

**Edneia de Cassia Gava Avila**

**R.A. 002200300328 – 10º Semestre**

**ESTUDO DA VARIAÇÃO DE PRESSÕES DE SERVIÇO EM  
PONTOS DA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA  
CIDADE DE ITATIBA**

Monografia apresentada à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso, do Curso de Engenharia Civil da Universidade São Francisco, sob orientação do Prof. Alberto Luiz Francato, como exigência parcial para a conclusão do curso de graduação.

**Itatiba**

**2007**

AVILA, Edneia de Cassia Gava. **Estudo da variação de Pressões de serviço em pontos da rede de abastecimento de água da cidade de Itatiba.** Monografia defendida e aprovada na Universidade São Francisco em 11 de Dezembro de 2007 pela banca examinadora constituída pelos professores.

---

Prof. Dr. Alberto Luiz Francato  
USF – orientador

---

Profa. Ms. Cristina das Graças Fassina Guedes  
USF – examinadora

---

Prof. Oswaldo Buzolin Junior  
examinador

Aos meus pais, meus irmãos e em especial ao meu esposo Carlos Eduardo.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao concluir este trabalho, meus agradecimentos especiais:

ao Prof. Alberto Luiz Francato pela orientação deste trabalho e por todas as ajudas nos momentos de dificuldades.

ao Prof. Adão Marques Batista pelo auxílio na elaboração deste trabalho.

aos meus colegas João Paulo, Fábio, Daniela, Adriana e Edson pela amizade, paciência e cooperação durante todo o período da graduação e, em especial, na realização deste trabalho.

ao meu esposo pela ajuda durante a realização da coleta dos dados, pelo estímulo durante estes 5 anos e por estar ao meu lado em todos os momentos.

a todos os professores do curso de Engenharia Civil pela paciência e pela atenção dedicada nestes anos da graduação.

*“O rio somente alcança  
seus objetivos porque  
aprendeu a superar seus  
obstáculos; seja como ele”.*  
*(Lenira Poli)*

AVILA, Edneia de Cassia Gava. **Estudo da variação de Pressões de serviço em pontos da rede de abastecimento de água da cidade de Itatiba**. 2007. 42f. Monografia – Curso de Engenharia Civil da Universidade São Francisco, Itatiba.

## RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo da variação de pressões de serviço em pontos da rede de abastecimento de água da cidade de Itatiba. Para a determinação das pressões de serviço, utilizou-se um manômetro analógico com escala de fundo de 100mca. Foram feitas leituras em dois pontos da rede de abastecimento, sendo um ponto de ligação residencial e outro ponto de ligação comercial. Na ligação predial, as leituras foram efetuadas durante sete dias da semana de hora em hora e, na ligação comercial, as leituras foram efetuadas em três dias da semana, em horário comercial e com intervalos maiores. Nos dois pontos estudados, as pressões encontradas ultrapassaram os limites máximos de norma em alguns horários, considerando que a pressão estática máxima na rede hidráulica deve ser de 50 mca e a pressão mínima dinâmica de 10mca. Na rede de abastecimento, que contém os pontos estudados, não existe válvula de redução de pressão e nem “boosters” para fazer o controle das pressões. Estes dois equipamentos têm grande importância numa rede de abastecimento, pois através deles, a companhia de saneamento pode fazer o controle das pressões em horários de baixo e alto consumo de água, contribuindo assim para o bom funcionamento do sistema. Como as pressões verificadas nos pontos ficam próximas aos limites superiores de pressão ou em alguns casos até ultrapassam, isto leva a concluir que a ocorrência de pontos com vazamentos implicará em consideráveis volumes de água perdidos.

Palavras-chave: REDE HIDRÁULICA, MEDIÇÃO DE PRESSÕES, VÁLVULAS DE CONTROLE.

## **ABSTRACT**

This work presents a study of the variation of pressures of service in points of the net of water supply of the city of Itatiba. For the determination of the service pressures, an analogical manometer with scale of deep was used of 100mca. Readings in colon of the supplying net, being a point of residential linking and another point of commercial linking had been made. In the land linking, the readings had been effected during seven days of hourly week e, in the commercial linking, the readings had been effected in three days of the week, commercial schedule and with bigger intervals. In colon studied, the joined pressures had exceeded the maximum limits of norm in some schedules, having considered that the maximum static pressure in the hydraulical net must be of 50 mca and the dynamic minimum pressure of 10mca. In the supplying net, that contains the studied points, it does not exist valve of pressure reduction and nor "boosters" to make the control of the pressures. These two equipament have great importance in a supplying net, therefore through them, the sanitation company can make the control of the pressures in schedules of low high e water consumption, thus contributing for the good functioning of the system. As the pressures verified in the points they are next to the superior limits to pressure or in some cases until they exceed, this leads to conclude that the occurrence of points with emptyings will imply in considerable lost volumes of water.

Word-key: HYDRAULICAL NET, MEASUREMENT OF PRESSURES, VALVES OF CONTROL.

# SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	9
LISTA DE TABELAS.....	10
LISTA DE SIGLAS.....	11
1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Objetivo.....	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1 Elementos Constituintes dos Sistemas de Abastecimento de Água.....	14
2.1.1 Redes de Distribuição de Água.....	14
2.1.2 Reservatórios.....	15
2.1.3 Estações de Bombeamento ("Boosters").....	16
2.1.4 Válvulas de Controle.....	17
2.1.4 Válvulas Redutoras de Pressão (VRP's).....	17
2.2 Setorização de Redes de Abastecimento.....	19
2.2.1 Setorização das Redes.....	19
2.3 Redução de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água.....	21
2.3.1 Vazamentos.....	24
2.4 Influência das Pressões nos Vazamentos em Tubulações.....	28
2.4.1 Exemplo de Estimativa de Cálculo de Vazamentos.....	30
3. METODOLOGIA.....	33
3.1 Materiais.....	33
3.2 Procedimentos.....	34
4. ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	36
5. CONCLUSÕES.....	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Posições dos reservatórios em relação ao terreno.....	15
FIGURA 2. Esquema geral de implantação de "booster" na rede.....	17
FIGURA 3. Efeito da VRP para o sistema sem consumo de água.....	18
FIGURA 4. Efeito da VRP para o sistema com consumo de água .....	19
FIGURA 5. Uso da VRP para abastecer duas zonas de pressão .....	19
FIGURA 6. Esquema de abastecimento para atender as diversas zonas de pressão.....	20
FIGURA 7. Esquema de abastecimento de água para atender os limites de pressão .....	21
FIGURA 8. Síntese das ações para o controle e a redução de perdas reais .....	22
FIGURA 9. Síntese das ações para o controle e redução de perdas aparentes.....	23
FIGURA 10. Haste de escuta. ....	26
FIGURA 11. Geofone eletrônico.....	27
FIGURA 12. Correlacionador de ruídos.....	27
FIGURA 13. Tubulação com vazamento .....	30
FIGURA 14. Relação da vazão no ponto de vazamento com a carga manométrica .....	31
FIGURA 15. Equipamento utilizado para as medições .....	34
FIGURA 16. Equipamento em operação .....	34
FIGURA 17. Variação de pressão do ponto residencial .....	36
FIGURA 18. Curva neutra de pressão do ponto residencial .....	37
FIGURA 19. Variação de pressão do ponto comercial.....	38
FIGURA 20. Curva neutra de pressão do ponto comercial .....	39

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Tipos de vazamentos e as ações referentes a figura 8 .....	22
TABELA 2 Índice percentuais de perdas.....	24
TABELA 3. Causas dos vazamentos.....	24
TABELA 4. Características dos vazamentos.....	28
TABELA 5. Valores notáveis de pressões para o ramal predial.....	37
TABELA 6. Valores notáveis de pressão para o ramal comercial .....	39

## LISTA DE SIGLAS

ABNT -	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Cd -	Coeficiente de descarga
DAEE -	Departamento de Água e Energia Elétrica
DTA -	Documento Técnico de Apoio
ETA -	Estação de Tratamento de Água
EE -	Estação Elevatória
h -	Carga manométrica
IP -	Índice de Perdas
LP -	Linha Piezométrica
NBR -	Norma Brasileira Registrada
PNCDA -	Programa Nacional de Combate ao Desperdício de água
Q -	Vazão
S -	Área do Orifício
VRP -	Válvula Redutora de Pressão
INMETRO -	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

## 1. INTRODUÇÃO

As redes hidráulicas são dispositivos utilizados para promover o abastecimento de água à população de uma determinada região. O desenvolvimento espacial da rede hidráulica acompanha a planta do projeto urbanístico e, assim, é influenciada pela topografia do local. Com isso, é natural que ocorram pontos com pressões elevadas e pontos com pressões reduzidas, chegando perto ou até mesmo ultrapassando os limites da norma.

De acordo com a ABNT, NBR 12218/1994, a pressão estática máxima na rede hidráulica deve ser de 50 mca (metro de coluna d'água) e a pressão mínima dinâmica de 10mca. Contudo, observa-se que a pressão dinâmica mínima é recomendada ser maior ou igual a 15 mca para facilitar a chegada até os reservatórios dos edifícios residenciais com 2 ou 3 pavimentos.

Como o perfil de consumo dos usuários não é constante, as vazões sofrem variações, levando também as pressões a sofrerem variações ao longo do dia e como a perda de água nos trechos da rede é influenciada pelas pressões, quanto maior as pressões, maiores as perdas de água.

As redes de distribuição de água são constituídas pelos seguintes elementos: tubulações, reservatórios, os "boosters" ou bombas e as válvulas de controle da rede. Os "boosters" e as bombas servem para garantir a pressão adequada para o bom funcionamento da rede hidráulica, incrementando com energia a rede nos horários de aumento da perda de carga.

Em um sistema de abastecimento de água, a rede de distribuição geralmente não está sob constante inspeção, diferente das obras de captação, adução, tratamento e reservatórios que se encontram mais concentrados e têm uma equipe que pode vistoriar e fazer as manutenções necessárias, por serem obras visíveis e de fácil acessibilidade. As redes de distribuição são enterradas, ou seja, ficam sob as vias públicas, tendo assim difícil acesso e ocasionando perdas de água quando a manutenções corretivas são postergadas.

A pressão é o fator que mais influencia nos vazamentos de uma rede de abastecimento de água e também pode causar danos nas instalações residenciais depois do hidrômetro, caso a pressão seja excessiva. O controle da pressão pela companhia de saneamento é essencial para a redução de perdas. (TSUTIYA, 2006, p. 498)

A deficiência na pressão mínima também caracteriza um problema, pois em edificações com 2 ou 3 pavimentos pode ocorrer dificuldade da água atingir a cota do reservatório domiciliar.

Para solucionar os problemas de pressão, pode-se dividir o setor de abastecimento de água em zonas, buscando um zoneamento piezométrico adequado que atenda as pressões máximas estáticas de 50mca e mínimas dinâmicas de 10mca estabelecidas pela NBR 12218/1994 da ABNT. As alternativas mais interessantes para contornar essa situação são o emprego de Válvulas Redutoras de Pressão (“VRPs”) e de “boosters” de rede que, se bem especificados e operados, apresentam elevada relação benefício-custo.

As redes hidráulicas são projetadas para funcionar dentro dos limites de pressão recomendados pela norma brasileira, respeitando a pressão máxima no caso de condições estáticas (pressão estática), que ocorre geralmente nas primeiras horas da madrugada, pois o consumo de água é muito baixo e, portanto, a perda de carga também é pequena. A pressão mínima é verificada com a rede em condições dinâmicas de operação e, geralmente, apresentam situações mais críticas nos horários de maior consumo de água, em que se verificam as maiores vazões e, por conseqüência, as maiores perdas de carga.

Com a expansão das zonas urbanas, ocorre uma ampliação na demanda de consumo, extrapolando as previsões e a capacidade de fornecimento de água a nível satisfatório, tanto qualitativo quanto quantitativo. Para isso, revisou-se na literatura os métodos para monitoramento de redes, analisando vazões e fazendo um estudo de caso para a cidade de Itatiba. Monitorou-se pressões horárias em um ramal predial de ligação durante sete dias de uma semana. Também fez-se a leitura em uma ligação tipicamente comercial (Universidade São Francisco) onde o padrão de consumo não é o convencional. O levantamento dos dados neste segundo ponto não foi feito em intervalos de discretização horária, mas em horários críticos para o sistema como: 8h, 10h, 12h, 14h, 16h e 18h.

## **1.1 Objetivo**

Este trabalho tem a finalidade de verificar variações de pressão em ligações prediais em pontos da cidade de Itatiba. O estudo apresenta como resultado, curvas de variação de pressão diária e também o comportamento das pressões em dias diferentes da semana.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Para que um sistema de abastecimento de água apresente bom desempenho é necessário fazer o controle das pressões para minimizar as perdas na rede e assim diminuir o desperdício de água.

O monitoramento das pressões procura manter o funcionamento da rede em níveis adequados de pressões. Este objetivo é atingido pelo projeto específico e setorização dos sistemas de distribuição, pelo controle do bombeamento direto na rede (“boosters”) e ou pela introdução de válvulas redutoras de pressão (VRP’s).

Para um melhor entendimento da análise proposta neste trabalho, optou-se por descrever brevemente um sistema de abastecimento de água e seus acessórios, de forma a padronizar a terminologia e destacar os aspectos que intervêm com o planejamento da operação. Os sistemas de abastecimento de água podem ser divididos basicamente em três partes: adução, reservação e distribuição. No presente estudo, pretende-se monitorar as pressões de serviço em redes de abastecimento de água e, para tanto, é pertinente descrever os acessórios presentes em uma rede hidráulica.

### **2.1 Elementos Constituintes dos Sistemas de Abastecimento de Água**

#### **2.1.1 Redes de Distribuição de Água**

As redes de distribuição de água são formadas por tubulações ligadas por acessórios com o objetivo de levar água potável dos reservatórios até os pontos de consumo, ou seja, colocar água potável à disposição dos consumidores.

As redes hidráulicas podem ser classificadas em: redes hidráulicas malhadas, redes hidráulicas ramificadas e as redes hidráulicas mistas.

As redes hidráulicas malhadas são constituídas de uma maneira que o ponto de consumo possa ser alimentado de direções diferentes, ou seja, este tipo de rede apresenta uma maior flexibilidade de manobra e manutenção. Dependendo das variações na demanda ao longo do dia, o sentido do fluxo nos ramos pode até ser invertido. Neste tipo de rede, o fluxo é praticamente contínuo, não apresentando terminações fechadas, reduzindo efeitos de sedimentação dentro dos tubos. (FRANCATO, 2002)

As redes hidráulicas ramificadas, também conhecidas como rede em raiz ou espinha de peixe, apresentam pontos terminais fechados. O sentido do fluxo dentro das tubulações é sempre definido e, desta maneira, o seu dimensionamento é mais simples. Uma grande

desvantagem da rede ramificada em relação à rede malhada é a sua dificuldade operacional, uma vez que a manobra em uma válvula compromete todo o restante da rede, a jusante da válvula. (FRANCATO, 2002)

A rede ramificada é alimentada por um reservatório ou através de uma estação elevatória, o sentido da vazão é conhecido, em qualquer trecho, rede de distribuição. (TSUTIYA, 2006)

Rede mista é a união dos dois tipos de rede citados anteriormente.

## 2.1.2 Reservatórios

A reserva de água em sistemas de distribuição de água é imposta por condições técnicas, econômicas e de segurança.

Os reservatórios têm finalidades múltiplas como: compensar as variações ou flutuações no consumo, regularizando assim uma vazão média proveniente da Estação de Tratamento de Água (ETA); assegurar uma reserva de água para situações de emergência como combate a incêndios; fornecer água nos casos de interrupção de adução; regularizar pressões de serviço mínimas adequadas e outros. A capacidade dos reservatórios é obtida em função de sua finalidade principal. (AZEVEDO NETO apud FRANCATO, 2002)

Quanto à localização, os reservatórios devem estar situados de maneira que a água a ser distribuída possa atingir por gravidade os pontos de consumo através das tubulações. Os reservatórios apresentam diferentes formas geométricas, dependentes das situações topográficas, sendo em alguns casos elevados, enterrados, semi-enterrados ou apoiados sobre o terreno. (FRANCATO, 2002)

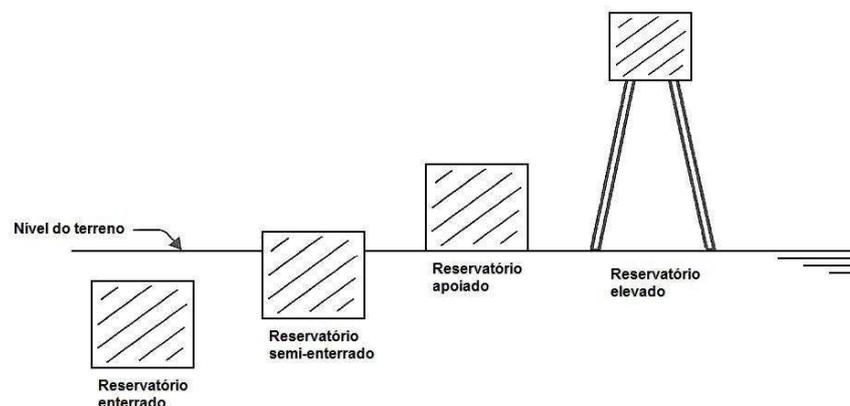


FIGURA 1: Posições dos reservatórios em relação ao terreno. Fonte: (TSUTIYA, 2006, p.344)

A Figura 1 ilustra o posicionamento do reservatório quanto ao solo. O reservatório enterrado situa-se em cota inferior a do terreno em que está localizado. O reservatório semi-enterrado apresenta no mínimo um terço de sua altura abaixo da cota do terreno. O reservatório apoiado tem o fundo na mesma cota do terreno ou apresenta menos de um terço de sua altura total abaixo do nível do terreno e o reservatório elevado tem a cota do fundo superior à cota do terreno onde se localiza.

### **2.1.3 Estações de Bombeamento (“Boosters”)**

As estações elevatórias, casas de bombas e “boosters” são designações utilizadas para indicar instalações de mesma natureza destinadas a abrigar conjuntos de bombas e dispositivos complementares. (AZEVEDO NETO apud FRANCATO, 2002).

A utilização de bombas hidráulicas é encontrada tanto nas estações de bombeamento nos sistemas de adução que abastecem os reservatórios, como também dentro das redes hidráulicas, operando como estações elevatórias ou “boosters”, que têm como objetivo garantir pressões mínimas adequadas em pontos críticos da rede, sem a necessidade de elevação de reservatórios ou substituição de tubulações. As estações de bombeamento são geralmente compostas por associações de bombas em série ou paralelo, dependendo da necessidade do sistema. Em muitos casos, torna-se conveniente a utilização de bombas com inversores de frequência, uma vez que as vazões sofrem variações atreladas à demanda ao longo do dia. Nas instalações com “booster”, não existe o poço sucção, pois a água encaminhada para a entrada da bomba provém de tubulação sob pressão. (FRANCATO, 2002)

Portanto, para garantir a pressão mínima durante todo o dia faz-se necessária a implantação de “boosters” de modo a pressurizar somente a parcela da rede em que há deficiência no abastecimento, sem elevar a pressão nos pontos que estão com pressão adequada para o bom funcionamento.

A Figura 2 apresenta um esquema geral da instalação de “booster” em um subsetor, em planta e perfil.

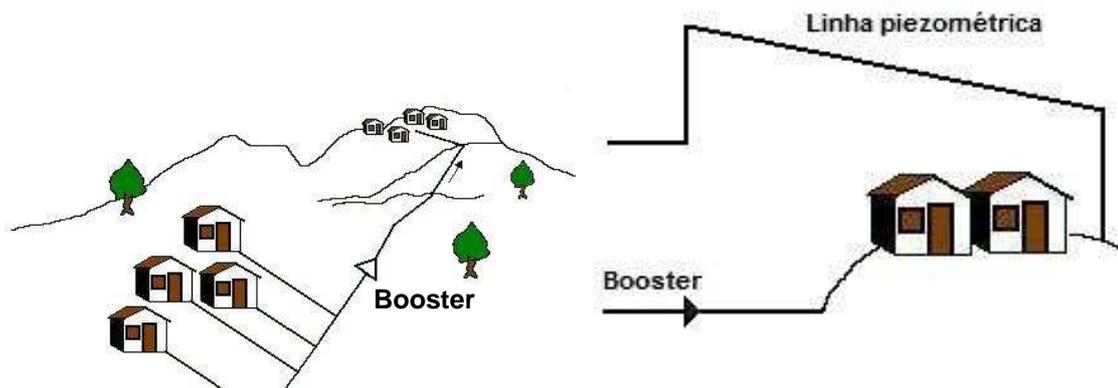


FIGURA 2: Esquema geral de implantação de “booster” na rede. Fonte: (TSUTIYA, 2006, p.502)

### 2.1.4 Válvulas de Controle

As válvulas são elementos necessários para efetuar o controle das condições de pressão e vazão em condutos forçados com escoamento em regime permanente. (LUCCA apud FRANCATO 2002).

As válvulas podem interromper totalmente o fluxo ou realizar a passagem entre dois regimes permanentes. Em seu universo, encontramos um grande número de tipos, fabricantes e modelos diferentes, cada qual específico para uma determinada finalidade. O acionamento das válvulas pode ser manual, comandadas por motor ou automáticas, sendo que, as válvulas comandadas por motor utilizam de servomecanismos que podem ser comandadas a distância. Dentre os principais tipos, podemos destacar as válvulas limitadoras de pressão que garantem uma pressão especificada a jusante da mesma (indicada para ocasiões de pressões excessivamente elevadas) e as válvulas limitadoras de vazão que garantem um controle da vazão num determinado trecho da rede hidráulica, permitindo, assim, a manobrabilidade do sistema. As vazões a serem liberadas dos reservatórios para a manutenção do ciclo diário de enchimento e esvaziamento dos reservatórios são dependentes da operação de válvulas de controle nas saídas e entradas dos reservatórios. (FRANCATO, 2002)

### 2.1.5 Válvulas Redutoras de Pressão (VRP's)

A válvula redutora de pressão é uma válvula de controle automático projetada para reduzir a pressão de montante a uma pressão constante à jusante, independente da variação de vazão e pressão do sistema. (TSUTIYA, 2006)

As válvulas redutoras de pressão têm a função de manter as pressões na rede de abastecimento de água dentro dos limites especificados pela NBR 12.218 da ABNT. A pressão estática máxima nas tubulações distribuidoras não deve ultrapassar 50 mca, e a pressão dinâmica mínima não deve ser inferior a 10 mca. Valores diferentes dos especificados pela norma podem ser aceitos desde que justificados tecnicamente e economicamente. O monitoramento das pressões que atuam nas redes de abastecimento é de fundamental importância para o controle e redução de perdas, pois sabe-se que em um sistema com alta pressão a ocorrência de vazamento é maior e com mais frequência.

A Figura 3 apresenta o efeito da VRP para o sistema sem consumo de água, a Figura 4 apresenta o efeito da VRP com o sistema consumindo água e a Figura 5 apresenta um exemplo em que o reservatório abastece duas zonas de pressão, de modo que a VRP diminua a pressão para abastecer a zona baixa.

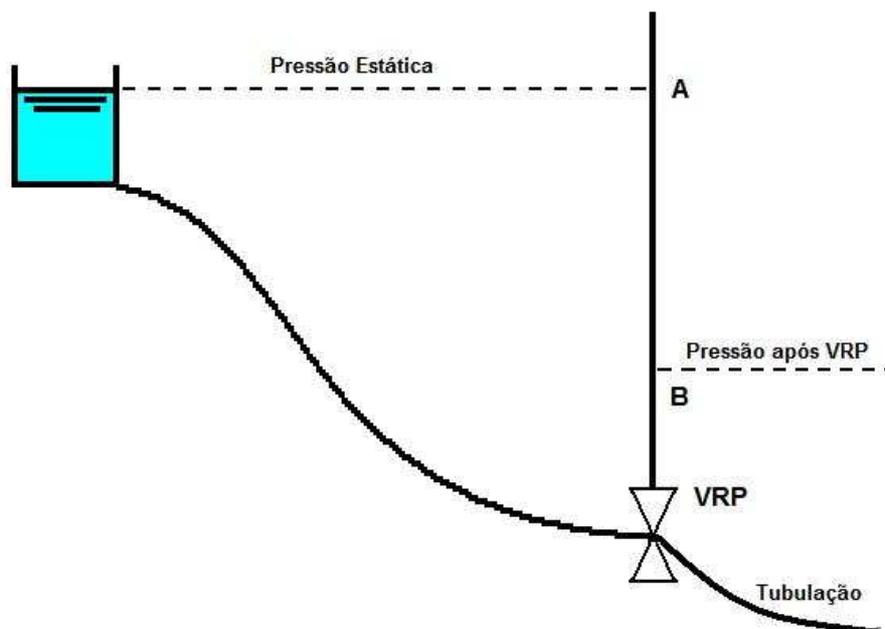


FIGURA 3: Efeito da VRP para o sistema sem consumo de água. Fonte: (VICENTE apud TSUTIYA, 2006, p.443)

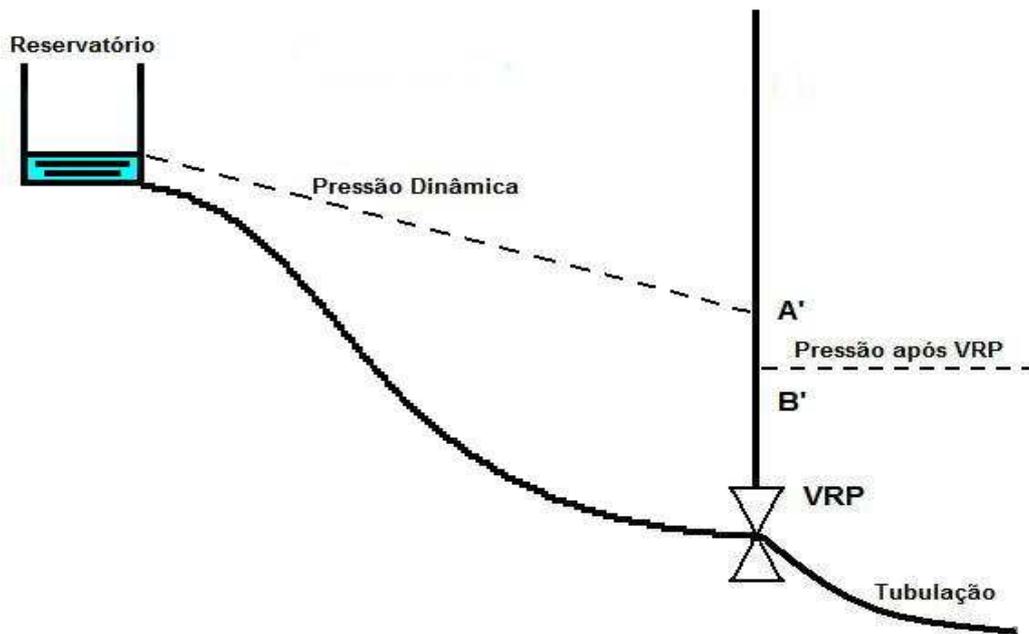


FIGURA 4: Efeito da VRP para o sistema com consumo de água. Fonte: (VICENTE apud TSUTIYA, 2006, p.443)

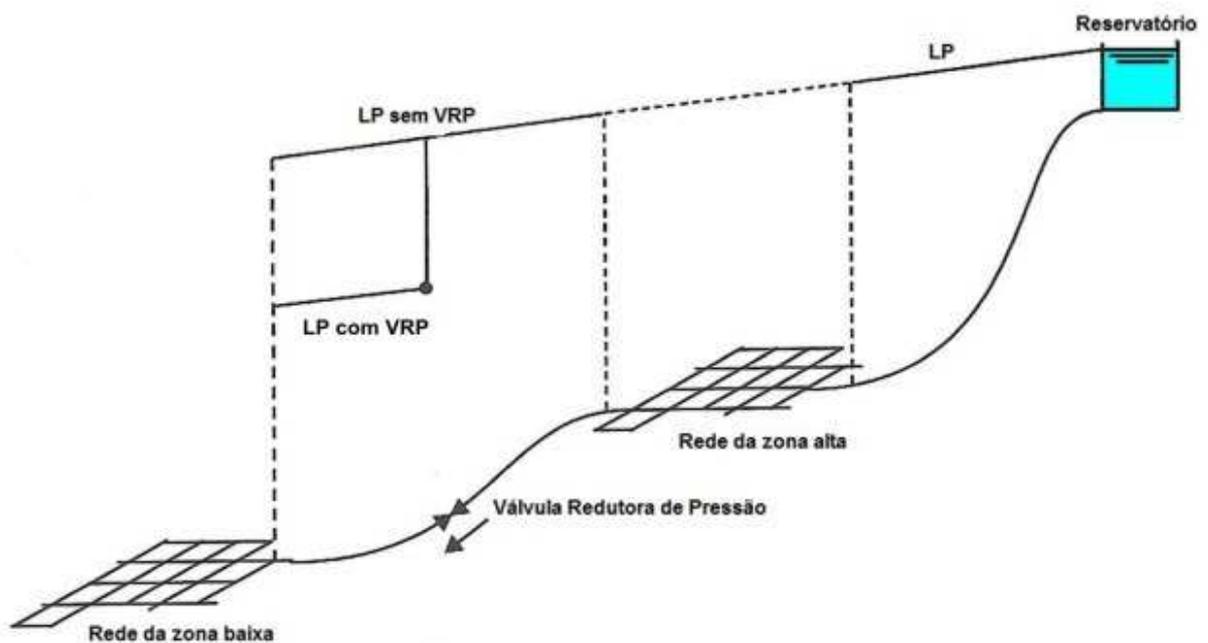


FIGURA 5: Uso da VRP para abastecer duas zonas de pressão. Fonte: (Adaptado de HAESTAD METHODS apud TSUTIYA, 2006, P.443)

## 2.2 Setorização de Redes de Abastecimento

### 2.2.1 Setorização das Redes

Para facilitar e proporcionar uma maior eficiência operacional das redes hidráulicas procura-se setorizar as redes, pois com a divisão em setores e subsetores melhora-se o gerenciamento do sistema de abastecimento de água. Com a setorização, pode-se: detectar com maior facilidade e rapidez pontos de vazamento na rede, solucionar problemas de pressões elevadas, minimizar a área afetada com manobras da rede, possibilitar a realização de macromedições etc.

Com a setorização, cada setor é abastecido por um determinado reservatório (enterrado, semi-enterrado ou elevado) e cada setor tem seu macromedidor na entrada e hidrômetros para o consumidor final. Através da comparação entre macromedição e a micromedição podem ser encontradas prováveis perdas de água no decorrer da tubulação.

As Figuras 6 e 7 abaixo apresentam esquemas de abastecimento de água, onde existem diferentes tipos de reservatórios e diferentes tipos de válvulas para atender os limites de pressão.

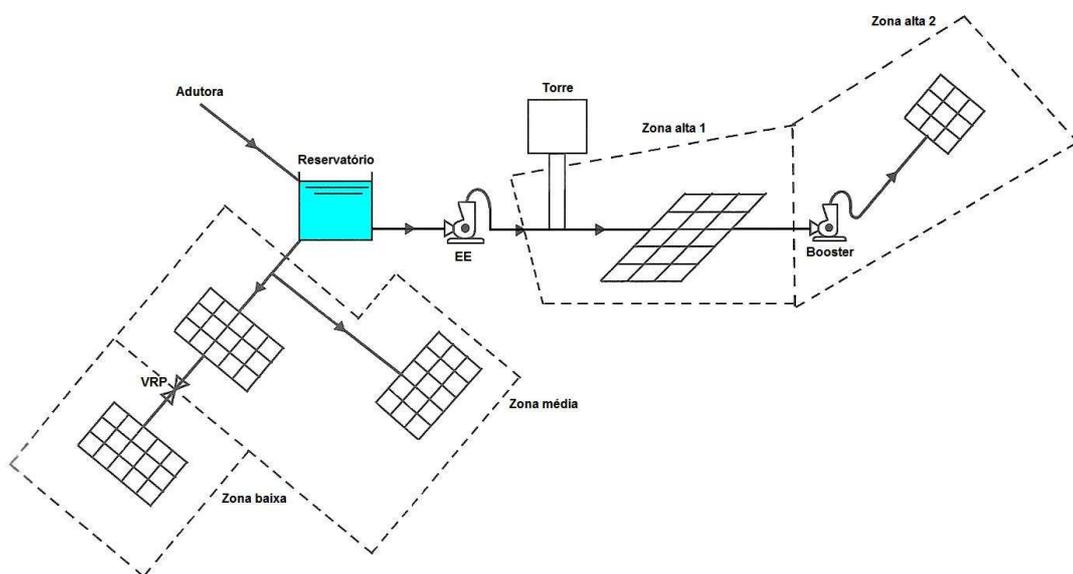


FIGURA 6: Esquema de abastecimento para atender as diversas zonas de pressão.

(TSUTIYA, 2006, p.401)

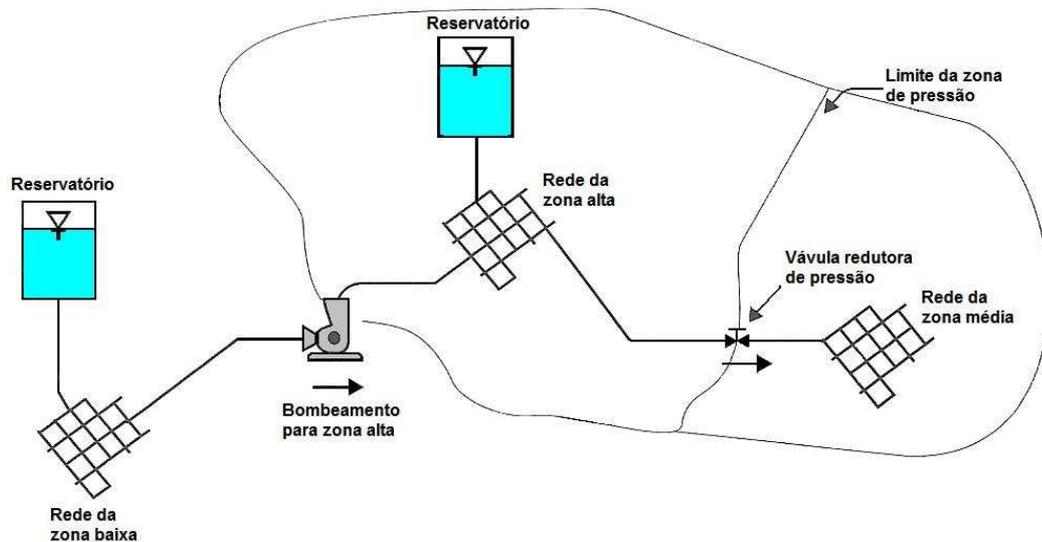


FIGURA 7: Esquema de abastecimento de água para atender os limites de pressão.

(TSUTIYA, 2006, p.401)

## 2.3 Redução de Perdas em Sistemas de Abastecimento

As perdas ocorrem desde a captação no manancial até a entrega da água tratada ao consumidor final. Podem ocorrer perdas de vários tipos, que em grande parte são causadas por operação e manutenção deficientes das tubulações e inadequada gestão comercial das companhias de saneamento. Mas, por outro lado, não é possível contar com “perda zero” nos sistemas de abastecimento de água, pois a existência de tubulações enterradas pressurizadas e medidores de volumes ou vazões com certo grau de imprecisão inerente leva naturalmente a se trabalhar com certo nível de perdas que será “aceitável”, tanto sob os pontos de vista econômico e operacional, como sob a ótica de conservação de recursos hídricos. (TSUTIYA, 2006)

Os fatores fundamentais para diminuir o problema de perdas elevadas nos sistemas de abastecimento de água são: a conscientização do problema, o conhecimento de técnicas e o envolvimento dos profissionais da companhia de saneamento.

Em um sistema de abastecimento de água, existem diferentes tipos de perdas: a primeira é a água tratada que não chega ao consumidor; a segunda é aquela que, por alguma ineficiência ou por não ter sido faturada, leva a companhia a ter prejuízo.

Desta forma, podem ser identificados dois tipos de perdas:

**Perda Física ou Perda Real** que corresponde ao volume de água produzido que não chega ao consumidor final devido à ocorrência de vazamentos nas adutoras, redes de distribuição e reservatórios, bem como de extravasamentos em reservatórios setoriais. (TSUTIYA, 2006)

A Figura 8 ilustra ações importantes para a redução e o controle de Perdas Reais nos sistemas de abastecimento de água.

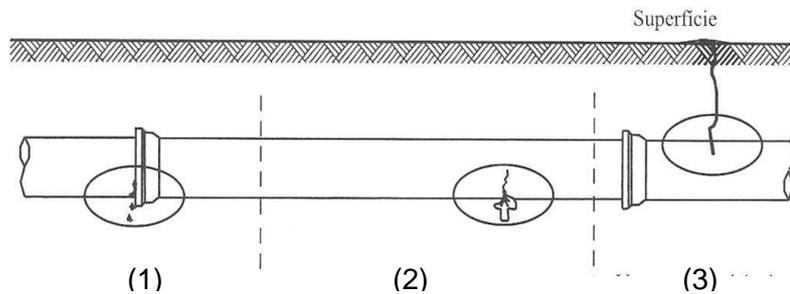


FIGURA 8: Síntese das ações para o controle e a redução de perdas reais. (SABESP apud TSUTIYA, 2006, p 504)

TABELA 1 – Tipos de vazamentos e as ações referentes à Figura 8.

(1)	(2)	(3)
Vazamentos não visíveis, baixa vazão, não aflorantes, não detectáveis por métodos acústicos de pesquisa.	Vazamentos não visíveis, não aflorantes, detectáveis por métodos acústicos de pesquisa.	Vazamentos visíveis, aflorantes ou ocorrentes nos cavaletes, extravasamentos nos reservatórios.
<b>Ações</b> -Redução de pressão -Qualidade dos materiais e da mão-de-obra	<b>Ações</b> -Redução de pressão -Redução de tempo de reparo -Pesquisa de vazamentos -Qualidade dos materiais e da mão-de-obra	<b>Ações</b> Redução de pressão -Redução de tempo de reparo Qualidade dos materiais e da mão-de-obra -Controle de nível nos reservatórios.

**Perda Não-Física ou Perda Aparente** que corresponde ao volume de água consumida, 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, então, a água é efetivamente consumida, mas não é faturada. (TSUTIYA, 2006)

A Figura 9 ilustra ações importantes para a redução e o controle de Perdas Aparentes nos sistemas de abastecimento de água.

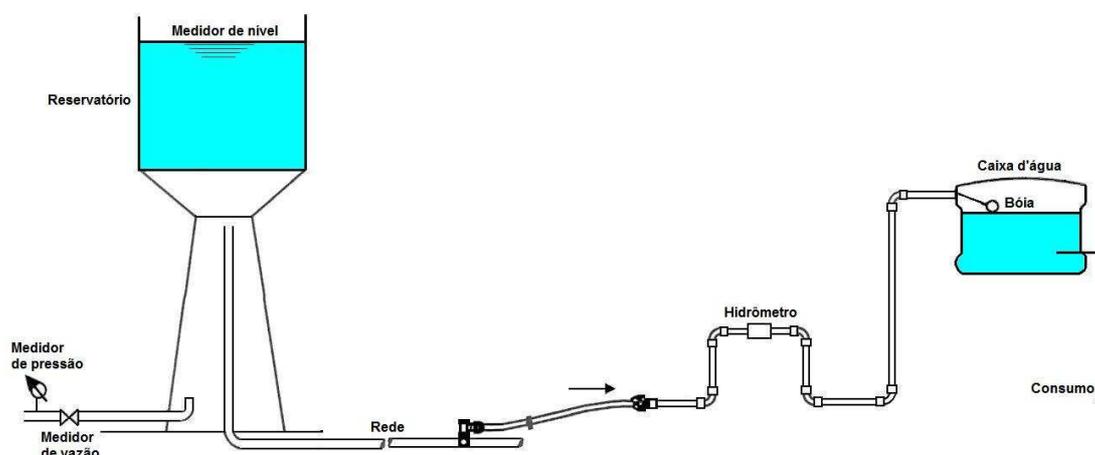


FIGURA 9: Síntese das ações para o controle e redução de perdas aparentes. (TSUTIYA, 2006, p. 511)

As Perdas Reais tem dois pontos de extrema importância, pois quanto menos volume se perde no sistema, menor é a necessidade de explorar ou ampliar as captações de água, o que conseqüentemente, leva a um menor impacto ambiental, mas muitas vezes a companhia de saneamento não consegue aumentar a captação, pois tem um contrato junto ao DAEE que especifica a quantidade de água que pode ser captada. Outro ponto diz respeito à saúde pública, em decorrência da existência de vazamentos na rede de distribuição de água, pois qualquer despressurização do sistema pode levar à contaminação da água pela entrada de agentes nocivos na tubulação.

Para o consumidor, as perdas são um componente importante nas tarifas pagas por eles, pois as companhias geralmente incorporam essas perdas na sua composição de preços. (TSUTIYA, 2006)

As perdas podem ser avaliadas, em geral, medindo-se a vazão (ou volume) no ponto inicial de uma fase e medindo-se novamente a vazão no ponto final dessa fase. A diferença constitui, portanto, a perda. Nos sistemas de abastecimento de água o caso mais comum é a determinação das perdas a partir das estações de tratamento de água – ETA. Nesse caso, mede-se o volume que sai da ETA em um determinado período de tempo (um mês, um ano etc.) e compara-se com a soma de todos os volumes legítimos medidos na rede de distribuição de água, no período considerado, ou seja, faz-se a diferença entre a macromedição e micromedição (ponto de entrega ao consumidor, medidos ou estimados) para determinar a perda. (TSUTIYA, 2006)

Para se ter um indicador de percentual de perdas relaciona o volume total perdido (Perdas Reais + Aparentes) com o volume total produzido ou disponibilizado no sistema (volume fornecido).

A expressão básica para a rede de distribuição de água é:

$$\text{Índice de Perdas} = \text{IP} = \frac{\text{Volume Perdido Total}}{\text{Volume Fornecido}} * 100 (\%)$$

A Tabela 2 mostra a tentativa preliminar de classificação dos sistemas de abastecimento de água em relação às perdas, bem como, busca dar uma referência da ordem de grandeza dos números percentuais geralmente encontrados.

TABELA 2 – Índices Percentuais de Perdas

<b>Índice Total de Perdas (%)</b>	<b>Classificação do Sistema</b>
Menor do que 25	Bom
Entre 25 e 40	Regular
Maior do que 40	Ruim

Fonte: (Adaptado de WEIMER E BAGGIO apud TSUTIYA, 2006, p.465)

Segundo Jornal de Itatiba (2007), em agosto deste ano, as perdas de água em Itatiba chegaram a 43,9 % e relacionando com a Tabela 1 podemos dizer que a situação é bastante preocupante, pois quando o índice total de perdas é superior a 40%, isso indica que a classificação do sistema é ruim. A Companhia de saneamento prevê algumas ações para melhorar a situação, como a pesquisa de vazamentos não visíveis, a substituição de redes e ramais danificados, substituição dos hidrômetros acima do tempo de utilização recomendada pelo INMETRO e aqueles danificados, instalação de válvulas redutoras de pressão, entre outras.

### 2.3.1 Vazamentos

Os vazamentos aparecem em diversas partes do sistema de abastecimento de água, especialmente nas estruturas das ETA's, nas tubulações das linhas de adução e da rede de distribuição e seus acessórios (juntas, registros, ventosas), nos ramais prediais e cavaletes, nas estruturas dos reservatórios setoriais e nos equipamentos das estações elevatórias. (TSUTIYA, 2006)

A tabela 3 apresenta as principais causas dos vazamentos.

TABELA 3 – Causas dos vazamentos

	<b>Causas Internas</b>	<b>Causas Externas</b>

<b>Bombas</b>	Desgaste das gaxetas; Ajustes inadequados nos registros, válvulas e juntas; Pressões elevadas.	
<b>Reservatórios</b>	Má qualidade dos materiais; Má execução da obra; Envelhecimento dos materiais.	
<b>Tubulações</b>	<p><b>Material</b></p> Má qualidade dos materiais; Corrosão; Envelhecimento. <p><b>Execução</b></p> Projeto inadequado; Assentamento inadequado; Corrosão. <p><b>Operação</b></p> Golpe de aríete; Pressão alta; Qualidade da água (Corrosão interna).	<p><b>Ambiente</b></p> Carga de tráfego; Agressividade do solo (corrosão externa); Poluição do solo. <p><b>Desastres Naturais</b></p> Movimento de terra ocasionados por obras; Deslizamentos; Movimentos sísmicos

Fonte: (Adaptado de SAPPORO apud TSUTIYA, 2006, p.468)

Os vazamentos nos sistemas de abastecimento de água podem ser visíveis ou não visíveis.

Os vazamentos visíveis são aqueles facilmente notados, podendo ser prontamente acionadas as equipes de manutenção para a realização dos reparos necessários. No caso de bombas e tubulações ou estruturas expostas, o surgimento de vazamentos é percebido rapidamente, mas nas tubulações e estruturas enterradas, nem sempre o vazamento aflora a superfície nos momentos iniciais. Às vezes, tornam-se visíveis somente a partir do momento que afloram. (TSUTIYA, 2006)

Os vazamentos não-visíveis exigem uma gestão especial, que lança mão de técnicas ou equipamentos para a detecção de fugas e não esperam que o vazamento aflore para fazer o reparo. Se as atividades de pesquisa não forem realizadas com periodicidade, os vazamentos não-visíveis podem permanecer durante meses, anos ou indefinidamente, totalizando volumes consideráveis de água perdida. (TSUTIYA, 2006)

As companhias de saneamento devem fazer o controle ativo dos vazamentos através de métodos acústicos de pesquisa para auxiliar na localização dos vazamentos não-visíveis.

Os equipamentos geralmente utilizados para a detecção acústica dos vazamentos são os descritos a seguir:

**Haste de escuta** é um equipamento muito simples, composto de um amplificador mecânico ou eletrônico, acoplado de uma barra metálica, destinado a captar ruídos de vazamentos em acessórios da rede de distribuição de água (cavaletes, registros, hidrantes etc). A haste de escuta, conforme ilustra a Figura 10, apenas indica a existência do vazamento, mas não o localiza. (TSUTIYA, 2006)

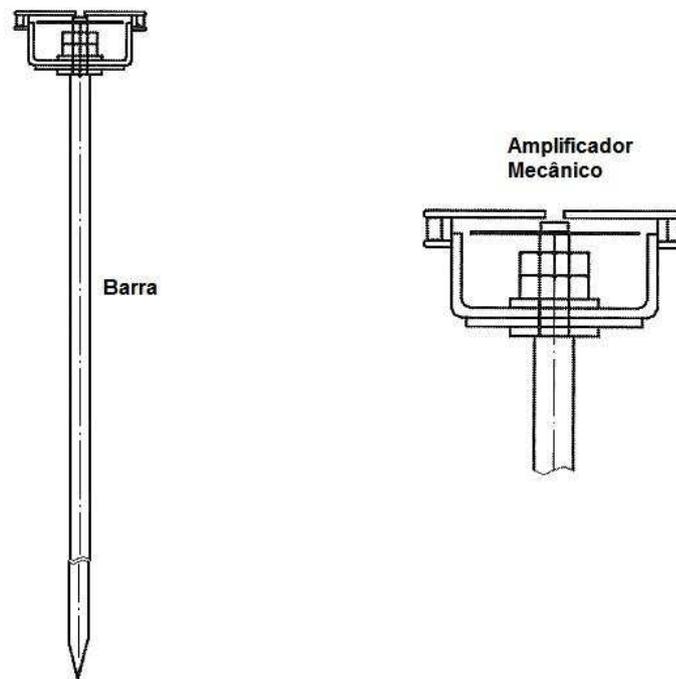


FIGURA 10: Haste de Escuta Fonte: (SAPPORO apud TSUTIYA, 2006, p.492)

**Geofone** é um detector de vazamentos composto de sensor, amplificador, fones de ouvido e filtros de ruídos, destinado a identificar os ruídos de vazamentos a partir da superfície do solo, conforme ilustra a Figura 11. O local onde o ruído apresentar maior intensidade é o ponto abaixo do qual se encontra o vazamento. Existe também o geofone mecânico, sem filtros de ruídos e muito mais simples do que o eletrônico, mas com aplicação mais restrita. (TSUTIYA, 2006)

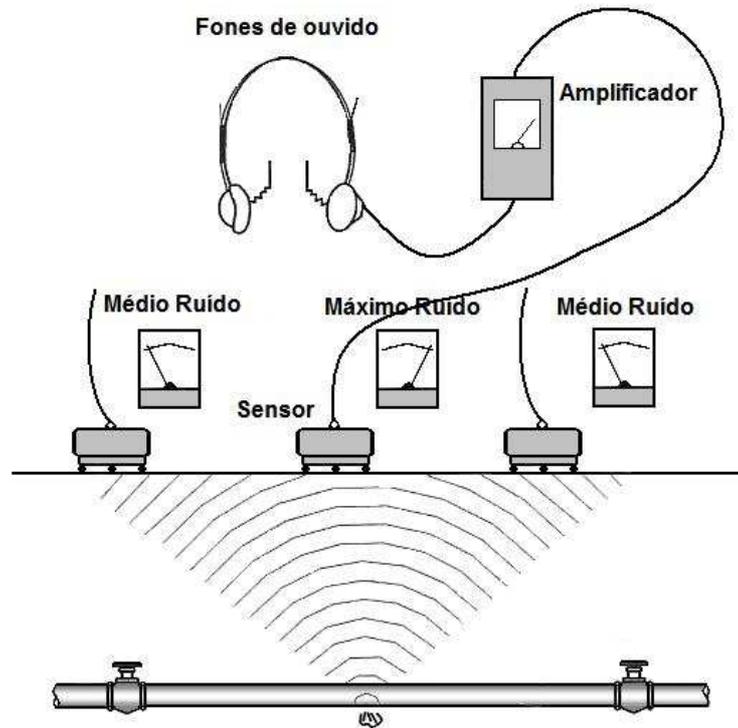


FIGURA 11: Geofone Eletrônico Fonte: (SAPPORO apud TSUTIYA, 2006, p.493)

**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, conforme ilustra a Figura 12. É utilizado em trechos em que o uso do geofone é difícil, por exemplo, ruas movimentadas. Para efetuar a correlação, mede-se em campo a distância entre os sensores que são colocados de modo que o ponto suspeito de vazamento esteja entre eles. Em seguida, entra-se no correlacionador com os dados relativos ao material e ao diâmetro do tubo. O processador indica o ponto exato do vazamento a partir de um dos sensores. (TSUTIYA, 2006)

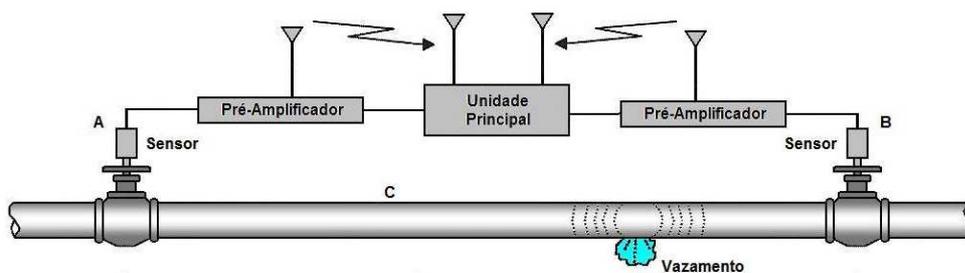


FIGURA 12: Correlacionador de ruídos Fonte: (SAPPORO apud TSUTIYA, 2006, p.494)

A Tabela 4 mostra as características mais marcantes dos tipos de vazamentos apresentados.

TABELA 4 – Características dos vazamentos

<b>Tipo de vazamento</b>	<b>Características</b>
Inerente	Vazamento não-visível, não-detectável, baixas vazões, longa duração.
Não-Visível	Detectável, vazões moderadas, duração depende da freqüência da pesquisa de vazamentos.
Visível	Aflorante, altas pressões, curta duração.

Fonte: (LAMBERT apud TSUTIYA, 2006, p.470)

## 2.4 Influência das Pressões nos vazamentos em tubulações

A pressão de serviço na rede de distribuição de água é o parâmetro operacional mais importante na vazão dos vazamentos e na freqüência de sua ocorrência. A elevação da pressão de serviço nas redes de distribuição tem efeito duplo na quantificação dos volumes perdidos, pois além de aumentar a freqüência de arrebentamentos, aumentam a vazão dos vazamentos. (TSUTIYA, 2006)

O monitoramento de pressões procura adequar as pressões do sistema dentro dos padrões mínimos de serviço para os consumidores. Este objetivo é atingido pelo projeto específico e setorização dos sistemas de distribuição, pelo controle de bombeamento direto da rede (“boosters”) ou pela introdução de válvulas redutoras de pressão (VRP’s). (PNCDA/DTA D1, 1999)

O tempo total referente ao conhecimento da existência do vazamento, do tempo gasto para sua efetiva localização e de seu estancamento é um ponto chave do gerenciamento de perdas físicas. 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. (PNCDA/DTA D1, 1999)

O controle de pressão possibilita:

- redução do volume perdido em vazamentos, economizando recursos de água e custos associados;
- redução da freqüência de arrebentamentos de tubulações e conseqüentes danos que têm reparos onerosos;
- redução das interrupções de fornecimento e os perigos causados ao público usuário de ruas e estradas;

- prover um serviço com pressões mais estabilizadas ao consumidor, diminuindo a ocorrência de danos às instalações internas dos usuários até a caixa d'água (tubulações, registros e bóias);

- redução do consumo relacionado com a pressão da rede, como por exemplo, a rega de jardins. (PNCDA/DTA D1, 1999)

O controle de pressão, através de Válvulas Redutoras de Pressão (VRP), apresenta-se como uma das ferramentas mais importantes no controle e redução de perdas, sendo recomendado o seu uso nos sistemas de abastecimento de água. Este controle deve assegurar as pressões mínimas e máximas permitidas para os consumidores finais, isto é, as pressões estática e dinâmica, que obedecem a limites prefixados pela NBR 12.218 da ABNT. (PNCDA/DTA G4, 2005)

Sabe-se que, em um sistema de abastecimento de água com alta pressão, ocorre com mais freqüência uma grande quantidade de vazamentos. Caso a análise custo-benefício aponte ser viável economicamente um controle ativo dos vazamentos, recomenda-se reduzir a pressão no sistema com VRP ou com utilização de reservatórios, objetivando a redução de ocorrências de vazamentos. (PNCDA/DTA G4, 2005)

O monitoramento das pressões na rede permite a visualização das pressões em um determinado ponto ao longo das horas do dia, possibilitando o conhecimento das pressões médias, mínimas e máximas. Dessa forma, podem-se comparar os valores de pressão na rede com os valores permitidos em Norma e, então, definir as estratégias de adequação de rede, como, por exemplo, a redução de pressões ou substituição de trechos de rede com incrustação. (PNCDA/DTA G4, 2005)

De uma maneira geral, têm-se as seguintes recomendações para o monitoramento das pressões:

- a) Uso de registradores de pressões manométricas com utilização máxima de até 80% da escala do aparelho. Essa escala pode ser obtida a partir das pressões máximas e mínimas que podem ser aproximadas, inicialmente, com a obtenção das cotas altimétricas da rede em plantas com curvas de nível.
- b) O tipo de registrador de pressão a ser usado depende da disponibilidade tecnológica da companhia, podendo ser registrador gráfico ou “data logger”.
- c) O registrador gráfico deve ter possibilidade para registro de 24 horas ou 7 dias e o “data logger” é configurado conforme a necessidade do usuário.
- d) A vantagem do registrador gráfico é que se pode obter de forma imediata o comportamento das pressões ao longo do período específico, tendo como desvantagem a necessidade de transferir a leitura para uma planilha.
- e) A desvantagem do “data logger” é que para a visualização do comportamento das pressões é necessária a utilização de software próprio e microcomputador, nem sempre

disponíveis em campo. Por outro lado, após a captura dos dados, os mesmos já se encontram em formato eletrônico, podendo ainda ser registrados em um período maior que 7 dias.

f) Pode ser utilizado, também, sistema de transmissão de pressão por meio de telemetria, permitindo o monitoramento contínuo e a distância de pressões de montante e de jusante da válvula.

De forma a se obter um controle e monitoramento representativos de pressão na rede, recomenda-se que seja feita a instalação de pelo menos 3 pontos de monitoramento por zona de pressão, sendo um no ponto de menor cota geométrica, um no ponto de maior cota geométrica e um no ponto de cota média. (PNCDA/DTA G4, 2005)

Dependendo da disponibilidade de equipamentos para registro de pressões, pode ser incrementado o número de pontos de monitoramento o que aumenta a representatividade do controle. (PNCDA/DTA G4, 2005)

### 2.4.1 Exemplo de Estimativa de Cálculo de Vazamentos

A vazão num ponto de vazamento é diretamente proporcional a carga manométrica no ponto. A Figura 13 apresenta uma tubulação com vazamento.



FIGURA 13: Tubulação com Vazamento

A vazão num ponto de vazamento pode ser equacionada com a teoria de orifícios, onde a expressão que calcula a vazão no orifício pode ser expressa como:

$$Q = Cd \times S \times \sqrt{2 \times g \times h} \dots\dots\dots(1)$$

Onde:

Q = Vazão

Cd = Coeficiente de descarga

S = Área do orifício

h = Carga manométrica

$$h = \frac{P}{\gamma} = [mca]$$

Pressão de 50 mca

Orifício 1 mm.

$Cd \cong 0,60$

Substituir os dados na fórmula (1)

$$Q = 0,6 \times \frac{(1 \times 10^{-3})^2 \times \pi}{4} \times \sqrt{2 \times 10 \times 50}$$

$$Q = 1,49 \times 10^{-5} \quad m^3/s$$

$$Q = 1,49 \times 10^{-2} \quad l/s$$

$$Q = 53,6 \quad l/h$$

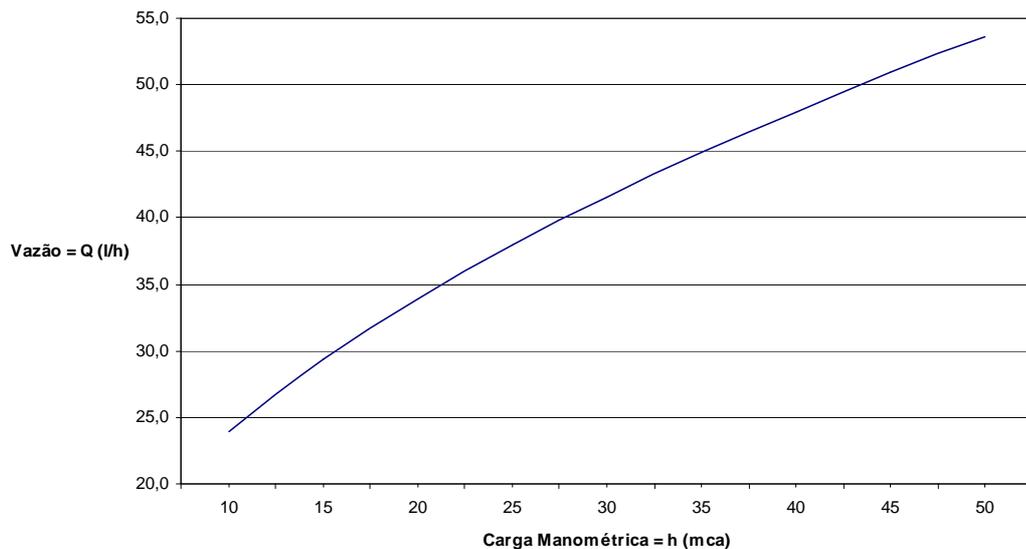


FIGURA 14: Relação da Vazão no ponto de vazamento com a Carga Manométrica

A SANASA Campinas (<http://www.sanasa.com.br>, out. 2007) tem investido muito em estudos para diminuir as perdas físicas, ou seja, tem estudado maneiras de redução de perdas para assegurar o faturamento, a redução de custos e garantir a demanda futura.

O Programa de Controle de Perdas da SANASA Campinas (<http://www.sanasa.com.br>, out. 2007) é composto pelas seguintes ações: macromedição, micromedição, redução de pressão para garantir a operação do sistema dentro das pressões recomendadas pela ABNT, detecção de vazamentos não aparentes, rápida

eliminação dos vazamentos aparentes, redes de distribuição com ligações soldadas; vistorias em reservatórios e troca de redes e ramais com muita incidência de rompimentos.

Com todas estas ações do Programa de Redução de Perdas, a SANASA afirma que tem ótimos resultados e por isso criou uma área responsável pelo gerenciamento, objetivando a oficialização das ações para garantir o retorno financeiro.

### 3. METODOLOGIA

As medições das pressões foram feitas no mês de julho e em dois pontos da cidade de Itatiba com cotas topográficas diferentes, sendo que num ponto, presente na Universidade São Francisco, a medição foi feita três dias da semana das 8 às 18h com intervalo de duas horas, e no outro ponto (ligação residencial), foi feita a semana toda de hora em hora. De posse das leituras, fez-se uma visita técnica a SABESP para identificar os reservatórios que abastecem os locais especificados e como são feitos os controles de pressão na rede de distribuição, verificando se existe ou não a presença de “booster” no setor da rede em estudo. Após o contato com o corpo técnico da SABESP/Itatiba, verificou-se que não existem “boosters” nos locais do estudo e que, portanto, as variações horárias de pressão não são influenciadas por tais equipamentos.

As leituras foram plotadas em gráficos para verificar como a pressão varia ao longo do dia.

#### 3.1 Materiais

Para a realização das medições deste trabalho, construiu-se um equipamento no Laboratório de Hidráulica e Fenômenos de Transportes da Universidade São Francisco, conforme apresentado na Figura 15.

O equipamento é composto de:

- Manômetro analógico com fundo de escala 100mca (metro de Coluna d'água);
- Te de ligação  $\frac{3}{4}$ ";
- Válvula de esfera com funcionamento  $\frac{1}{4}$  de volta;
- Braçadeiras de fixação;
- Mangueira de ligação;
- Conector de rosca para ligação em ramal predial.



FIGURA 15: Equipamento utilizado para as medições

### 3.2 Procedimentos

Para a realização da medição, o equipamento é conectado na torneira de entrada da ligação predial. Em seguida é aberta a válvula do equipamento e a torneira do ramal predial para que ocorra a expulsão do ar contido no equipamento. Após um curto intervalo de tempo, ocorrendo a vazão, fecha-se a válvula e faz-se a leitura das vazões em condições estáticas. A Figura 16 ilustra o equipamento em operação.



FIGURA 16: Equipamento em operação

No momento das medições foi verificado se não existiu ocorrência de consumo na unidade predial para evitar erros na medição das pressões, influenciados por perdas de

carga no ramal predial em decorrência da existência de vazões. O local não apresenta vazamentos nas instalações prediais nem trata-se de local com estrangulamento de tubulações flexíveis de ramal predial.

## 4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

As Figuras 17 e 18 representam as variações de pressão na rede de abastecimento de água do Bairro Jardim Virgínia do Município de Itatiba-SP para os sete dias da semana. Na Figura 17, os dados plotados representam os módulos das pressões em mca (metro de coluna de água). Já na Figura 18, apresentam-se os valores das curvas neutras de pressões para os dias da semana.

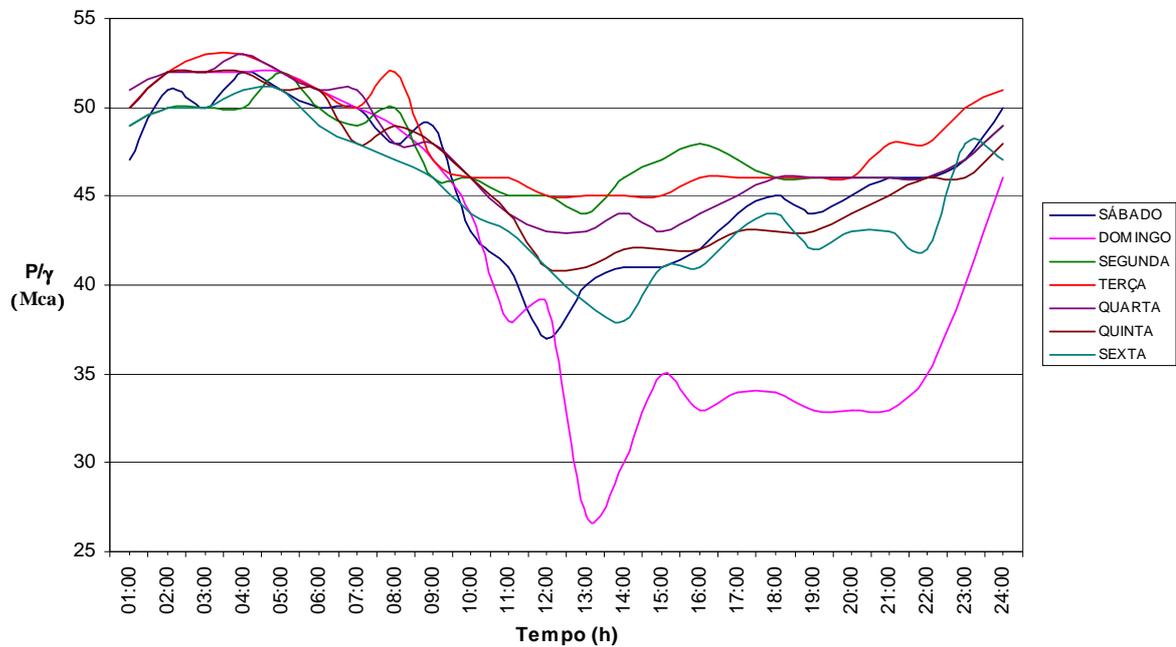


FIGURA 17: Variação de Pressão do Ponto Residencial

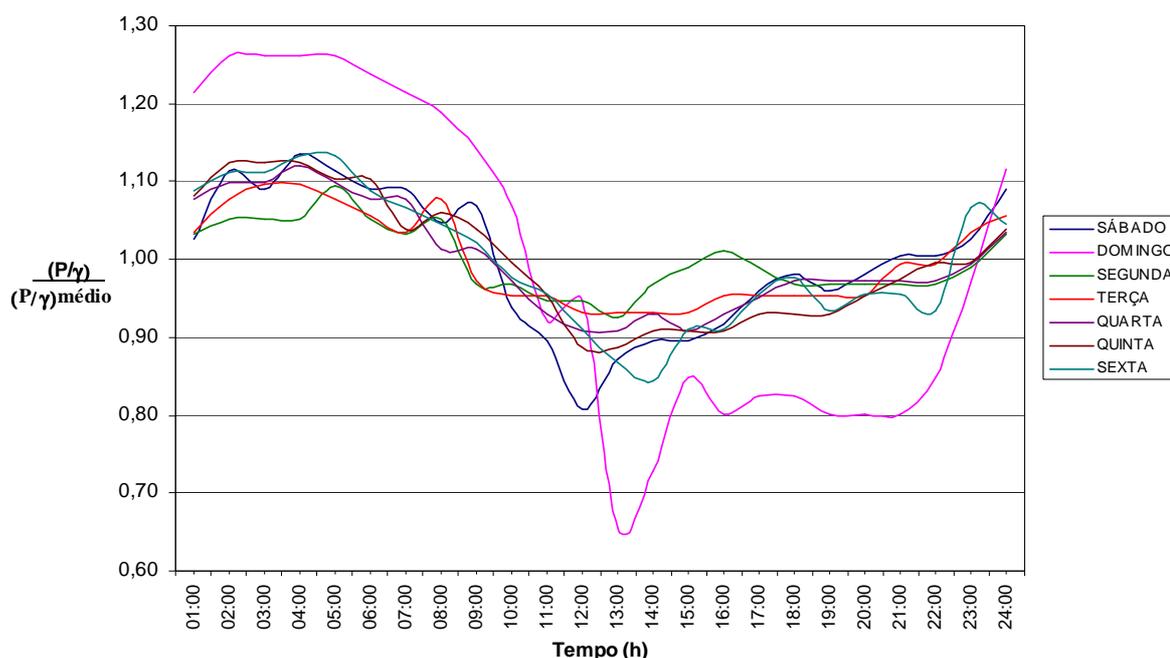


FIGURA 18: Curva Neutra de Pressões do Ponto Residencial

TABELA 5 – Valores Notáveis de Pressões para o Ramal Predial

DIA	P <sub>máx</sub> (Mca)	P <sub>mín</sub> (Mca)	P <sub>med</sub> (Mca)	P <sub>mediana</sub> (Mca)	Desvio Padrão
Domingo	52,0	27,0	41,2	39,5	8,4
Segunda	52,0	44,0	47,5	47,0	2,1
Terça	53,0	45,0	48,3	47,5	2,9
Quarta	53,0	43,0	47,3	46,0	3,3
Quinta	52,0	41,0	46,2	46,0	3,8
Sexta	51,0	38,0	45,0	44,0	3,9
Sábado	52,0	37,0	45,8	46,0	4,1

Para todos os dias da semana, percebe-se claramente que, nos horários de baixo consumo de água, as pressões são maiores, sendo o ponto máximo atingido próximo de 2h. Já os horários com menores valores de pressão ocorrem próximo às 12h. A variação entre as pressões máximas e mínimas observadas estão em média em torno de 15mca.

Verificou-se nas primeiras horas da madrugada que as pressões estão acima de 50 mca e que, portanto, estão em desacordo com a Norma NBR 12218/1994 da ABNT, na qual se recomenda a pressão estática máxima de 50 mca.

Apesar das informações da SABESP, de que não existem “boosters” no setor de rede estudado, observa-se na figura 17 que o domingo apresentou comportamento de valores ainda menores de pressão, o que esperava-se que fossem maiores. Isto também

pode ter ocorrido com a manobra de válvulas dos reservatórios desviando parte da água para outros setores.

Analisando a tabela 5, verifica-se que a pressão máxima em todos os dias da semana ultrapassou os 50 mca limitados pela norma e também em nenhum dia a pressão mínima obteve o valor de 10 mca.

Os gráficos a seguir representam as variações de pressão no ponto de fornecimento de água para o abastecimento da Universidade São Francisco, Campus de Itatiba-SP, para os três dias da semana.

Este ponto de abastecimento de água foi analisado em intervalos maiores de leitura e somente no horário comercial.

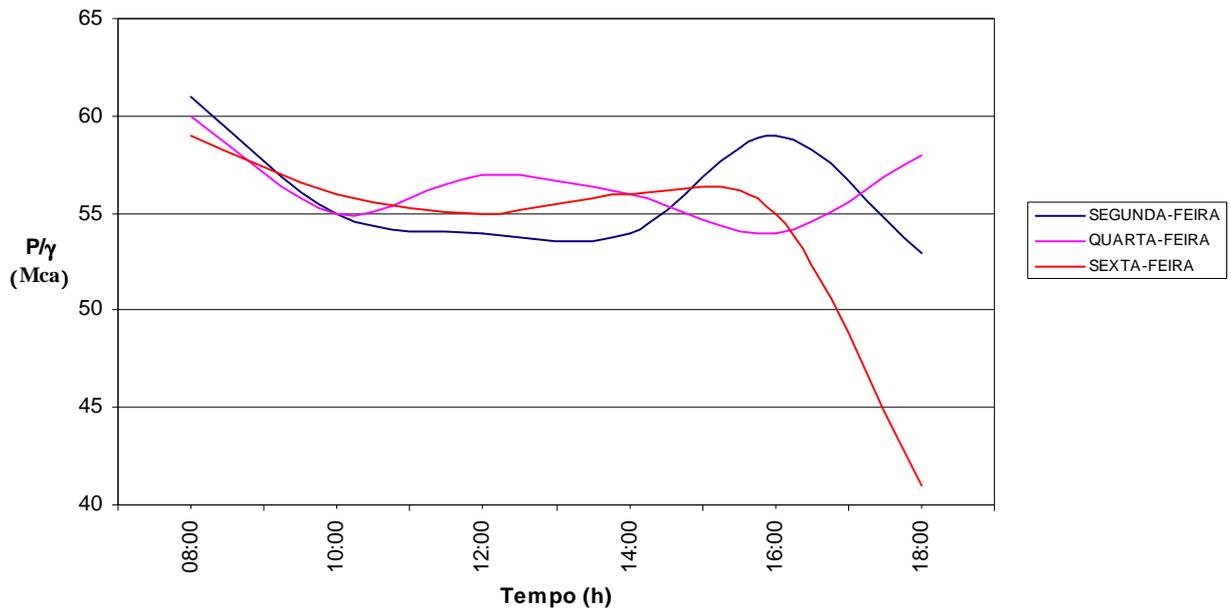


FIGURA 19: Variação de Pressão do Ponto Comercial

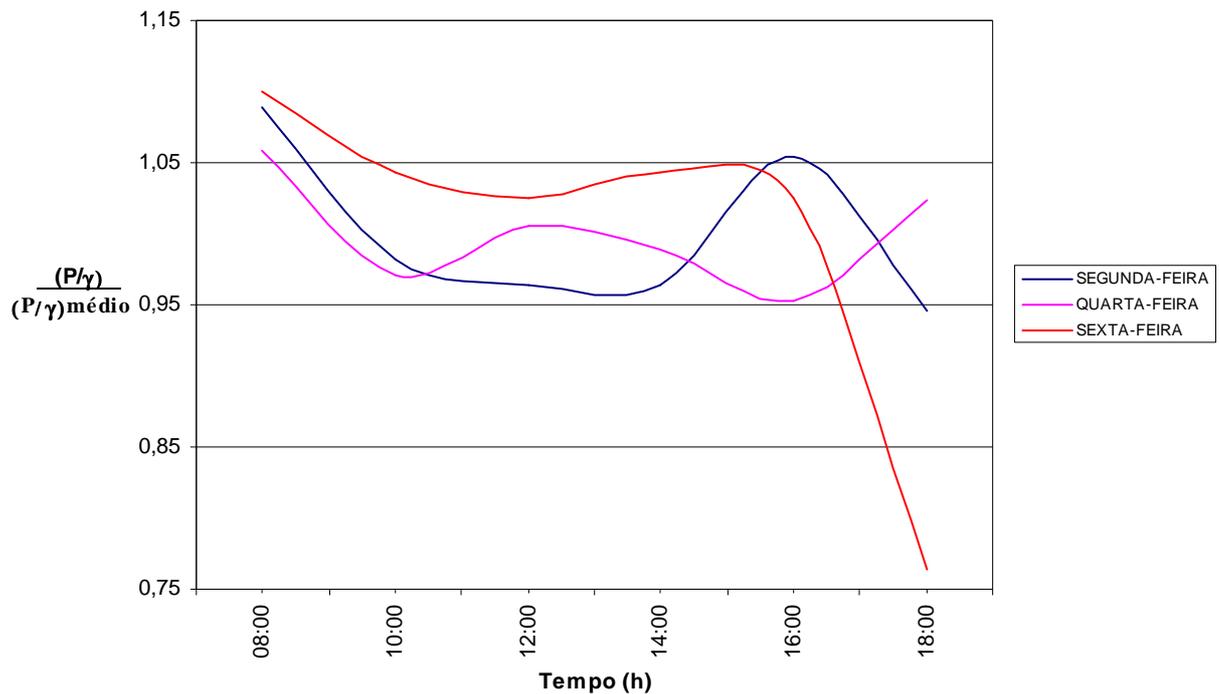


FIGURA 20: Curva Neutra de Pressões do Ponto Comercial

TABELA 6 – Valores Notáveis de Pressões para o Ramal Comercial

DIA	P <sub>máx</sub> (Mca)	P <sub>mín</sub> (Mca)	P <sub>med</sub> (Mca)	P <sub>mediana</sub> (Mca)	Desvio Padrão
Segunda	61,0	53,0	56,0	54,5	3,2
Quarta	60,0	54,0	56,7	56,5	2,2
Sexta	59,0	51,0	53,7	55,5	6,4

Após analisar as Figuras 19 e 20 constatou-se que as pressões tendem a cair próximo às 18h e que na sexta-feira o consumo de água ao final do dia é ainda maior, pois verificou-se uma queda ainda mais acentuada nas pressões.

Verificou-se, também, que na maioria dos horários que foram efetuadas as medições de pressão, as mesmas ficaram acima de 50 mca e que, portanto, estão em desacordo com a Norma NBR 12218/1994 da ABNT, na qual se recomenda a pressão estática máxima de 50 mca. Somente na sexta-feira, após às 18h ocorreu a diminuição da pressão, ficando dentro das especificações estabelecidas pela NBR, menor que 50 mca, embora em condições dinâmicas.

Segundo informações do corpo técnico da SABESP, este setor é abastecido pela ETA que se localiza no centro da cidade, onde a cota geométrica é bem maior que a cota geométrica do ponto estudado e como não tem válvulas de controle as pressões são elevadas.

Na Tabela 6 verifica-se que as pressões são elevadas, pois nos três dias que efetuaram-se as medições, foram encontradas pressões máximas acima de 50 mca.

## 5. CONCLUSÕES

Apesar dos altos índices de perdas nas redes de abastecimento de água da Cidade de Itatiba, a SABESP não implantou sistemas para a redução de perdas, ou seja, nos pontos analisados não há válvulas de controle de pressão.

Com a instalação de válvulas de controle, a SABESP iria economizar uma grande quantidade de água potável em casos de vazamentos na rede de abastecimento, pois de acordo com o gráfico da Figura 14, a estimativa de cálculo de vazamento nos mostra que se a pressão da rede estiver com 50 mca e a tubulação estiver com vazamento de 1 mm de orifício, a vazão no orifício será de 53,6 l/h e se diminuir a pressão de trabalho da rede para a mínima de 10 mca e a tubulação estiver com o mesmo orifício a vazão será de 24 l/h, diminuindo assim 55% da perda de água na rede de abastecimento.

As proximidades do local de medição vêm passando por sucessivas operações de manutenção (restauração de pontos de vazamento) e isto ajuda a evidenciar a pressão excessiva no setor da rede hidráulica.

A implantação de controle de perdas, nos dias atuais, é de grande importância, pois com as alterações climáticas poderemos ter longos períodos de estiagem que poderiam comprometer o abastecimento de água das cidades.

O resultado das medições de pressão nos dois pontos da rede de abastecimento demonstrou que se houvesse redução da pressão das redes de abastecimento de água conseqüentemente diminuiria a perda de água nos pontos de vazamentos.

Recomenda-se para trabalhos futuros, medições em mais pontos com diferentes cotas geométricas para avaliar com maior precisão a ocorrência de índices elevados de pressão em mais locais da cidade de Itatiba. Outro ponto interessante seria prolongar o intervalo de medições, durante várias semanas. Para isso, seria necessária a montagem de um sistema automatizado de leituras. Esta ampliação do horizonte deveria contemplar as sazonalidades hidrológicas (estações de verão e inverno).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público – NBR 12218**. Rio de Janeiro. 29/08/1994. 4p.

AZEVEDO NETO, J. M. **Manual de hidráulica**. 4 ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1966.

DACACH, N. G. **Sistemas urbanos de água**. 2 ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1979.

FRANCATO, A. L. **Otimização Multiobjetivo para a Operação de Sistemas Urbanos de Abastecimento de Água**. 2002. Tese de Doutorado em Engenharia Civil – Faculdade de Engenharia Civil da UNICAMP, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

PNCDA - Programa Nacional de Combate ao Desperdício de água. - **DTA D1. Controle de Pressão na Rede**. Brasília: Secretaria de Política Urbana, 1999. Disponível em: <[http://www.cidades.gov.br/pncda/Dtas/Arq/DTA\\_D1.pdf](http://www.cidades.gov.br/pncda/Dtas/Arq/DTA_D1.pdf)>. Acesso em 15 set. 2007.

PNCDA - Programa Nacional de Combate ao Desperdício de água. - **DTA G4. Controle de Pressão na Rede e Operação de Válvulas Reguladoras**. Brasília: Secretaria de Política Urbana, 2005. Disponível em: <[http://www.cidades.gov.br/pncda/Dtas/Arq/DTA\\_G4.pdf](http://www.cidades.gov.br/pncda/Dtas/Arq/DTA_G4.pdf)>. Acesso em 15 set. 2007.

PORTO, R. de M. **Hidráulica Básica**. 2 ed. São Carlos: Departamento de Engenharia de São Carlos, 2003. 519p.

SANASA. O que fazemos. Apresenta textos sobre controle de perdas. Disponível em: <<http://www.sanasa.com.br/>>. Acesso em 19 out. 2007.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 3 ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. 643p

REDAÇÃO. **Jornal de Itatiba-Diário**, Itatiba, 27 out. 2007. Caderno B, p. 5