



ARILTON JOSÉ GHIDETTI

**EFICÁCIA DO MÉTODO DAS VAZÕES MÍNIMAS
NOTURNAS PARA DIAGNOSTICAR AS PERDAS DE
ÁGUA**

CAMPINAS

2013



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO

ARILTON JOSÉ GHIDETTI

**EFICÁCIA DO MÉTODO DAS VAZÕES MÍNIMAS
NOTURNAS PARA DIAGNOSTICAR AS PERDAS DE
ÁGUA**

Orientador: Prof. Dr. Edevar Luvizotto Jr.

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de mestre em Engenharia Civil, área de concentração Saneamento e Ambiente.

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA
DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELO ALUNO ARILTON JOSÉ
GHIDETTI E ORIENTADO PELO PROF.DR. EDEVAR LUZIVOTTO
JÚNIOR

Assinatura do Orientador

CAMPINAS

2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA DA ÁREA DE
ENGENHARIA E ARQUITETURA – BAE – UNICAMP

G344e Ghidetti, Arilton José, 1970-
Eficácia do método das vazões mínimas noturnas
para diagnosticar as perdas de água / Arilton José
Ghidetti. – Campinas, SP: [s.n.], 2013.

Orientador: Edevar Luvizotto Júnior.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Civil,
Arquitetura e Urbanismo.

1. Controladores programáveis. 2. Abastecimento
de água. I. Luvizotto Júnior, Edevar, 1961-. II.
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. III.
Título.

Título em inglês: Effectiveness evaluation of method of minimum flows night to
diagnose water losses

Palavras-chave em inglês:

Programmable controllers

Water-supply

Área de concentração: Saneamento e Ambiente

Titulação: Mestre em Engenharia Civil

Banca examinadora:

Edevar Luvizotto Júnior [Orientador]

Jose Geraldo Penna de Andrade

Edson Aparecido Abdul Nour

Data da defesa: 15-04-2013

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Civil

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO

EFICÁCIA DO MÉTODO DAS VAZÕES MÍNIMAS NOTURNAS
PARA DIAGNOSTICAR AS PERDAS DE ÁGUA.

Arlton José Ghidetti

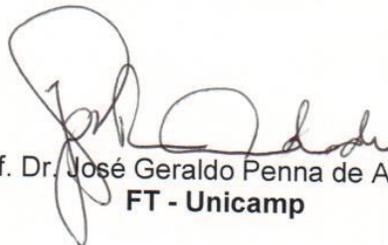
Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



Prof. Dr. Edevar Luvizotto Junior
Presidente e Orientador/ FEC - Unicamp



Prof. Dr. Edson Aparecido Abdou Nour
FEC - Unicamp



Prof. Dr. José Geraldo Penna de Andrade
FT - Unicamp

Campinas, 15 de Abril de 2013

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, José Dercio Ghidetti e Maria Clara B. Ghidetti, pelo exemplo de vida, e ao meu filho, recém-nascido, Rafael José Ghidetti.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus.

Ao Prof. Dr. Edevar Luvizotto Jr. pela orientação, dedicação, conselho, apoio e pelos ensinamentos.

Ao Prof. Dr. Edson Aparecido Abdul Nour, pelos ensinamentos transmitidos e apoio ao longo do curso.

Ao Prof. Dr. Ricardo de Lima Isaac, pelos ensinamentos transmitidos e apoio ao longo do curso.

Aos funcionários e amigos da Unicamp, pela atenção e colaboração durante todo o curso, em especial, a Paula que tanto me ajudou.

A Unidade de Negócio do Alto Paranapanema com sede em Itapetininga – SABESP na pessoa da superintendente Maria da Glória Rosseti Marques e aos Gerentes de Departamento, Tereza K. Miyata e Eduardo Marcelo Schekiera, pela liberação e incentivo para a realização do curso de pós-graduação, e ao superintendente que sucedeu a Maria da Glória, Ivan Sobral de Oliveira, por permitir a sua continuidade.

Aos amigos da SABESP de Itapetininga, em especial, aos engenheiros Valter Hiraichi, Ullisses Cruz de Andrade e Mauro Nalesso, ao pessoal da equipe de Pitometria Pedro Guerra e Vagner José da Silva, pelo apoio e incentivo.

Aos engenheiros Josué Tadeu Leite França, Jorge Narciso Mendes Junior, Maria Sílvia Verhnjak e Jaqueline Aparecida da Rocha, pelo exemplo de profissionalismo e por serem excelentes colegas durante o período das aulas, no cumprimento dos créditos de disciplinas para o curso de mestrado.

Às equipes de técnicos da unidade Sabesp da Divisão de Itapetininga, ao Setor de Cadastro Técnico de Itapetininga e ao Centro de Perdas Consolação em São Paulo que se empenharam na execução dos ensaios de campo e me apoiaram durante todo o trabalho.

Às equipes de técnicos da ROP em especial ao Eng^o Antonio Carlos Costa Vieira, que se empenhou na execução dos ensaios de campo e me apoiou durante todo o trabalho.

“Aprenda como se fosses viver para
sempre.
Viva como se fosses morrer amanhã.”

Mahatman Gandhi

RESUMO

Este trabalho apresenta uma avaliação do emprego do Método das Vazões Mínimas Noturnas quando aplicado a um Setor de Abastecimento utilizando bombeamento direto com variação de rotação. O método de simples concepção é empregado na obtenção das informações para a elaboração de um diagnóstico de perdas de água em sistemas de abastecimento. No caso apresentado nesse trabalho o método foi aperfeiçoado possibilitando sua aplicação prática à realidade do setor investigado. Os resultados obtidos permitiram concluir que o método, após o aperfeiçoamento proposto é adequado se utilizarmos como diretriz a comparação e verificação dos resultados obtidos durante a pesquisa com o valor de perdas totais obtidos via balanço hídrico de todo o Município de Itapetininga, podendo inclusive ser utilizado em outros setores que empregam bombeamento com rotação variável, uma tendência observável nos grandes sistemas de abastecimento e, certamente para os quais o método da vazão mínima noturna pode proporcionar um efetivo suporte nas investigações de perdas.

Palavras chave: Inversor de Frequência, Método das Vazões Mínimas Noturnas, perdas de água.

ABSTRACT

This paper presents a review of the use of Method of Minimum Flows Night when applied to a Sector Supply using direct pumping with variable speed. The simple design method is employed to obtain the information formaking a diagnosis of loss of water supply systems. In the case presented in this work the method was perfected allowing its practical application to the reality of the sector investigated. The results showed that the method after the improvement proposed is appropriate if we use as a guideline the comparison and verification of results obtained during the survey of the value of total losses obtained via water balance of the entire city of Itapetininga, and may even be used in other industries that employ variable speed pumping, a trend observable in large supply systems and certainly for which the minimum night flow method can provide an effective support in investigations of losses.

Key words: frequency inverter, Method of Minimum Flows Night, water losses.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Classificação dos Vazamentos. Fonte: (SABESP, 2005).....	10
Figura 2 - Síntese das Ações de Controle de Perdas. Fonte: (SABESP, 2005).....	12
Figura 3 - Exemplo de vazamento em adutora rompida de difícil detecção devido ao escoamento da água proveniente de perdas reais em galeria de águas pluviais (foto do autor).....	13
Figura 4 - Relação entre vazão de vazamentos e pressão do sistema de distribuição. Fonte: (LAMBERT; THORNTON, 2002).	18
Figura 5 - Programa utilizado na pesquisa. Fonte: (LAMBERT; THORNTON, 2002).	24
Figura 6 - Pressões e Vazões Afluentes durante um Teste de Calculo do valor N1. Fonte: (LAMBERT; THORNTON, 2002).	28
Figura 7 - Variação da Vazão de Vazamentos devido à Pressão Média do Setor em um Sistema por Gravidade: FND <24 horas. Fonte: (LAMBERT; THORNTON, 2002).	31
Figura 8 - Variação da Vazão de Vazamentos devido à Pressão Média do Setor em um Sistema com Controle de Pressão: FND > 24 horas. Fonte: (LAMBERT; THORNTON, 2002).	32
Figura 9 - Perdas. Fonte: (SABESP, 2005).	34
Figura 10 - Componentes do balanço hídrico. Fonte: (ALEGRE <i>et al</i> ,1999).....	35
Figura 11 - Reservatório após a conclusão das obras (foto do autor).....	41
Figura 12 - Foto aérea do Setor Atenas do Sul ou Nastri/ Atenas (foto do autor).	42
Figura 13 - Elementos secundários do medidor eletromagnético dos Setores Chapadinha/ Zona Baixa, Jardim Atenas do Sul e do sistema reserva (foto do autor).....	45
Figura 14 - Registro sem atuador do Setor de Abastecimento Jardim Atenas do Sul (foto do autor).....	46
Figura 15 - Válvula de Retenção da Estação Elevatória de Água Tratada do Setor Jardim Atenas do Sul (foto do autor).	47
Figura 16 - Estação de Bombeamento Nastri ilustrando da esquerda para direita os conjuntos que atendem os Setores Chapadinha e Zona Baixa, Conjunto Reserva dos dois Setores, Setor Jardim Atenas do Sul (foto do autor).	48
Figura 17 - Inversor de Frequência do Setor Jardim Atenas do Sul (foto do autor).	49
Figura 18 - Medidor de Pressão (foto do autor).	50
Figura 19 - Inversor de Frequência do conjunto reserva (foto do autor).....	50
Figura 20 - Sistema de Supervisão e Controle (VECTOR, 2006).....	52
Figura 21 - Centro de Controle Operacional (foto do autor).....	52
Figura 22 - UTR (Unidade de Telemetria Remota) 15. Fonte: (VECTOR, 2006).....	54
Figura 23 - Medidor Eletro Magnético de Inserção instalado em adutora de 300 mm na saída da Estação Elevatória de Água Tratada Nastri (foto do autor).	57
Figura 24 - Instalações para medição de campo. Fonte: (IPT, 2000).....	58
Figura 25 - Marcação do local do vazamento no Setor de Abastecimento Jardim Atenas do Sul (foto do autor).	60
Figura 26 - Step- Test por válvula (a) e por inversor (b).....	63
Figura 27 - Manômetro Analógico (foto do autor).....	72
Figura 28 - Levantamento de Pressões e cotas pizeométricas do Setor de Abastecimento Jardim Atenas do Sul (foto do autor).	74
Figura 29 - Instalação do Datalogger na Cota Média do Setor de Abastecimento (foto do autor).	75

Figura 30 - Obtenção de dados referentes à pressão obtidos no PPMS para calculo do FND inverno.	83
Figura 31 - Dados de pressão obtidos no PPMS durante a realização do Step-Test.	83
Figura 32 - Dados de pressão obtidos no PPMS.	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Componentes da Auditoria das Águas. Fonte: (SABESP, 2005).....	8
Tabela 2 - Balanço Hídrico no Horário da Vazão Mínima Noturna em um Sistema de Abastecimento de Água (sem a ocorrência de fraudes). Unidades em m ³ /hora.Fonte: (GARRETT; BESSEY, 1994).....	23
Tabela 3 - Componentes Padrões do Balanço Hídrico Simplificado nos Setores dos Sistemas de Distribuição.Fonte: (LAMBERT; THORNTON, 2002).	36
Tabela 4 - Componentes Padrões do Balanço Hídrico Completo nos Setores dos Sistemas de Distribuição.Fonte: (LAMBERT; THORNTON, 2002).	36
Tabela 5 - Bairros atendidos pelo Setor Jardim Atenas do Sul (dados do autor).	43
Tabela 6 - Inversores de frequência dos Setores Chapadinha/Zona Baixa e Jardim Atenas do Sul em duas situações distintas de operação (dados do autor).....	44
Tabela 7 - Falta de leituras de macromedição até a instalação do macromedidor eletromagnético de inserção no dia 26/09/2011 (dados do autor).....	56
Tabela 8 - Transdutores de Pressão. Fonte: (IPT, 2000).	58
Tabela 9 - Indicador fator de pesquisa (dados do autor).	59
Tabela 10 - Instruções de preenchimento. Lambert e Thornton (2002).	65
Tabela 11 - Instruções de preenchimento. Lambert e Thornton (2002).	67
Tabela 12 - Instruções de preenchimento. Lambert e Thornton (2002).	69
Tabela 13 - Instruções de preenchimento. Lambert e Thornton (2002).	70
Tabela 14 - Perdas por Município em L / ramal dia. Fonte: (SABESP, 2012).	72
Tabela 15 - Valores de Pressões e Cotas Piezométricas do setor Jardim Atenas do Sul. (dados do autor).....	73
Tabela 16 - VP - Volume Produzido para o Setor de Abastecimento Atenas do Sul (dados do autor).....	76
Tabela 17 - VCM - Volume Micromedido do Município de Itapetininga. Fonte: (SABESP, 2012).	77
Tabela 18 - VCM - Volume Micromedido estimado em 21 casas pertencentes ao Setor. Fonte: (SABESP, 2012).....	78
Tabela 19 - Conhecimento do Sistema e definição da estratégia de amostragem (dados do autor).	80
Tabela 20 - Resultados do emprego do Step-test (dados do autor).	82
Tabela 21 - Médias para calculo do N1 (dados do autor).....	84
Tabela 22 - Pressões para calculo do FND inverno (dados do autor).	84
Tabela 23 - Cálculo do N1 via programa elaborado por Lambert e Thornton (2002).	85
Tabela 24 - Cálculo do FND via programa elaborado por Lambert e Thornton (2002).	86
Tabela 25 - Calculo das perdas reais pela Metodologia das Vazões Mínimas Noturnas via programa elaborado por Lambert e Thornton (2002).....	87
Tabela 26 - Calculo das perdas reais e aparentes pela Metodologia Balanço Hídrico via programa elaborado por Lambert e Thornton (2002).	90
Tabela 27 - Resumo obtido via programa elaborado por Lambert e Thornton (2002).	92
Tabela 28 - Pressões Médias no PPMS (dados do autor).	96
Tabela 29 - Pressões Médias no PPMS Projetadas para calculo do FND verão.	97

Tabela 30 - Tabela da Vazão Mínima Noturna Média entre os dias 28/12/2011 á 03/01/2012 (dados do autor).	98
Tabela 31 - 1a Tentativa de cálculo de N1.	98
Tabela 32 - 2a Tentativa de cálculo de N1.	99
Tabela 33 - Cálculo do FND via programa elaborado por Lambert e Thornton (2002).	101
Tabela 34 - Determinação das Perdas Físicas a partir da Vazão Mínima Noturna Fonte: (LAMBERT; THORNTON, 2002).	102
Tabela 35 - Balanço Hídrico via programa elaborado por Lambert e Thornton (2002).....	104
Tabela 36 - Quadro Comparativo entre as duas Metodologias. Via programa elaborado por Lambert e Thornton (2002).	106
Tabela 37 - Verificação quanto ao correto funcionamento da EEAT.	107
Tabela 38 - Resumo dos Resultados.....	109

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas.
AWWA	American Water Works Association.
BH	Balanço Hídrico.
CCO	Centro de Controle Operacional.
CD	Coefficiente de descarga.
EEAT	Estação Elevatória de Água Tratada.
FAP	Fator de Pesquisa
FAVAD	Fixed and Variable Area Discharge.
FND	Fator Noite – Dia.
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
IIE	Índice Infra Estrutural.
IP	Índice de Perdas.
IPR	Índice de Perdas por Ramal.
IWA	International Water Association.
PA	Perda Aparente.
PCA	Ponto Crítico de Abastecimento.
PMS	Pressão Média do Setor.
PR	Perda Real.
PMNS	Pressão Mínima Noturna Média do Setor.
PPMS	Ponto de Pressões Médias do Setor.
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo.
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.
SSC	Sistema de Supervisão e Controle.
TAP	Nome em inglês para dispositivo que permite tirar água de um tubo.
UTR	Unidade de Telemetria Remota.
VCM	Volumes de Consumos Medidos (Micromedidos).
VMN	Vazão Mínima Noturna.
VO	Volumes de Usos Operacionais e Sociais.

VP	Volume Produzido.
VF	Volume faturado
VPERT	Volume de perdas totais
NLA	Numero de ligações ativas
L REDE	Comprimento de Rede.
NENR	Numero de Economias não residenciais
NER	Numero de Economias Residenciais
NLAR	Numero de ligações ativas residenciais
NLANRES	Numero de ligações ativas não residenciais
NECON	Numero de economias
NECON RES	Numero de economias residenciais
NECON N RES	Numero de economias não residenciais

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	5
2.1. Objetivos Gerais	5
2.2. Objetivos específicos	5
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
3.1. Perdas de água	7
3.1.1. Perdas Reais ou Físicas.....	8
3.1.1.1 Classificação dos Vazamentos	9
3.1.1.2 Duração dos vazamentos	12
3.1.1.3. Extravasamentos	13
3.1.2. Perdas Comerciais ou Aparentes	14
3.2. Modelos Matemáticos para calculo de perdas de água.....	15
3.2.1 Método “Fixed and Variable Area Discharge” (FAVAD)	16
3.2.2 Método (Vazões Mínimas Noturnas)	18
3.2.2.1 Formulação Básica	20
3.2.2.2 Cálculo das Perdas Reais.....	21
3.2.2.3 Vazão de Perdas Reais (Q_{PERDAS}) e Vazão Mínima Noturna Média ($Q_{MIN NOT}$) ...	22
3.2.2.4 Vazão de usos ou consumos noturnos legítimos	23
3.2.2.5. Determinação do Fator Noite e Dia ou FND.....	26
3.2.2.6 Ponto de Pressões Médias (PPMS) e Pressões Médias do Setor (PMS)	28
3.2.2.7. Determinação de FND	29
3.2.2.8 Erros e Incertezas na quantificação de perdas	32
3.2.3. Balanço Hídrico.....	34
3.2.3.1 Componentes do Balanço Hídrico.....	36
4. MATERIAIS E MÉTODOS	41
4.1. SETOR A SER ESTUDADO.....	41
4.1.1 Reservação e Distribuição	41
4.1.2. Conceitos técnicos dos principais equipamentos encontrados na Estação Elevatória de Água Tratada do Setor de Abastecimento Jardim Atenas do Sul.....	43
4.1.3. Equipamentos de segurança do Sistema de Bombeamento com Inversor de Frequência do Setor Jardim Atenas do Sul	46
4.1.4 - Estação Elevatória de Água Tratada (EEAT) do Reservatório Vila Nastri	47
4.1.5 - Sistema de supervisão e controle Operacional	51
4.1.5.1 – Considerações sobre o Sistema de Supervisão e Controle Operacional	54
4.1.6. Cadastros Técnicos	55
4.2. Preparação do Setor para aplicação da Metodologia das Vazões Mínimas Noturnas.....	55
4.2.1. Troca e calibração do Macromedidor	55
4.2.2. Pesquisa, detecção e correção de Vazamentos não visíveis	59
4.2.3. Troca de Redes	61
4.2.4. Estanqueidade do Setor	61
4.2.5. Manutenção Preventiva na Válvula de Retenção e Ventosa	61
4.3. Aplicação da Metodologia das Vazões Minimas Noturnas	61
4.3.1. Passo 1 - Levantamentos de pressões e cotas piezométricas	61

4.3.2. Passo 2 - Definição do Ponto de Pressões Médias (PPMS) do Setor Jardim Atenas do Sul para o cálculo das Pressões Médias do Sistema e instalação do data - logger.....	62
4.3.3. Passo 3 - Obtenção de dados referentes à macromedição.....	62
4.3.4. Passo 4 – Obtenção de dados referentes à micromedição.....	62
4.3.5. Passo 5 – Instalação de Registradores de Pressão e coleta de dados	63
4.3.6. Passo 6 – Estimativa ou calculo do N1 via teste de campo, denominado de “step-test”	63
4.3.7. Passo 7 - Calculo do FND.....	66
4.3.8. Passo 8 – Calculo de Perdas Reais a partir da Vazão Mínima Noturna	68
4.3.9. Passo 9 – Calculo de Perdas Reais e Aparentes a partir do Balanço Hídrico.....	70
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	71
5.1. Aspectos Gerais.....	71
5.2. Comparação e verificação de resultados	71
5.3. Aplicação da Metodologia das Vazões Mínimas Noturnas.....	72
5.3.1. Passo 1 – Levantamentos de pressões e cotas piezométricas	72
5.3.2. Passo 2 – Definição do Ponto de Pressões Médias (PPMS) do Setor Jardim Atenas do Sul para o cálculo das Pressões Médias do Sistema e instalação do data – logger	75
5.3.3. Passo 3 – Obtenção de dados referentes à macromedição	76
5.3.4. Passo 4 – Obtenção de dados referentes à micromedição.....	77
5.4. Estudo de Caso 1 - Calculo do N1 via teste de campo, denominado de “step-test”....	79
5.4.1. Passo 6 – Conhecimento do Sistema e definição da Estratégia de Amostragem .	79
5.4.2. Passo 6 – Realização do Step –Test definido na Estratégia	81
5.4.3. Passo 5 – Obtenção das pressões no ponto médio do Setor	82
5.4.3. Passo 6 - Calculo dos valores médios para calculo do N1	84
5.4.4. Passo 5 - Calculo das Pressões Médias do Setor para Calculo do FND inverno..	84
5.4.5. Passo 6 - Calculo do N1	85
5.4.6. Passo 7 - Calculo do FND via programa elaborado por Lambert e Thornton (2002)	86
5.4.7. Passo 8 – Calculo de Perdas Reais a partir da Vazão Mínima Noturna	87
5.4.8. Passo 9 – Calculo de Perdas Reais e Aparentes a partir do Balanço Hídrico.....	89
5.4.9. Análise dos resultados referentes ao Caso 1.....	93
5.5. Estudo de Caso 2 - Calculo de Perdas Reais sem a realização do Step - Test estimando o valor de N1.....	95
5.5.1. Passo 5 - Coleta e verificação dos dados	95
5.5.2. Passo 5 - Calculo das Pressões Médias do Setor para Calculo do FND Verão	96
5.5.3. Passo 5 - Calculo das Pressões Médias do Setor para Calculo do FND Verão	98
5.5.4. Passo 6 – Estudo dos valores estáveis de pressões e vazões no horário da vazão mínima para cálculo de N1.	98
5.5.5. Passo 7 – Calculo do FND	100
5.5.6. Passo 8 – Cálculo das Perdas Reais pelo Método das Vazões Mínimas Noturnas ...	101
5.5.7. Passo 9 – Balanço Hídrico.....	103
5.5.8. Análise dos resultados referentes ao Caso 2.....	106
5.6. Considerações sobre a Metodologia das Vazões Mínimas Noturnas aplicada ao Setor Nastri	108
5.7. Considerações sobre método Balanço Hídrico aplicado ao Setor Nastri	108
6. CONCLUSÕES.....	111

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 113
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS CONSULTADAS NÃO REFERENCIADAS 117

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas de abastecimento de água pela sua complexidade e características apresentam certo grau de perdas muitas das quais de difícil detecção sendo utópica a ideia de perda de água nula. O que se observa é que grande parte das empresas de saneamento estão convivendo com índices elevados de perdas e com isso comprometendo suas receitas e desperdiçando água por uma falta de um gerenciamento adequado.

As perdas em um abastecimento se diferenciam em perdas reais ou físicas e perdas aparentes ou comerciais. As perdas físicas são fugas de água tratada no sistema e decorrem do estado geral da infraestrutura do sistema. As perdas aparentes resultam principalmente de erros de medição (macro e micromedição), fraudes e ligações clandestinas ou de falhas nos sistemas de cadastro das empresas e representam essencialmente as perdas comerciais.

Em muitas localidades do Brasil as perdas físicas são muito altas provocando um aumento significativo da vazão disponibilizada aos sistemas. E resultam de fatores tais como: pressões elevadas, rupturas, fissuras e erosão decorrente de fenômenos, tais como golpes de aríete, cavitação, corrosão de material etc.

As empresas de saneamento quase sempre avaliam suas perdas simplesmente pela diferença entre o volume aduzido e o volume faturado, ou seja, realizando um simples balanço Hídrico. Existe uma série de erros inerentes a este balanço decorrentes da macromedição e micromedição que não permite distinguir entre perdas físicas das aparentes, sendo um procedimento inadequado para guiar ações ou programas eficientes de redução de perdas.

Conforme Guimarães (2009), cerca de 60%, das perdas aparentes e reais poderiam ser recuperáveis e assim cerca de R\$4,4 bilhões de reais por ano (valor calculado em 2009) poderiam ser poupados. “Este é um valor alarmante, se considerado que a demanda anual de investimentos em água e esgotos no país é muito grande”. Outro aspecto relevante está no fato de que perdas superiores a 40% impedem a contratação de financiamentos. (BÁGGIO et al, 2006).

Neste cenário, justificam-se pesquisas que definam metodologias para rápida identificação e intervenção nos sistemas de abastecimento de água. Um dos métodos para avaliar perdas em sistemas de distribuição de água é o da vazão mínima noturna. O método permite estimar os principais componentes das perdas existentes contribuindo para que as equipes de detecção,

controle e reparo de vazamentos priorizem suas atividades. (U.K. WATER INDUSTRY, 1994). Os resultados esperados são a redução de perdas e um melhor gerenciamento dos recursos disponíveis e investimentos.

Para Lambert (1998) apud Gonçalves (1998), a vazão mínima noturna ocorre diariamente no horário entre a 01h00min e 05h00min horas. No intervalo entre esses horários é quando ocorrem as maiores perdas e existem maiores facilidades de determinar o que ocasiona estas perdas. As perdas noturnas são maiores que as perdas de mesmas causas ocorridas durante o período do dia. Este fato ocorre em decorrência da pressão noturna da rede de distribuição de um setor ser maior que a pressão diurna.

O método é bastante simples, porém emprega um fator denominado noite/dia que expressa a característica operacional do sistema. A determinação prática desse fator apresenta algumas dificuldades que serão discutidas no trabalho. A principal relaciona-se ao procedimento denominado “step – test” em que usualmente uma válvula é operada para obtenção de condições operacionais diferenciadas que permitem estabelecer o fator noite/dia. O estudo proposto como investigação neste trabalho diferencia-se dos estudos apresentados na literatura que tratam de sistemas convencionais alimentados por reservatórios elevados.

Ele decorre de alguns questionamentos efetuados sobre o sistema analisado com bombeamento direto:

- Como realizar o fechamento parcial de uma válvula, que controla um recalque por meio de uma bomba acoplada a um motor de 75 CV de potência, não contando a válvula com atuador elétrico?. A válvula não está interligada ao Sistema de Supervisão e Controle.
- Qual a manobra de abertura a ser imposta a válvula para não parar o funcionamento do Sistema ou provocar um golpe de ariete podendo causar a ruptura de uma tubulação de 300 mm?
- Qual será a abertura da válvula antes que o ponto crítico de abastecimento (local no setor que apresenta a maior dificuldade de abastecimento), apresente falta d'água e como será realizado esse monitoramento, uma vez que a válvula não é controlada pelo Centro de Controle Operacional (CCO)?
- A formação de bolhas de ar resultante de um fechamento inadequado da válvula serão retiradas adequadamente pela ventosa do sistema?

- A válvula de retenção será suficiente para proteger o sistema caso ocorra alguma anomalia resultante da operação?

Esses questionamentos foram os principais motivadores para a adequação do procedimento “step – test” ao caso em estudo, permitindo que o método das vazões mínimas noturnas, pudesse ser empregado ao setor de abastecimento analisado.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivos Gerais

Essa dissertação objetiva abordar os principais aspectos da quantificação de perdas em sistemas de abastecimento de água, descrever e avaliar o método das vazões mínimas noturnas, comparando os resultados obtidos de sua aplicação com os obtidos pelo método do balanço hídrico, quando aplicados a um sistema com alimentação direta por bombeamento dotado de inversor de frequência. O sistema em análise é representado por um setor de abastecimento do município de Itapetininga-SP. Para ambos os métodos foram aplicados programas computacionais utilizados pela Sabesp, Cia. de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.

2.2. Objetivos específicos

Propor um procedimento modificado para o “step-test” para sistemas com alimentação direta por bombeamento dotado de inversor de frequência, em substituição ao procedimento usual empregando manobras de válvula, no estabelecimento de condições operacionais distintas para obtenção do expoente que relaciona a pressão média do sistema com as vazões de vazamentos (parâmetro N1), empregado no método das vazões mínimas noturnas.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Perdas de água

Segundo Alegre *et al* (1999), as perdas de água são um dos principais indicadores de desempenho operacional das empresas de saneamento em todo mundo. O entendimento básico do conceito considera perdas no sistema de abastecimento como “a diferença entre o volume de água tratada colocada à disposição da distribuição e o volume medido nos hidrômetros dos consumidores finais, em um determinado período de tempo”. Essa condição será detalhada na Tabela 1.

As perdas podem ser divididas em:

- **Reais:** são perdas físicas de águas decorrentes de vazamentos na rede de distribuição e extravasamentos em reservatórios, vale ressaltar que este tipo de perda impacta a disponibilidade de recursos hídricos superficiais e os custos de produção de água tratada.
- **Aparentes:** são perdas não físicas decorrentes de submedição nos hidrômetros, fraudes e falhas do cadastro comercial, vale ressaltar também que a água é consumida, porém não é faturada pela empresa de saneamento.

Tabela 1 - Componentes da Auditoria das Águas. Fonte: (SABESP, 2005).

Volume que Entra no Sistema	Consumos Autorizados	Consumos Autorizados Faturados	Consumos medidos faturados (incluindo água exportada)	Águas Faturadas
			Consumos não-medidos faturados (estimados)	
		Consumos Autorizados Não Faturados	Consumos medidos não-faturados (usos próprios, caminhão-pipa etc.)	Águas Não-Faturadas
			Consumos não-medidos, não-faturados (corpo de bombeiros, favelas etc.)	
	Perdas de Água	Perdas Aparentes	Consumos não-autorizados (fraudes e falhas de cadastro)	
			Imprecisão dos medidores (macro e micromedição)	
		Perdas Reais	Vazamentos nas adutoras de água bruta e nas estações de tratamento de água (se aplicável)	
			Vazamentos nas adutoras e/ou redes de distribuição	
Vazamentos nos ramais prediais até o hidrômetro				
Vazamentos e extravasamentos nos aquedutos e reservatórios de distribuição				

3.1.1. Perdas Reais ou Físicas

As perdas físicas ou reais são representadas pelas águas que efetivamente não chegam ao consumidor, em função de vazamentos e extravasamento de reservatórios, vazamentos e arrebentamentos nas redes de distribuição. (CETRE DO BRASIL, 2002).

- Arrebentamentos são acidentes motivados pelo rompimento das tubulações, geralmente com grandes vazões de perda e com riscos ao patrimônio.
- Vazamentos representam falhas nas junções dos tubos, trincas ou perfurações, que ocasionam a perda de água através de fluxos contínuos, que podem ou não aflorar à superfície do terreno. (CETRE DO BRASIL, 2002).

Os vazamentos aparecem em diversas partes do sistema de abastecimento de água, especialmente:

- Nas estruturas das Estações de Tratamento de Água;
- Nas tubulações das linhas de adução e da rede de distribuição e seus acessórios (juntas, registros, ventosas);
- Nos ramais prediais e nos cavaletes;
- Nas estruturas dos reservatórios de distribuição setoriais;
- Nos equipamentos das estações elevatórias.

Em função da sua extensão e condições de implantação, as redes de distribuição e os ramais prediais são à parte do sistema onde ocorre o maior numero de vazamentos e o maior volume perdido. Levantamentos efetuados na região Metropolitana de São Paulo apontaram que dos vazamentos consertados na distribuição, cerca de 90% ocorrem nos ramais prediais e cavaletes, ficando o restante 10% para as redes primárias e secundárias (SABESP/LYSA, 1993).

Em termos de vazão, estima-se que os vazamentos surgidos nas redes primárias e secundárias tenham vazões significativamente superiores aos ocorrentes nos ramais e cavaletes, podendo fazer com que a proporção relativa, em volume, seja diferente, daquela observada em relação ao numero de casos (TSUTIYA, 2006).

Para cada sistema de distribuição, em função dos materiais existentes, das características construtivas e dos locais, bem como das condições operacionais desse sistema, existe uma “*taxa natural da ocorrência de vazamentos*”, que determinará o nível de atenção das Companhias de Saneamento na questão dos reparos e na busca dos vazamentos não visíveis. Elevadas taxas de surgimento, mesmo quando esgotadas todas as alternativas operacionais de intervenção (redução de pressão, por exemplo), podem definir como melhor solução a troca das tubulações da rede e dos ramais em um trecho do setor de abastecimento (TSUTIYA, 2006)

3.1.1.1 Classificação dos Vazamentos

Os vazamentos nos sistemas de abastecimento de água podem ser visíveis ou não visíveis conforme figuras 1 e 2.

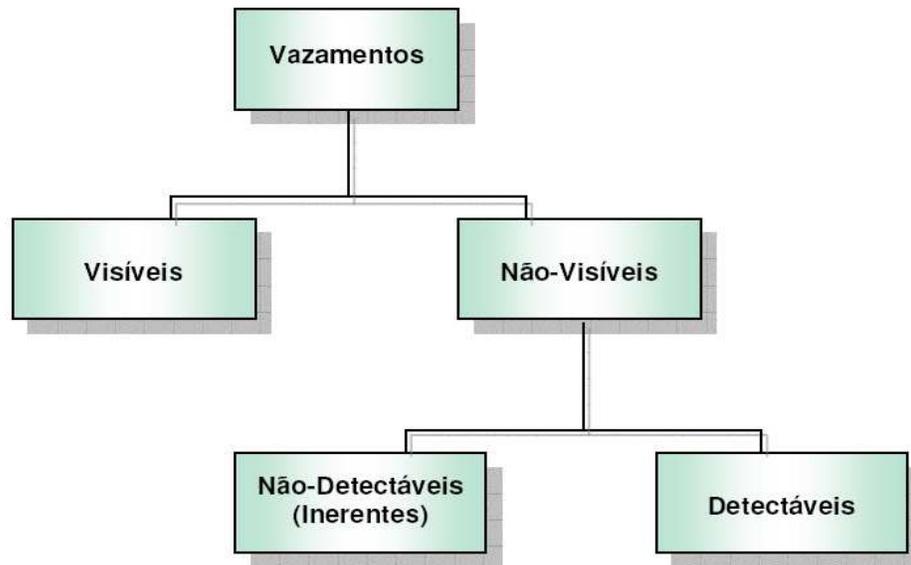


Figura 1 – Classificação dos Vazamentos. Fonte: (SABESP, 2005).

Os vazamentos visíveis são aqueles facilmente notados pelos técnicos das companhias ou pela população, podendo ser prontamente acionadas as equipes de manutenção e realizados os reparos necessários. No caso de bombas e tubulações ou estruturas expostas, o surgimento de um vazamento é percebido rapidamente. Para as tubulações e estruturas enterradas, nem sempre o vazamento aflora à superfície nos momentos iniciais de sua existência, decorrendo certo tempo (horas, dias ou meses) até que isso aconteça, tornando-se, portanto, visível a partir desse momento.

“Os vazamentos não visíveis exigem uma gestão especial, onde se lança mão de técnicas ou equipamentos para a detecção de fugas, sem esperar que o vazamento aflore para fazer o reparo. Se essas atividades de pesquisa não forem realizadas com certa periodicidade, os vazamentos não visíveis podem permanecer durante meses, anos ou indefinidamente (não detectáveis com a tecnologia atual), totalizando volumes consideráveis de água perdida” (TSUTIYA, 2006).

O surgimento de novos vazamentos depende de vários fatores, tais como:

- Variação de pressão ou altas pressões nas redes;
- Condições de infraestrutura (material e idade da rede);
- Condições de tráfego e tipo de pavimento sobre a rede;
- Recalques no subsolo;
- Qualidade dos serviços (mão-de-obra e material empregado), tanto na implantação das redes quanto na execução de reparos;

- Condições de gerenciamento;
- Danos causados por terceiros (empresas de telefonia, gás, eletricidade, etc.). (HURTADO *et al*, 2004).

Hurtado *et al* (2004) afirmam também que “todos os novos conceitos de perdas no mundo colocam a detecção de vazamentos não visíveis como um dos quatro mais importantes fatores de controle e gerenciamento de perdas reais”.

Entretanto nem todos os vazamentos não visíveis são detectáveis pelas tecnologias usuais de pesquisa. Tais tecnologias utilizam princípios de acústica para a detecção de pequenas vazões de vazamento, baixo nível de ruído do vazamento ou baixa pressão de serviço, os equipamentos e técnicas utilizadas não apontam a existência do vazamento. Isso não quer dizer que com outras técnicas não se possa efetivamente detectar tais vazamentos, porém aspectos de caráter econômico ditam a inviabilidade de adotar esses procedimentos em larga escala pelas companhias de saneamento, o que se justificaria plenamente no caso de transporte de fluidos perigosos na tubulação. Esses vazamentos não visíveis e não detectáveis dependendo da tecnologia de detecção de vazamentos utilizada, são denominados no setor de saneamento, de vazamentos inerentes (LAMBERT, 2002).

Gonçalves e Alvim (2007) descrevem os vazamentos inerentes como vazões muito baixas, que normalmente ocorrem nas juntas e nos estágios iniciais dos processos de corrosão e não são detectáveis através do geofonamento ou pesquisa acústica e que mesmo em sistemas bem gerenciados, estas perdas ocorrem.

A proporção entre vazamentos visíveis e não visíveis depende muito de cada sistema de abastecimento, dependendo basicamente de suas condições estruturais, tais como condições dos sistemas de redes de distribuição, à idade e os materiais aplicados, instalação e manutenção de equipamentos de controle operacionais envolvendo a manutenção do sistema, procedimentos de trabalho, treinamento e programa regular de detecção (SABESP, 2005).

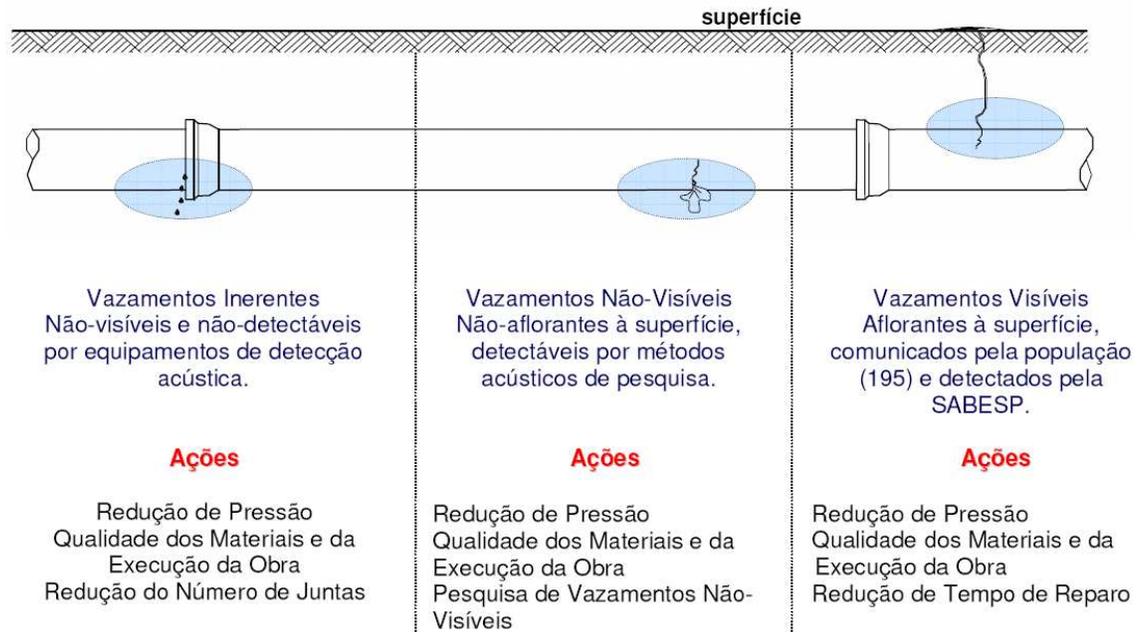


Figura 2 - Síntese das Ações de Controle de Perdas. Fonte: (SABESP, 2005).

3.1.1.2 Duração dos vazamentos

Entende-se por duração do vazamento o intervalo de tempo transcorrido desde o instante em que surge até o momento em que a fuga é estancada pelas equipes de manutenção.

Nas tubulações de distribuição de água, a duração média do vazamento é o resultado de três fases seqüenciais:

- **Conhecimento:** tempo médio entre o início do vazamento até o instante em que a companhia de saneamento passa, a saber, a saber, da sua existência;
- **Localização:** tempo médio entre o instante em que se toma ciência do vazamento até o momento em que se localiza exatamente o ponto da ocorrência;
- **Reparo:** tempo médio entre a localização do vazamento e o instante em que a fuga é finalmente estancada.

Essa seqüência não necessariamente ocorre de forma completa. Também pode-se observar que:

- Na maior parte dos vazamentos visíveis o tempo para “localização” é nulo, pois ao mesmo tempo em que se toma conhecimento da existência do vazamento, já se tem noção da localização do mesmo.

- Em geral, nos vazamentos não visíveis o tempo de “conhecimento” é bem superior, relativamente aos visíveis conforme exemplo ilustrado na figura 3.



Figura 3 - Exemplo de vazamento em adutora rompida de difícil detecção devido ao escoamento da água proveniente de perdas reais em galeria de águas pluviais (foto do autor).

- Nos vazamentos inerentes, o tempo para “conhecimento” do vazamento é muito maior que a dos vazamentos visíveis e não visíveis e depende principalmente da tecnologia de detecção de vazamentos utilizada.

3.1.1.3. Extravasamentos

Nos sistemas de distribuição de água os reservatórios setoriais têm a função de regularizar as vazões de consumo horárias de um setor de abastecimento. O seu funcionamento normal exige flutuações do nível d'água ao longo do dia de maneira a chegar aos seus níveis mais baixos nas primeiras horas da noite e em seqüência iniciar a operação de carregamento, para que ao início do dia seguinte esteja com o seu volume máximo.

Os extravasamentos devido ao enchimento de reservatórios geralmente ocorrem nos períodos noturnos, devido à inexistência de dispositivos de alerta e controle, ou falhas operacionais nos equipamentos de controle instalados. Ao atingir o limite de extravasamento, as

águas são coletadas pelos extravasores e encaminhadas à rede de drenagem pluvial ou lançadas no fundo de vale mais próximo, o que faz com que essas perdas passem muitas vezes despercebidas pelos operadores do sistema de abastecimento de água, ou pelo menos pelos instrumentos registradores de nível eventualmente existentes.

Essa situação é um dificultador para a obtenção de dados sistematizados para a quantificação dos volumes perdidos por extravasamentos de reservatórios, recorrendo-se a estimativas nem sempre criteriosas para avaliação dessas perdas.

A magnitude das perdas por extravasamento é variável e depende das características de controle de nível existente (TSUTIYA, 2006).

3.1.2. Perdas Comerciais ou Aparentes

Perdas comerciais, às vezes chamadas de “perdas aparentes”, incluem a água que é consumida, mas não é paga pelo usuário. Na maioria dos casos, a água passou através dos medidores, mas não foi registrado o consumo com precisão, contrastando com vazamentos visíveis ou transbordamento de reservatórios, onde a água perdida não é visível, o que leva muitas concessionárias de água a ignorar as perdas comerciais e se concentrarem em perdas físicas, mesmo sabendo que as perdas comerciais podem chegar a volumes de água maior do que as perdas físicas (FARLEY *et al*, 2008).

As causas básicas das perdas aparentes são:

- **Erros dos medidores de vazão:** todo medidor de vazão possui uma incerteza na medida apresentada, expressa geralmente em porcentagem. Essa incerteza é definida dentro de uma faixa de trabalho. Se o medidor estiver operando fora desta faixa de trabalho, as incertezas em sua medição podem ser maiores do que o previsto. Existem outros fatores que geram erros nos medidores, por exemplo, a instalação inadequada, a descalibração, o dimensionamento inadequado, a má avaliação da faixa de trabalho, problemas físicos na instalação do elemento primário ou do secundário e problemas na coleta ou transmissão de dados (FILHO, 2006).
- **Ausência de micromedição:** A ausência de micromedição é um dos principais indutores de perdas não físicas sendo, porém, negligenciada por alguns operadores. A experiência internacional e de algumas cidades brasileiras leva a concluir que o consumo

de água em áreas com ligações não medidas fica limitado à capacidade de suprimento do sistema, pois o usuário não tem motivos para economizar água ou evitar desperdícios através da substituição de bóias ou torneiras defeituosas ou do reparo de vazamentos em tubulações (CONEJO *et al*,1999).

- **Erros de cadastro comercial:** relaciona-se ao registro da ligação na companhia de saneamento. Ele contém todas as informações que caracterizam o uso da água, localização da ligação, tipo de ligação, etc. Se o cadastro comercial possuir erros, a avaliação dos consumos fica prejudicada. É de suma importância mantê-lo sempre atualizado e com informações confiáveis (FILHO, 2006).
- **Ligações clandestinas:** são ligações existentes sem cadastro comercial (FILHO, 2006).
- **Fraudes:** A intensidade da prática de fraudes e sua importância no volume total de águas não faturadas é função do controle e das medidas de repressão adotadas pela entidade operadora do sistema. Os principais tipos de fraudes são os seguintes:
 - a) colocação de agulhas na relojoaria do hidrômetro, travas na turbina ou avarias diversas;
 - b) tubulação em paralelo ao cavalete (*by pass*);
 - c) hidrômetro invertido ou inversão do fluxo no hidrômetro por sistema de tubulação e registros; e ligação clandestina (CONEJO *et al* 1999).
- **Uso irregular de Hidrante:** constitui o uso inadequado de hidrantes por pessoas ou empresas que abastecem caminhões pipa para uso próprio ou comercial (FILHO, 2006).

3.2. Modelos Matemáticos para cálculo de perdas de água

O volume de água perdida num abastecimento de água pode ser aproximadamente calculado, empregando um modelo matemático citando-se como exemplos os Métodos Balanço Hídrico e Vazões Mínimas Noturnas. Segundo o tipo e natureza da perda (aparente ou real), o modelo pode ser uma simples planilha de cálculo ou uma complexa série de cálculos com uma coletânea de dados de entrada, para a determinação do volume de água perdida (THORNTON, 2002).

3.2.1 Método “Fixed and Variable Area Discharge” (FAVAD)

A pressão na rede é um dos fatores que influi diretamente no surgimento e na vazão dos vazamentos, daí a importância de seu controle e monitoramento. A simples aplicação das equações da hidráulica leva a imaginar que a vazão dos vazamentos na rede de distribuição de água se comporta de acordo com a relação quadrática da pressão. Porém isso é verdade apenas nos casos de orifícios que não variam de tamanho com a alteração da pressão (seção constante), como é o caso, por exemplo, de um furo de corrosão em uma tubulação de ferro fundido. O modelo FAVAD “Fixed and Variable Área Discharge Paths”, (Vazões em Orifícios Fixos e Variáveis) desenvolvido no Reino Unido, apresenta um equacionamento para as várias situações encontradas na rede de distribuição de água (LAMBERT; THORNTON, 2002).

Alguns conceitos importantes da Metodologia FAVAD:

- A velocidade através de um orifício varia de acordo com o coeficiente de descarga C_d e a raiz quadrada da pressão;
- As áreas efetivas ($C_d \times A$) de descarga de vazão através de determinados orifícios, tanto de vazamentos quanto de derivações de consumo variam com a pressão;
- Este conceito pode ser usado para explicar as diferentes características entre a relação pressão/vazamento.

Estudos mais recentes têm demonstrado também que o Coeficiente de Descarga (C_d) varia com o número de Reynolds, o que constitui em mais um fator para justificar um comportamento dos fluxos dos vazamentos diferente da relação quadrática.

Algumas redes de distribuição e especialmente os ramais são de materiais plásticos, Polietileno ou PVC, cujos orifícios, rachaduras ou trincas variam a sua abertura em função da carga piezométrica reinante. Assim quanto maior a pressão, maior a área do furo, e mais significativa é a vazão perdida no vazamento (TSUTIYA, 2006).

Desta forma a equação que relaciona a vazão dos vazamentos com a pressão é

$$\frac{Q_1}{Q_0} = \left(\frac{P_1}{P_0}\right)^{N_1} \quad (3.1)$$

Onde: Q_0 = vazão inicial à pressão P_0 ;

Q_1 = vazão final à pressão P_1 ;

N_1 = expoente que depende do tipo de material dos tubos.

Os valores de N_1 variam, dependendo das características dos sistemas, de acordo com as seguintes referências gerais:

- Para sistemas com tubulações unicamente metálicas, com vazamentos devidos à corrosão, $N_1 = 0,5$.
- Para sistemas com vários tipos de materiais, $N_1 = 1,0$;
- Para sistemas com preponderância de tubulações de plástico, com vazamentos do tipo rachaduras, N_1 encontra-se entre 1,5 e 2,5 (LAMBERT; THORNTON, 2002).

Testes realizados no Japão e no Reino Unido, relatados por Lambert; Myers e Trow (1998) resultaram em valores entre 0,5 e 2,0, com médias entre 0,62 e 1,15.

“Esses valores sugerem que os vazamentos nas redes de abastecimento são mais sensíveis às mudanças na pressão do que propriamente à raiz quadrada da pressão, conforme a teoria original” (LAMBERT; THORNTON, 2002).

Para o caso de vazamentos inerentes considera-se $N_1 = 1,5$.

A figura 4 ilustra a relação entre pressão e vazão de vazamentos para as diferentes condições descritas.

Uma maneira expedita de avaliar as variações das vazões dos vazamentos em um setor de abastecimento é assumir a relação linear entre a pressão e a vazão dos vazamentos, ou seja, $N=1$. Desta forma ao se aumentar a pressão em 10%, é de se esperar que as vazões dos vazamentos aumentem também em 10%.

O conhecimento criterioso do valor do N_1 para cada setor ou subsetor de abastecimento exige ensaios de campo específicos, geralmente realizados no período noturno (TSUTIYA, 2006).

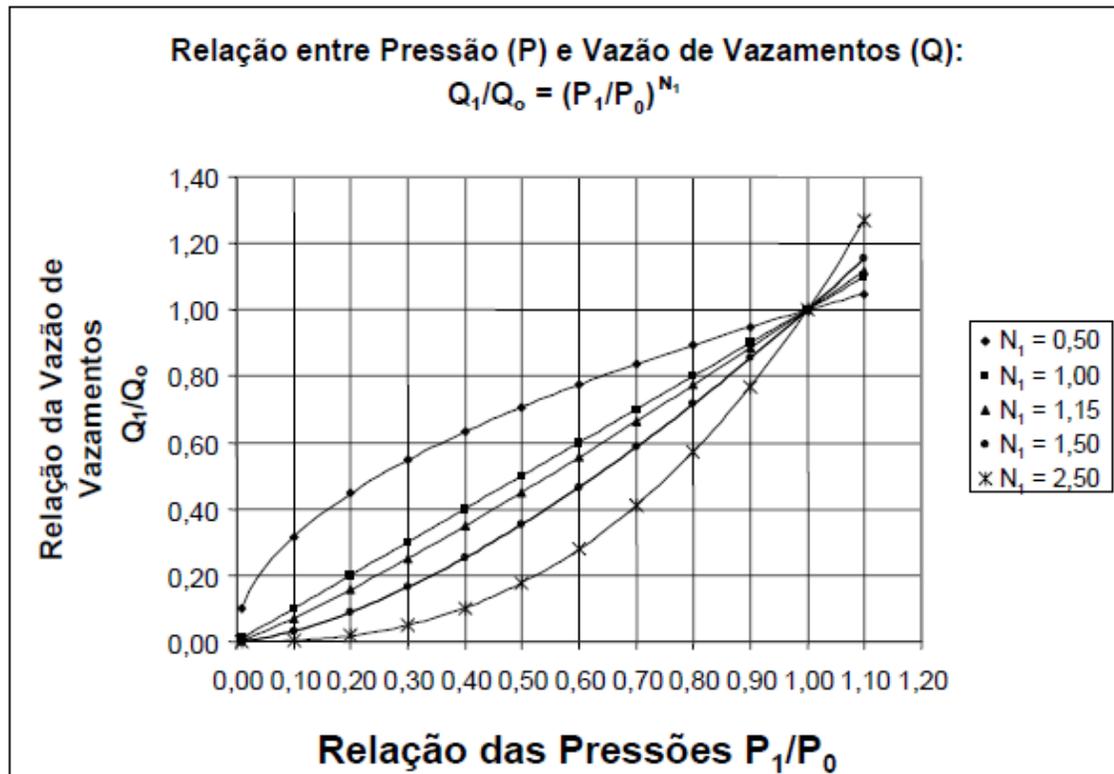


Figura 4 - Relação entre vazão de vazamentos e pressão do sistema de distribuição. Fonte: (LAMBERT; THORNTON, 2002).

Em um setor pressurizado via booster com variador de velocidade tipo inversor de frequência as variações de pressão e vazão são frequentes ao longo do dia e da noite conseqüentemente as vazões de vazamentos também se alteram de acordo com as variações de pressão e vazão.

3.2.2 Método (Vazões Mínimas Noturnas)

A Base deste método é a variação dos consumos nos sistema de abastecimento de água ao longo do dia (TSUTIYA, 2006). Normalmente, o valor extremo superior (pico) que ocorre na curva de consumo está compreendido entre 12 e 14 horas. O consumo vai caindo até atingir o consumo mínimo entre 3 e 4 horas da madrugada (GONÇALVES; ALVIN, 2007).

A vazão correspondente a esse consumo mínimo é denominada “Vazão Mínima Noturna”, que pode ser medida através do uso de equipamentos de medição de vazão e pressão, desde que

adotados procedimentos adequados de fechamento dos registros limítrofes do setor ou subsetor em análise (TSUTIYA, 2006).

“A utilização da Vazão Mínima Noturna para a determinação das Perdas Reais é vantajosa devido ao fato de que, no momento de sua ocorrência há pouco consumo e as vazões são estáveis (as caixas d’água domiciliares estão cheias), e uma parcela significativa do seu valor refere-se às vazões dos vazamentos” (VIEIRA; CAROZZI, 2006).

Segundo Gonçalves e Alvin (2007) a vazão mínima noturna também é o principal indicador do nível de perdas reais que estão ocorrendo em um sistema. Normalmente, o consumo noturno é reduzido, principalmente em áreas residenciais. Qualquer alteração na vazão mínima de uma unidade de abastecimento pode significar ocorrência de vazamentos. Entretanto observa-se que em locais onde o abastecimento é irregular e/ou há demanda reprimida, o consumo noturno não fornece dados confiáveis sobre perdas. A distorção que ocorre é que, devido à falta de água durante o dia, há um consumo elevado durante a noite, o que pode dar a falsa impressão de problemas de vazamentos (GONÇALVES; ALVIN, 2007). Estas características inerentes ao Método lhe garantem alta confiabilidade em seus resultados, se for corretamente aplicado.

Para se chegar à vazão dos vazamentos é necessário estimar praticamente todos os componentes dos consumos noturnos, a menos dos grandes consumidores, onde é possível medir os seus consumos individuais observados durante os ensaios. Para os consumos residenciais costuma-se assumir hipóteses baseadas em medições específicas de consumo e extrapoladas para o conjunto de consumidores da área envolvida, ou utilizar dados da literatura.

As vazões de vazamentos assim determinadas representam os valores observados naquela hora do ensaio onde as pressões do sistema atingem o máximo. Como a vazão nos vazamentos é bastante influenciada pela pressão o valor observado na hora da mínima noturna é a vazão máxima diária dos vazamentos que, se simplesmente multiplicada por 24h, estaria supervalorizando os volumes diários perdidos.

Para solucionar esse problema foi criado o “Fator Noite/Dia”, que é um número dado em horas por dia, que multiplicado pela vazão dos vazamentos (extraída da Vazão Mínima Noturna), resulta no Volume Médio Diário dos Vazamentos, ou seja, nas Perdas Reais médias do ensaio.

O FND ou Fator Noite-Dia também pode ser entendido como o parâmetro que corrige o valor da perda real ocorrida no horário da mínima noturna, permitindo obter o valor médio diário da perda real, em m³/dia. O FND com unidades de horas/dia é influenciado pelo valor do parâmetro N1 e pela variação das pressões médias horárias no setor de abastecimento. Esta

variação de pressões influi diretamente na vazão dos vazamentos. Ou seja, a vazão dos vazamentos não é constante ao longo das horas de um dia: quando o sistema está submetido a uma pressão média maior, a vazão dos vazamentos é maior; ocorrendo o contrário quando as pressões são menores (VIEIRA; CAROZZI, 2006).

“As vantagens desse método são”:

- “Maior representatividade do valor numérico das Perdas Reais para o setor, retratando a realidade física e operacional das áreas”;
- “Propicia conhecimento das condições operacionais da área às equipes técnicas da companhia de saneamento” (TSUTIYA, 2006).

3.2.2.1 Formulação Básica

Sabe-se que a perda total em um sistema de abastecimento é o resultado da soma entre as parcelas de perdas reais e aparentes, da seguinte forma:

$$P_T = P_R + P_A \quad (3.2)$$

Sendo:

P_T = Perdas Totais, em $m^3/mês$ ou m^3/ano ;

P_R = Perdas Reais (ou Físicas), em $m^3/mês$ ou m^3/ano ;

P_A = Perdas Aparentes, em $m^3/mês$ ou m^3/ano .

As Perdas Totais são geralmente determinadas em bases mensais a partir da diferença entre os Volumes Produzidos Fornecidos para a Distribuição (VP), e os Volumes de Usos Autorizados nos sistemas, (VU). Obtêm-se os Volumes de Usos Autorizados pela soma entre os Volumes da Micromedicação (VCM) dos clientes e os Volumes de Usos Operacionais e Sociais (VO) medidos e não medidos. Essas relações são apresentadas nas equações 3.3 e 3.4. Tendo-se as Perdas Totais (P_T) e as Perdas Reais (P_R), as Perdas Aparentes (P_A) serão determinadas pela diferença entre esses dois valores, de acordo com a equação 3.5.

$$P_T = VP - VU \quad (3.3)$$

$$VU = VCM + VO \quad (3.4)$$

$$P_A = VP - VU - P_R \quad (3.5)$$

Onde:

VP = Volumes Produzidos Fornecidos ao Sistema de Distribuição, em $m^3/mês$ ou m^3/ano ;

VU = Volumes de Usos Autorizados, em $m^3/mês$ ou m^3/ano ;

VCM = Volumes de Consumos Medidos (Micromedidos), em $m^3/mês$ ou m^3/ano ;

VO = Volumes de Usos Operacionais e Sociais, em $m^3/mês$ ou m^3/ano .

3.2.2.2 Cálculo das Perdas Reais

O cálculo das perdas reais ou perdas físicas é feito com base na perda real, ou de vazamentos, que ocorre em um sistema no horário da vazão mínima noturna. De posse desse valor pode-se determinar as perdas reais para 1 (um) dia inteiro utilizando-se um fator de correção diário, que leva em conta a variação das pressões no sistema ao longo das 24 horas. Finalmente a partir do índice diário de perdas reais, (m³/dia) são obtidos os índices de perdas reais mensais, ou anuais, desde que se tenham dados confiáveis de vazões mínimas noturnas médias para esses períodos, além dos valores medidos ou estimados da vazão média de usos ou consumos legítimos dos consumidores, que ocorrem no horário da mínima noturna. Em resumo, tem-se:

$$Q_{\text{PERDAS}} = (Q_{\text{MIN NOT}} - Q_L) \times \text{FND} \quad (3.6)$$

Sendo:

Q_{PERDAS} = Vazão Média das Perdas Reais Diárias, em m³/dia;

$Q_{\text{MIN NOT}}$ = Vazão Mínima Noturna Média do Período Amostrado, em m³/hora;

Q_L = Vazão de Usos ou Consumos Legítimos Médios no horário da mínima noturna (m³/hora);

FND = Fator de Correção, ou Fator Noite Dia, que depende das pressões médias do setor e do parâmetro N1.

Algumas conclusões podem ser obtidas a partir do valor da vazão de fuga obtido:

- Quando em um sistema de água se tem um valor baixo para Vazão Mínima Noturna e um alto índice de perdas, tem-se um forte indício da ocorrência de: submedições nos hidrômetros e/ou macromedidores, volumes não contabilizados (ligações clandestinas e/ou irregulares, fraudes nos hidrômetros) – que são as Perdas Aparentes.

- Quando em um sistema de água se tem um valor alto para Vazão Mínima Noturna e um baixo índice de perdas, pode estar ocorrendo no sistema vazamentos nas redes e ramais, adutoras, se estiverem à jusante do ponto de medição – configurando então as Perdas Reais (GONÇALVES; ALVIN, 2007).

A seguir apresentam-se, com maiores detalhes, as variáveis da equação (3.6).

3.2.2.3 Vazão de Perdas Reais (Q_{PERDAS}) e Vazão Mínima Noturna Média ($Q_{\text{MIN NOT}}$)

As vazões de perdas reais (Q_{PERDAS}) referem - se apenas às perdas por vazamentos ocorrendo nas redes / adutoras de distribuição e nas tubulações das ligações (ramais), localizadas a jusante do reservatório de distribuição, ou a jusante de uma eventual estação elevatória ou “booster” que defina a entrada do setor de abastecimento (VIEIRA; CAROZZI, 2006).

A vazão mínima noturna média ($Q_{\text{MIN NOT}}$) é o valor médio da menor vazão horária de entrada no setor de abastecimento referida a uma mesma hora do dia. Em grande parte dos setores de abastecimento o horário da mínima se verifica entre 3 e 4 horas da madrugada. O horário e o valor da vazão mínima noturna média devem ser determinados a partir da análise de um histórico de dados de vazões macromedidas do setor adotando-se o horário que forneça o menor valor médio.

“Caso não exista ainda um histórico de longo período em poder do setor operacional pode-se trabalhar com períodos de tempo mais restritos, a partir de campanhas de medições das vazões noturnas. Nesse caso deve-se ter em mente que o valor resultante das perdas reais também será válido apenas para o mês ou o para o particular período da amostragem de dados de vazões mínimas, não devendo ser extrapolado para um longo período. A manutenção de um histórico contínuo permitirá sempre a determinação atual dos valores médios mensais e anuais, o que é mais recomendável” (LAMBERT; THORNTON, 2002).

De posse dos dados de vazões mínimas noturnas médias referidas a um determinado período, e dos consumos legítimos médios (determinados por meio de dados sócio-econômicos dos setores e de parâmetros de consumos típicos, em L/hora), determina-se a perda real média que ocorre no horário da mínima noturna, igual à $Q_{\text{min not média}} - QL$, conforme a equação 3.6. Este valor deve ser corrigido pelo **FND** para a obtenção das perdas médias diárias. A aplicação de **FND** é fundamental para obter o valor das perdas com mais realidade e precisão. Os dados sócio-econômicos necessários ao cálculo são obtidos nos setores comerciais da empresa. Os consumos típicos citados serão apresentados a seguir.

Para melhor visualização do conceito que envolve esse processo de cálculo, apresenta-se na (tabela 2) a seguir a representação do balanço hídrico de volumes típico em um setor de abastecimento, referido ao horário da vazão mínima noturna.

Tabela 2 - Balanço Hídrico no Horário da Vazão Mínima Noturna em um Sistema de Abastecimento de Água (sem a ocorrência de fraudes). Unidades em m³/hora. Fonte: (GARRETT; BESSEY, 1994).

VAZÃO MÍNIMA NOTURNA	VAZÃO DE VAZAMENTOS NOTURNOS NA DISTRIBUIÇÃO	VAZAMENTOS NÃO VISÍVEIS DETECTÁVEIS	NA RÊDE	SIM	
			NOS RAMAIS (DESDE A REDE ATÉ O HIDRÔMETRO)		
		VAZAMENTOS NÃO VISÍVEIS NÃO DETECTÁVEIS (INERENTES)	NA RÊDE	SIM	
			NOS RAMAIS (DESDE A RÊDE ATÉ O HIDRÔMETRO)		
	VAZÃO DE CONSUMO NOTURNO	VAZAMENTOS APÓS OS HIDRÔMETROS		VAZAMENTOS EM ENCANAMENTOS INTERNOS ATÉ A CAIXA D'ÁGUA E NA PRÓPRIA CAIXA D'ÁGUA	SIM
				VAZAMENTOS NAS TORNEIRAS DE BÓIAS DAS CAIXAS D'ÁGUA	SIM
				VAZAMENTOS EM ENCANAMENTOS INTERNOS NAS ECONOMIAS RESIDENCIAIS	NÃO
				VAZAMENTOS EM ENCANAMENTOS INTERNOS NAS ECONOMIAS NÃO RESIDENCIAIS	NÃO
		CONSUMO NOTURNO NORMAL		RESIDENCIAL	NÃO
				NÃO RESIDENCIAL	NÃO
		CONSUMO NOTURNO EXCEPCIONAL		RESIDENCIAL	SIM
				NÃO RESIDENCIAL	SIM

As inscrições “SIM” e “NÃO” observadas na tabela 2 indicam a dependência ou não em relação às pressões atuantes na rede de abastecimento (pressões no horário da vazão mínima noturna).

3.2.2.4 Vazão de usos ou consumos noturnos legítimos

A vazão total de uso ou consumo no horário da mínima noturna, ou ainda vazão de consumo legítimo (Q_L) divide-se entre os usos ou consumos normais e excepcionais e os vazamentos após os hidrômetros das ligações, da forma apresentada na tabela 2. Os consumos normais são divididos entre residenciais e não residenciais e podem ser determinados com base em dados sócio-econômicos (número de ligações, economias, índices habitante/economia) e consumos típicos individuais determinados com base em pesquisas de campo ou em medições no setor, ou pela aplicação de taxas típicas obtidas de pesquisas realizadas em outros locais.

“Os consumos normais residenciais compreendem os usos noturnos normais das pessoas como o uso de banheiros durante a madrugada, banhos eventuais ou outros usos. Como consumos não residenciais citam-se os consumos normais eventuais ou não eventuais de bares, supermercados, hotéis, restaurantes, indústrias, etc.” (VIEIRA; CAROZZI, 2006).

“Já os consumos excepcionais são difíceis de serem determinados e devem ser medidos quando conhecidos e quando ultrapassarem individualmente a 500L/hora, conforme recomendações de Lambert e Thornton (2002). Como exemplo de consumos excepcionais citam-se o enchimento de piscinas, a irrigação de jardins e outros consumos excepcionais ou de grandes consumidores (residenciais, comerciais e industriais) ocorrendo no horário da mínima noturna, e superiores a 500 l/hora.”

“Os vazamentos entre os hidrômetros e as caixas d’água, incluindo os vazamentos nas torneiras de bóias das caixas ocorrem nas ligações, uma vez que está relacionada aos hidrômetros e caixas d’água que podem estar associados a 1 (uma) ou mais economias. Os vazamentos após as caixas d’água estão associados às **economias** (residenciais e não residenciais), já que todas possuem encanamentos internos.”

Para o emprego da metodologia e criação de um programa específico de perdas conforme figura 5 utilizados neste trabalho e nas instalações Sabesp foram empregados valores ou taxas típicas de consumos normais e de vazamentos após os hidrômetros e caixas d’água, resultantes de pesquisas realizadas na RMSp pela Sabesp, em 1997, e no Reino Unido (Inglaterra), conforme Lambert e Thornton (2002).

PROGRAMA PARA LEVANTAMENTO DE DADOS DE CAMPO PARA DETERMINAÇÃO DE PERDAS REAIS - VERSÃO 1A SABESP - CIA. DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO.
<u>Condições de Uso:</u>
<p>1 - Este programa é protegido por senha, que não será disponibilizada. Quaisquer alterações necessárias, dúvidas, sugestões ou problemas relativos ao uso deste programa na Sabesp devem ser endereçados à MPI - Jairo Tardelli - Rua Sumidouro, 448 - Pinheiros - São Paulo - SP - CEP: 05428-010 telefone 3388.8015, e-mail jtardelli@sabesp.com.br</p>
<p>2 - Antes de inicializar a utilização desta planilha, deve-se tomar o cuidado de Renomeá-la para CPF1-Setor_X. xls, onde X deve ser o nome do setor/subsetor em estudo.</p>
<p>3 Este programa foi adaptado para uso na SABESP durante consultoria realizada por: --> Allan Lambert --> Julian Thornton (Restor - 0xx11-229.7333, email: restor@attglobal.net</p>

Figura 5 - Programa utilizado na pesquisa. Fonte: (LAMBERT; THORNTON, 2002).

As taxas empregadas foram às seguintes:

- Consumo Noturno Normal Residencial (Q1): 3.7
 $Q_1 \text{ m}^3 / \text{h} = 10\% \times (3,4 \text{ Litros/hora/hab}) \times n^\circ \text{ de habitantes} / 1000$
- Consumo Noturno Normal Não Residencial (Q2): 3.8
 $Q_2 \text{ m}^3 / \text{h} = (8 \text{ Litros/hora/economia não residencial}) \times n^\circ \text{ de economias não residenciais} / 1000$
- Vazamentos Noturnos nas Ligações, entre os Hidrômetros e as Caixas d'água (Q3): 3.9
 $Q_3 \text{ m}^3 / \text{h} = (1,0 \text{ Litros/hora/ligação ativa}) \times n^\circ \text{ de ligações ativas} \times (\text{PMNS}/50)^{1,5} / 1000$
- Vazamentos nas Torneiras de Bóias das Caixas d'água (Q4): 3.10
 $Q_4 \text{ m}^3 / \text{h} = 30\% \times (0,5 \text{ Litro/hora/ligação ativa}) \times n^\circ \text{ de ligações ativas} \times (\text{PMNS}/50)^{0,5} / 1000$
- Vazamentos Internos nas Economias Residenciais (Q5): 3.11
 $Q_5 \text{ m}^3 / \text{h} = (0,5 \text{ Litro/hora/economia residencial}) \times n^\circ \text{ de economias residenciais} / 1000$
- Vazamentos Internos nas Economias Não Residenciais (Q6): 3.12
 $Q_6 \text{ m}^3 / \text{h} = (2,0 \text{ Litros/hora/economia não residencial}) \times n^\circ \text{ de economias não residenciais} / 1000$

As seguintes orientações devem ser seguidas quanto às fórmulas apresentadas:

- 1) Todas as unidades são dadas em m³/hora;
- 2) Na equação 3.7, considera-se que 10% dos habitantes de um setor de abastecimento consumam água, a uma taxa de 3,4 l/hora por habitante, no horário da vazão mínima noturna do sistema.
- 3) As taxas de 1,0 e 0,5 Litro/hora/ligação nas equações 3.9 e 3.10 foram determinadas para uma pressão de 50mca. A fórmula adapta essas taxas típicas para o setor em tela, corrigindo-as, levando-se em conta as pressões noturnas vigentes em cada setor através de uma ponderação baseada na Pressão Mínima Noturna Média do Setor (PMNS) e o fator N1. Para vazamentos nas tubulações instaladas entre os hidrômetros e as caixas d'água, geralmente de plástico, adota-se o valor típico N1=1,5; para as aberturas das torneiras das bóias adota-se N1=0,5, correspondente a um orifício com diâmetro fixo (metálico) de área não variável com o aumento da pressão. Admite-se nos cálculos, em princípio, que todas as ligações sejam supridas por caixas d'água internas, o que pode não ocorrer em determinados municípios, ainda que parcialmente.

4) Na equação 3.10, foi verificado por meio de pesquisas, que vazamentos em torneira de bóias ocorreram em 30% das ligações, a uma taxa média de 0,5 l/hora/ligação, para a pressão referencial de 50 mca.

5) Em relação ainda a taxas típicas, há indicações de que os consumos noturnos residenciais normais não sofrem grandes variações de local para local. Pesquisas realizadas no Reino Unido apresentaram valores típicos de consumos noturnos normais próximos de 1,7 l/ligação/hora segundo Lambert e Thornton (2002), o que equivaleria ao consumo de uma economia residencial com aproximadamente 5 habitantes consumindo a uma taxa de 0,34 l/hora/hab. Grandes consumidores, por outro lado, devem ter seus consumos medidos. Não medir esses volumes leva à necessidade de estimativas que podem ser sub ou superestimadas, introduzindo assim maiores erros nos resultados finais das perdas reais (VIEIRA; CAROZZI, 2006).

3.2.2.5. Determinação do Fator Noite e Dia ou FND

A determinação do FND é precedida da determinação do parâmetro N1 e das Pressões Médias Horárias do Setor, que são descritos a seguir em detalhes.

a) N1

Para a correta obtenção do valor de FND é necessário antes determinar o parâmetro N1, ou o expoente que relaciona a pressão média do sistema com as vazões de vazamentos, de acordo com a seguinte formulação:

$$\frac{Q_1}{Q_0} = \left(\frac{P_1}{P_0}\right)^{N_1} \quad 3.1$$

Ou

$$N_1 = \frac{\text{LOG}\left(\frac{Q_1}{Q_0}\right)}{\text{LOG}\left(\frac{P_1}{P_0}\right)} \quad 3.13$$

Onde:

Q_1 = Vazão total de perdas por vazamentos em m³/hora na hora 1, quando a pressão média desse sistema ou setor na hora 1 é P_1 (mca).

Q_0 = Idem quando a pressão média é P_0 (mca)

P_1 = Pressão média horária do setor ou sistema, na hora 1;

P_0 = Pressão média horária do setor ou sistema, na hora 0.

O valor de N_1 , que é característico de cada sistema, pode ser obtido a partir de um ensaio (teste de campo, denominado de “step-test”) no setor em estudo. O ensaio consiste em variar a vazão de entrada e a pressão média do setor no horário de consumo mínimo do sistema. Esta variação é obtida manobrando-se (fechando-se parcialmente) o registro de água na entrada do setor (geralmente localizado na saída do reservatório de distribuição), ou operando-se a VRP instalada na entrada do sistema, se for este o caso ou variar a rotação da bomba utilizando o inversor de frequência.

O teste deve ser feito no horário de ocorrência da vazão mínima noturna, quando as caixas d’água dos consumidores estão cheias. Nessa hora, a vazão de entrada e a pressão média do sistema são estáveis ou pouco variáveis, e a vazão média de entrada corresponde à soma entre a vazão total de vazamentos do setor e a vazão de consumos legítimos, ambas referidas a esse horário.

Cada operação de fechamento parcial do registro de entrada ou VRP ou variando a rotação da bomba utilizando o Inversor de frequência, corresponde a um par de valores de pressão média do setor (P) e de vazão de vazamentos (Q) estabilizados. No estágio inicial, antes do ensaio, tem-se o par de valores Q_0 e P_0 , estáveis. Após a primeira redução, e após alguns minutos, tem-se o novo par de valores estáveis Q_1 e P_1 , e com isso já é possível obter o primeiro valor de N_1 . Lambert e Thornton (2002) recomendam, entretanto, realizar no mínimo 2 (duas) reduções de pressão média e vazão de entrada do sistema para obter mais valores de N_1 entre os estágios do teste, sendo ideal e suficiente a realização de 3 (três) reduções. Entre as reduções, deve ser aguardada a estabilização do sistema, o que pode durar alguns minutos conforme Figura 6:

Lambert e Thornton (2002) definem os passos para obtenção de N_1 da seguinte forma:

- Abastecer o setor através de um único ponto de entrada;
- Medir as pressões no PPMS;
- À noite, aguardar até a estabilização das pressões (todas as caixas d’água cheias);
- Reduzir gradualmente a pressão no ponto de entrada;
- Medir a diminuição da vazão noturna e as mudanças de pressão no PPMS.

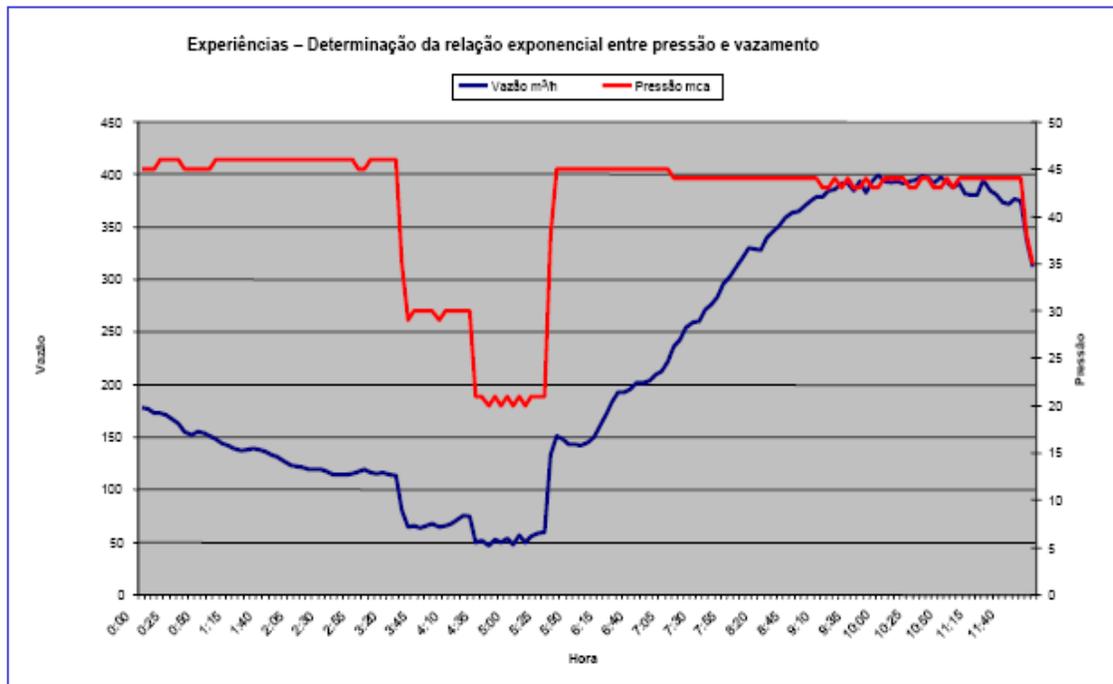


Figura 6 - Pressões e Vazões Afluentes durante um Teste de Cálculo do valor N1. Fonte: (LAMBERT; THORNTON, 2002).

Os testes de N1 devem ser realizados em períodos de cerca de 1 hora, coincidindo com o horário habitual de ocorrência da vazão mínima noturna no local, previamente estudado sobre os valores históricos de vazões mínimas em cada local. Para a determinação dos valores de N1 entre os passos do ensaio, utilizam-se somente os valores de pressão e de vazão relativos aos períodos estáveis do sistema durante o ensaio. Nem sempre, entretanto, é possível a realização do ensaio com 3 reduções de pressão e vazão.

3.2.2.6 Ponto de Pressões Médias (PPMS) e Pressões Médias do Setor (PMS)

A pressão média do setor (PMS) é obtida por meio da instalação de registradores no local definido como o Ponto de Pressão Média do Setor (PPMS). A metodologia proposta por Lambert e Thornton (2002) para o cálculo do (PPMS) baseia-se nas seguintes etapas.

- Calcular a média ponderada das cotas onde se localizam:
 - a) ramais
 - b) redes ou hidrantes

- Usar modelos de análise hidráulica de rede (se houver) ou plantas da rede de distribuição e curvas de nível.
- Selecionar um hidrante ou outro ponto de medição no meio do setor, situado nessa cota definindo desta forma o PPMS. (LAMBERT; THORNTON, 2002).

Com a cota média ponderada determinada define-se o ponto de pressões médias, primeiramente em planta e depois em campo, em local apropriado para a instalação de um equipamento registrador (data-logger), o mais próximo possível do ponto pré-determinado. O data-logger pode ser instalado em “tap” protegido na rede ou no hidrômetro de uma residência, sendo esta última opção a de menor custo para a operação. Os dados instantâneos de pressão normalmente podem dar uma visão distorcida do comportamento da pressão de um dado setor. Assim, além da necessidade de monitorar a pressão ao longo do tempo, é importante a utilização do conceito de Pressão Média do Setor (PMS), com o objetivo de se ter uma noção do comportamento médio da pressão em um setor (GONÇALVES; ALVIN, 2007).

“Em setores totalmente controlados por VRPs, o procedimento pode ser o mesmo. Para setores parcialmente controlados por VRPs recomenda-se um estudo de manometria de todo o setor, verificando-se as pressões em pontos representativos num intervalo de tempo de pelo menos 24 horas, sendo ideal o intervalo de 1 (uma) semana. Com os valores médios horários das pressões nas 24 horas, registrados por data-loggers, obtêm-se os perfis de pressões dos diversos pontos e os valores médios diários. O ponto médio será aquele com o perfil médio de pressões horárias que mais se assemelhe ao perfil médio de todos os pontos, após a análise das diferenças médias entre os valores das pressões horárias desses dois perfis.” (VIEIRA; CAROZZI, 2006).

“O registro de pressões no ponto médio durante um período mínimo de 1 (uma) semana permite obter as pressões médias horárias de cada hora do dia representativas do setor em estudo. A divisão de pitometria local pode selecionar o intervalo de amostragens no data-logger dependendo da capacidade do equipamento e da precisão desejada. Recomenda-se como suficiente o registro das pressões a cada 15 minutos.” (VIEIRA; CAROZZI, 2006).

3.2.2.7. Determinação de FND

De posse das pressões médias horárias e do valor de N1, o valor de FND será dado por:

$$FND = \sum_{i=1}^{24} (P_i / P_{3-4})^{N1} \quad 3.14$$

Onde:

P_i = Pressão média horária, durante o período de dias de amostragem, da hora i do dia;

P₃₋₄ = Pressão média de referência, obtida no horário entre 3 e 4 horas, correspondendo à pressão média de todos os dias no horário da vazão mínima noturna.

Exemplificando a equação 3.14 considerando que a vazão Mínima Noturna ocorra entre 03h00min e 04h00min (GONÇALVES; ALVIN, 2007).

$$FND = (P0-1 / P3-4)^{N1} + (P1-2/P3-4)^{N1} + (P2-3/P3-4)^{N1} \dots + (P23-24/P3-4)^{N1} \quad 3.15$$

Caso a vazão mínima noturna ocorra em outro horário, por exemplo, entre 02h00min e 03h00min, a pressão de referência será P_{2-3} e não P_{3-4} .

O Fator Noite-Dia é determinado a partir dos valores de pressões médias horárias e do valor mais provável de $N1$. Portanto quanto melhor for à execução do ensaio de $N1$, maior será a representatividade do valor de $N1$ obtido no teste noturno (ensaio de $N1$), e melhor será também o resultado de FND.

Devido à sazonalidade das pressões médias dos setores, que variam de acordo com o consumo durante o ano, recomenda-se determinar o valor de FND em 4 (quatro) semanas distintas do ano, visando definir um valor anual. Nessas determinações pode ser utilizado o mesmo valor de $N1$ definido previamente em ensaio, desde que a rede não venha a sofrer mudanças estruturais muito grandes, como o remanejamento ou a troca de trechos expressivos de rede.

O valor de FND depende das pressões médias horárias vigentes no setor, como já foi mostrado. Em setores abastecidos por reservatórios elevados ou apoiados onde não existe o controle das pressões da rede, as pressões durante a madrugada são maiores que as pressões diurnas devido ao menor consumo nesse período. Disso decorre que as perdas noturnas em vazamentos também são maiores que as perdas diurnas. Para compensar este efeito, o valor da perda noturna deve ser multiplicado por um valor de FND inferior a 24, quando se querem obter as perdas reais totais diárias (24 horas). Portanto nesse caso, o valor de FND é inferior a 24 horas/dia conforme figura 7.

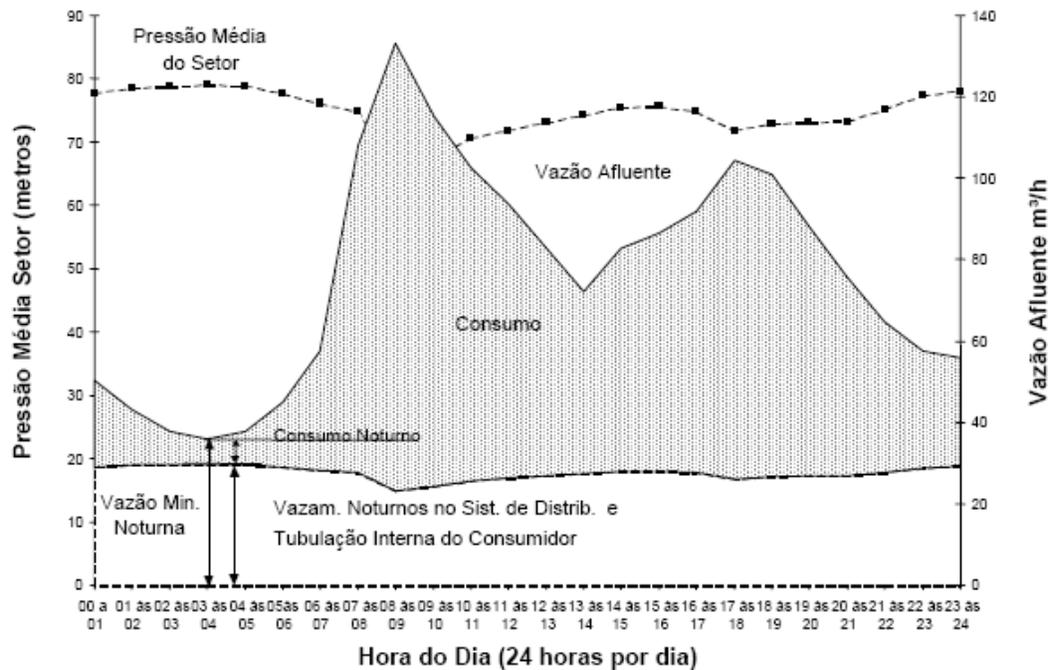


Figura 7 - Variação da Vazão de Vazamentos devido à Pressão Média do Setor em um Sistema por Gravidade: FND <24 horas. Fonte: (LAMBERT; THORNTON, 2002).

Analogamente em setores providos de controle de pressões noturnas por válvulas de controle (VRPs) que são dispositivos mecânicos instalados em determinados pontos da rede de distribuição com o objetivo de gerar uma perda de carga localizada e controlada de tal modo a reduzir as pressões nas redes à jusante de seu ponto de instalação, objetivando a diminuição das perdas por vazamentos (YOSHIMOTO; FILHO; SARZEDAS, 1999).

As pressões durante a madrugada são sensivelmente menores que as pressões diurnas. Com isso as perdas por vazamento durante o dia podem superar as perdas noturnas. Nesses casos o valor de FND pode resultar em valores superiores a 24, dependendo da intensidade do controle de pressões noturnas imposto ao setor conforme figura 8 (VIEIRA; CAROZZI, 2006).

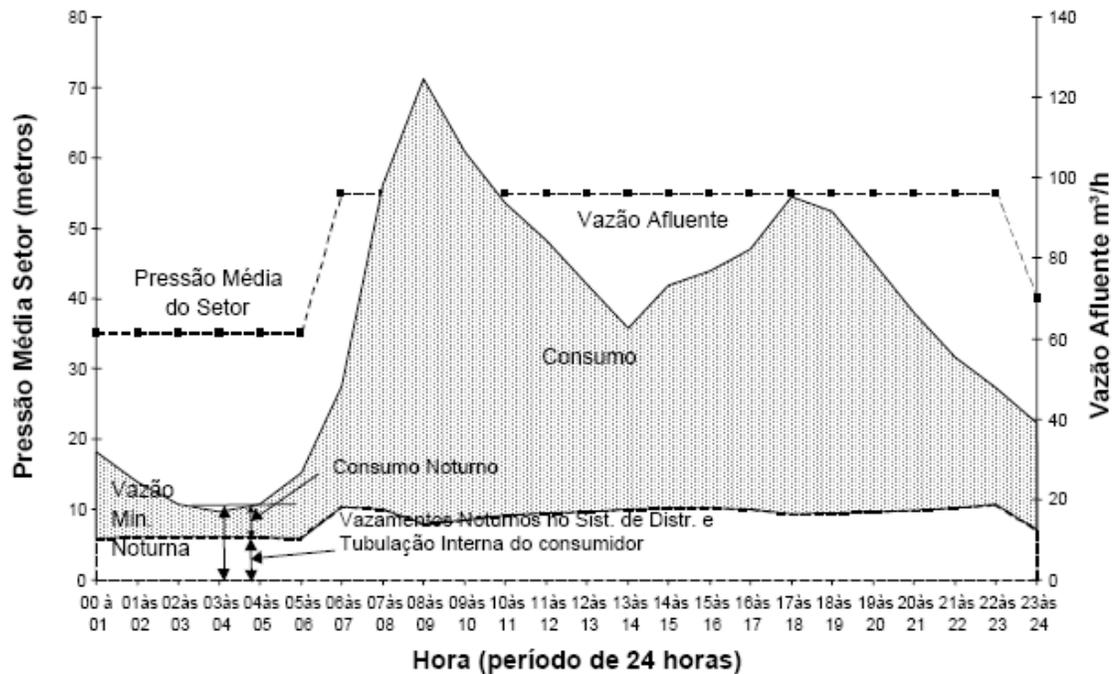


Figura 8 - Variação da Vazão de Vazamentos devido à Pressão Média do Setor em um Sistema com Controle de Pressão: FND > 24 horas. Fonte: (LAMBERT; THORNTON, 2002).

3.2.2.8 Erros e Incertezas na quantificação de perdas

Os cálculos das perdas totais e reais têm como base os volumes totalizados e as vazões medidas pelo macro e micro-medidores. Portanto eles agregam os erros e as incertezas associados às medições desses volumes.

Conforme a metodologia proposta por Lambert e Thornton (2002) para a Sabesp, os valores que compõem as perdas reais (vazões e consumos noturnos) devem receber tratamento estatístico e ser expresso dentro de intervalos de confiança de 95%. Este intervalo define a incerteza do cálculo de perdas sendo dado como uma porcentagem (+ ou -) em relação ao valor final médio obtido na quantificação.

As amplitudes dos intervalos de confiança no cálculo das perdas dependem dos erros (desvios) e das incertezas do processo de medição de vazões em particular das vazões mínimas noturnas. Dependem ainda dos erros e incertezas sobre os volumes de consumos legítimos noturnos determinados com base nas vazões típicas admitidas para cada tipo de consumo, conforme já apresentado (LAMBERT; THORNTON, 2002).

As incertezas dos valores de vazões medidas são determinadas por meio de ensaios de calibração dos medidores instalados executados dentro das normas internacionais pelo IPT ou pela divisão de pitometria da unidade ou ainda pelo fabricante, quando da aquisição do aparelho.

Por outro lado às incertezas que envolvem os volumes atribuídos aos usos noturnos são difíceis de serem determinadas. A incerteza ou o intervalo de confiança do valor final das perdas reais depende muito mais das incertezas provenientes do processo de medição da vazão mínima noturna do que das estimativas de consumos legítimos noturnos uma vez que o volume de usos legítimos representa apenas uma pequena porcentagem da vazão mínima noturna média na maioria dos casos. Lambert e Thornton (2002) recomendam adotar intervalos de confiança de 50% para as estimativas de consumos legítimos noturnos determinados com base nas equações 3.8 a 3.13.

Quanto aos consumos excepcionais os intervalos de confiança podem variar entre 25 e 100%. Os intervalos adotados dependem principalmente do conhecimento da confiabilidade dessas estimativas pelos gestores e técnicos envolvidos em perdas.

Quando os consumos excepcionais são medidos nas ligações que geram esses consumos, pode-se adotar como intervalo de confiança a própria incerteza do medidor para a respectiva vazão.

As estimativas dos valores de FND também são realizadas dentro de intervalos de confiança de 95%, sendo que para a determinação desses intervalos são levadas em conta as incertezas de N1, os valores médios e os desvios padrões dos valores diários da variável FND, para a(s) semana(s) em que este parâmetro for determinado em cada setor.

Todas as incertezas (intervalos de confiança) das estimativas de: vazões mínimas noturnas médias, consumos noturnos e FND, são combinados para produzir o intervalo de confiança de 95% da estimativa final das perdas reais.

“Em resumo a metodologia utiliza valores médios de vazões mínimas noturnas, e os valores estimados médios dos consumos legítimos no horário da mínima num determinado período que pode ser anual ou mensal para obter, primeiramente, os valores da vazão média dos vazamentos no horário da mínima noturna, em m³/hora” (VIEIRA; CAROZZI, 2006).

Este valor horário da perda total por vazamentos de um setor é transformado em valor diário de perdas (m³/dia), aplicando-se o parâmetro FND. Posteriormente, o valor diário é transformado em índice mensal ou anual de perdas reais, bastando que os valores de vazões

mínimas e de consumos legítimos correspondam aos valores médios verificados no período considerado, mês ou ano.

As estimativas das perdas são realizadas dentro de intervalos de confiança de 95%, utilizando-se sempre os valores médios para definir as ações de redução e controle.

3.2.3. Balanço Hídrico

A representação e a quantificação de todos os possíveis usos da água em um sistema de abastecimento, desde o instante que é captada no manancial até o momento em que é disponibilizada ao consumidor final, tem muito mais aplicações práticas do que se pode supor. É uma visão integrada e complexa dos fluxos de processo, importações e exportações, pontos de medição e pontos de uso ou consumo e pode ser observado nas figuras 9 e 10.

O Balanço Hídrico de um sistema de abastecimento 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. É uma poderosa ferramenta de gestão, pois podem ser gerados diversos indicadores de desempenho para o acompanhamento das ações técnicas, operacionais e empresariais.

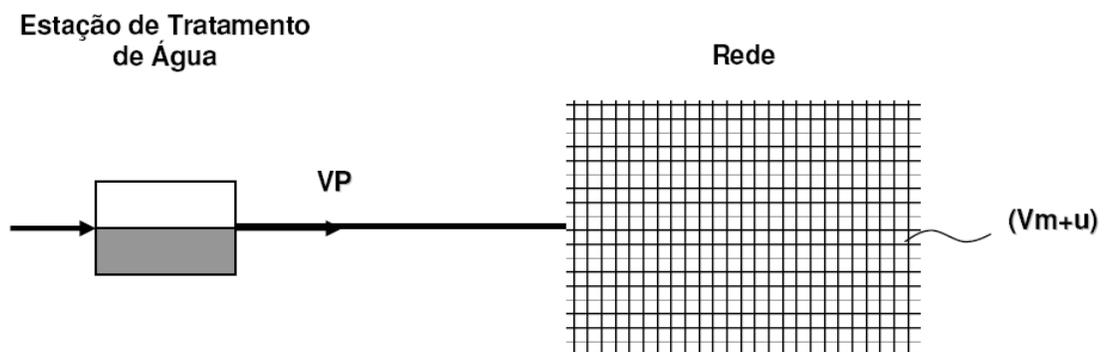


Figura 9 - Perdas. Fonte: (SABESP, 2005).

$$\text{Perda} = \text{VP} - (\text{Vm} + \text{u}) \quad (3.16)$$

Onde:

VP = Volume de água que entra no sistema

Vm = Volume Micromedido

u = Usos Operacionais, Emergenciais e Sociais.

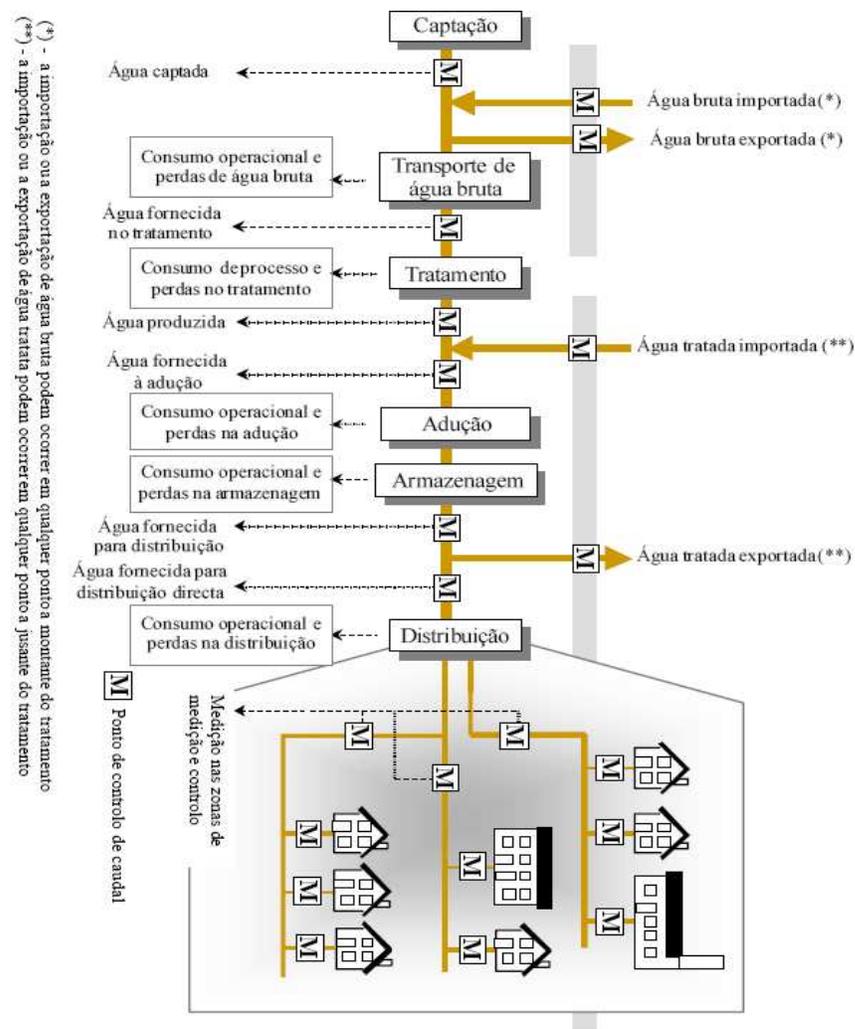


Figura 10 - Componentes do balanço hídrico. Fonte: (ALEGRE *et al*,1999).

A elaboração do Balanço Hídrico contextualiza as perdas no sistema, mostrando de forma mais clara e objetiva os conceitos envolvidos na questão.

Com o intuito de uniformizar uma estruturação básica a nível mundial para o Balanço Hídrico, Alegre *et al* (1999) propôs uma matriz onde são apresentadas as variáveis mais importantes para a composição dos fluxos e usos da água, conforme modelos apresentados nas tabelas 3.3 e 3.4. Essa matriz representa o sistema de abastecimento a partir da “água que entra no sistema”, que pode ser a Captação, a ETA, um Reservatório, ou mesmo a derivação de uma adutora, compondo assim a estruturação em função do sistema, ou parte do sistema, que se quer avaliar.

O cálculo do Balanço Hídrico requer medições ou estimativas criteriosas em cada ponto de controle definido no sistema. O período de avaliação das grandezas envolvidas no Balanço Hídrico geralmente é de 12 meses, o que faz com que os valores apresentados representem uma média anualizada dos componentes, absorvendo as sazonalidades.

Tabela 3 - Componentes Padrões do Balanço Hídrico Simplificado nos Setores dos Sistemas de Distribuição.
Fonte: (LAMBERT; THORNTON, 2002).

Volume Fornecido ao Sistema (Levar em conta as imprecisões das medições)	Consumo Autorizado	Consumo Autorizado Faturado	Água Faturada
		Consumo Autorizado Não-Faturado	Água Não-Faturada
	Perdas de Água	Perdas Aparentes	
		Perdas Reais	

Tabela 4 - Componentes Padrões do Balanço Hídrico Completo nos Setores dos Sistemas de Distribuição.
Fonte: (LAMBERT; THORNTON, 2002).

COMPONENTES PADRÃO DO BALANÇO HÍDRICO NO SETORES DOS SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO						
Baseado nos Indicadores de Desempenho da IWA para Sistemas de Abastecimento, julho de 2000, modificado para São Paulo a fim de facilitar os cálculos para vários Setores, simultaneamente. Nesta versão, Água Exportada, não é considerada parte da Água Faturada.						
Fontes Próprias	Vol. Fornec.	Água Exportada	Água Exportada	Água Exportada	Água Importada	Água Exportada
		Água Distribuída	Consumo Autorizado	Consumo Autorizado Faturado	Água Faturada	Consumo Medido Faturado
Consumo Autorizado Não Faturado	Consumo Não Medido Faturado					
Água Import.	levar em conta erros	Perdas de Água	Perdas Aparentes	Água Não Faturada	Consumo Medido Não Faturado	
			Perdas Reais		Consumo Não Medido, Não Faturado	
					Consumo Não Autorizado	
					Imprecisão dos Hidrômetros	
					Vazamentos na Rede	
					Vazam. E Extrav. Em Reserv.	
					Vazamentos em Ramais até o hidrômetro	

3.2.3.1 Componentes do Balanço Hídrico

- **Fontes Próprias:** Volume de água fornecido a um sistema captado nas fontes próprias do Fornecedor (LAMBERT; THORNTON, 2002).

- **Água importada ou exportada:** Volume de água transferido de ou para um diferente sistema de abastecimento (LAMBERT; THORNTON, 2002).
- **Volume fornecido ao 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 a distribuição, a partir de um volume entregue em um ponto tais como reservatório setorial ou derivação de adutora, antes da entrega as redes de distribuição) (TSUTIYA, 2006).

Lambert e Thornton (2002) afirmam também que o Volume fornecido ao sistema equivale às fontes próprias mais a água importada.

- **Volume Distribuído:** Volume de água fornecido ao sistema menos o volume de água exportada (LAMBERT; THORNTON, 2002).
- **Consumos Autorizados:** 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 “AGUA EXPORTADA”).
- **Consumos Não-Autorizados:** Consistem nos consumos existentes em furtos ou fraudes através de ligações clandestinas, by pass, hidrantes, hidrômetros e em outros componentes dos sistemas de abastecimento de água, sem a devida autorização da empresa que opera o sistema de saneamento sendo, portanto considerada perda aparente (SABESP, 2005).
- **Perdas de Água:** Diferença entre o volume Distribuído e o consumo autorizado. Podem ser calculadas como um volume total para todo o sistema ou subsistemas, como sistemas de captação de água bruta, adução ou distribuição de água tratada, ou setores ou subsetores de abastecimento (LAMBERT; THORNTON, 2002).
- **Perdas Aparentes:** Incluem todos os tipos de imprecisões nas leituras de hidrômetros, além do consumo não autorizado (furto ou consumo ilícito) (LAMBERT; THORNTON, 2002).
- **Perdas Reais:** perdas físicas de água no sistema pressurizado até o hidrômetro do consumidor. O volume anual de água perdido através de todos os tipos de vazamentos, arrebatados e extravasamentos depende da frequência, vazão e duração média de cada vazamento (LAMBERT; THORNTON, 2002).

- **Consumo Autorizado Faturado:** Volume que gera receita potencial para a companhia de saneamento, correspondente a somatória dos volumes constantes nas contas emitidas aos consumidores, compõe-se de volumes medidos nos Hidrômetros e dos volumes estimados nos locais onde não há hidrômetros instalados (TSUTIYA, 2006).
- **Consumo 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 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 (lavagem de redes de água e de esgotos, lavagem de reservatórios, por exemplo) (TSUTIYA, 2006).
- **Águas Faturadas:** Representam a parcela da água comercializada, traduzida no faturamento do fornecimento de água ao consumidor (TSUTIYA, 2006).
- **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, bem como o consumo autorizado não faturado (TSUTIYA, 2006).

“A respeito do que foram expostas algumas considerações devem ser feitas:”

- “As perdas aqui definidas são aquelas que ocorrem no sistema de abastecimento de água até o ponto de entrega ao consumidor, geralmente dotado de hidrômetro. Os vazamentos que ocorrem na tubulação, após a medição, bem como os desperdícios domiciliares, desde que medidos pelo hidrômetro, não devem ser contabilizados como perdas;” (TSUTIYA, 2006).

O método das Vazões Mínimas Noturnas contabiliza esta perda conforme ilustrado na tabela 2.

“Não se deve confundir água não faturada com perda, isso fica claro na matriz do Balanço Hídrico proposta pela IWA. Igualmente a inadimplência (não pagamento das contas) pelo consumidor não entra na discussão do problema de perda, ou seja, um volume devidamente faturado, mas que não foi pago pelo cliente, passa a ser de outro tipo para a companhia de saneamento, desvinculado da questão específica da quantificação da perda no sistema” (TSUTIYA, 2006).

Há uma discussão sobre a consideração de alguns volumes operacionais usados pelas companhias de saneamento como consumo autorizado não faturado, tais como a lavagem das redes e reservatórios e as descargas de redes por problemas de qualidade de água (água vermelha). Há um razoável nível de convergência no entendimento de que tais usos são inerentes à operação, são custos que deverão ser apropriados pela companhia. Mas se esse uso for desmedido, excessivo, há também consenso de que essa parcela a mais deva ser contabilizada como se

fosse Perda Real. Entretanto, “há uma dificuldade prática em se determinar qual é o ponto de corte nessas situações” (TSUTIYA, 2006).

Um exemplo bem claro é a lavagem, por exemplo, de um reservatório de água de 2 milhões de litros onde esta quantidade de água utilizada na lavagem deve ser considerada como perda.

“Há uma linha conceitual atual que propunha que a parcela que propunha que a parcela de erro da macromedição não entre na composição das perdas aparentes. Com os dados macromedidos disponíveis, devem ser feitas as correções cabíveis (para mais ou para menos) e, a partir daí definir as parcelas correspondentes que compõe a Matriz do Balanço Hídrico” (LAMBERT; THORNTON, 2002).

“É difícil estimar Perdas Aparentes com base em dados de macro e micromedição (top-down) em sistemas com hidrômetros de má qualidade e caixas d’água” (LAMBERT; THORNTON, 2002).

Tem se observado na prática que a troca de hidrômetros com mais de 10 anos em um setor de abastecimento gera um aumento no valor da conta dos clientes em torno de 30% (média).

“Conferir os cálculos de Perdas Reais baseados nos dados de macro e micromedições (top-down) do Balanço Hídrico com os resultados obtidos através da Análise dos componentes das Perdas Reais Anuais e Estimativa de Perdas Reais baseada nas Vazões Mínimas Noturnas (bottom-up)” (LAMBERT; THORNTON, 2002).

A desvantagem mais evidente é a baixa precisão dos números associados às hipóteses e estimativas que reflete na quantificação final das Perdas Reais (TSUTIYA, 2006).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo serão apresentados os seguintes tópicos:

- Descrição do setor de abastecimento Jardim Atenas do Sul;
- Ações desenvolvidas para a redução das perdas reais ou físicas;
- Aplicação da Metodologia Vazões Mínimas Noturnas;
- Aplicação da Metodologia Balanço Hídrico Anual de Água.

4.1. SETOR A SER ESTUDADO

4.1.1 Reservação e Distribuição

O setor a ser estudado é abastecido pelo reservatório da Vila Nastri no Município de Itapetininga, que possui capacidade atual de cinco milhões de litros resultante da conclusão em Setembro de 2011 das obras de expansão com aumento de sua reservação em dois milhões e meio de litros de água. O aumento da reservação foi dividida em dois módulos iguais anexos ao módulo principal. A figura 11 ilustra o reservatório ao final das obras.



Figura 11 - Reservatório após a conclusão das obras (foto do autor).

O reservatório da Vila Nastri abastece aproximadamente 33% do Município de Itapetininga através de 138 km de redes de água sendo deste total 28 km de redes primárias, atendendo os setores: Chapadinha, Zona Baixa, Presídio do Município de Guareí através de caminhões tanque e o Setor Jardim Atenas do Sul objeto do presente trabalho.

O Setor de abastecimento Jardim Atenas do Sul também conhecido com Nastri/Atenas era um sistema totalmente pressurizado, porem após a conclusão das obras de expansão do reservatório em torno de cinco por cento de seu volume de água passou a ser distribuído por gravidade. O setor possui atualmente uma área aproximada de 5.618.067 m² e 6331 ligações, sendo um dos setores que apresentou o maior crescimento em numero de novas ligações, principalmente devido a um novo bairro chamado Cambui. A figura 12 apresenta foto aérea do setor em estudo.



Figura 12 - Foto aérea do Setor Atenas do Sul também conhecido como Nastri/ Atenas (foto do autor).

Os bairros atendidos pelo setor Jardim Atenas do Sul são os apresentados na tabela 5.

Tabela 5 - Bairros atendidos pelo Setor Jardim Atenas do Sul (dados do autor).

Bairro	N ^o de ligações de 2012
Vila Soteno	277
Jardim Bela Vista	1115
Parque São Bento	930
Cambui	135
Vila Natri 1	825
Vila Carolina	509
Vila Rubens	296
Jardim Alvorada	430
Atenas do Sul	649
Shangrilá	550
Vila Sonia	225
Vila Palmeira	390
Total	6331

Segundo dados do IBGE. (2011), o município de Itapetininga possui em média 3,4 habitantes por residência totalizando uma população atendida pelo Setor de Abastecimento Jardim Atenas de Sul, em Junho de 2012, de aproximadamente 21.525 pessoas.

4.1.2. Conceitos técnicos dos principais equipamentos encontrados na Estação Elevatória de Água Tratada do Setor de Abastecimento Jardim Atenas do Sul.

a) Conjunto Motor Bomba com variador de velocidade: O conjunto motor e bomba com variador de velocidade quando instalado em redes de distribuição de água, aumenta a pressão à jusante, auxiliando o escoamento do líquido sendo utilizado para garantir uma vazão suficiente a fim de atender o nível máximo de demanda, nas horas de maior distribuição sem causar danos à rede (vazamentos nas tubulações), nos períodos de alta pressão e baixa vazão, geralmente ocorridos durante a noite e madrugada, quando o consumo se reduz significativamente (SANTOS *et al*, 2003).

O variador de velocidade faz com que a bomba se ajuste às condições de demanda e compense a diminuição de pressão a montante, em função do aumento de consumo, (redução de

perda de carga com vazões baixas) e a tendência da bomba de entrar na condição próxima ao “shutt-off” (redução da vazão no período noturno), fazendo com que o ponto de funcionamento da mesma se situe próximo a ponto de melhor rendimento. Existe ainda a economia de energia elétrica, advinda do uso dos variadores de velocidade com a redução do número de partidas do motor, propiciando também a redução da incidência de “golpe de aríete” na rede (SANTOS *et al*, 2003).

O Variador de Velocidade tipo Inversor de frequência é um controlador eletrônico, com várias funções intrínsecas, as quais possibilitam seu uso em diversas aplicações tais como limite de corrente e prevenção de pane. De operação simples, possui um painel de controle, tipo teclado para acessar cada função. A grande vantagem da utilização de inversor de frequência reside na economia de energia elétrica, além da melhoria na condição de abastecimento, em função da limitação da pressão na rede de distribuição, evitando sobre pressões destrutivas nas mesmas, mantendo o sistema praticamente equilibrado e conseqüentemente eliminando ou reduzindo os vazamentos de água provocados por sobre pressão. (SANTOS *et al*, 2003).

Segundo Tsutiya (2006) o Inversor de Frequência também provoca uma variação na frequência da tensão aplicada e conseqüentemente na velocidade do motor. A tabela 6, ilustra a variação de vazão com a frequência da tensão em dois setores de abastecimento distintos. No caso de bombas centrífugas, a presença do inversor resulta na possibilidade de controle de vazão. Além disso, o inversor pode ser utilizado para a partida (e parada) suave do equipamento, pois aumentando (ou diminuindo) sua velocidade através de uma rampa de aceleração, faz-se com que a corrente de partida (ou parada) possa ser controlada.

Tabela 6 - Inversores de frequência dos Setores Chapadinha/Zona Baixa e Jardim Atenas do Sul em duas situações distintas de operação.

DATAHORA	VAZÃO CHAPADINHA l/s	VAZAO ATHENAS em l/s	FREQ_CHAPADINHA Hz	FREQ_ATHENAS em Hz
27/12/2011 00:00	18,6	32,2	35,00625	35,00625
27/12/2011 11:25	54,2	79,1	58,0125	56,00625
27/12/2011 11:25	54,2	79,1	58,0125	56,00625
27/12/2011 11:25	54,2	79,1	58,0125	56,00625
27/12/2011 11:25	54,2	79,1	58,0125	56,00625
27/12/2011 11:25	54,2	79,1	58,0125	56,00625

b) Macromedidor Eletromagnético: Os medidores eletromagnéticos responsáveis pela macromedição baseiam-se no fato de que a água potável é um fluido condutor de eletricidade,

podendo ser induzida uma corrente elétrica. Nesses medidores uma bobina, denominada bobina primária, excitada por uma corrente alternada ou pulsante, induz uma corrente no escoamento de água. Como a água está em movimento, essa corrente induzida pode ser captada por uma bobina secundária, obtendo-se um sinal proporcional à vazão (ALVES *et al*, 1999).

Um Sistema de macromedição completa, conforme Sanchez *et al* (2002) é constituído basicamente de três elementos:

- Elemento primário - Possui um sensor que transforma a velocidade da água em uma grandeza que pode ser medida através de um campo magnético.
- Elemento secundário ilustrado na figura 13 - Lê a grandeza que sai do primário e a transforma em uma leitura digital (número), processa a leitura de modo a obter uma informação útil e passível de ser registrada e transmitida.



Figura 13 - Elementos secundários do medidor eletromagnético dos Setores Chapadinha/ Zona Baixa, Jardim Atenas do Sul e do sistema reserva (foto do autor).

- Elemento terciário - Registra e transmite a leitura: Telemetria.

c) Válvula ou Registro: São dispositivos colocados nas tubulações conforme Figura 4.4, para restrição total ou parcial da passagem da água, de acordo com as necessidades do local. (IGNÁCIO *et al* 2003). A figura 14 ilustra uma das válvulas instaladas no Setor de abastecimento do Jardim Atenas do Sul.

As válvulas segundo Palo (2010) são elementos utilizados para o controle operacional e delimitações de áreas de abastecimentos (setores, distritos de medição e controle, etc.) e sua operação é definida segundo as regras operacionais do sistema de abastecimento.



Figura 14 - Registro sem atuador do Setor de Abastecimento Jardim Atenas do Sul (foto do autor).

4.1.3. Equipamentos de segurança do Sistema de Bombeamento com Inversor de Frequência do Setor Jardim Atenas do Sul

Em um sistema de Bombeamento com Inversor de frequência as variações de pressão e vazão são frequentes bem como paradas acidentais que podem provocar avarias muito graves no sistema, para isso o setor analisado dispõe de alguns equipamentos de segurança e proteção descritos a seguir:

a) Ventosas Simples: com função de:

- Descarregar o ar quando a tubulação se enche de água;
- Descarregar continuamente o ar durante o funcionamento das bombas;
- Dar entrada de ar quando for descarregada a água da tubulação. (IGNÁCIO et al. 2003).

b) Válvula de Retenção. Segundo Valloy (2002), A válvula de retenção é um equipamento hidrodinâmico que tem a função de bloquear o fluxo reverso com características de fechamento positivo, isto é, a válvula fecha antes da ocorrência da reversão do fluxo. Tal característica faz com que o fechamento da válvula ocorra quando a pressão de montante ainda é maior do que a de jusante (na ordem de 0,5 psi), sustentando a coluna de água na tubulação e impossibilitando o refluxo.

A válvula de retenção é empregada quando o escoamento de um líquido é bruscamente interrompido numa tubulação pressurizada. Isso ocorre, por exemplo, quando do desligamento acidental dos conjuntos de recalque em uma Estação Elevatória.



Figura 15 - Válvula de Retenção da Estação Elevatória de Água Tratada do Setor Jardim Atenas do Sul (foto do autor).

4.1.4 - Estação Elevatória de Água Tratada (EEAT) do Reservatório Vila Natri

A estação elevatória do Reservatório Vila Natri é responsável pelo bombeamento e controle de pressão no sistema a estação é composta de três conjuntos de bombeamento conforme ilustra a figura 16. O setor Jardim Atenas do Sul possui dois conjuntos de bombeamento em funcionamento, sendo um deles considerado conjunto reserva da Estação Elevatória de Água Tratada (EEAT) podendo também atender aos Setores Chapadinha e Zona Baixa.

O controle da Estação de Bombeamento no Setor Jardim Atenas do Sul é realizado pelo Centro de Controle Operacional (CCO) através do monitoramento da pressão em dois pontos, o primeiro localizado na saída da Estação de Bombeamento e o segundo no ponto crítico do abastecimento (PCA).



Figura 16 - Estação de Bombeamento Natri ilustrando da esquerda para direita os conjuntos que atendem os Setores Chapadinha e Zona Baixa, Conjunto Reserva dos dois Setores, Setor Jardim Atenas do Sul (foto do autor).

a) O conjunto responsável pelo bombeamento do Setor Jardim Atenas do Sul é composto dos seguintes equipamentos:

- Inversor de Frequência modelo VLT Aqua Drive marca Danfoss, ilustrado na figura 17;



Figura 17 - Inversor de Frequência do Setor Jardim Atenas do Sul (foto do autor).

- Motor Elétrico de Indução Trifásico marca WEG modelo 225 S/M com 75CV e rotação máxima de 1775 RPM;
- Bomba Centrífuga marca IMBIL, modelo INI 80400 com altura manométrica máxima de 60 mca e vazão máxima de 144 m³ /h;
- Válvula de Retenção marca Valloy modelo 407 Classe PN-10 conforme ilustrado na figura 15;
- Válvula tipo Borboleta marca Karon, modelo 150 B10, PN 16, DN 250 conforme ilustrado na figura 14;
- Ventosa Simples Função marca Valloy.
- Medidor de Pressão na saída do bombeamento marca Mecaltec, classe tipo A. conforme ilustrado na figura 18:



Figura 18 - Medidor de Pressão (foto do autor).

b) O conjunto de bombeamento reserva é constituído pelos seguintes equipamentos:

- Inversor de Frequência conforme modelo AF – 300 ES marca GE ilustrado na figura 19;



Figura 19 - Inversor de Frequência do conjunto reserva (foto do autor).

- Motor Elétrico de Indução Trifásico marca WEG modelo 225 S/M SMO com 75CV e rotação máxima de 1775 RPM;

- Bomba Centrífuga marca KSB, modelo ANS 80.400 com altura manométrica máxima de 60 mca e vazão máxima de 144 m³ /h;
- Válvula de Retenção marca Valloy modelo 407 Classe PN-10 conforme figura 15;
- Válvula tipo Borboleta Marca Indumetal modelo FS GJ Size 250 material GGG 40 S/N C;
- Ventosa Simples Função marca Valloy.
- Medidor de Pressão na saída do bombeamento marca Mecaltec, classe tipo A ilustrado na figura 18.

4.1.5 - Sistema de supervisão e controle Operacional

a) Descrição do Sistema

O abastecimento de água do Setor Jardim Atenas do Sul é realizado por um SSC (Sistema de Supervisão e Controle) cuja tela principal do programa esta ilustrada na, figura 20. A operação é feita a partir do CCO “Centro de Controle Operacional” com sala de comandos ilustrada na figura 21, localizado em sala no edifício da ETA II (Estação de Tratamento de água II). O sistema supervísório abrange instrumentação de coleta de dados do sistema de controle do processo, formatação e disponibilização “em tempo real”, ao operador de eventos importantes nas principais unidades do sistema. Além da supervisão, podem ser aplicadas as funções de operação, incluindo ligar e desligar equipamentos e seqüência de equipamentos, mudança do modo de operação etc.

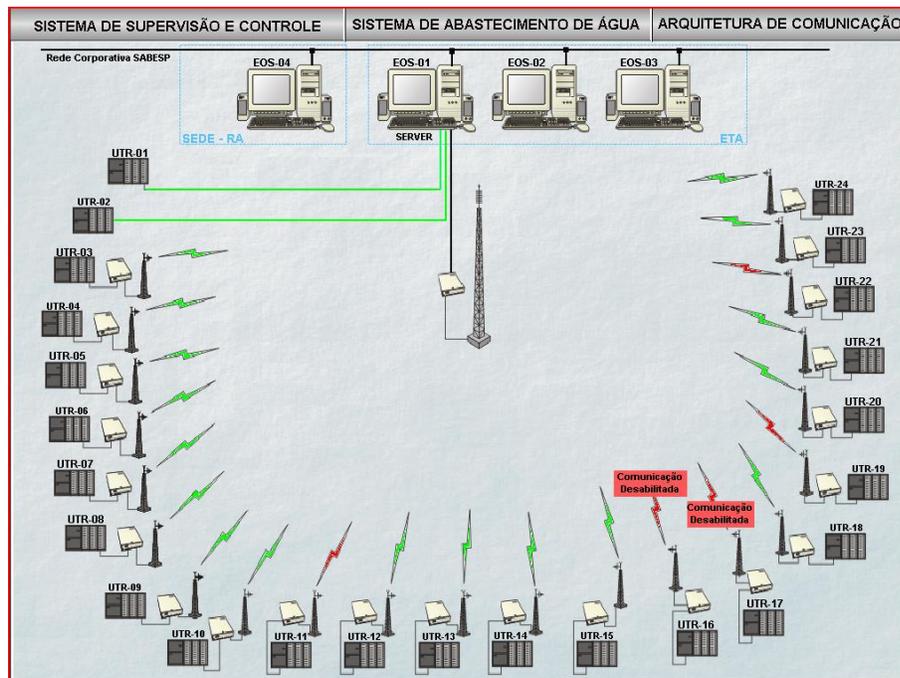


Figura 20 - Sistema de Supervisão e Controle (VECTOR, 2006).



Figura 21 - Centro de Controle Operacional (foto do autor).

b) Instrumentos de Processo

Os equipamentos que realizam a medição e atuação nas variáveis de processo (tais como pressão, nível, vazão, etc.), realizando a interface entre o SSC e o processo pode ser dividido em:

- Instrumento de medição: medidores eletromagnéticos, para medição de vazão em redes de distribuição de água;

- Elemento final de controle: programa alteração no processo, em função de sinal elétrico recebido função esta desempenhada pelos inversores de frequência, atuando no processo, de modo a alterar e aperfeiçoar a pressão na rede de distribuição de água.

c) Descritivo Funcional da UTR (Unidade de Telemetria Remota)

A UTR - Unidade de Telemetria Remota realiza o recebimento de sinais dos instrumentos e a partir daí se comunica com o CCO informando todos os valores de diversas variáveis tais como condição dos equipamentos, dados operacionais etc.

A unidade de telemetria remota também recebe comandos do Supervisório. As UTR possuem os seguintes componentes principais:

- Controlador lógico programável;
- Rádio modem
- Conversores

d) UTR-15 – Reservatório de Vila Nastri / Setor Jardim Atenas do Sul

Responsável pelo controle de pressão nas redes do Setor Jardim Atenas do Sul, a UTR conforme figura 22 é composta de:

- Controle do conjunto motor bomba: também no presente caso, devido à existência de inversor de frequência no conjunto, esta terá a sua velocidade controlada tendo como referência o ponto mais crítico do Setor sendo que a pressão neste local não pode ser inferior a 10 mca de pressão, ou o ponto de medição de pressão no próprio local do conjunto motor- bomba. O operador selecionará um dos dois pontos de referência para o controle e em caso de perda de comunicação com a UTR no ponto crítico de abastecimento, a referência passa automaticamente a ser o ponto de medição de pressão no local do conjunto motor- bomba (VECTOR, 2006).

O conjunto Reserva possui o mesmo procedimento que o descrito anteriormente, sendo a passagem de operação do conjunto operante para o reserva realizado de forma automática via contadores.

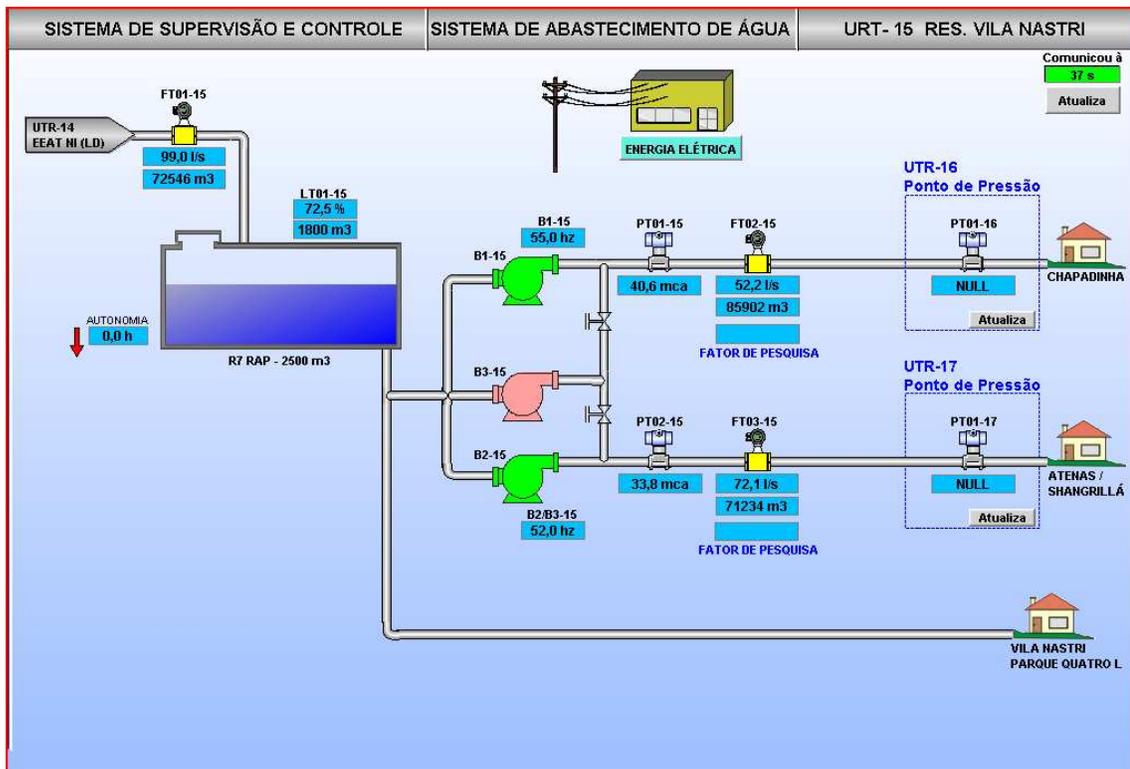


Figura 22 – Tela do Programa da Unidade de Telemetria Remota UTR15. Fonte: (VECTOR, 2006).

4.1.5.1 – Considerações sobre o Sistema de Supervisão e Controle Operacional

O monitoramento, controle e operação de todas as instalações em “tempo real” são efetuados no CCO, que desempenha uma função muito importante, não só pelo acompanhamento de seu desempenho, mas também pela oportunidade de análises mais detalhadas que resultem em um planejamento operacional mais apurado.

A principal crítica ao Sistema de Supervisão e Controle Operacional é a parada do Sistema de Bombeamento em caso de falta de comunicação via rádio com o CCO (Centro de Controle Operacional), o sistema necessita de melhoria, no sentido de que em caso de perda de comunicação com o CCO o Sistema continue funcionando obedecendo a parâmetros de funcionamento obtidos através de um histórico de funcionamento ou parâmetros operacionais pré-definidos.

4.1.6. Cadastros Técnicos

O setor de abastecimento Jardim Atenas do Sul possui cadastro técnico atualizado de todas as suas redes de distribuição de água, com dimensões e registros incluindo a sua setorização de abastecimento.

O setor de abastecimento Jardim Atenas do Sul possui cadastrado as seguintes tubulações em diversos tipos de materiais:

- Tubulação com diâmetro de 50 mm – 18,8 Km;
- Tubulação com diâmetro de 75 mm – 1,6 Km;
- Tubulação com diâmetro de 100 mm – 3,1 Km;
- Tubulação com diâmetro de 150 mm - 1,0 Km;
- Tubulação com diâmetro de 200 mm – 0,1Km;
- Tubulação com diâmetro de 300 mm – 0,1Km;
- Tubulação com diâmetro de 400 mm – 0,1 Km.

4.2. Preparação do Setor para aplicação da Metodologia das Vazões Mínimas Noturnas

4.2.1. Troca e calibração do Macromedidor

a) Troca e Instalação: O setor possuía um macromedidor do tipo turbina instalado em uma adutora de 300 mm na saída da Estação de Bombeamento. Devido ao aumento da capacidade de reservação, idade e quebras constantes do macromedidor conforme tabela 7, baixa precisão nas medições, falhas constantes na comunicação com o CCO (Centro de Controle Operacional), falta de um histórico de macromedição, crescimento populacional elevado, e a necessidade de elaboração deste estudo decidiu-se pela troca do equipamento.

Tabela 7 - Falta de leituras de macromedição até a instalação do macromedidor eletromagnético de inserção no dia 26/09/2011. (VECTOR, 2006).

Estação: NASTRI - ATHENAS Tipo de Estação: BOMBEAMENTO Município: 371							
Data	Hora	Volume (m ³)	Vazão l/s	Sucção	Recalque	HZ	PCA (mca)
01/01/2011	00:00:00	0	0	0	47	42	14
02/01/2011	00:00:00	0	0	0	49	45	15
03/01/2011	00:00:00	0	0	0	49	46	14
26/09/2011	00:00:00	1,713	19,83	0	44	47	0
27/09/2011	00:00:00	3,246	37,56	0	43	47	0
28/09/2011	00:00:00	4,575	52,95	0	40	45	0
29/09/2011	00:00:00	4,689	54,27	0	39	45	0
30/09/2011	00:00:00	4,520	52,31	0	33	41	0
01/10/2011	00:00:00	4,478	51,82	0	28	39	0
02/10/2011	00:00:00	4,027	46,61	0	37	41	0

O macromedidor escolhido após a análise de viabilidade técnica foi o Medidor Eletromagnético de Inserção marca George Fischer, modelo Signet 2552, devido principalmente à facilidade de instalação e retirada do equipamento para manutenção, uma vez que não necessita de uma longa parada do Sistema de Bombeamento, devido principalmente ao tipo de conexão na tubulação via TAP conforme ilustra a figura 23.

A figura 23 também ilustra um problema técnico ocorrido com o macromedidor apresentado no dia 26/09/2011 após a instalação inicial com a parada de leitura no ponto crítico de abastecimento (Valores Nulos na ultima coluna).



Figura 23 - Medidor Eletro Magnético de Inserção instalado em adutora de 300 mm na saída da Estação Elevatória de Água Tratada Nastri (foto do autor).

b) Calibração: Após a instalação do macromedidor efetuou-se a calibração “in loco” para a verificação do correto funcionamento do macromedidor. O procedimento de calibração se deu com base no esquema ilustrado na figura 24. Este é um procedimento obrigatório estabelecido pela Norma Técnica Sabesp NTS 280 Calibração de macromedidores em campo.

Após a calibração o medidor apresentou ainda um erro avaliado de 2%.

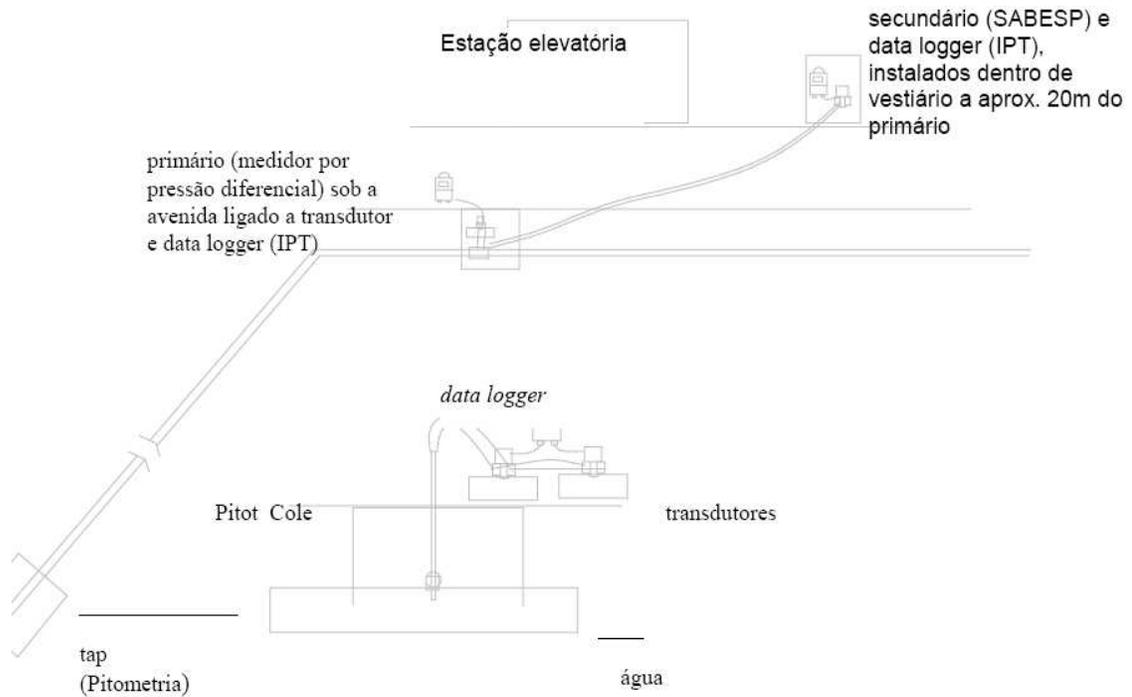


Figura 24 - Instalações para medição de campo. Fonte: (IPT, 2000).

A metodologia para a realização da calibração seguiu os preceitos estabelecidos pelo IPT (2000) e o software PITOT Planilha de aquisição Transdutores de Pressão, marca Smar, modelos LD 301 D1 e LD 301 D2, versão 3.2, sendo utilizados transdutores de pressão marca Smar conforme tabela 8:

Tabela 8 - Transdutores de Pressão. Fonte: (IPT, 2000).

Transdutor de pressão D1.	Faixa de operação (mm H ₂ O).	Faixa de Velocidades no ponto.	Faixa de uso (mm H ₂ O).
Transdutor de pressão D0	0 a 150	0,4 a 1,2 m/s	0 a 140
Tradutor de pressão D1	12,5 a 500	0,9 a 2,7 m/s	12,5 a 450
Transdutor de pressão D2	42 a 5000	1,6 a 4,8 m/s	42 a 4800

A manutenção da quantidade de água recalcada para o setor de distribuição é fundamental para que seja aplicada a metodologia proposta neste trabalho, uma vez que essa pode interferir na macromedição.

4.2.2. Pesquisa, detecção e correção de Vazamentos não visíveis

Após a instalação do novo macromedidor pode-se empregar o indicador denominado Fator de Pesquisa, monitorado pelo CCO. Os resultados foram alarmantes e podem ser observados na tabela 9.

$$\text{Fator de Pesquisa} = \frac{\text{Vazão Mínima Noturna}}{\text{Vazão Média}} \times 100 (\%) \quad (4.1)$$

$$\text{Fator de Pesquisa} = \frac{\text{Média de Vazões das 00h00min as 05h00min}}{\text{Vazão Média das 00h00min as 00h00min (totalizando 24h)}} \times 100 (\%) = 48,67\%$$

Vazão Média das 00h00min as 00h00min (totalizando 24h)

Tabela 9 - Indicador fator de pesquisa. (VECTOR, 2006).

FATOR DE PESQUISA - CÁLCULO:							
SETOR:	NASTRI-ATENAS		PRINCIPAIS BAIROS:		Pq. São Bento, Jd. Bela Vista, V. Bandeirantes, V. Sotemo, V. Palmeira, V. Sônia, Jd. Esplanada, V. Alves, Jd. Shangrilá, Pq. Atenas do Sul, Jd. Alvoarada, V. Maciel, V. Carolina, V. Nastri.		
COLETAR Histórico (um dia) do SICAM-TELEMETRIA de vazões no período desejado e dividir a vazão mínima NOTURNA encontrada pela vazão média DIÁRIA (0:00 às 23:59hs)					VAZÃO MÍNIMA NOTURNA (Período 0:00 às 5:00hs):	VAZÃO MÉDIA diária (Período 0:00 às 23:59):	FATOR DE PESQUISA (%):
					25,4	52,19	48.67
ESTAÇÃO:	NASTRI-ATENAS				BOMBEAMENTO		
Data	Hora	Vazão	Vazão	Q100%	Q5	QCA	
14/12/2011	0	125	34,68	0	40	42	0
14/12/2011	1	107	29,65	0	38	40	0
14/12/2011	2	94	26,09	0	35	38	0
14/12/2011	3	91	25,4	0	36	38	0
14/12/2011	4	92	25,65	0	36	38	0
14/12/2011	5	98	27,18	0	35	38	0
14/12/2011	6	130	36,08	0	32	39	0
14/12/2011	7	180	50,08	0	37	43	0
14/12/2011	8	229	63,64	0	48	52	0
14/12/2011	9	239	66,29	0	46	52	0
14/12/2011	10	247	68,73	0	45	52	0
14/12/2011	11	252	69,99	0	43	52	0
14/12/2011	12	249	69,08	0	45	52	0
14/12/2011	13	247	68,74	0	46	52	0
14/12/2011	14	241	66,91	0	45	52	0
14/12/2011	15	227	62,97	0	47	50	0
14/12/2011	16	220	61,02	0	46	48	0
14/12/2011	17	226	62,66	0	47	48	0
14/12/2011	18	241	66,93	0	45	49	0
14/12/2011	19	248	69,02	0	49	52	0
14/12/2011	20	222	61,65	0	50	49	0
14/12/2011	21	194	53,83	0	49	47	0
14/12/2011	22	169	46,98	0	44	44	0
14/12/2011	23	141	39,22	0	35	40	0

Devido ao precário estado em que se encontrava o setor optou-se por corrigir previamente algumas ocorrências de vazamentos. Assim foi realizada uma pesquisa de vazamentos conforme ilustra a figura 25, principalmente nas redes primárias e secundárias em todo o setor Jardim Atenas do Sul com Haste de Escuta Eletrônica modelo XLT 17 marca Fisher, Geofone Eletrônico modelo XLT- 30 marca Fisher e Geofone Mecânico marca Metalvax sendo diagnosticado e corrigido 30 vazamentos no meses de julho, agosto, setembro e outubro de 2011.



Figura 25 - Marcação do local do vazamento no Setor de Abastecimento Jardim Atenas do Sul (foto do autor).

A pesquisa e correção dos vazamentos não visíveis e detectáveis foi realizado devido aos seguintes fatores:

- O tamanho do setor e a necessidade de uma rápida intervenção para a realização da pesquisa através da Metodologia Vazão Mínima Noturna.
- Em termos de vazão, estima-se que os vazamentos surgidos nas redes primárias e secundárias tenham vazões significativamente superiores aos ocorrentes nos ramais e cavaletes.
- Os vazamentos não visíveis detectáveis possuem um tempo de “conhecimento” bem superior, aos visíveis.
- Os vazamentos alteram a pressão e a vazão nas tubulações em diversos bairros pertencentes ao setor de abastecimento.
- A obtenção de dados mais confiáveis relativos aos principais parâmetros definidos pela metodologia que são os seguintes:
 - a) O expoente N1, que relaciona as pressões médias do setor com as perdas reais em cada hora do dia.
 - b) O fator FND, ou Fator Noite- Dia, que corrige as perdas obtidas na hora da vazão mínima noturna para se obter o valor médio das perdas reais de um dia inteiro.

4.2.3. Troca de Redes

O Setor Jardim Atenas do Sul, possuía ainda redes de distribuição de água muito antigas em cimento amianto de 50 mm em condições operacionais muito ruins, com uma elevada taxa de ocorrência de vazamentos, bem como falta de peças de reposição, sendo realizadas adaptações improvisadas quando da manutenção destas.

A melhor solução técnica encontrada foi à troca das tubulações em um total de 1,6 Km.

4.2.4. Estanqueidade do Setor

O setor Jardim Atenas do Sul pode ser considerado um Distrito de Medição e Controle ou Distrito Pitométrico, por possuir apenas uma entrada localizada na estação de bombeamento e uma delimitação bem definida através de 21 válvulas tipo gaveta e borboleta.

Para a aplicação da metodologia das Vazões Mínimas Noturnas foi verificada a condição de operação e fechamento das 21 válvulas que delimitam o Setor de Abastecimento Jardim Atenas do Sul.

4.2.5. Manutenção Preventiva na Válvula de Retenção e Ventosa

O correto funcionamento destes equipamentos é fundamental para o Sistema durante a pesquisa efetuada, principalmente para a segurança do sistema, em face as manobras a serem efetuadas para levantamento de dados necessários a aplicação da metodologia.

4.3. Aplicação da Metodologia das Vazões Mínimas Noturnas

4.3.1. Passo 1 - Levantamentos de pressões e cotas piezométricas

Realizar o levantamento de pressões e cotas piezométricas do setor levando em consideração o fato que os dados instantaneos de pressão podem dar uma visão distorcida do comportamento da pressão no setor, porem esta atividade é necessária para um melhor

conhecimento do setor objeto do estudo e evitar possíveis erros na determinação do Ponto Médio do Setor (PPMS).

4.3.2. Passo 2 - Definição do Ponto de Pressões Médias (PPMS) do Setor Jardim Atenas do Sul para o cálculo das Pressões Médias do Sistema e instalação do data - logger

Calcular a localização do PPMS (Ponto de Pressão Média do Setor), através da média ponderada entre as cotas dos elementos do sistema localizados com base nas curvas de níveis disponíveis e instalar o equipamento para registro de pressões (data-logger) em uma residência ou TAP o mais próxima possível do local definido como o PPMS.

4.3.3. Passo 3 - Obtenção de dados referentes à macromedição

Obter os valores referentes à macromedição instantânea e mensal, pois são valores essenciais para a aplicação de ambas as metodologias Balanço Hídrico e Vazões Mínimas Noturnas.

Verificar as condições operacionais bem como a calibração do macromedidor salientando que o horário e o valor da vazão mínima noturna média utilizada na Metodologia das Vazões Mínimas Noturnas devem ser determinados a partir da análise de um histórico de dados de vazões macromedidas do setor e caso não exista ainda um histórico longo pode-se trabalhar com períodos de tempo mais restritos.

4.3.4. Passo 4 – Obtenção de dados referentes à micromedição

Obter os valores referentes à micromedição, pois são valores essenciais para a aplicação da metodologia do Balanço Hídrico e a conferência dos cálculos de Perdas Reais baseados nos dados de macro e micromedições (top-down) do Balanço Hídrico com os resultados obtidos através da Análise dos componentes das Perdas Reais e Estimativa de Perdas Reais baseada nas Vazões Mínimas Noturnas (bottom-up)".

4.3.5. Passo 5 – Instalação de Registradores de Pressão e coleta de dados

Instalar e coletar dados do registrador de pressão no ponto de pressões médias. O ponto de entrada do setor e o ponto crítico de abastecimento são monitorados pelo CCO. Estes valores são necessários para o cálculo das pressões médias utilizadas no cálculo do N1 e do FND.

4.3.6. Passo 6 – Estimativa ou cálculo do N1 via teste de campo, denominado de “step-test”

O expoente que relaciona a pressão média do sistema com as vazões de vazamentos N1, pode ser estimado conforme item 3.2.1 ou calculado conforme equação 3.1.

A estratégia empregada pelo step – test que usualmente é obtida por manobra de válvula foi aperfeiçoada para o emprego da variação de rotação através de inversor de frequência.

A principal diferença entre o método tradicional e o proposto empregando inversor de frequência esta na forma de modulação da vazão que pode ser observada nos gráficos da figura 26.

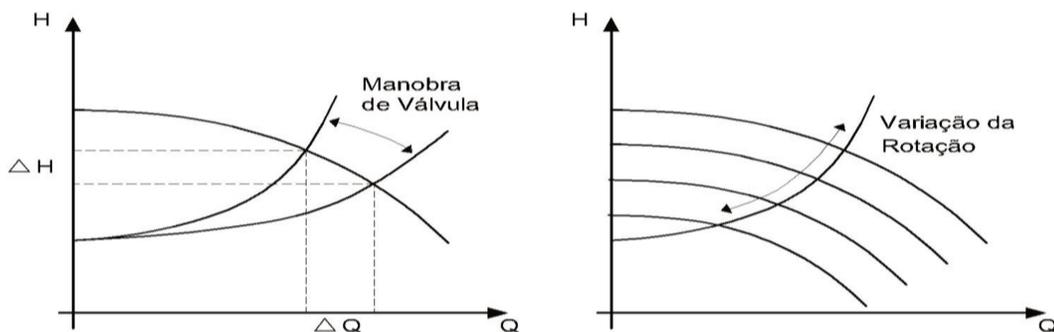


Figura 26 - Step- Test por válvula (a) e por inversor (b).

As leis de semelhança aplicadas à máquinas hidráulicas permitem avaliar as variações de carga e vazão produzidas por uma variação de rotação (N) em uma condição 1 para uma condição 2 na forma:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2}, \quad \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2, \quad \frac{N_1}{N_2} = \frac{f_1}{f_2} \quad (4.1)$$

Sendo F_1 a frequência na condição (1) e F_2 a frequência na condição (2).

A variação de carga (transitória) pode ser estimada para a passagem brusca da rotação N_1 para N_2 pela equação:

$$\Delta H = \frac{\alpha}{gA} Q_1 \left(\frac{f_2}{f_1} - 1 \right) \quad (4.2)$$

Sendo a celeridade de propagação de uma onda de pressão de área de Seção transversal A , que conduzia a vazão Q_1 na frequência de rotação F_1 .

Como o inversor de frequência é programado para uma mudança lenta de rotação a variação de carga gerada será inferior a expressa pela equação tão quanto se deseja. O tempo de estabilização do transitório hidráulico (golpe de aríete) relaciona-se com a intensidade do pulso gerado e interligações do sistema.

O cálculo do N_1 também pode ser feito via programa conforme tabela 10 que é uma cópia de tela do programa com o texto explicativo referente a cada célula de entrada da planilha de calculo do programa necessária para o cálculo de N_1 .

Tabela 10 - Instruções de preenchimento. Lambert e Thornton (2002).

INSTRUÇÕES PARA DETERMINAÇÃO DO FATOR N1	
Legenda :	
	Dados de entrada: células a serem preenchidas
	Valor padrão : alterações desses valores deverão ser indicadas no campo "Comentários", indicando a fonte da informação e/ou estudos que justificam essas alterações
	Valores calculados : células preenchidas automaticamente (célula protegida)
<p>- O fator N1 deve ser determinado a partir de ensaios de campo, conforme descrito no Método 1 e apresentado na seqüência. Após a determinação de N1, o valor obtido deve ser comparado com o valor obtido através da aplicação do Método 2, apresentado na seqüência.</p> <p>- Na impossibilidade de execução dos ensaios exigidos pelo Método 1, pode-se utilizar somente o resultado obtido pelo Método 2.</p>	
Método 1	
<p>Passo 1: Preencher os campos (1) e (2), para estimativa do consumo que não depende da pressão, no trecho de tubulação localizado após a caixa d'água;</p> <p>Passo 2: Preencher o campo (3) para estimativa do consumo que depende da pressão, no trecho de tubulação localizado antes da caixa d'água;</p> <p>Passo 3: Instalar registradores de pressão no ponto de entrada do setor/subsetor (preferencialmente), no ponto de pressão média (obrigatoriamente) e no ponto crítico (obrigatoriamente); instalar o medidor de vazão na entrada do setor; o intervalo de registro desses dados deverá ser de, no máximo, 5 minutos, tanto para a vazão quanto para a pressão; o registro dos dados deve se iniciar aproximadamente à 1h da manhã; deve-se monitorar as vazões observando-se o momento em que a vazão máxima se estabilize; nesse instante, deve ser anotado o horário, que será considerado o <u>horário de início do teste</u>; decorridos cerca de 20 a 30 minutos, a pressão deve ser reduzida, gradualmente, em cerca de 3 a 5 m.c.a., no ponto de pressão média do setor/subsetor.</p> <p>Passo A: Aguardar entre 20 e 30 minutos, para que a pressão se estabilize, registrando-se esse horário.</p> <p>Passo B: Repetir o procedimento descrito anteriormente, anotando-se o horário da nova estabilização.</p> <p>Passo C: Repetir a operação, registrando o novo horário.</p> <p>OBS.: Os passos B e C só deverão ser executados caso a pressão no ponto crítico se mantenha acima de 10 m.c.a.; o teste deve ser executado através de redução gradual de pressão, ao invés de seu aumento, a fim de se obter uma estabilização mais rápida.</p>	

Tabela de dados de Entrada - Fator N1			
Variavel/ Dados de Entrada	Campo	Unidade	Comentários / Observações
Número de Pessoas/Economia Residencial	-		O valor indicado por esta célula é padrão. Como a célula não está travada admite-se a entrada dos dados da área em estudo, desde que tenham sido previamente determinados.
Número de Economias Residenciais	(1)		Informar o número de economias, residenciais do setor ou sub-setor em estudo.
Número de Economias não-Residenciais	(2)		Idem, quanto às economias não residenciais, noturnos residenciais.
Usos excepcionais	(3)		Volume total utilizado por consumidores noturnos excepcionais, antes da caixa d'água, dependentes da pressão. Grandes consumidores consumindo a noite: deve ser verificada a existência de grandes consumidores, favelas ou outros consumidores cujas características de vazão de consumo sejam dependentes da pressão na rede. (Exemplos: regas de jardim, grandes caixas d'água, etc.)
Setor ou sub-setor	(4)		Informar o setor, sub-setor ou área de VRRP objeto dos estudos.
Data do teste	(5)		Informar data do teste.
Taxa de vazamentos noturnos residenciais.	(6)		Os campos 6, 7 e 8 devem ser preenchidos com valores compatíveis com os valores adotados na planilha de vazões mínimas noturnas. Se não há pesquisas específicas, adotar os valores-padrão.
Consumo noturno residencial.	(7)		
Consumo não Residencial	(8)		
Horário	(9)		Assinalar o horário de início do teste, e os horários sub-sequentes. Exemplos: Início: 01:00 a 02:00; passo A: 02:00 a 03:00h; etc.
Pressão Noturna Registrada na Entrada	(10)	mca	Informar os valores registrados em cada passo do teste.
Pressão Noturna Registrada no Ponto Médio	(11)	mca	Idem.
Pressão Noturna Registrada no Ponto Crítico	(12)	mca	Idem.
Vazões Noturnas Medidas na Entrada	(13)	m ³ /h	Idem.

4.3.7. Passo 7 - Calculo do FND

O parâmetro FND ou Fator Noite-Dia corrige o valor da perda real ocorrida no horário da mínima noturna e permite a obtenção do valor médio diário da perda real, em m³/dia. O FND com unidades de horas/dia é influenciado pelo valor do parâmetro N1 e pela variação das pressões médias horárias no setor de abastecimento e pode ser calculado conforme descrito no item 3.2.2.7 ou via programa mencionado anteriormente e seguindo as instruções apresentadas na tabela 11 que é uma cópia de tela do programa com o texto explicativo referente a cada célula de entrada da planilha de calculo do programa necessária para o cálculo do FND.

Tabela 11 - Instruções de preenchimento. Lambert e Thornton (2002).

INSTRUÇÕES PARA DETERMINAÇÃO DO FATOR NOITE-DIA (FND)	
Legenda :	
	Dados de entrada: células a serem preenchidas
	Valor padrão : alterações desses valores deverão ser indicadas no campo "Comentários", indicando a fonte da informação e/ou estudos que justificam essas alterações
	Valores calculados : células preenchidas automaticamente (célula protegida)
<p>Procedimento inicial : Instalar os registradores de pressão no Ponto de Pressão Média do Setor (PPMS), determinado anteriormente, com antecedência tal que permita o início dos registros à 0h do dia de início dos testes. O intervalo de repetição dos dados deverá ser, preferencialmente, de 5 minutos. Os dados do registrador de pressão devem ser descarregados em uma planilha à parte, que permita o cálculo da pressão média de cada uma das 24 horas registradas para cada dia da semana.</p> <p>Passo 1: Preencher os dados dos campos de (1) a (9);</p> <p>Passo 2: Preencher o campo (10) com a data de início dos testes; a planilha preenche automaticamente as outras células relativas ao dia de teste.</p> <p>Passo 3: Preencher a tabela "Pressão Média Horária" (11) com os dados de pressão média horária, calculados a partir dos dados registrados em campo para a Semana 1.</p> <p>Esse procedimento deverá ser repetido a cada 3 meses para se eliminarem os efeitos da sazonalidade nos dados de pressão média. Devem ser, então, preenchidas as respectivas tabelas nos campos (12) e (13), para a Semana 2, (14) e (15), para a Semana 3, e (16) e (17), para a Semana 4.</p> <p>Passo 4: Como resultado, a planilha gerará valores de fator Noite-Dia para cada uma das semanas em que foram realizados os testes e para cada valor de N1. Na linha "melhor estimativa de FND" é calculado o Fator Noite-Dia abrangendo as semanas para as quais se têm os dados. O valor a ser utilizado na planilha de cálculo da vazão mínima noturna é o que incorpora a média de maior número de semanas (o que está mais à direita da linha).</p>	

Tabela de dados de entrada - FND			
Variável/ Dados de Entrada	Campo	Unidade	Comentários / Observações
Setor/Sub-Setor	(1)		Informar setor, sub-setor ou área de VRP, objeto dos estudos.
PPMS	(2)		Informar o local definido para o PPMS. Esta informação consta no campo 13 da planilha PPMS.
Existe VRP?	(3)		Informar se existem VRP's na área de estudo.
Tipo de controle	(4)		Se existir VRP, mencionar o tipo de controle (Fixa, ou modulada por tempo e vazão).
FND para "melhor estimativa de N1"	(5)	h	Informar o valor da melhor estimativa de N1 conforme obtido na planilha de N1, quando o ensaio tiver sido realizado. A melhor estimativa de N1 depende do número de passos realizados no teste de N1.
FND para "melhor estimativa superior a 95%"	(6)	h	Informar o menor valor de FND dentro do intervalo de valores que representam um limite de confiança de 95% para N1, obtido na Planilha de Determinação do Fator N1. Este valor só será obtido caso o teste de N1 seja feito até o passo C.
FND para "melhor estimativa inferior a 95%"	(7)	h	Idem (6), agora com o maior valor de N1.
Calculado por	(8)		Informar nome do responsável pelo preenchimento.
Data	(9)		Informar data do estudo.
Data de início do teste da Semana 1.	(10)		
Tabela "Pressões Médias Horárias Semana 1 "	(11)	mca	Informar os valores médios das pressões horárias (de cada hora) obtidas durante a semana do teste. O valor médio para cada hora é a média das pressões obtidas para aquela hora, em cada dia da semana.

4.3.8. Passo 8 – Calculo de Perdas Reais a partir da Vazão Mínima Noturna

O cálculo das perdas reais pode ser calculado conforme descrito no item 3.2.2.2 ou via programa mencionado anteriormente e seguindo as instruções apresentadas na tabela 12 que é uma cópia de tela do programa com o texto explicativo referente a cada célula de entrada da planilha de calculo do programa necessária para o cálculo de perdas reais.

Tabela 12 - Instruções de preenchimento. Lambert e Thornton (2002).

Tabela de dados de entrada - Vazão Mínima Noturna			
Variável/ Dados de Entrada	Campo	Unidade	Comentários / Observações
Unidade de Negócio	(1)		Informar a UN.
Setor ou sub-setor	(2)		Informar Setor, Sub-Setor ou área de VRP, objeto de estudos.
Planta(s) Cadastral(is) n.º.	(3)		
Dados referentes ao ano de	(4)		Informar ano-base dos estudos.
Extensão de rede	(5)	Km	
Número de ramais residenciais	(6)		Admitir valor igual ao número de ligações residenciais.
Numero de ramais não residenciais	(7)		Idem, em relação ao número de ligações não-residenciais.
Fator de Condição da Infra-estrutura (FCI)	(8)	adm.	Representa quantas vezes as perdas inerentes do sistema são superiores às que se esperaria de um sistema ideal, conforme parâmetros da IWA. O valor FCI é dado pela taxa entre a menor vazão de vazamentos não visíveis encontrada e o valor da vazão dos vazamentos não visíveis inevitáveis, este último calculado conforme a metodologia da IWA. Na falta deste estudo, uma primeira estimativa que pode ser adotada é o valor do ILI. Na falta de dados para o cálculo do ILI, utilizar um valor igual a 7, correspondente ao valor obtido para a M.
Número de Economias Residenciais	(9)		
Número de Economias Não-Residenciais	(10)		
Medição de Consumos	(11)		Período de Cálculo (data de início e de término).
Pressurizado por	(12)	%	Obs. Não confundir com o IRA. Adotar o tempo real de pressurização do setor/sub-setor. Devem ser excluídos (descontados) os períodos de rodízio, "paradões", faltas de água, etc.
Número de habitantes por economia	(13)	hab/ec.	Verificar se o valor default se aplica à área em estudo. Caso contrário, ajustar este valor.
Média Anual da Vazão Mínima Noturna	(14)	m ³ /h	Informar o valor médio anual da vazão mínima noturna, quando calculado na planilha "Dados Anuais de Vazão", ou o valor médio obtido para este cálculo. Obs.: Quanto maior o período de medição, menor o intervalo para o limite de confiança (2 x desvio padrão). De preferência, tomar dados para o período de 1 (um) ano. Na falta de dados para o sistema em estudo, pode-se utilizar o valor de outro sistema de mesmo porte (número de ligações) para o qual se tenha um maior número de dados (por exemplo, dados de saída de reservatório ou entrada de VRP).
Consumo Noturno Residencial Excepcional até a caixa d'água (inclusive favelas)	(15)	m ³ /h	Informar o valor da vazão de consumo que ocorre entre o medidor e a caixa d'água, e que é dependente da pressão da rede. Ex.: uso de torneiras de jardins para rega, água para enchimento de piscinas, reservatórios enterrados, etc. Em áreas com presença de favelas, este valor pode ser elevado, devido às más condições de suas instalações internas, podendo ocorrer vazamentos em caixas d'água, torneiras, etc.
Consumo Noturno Não-Residencial Excepcional	(16)	m ³ /h	Entre o medidor e a caixa d'água, e que é dependente da pressão da rede, em economias não residenciais.
Pressão Média Noturna	(17)	mca	Pressão média do horário entre 3 e 4 da manhã, correspondente ao número de semanas utilizadas no cálculo de FND. Representa um valor "anual" (relativo ao FND). Ambos os valores, (17) e (18), são obtidos na planilha de cálculo do Fator Noite-Dia.
Fator Noite-Dia adotado	(18)	h	Informa o valor de FND adotado, conforme calculado na planilha "FND".
Erro Máximo Estimado com Confiança Igual a 95%	(19)	%	Informar os erros máximos estimados para cada variável, de forma que o intervalo definido pelos valores: $X \pm \text{Erro Máximo}$ (onde X é a média ou o valor informado), contenha o valor real da variável informada, com 95 % de confiança.
Como foi obtida a média anual da vazão mínima noturna?	(20)		Obs.: Os dados podem ser informados como iguais àqueles obtidos em uma semana de coleta de dados, apenas caso não se tenha um maior número de dados.
Como foi estimado o consumo Médio Anual Excepcional dos Consumidores não-residenciais?	(21)		Obs.: Neste item, citar se as favelas foram consideradas nos cálculos. Na falta de dados os consumos noturnos excepcionais, em geral, podem ser considerados como iguais ao consumo médio diário da área em estudo, dividido por 24horas. Em favelas, o consumo noturno pode ser tomado como correspondente a 50% da vazão horária diária que é distribuída para as favelas.
Como foi obtido o Fator Noite-Dia?	(22)		Obs.: O Fator Noite-Dia foi determinado a partir da medição das pressões médias durante um certo número de semanas. Para agregar as variações sazonais, sugere-se que os teste de medições das pressões horárias sejam feitos para 4 semanas, cada uma delas dentro de cada estação do ano.

4.3.9. Passo 9 – Calculo de Perdas Reais e Aparentes a partir do Balanço Hídrico

O cálculo das perdas reais e aparentes pode ser calculado conforme descrito no item 3.2.3 ou via programa mencionado anteriormente e seguindo as instruções apresentadas na tabela 13 que é uma cópia de tela do programa com o texto explicativo referente a cada célula de entrada da planilha de calculo do programa necessária para o cálculo de perdas reais e aparentes.

Tabela 13 - Instruções de preenchimento. Lambert e Thornton (2002).

COMPONENTES PADRÃO DO BALANÇO HÍDRICO NO SETORES DOS SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO						
Baseado nos Indicadores de Desempenho da IWA para Sistemas de Abastecimento, julho de 2000, modificado para Sao Paulo a fim de facilitar os cálculos para vários Setores, simultaneamente. Nesta versão, Água Exportada, não é considerada parte da Água Faturada.						
Fontes Próprias	Vol. Fornec.	Água Exportada	Água Exportada	Água Exportada	Água Importada	Água Exportada
		Água Distribuída	Consumo Autorizado	Consumo Autorizado Faturado	Água Faturada	Consumo Medido Faturado
Consumo Autorizado Não Faturado	Consumo Não Medido Faturado					
Água Import.	levar em conta erros	Perdas de Água	Perdas Aparentes	Perdas Reais	Água Não Faturada	Consumo Medido Não Faturado
						Consumo Não Medido, Não Faturado
						Consumo Não Autorizado
						Imprecisão dos Hidrômetros
						Vazamentos na Rede
						Vazam. E Extrav. Em Reserv.
						Vazamentos em Ramais até o hidrômetro

Obs. - Todos os dados são expressos em metros cúbico

Definição dos Termos

FONTES PRÓPRIAS: Volume de água fornecido a um Sistema captado nas fontes próprias do Fornecedor.
ÁGUA IMPORTADA OU EXPORTADA: Volume de água transferido de ou para um diferente sistema de abastecimento.
VOLUME FORNECIDO AO SISTEMA: Volume fornecido à parcela do sistema, objeto do cálculo do balanço hídrico, levando em conta as imprecisões. Equivale a FONTES PRÓPRIAS + ÁGUA IMPORTADA
VOLUME DISTRIBUÍDO: Volume de água fornecido ao sistema menos o volume de água exportada.
CONSUMO AUTORIZADO: Volume de água medido e/ou não medido fornecido a clientes cadastrados, à própria concessionária e a outros que estejam implícita ou explicitamente autorizados a consumi-lo, em usos residenciais, comerciais ou industriais. <i>OBS - :Pode incluir combate a incêndios, lavagem de redes e tubulações de esgotos, lavagem de ruas, rega de áreas verdes municipais, fornecimento de água a fontes e obras, etc. Este consumo pode ser faturado ou não faturado, medido ou não medido, de acordo com práticas locais.</i>
PERDAS DE ÁGUA: diferença entre VOLUME DISTRIBUÍDO e CONSUMO AUTORIZADO. Podem ser calculadas como um volume total para todo o sistema ou subsistemas, como sistemas de captação de água bruta, adução ou distribuição de água tratada, ou setores ou subsetores de abastecimento.
PERDAS APARENTES: incluem todos os tipos de imprecisões nas leituras de hidrômetros, além do CONSUMO NÃO AUTORIZADO (furto ou consumo ilícito). <i>NOTE - Submedição dos hidrômetros leva a uma superestimativa das PERDAS REAIS.</i>
PERDAS REAIS: perdas físicas de água no sistema pressurizado até o hidrômetro do consumidor. O volume anual de água perdido através de todos os tipos de vazamentos, arrebentados e extravasões depende da frequência, vazão e duração média de cada vazamento. <i>OBS - Embora as perdas localizadas a jusante dos hidrometros estejam excluídas do cálculo de perdas físicas, essas muitas vezes são significativas (especialmente quando não há medição) e dignas de atenção na gestão da demanda de consumos.</i>
ÁGUA FATURADA: incluem os componentes do VOLUME DISTRIBUÍDO, que são faturados e geram receita (também denominado CONSUMO AUTORIZADO FATURADO). Equivale ao CONSUMO MEDIDO FATURADO e CONSUMO NÃO MEDIDO FATURADO.
ÁGUA NÃO FATURADA: incluem os componentes do VOLUME DISTRIBUÍDO, que não são faturados e não geram receita. Equivale a CONSUMO AUTORIZADO NÃO FATURADO, PERDAS APARENTES E PERDAS REAIS.
CONSUMO AUTORIZADO NÃO FATURADO: incluem os componentes do CONSUMO AUTORIZADO, que não são faturados e não produzem receita. Equivale a CONSUMO MEDIDO NÃO FATURADO e CONSUMO NÃO MEDIDO, NÃO FATURADO.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Aspectos Gerais

O Setor de abastecimento Vila NASTRI objeto deste estudo apesar de antigo apresenta-se com desafios bastante atuais no que se refere a um programa de controle de perdas devido aos seguintes fatores:

- O Setor não possuía um histórico de macromedição nem mesmo um macromedidor funcionando adequadamente;
- Não possuía um histórico atualizado de pressões e vazões;
- Não possuía ainda um histórico adequado de sua micromedição;
- Sofreu um acréscimo muito grande, quase uma duplicação, em sua reservação;
- Apresentou o maior crescimento demográfico da cidade entre os anos de 2005 e 2008;
- Possui maquinário moderno em sua casa de bombas, porém pouco explorado efetivamente, como recurso para a redução de perdas;
- Apesar de possuir um CCO eficiente ainda não esta operando em sua plenitude.

5.2. Comparação e verificação de resultados

Como diretriz para comparação e verificação dos resultados obtidos durante a pesquisa foi utilizado o valor de perdas totais obtido via balanço hídrico de todo o Município de Itapetininga (277 l/ramal dia) situado, de forma comparativa, entre os municípios da região conforme no mes de fevereiro de 2012 conforme tabela 14.

Tabela 14 - Perdas por Município em L / ramal dia. Fonte: (SABESP, 2012).

Município	jan/12	fev/12
Alambari	111	115
Angatuba	354	359
Campina Monte Alegre	104	110
Capão Bonito	100	88
Guareí	179	170
Itapetininga	281	277
Paranapanema	146	150
Pilar do Sul	212	217
Ribeirão Grande	89	81
São Miguel Arcanjo	178	182
Sarapuí	58	54
RADT	221	219

As perdas por Município foram determinadas através do Método Balanço Hídrico.

5.3. Aplicação da Metodologia das Vazões Mínimas Noturnas

5.3.1. Passo 1 – Levantamentos de pressões e cotas piezométricas

Os levantamentos das pressões e cotas piezométricas do Setor Jardim Atenas do Sul foram realizados através de:

- Estudo de Viabilidade técnica elaborado pela consultoria Alphaplan (2009).
- Cadastro técnico da unidade.
- Medições de pressão instantânea utilizando-se de manômetro analógico com escala de 0 – 100 psi, com borracha cônica, para torneiras de ½ ” e ¾” com ou sem rosca, marca LUBEFER (figura 27). Os resultados do levantamento efetuado estão apresentados na tabela 15, para os locais indicados na figura 28.



Figura 27 - Manômetro Analógico (foto do autor)

Tabela 15 - Valores de Pressões e Cotas Piezométricas do setor Jardim Atenas do Sul.

Numero	Cota Piezométrica	Pressão	Numero	Cota Piezométrica	Pressão
1*	718	42,9	33	670,5	48,9
2	682	42,8	33 lado direito da via	650	46,5
3	681	43,7	34	687	37,8
4	670,5	52,7	35	686	32,3
5	684	38	36	680	38
6	689,5	30,9	37	670	49,4
7	670	50	38	682,5	42,3
8	684,5	33,8	39	681	37,3
9	678,5	38,1	50	685	12,4
10	674	42,8	53	641	55,8
11	665	52,4	54	692	23,6
12	683	27,3	54 lado direito da via	680	18,5
13	692	26,5	55	690,5	26,8
14	692	23,6	55 lado direito da via	666	33,9
15	685,5	28,1	56	679	18,1
16	687	26,6	57	692	23,6
17	675	40,2	58	690,5	26,8
18	677,5	35,3	59	630	66,6
19	683	41,8	60	683	14,5
20	683	41,8	62	638	58,8
20 lado direito da via	675	25,8	92	681	16,9
21	686	37,2	93	680	17,8
22	686,5	31,8	95	664	32,5
23 lado direito da via	652	44,7	96	655	40,2
24	669,5	50	97	660	35,2
24 lado direito da via	635	61,6	98	664,5	30,5
25	671,5	49,5	99	664,5	29,9
26	674	47,1	100	663	30,8
27	684	35,6	101	662	31,9
28	674	48,2	102	660	31,8
28 lado direito da via	647,5	49,2	103	657	34,8
29	683,5	39,2	104	655	38,5
29 lado direito da via	658	38,8	105	661	32,7
30	676	42	106	668	26,2
30 lado direito da via	664	32,8	107	665	29,4
31	680	38,6	108	671	23,8
31 lado direito da via	666,5	30	109	676	18,6
32	669,5	49,9	110	664	31,3
32 lado direito da via	672,5	24	111	670	25,1
33	670,5	48,9	111	670	25,1

Observação o ponto 1* refere-se à saída do Bombeamento do Reservatório.



Figura 28 - Levantamento de Pressões e cotas pizeométricas do Setor de Abastecimento Jardim Atenas do Sul.

5.3.2. Passo 2 – Definição do Ponto de Pressões Médias (PPMS) do Setor Jardim Atenas do Sul para o cálculo das Pressões Médias do Sistema e instalação do data – logger

A pressão média do sistema foi obtida por meio da instalação de registrador marca Maxxi Logger Compuway ENOPS, n° de série 0108070025 Modelo MLP200 em uma residencia mais próxima possível do local definido como o Ponto de Pressão Média do Setor (PPMS). A cota de localização do PPMS foi calculada fazendo-se uma média ponderada entre as cotas dos elementos do sistema localizados com base nas curvas de níveis disponíveis.

O ponto médio determinado para levantamento do PPMS está apresentado na figura 29, localizado na cota piezométrica 665, localizado na Rua Fraterno de Melho Almada numero 810.



Figura 29 - Instalação do Datalogger na Cota Média do Setor de Abastecimento (foto do autor).

O equipamento para registro de pressões (data-logger) foi instalada próximo ao hidrômetro da residência e não em um tap, como usual devido principalmente:

- Menor Custo;
- Não criação de mais um ponto na tubulação passível de gerar perdas reais;
- Instalação mais simples.

5.3.3. Passo 3 – Obtenção de dados referentes à macromedição

Tabela 16 - VP - Volume Produzido para o Setor de Abastecimento Atenas do Sul (dados do autor).

Mês	VP (Volume Produzido) m ³	m ³ /dia
Outubro	135037	4356,03
Novembro	124390	4146,33
Dezembro	132465	4273,06
Janeiro	128496	4145,03
Fevereiro	121766	4348,78
Março	132063	4260,09
Abril	135351	4511,08
Mai	126701	4087,12
Junho	117580	3919,36

A redução de volume observado no VP no mês de novembro é resultante das ações de redução de perdas reais realizadas nos meses de Julho, Agosto, Setembro e Outubro de 2011 observadas nos itens 4.2.2 Pesquisa, detecção e correção de Vazamentos não visíveis e 4.2.3 Troca de Redes. O aumento de volume observado no VP no mês de Dezembro e Fevereiro é decorrente do calor excessivo e festividades.

5.3.4. Passo 4 – Obtenção de dados referentes à micromedição

Tabela 17 - VCM - Volume Micromedido do Município de Itapetininga. Fonte: (SABESP, 2012).

Mês/Ano	VP	VCM	VO	VF	VPERT	NLA	L _{Rede}	NENR	NER	NLAR	NLANR	Consumo Médio Mensal por Ligação
	(m ³ /mês)	(ligação)	(m)	(economia)	(economia)	(ligação)	(ligação)					
jun/11	971.711	567.353	0	675.747	404.358	45.614	472.668,00	4.307	43.729	41.307	4.307	12,44
jul/11	1.006.412	558.948	0	669.410	447.464	45.670	472.668,00	4.311	43.776	41.359	4.311	12,24
ago/11	963.680	566.961	0	677.710	396.719	45.881	472.668,00	4.328	43.968	41.553	4.328	12,36
set/11	941.844	625.902	0	724.460	315.942	45.949	472.668,00	4.346	44.007	41.603	4.346	13,62
out/11	1.002.865	802.198	0	879.739	200.667	46.068	472.668,00	4.353	44.128	41.715	4.353	17,41
nov/11	1.037.621	617.360	0	828.045	420.261	46.474	472.668,00	4.357	44.532	42.117	4.357	13,28
dez/11	1.073.783	657.765	0	750.871	416.018	46.562	472.668,00	4.346	44.606	42.216	4.346	14,13
jan/12	1.030.335	637.504	0	735.800	392.831	46.651	472.668,00	4.359	44.689	42.292	4.359	13,67
fev/12	998.860	663.482	2.921	756.377	332.457	46.666	472.668,00	4.354	44.709	42.312	4.354	14,22
mar/12	1.057.280	656.615	0	750.188	400.665	46.722	472.668,00	4.356	44.762	42.366	4.356	14,05
abr/12	1.006.558	623.664	0	723.116	382.894	46.668	472.668,00	4.345	44.701	42.323	4.345	13,36
mai/12	990.370	584.355	0	694.130	406.015	46.751	472.668,00	4.362	44.762	42.389	4.362	12,50
		5.242.943				46.570		4.344	44.364	42.227	4.344	12,51

Onde:

VP = Volume Produzido

VCM = Volumes de Consumos Medidos (Micromedidos)

VO = Volumes de Usos Operacionais e Sociais

VPERT = Volume de perdas totais

Lrede = Comprimento da Rede

NLA (Numero de Ligações Ativas) Total = 6331 LIG

NLANRES (Numero de Economias não residenciais) = (NLANR/NLA) X NLA TOTAL
= 591 LIG (4.2)

NLARES(Numero de ligações ativas residenciais) = NLA TOTAL – NLA N RES = 5740
LIG (4.3)

NECON (Numero de economias) = (NENR + NER / NLA) X NLA TOTAL = 6622
ECON (4.4)

NECONRES (Numero de economias residenciais)=(NER/NENR+NER) X NECON
=6031 ECON (4.5)

$$\text{NECONNRES (Número de economias não residenciais)} = \text{NECON} - \text{NECON RES} = 591 \text{ ECON} \quad (4.6)$$

Os dados anteriormente apresentados foram obtidos do setor comercial da empresa. Para o cálculo do consumo médio foi retirada uma amostra de 21 casas em diversos bairros pertencentes ao setor e calculada a média de consumo de Setembro de 2011 a agosto de 2012. Resultando em um valor de 11,84 m³ por ligação conforme tabela 18, resultando em um valor muito próximo do obtido no Município Inteiro de 12,51 m³ por ligação.

Consumo médio por ligação – 11,84 m³

Estimativa de consumo medido NASTRI – 674.631 m³

Sabe-se que o número considerado de economias (amostras), está aquém do necessário para um tratamento estatístico rigoroso, entretanto dadas as dificuldades relacionadas ao tempo e condições operacionais que se dispunha para a elaboração da pesquisa e o fato do Balanço Hídrico que utiliza este valor, ser empregado neste trabalho apenas como um “controle” adicional ao método das Vazões Mínimas Noturnas, objeto do estudo, considerou-se a adoção deste valor como adequado ao propósito.

Tabela 18 - VCM - Volume Micromedido estimado em 21 casas pertencentes ao Setor. Fonte: (SABESP, 2012).

Bairro	Rua	Número	Consumo Mês												Média
			ago/12	jul/12	jun/12	mai/12	abr/12	mar/12	fev/12	jan/12	dez/11	nov/11	out/11	set/11	
Vila Rubens	Martins Afonso Xavier Silveiro	52	6	6	1	8	8	7	2	6	7	6	8	8	5,89
Vila Sonia	Adhemar Pereira de Barros	49	4	7	7	7	9	8	9	8	12	9	14	3	9,22
Jd Shangrilá	Alberto Leme Cavalheiro	184	14	11	14	18	17	15	19	15	23	15	16	16	16,89
Atenas do Sul	Gilson de Carvalho	662	14	22	18	12	18	21	13	12	27	2			15,38
Vila Carolina	Acacio Domingues	636	11	7	14	9	16	15	16	19	13	4	21	20	14,11
Cambui	José Francisco Ferreira	25	8	8	8	9	8	10	9	8	10	8	7	9	8,56
Jardim Bela Vista	José Antonio do Amaral	14	11	1	1	6	10	11	13	13	14	11	10	11	9,89
Vila Sotema	José Carlos de Abreu	65	7	6	9	6	10	7	12	8	17	9	7	13	9,44
Vila Palmeira	José Jorge Musa	14	12	12	15	5	8	12	10	14	9	10	10		10,33
Jardim Alvorada	Corina Caçapava Barth	57	11	10	12	13	13	16	13	12	18	14	13	12	13,78
Jardim Alvorada	Laudelino R. Oliveira	64	12	13	14	12	13	12	10	13	20	14	12	10	13,33
Jardim Alvorada	Alcindo Moreira	64	1	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1,89
V NASTRI	Emilio NASTRI	52	13	12	14	14	15	16	15	14	22	14	14	17	15,33
V NASTRI	Jose Muller	277	15	13	14	17	16	15	21	13	19	14	14	17	15,89
V NASTRI	Carlos Alberto Soares Silva	58	16	16	14	9	22	18	23	20	31	18	18	14	19,22
V NASTRI	Maria dos Santos Arruda	16	14	12	13	14	14	15	14	14	20	13	14	13	14,56
V NASTRI	Maria dos Santos Arruda	493	10	10	10	11	12	11	11	11	18	13	11	9	12,00
Parque São Bento	Indalécio Alves	29	26	22	16	23	28	20	16	18	28	21	22	19	21,33
Parque São Bento	Francisco Senger	38	14	13	13	15	14	14	14	15	21	14	14	14	14,89
Parque São Bento	Mario de Oliveira Prestes	245	10	9	9	13	13	9	3	1	2	1	1	2	5,78
Parque São Bento	Laudino Pinheiro	125		1		1		1		1	1	1	1	1	1,00

Média 11,84

5.4. Estudo de Caso 1 - Calculo do N1 via teste de campo, denominado de “step-test”

5.4.1. Passo 6 – Conhecimento do Sistema e definição da Estratégia de Amostragem

O primeiro teste com o objetivo de avaliar o sistema foi realizado no dia 26/06/2012 com o objetivo de conhecer o comportamento deste face às alterações de frequência do inversor para se evitar o desabastecimento no ponto crítico e pressões incompatíveis com a segurança operacional, apresentando resultados conforme tabela 19 que indicam que o sistema possui capacidade de operar em rotações superiores a 30 Hz (Valor Mínimo que garante a Ventilação do motor), sem provocar o desabastecimento do Setor. Os testes com variação de rotação efetuados nesta etapa não evidenciaram efeitos danosos de golpe de aríete e/ou formação de bolhas de ar.

Tabela 19 – Coleta de dados para a definição da estratégia de amostragem.

DataHora	Nível_Reservatório	Pressão_Recalque	Vazão_Entrada	Vazão_Recalque	Frequência	Pressão_Distante
00:00:08	79,3	42,3	91,7	33,1	38,00625	14,4
03:26:30	92,2	41,2	3	25,2	35,00625	12,6
03:26:40	92,3	41,2	3,1	25,2	35,00625	13,2
03:26:50	92,2	41	3	25,2	35,00625	13,2
03:52:43	89,4	41	2,9	24,8	35,00625	13,2
03:52:53	89,5	41	3	24,7	35,00625	13,2
03:53:04	89,5	40,9	2,9	24,9	35,00625	13,2
03:53:13	89,3	40,9	3	25	35,00625	13,2
03:53:23	89,4	41,2	3	24,6	35,00625	13,2
03:53:33	89,4	41,1	3	24,9	30	13,2
03:53:43	89,5	36,9	3	20,5	30	13,2
03:53:53	89,4	35,3	3	9,2	30	13,2
03:54:03	89,4	35,2	3	6,9	30	13,2
03:54:14	89,4	34,3	3	10,1	30	8,4
03:54:23	89,4	34	3	13,4	30	8,4
03:54:33	89,4	33,9	3	15,1	30	8,4
03:54:44	89,5	33,7	3,1	16	30	8,4
03:55:53	89,1	32,9	3	21,8	30	8,4
03:56:03	89	33	3	22,2	30	8,4
03:59:55	88,9	33,1	3,1	22,1	30	7,8
04:00:05	88,9	33	3	22	30	7,8
04:00:15	88,7	33	3	22,1	30	7,8
04:00:25	89,1	33	3,1	21,9	32,00625	7,8
04:00:35	88,9	33,1	3	24	32,00625	7,8
04:00:50	88,9	33,1	3	26,9	32,00625	7,8
04:01:19	88,8	33,1	3	24,9	32,00625	9
04:01:21	88,8	33,1	3	24,9	32,00625	9
04:01:30	88,7	33,2	3	23,7	32,00625	9
04:01:40	88,9	33,1	3	23,3	32,00625	9
04:01:50	88,7	33,1	3	23,3	32,00625	9
04:02:00	88,7	33,2	3	22,5	32,00625	9
04:02:10	88,9	33	3	21,9	32,00625	9
04:02:20	88,7	33	3	22,5	32,00625	9
04:02:30	88,7	33,1	3	22,5	32,00625	9
04:02:40	88,7	33,1	2,9	22,3	32,00625	9
04:02:50	88,7	33	3	23,2	32,00625	9
04:04:10	88,8	33,2	2,9	22,9	32,00625	9
04:04:20	88,6	33,3	3	23,1	34,0125	9
04:04:30	88,5	33,2	3	24,6	34,0125	9
04:04:40	88,8	33,1	2,9	28,3	34,0125	9
04:04:50	88,5	33,1	3	28	34,0125	9
04:05:00	88,5	33,1	3	27,5	34,0125	9
04:05:10	88,5	33,2	3	27,5	34,0125	9
04:05:37	88,6	33,2	3	25,8	34,0125	9
04:06:03	88,4	33,1	3	24,4	34,0125	12
04:06:26	88,5	33,1	3	24,3	34,0125	12

Conforme se observa na tabela a pressão no ponto crítico atingiu o seu máximo valor estabilizada a partir das 03:26:40.

Os dados obtidos foram via software Vector 2006 versão 2.0 (2006) o programa coletou dados de vazão no período de 26/06/2012 das 24h00min até as 06h00min em intervalos sequenciais de 10 segundos.

A Estratégia de amostragem para a determinação das pressões e vazões que permitem a obtenção do coeficiente N1 foram realizadas após a etapa de teste 1, seguindo a ordem:

- Início dos testes as 03h00min.
- Aumentar a Frequencia do inversor via Sistema de Supervisão e Controle através do CCO de 35Hz para 40 Hz, aguardar a estabilização durante aproximadamente 15 min verificando a pressão no ponto crítico de abastecimento.
- Diminuir a Frequencia de 40Hz para 35 Hz, aguardar a estabilização durante aproximadamente 15 min verificando a pressão no ponto crítico de abastecimento.
- Diminuir a Frequencia de 35Hz para 30Hz, aguardar a estabilização durante aproximadamente 15 min verificando a pressão no ponto crítico de abastecimento. Caso ocorra uma queda de pressão muito acentuada no ponto crítico, deve-se parar o teste e aumentar a frequencia de Rotação do Motor.
- Aumentar a Frequencia de 30Hz para 32Hz, aguardar a estabilização durante aproximadamente 15 min.

5.4.2. Passo 6 – Realização do Step –Test definido na Estratégia

A realização do Step-Test com base na estratégia definida no ensaio anterior resultou nos valores apresentados na tabela 20.

Tabela 20 - Resultados do emprego do Step-test.

DataHora	Nível_Reservatório	Pressão_Recalque	Vazão_Entrada	Vazão_Recalque	Frequência	Pressão_Distante (Ponto Crítico)
12/7/12 3:00	82,7	36,3	95,2	25,8	35,00625	13,2
12/7/12 3:00	82,8	36,4	97,4	26,4	35,00625	13,2
12/7/12 3:00	82,6	36,4	96,2	26,6	35,00625	13,2
12/7/12 3:00	82,7	36,4	94	26,2	40,0125	13,2
12/7/12 3:01	82,8	36,5	93,9	27,7	40,0125	13,8
12/7/12 3:01	82,7	36,6	94	34,7	40,0125	13,8
12/7/12 3:01	82,8	40,2	93,6	38	40,0125	13,8
12/7/12 3:01	82,8	41	95,7	37,9	40,0125	13,8
12/7/12 3:01	82,8	41,8	95,8	36,4	40,0125	13,8
12/7/12 3:02	82,8	42,9	94,6	31,9	40,0125	18
12/7/12 3:02	82,8	42,8	93,7	31,9	40,0125	18
12/7/12 3:15	83,3	43	94,8	31,4	40,0125	19,2
12/7/12 3:15	83,2	43,1	95,2	31,1	40,0125	19,2
12/7/12 3:15	83,3	43	95,3	31,8	40,0125	19,2
12/7/12 3:15	83,2	43,1	95,5	31,9	40,0125	18,6
12/7/12 3:16	83,3	42,9	96,3	30,9	35,00625	18,6
12/7/12 3:16	83,3	42,8	97,6	23,5	35,00625	18,6
12/7/12 3:16	83,3	42,7	96,6	14,8	35,00625	18,6
12/7/12 3:16	83,3	42,7	95,9	18,7	35,00625	12
12/7/12 3:29	83,9	36,3	94,7	25,9	35,00625	13,8
12/7/12 3:30	83,9	36,3	94,8	25	35,00625	13,2
12/7/12 3:30	83,9	36,3	96,6	24,6	35,00625	13,2
12/7/12 3:30	83,9	36,3	96,2	24,8	35,00625	13,2
12/7/12 3:30	83,9	36,4	94,5	25,4	35,00625	13,2
12/7/12 3:30	83,9	36,4	94,2	25,1	35,00625	13,2
12/7/12 3:30	84	36,2	93,9	25	30	13,2
12/7/12 3:31	83,9	36,3	93,9	21,4	30	13,2
12/7/12 3:31	84	36,2	94,8	12,5	30	12
12/7/12 3:31	84	36,2	95,1	10,9	30	12
12/7/12 3:31	84	36,1	94	14,9	30	12
12/7/12 3:31	84	36	95,1	17,8	30	12
12/7/12 3:45	84,7	36,3	95,3	23	30	7,8
12/7/12 3:45	84,6	36,2	95,3	22,5	30	7,8
12/7/12 3:45	84,7	36,1	95,6	23,3	30	7,8
12/7/12 3:45	84,7	36,1	94,7	23,9	30	7,8
12/7/12 3:45	84,7	36,2	94,7	24,1	30	7,8
12/7/12 3:46	84,7	36,3	94,3	24,3	32,00625	8,4
12/7/12 3:46	84,8	36,4	95,1	26,4	32,00625	8,4
12/7/12 3:46	84,9	36,2	95,9	28,6	32,00625	8,4
12/7/12 3:46	84,8	36,2	96,8	28,4	32,00625	8,4
12/7/12 3:47	84,8	36,3	97,6	27,4	32,00625	8,4
12/7/12 3:46	84,9	36,2	95,9	28,6	32,00625	8,4
12/7/12 3:46	84,8	36,2	96,8	28,4	32,00625	8,4
12/7/12 3:47	84,8	36,3	97,6	27,4	32,00625	8,4

Os dados obtidos foram via software Vector 2006 versão 2.0 (2006) o programa coletou dados de vazão no período de 12/07/2012 das 02h30min até as 04h30min em intervalos sequenciais de 10 segundos.

5.4.3. Passo 5 – Obtenção das pressões no ponto médio do Setor

Foram realizadas duas pesquisas de pressão no PMS, os resultados destas são apresentados nas figuras 5.4 e 5.5, obtidas via programa Maxxi Reader versão 2.32 (2011), o equipamento coletou dados de pressão no período de 30/06/2012 das 12h:45min até o dia

07/07/2012 às 13h:00 min em intervalos sequenciais de 15 minutos conforme figura 30 e no dia 12/07/2012 coletou dados de pressão das 02h30min até as 04h30min em intervalos sequenciais de 01 minuto conforme figura 31.

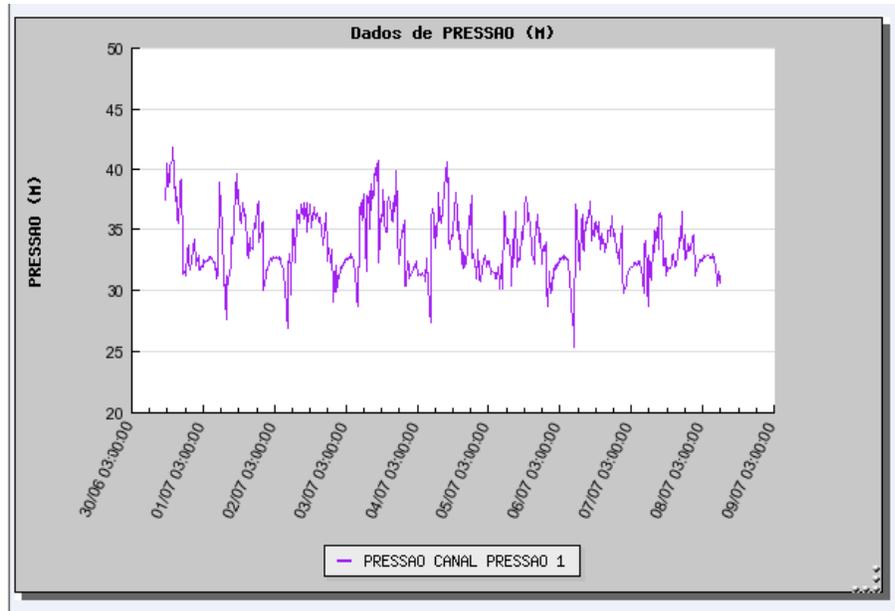


Figura 30 - Obtenção de dados referentes à pressão obtidos no PPMS para calculo do FND inverno.

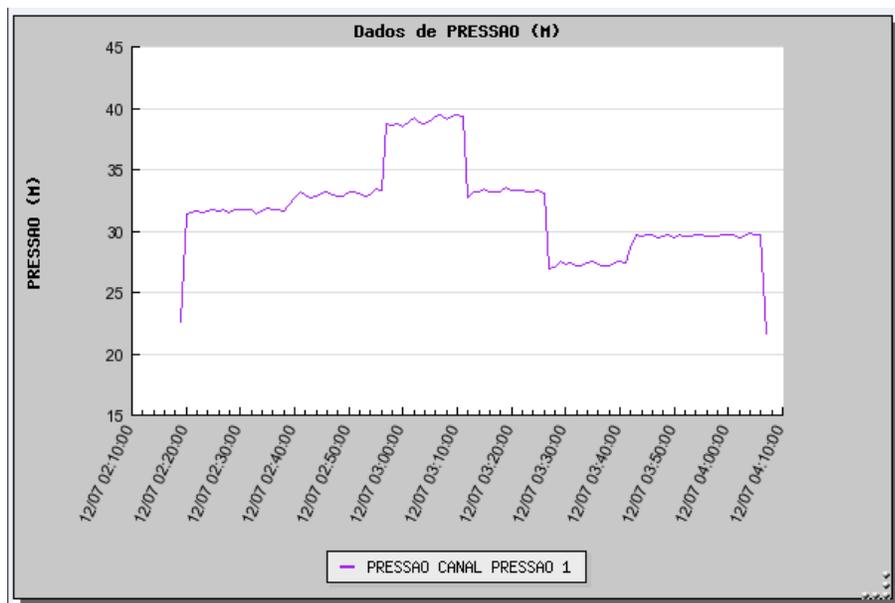


Figura 31 - Dados de pressão obtidos no PPMS durante a realização do Step-Test.

5.4.3. Passo 6 - Calculo dos valores médios para calculo do N1

Foram calculadas as médias das vazões de entrada, pressão na casa de bombas, pressão no PPMS e no ponto crítico, obtidos durante a realização do step- test conforme tabela 21.

Tabela 21 - Médias para calculo do N1 (dados do autor).

Q	P ent (m)	Pressão Média	Pcrit (m)	Freq.	Horário
(L/s)	(mca)	(mca)	(mca)	hz.	(hh:mm)
26,20	36,30	34,45	13,04	35	2:45 a 3:00
32,08	42,89	37,56	18,57	40	3:02 a 3:15
25,85	39,68	31,64	13,19	35	3:16 a 3:30
24,43	33,13	29,58	9,70	32	3:46 a 3:59
22,90	36,22	27,87	8,11	30	3:30 a 3:45

5.4.4. Passo 5 - Calculo das Pressões Médias do Setor para Calculo do FND inverno

Tabela 22 - Pressões para calculo do FND inverno.

HORAS	30/06/2012	01/07/2012	02/07/2012	03/07/2012	04/07/2012	05/07/2012	06/07/2012	Médias
1	30,16	32,78	31,86	31,27	31,34	31,26	30,98	31,38
2	31,13	32,19	32,55	32,01	31,81	32,70	31,91	32,04
3	31,86	32,04	32,68	32,42	31,99	32,11	32,37	32,21
4	32,11	32,42	32,73	32,62	31,34	31,91	32,62	32,25
5	32,21	32,47	32,62	32,83	31,37	31,52	32,75	32,25
6	32,32	32,73	32,01	32,24	31,45	31,27	32,42	32,06
7	31,29	32,27	30,08	29,83	30,57	31,26	30,03	30,76
8	32,88	31,52	29,93	34,45	32,01	32,11	29,08	31,71
9	30,83	37,94	32,32	36,86	35,35	35,30	35,37	34,85
10	31,34	32,81	33,66	34,22	35,45	34,01	33,14	33,52
11	33,99	29,60	36,30	37,71	36,56	32,37	34,63	34,45
12	34,53	31,08	36,19	37,35	36,73	34,27	35,24	35,06
13	36,12	33,60	36,45	39,28	39,53	33,42	36,35	36,39
14	36,56	36,81	36,09	38,10	36,45	33,09	35,30	36,06
15	38,53	38,22	36,45	35,43	34,35	34,91	35,12	36,14
16	39,15	35,84	35,60	36,73	37,35	37,25	35,17	36,73
17	40,76	36,58	36,38	35,42	35,27	35,86	34,09	36,34
18	38,04	34,73	36,04	37,32	33,42	33,63	34,07	35,32
19	36,22	33,45	35,27	36,09	32,37	34,19	33,68	34,47
20	37,63	34,22	34,37	37,84	33,14	35,24	34,89	35,33
21	31,45	35,68	34,58	33,96	35,84	33,55	35,17	34,32
22	32,91	35,68	32,94	34,16	34,04	33,47	33,83	33,86
23	32,11	35,12	30,75	34,04	31,80	30,70	32,80	32,47
24	33,37	30,60	30,96	31,55	32,14	30,47	33,47	31,79
							MÉDIA	33,82

Os valores de pressão para o dia 07/07/2012 foram tomados como sendo do dia 30/06/2012 apresentados em vermelho na tabela para utilização no programa que necessita 7 dias completos.

5.4.5. Passo 6 - Calculo do N1

O calculo do N1 foi realizado utilizando o programa elaborado por Lambert e Thornton (2002) e os procedimentos descritos no Item 3.2.1, apresentando como resultado o valor de 1,20 conforme tabela 23.

Tabela 23 - Cálculo do N1 via programa elaborado por Lambert e Thornton (2002).

MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DO FATOR N1										
1) CÁLCULO A PARTIR DE ENSAIO EM CAMPO										
LEGENDA:										
Dado de Entrada		Valor Padrão		Valor Calculado						
Número de Pessoas/Economia Residencial		3,40								
Número de Economias Residenciais (1)		6331		a (6)	0,50	litros/econ. resid./hora	3,17	m ³ /h	Perdas	
Consumo Noturno da População		21525,4		a (7)	0,34	litros/pessoa/hora	7,32	m ³ /h	Uso	
Numero de Economias Não Residenciais (2)				a (8)	8,00	litros/econ.não resid./hora	0,00	m ³ /h	Uso + Perdas	
Consumo Noturno Total após as caixas d'água (não dependentes da pressão)							10,48	m ³ /h	Usos + Perdas	
Usos excepcionais > 0,5 m ³ /h até as caixas d'água (3)		0,00		m ³ /h com N1	0,50	(dependentes da pressão)	0,00	m ³ /h	Usos	
Setor (ou subsetor) (4)		VILA NASTRI		Data Teste (5)	12/jul/12					
TABELA DE CÁLCULO DO FATOR N1										
Horário (h) (9)	Pressão Noturna Registrada na:			Vazão Noturna medida na entrada		Consumo noturno e excepcionais (m ³ /h)	Perdas até a caixa d'água (m ³ /h)	Valores de N1 entre os passos :		
	Entrada (mca) (10)	Ponto médio (PPMS) (mca) (11)	Ponto Crítico (mca) (12)	(L/s) (13)	(m ³ /h)			Passo A	Passo B	Passo C
Início 3:02-3:15	42,89	37,56	18,57	32,08	115,49	10,48	105,00			
Passo A 3:16-3:30	39,68	31,64	13,19	25,85	93,06	10,48	82,58	1,40		
Passo B 3:46-3:59	33,13	29,58	9,70	24,43	87,95	10,48	77,46	1,27	0,95	
Passo C 3:30-3:45	36,22	27,87	8,11	22,90	82,44	10,48	71,96	1,27	1,09	1,24
Melhor estimativa para N1 =		Passo A	Passo A+B	Passos A,B,C						
		1,40	1,21	1,20	Inserir na Planilha FND					
		Desvio Padrão de N1			0,16					
		Lim.Conf. Superiores a 95%			1,52	Inserir na Planilha FND				
		Lim.Conf. Inferiores a 95%			0,89	Inserir na Planilha FND				
Comentário: Este exemplo se destina apenas a apresentacoes.										
Calculado por		ARILTON				Data		10/jul/12		

5.4.6. Passo 7 - Cálculo do FND via programa elaborado por Lambert e Thornton (2002)

O cálculo do FND foi realizado utilizando o programa elaborado por Lambert e Thornton (2002) e os procedimentos descritos no Item 3.2.2, apresentando como resultado o valor de 25,43 conforme tabela 24.

Tabela 24 - Cálculo do FND via programa elaborado por Lambert e Thornton (2002).

CÁLCULO DO FATOR NOITE - DIA (FND)										
Sector (1)	VILA NASTRI			Existe VRP? (3) NÃO			Tipo de controle (4)			BOOSTER
PPMS (2)	ENDEREÇO:									
Dados semanais individuais										
	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4			
1º dia da semana	30-06-12		00-01-00		00-01-00		00-01-00			
Pressão Média, mca	33,82									
Média de Pmax/Pmin diária	1,28									
FND, para "Melhor Estimativa" de N1 (5)	1,20		25,43							
FND, p/Estim. de N1, LC "superior" a 95% (6)	1,55		25,90							
FND, p/Estim. de N1 com LC "inferior" a 95% (7)	0,89		25,04							
Desvio Padrão p/1 semana devido à amostra limitada =	0,22									
Desvio Padrão p/1 semana devido ao LC de 95% p/ N1 =	-0,22									
Desvio Padrão p/1 semana devido à amostragem e ao N1 =	0,31									
Dados semanais acumulados										
Pressão Média, mca	33,82									
Média de Pmax/Pmin diária	1,28									
melhor estimativa de FND, para N1 =	1,20		25,43							
Desvio Padrão devido à limitação da amostra =	0,22									
Desvio Padrão devido ao LC de 95% p/ N1 =	-0,22									
Desvio Padrão devido à amostragem e N1 =	0,31									
Limite de Confiança combinado anual de 95% =	2,37%									
Calculado por (8)				Data (9)						
Comentário:										
Semana 1										
Data de início (10)	30/06/2012	01/07/2012	02/07/2012	03/07/2012	04/07/2012	05/07/2012	06/07/2012	Média da semana	Desvio Padrão da semana	
Dia da semana	sábado	domingo	segunda-feira	terça-feira	quarta-feira	quinta-feira	sexta-feira			
FND, para N1 =	1,20	25,78	25,21	24,87	25,90	26,31	25,15	24,80	25,43	0,57
FND, para N1 =	1,55	26,38	25,61	25,16	26,51	27,06	25,51	25,06	25,90	0,76
FND, para N1 =	0,89	25,28	24,88	24,63	25,37	25,68	24,84	24,58	25,04	0,41
Pressão Média, mca	34,06	33,76	33,70	34,74	33,82	33,16	33,52	33,82		
Pressão Máxima, mca	40,76	38,22	36,45	39,28	39,53	37,25	36,35	38,26		
Pressão Mínima, mca	30,16	29,60	29,93	29,83	30,57	30,47	29,08	29,95		
Pmax/Pmin	1,35	1,29	1,22	1,32	1,29	1,22	1,25	1,28		
PRESSÃO MÉDIA HORÁRIA - SEMANA 1 (11)										
Horas	30/06/2012	01/07/2012	02/07/2012	03/07/2012	04/07/2012	05/07/2012	06/07/2012	Média da semana		
00 a 01	30,16	32,78	31,86	31,27	31,34	31,26	30,98	31,4		
01 a 02	31,13	32,19	32,55	32,01	31,81	32,70	31,91	32,0		
02 a 03	31,86	32,04	32,68	32,42	31,99	32,11	32,37	32,2		
03 a 04	32,11	32,42	32,73	32,62	31,34	31,91	32,62	32,3		
04 a 05	32,21	32,47	32,62	32,83	31,37	31,52	32,75	32,3		
05 a 06	32,32	32,73	32,01	32,24	31,45	31,27	32,42	32,1		
06 a 07	31,29	32,27	30,08	29,83	30,57	31,26	30,03	30,8		
07 a 08	32,88	31,52	29,93	34,45	32,01	32,11	29,08	31,7		
08 a 09	30,83	37,94	32,32	36,86	35,35	35,30	35,37	34,9		
09 a 10	31,34	32,81	33,66	34,22	35,45	34,01	33,14	33,5		
10 a 11	33,99	29,60	36,30	37,71	36,56	32,37	34,63	34,4		
11 a 12	34,53	31,08	36,19	37,35	36,73	34,27	35,24	35,1		
12 a 13	36,12	33,60	36,45	39,28	39,53	33,42	36,35	36,4		
13 a 14	36,56	36,81	36,09	38,10	36,45	33,09	35,30	36,1		
14 a 15	38,53	38,22	36,45	35,43	34,35	34,91	35,12	36,1		
15 a 16	39,15	35,84	35,60	36,73	37,35	37,25	35,17	36,7		
16 a 17	40,76	36,58	36,38	35,42	35,27	35,86	34,09	36,3		
17 a 18	38,04	34,73	36,04	37,32	33,42	33,63	34,07	35,3		
18 a 19	36,22	33,45	35,27	36,09	32,37	34,19	33,68	34,5		
19 a 20	37,63	34,22	34,37	37,84	33,14	35,24	34,89	35,3		
20 a 21	31,45	35,68	34,58	33,96	35,84	33,55	35,17	34,3		
21 a 22	32,91	35,68	32,94	34,16	34,04	33,47	33,83	33,9		
22 a 23	32,11	35,12	30,75	34,04	31,80	30,70	32,80	32,5		
23 a 24	33,37	30,60	30,96	31,55	32,14	30,47	33,47	31,8		

5.4.7. Passo 8 – Calculo de Perdas Reais a partir da Vazão Mínima Noturna

O calculo de perdas reais a partir da Vazão Mínima Noturna foi realizado utilizando o programa elaborado por Lambert e Thornton (2002) e os procedimentos descritos nos Itens 3.2.2.

Os valores detalhados encontram-se na tabela 25 sendo as perdas Reais por ramal de 305,3 L / ramal dia.

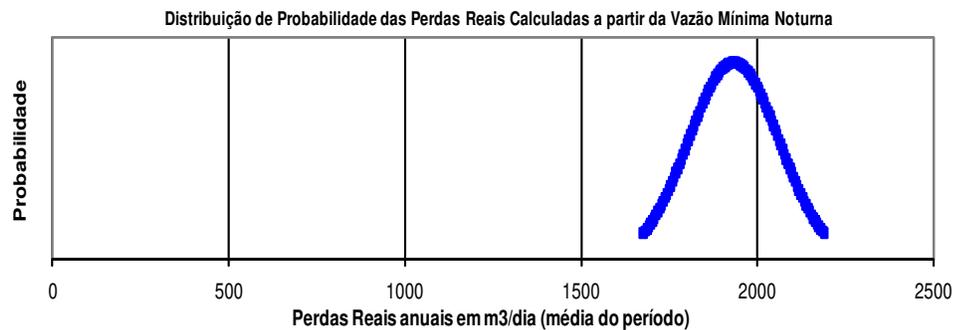
Tabela 25 - Calculo das perdas reais pela Metodologia das Vazões Mínimas Noturnas via programa elaborado por Lambert e Thornton (2002).

DETERMINAÇÃO DAS PERDAS FÍSICAS A PARTIR DA VAZÃO MÍNIMA NOTURNA							
LEGENDA:	Dado de Entrada	Valor Padrão	Valor Calculado				
Unidade de Negócio (1)	RA	VILA NASTRI					
Setor (ou sub-setor) (2)							
Planta(s) Cadastral(is) nº: (3)							
Dados referentes ao ano de (4)	2012			data inicial	data final		
Extensão de Rede (5)	25 km			Período de medição (11)	01/jun/12	30/jun/12	
Numero de Ramais Residenciais (6)	5740			Numero de dias do período:		30	
Numero de Ramais Não Residenciais (7)	591			Pressão média noturna (17)	32,3	mca	
Numero total de Ramais	6331			Fator Noite-Dia adotado (18)	25,4	horas/dia	
Densidade de Ramais:	255,3 ramal/ km de rede			Pressão média anual:	34,2	mca	
Fator de Condição da Infra-estrutura (8)				Pressurizado por (12)	100%	do período	
Numero de Economias Residenciais (9)	6031	a (13)	3,40	Pessoas/economia =	20505,4	População	
Numero de Economias Não Residenciais (10)	591						
Numero total de economias	6622						
RESUMO DOS COMPONENTES DA VAZÃO MÍNIMA NOTURNA							
			Erro máximo estimado com confiança = 95%, em % (19)	Menor estimativa	Maior estimativa	Desvio padrão	Desvio padrão ao quadrado
Média anual da vazão mínima noturna (14)	94,3 m3/hora		5%	90	99	2,41	6
Consumo Noturno residencial + não residencial normal (após a caixa d'água)	11,700 m3/hora		5,0%	7	16	2,15	5
Consumo noturno residencial excepcional (inclusive favelas) (até a caixa d'água) (15)	0 m3/hora			0	0	0,00	0
Consumo noturno não residencial excepcional (16)	0 m3/hora			0	0	0,00	0
Vazamentos após hidrômetros:	6,604 m3/hora		28,1%	5	8	0,95	1
Vazão de vazamentos noturnos (das 3:00h às 4:00h) na distribuição (redes + ramais)	76,016 m3/hora		8,3%	70	82	3,23	10
Pressão média noturna (17)	32,3 mca						
Fator Noite-Dia adotado (18)	25,4 horas/dia		10%	22,9	28,0	1,30	
Pressão média anual:	34,2 mca						
Vazão de vazamentos na distribuição (redes + ramais) corrigida	1933 m3/dia		13,0%	1.682	2.185	128	
Perdas Reais por Ramal		305,3 L/ramal.dia					
Como foi obtida a média anual da vazão mínima noturna ? (20)							
Como foi estimado o Consumo Noturno Médio Anual Excepcional dos consumidores residenciais, favelas e consumidores não residenciais? (21)							
Como foi obtido o Fator Noite-Dia? (22)							

COMPONENTES DETALHADOS DA VAZÃO MÍNIMA NOTURNA							
			Erro máximo estimado com confiança = 95%. em %	Menor estimativa	Maior estimativa	Desvio padrão	Desvio padrão ao quadrado
Consumo Noturno Estimado em Economias Residenciais	7,0	m3/hora	50,0%	3	10	1,8	3,2
Consumo Noturno Estimado em Economias Não Residenciais	4,7	m3/hora	50,0%	2	7	1,2	1,5
Consumo Noturno Normal Estimado	11,7	m3/hora	36,0%	7	16	2,1	4,6
Consumo Noturno Residencial Excepcional	0,0	m3/hora	0,0%	0	0	0,0	0,0
Consumo Noturno Não Residencial Excepcional	0,0	m3/hora	0,0%	0	0	0,0	0,0
Consumo Noturno Total (normal e excepcional)	11,7	m3/hora	36,0%	7	16	2,1	4,6
Vazamentos nos encanamentos internos, Economias Residenciais,	3,0	m3/hora	50,0%	2	5	0,8	0,6
Vazamentos nos encanamentos internos, Econ.não Residenciais,	1,2	m3/hora	50,0%	1	2	0,3	0,1
Vazamentos em bóias de caixas d'água	0,8	m3/hora	50,0%	0	1	0,2	0,0
Vazamentos nas tubulações internas, do hidrômetro à caixa d'água	1,6	m3/hora	50,0%	1	2	0,4	0,2
Vazamentos Noturnos internos (após o hidrômetro)	6,6	m3/hora	28,1%	5	8	0,9	0,9
Consumo Noturno (consumo total + vazamentos após hidrômetro)	18,3	m3/hora	23,4%	14	23	2,19	4,79
Vazamentos Inerentes na Rede	0,0	m3/hora	50,0%	0	0	0,00	0,00
Vazamentos Inerentes nos Ramais	0,0	m3/hora	50,0%	0	0	0,00	0,00
Vazamentos Inerentes no Sistema de Distribuição	0,0	m3/hora	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0,00	0,00

PARÂMETROS USADOS NOS CÁLCULOS					
Descrição dos Parâmetros	Valor	Unidades	Favard N1	Origem dos Dados	
% da população que consome água à noite (entre 3:00h e 4:00h)	10,0%	%	0,00	testes BBL, 1997	
Volume estimado de descargas de sanitários	3,4	litros	0,00	testes BBL, 1997	
Consumo Noturno Estimado Não Residencial	8,0	litros p/Econ. Não Resid. p/hora	0,00	Relatório Managing Leakage E do Reino Unido	
Consumo Noturno Excepcional Residencial	0	litros p/Econ. Resid. p/hora	0,50	Hipótese	
Consumo Noturno Excepcional Não Residencial		litros/hora	0,50	A ser estimado	
Vazamentos Inerentes em tubulações internas Residenciais	0,5	litros/Econ. Resid./hora	0,00	Relatório Managing Leakage E do Reino Unido	
Vazamentos Inerentes em tubulações internas Não Residenciais	2,0	litros/Econ. Não Resid./hora	0,00		
Vazamentos Inerentes em tubulações internas até a caixa d'água	0,5	litros/ramal/hora	1,50	Relatório Managing Leakage E do Reino Unido	
% de caixas d'água com vazamentos em bóias	30%			testes BBL, 1997 (checar)	
Taxa Típica de Vazamento na bóia a 50m de pressão	0,5	litros/vaz. bóia/hora	0,50	A ser estimado	
Vazamentos Inerentes (IWA) nas Redes	20	litros/km rede/hora a 50mca	0,50	Artigo Aqua, jan 2000, Tabela 3	
Vazamentos Inerentes (IWA) nos ramais, redes até o hidrômetro	1,25	litros/ramal/hora a 50mca	1,50	Artigo Aqua, jan 2000, Tabela 3	

Comentário:



5.4.8. Passo 9 – Calculo de Perdas Reais e Aparentes a partir do Balanço Hídrico

Os cálculos efetuados para determinação das perdas reais (físicas) e aparentes foram feitos utilizando o programa elaborado por Lambert e Thornton (2002). E os componentes do Balanço Hídrico descritos no item 3.2.3

Através da aplicação do método de balanço hídrico com a metodologia proposta por Lambert e Thornton (2002) através do preenchimento da planilha do programa, pode-se estabelecer os tipos de perdas do sistema conforme tabela 26.

Tabela 26 - Cálculo das perdas reais e aparentes pela Metodologia Balanço Hídrico via programa elaborado por Lambert e Thornton (2002).

DETERMINAÇÃO DAS PERDAS FÍSICAS A PARTIR DO BALANÇO HÍDRICO ANUAL									
LEGENDA:	Dado de Entrada	Valor Padrão	Valor Calculado						
Unidade de Negócio (1)	RA								
Setor (ou sub-setor) (2)	VILA NATRI								
Planta(s) Cadastral(is) nº: (3)									
Dados referentes ao ano de (4)	2011/2012		Período de Cálculo						
No. de Ramais (5)	6331		Consumo Medido (8)	01/out/11	30/jun/12				
Extensão da Rede (6)	25	km	Vol. fonec. ao setor (ou sub-setor) (9)	01/out/11	30/jun/12				
Densidade de Ramais:	253,2	p/ km rede	No. Dias do período:	274					
Pressão Média Anual (7)	33,8	mca	Pressurizado por (10)	100% do período					

VOLUME ANUAL FORNECIDO AO SISTEMA									
Dispositivo(s) de medição na entrada do setor (ou sub-setor) (11)	Volumes Fornecidos macromedidos (m3) (12)	Erro de macromedição (%) (13)	Volume fornecido corrigido (m3)	Volume médio diário (m3)	Erro máximo estimado com confiança = 95%, em % (14)	Menor estimativa (m3/dia)	Maior estimativa (m3/dia)	Desvio padrão (m3/dia)	Desvio padrão ao quadrado
MACROMEDIDOR	1153848	-2%	1.176.925	4.295	4%	4.124	4.467	88	7.684
			0	0		0	0	0	0
			0	0		0	0	0	0
	1.153.848		1.176.925	4.295	4,0%	4.124	4.467	88	7.684

VOLUME ANUAL EXPORTADO DO SISTEMA									
Dispositivo(s) de medição nos pontos de exportação (15)	Volumes Exportados macromedido (m3) (16)	Erro de macromedição (%) (17)	Volume exportado corrigido (m3)	Volume médio diário (m3)	Erro máximo estimado com confiança = 95%, em % (18)	Menor estimativa (m3/dia)	Maior estimativa (m3/dia)	Desvio padrão (m3/dia)	Desvio padrão ao quadrado
			0	0		0	0	0	0
			0	0		0	0	0	0
			0	0		0	0	0	0
			0	0		0	0	0	0
			0	0		0	0	0	0
	0		0	0	0,0%	0	0	0	0

VOLUME ANUAL FORNECIDO À DISTRIBUIÇÃO						
Volume medido ou estimado (m3)	volume médio diário (m3)	Erro máximo estimado com confiança = 95%, em %	Menor estimativa (m3/dia)	Maior estimativa (m3/dia)	Desvio padrão (m3/dia)	Desvio padrão ao quadrado
1.176.925	4.295	4,0%	4.124	4.467	88	7.684

VOLUME ANUAL DE CONSUMO AUTORIZADO MEDIDO							
	Volume medido (m3)	volume médio diário (m3)	Erro máximo estimado com confiança = 95%, em % (24)	Menor estimativa (m3/dia)	Maior estimativa (m3/dia)	Desvio padrão (m3/dia)	Desvio padrão ao quadrado
Rol Comum (19)	674.631	2.462	10%	2.216	2.708	126	15.780
Grandes consumidores (20)		0		0	0	0	0
Favelas com medidor (21)		0		0	0	0	0
Outros (22)		0		0	0	0	0
Outros (23)		0		0	0	0	0
	674.631	2.462	10,0%	2.216	2.708	126	15.780

VOLUME ANUAL DE CONSUMO AUTORIZADO NÃO MEDIDO								
	% do volume anual fornecido à distribuição	Volume estimado (m3)	volume médio diário (m3)	Erro máximo estimado com confiança = 95%, em % (28)	Menor estimativa (m3/dia)	Maior estimativa (m3/dia)	Desvio padrão (m3/dia)	Desvio padrão ao quadrado
Usos sociais (favelas) (25)			0		0	0	0	0
Uso Operacional (26)	0%	100	0		0	0	0	0
Outros (emergenciais) (27)	0%	0	0		0	0	0	0
		100	0	0,0%	0	0	0	0

VOLUME ANUAL DE PERDAS TOTAIS NA DISTRIBUIÇÃO						
Volume estimado (m3)	volume médio diário (m3)	Erro máximo estimado com confiança = 95%, em %	Menor estimativa (m3/dia)	Maior estimativa (m3/dia)	Desvio padrão (m3/dia)	Desvio padrão ao quadrado
502.194	1.833	16,4%	1.533	2.133	153	23465

289 L/ramal.dia

VOLUME ANUAL DE ERROS DE MEDIÇÃO NOS HIDRÔMETROS								
	Submedição %	Volume estimado (m3)	volume médio diário (m3)	Erro máximo estimado com confiança = 95%, em % (34)	Menor estimativa (m3/dia)	Maior estimativa (m3/dia)	Desvio padrão (m3/dia)	Desvio padrão ao quadrado
Rol Comum (29)	10,0%	67.463	246	10%	222	271	13	158
Grandes consumidores (30)	13,0%	0	0		0	0	0	0
Favelas com medidor (31)	20,0%	0	0		0	0	0	0
Outros (32)		0	0		0	0	0	0
Outros (33)		0	0		0	0	0	0
	10,00%	67.463	246	10,0%	222	271	13	158

VOLUME ANUAL DE CONSUMO NÃO AUTORIZADO								
	% do volume - Rol comum	Volume estimado (m3)	volume médio diário (m3)	Erro máximo estimado com confiança = 95%, em % (36)	Menor estimativa (m3/dia)	Maior estimativa (m3/dia)	Desvio padrão (m3/dia)	Desvio padrão ao quadrado
Fraudes (35)		0	0		0	0	0	0

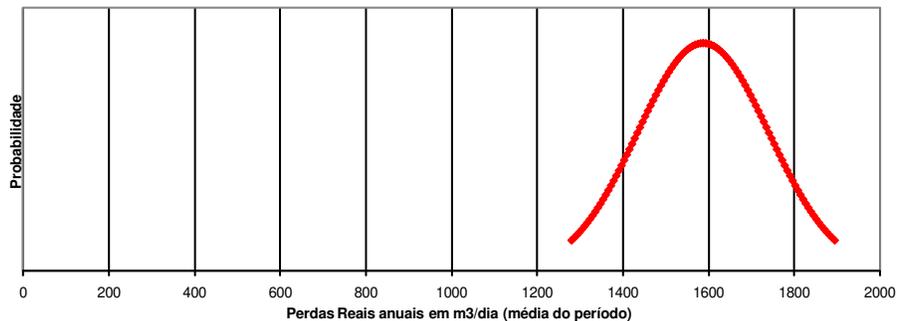
VOLUME ANUAL DE PERDAS APARENTES (NÃO FÍSICAS)							
	Volume estimado (m3)	volume médio diário (m3)	Erro máximo estimado com confiança = 95%, em %	Menor estimativa (m3/dia)	Maior estimativa (m3/dia)	Desvio padrão (m3/dia)	Desvio padrão ao quadrado
	67.463	246	10,0%	222	271	13	158

39 L/ramal.dia

VOLUME ANUAL DE PERDAS REAIS (FÍSICAS)							
	Volume estimado (m3)	volume médio diário (m3)	Erro máximo estimado com confiança = 95%, em %	Menor estimativa (m3/dia)	Maior estimativa (m3/dia)	Desvio padrão (m3/dia)	Desvio padrão ao quadrado
	434.730	1.587	19,0%	1.285	1.888	154	23623

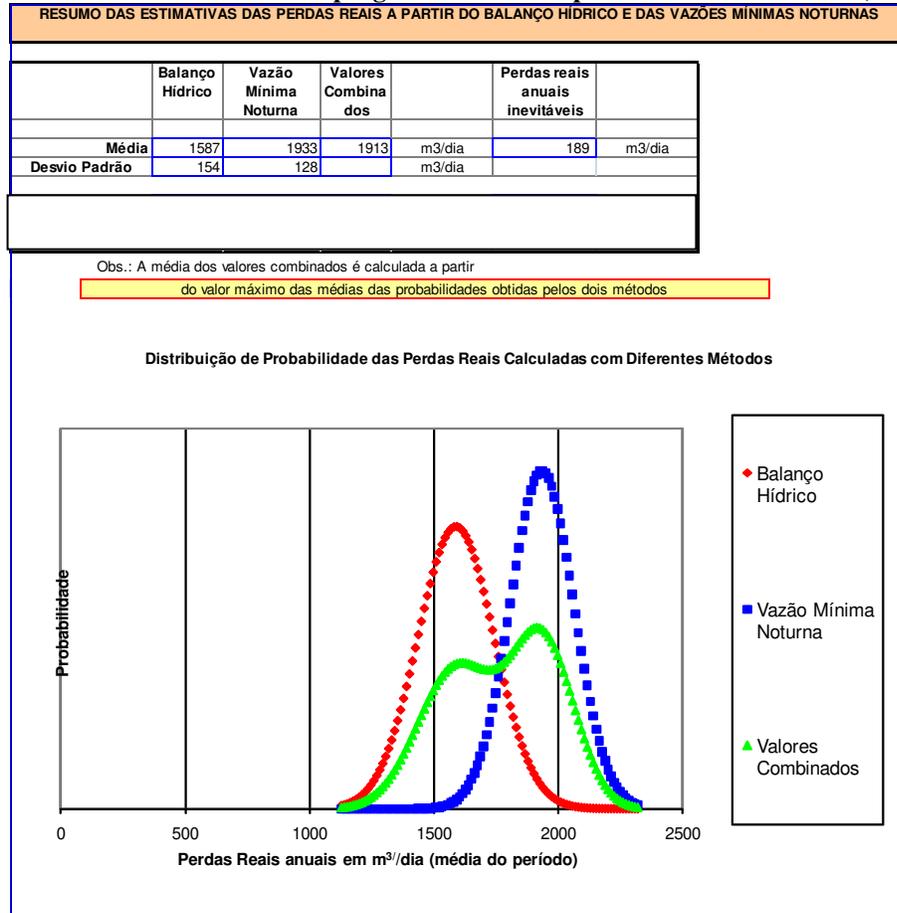
251 L/ramal.dia

Distribuição de Probabilidade das Perdas Reais Calculadas a partir do Balanço Hídrico



Os cálculos efetuados para determinação das perdas reais (físicas) e aparentes foram elaborados utilizando o programa de Lambert e Thornton (2002). E os componentes do Balanço Hídrico descritos no item Item 3.2.3 os resultados obtidos foram; perda total 289L / ramal dia, perda aparente 39 L / ramal dia, perda real 251 L/ ramal dia

Tabela 27 - Resumo obtido via programa elaborado por Lambert e Thornton (2002).



5.4.9. Análise dos resultados referentes ao Caso 1

Aplicação do Método das Vazões Mínimas Noturnas, calculando-se o valor do N1. (Step - Test).

Na aplicação da Metodologia das Vazões Mínimas Noturnas, a operação de fechamento da valvula foi substituída pelo aumento e Diminuição da Frequencia do Inversor via Sistema de Supervisão e Controle, através do CCO, garantindo desta forma maior segurança na operação, resultando também em um aperfeiçoamento da metodologia que permite solucionar importantes problemas técnicos que poderiam inviabilizar os testes.

A realização de um acompanhamento seguido de um step test para a definição da estratégia é muito importante, evitando desta forma que possíveis erros ocorram e a aplicação do teste ocorra de forma adequada e segura, não comprometendo o abastecimento do setor.

O primeiro acompanhamento do sistema seguido do (Step Test) iniciou-se no dia 26 de Junho as 2h00min, com medições moduladas em intervalos de 10 segundos.

Durante o acompanhamento da operação no sistema de abastecimento, apurou-se que o período de menor valor da Vazão Mínima Noturna, iniciou-se as 3h26min, quando a pressão no ponto crítico de abastecimento chegou a 13,2 mca e a vazão de recalque 25,2 litros por segundo, para a Frequencia de Rotação do Motor estabilizada em 35 Hz. As 3h53min houve uma redução de vazão para 24,6 l/s, iniciando-se o primeiro (Step Test), com a primeira redução da Frequencia de Rotação do Motor de 35 Hz para 30 Hz. As 4h00min a Frequencia de Rotação do Motor foi aumentada de 30 Hz para 32Hz, conforme tabela 20.

O ponto de abastecimento crítico comportou-se de forma satisfatória não comprometendo o abastecimento, e a segurança do sistema. O sistema não permite uma frequencia do motor menor do que 30 Hz, uma vez que rotações menores poderiam danificar o motor pela falta de uma ventilação adequada.

Foi usada na definição da estratégia o artifício de elevar a Frequencia de Rotação do Motor de 35Hz para 40Hz, seguida de reduções consecutivas para a realização dos diversos testes, levando em consideração principalmente a segurança do Sistema. Para o calculo do FND, foi necessário um novo acompanhamento das pressões durante uma semana, devido ao fato deste novo calculo ser realizado no inverno e o anterior no verão.

A realização transcorreu de forma normal como previsto na estratégia gerando resultados bons, com exceção do intervalo das 03h00min às 03h01min onde os dados não foram utilizados devido à dificuldade de estabilização da pressão.

Os resultados decorrentes da aplicação da metodologia foram bons, se comparados com a perda total do Município inteiro, que hoje situa-se em torno de 277 L /ramal dia, salienta-se o fato de que o Reservatório Vila Nastro abastecer de forma pressurizada cerca de 33% do Município.

As perdas reais obtidas pela aplicação do Método foram de 305,3 L/Ramal dia. Os componentes da Vazão Mínima Noturna são detalhados na tabela 25.

Aplicação do Método Balanço Hídrico

A aplicação da Metodologia do Balanço Hídrico neste caso resultou nos seguintes valores:

- Perda Total 289L / ramal dia.
- Perda Aparente 39 L / ramal dia.
- Perda Real 251 L/ ramal dia.

5.5. Estudo de Caso 2 - Calculo de Perdas Reais sem a realização do Step - Test estimando o valor de N1

5.5.1. Passo 5 - Coleta e verificação dos dados

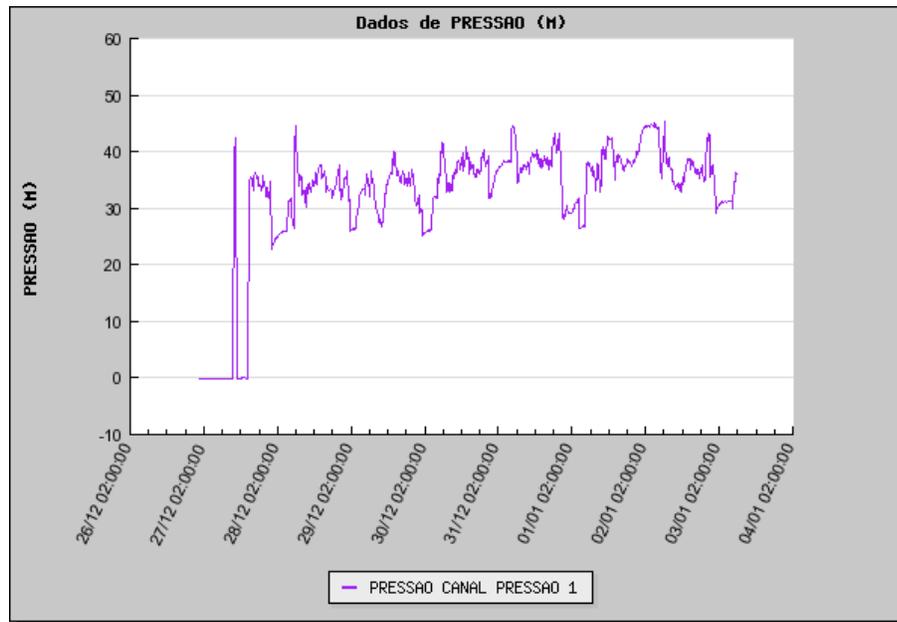


Figura 32 - Dados de pressão obtidos no PPMS.

- Obtenção de dados referentes à pressão obtidos no PPMS.

Os dados obtidos foram obtidos via programa Maxxi Reader versão 2.32 (2011), o equipamento coletou dados de pressão no período de 27/12/2010 das 11h51min até o dia 03/01/2011 as 12h00min em intervalos sequenciais de 15 minutos.

- Obtenção de dados referentes às vazões noturnas.

Os dados obtidos foram via software Vector 2006 versão 2.0 (2006) o programa coletou dados de vazão no período de 27/12/2010 as 24h00min até o dia 03/01/2011 as 12h00min em intervalos sequenciais de 10 segundos.

5.5.2. Passo 5 - Calculo das Pressões Médias do Setor para Calculo do FND Verão

Tabela 28 - Pressões Médias no PPMS.

Horário	27/dez	28/dez	29/dez	30/dez	31/dez	01/jan	02/jan	03/jan	média
00:00 a 01:00		23,25	35,71	30,21	34,49	29,60	42,21	33,88	32,76
01:00 a 02:00		24,57	30,10	26,45	36,40	29,21	44,09	30,05	31,55
02:00 a 03:00		25,30	26,30	25,79	37,34	29,97	44,57	30,87	31,45
03:00 a 04:00		25,82	26,93	26,04	38,02	31,02	44,45	31,12	31,91
04:00 a 05:00		25,96	30,36	28,98	38,15	27,75	44,60	31,10	32,41
05:00 a 06:00		29,93	32,97	32,01	38,28	26,80	44,29	31,22	33,64
06:00 a 07:00		29,85	33,70	34,32	42,74	32,36	40,39	31,65	35,00
07:00 a 08:00		34,80	34,44	39,34	43,12	37,74	37,95	36,04	37,63
08:00 a 09:00		37,84	34,87	38,55	35,61	36,76	40,81	34,93	37,05
09:00 a 10:00		35,18	32,87	33,33	36,76	34,86	38,10	36,30	35,34
10:00 a 11:00		32,77	29,37	33,71	37,37	36,83	36,29	33,29	34,23
11:00 a 12:00		32,18	27,54	35,89	37,11	35,36	34,06	35,33	33,92
12:00 a 13:00	31,09	33,43	28,81	37,49	38,53	39,80	34,01		34,74
13:00 a 14:00	0,10	34,27	33,43	37,69	39,39	40,88	33,71		31,35
14:00 a 15:00	0,03	34,69	35,39	38,00	39,29	42,23	34,95		32,08
15:00 a 16:00	0,05	36,62	37,13	39,19	38,19	38,91	37,87		32,57
16:00 a 17:00	17,03	35,99	38,48	37,69	37,82	38,48	38,15		34,81
17:00 a 18:00	35,11	35,08	35,82	37,59	38,71	39,04	37,66		37,00
18:00 a 19:00	35,28	33,37	35,23	36,01	37,70	37,26	36,57		35,92
19:00 a 20:00	35,00	32,90	34,80	36,50	39,31	37,56	36,17		36,03
20:00 a 21:00	33,78	33,12	34,95	37,69	41,83	38,30	36,37		36,58
21:00 a 22:00	34,50	35,30	35,35	38,88	41,22	37,69	37,34		37,18
23:00 a 23:00	32,62	33,93	33,55	36,76	37,03	38,58	42,49		36,42
23:00 a 24:00	33,07	33,53	30,87	32,36	28,45	39,89	36,65		33,55
Média Geral 34,38									

Na tabela 28 se verifica a parada de abastecimento no PPMS no dia 27/12/2011 às 12h51min e a retomada de abastecimento no mesmo dia às 16h36min.

Tabela 29 - Pressões Médias no PPMS Projetadas para calculo do FND verão.

Horário	27/dez	28/dez	29/dez	30/dez	31/dez	01/jan	02/jan	03/jan	média
00:00 a 01:00		23,25	35,71	30,21	34,49	29,60	42,21	33,88	32,76
01:00 a 02:00		24,57	30,10	26,45	36,40	29,21	44,09	30,05	31,55
02:00 a 03:00		25,30	26,30	25,79	37,34	29,97	44,57	30,87	31,45
03:00 a 04:00		25,82	26,93	26,04	38,02	31,02	44,45	31,12	31,91
04:00 a 05:00		25,96	30,36	28,98	38,15	27,75	44,60	31,10	32,41
05:00 a 06:00		29,93	32,97	32,01	38,28	26,80	44,29	31,22	33,64
06:00 a 07:00		29,85	33,70	34,32	42,74	32,36	40,39	31,65	35,00
07:00 a 08:00		34,80	34,44	39,34	43,12	37,74	37,95	36,04	37,63
08:00 a 09:00		37,84	34,87	38,55	35,61	36,76	40,81	34,93	37,05
09:00 a 10:00		35,18	32,87	33,33	36,76	34,86	38,10	36,30	35,34
10:00 a 11:00		32,77	29,37	33,71	37,37	36,83	36,29	33,29	34,23
11:00 a 12:00		32,18	27,54	35,89	37,11	35,36	34,06	35,33	33,92
12:00 a 13:00	31,09	33,43	28,81	37,49	38,53	39,80	34,01		34,74
13:00 a 14:00	31,35	34,27	33,43	37,69	39,39	40,88	33,71		31,35
14:00 a 15:00	32,08	34,69	35,39	38,00	39,29	42,23	34,95		32,08
15:00 a 16:00	32,57	36,62	37,13	39,19	38,19	38,91	37,87		32,57
16:00 a 17:00	17,03	35,99	38,48	37,69	37,82	38,48	38,15		34,81
17:00 a 18:00	35,11	35,08	35,82	37,59	38,71	39,04	37,66		37,00
18:00 a 19:00	35,28	33,37	35,23	36,01	37,70	37,26	36,57		35,92
19:00 a 20:00	35,00	32,90	34,80	36,50	39,31	37,56	36,17		36,03
20:00 a 21:00	33,78	33,12	34,95	37,69	41,83	38,30	36,37		36,58
21:00 a 22:00	34,50	35,30	35,35	38,88	41,22	37,69	37,34		37,18
23:00 a 23:00	32,62	33,93	33,55	36,76	37,03	38,58	42,49		36,42
23:00 a 24:00	33,07	33,53	30,87	32,36	28,45	39,89	36,65		33,55
								Média	34,38

5.5.3. Passo 5 - Calculo das Pressões Médias do Setor para Calculo do FND Verão

Tabela 30 - Tabela da Vazão Mínima Noturna Média entre os dias 28/12/2011 á 03/01/2012 (dados do autor).

Dia	Hora	Hora	Hora
	02:00 as 03:00	03:00 as 04:00	04:00 as 05:00
28	21,86	21,33	22,34
29	21,38	21,41	24,34
30	21,58	20,62	24,87
31	28,67	26,95	26,56
1	29,05	26,28	22,11
2	31,82	30,86	30,65
3	21,78	20,3	22,34
Médias	25,713	24,40	25,15

Pelo estudo percebeu-se que a vazão mínima ocorre entre as 03 e às 04 da manhã sendo que no período o valor médio da vazão mínima Noturna é 24,40 l/s. A pressão média no período da vazão mínima Noturna foi de 31,9 mca.

5.5.4. Passo 6 – Estudo dos valores estáveis de pressões e vazões no horário da vazão mínima para cálculo de N1.

a) Primeira Tentativa – madrugada do dia 28/12/2011 entre ás 02h00min e 05h00min.

Tabela 31 - 1a Tentativa de cálculo de N1.

Horário	Vazão	PPMS		LOG Q	LOG P
02:06	22,4	24,98		1,350248	1,397592
02:21	21,15	25,18		1,32531	1,401056
02:36	21,9	25,48		1,340444	1,406199
02:51	21,5	25,59		1,332438	1,40807
03:06	21,7	25,59		1,33646	1,40807
03:21	21	25,79		1,322219	1,411451
03:36	20,6	25,99		1,313867	1,414806
03:51	21	25,89		1,322219	1,413132
04:06	21,7	25,99		1,33646	1,414806
04:21	21,5	25,99		1,332438	1,414806
04:36	21,8	25,89		1,338456	1,413132
04:51	21	25,99		1,322219	1,414806
05:06	27,6	25,99		1,440909	1,414806
04:51	21	25,99		1,322219	1,436163

Sendo N1

$$N1 = \text{LOG}\left(\frac{Q1}{Q0}\right) / \text{LOG}\left(\frac{P1}{P0}\right) \quad 3.13$$

Onde:

Q_1 = Vazão total de perdas por vazamentos em m³/hora na hora 1, quando a pressão média desse sistema ou setor na hora 1 é P_1 (mca);

Q_0 = Idem quando a pressão média é P_0 (mca);

P_1 = Pressão média horária do setor ou sistema, na hora 1;

P_0 = Pressão média horária do setor ou sistema, na hora 0.

Praticamente não há variação de pressão com a vazão no horário da mínima noturna, e, portanto não é possível realizar a contento uma avaliação precisa do valor de N1, portanto será adotado o valor da bibliografia, tendo como base o fato da ocorrência da mistura de materiais (ferro, PVC e Cimento Amianto) nas redes e ramais do Setor de Abastecimento Jardim Atenas do Sul, portanto será adotado o valor proposto por Myers; Lambert e Trow (1998), situado entre 0,62 e 1,15.

Valor de N1 Adotado = 1,15.

b) Segunda Tentativa – madrugada do dia 29/12/2011 entre às 02h00min e 05h00min.

Tabela 32 - 2a Tentativa de cálculo de N1.

Horário	Vazão	PPMS	LOG Q	LOG P
02:06	21,8	26,3	1,338456	1,419956
02:21	21,8	26,3	1,338456	1,419956
02:36	22,3	26,4	1,348305	1,421604
02:51	20,8	26,2	1,318063	1,418301
03:06	20,4	26,4	1,30963	1,421604
03:21	19,8	26,3	1,296665	1,419956
03:36	23	26,4	1,361728	1,421604
03:51	22,6	28,63	1,354108	1,456821
04:06	21,8	28,94	1,338456	1,461499
04:21	23,5	28,94	1,371068	1,461499
04:36	24,3	31,27	1,385606	1,495128
04:51	24,9	32,29	1,396199	1,509068
05:06	26,7	32,49	1,426511	1,51175
04:51	24,9	32,29	1,396199	1,509068

Praticamente não há variação de pressão com a vazão no horário da mínima noturna, portanto não é possível realizar a contento uma avaliação precisa do valor de N1, portanto será adotado o valor da bibliografia, tendo como base o fato da ocorrência da mistura de materiais (ferro, PVC e Cimento Amianto) nas redes e ramais do Setor de Abastecimento Jardim Atenas do Sul, portanto será adotado o valor proposto por Myers; Lambert e Trow (1998), situado entre 0,62 e 1,15.

Valor de N1 Adotado = 1,15

5.5.5. Passo 7 – Calculo do FND

O calculo do FND foi realizado utilizando o programa elaborado por Lambert e Thornton (2002) e os procedimentos descritos no Item 3.2.2, apresentando como resultado o valor de **27,53** conforme tabela 33.

Tabela 33 - Cálculo do FND via programa elaborado por Lambert e Thornton (2002).

CÁLCULO DO FATOR NOITE - DIA (FND)										
Setor (1)	Setor de Abastecimento Jardim Atenas do Sul			Existe VRP? (3) Não			Tipo de controle (4)		Booster com variador	
PPMS (2)	Rua Fraternal de Melho Almada nº810									
Dados semanais individuais										
1º dia da semana	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4			
	28-12-12		00-01-00		00-01-00		00-01-00			
Pressão Média, mca	34,99									
Média de Pmax/Pmin diária	1,59									
FND, para "Melhor Estimativa" de N1 (5)	24,00									
FND, p/Estim. de N1, LC "superior" a 95% (6)	1,15		27,53							
FND, p/Estim. de N1 com LC "inferior" a 95% (7)	24,00									
Desvio Padrão p/1 semana devido à amostra limitada =	0,00									
Desvio Padrão p/1 semana devido ao LC de 95% p/ N1 =	-0,90									
Desvio Padrão p/1 semana devido à amostragem e ao N1 =	0,90									
Dados semanais acumulados										
Pressão Média, mca	34,99									
Média de Pmax/Pmin diária	1,59									
melhor estimativa de FND, para N1 =	0,00		24,00							
Desvio Padrão devido à limitação da amostra =	0,00									
Desvio Padrão devido ao LC de 95% p/ N1 =	-0,90									
Desvio Padrão devido à amostragem e N1 =	0,90									
Limite de Confiança combinado anual de 95% =	7,35%									
Calculado por (8)	Arlton José Ghidetti			Data (9)		02/jan/12				
Comentário:										
Semana 1	28/dez	29/dez	30/dez	31/dez	01/jan	02/jan	27dez e 03 jan	Média da semana	Desvio Padrão da semana	
Dia da semana	sexta-feira	sábado	domingo	segunda-feira	domingo	segunda-feira	27dez e 03 jan			
FND, para N1 =	0,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	0,00	
FND, para N1 =	1,15	30,84	30,21	33,32	24,02	28,25	20,61	25,45	4,41	
FND, para N1 =	0,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	24,00	0,00	
Pressão Média, mca	32,07	32,87	34,60	38,03	35,70	38,91	32,71	34,99		
Pressão Máxima, mca	37,84	38,48	39,34	43,12	42,23	44,60	36,30	40,27		
Pressão Mínima, mca	23,25	26,30	25,79	28,45	26,80	33,71	17,03	25,91		
Pmax/Pmin	1,63	1,46	1,53	1,52	1,58	1,32	2,13	1,59		
PRESSÃO MÉDIA HORÁRIA - SEMANA 1 (11)										
Horas	28/dez	29/dez	30/dez	31/dez	01/jan	02/jan	27dez e 03 jan	Média da semana		
00 a 01	23,25	35,71	30,20	34,49	29,60	42,21	33,88	32,8		
01 a 02	24,57	30,10	26,45	36,40	29,21	44,09	30,05	31,6		
02 a 03	25,30	26,30	25,79	37,34	29,97	44,57	30,87	31,4		
03 a 04	25,82	26,93	26,04	38,02	31,02	44,45	31,12	31,9		
04 a 05	25,96	30,36	28,98	38,15	27,75	44,60	31,10	32,4		
05 a 06	29,93	32,97	32,00	38,28	26,80	44,29	31,22	33,6		
06 a 07	29,85	33,70	34,31	42,74	32,36	40,39	31,65	35,0		
07 a 08	34,80	34,44	39,34	43,12	37,74	37,95	36,04	37,6		
08 a 09	37,84	34,87	38,55	35,61	36,76	40,81	34,93	37,1		
09 a 10	35,18	32,87	33,32	36,76	34,86	38,10	36,30	35,3		
10 a 11	32,77	29,37	33,71	37,37	36,83	36,29	33,29	34,2		
11 a 12	32,18	27,54	35,89	37,11	35,36	34,06	35,33	33,9		
12 a 13	33,43	28,81	37,49	38,53	39,80	34,01	31,09	34,7		
13 a 14	34,27	33,43	37,69	39,39	40,88	33,71	32,14	35,9		
14 a 15	34,69	35,39	38,00	39,29	42,23	34,95	32,82	36,8		
15 a 16	36,62	37,13	39,19	38,19	38,91	37,87	33,99	37,3		
16 a 17	35,99	38,48	37,69	37,82	38,48	38,15	17,03	34,8		
17 a 18	35,08	35,82	37,59	38,71	39,04	37,66	35,11	37,0		
18 a 19	33,37	35,23	36,01	37,70	37,26	36,57	35,28	35,9		
19 a 20	32,90	34,80	36,50	39,31	37,56	36,17	35,00	36,0		
20 a 21	33,12	34,95	37,69	41,83	38,30	36,37	35,00	36,8		
21 a 22	35,30	35,35	38,88	41,22	37,69	37,34	33,78	37,1		
22 a 23	33,93	33,55	36,75	37,03	38,58	42,49	34,49	36,7		
23 a 24	33,53	30,87	32,36	28,45	39,89	36,65	34,11	33,7		

5.5.6. Passo 8 – Cálculo das Perdas Reais pelo Método das Vazões Mínimas Noturnas

O cálculo de perdas reais a partir da Vazão Mínima Noturna foi realizado utilizando o programa elaborado por Lambert e Thornton (2002) e os procedimentos descritos nos Itens 3.2.2.

Os valores detalhados encontram-se na tabela 34 sendo as perdas Reais por ramal de 302 L / ramal dia.

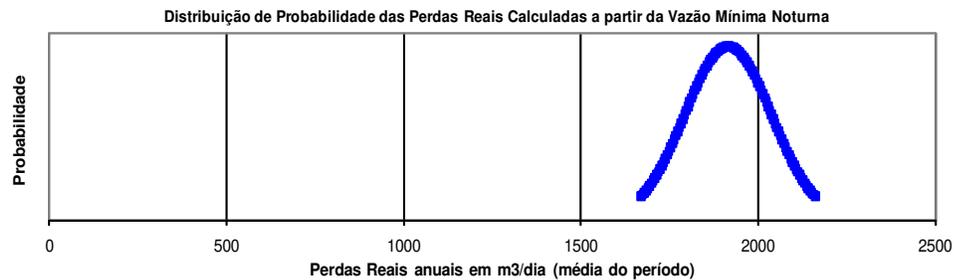
Tabela 34 - Determinação das Perdas Físicas a partir da Vazão Mínima Noturna Fonte: (LAMBERT; THORNTON, 2002).

DETERMINAÇÃO DAS PERDAS FÍSICAS A PARTIR DA VAZÃO MÍNIMA NOTURNA							
LEGENDA:							
	Dado de Entrada	Valor Padrão	Valor Calculado				
Unidade de Negócio (1)	RA						
Setor (ou sub-setor) (2)	Setor Jardim Atenas do Sul						
Planta(s) Cadastral(is) nº: (3)							
Dados referentes ao ano de (4)	2012				data inicial	data final	
Extensão de Rede (5)	25 km		Período de medição (11)	27/dez/11	03/jan/12		
Numero de Ramais Residenciais (6)	5740		Numero de dias do período:	8			
Numero de Ramais Não Residenciais (7)	591		Pressão média noturna (17)	31,9	mca		
Numero total de Ramais	6331		Fator Noite-Dia adotado (18)	27,5	horas/dia		
Densidade de Ramais:	253,2 ramal/ km de rede		Pressão média anual:	36,6	mca		
Fator de Condição da Infra-estrutura (8)			Pressurizado por (12)	100%	do período		
Numero de Economias Residenciais (9)	6031 a (13)	3,40	Pessoas/economia =	20505,4	População		
Numero de Economias Não Residenciais (10)	591						
Numero total de economias	6622						
RESUMO DOS COMPONENTES DA VAZÃO MÍNIMA NOTURNA							
			Erro máximo estimado com confiança = 95%, em % (19)	Menor estimativa	Maior estimativa	Desvio padrão	Desvio padrão ao quadrado
Média anual da vazão mínima noturna (14)	88 m3/hora		4%	85	91	1,66	3
Consumo Noturno residencial + não residencial normal (após a caixa d'água)	12 m3/hora		10,0%	7	16	2,15	5
Consumo noturno residencial excepcional (inclusive favelas) (até a caixa d'água)(15)	0 m3/hora			0	0	0,00	0
Consumo noturno não residencial excepcional (16)	0 m3/hora			0	0	0,00	0
Vazamentos após hidrômetros:	7 m3/hora		28,1%	5	8	0,94	1
Vazão de vazamentos noturnos (das 3:00h às 4:00h) na distribuição (redes + ramais)	70 m3/hora		7,6%	64	75	2,71	7
Pressão média noturna (17)	31,9 mca						
Fator Noite-Dia adotado (18)	27,5 horas/dia		10%	24,8	30,3	1,40	
Pressão média anual:	36,6 mca						
Vazão de vazamentos na distribuição (redes + ramais) corrigida	1915 m3/dia		12,6%	1.674	2.156	123	
Perdas Reais por Ramal							302,5 L/ramal/dia

COMPONENTES DETALHADOS DA VAZÃO MÍNIMA NOTURNA							
			Erro máximo estimado com confiança = 95%.em %	Menor estimativa	Maior estimativa	Desvio padrão	Desvio padrão ao quadrado
Consumo Noturno Estimado em Economias Residenciais	7,0	m3/hora	50,0%	3	10	1,8	3,2
Consumo Noturno Estimado em Economias Não Residenciais	4,7	m3/hora	50,0%	2	7	1,2	1,5
Consumo Noturno Normal Estimado	11,7	m3/hora	36,0%	7	16	2,1	4,6
Consumo Noturno Residencial Excepcional	0,0	m3/hora	0,0%	0	0	0,0	0,0
Consumo Noturno Não Residencial Excepcional	0,0	m3/hora	0,0%	0	0	0,0	0,0
Consumo Noturno Total (normal e excepcional)	11,7	m3/hora	36,0%	7	16	2,1	4,6
Vazamentos nos encanamentos internos, Economias Residenciais,	3,0	m3/hora	50,0%	2	5	0,8	0,6
Vazamentos nos encanamentos internos, Econ.não Residenciais,	1,2	m3/hora	50,0%	1	2	0,3	0,1
Vazamentos em bóias de caixas-d'água	0,8	m3/hora	50,0%	0	1	0,2	0,0
Vazamentos nas tubulações internas, do hidrômetro à caixa d'água	1,6	m3/hora	50,0%	1	2	0,4	0,2
Vazamentos Noturnos internos (após o hidrômetro)	6,6	m3/hora	28,1%	5	8	0,9	0,9
Consumo Noturno (consumo total + vazamentos após hidrômetro)	18,3	m3/hora	23,5%	14	23	2,19	4,79
Vazamentos Inerentes na Rede	0,0	m3/hora	50,0%	0	0	0,00	0,00
Vazamentos Inerentes nos Ramais	0,0	m3/hora	50,0%	0	0	0,00	0,00
Vazamentos Inerentes no Sistema de Distribuição	0,0	m3/hora	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0,00	0,00

PARÂMETROS USADOS NOS CÁLCULOS				
Descrição dos Parâmetros	Valor	Unidades	Favard N1	Origem dos Dados
% da população que consome água à noite (entre 3:00h e 4:00h)	10,0%	%	0,00	testes BBL, 1997
Volume estimado de descargas de sanitários	3,4	litros	0,00	testes BBL, 1997
Consumo Noturno Estimado Não Residencial	8,0	litros p/Econ. Não Resid. p/hora	0,00	Relatório Managing Leakage E do Reino Unido
Consumo Noturno Excepcional Residencial	0	litros p/Econ. Resid. p/hora	0,50	Hipótese
Consumo Noturno Excepcional Não Residencial		litros/hora	0,50	A ser estimado
Vazamentos Inerentes em tubulações internas Residenciais	0,5	litros/Econ. Resid./hora	0,00	Relatório Managing Leakage E do Reino Unido
Vazamentos Inerentes em tubulações internas Não Residenciais	2,0	litros/Econ. Não Resid./hora	0,00	
Vazamentos Inerentes em tubulações internas até a caixa d'água	0,5	litros/ramal/hora	1,50	Relatório Managing Leakage E do Reino Unido
% de caixas d'água com vazamentos em bóias	30%			testes BBL, 1997 (checar)
Taxa Típica de Vazamento na bóia a 50m de pressão	0,5	litros/vaz. bóia/hora	0,50	A ser estimado
Vazamentos Inerentes (IWA) nas Redes	20	litros/km rede/hora a 50mca	0,50	Artigo Água, jan 2000, Tabela 3
Vazamentos Inerentes (IWA) nos ramais, redes até o hidrômetro	1,25	litros/ramal/hora a 50mca	1,50	Artigo Água, jan 2000, Tabela 3

Comentário:



Resultado

Perdas Reais 302,5 L/Ramal dia

5.5.7. Passo 9 – Balanço Hídrico

Os cálculos efetuados para determinação das perdas reais (físicas) e aparentes foram feitos utilizando o programa elaborado por Lambert e Thornton (2002). E os componentes do Balanço Hídrico descritos no item 3.2.3

Através da aplicação do método de balanço hídrico com a metodologia proposta por Lambert e Thornton (2002) através do preenchimento da planilha do programa, podem-se estabelecer os tipos de perdas do sistema.

Tabela 35 - Balanço Hídrico via programa elaborado por Lambert e Thornton (2002).**DETERMINAÇÃO DAS PERDAS FÍSICAS A PARTIR DO BALANÇO HÍDRICO ANUAL**

LEGENDA:	Dado de Entrada	Valor Padrão	Valor Calculado
-----------------	------------------------	---------------------	------------------------

Unidade de Negócio (1)	RA		
Setor (ou sub-setor) (2)	VILA NASTRI		
Planta(s) Cadastral(is) n°: (3)			
Dados referentes ao ano de (4)	2011		
No. de Ramais (5)	6331		
Extensão da Rede (6)	25,4	km	
Densidade de Ramais:	249,3	p/ km rede	
Pressão Média Anual (7)	34,4	mca	
			Período de Cálculo
			Consumo Medido (8)
			Vol. fornec. ao setor (ou sub-setor) (9)
			No. Dias do período:
			Pressurizado por (10)

VOLUME ANUAL FORNECIDO AO SISTEMA									
Dispositivo(s) de medição na entrada do setor (ou sub-setor) (11)	Volumes Fornecidos macromedidos (m3) (12)	Erro de macromedição (%) (13)	Volume fornecido corrigido (m3)	Volume médio diário (m3)	Erro máximo estimado com confiança = 95%, em % (14)	Menor estimativa (m3/dia)	Maior estimativa (m3/dia)	Desvio padrão (m3/dia)	Desvio padrão ao quadrado
MACROMEDIDOR	259427	-2%	264.616	4.338	4%	4.177	4.498	82	6.706
			0	0		0	0	0	0
			0	0		0	0	0	0
	259.427		264.616	4.338	3,7%	4.177	4.498	82	6.706

VOLUME ANUAL EXPORTADO DO SISTEMA									
Dispositivo(s) de medição nos pontos de exportação (15)	Volumes Exportados macromedido (m3) (16)	Erro de macromedição (%) (17)	Volume exportado corrigido (m3)	Volume médio diário (m3)	Erro máximo estimado com confiança = 95%, em % (18)	Menor estimativa (m3/dia)	Maior estimativa (m3/dia)	Desvio padrão (m3/dia)	Desvio padrão ao quadrado
			0	0		0	0	0	0
			0	0		0	0	0	0
			0	0		0	0	0	0
			0	0		0	0	0	0
			0	0		0	0	0	0
	0		0	0	0,0%	0	0	0	0

VOLUME ANUAL FORNECIDO À DISTRIBUIÇÃO						
Volume medido ou estimado (m3)	volume médio diário (m3)	Erro máximo estimado com confiança = 95%, em %	Menor estimativa (m3/dia)	Maior estimativa (m3/dia)	Desvio padrão (m3/dia)	Desvio padrão ao quadrado
264.616	4.338	3,7%	4.177	4.498	82	6.706

VOLUME ANUAL DE CONSUMO AUTORIZADO MEDIDO							
	Volume medido (m3)	volume médio diário (m3)	Erro máximo estimado com confiança = 95%, em % (24)	Menor estimativa (m3/dia)	Maior estimativa (m3/dia)	Desvio padrão (m3/dia)	Desvio padrão ao quadrado
Rol Comum (19)	149.918	2.458		2.458	2.458	0	0
Grandes consumidores (20)		0		0	0	0	0
Favelas com medidor (21)		0		0	0	0	0
Outros (22)		0		0	0	0	0
Outros (23)		0		0	0	0	0
	149.918	2.458	0,0%	2.458	2.458	0	0

VOLUME ANUAL DE PERDAS TOTAIS NA DISTRIBUIÇÃO						
Volume estimado (m3)	volume médio diário (m3)	Erro máximo estimado com confiança = 95%, em %	Menor estimativa (m3/dia)	Maior estimativa (m3/dia)	Desvio padrão (m3/dia)	Desvio padrão ao quadrado
114.597	1.879	8,5%	1.718	2.039	82	6706

297 L/ramal.dia

VOLUME ANUAL DE ERROS DE MEDIÇÃO NOS HIDRÔMETROS								
	Submedição %	Volume estimado (m3)	volume médio diário (m3)	Erro máximo estimado com confiança = 95%, em % (34)	Menor estimativa (m3/dia)	Maior estimativa (m3/dia)	Desvio padrão (m3/dia)	Desvio padrão ao quadrado
Rol Comum (29)	15,0%	22.488	369		369	369	0	0
Grandes consumidores (30)		0	0		0	0	0	0
Favelas com medidor (31)		0	0		0	0	0	0
Outros (32)		0	0		0	0	0	0
Outros (33)		0	0		0	0	0	0
	15,00%	22.488	369	0,0%	369	369	0	0

VOLUME ANUAL DE CONSUMO NÃO AUTORIZADO								
	% do volume - Rol comum	Volume estimado (m3)	volume médio diário (m3)	Erro máximo estimado com confiança = 95%, em % (36)	Menor estimativa (m3/dia)	Maior estimativa (m3/dia)	Desvio padrão (m3/dia)	Desvio padrão ao quadrado
Fraudes (35)	0%	0	0		0	0	0	0

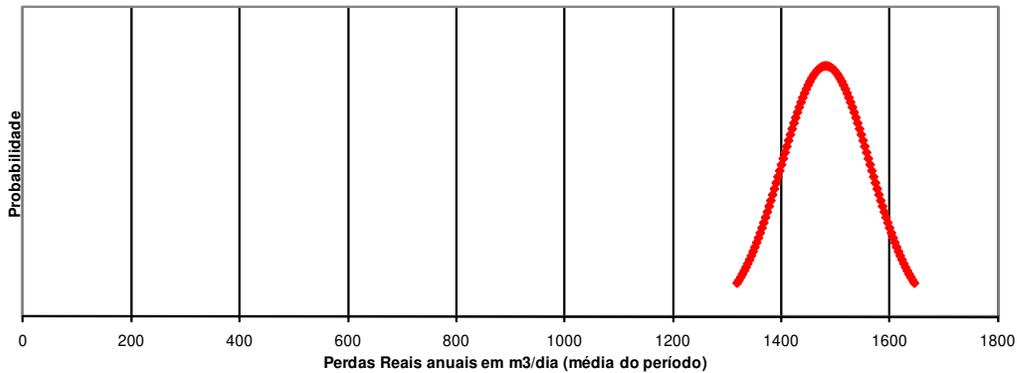
VOLUME ANUAL DE PERDAS APARENTES (NÃO FÍSICAS)								
	Volume estimado (m3)	volume médio diário (m3)	Erro máximo estimado com confiança = 95%, em %	Menor estimativa (m3/dia)	Maior estimativa (m3/dia)	Desvio padrão (m3/dia)	Desvio padrão ao quadrado	
	22.488	369	0,0%	369	369	0	0	

58 L/ramal.dia

VOLUME ANUAL DE PERDAS REAIS (FÍSICAS)								
	Volume estimado (m3)	volume médio diário (m3)	Erro máximo estimado com confiança = 95%, em %	Menor estimativa (m3/dia)	Maior estimativa (m3/dia)	Desvio padrão (m3/dia)	Desvio padrão ao quadrado	
	92.110	1.510	10,6%	1.349	1.670	82	6706	

239 L/ramal.dia

Distribuição de Probabilidade das Perdas Reais Calculadas a partir do Balanço Hídrico



Resultados Obtidos:

- Perda Total 297 L / ramal dia.
- Perda Aparente 58 L / ramal dia.
- Perda Real 239 L/ ramal dia.

Tabela 36 - Quadro Comparativo entre as duas Metodologias. Via programa elaborado por Lambert e Thornton (2002).

RESUMO DAS ESTIMATIVAS DAS PERDAS REAIS A PARTIR DO BALANÇO HÍDRICO E DAS VAZÕES MÍNIMAS NOTURNAS						
	Balanço Hídrico	Vazão Mínima Noturna	Valores Combinados		Perdas reais anuais inevitáveis	
Média	1510	1915	1509	m3/dia	202	m3/dia
Desvio Padrão	82	123		m3/dia		

Obs.: A média dos valores combinados é calculada a partir
do valor máximo das médias das probabilidades obtidas pelos dois métodos

Distribuição de Probabilidade das Perdas Reais Calculadas com Diferentes Métodos

◆ Balanço Hídrico
■ Vazão Mínima Noturna
▲ Valores Combinados

5.5.8. Análise dos resultados referentes ao Caso 2

Cálculo de Perdas Reais sem a realização do Step – Test estimando o valor de N1.

Neste caso adotou-se o valor de N1 na faixa definida na literatura (0,62 a 1,15), conforme descrito anteriormente.

Durante a realização das medições de pressões para cálculo do FND não ocorreu vazão no Ponto de Pressões Médias do Setor (PPMS) no dia 27/12/2011 às 12h51min e a retomada de abastecimento no mesmo dia às 16h36min.

Com exceção desta ocorrência a Estação Elevatória de Água Tratada Nastri apresentou funcionamento normal durante todo o período da pesquisa, inclusive no período em que houve a parada de abastecimento no Ponto de Pressões Médias do Setor (PPMS), conforme tabela 37.

Tabela 37 - Verificação quanto ao correto funcionamento da EEAT.

DATAHORA	NIVEL_RES m3	PRESSÃO_ATHENAS mca	VAZAO ATHENAS l/s	FREQ_ATHENAS Hz
27/12/2011 12:51	71,2	44,9	77,4	56,00625
27/12/2011 14:09	67,2	45,6	69,8	52,0125
27/12/2011 15:19	63,8	49,1	63	50,00625
27/12/2011 15:27	63,3	40,4	59,7	47,00625
27/12/2011 15:34	63,4	39,4	58,4	47,00625
27/12/2011 15:34	63,4	39,4	58,4	47,00625
27/12/2011 16:36	62,5	39,8	58,9	47,00625
27/12/2011 16:37	62,5	39,8	58,9	47,00625
27/12/2011 16:37	62,5	39,8	58,9	47,00625
27/12/2011 16:37	62,5	39,8	58,9	47,00625
27/12/2011 16:37	62,5	39,8	58,9	47,00625
27/12/2011 16:37	62,5	39,8	58,9	47,00625
27/12/2011 16:37	62,5	39,8	58,9	47,00625

Resultados.

Os resultados decorrentes da aplicação das metodologias foram muito bons, se compararmos a perda calculada com a perda total do Município inteiro.

a) Vazão Mínima Noturna.

N1 estimado 1,15

O FND calculado 27,53.

Perdas Reais por ramal: 302,5 L/Ramal dia.

Componentes da Vazão Mínima Noturna detalhados conforme tabela 35.

b) Balanço Hídrico.

Resultados Obtidos:

- Perda Total 297 L / ramal dia.
- Perda Aparente 58L / ramal dia.
- Perda Real 239 L/ ramal dia.

5.6. Considerações sobre a Metodologia das Vazões Mínimas Noturnas aplicada ao Setor Nastri

A Metodologia Vazões Mínimas Noturnas para a determinação de perdas reais apresentou grande eficiência ao ser utilizado neste Setor devido aos seguintes fatores:

- Pode-se observar que a Vazão Mínima Noturna observada em horários de pouco consumo são vazões estáveis, devido principalmente ao fato das caixas d'água domiciliar estarem cheias, e observa-se que grande parte da Vazão Mínima Noturna é resultante de vazamentos reais;
- A metodologia das Vazões Mínimas Noturnas utiliza um fator de correção diário (FND), que leva em consideração as variações de pressões no sistema ao longo das 24 horas e que a determinação deste fator não é tão simples, mas a proposição da variação da rotação da bomba possibilitou.
- Os resultados mostraram que existe a possibilidade do cálculo de perdas reais sem a necessidade de um histórico muito longo e detalhado do Sistema, possibilitando um primeiro diagnóstico na avaliação de perdas reais de um setor de abastecimento;
- Existe a possibilidade de cálculo das perdas reais a partir da Vazão Mínima Noturna que não depende da Micromedição. Evitando problemas decorrentes de erros provenientes da precisão de medição da hidrometria existente no setor;
- Existe a possibilidade de estimar grande parte dos componentes da Vazão Mínima Noturna.

A maior desvantagem observada na aplicação da Metodologia das vazões mínimas noturnas são os riscos ao sistema de abastecimento decorrentes da realização do (Step - Test), necessário à realização dos cálculos do N1.

5.7. Considerações sobre método Balanço Hídrico aplicado ao Setor Nastri

A aplicação do Método Balanço Hídrico encontrou as seguintes dificuldades:

- A Companhia de Saneamento implantou o TACE (Serviço de leitura de hidrômetros e emissão de Contas de forma simultânea) em Outubro de 2011, o problema encontrado foi à

implantação que resultou em um período sem leitura de hidrômetros de aproximadamente 45 dias dificultando bastante à obtenção de valores referentes a uma micromedição real do período.

- A dificuldade da transformação de Rotas de leitura em leituras referentes à micromedição do Setor de Abastecimento.
- O período de tempo muito curto disponível para a elaboração do Balanço Hídrico mais preciso, decorrente da instalação e operação do macromedidor, em Setembro de 2011.
- O Método emprega para efeito de cálculo as perdas que ocorrem no sistema de abastecimento de água até o ponto de entrega ao consumidor, geralmente dotado de hidrômetro e caixas d água, os vazamentos após a medição no hidrômetro não são calculados como perdas.
- Baixa precisão dos números associados á quantificação final das Perdas Reais.
- O cálculo de Perdas Aparentes levando-se em conta dados de macro e micromedição em sistemas com hidrômetros antigos.

As seguintes considerações foram adotadas na elaboração do Balanço Hídrico:

- a. Nos cálculos do Balanço Hídrico não foi considerado o volume operacional usado pela companhia para a lavagem das redes, pois o Reservatório do Setor não abastece caminhões tipo sewer-jet ou mini-jets para a lavagem de redes.
- b. O volume utilizado na lavagem dos reservatórios realizado no período foi considerado como perda pelos seguintes motivos:
 - Gastou-se cerca de 100.000 litros de água, para a lavagem das câmaras do Reservatório.

Tabela 38 - Resumo dos Resultados.

	Estudo de caso 1	Estudo de caso 2
Perdas Reais Vazão Mínima Noturna	305,3 L/ramal dia.	302,5 L/ramal dia
FND Vazão Mínima Noturna	25,43	27,53
Valor de N1 Mínima Noturna	1,20	1,15
Perdas Totais Balanço Hídrico	289 L/ramal dia.	297 L/ramal dia
Perdas Aparentes Balanço Hídrico	39 L/ramal dia.	58 L/ramal dia
Perdas Reais Balanço Hídrico	251 L/ramal dia.	239 ramal dia

Testes realizados no Japão e no Reino Unido, relatados por Lambert; Myers e Trow resultaram em valores entre 0,5 e 2,0, com médias entre 0,62 e 1,15 e os valores de NI encontrados situam-se nesta faixa. O valor de FND para ambos os casos ficaram próximos dando um indicativo de valor para esse sistema.

6. CONCLUSÕES

Com base nos objetivos propostos, as principais conclusões do trabalho apresentado são:

- A metodologia do Balanço Hídrico foi empregada em duas situações distintas, o que possibilitou avaliar seu comportamento, limitações e imprecisões, ao quantificar por meio de estimativas, as perdas reais e aparentes do sistema em estudo.

- O dados de operação, manutenção e cadastro lançados no programa para determinação de perdas reais anuais (Versão 1 A – SABESP – CIA de Saneamento Básico do Estado de São Paulo), forneceram resultado bem “aderentes” ao que se previa para o setor em estudo (decorrentes de análises em sítios com características similares).

- Um resultado adicional da pesquisa desenvolvida, permite concluir que a redução da pressão na estação de bombeamento se faz necessária, pois não há necessidade de se manter às 3h26min (menor valor da vazão noturna, 25,2 l/s) o sistema com pressão em seu ponto crítico de 13,2 mca. Sabe-se que o controle de pressão é o elemento mais importante na estratégia de controle de perdas físicas e que a redução de pressão é o caminho mais simples e de resultados mais imediatos para reduzir perdas físicas em sistemas de distribuição de água.

- A utilização do método das vazões mínimas noturnas utilizada nesta pesquisa se mostrou adequada, permitindo um diagnóstico das perdas reais, através do cálculo do N1 via Step – Test, por variação de frequência, podendo inclusive ser utilizada em outros sistemas de abastecimento, com características similares, lembrando que sistemas pressurizados com inversor de frequência é a atual tendência do saneamento e sistemas como esse aumentam em número de forma muito rápida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEGRE, H. et al. **Performance Indicators for Water Supply Services**, IWA-Operations & Maintenance Committee, International Water Association, 188p.London, 1999.

ALPHAPLAN, Consultoria e Projetos Ltda. **Prestação de Serviços de Engenharia para elaboração de Estudo de Concepção, Projeto de Setorização de Redes de Distribuição e Licenciamento Ambiental do Sistema de Abastecimento de Água de Itapetininga**. São Paulo, 2009. 3000p. Elaboração de estudo técnico via contrato CONTRATO Nº 8.034/08, apresentado a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo em dezembro de 2009.

ALVES, W.C et al. **Macromedição**. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNCDA, Secretária Especial de Desenvolvimento Urbano, Secretária de Política Urbana, 48p. Brasília, 1999.

AWWA, American Water Works Association. 1999. **AWWA Manual M36**. Denver: AWWA, 1999. ISBN 0-89867-485-0

BÁGGIO, M.A. apresentação. **Massp – Método de análise e solução de problemas de perdas d água e faturamento** In: Seminário de Perdas 1ª ed., 2006 Itapetininga 30p. Meio Digital.

CETRE DO BRASIL. Curso de detecção de vazamentos não visíveis – Métodos Acústicos - Nivel. 1. São Paulo, 2002. 80p.

CONEJO, J.G.L; LOPES, A.R.G; MARCKA, E. **Medidas de redução de perdas elementos para planejamento**. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNCDA, Secretária Especial de Desenvolvimento Urbano, Secretária de Política Urbana, 31p. Brasília, 1999.

FARLEY, M. et al. **The Manager's Non-Revenue Water Handbook a guide to Understanding Water Losses**. USA: United States Agency for International Development (USAID), 2008. 110p.

FILHO, J.T. **Controle e Redução de Perdas**. (A. do livro) Milton Tomoyuki Tsutiya. Abastecimento de Agua. 3ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.643p.

GARRETT, R.; BESSEY, S.G. **Managing Leakage – Summary Report (Report A)**, Engineering and Operations Committee, U.K. Water Industry , 1994.

GONÇALVES, E. **Metodologias para controle de perdas em sistemas de distribuição de água – Estudo de casos da CAESB**. UNB. Departamento de Engenharia Civil, Dissertação de mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos. Brasília, 1998.

GONÇALVES, E.; ALVIM, P.R.A. **Técnicas de operação em sistemas de abastecimento de água - Pesquisa e Combate a Vazamentos não Visíveis** Programa Nacional de Combate ao

Desperdício de Água – PNCDA, Secretária Especial de Desenvolvimento Urbano, Secretária de Política Urbana, 89 p. Brasília, 2007.

GUIMARÃES, J.R\$ 4,4 bilhões pelo ralo. **Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente**, v.51, n1, p. 42-50, Rio de Janeiro (RJ), Abril/Junho de 2009.

HURTADO, L. S. N. et al. **Manual de Operação. Detecção de Vazamentos não Visíveis**. São Paulo: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, 2004. 68p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) – IBGE Cidades 2011– Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default2.php> > Acesso em 20 Agosto de 2011.

IGNÁCIO, A.C. et al. **Manual de Formação Básica em Controle de Água**. São Paulo: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, 2003. 60p.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **DME/AV – AGRUPAMENTO DE VAZÃO / DME-AV-PE-21 – Procedimento de Ensaio. Calibração em campo e avaliação de erros de estações de macromedição de água com medidores de vazão por diferencial de pressão (Deprimogêneos)**. São Paulo, 2000. 30p.

IPT, CMF – Centro de Metrologia de Fluidos. **PITOT Planilha de aquisição Transdutores de Pressão, marca Smar, modelos LD 301 D1 e LD 301 D2**, versão 3.2. São Paulo: Fevereiro de 2006. Software específico para os transdutores de pressão D2 00024/06 e D1 00021/06.

LAMBERT, A; THORNTON, J. **Avaliação de Perdas Reais – Documento Traduzido dos Workshops da Consultoria e Treinamento realizados para a Sabesp**. São Paulo: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, 2002. 274p.

LAMBERT, A; THORNTON, J. **Programa Avançado para a determinação das perdas reais anuais – SABESP. Cia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo**, Versão 1A. São Paulo: Fevereiro de 2002. Software específico para cálculo de perdas da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.

LAMBERT A.; MYERS, S.; TROW, S.: Managing Water Leakage. In: **London Financial Time Energy Magazine**, 1998. 3p.

Maxxi Logger Compuway, ENOPS. **Maxxi Reader**. versão 2.32. São Paulo: Junho de 2011. Software específico para os equipamento Maxxi Logger.

MIRANDA, M. **Aplicação de um programa para diagnóstico e ações para recuperação de perdas em sistemas de abastecimento de água**. Projeto de Pesquisa: Bolsista, Unicamp, 2010. 6p. Meio Digital.

NIVETEC. **Medidor de Vazão Signet 2552**. Disponível em: < <http://www.nivetec.com.br/novosite/produto.asp?cat=2&pro=25> > Acesso em 15 de Dezembro de 2011.

NORMA TÉCNICA SABESP. **NTS 280: Calibração de macromedidores em campo – Procedimentos**. São Paulo, 2008. 87 p.

PALO, P.R. **Avaliação da eficácia de modelos de simulação hidráulicas na obtenção de informações para diagnóstico de perdas de água.** Tese (Mestrado em Engenharia) - Depto. de Engenharia Hidráulica, USP, 2010. 167p.

SABESP, Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Perdas. Nível Técnico Gerencial.** São Paulo, 2005. 71p.

SABESP, Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **CSI – Comercial Serviços e Informações,** 2012, Disponível em <<http://eae-prd.sabesp.com.br/csi/lang1/CMEZXIspecView.jsp>> Acesso em 10/07/2012.

SABESP, Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **SISPERDAS,** 2012, Disponível em < <http://portal-intranet.ti.sabesp.com.br/wps/myportal!/ut/p/c1/04> > Acesso em 14/07/2012.

SABESP/LYSA. **Programa de Redução de Águas não faturadas.** Relatório Síntese, São Paulo, LYSA: 1993.

SABESP- Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Serviço de Consultoria Técnica para Determinação da Relação entre Perdas Físicas e Variação da Pressão na Rede, através de Intervenções Monitoradas em Área Piloto da RMSP- 01/03/1998 a 30/03/1998- Relatório Final. Contrato 4134/97.** São Paulo, 1998, 39p

SANCHEZ, J.G. et al. **Avaliação de desempenho de macromedidores.** In: XIII ENCONTRO TÉCNICO DA AESABESP, 13., 2002, São Paulo. **Resumos.** São Paulo: AESABESP, 2002. Res.27.

SANTOS, C. A. F. et al. **Manual de Operação de Estação de Bombeamento.** São Paulo: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, 2003. 127p.

SANTOS, R. B. **Perdas de Água no Sistema de Distribuição para abastecimento público.** São Paulo,. Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Civil – Universidade Anhembi Morumbi, 2008. 68p.

THORNTON, J. **Water Loss Control Manual.** New York: McGraw-Hill, 2002. 240p

TSUTIYA, M.T. **Abastecimento de Água.** 3ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.643p.

U.K. WATER INDUSTRY MANAGING LEAKAGE. **Interpreting Measured Night Flows. Report E.** Reino Unido, 1994. 63p.

VALLOY. **Válvula de Retenção Silent:** Retenção Silent VA 401. Cumbica/São Paulo, 2002. 1p.

VECTOR – Engenharia e Sistema de Automação. **Sistema de Supervisão e Controle Itapetininga,** versão 2.0. São Paulo: 2006. Software específico para operação, monitoramento e controle do Sistema de Abastecimento de Água do Município de Itapetininga.

VIEIRA, A. C. C; CAROZZI, E. C **Resultados da aplicação de metodologia de campo para quantificação das perdas reais (físicas) e aparentes (não físicas) em sistemas de**

abastecimento de água da Sabesp, como ferramenta de gestão do controle de perdas. In: XVII ENCONTRO TÉCNICO DA AESABESP, 17, 2006, São Paulo. Resumos. São Paulo: AESABESP, 2006. Res.23.

VIEIRA, A. C. C; CAROZZI, E. C. Resultados da aplicação de metodologia de campo para quantificação das perdas reais (físicas) e aparentes (não físicas) em sistemas de abastecimento de água da Sabesp, como ferramenta de gestão do controle de perdas. In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental , 23, 2006, São Paulo. Resumos. São Paulo: ABES, 2006. Res.24.

YOSHIMOTO, P. M.; FILHO, J. T.; SARZEDAS, G. L. Controle da pressão na rede. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNCDA, Secretária Especial de Desenvolvimento Urbano, Secretária de Política Urbana, 43p. Brasília, 1999.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS CONSULTADAS NÃO REFERENCIADAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.218**: Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1994. 4p.

ENOPS ENGENHARIA. **Controle de Pressão**, 2011 – Disponível em: < <http://www.enops.com.br> > Acesso em 30 set. 2011.

GUMIER, C.C. **Aplicação de Modelo Matemático de Simulação – Otimização na Gestão de Perda de água em Sistema de Abastecimento**. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil Arquitetura e Urbanismo, Dissertação de Mestrado, na Área de Concentração de Recursos Hídricos. Campinas (SP), 2005.

MOTTA, R.G. **Importância da Setorização adequada para combate às perdas reais de água de abastecimento público**. Tese (Mestrado em Engenharia) – Depto. de Engenharia Hidráulica, USP, 2010.176p.

MOURA, E. A. et al. **Indicadores de perdas nos sistemas de abastecimento de água**. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNCDA, Secretária Especial de Desenvolvimento Urbano, Secretária de Política Urbana, 35p. Brasília, 1999.