apresenta uma seqüência de valores considerados normais com a variação da demanda, enquanto que a macromedição, que deveria acompanhar a mesma variação, apresenta valores discrepantes

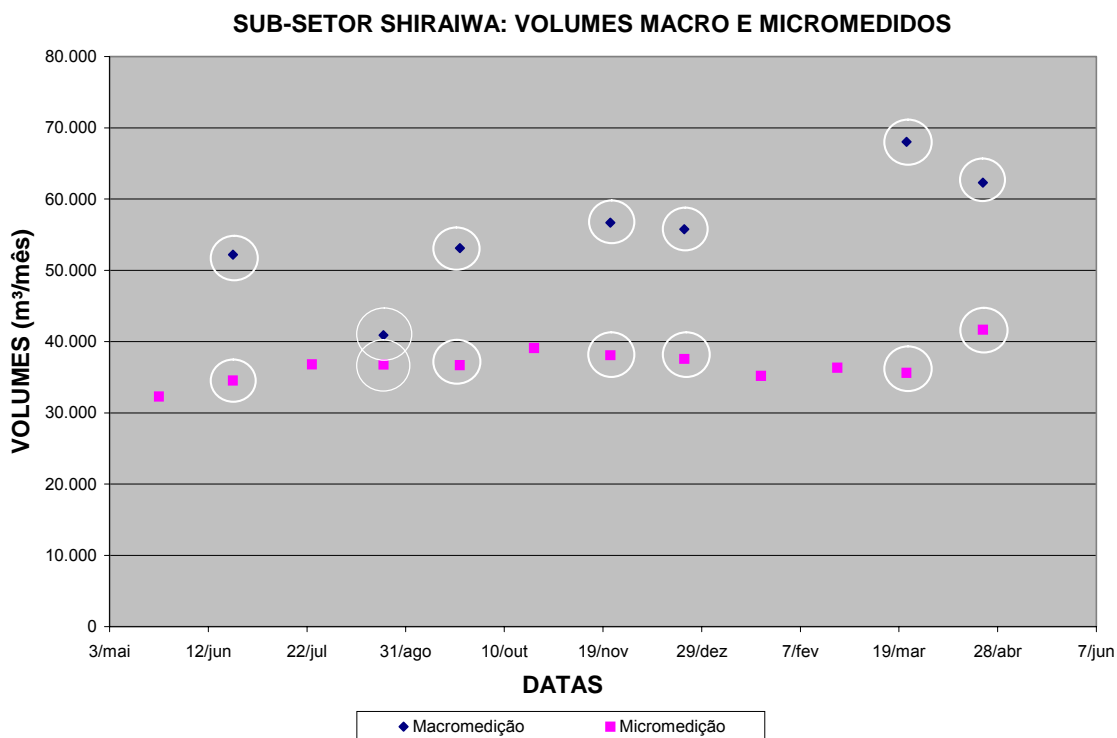


Figura 24 - Comportamento dos volumes macromedidos e micromedidos do Subsetor Shiraiwa no período entre junho de 2006 e abril de 2007.

5.4 Cálculo das perdas

Como os dados da macromedição ficaram muito prejudicados foi necessário corrigir os volumes macromedidos utilizando interpolação linear permitindo assim o prosseguimento do estudo para o cálculo das perdas totais e conseqüentemente das perdas reais e aparentes. Os volumes corrigidos da macromedição e os dados para o cálculo das perdas estão na Tabela 13.

Foram utilizados dados de junho a dezembro de 2006 porque nos meses de janeiro e fevereiro de 2007 não foi possível levantar os dados necessários de macromedição e nos meses seguintes, de março a julho de 2007, os valores calculados foram discrepantes, impossibilitando a seqüência dos cálculos necessários à determinação das perdas.

Tabela 13 – Dados utilizados no cálculo das perdas.

Data da Medição	Volume Macromedido (m ³)	Volume Corrigido (m ³)	Volume Micromedido (m ³)	Número de Ligações Ativas	Q _{MIN. NOT. MÉDIA} (m ³ /h)
23/06/06	52196	52196	34540	2633	25,73
24/07/06	40882	53164	36798	2637	23,52
23/08/06	-	53157	36781	2651	17,48
22/09/06	53116	53116	36686	2668	15,57
22/10/06	-	59447	39118	2672	26,23
22/11/06	56703	56703	38064	2682	37,20
22/12/06	55777	55777	37548	2691	40,52
MÉDIAS	-	54.794	37.076	2.662	26,61

Com os dados da Tabela 13, com o FND = 21,66 e o Consumo Noturno = 4,28 m³/h foram calculadas as perdas totais, reais e aparentes em metros cúbicos e em litros por ramal por dia e apresentados na Tabela 14. Nos meses de novembro e dezembro de 2006, devido às vazões mínimas noturnas médias apresentarem valores muito altos os cálculos resultaram em valores discrepantes para perdas reais e conseqüentemente para perdas aparentes e foram excluídos da tabela.

Tabela 14 – Cálculo das perdas totais, reais e aparentes.

Data da Medição	Perdas Totais (m ³)	Perdas Reais (m ³)	Perdas Aparentes (m ³)	Perdas Totais (L/ramal*dia)	Perdas Reais (L/ramal*dia)	Perdas Aparentes (L/ramal*dia)
23/06/06	17.656	13.938	3.718	223,52	176,46	47,07
24/07/06	16.366	12.502	3.864	206,88	158,04	48,84
23/08/06	16.376	8.577	7.799	205,91	107,85	98,06
22/09/06	16.430	7.336	9.094	205,27	91,66	113,62
22/10/06	20.329	14.263	6.066	253,61	177,93	75,67
22/11/06	18.639	-	-	231,66	-	-
22/12/06	18.229	-	-	225,80	-	-
MÉDIAS	17.718	14.508	3.210	221,86	181,67	40,19

Com os resultados dos cálculos observa-se que as perdas reais – causadas principalmente por vazamentos – são muito maiores que as perdas aparentes –

causadas por submedição, fraudes e outros. Verificou-se que o índice de perdas totais do subsetor, calculado entre junho e dezembro de 2006 é 37% inferior ao índice da cidade no mesmo período (352,3 L/ramal.dia).

5.5 Avaliação das ações realizadas

- Geofonamento

O geofonamento foi a primeira ação realizada no subsetor através de varredura com haste de escuta e confirmação com geofone mecânico no mês de setembro de 2006. Foram localizados 18 vazamentos, realizando-se a troca de 16 ramais com vazamento e um reparo de ramal e um reparo de cavalete. Posteriormente, em novembro de 2006, foi realizado o segundo geofonamento localizando 10 vazamentos e realizando a troca de 9 ramais e um reparo de cavalete. Não foi localizado nenhum vazamento de rede nos dois geofonamento realizados. Pelos dados apresentados na Tabela 14 verifica-se que, apesar de ser esperada uma redução nas perdas reais decorrente dos reparos de vazamentos, a redução não ficou evidenciada nos índices de perdas.

- Troca de hidrômetros

A troca de hidrômetros com idade acima de 10 anos foi realizada em fevereiro de 2007 com a substituição de 334 hidrômetros, sendo 281 de 1,5 m³/h e 53 de 3 m³/h. Como não foi possível calcular os índices de perdas neste período por deficiência da macromedição, foi realizado o acompanhamento dos consumos dos imóveis onde os hidrômetros foram substituídos. A Figura 25 apresenta um histórico de longo período dos consumos médios mensais dos hidrômetros substituídos, podendo-se verificar claramente que a tendência é ocorrer um acréscimo na micromedição imediatamente após a substituição, seguindo-se uma adaptação dos consumidores nos meses subsequentes.

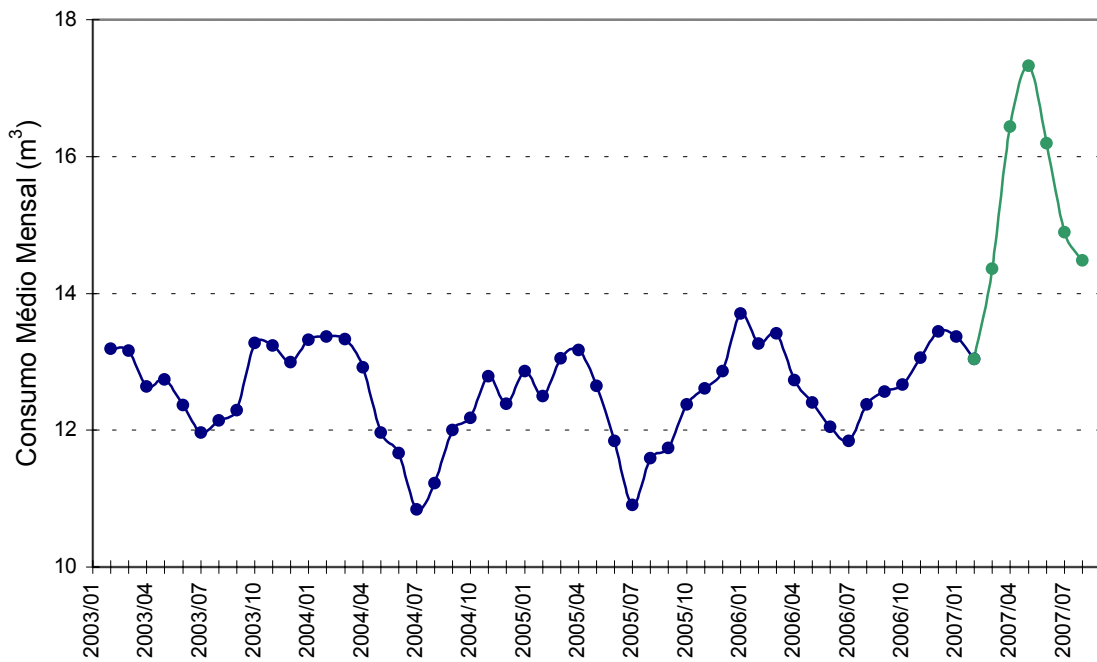


Figura 25 – Histórico do consumo médio por ligação no conjunto de hidrômetros substituídos - média móvel trimestral.

A Figura 26 permite efetuar uma comparação mais detalhada dos efeitos da troca. A figura contém os dados dos consumos médios dos 310 hidrômetros que foram substituídos nos 6 meses antes e nos 6 meses após a troca e ainda a comparação com o mesmo período do ano anterior.

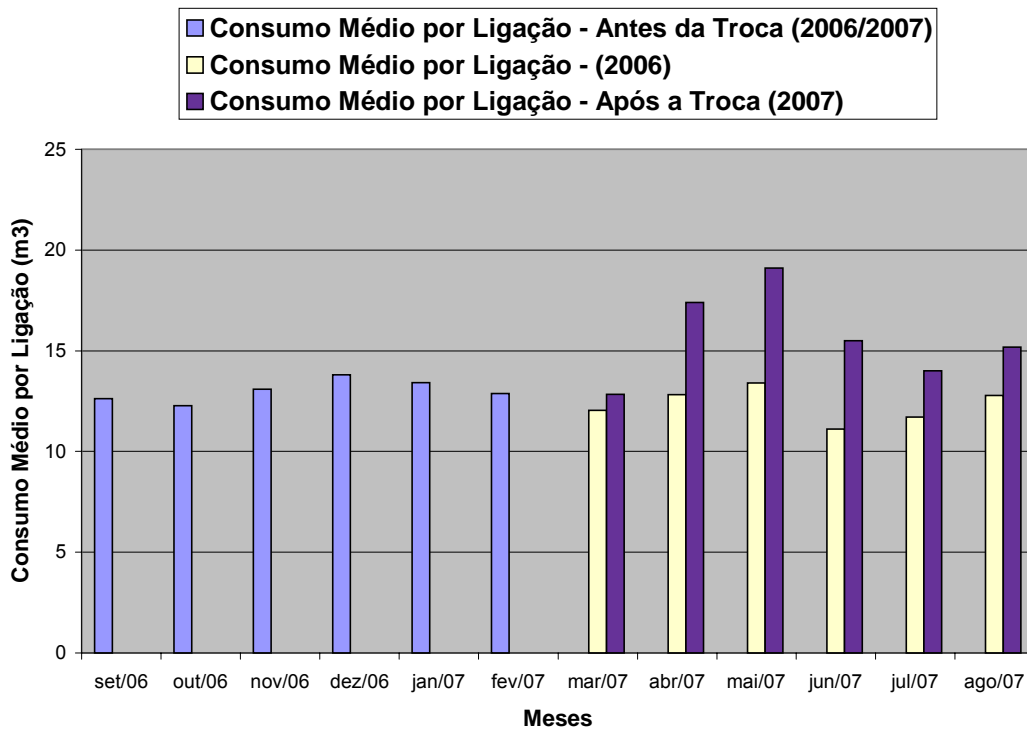


Figura 26 – Consumo médio por ligação antes e após a troca de hidrômetros

Em relação aos 6 meses anteriores houve um acréscimo de 20,36% e em relação ao mesmo período do ano anterior, houve acréscimo de 27,22 %.

- A instalação das VRPs foi precedida de avaliação das pressões nos bairros para determinar os locais onde seriam necessárias definindo três áreas sendo uma no Subsetor Shiraiwa e duas no Subsetor Ana Jacinta. Em duas das áreas foi necessário executar trechos de redes para fechamento de malha e seccionamentos de redes para garantir a estanqueidade.

Não foi possível avaliar o reflexo das instalações nos índices de perdas mas foi realizado levantamento dos vazamentos nas ruas dentro da área da VRP do Subsetor Shiraiwa e verificou-se que os vazamentos diminuíram consideravelmente conforme apresentado na Tabela 15.

Os vazamentos foram levantados considerando o período de 4 meses antes e depois da instalação da VRP no ano de 2007. Para fins de comparação são

18	R. Raul Inácio Pires			1			1		1	
19	R. Inês M. Trombini			1			2		1	3
20	R. Manoel S. Galvão								1	2
21	R. Antonio Rota			3			1	1	1	2
22	R. Antonio S. Bueno									
23	R. Nazin Salim Webe						1	2		
24	R. Dimas Fustioni			1		1				
TOTAL		2	8	34	0	1	13	6	13	24

As ações comerciais de caça fraudes pesquisa de ligações clandestinas que não foram realizadas no subsetor provavelmente não dariam o retorno esperado em relação a redução de perdas aparentes pois estas já são reduzidas.

Portanto as ações mais importantes para reduzir perdas neste subsetor são as que combatem as perdas físicas como o controle ativo de vazamento - através de trabalhos intensivos de pesquisa com haste de escuta e geofone, reparando os vazamentos com agilidade e qualidade - e a instalação de VRPs.

Estas ações foram realizadas durante o estudo, mas pelos problemas ocorridos na aquisição de dados da macromedição e da vazão mínima noturna, os reflexos nos cálculos das perdas não foram percebidos e dimensionados para determinar qual ação produz melhor resultado. O que se observa pela prática é que o reparo de vazamento reflete de imediato na redução da vazão mínima noturna e conseqüentemente nas perdas. A instalação de VRPs produz resultado a longo prazo reduzindo os vazamentos inerentes - de baixa vazão - e impedindo que as altas pressões provoquem vazamentos.

5.6 Análise do desempenho dos hidrômetros

Dos 334 hidrômetros que foram trocados, 326 foram aferidos, sendo 270 de 1,5 m³/h e 56 de 3 m³/h. Para efeito de comparação foram aferidos também 40 hidrômetros de 1,5 m³/h novos do mesmo modelo que foram utilizados na substituição.

As freqüências de erros dos hidrômetros estão apresentadas na Figura 27 e podemos observar que nos hidrômetros de 1,5 m³/h retirados, ocorreu uma distribuição dos erros em várias faixas, sendo as maiores freqüências nas faixas entre -2,5% e -5% e entre de 0 a -2,5%.

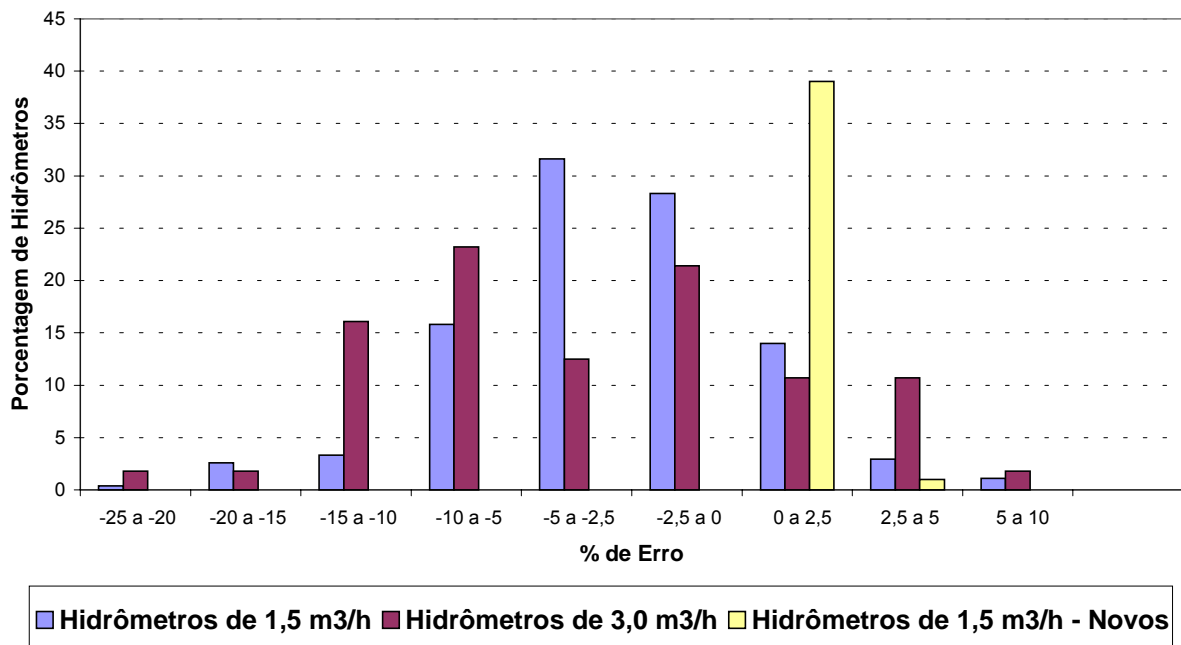


Figura 27 – Histograma da distribuição de erros dos hidrômetros.

Nos hidrômetros novos de 1,5 m³/h utilizados para comparação, a freqüência de erro ficou concentrada entre 0 e 2,5%.

Nos hidrômetros retirados de 3,0 m³/h ocorreu também a distribuição dos erros em várias faixas, com maiores concentrações na faixa entre -5% e -10% e na faixa entre 0 a -2,5%.

A influência do tempo de instalação sobre os erros é analisada no gráfico de correlação apresentado na Figura 28. Observa-se, pelo menos na amostra de 334 hidrômetros substituídos, uma ausência de correlação entre o erro e a idade, sendo que seria de se esperar um aumento pronunciado do erro.

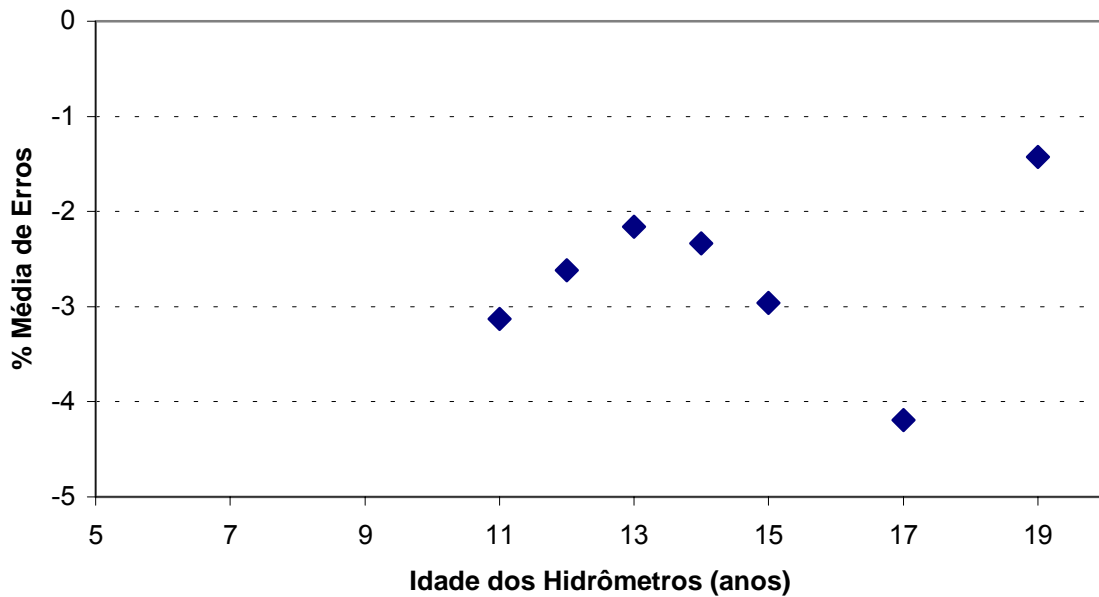


Figura 28 – Correlação entre idade e erro médio dos hidrômetros substituídos.

Os resultados dos ensaios de aferição dos hidrômetros podem ser resumidos pelas estatísticas básicas apresentadas na Tabela 16. Observa-se que os hidrômetros de $1,5\text{m}^3/\text{h}$ substituídos apresentaram um erro médio negativo (-3,11%), ou seja, submedição do consumo, com um alto desvio padrão (4,17). Os hidrômetros novos, por outro lado, apresentaram uma distribuição uniforme de erros em torno da média de 1,78%, com desvio padrão de 0,48, ou seja, medindo uniformemente valores maiores que os reais, embora abaixo do limite de erro de 2% especificado pela companhia. Este comportamento uniforme indica provavelmente uma intenção do fabricante em compensar os erros de desgaste ao longo da vida útil. Na Tabela 16 consta também o número de hidrômetros parados que não puderam ser aferidos e ainda os hidrômetros retirados que não apresentaram erro.

Tabela 16 - Resultado dos ensaios dos hidrômetros.

Resultado dos Ensaio dos Hidrômetros						
Capacidade (m ³ /h)	Nº Aferidos	E máx	E min	E medio	σ	Interv. Conf. 95 %
Trocados de 1,5	270	-20,20	-0,02	-3,11	4,170	5,23 a -11,45
Novos de 1,5	40	2,70	0,68	1,78	0,477	1,72 a 1,84
Trocados de 3,0	56	-22,20	-0,11	-4,39	6,300	8,21 a -16,99
Hidrômetros sem erro = 2 unidades (trocados de 1,5 m ³ /h)						
Hidrômetros parados = 6 unidades (trocados de 1,5 m ³ /h)						

A avaliação estatística dos erros de hidrômetros de 1,5 m³/h e 3 m³/h que foram substituídos está apresentada na Tabela 17. Foi realizado também um teste de igualdade das médias para verificar se há diferenças significativas no erro apresentado pelos dois tipos de hidrômetros, com os resultados apresentados também na Tabela 17. Não se pode dizer que a Série 1 – Hidrômetros de 1,5 m³/h é melhor que a Série 2 – Hidrômetros de 3,0 m³/h ao nível de 95 % de confiança. Isto significa que a menor média de erro apresentada pela Série 1 pode ser atribuída ao acaso, tendo em vista a alta variabilidade indicada pelo desvio padrão.

Tabela 17 - Estatística básica e teste de significância das diferenças entre médias de aferição de hidrômetros de 1,5 e 3,0 m³/h.

Período de 5 meses	Série 1	Série 2
	1,5 m ³ /h	3,0 m ³ /h
Num. Dados	270	56
Média Amostral (% Erro)	-3,11	-4,39
Desvio Padrão (% Erro)	4,17	6,30
Interv. Confiança Média (95%)		
Inferior (% Erro)	-3,6	-6,04
Superior (% Erro)	-2,61	-2,74
Teste T: Ho = médias iguais		
variável t =		1,897
t limite (95%) =		1,967
Rejeita Ho ?		NÃO
Teste F: Ho = médias iguais		
F =		3,600
Fmax (95%) =		3,870
Rejeita Ho ?		NÃO

Como comparação foi realizada uma aferição de 40 hidrômetros novos do mesmo tipo dos utilizados nas trocas. Os hidrômetros eram da marca Tecnobrás de 1,5 m³/h classe B e os resultados dos erros foram comparados aos erros dos hidrômetros retirados e estão na Tabela 18.

Tabela 18 - Estatística básica e teste de significância das diferenças entre médias de aferição de hidrômetros novos e usados.

	Série 1	Série 2
	1,5 m³/h	1,5 m³/h NOVO
Num. Dados	270	40
Média Amostral (% Erro)	-3,11	1,78
Desvio Padrão (% Erro)	4,17	0,48
Interv. Confiança Média (95%)		
Inferior (% Erro)	-3,60	1,72
Superior (% Erro)	-2,61	1,84
Teste T: Ho = médias iguais		
variável t =		7,392
t limite (95%) =		1,968
Rejeita Ho ?		SIM
Teste F: Ho = médias iguais		
F =		54,625
Fmax (95%) =		3,872
Rejeita Ho ?		SIM

Com o resultado dos testes de hipóteses aplicados às médias de erros apresentados na Tabela 18, pode-se afirmar com 95 % de confiança que a Série 2 – Hidrômetros novos de 1,5 m³/h é melhor que a Série 1 – Hidrômetros retirados de 1,5 m³/h.

O levantamento dos consumos reais de 310 hidrômetros substituídos no Subsetor Shiraiwa foi realizado no período de cinco meses antes e cinco meses após a troca, apresentando um incremento nas leituras de 20,42 %. Foi aplicado o teste de significância das diferenças entre as médias de consumo conforme Tabela 19.

Tabela 19 - Estatística básica e teste de significância das diferenças entre médias de consumo antes e após a troca de hidrômetros.

	Série 1	Série 2
	Antes da troca	Após a troca
Num. Dados	310	310
Média Amostral (m ³ /mês)	13,08	15,75
Desvio Padrão (m ³ /mês)	7,05	8,44
Interv. Confiança Média (95%)		
Inferior (m ³ /mês)	12,29	13,86
Superior (m ³ /mês)	14,81	16,69
Teste T: Ho = médias iguais		
variável t =		0,130
t limite (95%) =		1,964
Rejeita Ho ?		NÃO
Teste F: Ho = médias iguais		
F =		0,017
Fmax (95%) =		3,860
Rejeita Ho ?		NÃO

Não se pode dizer que houve uma melhora estatisticamente significativa ao nível de 95 % de confiança. O aumento do consumo médio mensal hidrometrado, de 13,08 para 15,75m³ pode ser atribuído ao acaso.

Uma vez que não houve variação significativa, o resultado pode ter sido afetado pela variação sazonal. Portanto, o teste foi repetido com os mesmos hidrômetros utilizando dados da mesma época do ano obtidos em 2006 e apresentados na Tabela 20.

Tabela 20 - Estatísticas básicas e teste de significância das diferenças entre médias de consumo em 2006 e após a troca de hidrômetros em 2007.

	Série 1	Série 2
	2006	2007
Num. Dados	310	310
Média Amostral (m ³ /mês)	12,36	15,75
Desvio Padrão (m ³ /mês)	7,03	8,44
Interv. Confiança Média (95%)		
Inferior (m ³ /mês)	12,36	13,86
Superior (m ³ /mês)	13,14	16,69
Teste T: Ho = médias iguais		
variável t =		0,169
t limite (95%) =		1,964
Rejeita Ho ?		NÃO
Teste F: Ho = médias iguais		
F =		0,029
Fmax (95%) =		3,860
Rejeita Ho ?		NÃO

Portanto a variação positiva que ocorreu não foi estatisticamente significativa com 95% de confiança, podendo ser atribuída à sazonalidade do consumo.

As informações sobre o custo do hidrômetro novo, o valor da mão de obra para substituição e o custo do metro cúbico da água para contas acima de 10 m³ foram levantadas na área comercial, para uma análise do benefício econômico da troca do parque de hidrômetros. Tendo em vista que as médias de consumo aumentaram, mas não apresentaram diferenças significativas ao nível de 95% de confiança, essas informações precisam ser incorporadas na análise com muita cautela. A rigor, seria necessário um acompanhamento maior para que a diferença entre médias fosse melhor definida. O período de recuperação considerando o aumento no consumo hidrometrado é apresentado na Tabela 21.

A análise considerou também o erro médio dos hidrômetros novos levantados pelas aferições (1,78%) e o erro médio da série de hidrômetros trocados (-3,11%). Esses valores foram aplicados à média de longo período do consumo hidrometrado para realizar uma segunda estimativa do período de recuperação do gasto com a troca. O

cálculo do tempo de retorno do investimento nas trocas realizadas no Subsetor Shiraiwa foi realizado com essas informações, é apresentado na Tabela 22.

Tabela 21 – Avaliação do tempo de retorno de investimento em troca de hidrômetros, considerando a variação do consumo medido.

Custo do Hidrômetro (R\$/un)	Mão de Obra (R\$/un)	Custo Total da Troca (R\$)	Diferença no Consumo (m ³)	Custo (R\$/ m ³)	Valor Recuperado (R\$/mês)	Tempo de Retorno (meses)
32,00	10,80	42,80	2,64	1,66	4,38	9,77

Tabela 22 – Avaliação do tempo de retorno de investimento em troca de hidrômetros, considerando a diferença nos erros de medição e o consumo médio após a troca.

Custo do Hidrômetro (R\$/un)	Mão de Obra (R\$/un)	Custo Total da Troca (R\$)	Diferença nos erros (%)	Volume Recuperado (m ³)	Custo (R\$/ m ³)	Valor Recuperado (R\$/mês)	Retorno (meses)
32,00	10,80	42,80	4,89	0,68	1,66	1,14	33,5

6 Conclusão

Com relação à micromedição, observou-se um grande aumento no volume logo após a troca dos hidrômetros, seguindo-se uma tendência de queda. Este padrão pode ser explicado por vazamentos internos que só foram detectados após a troca do hidrômetro e a ajustes no padrão de consumo por parte dos consumidores.

O erro médio dos hidrômetros substituídos foi de -3,11%. No entanto, detectou-se um aumento de cerca de 20% no volume micromedido, considerando-se um período de 6 meses antes e após a troca. Com esses resultados pode-se estimar, dependendo das hipóteses adotadas no cálculo, um período de retorno do investimento entre cerca de 10 e 33 meses.

A análise dos erros de medição dos hidrômetros substituídos mostrou ainda que não existe uma correlação clara entre a idade e o erro médio de medição. Esse resultado, de certa forma surpreendente, pode ser decorrência da metodologia de aferição em campo empregada, que utiliza apenas uma vazão na aferição.

A adoção da válvula redutora de pressão no subsetor permitiu reduzir o número de vazamentos em cerca de 62%, considerando-se um período de 4 meses antes e após a instalação. Em relação ao mesmo período do ano anterior a redução no número de vazamentos detectados atingiu 46%.

A macromedição representou as maiores dificuldades na realização do trabalho. Após catorze meses de monitoramento das áreas envolvidas no estudo, os resultados não foram totalmente alcançados devido a diversas ocorrências operacionais que afetaram as medições dos volumes macromedidos, inviabilizando a seqüência de dados para comparações. Além dos problemas operacionais relatados no trabalho, a aquisição dos dados de vazão mínima noturna foi dificultada pelas pequenas velocidades do fluxo, insuficientes para conferir a necessária precisão às leituras do medidor empregado, do tipo Pitot de múltiplos furos.

Como sugestão para solucionar o problema da medição confiável das vazões mínimas noturnas propõe-se a instalação de um *by pass* com tubulação de menor diâmetro, conforme apresentado na Figura 21 . Para que o sistema de medição funcione automaticamente, é necessário instalar ainda um sistema de controle, com reflexos consideráveis nos custos de medição. Somente com os medidores funcionando dentro da faixa ideal para medição, informando a vazão mínima noturna e volumes de macromedição com a precisão necessária, é possível manter um programa permanente de avaliação das perdas de água.

Embora com poucos dados confiáveis disponíveis, foi possível concluir que a maior parcela das perdas que ocorrem no subsetor estudado corresponde a perdas reais. O índice médio de perdas encontrado foi de 222 L/ramal.dia para as perdas totais e de 182 L/ramal.dia para as perdas reais. As perdas aparentes foram de apenas 40 L/ramal.dia, o que significa que o que mais influi nas perdas do subsetor são os vazamentos.

A escolha do Subsetor Shiraiwa como o local ideal para o estudo de perdas ocorreu por se tratar de um local que exigiria pouca alteração e pequenos investimentos para realização das ações. Era imprescindível que os setores comercial e operacional fossem coincidentes para que as medições do consumo e do volume distribuído fossem lidas no mesmo dia e comparados dentro da mesma área de abastecimento.

No início do estudo as dificuldades para realizar a macromedição não foram previstas nos debates para definição do local e não foi considerado o fato de faltar precisão aos dados por trabalhar com três medidores onde cada um tem sua imprecisão que pode causar acúmulo de erros. O setor ideal deveria ter apenas uma entrada de água com dois macromedidores num sistema *by-pass* em paralelo e com suas áreas de macromedição e micromedição coincidentes. As leituras seriam realizadas no mesmo período e seriam realizadas ações para redução de perdas comparando seus resultados.

7 Referências

ALVES, W. C., COSTA, A. J. M. P., GOMES, J. S. e NILDA, O. I.. **Programa nacional de combate ao desperdício de água – PNCDA – macromedição**. Brasília, DF: Presidência da República/Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano, 1999. (Documento técnico de apoio, D2).

ANDRADE, J. G. P., LUZIVOTTO JUNIOR, E. Controle de gestão operacional de sistemas de abastecimento de água. In: MARQUES, M. D.; CHAUDHRY, F. H.; REIS, L. F. R. **Estruturas hidráulicas para aproveitamento de recursos hídricos**. (Org.). São Paulo: RIMA, 2004. p.209-276.

ARIKAWA, K. C. O. **Perdas reais em sistemas de distribuição de água – proposta de metodologia para avaliação de perdas reais e definição das ações de controle**. 2005. 188 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 12218/94**: projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

AZEVEDO NETTO, J. M. Perdas, Volume não Faturável e Desperdício de Água. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 11, 1981, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ABES, 1981.

CAMAPUM FILHO, N. A..**Avaliação de medidores com múltiplas tomadas de pressão na macromedição em sistemas de água**. 2007. 130 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, 2007.

COELHO, A. C.. **Medição de água e controle de perdas**. – ABES / BNH, Rio de Janeiro. 1983.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO - SABESP. **Programa de controle e redução de perdas** – Diretoria Metropolitana de Distribuição – M, 2004.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO – SABESP. Superintendência de Gestão e Desenvolvimento Operacional de Sistemas Regionais – RO. Departamento de Controle de Perdas e Desenvolvimento Operacional – ROP. **SISPERDAS V.3**: procedimento para entrada de dados. São Paulo: Sabesp, 2005. 44p.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO – SABESP. **Norma técnica SABESP NTS 181/2005**: dimensionamento de ramal predial de água e do hidrômetro: procedimentos. São Paulo: SABESP, 2005. 20p.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS – COPASA. **Programa de redução de perda de água no sistema de distribuição**. Belo Horizonte: COPASA, 2003.

CONEJO, J. G. L. ; SILVA, R. T. **Programa nacional de combate ao desperdício de água – PNCDA – definições de perdas nos sistemas públicos de abastecimento**. Brasília, DF: Ministério do Planejamento e Orçamento/Secretaria de Política Urbana, 1998. (Documento técnico, A2).

CONEJO, J. G. L.; LOPES, A. R. J. ; MARCKA, E. **Programa nacional de combate ao desperdício de água – PNCDA – recomendações gerais e normas de referência para controle de perdas nos sistemas públicos de abastecimento do programa**. Brasília, DF: Ministério do Planejamento e Orçamento/Secretaria de Política Urbana, 1999.

DOEBELIN, E. O., **Measurement systems: application and design**. 4th ed. McGraw-Hill - New York – USA 1990.

GONÇALVES, E.. **Metodologias para controle de perdas em sistemas de distribuição de água – estudo de casos da CAESB**. 1998. 173 f Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 1998.

GRATÃO, U. **Análise de desempenho de válvulas redutoras de pressão na rede de distribuição de água em um subsetor da cidade de São Carlos**. 2000. 69 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

LAMBERT, A. e THORNTON, J. **Avaliação de Perdas Reais - MPOM/TDGD**, Consultoria realizada para a SABESP – M / T. 2002.

LIEMBERGER, R.. Do you know how misleading the use of wrong performance indicators can be? In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PROGRAMAS DE REDUÇÃO E CONTROLE DE PERDAS EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA, 2002, Recife. **Seminário...** Recife: Ipea, 2002. Disponível em: <<http://www.pmss.gov.br/pmss/PaginaCarrega.php?EWRERterterTERTer=49>

MARCKA, E.. **Programa nacional de combate ao desperdício de água – PNCD – indicadores de perdas no sistema de abastecimento de água**. Brasília, DF: Ministério das Cidades/Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2004. (Documento técnico de apoio, A2).

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR - MDIC. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – Inmetro. Portaria nº 246. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 17 out. 2000.

MIRANDA, E. C. **Avaliação de perdas em sistemas de abastecimento de água - indicadores de perdas e metodologias para análise de confiabilidade**. 2002. 200 f Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade Tecnologia, Universidade de Brasília.

PAZ, V. P. S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C.. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**. Campina Grande, v 4, n 3, p 465-473, 2000.

PEREIRA, M. T., TAIRA, N. M., MOTTA, S. A., GARCIA, F. R., Gestão Metrológica para Sistema de Abastecimento de Água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METROLOGIA, 3, 2003, Recife. **Anais...** Recife: SBM, 2003.

RECH, A. L., **Água, Micromedição e Perdas**. 2ª Edição, Scortecci – São Paulo, 1999.

REIS, L. F. R. ; PORTO, R. M. Redução de perdas de água em redes de abastecimento: avaliação da metodologia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 17, 1993, Natal. **Anais...** Natal: ABES, 1993. v.2, p.3-19.

SCALISE, P. S. e LEITE, W. C. A. Redução do Índice de Perdas através da pesquisa de vazamentos não visíveis e outras medidas. In: ASSEMBLÉIA NACIONAL DA ASSEMAE, 36, 2006. In: EXPOSIÇÃO DE EXPERIÊNCIAS MUNICIPAIS EM SANEAMENTO, 10, 2006. Joinville. **Anais...** Joinville: ASSEMAE, 2006. CD-ROM.

SOARES, A. K. **Calibração de modelos de redes de distribuição de água para abastecimento considerando vazamentos e demandas dirigidas pela pressão**. 2003. 152 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

SOARES, A. K.; CHEUNG, P. B.; REIS, L. F. R. ; SANDIM, M. P. Avaliação das perdas físicas de um setor da rede de abastecimento de água de Campo Grande – MS via modelo inverso. **Engenharia Sanitária Ambiental**, Rio de Janeiro, v.9, n.4, p.312-321, 2004.

THORNTON, J.. **Water Loss Control Manual** – Mc Graw-Hill – New York – USA. 2002.

VIEGAS, J. V., Controle e Redução de pressão em redes de distribuição de água. Encontro Técnico sobre Redução e Controle de Perdas de Água em Sistemas de Abastecimento de Água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21, 2001, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: ABES, 2001. CD-ROM.

VIEIRA, A. C. C. e CAROZZI, E. C., Resultados da aplicação da metodologia de campo para quantificação das perdas reais (físicas) e aparentes (não físicas) em sistemas de abastecimento de água da Sabesp, como ferramenta de gestão do controle de perdas. In: ENCONTRO TÉCNICO AESABESP, 27, 2006, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2006. CD-ROM.

Anexos

Anexo 1
Curvas de Calibração

smar

DIVISÃO DA QUALIDADE ASSEGURADA

FIRST IN FIELD BUS

FICHA DE CALIBRAÇÃO

No. Série.: U196286

No. Sensor: U311105

O.S....: 29495

Cliente.....: SABESP

Modelo.....: LD301D-211-TU11-012

Calibração: 0 a 5000 mmH₂O@20°C

Tag....:

Folha: 01

DESCRIÇÃO

[LD301D]	TRANSMISSOR INTELIGENTE PRESSAO DIFERENCIAL COM CONTROLE PID INCORPORADO
[2] FAIXA	4,16 A 500 MBAR
[1] MATERIAL DO(S) DIAFRAGMA(S) E FLUIDO DE ENCHIMENTO	ACO INOX 316 L - OLEO SILICONE
[1] MATERIAL DO(S) FLANGES, ADAPTADOR(ES) E PURGA(S)	CF 8M / AÇO INOX 316
[T] MATERIAL DO(S) ANEL(S) DE VEDAÇÃO DA CELULA	TEFLON
[U] POSICAO DA PURGA	SUPERIOR
[1] INDICADOR LOCAL	COM INDICADOR DIGITAL
[1] CONEXAO AO PROCESSO	1/2 - 14 NPT (COM ADAPTADOR)
[0] CONEXAO ELETRICA	1/2 - 14 NPT
[1] AJUSTE DE ZERO E SPAN	COM AJUSTE LOCAL
[2] SUPORTE DE FIXACAO	PLANO, EM ACO INOX 316. ACESSORIOS: AI316

OPÇÕES

[A1] MATERIAL DOS PARAFUSOS E PORCAS DA FLANGE/ADAPT.	EM ACO INOX 316
[H] PLAQUETA DE IDENTIFICACAO	FM - FACTORY MUTUAL

CARACTERISTICA GERAIS

Data de Calibração: 08/08/2005

Versão de Software: 6,05

CALIBRAÇÃO

Pressão cmH ₂ O	Saída Ideal (mA)	Saída Real (mA)
0,0000	4,0000	4,0060
124,7279	7,9910	7,9950
249,4557	11,9830	11,9910
374,1836	15,9740	15,9820
498,9114	19,9650	19,9660

32

Calibrado por: OSMAR DONIZETTI GRILONI JUNIOR

Data de Emissão: 08/08/2005



FICHA DE CALIBRAÇÃO

No. Série: U178073 Sensor: U282292 O.S.: 2003/11452
 Cliente: SABESP
 Modelo: LD301D-111-BU11-012/A1/I1/P0/YU/ZZ TAG:
 Calibração: 0 a 55 mmH2O@20°C

DESCRIÇÃO

LD301D TRANSMISSOR INTELIGENTE PRESSAO DIFERENCIAL COM CONTROLE PID INCORPORADO

[1] FAIXA	1.25 A 50 MBAR
[1] MATERIAL DO(S) DIAFRAGMA(S) E FLUIDO DE ENCHIMENTO	ACO INOX 316 L - OLEO SILICONE
[1] MATERIAL DO(S) FLANGES, ADAPTADOR(ES) E PURGA(S)	ACO INOX 316
[B] MATERIAL DO(S) ANEL(IS) DE VEDACAO DA CELULA	BUNA N
[U] POSICAO DA PURGA	SUPERIOR
[1] INDICADOR LOCAL	COM INDICADOR DIGITAL
[1] CONEXAO AO PROCESSO	1/2 - 14 NPT (COM ADAPTADOR)
[0] CONEXAO ELETRICA	1/2 - 14 NPT
[1] AJUSTE DE ZERO E SPAN	COM AJUSTE LOCAL
[2] SUPORTE DE FIXACAO	PLANO, EM ACO INOX 316. ACESSORIOS:

OPÇÕES

[31] EM ACO INOX 316
 [11] FM - FACTORY MUTUAL
 [P0] CINZA MUNSELL N 6,5
 [YU] 2: USUARIO (VER NOTAS)
 [ZZ] VER NOTAS

CARACTERÍSTICAS GERAIS

Data calibração: 14/01/2004 Versão de software: 6.03
 Placa principal: 438158 Placa display:
 Observações: 1) UNIDADE DE USUARIO: YU - VER FOLHA 02.
 2) CARACTERISTICAS ESPECIAIS : CALIBRACAO ESPECIAL - TABELA DE PONTOS - VER FOLHA 03.
 3) CARACTERISTICAS ESPECIAIS : FORNECER COM O CORTE EM ZERO DESABILITADO.

CALIBRAÇÃO

Pressão	Saída Ideal	Pressão Atual	Saída Atual
mmH2O@20°C	(mA)	mmH2O@20°C	(mA)
0.0000	4.000	0.000	4.000
14.0000	8.073	14.016	8.082
28.0000	12.145	28.007	12.148
41.0000	15.927	41.013	15.932
55.0000	20.000	55.006	20.002
			33

Data de emissão: 14/01/04

smar**CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO**

Instrumento Série No.: U209971 Sensor No.: U329044 O.S.: 2005/06820
 Cliente: SABESP
 Modelo: LD301D-11I-BU11-012/A1/I1/P0 TAG:
 Calibração: 0 a 500 mmH2O@20°C

DESCRIÇÃO

LD301D TRANSMISSOR INTELIGENTE PRESSAO DIFERENCIAL COM CONTROLE PID INCORPORADO
 [1] FAIXA 1.25 A 50 MBAR
 [1] MATERIAL DO(S) DIAFRAGMA(S) E FLUIDO DE ENCHIMENTO ACO INOX 316 L - OLEO SILICONE
 [I] MATERIAL DO(S) FLANGES, ADAPTADOR(ES) E PURGA(S) CF 8M / AÇO INOX 316
 [B] MATERIAL DO(S) ANEL(IS) DE VEDACAO DA CELULA BUNA N
 [U] POSICAO DA PURGA SUPERIOR
 [1] INDICADOR LOCAL COM INDICADOR DIGITAL
 [1] CONEXAO AO PROCESSO 1/2 - 14 NPT (COM ADAPTADOR)
 [0] CONEXAO ELETRICA 1/2 - 14 NPT
 [1] AJUSTE DE ZERO E SPAN COM AJUSTE LOCAL
 [2] SUPORTE DE FIXACAO PLANO, EM ACO INOX 316. ACESSORIOS:

OPÇÕES

[A1] MATERIAL DOS PARAFUSOS E PORCAS DA FLANGE/ADAPT. EM ACO INOX 316
 [I1] PLAQUETA DE IDENTIFICACAO FM: XP, IS, NI, DI, IP
 [P0] PINTURA CINZA MUNSELL N 6,5

CARACTERÍSTICAS GERAIS

Data calibração: 28/JUL/2005 Versão de software: 6.05
 Placa principal Série No.: 46107100025646
 Observações:

PADRÃO TRABALHO			PADRÃO PRIMÁRIO		
Código	Descritivo	Validade	Código	Descritivo	Certificado
024-0252	TRANSMISSOR DE PRESSÃO - LD301 D11	MEJ 11/2005	024-0194 024-0198	PISTÃO CILINDRICO MODELO 5203 - 50 PSI JOGO DE MASSAS 80 Kg/Cm2 - MODELO 5203	0433/2000 13237-13238

CALIBRAÇÃO

Pressão de Entrada (mmH2O@20°C)	Saída Ideal (mA)	Pressão Atual (mmH2O@20°C)	Saída Atual (mA)
0.0000	4.000	0.000	4.000
130.0000	8.160	130.016	8.161
250.0000	12.000	250.063	12.003
380.0000	16.160	380.118	16.165
500.0000	20.000	500.200	20.008

34

Calibrado por: William Cesar Mendes

Data de emissão: 16/AGO/2006

William C. Mendes



Certificado de Calibração

conforme NBR 101

Nº
494/2006
1/1

Data Calibração
04/12/06

1. Dados

Solicitante: CIA SAN BAS ESTADO DE SÃO PAULO - SABESP
Endereço: Rua Coronel Albino, 3099 Presidente Prudente - SP

Medidor: Hidrotest II
Identificação: 98T0050

2. Padrão Utilizado

Descrição: Bancada Volumétrica (reservatórios 5 l, 10 l, 20 l e 100 l)
Identificação: Z061 / Z062 / Z088
Executante: IPEM-SP
Nº Certific.: DMQ-32 / Nº 1205/2006
Validade: 07/11/07

3. Método de Ensaio

Conforme Norma: NBR NM 212

4. Condições de Referência

Temperatura da água: 27° C

5. Resultados da Calibração


	Vazão l/h	Vc (l)	Er (%)	U ± (%)	k
Qn	2500,0	100,0	0,38	0,11	2,00
Qt	37,5	10,0	-0,70	0,82	2,00
Qmin	25,0	10,0	-1,93	0,82	2,00

A Incerteza relatada é baseada em uma incerteza padrão combinada, multiplicada pelo fator de abrangência k que para uma distribuição normal corresponde a uma probabilidade de aproximadamente 95%.

6. Observação

Definições: Vc = volume de referência e Er = erro relativo
U = incerteza expandida e k = fator de abrangência
O valor de Er, refere-se a média aritmética de três leituras.
O medidor deve ser utilizado exclusivamente para água potável.


Edgilson C. de Oliveira
Executante


Francisco Peresim
Resp. Calibração

Este certificado é válido exclusivamente para o medidor calibrado, não sendo extensivo a quaisquer lotes, mesmo que similares, e só poderá ser reproduzido integralmente.

Data Emissão: 13/12/2006

Actaris Ltda
Av. Joaquim Boer, 792 - Cx. Postal 209
CEP 13477-360 - Americana - SP - Brasil
www.actaris.com.br
tel +55 19 3471-8400
fax +55 19 3471-8410



Certificado de Calibração

norma NBR 101

Nº
495/2006
1/1

Data Calibração
04/12/06

1. Dados

Solicitante: CIA SAN BAS ESTADO DE SÃO PAULO - SABESP
Endereço: Rua Coronel Albino, 3099 Presidente Prudente - SP

Medidor: Hidrotest II
Identificação: 98T0051

2. Padrão Utilizado

Descrição: Bancada Volumétrica (reservatórios 5 l, 10 l, 20 l e 100 l)
Identificação: Z061 / Z062 / Z088
Executante: IPEM-SP
Nº Certif.: DMQ-32 / Nº1205/2006
Validade: 07/11/07

3. Método de Ensaio

Conforme Norma: NBR NM 212

4. Condições de Referência

Temperatura da água: 27° C

5. Resultados da Calibração

	Vazão l/h	Vc (l)	Er (%)	U ± (%)	k
Qn	2500,0	100,0	0,10	0,11	2,00
Qt	37,5	10,0	0,00	0,82	2,00
Qmin	25,0	10,0	-4,00	0,82	2,00

A Incerteza relatada é baseada em uma incerteza padrão combinada, multiplicada pelo fator de abrangência k que para uma distribuição normal corresponde a uma probabilidade de aproximadamente 95%.

6. Observação

Definições: Vc = volume de referência e Er = erro relativo
U = incerteza expandida e k = fator de abrangência
O valor de Er, refere-se a média aritmética de três leituras.
O medidor deve ser utilizado exclusivamente para água potável.

Edgilson C. de Oliveira
Executante

Francisco Peregásim
Resp. Calibração

Este certificado é válido exclusivamente para o medidor calibrado, não sendo extensivo a quaisquer lotes, mesmo que similares, e só poderá ser reproduzido integralmente.

Data Emissão: 13/12/2006

Actaris Ltda
Av. Joaquim Boer, 792 - Cx. Postal 209
CEP 13477-360 - Americana - SP - Brasil
www.actaris.com.br
tel +55 19 3471-8400
fax +55 19 3471-8410

Anexo 2
Plantas dos Setores

Anexo 3

Relatório de Consumo dos Grandes Consumidores

1 - Escola Municipal

SABESP CSI - COMERCIAL SERVICOS E INFORMACOES
PRESIDENTE PRUDENTE ATENDIMENTO AO PUBLICO
PESQUISA DE LIGACAO

RGI : 441288510

Endereço : R. MATEUS DA SILVA PERES 159

Complemento : EMEIF **Bairro:** RES. UNIVERSITARIO

LEITURA Tipo de Cobrança: PÚBLICA
Atual : 34632 Dt.Leit.: 240706 Anterior: 34408 Dt.Leit.: 220606
HIDROMETRO F96T-02878 Média: 232

ago/06	jul/06	jun/06	mai/06	abr/06	mar/06	fev/06	jan/06	dez/06	nov/06	out/06	set/06
224	310	335	298	292	98	60	189	384	298	296	437

2 - Estação de Tratamento de Esgoto

RGI : 499434307

Endereco :RV JULIO BUDISK S/N

Complemento : E.T.ESGOTO **Bairro:** LIMOEIRO

LEITURA Tipo de Cobrança: PREDIO PROPRIO
Atual : 32392 Dt.Leit.: 240706 Anterior: 29838 Dt.Leit.: 220606
HIDROMETRO F04S000551 Média: 2329

ago/06	jul/06	jun/06	mai/06	abr/06	mar/06	fev/06	jan/06	dez/05	nov/05	out/05	set/05
2554	2208	2229	3095	2104	1768	2567	1821	1699	1747	1621	2191

3 - Laticínio

RGI : 508173884

Endereco : RV JULIO BUDISK S/N

Complemento : COLVAP **Bairro:** LIMOEIRO

LEITURA Tipo de Cobrança: COMUM
Atual : 7614 Dt.Leit.: 240706 Anterior: 7613 Dt.Leit.: 220606
HIDROMETRO F96T001919 Média:

Obs: O Laticínio Colvap não está consumindo água da Sabesp por utilizar captação própria em poço artesiano. A ligação é para o caso de emergência caso ocorra problemas no poço.