

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
MESTRADO EM TECNOLOGIA

VALDEMIR VIANA DE FREITAS

CONTROLE E REDUÇÃO DE PERDAS EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA:
CONTRIBUIÇÃO NA PRESERVAÇÃO DOS MANANCIAIS DE SÃO PAULO.

SÃO PAULO

MAIO/2011

VALDEMIR VIANA DE FREITAS

CONTROLE E REDUÇÃO DE PERDAS EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA:
CONTRIBUIÇÃO NA PRESERVAÇÃO DOS MANANCIAIS DE SÃO PAULO.

Dissertação apresentada como exigência parcial para obtenção do Título de Mestre em Tecnologia, no Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, no Programa de Mestrado em Tecnologia: Gestão, Desenvolvimento e Formação, sob orientação do Prof. Dr. Dirceu D'Alkmin Telles.

SÃO PAULO

MAIO/2011

FICHA ELABORADA PELA BIBLIOTECA NELSON ALVES VIANA
FATEC-SP / CEETEPS

F866c Freitas, Valdemir Viana de
Controle e redução de perdas em sistemas de distribuição
de água: contribuição na preservação dos mananciais de São
Paulo / Valdemir Viana de Freitas. – São Paulo : CEETEPS,
2011.
180 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Dirceu D'Alckmin Telles.
Dissertação (Mestrado) – Centro Estadual de Educação
Tecnológica Paula Souza, 2011.

1. Abastecimento de água. 2. Sistemas de distribuição de
água. 3. Válvula redutora de pressão. 4. Vazamentos. I. Telles,
Dirceu D'Alckmin. II. Centro Estadual de Educação
Tecnológica Paula Souza. III. Título.

VALDEMIR VIANA DE FREITAS

**CONTROLE E REDUÇÃO DE PERDAS EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA:
CONTRIBUIÇÃO NA PRESERVAÇÃO DOS MANANCIAIS DE SÃO PAULO.**

PROF. DR. DIRCEU D'ALKMIN TELLES – ORIENTADOR

PROF. DR. PEDRO CAETANO SANCHES MANCUSO

PROF. DR. ALFREDO COLENCI JÚNIOR

SÃO PAULO, 08 DE DEZEMBRO DE 2010

Dedicatória

Aos meus pais Luiz e Margarida (in memoriam) que não mediram esforços para que eu tivesse as melhores condições para chegar até esse momento..

À minha esposa Paula por suportar as minhas ausências com paciência e amor e pela dedicação aos nossos filhos, razão do nosso viver.

Aos meus filhos Clarice, Vinicius e Rafael que são a grande motivação para vencer desafios como esse.

Agradecimentos

Agradeço ao Prof. Dr. Dirceu D'Alkmin Telles pela orientação, dedicação e incentivo durante a elaboração do trabalho.

Aos funcionários da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp.

A todos os funcionários e professores do Centro Estadual de Educação e Tecnologia Paula Souza – CEETEPS.

Aos colegas da Sabesp em especial Antonio Araújo pela revisão da dissertação, ao Robson pelo incentivo de enfrentar esse desafio, ao Mário Alba por ter me introduzido nessa área tão fantástica da engenharia e por toda equipe da Divisão de Controle de Perdas.

Acima de tudo a Deus, por ter estado comigo em todos os momentos me conduzindo pelos caminhos da Vida.

“Comece fazendo o que é necessário, depois o que é possível, e de repente você estará fazendo o impossível.”

São Francisco de Assis

RESUMO

FREITAS, V.V.de. **Controle e redução de perdas em sistemas de distribuição de água:** contribuição na preservação dos mananciais de São Paulo. 2010.180f. Dissertação – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2011.

A análise de estudos de que a ocorrência de vazamentos de água na rede de distribuição aumenta em função da pressão elevada fez com que a ação de controle e redução de pressão fosse indicada como estratégica para um programa de controle de perdas. A perda de água em um sistema de abastecimento de água gera impactos importantes ao meio ambiente, nas concessionárias de serviços públicos de saneamento, e diretamente em seus usuários. Neste trabalho foi realizada pesquisa bibliográfica instituindo referencial teórico sobre as principais formas de perdas. A divisão entre perdas reais e aparentes, principais ações e o detalhamento do controle e redução de pressão foram destacados no contexto teórico. O excesso de pressão não é o único causador de vazamentos: envelhecimento da rede de distribuição, qualidade do material e execução dos ramais de distribuição, bem como o tipo de solo que potencializa os rompimentos. O volume perdido em vazamentos é o principal componente das perdas de água, mas fatores como erros de medição e abastecimento irregular também contribuem para a ineficiência do sistema de distribuição. Foram verificadas as ações de rotina para identificação e reparo do vazamento como forma corretiva de atuação no programa de perdas. Verificou-se a condução das demais ações ao longo dos anos e seus impactos no volume perdido de água. As formas de avaliação obtidas no referencial teórico foram testadas e comparadas entre empresas que desenvolvem essa atividade. Como material de pesquisa detalhou-se o estudo de caso: a Unidade de Negócio Norte da Sabesp, Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo, mostrando suas principais características e indicadores. Conclui-se que as teorias mais recentes a respeito das perdas de água estão sendo implantadas na medida em que é feita a adaptação para a sua adequada aplicação. Um exemplo é o ataque às causas do vazamento de forma similar ao preconizado pelos principais autores. O controle e redução de pressão, no estudo de caso, foram destacados, pois contribuíram decisivamente na redução do indicador de perdas em mais de 35%. Nesse contexto houve estabilização na captação de água dos mananciais mesmo com o crescimento no número de ligações em torno de 30%.

Palavras Chave: Abastecimento de água; Sistema de distribuição de água; Válvula redutora de pressão e Vazamentos.

ABSTRACT

FREITAS, V.V.de. Controle e redução de perdas em sistemas de distribuição de água: contribuição na preservação dos mananciais de São Paulo. 2010.180f. Dissertação – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2011.

The analysis of studies on the occurrence of water leaks in the distribution network increases due to the increased pressure led the control action and pressure reduction were chosen as a strategy for a program to control losses. The loss of water in a water supply system creates significant impacts on the environment, the utilities of public sanitation services and also directly to its users. This piece of work carried out a bibliographical survey thus adopting and introducing theoretical reference to the main forms of losses. The division between real and apparent losses, the main actions and details of controlling and pressure reduction were highlighted in the theoretical context. The excessive pressure is not the only cause of leaks: the aging distribution system, material quality and performance of distribution lines, as well as the type of soil that potentially causes disruptions. The amount lost to leakage is the main component of water losses, but factors such as measurement errors and irregular water supply also contribute to the inefficiency of the distribution system. We studied the routine actions to identify and repair the leak as a corrective action program in losses. We checked the management of other actions over the years and its impact on the volume of water lost. The evaluation forms obtained from the theoretical reference were tested and compared among companies that develop this activity. As it was shown a detailed research material related to this case study, the North Business Unit of Sabesp Sanitation Stated owned Company of São Paulo, showing its main feature and indicators. We conclude that the most recent theories about the loss of water are being implemented to the extent that the adjustment is made for its proper implementation and application. An example is the attack on the causes of leakage similar to that advocated by leading authors. The control and reduction of pressure in the case study were highlighted as they contributed decisively to the reduction of the indicator of losses in more than 35%. In this context there was stabilization in the uptake of water from the springs even with growth in the number of links from around 30%.

Keywords: Water supply; Water distribution system; Pressure reducing valve and Leaks

Lista de Ilustrações

Figura 1- Ampliação da oferta de água para R.M.S. P	33
Figura 2- Cenário de demanda e incremento de mananciais	34
Figura 3- Distribuição de recursos por sistema produtor em milhões de Reais	35
Figura 4- Sistemas produtores da Grande São Paulo	35
Figura 5- Esquema de Setorização	38
Figura 6- Caracterização Geral das Perdas	40
Figura 7- Indicador de perdas de faturamento em empresas estaduais	44
Figura 8- Mapa com indicador de perdas de faturamento nos estados brasileiros	45
Figura 9- Indicador de perdas reais no período de 50 anos em cidades referências	48
Figura 10- Curva de evolução do índice de perdas médio das cidades do Japão	49
Figura 11- Pontos freqüentes de vazamentos em redes de distribuição	55
Figura 12 - Pontos freqüentes de vazamentos em ramais	56
Figura 13- Contribuições para o aumento da taxa de rompimento	65
Figura 14- Relação entre a pressão média noturna e índice de vazamentos	66
Figura 15- Função exponencial pressão x índice de vazamentos	67
Figura 16- Fluxograma para solução corretiva de vazamentos	73
Figura 17- Propagação do ruído do vazamento não visível	75
Figura 18- Manuseio da haste de escuta	76
Figura 19- Haste de escuta mecânica	77
Figura 20 - Geofone mecânico	77
Figura 21- Esquema de uso do geofone eletrônico	78
Figura 22- Esquema de uso do geofone eletrônico para identificação de vazamento não visível	79

Figura 23- Demonstração de uso do geofone eletrônico para identificação de vazamento.	80
Figura 24 - Esquema de uso do correlacionador.	81
Figura 25 – Índice Internacional de Perdas para 27 Sistemas de 19 Países	87
Figura 26 – Atividades de Gerenciamento de Perdas Reais e sua Influência nos volumes de perdas.	89
Figura 27 – Variação de vazamentos para tipos de controle de pressão.....	91
Figura 28 - Linha piezométrica com a implantação da válvula redutora de pressão.....	92
Figura 29 - Pressão média em uma área sem controle de pressão.....	94
Figura 30 - Pressão média em uma área com VRP com saída Fixa	94
Figura 31 - Pressão média em uma área com VRP e Controlador com Modulação por Vazão	95
Figura 32– Princípio de funcionamento da VRP com pressão de saída fixa	103
Figura 33 - Controle de Pressão através de VRP com Pressão de Saída Fixa	103
Figura 34 – Esquema do sistema completo.....	105
Figura 35 – Esquema do sistema completo com vazão	106
Figura 36- Medidor de vazão Eletromagnético.	114
Figura 37- Esquema com as principais ações para redução de perdas aparentes.....	116
Figura 38 - Indicação de ações para combate a perdas aparentes	117
Figura 39 – Componente do sistema de abastecimento de água	119
Figura 40 - Caracterização geral da MN.....	120
Figura 41 - Caracterização dos municípios da Sabesp MN	120
Figura 42 - Viabilidade econômica da pesquisa de vazamentos.	124
Figura 43- Tempo de reparo de vazamento em horas no período de 2005 a 2009.....	131
Figura 44 - Relação entre vazamentos visíveis e não visíveis.....	132
Figura 45 - utilização de ferramenta inadequada para estancar o fluxo de água.....	132
Figura 46 - Recobrimento inadequado do ramal de conexão de água.	133
Figura 47- Mapa com ocorrências de vazamentos e pressão baixa	134
Figura 48 – Participação dos vazamentos no volume de perda da SABESP MN.....	135

Figura 49- Mapa com incidência de vazamentos em ramais.....	136
Figura 50- Desempenho da detecção de vazamentos em ramal nas unidades de negócio da SABESP.....	137
Figura 51 - Comparativo do Indicador vaz/1000 ligações por ano.....	138
Figura 52 - Comparativo do Indicador Vaz/100 km/ano	139
Figura 53 - Desempenho da detecção de vazamentos em rede nas unidades de negócio da SABESP.....	140
Figura 54 - Evolução na pesquisa de vazamento entre 2005 e 2009.....	141
Figura 55- Participação dos volumes na origem da identificação do vazamento.....	142
Figura 56 - Perfil do volume perdido em função do componente no ano de 2009.....	143
Figura 57 - Perfil de detecção de vazamentos por setor de abastecimento.....	144
Figura 58- Evolução da ocorrência de vazamentos (visíveis + não visíveis).....	145
Figura 59 - Índice de reparo de vazamentos em ramais e redes	145
Figura 60 - Redução do volume disponibilizado no setor Freguesia do Ó.....	146
Figura 61- Substituição de hidrômetro na UN Norte no período de 2005 a 2009.....	149
Figura 62 - Evolução da Submedição dos hidrômetros entre 2007 e 2009.....	150
Figura 63 - Substituição de hidrômetros na UN Norte por setor de abastecimento no ano de 2009.....	151
Figura 64 - Resultados da implantação de programa de redução de pressão (mca).....	153
Figura 65 - Mapeamento de pressões do Setor Freguesia do Ó.....	153
Figura 66 - VRPs separadas por setor de abastecimento	154
Figura 67- Evolução do numero de VRPs na MN.....	156
Figura 68 - Troca de ramais na Unidade de Negócio Norte 2005-2009.....	157
Figura 69- Comparativo dos indicadores L.L.I	163
Figura 70 - Balanço hídrico do ano de 2002	165
Figura 71 - Balanço hídrico do ano de 2009.....	166
Figura 72 - Evolução do volume micromedido entre 2004 e 2009.....	167
Figura 73 - Valoração das perdas de água.....	168

Figura 74 - Involução do volume disponibilizado entre 2004 e 2009. 169

Lista de Tabelas

Tabela 1- Sistemas produtores da Região Metropolitana de São Paulo	32
Tabela 2- Indicadores de perdas em diferentes países do mundo.....	46
Tabela 3- Indicadores de perdas em diferentes cidades no mundo.....	47
Tabela 4- Redução de Perdas Reais por Redução de Pressão onde $Q = f(H^{1/2})$	57
Tabela 5 – Valores usados como parâmetros para o cálculo das perdas reais anuais inevitáveis	86
Tabela 6-Cálculo dos componentes das perdas reais inevitáveis (PRAI).....	87
Tabela 7- Ocorrência de vazamentos por faixa de pressão.	90
Tabela 8 – Fator de correção de pressão	95
Tabela 9 - Características Principais dos Sistemas Operados pela MN.....	121
Tabela 10 - Características Principais do Sistema de Distribuição da MN.....	122
Tabela 11- relaciona municípios e as empresas comparadas:	128
Tabela 12- Evolução da Ação de Reparo de Vazamentos	130
Tabela 13 - Redução da vazão mínima noturna no setor de abastecimento Freguesia do Ó.	147
Tabela 14- Índice de Macromedição.....	148
Tabela 15- Recuperação média dos hidrômetros entre 2007 e 2009.	149
Tabela 16 - Comparação de vazão ao longo do tempo.	155
Tabela 17 - Valor presente das principais ações para redução de perdas.	158
Tabela 18- Indicador de perdas na distribuição.....	159
Tabela 19 - Indicador de perdas por ligação	160
Tabela 20 - Indicador de perdas de faturamento	161

Tabela 21– Volume disponibilizado por economia	162
Tabela 22 - Distribuição do Volume de Água Perdido por Setor de Abastecimento	164
Tabela 23 - Desempenho dos indicadores operacionais da UN. Norte.....	169
Tabela 24– Projeção dos volumes para o próximo período	170
Tabela 25 - Gastos anuais com principais serviços	171

Lista de Quadros

Quadro 1- Matriz do balanço hídrico.....	42
Quadro 2- Perdas Reais por subsistema: origem e magnitude.....	53
Quadro 3 - Causas Prováveis de Falhas e Rupturas em Tubulações.....	61
Quadro 4 - Pesquisa de vazamentos baseada em sistema de medição.....	70
Quadro 5 - Pesquisa de vazamentos de rede sem medições prévias.....	71
Quadro 6 - Vazamentos não visíveis e visíveis.....	72
Quadro 7- Prazos Indicativos das Opções de Gerenciamento de Vazamentos.....	74
Quadro 8– Indicadores de Desempenho para Perdas reais.....	85
Quadro 9 – Componentes e características da VRP.....	102
Quadro 10 - Tipos de hidrômetro.....	115

Lista de Abreviaturas e Siglas

AZNP – Average Zone Night Pressure – Pressão média noturna do setor.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

CARL – Current annual real losses – perdas reais atuais

ETA - Estação de tratamento de água

ILI – Infrastructure Leakage Index, índice infraestrutural de perdas.

IP (L/LIG*DIA) – Índice de perdas de ligação

IPF (%) – Índice de perdas de faturamento

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas.

I.W.A – International Water Association

MCA – metro de coluna de água

MN- Unidade de Negócio Norte da SABESP.

PNDCA – Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água

RMSP – Região Metropolitana de São Paulo.

SABESP – Companhia Estadual de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.

SAM – Sistema Adutor Metropolitano.

SENAI – Serviço Nacional da Indústria.

SNIS – Serviço Nacional de Informações sobre Saneamento

TAP – Registro de derivação para executar medições de vazão e pressão.

UARL – Unavoidable annual real losses – perdas reais anuais inerentes

VRP–Válvula Redutora de Pressão

W.R.C – Centro de Pesquisa da Água da Inglaterra.

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	23
2 - OBJETIVOS.....	28
2.1. Objetivos específicos	28
3 - REVISÃO DA LITERATURA	29
3.1- Disponibilidade hídrica.....	29
3.1.1- Renovação da Outorga do Sistema produtor Cantareira	30
3.1.2 - Programa Metropolitano de Água.....	32
3.1.3 – Demanda na Macrometrópole Paulista	36
3.2 – Conceitos de Setorização.	37
3.3 – Perdas de água.	38
3.3.1 – Avaliação das perdas: Balanço Hídrico	40
3.3.2 – Indicador percentual de perdas.	42
3.3.3 - Perdas Reais	52
3.3.4 – Redução de perdas reais em função do controle da pressão	57
3.4 - Classificações das perdas reais	58
3.4.1 - Perdas operacionais	58
3.4.2 - Perdas por vazamentos	60
3.5 - Causas das perdas reais.....	60
3.5.1 - Planejamento e projeto	62
3.5.2 - Construção	62
3.5.3 - Operação, manutenção e expansão do sistema	63
3.6 - Estudos sobre a Relação entre a Pressão e as Perdas por Vazamento.....	64
3.7 - Índices de Vazamento.....	68
3.7.1 - Controle de vazamentos.....	68

3.7.2 - Equipamentos Utilizados	75
3.7.3 - Gestão para detecção de vazamentos.....	81
3.8 - Indicadores de Perdas Reais.....	82
3.9 - Controle de pressão	90
3.9.1 - Benefícios advindos da redução de pressão.....	96
3.9.2 - Problemas decorrentes da redução de pressão	98
3.10 - Abordagem Teórica da Implantação de Controle de Pressões com Válvulas Redutoras de Pressão.....	99
3.10.1 - Evolução e Uso de Válvulas Redutoras de Pressão.....	99
3.10.2 - Tecnologia do Controle de Pressão	100
3.10.3 - Controle de Pressão através de VRP com Pressão de Saída Fixa	101
3.10.4 - Válvula com redução de pressão variável.....	104
3.10.5 - Seleção do Tipo de Configuração da VRP	106
3.10.6 - Dimensionamento da VRP.....	109
3.10.7 - Fluxograma das Fases da Instalação.....	110
3.11 - Perdas Aparentes	113
3.11.1- Erros nos medidores de vazão.....	113
3.11.2 - Gestão Comercial	115
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	118
4.1 - Estudo de Caso: Unidade de Negócio Norte da SABESP.....	119
4.1.1 - Setorização existente	123
4.2 - Desenvolvimento do programa de redução de perdas.....	123
4.2.1 - Vazamentos.....	123
4.2.2 - Avaliação dos Custos e Retorno das principais ações.....	124
4.2.3 - Controle de pressão	126
4.2.4 - Macromedição.....	126

4.2.5 - Situação da Micromedição.....	126
4.2.6 - Indicadores de perdas	127
4.2.7 - Impacto nos mananciais	129
5 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	130
5.1 - Tempo médio de reparo de vazamentos na MN.....	130
5.2 - Frequência das pesquisas de vazamentos	133
5.2.1 - Performance da pesquisa de vazamento não visível.....	137
5.2.3 - Vazamentos em redes	138
5.2.4 - Vazamentos não visíveis na rede	140
5.2.5 - Perfil dos vazamentos	142
5.3 - Obras de Ressetorização	145
5.4 - Macromedição	147
5.5 - Troca de hidrômetros de pequena capacidade	148
5.6 - Troca de hidrômetros de grande capacidade.....	151
5.8 - Instalação de válvulas redutoras de pressão	152
5.9 - Troca de Ramais.....	156
5.10 - Análise econômica das intervenções	157
5.11 - Indicadores de Perdas.....	158
5.11.1 - Índice de perdas na distribuição	158
5.11.2- Índice de perdas por ligação.....	159
5.11.3 - Índice de perdas de faturamento.....	160
5.11.4 - Volume disponibilizado por economia	161
5.11.5 - Índice infraestrutural de perdas	162
5.11.6 - Perdas Reais e Aparentes por setor de abastecimento.	163
5.12 - Balanço Hídrico.....	165
5.13 - Impacto nos Mananciais	168

5.14 - Projeção para os próximos dez anos.....	170
6 – CONCLUSÕES	172
7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	176

CONTROLE E REDUÇÃO DE PERDAS EM SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA: CONTRIBUIÇÃO NA PRESERVAÇÃO DOS MANANCIAIS DE SÃO PAULO.

1 - INTRODUÇÃO

As perdas de água tratada nos sistemas de distribuição e o respectivo impacto no esgotamento dos mananciais de água vêm ganhando importância devido à escassez da matéria-prima utilizada: a água. Enquanto os mananciais estão cada vez mais distantes, desperdiça-se água como se fosse um bem infinito. Na medida em que os custos aumentam, transfere-se para a sociedade a conta da baixa eficiência do sistema.

De maneira simples, o problema das perdas de água impacta da seguinte forma: parte do volume produzido de água não chega ao consumidor e a água consumida não é totalmente faturada.

Para conhecê-lo são necessárias medições adequadas ao volume produzido ou disponibilizado ao sistema de distribuição por meio de grandes medidores. Em relação ao consumo utilizado pelos usuários, o volume deve ser 100% medido por meio de hidrômetros. A diferença entre o volume produzido e o utilizado é a perda de água.

As perdas de água ocorrem principalmente devido a vazamentos em adutoras, redes de distribuição e ramais prediais. Normalmente, esses vazamentos são reparados tão logo sejam descobertos, ou comunicados, com o intuito de se minimizarem as perdas de água e danos causados por esses vazamentos. Pode-se perder água, ainda, por meio de válvulas de controle defeituosas e também, por meio de vazamentos e extravasamentos de reservatórios. Essa parte da perda é denominada perda real, anteriormente denominada perdas físicas.

Normalmente quando uma Concessionária de água constata discrepância entre o volume de água que ela produz e o volume de água que ela vende, a primeira medida tomada é iniciar um programa de detecção de vazamentos.

Denominam-se perdas aparentes ou não físicas os seguintes itens:

- usos de água autorizados e não faturados: são caracterizados através dos usos próprios e usos especiais;
- usos não autorizados e não faturados: são caracterizados por meio das fraudes;
- ligações com “by-pass”, suprimidas que não são cobradas e, de algum modo, foram reativadas;
- abastecimento de caminhões-pipa em hidrantes, sem comunicação prévia e pagamento pela água retirada;
- ligações fraudulentas em redes são exemplos de fraudes;
- falhas no cadastro comercial e a submedição de hidrômetros e macromedidores.

A preocupação com as perdas de água é recente no Brasil. Intensificou-se especialmente na década de 70. No ambiente internacional esse tema é difundido há mais tempo. Identifica-se histórico de estudos desde o século 18, com registros de uso de ferramentas para detecção de vazamentos e o tubo pitot para avaliação do perfil de velocidade nas tubulações.

No mundo existem grandes associações de água que estudam a questão das perdas no sistema de distribuição: A.W.W.A, American Water Work Association com sede nos Estados Unidos; a I.W.A , International Water Association, com sede em Londres; a francesa Association Générale des Hygiénistes et Techniciens Municipaux - AGHTM . No que se refere a perdas de água, há convergência quanto à necessidade de combinar indicadores para explicá-la. Normalmente se utilizam os conceitos preconizados pela I. W.A.

Verifica-se grande variação nos patamares internacionais de indicadores de perdas de água, nos extremos o Japão, que perde menos de 6% da água tratada, e países como Filipinas com 80% de perdas (WATERLOSS2010, 2010). No Brasil a situação é preocupante, pois ainda há estados com mais de 60% de perdas de água (SNIS, 2009).

É conhecida a complexidade no abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo, que torna o problema das perdas de água ainda mais importante. São mais de 19 milhões de consumidores que dependem do bom uso da água. As alternativas de novos mananciais para essa região são limitadas e onerosas.

Com a conscientização do problema, alguns programas começaram a ser implantados, como o Plano Nacional de Saneamento (PLANASA) e o Plano Estadual de Controle de Perdas (PECOP) em 1981. O Sistema Nacional de informações de Saneamento, (SNIS) em 1995, criado em função do Programa de Modernização do Setor Saneamento (PMSS). Outra contribuição importante foi o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA) a partir de 1997 (ARIKAWA, 2005).

Para redução das perdas, o diagnóstico correto proporciona ações adequadas para um programa de eficiência operacional consistente com quedas contínuas no volume perdido de água.

As ações básicas para redução de perdas reais são: controle da pressão, controle ativo de vazamentos, gerenciamento da infraestrutura, agilidade e qualidade dos reparos. No caso das perdas aparentes, as ações básicas são: redução da imprecisão dos medidores, gestão comercial e combate às fraudes e ligações clandestinas. (MELATO, 2010).

Há pensamentos diferentes quanto à solução. Segundo Baggio (2003), as empresas vêm tentando solucionar problemas antigos com soluções atrasadas. Tratam-se as perdas de água depois que elas já aconteceram ao invés de preveni-las. Defende que a estratégia de combate às perdas deve estar focada num modelo de gerenciamento que agregue duas partes: a tecnologia e as pessoas que operam o sistema de distribuição.

Podem-se diversificar as ações:

- atuar nas causas dos problemas, e
- estabelecer rotina para combate aos efeitos dos problemas.

Em relação ao Controle de Pressão, considerada como principal ação de combate às causas do vazamento consiste na redução de pressão desnecessária ao abastecimento domiciliar. O Controle e Redução de Pressão podem ser obtidos por meio de equipamentos instalados nas estações elevatórias de água, como o inversor de frequência, câmaras de perdas de carga e mais comumente por válvulas redutoras de pressão as VRPs. Trata-se de uma tecnologia importada da Inglaterra, para reduzir automaticamente a pressão nas horas de menor consumo, através de controladores eletrônicos alimentados por baterias de lítio.

A utilização de válvulas redutoras de pressão (VRPs) como ferramenta para o controle de perdas em redes de distribuição de água, vem sendo recomendada por especialistas em gestão de sistemas de abastecimento de água, como a que produz retorno mais rápido entre as ações conhecidas (GALVÃO, 2007). Essa avaliação é feita com base na relação que há entre pressão elevada e vazamentos, defendida pelos principais pesquisadores.

Pode-se aprimorar o funcionamento da válvula redutora instalando um controlador automático que permite o melhor desempenho do equipamento. A regulagem da válvula, nesse caso, é em função do consumo do setor; na máxima vazão se libera a pressão necessária para atender o ponto crítico do setor; quando da mínima vazão, usa-se a mínima pressão indicada na norma de abastecimento público. A modulação permite atender o setor de abastecimento com pressões adequadas nas mais variadas condições.

Ao se controlar a pressão temos, ao mesmo tempo, menos vazamentos e, conseqüentemente, menor consumo de energia elétrica utilizada nas elevatórias que bombeiam água também para os vazamentos. (COVAS e RAMOS, 2004).

Outra ação é a renovação de parte da infraestrutura via substituição dos ramais por tubulação de melhor qualidade e menor número de conexões. A idéia é reduzir os pontos frágeis de um ramal. A troca acontece desde a conexão com a rede até o cavalete do hidrômetro, reduzindo a possibilidade de surgimento de novos vazamentos. Essa ação é de longo prazo e atua nas causas dos problemas, na qualidade dos materiais e nos serviços.

Nesse contexto a Sabesp, Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, uma empresa de economia mista, é responsável pelo saneamento básico da maior parte da população do Estado. Neste trabalho foi escolhida uma Unidade de Negócio dessa empresa para conferir seus principais indicadores e ações, com o contexto teórico, e outras concessionárias de saneamento básico.

As principais ações testadas no estudo de caso quanto às perdas reais (físicas) foram:

- redução de tempo médio de reparo;
- frequência de duas vezes por ano na pesquisa de vazamentos não visíveis;
- instalação de válvulas redutoras de pressão;

- implantação de obras de ressetorização.

Em relação às perdas aparentes (não físicas), as ações testadas foram às seguintes:

- troca de hidrômetros de pequeno porte (menor que 3,0 m³/h);
- troca de hidrômetros de grande porte (maior que 3,0 m³/h);
- combate às fraudes e ligações inativas.

Seguindo o padrão mundial, a avaliação do estudo de caso deu-se por meio do balanço hídrico e de indicadores de desempenho para acompanhamento das ações técnicas, operacionais e de desempenho padronizados pela I.W. A, International Water Association.

No caso da matriz do balanço hídrico, se bem utilizada, torna-se uma ferramenta eficaz para o planejamento dos investimentos.

Quanto aos indicadores de performance foram utilizados principalmente:

- os que medem a parcela perdida de forma porcentual;
- os que dividem a perda por ligação de forma diária;
- os que relacionam o nível de vazamentos com problemas relacionados à infra - estrutura.

2 - OBJETIVOS

A escassez dos recursos hídricos, especialmente na Região Metropolitana de São Paulo, conduz-nos à reflexão de como garantir o abastecimento de água na região mais populosa do Brasil. Há a possibilidade de viabilizar novos mananciais para o abastecimento da população, mas com custos altos tanto financeiros como ambientais, ou a oportunidade de implementar um programa estruturalmente adequado para a redução de perdas de água, tornando os sistemas de distribuição mais eficientes. A postergação nos investimentos em novos mananciais de água é um dos produtos alcançados com a redução de perdas.

A proposta deste trabalho é caracterizar os conceitos relacionados a perdas de água, indicadores e ações por meio de revisão bibliográfica; avaliar o estudo de caso dentro do contexto teórico obtido; testar indicadores e ações defendidas pelos principais autores, e analisar resultados acumulados no período de dez anos.

2.1. Objetivos específicos

Mostrar o impacto da redução de pressão sobre as perdas reais de água por meio da análise dos volumes disponibilizados nos setores de abastecimento contidos no estudo de caso contemplado, com maior cobertura de rede controlada com válvulas redutoras de pressão.

Indicar qual foi o reflexo nos volumes captados nos mananciais de abastecimento no estudo de caso selecionado.

3 - REVISÃO DA LITERATURA

3.1- Disponibilidade hídrica

O Brasil, detentor de umas das maiores reservas de água doce do mundo com cerca de 13% da água doce do planeta, tem em seu seio problemas com a disponibilidade de recursos hídricos. Estima-se que o desperdício de água no Brasil possa chegar a 45% do volume ofertado à população, o que representa cerca de 3,78 bilhões de metros cúbicos de água. (LIMA, 2001). Por ser um país continental, algumas regiões brasileiras como o Sul e o Sudeste, já sofrem com condições críticas de abastecimento. (MOTTA, 2010).

O Estado de São Paulo tem disponibilidade, segundo Barth (2002), de um pouco mais de 2.900 mil m³/hab./ano posicionando-se, nesse caso, numa situação de equilíbrio.

Por outro lado, grande parte da população fica concentrada na Região Metropolitana de São Paulo que, com quase 50% da população do estado, tem menos de 4% de toda a água disponível no Estado de São Paulo. Dessa forma a região pertence a uma zona crítica com menos água que regiões como os estados da Paraíba e de Pernambuco, os mais críticos do país.

Segundo a Sabesp (2009), calcula-se que a disponibilidade de água na metrópole é de 165 mil litros anuais por habitante, incluindo a água captada do Sistema Cantareira. A Organização das Nações Unidas - ONU considera a disponibilidade mínima de 1,5 milhões de litros ao ano por habitante (ESCOBAR, 2008). Esse pensamento fez com que as instituições se empenhassem na tarefa de garantir a preservação dos recursos hídricos (ABRANCHES, 2009)

Não se podem desconsiderar o fato da contaminação dos mananciais, a impermeabilização do solo, a canalização dos corpos d'água, além da explosão demográfica nas regiões metropolitanas. Dessa forma os mananciais dessas regiões não têm sustentabilidade. (MOTTA, 2010). Essa circunstância obrigou as concessionárias públicas de abastecimento de água a captar água cada vez mais distante.

A Região Metropolitana de São Paulo abrange uma área de 8.051 km² e encontra-se quase toda inserida na Bacia do Alto Tietê, com mais de 19 milhões de habitantes distribuídos por

39 municípios. Destes municípios, 29 são atendidos pelo Sistema Integrado de Abastecimento, sendo 23 municípios operados diretamente pela Sabesp. Os demais são atendidos por Sistemas Isolados.

O Sistema Integrado de Abastecimento compreende um complexo de oito estações de tratamento de água (E.T.A.), tendo sido projetado de forma a abranger a área metropolitana conturbada e interligar os principais Sistemas Produtores da região.

O Sistema Cantareira, o principal responsável pelo abastecimento da Grande São Paulo, é composto por quatro reservatórios (dentro das bacias Piracicaba, Capivari, Jundiaí - PCJ) interligados por um sistema de canais e túneis; é responsável pelo abastecimento de grande parte da Capital e dos municípios como Francisco Morato, parte de Guarulhos, Osasco, entre outros, totalizando uma população de 8,8 milhões de pessoas.

3.1.1- Renovação da Outorga do Sistema produtor Cantareira

Desde a década de 1960, os mananciais da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê utilizados para consumo humano não atendiam à demanda crescente da Região Metropolitana de São Paulo, RMSP, que estava em acelerada busca pela gestão descentralizada do Sistema Cantareira. Desde a construção do sistema existia um conflito latente entre as regiões do Alto Tietê, na RMSP, e o PCJ pelo fato de as represas terem sido construídas sem a necessária discussão e consentimento da população da bacia.

As discussões em 2004 em função da renovação da outorga para captação das águas do Sistema Cantareira foram intensas.

Segundo Castellano e Barbi (2006), a questão da captação de água do Sistema Cantareira e a discussão da renovação da outorga à Sabesp desenvolveram-se de forma crítica e como uma oportunidade para superar problemas quanto à utilização da água daquele manancial.

A Sabesp operou o sistema, desde 1974, ligada à Secretaria Estadual de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento – SERHS-SP, com outorga de direito de uso concedida até agosto de 2004. Sempre se garantiam os 31 metros cúbicos por segundo para a RMSP e o restante possível para as bacias PCJ.

Dessa forma o momento da renovação era propício para discussão quanto a uma forma mais adequada de distribuir a água entre as bacias e a gestão compartilhada dos recursos. A Agência Nacional de Águas, ANA, a Secretaria de Recursos Hídricos, Energia e Saneamento e o Departamento de Água e Energia Elétrica, DAEE, também participaram das negociações, na qualidade de instituições com importantes atribuições de gestão de recursos hídricos, em nível federal e estadual. Essas instituições elaboraram estudos técnicos e exerceram o papel de mediação.

O Termo de Outorga (Portaria DAEE n. 1213, de 06 de agosto de 2004) foi emitido com a concordância de todos os interessados, garantindo direitos de alocação da água para as Bacias do PCJ e para o abastecimento da RMSP, por meio de regras bem definidas de operação do Sistema Cantareira. Em seu artigo 7º, declara que as vazões serão determinadas pela Sabesp e pelos Comitês PCJ. Segundo a ANA, o abastecimento de 31 metros cúbicos por segundo para São Paulo e de 5 metros cúbicos por segundo para as bacias PCJ poderá ser atendido durante 95% do tempo. Com a nova outorga, a gestão passou a ser descentralizada.

O banco de águas também foi aprovado. Isso quer dizer que, caso a Sabesp e os Comitês PCJ resolvam não utilizar as vazões acordadas para cada mês, estes volumes ficarão armazenados nos reservatórios para futura utilização.

A concessão anterior era de 30 anos, agora é de 10 anos, podendo ser revisada a qualquer momento. Outro produto das negociações e articulações entre a Sabesp e os Comitês PCJ é o Termo de Compromisso da Outorga. Nele, prevê-se que a Sabesp tem que encontrar outras fontes de abastecimento para a RMSP, procurando diminuir a dependência do Sistema, além de providenciar o tratamento de esgotos urbanos, o controle de perdas reais nos sistemas de abastecimento de água e ações que contribuam para a recarga do lençol freático.

3.1.2 - Programa Metropolitano de Água

De fato, a RMSP tem problemas na limitação dos seus sistemas produtores, a tabela 01 demonstra o limite de capacidade de tratamento.

Tabela 1- Sistemas produtores da Região Metropolitana de São Paulo

Sistema Produtor	ETA	Disponibilidade Hídrica (m³/s)	Capacidade Nominal (m³/s)	Produção Média (m³/s)
Cantareira	Guaraú	31,3	33,0	32,29
Guarapiranga	ABV – Alto da Boa Vista	16,0	14,0	13,80
Alto Tietê	Taiacupeba	12,2	10,0	9,69
Rio Grande	Rio Grande	4,8	4,5	4,73
Rio Claro	Casa Grande	4,0	4,0	3,79
Alto Cotia	Alto Cotia	1,1	1,2	1,05
Baixo Cotia	Baixo Cotia	0,8	0,9	0,84
Ribeirão da Estiva	Ribeirão da Estiva	0,1	0,1	0,09
Total		70,3	67,7	66,28

Fonte: SABESP, 2007

No Programa Metropolitano de Água, P.M.A, já existem estudos demonstrando a necessidade de ampliar a disponibilidade de água para a região. Na figura 1 é indicada a projeção de aumento da demanda e as possíveis origens de aporte ao sistema de água.

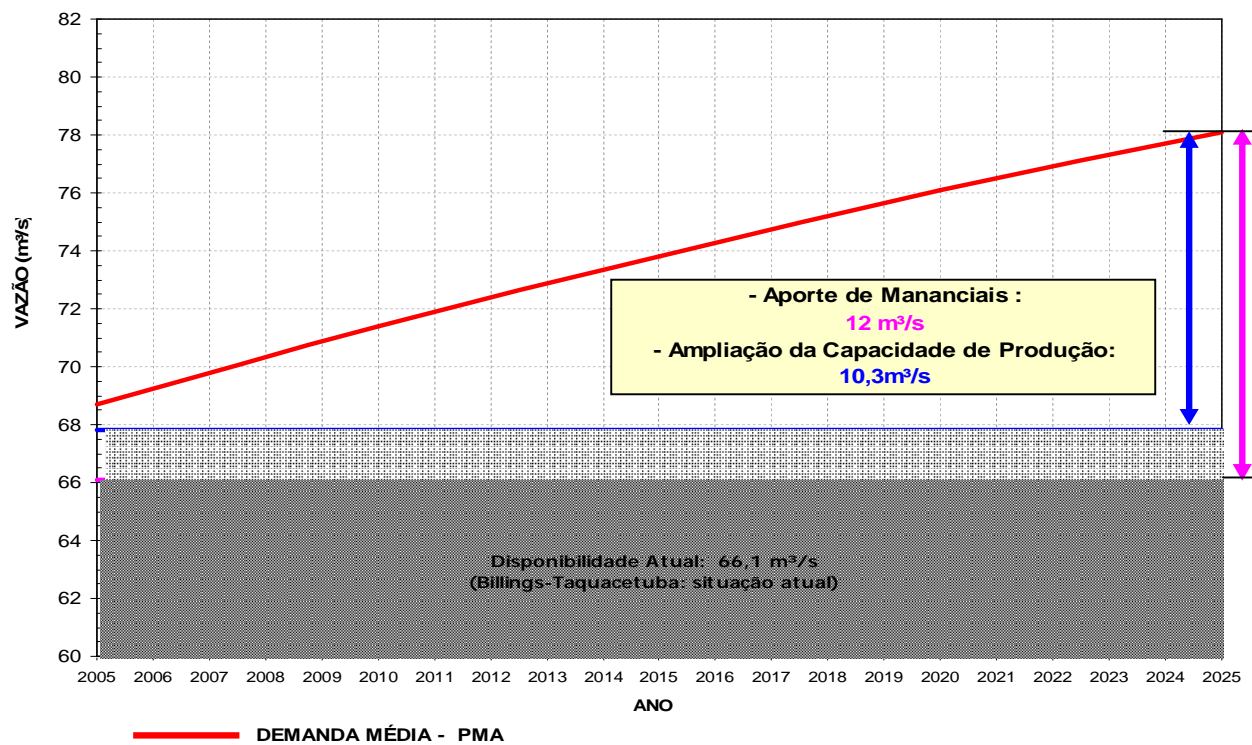


Figura 1- Ampliação da oferta de água para R.M.S. P

Fonte: SABESP, 2007.

A solução compreende, desde o melhor aproveitamento de alguns mananciais existentes, interligação entre outros, e implantação de novo manancial, como é caso da proposta de implantação de captação no Sistema Alto Juquiá contido no Plano Diretor de Abastecimento de Água da RMSP, P.D.D.A. A figura 02 indica as possibilidades e a capacidade de ampliação.

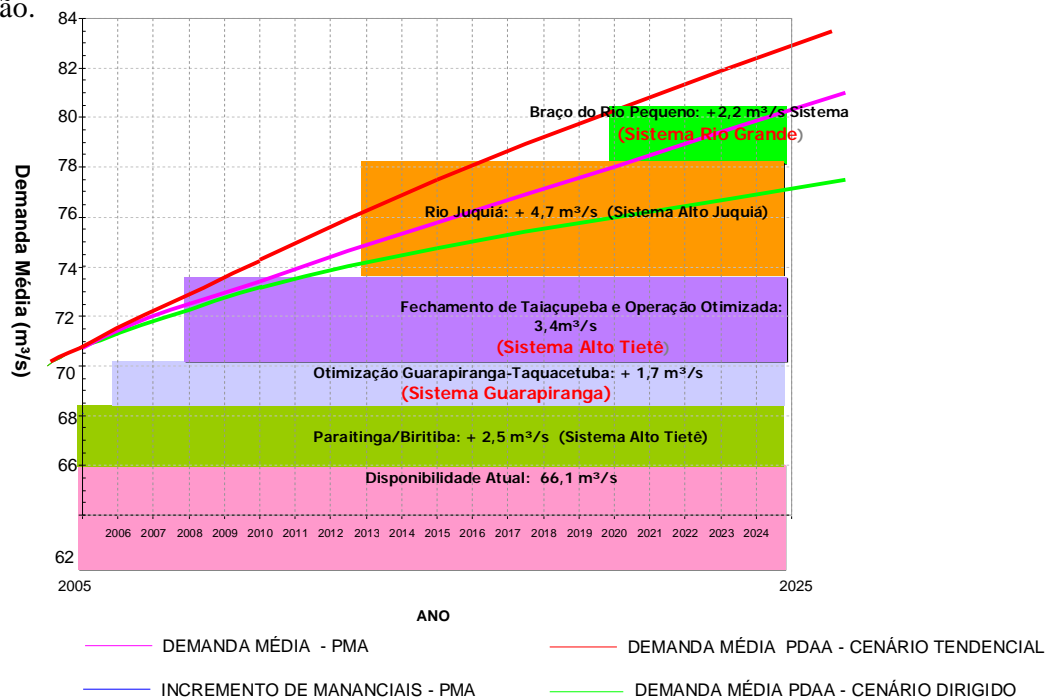


Figura 2- Cenário de demanda e incremento de mananciais

Fonte: SABESP, 2007

Obras desse porte podem levar anos em função de demandas ambientais e dos altos custos para implantação. No caso das obras propostas para RMSP, envolvendo produção, adução e entrega, o custo pode chegar a quase 1,35 bilhão de Reais Na figura 3 pode-se verificar o custo separado por sistema produtor.

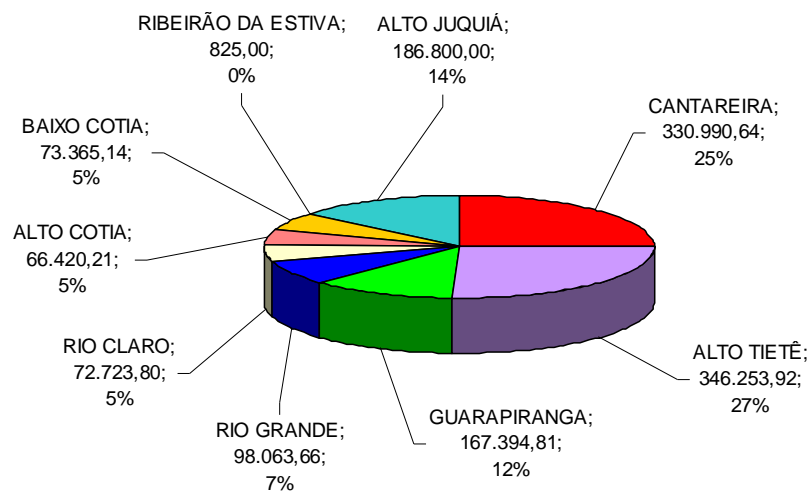


Figura 3- Distribuição de recursos por sistema produtor em milhões de Reais

Fonte: SABESP, 2007.

Na figura 4, verificam-se as intervenções e a implantação do novo manancial.

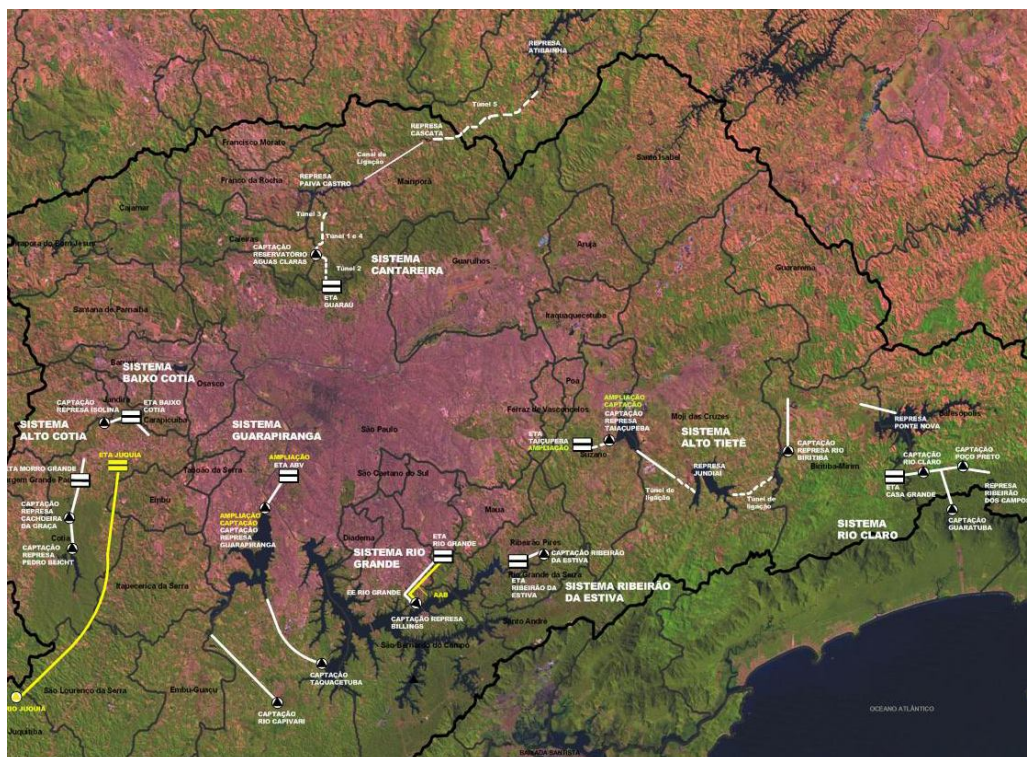


Figura 4- Sistemas produtores da Grande São Paulo

Fonte: ANA, 2010.

3.1.3 – Demanda na Macrometrópole Paulista

As metrópoles próximas à capital paulista estão crescendo fortemente, o que eleva a discussão quanto ao uso dos recursos naturais. Já se denomina Macrometrópole Paulista, a região que engloba as Regiões Metropolitanas de São Paulo, Campinas, Baixada Santista, Vale do Paraíba e regiões de Sorocaba e do eixo Piracicaba-Limeira.

Em estudo feito pela ANA (2010), a macrometrópole precisa de investimentos de R\$ 4, 036 bilhões até 2015 em sistemas de captação de água para garantir o abastecimento até 2025. A região que começou a ser chamada de macrometrópole tem 180 municípios e abriga 30 milhões de habitantes, ou 75% da população do Estado. Também responde por 83% do Produto Interno Bruto estadual, ou 28% do nacional. A região possui complexidade e nível de interdependência para que as soluções possam ser integradas e diferenciadas. Segundo a ANA, 2008, estudo publicado no Atlas das Regiões Metropolitanas, todas as regiões da Macrometrópole Paulista dependem das mesmas fontes hídricas e não há solução sem que acordos sejam feitos entre todos os setores.

O conjunto de alternativas e propostas para o pleno atendimento das demandas nos municípios da Grande São Paulo até 2025 incluem: reforço do Sistema Alto Tietê, com aumento de 5,9 m³/s pelo enchimento e operação dos reservatórios Paraitinga e Biritiba-Mirim (finalizados); aumento do bombeamento para o reservatório Biritiba (9,0 m³/s); fechamento do reservatório Taiaçupeba; aumento de 1,7 m³/s no Sistema Guarapiranga, pela adequação do sistema de bombeamento do braço do Taquacetuba (represa Billings), garantindo a transferência de 4 m³/s e otimização operacional; Implantação de captação no rio Juquiá (Sistema São Lourenço) com aumento de 4,7 m³/s, no município de Juquitiba.

Estas intervenções pressupõem, também, um amplo conjunto de melhorias e ampliações em diversas unidades dos sistemas produtores correspondentes. A partir de 2025, as demandas deverão ser atendidas mediante suprimentos hídricos de aproveitamentos de maior porte e/ou considerados de maior complexidade, propostos pela Sabesp ou constantes dos demais estudos regionais.

Para a abrangência de toda a macrometrópole será preciso ainda investir na reversão do Jaguari (Bacia do Paraíba do Sul) para o Sistema Cantareira; nos aproveitamentos dos Rios

Jaguari, Camanducaia e Pirapitingui, nas Bacias do Piracicaba-Capivari-Jundiá; nos aproveitamentos do Rio Juquiá (Alto ou Baixo Juquiá), na Ribeira do Iguape e litoral sul; na reversão da Represa de Jurumirim para a do Alto Paranapanema; nos aproveitamentos da Bacia do Rio Sorocaba/Sarapuí; e, na proteção das áreas de recarga do Aquífero Guarani, a oeste da macrometrópole.

3.2 – Conceitos de Setorização.

“Cada setor de abastecimento é definido pela área suprida por um reservatório de distribuição (apoiado, semi-enterrado ou enterrado), destinado a regularizar as variações de adução e de distribuição e condicionar as pressões na rede de distribuição” (BRASIL, 1998).

Outras formas de abastecimento podem ser adotadas, mas nem sempre são adequadas, normalmente aumentam a possibilidade de problemas de abastecimento e também perdas de águas.

O setor deve ser dividido em zonas de pressão, nas quais as pressões estáticas e dinâmicas deverão estar nos limites pré-fixados na Norma Técnica ABNT¹ 12218/1994, variando de 10 a 50 mca², e, quando justificado tecnicamente, poderá haver exceções.

Os setores de abastecimento devem ser concebidos visando à menor pressão média, reduzindo as possibilidades de vazamentos, principal componente das perdas reais, conforme indicado na figura 5.

¹ ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

² A unidade de pressão deve ser de acordo com o sistema internacional, nesse caso a unidade de pressão é o pascal (Pa). Na UN Norte, adota-se o m.c.a que representa a medida metro de coluna de água, normalmente usada pelos técnicos da Sabesp em seus serviços e relatórios.

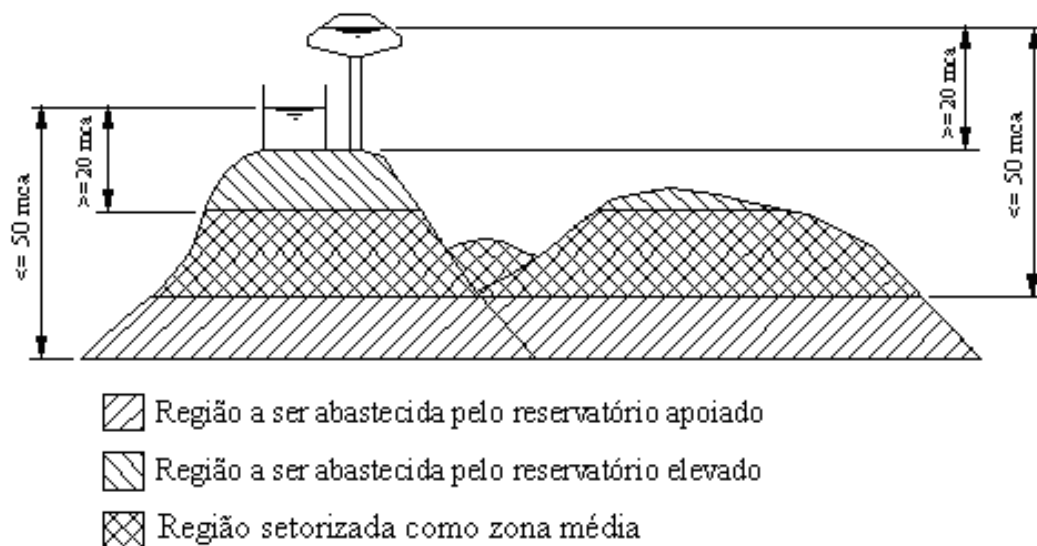


Figura 5- Esquema de Setorização

Fonte: BRASIL, 1998

Em função dos altos custos dos terrenos e da manutenção desses sistemas, algumas indicações podem ser feitas, como por exemplo: reduzir o número de registros limítrofes, redes com grandes diâmetros não devem ter conexões para melhor distribuição da água no sistema.

O material das redes de distribuição deve obedecer aos critérios técnicos e estudos que levem em conta a longevidade e as pressões a que serão submetidas.

3.3 – Perdas de água.

Do ponto de vista operacional, entende-se por perdas de água os volumes não contabilizados, incluindo-se as perdas reais, água que não chega a ser consumida, e as perdas aparentes, que se pode considerar a água consumida não contabilizada.

Perdas Reais correspondem ao volume de água produzido que não chega ao consumidor final, devido à ocorrência de vazamentos nas adutoras, redes de distribuição e reservatórios setoriais.

Segundo (Lambert, 1999), em função da falta de padronização sobre a nomenclatura e a terminologia de perdas, a I.W. A, em 1996, reuniu mais de 40 especialistas em todo o mundo, chamando-a de Task Force (Força-tarefa) para rever toda a metodologia internacional. No ano de 2000 foi publicada a terminologia padrão, no The Blues Pages. (Páginas Azuis). Nessa publicação verificam-se os indicadores de desempenho de perdas, entre os principais temos:

- Perda Medida em porcentagem: %;
- Perda Media em litros por ligação de água por dia: l/lig x dia.

De acordo com a nova nomenclatura, a anteriormente denominada perda física passou a se chamar Perda Real.

Perdas aparentes correspondem ao volume de água consumido, mas não contabilizado pela companhia de saneamento, decorrente de erros de medição nos hidrômetros e demais tipos de medidores, fraudes, ligações clandestinas, e falhas no cadastro comercial. Nesse caso, a água é efetivamente consumida, mas não é faturada (TARDELLI FILHO, 06)

Há outras formas de denominar as perdas aparentes: perdas não-físicas e perdas comerciais.

Na figura 06, são apresentadas as características principais de Perdas Reais e Perdas Aparentes.

ITEM	Características Principais	
	Perdas Reais	Perdas Aparentes
Tipo de ocorrência mais comum	<ul style="list-style-type: none"> • Vazamento 	<ul style="list-style-type: none"> • Erro de medição
Custos associados ao volume de água perdido	<ul style="list-style-type: none"> • Custos de produção da água tratada 	<ul style="list-style-type: none"> • Valor cobrado no varejo ao consumidor
Efeito no meio ambiente	<ul style="list-style-type: none"> • Desperdício de recursos naturais • Maiores impactos ambientais devido à necessidade de ampliação da exploração dos mananciais 	<ul style="list-style-type: none"> • Não é relevante
Efeito na saúde pública	<ul style="list-style-type: none"> • Riscos de contaminação 	<ul style="list-style-type: none"> • Não é relevante
Ponto de vista empresarial	<ul style="list-style-type: none"> • Perda de produto "industrializado" 	<ul style="list-style-type: none"> • Perda elevada de receita
Ponto de vista do consumidor	<ul style="list-style-type: none"> • Imagem negativa da empresa, associada ao desperdício e ineficiência 	<ul style="list-style-type: none"> • Não é uma preocupação imediata
Efeitos finais no consumidor	<ul style="list-style-type: none"> • Repasse de custos à tarifa • Desincentivo ao uso racional da água 	<ul style="list-style-type: none"> • Repasse de custos à tarifa • Incentivo ao roubo e fraudes

Figura 6- Caracterização Geral das Perdas

Fonte: TARDELLI FILHO, 2006

3.3.1 – Avaliação das perdas: Balanço Hídrico

O balanço hídrico de um sistema de água é uma forma estruturada de avaliar os componentes dos fluxos e usos da água no sistema e os seus valores absolutos ou relativos.

A I.W.A propôs essa matriz onde são apresentadas as variáveis mais importantes de forma padronizada nível internacional.

A seguir e no quadro 1 serão apresentadas as definições dos componentes das perdas de água, os quais definem o Balanço Hídrico:

- Volume disponibilizado à distribuição (água que entra no sistema): volume anual de água introduzido na parte do sistema de abastecimento que é objeto do cálculo do Balanço Hídrico (por exemplo, a partir do volume produzido nas ETAs ou, se quiser restringir a análise apenas à distribuição, a partir do volume entregue em um ponto - reservatório setorial ou derivação de adutora - inclui "água importada");

- Volume autorizado: volume anual medido e/ou não-medido fornecido a consumidores cadastrados, à própria companhia de saneamento (usos administrativos ou operacionais) e a outros que estejam implícita ou explicitamente autorizados a fazê-lo, para usos domésticos, comerciais ou industriais - inclui "água exportada";

- Perdas de água: volume referente à diferença entre a água que entra no sistema e o volume autorizado;

- Volume autorizado faturado: volume que gera receita potencial para a companhia de saneamento, correspondente à somatória dos volumes constantes nas contas emitidas aos consumidores. Compõe-se dos volumes medidos nos hidrômetros e dos volumes estimados nos locais onde não há hidrômetros instalados;

- Volume autorizado não-faturado: volume que não gera receita para a companhia de saneamento, oriundo de usos legítimos da água no sistema de distribuição. É composto de volumes medidos (uso administrativo da própria companhia, fornecimento a caminhões-pipa com controle volumétrico) e volumes não-medidos, a estimar, tais como a água utilizada em combate a incêndios, lavagem de ruas, rega de espaços públicos, e a água empregada em algumas atividades operacionais na companhia de saneamento (ex.: lavagem de redes de água e de esgotos e lavagem de reservatórios);

- Águas faturadas: representam a parcela de água comercializada, traduzida no fornecimento de água ao consumidor;

- Águas não-faturadas: representam a diferença entre os totais anuais de água que entra no sistema e do consumo autorizado faturado. Esses volumes incorporam as perdas reais e aparentes, assim como, o consumo autorizado não faturado.

No quadro 01, temos a matriz do balanço hídrico onde se podem classificar os principais componentes para entendimento da problemática de perdas de água.

Quadro 1- Matriz do balanço hídrico

Volume Disponibilizado à Distribuição	Volume Autorizado	Volume Faturado	Volumes medidos faturados	Água Faturada
			Volumes não-medidos faturados (estimados)	
		Volume Não Faturado	Volumes medidos não-faturados (usos próprios, caminhão-pipa etc.).	Água Não-Faturada
			Volumes não-medidos, não-faturados (corpo de bombeiros, favelas etc.).	
	Perda de Água	Perda Aparente (Não Física)	Volumes não-autorizados (fraudes e falhas de cadastro)	
			Imprecisão dos medidores (hidrômetros)	
		Perda Real (Física)	Vazamentos nas adutoras e/ou redes de distribuição	
			Vazamentos nos ramais prediais até o hidrômetro	
			Vazamentos e extravasamentos nos aquedutos e reservatórios de distribuição	

Fonte: ALEGRE et AL, 2006

O cálculo do Balanço Hídrico requer medições ou estimativas criteriosas em cada ponto de controle definido no sistema. O período de avaliação geralmente é de 12 meses, o que representa uma média anual dos componentes absorvendo os sazonalismos. A correta utilização do balanço hídrico permite indicar os principais problemas e sua avaliação permite o emprego adequado dos investimentos.

3.3.2 – Indicador percentual de perdas.

Os indicadores percentuais de perdas de água são organizados em três categorias: básicos, intermediários e avançados, como detalhado no documento técnico de apoio do PNCDA:

- Básico: água não contabilizada e água não faturada, não há possibilidade de separação de perdas reais;

- Intermediário: separação entre perdas reais relacionadas às condições operacionais e as perdas não físicas;

- Avançado: indicadores e fatores de ponderação relativos às diferenças de pressão na rede. (BRASIL, 2004)

Entre as diferentes abordagens sobre indicadores de perdas, questiona-se a utilização de indicadores percentuais de perdas como únicas ou privilegiadas, referenciais de eficiências no uso da água. As perdas reais originam-se de vazamentos no sistema, envolvendo a captação, a adução de água bruta, o tratamento, a reservação, a adução de água tratada e a distribuição, além de procedimentos operacionais como lavagem de filtros e descargas na rede, quando estes provocam consumo superior ao necessário para a operação. (ENOPS, 2001)

Como estamos estudando uma unidade da Sabesp caracterizada pela distribuição da água, as perdas no processo de adução e tratamento não são contabilizadas dentro dos indicadores.

Em termos de comparabilidade, é mais comum o emprego do uso indicador percentual, apesar de não ser o mais recomendado.

O indicador mais adequado para comparação é o que está relacionado ao volume perdido com o número de ligação: litros/ligação*dia. (TARDELLI FILHO, 2006).

A figura 7 classifica os indicadores de perdas das principais prestadoras de serviços de saneamento básico no Brasil.

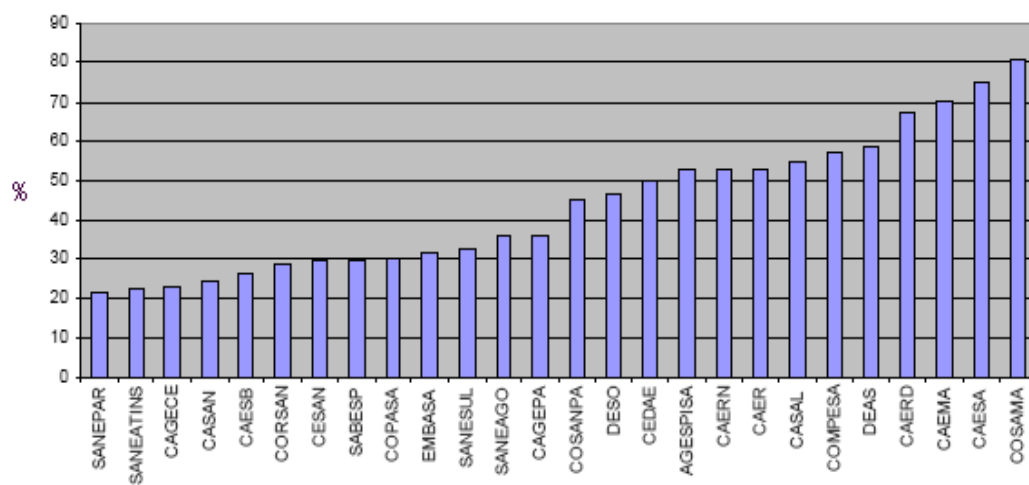


Figura 7- Indicador de perdas de faturamento em empresas estaduais

Fonte: SNIS³, 2009

³ SNIS: Serviço Nacional de informações sobre Saneamento Básico.

A figura 8 apresenta o mapa com os patamares de indicadores de perdas no Brasil

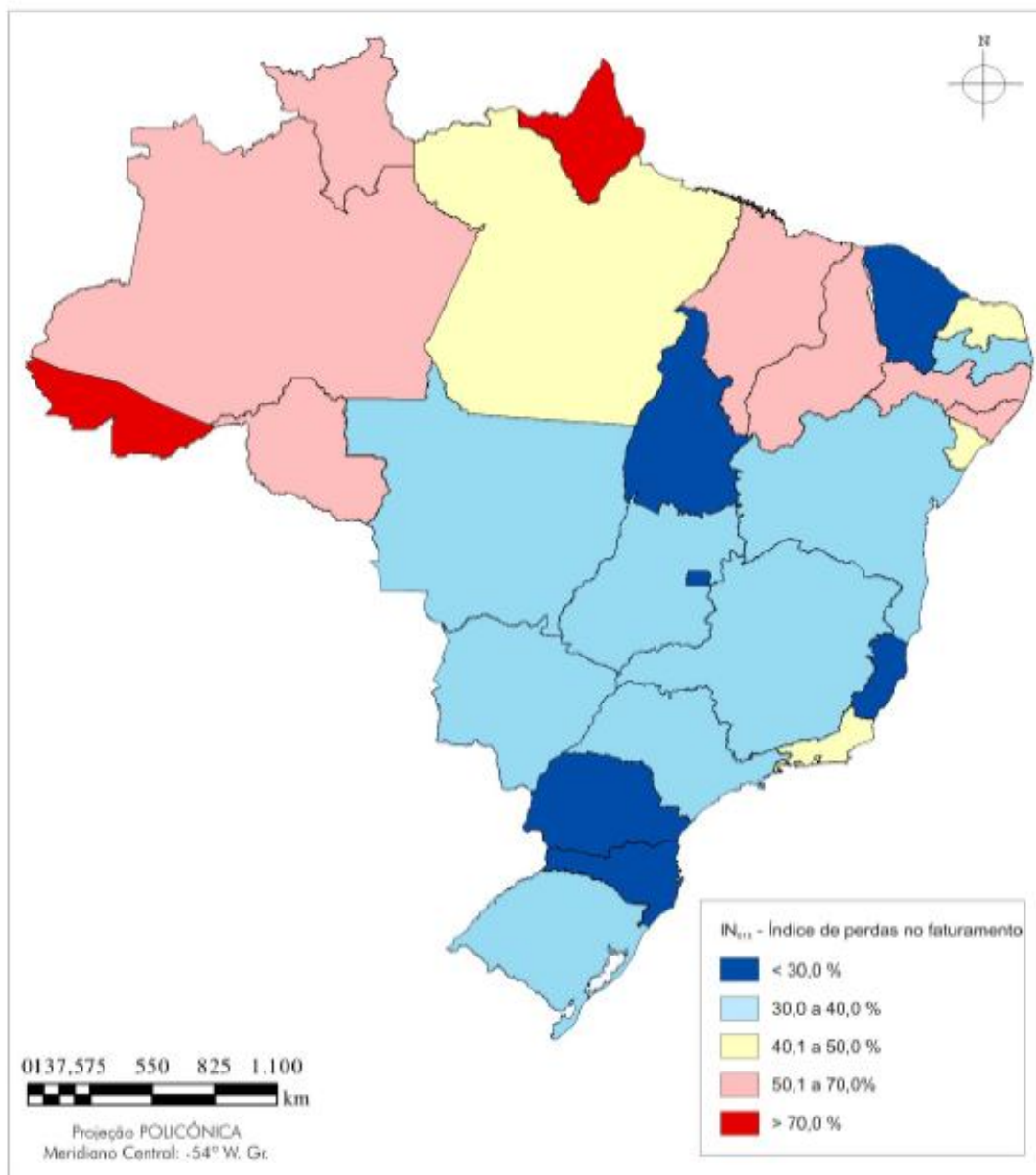


Figura 8- Mapa com indicador de perdas de faturamento nos estados brasileiros

Fonte: SNIS, 2009

Ao pesquisar os principais países do mundo, percebe-se uma grande variedade nos patamares de indicadores de perdas conforme tabela 2:

Tabela 2- Indicadores de perdas totais em diferentes países do mundo

Local	IPF (%) ⁴	IP (L/LIG*DIA) ⁵	I.L. I ⁶
Alemanha	7 a 16%	-	-
Armênia	50%	-	-
Brasil	37%	-	-
Cingapura	8%	-	-
Croácia	30 a 60%	-	-
Dinamarca	16%	-	-
Eslováquia	27%	-	-
Espanha	24 a 34%	-	-
Finlândia	15%	-	-
Hungria	30 a 40%	-	-
Indonésia	40%	430	31
Irlanda	34%	-	-
Reino Unido	-	243	-
República Checa	20 a 30%	-	-
Slovênia	40%	-	-
Sri Lanka	46%	519	39
Vietnã	42%	866	79

Fonte: WATERLOSS2010, 2010

Nas principais cidades do mundo também se percebe uma grande variedade nos patamares de indicadores de perdas, conforme tabela 3:

⁴ IPF (%) – Índice de perdas de faturamento.

⁵ IP (L/LIG*DIA) – Índice de perdas de ligação.

⁶ ILI – Infrastructure Leakage Index - relaciona vazamentos com problemas relacionados à infraestrutura.

Tabela 3- Indicadores de perdas totais em diferentes cidades no mundo.

Local	IPF (%)	IP (L/LIG*Dia)	I.L. I
Brasilândia, DF- Brasil	40%	-	9,5
Brasília, DF-Brasil	24%	330	-
Chonburi, Tailândia	46%	-	-
Dulban – África		788	8,6
Gabarone, Botswana	20%	-	-
Harare, Zimbábue	30%	-	-
Hong Kong-China	35%	-	-
Jacarta – Indonésia	50%	-	-
La Barra y José Inácio – Uruguay		137	-
Luanda, Angola	60%	-	-
Macau – China	12%	-	-
Madrid – Espanha	26%	343	-
Manilla – Filipinas		2018	-
Maseru, Lesotho	32%	-	-
Paris, França	30%	-	-
Pelling Jaya, Malasia	36%	-	-
Porto – Portugal	30%	-	-
Porto Alegre, RS-Brasil	24%	-	-
São Paulo- Brasil	28,7%	469	-
Selangor, Kuala Lumpur		814	18,87
Sofia, Bulgária	40%	-	-
Teerã-Irã	32%	-	-
Xangai – China	20%	-	-

Fonte: WATERLOSS2010, 2010

Muitos problemas quanto a perdas de água têm origem nas fases de projeto e construção do sistema de abastecimento de água, devendo ser tomadas medidas preventivas anteriores à operação. Algumas medidas que podem ser tomadas:

- conceber o sistema de abastecimento levando em conta o controle operacional - instalar adequadamente as tubulações, equipamentos e dispositivos utilizados;
- possibilitar ao sistema fornecer instrumentos de controle operacional (medidores e outros);

- fornecer cadastro técnico de todas as instalações - a execução de testes pré-operacionais de ajuste do sistema. (ENOPS, 2001)

As experiências mais bem sucedidas têm demonstrado que há necessidade de planejamento e ação ao longo de vários anos.

A figura 9 demonstra exemplos de redução de perdas desde 1950 em cidades onde os indicadores traduzem o melhor patamar de eficiência operacional.

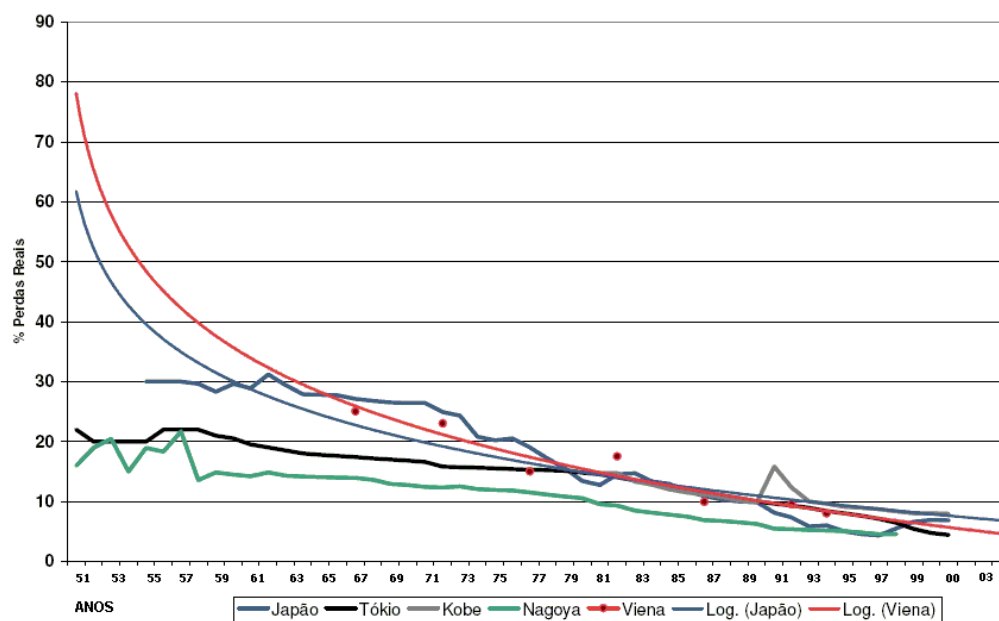


Figura 9- Indicador de perdas reais no período de 50 anos em cidades referências

Fonte: SABESP, 2009

No Japão esse trabalho resultou numa contínua redução de perdas apesar dos terremotos que continuamente representam um risco à infra-estrutura existente.

Na figura 10, demonstra-se a evolução dos indicadores nas cidades japonesas.

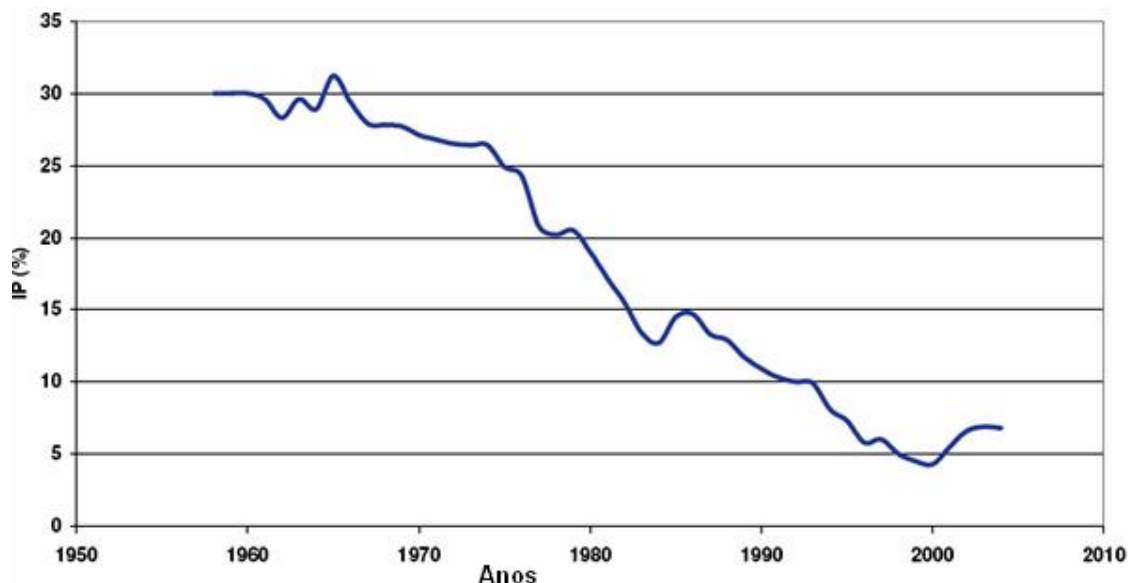


Figura 10- Curva de evolução do índice de perdas médio das cidades do Japão.

Fonte: SABESP, 2009

O tratamento das perdas de água deve ser preventivo em todas as fases de concepção de um sistema de abastecimento de água e deve ter caráter permanente para não haver a perda de controle e a falta de investimentos pode ser fatal, colocando em risco todo o montante investido anteriormente, trazendo resultados apenas temporários. (BRASIL, 1998).

Considerado estratégico, o programa de perdas tem detalhado diretrizes e recomendações para que passo a passo os indicadores melhorem sustentavelmente. Temos a Sabesp que formulou a seguinte metodologia para o desenvolvimento do trabalho:

- a. Consideração especial às questões do fechamento dos setores/sub-setores e da estanqueidade dos registros limítrofes, que deverão exigir um trabalho integrado com as áreas de Manobra (operação) e Serviços (manutenção);
- b. Manutenção sistemática em todos os registros da rede de distribuição, para que funcionem quando solicitados e reduzam a área de intervenção (corte do fornecimento de água a uma zona específica) ao mínimo possível;

- c. Análise crítica e proposição sistemática de revisão de procedimentos operacionais ligados à questão de perdas;
- d. Acompanhamento nos aspectos da qualidade dos serviços realizados e dos materiais empregados;
- e. Envolvimento das áreas de Engenharia, até onde for institucionalmente possível, na questão do desenvolvimento, especificação, compra e inspeção de materiais e novos equipamentos;
- f. Nova visão na questão dos tempos para o reparo de vazamentos, separando as metas e as logísticas definidas para o reparo de cavaletes e para o reparo de redes e ramais;
- g. Avanços mais significativos nos ensaios para a avaliação das Perdas Reais, com base nos novos conceitos passados pela IWA e pelo Consultor Alan Lambert e Thornton em 2002;
- h. Ações sistematizadas na manutenção e regulagem das VRPs e “boosters”;
- i. Ampliação da utilização de registradores acústicos de ruídos para a otimização do Controle Ativo de Vazamentos;
- j. Troca otimizada de hidrômetros de pequena e de grande capacidade, bem como aplicação de novas tecnologias de medição e gerenciamento de volumes (hidrômetro com visor inclinado, telemetria, Classe D e outros.);
- k. Simplificação da apuração dos volumes micromedidos/faturados, utilizando diretamente os valores nos sistemas corporativos; as análises de consistência dos dados serão feitas apenas em caráter indicativo;

- l. Abordagem diferente na consideração da macromedição na composição das perdas: efetuar os ajustes necessários nos valores macromedidos e, a partir daí, definir a matriz do Balanço Hídrico;
- m. Implantação de modelagem e sistemas de supervisão telemetrizada nos setores, que levem em conta, além da questão da melhoria do abastecimento, a gestão das perdas reais;
- n. Estreitamento dos entendimentos com as áreas de Abastecimento/Engenharia e Planejamento para a formulação de um Programa com definição das tubulações, a remanejar ou a reabilitar, técnicas adequadas e respectivos custos;
- o. Priorização para as ações de troca de ramais;
- p. Desenvolvimento da aplicação de redes e ramais de Polietileno com juntas soldadas, com vistas à melhoria da qualidade da infraestrutura e à redução de vazamentos (especialmente os inerentes);
- q. Realização de testes hidrostáticos para recebimento de redes novas (procedimentos);
- r. Introdução do Registro de Falhas nos serviços de manutenção de redes, de forma a contribuir para a realização de diagnósticos mais fundamentados para a melhoria contínua dos materiais e processos operacionais;
- s. Elaboração de novos estudos de perfil das perdas, em bases mais consistentes e atualizadas tecnicamente, que efetivamente constituam em ferramentas para diagnóstico e direcionamento das ações;
- t. Inserção de ações voltadas ao treinamento (SENAI⁷, IPT⁸) e certificação (no que couber) da mão de obra envolvida no Programa, tanto interna quanto contratada;

⁷ SENAI – Serviço Nacional da Indústria.

⁸ IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas

- u. Definição de banco de custos médios das ações do Programa e acompanhamento sistemático dos custos/desembolsos do Programa;
- v. Determinação do índice econômico de perdas para MN e para cada município, diferenciado em Perdas Reais e Perdas Aparentes;
- w. Divulgação sistemática dos resultados, ações, manuais, procedimentos e eventos ligados ao Programa de Perdas, bem como elaboração de material de divulgação e treinamento com o objetivo de atingir os profissionais de nível técnico e operacional.”

Fonte: SABESP, 2009

3.3.3 - Perdas Reais

Tecnicamente pode se identificar as perdas reais utilizando a análise de histogramas (registros contínuos) de consumos das vazões macro medidas, levando em consideração a demanda noturna estabilizada durante a madrugada e, abatendo a demanda contínua de grandes empresas, hospitais e outros, obtendo como resultado a vazão perdida em vazamentos na rede ou em ramais prediais, transformando em um indicador em porcentagem. (ENOPS, 2001)

Não estão consideradas as perdas ocasionadas na adução (água bruta e tratada) e na fase de tratamento. Foi mencionado, a partir da reservação, onde se tem macromedidor e o sistema de distribuição propriamente dito. No quadro 2, estão separadas as perdas reais pela origem e magnitude.

Quadro 2- Perdas Reais por subsistema: origem e magnitude

SUBSISTEMA	ORIGEM	MAGNITUDE
(1) Adução de Água Bruta	Vazamentos Limpeza do poço de sucção*	Variável, função do estado das tubulações e da eficiência operacional
(2) Tratamento	Vazamentos estruturais Lavagem de filtros**, Descarga de lodo*	Significativa, função do estado das instalações e da eficiência operacional
(3) Reservação	Vazamentos estruturais Extravasamentos, Limpeza*	Variável, função do estado das instalações e da eficiência operacional
(4) Adução de Água Tratada	Vazamentos nas tubulações Limpeza do poço de sucção* Descargas	Variável, função do estado das tubulações e da eficiência operacional
(5) Distribuição	Vazamentos na rede Vazamentos em ramais Descargas	Significativa, função do estado das tubulações e principalmente das pressões

* Considera-se perdido apenas o volume excedente ao necessário à Operação.

Fonte: BRASIL, 1998

No trabalho será aprofundada a questão das perdas no subsistema de distribuição de água (5) onde a pressão e os vazamentos são os elementos a serem estudados com mais detalhes.

As questões das perdas reais em reservação (3) podem ter origem em procedimentos operacionais, por exemplo, na limpeza programada de reservatórios; em operações inadequadas, provocando extravasamentos; ou, ainda, em deficiências estruturais da obra, como trincas ou impermeabilização mal-feita.

No caso de extravasamentos, a introdução de alarmes ou controle automático de níveis e vazões pode corrigir esse problema operacional.

No caso de deficiências estruturais, a correção do problema passa pela avaliação econômica e de retorno do investimento. É importante ressaltar que os problemas estruturais devem ser avaliados por especialistas que atestem a estabilidade da obra. (BRASIL, 1998)

A magnitude das perdas em reservatórios é variável, em função do estado das instalações e da eficiência operacional, mas, em geral, tem pouca importância no contexto geral do sistema. No entanto, sob o aspecto de recuperação de perdas, não se deve menosprezá-las, devendo-se ter a perspectiva de que se trata de um trabalho permanente, no qual os resultados positivos são frutos da somatória de pequenos sucessos. (BRASIL, 1998)

As perdas no sistema de distribuição são decorrentes de vazamentos na rede de distribuição e nos ramais prediais e de descargas. As perdas reais que ocorrem nas redes de distribuição, incluindo os ramais prediais, são muitas vezes elevadas, mas estão dispersas, fazendo com que as ações corretivas sejam complexas, onerosas e de retorno duvidoso, se não forem realizadas com critérios e controles técnicos rígidos. Nesse sentido, é necessário que operações de controle de perdas sejam precedidas por criteriosa análise técnica e econômica.

Nesse caso também, se encaixam as perdas decorrentes de descargas para melhoria da qualidade da água ou esvaziamento da tubulação para reparos. A magnitude das perdas será tanto mais significativa quanto pior for o estado das tubulações, principalmente nos casos de pressões elevadas. As experiências de técnicos do ramo indicam que a maior quantidade de

ocorrências de vazamentos está nos ramais prediais. Em termos de volume perdido, a maior parte é nas tubulações da rede distribuidora. (TARDELLI FILHO, 2006)

Verifica-se na figura 11, onde estão as principais ocorrências no sistema de distribuição de água.

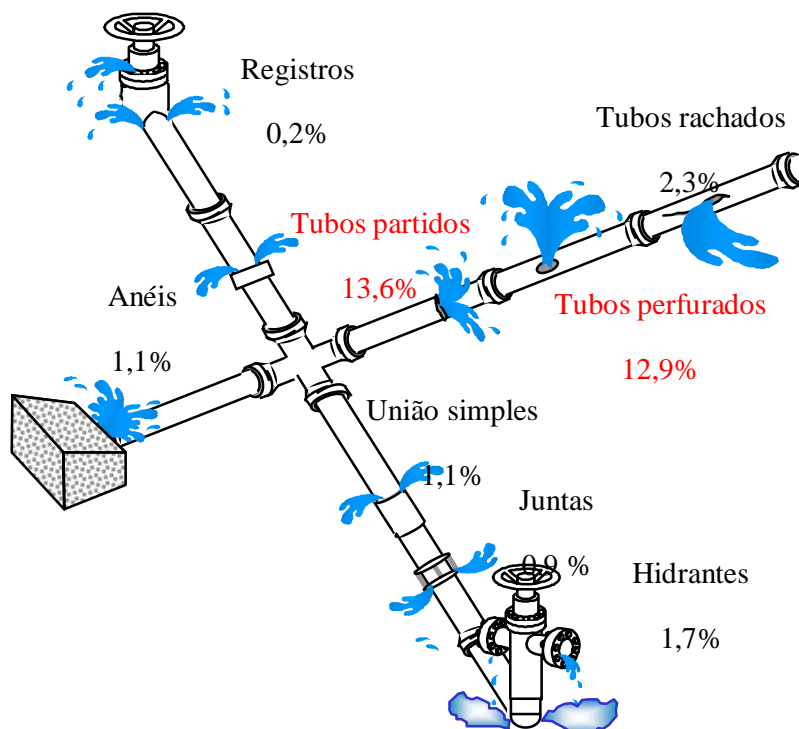


Figura 11- Pontos freqüentes de vazamentos em redes de distribuição

Fonte: BRASIL, 1998

O uso de materiais adequados, associados à execução da obra com pessoal treinado e equipado com ferramentas compatíveis com os materiais utilizados, incluindo a realização de testes de estanqueidade, são pré-requisitos para a existência de baixos níveis de perdas.

Experiências em novas redes de distribuição executadas em loteamentos na cidade de Bragança Paulista, recebidas posteriormente pela Sabesp, comprovaram que empreendedores procuram economizar na instalação de redes de forma inadequada e material de baixo nível. Para eliminar o problema na causa, o ideal é a fiscalização durante o período da execução das

obras e, no processo de recebimento das instalações, a realização de testes de estanqueidade no sistema de distribuição. (SABESP, 2001)

Ressalte-se que geralmente o recebimento de obras em novos loteamentos é feito sem que tenha havido fiscalização durante a construção. Tal fato decorre da cultura de parte do setor privado em executar obras, simultaneamente à fase de elaboração e aprovação do projeto, e há casos em que o projeto simplesmente inexistente. Esse fato, com certeza, repete-se em todo o país, onde novas redes são recebidas consciente ou inconscientemente pelos prestadores de serviços, com altos níveis de perdas. A solução para esse círculo vicioso é adotar maior rigor na aprovação de projetos, e no controle e fiscalização durante a fase de execução da obra, estabelecendo critérios e procedimentos para recebimento de redes, incluindo testes de estanqueidade. (BRASIL, 1998). Na figura 12 detalham-se os principais pontos de falhas nos ramais:

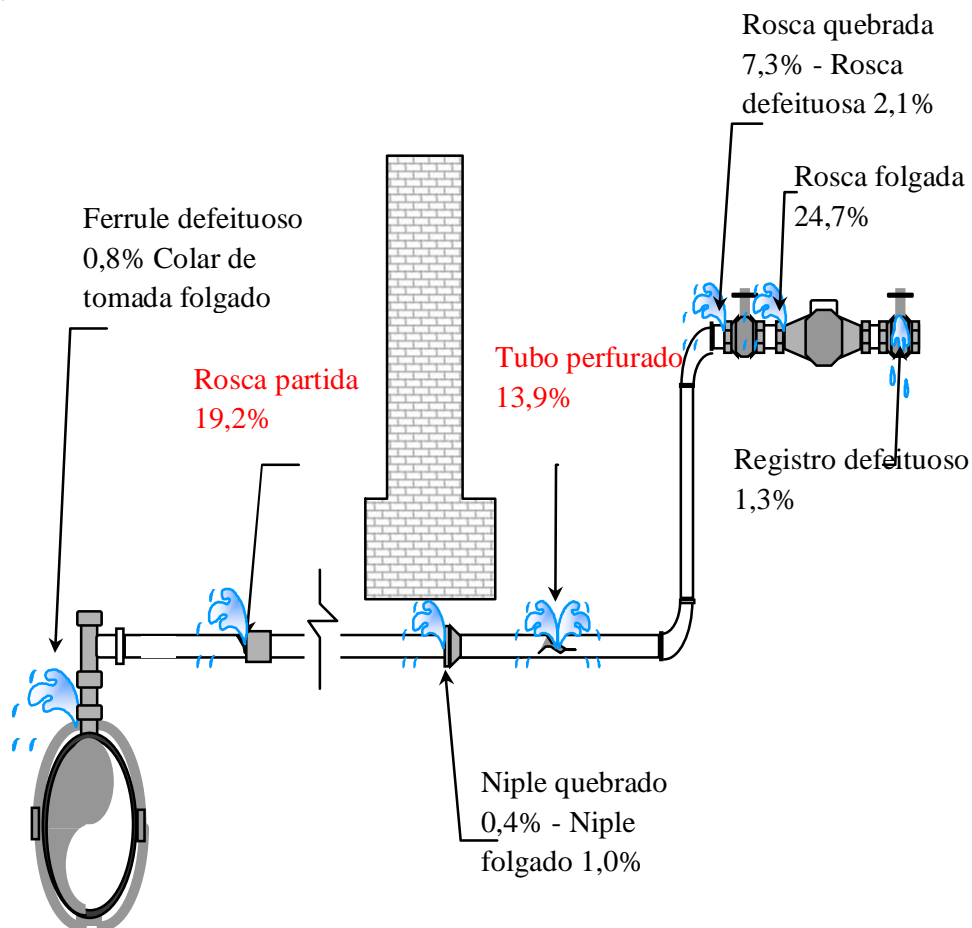


Figura 12 - Pontos freqüentes de vazamentos em ramais

Fonte: BRASIL, 1998.

3.3.4 – Redução de perdas reais em função do controle da pressão

Para os sistemas já implantados, os aspectos considerados a seguir apontam para a priorização da redução de pressão na rede de distribuição. As perdas por vazamentos na rede de distribuição podem ser decorrentes de falhas construtivas, defeitos em peças especiais e conexões, rupturas, materiais inadequados entre outros. (BRASIL, 1998)

Para tubos metálicos em geral, a vazão perdida (Q) é uma função proporcional à raiz quadrada da carga hidráulica (H), ou seja, $Q = f(H^{1/2})$ (ALEGRE, 2006)

Dessa forma, especial atenção deve ser dada ao controle de cargas hidráulicas na rede, pois sua simples redução leva a substancial diminuição nas perdas nos vazamentos existentes, além de restringir o risco de novas rupturas. (BRASIL, 1998)

A tabela 4 ilustra as reduções de perdas que podem ser conseguidas por intermédio de diferentes percentuais de redução de cargas na rede de distribuição.

Tabela 4- Redução de Perdas Reais por Redução de Pressão onde $Q = f(H^{1/2})$ *

Redução da carga (%)	Redução da perda (%)
20	10
30	16
40	23
50	29
60	37

*Para tubos de ferro fundido ou aço.

Fonte: BRASIL, 1998

Exemplificando, a instalação de uma válvula redutora de pressão, dimensionada para reduzir as cargas em 60% (por exemplo, de 100 mca para 40 mca), em um setor com perdas reais

conhecidas de 50%, acarretará uma redução de 37% nas perdas existentes, as quais passarão de 50% para 31,5%, com uma redução efetiva de 18,5%. Portanto, é possível quantificar previamente as reduções de perdas esperadas por meio de reduções de pressões e, com isso, avaliar economicamente o retorno dos investimentos a realizar para atingir os objetivos. No caso de tubos plásticos, estudos estrangeiros recentes têm apontado para uma redução ainda maior das perdas em função da diminuição de pressão. Admite-se, segundo técnicos do setor, uma correlação linear entre pressão e vazamento, em virtude da reincidência de material. (ENOPS, 2001)

3.4 - Classificações das perdas reais

As perdas reais, em sentido amplo, podem ser classificadas em perdas operacionais e vazamentos. Não se considera perda operacional, nesse caso, o uso necessário de água para desinfecção e teste de estanqueidade de rede. As perdas são associadas às vazões excedentes ao uso útil, inclusive operacional.

3.4.1 - Perdas operacionais

As perdas operacionais, como o próprio nome diz, são associadas à operação do sistema. Estas podem estar disfarçadas sob a forma de usos úteis no processo produtivo (como água de lavagem de filtros) e nos procedimentos operacionais (como descargas para melhoria da qualidade da água em redes, e água usada para limpeza de reservatórios), ou mostrarem-se na forma de falhas evidentes (como extravasamento de reservatórios).

A importância dessas perdas é que podem ser significativas em termos volumétricos, e sua redução, em alguns casos, envolve apenas mudanças de procedimentos e melhorias operacionais com pequenos ou nenhum investimento. (BRASIL, 1998)

A implementação de melhorias na operação e do controle operacional, associada ao treinamento de pessoal, à instalação de alarmes ou à automação, podem reduzir sensivelmente as perdas.

Deve-se lembrar, ainda, que, de modo geral, não existem manuais com regras e procedimentos operacionais claramente definidos nos serviços de saneamento. Em geral, os procedimentos são empíricos e subjetivos, e a responsabilidade da operação do sistema recai sobre poucas pessoas, com grande experiência no serviço.

Mesmo onde há procedimentos estabelecidos, por escrito ou não, nem sempre há o devido treinamento do pessoal de campo, necessário para que se pratique o que foi planejado. Pode-se dizer, por exemplo, que muitos rompimentos que ocorrem na adução e distribuição de água tratada de um serviço de saneamento são decorrentes de falhas operacionais dos próprios funcionários dos setores de operação e manutenção. (ENOPS, 2001)

Manobras inadequadas são comuns, como o fechamento ou abertura de válvulas sem controle de tempo, o enchimento ou esvaziamento de redes e adutoras sem controle de velocidades, etc.

Estudos de simulação com modelos matemáticos disponíveis podem e devem ser mais explorados e utilizados pelos prestadores de serviços para definição de regras e procedimentos operacionais, em situações normais de escoamento ou em casos de transientes. A ausência de um cadastro confiável não justifica a não utilização desse recurso adicional. (BRASIL, 1998) De nada adianta, no entanto, realizar esses estudos sem a participação da operação e sem o treinamento necessário. (BRASIL, 1998)

Em que pesem todas essas deficiências apontadas, há que se valorizar o pessoal da operação, que recebe as redes e estruturas geralmente sem nenhuma recomendação ou relatório com procedimentos operacionais. São pessoas de grande sensibilidade e capacidade, que geralmente acabam descobrindo, na prática, o que fazer e como operar. Os projetos, mesmo no nível dos subsistemas de adução, carecem de simulações da operação em condições normais e em transientes, incorporando regras e recomendações ao operador, em linguagem acessível. Essa barreira entre o plano e projeto e a operação precisa ser vencida a qualquer

custo, por meio do estreitamento do relacionamento entre as áreas e do treinamento de pessoal, sem o que a eficiência operacional do prestador de serviços ficará sempre limitada. (BRASIL, 1998).

3.4.2 - Perdas por vazamentos

As perdas por vazamentos são decorrentes de rupturas em adutoras, sub-adutoras, redes e ramais prediais, falhas em conexões e peças especiais, trincas nas estruturas e falhas na impermeabilização das ETA e reservatórios.

No caso de vazamentos por rupturas em adutoras, a instalação de ventosas, cuidados operacionais e manutenção preventiva, podem reduzir o risco de acidentes, com consequente redução de perdas. (BRASIL, 1998)

3.5 - Causas das perdas reais

Como ficaram evidenciadas anteriormente, as perdas por vazamentos nas tubulações são causadas por rompimentos ou falhas que têm origens múltiplas, as mais diversas e dispersas possíveis. O quadro 3 apresenta as causas prováveis de falhas e rupturas nas tubulações em função da fase de desenvolvimento do sistema de abastecimento baseado em estudos descritos em documento técnico de apoio do Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água da Secretaria Nacional de Política Urbana:

Quadro 3 – Causas Prováveis de Falhas e Rupturas em Tubulações

FASE DA FALHA	CAUSA DA FALHA	CAUSA DA RUPTURA
Planejamento e Projeto	Subdimensionamento	Sobrepessão
	Ausência de ventosas	Subpessão
	Cálculos transientes	Sub e Sobrepessão
	Regras de operação	Sub e Sobrepessão
	Setorização	Sobrepessão
	Treinamento	Sub e Sobrepessão
Construção	Construtivas	
	Materiais	
	Peças	
	Equipamentos	
	Treinamento	
Operação	Enchimento	Sub e sobrepessão
	Esvaziamento	Subpessão
	Manobras	Sub e sobrepessão
	Ausência de regras	Sub e sobrepessão
	Treinamento	Sub e sobrepessão
Manutenção	Sem prevenção	
	Mal- feita	
	Treinamento	
	Interação operação/usuário	
	Tempo de resposta	
Expansão	Sem projeto	Sub e sobrepessão
	Sem visão conjunta	Sub e sobrepessão

Fonte: BRASIL, 1998

3.5.1 - Planejamento e projeto

Uma obra com problemas já no planejamento, mal concebida e projeto inadequado obviamente terá problemas de desempenho durante sua vida útil. A subestimação das demandas, baseadas em projeções populacionais ou utilização de consumos *per capita* inadequados irá reduzir a vida útil do sistema. Se o inverso ocorrer, estar-se-á investindo mais recursos que o necessário, e as obras estarão superdimensionadas. O cálculo de transientes nos subsistemas de adução e a previsão de uso de ventosas são outros pontos críticos a serem considerados no dimensionamento, incluindo-se ainda, a necessidade de se instruir o operador quanto aos procedimentos operacionais, por intermédio da elaboração de manuais de operação e treinamento de recursos humanos. Ressalte-se que essa prática de desenvolver regras operacionais quando da elaboração de projetos e discuti-las com o pessoal de operação não é usual no setor, o que traz dificuldades para os operadores quando do recebimento de novos sistemas. As incorreções ou ausência de informações disponíveis nessa fase de desenvolvimento do sistema trarão como decorrência o aumento da possibilidade de ocorrerem problemas com pressão, tornando-o vulnerável a rompimentos no macro e micro sistema de distribuição, e a conseqüente perda de água. (BRASIL, 1998)

3.5.2 - Construção

Uma boa construção depende de um bom projeto, para que se obtenham os resultados esperados. A fase de construção é crítica. São milhares de conexões ou soldas, que se não executadas perfeitamente, tornam-se pontos vulneráveis de vazamentos. Na realidade, antes do início da obra, vem à fase de inspeção do material a ser utilizado na construção. A qualidade, nesse caso, é vital, e depende, desde a fase de especificação dos materiais no edital até a instalação, da inspeção do fornecedor, do transporte, e do armazenamento e manuseio adequado. O uso de ferramentas e equipamentos adequados durante a obra, além do treinamento e credenciamento de pessoal operacional, é outro aspecto ligado à qualidade e longevidade da obra. A fiscalização nesses casos fica facilitada, lembrando-se, no entanto, que não se pode prescindir nunca de testes de estanqueidade para o recebimento da obra. Deve-se lembrar, ainda que nessa fase, é realizado o cadastro da obra, no qual as alterações de

campo são incorporadas ao projeto, tratado e guardado como um patrimônio do serviço, sendo fonte segura de informações durante a vida útil da obra. (ENOPS, 2001)

3.5.3 - Operação, manutenção e expansão do sistema

Uma operação e manutenção realizadas que obtêm eficácia permitem que o sistema de abastecimento atenda satisfatoriamente ao cliente ou consumidor, reduzem o risco de rompimentos e das conseqüentes perdas, propiciando menor frequência de interrupções e desabastecimentos de água. Além disso, permitem o deslocamento de quadros do prestador de serviços para que a manutenção preventiva possa ocorrer em contraposição à manutenção tipicamente corretiva. O desenvolvimento e registro de procedimentos e manuais de operação, também são uma prática pouco comum no Setor de Saneamento, em contraposição ao que ocorre em indústrias. Esta prática traz como decorrência uma operação geralmente subjetiva e pessoal, em que as decisões são tomadas mais em função da experiência adquirida por tentativas e exercícios práticos, do que em embasamento técnico e conhecimento adquirido pelo estudo do sistema. Em função dessas características, a qualidade e o controle operacional tendem a ser nivelados por baixo, e o desenvolvimento operacional e o treinamento são relegados a segundo plano. Por outro lado, há que se reconhecer que os sistemas de abastecimento em operação são geralmente muito diferentes daqueles planejados e construídos inicialmente. (ENOPS, 2001).

O crescimento acelerado e desordenado dos núcleos urbanos, principalmente nas décadas de 70 e 80, associados muitas vezes, ao baixo nível de atendimento da população com serviços de saneamento forçou os prestadores de serviços a atenderem ao maior número de usuários possível com obras improvisadas. Com isso, os sistemas de abastecimento de água, se originalmente planejados, foram perdendo a cultura de projeto, incluindo-se aí o cadastro de redes, levaram à prevalência da improvisação e do empirismo na operação.

Pode-se dizer, novamente, que essa característica é observada em quase todos os serviços de saneamento do país, por conta dessa explosão populacional e desordem urbana. A ausência de Setorização, com múltiplas zonas de mistura, é uma das conseqüências desse processo histórico. Contudo, se tal panorama não for alterado, a tendência é que cada vez mais o Setor

de Saneamento se afastará da técnica e se apoiará no empirismo e improvisação. A reversão observada no ritmo de crescimento populacional no país nos últimos anos é um ponto relevante para que mudanças de comportamento possam ocorrer no setor. Pode-se afirmar que as obras de saneamento que foram, estão sendo e serão construídas com projetos desenvolvidos até aproximadamente o início da década de 90 estão superdimensionadas, salvo raras exceções. A vida útil das obras construídas nos últimos dez anos será, nesses termos, muito superior ao planejado. Como decorrência, os investimentos em expansões deverão ser menores, requerendo-se, contudo, aumentar a desempenho do sistema. (ENOPS, 2001)

Como muitas vezes os sistemas não são operados conforme as condições previstas nas fases de planejamento e projeto (devido a expansões e adaptações não planejadas do sistema existente, ou ainda, à inexistência de procedimentos operacionais documentados), os rompimentos e perdas reais podem ser causados por essas adaptações ou manobras inadequadas. Assim, a manutenção preventiva de adutoras, peças especiais, instalação de ventosas e o desenvolvimento de procedimentos operacionais são essenciais para reduzir rompimentos e desperdícios. Os materiais e equipamentos utilizados e os procedimentos adotados na implementação de um sistema de abastecimento estão continuamente evoluindo, do ponto de vista tecnológico. Portanto, a seleção de materiais, equipamentos, inspeção, os procedimentos construtivos, a fiscalização e o recebimento da obra têm um peso considerável sobre a qualidade do sistema e sua vida útil, devendo ser valorizados para que as perdas sejam desprezíveis em novos sistemas a implementar. Destaque-se aqui a exigência de teste hidrostático para recebimento de redes novas. A automação é outro item relevante, podendo ser implementada gradual e setorialmente, reduzindo a possibilidade de manobras e operações inadequadas praticadas pelos operadores. (BRASIL, 1998).

3.6 - Estudos sobre a Relação entre a Pressão e as Perdas por Vazamento

A diminuição das perdas reais de água através da redução das pressões de suprimento é um fenômeno conhecido há muito tempo pelas companhias de saneamento e de distribuição de água. Em 1980 foi publicado um extenso relatório sobre Controle de Pressão como parte da Nacional Leakage Initiative - Inglaterra, que se tornou uma referência tradicional da relação entre pressão e vazamento. Trata-se do “National Water Council Standing Committee Report

Nº 26, July 1980”, que será referenciado neste texto como Relatório 26. Em Outubro de 1994, ele foi complementado pela publicação da WRC - Water Research Center “Managing Water Pressure “(Report G)”.

O citado Relatório 26 descreve os resultados de diversas experiências de Controle de Pressão efetuadas, e apresentam uma curva empírica da relação entre pressão média noturna de um subsetor (AZNP⁹ - Average Zone Night Pressure) e o I.L.I.

A equação da curva do gráfico é a seguinte:

$$I.L.I = 0.5 AZNP + 0.0042 (AZNP)^2$$

O efeito da pressão é o fator decisivo para a ocorrência do vazamento, pois naturalmente outras ocorrências colaboram para a fadiga da infraestrutura. Na figura 13, pode-se verificar que o aumento da pressão aproxima a rede da fratura.

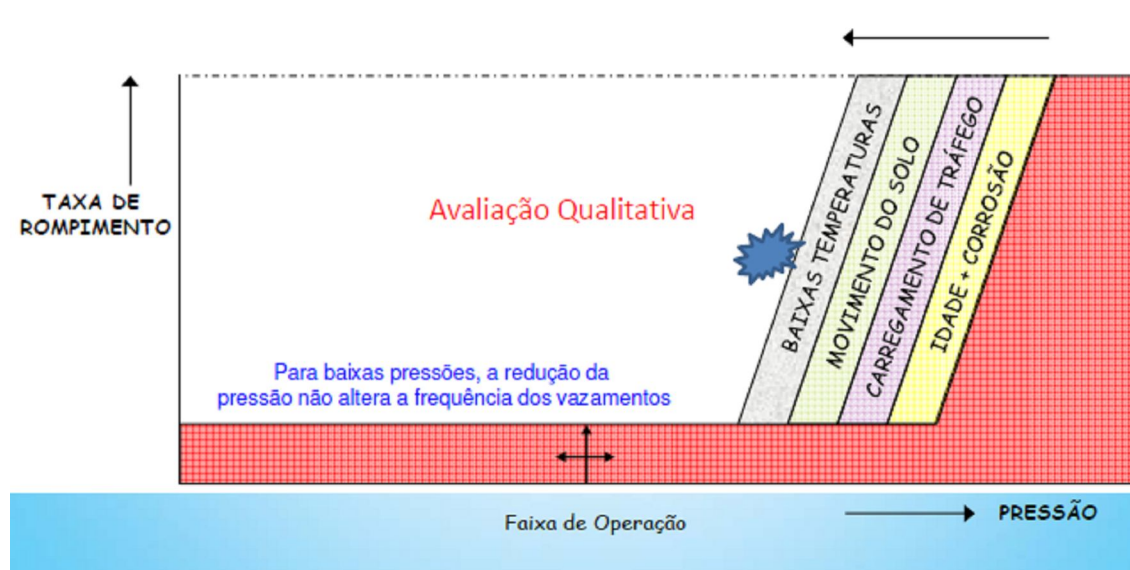


Figura 13- Contribuições para o aumento da taxa de rompimento

Fonte: THORNTON, 2007

A relação mostrada na equação acima foi obtida de experimentos feitos por diversas companhias de água na Inglaterra. As áreas foram selecionadas localmente pelas organizações participantes, os vazamentos visíveis foram reparados e o valor inicial de vazamento foi

⁹ AZNP – Average Zone Night Pressure – Pressão média noturna do setor.

medido pelo método de mínima vazão noturna antes de reduzir a pressão. As pressões foram reduzidas passo a passo e novos níveis de vazamentos foram obtidos. A medição de vazamento foi definida como a total vazão noturna líquida, obtida pela mínima vazão noturna medida menos o consumo medido/estimado nos grandes consumidores noturnos. Não foram considerados usos noturnos de consumidores de residências. A pressão noturna média da região foi definida como uma média aritmética ponderada da mais alta e mais baixa pressão manométrica, quando necessário, para levar em consideração a topografia e a disposição dos consumidores. (WATER INDUSTRY MANAGING LEAKAGE, 1994)

A curva da pressão média noturna da região em relação à vazão noturna líquida foi levantada e sua equação foi estabelecida. As vazões foram transformadas em índice de vazamento com valores entre 0 e 100 pela fatoração dos coeficientes da equação.

Isso deu ao eixo y uma faixa conveniente de números correspondentes a uma faixa realística de pressões noturnas. Esta relação é usada para prever um novo índice de vazamento comparado ao original pela mudança relativa na média vazão noturna. A relação do novo índice de vazamento para o índice original de vazamento é uma fração da vazão noturna líquida original, que vai se tornar a nova vazão noturna líquida prevista. Essa relação é exemplificada na figura 14:

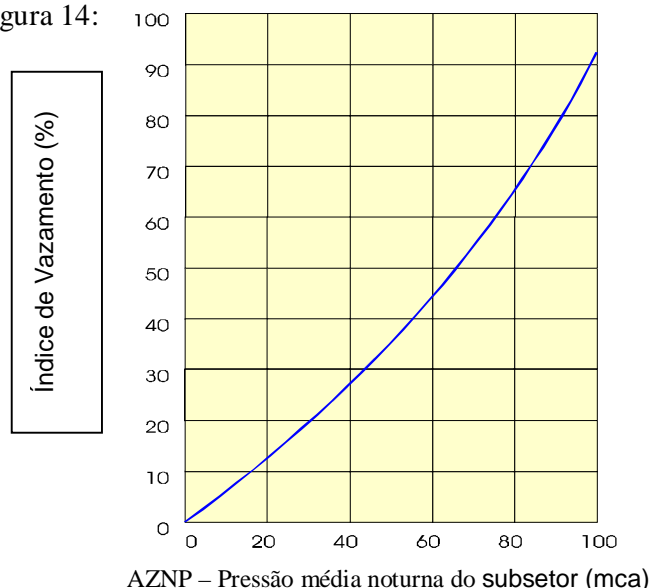


Figura 14- Relação entre a pressão média noturna e índice de vazamentos

Fonte: WATER INDUSTRY MANAGING LEAKAGE, 1994

Onde Y é o índice de vazamentos e X é a pressão média noturna do setor.

O que se infere imediatamente a partir desta curva é que, por ser uma função exponencial, há um abaixamento, pequeno que seja da pressão, que corresponde a uma redução bastante significativa do índice de vazamentos, conforme figura 15:

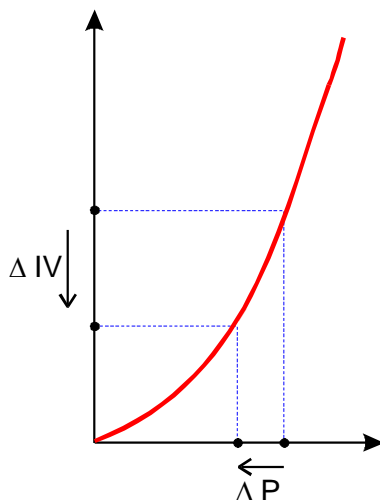


Figura 15- Função exponencial pressão x índice de vazamentos

Fonte: WATER INDUSTRY MANAGING LEAKAGE, 1994

A vazão noturna líquida é usualmente relacionada com o número de ligações, de tal forma que o valor resultante expresso em litros/ligação/hora pode ser utilizado para comparação nos programas de controle de perdas. A vazão noturna pode também ser relacionada com o comprimento das tubulações ou com uma combinação de números de ligações e comprimento de tubulação.

Posteriormente foram realizados estudos de modo a atualizar a curva do Relatório 26 (Water Authorities Association, 80) e tornar mais precisa a estimativa de diminuição ou aumento das vazões noturnas com a pressão. Foi considerado o tipo de material que pode repercutir na forma que o vazamento se apresenta, em áreas fixas ou variáveis na tubulação e na divisão dos componentes dos vazamentos como inerentes, identificáveis e visíveis, por exemplo. Como resultado, foi apresentado um conjunto de curvas que possibilita uma estimativa com

ampla transparência da variação das vazões noturnas com a variação de pressão. (LAMBERT, 94). Um exemplo de área fixa, através da qual se processa o vazamento, é um furo proveniente de corrosão localizada, num tubo de ferro fundido ou aço, que não varia de dimensão/área independente da pressão. Exemplo de área variável seria uma trinca num tubo (PVC ou metálico), que tende a progredir e aumentar a área, através da qual se processa o vazamento. O mesmo caso de área variável seria um vazamento através do anel de borracha, usado na ligação entre tubos de ferro fundido.

Comumente os dois tipos de vazamentos existem na maioria dos sistemas de distribuição, sendo possível existir casos extremos onde existem vazamentos só através de áreas fixas ou vazamentos só através de áreas variáveis. (ENOPS, 2001).

3.7 - Índices de Vazamento

“O índice de vazamento é relacionado com a vazão noturna. A vazão noturna líquida é definida como a mínima vazão noturna menos os usos não residenciais medidos e estimados. É importante estimar todos os usos não residenciais e ter certeza que os números usados sejam coerentes.” (WATER AUTHORITIES ASSOCIATION, 1980)

3.7.1 - Controle de vazamentos

De acordo com o documento técnico de apoio do Programa Nacional de Combate ao Desperdício, o controle ativo de vazamentos se opõe ao controle passivo, que é, basicamente, a atividade de reparar os vazamentos apenas quando se tornam visíveis.

Quando um usuário liga para a concessionária de água para informar sobre um vazamento na rua, temos o controle de vazamento passivo, essa ocorrência deve ser solucionada rapidamente. (TOMAZ, 2009)

A pesquisa de vazamentos não visíveis, logo não informadas pelo cliente, é realizada de forma preventiva e planejada usando recursos como equipamentos e profissionais capacitados e é uma forma de controle ativo de vazamentos. (TOMAZ, 2009)

A metodologia mais utilizada no controle ativo de vazamentos é a varredura no sistema de distribuição, realizada por meio da escuta dos vazamentos (geofones mecânicos ou eletrônicos e correlacionadores). Essa atividade reduz o tempo de vazamento, ou seja, quanto maior for a frequência da pesquisa, maior será a taxa de vazão anual recuperada. Uma análise de custo-benefício pode definir a melhor frequência de pesquisa a ser realizada em cada área. Desde o conhecimento da existência de um vazamento, o tempo gasto para sua efetiva localização e seu estancamento é um ponto chave do gerenciamento de perdas reais. Entretanto é importante assegurar que o reparo seja bem realizado. Uma qualidade ruim do serviço irá fazer com que haja uma reincidência do vazamento horas ou dias após a repressurização da rede de distribuição. (BRASIL, 1998)

Para a realização destas pesquisas de vazamentos não-visíveis, a mão de obra deve ser especializada, independente do tipo de equipe a realizar o serviço: a própria (SABESP) ou terceirizada (contrato de prestação de serviço). Para atender a esta necessidade, a SABESP desenvolveu parcerias visando a criar, um programa de Qualificação e Certificação para profissionais de Detecção de Vazamentos Não-Visíveis, buscando:

- Padronização de procedimentos;
- Estabelecimento da melhor prática como padrão;
- Melhoria do desempenho dos serviços;
- Melhoria do relacionamento com o cliente;
- Valorização da atividade e do profissional.

Além da criação do Programa, também foi estruturado um Centro de Treinamento para aplicação dos exames práticos, situado na SABESP da Rua Sumidouro/ Pinheiros.

Seguem os principais conceitos envolvidos no Programa de Qualificação e Certificação:

- Treinamento: curso teórico e prático com carga horária definida de acordo com normas da entidade certificadora;

- Certificação: testemunho formal de uma Qualificação através da emissão de um Certificado;
- Exame de Certificação: atividade de comprovação da Qualificação de um indivíduo para fins de Certificação;
- Qualificação: características e habilidades, comprovadas segundo procedimentos escritos e com resultados documentados, que permitem a um indivíduo exercer determinadas tarefas;
- Centro de Qualificação: órgão ou dependência de uma empresa ou instituição, capacitado para aplicar exames de qualificação a candidatos à certificação em Ensaios Não-Destrutivos, reconhecido como tal pelo Conselho de Certificação. (SABESP, 2009). O quadro 4, destaca o tipo de pesquisa de vazamentos, sua aplicação e características.

Quadro 4 - Pesquisa de vazamentos baseada em sistema de medição

Tipo	Aplicação	Características
Pesquisa baseada em sistema de medição	A operadora possui setorização, macro e micromedição, podendo compatibilizar o volume de água que esta entrando no setor, bem como o que está sendo consumido. A partir do conhecimento das perdas nos setores, pode-se otimizar o controle de perdas.	Possibilita a pesquisa em setores identificados com grandes perdas no sistema, visto que o tempo e recursos não são desperdiçados em pesquisas com trechos de redes em boas condições.
		Esta metodologia não anula as técnicas não baseadas em medição, pelo contrário, devem ser feitas em conjunto, agregando mais fatores de decisão e análise da área para os trabalhos de pesquisa de vazamentos.

Fonte: TARDELLI FILHO, 2006.

As varreduras de rede independem de medições, apenas a tornam menos assertiva. O quadro 05 indica as possibilidades de detecção de vazamento sem medições prévias.

Quadro 5 - Pesquisa de vazamentos de rede sem medições prévias.

Tipo	Aplicação	Características
Varredura da rede	Sistemas de cidades de pequeno porte, que não dispõem de informações mais específicas nem de sistemas de medição adequado	A pesquisa não é precedida de qualquer tipo de análise das condições da rede é simplesmente realizada uma pesquisa acústica em todo o sistema Não é uma metodologia eficiente, uma vez que desperdiça tempo e recursos com pesquisas em trechos de redes que estão em bom estado.
Pesquisa não baseada em medição	Operadoras que não possuem hidrômetros, setorização e macromedidores com a finalidade de definir áreas críticas para a pesquisa e localização das perdas por vazamentos não visíveis nas redes de distribuição	Realização de levantamento e mapeamento dos setores da rede de distribuição, levando em conta as seguintes características: - setor com grande incidência de Ordens de Serviços relativos a reparos de vazamento; - pressões altas (mapear setores por faixa de pressão: até 30 mca., até 50 e acima de 50 mca); - redes antigas (mapear rede pela idade, nas faixas: até 10 anos, 11 a 20, 21 a 30 e acima de 30 anos); - materiais de qualidade duvidosa; - setor com ramais prediais em ferro galvanizado ou de PVC com mais de 10 anos; - adutoras, subadutoras, redes ou ramais assentados sobre berços inadequados; - solos de má qualidade provocando recalque devido á força

Fonte: TSUTYA, 2006

Quanto à forma de aparecerem os vazamentos podem ser visíveis, aqueles que surgem na superfície do solo. Mas grandes partes das ocorrências são não visíveis, não chegam a aflorar na superfície do asfalto. Essa é a parte que a engenharia entra com tecnologia e serviços para identificá-las o mais rapidamente possível. O quadro 06 apresenta a forma que os vazamentos se apresentam.

Quadro 6 - Vazamentos não visíveis e visíveis

Item	Vazamentos visíveis	Vazamentos não visíveis
Comportamento dos vazamentos	Água dos grandes vazamentos tende a aflorar à superfície.	Pequenos vazamentos tendem a permanecer subterrâneos.
Solo	Quando o solo é argiloso, os vazamentos tendem a aflorar.	Quando o solo é arenoso ou pedregulhoso, os vazamentos tendem a permanecer subterrâneos.
Pavimento e esgoto	Vazamentos tendem a aflorar à superfície nas áreas com pouca pavimentação e sem sistemas de esgoto.	Vazamentos tendem a se tornar subterrâneos em locais pavimentados e com sistema de esgoto próprio.
Vazamento	Vazamentos visíveis ocorrem com frequência. Porém, o volume total vazado é pequeno porque eles são detectados e reparados rapidamente.	Normalmente os vazamentos são em número menor que os visíveis, mas o volume vazado é grande porque demora-se mais para descobri-los.
Prejuízos	Arriamento das ruas, erosão, inundação de residências: prejuízos diretos.	Arriamento das ruas, danos nas fundações das casas, pouca pressão, contaminação da água e outros. Prejuízos econômicos indiretos advindos das perdas.

Fonte: SABESP, 2009

Em relação às características dos vazamentos, temos o vazamento inerente que também é não visível, seu ruído não é detectável, pois tem baixa vazão, mas que pode ter longa duração. Sua eliminação ocorre na medida em que se torna detectável ou em casos de renovação da infraestrutura.

A questão vazamentos não impacta apenas na questão operacional, afeta também a imagem da empresa, por isso a agilidade no reparo faz toda a diferença na percepção do cliente. A figura 16 mostra o esquema da tratativa desde o contato via telefone até a solução com o reparo do vazamento.

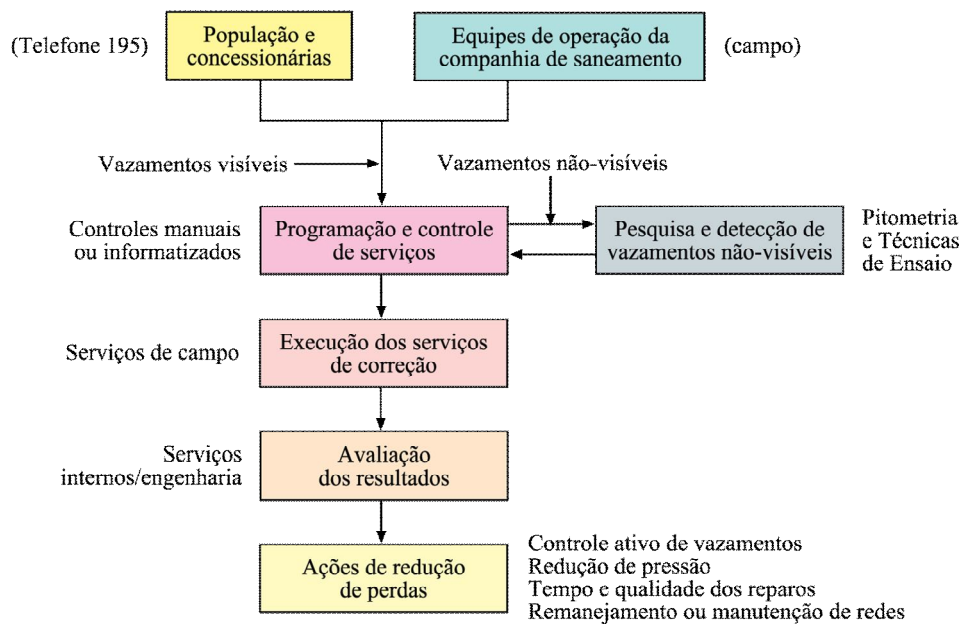


Figura 16- Fluxograma para solução corretiva de vazamentos.

Fonte: ABENDE, 2003.

No quadro 7 pode-se identificar as opções para o tratamento dos vazamentos em função dos prazos:

Quadro 7- Prazos Indicativos das Opções de Gerenciamento de Vazamentos

GERENCIAMENTO DE VAZAMENTOS:	Prazo	Ações
POLÍTICA DE REPARO DE VAZAMENTOS	CURTO PRAZO	REDUZIR O TEMPO MÉDIO DE REPARO DE TODOS OS VAZAMENTOS GERENCIAR CARTEIRA
GERENCIAMENTO DE PRESSÃO	CURTO PRAZO	REDUZIR AS PRESSÕES
	MÉDIO PRAZO	SETORIZAÇÃO, REFINAR CONTROLE
	LONGO PRAZO	REVISAR PADRÃO
CONTROLE ATIVO DE VAZAMENTOS /INSPEÇÃO REGULAR	CURTO PRAZO	AUMENTAR FREQUENCIA
	MÉDIO PRAZO	MELHOR TECNOLOGIA
CONTROLE ATIVO DE VAZAMENTOS /DISTRITO PITOMÉTRICO/VAZÃO NOTURNA	CURTO PRAZO	AUMENTAR FREQUENCIA DE COLETA
	MÉDIO PRAZO	TELEMETRIA
	LONGO PRAZO	REVISAR TAMANHO DISTRITO
MANUTENÇÃO DA INFRA-ESTRUTURA	CURTO PRAZO	QUALIDADE REPARO
	MÉDIO PRAZO	ESPECIFICAÇÃO MANUTENÇÃO PREVENTIVA
	LONGO PRAZO	DETERMINAR ESTRATÉGIA DE SUBSTITUIÇÃO SELETIVA

Fonte: WATER AUTHORITIES ASSOCIATION, 1980 apud BRASIL, 1998

Existem vários métodos para detectar o vazamento não visível, porém o mais utilizado e econômico é a pesquisa acústica, que consiste em auscultar o ruído do vazamento, provocado

pela passagem da água pressurizada através de um furo, fenda ou defeito na tubulação ou conexão que esteja vazando. (SABESP, 2009). Outras formas de detecção de vazamentos seria por meio de observação direta, inspeção por câmara de vídeo, tecnologia com sensor térmico, fotografia de infravermelho, injeção de gás e injeção de água com corantes, entre outros (Covas, 2004). A figura 17 mostra o princípio de propagação dos ruídos gerados pelo vazamento.



Figura 17- Propagação do ruído do vazamento não visível

Fonte: SABESP, 2009

3.7.2 - Equipamentos Utilizados

A haste de escuta de ruído, também conhecida como “stick”, é um equipamento muito simples, composto de um amplificador mecânico ou eletrônico, acoplado a uma barra metálica, destinado a captar ruídos de vazamentos em acessórios de rede de distribuição de água. A sua faixa de operação situa-se entre 200 a 1.500 Hertz. Detecta ruído de vazamento

com mais facilidade na faixa de 600 a 800 Hz. Tem sido muito utilizada na MN para seleção de ramais com vazamentos. (TARDELLI FILHO, 2006). Na figura 18, um colaborador demonstra o uso da haste em contato com cavalete de água.



Figura 18- Manuseio da haste de escuta.

Fonte: SABESP, 2009

A figura 19 mostra a haste de escuta, o equipamento mais simples na atividade de detecção de vazamentos.



Figura 19- Haste de escuta mecânica

Fonte: SABESP, 2009

Geofone – É um equipamento de alta sensibilidade, dotado de um sensor que capta o som produzido pelo vazamento, amplificador, sensor ou transdutor e fones de ouvido. Detecta ruído de vazamento na sua faixa de operação que se situa entre 100 e 2.700 Hz. Existe o geofone mecânico, veja na figura 20, que utiliza o princípio da estetoscopia, não apresenta filtros de ruídos e é muito mais simples do que o eletrônico e, por conseguinte, de aplicação mais restrita. (TARDELLI FILHO, 2006)

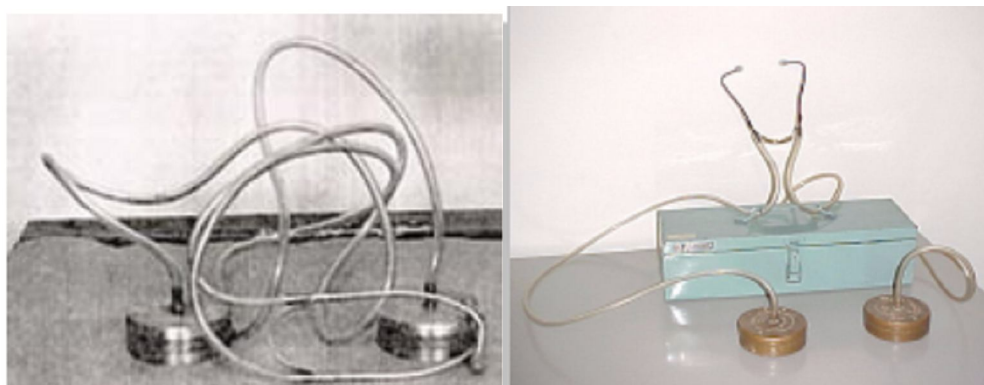


Figura 20 - Geofone mecânico

Fonte: SABESP, 2009

Na figura 21 o esquema de uso do geofone eletrônico aplicado para identificação De vazamento não visível:

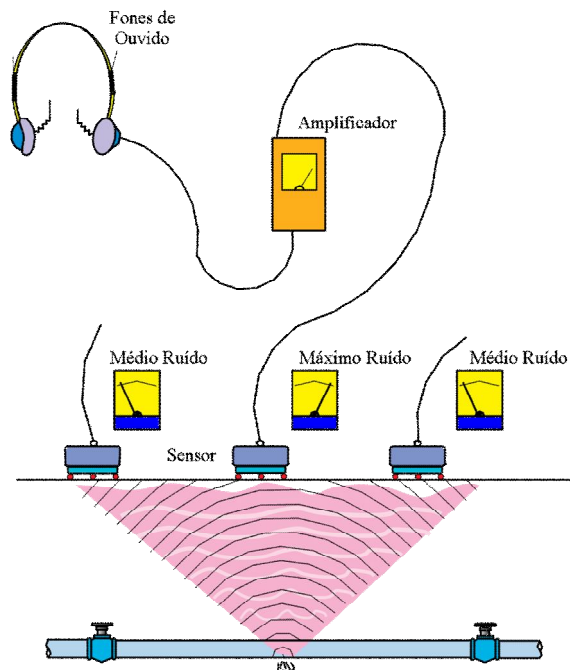


Figura 21- Esquema de uso do geofone eletrônico.

Fonte: WATERWORKS BUREAU OF THE SAPPORO MUNICIPAL GOVERNMENT, 1994.

Na figura 22 verifica-se a simulação de uso real de um geofone eletrônico por um técnico na procura de um vazamento não visível.



Figura 22- Esquema de uso do geofone eletrônico para identificação de vazamento não visível

Fonte: SABESP, 2009

Como detalhado acima a capacitação dos profissionais é essencial para a atividade de detecção de vazamentos não visíveis. O uso dos equipamentos eletrônicos também requer conhecimento e treinamento. A figura 23 indica a aplicação dos filtros do geofone eletrônico para marcar o vazamento na posição correta, demonstrando a figura com azul mais forte sobre o ponto do vazamento:

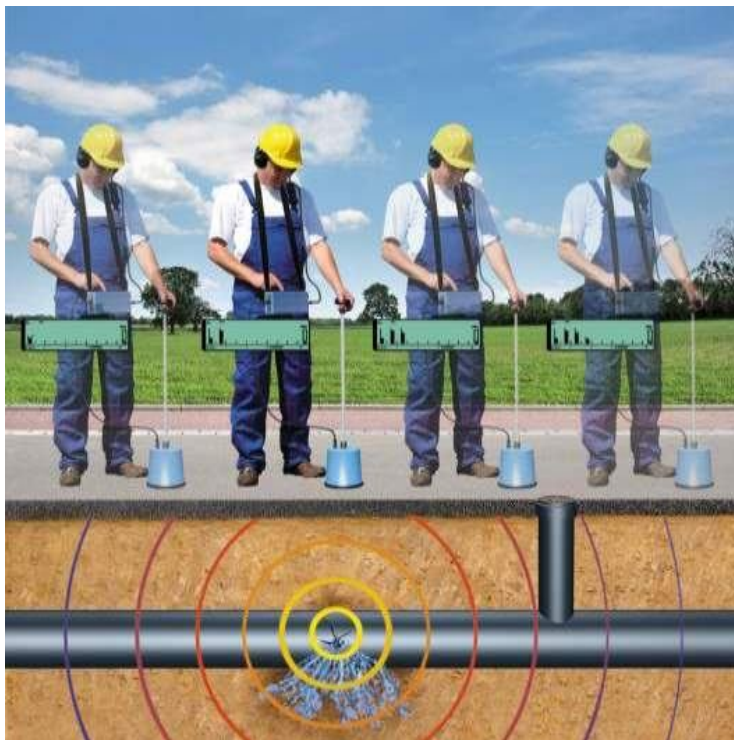


Figura 23- Demonstração de uso do geofone eletrônico para identificação de vazamento.

Fonte: SEBAKMT, 2010.

Correlacionador de ruídos: É um equipamento acústico composto de uma unidade principal processadora, pré-amplificadores e sensores, que identifica a posição do vazamento entre dois pontos determinados de uma tubulação. Trata-se de equipamento mais sofisticado. A identificação é baseada na diferença de tempo que o ruído de vazamentos leva para atingir cada um dos sensores. (TARDELLI FILHO, 2006). A figura 24 demonstra a forma de uso do equipamento.

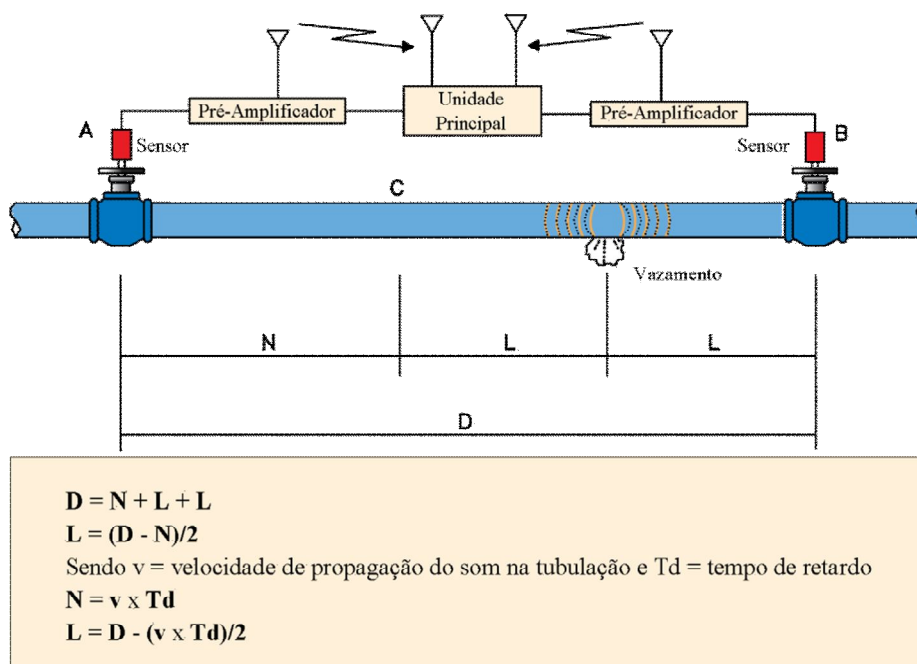


Figura 24 - Esquema de uso do correlacionador.

Fonte: SABESP, 2009

3.7.3 - Gestão para detecção de vazamentos

No ano de 1970, a empresa inglesa *South West Water Services Limited* começou a escrever uma série de relatórios técnicos sobre o monitoramento de redes para detecção de vazamentos na Inglaterra. (TOMAZ, 2009).

O modelo de trabalho divide o sistema em zonas menores que o setor de abastecimento em função de sua população, depois em pequenos distritos chamados de distritos conhecidos como distrito de medição e controle. São instalados equipamentos de medição de pressão e vazão para controle das zonas e dos distritos. Com esses dados selecionam-se os distritos que têm a maior previsão de perdas e se emprega a pesquisa de vazamento não visível.

Outros estudos levantados por Tomaz (2009) nessa área contribuem diretamente na gestão desses serviços:

-em 1997, pesquisas feitas na Suécia indicaram que os vazamentos de água se aglutinam em certas áreas formando *clusters*; na cidade de Malmo, 41% dos vazamentos ocorreram numa faixa de 200 metros do outro vazamento;

- na cidade de Winnipeg, Canadá, onde 46% dos vazamentos ocorreram a 20 metros do outro vazamento e, ainda mais, 42% dos vazamentos ocorreram a um metro do vazamento anterior, após um dia;

-nos Estados Unidos, concluiu-se que a maioria dos vazamentos ocorre em um número limitado de tubulações;

- na França, foi levantado que 70% dos vazamentos de uma rede de água ocorreram em uma rede em que já houve um vazamento anterior.

Normalmente as principais causas são a má qualidade da mão de obra, a baixa qualidade da tubulação, as condições ambientais e operacionais. No reparo de vazamentos podem ser gerados distúrbios das pressões internas da tubulação e do solo adjacente. Estas perturbações aumentam as tensões nos tubos próximos e podem causar os futuros vazamentos internos. (TOMAZ, 2009)

A gestão adequada da detecção de vazamentos pode resultar em avanços mais rápidos com custos menores. O trabalho pode ser direcionado, planejado e com menor impacto ao usuário.

3.8 - Indicadores de Perdas Reais

A quantidade de água perdida é um dos mais importantes indicadores da eficiência de uma companhia operadora de sistemas de abastecimento de água. Sua aplicação pode ser feita tanto com objetivo de análises durante períodos anuais, quanto para avaliação de tendências. As variações observadas, quando crescentes, indicam ineficácia no planejamento e na implantação de novas obras, assim como deficiências na operação e manutenção do sistema. Na busca de soluções para o entendimento e equacionamento, os engenheiros que atuam em projetos, implantação e operação se deparam com dois tipos de problemas:

- técnico: nem toda a água suprida ao sistema chega aos consumidores;
- financeiro: nem toda a água consumida é faturada.

No estudo dessas questões, um terceiro problema surge quando se busca a comparação de índices de desempenho de diferentes companhias em diferentes países: a adoção de diferentes terminologias e definições para indicadores de perdas de água.

Essas dificuldades motivaram, em 1996, a criação de uma Força Tarefa pelo Comitê de Operação e Manutenção da Divisão de Distribuição da IWA, cujos objetivos foram:

- introduzir uma terminologia padrão para uso internacional;
- recomendar metodologias de cálculo de volumes de perdas reais e perdas aparentes, visando o balanço dos volumes de água; e,
- recomendar indicadores de desempenho para uso internacional.

Para definir os indicadores de desempenho referentes às perdas reais, foram identificados os principais fatores locais e específicos, que caracterizam física e operacionalmente um sistema de abastecimento, com influência nos processos de perdas reais. Os fatores, que por um lado caracterizam, mas que por outro constituem limitadores das possibilidades de gerenciamento das perdas reais, são os seguintes:

- número de ligações;
- posição do micro medidor no ramal de ligação;
- extensão das redes;
- pressão média de operação;

- percentual do tempo em que o sistema está pressurizado;
- condições da infra-estrutura e;
- tipo de subsolo.

“Entre esses fatores, forte ênfase é dada à influência da pressão de operação e ao percentual do tempo em que o sistema está pressurizado. As conclusões desse trabalho são apresentadas em 2000”. Nesse mesmo ano, em 2000, a IWA apresentou, no trabalho intitulado *Desempenho Indicators forem Water Supply Services*, a revisão dos indicadores de desempenho chamados melhores práticas, onde foram estabelecidos 133 indicadores de performance para diferentes funções (ALEGRE,2006), sendo:

- 12 indicadores infraestruturais;
- 02 indicadores de recursos hídricos;
- 36 indicadores operacionais;
- 25 indicadores de qualidade de serviço;
- 36 indicadores econômico-financeiros;
- 22 indicadores de recursos humanos.

Tais indicadores foram, subdivididos em três níveis:

- Nível um (básico ou geral): inclui um primeiro conjunto de indicadores de desempenho que fornece uma síntese da eficiência e da eficácia da entidade gestora.

- Nível dois (intermediário): constitui um conjunto adicional de indicadores de desempenho que permite um conhecimento mais pormenorizado do que os indicadores Nível um, para usuários que necessitem de uma análise mais profunda.
- Nível três (detalhado): constitui mais um conjunto adicional de indicadores de desempenho, de maior detalhe específico, mas ainda relevantes para a gestão de topo da entidade gestora”. Com base nos mesmos conceitos utilizados pela Força Tarefa da IWA, foram definidos os indicadores de desempenho para avaliação de perdas reais, conforme apresentado no quadro 8.

Quadro 8– Indicadores de Desempenho para Perdas reais

Indicador	Unidade Recomendada
Perdas Reais	Litros/ligação*dia, para densidade de ligações maior que 20 lig/km, ou litros/km.dia, para densidade de ligações menor que 20 lig./km, sempre quando o sistema está pressurizado.
Índice de perdas da infra-estrutura	Relação entre as perdas reais e as perdas reais anuais mínimas

Fonte: ALEGRE, 2006

No entanto, como pode ser visualizado no quadro acima, a escolha do indicador de performance de perdas reais depende da densidade do número de ligações por extensão de rede. A recomendação considera que se a densidade de ligações for maior que 20 lig/km, provavelmente mais de 50% das perdas estão localizadas nas ligações, sendo, portanto, adequado utilizar-se o número de ligações como denominador. Caso a densidade de ligações seja menor que 20 lig/km, utilizam-se a extensão de rede.

No caso da MN, que em muito se aproxima da média da M, considerando a densidade média de 138 lig/km, o indicador recomendado é o uso do indicador litro/ligação x dia.

Para o indicador de desempenho detalhado recomenda-se a utilização do Índice de Perdas da Infra-estrutura (ILI - Infraestructure Leakage Index) que é a relação entre as perdas reais atuais

(CARL¹⁰ - Current Annual Real Losses) e as perdas reais inevitáveis (UARL¹¹ - Unavoidable Annual Real Losses).

O cálculo das perdas reais inerentes (UARL) depende: da extensão das redes, do número de ligações, da extensão da ligação até o micromedidor, e da pressão média de operação.

O índice de perdas da infraestrutura é uma medida da efetividade da manutenção do sistema, incluindo a pesquisa de vazamentos, a velocidade dos reparos e a qualidade dos materiais.

Para cálculo do índice UARL, em casos cujo comprimento das ligações é desprezível, considerando os valores apresentados pela IWA, pode-se utilizar a seguinte equação:

$$\text{UARL (l/dia)} = (18 \times \text{Lm} + 0,8 \times \text{Nc}) \times \text{P}$$

Lm: extensão de rede (km);

Nc: número de ligações;

P: pressão média (mca).

Nas tabelas 05 e 06, são apresentados os valores teóricos conceituais, usado como forma de referenciar:

Tabela 5 – Valores usados como parâmetros para o cálculo das perdas reais anuais inevitáveis

Componentes da Infra-Estrutura	Perdas Inerentes (não-detectáveis)	Arrebatados Visíveis	Arrebatados Não-Visíveis
Redes	20 ℓ/km/h*	0,124 arrebatados/km/ano a 12 m ³ /h* com 3 dias de duração	0,006 arrebatados/km/ano a 6 m ³ /h* com 50 dias de duração
Ramais até a testada da propriedade	1,25 ℓ/ramal/h*	2,25/1.000 ramais/ano a 1,6 m ³ /h* com 8 dias de duração	0,75/1.000 ramais/ano a 1,6 m ³ /h* com 100 dias de duração
Ramais após a testada da propriedade (extensão média de 15m)	0,50 ℓ/ramal/h*	1,5/1.000 ramais/ano a 1,6 m ³ /h* com 9 dias de duração	0,50/1.000 ramais/ano a 1,6 m ³ /h* com 101 dias de duração

* Todas as vazões a 50 mca de pressão.

Fonte: LAMBERT E THORNTON, 2002

¹⁰ CARL – Current annual real losses – perdas reais atuais

¹¹ UARL – Unavoidable annual real losses – perdas reais inevitáveis

Tabela 6-Cálculo dos componentes das perdas reais inevitáveis (PRAI)

Componentes da Infra-Estrutura	Perdas Inerentes	Arrebatados Visíveis	Arrebatados Não-Visíveis	PRAI Totais	Unidades
Redes	9,6	5,8	2,6	18	ℓ/km redes/dia/mca de pressão
Ramais, hidrômetros na testada da propriedade	0,60	0,04	0,16	0,80	ℓ/ramal/dia/mca de pressão
Tubulação interna subterrânea entre a testada da propriedade e o hidrômetro	16,0	1,9	7,1	25	ℓ/km tubulação interna subter./dia/mca de pressão

Fonte: LAMBERT E THORNTON, 2002

Na figura 25, percebe-se a diversidade de posições em relação aos indicadores.

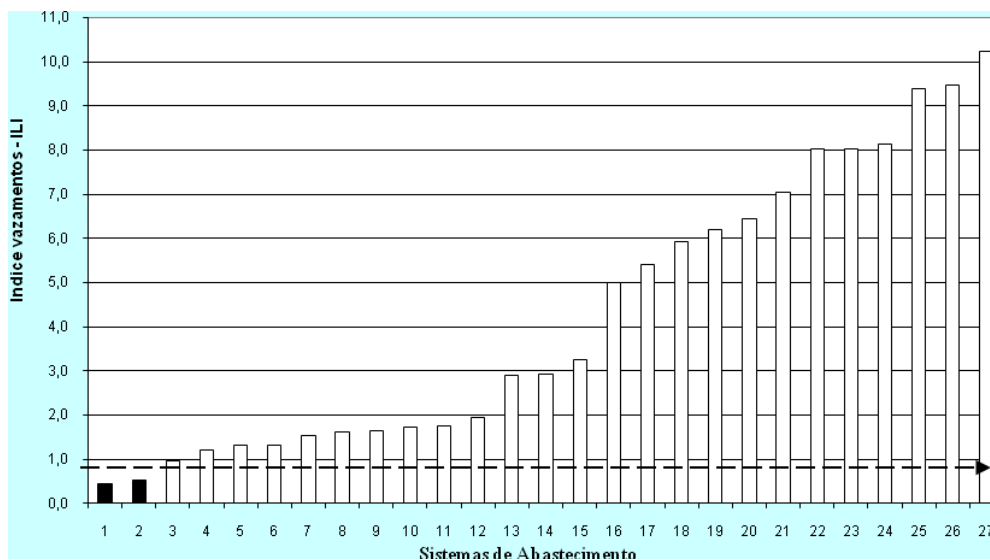


Figura 25 – Índice Internacional de Perdas para 27 Sistemas de 19 Países

Fonte: ALEGRE, 2006

A influência direta da pressão no volume das perdas reais inerentes evidencia e reforça a necessidade do gerenciamento das pressões do sistema.

A análise detalhada das principais atividades que compõem o gerenciamento de perdas reais, ou seja:

- o controle ativo de perdas, como atividade periódica e contínua, por meio da qual é realizado o monitoramento das redes, inspeções e pesquisa de vazamentos; a redução do tempo médio de execução e melhoria da qualidade dos reparos; o gerenciamento da qualidade dos materiais, e o controle de pressões, indicam que enquanto os três primeiros podem ser aplicados para reduzir o volume de perdas atuais tendendo à fronteira do volume de perdas inerentes, o controle de pressões atua diretamente sobre o conjunto desses fatores, sendo, para um dado cenário, o elemento definidor tanto do volume de perdas atuais quanto do volume das perdas inerentes. (ALEGRE, 2006).

Na figura 26, identificar-se as principais ações para desenvolver um bom programa de redução e controle de perdas.

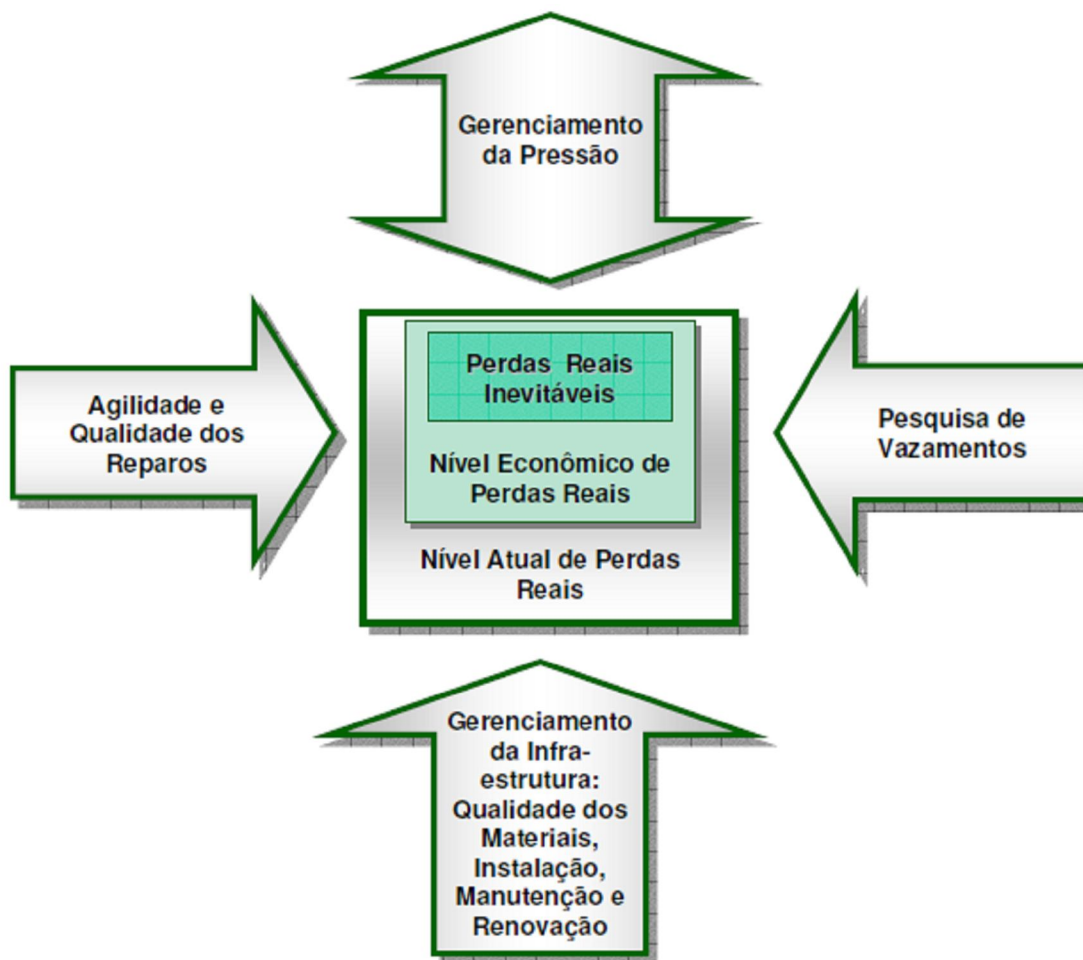


Figura 26 – Atividades de Gerenciamento de Perdas Reais e sua Influência nos volumes de perdas.

Fonte: ALEGRE, 2006

O nível de perdas atual, representado pelo quadrado maior, pode ser reduzido através das ações representadas pelas setas, até um nível inevitável. O nível econômico das perdas reais encontra-se em algum ponto entre os dois quadrados. (SABESP, 2008)

O componente relativo ao controle de pressão relaciona a adequação das pressões com a boa operação do sistema, evitando a ocorrência de vazamentos e reduzindo a vazão do volume perdido. Quanto ao controle e detecção de vazamentos representa o constante trabalho de pesquisa de vazamentos e a sua adequada gestão.

A qualidade e a rapidez nos reparos indicam a importância de corrigir no menor tempo possível as ocorrências de vazamentos no sistema de distribuição, em relação ao gerenciamento das redes e, a infraestrutura envolve atividades que protejam as redes de corrosão, renovação dos principais elementos do sistema e adequada manutenção dos reservatórios de água.

3.9 – Controle de pressão

A pressão interna a uma tubulação é reconhecida como o fator que mais diretamente influi nos vazamentos de um sistema de abastecimento de água. A importância da pressão se manifesta tanto como geradora de fugas como também por incrementar o volume perdido por meio de vazamentos pré-existentes.

Conforme estudo realizado pela Sabesp (1988), em 662 km. De rede da capital de São Paulo, nos 5 setores de abastecimentos que representavam a média geral do sistema distribuídos foi constatada a ocorrência de 88% de vazamentos em ligações prediais. Quando os vazamentos de rede e ramal indicados são separados por faixa de pressões, identificam-se diferentes níveis de ocorrências, conforme tabela 07:

Tabela 7- Ocorrência de vazamentos por faixa de pressão.

Faixa de pressão (mca)	Rede Vaz/km ano	Correlação com a primeira faixa	Ramal predial vaz/km ano	Correlação com a primeira faixa
0 a 30	0,67	1,00	6,86	1,00
31 a 45	0,93	1,40	7,51	1,10
46 a 60	1,17	1,75	8,38	1,22
61 a 75	1,70	2,50	9,35	1,36

Fonte: TOMAZ, 2009.

Com essas informações, os vazamentos na rede indicam ser mais suscetíveis que a ocorrência no ramal, no que diz respeito à faixa de pressão. Conforme estudo, o número de vazamentos na faixa acima de 60 mca. Cresceu 2,5 vezes o número de ocorrência da primeira faixa.

A dependência existente entre a pressão interna e a fuga através de um orifício é explicada teoricamente através da equação: $h_f = K (V^2 / 2g)$. Em concordância com a fórmula acima, as fugas dependem, quadraticamente, da variação de pressão, ou, linearmente, da raiz quadrada da mesma. Assim, teoricamente, seriam necessárias grandes variações de pressão para correspondentes variações significativas de fugas.

A realidade, no entanto, mostra maior dependência da perda real à pressão do que aquela esperada apenas pela aplicação da fórmula. A aparente divergência entre a conceituação teórica e a verificação prática é explicada pelo fato de que a fórmula se aplica a orifícios com áreas constantes, enquanto a área do orifício de alguns vazamentos também varia com a pressão. É o caso, por exemplo, de fraturas longitudinais em tubos, em particular nos plásticos. Neste tipo de fratura a área do orifício varia significativamente com a pressão. Em outros casos, o vazamento só se manifesta quando a pressão atinge um determinado valor. (BRASIL, 1998). Em estudo para verificar o efeito da pressão na redução das perdas, constatou-se que em áreas com pressão controlada, as perdas de água reduzem-se em cerca de 29%. (DIAS, COVAS e RAMOS, 2006).

Na figura 27, verifica-se a eficácia de cada tipo de controle em relação à pressão média

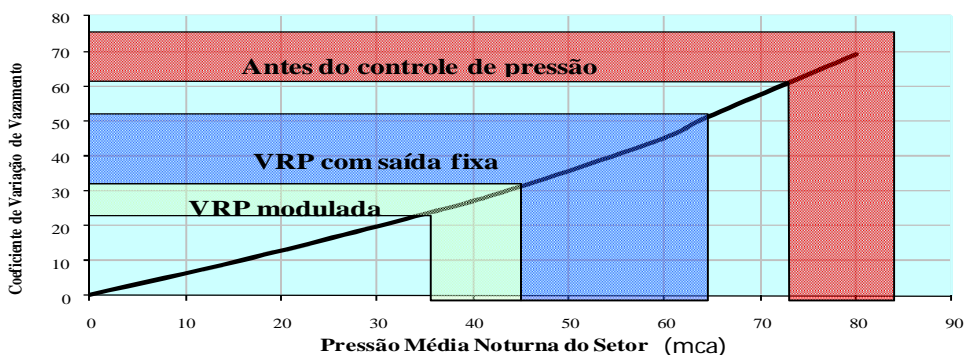


Figura 27 – Variação de vazamentos para tipos de controle de pressão.

Fonte: ALEGRE, 2006

Em estudo realizado em Portugal, constatou que VRPs com pressão modulada por tempo apresentou-se mais eficiente. (DIAS, COVAS e RAMOS, 2006)

O Water Research Centre¹², da Inglaterra, investigou a relação pressão x vazão mínima noturna (usada para avaliar perdas reais e desperdícios) em quatro distritos. O resultado do estudo confirmou que a simples aplicação da fórmula não tem total correlação com as medições realizadas em campo.

Além dos motivos já mencionados anteriormente, a localização dos medidores de vazão e pressão também influi na relação. Se os instrumentos estiverem instalados no ponto mais elevado do distrito, em condição limite, tendo sifonamento, pode haver medição de vazão para uma pressão nula. E em qualquer ponto de instalação, a pressão medida não é exatamente igual à pressão real nos pontos onde existem vazamentos ou desperdícios. De qualquer maneira, para um mesmo distrito, a não ser em casos excepcionais, pode se esperar uma única relação pressão x vazão mínima noturna, relacionada a uma mesma posição de instalação de medidores de vazão e pressão. (WATER AUTHORORITIES ASSOCIATION, 1980)

Na figura 28, um esquema de um sistema de distribuição e a mudança da linha piezométrica com a implantação da VRP.

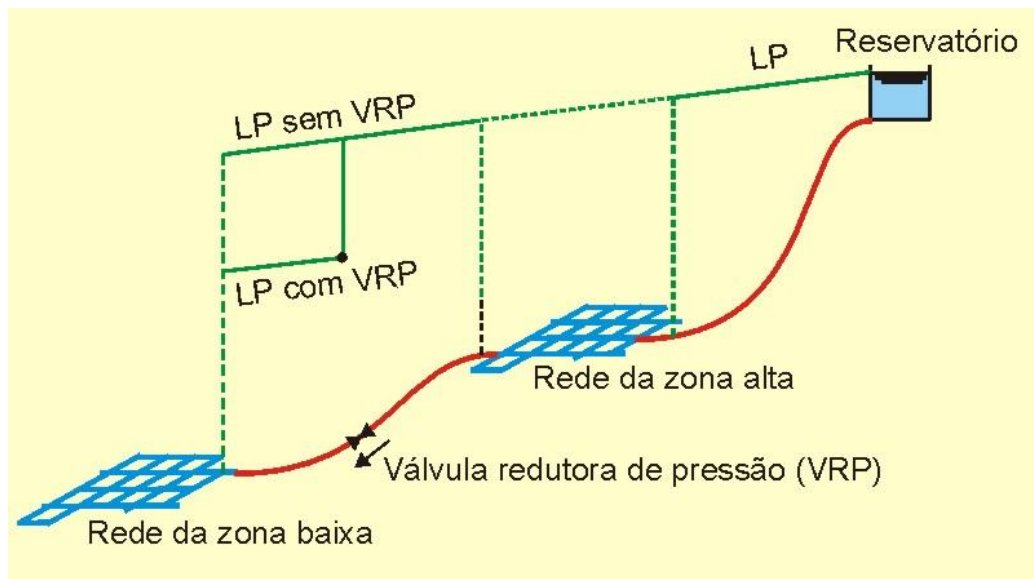


Figura 28 - Linha piezométrica com a implantação da válvula redutora de pressão

Fonte: SABESP, 2009

¹² WRC: Centro de pesquisa da água na Inglaterra.

Na mesma publicação, o WRC apresenta três exemplos de efeitos da pressão:

No primeiro, apresenta os resultados de um distrito abastecido através de uma Válvula Redutora de Pressão- VRP¹³, regulada para propiciar uma pressão de saída de 31 mca, correspondendo a uma vazão mínima noturna (VMN) de 3,9 m³/h. Ao ser by-passada a VRP, a pressão de saída aumentou para 58 mca e a VMN para 9,1 m³/h.

A VMN retornou a 3,9 m³/h quando o abastecimento voltou a se processar através da VRP.

No segundo exemplo, é relatado que a redução de pressão em um distrito de 100 mca para 30 mca resultou numa redução de consumo por pessoa de 23 l/hab/dia.

No terceiro, afirma ter sido verificado em distrito que, para um aumento de pressão de 17 mca para 31 mca, resultou um aumento de consumo de 30%.

Na cidade de Takamatsu, no Japão, a implantação de um sistema de controle de pressões reduziu em 23% o volume de perdas reais do sistema de abastecimento de água. Esta meta foi atingida basicamente em função da limitação de pressões no período noturno a valores não superiores a 40 mca. O resultado da implantação deste sistema também pode ser mensurado em termos de redução da ocorrência de vazamentos e arrebentamentos nas tubulações, tendo havido redução de 29% de ocorrências na rede e de 33% nas linhas principais. (ENOPS, 2001)

Resultados expressivos foram também colhidos no Reino Unido. Foi observado que um acréscimo de pressão de 41 para 51 mca em uma determinada zona, para servir novos usuários localizados em pontos remotos, gerou um acréscimo de perda em torno de 10%".(ENOPS, 2001).

A primeira tentativa de solução para o problema foi à instalação de uma VRP em um ponto da rede para garantir o abastecimento com pressão mínima de 20 mca durante o horário de pico, ao mais distante usuário. Entretanto, ainda foi observada uma pressão excessiva de 14 mca durante a maior parte do dia. A solução definitiva foi encontrada com a implantação de um controlador dotado de microprocessador. Através do controlador foram programadas pressões de saída da VRP com base em variações de consumo (com medidor de vazão

¹³ VRP – Válvula Redutora de Pressão

acoplado ao controlador). Em consequência, o excesso de pressão foi reduzido a 5 mca e apenas durante um curto período. A pressão média de descarga da VRP foi reduzida em 14 mca, comparada com a VRP convencional e houve uma redução de 25 % nas perdas físicas do distrito. Nos gráficos a seguir, são mostradas as pressões médias de uma área em três situações distintas: sem controle de pressão, com controle de pressão através de VRP de saída fixa e, com controle de pressão com VRP associada a um controlador com modulação de pressão de descarga em função da vazão de demanda. (ENOPS, 2001)

A análise dos gráficos evidencia o benefício progressivo, em termos de redução da pressão média da área estudada, com a instalação da VRP no primeiro estágio, e da implantação do controlador com modulação de pressão em função de vazão na fase final. Nas figuras 29, 30 e 31 observa-se a variação da pressão média nas diferentes condições de abastecimento.

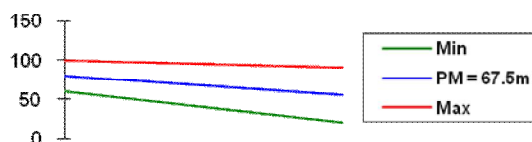


Figura 29 - Pressão média em uma área sem controle de pressão

Fonte: ENOPS, 2001

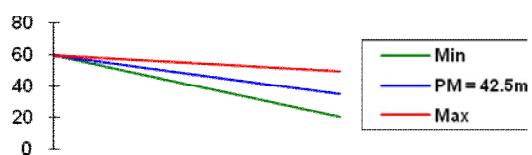


Figura 30 - Pressão média em uma área com VRP com saída Fixa

Fonte: ENOPS, 2001

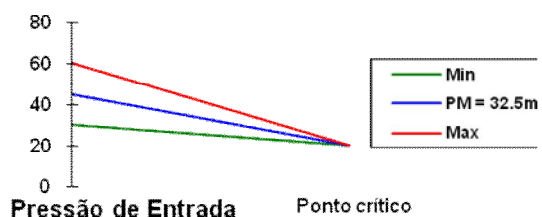


Figura 31 - Pressão média em uma área com VRP e Controlador com Modulação por Vazão

Fonte: ENOPS, 2001

Conforme publicado no Report 26 do WRC, as perdas reais em redes de distribuição de água e em ligações domiciliares dependem das condições gerais das tubulações - em especial juntas e conexões e pressão. O Report E sugere valores de perdas em uma área com Pressão Média Noturna - PMN, de 50 mca, tanto na rede (L/km/h), como em ligações domiciliares (L/lig/h). Os valores propostos para instalações em “boas” ou “más” condições na pressão média de 50 mca são respectivamente 50% inferiores ou superiores aos valores sugeridos para instalações em “médias” condições, que são:

- 40 L/Km/h - para rede de distribuição;
- 04 L/lig/h - para ligações domiciliares.

Em pressões que não sejam 50 mca recomenda-se que as perdas sejam ajustadas para mais ou para menos, multiplicando-se os valores propostos por um Fator de Correção de Pressão-FCP, conforme demonstrado na tabela 8:

Tabela 8 – Fator de correção de pressão

PMN (mca)	20	30	40	50	60	70	80	90	100
FCP	0,33	0,53	0,75	1,00	1,27	1,57	1,88	2,33	2,59

Fonte: WATER AUTHORITIES ASSOCIATION, 1994

O controle de pressão é, portanto, o elemento mais importante na estratégia de controle de perdas reais.

O controle de pressão pode ser atingido de várias maneiras e não apenas pela instalação de uma VRP. De fato, a pressurização do sistema de distribuição quase sempre é onerosa, portanto, reduzir pressões através de VRP é intrinsecamente ineficiente. As seguintes opções devem ser consideradas em primeiro lugar:

- Setorização da área abastecida para adequá-la às condições topográficas.

Isto pode significar a instalação de booster para abastecer uma área crítica, reforço ou limpeza e reabilitação de trechos de rede, remanejamento de fonte de suprimento;

- Alteração de curva de bomba para adequá-la à demanda;
- Instalação de Sistema de variação de vazão (Variador de frequência);

Depois de consideradas estas hipóteses, os dispositivos mecânicos de controle de pressão, tipicamente as VRP são o próximo estágio na estratégia de controle de pressão. (BRASIL, 1998)

3.9.1 – Benefícios advindos da redução de pressão

- Redução do volume perdido através de vazamentos;
- Redução da ocorrência de vazamentos. A economia dos custos relacionados com reparos pode superar em longo prazo a economia de volume de vazamentos;
- A estabilização da pressão diminui a possibilidade de fadiga das tubulações inclusive das instalações internas dos usuários;

- Estabelecimento de um abastecimento mais constante ao usuário; grandes variações de pressão ao longo do dia podem dar a impressão ao cliente de um abastecimento deficiente, e pressões desnecessariamente altas gera no cliente a expectativa errônea de que o abastecimento está adequado;
- Permite regular a demanda em casos de racionamento;
- Redução do consumo diretamente relacionado com pressão, tais como: lavagem de carros e calçadas, irrigação de jardins, etc. (ENOPS, 2001)

3.9.2 - Problemas decorrentes da redução de pressão

Entre os problemas decorrentes da redução de pressão podem ser apontados:

- **Baixa pressão:** em sistemas corretamente dimensionados, os problemas são causados por obstruções das instalações internas dos usuários. Pressões baixas podem também ser ocasionadas por incrustação da rede de distribuição;
- **Ruído:** pode ser um problema nas imediações da VRP. O ruído é normalmente ocasionado pela pequena abertura da VRP e pode estar associado a problemas de cavitação. Ela ocorre quando a regulagem da pressão de jusante da válvula for muito grande em relação à pressão à montante da válvula; nesse caso, deve-se verificar a especificação técnica do equipamento. O dimensionamento e a seleção correta da VRP podem evitar este tipo de problema; (SABESP, 1999)
- **Bloqueio:** o bloqueio do sistema pode ocorrer devido a materiais que se desprendem da rede e ficam retidos na VRP. A utilização de filtro na tubulação principal à montante da VRP é uma providência necessária para evitar este tipo de problema. O bloqueio do circuito de controle da VRP pode também gerar desregulagem, com conseqüências indesejadas no abastecimento. A limpeza periódica do filtro do circuito de comando é fundamental. (SABESP, 1999)
- **Prédios altos:** em áreas onde a ocorrência de pressões elevadas é sistemática há a tendência de os usuários não instalarem reservatórios domiciliares.

Quando é o caso de pequenos prédios, após a instalação da VRP, a pressão pode não ser suficiente para abastecer os pavimentos mais altos no período de maior demanda. Este problema pode ser minimizado se na fase de projeto os proprietários forem comunicados da futura alteração de pressão; (SABESP, 1999)

- **Pesquisa de vazamentos:** quanto mais baixa a pressão maior é a dificuldade de localizar vazamentos não visíveis pelos métodos tradicionais. Esta dificuldade pode ser minimizada

pela utilização de equipamentos mais sofisticados para rastreamento de fugas, mais especificamente registradores de ruído, correlacionadores e geofones eletrônicos. (SABESP, 1999)

A instalação de VRPs, concomitantemente com a execução de pesquisas de vazamentos em suas respectivas áreas de influência, cuja pressão já é controlada, tem garantido resultados por períodos maiores de tempo, pois o fator gerador de fugas mais importante é eliminado. (ENOPS, 2001)

3.10 - Abordagem Teórica da Implantação de Controle de Pressões com Válvulas Redutoras de Pressão.

3.10.1 - Evolução e Uso de Válvulas Redutoras de Pressão

Até os anos 70, para atender as Normas de Projeto da ABNT quanto aos limites de pressões superiores, principalmente nas regiões de topografia extremamente acidentada e com baixo adensamento relativo, instalavam-se nos microzonas de pressão as caixas de quebra-pressão e os “stand-pipes”. Estas soluções apresentavam custos relativamente altos e passíveis de falha pelas limitações tecnológicas dos próprios dispositivos de quebra-pressão. (BRASIL, 1998)

Com a expansão da ocupação urbana para as regiões periféricas e a busca de soluções alternativas mais econômicas, as VRPs passaram a ser consideradas para tal finalidade.

Naquela ocasião, enfrentava-se uma forte restrição às importações e os modelos de VRPs disponíveis eram adaptações dos sistemas empregados no setor pneumático ou então cópias grosseiras de produtos estrangeiros.

O dimensionamento era feito para que trabalhassem com gradiente fixo, ou seja, uma diferença de pressão constante independentemente da vazão.

Apresentavam passagem livre máxima estreita, apesar das avantajadas dimensões externas. Possuíam assentos metálicos, vedações engaxetadas, atuadores mecânicos por molas e

regulagem por porcas diretamente ao eixo principal. Estes sistemas redutores de pressão mostravam-se problemáticos nas condições de operação de baixas vazões, podendo transferir as pressões de montante para jusante. (BRASIL, 1998)

O projeto de instalação adotado era o sistema “in line” em caixas subterrâneas, compatibilizando-se o diâmetro do dispositivo com o diâmetro da tubulação principal, havendo basicamente a preocupação com os limites de gradiente de quebra de pressão por unidade.

No final dos anos 80, válvulas globo desenvolvidas pela cópia de equipamentos importados e/ou pela fabricação de válvulas com tecnologia importada trouxeram grandes mudanças nesse campo.

As válvulas eram acionadas hidráulicamente (sistema de diafragma), aproveitando-se a pressão de montante para acionamento dos obturadores. Estas por sua vez apresentavam maior passagem livre e as vedações apresentavam melhor desempenho. Os sistemas de controles passaram também a ser hidráulicos com elementos filtrantes.

Estas válvulas e os sistemas de controles permitiram desenvolver projetos extremamente flexíveis, podendo-se aplicá-los como sustentadores de pressão (pressão de jusante constante), controladores de nível (válvulas de altitude), controladores de vazão, etc.(ENOPS, 2001)

3.10.2 - Tecnologia do Controle de Pressão

As válvulas utilizadas para o Controle de Pressão são chamadas de válvulas redutoras de pressão (VRP), porém podem ser configuradas de diversas outras maneiras, como sustentadora de pressão, aliviadora de pressão, reguladora de vazão, válvula de proteção contra transientes hidráulicos, controladora de bomba, etc.

Podem também combinar duas ou mais funções dependendo da necessidade do sistema de distribuição, por exemplo, válvula redutora e sustentadora de pressão, válvula sustentadora e aliviadora de pressão, etc. A válvula pode ser configurada para atuar com pressão de saída fixa, ou seja, deverá restringir e manter a pressão à jusante de acordo com os parâmetros de

regulagem fixados pelo circuito de pilotagem. A elas pode-se também acoplar um controlador eletrônico, combinado com uma adaptação à válvula piloto, de forma a funcionar como VRP com pressão de saída variável modulada pela vazão ou pelo tempo, constituindo as chamadas “válvulas inteligentes” (ENOPS, 2001)

A seguir serão apresentadas as descrições dos dois sistemas e os respectivos princípios de funcionamento.

3.10.3 - Controle de Pressão através de VRP com Pressão de Saída Fixa

Este tipo de sistema de Controle de Pressão usualmente se aplica a uma região isolada alimentada por uma VRP. A pressão de saída da VRP é ajustada pela modificação da pressão da mola da válvula piloto, de tal forma que sob condição de máxima vazão a pressão no ponto crítico é mantida. Esta pressão é constituída de três componentes:

- o nível mínimo de pressão de serviço requerido no ponto crítico; - a diferença de cotas altimétricas entre a VRP e o ponto crítico e;
- a perda de carga no sistema entre a VRP e o ponto crítico sob condições de vazão máxima projetada.

Uma VRP com pressão de saída constante pode ser a solução mais apropriada em regiões onde a perda de carga entre a válvula e o ponto crítico é menor que 10 mca sob quaisquer condições de operação ou onde as variações de pressão no ponto de instalação da VRP e as variações no ponto crítico sejam aproximadamente iguais. (ENOPS, 2001)

As principais características da VRP com pressão de saída fixa são apresentadas no quadro 9:

Quadro 9 – Componentes e características da VRP

COMPONENTES	CARACTERÍSTICAS
Válvula	Tipo globo eixo vertical
Corpo	Ferro fundido cinzento ou dúctil com pintura eletrostática em epóxi
Acento, eixo e mola	Aço inoxidável
Diafragma	Buna – N vulcanizada e reforçada
Tubulações do circuito piloto	Cobre/bronze
Guia do eixo	Com embuchamento duplo
Vedação	O-ring (Quad-ring)
Relação da área do diafragma.	1,5/1

Fonte: ENOPS, 2001

As VRPs devem ser fornecidas com miniventosas de forma a evitar problemas operacionais nos locais com rodízio de fornecimento.

Os componentes internos da VRP são removíveis para reparo, enquanto o corpo permanece na linha. O princípio de funcionamento desta VRP está descrito na figura 32.

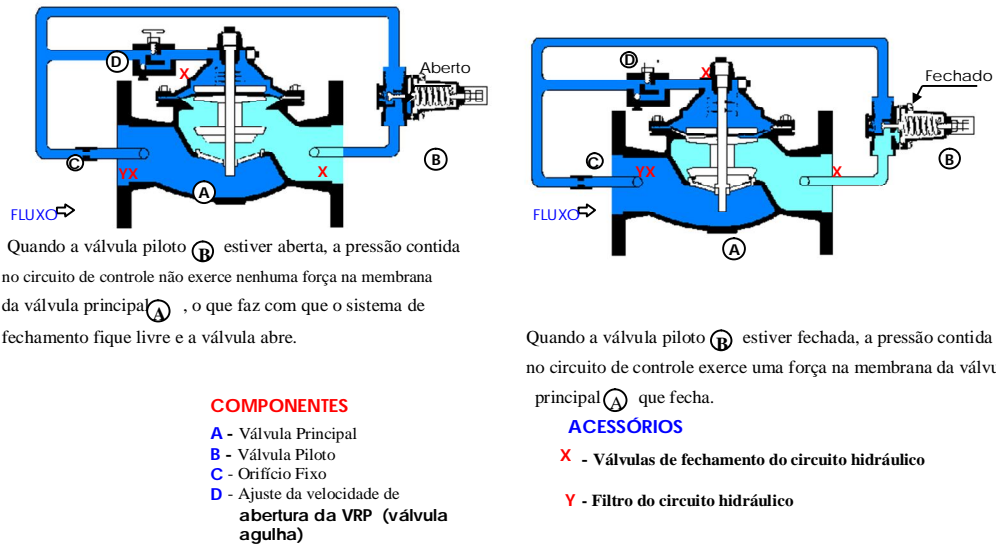


Figura 32– Princípio de funcionamento da VRP com pressão de saída fixa

Fonte: SABESP, 1999.

A efetividade da operação da VRP com saída fixa é a própria redução no patamar de pressão, porém com as variações do consumo durante o dia, a pressão também oscila e perde um pouco do seu benefício demonstrado aqui pela figura 33.

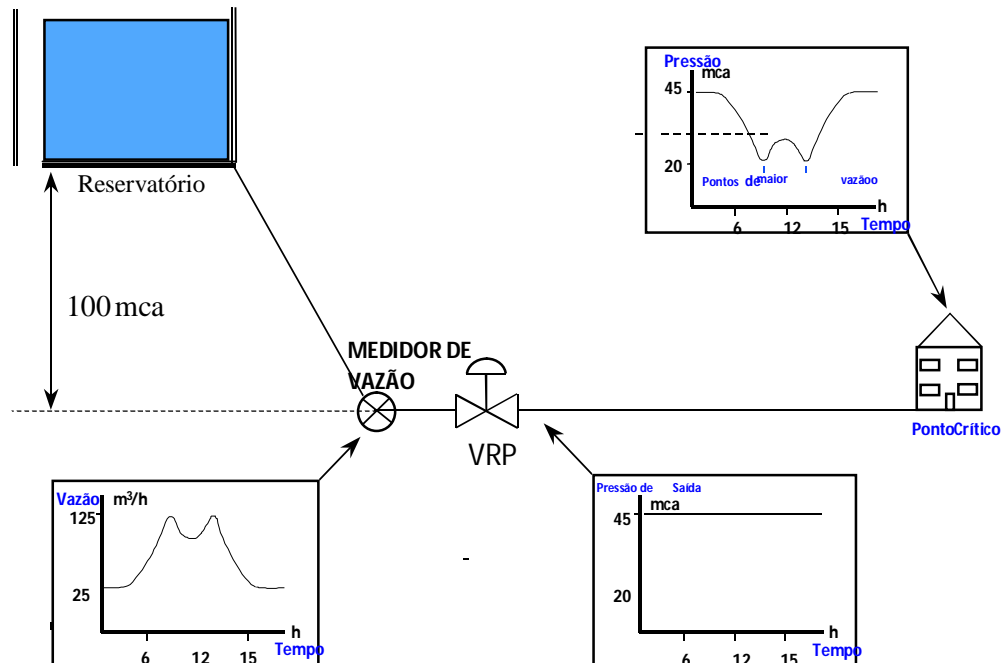


Figura 33 - Controle de Pressão através de VRP com Pressão de Saída Fixa

Fonte: SABESP, 1999

3.10.4 - Válvula com redução de pressão variável

Existem dois tipos principais de controladores de pressão de saída, o controlador hidráulico e o eletrônico. O controle eletrônico é o que está sendo utilizado para comandar a atuação da VRP.

Controladores eletrônicos possibilitam diminuir a pressão média de um setor através da variação da pressão de saída da VRP e são modulados pelo tempo ou pela vazão de demanda. (ENOPS, 2001)

Na modulação pelo tempo: é permitida a diminuição ou aumento da pressão de saída da VRP em função de um determinado horário, para compensar a variação da vazão durante o dia e a perda de carga entre a VRP e o ponto crítico.

Na modulação pela vazão: conectando-se um medidor de vazão que fornece sinais de pulso, o controlador realiza a modulação da pressão de saída da VRP com base na vazão (demanda da área), isto é, pressões maiores de saída são reguladas automaticamente quando a demanda da área aumenta, para compensar as perdas de carga adicionais entre a VRP e o ponto crítico.

O funcionamento básico da VRP com um controlador eletrônico modulado pela vazão está demonstrado nas figuras 34 e 35.

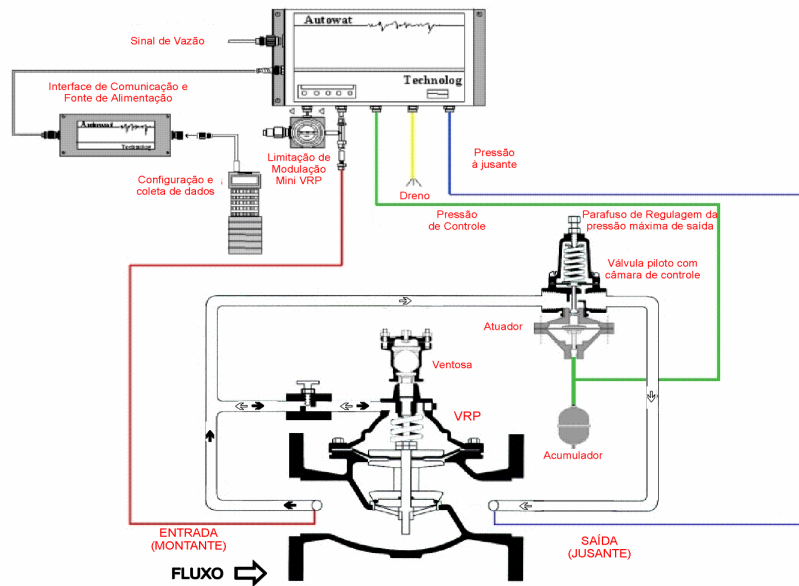


Figura 34 – Esquema do sistema completo

Fonte: SABESP, 1999

A efetividade da operação da VRP com saída variável possibilita a melhor regulação e a maximização dos resultados, visto que pode ser regulada conforme consumo, permitindo que a pressão sustente o próprio sistema, sem grandes oscilações, conforme demonstração na figura 35.

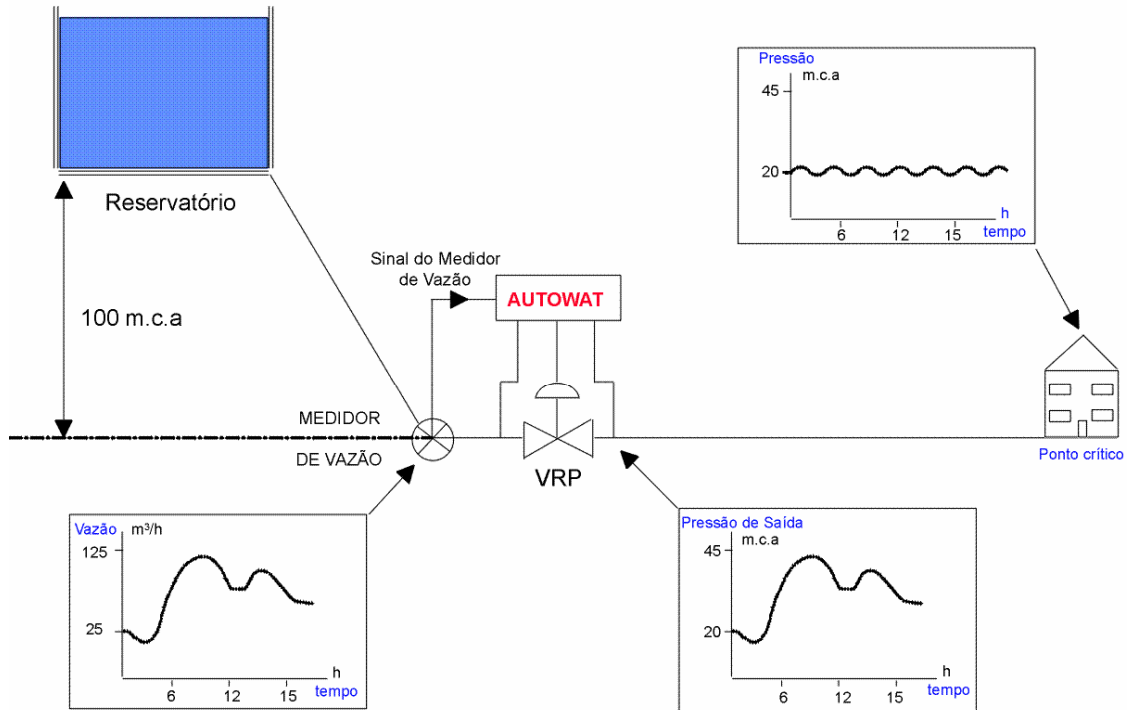


Figura 35 – Esquema do sistema completo com vazão

Fonte: SABESP, 1999

3.10.5 - Seleção do Tipo de Configuração da VRP

Conforme conceituação anterior, os tipos de redução de pressão normalmente utilizados são as válvulas de redução de pressão com saída fixa e as válvulas redutoras de pressão com modulação de vazão.

Geralmente, o tipo pressão fixa de saída mantém aproximadamente o mesmo valor de pressão a jusante da válvula numa certa faixa de valores de vazões. A pressão deve ser regulada de forma que a pressão de serviço seja mantida satisfatória inclusive para os consumidores críticos (mais distante e/ou mais alto) com a máxima vazão de projeto. (SABESP, 1999)

As pressões médias noturnas resultantes neste caso serão superiores àquelas que seriam observadas na mesma área se fosse utilizado o sistema de redução de pressão com modulação pela vazão ou pelo tempo, pois seria possível otimizar as pressões no caso de demanda mínima.

O controle de pressão terá normalmente uma grande influência nos níveis de vazamentos noturnos, diminuindo desta forma a mínima vazão noturna. Entretanto, os níveis de vazamento durante o restante do dia também serão reduzidos. O controle de pressão também poderá reduzir o consumo, particularmente daqueles usos envolvendo utilização de pressão direta (mangueiras ou sprinklers). (ENOPS, 2001)

As VRPs com pressão de saída fixa podem oferecer a correta solução para um subsetor.

Porém avanços em equipamentos de controle têm permitido maior sofisticação do controle de pressão.

Para esta decisão, analisa-se o perfil de consumo típico, a saber:

- Com histogramas de consumo muito variáveis, torna-se necessário um acompanhamento minucioso da vazão, recorrendo-se ao Controle por vazão;
- Com perfis de consumo mais estáveis, torna-se possível o uso de Controle por tempo, variando no tempo apenas entre as regulagens possíveis, mínima e máxima—Analisam-se também para esta decisão os seguintes aspectos:
- O porte e a economia de água prevista;
- A manutenção da estabilidade das pressões ajustante da VRP;
- A performance requerida em projeto e em condições anormais de operação (intermitência de abastecimento ou falhas no sistema) e consequências de eventuais falhas;

No estágio de proposição do tipo de controle de pressão também é importante considerar a influência da localização dos reservatórios e especificação do ciclo de funcionamento das bombas.

Vantagens podem ser obtidas também pela instalação de equipamentos de controle das bombas existentes.

Deve ser notado que nos casos onde os sistemas são dotados de tubulação velha e com altas pressões, os níveis de vazamentos não podem ser reduzidos até que a pressão seja reduzida, porque o efeito do reparo de um vazamento ou de um rompimento é novamente aumentar a pressão no sistema, o que novamente causa rompimentos.

O sistema de múltiplas válvulas, baseado no controle de pressão pela vazão, pode ser utilizado com vantagem para reduzir a faixa de atuação, que pode ser requerida de uma válvula apenas. Tais sistemas podem reduzir extremamente as demandas sobre a VRP, melhorando a sua confiabilidade e também contribuindo para se ter um sistema mais robusto na eventualidade de falha de uma das válvulas. A escolha para uso de sistema numa situação particular é complexa e requer um exame detalhado do sistema, preferencialmente com a ajuda de um modelo hidráulico de sistema de alta qualidade, quando disponível. (ENOPS, 2001).

A escolha de uma VRP no sistema de controle depende de:

- tamanho do sistema;
- as conseqüências de uma falha;
- custos;
- economia de água;
- complexidade do sistema de distribuição;
- sensibilidade dos consumidores;
- a efetividade e a precisão de uma VRP, normalmente, aumentarão com a maior sofisticação no sistema de controle, pois os sistemas de controles mais sofisticados são também mais hábeis para responder às demandas inesperadas. (SABESP, 1999)

Alguns fatores adicionais que devem ser considerados na escolha da VRP:

- superdimensionar VRPs pode causar instabilidades a baixas vazões que vão sujeitar o sistema à jusante a surtos de pressões (golpes de aríete).

-subdimensionar VRPs porque a perda de carga através do conjunto da válvula, mesmo quando totalmente aberta, pode comprometer os níveis de pressão de serviço.

As VRPs podem falhar de três modos: totalmente abertas, totalmente fechadas ou parcialmente fechadas. O primeiro problema resulta no aumento da pressão da área até o nível do montante da válvula. O segundo causa a perda do fornecimento na área. O terceiro causa a perda do controle de pressão na área.

Um problema que pode acontecer com todas as válvulas é que elas podem apresentar cavitação. A cavitação é bastante agressiva e causa desgaste na válvula e na tubulação/conexões a jusante, assim como altos níveis de ruído. Normalmente a cavitação ocorre quando a válvula é submetida a regulagens com proporções maiores que a especificação indicada. (ENOPS, 2001).

3.10.6 - Dimensionamento da VRP

Cada sistema de proteção, que poderá ser integrado por uma ou mais VRPs, configura uma área de proteção denominada de subsetor.

As medições de vazão e pressão serão feitas, primeiro, antes da instalação das VRPs e somente depois de ter certeza que o subsetor está isolado.

Somente após ter entrado em operação o sistema de controle de pressão do subsetor é que serão feitas novas medições de vazão e pressão no subsetor, repetindo-se as mesmas de acordo com as necessidades para o acerto das calibrações do sistema.

A implantação de redes eventualmente necessárias para configurar um determinado subsetor será executada em paralelo com os estudos para implantação do sistema de controle de pressão com

base no projeto executivo desenvolvido pelo estudo. O estudo, dentro do possível, priorizará a manutenção do sistema já existente.

O trabalho de fechamento do subsetor, uma vez feitas às obras que permitam seu isolamento é de responsabilidade da operação do sistema. (ENOPS, 2001)

3.10.7 - Fluxograma das Fases da Instalação

No princípio podem ser definidas cinco atividades básicas a desenvolver em função do tipo de tarefa a executar, quais sejam:

- a) – Estudos e Projetos;
- b) – Serviços de Apoio Técnico;
- c) – Serviços de Campo;
- d) – Fornecimentos;
- e) – Comissionamento.

Entretanto, para estabelecer uma sequência lógica no desencadeamento dos trabalhos, pegamos o modelo de desenvolvimento da empresa ENOPS que tem trabalhos de implantação de válvulas, considerando conveniente definir as tarefas integrando fases de desenvolvimento conforme apresentado a seguir:

1ª Fase – Planejamento de Instalação de Sistemas de Redução e Controle de Pressão;

2ª Fase – Estudo de Instalação de VRPs;

3ª Fase – Projeto Executivo de Sistemas de Controle e Redução de Pressão;

4ª Fase – Fornecimento;

5ª Fase – Instalação de Sistemas de Redução e Controle de Pressão

6ª Fase - Pré-operação e Comissionamento de Sistemas de Redução e Controle de Pressão.

A 1ª Fase é feita a nível global da Unidade de Negócio contemplando todos os setores de distribuição e tem a finalidade de obter seleção e controle dos subsetores, priorizando a gravidade dos problemas que apresentam em termos de perdas reais de abastecimento, de quantidade de rede protegida, de vazão provável de recuperação, etc. e a partir da 2ª Fase, o desenvolvimento dos trabalhos segue o princípio básico de uma produção em série, sendo o controle da pressão em nível de subsetor a unidade de produção. Quer dizer, por exemplo, que não é necessário ter o conhecimento e a seleção de todos os subsetores viáveis de instalação de sistemas de controle para se dar continuidade aos passos seguintes, ou seja, num determinado momento pode-se estar dando fim ao processo de instalação de determinados subsetores, estar desenvolvendo os estudos de instalação de alguns, os projetos executivos de outros e estar em alguns deles já em pré-operação. (SABESP, 1999)

Os trabalhos iniciam-se com uma pré-seleção criteriosa dos subsetores que em função de suas características de pressão, configuração, material e idade da rede, indiquem que serão obtidos consideráveis benefícios com a instalação de um sistema de controle de pressão, seja em termos de recuperação imediata de perdas reais, seja melhorando as condições operacionais para evitar o surgimento, na mesma escala, de novos vazamentos e para que, nas que venham a surgir, se tenha menor volume de água perdido. O sistema de controle de pressão de um subsetor, de preferência será configurado com a instalação de uma única VRP, entretanto, admite-se a possibilidade de instalar VRPs em série para regular a pressão convenientemente ou em paralelo, para regular o atendimento das demandas do subsetor. (GONÇALVES, 1998)

Como as partes mais importantes dos equipamentos que configuram os sistemas de controle são importadas, tão logo se tenha a pré-seleção dos possíveis subsetores e das condições de vazão e pressão, mesmo aproximada, será feita a encomenda dos materiais e equipamentos que se precise importar, pois eles levam tempo para serem fabricados, transportados e

liberados pelas autoridades. Trabalha-se em conjunto com a empresa contratada, montando-se as plantas com sua delimitação física. Por meio de inspeções “in loco”, se verificará se os cadastros correspondem à realidade, ou se é necessário fazer detecções de registros cobertos e medições de pressão em cavaletes de montante e jusante para verificar sua condição de aberto ou fechado. Prima-se constatar se há condições de isolar o subsetor, definindo as intervenções necessárias para poder materializar o isolamento, e as intervenções devem ser as mínimas possíveis. (ENOPS, 2001)

Isolado o subsetor, o qual deverá estar alimentado por um ou no máximo três pontos, e não havendo falta de pressão em nenhum local, a equipe voltará a campo para verificar e confirmar se o isolamento realmente existe. Somente depois de se ter certeza de que o isolamento existe ou que isso pode ser conseguido em curto prazo, é que serão instalados os TAPs¹⁴ (registros para executar medições de vazão e pressão) nos locais por onde é feita a alimentação do subsetor, os mais próximos possíveis dos locais onde serão instaladas as estruturas de controle para prescindir das caixas de abrigo.

Com a instalação dos TAPs coleta-se informações da profundidade, a confirmação do material da tubulação e do diâmetro externo (especialmente se o tubo é de cimento amianto que apresenta variações), para poder encomendar o material que esteja faltando e cuja aquisição depende de tal conhecimento. Nos TAPs serão feitas as primeiras medições de vazão e pressão durante sete dias e simultaneamente, medições de pressão na rede em cinco pontos de interesse, para se obter os parâmetros necessários para as definições posteriores.

Neste momento já se deve estar configurando o modelo matemático para a simulação hidráulica do subsetor, o qual será a seguir calibrado com os dados das medições de vazão e pressão e feito, com seu auxílio, o projeto da instalação definindo-se se haverá necessidade de instalar uma ou mais VRP. As providências para a construção das caixas de abrigo serão iniciadas tão logo se tenham as definições principais das mesmas e como já se mencionou antes, aproveitando-se, de preferência, a escavação feita para a instalação dos TAPs. (BRASIL, 1998)

¹⁴ TAP: registro derivação para executar medições de vazão e pressão.

Após a conclusão da instalação do sistema de controle do subsetor, o mesmo entrará em funcionamento com calibração inicial feita a partir das informações obtidas nas medições de vazão e pressão já realizadas e das simulações efetuadas com o auxílio do modelo matemático. Com o sistema de controle em operação proceder-se-á a efetivação de novas medições de vazão e pressão. Com as informações obtidas nessas medições e comparando-as com os das primeiras feitas antes da instalação das VRPs, ter-se-á a avaliação inicial dos resultados e serão feitos os ajustes na calibração para continuar a pré-operação em condições otimizadas.

Acompanhando a operação das VRPs será possível manter os sistemas instalados em perfeitas condições de funcionamento e obter os parâmetros que permitam a avaliação final dos resultados e que forneçam, com sua sistematização, subsídios de forma continuada ao Programa de Controle e Redução de Perdas.

3.11 – Perdas Aparentes

A questão das perdas aparentes também tem seus desafios com necessidade de investimentos contínuos especialmente na tecnologia de medição e no combate a fraude.

3.11.1 – Erros nos medidores de vazão

Problemas na medição podem levar estratégias de redução de perdas a fracassos quanto ao retorno das ações implantadas. A medição é o meio para conhecer, diagnosticar, alterar e avaliar as diversas situações operacionais em um sistema de abastecimento de água. (TARDELLI FILHO, 2006).

Os principais problemas quanto à medição são:

- Imprecisão dos macromedidores existentes nos Sistemas de produção e distribuição de água;
- Má qualidade dos medidores;
- Submedição;

- Dimensionamento inadequado do medidor;
- Detritos nas redes de distribuição;
- Efeito caixa d'água;
- Envelhecimento do parque de hidrômetros;
- Inclinação dos hidrômetros.

A macromedição refere-se ao conjunto de medições de grande porte como a entrada de água nos sistemas de distribuição, vendas de água no atacado para outros setores e municípios e grandes consumidores.

Geralmente são contabilizados por medidores de vazão para condutos forçados como:

- Medidores deprimogêneos como o Venturi;
- Medidores tipo turbina como o hidrômetro;
- Medidores de velocidade de escoamento ou de inserção tipo o Tubo de Pitot e eletromagnético como o indicado na figura 36:

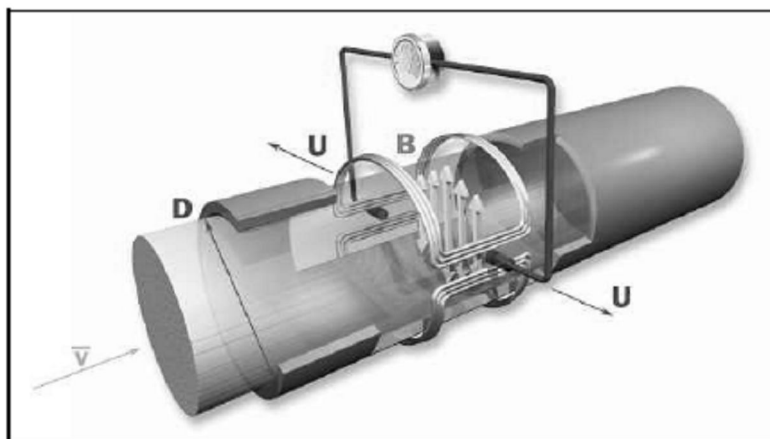


Figura 36- Medidor de vazão Eletromagnético.

Fonte: SABESP, 2009

Em relação à micromedição, apesar da complexidade ser menor, vários fatores pode contribuir para reduzir a probabilidade de submedição do volume consumido. O quadro 10 indica as principais características dos medidores em função da vazão.

Quadro 10 - Tipos de hidrômetro

Características do traço	Tipo de hidrômetro recomendado
Pontos com variações suaves e vazões baixas/médias	Hidrômetros comuns (classe B ou C)
Pontos com vazões contínuas baixas e eventuais vazões altas	Hidrômetros classe C, eventualmente compostos
Pontos com vazões altas em patamares característicos	Woltmann classe A ou B
Pontos com grandes variações rápidas de vazão	Woltmann superdimensionados, medidores proporcionais ou medidores estáticos (eletromagnéticos)
Pontos com vazão média e picos eventuais elevados	Medidores estáticos (eletromagnéticos)
Pontos com variações sazonais (inverno/verão)	Medidores compostos

Fonte: SABESP, 2009

3.11.2 – Gestão Comercial

A gestão comercial de uma companhia de saneamento compreende todo aparato de processos, sistemas e recursos humanos que permite a contabilização das vendas de água tratada e seu faturamento; é o que viabiliza as receitas da empresa.

Alguns fatores contribuem diretamente na perda de faturamento:

- . Ligações clandestinas;
- . Fraudes (by pass, violação de hidrômetro e/ou qualquer tipo de violação na ligação ativa ou inativa);

- Roubo de água em hidrantes ou em quaisquer pontos;
- Inexistência de hidrometração das ligações;
- Falha do cadastro comercial;
- Deficiência nos sistemas e nas rotinas comerciais na apuração dos consumos;
- Política tarifária;
- Falta de acompanhamento e controles sistematizados dos consumos medidos faturados.

A figura 37 apresenta os principais fatores que contribuem com as perdas aparentes e servem como estratégia para sua redução.

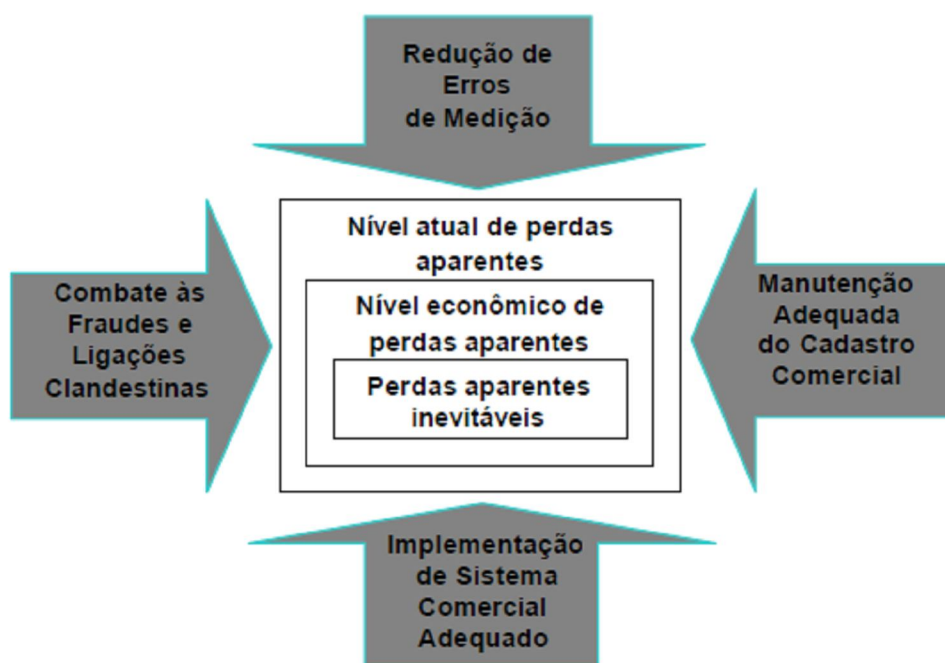


Figura 37- Esquema com as principais ações para redução de perdas aparentes.

Fonte: TARDELLI FILHO, 2006

Assim como nas Perdas Reais, existe um mínimo de Perdas Aparentes, considerado inevitável. O componente relativo à redução dos erros de medidores demonstra a preocupação que se deve ter em relação à especificação correta dos medidores, às trocas e calibrações. Quanto à fraude e melhoria do cadastro comercial, o foco deve ser evitar as ocorrências. Realização de gestão adequada dos consumos para identificação rápida dessas irregularidades. A qualificação da mão de obra deve ser primordial em todos os programas de eficiência e, nesse caso que envolve a gestão do faturamento da empresa, a capacitação deve ser continuada. (SABESP, 2009).

Em síntese, as perdas aparentes podem estar distribuídas desde a entrada do sistema de distribuição até o hidrômetro localizado na casa do cliente. A figura 38 demonstra qual o impacto e solução em cada fase do sistema.

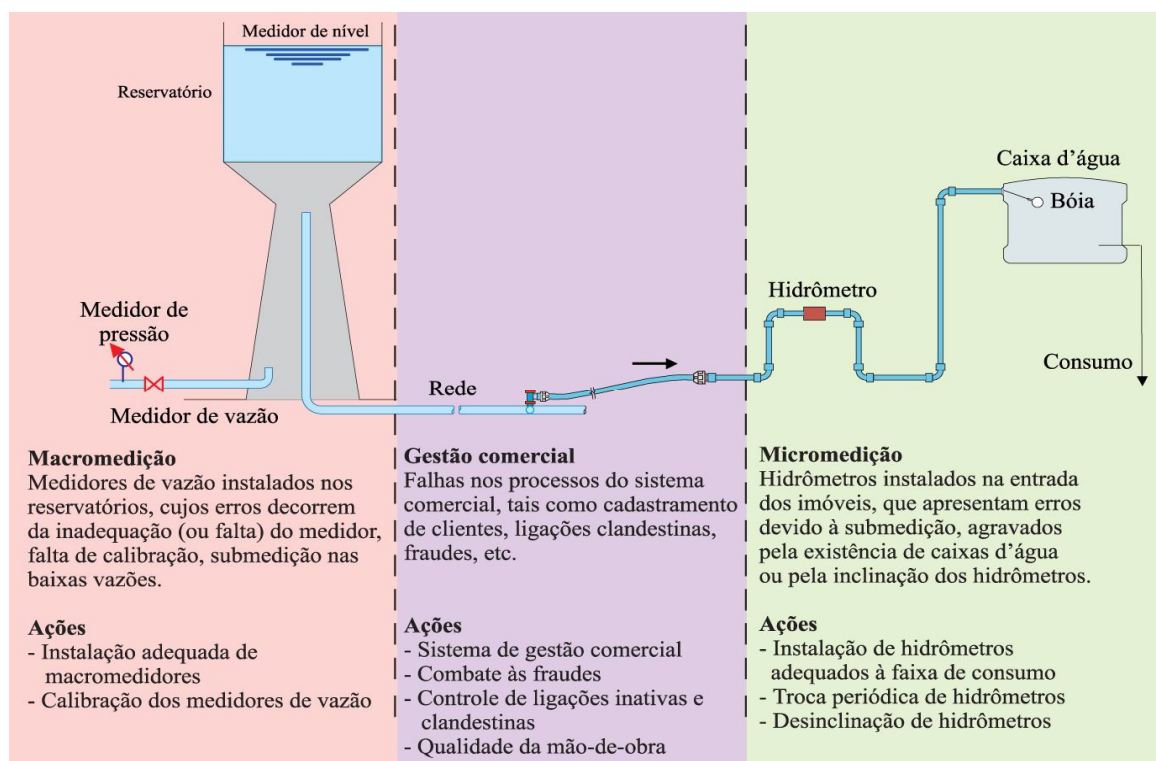


Figura 38 - Indicação de ações para combate a perdas aparentes

Fonte: TARDELLI FILHO, 2006

4. MATERIAL E MÉTODOS

A avaliação foi precedida dos levantamentos necessários para diagnosticar o estudo de caso, com suas principais características e a composição das perdas de água no sistema de distribuição.

O balanço hídrico foi o primeiro documento avaliado, pois identifica as características do volume perdido, facilitando o entendimento.

Em seguida, foram estudadas as ações realizadas pela Unidade de Negócio Norte, com a finalidade de compará-la com as identificadas no referencial teórico.

A avaliação da eficácia das ações foi feita com base em indicadores específicos de cada ação, nos referenciais teóricos e outras unidades de negócio.

No Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS dos anos de 1998 e 2008 - foram verificados e selecionados dados e indicadores de empresas de médio e grande porte para identificar a evolução ocorrida no período. Nessa comparação foi situado o estudo de caso no contexto nacional.

Alguns itens relacionados à perda de água não fizeram parte desse estudo:

- perdas referentes ao processo de tratamento da água;
- adutora que conduz a água tratada da estação de tratamento até o reservatório.

Essa parte do sistema de abastecimento é de difícil comparabilidade, faz parte de uma gestão concentrada onde é mais fácil identificar as causas e respectivas soluções.

- vazamentos localizados após o medidor de consumo individual do usuário.

As ocorrências após o hidrômetro são de responsabilidade do proprietário e não são contabilizadas nos indicadores de perdas.

A figura 39 indica as partes componentes do sistema de abastecimento:

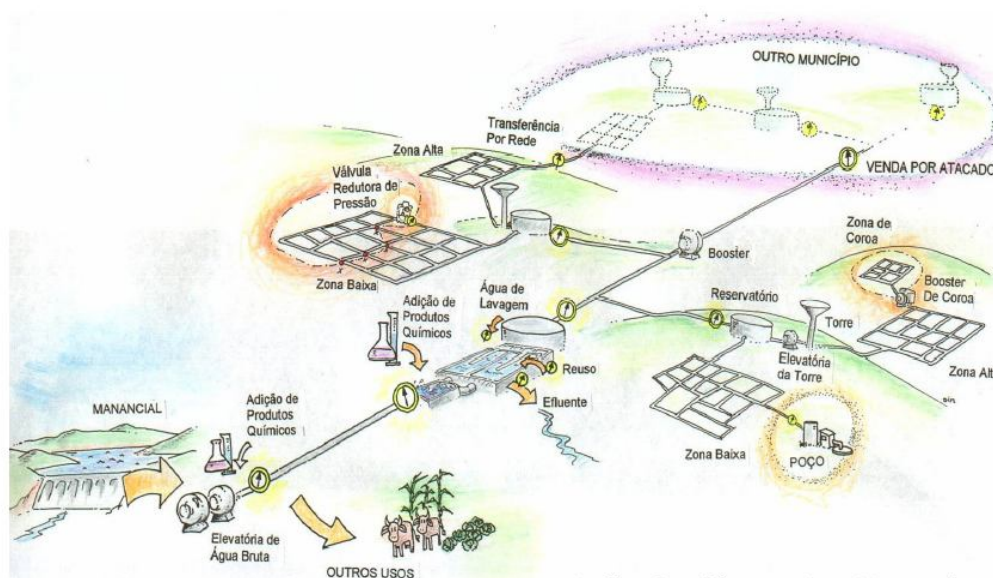


Figura 39 – Componente do sistema de abastecimento de água

Fonte: SABESP, 2001

Os itens avaliados foram a partir do medidor de entrada dos reservatórios de abastecimento, após o processo de tratamento de água. Neles estão inseridas as redes de distribuição de água, ventosas, ramais, registros, hidrômetros, válvulas redutoras de pressão, estações elevatórias, reservatório e singularidades.

4.1 – Estudo de Caso: Unidade de Negócio Norte da SABESP.

A Unidade de Negócio Norte – MN¹⁵ é responsável pela expansão, operação e manutenção das redes de distribuição de água e coleta de esgotos de 31 setores de abastecimento de água.

A maior parte do estudo de caso é abastecida pelo Sistema produtor Cantareira, devido à elevada cota de sua Estação de Tratamento de água, a ETA – Guaraú atende a quase toda a

¹⁵ MN – Unidade de Negócio Norte da SABESP

sua área de influência por gravidade, com poucas estações elevatórias associadas. A figura 40 apresenta os setores abastecidos pelo Sistema Cantareira.

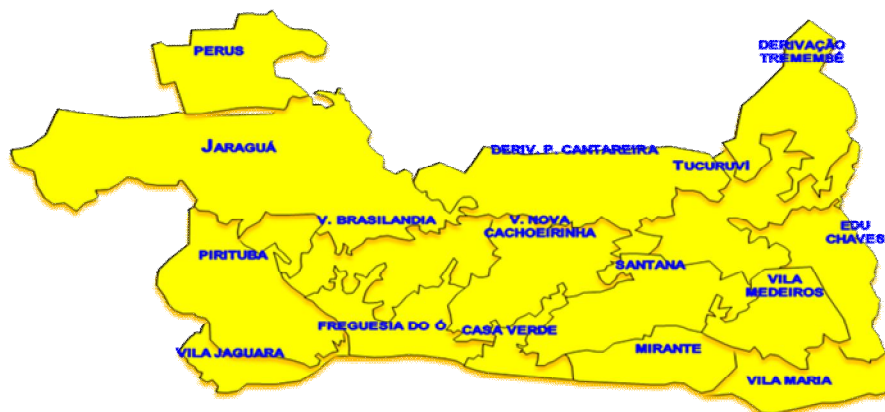


Figura 40 - Caracterização geral da MN

Fonte: SABESP, 1988

Com exceção de Franco da Rocha, Caieiras e Francisco Morato, que recebem água do sistema Cantareira identifica-se sistemas locais, chamados de isolados, cada um com o seu sistema de distribuição, conforme figura 41.



Figura 41 - Caracterização dos municípios da Sabesp MN

Fonte: SABESP, 1988

O Sistema de Abastecimento de Água da MN pode ser caracterizado resumidamente, pelos seguintes dados, conforme tabela 9:

Tabela 9 - Características Principais dos Sistemas Operados pela MN

ANO DE REFERÊNCIA: 2009	MN
Nº Médio de Ligações	753.225
Nº de Hidrômetros	753.225
Pequena Capacidade (Até 3 m ³ /H)	748.808
Grande Capacidade	4.417
Extensão de Rede (km)	5.130
Volume Fornecido à Distribuição (milhões m ³)	299
Volume Micromedido (milhões m ³)	166
Volume Perdas Reais (milhões m ³ /ano)	73
Volume Perdas Aparentes (milhões m ³ /ano)	31
Volume Perdas Totais (milhões m ³ /ano)	106
Volume de Usos Sociais (milhões m ³ /ano)	29
Volume de Águas Não-Faturadas (milhões m ³ /ano)	135
Volume de Águas Faturadas (milhões m ³ /ano)	166
Volume de Consumo Autorizado (milhões m ³ /ano)	195
Pressão Estática Média na Rede (mca)	34

Fonte: SABESP, 2009

A tabela 10 apresenta as principais grandezas do sistema de distribuição de água operado pela MN.

Tabela 10 - Características Principais do Sistema de Distribuição da MN

Dados	
População atendida (hab)	3.0009.080
Extensão ramais (km)	3.831
Extensão de rede (km)	5.130
Extensão total (km)	8.960
Número de ligações	753.225
Número de economias	1.001.546
Índice de atendimento (%)	100
Ind. de hidrometração (%)	100
Consumo “per capita” (l/hab.dia)	141
Densidade de ligações (ligações/km)	153
Economias por ligação (economias./lig.)	1,3

Fonte: SABESP, 2009

4.1.1 - Setorização existente

Foram objeto de estudo as ações e os esforços separados por setor de abastecimento, com o objetivo de correlacionar os resultados com as ações empregadas.

As experiências de controle e redução de perdas em agrupamentos de setores de abastecimento historicamente são pouco eficazes. A análise do indicador global dificulta a distinção dos resultados de cada ação. Logo, o controle em um setor de abastecimento já representa um avanço de qualidade na gestão de perdas. (SABESP, 2009).

É fundamental a definição do setor de abastecimento como unidade de planejamento, ou seja, que os setores tenham limites perfeitamente estabelecidos e materializados em campo.

O não-fechamento dos setores pode levar à distorção dos resultados e indicadores, dificultando a gestão do programa. Os limites devem ser respeitados e submetidos a rigoroso controle para que efetivamente se tenha reflexo confiável do resultado das ações que visam à diminuição das perdas de água.

Outro fator são as diferentes características entre os setores de abastecimento, especialmente quanto à infra-estrutura e condições de abastecimento.

4.2 – Desenvolvimento do programa de redução de perdas

4.2.1 - Vazamentos

Verificaram-se as principais ações contempladas no Programa de Redução de Perdas na MN, dirigidas para o combate aos vazamentos, foram priorizadas as seguintes:

- Redução do tempo médio de reparo dos vazamentos;
- Frequência de duas vezes por ano na pesquisa de vazamentos não visíveis;

- Renovação da infra-estrutura por meio da troca de ramais.

Para essa atividade, o objetivo foi levantar as informações contidas nos sistemas corporativos da empresa, para verificar aspectos como continuidade, eficácia, causas e estratégias para obter o melhor resultado no menor tempo possível.

4.2.2 – Avaliação dos Custos e Retorno das principais ações

Foi levantado o custo da água e o das ações, e realizadas avaliações quanto aos custos para recuperação do volume, custos de produção e da distribuição da água. A figura 42 ilustra essas considerações para o caso da pesquisa de vazamento.

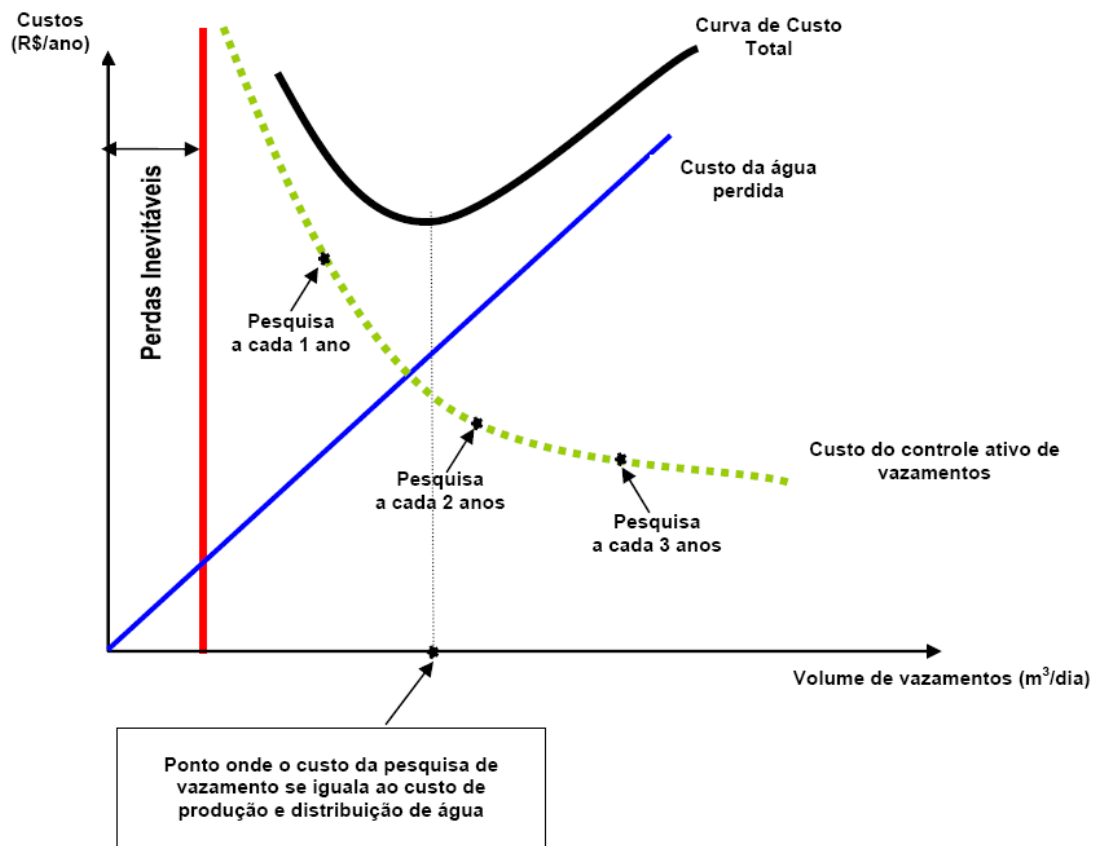


Figura 42 - Viabilidade econômica da pesquisa de vazamentos.

Fonte: SABESP, 2009

À medida que o custo da água perdida se aproxima do custo de recuperação das fugas, as concessionárias de água tendem a reduzir o interesse em investir na área. (GUMIER, 2005)

O custo para produção da água no estudo de caso é de R\$0,60 por m³. Há avaliações internas em que o custo para distribuição até o usuário se aproxime de R\$1,50, pois envolve todos os custos com energia elétrica, manutenção e operação no sistema de distribuição.

Em relatório de prestação de serviços de engenharia consultiva realizada pela Sabesp em conjunto com o consultor Julian Thornton, avaliaram-se os principais serviços empregados para redução de perdas. A base de referência foi a frequência econômica de vazamentos e a economia gerada por essa ação. A partir desse resultado, foram calculados os quantitativos das demais atividades que apresentem a mesma economia gerada pela pesquisa de vazamentos. Os quantitativos ficaram assim:

- frequência econômica de detecção de vazamentos em 6 meses.
- instalação por dois anos de 22 VRPs;
- troca de ramais por dois anos fora da área de VRP em 20.000 unidades por ano;
- troca de ramais por dois anos dentro da área da VRP 43.800 ramais por ano;
- troca de rede por quatro anos de 658 km de rede por ano.

Para essa avaliação foram utilizados os seguintes valores:

- custo para detecção de vazamentos: R\$ 400,00 por quilômetro;
- custo do reparo em rede: R\$ 286,00 por unidade;
- custo do reparo em ramal: R\$ 203,50 por unidade;
- custo médio da VRP: R\$ 90.000,00 a unidade instalada;

- custo da troca de ramal: R\$ 220,00 por unidade;
- troca de rede: R\$ 150.000,00 por km de rede.

4.2.3 – Controle de pressão

A questão do controle de pressão foi classificada em função da participação setorial e os impactos gerados tais como redução do volume perdido, e globalmente, pela redução do número de ocorrências de vazamentos. Verificaram-se os efeitos causados pelo programa de controle de pressão nas redes de distribuição como a diminuição da pressão média.

4.2.4 - Macromedição

No sistema de distribuição da Sabesp MN existem atualmente 74 pontos fixos de medição, dos quais, 37 são pontos fixos de medição com macromedidores preponderantemente do tipo de primogêneo e os demais são do tipo eletromagnéticos e hidrômetros.

A avaliação da macromedição foi feita em função dos levantamentos anuais que têm o objetivo de identificar pontos de exceção, aqueles que podem trazer prejuízos na avaliação do indicador de perdas.

4.2.5 - Situação da Micromedição

No estudo de caso foi verificada a condição da micromedição quanto à totalidade de medição, idade dos hidrômetros, trocas preventivas e corretivas.

O objetivo foi identificar os problemas relacionados à submedição dos hidrômetros, esse que é o principal problema na questão de medição dos volumes consumidos pelo usuário.

Foram realizados levantamentos no banco de dados do sistema comercial para verificação se a rotina de trocas preventivas e corretivas tem atendido os objetivos de reduzir a submedição causada pelo componente envelhecimento do hidrômetro.

4.2.6 – Indicadores de perdas

A sistemática de avaliação do desempenho dos trabalhos foi baseada nos principais indicadores de perdas da I.W. A que concretamente represente o nível e o controle de perdas no referido estudo de caso.

Os indicadores são:

- Índice de perdas totais por ligação;
- Índice de perdas reais por ligação;
- Índice de perdas aparentes por ligação;
- Índice de perdas de faturamento;
- Índice de perdas da micromedição;
- Índice de águas não faturadas;
- Índice infraestrutural de perdas

A avaliação conteve também o balanço hídrico que expressou detalhadamente os principais componentes das perdas de água do estudo de caso.

Os indicadores:

- perdas na distribuição;
- perdas por ligação;
- perdas por faturamento;
- volume disponibilizado por economia.

Foram avaliados comparativamente utilizando a base de dados do SNIS do ano de 1998 e 2008, como forma de avaliar a eficácia do programa.

As concessionárias escolhidas possuem similaridades quanto ao porte, nível de atendimento e são controladas pelo poder público.

Tabela 11- relaciona municípios e as empresas comparadas:

EMPRESA MUNICIPIO
CAESB/DF
CAGEPA/PB
Campinas/SP
CASAL/AL
CASAN/SC
CESAN/ES
Diadema/SP
Juiz De Fora/MG
Jundiaí/SP
MN
Porto Alegre/RS
Ribeirão Preto/SP
SANEAGO/GO
SANESUL/MS
Santo André/SP
Volta Redonda/RJ

Fonte: SNIS, 2009.

4.2.7 – Impacto nos mananciais

A captação de água dos mananciais foi avaliada em função dos volumes macromedidos desde o início do programa até o ano de 2009, considerando os fatos relevantes ocorridos nesse período, inclusive o fato do crescimento populacional. Os volumes foram avaliados de forma absoluta e proporcional ao número de ligações e também ao número de economias.

Foram utilizados os dados do novo manancial Alto Juquiá para referenciar os investimentos necessários para captação de um novo manancial e como a redução das perdas de água pode impactar na postergação desse tipo de investimento.

5 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os indicadores observados pelos pesquisadores, em grande parte, foram aplicados e facilitaram o entendimento do perfil das perdas de água em um sistema de distribuição de água.

Quanto às ações, a análise foi feita com foco nas principais identificadas na pesquisa bibliográfica e aplicada com os dados mais recentes, especialmente a do ano de 2009, a comparada com o proposto pelo programa no período de dez anos e com outras unidades de negócio da empresa.

5.1 - Tempo médio de reparo de vazamentos na MN

O tempo médio de reparo nos anos anteriores a 1999 girava em torno de 24 horas. Foi estabelecida uma meta de tempo médio em torno de 16 horas, sendo atingida em 1999, em torno de 10 horas, e em 2000 em 12 horas. Considerando que a vazão média de cada vazamento localizado na rede gira em torno de 2,5 l/s e cada hora representa 9m³, podemos considerar de grande vulto esse resultado, pois o volume recuperado é em torno de 130 m³, por vazamento reparado, com base em estudo de vazão por vazamento.

A tabela 12 relaciona as metas iniciais e o os resultados atingidos.

Tabela 12- Evolução da Ação de Reparo de Vazamentos

Ano	1998	1999	2000
Meta	16 h	16 h	15 h
Realizado	12,5 hs	15 h	18 h
Atendimento	Atendido	Atendido	Não atendido

Fonte: SABESP, 2009

Esse formato de acompanhamento se mostrou ineficaz quanto ao volume perdido de água, pois tratava vazamentos com grau de dificuldade diversa com mesmo limite de horas. Um exemplo é o vazamento de cavalete e o de rede, tendo o mesmo peso no atendimento.

Há grande quantidade de vazamentos em cavaletes que pela sua baixa vazão não é relevante para a redução de perdas, mas por questões de imagem da empresa são importantes. Atualmente o prazo médio é de 24 horas e casos de maior complexidade como em avenidas no máximo de 72 horas.

Na figura 43 é percebida a flexibilização do controle no tempo de reparo de vazamentos, especialmente nas situações que havia restrições contratuais.

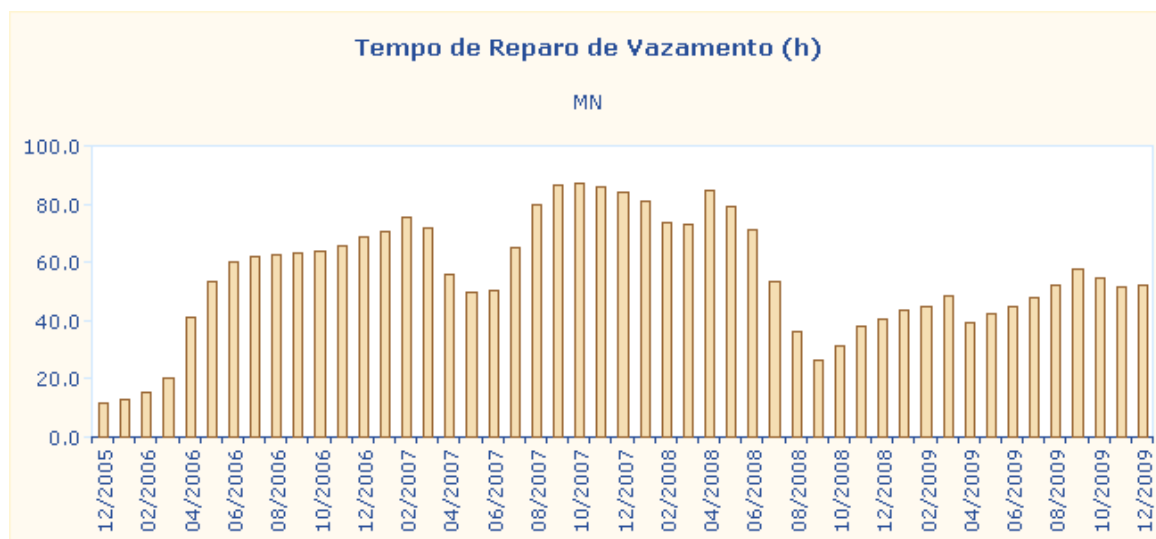


Figura 43- Tempo de reparo de vazamento em horas no período de 2005 a 2009.

Fonte: SABESP, 2009

Apesar dos vazamentos visíveis terem maior atenção da população, o fato é que são menos importantes na estratégia de redução de perdas, pois os que não são visíveis têm maior vazão perdida do que os que estão aflorando no leito asfáltico. Essa avaliação se dá em função da quantidade de dias que se infiltra no solo sem ser detectado.

Na figura 44, percebe-se a diferença entre participação na ocorrência de vazamentos e a vazão do volume perdido nos vazamentos não visíveis detectados. Por essa análise, evidencia-se que o fato não está no atendimento menor em horas, mas sim na identificação dos vazamentos não visíveis antes de se tornarem visíveis.

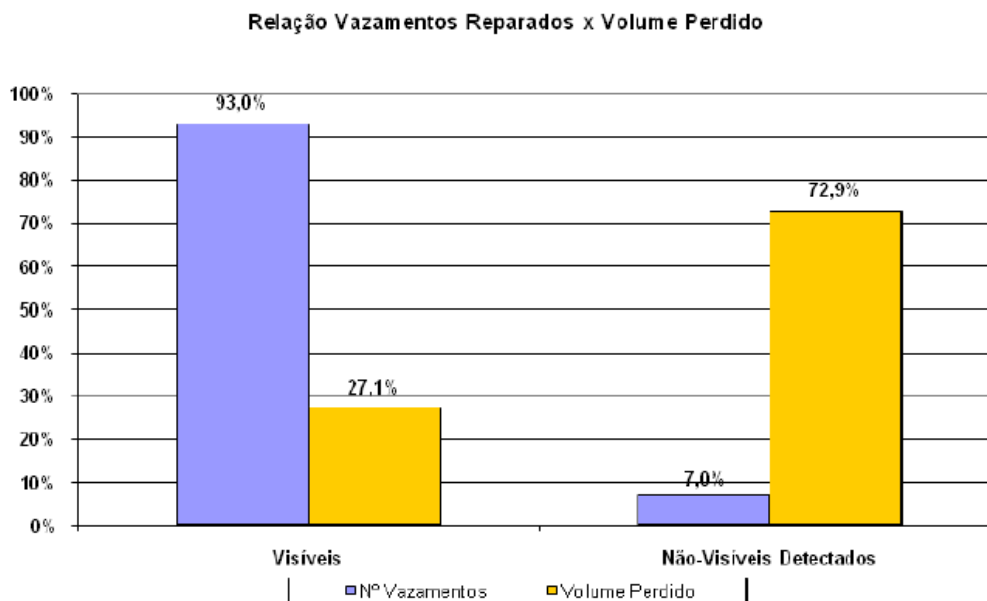


Figura 44 - Relação entre vazamentos visíveis e não visíveis.

Fonte: SABESP, 2009

Muitas vezes, os vazamentos têm origem na própria instalação da tubulação, visto o uso de ferramentas inadequadas para implantação e reparo. Na figura 45, o uso de ferramenta para fechamento do ramal danifica o material, potencializando a possibilidade de um novo vazamento. Na figura 46, o solo com materiais cortantes pode implicar em fissuras no material plástico.



Figura 45 - utilização de ferramenta inadequada para estancar o fluxo de água.

Fonte: SABESP, 2009



Figura 46 - Recobrimento inadequado do ramal de conexão de água.

Fonte: SABESP, 2009

5.2 - Frequência das pesquisas de vazamentos

Houve períodos, entre 1999 e 2005, em que foi priorizada a questão da redução de pressão, entendendo-se que com ela haveria menor quantidade de vazamentos e menor perda em função da modulação das válvulas nos horários onde o componente de perdas reais é maior. Foram dados passos importantes nesse caminho, mas como a infraestrutura tem problemas, especialmente os casos dos ramais, os números de vazamentos não visíveis continuam a surgir e pela frequência de ocorrências, devem seguir assim até a renovação da maior parte dos ramais antigos.

Com a melhoria do diagnóstico percebe-se a importância que o vazamento tem em relação à estratégia de redução de perdas. A execução dos serviços, bem como a questão do material empregado, têm sido as principais causas da quantidade de vazamentos em ramais. O caminho natural é o aumento do volume perdido. Para reverter essa tendência, deverá haver investimentos contínuos.

Na figura 47, percebe-se a dimensão dos impactos gerados pelos problemas de infraestrutura, os quais devem ter investimentos de curto e longo prazo.

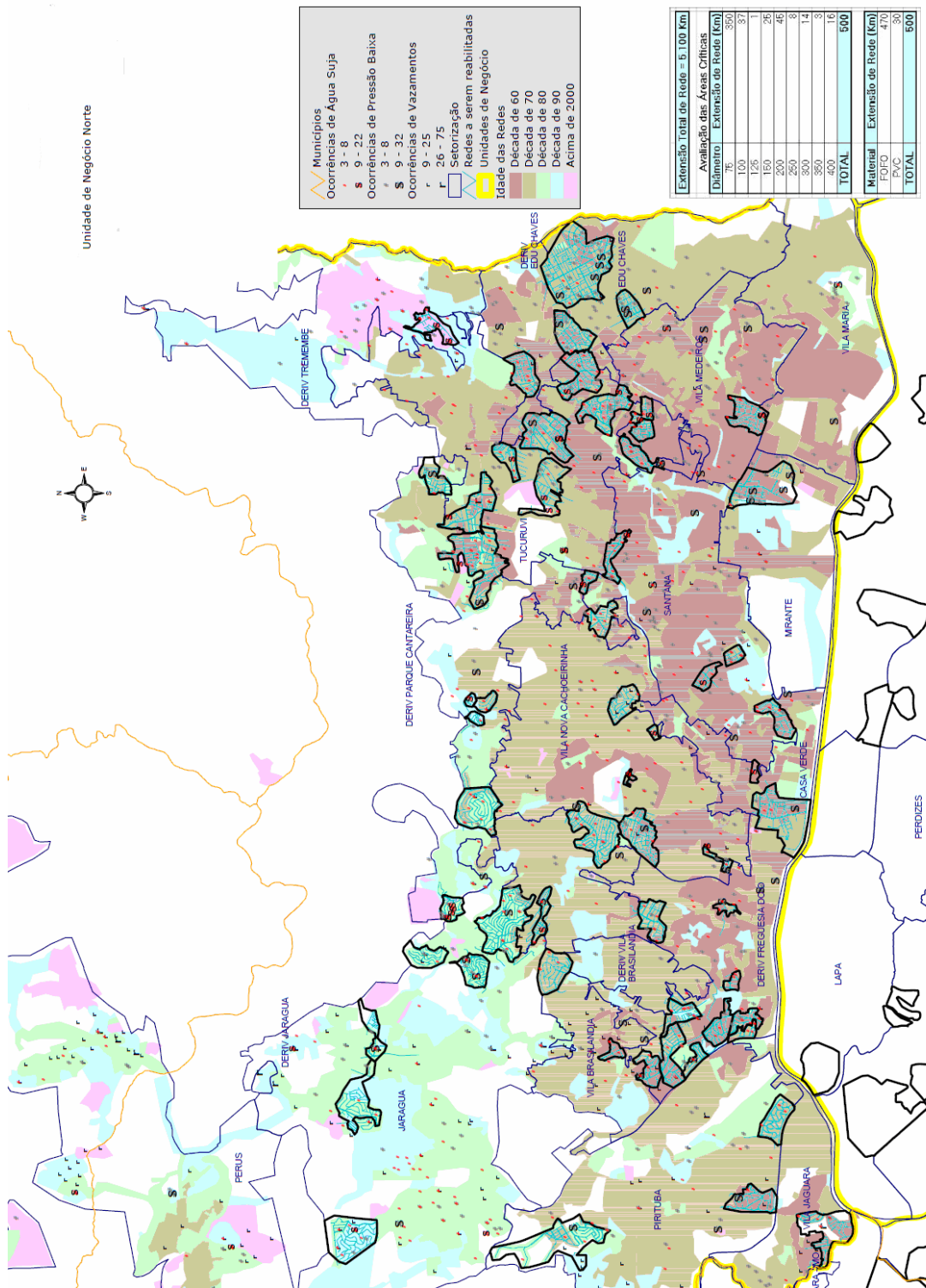


Figura 47- Mapa com ocorrências de vazamentos e pressão baixa

Fonte: SABESP, 2009

Na figura 48, a participação da questão dos vazamentos no volume de perdas no sistema de distribuição de água do estudo de caso.

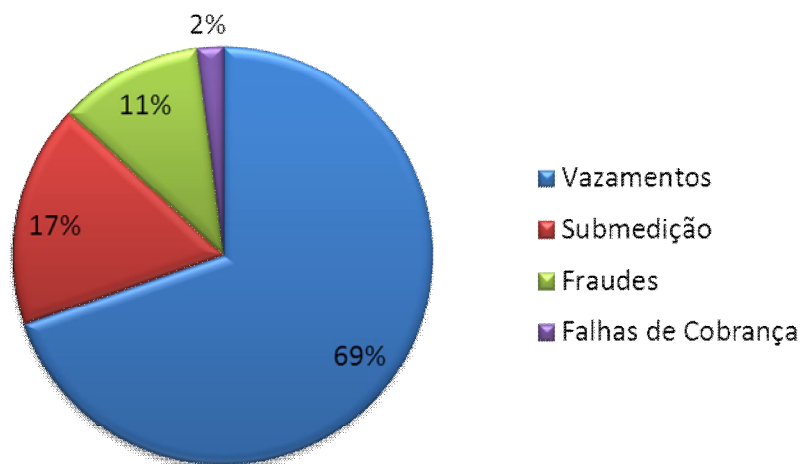


Figura 48 – Participação dos vazamentos no volume de perda da SABESP MN

Fonte: SABESP, 2009

Dentro desse contexto, procurou-se otimizar os recursos para aumentar as pesquisas de vazamento. No ano de 2005, a MN ficou no patamar abaixo de 5.000 km de rede, diferente do objetivo de pesquisar acima de 10.000 km de rede.

A figura 49 indica que a unidade estudada tem alta incidência de vazamentos, parecida com a média da empresa, mas com locais com maior quantidade de vazamentos, que corresponde à teoria de que as ocorrências se concentram em função de problemas estruturais e qualidade do serviço executado, similar aos estudos levantados por Tomaz (2009), oriundos da Suécia e do Canadá.

Os vazamentos de água se aglutinam em certas áreas, formando *clusters*, onde as ocorrências ficavam numa faixa de até 200 metros do outro vazamento.

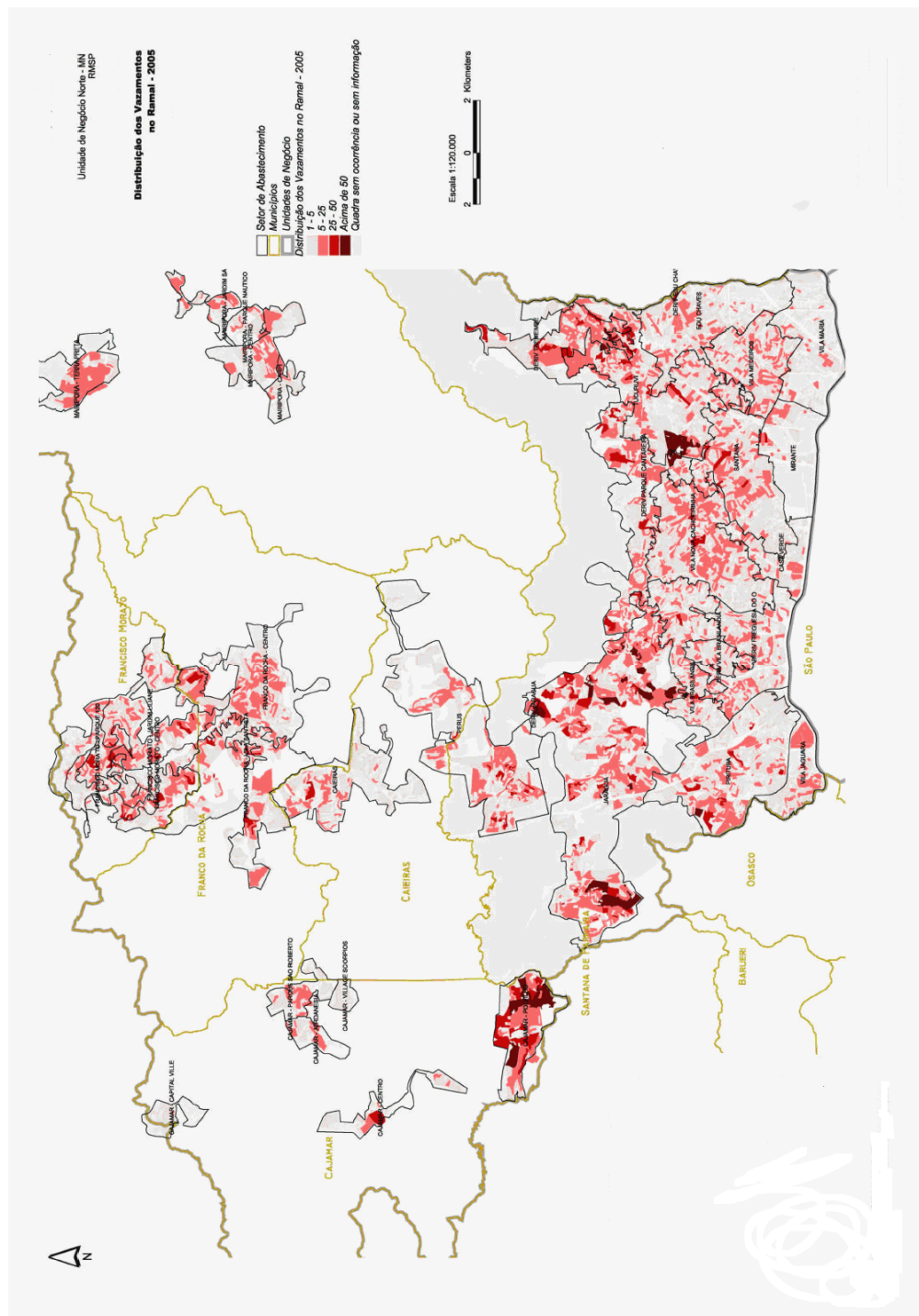


Figura 49- Mapa com incidência de vazamentos em ramais.

Fonte: SABESP, 2009

A gestão adequada da detecção de vazamentos pode resultar em avanços mais rápidos com custos menores. O trabalho pode ser direcionado, planejado e com menor impacto ao usuário.

5.2.1 – Performance da pesquisa de vazamento não visível.

Nos dois últimos períodos foram atingidas as metas explicitadas no item 5.2. Na MN tem-se encontrado em torno de 1,0 vazamento por km pesquisado, que em comparação com as outras Unidades de Negócio da SABESP na região metropolitana, apresenta o melhor desempenho em 2009, conforme demonstrado na figura 50.

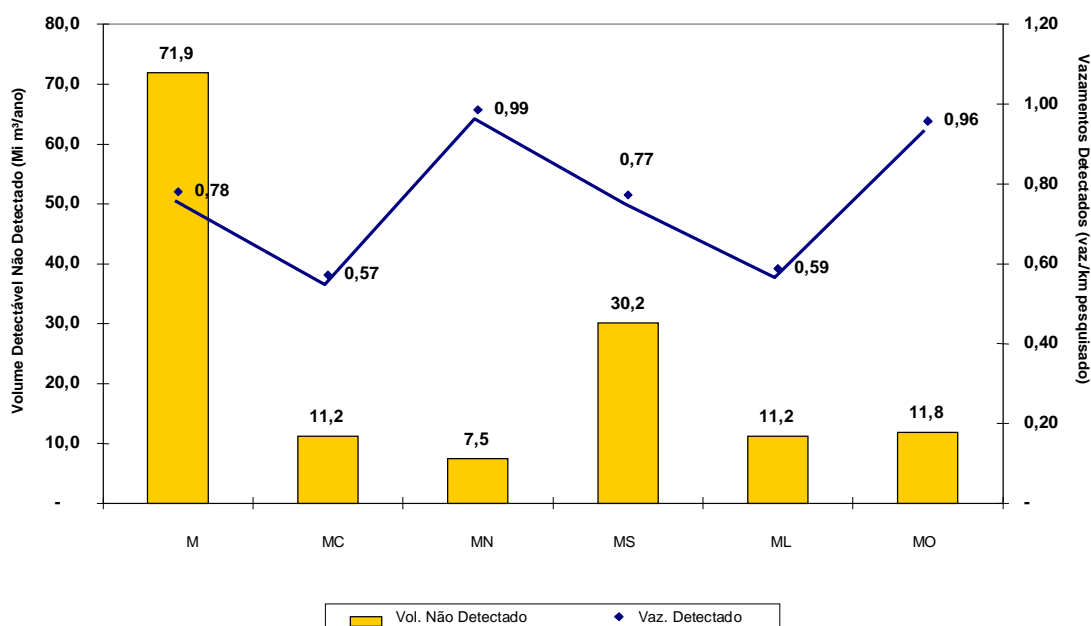


Figura 50- Desempenho da detecção de vazamentos em ramal nas unidades de negócio da SABESP.

Fonte: SABESP, 2009

5.2.2 – Vazamentos em ramais.

Na comparação referenciando o reparo de vazamento para cada mil ligações, podemos observar variações importantes entre as Uns, trazendo reflexões se esse indicador não precisa estar somado às trocas realizadas em ramais com vazamento, pois no formato atual pode

haver distorção nos números de ocorrências de vazamentos, conforme demonstrado na figura 51:

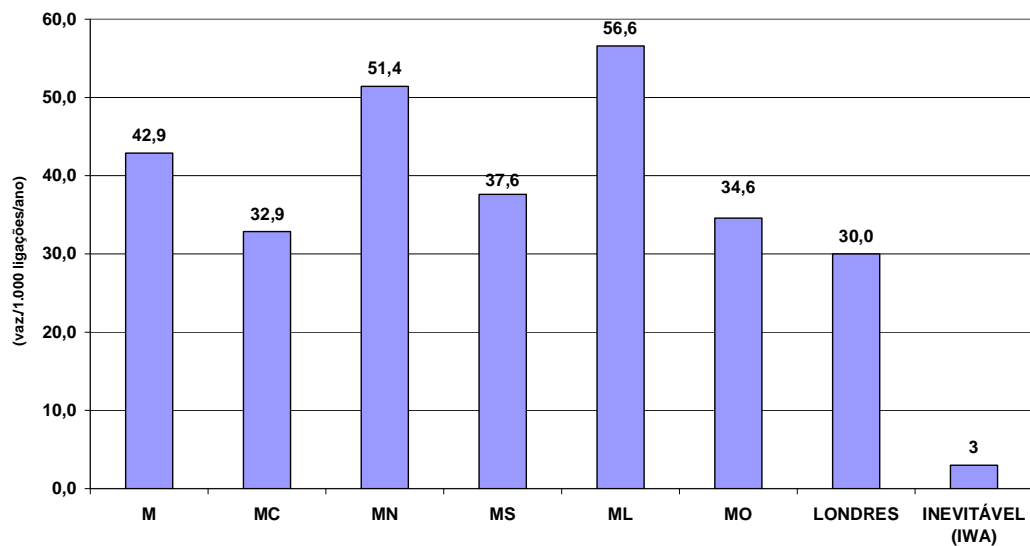


Figura 51 - Comparativo do Indicador vaz/1000 ligações por ano.

Fonte: SABESP, 2009

Alguns estudos apontam para menor ocorrência em ramais em outras infraestruturas:

- 7,6 vaz/1000 lig. na Alemanha por Gerlingen (2001);
- 4,3 vaz/1000 lig. em Tóquio no Japão;
- 9 vaz/1000 lig. em Sandakan na Malásia;
- 19,5 vaz/1000 lig. em Saitama no Japão. (SABESP, 2005).

Demonstra-se dessa forma que a quantidade de ocorrência de vazamentos em ramais é o principal fator gerador de perdas no estudo de caso.

5.2.3 – Vazamentos em redes

A mesma abordagem pode ser feita para os vazamentos de rede. Quando se compara a incidência proporcional à extensão do sistema, pode-se entender melhor como o sistema está, comparável com qualquer sistema com as mesmas características.

A figura 52 indica que a unidade estudada está dentro da média das outras; não é um alento, pois sistemas com infra-estrutura adequada apresentam patamar próximo a 13 vazamentos para cada 100 km de rede

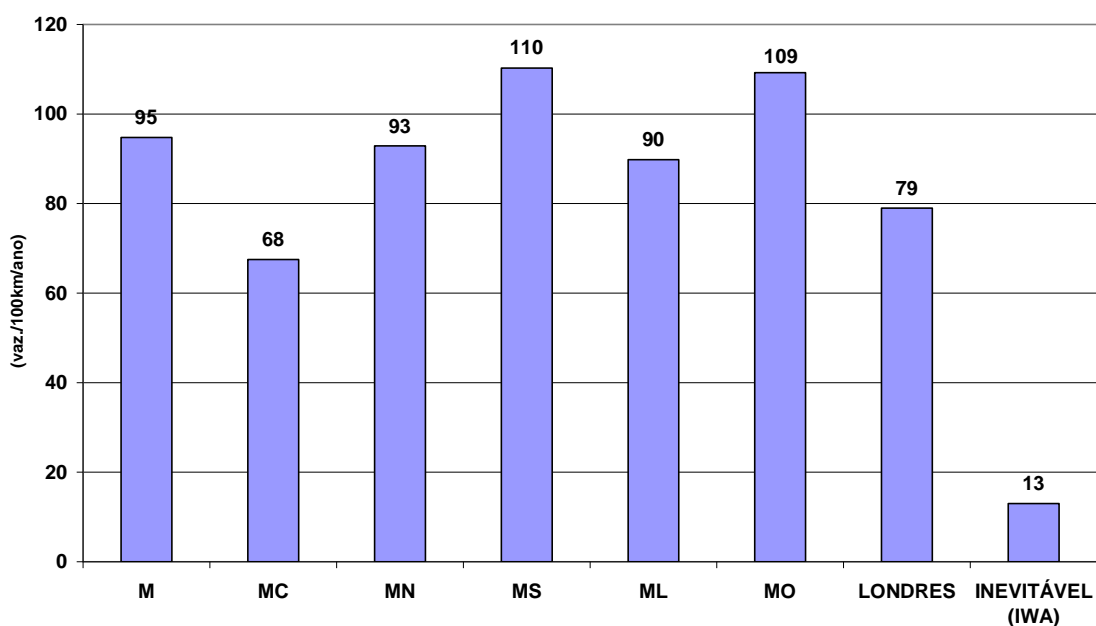


Figura 52 - Comparativo do Indicador Vaz/100 km/ano

Fonte: SABESP, 2009

Os indicadores na Alemanha estão diferentes da realidade brasileira, o número de vazamentos em rede chega a 18 vazamentos para 100 quilômetros no ano (Garlingen 2001). Nos Estados Unidos há uma variação entre 18 a 36 vazamentos, mesmo patamar de Teerã, no Irã. O caso japonês é o que traz os melhores indicadores; varia de 2 a 3 vazamentos/100 km/ano nas cidades de Tóquio e Saitama nos anos 2003 e 2004. (SABESP, 2005)

5.2.4 – Vazamentos não visíveis na rede

Na questão dos vazamentos não visíveis em rede, a identificação é mais complexa e necessita de profissionais experientes e bons equipamentos para locação do vazamento. Em comparação com as demais unidades a MN, fica em segundo lugar no desempenho da identificação proporcional de vazamentos para cada quilômetro pesquisado. A figura 53 mostra que há variação entre as UNs que, além dos fatores técnicos, também pode haver questões em relação ao nível de envelhecimento da infra-estrutura.

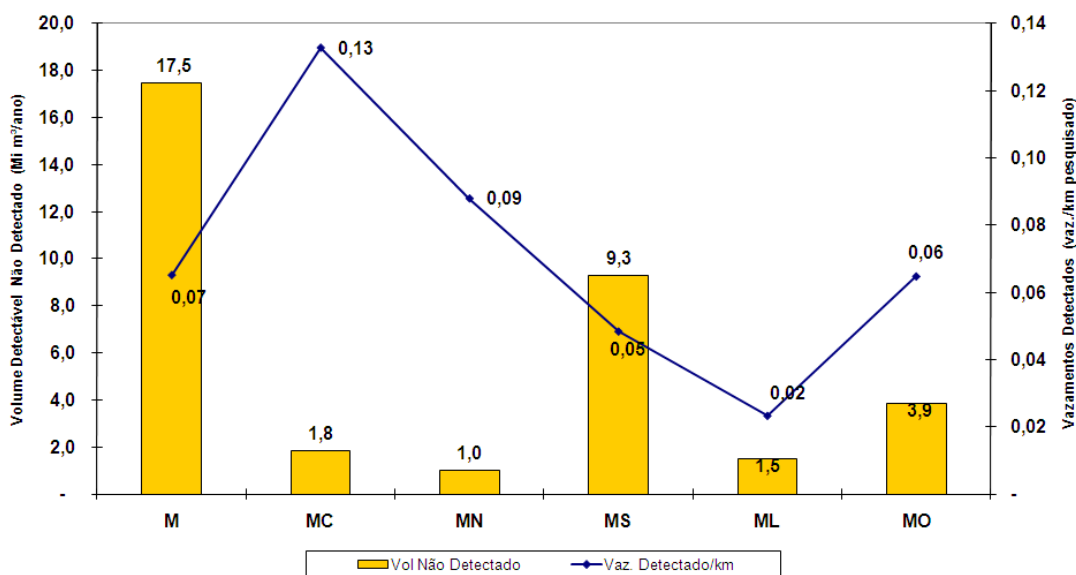


Figura 54 - Desempenho da detecção de vazamentos em rede nas unidades de negócio da SABESP.

Fonte: SABESP, 2009

No caso da MN, o ano de 2009 culmina com a evolução das campanhas de pesquisa de vazamento, chegando ao melhor patamar da última década, conforme demonstra a figura 54:



Figura 55 - Evolução na pesquisa de vazamento entre 2005 e 2009.

Fonte: SABESP, 2009

Com a ampliação da detecção de vazamentos, foi obtida melhoria contínua nos indicadores, onde o potencial está chegando ao limite dos vazamentos inerentes, que são aqueles com vazão pequena e que não são identificáveis no curto prazo com as tecnologias atuais de detecção de vazamento. A figura 55 demonstra a participação dos volumes em cada forma de origem de identificação do vazamento.

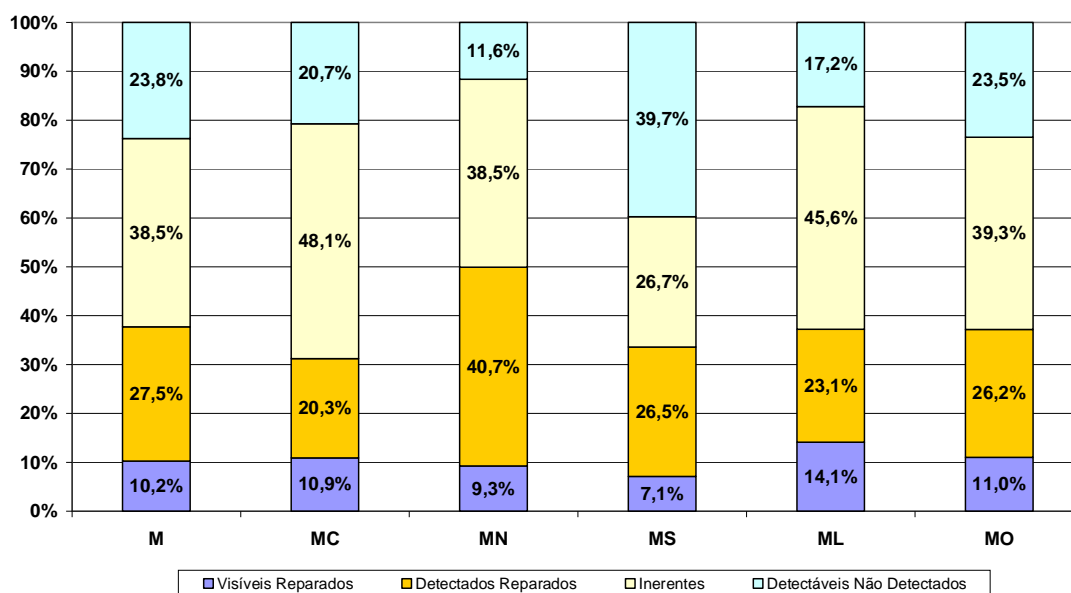


Figura 56- Participação dos volumes na origem da identificação do vazamento.

Fonte: SABESP, 2009

5.2.5 – Perfil dos vazamentos

A importância desse trabalho é identificada pelo retorno na redução de perdas nos setores onde houve intensificação nos trabalhos. Na figura 56, percebe-se que o ramal, apesar de ter menor vazão que a rede, tornou-se mais importante, pois tem ocorrido em maior quantidade. O vazamento em cavalete não tem significância quando o tema é redução de perdas, mas é quando consideramos a questão da imagem da empresa junto ao cliente.

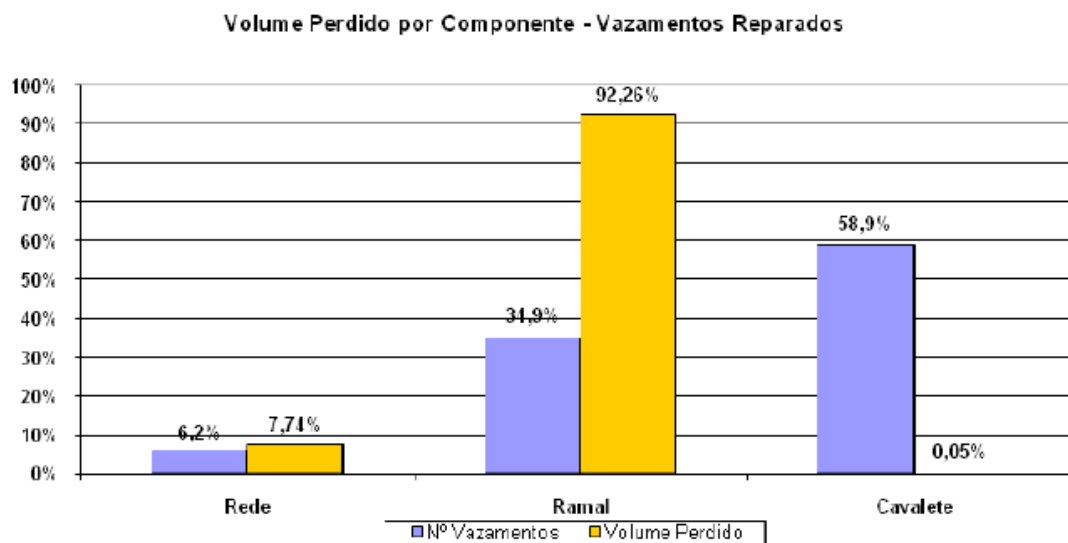


Figura 57 - Perfil do volume perdido em função do componente no ano de 2009.

Fonte: SABESP, 2009

A distribuição dos serviços está detalhada por setor de abastecimento, onde foram priorizados aqueles que têm maior indicador de incidência de vazamentos e, conseqüentemente, maior volume perdido, os percentuais estão indicados na figura 57:

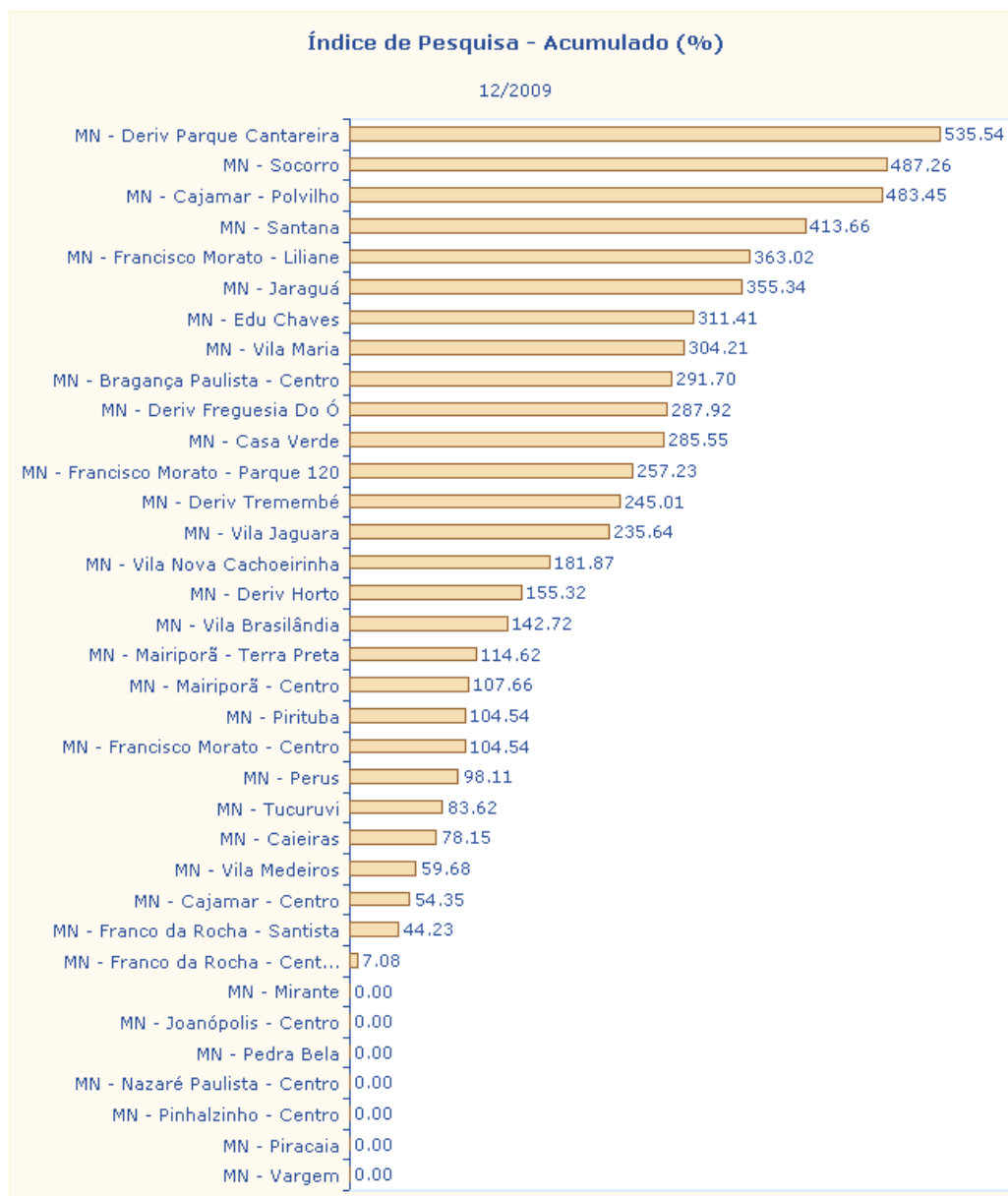


Figura 587 - Perfil de detecção de vazamentos por setor de abastecimento.

Fonte: SABESP, 2009

Não se podem desconsiderar os malefícios que os vazamentos causam ao sistema de distribuição de água; além da alta incidência, os custos agregados geram muitos transtornos para a MN e para a população. A figura 58 demonstra a manutenção desse quadro nos últimos anos.

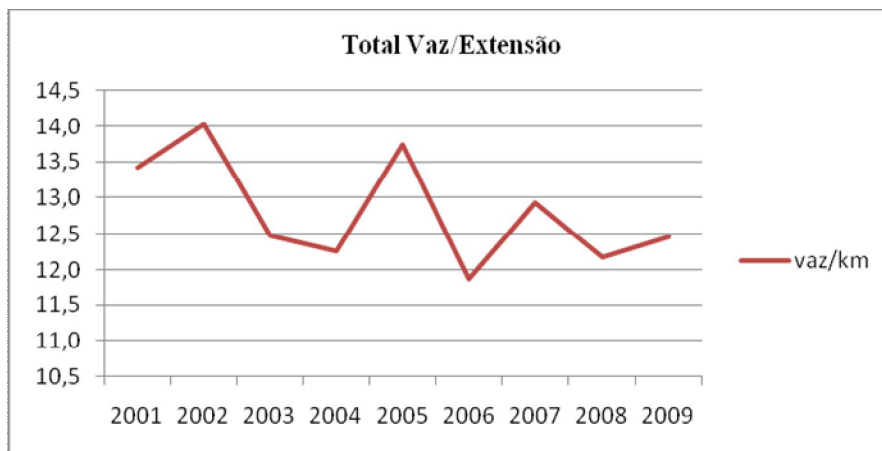


Figura 59- Evolução da ocorrência de vazamentos (visíveis + não visíveis)

Fonte: SABESP, 2009.

Ao desagregar os vazamentos em ramais e redes, verificamos evolução diferente nos números de ocorrências, conforme demonstra a figura 59:

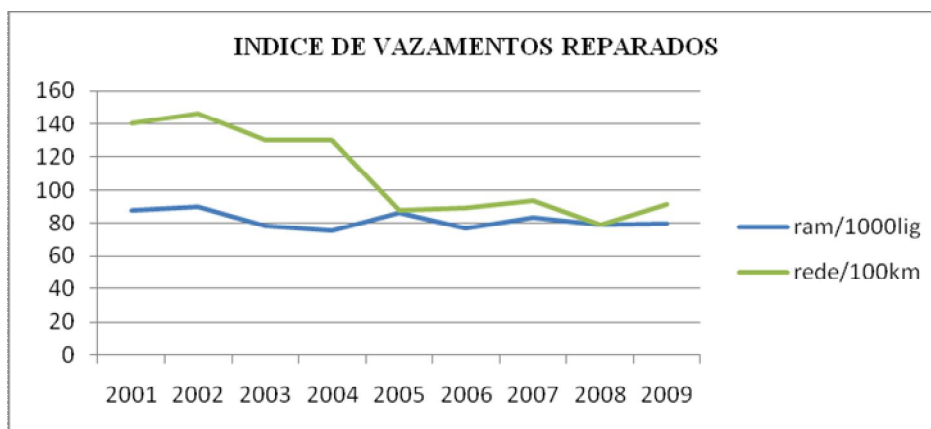


Figura 59 - Índice de reparo de vazamentos em ramais e redes

Fonte: SABESP, 2009

Percebe-se que os reparos em ramais reduziram em menor magnitude, já os vazamentos em rede a queda foi sensível, acima de 50%.

5.3 - Obras de Rresetorização

Identifica-se uma ação de ressetorização na unidade de negócios norte, esse trabalho foi executado no setor da Freguesia do Ó, onde foram implantadas melhorias para viabilizar o controle de pressão em 100% das áreas.

Com esse empreendimento houve melhoria significativa nos indicadores de eficiência do setor. Na figura 60, observa-se a involução no volume consumido naquele setor após as obras. A redução chegou a quase 100 l/s sem que houvesse prejuízo no abastecimento da população.

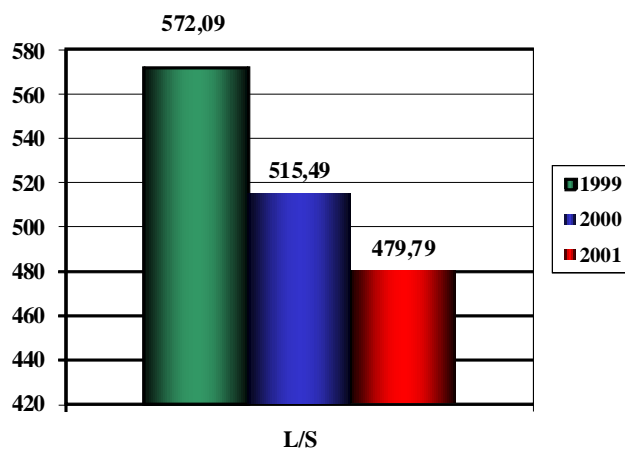


Figura 60 - Redução do volume disponibilizado no setor Freguesia do Ó.

Fonte: SABESP, 2009

A redução no volume se deve especialmente à possibilidade da redução da pressão de forma intensa nos horários de menor consumo, onde a perda de carga do sistema é menor. No intervalo entre 0 e 4 horas essa redução é maior, conforme demonstrado na tabela 13; isso se deve à redução da vazão perdida em vazamentos ocasionada pela modulação da regulação da válvula nesse horário.

Tabela 13 - Redução da vazão mínima noturna no setor de abastecimento Freguesia do Ó

Horário/ Mês	00-03	04-07	08-11	12-15	16-19	20-23
05/00 (l/s)	377,9	418,5	656,9	657,8	587,7	494,2
05/01 (l/s)	300,9	368,4	614,7	622,4	539,0	438,1
05/02 (l/s)	251,1	291,1	563,4	587,1	478,9	416,0

Fonte: SABESP, 2009

5.4 - Macromedição

Realiza-se calibração dos equipamentos de medição do estudo de caso, de forma regular. Atende-se dessa forma a premissa de minimizar os erros de medição que podem levar à ocorrência de diagnósticos inadequados.

Com as quedas nos indicadores de perdas, cresce a importância da calibração dos equipamentos, pois erros mínimos podem provocar problemas na avaliação dos volumes.

Por exemplo, o volume total de água disponibilizado da MN gera em torno de 307 milhões de m³ ao ano, com erro de 1%, podem ser adicionados ao volume perdido 3,07 milhões de metros cúbicos.

O caso da Unidade de Negócio Norte tem 100% do seu volume macromedido com a maioria dos seus medidores adequados. Na tabela 14 verifica-se variabilidade nesse quesito.

Tabela 14- Índice de Macromedição

EMPRESA MUNICIPIO	IN 011- INDICE DE MACROMEDIÇÃO (%)
CAESB/DF	91,20
CAGEPA/PB	46,10
Campinas/SP	100,00
CASAL/AL	0,00
CASAN/SC	57,90
CESAN/ES	71,40
Diadema/SP	100,00
Juiz de Fora/MG	94,80
Jundiaí/SP	91,50
MN	100,00
Porto Alegre/RS	60,00
Ribeirão Preto/SP	100,00
SANEAGO/GO	58,40
SANESUL/MS	43,50
Santo André/SP	100,00
Volta Redonda/RJ	100,00

Fonte: SNIS, 2009

5.5 - Troca de hidrômetros de pequena capacidade

Nos primeiros anos do programa a instalação se situava em patamares menores que os atuais:

- dezessete mil trezentos e cinquenta e quatro trocas em 1999;
- em 2000 foram sessenta e seis mil, cento e setenta e seis hidrômetros,
- no ano de 2001 foram substituídos cento e sete mil e trinta e cinco hidrômetros.

A partir de 2000 foram executadas trocas preventivas em ligações com consumo médio maior de 20m³/mês e com o tempo de instalação maior que cinco anos, sendo adotados hidrômetros com classe metrológica “C” que possuem melhores características para a medição. Nos

últimos anos foram aceleradas as trocas, com a finalidade de obter o melhor resultado de aumento de volume utilizado e foram trocados pela MN mais de 200 mil hidrômetros. A figura 61 mostra a evolução das trocas de hidrômetros.

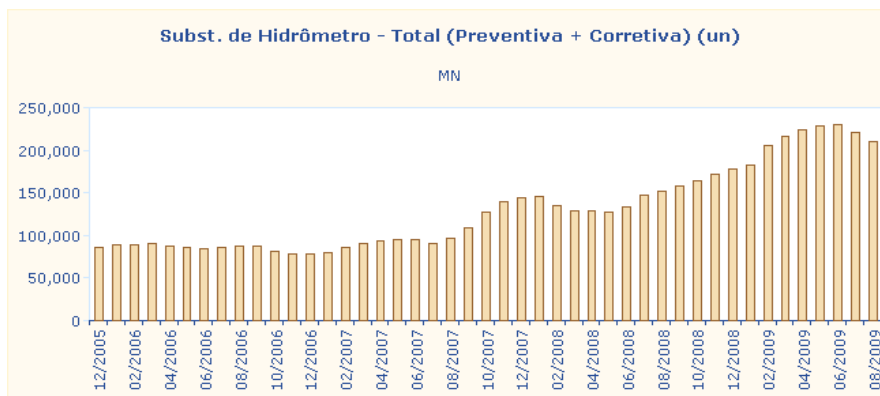


Figura 611- Substituição de hidrômetro na UN Norte no período de 2005 a 2009.

Fonte: SABESP, 2009

O aperfeiçoamento de critérios na escolha do tipo de hidrômetro e os avanços na tecnologia têm diminuído o efeito da submedição. A tabela 15 mostra a recuperação média dos hidrômetros no período de 2007 a 2009.

Tabela 15- Recuperação média dos hidrômetros entre 2007 e 2009.

UN	Qtde. de Hidros Substituídos			Consumo Recuperado (m³)			Média Ganho (m³/mês/hidro)			Valor Recuperado (R\$)		
	2007	2008	2009	2007 (1)	2008 (1)	2009 (2)	2007	2008	2009	2007 (1)	2008 (1)	2009 (2)
MC	95.083	92.791	111.357	194.967	109.395	1.539.253	2,05	1,18	2,22	678.373	568.884	4.740.899
ML	93.779	139.440	101.869	217.274	307.371	1.856.424	2,32	2,20	2,51	475.856	730.015	3.858.200
MN	233.177	270.022	127.871	567.567	471.954	2.319.585	2,43	1,75	2,38	1.850.998	1.565.803	5.065.375
MO	114.505	99.339	94.734	356.374	271.261	2.035.791	3,11	2,73	3,06	992.190	798.738	5.029.120
MS	87.286	118.282	92.092	264.559	193.169	1.533.045	3,03	1,63	2,40	638.187	688.004	3.431.246
	623.830	719.874	527.923	1.600.741	1.353.150	9.284.098	2,57	1,88	2,50	4.635.604	4.351.444	22.124.841

(1) Critério para medição dos resultados em 2007 e 2008: média dos 12 meses de consumo anterior contra consumo do segundo mês após a troca.

(2) Critério para medição dos resultados em 2009: critério acumulo dos ganhos mensais após a troca do hidrômetro corrigido para 30 dias de consumo.

Fonte: SABESP, 2009

Foi percebida melhoria no indicador de submedição, pela redução média da idade de instalação dos hidrômetros no cavalete, que em 2009 chegou a 33 meses médios. A figura 62 compara a situação entre as UNs da Sabesp.

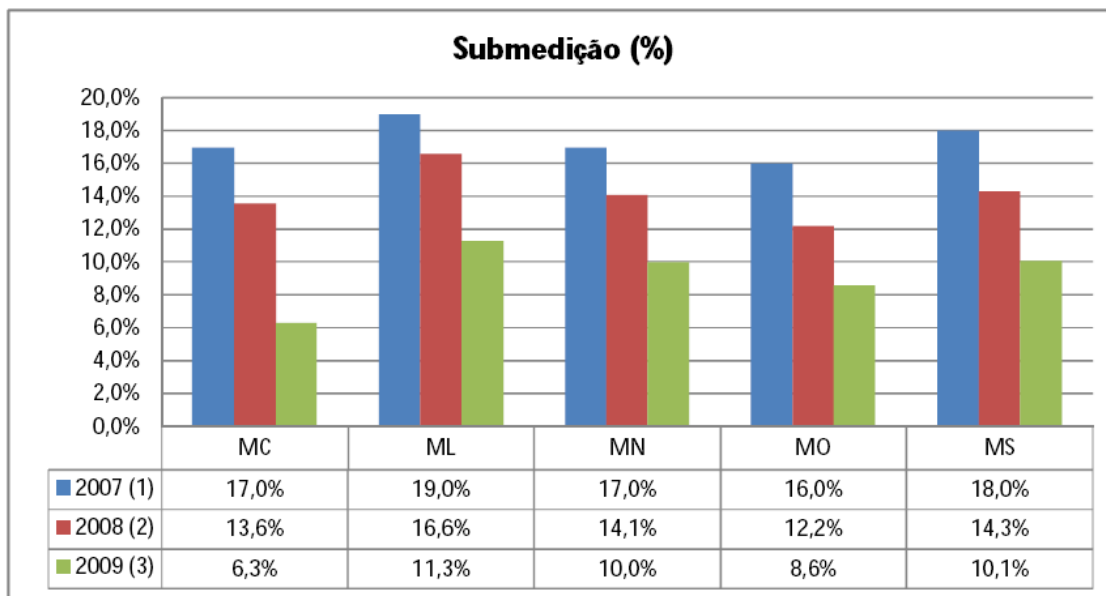


Figura 62 - Evolução da Submedição dos hidrômetros entre 2007 e 2009.

Fonte: SABESP, 2009

A estratégia por setor de abastecimento também foi útil na questão de troca de hidrômetro; ao cruzar desempenho pode-se perceber um incremento muito satisfatório naqueles setores onde houve maiores intervenções.

A figura 63 demonstra os quantitativos de hidrômetros trocados em 2009 por setor de abastecimento na MN.

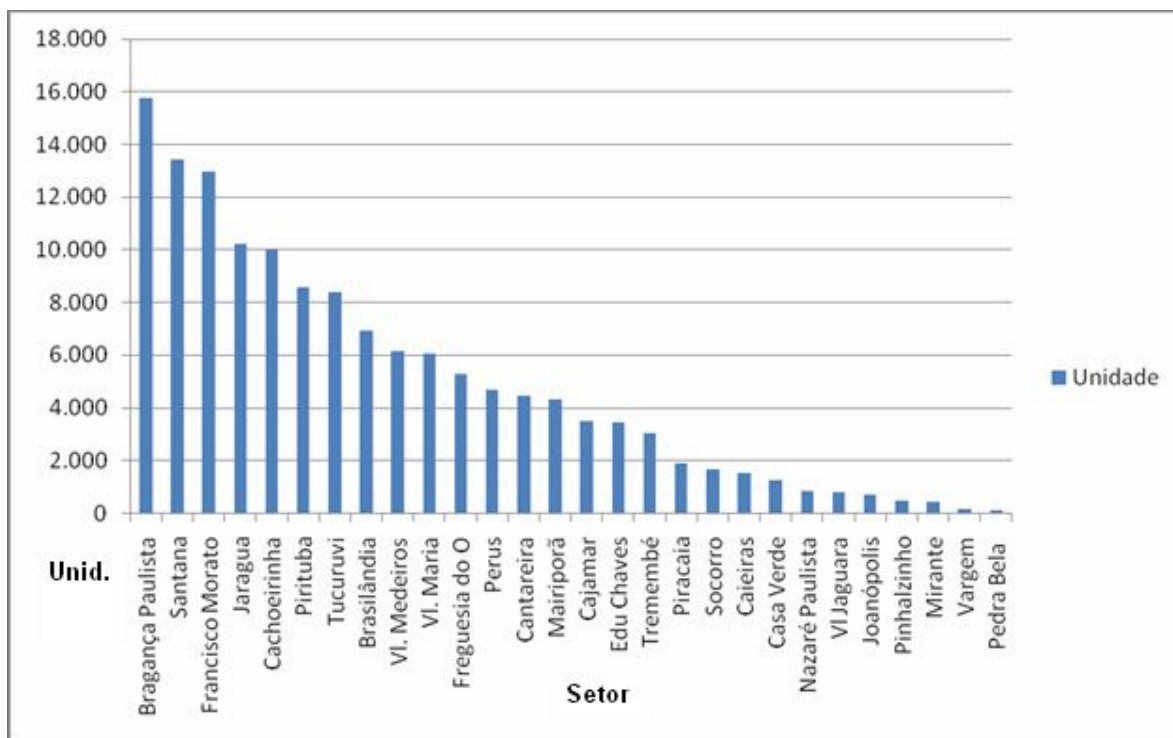


Figura 63 - Substituição de hidrômetros na UN Norte por setor de abastecimento no ano de 2009.

Fonte: SABESP, 2009

5.6 - Troca de hidrômetros de grande capacidade

Entre 1999 e 2000 foram trocados 436 hidrômetros de grande capacidade. Verificou-se que foi testada a alternativa dos contratos de risco para otimizar a troca e melhorar a performance, e em 2001 foram trocados 1.657.

Esse trabalho é mais específico que os demais, pois são de pequena escala, mas com grande significado no faturamento da empresa. No ano de 2010 a idade média dos hidrômetros de grande capacidade está no patamar de 29 meses.

5.7 – Usos Sociais, operacionais e emergenciais.

Por meio de estudos de consumo em áreas ocupadas irregularmente, onde o abastecimento é feito de forma precária, foi levantado um volume em torno de 2.350.000 m³ por mês, sendo os mesmos contabilizados como usos sociais. São locais onde não há possibilidade legal de executar serviços por problemas de ordem fundiária, área de preservação de mananciais e florestais.

Essa questão deve ser um dos grandes desafios para empresa nos próximos períodos, pois a regularização será uma fonte de expansão comercial e de redução de perdas.

Por dificuldades de contabilização; não foram identificados trabalhos voltados para levantamento de usos da água para fins operacionais e emergenciais.

5.8 – Instalação de válvulas redutoras de pressão

No caso da região Norte da região metropolitana, que apresenta variações topográficas com cotas desde 720 a 1000 metros acima do nível do mar, apresenta ambiente propício para um programa de controle de pressão.

Nas cotas inferiores, as pressões chegavam a 100 mca. O mapeamento das pressões estáticas indicava que mais de 32% das redes de distribuição apresentavam pressões maiores que 60 mca., sendo esse fator um dos principais causadores de vazamentos.

A figura 64 demonstra que após implantação de sistemas de redução de pressão por meio da instalação de válvulas redutoras de pressão houve maior equilíbrio entre as pressões no sistema de distribuição da MN.

A média anterior registrava pressões acima de 50 mca; após o programa de controle de pressão o objetivo de proporcionar condições para redução da ocorrência de vazamentos foi atingida e, hoje a pressão média é de 34 mca, situando em um padrão adequado de abastecimento conforme prevê as normas de abastecimento.

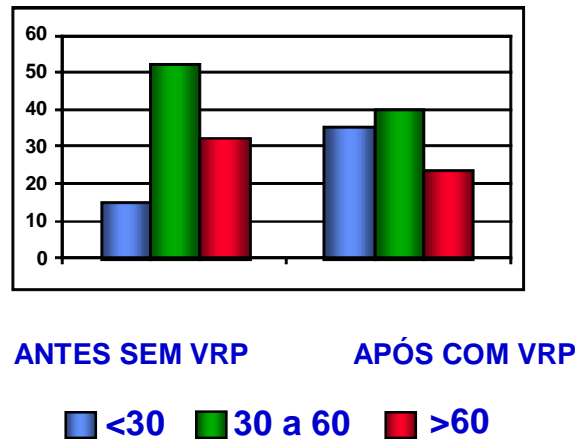


Figura 64 - Resultados da implantação de programa de redução de pressão (mca)

Fonte: SABESP, 2009

Os setores priorizados foram aqueles que apresentavam em comum pressões elevadas, crescimento estabilizado, grande proporção de redes antigas, normalmente coincidentes com áreas de grande incidência de vazamentos.

A figura 65 ilustra o mapeamento de pressão estática do setor Freguesia, antes e depois do programa; verifica-se a substituição de grandes áreas com pressões acima de 50 mca por outras de 15 a 35 mca.

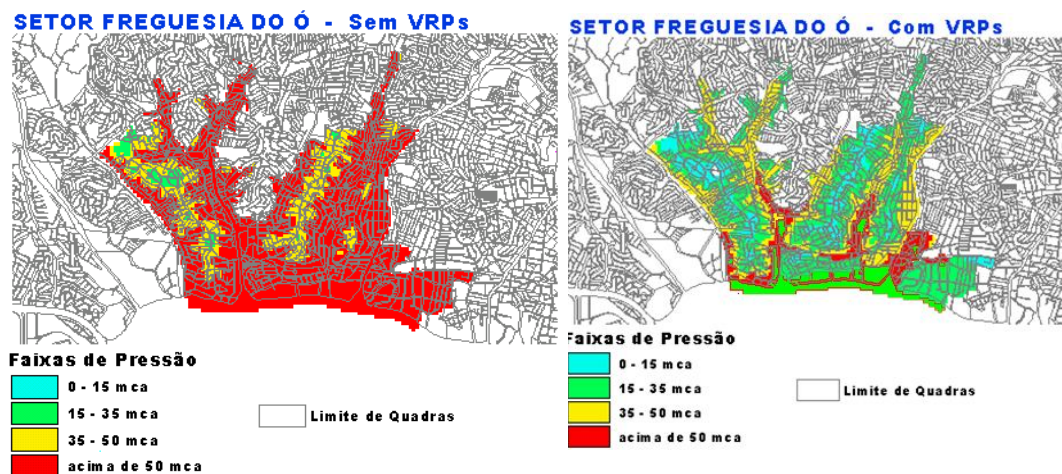


Figura 65 - Mapeamento de pressões do Setor Freguesia do Ó.

Fonte: SABESP, 2009

Com os trabalhos focados em setores consolidados estruturalmente, os resultados foram expressivos, variando conforme participação do controle de pressão no setor. A figura 66 considera o quantitativo de válvulas por setor de abastecimento.

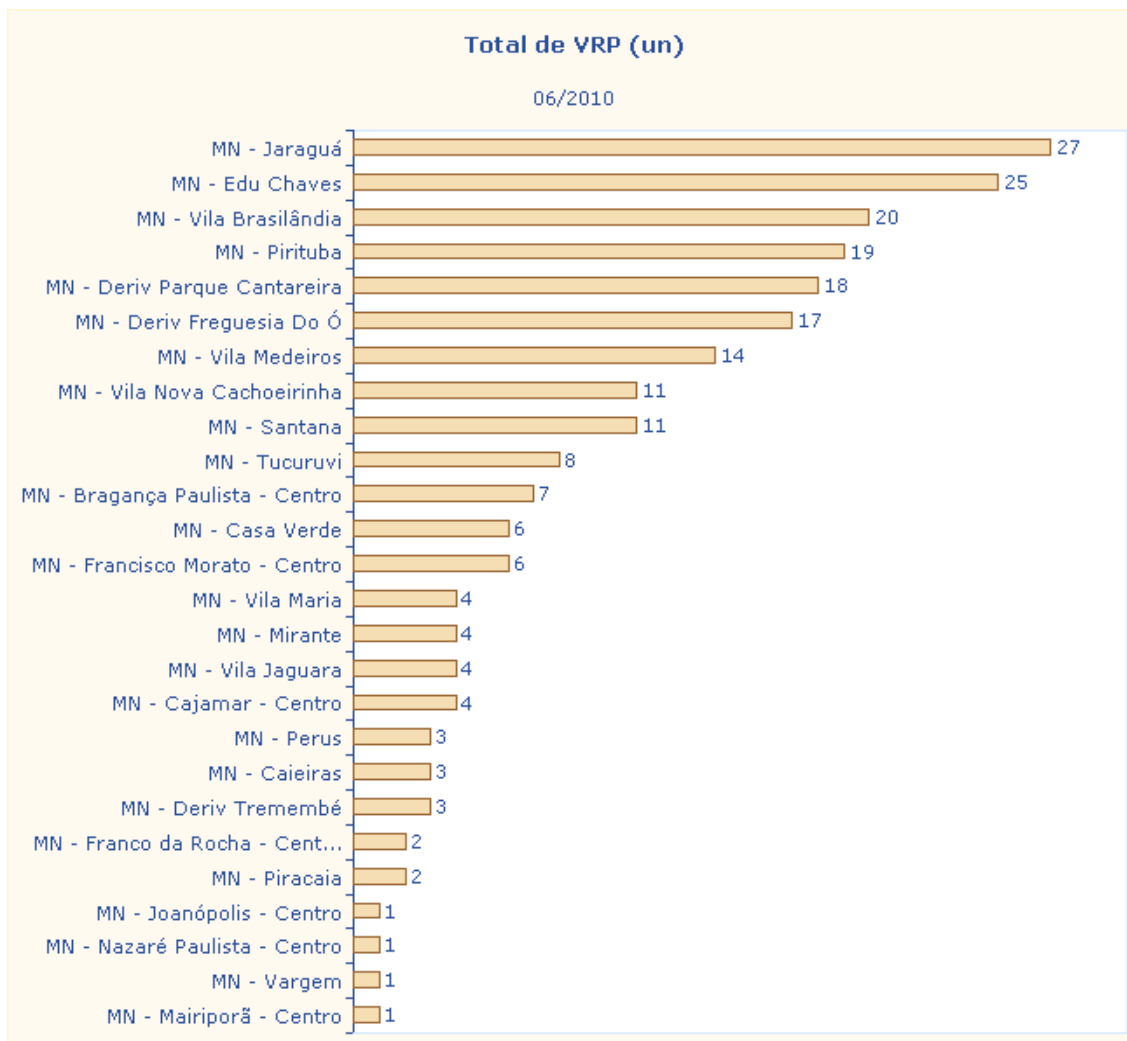


Figura 66 - VRPs separadas por setor de abastecimento

Fonte: SABESP, 2009

Os Setores Vila Maria, Vila Medeiros e Freguesia do Ó, consolidados permitiram a implantação de grandes válvulas que chegam até 120 km de extensão de rede, apresentando maior variação na redução de vazão a cada regulagem. A tabela 16 apresenta o histórico de setores com variada cobertura de válvula redutora de pressão.

Tabela 16 - Comparação de vazão ao longo do tempo.

Setor	Cobertura VRP (km)	% (setor)	Vazão 1997 (l/s)	Vazão 2010 (l/s)	Varição 1997 - 2010 (%)
Vila Maria	123,58	81,88	540	338	-37,4
Vila Medeiros	199,96	96,2	500	416	-16,8
Cachoeira	346	100	867	762	-13,78
Tucuruvi/Tremembé	52	11,5	700	958	29,93
Extremo Norte	413	31	1.753	2.623	49,63

Fonte: SABESP, 2009

Percebe-se melhoria dos indicadores operacionais nos setores onde há maior cobertura de equipamentos de controle e redução de pressão. No caso do extremo norte houve crescimento no consumo micromedido de 355 l/s.

A evolução da instalação das válvulas se deu de forma contínua, mas sua maior intensidade foi entre 1999 e 2002, conforme demonstrado na figura 67, contribuindo de forma contínua nos resultados de redução de perdas na MN

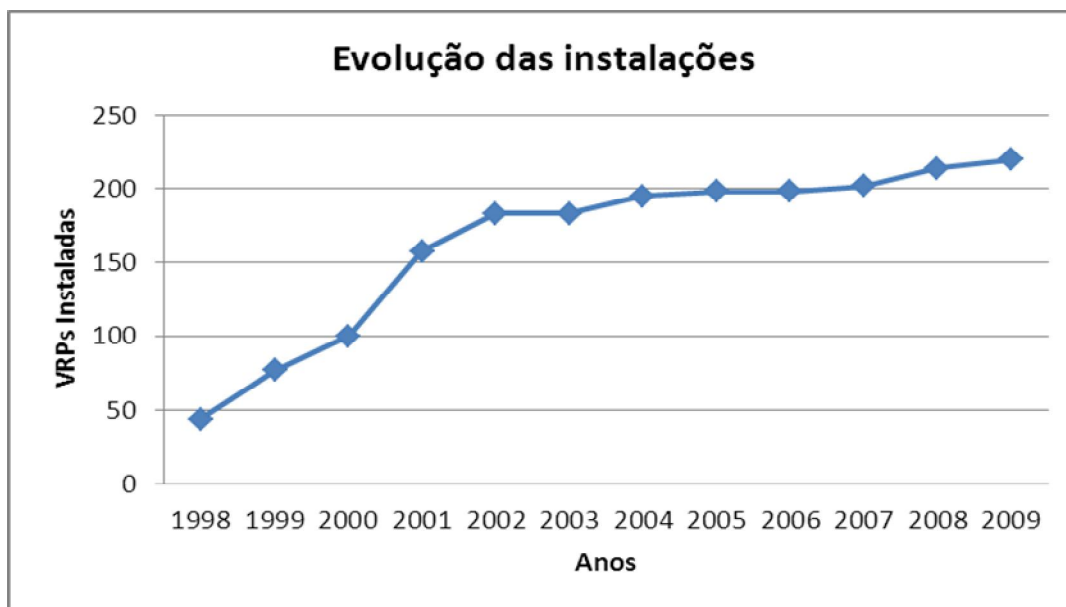


Figura 67- Evolução do numero de VRPs na MN.

Fonte: SABESP, 2009.

Outra forma de avaliar a eficácia da ação é por meio do estudo da evolução do número de vazamentos e, conforme indicado no item 5.2.5, perfil de vazamentos, apesar da somatória de reparos estarem praticamente no mesmo patamar do início do programa, ao separar vazamentos de rede e ramal; há avanços significativos no nível de ocorrência de vazamentos de rede, redução de 50% em relação ao registrado no início do trabalho.

Esse fato está aderente ao estudo realizado no final da década de 80, quando se relacionava o número de vazamentos identificados com a faixa de pressão. Segundo Tomaz (2009), a rede de distribuição parecia mais sensível às elevadas pressões que às ligações prediais.

5.9 – Troca de Ramais

As trocas de ramais têm significado importante, pois além de contribuir na redução do volume disponibilizado, inicia o processo de renovação da infraestrutura onde, segundo os diagnósticos até o momento indicam, ser onde ocorre a maioria dos vazamentos.

O estágio é inicial, mas vem sendo estruturado para ser uma das principais ações. A figura 68 mostra a evolução ao longo dos anos, dobrando a média de troca de ramais no ano de 2009.

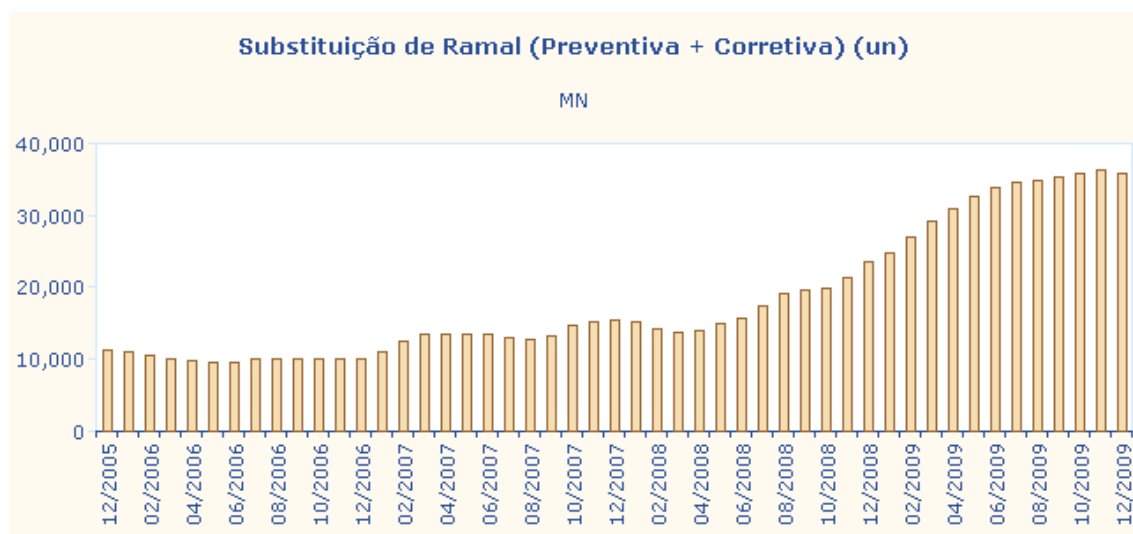


Figura 68 - Troca de ramais na Unidade de Negócio Norte 2005-2009.

Fonte: SABESP, 2009.

5.10 – Análise econômica das intervenções

Em estudo realizado na SABESP, pela consultoria de Julian Thornton, considerando os fluxos de caixa de 5,10 e 15 anos, as alternativas de controle de pressão e substituição de ramais são os melhores retornos.

A detecção de vazamentos é a que apresenta os resultados mais rapidamente, com valores positivos logo no primeiro ano, apesar de ser logo ultrapassada pelas alternativas de trocas de ramais de controle de pressão.

Considerando o valor presente das intervenções, a troca de redes não é uma alternativa que apresenta retorno financeiro.

Na tabela 17, é representado o cálculo do valor presente para 5,10 e 15 anos.

Tabela 17 - Valor presente das principais ações para redução de perdas.

Alternativa	Cálculo do Valor Presente (R\$)		
	5 anos	10 anos	15 anos
Detecção de Vazamentos	10.166.897,00	15.935.868,00	19.209.337,00
Instalação de VRPs	13.295.109,00	25.737.058,00	32.796.955,00
Troca de ramais fora de VRPs	12.460.257,00	25.247.736,00	32.589.846,00
Troca de ramais dentro de VRPs	3.407.526,00	17.644.322,00	25.388.206,00
Troca de rede	272.426.687,00	250.607.832,00	239.976.590,00

Fonte: THORNTON, 2007

Se houver a necessidade de privilegiar alguma ação escolhe-se aquela com maior valor presente.

A questão da renovação da infraestrutura por meio da troca de rede deve ser criteriosa, pois apesar de não ter vantagem financeira, é necessária para o sistema de distribuição de água.

No caso da troca de ramais em áreas sem controle de pressão, apresenta resultados muito próximos aos de controle de pressão, sendo estas duas alternativas as mais vantajosas.

5.11 – Indicadores de Perdas

5.11.1 - Índice de perdas na distribuição

O indicador de perdas na distribuição, que compara o volume micromedido com volume disponibilizado, mostra que houve evolução no período estudado. Na seleção de concessionárias públicas percebe-se que houve poucas empresas com redução acima de 20%. Na tabela 18 a MN está inserida positivamente nesse grupo, com redução de 25,10% no indicador de perdas na distribuição.

Tabela 18- Indicador de perdas na distribuição

Empresa – Município	IN 049 - Índice de Perdas na Distribuição 1998 (%)	IN 049 - Índice de Perdas na Distribuição 2008(%)	Diferença entre 2008 e 1998
Santo André/SP	47,80	25,20	-47,28%
Campinas/SP	33,20	21,80	-34,34%
MN	51,40	38,50	-25,10%
CASAN/SC	47,20	36,70	-22,25%
Porto Alegre/RS	39,20	30,80	-21,43%
CAGECE/CE	42,80	35,60	-16,82%
Volta Redonda/RJ	56,00	49,30	-11,96%
CAGEPA/PB	55,30	49,30	-10,85%
SANESUL/MS	45,10	40,80	-9,53%
Diadema/SP	55,00	49,80	-9,45%
Juiz De Fora/MG	30,60	28,30	-7,52%
CESAN/ES	37,80	38,40	1,59%
SANEAGO/GO	34,00	35,60	4,71%
Ribeirão Preto/SP	46,50	50,00	7,53%
CASAL/AL	57,20	61,90	8,22%
Jundiaí/SP	31,30	34,90	11,50%
CAESB/DF	20,80	30,00	44,23%

Fonte: SNIS, 2009

5.11.2- Índice de perdas por ligação

A avaliação por meio do indicador de perdas por ligação, que distribui o volume perdido diário por ligação, tem sido muito empregada, pois sua comparabilidade técnica é de maior compreensão que os demais, pois utiliza a ligação como forma de proporcionalizar o número. O estudo de caso indica, na tabela 19, redução maior que o percebido pelo indicador porcentual, mas há mais concessionárias com desempenho melhor.

Tabela 19 - Indicador de perdas por ligação

Empresa - Município	IN 051 - INDICE DE PERDAS POR LIGAÇÃO L/LIG*DIA 1998	IN 051 - INDICE DE PERDAS POR LIGAÇÃO L/LIG*DIA 2008	DIFERENÇA ENTRE 2008 E 1998
Campinas/SP	526,16	243,40	-53,74%
Porto Alegre/RS	933,31	462,50	-50,45%
CAGEPA/PB	661,40	389,20	-41,16%
Juiz de Fora/MG	450,60	274,70	-39,04%
Volta Redonda/RJ	1110,83	688,10	-38,06%
CASAN/SC	439,60	301,30	-31,46%
MN	631,00	441,00	-30,11%
SANESUL/MS	404,67	303,20	-25,07%
Santo André/SP	323,84	245,80	-24,10%
SANEAGO/GO	307,76	239,80	-22,08%
Jundiaí/SP	500,97	408,50	-18,46%
CESAN/ES	639,93	534,10	-16,54%
CASAL/AL	718,52	629,30	-12,42%
CAESB/DF	338,06	386,60	14,36%
Ribeirão Preto/SP	777,00	935,75	20,43%
Diadema/SP	365,99	597,20	63,17%

Fonte: SNIS, 2009

5.11.3 - Índice de perdas de faturamento

O indicador de perdas de faturamento tem mais sentido quanto à questão financeira da empresa, pois utiliza o volume faturado e não o medido no hidrômetro. A diferença entre o volume micromedido e o faturado é:

- o volume micromedido registra o consumo obtido no hidrômetro;
- no faturado não são registrados consumos menores que 10 m³/mês, sendo todos os volumes faturados acima desse patamar. Há empresas que utilizam outros patamares de faturamento mínimo como 15 m³/mês, por exemplo.

Quanto à efetiva perda de água, essa forma de avaliar distorce o volume micromedido, tornando o indicador menos técnico. Por isso verifica-se, na tabela 20, que o número do indicador de perdas de faturamento é menor que o das perdas na distribuição.

Tabela 20 - Indicador de perdas de faturamento

Empresa Município	IN 013 - INDICE DE PERDAS FATURAMENTO (%) 1998	IN 013 - INDICE DE PERDAS FATURAMENTO (%) 2008	DIFERENÇA ENTRE 2008 E 1998
Campinas/SP	28,93	18,00	-37,78%
CAGEPA/PB	53,57	35,30	-34,10%
CASAN/SC	32,39	24,70	-23,74%
MN	41,00	32,10	-21,71%
Volta Redonda/RJ	56,03	45,50	-18,79%
Santo André/SP	31,16	26,40	-15,28%
Juiz De Fora/MG	26,48	22,50	-15,03%
Porto Alegre/RS	39,21	34,10	-13,03%
SANESUL/MS	37,03	32,30	-12,77%
Ribeirão Preto/SP	53,49	50,00	-6,52%
Jundiaí/SP	28,88	27,50	-4,78%
CASAL/AL	54,71	54,60	-0,20%
SANEAGO/GO	33,92	35,70	5,25%
CESAN/ES	27,87	29,50	5,85%
Diadema/SP	35,67	49,80	39,61%
CAESB/DF	17,31	26,20	51,36%

Fonte: SNIS, 2009

5.11.4 - Volume disponibilizado por economia

Outro teste é identificar o quanto se disponibiliza de água para o sistema de abastecimento de água referenciado por economia, que contribui para qualificar os indicadores anteriores.

Apesar de se contabilizar uma ligação para cada prédio, o termo economia serve para indicar quantos apartamentos ou escritórios têm o edifício. Por isso, o número de economias é maior que o de ligações, conforme indicado na tabela, 21.

Tabela 21– Volume disponibilizado por economia

EMPRESA MUNICÍPIO	IN 025- VOLUME DISPONIBILIZADO POR ECONOMIA M³/MÊS/ECON 1998	IN 025- VOLUME DISPONIBILIZADO POR ECONOMIA M³/MÊS/ECON 2008	DIFERENÇA ENTRE 2008 E 1998
CAGEPA/PB	33,09	22,20	-32,91%
Porto Alegre/RS	33,33	23,40	-29,79%
Campinas/SP	29,51	20,90	-29,18%
Jundiaí/SP	34,03	24,50	-28,00%
Volta Redonda/RJ	38,17	27,70	-27,43%
Juiz de Fora/MG	24,04	17,50	-27,20%
Ribeirão Preto/SP	48,35	35,30	-26,99%
CASAL/AL	33,49	27,10	-19,08%
CESAN/ES	34,28	28,10	-18,03%
CASAN/SC	21,92	18,00	-17,88%
SANEAGO/GO	21,76	17,90	-17,74%
MN	32,20	26,70	-17,08%
SANESUL/MS	24,45	20,30	-16,97%
Santo André/SP	21,89	18,70	-14,57%
CAESB/DF	24,02	23,80	-0,92%
Diadema/SP	21,05	24,40	15,91%

Fonte: SNIS, 2009

5.11.5 - Índice infraestrutural de perdas

O indicador conhecido como ILI – Infrastructure Leakage Index - relaciona vazamentos com problemas relacionados à infraestrutura do sistema de distribuição.

Segundo padrão da I.W. A, o número referência é o 1. Na figura 69, na referência ao estudo de caso, esse número estaria 13 vezes pior que o sistema ideal e ficaria numa situação intermediária entre os países selecionados.

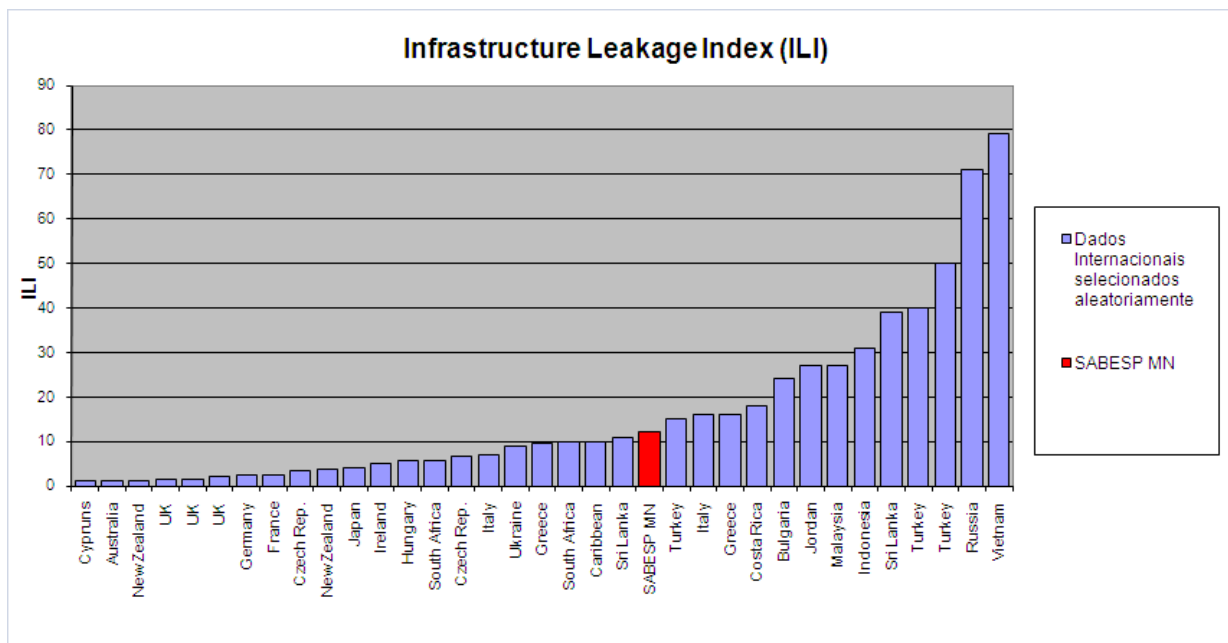


Figura 69- Comparativo dos indicadores I.L.I

Fonte: SABESP, 2009

5.11.6 - Perdas Reais e Aparentes por setor de abastecimento.

Na tabela 22, têm-se os volumes perdidos separados por setor de abastecimento e por tipo de perdas. Dessa forma, há informações importantes para definição da ação mais adequada para redução daquela perda.

Tabela 22 - Distribuição do Volume de Água Perdido por Setor de Abastecimento

Setor de Abastecimento	Volume Perdido Milhões (m ³)			Perdido (%)	
	Perdas Reais	Perdas Aparentes	Total	Perdas Reais	Perdas Aparentes
Edu Chaves	7045	1742	9829	82	18
Jaraguá	11600	4391	15991	73	27
Santana	4960	2828	7782	64	36
V. N. Cachoeirinha	2631	3094	5726	46	54
V. Maria	1569	1264	2833	56	44
Tucuruvi	6708	1888	8598	78	22
V. Brasilândia	4167	2036	6204	67	33
Socorro	159	259	418	38	62
Bragança Paulista	848	1561	2409	25	65
Tremembé	2454	1140	3595	68	32
V. Medeiros	3592	1398	4991	72	28
Freguesia do Ó	4449	1499	5948	75	25
Pirituba	3348	1866	5214	64	36
Perus	2088	1312	3400	61	39
Casa Verde	3057	2443	6147	80	20
Deriv. Cantareira	1830	1376	3207	57	43
Franco da Rocha	3734	1188	4922	66	24
Caieiras	949	493	1443	66	34
Mirante	1171	730	1901	62	38
V. Jaguará	418	504	9228	45	55

Fonte: SABESP, 2009

Percebe-se a variedade de perfil entre os setores de abastecimento, facilitando o diagnóstico do estudo de caso.

5.12 – Balanço Hídrico

A matriz do balanço hídrico representa a evolução dos volumes ao longo dos anos, elucidando as dúvidas quanto à evolução do trabalho. Para comparar, utilizaram-se os dados usando os mesmos conceitos no ano de 2002 e no ano de 2009. No ano de 2002 temos os fatores registrados na figura 70:

Volume Disponibilizado à Distribuição: 308.150.997 m³	Consumos Autorizados	Consumos Autorizados Faturados	MICROMEDIDO: 152.138.580 m³	AGUA FATURADA: 152.138.580 m³ 49,40%
		Consumos Autorizados Não Faturados	USOS OPERACIONAIS: 0 m³ ¹	
			USOS SOCIAIS: 29.128.226 m³	
	Perdas de Água	Perdas Aparentes	51.641.866 m³ 41%	AGUA NÃO FATURADA: 156.012.417 m³ 50,60%
Perdas Reais		75.242.325 m³ 59%		

¹ não é calculado os usos operacionais na empresa.

Figura 69 - Balanço hídrico do ano de 2002

Fonte: SABESP, 2009

No ano de 2009, verifica-se redução no volume disponibilizado e aumento no volume micromedido; dessa forma, há um aumento no volume de água faturada. A figura 71 demonstra como se comportaram os volumes em 2009.

Volume Disponibilizado à Distribuição: 299.738.944 m³	Consumos Autorizados	Consumos Autorizados Faturados	MICROMEDIDO: 165.986.890 m³	AGUA FATURADA: 165.986.890 m³ 55,40%
		Consumos Autorizados Não Faturados	USOS OPERACIONAIS: 0 m³¹	AGUA NÃO FATURADA: 133.752.054 m³ 44,60%
			USOS SOCIAIS: 29.137.725 m³	
	Perdas de Água	Perdas Aparentes	31.698.142 m³ 41%	
		Perdas Reais	72.916.187 m³ 59%	

¹ não é calculado os usos operacionais na empresa.

Figura 70 - Balanço hídrico do ano de 2009.

Fonte: SABESP, 2009.

Quando se compara a evolução proporcional ao número de ligações ativas, percebe-se que há coerência com o apontado no balanço hídrico, cresce o volume micromedido por ligação e reduz o volume macromedido.

As figuras 72 e 73 mostram que desde 2004 há evolução do volume micromedido proporcional ao número de ligações ativas; o mesmo ocorre na involução do volume disponibilizado.

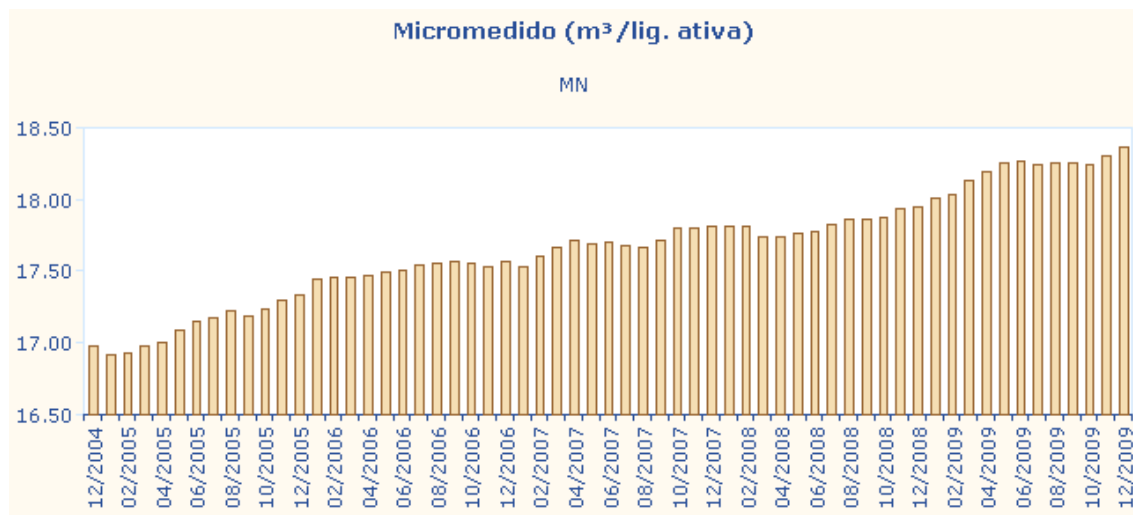


Figura 71 - Evolução do volume micromedido entre 2004 e 2009.

Fonte: SABESP, 2009

Outro fator importante é o comparativo entre valor e volume, pois tem valores diferentes, os volumes comercializados e o valor de produção de água, conforme demonstrado na figura 73:

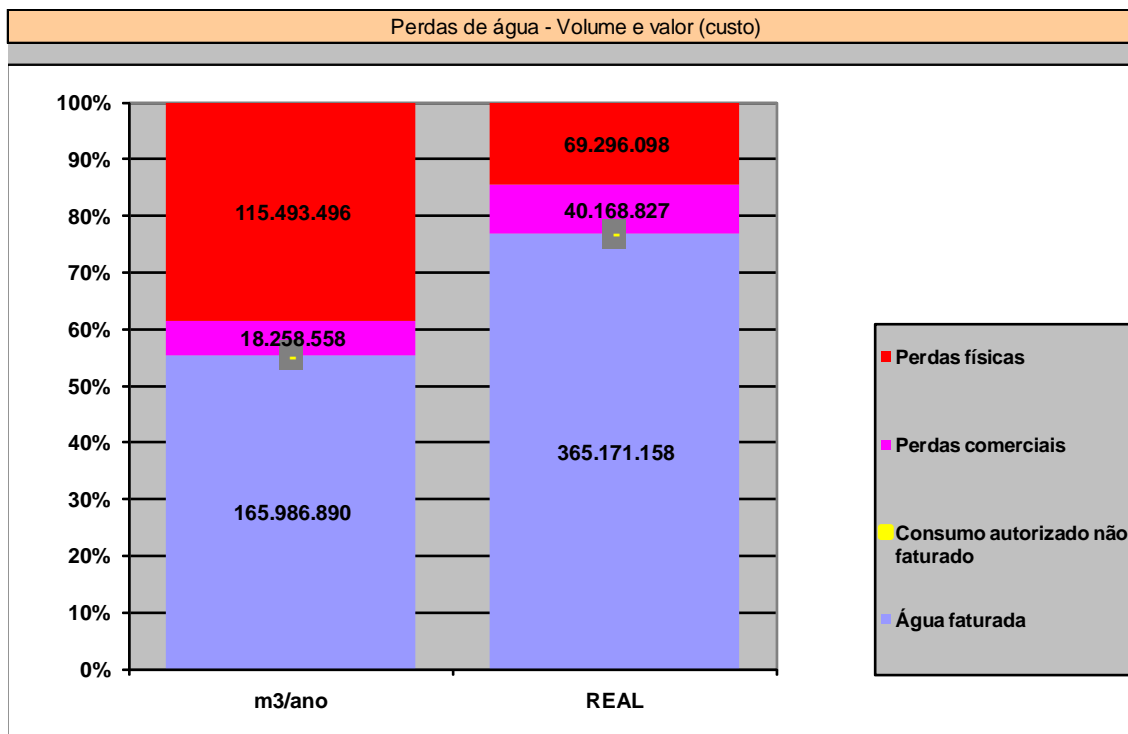


Figura 72 - Valoração das perdas de água

Fonte: SABESP, 2009

5.13 – Impacto nos Mananciais

O mérito de um programa de perdas situa-se na possibilidade de abastecer melhor e mais pessoas com menor uso de água dos mananciais.

Na figura 74, quando se faz referência por ligação, há uma variação positiva nesse sentido.

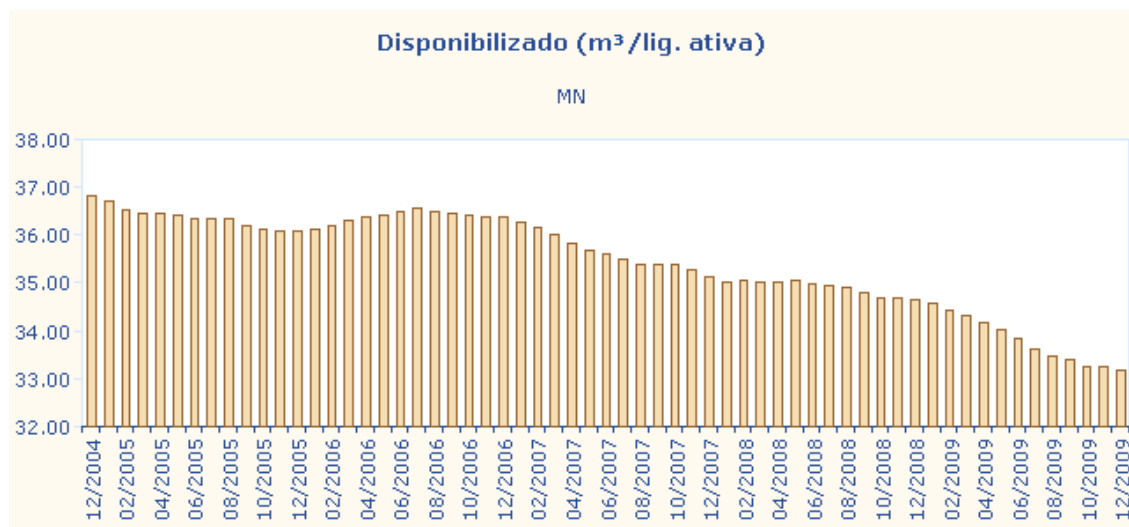


Figura 73 - Involução do volume disponibilizado entre 2004 e 2009.

Fonte: SABESP, 2009

Houve redução, e quando se compara com o crescimento vegetativo, houve evolução importante no período, impactando diretamente na redução de perdas de água. A tabela 23 evidencia essas melhorias.

Tabela 23 - Desempenho dos indicadores operacionais da UN. Norte

Dados	1998	2009	Variação
Ligações ativas	602.870	753.225	25%
Economias	761.628	1.001.546	32%
Prod. M ³ x1000	306.539	299.738	-2%
VRP (%)	2	47	45%
Volume disponibilizado/Ligação	508,47	397,94	-22%
Volume disponibilizado/Economia	402,48	299,28	-26%
Ind. Perdas (l/lig.dia)	631	381	-40%

Fonte: SABESP, 2009

5.14 - Projeção para os próximos dez anos

Estipulando crescimento de 25%, teríamos 941.531 ligações ao final do período. O volume perdido por ligação é de 381 litros. Se for obtida redução nos próximos dez anos de 35% do volume perdido chegaria a 250 litros por ligação.

No caso as perdas reais, aquela que impacta diretamente nos volumes disponibilizados, teria redução de 25% do volume, ou seja, 70% do total de perdas. Conforme demonstrando na tabela 24

Tabela 24 – Projeção dos volumes para o próximo período

Dados	2009	2019	Variação
Ligações ativas	753.225 un	941.531 un	25%
Crescimento populacional e perdas reais iguais	9,51 m ³ /s	11,88 m ³ /s	2,37 m ³ /s
Custo de implantação do Sistema Alto Juquiá	0	R\$39,7 milhões por m ³ /s	R\$ 94,09 milhões por 2,37 m ³ /s
Crescimento vegetativo e redução de perdas reais	9,51 m ³ /s	8,91 m ³ /s	- 0,60 m ³ /s
Volume disponibilizado	398 m ³ /lig.ano	298 m ³ /lig.ano	-25%
Índice de Perdas Totais	381 l/lig.dia	248 l/lig.dia	-35%

Fonte: SABESP, 2009

A possibilidade de postergar os investimentos na exploração de novos mananciais é real e permite ampliar os recursos empregados na redução de perdas. Porém, para tomada de decisão deverão ser considerados também fatores operacionais e climáticos.

No estudo de caso, considerando o emprego do recurso natural não utilizado, poderia gerar os seguintes investimentos no sistema de distribuição por cinco anos, conforme tabela 25:

Tabela 25 - Gastos anuais com principais serviços

Serviços	Quantitativos	Custo médio	Gasto médio anual
Detecção de Vazamentos	10.200 km	R\$270,00	R\$ 2.754.000,00
Controle de Pressão	7 un.	R\$150.000,00	R\$ 1.050.000,00
Troca de Ramais	35.500 un.	R\$400,00	R\$14.200.000,00
Total			R\$18.004.000,00

Fonte: SABESP, 2009.

Os quantitativos são similares ao empregado para redução de perdas reais no estudo de caso no ano de 2009. Não foram considerados os custos com a manutenção e operação.

6 – CONCLUSÕES

Os conceitos relacionados a perdas de água, indicadores e ações tem-se padronizado nos últimos anos. As principais práticas são as defendidas pela I.W.A., International Water Association, contribuindo para a uniformização das ações e a comparabilidade dos indicadores.

No Brasil verifica-se o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) que reúne informações e indicadores sobre a prestação de serviços de saneamento de forma padronizada contribuindo para a visualização das melhores práticas e para o diagnóstico do setor.

Identifica-se que o estudo de caso, a Unidade de Negócio Norte da Sabesp, tem em seu programa de redução de perdas grande parte das práticas defendidas pelos principais pesquisadores. Ações como redução de pressão no sistema de distribuição de água, detecção de vazamentos não visíveis, substituição de hidrômetros de forma preventiva, renovação da infraestrutura por meio de troca de ramais e agilidade nos reparos são amplamente empregadas.

Os indicadores testados no estudo de caso tinham aderência aos preconizados pelos pesquisadores e por meio deles identificou-se nas figuras 51 e 52, que os vazamentos tanto em rede como ramal estão acima dos principais referenciais comparativos.

Na figura 59 verifica-se que houve sensível redução no indicador de vazamentos em redes em período coincidente com a consolidação da redução de pressão no sistema de distribuição.

No caso dos vazamentos em ramais houve ligeira queda no indicador que leva a análise de que a redução de pressão foi mais importante para o caso dos vazamentos em rede. A diferença está no material, enquanto a rede tem predominância em ferro fundido, os ramais são de pead, polietileno de alta densidade.

Apesar de a rede de distribuição estar envelhecida, a redução de pressão colaborou para a postergação dos investimentos. Os problemas normalmente são locais e podem ser tratados de forma focada.

A manutenção do indicador de vazamentos em ramais tem maior relação com a qualidade do material e a execução do serviço, fato que fez a empresa investir na substituição dos ramais com polietileno de alta densidade de melhor qualidade .

A substituição de ramais em grandes quantidades, especialmente onde já foi identificado vazamento, além de renovar a infraestrutura apresenta ganhos significativos já no curto prazo pela imediata redução do volume perdido.

Para o combate das falhas ocorridas na infraestrutura, a detecção de vazamentos não visível foi à principal ação, os avanços dessa prática permitiram ampliar a atividade, pois, como demonstrada na figura 44, os vazamentos não visíveis correspondem a mais de 70% da vazão perdida. O estudo de caso avançou na estratégia de ampliar a extensão de rede pesquisada, como verificado na figura 54, dobrando a rede pesquisada no ano de 2009 se comparada ao ano de 2005.

As ações relacionadas a perdas aparentes evoluíram especialmente na ação troca de hidrômetros. No período de 2009 foram mais de 200 mil unidades substituídas conforme indicado na figura 61.

Nessa etapa do programa de perdas da Unidade de Negócio Norte- MN, a ação que agiu substancialmente na causa foi o controle de pressão. A válvula redutora de pressão foi o principal equipamento utilizado para melhor eficiência na operação do sistema de abastecimento.

A instalação de VRPs foi assertiva quanto ao diagnóstico da elevada quantidade de vazamentos em função da pressão. A evolução das instalações permitiu diminuir o impacto das pressões no vazamento, atualmente a cobertura em extensão de rede superou os 45% com mais de 220 válvulas instaladas.

Na tabela 13 pode-se observar como a VRP se tornou importante na estratégia de redução de perdas, a maior redução de volume perdido é durante a madrugada, justamente no período que o consumo é menor, ou seja, verifica-se que a redução de pressão implica na redução da vazão dos vazamentos existentes no sistema.

Nos setores que possuem maior extensão de rede com controle e redução de pressão percebeu-se maior desenvolvimento na questão da redução de perdas conforme distribuição apresentada na figura 66.

Como o controle de pressão, outras ações aplicadas no estudo de caso permitiram resultados importantes na redução do volume perdido:

- pesquisa de vazamento não visível: reduz perda e melhora a imagem junto ao cliente.
- prioridade no reparo do vazamento não visível,
- troca de ramal: depois do controle de pressão a troca de ramal é que gera mais benefícios. Similar ao controle de pressão ataca diretamente a causa. A localização do ramal com vazamentos é simples e rápida, facilitando o processo de renovação da infraestrutura.

Com os trabalhos desenvolvidos nesses dez anos houve sensível queda nos indicadores de perdas, em especial pode-se destacar que em 1998 chegou a ter 631 litros por ligação por dia de índice de perdas e em 2009 alcançou o patamar de 380, conforme indicado na tabela 23. Quando comparada a outras concessionárias esses resultados se mostraram satisfatórios.

A melhoria nos indicadores é confirmada no balanço hídrico e na redução do volume disponibilizado quando comparado os anos de 2002 e 2009 demonstrada nas figuras 70 e 71. Dessa forma percebeu-se que o conhecimento das causas predominantes das perdas nos setores é fator para o bom direcionamento das ações.

Por meio da evolução do programa de redução perdas identificou-se melhor aproveitamento do volume disponibilizado de água, que permitiu abastecer mais pessoas sem a necessidade de explorar novos recursos hídricos. Na tabela 23 percebe-se que o número de ligações evoluiu

25% enquanto o indicador de perdas reduziu mais de 40%. Verifica-se menor exploração dos mananciais da região estudada. A postergação de investimentos na busca de novos mananciais foi o resultado obtido.

Na simulação realizada na tabela 24 verifica-se o elevado custo dos investimentos para a busca de novos mananciais. Por outro lado há indicação que muito se pode fazer com custo financeiro e ambiental menor. Os investimentos realizados na última década se mostraram eficazes e pode por meio de novos aportes avançarem de forma consistente na redução do volume perdido de água. Essa questão é estratégica especialmente em uma região com disponibilidade hídrica tão baixa e com alternativas de mananciais escassas e longínquas.

Verifica-se, portanto que para o avanço contínuo na redução de perdas seria recomendável:

- diagnóstico adequado
- conceitos disseminados
- planejamento
- recursos contínuos
- comprometimento.
- persistência.

Os investimentos devem ser permanentes e precisos, por isso é necessário a busca de novas tecnologias, ensaios e pesquisas para aperfeiçoar e atualizar os conceitos empregados.

7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. Agência Nacional de Águas. **Atlas: Abastecimento Urbano de Água**. Disponível em: <http://atlas.ana.gov.br>. Acesso em: 14 nov. 2010.

ABENDE. Associação Brasileira de Ensaio Não Destrutivos. **Apostila do Curso de Detecção de Vazamentos Não Visíveis: Métodos Acústicos**. 1ª Edição. São Paulo: ABENDE, 2003.

ABRANCHES, R. **Reabilitação de redes de distribuição de água para abastecimento público: avaliação e controle**. São Paulo, 146 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2009.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Projeto de Rede de Distribuição de Água para Abastecimento Público**. NBR 12218/1994 1ª ed. São Paulo, 1994.

ALEGRE, H. et al. **Performance Indicator for Water Supply Services** - 3ª Ed. U.K: IWA Publishing., 2006

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** - São Paulo, 200 p. Dissertação (Mestrado em Obras Hidráulicas) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

BÁGGIO, M. **Nova estratégia para atingimento de metas de redução de perdas**. Termo de referência. (Controle Estatístico de Processos). Curitiba, 2003.

BARTH, F.T. Aspectos Institucionais do Gerenciamento de Recursos Hídricos. In REBOUÇAS, A.C et.al. **Águas Doces do Brasil: Capital ecológico, uso e conservação**. 2ª ed. São Paulo: Escrituras Editora e Distribuidora de Livros Ltda. 2002.

BRASIL. Ministério das Cidades. Documento Técnico de Apoio. DTA D1. **Controle da pressão na rede**. Programa Nacional de Combate ao desperdício de água. Brasília: Ministério das Cidades, 1998.

BRASIL. Ministério das Cidades. Documento Técnico de Apoio. DTA D2. **Indicadores de Perdas nos Sistemas de Abastecimento de água.** Programa Nacional de Combate ao desperdício de água. Brasília: Ministério das Cidades, 2004.

CASTELLANO, M.; BARBI, F. Avanços na gestão compartilhada dos recursos hídricos nas bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. **São Paulo em Perspectiva**, Fundação Seade, v.20, n.2, p. 46-58, abr-jun. 2006. Disponível em: <http://www.seade.gov.br>; <HTTP://www.scielo.br>.

COVAS, D. e RAMOS, H. **Válvulas Redutoras de Pressão e Produção de Energia. 7º Congresso da Água.** Lisboa, 2004

DIAS, N; COVAS, D.; RAMOS, H. **Melhoria do desempenho técnico de Sistemas através do controle de pressão.**XII SILUBESA - Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental . Figueira da Foz, Portugal, 2006.

ESCOBAR, H. Uma Guarapiranga por dia. In.Gazzi,R., editor-chefe, **Megacidades– grandes reportagens.** São Paulo: S.A. O Estado de São Paulo, Ago.2008,p.82-85.

ENOPS - **Proposta técnica para realização de serviços de redução de pressão.** São Paulo: ENOPS, 2001.

GALVÃO, J.R.B. **Avaliação da relação pressão x consumo, em áreas controladas por válvulas redutoras de pressão. (VRPs) – Estudo de Caso: rede de distribuição de água na Região Metropolitana de São Paulo.** – Dissertação (Mestrado em Obras Hidráulicas) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

GERLINGEN, W. **Water loss Management and Techniques.** German National Report, 2001.

GUMIER, C. C. **Aplicação de modelo matemático de simulação-otimização na gestão de perda de água em sistemas de abastecimento** - São Paulo, 200 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Campinas, 2005.

GONÇALVES, E. **Metodologias para Controle de Perdas em Sistemas de Distribuição de Água: Estudo de Caso da CAESB**. 173 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 1998.

LAMBERT, A. **Accounting for Losses – the Bursts and Background Estimates Concepts**. **Journal of the Institution of Water and Environmental Management**, 1994, Volume 8 (2), pp 205-214.

_____. **Pressure Management – Leakage Relationships: Theory, Concepts and Practical Application**. Paper presented at IQP Seminar, London, 1997.

LAMBERT, A.; et al. **A review of performance indicators for real losses from water supply systems**. Editorial. **Journal of Water Supply: Research and Technology – AQUA**. London, p 227-237, 1999.

LAMBERT, A.; THORNTON, J. **Avaliação de Perdas Reais**. São Paulo: SABESP, 2002.

LIMA, J.E.F, **Recursos Hídricos no Brasil e no mundo**. 46 p. – Documentos Embrapa Cerrados. – Planaltina, 2001.

MELATO, D.S. **Discussão de uma metodologia para o diagnóstico e ações para redução de Perdas de Água: Aplicação no Sistema de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de São Paulo**. Dissertação (Saneamento). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.

MOTTA, R.G. **Importância da Setorização adequada para combate às perdas reais de água de abastecimento público.** São Paulo, 172 p. Dissertação (Mestrado em Obras Hidráulicas) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.

SABESP – **Setorização da Região Metropolitana de São Paulo.** São Paulo: Sabesp, 1988.

SABESP – **Programa de Redução de águas não-faturadas.** São Paulo: Sabesp, 1993.

SABESP. **Manual de Controle de Pressão através de válvulas redutoras de pressão.** São Paulo: SABESP, 1999. 100 p

SABESP – **Diagnóstico do Andamento das ações do programa de redução de perdas no período 1999 – 2000.** São Paulo: Sabesp, 2001.

SABESP – **Proposta de Metodologia para Quantificação de Usos Autorizados Não Medidos nos Sistemas de Distribuição operados pela Sabesp, como subsidio para a Determinação das Perdas.** Versão 2. Diretoria de Sistemas Regionais. São Paulo: Sabesp, 2005.

SABESP – **Plano Metropolitano de Água.** São Paulo: Diretoria Metropolitana. São Paulo: Sabesp, 2007.

SABESP – **Programa de Redução de Perdas – Relatório Analítico 2009,** São Paulo: Sabesp, 2009.

SEBAKMT. **Equipamentos para Detecção de Vazamentos.** Catalogo de Fabricante. Disponível em: <<http://sebakmt.com>> Acessado em: setembro de 2010.

SNIS – **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos 2008.** Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília, 2009.

TARDELLI FILHO, J. Controle e Redução de Perdas. In: TSUTYIA, M. T. (org.). **Abastecimento de água**. 3ª Ed. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

THORNTON, J. **Elaboração de Diagnóstico Operacional e de Perdas e elaboração de Balanço Hídrico Anual da I.W. A da Unidade de Negócio Norte**. São Paulo: SABESP, 2007.

TOMAZ, P. **Perdas de Água**. Treinamento (Curso de Hidráulica e Saneamento). Guarulhos, 2009.

TSUTIYA, M.T. **Abastecimento de Água**. 3ª Ed. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

WATER AUTHORITIES ASSOCIATION. **Leakage Control Policy and practice. (Report 26)**. 1ª ed. U.K, 1980

WATERLOSS2010, 2010. São Paulo. Anais... São Paulo. Disponível em: <<http://waterloss@acquacon.com.br>>. Acesso em 15.08.2010.

WATER INDUSTRY MANAGING LEAKAGE . **Managing Water Pressure (Report G)**. 1ª Ed. U.K, 1994.

WATERWORKS BUREAU OF THE SAPPORO MUNICIPAL GOVERNMENT. **Water Leak Prevention**, Sapporo, 1994.