

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

AVALIAÇÃO DA SUBMEDIÇÃO DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES
RESIDENCIAIS UNIFAMILIARES: O CASO DAS UNIDADES DE INTERESSE
SOCIAL LOCALIZADAS EM CAMPINAS

LEONEL GOMES PEREIRA

Orientadora: Prof^a Dr^a. MARINA SANGOI DE OLIVEIRA ILHA

Campinas, SP

Agosto de 2007

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

AVALIAÇÃO DA SUBMEDIÇÃO DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES
RESIDENCIAIS UNIFAMILIARES: O CASO DAS UNIDADES DE INTERESSE
SOCIAL LOCALIZADAS EM CAMPINAS

Engº. Leonel Gomes Pereira

Dissertação de Mestrado apresentada à Comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Edificações.

Campinas, SP

Agosto de 2007

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

P414a Pereira, Leonel Gomes
 Avaliação da submedição de água em edificações
 residenciais unifamiliares: o caso das unidades de
 interesse social localizadas em Campinas / Leonel
 Gomes Pereira.--Campinas, SP: [s.n.], 2007.

 Orientador: Marina Sangoi de Oliveira Ilha
 Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e
Urbanismo.

 1. Água – Consumo. 2. Hidrômetro. I. Ilha, Maria
Sangoi de Oliveira. II. Universidade Estadual de
Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e
Urbanismo. III. Título.

Titulo em Inglês: Water under measurement evaluation at one-family residential
buildings: a case of low income units located in Campinas, Brazil.

Palavras-chave em Inglês: Water metering, Water meter, Under measurement, Ball
cock faucets

Área de concentração: Edificações

Titulação: Mestre em Engenharia Civil

Banca examinadora: Lúcia Helena de Oliveira e Paulo Sérgio Franco Barbosa

Data da defesa: 29/08/2007

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Civil

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

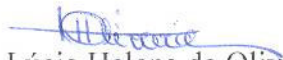
**AVALIAÇÃO DA SUBMEDIÇÃO DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES
RESIDENCIAIS UNIFAMILIARES: O CASO DAS UNIDADES DE INTERESSE
SOCIAL LOCALIZADAS EM CAMPINAS.**

Leonel Gomes Pereira

Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



Prof.(a).Dr(a). Marina sangoi de oliveira ilha
Presidente e Orientador(a)
FEC UNICAMP



Prof.(a).Dr(a). Lúcia Helena de Oliveira
EP-USP



Prof. Dr. Paulo Sérgio Franco Barbosa
FEC UNICAMP

Campinas, 29 de agosto de 2007

Resumo

PEREIRA, L.G. **Avaliação da submedição de água em edificações residenciais unifamiliares: o caso das unidades de interesse social localizadas em Campinas.** Campinas, 2007. 101 f. Dissertação de mestrado - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas.

Estima-se que atualmente no Brasil cerca de 8 a 23% do volume de água potável produzido seja perdido em função da submedição causada principalmente pelo superdimensionamento dos medidores, ou por algum fator externo ao mesmo. Em sistemas de abastecimento indireto, é comum a ocorrência de baixas vazões, devido ao tipo de componente de controle empregado, ou seja, válvulas de bóia convencionais. Este trabalho apresenta um estudo de caso desenvolvido com o objetivo de determinar o volume não contabilizado (perdas) por submedição, identificar suas causas e obter, assim, subsídios necessários à proposição de medidas que conduzam à otimização da medição de água. Contempla duas etapas: uma investigação em campo e uma investigação laboratorial. A coleta de dados em campo foi efetuada através da instalação de medidores volumétricos em série com os medidores das edificações selecionadas e aferição dos medidores em faixas de vazão determinadas. A investigação laboratorial foi efetuada para a verificação do comportamento de torneiras de bóia convencional e de alta vazão frente a uma mesma situação de abastecimento, avaliando-se a ocorrência da submedição. O estudo permitiu verificar o volume de água não contabilizado pelo hidrômetro, o conhecimento do comportamento das vazões no setor abordado, a determinação do indicador de consumo, a avaliação dos medidores instalados quanto à precisão da medição, a identificação das perdas nos hidrômetros por submedição, além da verificação do comportamento das torneiras de bóia.

Palavras chave: medição de água, hidrômetro, erro de medição, submedição, torneira de bóia.

Abstract

Water consumption under measurement can represents about 8 to 23% of the produced water in Brazil. It can be caused by oversized meters or others external cause. Low flows are common in cold water systems with a reservoir controlled by conventional ball cock faucets. This work presents a study case developed in 22 low-income houses located in Campinas, Sao Paulo that aims to determine the water consumption under measured, to identify its causes and to formulate actions to reduce this problem. Its also contemplates a laboratory investigation to analyze the performance of conventional and ultra high flow ball cock faucets in the same situation of supplying. The results of the study can indicate some methods reduce the under measurement of water like the use of water meters with different range of accuracy combined with two types of ball cock faucets. Besides that, it could be checked the water volume lost by the actual model used, flow behavior of the population studied, a consumption index , the evaluation of the water meters installed in that region considering the measurement accuracy.

Key words: water metering, water meter, under measurement, ball cock faucets.

Sumário

Lista de tabelas	xi
Lista de figuras	xiii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. ESTRUTURA DO TRABALHO	3
2. OBJETIVOS	5
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
3.1. O ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO BRASIL.....	7
3.2. CARACTERIZAÇÃO DOS HIDRÔMETROS UTILIZADOS EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS NO BRASIL	12
3.3. NORMALIZAÇÃO E REGULAMENTAÇÃO DOS HIDRÔMETROS	18
3.4. PROBLEMAS RELACIONADOS COM A MEDIÇÃO DE ÁGUA	26
3.4.1. <i>Problemas decorrentes da ação das pessoas</i>	26
3.4.2. <i>Problemas relacionados à falhas do sistema de abastecimento de água</i>	36
3.4.3. <i>Problemas relacionados ao medidor</i>	38
3.5. DIMENSIONAMENTO DE HIDRÔMETROS.....	43
3.5.1. <i>Método baseado na determinação do volume consumido em um determinado período de tempo</i>	44
3.5.2. <i>Método baseado na determinação da vazão</i>	47
3.5.3. <i>Método baseado no perfil de abastecimento</i>	52
4. METODOLOGIA.....	55
4.1. INVESTIGAÇÃO EM CAMPO.....	55
4.1.1. <i>Seleção das unidades caso a serem investigadas</i>	55
4.1.2. <i>Definição dos instrumentos de coleta dos dados</i>	57
4.1.3. <i>Coleta dos dados</i>	60
4.1.4. <i>Organização dos dados para as análises</i>	61

4.2.	INVESTIGAÇÃO LABORATORIAL	64
4.2.1.	<i>Montagem do aparato experimental</i>	64
4.2.2.	<i>Realização dos ensaios</i>	66
4.2.3.	<i>Organização dos dados para as análises</i>	67
5.	RESULTADOS E ANÁLISES.....	69
5.1.	CARACTERIZAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA – PERFIL TÍPICO DE ABASTECIMENTO	69
5.2.	DETERMINAÇÃO DO INDICADOR DE CONSUMO.....	72
5.3.	DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE SUBMEDIÇÃO E AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS DE HIDRÔMETROS	76
5.4.	AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DO PERFIL DE VAZÕES PARA TORNEIRAS DE BÓIA CONVENCIONAIS E DE ALTA VAZÃO.....	90
5.5.	AVALIAÇÃO COMPARATIVA DE ALTERNATIVAS PARA A REDUÇÃO DA SUBMEDIÇÃO	91
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	95
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
 ANEXO A: Perfil de abastecimento das unidades investigadas: vazões médias, mínimas máximas.		
 ANEXO B: Indicador de consumo para cada unidade investigada.		
 ANEXO C: Porcentagem do volume e do tempo total correspondente a cada faixa de vazão de cada unidade investigada.		

Lista de tabelas

Tabela 3.1 – Quantidade de hidrômetros instalados por região no Brasil.	8
Tabela 3.2 – Perdas reais nos sistemas públicos.	11
Tabela 3.3 – Menor divisão da escala do hidrômetro.	19
Tabela 3.4 – Classes de hidrômetros e correspondentes valores das vazões mínima ($Q_{\min}$) e vazão de transição (Q_t).	23
Tabela 3.5 – Consumo estimado em edificações residenciais.	45
Tabela 3.6- Seleção do medidor em função do consumo total estimado.	46
Tabela 3.7 – Seleção de hidrômetros em função do volume máximo mensal.	46
Tabela 3.8 – Seleção de hidrômetros em função do consumo mensal.	47
Tabela 3.9 – Pesos relativos dos pontos de utilização.	48
Tabela 3.10 – Fator multiplicativo da vazão.	49
Tabela 3.11 - Vazão mínima para torneiras de bóia.	51
Tabela 4.1– Faixas de vazão empregadas para o agrupamento dos dados levantados.	62
Tabela 5.1 – Distribuição dos valores médios do IC – 20 residências.	74
Tabela 5.2 Porcentagem do volume e do tempo total de medição correspondente a cada faixa de vazão – uma residência.	78
Tabela 5.3 – Vazões normalizadas dos medidores de classe metrológica B.	81
Tabela 5.4 – Valores médio, máximo e mínimo dos erros dos medidores retirados de campo.	82
Tabela 5.5- Valores médios, máximo e mínimo de erros dos medidores novos.	83

Tabela 5.6 – Resultado das aferições dos hidrômetros retirados de campo e dos novos segundo os parâmetros da portaria do INMETRO.....	85
Tabela 5.7 – Índice de submedição encontrado para a amostra de residências investigadas.	86
Tabela 5.8 – Simulação para utilização de medidor classe C.	88
Tabela 5.9 – Avaliação qualitativa de alternativas estudadas para redução da submedição.	92

Lista de figuras

Figura 3.1 – Hidrômetro unijato ou monojato.....	14
Figura 3.2 – Relojoaria inclinada e medidor unijato com relojoaria pré-equipada.....	16
Figura 3.3 – Medidor multijato.....	16
Figura 3.4 – Hidrômetro Volumétrico.	18
Figura 3.5 – Curva de erros do hidrômetro.	20
Figura 3.6 – Perfil de abastecimento típico - medidores de vazão nominal igual a 0,75 m ³ /h.	25
Figura 3.7 – Caixa de proteção com tubo camisa.....	28
Figura 3.8 – Medidor violado com lacre quebrado e relojoaria retirada.....	30
Figura 3.9 – Medidores violados com furo na cúpula.	30
Figura 3.10 – Hidrômetros com ocorrência de vandalismo.	32
Figura 3.11 – Medidor instalado inclinado.	34
Figura 3.12 – Medidor com filtro obstruído.	38
Figura 3.13 – Tipos de sistemas de abastecimento de água em edificações residenciais unifamiliares no Brasil.....	42
Figura 3.14 – Comportamento da torneira de bóia.	51
Figura 3.15 – Exemplo de perfil de abastecimento de uma residência.	53
Figura 4.1– Setor de abastecimento selecionado para a realização da investigação em campo.....	56
Figura 4.2– Curva de calibração média dos medidores-empregados para a aquisição dos dados em campo.	59
Figura 4.3 – Conjunto utilizado para a coleta de dados.....	60
Figura 4.4 – Aparato experimental empregado para a realização dos ensaios em laboratório..	65

Figura 4.5 – Torneiras de bóia utilizadas na investigação laboratorial.	67
Figura 5.1 – Perfil típico de abastecimento: vazões médias, mínimas e máximas em cada hora – todas as unidades investigadas.	70
Figura 5.2 - Perfil típico de abastecimento: vazões médias, mínimas e máximas em cada hora – uma das residências investigadas.....	71
Figura 5.3 - Indicador de consumo de uma unidade investigada.	72
Figura 5.4 – Valor do IC médio, máximo e mínimo as 20 unidades investigadas – dias úteis.....	73
Figura 5.5–Valor do IC médio, máximo e mínimo para as 20 unidades investigadas – finais de semana.	73
Figura 5.6 – Valores do IC médio compreendidos na faixa de 100 a 250 L/hab*dia – dias úteis.	75
Figura 5.7 – Valor do IC compreendido na faixa de 251 a 350 L/hab*dia – dias úteis.....	75
Figura 5.8- Curva característica média dos medidores classe B e do medidor-padrão.	77
Figura 5.9– Incidência média das vazões médias nas faixas de vazão consideradas – todas unidades.	79
Figura 5.10 – Perfil de abastecimento típico proposto pela norma para medidores de vazão nominal 0,75 m³/h e perfil de abastecimento típico encontrado no estudo.....	80
Figura 5.11– Incidência das vazões medidas nas faixas de vazão normalizadas para os medidores utilizados na investigação.....	82
Figura 5.12 – Curvas características de um medidor após ensaio de desgaste acelerado.	87
Figura 5.13 – Comportamento das vazões ao longo do tempo – torneiras de bóia convencional e de alta vazão investigadas.	90

Dedicatória

**À minha esposa Gal,
meu maior tesouro.**

Agradecimentos

Expresso meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas e instituições que direta ou indiretamente colaboraram para a execução deste trabalho.

À minha orientadora Profa. Dra. Marina Sangoi de Oliveira Ilha pelos ensinamentos, dedicação, amizade e por acreditar que eu poderia chegar aqui.

A Sanasa Campinas pelo apoio logístico, disponibilização de equipamentos e apoio durante a realização dos estudos.

A FEC Unicamp pelo suporte durante todo o período do meu curso de mestrado.

A minha esposa Gal, aos meus pais Ivan e M^a Aparecida e meus sogros Dr. Mauro e Tia Evânia, por sempre me apoiarem.

Ao Affonso e a TT, fontes de inspiração.

As minhas irmãs Cris e Ivanéia, aos sobrinhos Helóiza, Natália, Felipe, Paulinha, Geovanna, Carol e Eduardo e ao Xixan e Adriana, pela amizade e carinho.

Aos meus amigos Marcelo e Luis e a todas as pessoas da LM pela ajuda principalmente nos momentos em que estive ausente.

A equipe da Sanasa Campinas em especial aos Eng^o Maurício André Garcia, Eng^a Lina Cabral Adani, Eng^o Edson Sasaki e Tecnol. Rita de Cássia, pelo constante apoio. Aos Eng^o Valdi e a Eng^a Débora pelo auxílio na coleta dos dados em campo. Aos colegas Rocha, João e Geraldo pelos trabalhos de laboratório executados.

Aos moradores do Jardim Garcia pela boa recepção durante os trabalhos de campo.

Ao Vereador Vinícius Gratti e sua equipe pela confiança e incentivo.

A toda equipe do Lepsis (Laboratório de Ensino e Pesquisa em Sistemas Prediais) em especial aos amigos Marcus, Osvaldo, Laís, Solange, Luciana e Liwana.

A todos os colegas da pós graduação.

Aos funcionários da FEC.

A todos os amigos e familiares que me acompanharam durante esta jornada.

A todos vocês **muito obrigado!**

1. Introdução

É crescente a preocupação da sociedade com a escassez de água, especialmente nas regiões com grande densidade populacional.

A conservação de água envolve tanto ações voltadas para o uso racional (redução de consumo e desperdícios) quanto o emprego de fontes alternativas, tais como água pluvial, de reuso, de rebaixamento de lençol freático, de poços artesianos, entre outros, sendo imprescindível um sistema de gestão para perenidade e controle das ações de conservação.

Um dos principais requisitos para uma adequada gestão do uso da água é a existência de medição. Mais de 90% das residências brasileiras possuem medidores de água (IBGE, 2002), porém existe um grande número de hidrômetros que nunca foram submetidos a qualquer tipo de manutenção, cujo funcionamento pode estar prejudicado.

A correta medição dos volumes de água constitui um importante aliado no combate ao desperdício, pois permite apurar os volumes reais utilizados em substituição à aplicação de taxas baseadas em consumos médios, além de possibilitar a detecção de vazamentos porém, devido às características construtivas dos hidrômetros utilizados no país e também às exigências das normas brasileiras, que indicam a necessidade de reservatórios de água nas edificações, a submedição está presente em quase todas as ligações de água, e a sua magnitude depende não somente das características dos medidores utilizados como também do perfil do abastecimento, o qual, por sua vez depende, entre outros, das características geométricas do reservatório, da torneira de bóia empregada, além do perfil de consumo

de água da edificação.

Entende-se por submedição a incapacidade de um determinado hidrômetro de medir com exatidão quando submetido a vazões extremamente baixas.

Além das questões técnicas, outras variáveis determinam a seleção de um medidor, tais como o seu custo e a relação custo/benefício. A situação ideal seria aquela em que o rendimento da medição fosse 100%, ou seja, que toda água que passasse pelo medidor fosse integralmente medida com plena exatidão, porém, em termos reais, nem sempre isso é possível ou viável, tanto porque existem equipamentos no mercado com as características metrológicas necessárias, como devido ao elevado preço de determinados equipamentos, o que torna o custo muito elevado em relação ao benefício.

A criação de setores típicos de abastecimento, o levantamento do perfil de abastecimento e a conseqüente elaboração dos histogramas com a intensidade, freqüência e duração das vazões poderiam levar a um dimensionamento mais adequado desses equipamentos.

É freqüente, no Brasil, empresas de saneamento básico operarem com índices de perdas de até 50% (SNIS,2005). Estas perdas podem ser classificadas em reais e aparentes.

A submedição é um tipo de perda aparente causada, conforme destacado anteriormente, principalmente pelas limitações metrológicas do medidor e agravada por fatores externos que provocam a perda de sensibilidade desse equipamento (Nielsen *et al.*, 2003). Conforme Sanchez, Motta e Alvez (2000), o índice de submedição de água no Brasil varia na faixa entre 8 e 23%.

Inserido nesse contexto, este trabalho consiste em uma avaliação da submedição de água em edificações residenciais e na proposição de medidores que

reduzam este problema, tendo como objeto de estudo uma amostra de unidades residenciais de interesse social localizadas em Campinas, São Paulo.

1.1. Estrutura do Trabalho

O presente trabalho está estruturado em 6 capítulos, conforme segue.

O capítulo 2 apresenta os objetivos a serem atingidos com o desenvolvimento dessa dissertação de mestrado.

No capítulo 3 é apresentada a revisão bibliográfica, que contempla os seguintes itens: a questão do abastecimento de água no Brasil, a caracterização dos hidrômetros utilizados em edificações residenciais no Brasil e a respectiva normalização e, por último, uma classificação e caracterização dos problemas relacionados com a medição de água.

A metodologia empregada para o desenvolvimento desse trabalho, que contempla uma investigação em campo e uma investigação em laboratório é apresentada no capítulo 4.

O capítulo 5 apresenta os resultados obtidos e as análises realizadas.

Finalmente, no capítulo 6, são apresentadas as considerações finais, seguidas das referências bibliográficas e dos anexos.

2. Objetivos

As questões que motivaram o desenvolvimento desse trabalho são as seguintes: qual a magnitude da submedição de água em edificações que possuem reservatórios, cujo controle do abastecimento é efetuado por meio de torneiras de bóia? Que medidas podem ser adotadas para atenuá-la ou eliminá-la?

Assim, o propósito deste estudo é verificar se existe submedição nessas condições e, caso afirmativo, qual a sua magnitude para, a partir disso, propor soluções que minimizem ou eliminem esse problema, tendo como objeto de estudo as edificações residenciais de interesse social térreas.

Como objetivos secundários pretende-se:

- elaborar o histograma das vazões que ocorrem no sistema de abastecimento das referidas edificações e confrontá-lo com as vazões características dos hidrômetros instalados;
- avaliar as faixas de vazão detectadas pelo hidrômetro existente e por um medidor com vazão nominal inferior;
- levantar os perfis típicos das vazões (mínimas, médias e máximas) no sistema de abastecimento das referidas edificações e
- determinar o indicador de consumo (volume total consumido em um determinado período de tempo dividido pelo número de agentes

consumidores nesse mesmo período) das referidas edificações.

Além disso, pretende-se:

- identificar os principais problemas relacionados com a medição de água em edificações residenciais unifamiliares e
- levantar os diferentes métodos usualmente empregados para o dimensionamento de medidores de água no Brasil.

3. Revisão Bibliográfica

Este capítulo apresenta inicialmente um panorama do abastecimento de água no país.

Na seqüência, são apresentados os tipos de hidrômetros utilizados em edificações residenciais, e a respectiva normalização e regulamentação.

Por fim, são apresentados os principais problemas relacionados com a medição de água, os quais foram classificados em decorrentes das ações das pessoas; relacionados com as falhas do sistema de abastecimento de água e com o medidor propriamente dito.

3.1. O Abastecimento de água no Brasil

O abastecimento de água é uma questão fundamental para a melhoria da qualidade de vida e da saúde da população. No Brasil, o número de domicílios atendidos por serviço de abastecimento de água, seja pela rede pública ou não, cresceu significativamente nos últimos anos, passando de 96% dos 4425 municípios em 1989 para 98% dos 5.507 municípios em 2000. Desse total, apenas 64% dos domicílios encontram-se atendidos por rede de distribuição pública de água. A maior cobertura está na região sudeste, (70,5% dos domicílios) e as menores estão nas regiões Norte e Nordeste, onde 44,3% e 52,9%, dos domicílios, respectivamente, são atendidos (IBGE,

2002).

Em 2000, a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico revelou que 116 municípios são desprovidos de serviço de abastecimento de água, a maior parte deles situada nas regiões norte e nordeste. O abastecimento desses municípios é efetuado por meio de fontes alternativas como chafarizes, fontes, poços particulares, caminhões pipa ou diretamente dos cursos naturais d'água (IBGE, 2002).

Segundo essa mesma fonte, existem no país 30.585.732 ligações de água sendo que 18,2% não possuíam medidores para a contabilização dos volumes consumidos. O maior índice de ligações sem hidrômetro está na região Norte, onde 63% das edificações atendidas por sistema de abastecimento de água não possuem medição. Na Tabela 3.1 são apresentadas as quantidades de medidores por região do país.

Tabela 3.1 – Quantidade de hidrômetros instalados por região no Brasil.

Região	Ligações de Água		
	Total	com hidrômetro total (porcentagem)	sem hidrômetro total (porcentagem)
Norte	1.417.901	524.314 (36,98)	893.587 (63,02)
Nordeste	7.235.450	5.026.891 (69,48)	2.208.559 (30,52)
Sudeste	14.648.948	13.270.733 (90,59)	1.378.215 (9,41)
Sul	5.099.790	4.344.740 (85,19)	755.050 (14,81)
Centro-Oeste	2.183.643	1.839.879 (84,26)	343.764 (15,74)
Total	30.585.732	25.006.557 (81,76)	5.579.175 (18,24)

Fonte: IBGE, (2002)

Existem 2704 concessionárias de água e esgoto no país, segundo dados do sistema nacional de informações sobre saneamento, algumas de abrangência regional (empresas com grande área de atuação, tais como as empresas estaduais), micro-regional (empresas que atuam em pequenas regiões) e local de direito público (serviços municipais).

Desse total, apenas 24 são empresas operadas pela iniciativa privada (SNIS, 2004).

Independentemente do tipo de concessionária e do grau de abrangência de sua atuação, é freqüente a ocorrência de índices de perdas superiores a 40%.

Do ponto de vista operacional, as perdas de água correspondem ao volume produzido e não contabilizado e a sua avaliação é feita através da comparação entre o volume enviado de um determinado ponto do sistema e o volume recebido em um ou mais pontos. A International Water Association (IWA) divide as perdas em duas categorias: aparentes e reais (Thornton, 2002).

As perdas reais são aquelas causadas por vazamentos. Podem ser classificadas em operacionais e acidentais.

As perdas operacionais estão associadas aos procedimentos de operação do sistema. Os volumes excedentes aos estritamente necessários à lavagem de filtros em estações de tratamento de água (ETA), as descargas necessárias para limpeza de redes e reservatórios, além de extravasamentos indesejáveis nos sistemas de reservação são alguns exemplos.

As perdas acidentais, que estão associadas a problemas nas redes de distribuição, subadução, adução e também nos ramais prediais podem ser divididas em rompimentos e vazamentos.

Os rompimentos caracterizam-se pela quebra ou ruptura da tubulação. Devido a sua grande magnitude, usualmente são de mais fácil identificação.

Os vazamentos, que podem ser visíveis ou não, são perdas que ocorrem ao longo da tubulação devido a problemas tais como tubo partido ou furado, anéis de vedação com defeito e problemas nas conexões, entre outros.

Segundo Alves *et al.* (2004), 70 a 90% dos vazamentos no sistema urbano estão nos ramais prediais e, em termos de volume perdido, a maior incidência é nas tubulações das redes de distribuição.

Thornton (2002) cita que as principais causas das perdas reais são:

- mão-de-obra desqualificada;
- materiais de baixa qualidade;
- grandes oscilações de pressão ou sobrepressões;
- corrosão;
- vibrações e carregamentos provenientes do tráfego e
- falta de manutenção preventiva.

As perdas podem ocorrer nas diferentes partes do sistema. A Tabela 3.2 apresenta as localizações mais freqüentes, com a respectiva causa e magnitude.

Tabela 3.2 – Perdas reais nos sistemas públicos.

Subsistema	Causa	Magnitude
Adução de água bruta	Vazamento nas tubulações Limpeza de poço de sucção	Variável, função do estado das tubulações e da eficiência operacional
Tratamento	Vazamentos estruturais Lavagem de filtros Descarga de lodo	Significativa, função do estado das instalações e da eficiência operacional
Reservação	Vazamentos estruturais Extravazamentos Limpeza	Variável, função do estado das instalações e da eficiência operacional
Adução de água tratada	Vazamentos nas tubulações Limpeza do poço de sucção Descargas	Variável, função do estado das tubulações e da eficiência operacional
Distribuição	Vazamentos na rede Vazamentos em ramais Descargas	Significativa, função do estado das tubulações e principalmente das pressões

Fonte: Marcka, Conejo e Silva, 2004.

Por sua vez, as perdas aparentes correspondem ao volume de água que é consumido e não faturado. O principal indicador das perdas aparentes é a relação entre o volume produzido e o volume faturado, ou seja, a água que é consumida e não faturada.

Segundo Alves *et al.* (2004), “as perdas aparentes são normalmente expressivas e podem representar 50% ou mais do volume de água não faturada, dependendo de aspectos técnicos, tais como critérios de dimensionamento e manutenção preventiva de hidrômetros e de procedimentos comerciais e de faturamento, que necessitam de um gerenciamento integrado”.

A medição é uma ferramenta indispensável para a operação e gerenciamento dos serviços de água. Segundo Nielsen *et. al* (2003), uma medição de boa qualidade pode ser descrita como aquela que:

- contabilize eventuais fugas que possam ocorrer e que a submedição não seja significativa;
- os usuários tenham a segurança que não ocorre sobremedição e
- o volume de água consumido pelos usuários seja contabilizado por medidores de água homologados, testados e aprovados.

As perdas reais não constituem escopo do presente trabalho, apenas as aparentes e, mais especificamente, aquelas provocadas por problemas na medição.

Nesse sentido, os itens seguintes apresentam uma caracterização dos medidores de água (hidrômetros) e os principais problemas relacionados com a medição, decorrentes de diferentes causas.

3.2. Caracterização dos hidrômetros utilizados em edificações residenciais no Brasil

A medição da água em edificações residenciais pode ser feita basicamente de duas formas:

- **indireta ou inferencial**, em que o volume é obtido através da contabilização de outras grandezas que são influenciadas pela passagem do fluxo da água, princípio de funcionamento dos medidores velocimétricos e
- **direta**, em que a partir de um recipiente de volume previamente conhecido, o volume é obtido através da contagem do número de vezes que este recipiente foi enchido e posteriormente esvaziado, princípio de funcionamento dos medidores volumétricos.

Os hidrômetros começaram a ser produzidos no início do século 20, porém tiveram seu uso mais difundido a partir dos anos 40, com o surgimento dos medidores velocimétricos. Devido ao baixo custo e simplicidade de manutenção, os medidores velocimétricos foram se popularizando no mundo e hoje são os instrumentos mais utilizados. No Brasil, representam a grande maioria. O funcionamento se baseia na contagem do número de revoluções da turbina, que é movimentada pela passagem da água. O número de revoluções é diretamente proporcional à velocidade de escoamento (ALVES *et al.*, 2004).

Segundo os referidos autores, inicialmente os medidores velocimétricos eram produzidos com transmissão mecânica, onde o giro da turbina era transmitido diretamente às engrenagens do trem redutor dentro da relojoaria por meio de um eixo. Atualmente, quase que a totalidade dos medidores produzidos são de transmissão magnética, onde o giro da turbina é transmitido à relojoaria através de ímãs. Neste tipo de transmissão, há uma completa separação da turbina, que trabalha imersa em água, da relojoaria, que é totalmente seca e selada. Esta condição também possibilita que a relojoaria seja giratória, podendo desta forma ser melhor ajustada para facilitar a leitura. A transmissão magnética torna os medidores menos sensíveis a sólidos em suspensão na água, prolongando a sua vida útil.

Dentre as principais vantagens da utilização dos medidores velocimétricos, destacam-se:

- menor perda de carga e menor custo que os volumétricos e
- possibilidade de funcionamento acima das vazões de projeto em situações extremas.

Por outro lado, estes equipamentos possuem uma vida útil menor que os volumétricos, além de necessitarem de uma série de cuidados na instalação, tais como: posicionamento na horizontal, trechos retos de tubulação a montante e a jusante para regularização do fluxo, entre outros. Os principais tipos existentes são hidrômetros

monojato (ou unijato), multijato, tipo Woltmann e compostos (ALVES *et al.*, 2004; COELHO, 1996).

Os hidrômetros velocimétricos tipo monojato ou unijato caracterizam-se pela incidência direta do fluxo da água tangencialmente nas palhetas da turbina, sob a forma de um único jato (Figura 3.1). Na sua grande maioria são de transmissão magnética e relojoaria seca.

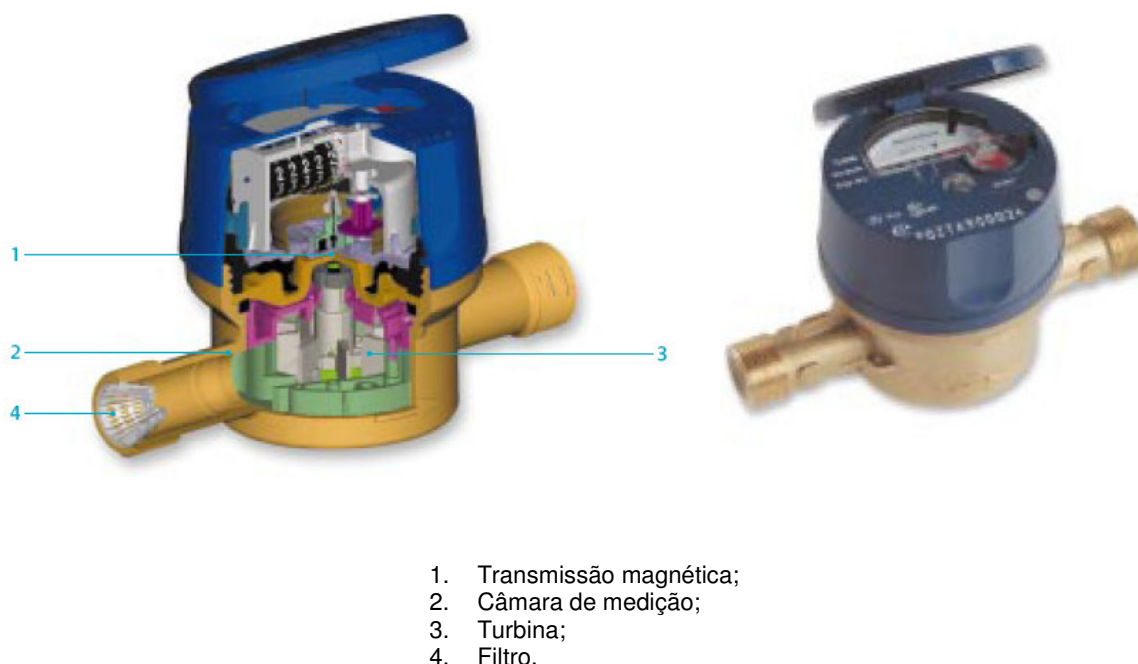


Figura 3.1 – Hidrômetro unijato ou monojato.

Fonte: Actaris (2002)

São fabricados nas classes metrológicas¹ A, B e C nos diâmetros de 15 mm (1/2") a 100 mm (4"). Para medições em edificações residenciais unifamiliares

¹ Classes metrológicas são parâmetros pré-determinados que estabelecem os valores limites que os medidores deverão medir dentro de uma faixa de erros admissíveis.

normalmente são utilizados os de diâmetro 15 mm e 20 mm, nas vazões nominais de 0,6 a 1,5 m³/h.

Devido as suas características construtivas, estes medidores possuem maior sensibilidade quando comparados ao modelo multijato. Em ensaios de bancada, comparando medidores novos e de mesma capacidade, partindo da situação estática e incrementando gradualmente a vazão, nota-se que os medidores unijato tem seu início de funcionamento real anterior ao modelo multijato, ou seja, há uma menor força de atrito a ser vencida pelas forças de empuxo do fluxo da água, apesar dos dois modelos atenderem às mesmas exigências normativas (ALVES *et al.*, 2004; COELHO, 1996).

Conforme já citado, estes equipamentos também são mais sensíveis, devendo ser sempre instalados na posição horizontal, com a relojoaria nivelada. As condições de aproximação do fluxo da água também podem influenciar a medição.

Alguns modelos produzidos no Brasil possuem relojoaria inclinada em um ângulo de aproximadamente 45° para facilitar a leitura, existindo também medidores fabricados para receberem sensores de telemetria tipo M-Bus ou pulsados (Figura 3.2), sendo que estes últimos recebem a denominação de “pré-equipados”.

Por sua vez, o hidrômetro velocimétrico tipo multijato é o modelo mais popular no Brasil, sendo fabricado desde a década de 20. Possui uma câmara de medição dotada de várias fendas que direcionam o fluxo da água tangencialmente à turbina, fazendo-a girar (Figura 3.3). Até os anos 80, eram produzidos com transmissão mecânica. Atualmente, a grande maioria possui transmissão magnética. Estão disponíveis no mercado nas classes metrológicas A, B e C e nos diâmetros de 15 mm (1/2”) a 50 mm (2”). São mais resistentes e duráveis que os medidores monojato, devido a sua concepção mais robusta porém, possuem um custo um pouco mais elevado, cerca de 8 a 10% (ALVES *et al.*, 2004; COELHO, 1996).



Figura 3.2 – Relojoaria inclinada e medidor unijato com relojoaria pré-equipada.

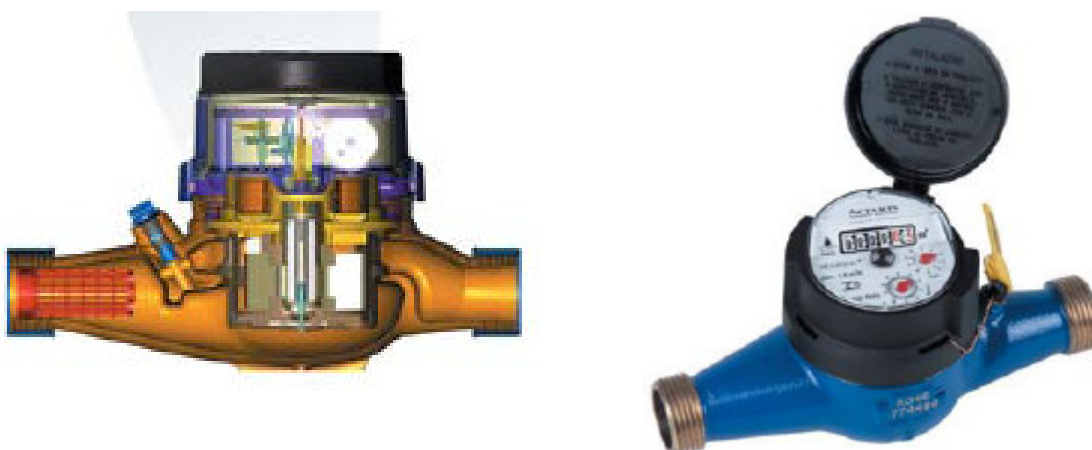


Figura 3.3 – Medidor multijato.

Fonte: Actaris (2002)

Os hidrômetros velocimétricos do tipo Woltmann consistem em um molinete instalado em um conduto forçado, onde o fluxo da água provoca a rotação da turbina. Estes medidores são normalmente utilizados para medição de grandes volumes, sendo fabricados somente em diâmetros superiores a 50 mm (2”).

São produzidos em dois modelos: horizontal ou axial, onde a turbina é posicionada paralelamente ao fluxo da água e vertical, em que a turbina é posicionada perpendicularmente ao fluxo de água.

Apesar de serem largamente utilizados pelas companhias de saneamento para medição e faturamento de grandes consumidores, tais como indústrias, condomínios residenciais, entre outros, os medidores tipo Woltmann não possuem aprovação de modelo junto ao INMETRO, pois não são contemplados pela portaria 246 (INMETRO, 2000).

Nos medidores compostos, há a associação de um medidor de maior diâmetro, denominado principal, normalmente tipo Woltmann, com um medidor de menor diâmetro, denominado secundário, usualmente multijato. Através de uma válvula de comutação os medidores operam separadamente: em baixas vazões, somente o secundário e, em altas vazões, somente o principal. A principal vantagem deste tipo de medidor está na capacidade de medir desde as vazões iniciais do medidor secundário até a vazão nominal do principal, porém nos últimos anos este modelo vem perdendo mercado para medidores tipo monojato classe C, que também operam em uma grande faixa de medição, com um custo bastante inferior ao composto (ALVES *et al.*, 2004; COELHO, 1996).

Por fim, o hidrômetro volumétrico tem seu princípio de funcionamento baseado na medida real de volumes a partir do enchimento e esvaziamento, de forma cíclica, de câmara (Figura 3.4). Esta característica o torna bem mais sensível a baixas vazões que os velocimétricos; alguns medidores têm seu início de funcionamento próximo da vazão de 1 litro por hora, porém seu uso ainda é muito restrito no Brasil. Devido as suas características construtivas esses equipamentos podem apresentar problemas de travamento quando da presença de sólidos, que pode ocasionar o bloqueio da passagem da água. Este fator, aliado ao custo e à necessidade de importação reduzem a sua aplicação no país. Recentemente, um fabricante iniciou a produção de um modelo

nacional aprovado junto ao INMETRO, sendo que até então os medidores comercializados no Brasil não possuíam aprovação.

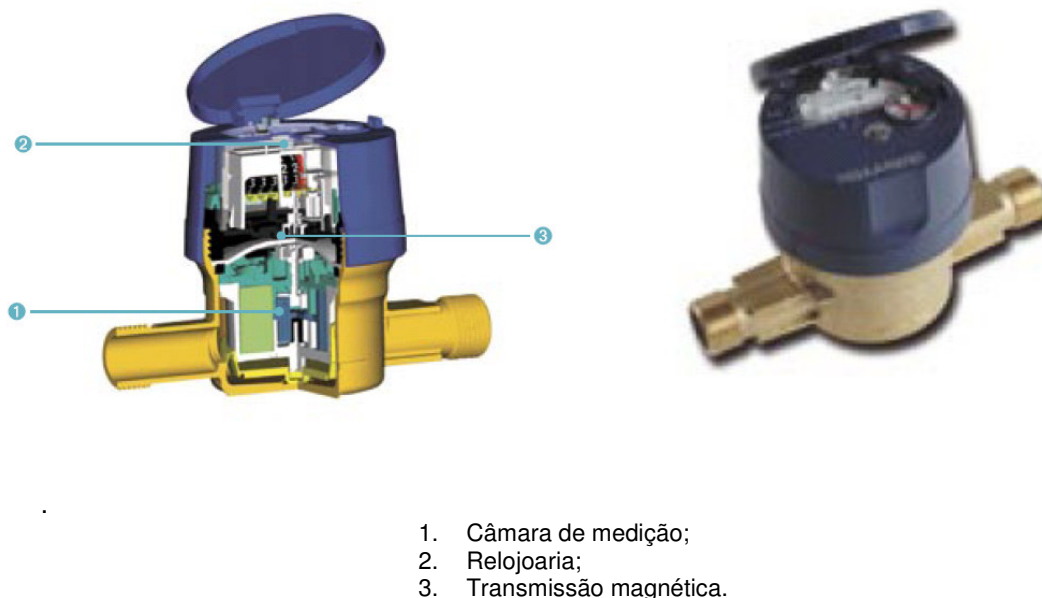


Figura 3.4 – Hidrômetro Volumétrico.

Fonte: Actaris (2002)

3.3. Normalização e regulamentação dos hidrômetros

Os hidrômetros utilizados para medição de volume de água fria no Brasil devem atender às exigências do Regulamento Técnico Metrológico aprovado pela portaria do INMETRO Nº 246 de 17 de Outubro de 2000 (INMETRO, 2000), que estabelece as condições a serem atendidas pelos hidrômetros de vazão nominal de 0,6 m³/h até 15 m³/h e temperatura inferior a 40° C .

Este regulamento estabelece diferentes parâmetros para a fabricação dos medidores, dentre os quais se destacam:

- os hidrômetros devem ser fabricados para uma das seguintes vazões nominais, expressas em metros cúbicos por hora (m^3/h): 0,6 - 0,75 - 1,0 - 1,5 - 2,5 - 3,5 - 5,0 – 6,0 - 10,0 e 15,0;
- os materiais utilizados deverão assegurar um funcionamento prolongado do medidor sem desgastes excessivos;
- o dispositivo totalizador deverá ser de fácil leitura e o volume expresso em metros cúbicos e
- a menor divisão da escala do hidrômetro deve permitir a execução de ensaio para determinação de erros de indicação na vazão mínima, conforme apresentado na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Menor divisão da escala do hidrômetro.

Vazão Nominal Q_n (m^3/h)	CLASSES METROLÓGICAS	
	A / B	C
0,6 a 1,5	0,0002	0,0002
2,5	0,0005	0,0002
3,5 a 6	0,0010	0,0005
10,0 a 15,0	0,0020	0,0010

Fonte: INMETRO, (2000)

A NBR 14005 (ABNT,1997) e a portaria 246 (INMETRO, 2000), definem quatro vazões características dos hidrômetros (ver Figura 3.5):

- **vazão máxima ($Q_{\text{máx}}$):** maior vazão, na qual o hidrômetro é exigido a funcionar por um curto período de tempo, dentro dos seus erros máximos admissíveis e mantendo seu desempenho metrológico. Esta vazão, que é denominada pela NBR 14005 como vazão de sobrecarga (Q_s), corresponde ao dobro da vazão nominal;
- **vazão nominal (Q_n):** maior vazão nas condições de utilização, na qual o medidor deverá funcionar continuamente, de maneira satisfatória dentro dos erros máximos admissíveis. A denominação dos medidores é feita por esta vazão;
- **vazão de transição (Q_t):** vazão que define a separação dos campos de medição inferior e superior;
- **vazão mínima ($Q_{\text{mín}}$):** menor vazão na qual o hidrômetro fornece indicações que não possuam erros superiores aos máximos admissíveis.

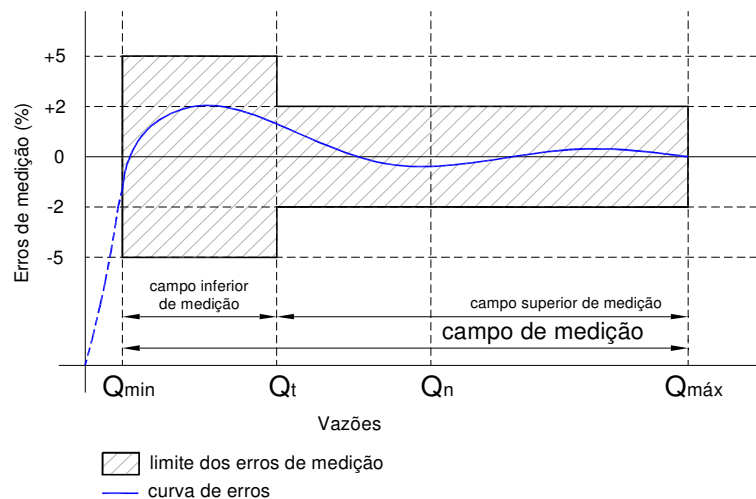


Figura 3.5 – Curva de erros do hidrômetro.

Para ser homologado, o equipamento é submetido a uma série de oito ensaios, denominados ensaios para aprovação de modelo, quais sejam:

- hidrostático ou de estanqueidade - verificação da inexistência de vazamentos e outros danos, como rompimento de componentes;
- verificação de funcionamento inverso – avaliação da capacidade do medidor em medir o fluxo no sentido contrário ao do abastecimento;
- determinação dos erros ou curva de erros – este ensaio é realizado comparando-se as leituras inicial e final do medidor com o volume escoado, por meio da seguinte expressão:

$$E = \frac{(L_f - L_i) - V_e}{V_e} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

E = Erro relativo em porcentagem (%);

L_i = Leitura inicial do hidrômetro, adimensional;

L_f = Leitura final do hidrômetro, adimensional;

V_e = Volume escoado em litros;

- determinação de perda de carga – verificação das perdas de carga geradas pelo medidor quando em operação. Estas perdas não deverão ultrapassar 0,025 MPa na vazão nominal e 0,1 MPa na vazão máxima do hidrômetro;
- desgaste acelerado ou fadiga – verificação do comportamento do medidor após ser submetido a um ensaio de desgaste acelerado, onde permanece em funcionamento por um longo período de tempo;

- blindagem magnética (para hidrômetros com transmissão magnética) – verificação do comportamento dos medidores quando submetidos à presença de campos magnéticos;
- verificação de eficiência da transmissão magnética – verificação da eficiência do sistema responsável pela transmissão dos movimentos da turbina para a relojoaria e
- faixa de regulagem – verificação da eficiência do dispositivo de regulagem e as alterações provocadas pelo mesmo na relação volume marcado *versus* volume escoado.

Além dos ensaios para aprovação de modelo, são realizados também ensaios de verificação inicial após fabricação ou importação. Para este controle, o INMETRO possui postos descentralizados de aferição instalados dentro das próprias fábricas de medidores. Após serem aferidos individualmente os medidores recebem um lacre de conformidade, o qual, normalmente é instalado no parafuso de regulagem do medidor.

Na verificação inicial são realizados os seguintes ensaios:

- estanqueidade – efetuado por meio da aplicação de pressão gradual ao medidor até o limite de 2,0 MPa (20 bar), que deve ser mantida durante 1 minuto. O medidor deverá suportar o esforço sem apresentar vazamentos ou danos e
- determinação dos erros de indicação, a ser realizado nas seguintes vazões:
 - entre $0,45 \times Q_{\text{máx}}$ e $0,50 \times Q_{\text{máx}}$;
 - entre Q_t e $1,1 \times Q_t$; e,
 - entre $Q_{\text{mín}}$ e $1,1 \times Q_{\text{mín}}$.

Os erros constatados para cada uma das vazões não devem ultrapassar os seguintes valores:

- $\pm 5\%$ entre $Q_{\min}$ (inclusive) e Q_t (exclusive), e
- $\pm 2\%$ entre Q_t (inclusive) e $Q_{\max}$ (inclusive).

A referida portaria também prevê verificações periódicas e eventuais que deverão ser realizadas nos medidores em uso em intervalos não superiores a 5 anos. Para estas verificações os hidrômetros em uso serão considerados aprovados desde que seus erros máximos não ultrapassem a:

- $\pm 10\%$ entre $Q_{\min}$ (inclusive) e Q_t (exclusive) e
- $\pm 5\%$ entre Q_t (inclusive) e $Q_{\max}$ (inclusive).

Também são estabelecidas para cada diâmetro de medidor as vazões mínima e de transição de acordo com a sua classe metrológica (ver Tabela 3.4). Conforme já citado, a vazão máxima do medidor é o dobro da vazão nominal.

Tabela 3.4 – Classes de hidrômetros e correspondentes valores das vazões mínima ($Q_{\min}$) e vazão de transição (Q_t).

Classes Metrológicas		VAZÃO NOMINAL (m ³ /h)									
		0,6	0,75	1,0	1,5	2,5	3,5	5,0	6,0	10,0	15,0
A	$Q_{\min}$ (m ³ /h)	0,024	0,030	0,040	0,060	0,100	0,140	0,200	0,240	0,400	0,600
	Q_t (m ³ /h)	0,060	0,075	0,100	0,150	0,250	0,350	0,500	0,600	1,000	1,500
B	$Q_{\min}$ (m ³ /h)	0,012	0,015	0,020	0,030	0,050	0,070	0,100	0,120	0,200	0,300
	Q_t (m ³ /h)	0,048	0,060	0,080	0,120	0,200	0,280	0,400	0,480	0,800	1,200
C	$Q_{\min}$ (m ³ /h)	0,006	0,0075	0,010	0,015	0,025	0,035	0,050	0,060	0,100	0,150
	Q_t (m ³ /h)	0,009	0,011	0,015	0,0225	0,0375	0,0525	0,075	0,090	0,150	0,225

Fonte: INMETRO, (2000)

Os medidores velocimétricos de água fria são normatizados por meio dos seguintes documentos:

- NBR NM 212 (ABNT, 1999) – determina as características técnicas, metrológicas e os métodos de ensaio dos medidores de vazão nominal até 15 m³/h e classes metrológicas A, B e C e
- NBR 14005 (ABNT, 1997) - determina as características técnicas, metrológicas e os métodos de ensaio dos medidores de vazão nominal de 15 a 1500 m³/h.

Em outubro de 2005 foi publicada a norma ISO 4064, intitulada “*Mensurament of water flow in fully charged closed conduits – Meters for cold potable water and hot water*” (ISO, 2005). Esta norma especifica as características técnicas, metrológicas, a perda de carga, condições de instalação, métodos de teste, entre outros, para medidores de água potável fria e quente até o diâmetro nominal DN 500.

Devido a sua abrangência, esta norma tornou-se o principal documento regulamentador para hidrômetros existentes, devendo ser adotada inclusive no Brasil. Porém, esta norma traz modificações significativas, principalmente com relação às vazões e as faixas de medição dos hidrômetros empregados atualmente no país, tornando-se um desafio para os fabricantes nacionais, além de redefinir todos os critérios adotados pela Portaria 246 do INMETRO.

Atualmente, encontra-se em fase de elaboração e aprovação pela ABNT uma nova norma, complementar às existentes, denominada “*Ensaio para avaliação de desempenho de hidrômetros em alta e baixa vazões- Hidrômetro até 2,5 m³/h de vazão nominal para água fria*” propõe um método para avaliação do desempenho metrológico de medidores novos através da determinação do índice de desempenho metrológico IDM (ABNT, 2007).

A referida norma utiliza um perfil típico de abastecimento, o qual é reproduzido na Figura 3.6, onde são atribuídos pesos para cada faixa de vazão de acordo com a sua magnitude. O IDM final é obtido através da associação dos resultados dos ensaios de verificação de erros aos pesos determinados para cada faixa de vazão proposta.

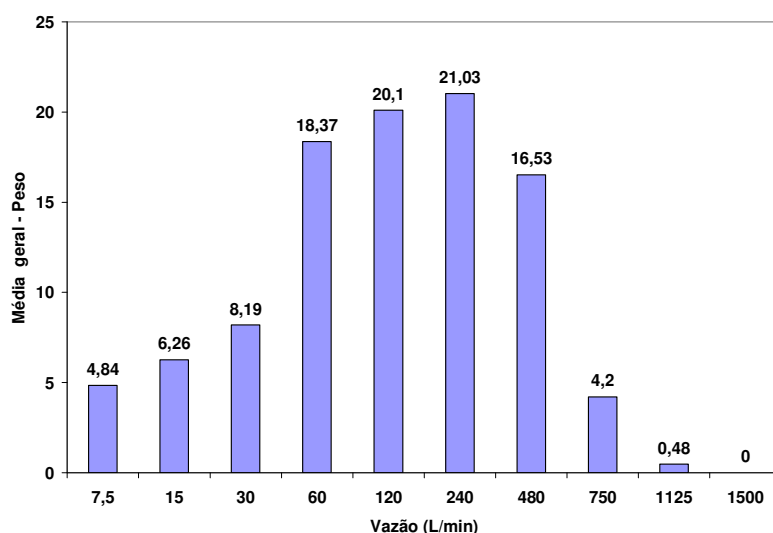


Figura 3.6 – Perfil de abastecimento típico - medidores de vazão nominal igual a 0,75 m³/h.

Fonte: ABNT, (2007)

Esta norma representa um grande avanço para a melhoria dos processos de especificação de medidores pelas concessionárias, pois permite que a empresa opte pelo medidor que melhor se adapte ao seu perfil de abastecimento. Porém para que seja corretamente aplicada, caberá a cada concessionária levantar o seu perfil típico de abastecimento, tarefa não muito simples para a grande maioria delas.

3.4. Problemas relacionados com a medição de água

Os principais problemas relacionados com a medição de água podem ser classificados, em função de sua origem, em:

- decorrentes da ação das pessoas, tais como usuários finais e técnicos das concessionárias;
- relacionados com as falhas do sistema de abastecimento de água e
- devidos ao medidor.

Os problemas decorrentes da ação das pessoas são, basicamente: as fraudes; o vandalismo; as ações que resultam em dificuldade ao acesso para leitura e manutenção dos medidores e falhas na coleta e processamento das leituras.

Os problemas relacionados às falhas do sistema de abastecimento de água incluem variações bruscas de pressão; intermitência no abastecimento; desprendimento de materiais ferrosos e rompimentos na rede.

E, por fim, os relacionados ao medidor são defeitos de fabricação; desgaste por uso, submedição e a baixa qualidade dos equipamentos.

3.4.1. Problemas decorrentes da ação das pessoas

a) Fraudes

MICHAELIS (1975) define fraude por “ato ou efeito de fraudar, de modificar ou alterar um produto ou esconder a qualidade viciada deste, com objetivo de lucro ilícito”.

As fraudes podem ser provenientes de ligações clandestinas ou de manipulações indevidas do medidor.

Nas ligações clandestinas o abastecimento é desviado e a água não passa pelo hidrômetro ou o abastecimento é efetuado através de ligações diretas na rede pública, sem a existência de medidores.

Assim, caracteriza-se pela existência de um ramal ligado diretamente à rede pública de abastecimento. Este tipo de fraude é bastante comum em áreas de ocupação não urbanizadas, onde muitas vezes não há fornecimento regular de água. Em diversos casos, ramais executados em condições precárias percorrem centenas de metros até encontrarem uma rede de abastecimento. Este tipo de fraude é responsável por grandes prejuízos à concessionária, pois:

- não há nenhum controle ou medição dos volumes utilizados pelos usuários;
- não há qualquer tipo de cobrança de tarifa ou taxa pelos volumes utilizados, pois estes usuários não possuem hidrômetros ou cadastro para emissão de faturas e
- as ligações são executadas de forma precária, sem a utilização de mão-de-obra especializada e materiais adequados, o que contribui significativamente para o aumento das perdas físicas de água.

Segundo Coelho (2001), “as ligações clandestinas consomem normalmente entre três a cinco vezes o volume de uma ligação registrada e com hidrômetro”.

As ligações clandestinas também existem em áreas urbanizadas e que possuem ligações regulares de água. Neste caso, apesar da existência de ligação predial para o abastecimento, o “consumidor-fraudador” instala um novo ramal até o interior da edificação.

A ligação clandestina normalmente ocorre por meio de um *by-pass*, que interliga o ramal predial ao alimentador predial. Esta interligação, quase sempre subterrânea e protegida por camadas de concreto e pisos, cria um caminho alternativo para a água sem a passagem pelo hidrômetro. Este artifício torna-se mais difícil de ser detectado quando utilizado desde o primeiro mês de abastecimento, pois cria junto à concessionária um histórico de consumo fictício.

A detecção das ligações clandestinas normalmente é feita por profissionais treinados pela própria concessionária. São utilizados procedimentos e testes manuais ou então são executadas varreduras com equipamentos (geofones) auxiliados por válvulas pulsadoras. Algumas concessionárias utilizam caixas de proteção para os hidrômetros dotadas de dispositivos como “tubo camisa” para passagem do ramal predial, o que dificulta este tipo de fraude (ver Figura 3.7).

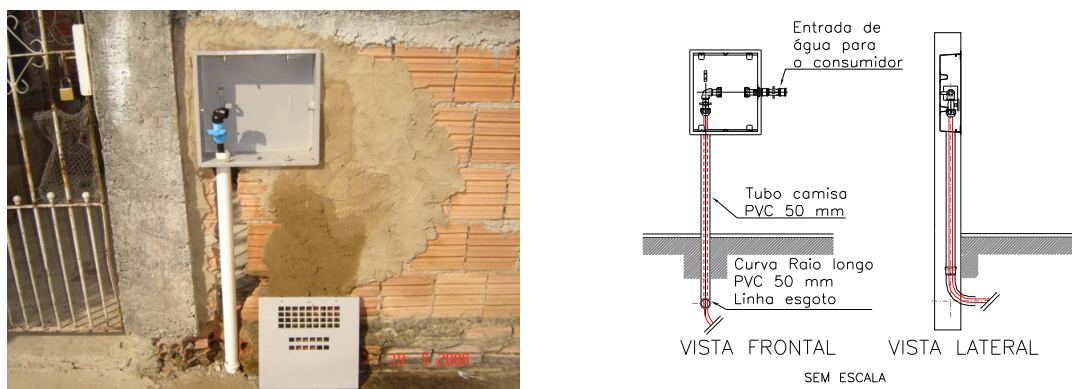


Figura 3.7 – Caixa de proteção com tubo camisa.

Fonte: SANASA Campinas, (2006)

Outro tipo de fraude é a inversão do hidrômetro. Todo medidor possui um sentido de fluxo para a contabilização do volume consumido. Este sentido é facilmente identificado através de uma seta indicativa existente na carcaça do mesmo.

Neste tipo de fraude, durante o período compreendido entre a data da leitura atual e a próxima leitura, o equipamento é retirado do cavalete e montado em posição

inversa. Funcionando desta forma, o volume registrado pelos roletes do hidrômetro passa a decrescer, o que possibilita a manipulação dos volumes mensais. A detecção pode ser feita por meio de visitas aleatórias, fora do cronograma de leitura divulgado pelas concessionárias. A existência de marcas deixadas por ferramentas nas porcas e vazamentos nas conexões entre tubetes e hidrômetro são também um forte indício deste problema. Alguns procedimentos, tais como utilização de caixas de proteção lacradas instaladas no muro frontal do imóvel e utilização de lacre nas porcas de ligações dos hidrômetros podem auxiliar no combate a este tipo de fraude.

A violação do hidrômetro, por sua vez, se caracteriza pela alteração ou manipulação de alguma parte do medidor visando prejudicar suas características metrológicas. Existem vários tipos de violação, que variam de acordo com a marca ou modelo do hidrômetro utilizado, porém as mais comuns são:

- quebra de lacre - após a fabricação e aferição, o medidor recebe um lacre do INMETRO. Este lacre, além de garantir que o medidor foi individualmente aferido também protege o parafuso de regulagem e a relojoaria do equipamento. Neste tipo de fraude, o lacre é quebrado e o parafuso manipulado ou a relojoaria é totalmente retirada. A Figura 3.8 mostra uma instalação onde a caixa de proteção foi violada, o lacre do medidor quebrado e a relojoaria totalmente retirada;
- furo na cúpula – a cúpula é perfurada normalmente com o auxílio de um metal aquecido. Através do furo, é introduzida uma agulha que paralisa o giro da relojoaria. No momento da passagem da água pelo equipamento, somente a parte inferior do medidor, onde se localiza a turbina, continua girando. Para inibir este tipo de problema, os fabricantes de hidrômetros incorporaram ao equipamento um anel metálico em forma de cilindro que é instalado na relojoaria. Este anel impede a perfuração com metal aquecido nas laterais do medidor. Atualmente, são também produzidas cúpulas de vidro, o que dificulta este tipo de ação. Na Figura 3.9 são apresentados medidores violados por

meio da execução de furo na cúpula, (o alfinete colorido é utilizado pela concessionária para destacar o local do furo).

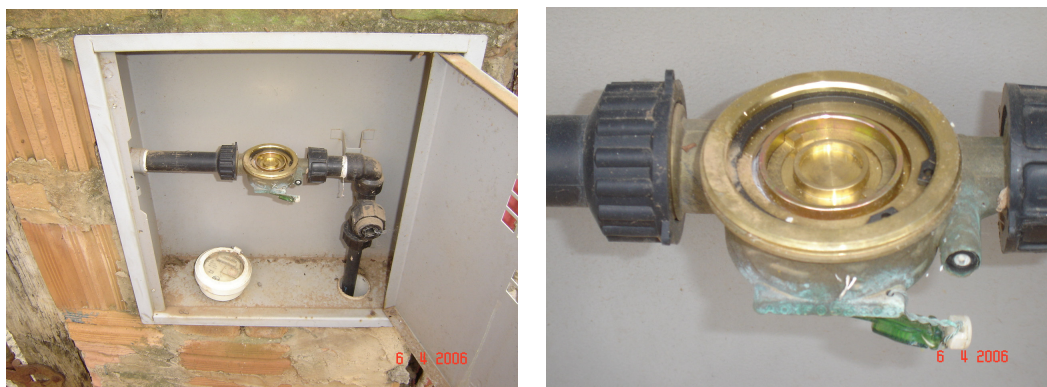


Figura 3.8 – Medidor violado com lacre quebrado e relojoaria retirada.

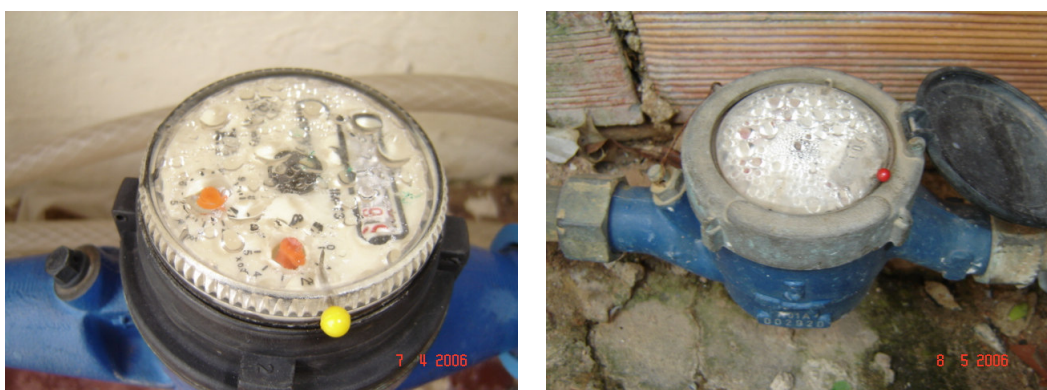


Figura 3.9 – Medidores violados com furo na cúpula.

- bloqueio da turbina com arame – esse problema pode ocorrer de duas formas:
 - quando não há lacres nas porcas: o medidor é retirado do cavalete e um arame é introduzido na câmara de medição ou diretamente na turbina para os medidores monojato;

- quando há lacres nas porcas: o arame é introduzido através da tubulação do cavalete. O cavalete é desmontado (normalmente no ponto onde existe uma torneira de jardim) e o arame é introduzido até atingir o medidor. Algumas concessionárias utilizam um dispositivo de metal que impede a passagem do arame, o qual é instalado dentro da tubulação nas extremidades do medidor.
- prensagem da cúpula – a cúpula, que é fabricada em material plástico, é comprimida com o auxílio de uma ferramenta denominada “sargento”. Esta compressão causa o travamento da relojoaria, que deixa de registrar os volumes utilizados. Alguns fabricantes passaram a adotar dispositivos internos na relojoaria que se rompem quando o medidor é prensado, identificando a manipulação.

Existem outros tipos de fraudes além dos citados anteriormente, porém menos comuns. Novas formas de violação vão surgindo muitas vezes através da criatividade do fraudador, aliado a pontos vulneráveis nos equipamentos. Estes fatos acabam refletindo em mudanças de projeto e adição de novos componentes para tentar diminuir os problemas. É o caso da blindagem magnética (anel metálico que protege os imãs do medidor de interferências magnéticas externas) a blindagem foi incorporada ao medidor com o objetivo de evitar que outros imãs colocados próximos ao equipamento pudessem prejudicar o seu desempenho metrológico. A utilização de caixas de proteção lacradas e a opção de algumas companhias em manter o medidor instalado no muro frontal, voltado para a rua, inibem bastante a ocorrência destes tipos de fraude.

b) Vandalismo

A dificuldade em definir o que é vandalismo e identificar as causas de sua ocorrência abre espaço para uma série de discussões. Os atos de vandalismo, visíveis por toda parte, reforçam a sensação de insegurança nas grandes cidades.

As ocorrências deste tipo no patrimônio das concessionárias, na maioria das vezes públicas, tem sido freqüentes. Exemplos que podem ser citados neste sentido são: invasão de áreas de reservatórios, de almoxarifados, quebra de equipamentos, pichações e também furto ou quebra de medidores de água e cavaletes (Figura 3.10). O furto do medidor, além de provocar prejuízos com custos de mão-de-obra e reposição do equipamento, também provoca perdas físicas de água, pois na maioria das vezes, com a quebra do cavalete para a retirada do hidrômetro, há o rompimento do ramal predial que fica vazando até que seja executado o reparo.

Atualmente, com o avanço dos processos de fabricação e mudança dos materiais utilizados na sua confecção, o medidor deixou de ser um produto de alto valor comercial para empresas de reciclagem. Porém, alguns modelos de medidores antigos ainda são alvo de roubo devido ao material empregado em suas carcaças.

Também podem ser classificadas como vandalismo ocorrências tais como a quebra de equipamentos por brincadeiras de crianças e ataques de cães.

Concessionárias que não utilizam caixas de proteção lacradas para seus medidores estão mais vulneráveis a este tipo de ação.



Figura 3.10 – Hidrômetros com ocorrência de vandalismo.

c) Dificuldade de acesso para leitura e manutenção

A dificuldade de acesso para a leitura e manutenção, na maioria dos casos, é atribuída à falta de uma definição por parte da concessionária quanto ao padrão do abrigo de proteção para o medidor. O padrão de instalação deve definir claramente o posicionamento do cavalete tendo em vista o acesso ao hidrômetro, altura do abrigo, altura e a profundidade do cavalete, além de proteger o equipamento quanto a choques mecânicos e intempéries.

A portaria 246 (INMETRO, 2000), no item 9.2, estabelece que "o hidrômetro deve ser protegido do risco de ser danificado por intempéries, choques ou vibrações induzidas".

Cabe à concessionária fiscalizar e corrigir as instalações executadas de forma incorreta, além de capacitar os funcionários responsáveis pela execução das ligações para observação dos requisitos mínimos exigidos.

Em instalações comerciais, é bastante comum a existência de medidores posicionados em locais de difícil acesso, tais como sob balcões de lojas, no interior de vitrines ou obstruídos por equipamentos. Esta localização restringe o acesso, fato esse que acarreta um aumento do período entre manutenções do hidrômetro e também dificulta a leitura, aumentando a incidência de hidrômetros inclinados.

Nas instalações residenciais, os problemas mais freqüentes são: medidores instalados no interior da edificação (bastante comum em locais que não há recuo frontal entre a edificação e o limite frontal do lote) e também medidores instalados no interior do lote em paralelo ao muro frontal. Neste caso, na maioria das vezes é deixado uma abertura no muro para a leitura e o medidor é inclinado para facilitar a visualização através do orifício, não existindo acesso garantido para manutenção.

Os hidrômetros inclinados são responsáveis por grandes prejuízos às concessionárias. Estima-se que até 20% do volume possa ser perdido em função do posicionamento incorreto dos hidrômetros velocimétricos. Embora já existam no mercado medidores com capacidade para operação na posição vertical, estes equipamentos apenas minimizam o problema (MELLO, 2000). Na Figura 3.11 é apresentada uma instalação com o medidor inclinado.



Vista lateral



vista frontal

Figura 3.11 – Medidor instalado inclinado.

d) Falhas na coleta e processamento das leituras

A forma mais antiga de coleta de dados é através da leitura visual e registro manual em planilhas. Nesta modalidade, o leiturista, que é o profissional responsável pela coleta, percorre um roteiro previamente determinado, lê e anota os dados de leitura. Quanto maior o nível de treinamento, motivação e integração do leiturista, maior será o nível de confiabilidade dos dados de leitura coletados. A não adoção de políticas de recursos humanos, com ênfase na valorização dos serviços prestados, pode reduzir o grau de confiabilidade nas leituras, conforme atestam alguns especialistas.

Nos últimos anos, as planilhas impressas foram substituídas pelos coletores de dados. Neste caso, a leitura é coletada visualmente e o registro é efetuado por meio de

digitação dos dados no coletor. Este processo aumenta o nível de confiabilidade, pois possibilita a utilização do histórico de dados para a verificação de possíveis inconsistências (ALVES *et al.*, 2004).

No Brasil, quase que a totalidade das concessionárias públicas utilizam os métodos de leitura descritos anteriormente.

THORNTON; KUNKEL (2004) propõem algumas medidas que visam aumentar o grau de confiabilidade das informações coletadas na medição, quais sejam:

- auditoria dos relatórios de campo, para garantir que determinadas leituras não estejam sendo estimadas ao invés de lidas;
- auditoria no número de leituras por estimativa, o qual deve ser reduzido em relação ao número de leituras reais;
- auditoria em campo para eliminação de ligações sem cadastro, e conseqüentemente, sem emissão de faturas e
- verificação de consistência das leituras dos medidores individuais com o macro-medidor, para obtenção dos índices de perdas, entre outros dados.

Atualmente, existem também alternativas para a automatização das leituras. Denominados pela sigla AMR, os sistemas remotos de aquisição de dados possibilitam não só a leitura dos volumes consumidos como também agregam diversas ferramentas de gerenciamento, tais como detecção de fraudes e vazamentos, entre outros.

Conforme afirma Rozas (2002), os sistemas AMR apresentam várias vantagens às concessionárias e aos clientes consumidores, tais como redução no custo de manutenção e operação e confiabilidade das informações.

3.4.2. Problemas relacionados à falhas do sistema de abastecimento de água

Os problemas relacionados com as falhas do sistema de abastecimento de água incluem variações bruscas de pressão, intermitência no abastecimento, desprendimento de materiais ferrosos e rompimentos de rede.

a) Variações bruscas de pressão

A instalação de medidores em locais sujeitos a transientes hidráulicos pode reduzir sua vida útil. Os picos de pressão provocados pelos golpes de aríete fadigam o material, provocando não só alterações na curva característica do medidor como também rupturas prematuras (ALVES *et al.*, 2004).

Devido às características de construção, os medidores monojato são mais sensíveis às variações bruscas e aos golpes que os outros modelos de medidores pois, conforme citado anteriormente, o fluxo da água incide direta e tangencialmente nas palhetas da turbina, sob a forma de um único jato. Portanto, os medidores multijato se tornam a melhor opção na ausência de mecanismos para o controle das pressões .

Uma alternativa utilizada pelas companhias de saneamento é o controle das pressões através da instalação de válvulas redutoras. Esse artifício, cujo principal objetivo é reduzir perdas por vazamentos, também contribui para a melhoria da qualidade da medição.

O conhecimento das pressões a que estão submetidos os sistemas de abastecimento é de fundamental importância para a garantia da qualidade metrológica e da vida útil do medidor.

b) Intermitência no abastecimento

A portaria 246 (INMETRO, 2000), no item 9.1, estabelece que “o hidrômetro deve ser instalado de tal maneira que esteja permanentemente cheio de água, nas condições normais de utilização.” Esta condição visa evitar o ressecamento dos componentes internos do medidor e também prevenir que o equipamento funcione sem água em seu interior.

Nos locais onde há intermitência no abastecimento, os medidores estão sujeitos a operar sem a presença de água nos períodos de esvaziamento e enchimento das redes. Este funcionamento inadequado, somente com ar, provoca o aquecimento das partes internas e o desgaste prematuro do medidor e pode resultar na perda de suas características metrológicas. A existência de válvulas ventosas para admissão e descarte do ar nas redes de distribuição tem sido a principal ferramenta para a eliminação dos problemas ocasionados pelo ar nas tubulações .

Mello e Farias (2001) ressaltam porém, que este problema é desprezível em condições normais de operação do sistema de abastecimento.

c) Existência de partículas em suspensão

As partículas em suspensão nas redes de abastecimento de água têm origens diversas. Elas podem ser decorrentes do desprendimento de materiais ferrosos de redes de ferro fundido com idade avançada, podem ser incorporadas à rede na ocasião de rompimentos e, conseqüentemente, na execução dos reparos ou ainda, originadas de materiais utilizados no próprio tratamento de água nas estações. As partículas maiores podem obstruir os filtros dos medidores (Figura 3.12), já as de menor granulometria podem gerar desgastes internos, modificando as características metrológicas desses equipamentos.

Nos locais onde há excesso de sólidos em suspensão deve-se dar preferência à instalação de medidores tipo monojato de transmissão magnética. (ALVES *et al.*, 2004).



vista do filtro de entrada



vista aproximada do filtro

Figura 3.12 – Medidor com filtro obstruído.

3.4.3. Problemas relacionados ao medidor

Os principais problemas da medição relacionados ao medidor são: defeitos de fabricação; desgaste por uso; submedição; incompatibilidade dos medidores com o perfil de abastecimento e baixa qualidade dos equipamentos.

Todo medidor possui um ciclo de vida útil, que pode ser definido por “ tempo compreendido entre o momento que o medidor de água se torna apto a medir com a exatidão conforme uma norma adotada, até o momento que se torna inapto para a manutenção preventiva e para medição referida a padrões convencionais pré-estabelecidos” (NIELSEN *et al.*, 2003). Não é raro encontrar concessionárias que possuem grandes quantidades de medidores com ciclo de vida útil já ultrapassado e sem recursos disponíveis para substituição e atualização desses equipamentos.

Outro aspecto a se levar em consideração é o ciclo de vida útil legal. Conforme já destacado anteriormente, de acordo com a Portaria 246 (INMETRO, 2000), os hidrômetros em uso somente devem ser aprovados em verificações periódicas eventuais se os erros máximos admissíveis não ultrapassarem a: $\pm 10\%$ entre a vazão mínima ($Q_{\min}$) (inclusive) e a vazão de transição (Q_t) e $\pm 5\%$ entre Q_t (inclusive) e a vazão máxima ($Q_{\max}$).

Estas verificações, que devem ser efetuadas em intervalos de tempo de, no máximo, cinco anos, podem ser executadas de duas formas principais: verificação *in loco*, com a utilização de bancadas portáteis de aferição ou retirada do medidor para aferição em uma bancada de calibração em laboratório. Os dois métodos de aferição mencionados necessitam de grande mobilização de mão-de-obra e de material para serem realizados, do que resulta um grande número de medidores com o ciclo de vida útil legal extrapolado.

Em Alves *et al.* (2004) é sugerida uma alternativa menos dispendiosa para a verificação periódica, por meio de amostras coletadas no parque de medidores. Ressalta-se, porém, que cabe ao INMETRO a adoção de alternativas à necessidade de aferição de todos os medidores instalados.

Os referidos autores, destacam que a não adoção de níveis adequados de hidrometração pode trazer conseqüências como índice de perdas elevado, perda de receitas, aumento no desperdício, distribuição desigual do abastecimento, aumento no volume de efluentes gerados, entre outros. Porém, de pouco adianta a instalação de medidores sem a adoção de programas de gerenciamento e manutenção do parque instalado.

a) Baixa qualidade dos equipamentos ou defeitos de fabricação

As companhias de saneamento públicas, que são a grande maioria no país, fazem aquisições de materiais e serviços através de licitações públicas cujos procedimentos são estabelecidos pela lei nº 8.666, 21 de junho de 1993. Segundo o Art. 03 da referida Lei “a licitação destina-se a garantir a observância do princípio constitucional da isonomia e a selecionar a proposta mais vantajosa para a administração e será processada e julgada em estrita conformidade com os princípios básicos da legalidade, da impessoalidade, da moralidade, da igualdade, da publicidade, da probidade administrativa, da vinculação ao instrumento convocatório, do julgamento objetivo e dos que lhes são correlatos” (BRASIL,1993).

No processo licitatório, cabe à empresa de saneamento a tarefa de especificar o equipamento a ser adquirido de acordo com as suas necessidades. Apesar de todo o cuidado que possa existir na especificação a “lei do menor preço” pode levar à aquisição de hidrômetros de baixa qualidade ou com defeitos de fabricação. Segundo Alves *et al.* (2004), além do atendimento à portaria do INMETRO que estabelece as condições metrológicas do medidor, algumas outras condições deverão ser adicionadas ao edital de compra para a qualificação do fornecedor, de forma a evitar esse problema, tais como:

- apresentação de relação de fornecimentos de medidores nos últimos 3 anos;
- fornecimento de atestado ou declaração certificadora garantindo o não envolvimento em litígios relacionados ao não cumprimento de contratos de fornecimento ou não conformidade técnica dos equipamentos nos últimos 3 anos e
- garantia para substituição de medidores com defeitos ou com perda de capacidade metrológica, entre outros.

Além dos itens citados, quando possível, o comprador deverá realizar ensaios de recebimento nos lotes de medidores. Estes ensaios deverão ser realizados em conformidade com a portaria 246 do INMETRO e considerando-se amostras retiradas do lote, em conformidade com a norma brasileira ABNT NBR 5426 (ABNT, 1985). O recebimento do lote e a liberação dos recursos para pagamento deverão estar condicionados à aprovação nos referidos ensaios.

b) Incompatibilidade dos medidores com o perfil de abastecimento

A interligação de uma edificação à rede pública de abastecimento é feita por meio de uma ligação predial que compreende o ramal predial (ou ramal externo), que é o trecho entre a rede de água e o medidor, e o alimentador predial (ou ramal interno), que é o trecho compreendido entre o hidrômetro e a primeira derivação, ou até a torneira de bóia.

Em edificações residenciais unifamiliares, tendo em vista principalmente as restrições impostas pelas concessionárias brasileiras, o sistema de abastecimento é indireto ou misto (ver Figura 3.13). No sistema indireto, tem-se a interposição de um reservatório entre a rede pública e os pontos de consumo. No sistema misto um ou mais pontos normalmente as torneiras de jardim e de tanque são abastecidas diretamente da rede pública. O sistema predial, direto apesar de previsto na NBR 5626 (ABNT, 1998), não é recomendado pela maioria das concessionárias.

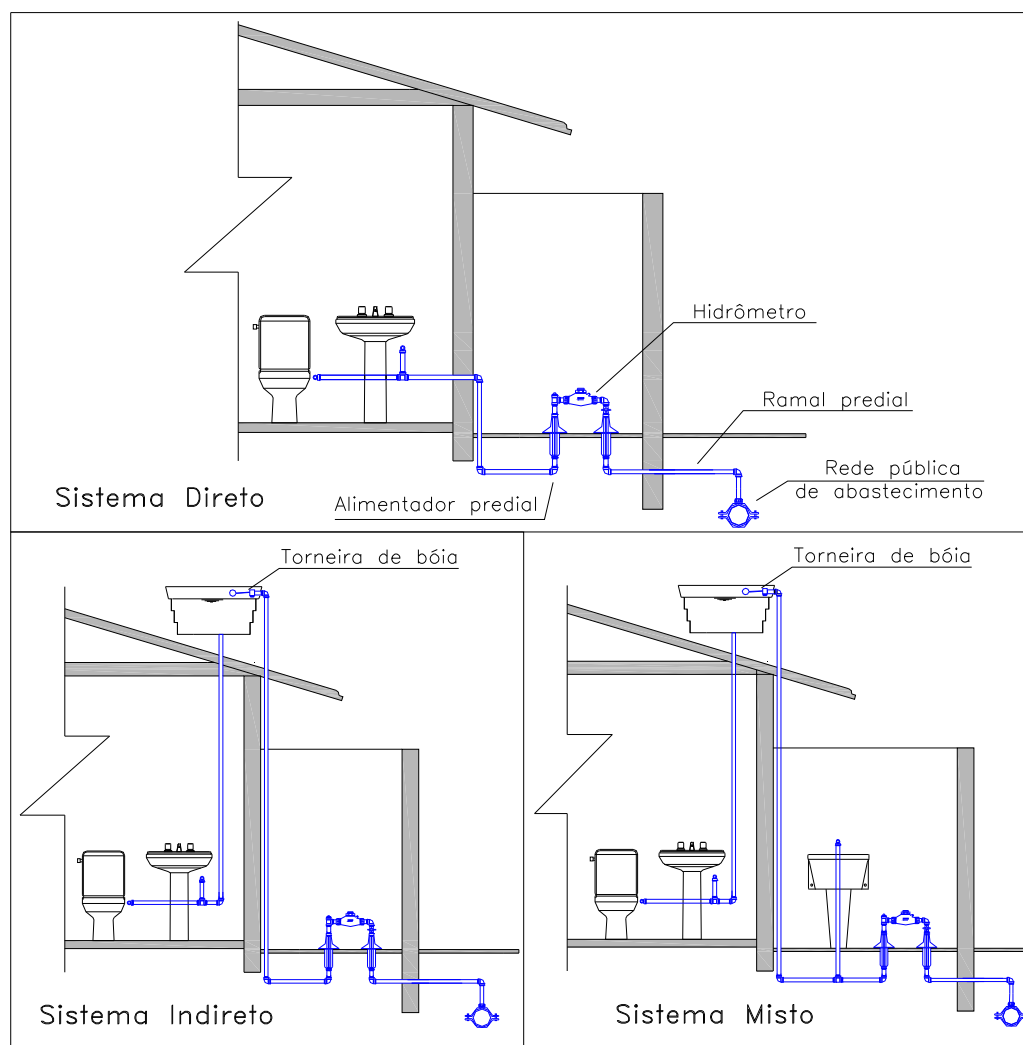


Figura 3.13 – Tipos de sistemas de abastecimento de água em edificações residenciais unifamiliares no Brasil.

As vazões que ocorrem no sistema de abastecimento são influenciadas pelo tipo de sistema empregado. No caso dos sistemas indireto e misto, as vazões dependem não somente do padrão de consumo mas também das características de funcionamento da torneira de bóia utilizada para o controle do suprimento e das características geométricas do reservatório. Conforme será apresentado na seqüência, os métodos usualmente empregados para o dimensionamento dos hidrômetros não

representam essas particularidades, o que pode levar a uma seleção inadequada do equipamento para medição.

Além disso, as vazões ocasionadas pelo deslocamento do flutuador da torneira de bóia são, em alguns momentos extremamente baixas e, portanto não detectadas pelos medidores usualmente empregados.

Assim, a incompatibilidade dos medidores com o perfil de abastecimento pode ocorrer tanto porque as vazões foram estimadas inadequadamente como porque as vazões de pequena magnitude não são detectadas pelo hidrômetro.

Estes dois problemas associados à medição relacionados com os medidores constituem o escopo do presente trabalho e serão detalhados nos itens seguintes.

3.5. Dimensionamento de hidrômetros

As concessionárias é que determinam o hidrômetro a ser colocado em uma ligação e, para tanto, utilizam procedimentos variados, muitas vezes baseados em experiências de campo ou no aprimoramento dos métodos utilizados em outros locais.

A seleção do hidrômetro envolve a determinação do tipo, vazão nominal e classe metrológica do medidor que deverá ser utilizado em cada ligação.

Os tipos de medidores usualmente empregados em ligações residenciais no Brasil e as respectivas classes metrológicas foram apresentados no item 3.2. Neste item são abordados os métodos de dimensionamento usualmente empregados, divididos em três grupos: baseados na determinação do volume total consumido na edificação em um determinado período de tempo, normalmente um mês; baseados na determinação da vazão máxima provável e baseados no perfil de consumo estimado.

Os métodos baseados no volume têm sido os mais empregados pela maioria das concessionárias, devido à dificuldade de estimativa das vazões de operação e desconhecimento do perfil de abastecimento.

3.5.1. Método baseado na determinação do volume consumido em um determinado período de tempo

Conforme já destacado, este método é um dos mais utilizados pelas concessionárias. Para sua aplicação, é necessária a caracterização do tipo de edificação e quantificação da população que irá utilizá-la (agente consumidor). São empregadas tabelas que apresentam o consumo por agente consumidor, normalmente durante um dia.

Para a estimativa de população (P) tem sido empregado o seguinte critério:

$$P = \text{mín}(5; 2 \times N_{\text{DS}} + 1 \times N_{\text{NDSE}}) \quad (2)$$

Onde:

N_{DS} = número de dormitórios sociais;

N_{DSE} = número de dormitórios de serviço.

Alves *et al.* (2004) sugerem a utilização dos dados apresentados nas Tabela 3.5 para a determinação do consumo diário em edificações residenciais.

Tabela 3.5 – Consumo estimado em edificações residenciais.

Tipo do prédio	Consumo L/dia	Unidade	Fonte
Apartamentos	200	per capita	Macintyre (1996) apud Alves <i>et al.</i> (2004)
Apartamentos de luxo	300 a 400	por dormitório	
	200	por quarto de empregada	
Residência de luxo	300 a 400	per capita	
Residência de médio valor	150	per capita	
Residências populares	120 a 150	per capita	
Alojamento provisório de obra	80	per capita	
Apartamento de zelador	600 a 1.000	Unidade	
Prédios de apartamento	(6 x nº de banheiros) + (3 x nº de dormitórios) + (0,01 x área construída) + 30		Tomaz (2000) apud Alves <i>et al.</i> (2004)

Fonte: Elaborado a partir de Alves et al. (2004)

A partir da determinação do consumo diário, os referidos autores recomendam o emprego dos dados constantes na Tabela 3.6. Os hidrômetros com diâmetro até 2" são do tipo monojato ou multijato; acima deste valor, são considerados medidores tipo Woltmann, todos classe B, exceto o medidor de vazão máxima 1,5 m³/h, que é classe A. Foi considerado o valor zero para o início dos medidores de vazão máxima 1,5 e 3 m³/h, porque ambos tem a mesma vazão inicial. Os valores apresentados entre parênteses referem-se a medidores tipo Woltmann com limite de vazão máxima superior aos medidores tipo Woltmann convencionais, denominados de "vazão estendida". Os medidores de diâmetro nominal 2 ½" não são utilizados no Brasil.

Tabela 3.6- Seleção do medidor em função do consumo total estimado.

Consumo estimado		Hidrômetro adequado ($Q_{\max}$ – m ³ /h)
(m ³ /mês)	(m ³ /dia)	
0 – 90	0 – 3	1,5
0 – 180	0 – 6	3,0
120 – 250	4 – 8	5,0
210 – 350	6 – 12	7,0
300 – 540	9 – 18	10,0
430 – 900	14 – 30	20,0
750 – 1500	25 – 50	30,0
1200 – 4500 (2100 – 6000)	40 – 120 (70 – 210)	30,0 (50,0) – Woltmann 2"
1800 – 7500 (4500 – 13000)	90 – 250 (150 – 450)	50,0 (80,0) – Woltmann 2 1/2"
4500 – 13000 (7500 – 21000)	180 – 500 (250 – 700)	80,0 (100,0) – Woltmann 3"

Fonte: Manuais de projetos prediais apud Alves *et al.* (2004)

Outros exemplos de tabelas empregadas para a seleção dos hidrômetros baseada no consumo total verificado em um período de tempo são reproduzidas na Tabela 3.7 e na Tabela 3.8.

Tabela 3.7 – Seleção de hidrômetros em função do volume máximo mensal.

Hidrômetro vazão nominal(m ³ /h)	Faixa de consumo mensal (m ³)	Volume máximo mensal (m ³)
1,50	0 – 225	225
3,50	226 – 525	525
5,00	526 – 750	750
10,00	751 – 1500	1500
15,00	1501 - 2250	2250

Fonte: Adaptado de Rech (1992)

Tabela 3.8 – Seleção de hidrômetros em função do consumo mensal.

Diâmetro (pol)	Vazão nominal (m³/h)	Faixa de consumo mensal (m³)	
		Mínima	Máxima
3/4"	0,75	0	40
3/4"	1,5	41	400
1"	3,5	401	2.000
1 1/2"	10	90	6.000
2"	15	6.001	10.000
3"	80	10.001	20.000
4"	100	20.001	30.000

Fonte: Adaptado de SANASA Campinas (2006).

Assim, por exemplo para uma residência com 5 pessoas e um consumo de 150 L/dia per capita, ter-se-ia um consumo de 22,5 m³/mês, do que resulta um hidrômetro de vazão nominal igual a 1,5 ou 3 m³/h, dependendo da fonte considerada. Já para um edifício com 20 apartamentos, 5 pessoas por apartamento e consumo per capita igual a 200 L/dia, ter-se-ia um consumo total estimado de 600 m³/mês, sendo selecionados os hidrômetros de vazão nominal variando de 3,5 a 10 m³/h, dependendo da fonte considerada.

3.5.2. Método baseado na determinação da vazão

Esse método determina a vazão máxima provável no sistema de abastecimento. Para tanto, usualmente é empregado o método dos pesos, o qual é recomendado pela NBR 5626 (ABNT,1998) para a estimativa de vazões para o

dimensionamento de tubulações do sistema predial de água fria, cuja expressão é a que segue:

$$Q = 0,3\sqrt{\sum P} \quad (3)$$

onde:

Q = vazão de projeto (L/s);

$\sum P$ = somatória dos pesos dos aparelhos sanitários instalados a jusante do trecho considerado (ver Tabela 3.9).

Tabela 3.9 – Pesos relativos dos pontos de utilização.

Aparelho sanitário	Peça de utilização	Peso relativo
Bacia sanitária	Caixa de descarga	0,3
	Válvula de descarga	32,0
Banheira	Misturador (água fria)	1,0
Bebedouro	Registro de pressão	0,1
Bidê	Misturador (água fria)	0,1
Chuveiro ou ducha	Misturador (água fria)	0,4
Chuveiro elétrico	Registro de pressão	0,1
Lavadora de pratos ou de roupas	Registro de pressão	1,0
Lavatório	Torneira ou misturador (água fria)	0,3
Pia	Torneira ou misturador (água fria)	0,7
	Torneira elétrica	0,1
Tanque	Torneira	0,7
Torneira de jardim ou lavagem em geral	Torneira	0,4

Fonte: Adaptado de ABNT(1988).

Alves *et al.* (2004) recomendam, para o caso de sistemas mistos de abastecimento, acrescentar um valor de vazão referente à torneira de bóia, igual a 300 L/h e, além disso que o resultado seja multiplicado por um fator de ajuste, em função da pressão na rede urbana, conforme a Tabela 3.10.

Tabela 3.10 – Fator de multiplicação da vazão.

Pressão da rede (KPa)	Fatores de correção
150	0,75
200	0,90
250	1,00
300	1,10
400	1,30
500	1,45
600	1,55
700	1,75

Fonte: Alves *et al.* (2004)

Apesar da vantagem de empregar a vazão ao invés do consumo total em um determinado período de tempo, neste método não é considerado que a interposição do reservatório, com o suprimento controlado por uma torneira de bóia, conforme já destacado no 3.4.3.b, interfere nas vazões que irão ocorrer no sistema de abastecimento da edificação.

Destaca-se também que, conforme Gonçalves (1986), o método dos pesos não é adequado para a estimativa das vazões em trechos que abastecem um pequeno número de aparelhos sanitários, como é o caso de uma residência unifamiliar.

Simulando-se este método para uma residência unifamiliar com pressão média na rede de distribuição de 250KPa, sistema misto de abastecimento para o tanque, banheiro com bacia sanitária com caixa de descarga, chuveiro elétrico, e lavatório além de pia de cozinha e maquina de lavar roupas obtem-se a seguinte vazão:

$$Q = 0,3\sqrt{(0,7 + 0,3 + 0,1 + 0,7 + 0,3 + 1)}$$

$$Q \cong 0,54 \text{ L/s} \quad \cong 1944 \text{ L/h}$$

Conforme recomendado pelo método ao resultado deverá ser adicionado o valor referente à vazão da torneira de bóia e ainda multiplicado pelo fator de correção de vazão de acordo com a pressão na rede de abastecimento, desta forma temos:

$$Q \cong (1944 + 300) \times 1$$

$$Q \cong 2044 \text{ L/h}$$

O resultado obtido aponta para a máxima vazão a que o medidor estará sendo submetido porém devido a interposição da torneira de bóia entre o medidor e os pontos de consumo, exceto para o sistema de abastecimento direto, estas vazões dificilmente ocorrerão no sistema.

Gibson (1974) apud Luz (1982), após ensaios com várias torneiras de bóia concluiu que estes componentes têm comportamento hidráulico semelhante conforme ilustrado na Figura 3.14,. a partir do consumo, tem-se a vazão Q_c , que causará um rebaixamento no nível d'água no reservatório. Na primeira metade do curso do flutuador pode-se admitir que a vazão cresce linearmente e, na segunda metade passa a ser constante.

Desta forma, pode-se escrever que:

$$Q_s = K_b \times S \text{ para } S < (0,50 \times S_{\text{máximo}}) \text{ e} \quad (4)$$

$$Q_s = \frac{K_b \times S_{\text{máximo}}}{2} \text{ para } S > (0,50 \times S_{\text{máximo}}) \quad (5)$$

Onde:

Q_s = Vazão de suprimento;

K_b = coeficiente que depende da pressão no sistema de abastecimento e das características da torneira de bóia;

S = volume de água correspondente ao rebaixamento do nível "h" ($S=h \times \text{área}$);

$S_{\text{máx}}$ = volume de água correspondente ao rebaixamento $h_{\text{máx}}$.

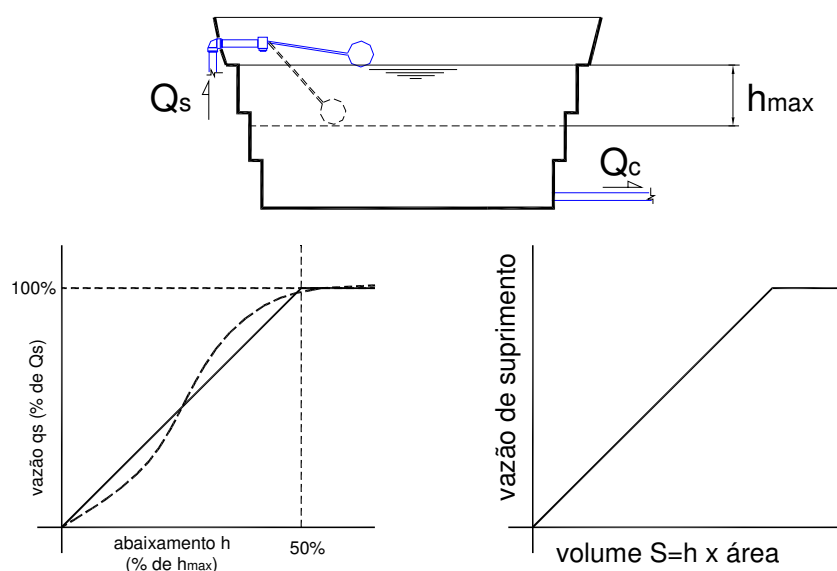


Figura 3.14 – Comportamento da torneira de bóia.

Fonte: Gibson (1974) apud Luz (1982)

Existem na atualidade as denominadas torneiras de bóia de alta vazão, as quais são normatizadas, assim como as convencionais, pela NBR 14534 (ABNT, 2000).

A referida norma estabelece os requisitos mínimos necessários para torneiras de bóias a serem instaladas em reservatórios prediais de água potável. As vazões mínimas das torneiras de bóia convencionais e de alta vazão são apresentadas na Tabela 3.11.

Tabela 3.11 - Vazão mínima para torneiras de bóia.

Diâmetro Nominal (DN)	Tipo de torneira de bóia	
	Convencional (l/s)	Alta vazão (l/s)
15	0,08	0,25
20	0,11	0,40
25	0,14	-
32	0,58	-
40	1,16	-
60	1,74	-

Fonte: ABNT, (2000)

Verifica-se que a vazão mínima, no caso da torneira convencional de DN 20, usualmente empregada no controle do abastecimento de reservatórios de edificações residenciais unifamiliares, embora seja baixa, é superior às vazões de transição dos medidores usualmente utilizados para estas tipologias.

Porém, sabe-se que a partir do ponto onde há elevação do flutuador há uma redução gradual da vazão até o fechamento total, ou seja, as vazões são bastante inferiores aos valores apontados na tabela anterior.

3.5.3. Método baseado no perfil de abastecimento

Neste método o dimensionamento do hidrômetro é efetuado a partir da estimativa do perfil de abastecimento, tomando-se como base edificações similares ou, no caso de edificações existentes já ocupadas, o perfil pode ser obtido, por exemplo por meio da instalação de equipamentos coletores de dados ligados a medidores equipados com emissores de sinal.

O coletor armazena os dados de vazão em função do tempo, fornecendo o comportamento da linha da vazão, ou traço de vazão, de onde podem ser obtidos os valores máximo, médio e mínimo para o período investigado. A partir destes dados, pode ser selecionado o medidor mais apropriado à edificação em questão.

A Figura 3.15 apresenta um exemplo de perfil de abastecimento referente a um período de um dia.

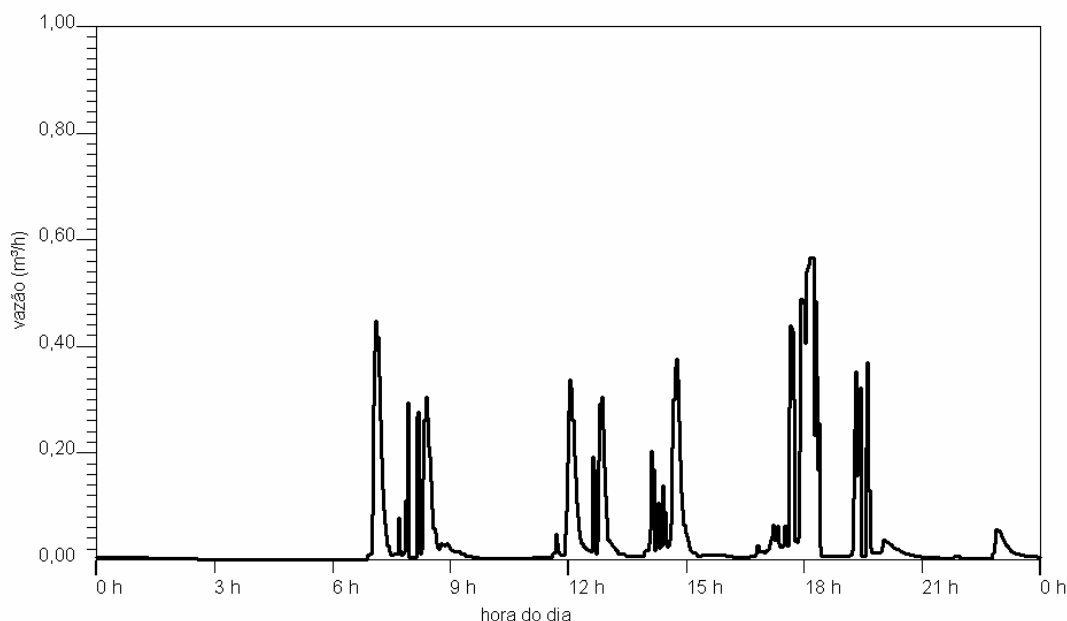


Figura 3.15 – Exemplo de perfil de abastecimento de uma residência.

Considerando-se apenas o período ilustrado na figura anterior e as características dos hidrômetros apresentados no item 3.2, vê-se que o hidrômetro de diâmetro $\frac{3}{4}$ " com vazão nominal de 0,75 m³/h e classe metrológica B seria o mais adequado para a edificação em questão.

Para o emprego deste método, Alves *et al.* (2004) recomendam a realização de levantamentos de perfis típicos a partir da seleção de uma amostra de edificações e extrapolação para edificações a serem projetadas.

A correta seleção do medidor tem papel fundamental nos resultados a serem obtidos. O dimensionamento do medidor deve se basear nas vazões de trabalho do ramal predial onde será instalado. Dentro das características de cada equipamento deve ser selecionado aquele que seja mais adequado ao perfil de abastecimento, levando-se em conta os seguintes parâmetros:

- a vazão máxima do sistema não deverá ultrapassar a vazão máxima do medidor;
- a vazão de operação deverá ser inferior à vazão nominal do medidor e
- a vazão mínima de operação deverá ser superior à vazão mínima do medidor, evitando-se a submedição.

Inserido nesse contexto, o item seguinte apresenta a metodologia empregada para a investigação da submedição em edificações residenciais unifamiliares, tendo como objeto de estudo unidades de interesse social localizadas em Campinas, São Paulo.

4. Metodologia

O presente trabalho foi desenvolvido em duas etapas: uma investigação em campo para o levantamento do índice de submedição em uma amostra de edificações e uma investigação laboratorial para avaliar alternativas que minimizem esse problema.

4.1. Investigação em campo

A investigação de campo contemplou a realização das seguintes atividades: seleção das unidades a serem investigadas; definição dos instrumentos de coleta de dados; coleta de dados propriamente dita e, por fim foi efetuada a organização dos dados para as análises.

4.1.1. Seleção das unidades caso a serem investigadas

Inicialmente, foram estabelecidos os critérios para a seleção do bairro para a realização da investigação de campo, quais sejam:

- existência de apenas um ponto de abastecimento (entrada), dotado de estrutura de controle de pressão e macromedidor geral;
- existência de edificações semelhantes e construídas em uma mesma época

e

- facilidade de acesso para realização das atividades em campo.

A partir disso, foi selecionado o bairro Jardim Garcia, que possui aproximadamente 250 residências com características semelhantes. Foram selecionadas aleatoriamente 22 residências para a coleta dos dados, tendo em vista o número de equipamentos de aquisição de dados e o tempo disponível para a realização da pesquisa. A Figura 4.1 apresenta o setor de abastecimento selecionado no bairro em questão.



Figura 4.1– Setor de abastecimento selecionado para a realização da investigação em campo.

Fonte: Google Earth (2006)

Atendendo aos critérios previamente estabelecidos, esse setor possui um único ponto de entrada de água, onde foi instalado pela concessionária local uma estrutura de controle, dotada de um macromedidor e uma válvula redutora de pressão.

Esta estrutura permite a concessionária medir o volume total de água disponibilizado para o bairro e controlar as pressões nas redes de distribuição. A válvula redutora de pressão utilizada mantém a pressão de saída constante independente da vazão. A pressão pontual obtida nas residências investigadas variou de 170 a 320 KPa, sendo a pressão média 257 KPa e a moda 240 KPa.

As residências foram concluídas e entregues aos moradores no ano de 1972. E eram inicialmente dotadas de 1 banheiro, cozinha, área de serviço e 2 ou 3 dormitórios. Atualmente algumas das unidades foram reformadas.

4.1.2. Definição dos instrumentos de coleta dos dados

Foram utilizados os seguintes instrumentos de coleta de dados:

- sistemas automáticos de aquisição de dados de vazão;
- manômetro analógico e
- medidores da concessionária existentes na edificação.

Os sistemas automáticos de aquisição de dados são compostos pelos seguintes elementos:

- hidrômetro – foram utilizados medidores volumétricos classe C de vazão nominal $2,5 \text{ m}^3/\text{h}$, modelo Altair fabricado pela empresa Sappel com início de funcionamento igual a 2 L/h , pré equipados com emissores de pulso a cada litro medido. O Figura 4.2 apresenta a curva de calibração média dos medidores utilizados, denominados neste trabalho de medidores-padrão e
- coletores de dados – foram utilizados coletores de dados eletrônicos programáveis, alimentados por bateria, acoplados a sensores digitais de pulso.

Este sistema foi selecionado por permitir a medição e coleta simultânea dos dados de vazão com grau de precisão superior ao do medidor instalado na edificação, principalmente nas baixas vazões, onde os medidores velocimétricos têm menor precisão.

A medição de pressão foi efetuada com manômetros analógicos. Os dados de pressão foram coletados na ocasião da instalação do sistema automático de aquisição de dados. Utilizou-se como ponto de acoplamento do manômetro ao ramal de abastecimento a torneira de jardim existente na edificação.

Os hidrômetros originalmente existentes nas residências investigadas eram do tipo velocimétrico, classe metrológica B e vazão nominal $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$.

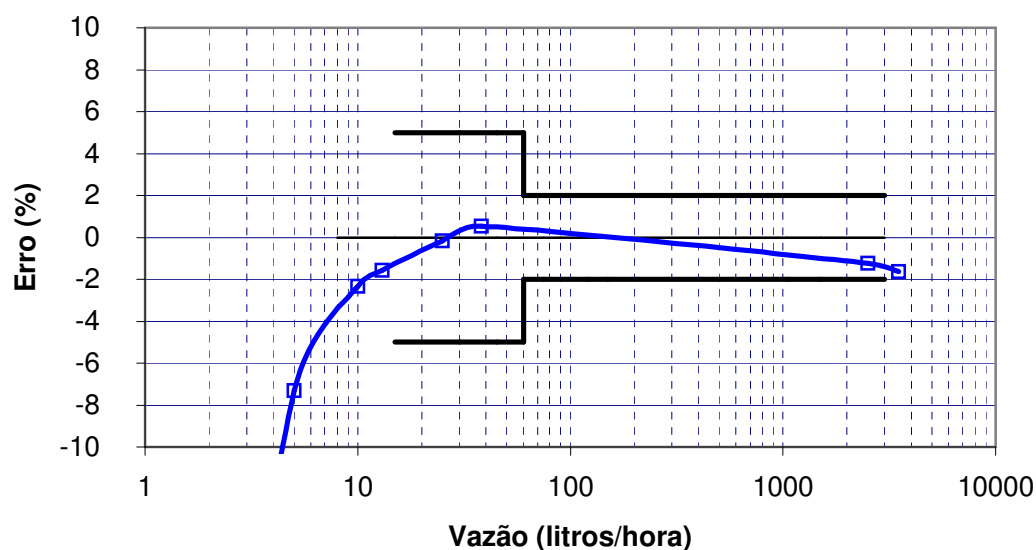


Figura 4.2– Curva de calibração média dos medidores-empregados para a aquisição dos dados em campo.

O levantamento do número de habitantes existentes em cada uma das residências foi efetuado por meio de entrevistas com os moradores.

A aquisição dos dados foi efetuada por meio de um conjunto de mangueiras e adaptadores flexíveis que possibilitaram a instalação do medidor-padrão em série com o medidor existente na tubulação de abastecimento das edificações selecionadas. Desta forma, toda a coleta de dados foi realizada sem qualquer prejuízo à leitura e ao faturamento mensal do consumo de água da residência, não conflitando com o serviço da concessionária de água e esgoto. local. A Figura 4.3 ilustra uma montagem realizada.



Figura 4.3 – Conjunto utilizado para a coleta de dados

4.1.3. Coleta dos dados

A coleta de dados foi efetuada durante os meses de fevereiro, março e abril de 2004, período que, segundo dados históricos do centro de pesquisas metrológicas e climáticas aplicadas a agricultura a temperatura média do ar é de 24,3°C (CEPAGRI, 2007). Para cada uma das residências investigadas coletou-se dados de no mínimo 7 dias sem interrupção. Os dados de vazão foram armazenados a cada evento, ou seja cada pulso emitido pelo medidor foi armazenado pelo coletor de dados no exato momento em que foi gerado, sem a utilização de valores médios por intervalo de tempo. Os pulsos foram gerados pelo medidor a cada litro medido.

Após a coleta dos dados em campo o medidor existente na edificação foi substituído por um novo medidor, previamente aferido. Esta substituição foi necessária para que o medidor inicialmente instalado também pudesse ser aferido.

No ato da instalação dos equipamentos também foram coletadas informações acerca da pressão instantânea disponível com o auxílio de um manômetro analógico e levantados os dados referentes ao número de habitantes em cada residência.

4.1.4. Organização dos dados para as análises

Para a caracterização do consumo de água da amostra de edificações investigadas foram inicialmente determinadas as vazões médias, mínimas e máximas em cada hora do dia considerando-se os perfis individuais das 22 residências do que resultou em um perfil típico “máximo, mínimo e médio”.

Na seqüência, o cálculo do indicador de consumo (IC) foram determinados os volumes consumidos a cada dia, os quais foram divididos pelo número de moradores de cada residência. Para duas unidades não foi possível determinar o IC, pois não se dispunha do número de moradores. Assim, os dados das 20 residências foram agrupados em dias úteis e finais de semana (sábados e domingos). A partir disso, foram determinados os valores da média e desvio padrão e também os valores extremos (máximos e mínimos) para cada casa isoladamente e para o conjunto de casas como um todo (20 unidades).

Por fim, para avaliação do índice de submedição, todos os dados de vazão foram agrupados em faixas de vazão previamente determinadas, seguindo as recomendações da Portaria n° 246 (INMETRO, 2000), porém com a adoção de uma maior quantidade de faixas nas vazões iniciais, devido à necessidade de se conhecer o comportamento metrológico dos medidores nestas vazões, e também porque a partir da vazão de transição a curva de aferição dos medidores tende a ter um comportamento mais linear.

As faixas de vazão consideradas são apresentadas na tabela 4.1. Foram também determinados os tempos de permanência do medidor padrão em cada uma das faixas consideradas e o volume total correspondente.

Finalmente, foi determinada a incidência das vazões levantadas em campo nas faixas características dos hidrômetros (abaixo da vazão mínima; entre a vazão mínima e a de transição; entre a vazão de transição e a vazão nominal e acima da vazão nominal), tanto para o hidrômetro inicialmente instalado na residência como para o medidor colocado após a coleta dos dados.

Tabela 4.1– Faixas de vazão empregadas para o agrupamento dos dados levantados.

Faixa de vazão (Litros / hora)	observação
0 - 8	-
8 – 15 ¹	¹ Q _{mín} para hidrômetro de 0,75 m³/h de vazão nominal
15 – 30 ²	² Q _{mín} para hidrômetro de 1,5 m³/h de vazão nominal
30 - 45	-
45 – 60 ³	³ Q _t para hidrômetro de 0,75 m³/h de vazão nominal
60 - 75	-
75 - 90	-
90 – 120 ⁴	⁴ Q _t para hidrômetro de 1,5 m³/h de vazão nominal
120 - 150	-
150 - 500	-
500 – 750 ⁵	⁵ Q _n para hidrômetro de 0,75 m³/h de vazão nominal
750 - 1050	-
1050 – 1500 ⁶	⁶ Q _n para hidrômetro de 1,5 m³/h de vazão nominal e Q _{máx} para hidrômetro de 0,75 m³/h de vazão nominal

Q_{mín} = vazão mínima; Q_t = vazão de transição; Q_n = vazão nominal; Q_{máx} = vazão máxima

Todos os medidores foram aferidos nas treze faixas de vazão apresentadas tabela na anterior. Ressalta-se que a NBR NM 212 (ABNT, 1999) recomenda o emprego de apenas três vazões para aferição, o que impossibilita a obtenção da curva de erros do medidor.

Para a determinação do erro médio ponderado (EMP) dos medidores foi determinada inicialmente a incidência dos valores de vazão encontrados para a amostra como um todo em cada uma das faixas de vazão apresentados na Tabela 4.1. Cada porcentagem obtida constitui o peso que, multiplicado ao erro médio verificado nos medidores, resulta no erro médio para a faixa em questão. A somatória dos erros de cada faixa determina o EMP para a amostra, calculado pela seguinte expressão:

$$EMP(\%) = \sum [(Erro_{Qx}) \times (P_{Qx})] \quad (6)$$

onde:

EMP – Erro médio ponderado, percentual;

$Erro_{Qx}$ – Erro médio dos medidores na faixa de vazão, percentual;

P_{Qx} – Peso em função do perfil de consumo para cada faixa de vazão, adimensional

Também foi determinado o índice de desempenho metrológico dos medidores, definido pelo projeto de norma 04:005.10-028 (ABNT, 2007) como sendo um parâmetro de avaliação de um hidrômetro ou de uma amostra, diretamente relacionado com a perda na totalização do volume, cuja expressão é a seguinte:

$$IDM = 100 + \sum P \quad (7)$$

onde:

IDM – índice de desempenho metrológico, percentual;

P – peso em função do perfil de consumo, adimensional.

4.2. Investigação laboratorial

A investigação laboratorial foi realizada com o objetivo de avaliar comparativamente o comportamento de torneiras de bóia convencionais e de alta vazão no que se refere às vazões geradas e às parcelas não detectadas pelos hidrômetros. Contemplou a realização das seguintes atividades: montagem do aparato experimental; realização dos ensaios propriamente dito, além da organização dos dados para as análises.

4.2.1. Montagem do aparato experimental

A investigação foi realizada no laboratório de hidrometria da Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S.A. (Sanasa Campinas). Este laboratório é dotado de reservatório elevado para alimentação das bancadas de aferição de hidrômetros, o que possibilita a execução do ensaio em pressões superiores a 150 KPa, por gravidade, sem a necessidade de utilização de bombas para pressurização.

Foi instalado a jusante de uma das bancadas existentes nesse laboratório um reservatório de 500 litros de capacidade, dotado de um ramal de alimentação de PVC DN 25, onde foram interpostas as torneiras de bóias a serem investigadas e uma tubulação de saída para escoamento da água após cada etapa do ensaio. No ramal de alimentação foram instalados os instrumentos para a coleta de dados, que são os mesmos utilizados na investigação em campo, ou seja: sistema automático de aquisição de dados e manômetro analógico (ver Figura 4.4)

Foi empregado um medidor volumétrico classe C de diâmetro nominal $\frac{3}{4}$ " e vazão máxima 3 m³/h, modelo Aquadis Plus, fabricado pela empresa Actaris. Ao

medidor foi acoplado o sensor de pulsos que, por sua vez, foi interligado ao coletor de dados.

O manômetro analógico utilizado para verificação das pressões durante o ensaio foi o existente na bancada de aferição, ou seja, pressão máxima de 1000 KPa, com divisão de escala igual a 10 KPa.



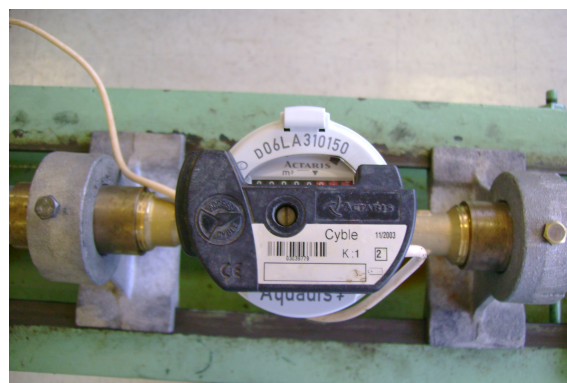
reservatório e medidor utilizados



Tubulação de entrada e saída do reservatório



relojaria do medidor



relojaria com o sensor acoplado

Figura 4.4 – Aparato experimental empregado para a realização dos ensaios em laboratório..

4.2.2. Realização dos ensaios

Inicialmente, instalou-se um dos modelos de torneira de bóia na entrada do reservatório. Na sequência foram colhidas as informações de leitura inicial do medidor e altura de lâmina d'água, medida a partir do fundo do reservatório. Para garantia de vazão máxima da torneira de bóia no início do ensaio, tomou-se o cuidado de evitar que o flutuador tocasse a lâmina d'água no interior do reservatório.

Após os procedimentos iniciais, o fluxo de água, bloqueado a montante da bancada foi liberado e iniciou-se o ensaio. O horário de início e a pressão do sistema foram anotados. O sistema foi monitorado até o fechamento da torneira de bóia. No instante do fechamento, o horário de término do ensaio foi anotado.

Para a torneira de bóia de alta vazão foram repetidos os mesmos procedimentos descritos para os ensaios com o modelo convencional.

Para ambos os casos a altura inicial de lâmina d'água medida a partir do fundo do reservatório foi 0,065m. As torneiras de bóia investigadas são as seguintes: tipo convencional de diâmetro nominal DN20 (3/4"), com haste de material metálico e bóia em polietileno, e de alta vazão DN 1/2" fabricada em material plástico. A Figura 4.5 apresenta os dois componentes estudados.



Torneira de bóia convencional



Torneira de bóia de alta vazão

Figura 4.5 – Torneiras de bóia utilizadas na investigação laboratorial.

4.2.3. Organização dos dados para as análises

Os dados coletados foram dispostos em um gráfico de vazão em função do tempo, que permitiu avaliar as vazões máximas e mínimas para cada modelo de torneira de bóia investigado.

Com os dados de horário e leitura do hidrômetro coletados no início e término de cada ensaio, também foi possível obter o tempo de enchimento e o volume total para cada uma das duas instalações.

5. Resultados e Análises

O capítulo que segue apresenta os resultados e as análises dos dados obtidos e se inicia pela caracterização do consumo de água, seguido da determinação do indicador de consumo e por fim a determinação do índice de submedição. Também é apresentado no capítulo uma avaliação das alternativas de hidrômetros existentes, além da avaliação do comportamento do perfil de vazões para torneiras de bóia convencionais e de alta vazão. O capítulo se encerra com uma análise comparativa das alternativas para a redução da submedição.

5.1. Caracterização do consumo de água – perfil típico de abastecimento

A Figura 5.1 apresenta o perfil típico de abastecimento de água do bairro em estudo durante 24h, obtido a partir da determinação das vazões mínimas, médias e máximas de abastecimento em cada hora do dia.

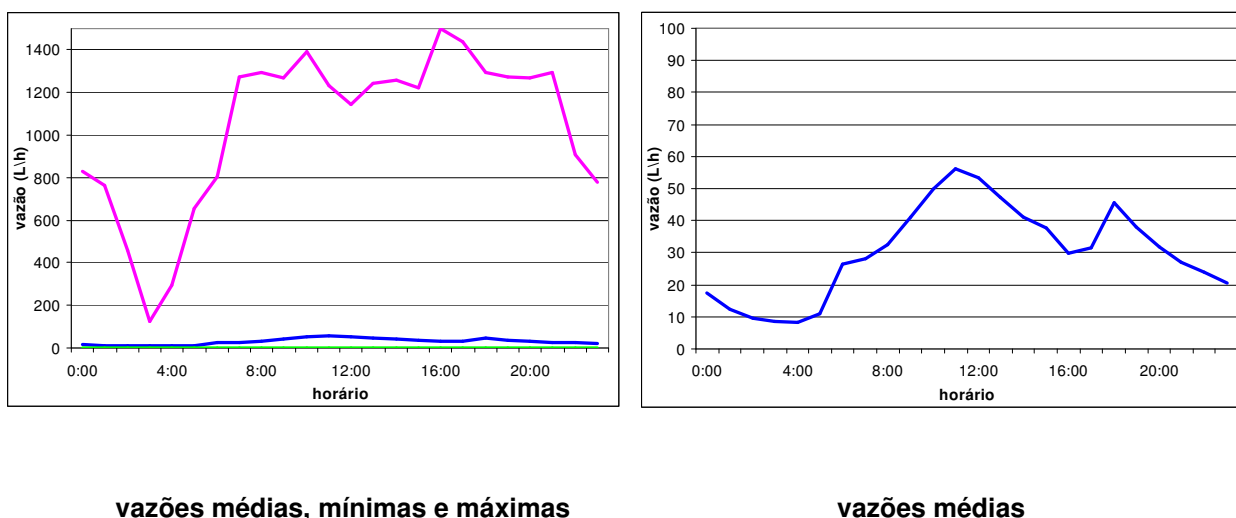


Figura 5.1 – Perfil típico de abastecimento: vazões médias, mínimas e máximas em cada hora – todas as unidades investigadas.

Nota-se que no período entre as 0:00h e 6:00h da manhã as vazões médias são de pequena magnitude, após este horário até as 10:00 h há uma elevação na vazão média com um pico por volta das 8:00h, provavelmente decorrente das atividades de higiene pessoal matinal. A partir das 10:00h até aproximadamente 16:00h situa-se o período de maior vazão média, correspondente a uma somatória de usos simultâneos, tais como preparação de alimentos, realização de limpezas em geral, uso em higiene pessoal. Entre as 16:00 e 18:00h as vazões voltam a ser de pequena magnitude, após este período há um pico, provavelmente decorrente de higiene pessoal e preparo de alimentação no período noturno. Este pico começa a decrescer gradativamente após as 20:00h.

A Figura 5.2 apresenta o perfil médio, mínimo e máximo para uma das residências investigadas. Os perfis das demais residências se encontram no anexo A.

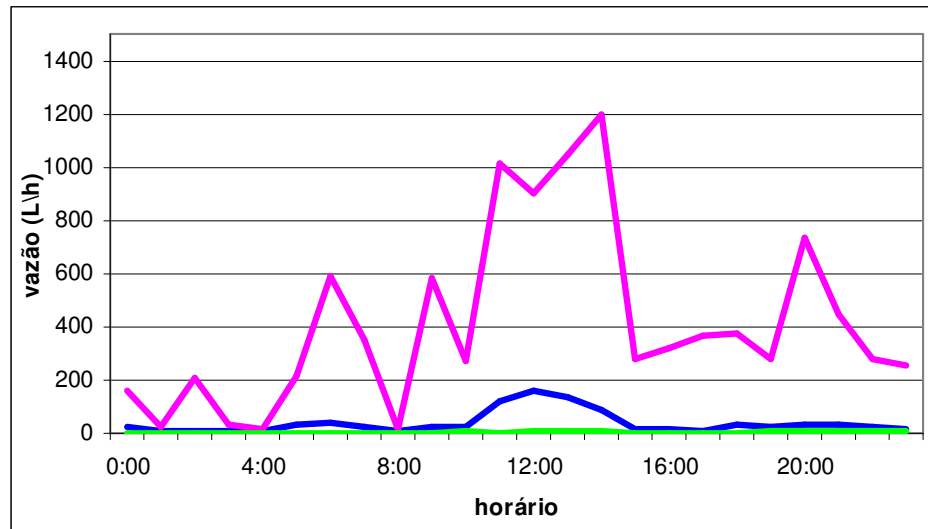


Figura 5.2 - Perfil típico de abastecimento: vazões médias, mínimas e máximas em cada hora – uma das residências investigadas.

Conforme descrito anteriormente, os hidrômetros existentes nas residências investigadas eram do tipo velocimétrico, classe metrológica B e vazão nominal 1,5 m³/h. Analisando-se as vazões mínimas apresentadas na figura anterior, vê-se que parte do volume consumido nessa residência não seria contabilizado, o que constitui a submedição.

Da análise da figura anterior verifica-se que mesmo nos horários de pico (das 10:00 as 14:00h) as vazões máximas atingem a vazão nominal (Q_n) dos medidores de vazão máxima 3,0 m³/h. Porém, nos horários de baixo consumo, os valores são bastante inferiores à vazão mínima ($Q_{\min}$) destes equipamentos.

5.2. Determinação do Indicador de Consumo

A Figura 5.3 apresenta o indicador de consumo em cada dia da semana para uma das residências investigadas. Os valores obtidos para as demais residências são apresentados no anexo B.

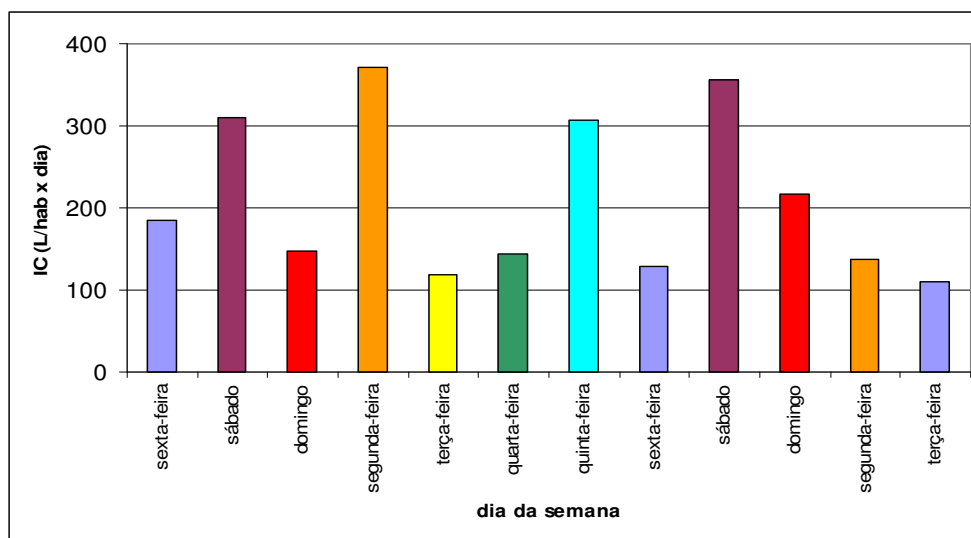


Figura 5.3 - Indicador de consumo de uma unidade investigada.

O valor médio de IC para essa residência é igual a 188 L/hab x dia nos dias úteis (desvio-padrão de 98 L/hab x dia) e 258 L/hab x dia nos finais de semana (desvio-padrão de 93 L/hab x dia).

A Figura 5.4 apresenta os valores médio, máximo e mínimo do IC para as 20 unidades investigadas. A extremidade superior do traço indica o valor máximo e a inferior, o valor mínimo. O ponto quadrado sobre o traço representa o valor médio do IC.

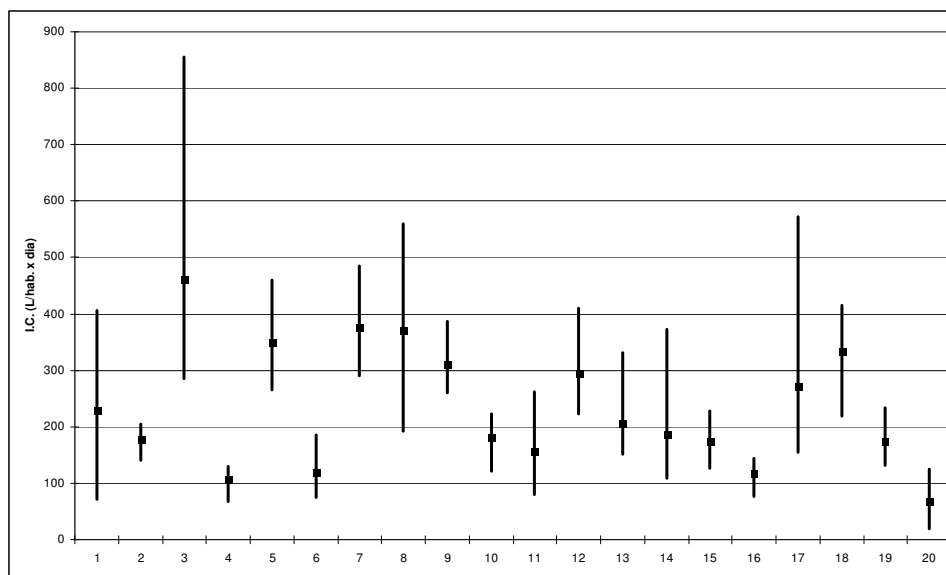


Figura 5.4 – Valor do IC médio, máximo e mínimo as 20 unidades investigadas – dias úteis.

De maneira similar, a Figura 5.5 apresenta os valores médio, máximo e mínimo nos finais de semana, para as vinte unidades investigadas.

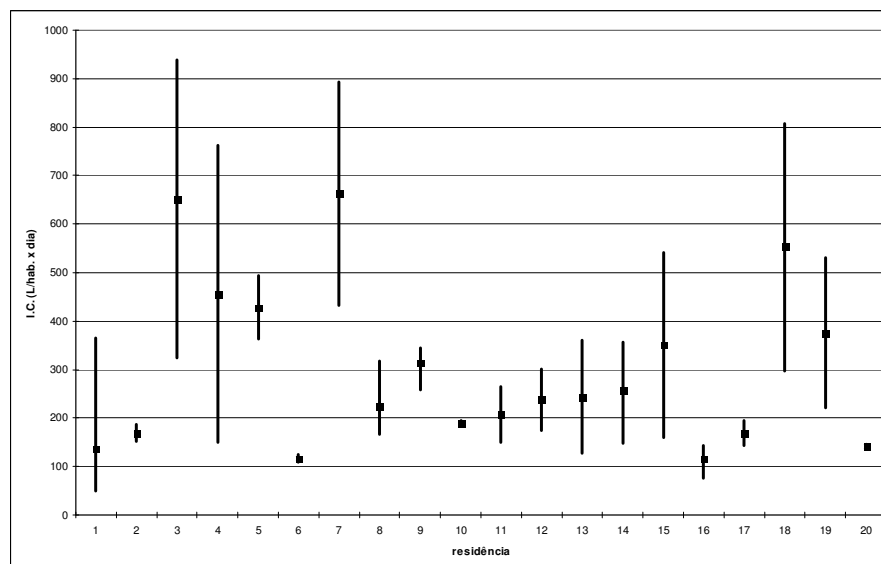


Figura 5.5–Valor do IC médio, máximo e mínimo para as 20 unidades investigadas – finais de semana.

Na Tabela 5.1 é apresentada a distribuição dos valores médios do IC para a amostra como um todo.

Tabela 5.1 – Distribuição dos valores médios do IC – 20 residências.

Valor médio do IC (L / hab x dia)	Número de residências (porcentagem)		
	dias úteis	finais de semana	todos os dias
IC < 100	1 (5%)	0	1 (5%)
100 ≤ IC ≤ 250	11 (55%)	11 (55%)	10 (50%)
250 < IC ≤ 350	6 (30%)	2 (10%)	4 (20%)
IC > 350	2 (10%)	7 (35%)	5 (25%)

Da análise da tabela anterior, vê-se que 70% dos valores do IC médios (todos os dias) se encontram na faixa entre 100 a 350 L/hab x dia. Já para os dias úteis, este percentual sobe para 85%, enquanto que nos finais de semana cai para 65%. Nota-se um incremento no IC acima de 350 L/hab x dia nos finais de semana.

Considerando-se apenas a faixa onde se concentra o maior número de valores de IC nos dias úteis (faixa de 100 a 250 L/hab x dia, em 11 das 20 residências investigadas) o IC médio é de 167 L/hab x dia (ver Figura 5.6).

Já para os valores de IC que se encontram na faixa de 251 a 350 L/hab*dia, o valor médio do IC é igual á de 337 L/hab*dia (ver Figura 5.7).

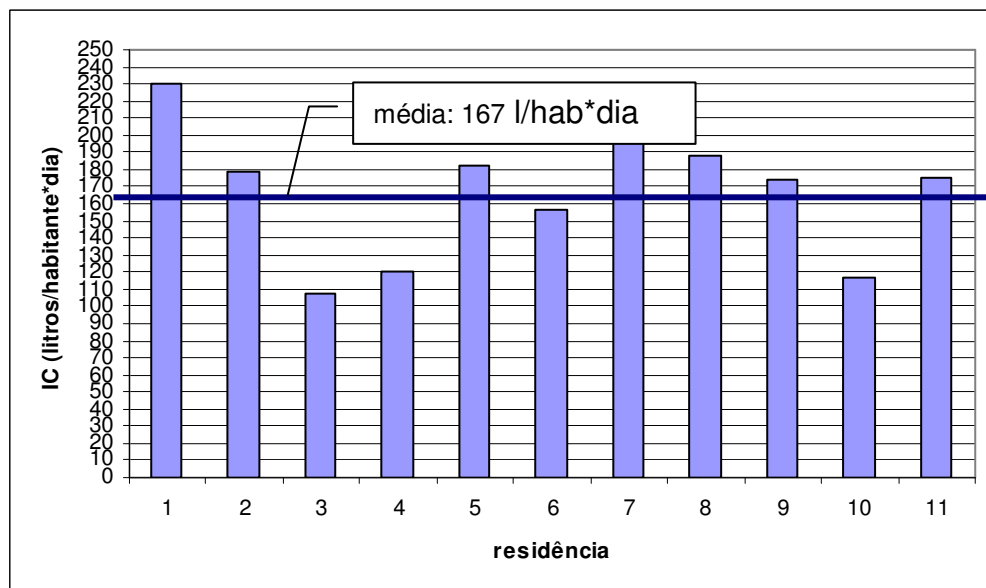


Figura 5.6 – Valores do IC médio compreendidos na faixa de 100 a 250 L/hab*dia – dias úteis.

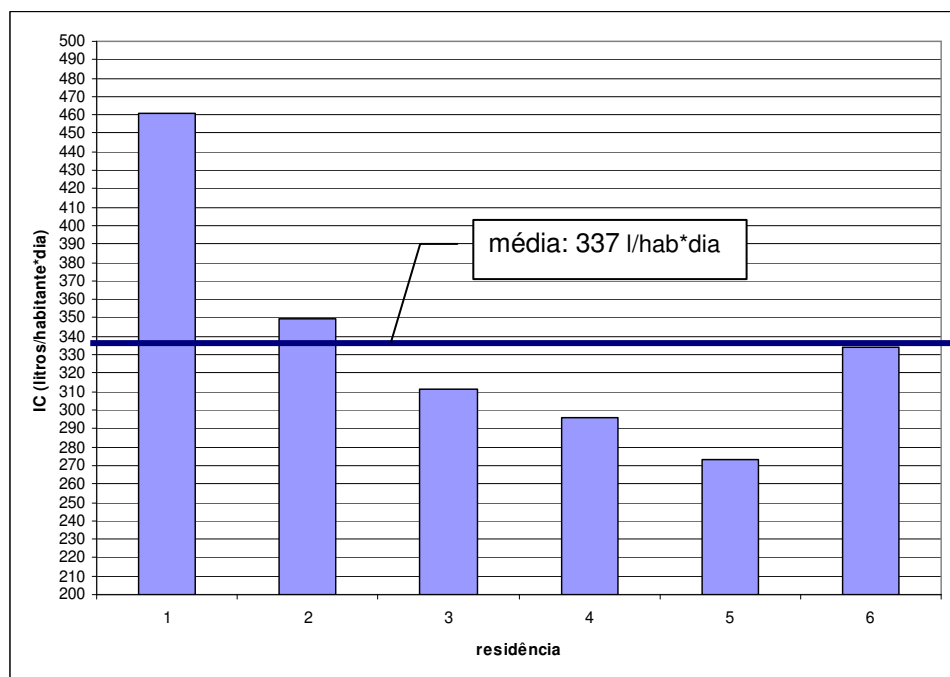


Figura 5.7 – Valor do IC compreendido na faixa de 251 a 350 L/hab*dia – dias úteis.

5.3. Determinação do índice de submedição e avaliação de alternativas de hidrômetros

Conforme descrito no item 3.2, nos hidrômetros velocimétricos os volumes de medição são obtidos de forma indireta, por meio da contabilização de outras grandezas que são influenciadas pela passagem do fluxo da água pelo aparelho, ou seja a exatidão dos volumes medidos por aparelhos desta natureza está diretamente relacionada com a vazão de operação.

Os medidores empregados nesse trabalho foram aferidos em 13 faixas de vazão e não somente nas 3 constantes na NBR NM 212 (ABNT, 1999). A partir das aferições individuais, obteve-se uma aferição média, com a determinação da curva característica dos medidores, à qual foi acrescentada a curva do medidor-padrão obtida anteriormente, conforme ilustra a Figura 5.8.

As linhas de cor preta constantes na referida figura determinam os limites aceitáveis de erro para os medidores de vazão máxima 3,0 m³/h enquanto que as de cor vermelha determinam os limites para os medidores de vazão máxima de 1,5 m³/h. Os limites apresentados referem-se a medidores novos.

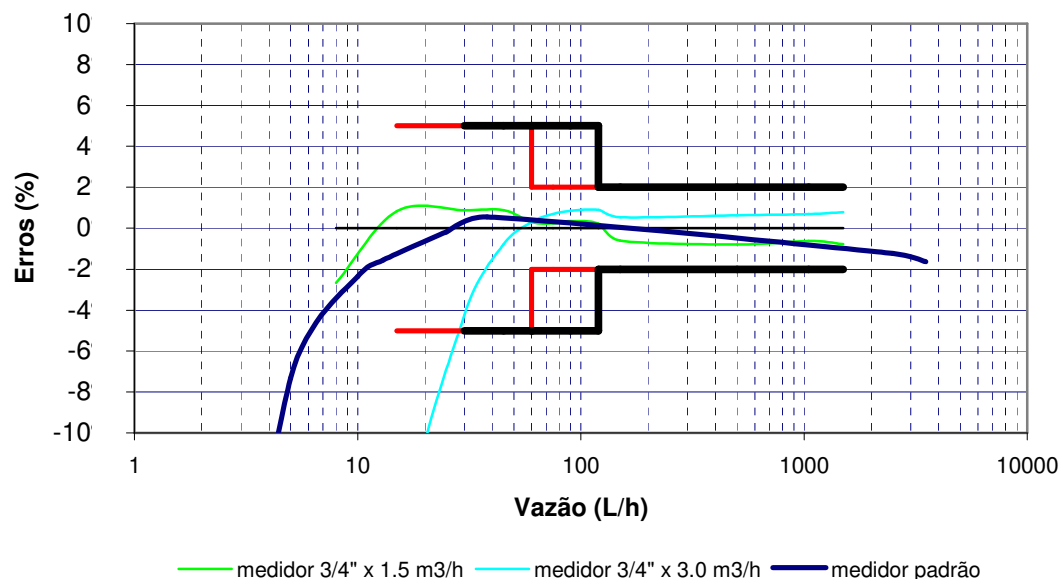


Figura 5.8- Curva característica média dos medidores classe B e do medidor-padrão.

Verifica-se, da análise da figura anterior, que os erros de medição diminuem com o incremento da vazão, desde que não se extrapole o campo de medição característico de cada equipamento, o qual se estende até sua vazão máxima.

A Tabela 5.2 apresenta a porcentagem do volume correspondente a cada faixa de vazão em conjunto com a porcentagem do tempo total de medição para uma das residências investigadas. Os resultados obtidos para as demais residências se encontram no anexo C.

Tabela 5.2 Porcentagem do volume e do tempo total de medição correspondente a cada faixa de vazão – uma residência.

Faixa de vazão (litros / hora)	volume total medido (%)	parcela do tempo total de medição (%)
0-8	7,12	59,30
8-15	7,32	14,86
15-30	10,48	11,00
30-45	7,71	4,71
45-60	6,50	2,81
60-75	4,54	1,51
75-90	2,90	0,78
90-120	5,37	1,14
120-150	4,94	0,83
150-500	27,43	2,55
500-750	7,69	0,30
750-1050	8,00	0,21
1050-1500	0,00	0,00

Da análise da tabela anterior, verifica-se que em cerca de 59% do tempo de medição na residência em questão as vazões estiveram na faixa entre 0 e 8 L/h.

A Figura 5.9 apresenta a incidência média das vazões, para a amostra como um todo, nas diferentes faixas consideradas.

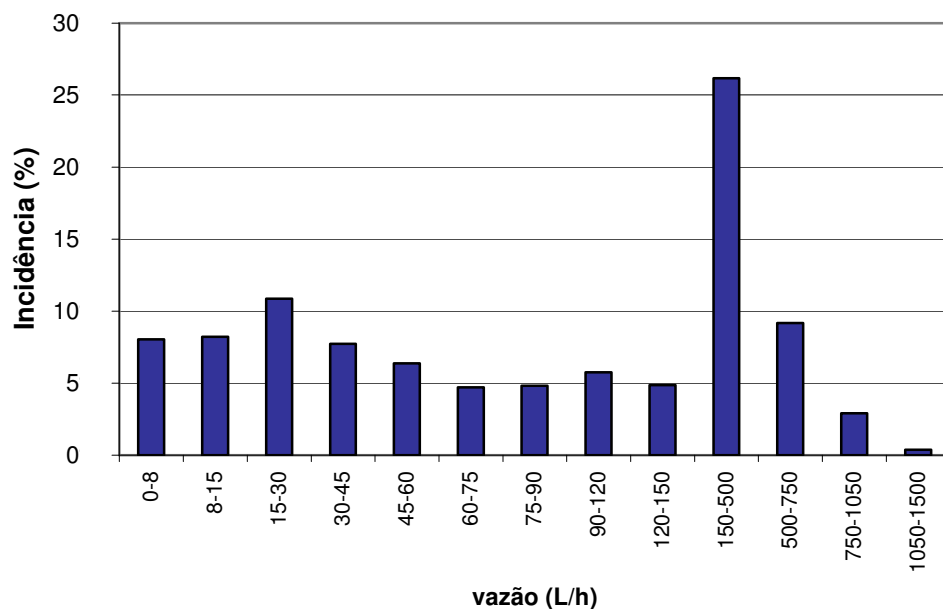


Figura 5.9– Incidência média das vazões médias nas faixas de vazão consideradas – todas unidades.

Verifica-se que existe uma concentração das vazões (um pouco mais de 25% dos valores medidos) na faixa de 150 a 500 L/h.

A Figura 5.10 apresenta o perfil típico de vazão proposto pelo projeto de norma 04:005.10-028, (ABNT, 2007), em conjunto com o perfil típico encontrado nesse estudo.

Para uma maior aproximação dos dados obtidos nesta investigação com o proposto pelo referido projeto de norma, as faixas de vazão foram reagrupadas. O termo “peso” é usado em substituição ao termo “incidência” nesse projeto de norma, assim o mesmo foi adotado nessa parte do trabalho, apenas para fins de padronização.

Vale ressaltar que o perfil apresentado no referido projeto de norma é um perfil médio de algumas concessionárias, sem a caracterização dos locais de onde foram obtidos e do tipo de edificação residencial considerada.

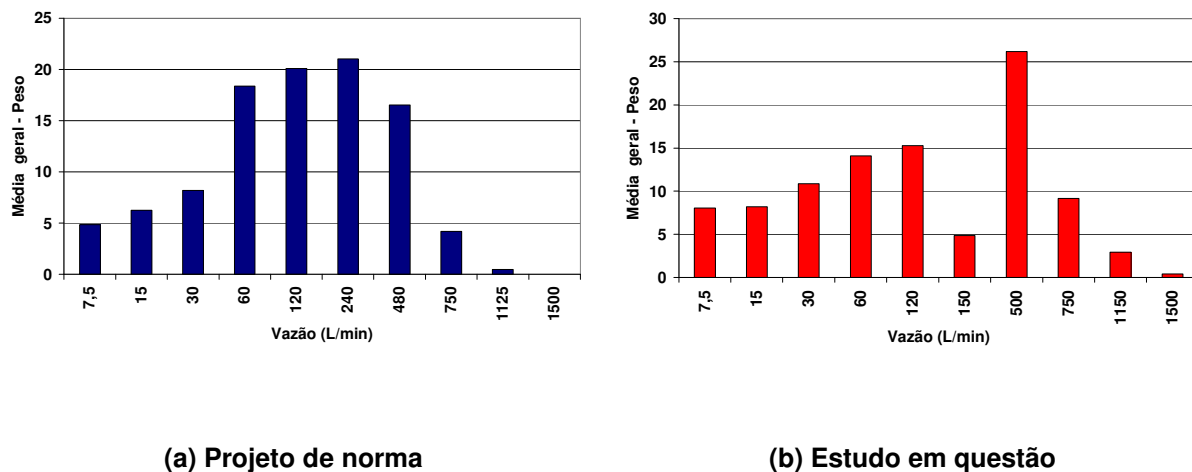


Figura 5.10 – Perfil de abastecimento típico proposto pela norma para medidores de vazão nominal 0,75 m³/h e perfil de abastecimento típico encontrado no estudo.

Verifica-se que nas primeiras faixas de vazão, até 30 L/h, a somatória dos pesos encontrados no estudo é maior do que a apresentada pelo projeto de norma. O mesmo é válido para as altas vazões, onde a somatória dos pesos é superior ao do projeto de norma.

Os hidrômetros que estavam instalados inicialmente em cada residência investigada possuíam datas de instalação e marca diversas, porém todos são de classe metrológica B com diâmetro ¾" e vazão de 3,0m³/h. Os medidores instalados após o levantamento possuem a mesma classe metrológica e diâmetro, apenas a vazão é de 1,5 m³/h. Na Tabela 5.3 são apresentadas as vazões normalizadas para cada um dos dois tipos de medidores citados.

Tabela 5.3 – Vazões normalizadas dos medidores de classe metrológica B.

tipo de hidrômetro	vazão (L/h)			
	mínima Q _{mín}	de transição Q _t	nominal Q _n	máxima Q _{máx}
Ø ¾" x 3,0 m³/h	30	120	1500	3000
Ø ¾" x 1,5 m³/h	15	60	750	1500

Fonte : NBR NM 212 (ABNT, 1999).

Desta forma, distribuindo-se as vazões apresentadas na Figura 5.9 nas faixas de vazão apresentadas na Tabela 5.3, de acordo com as características de cada medidor e em conformidade com as normas, obtém-se os percentuais por faixa de medição apresentados na Figura 5.11 para os dois medidores considerados.

Observa-se que, para o medidor Ø ¾" x 3,0 m³/h, aproximadamente 25% do volume contabilizado está concentrado em vazões abaixo da mínima, enquanto no medidor Ø ¾" x 1,5 m³/h é de aproximadamente 15%. Estes percentuais, embora significativos, estão fora da faixa de medição do medidor estabelecida pela NBR NM 212 (ABNT, 1999), ou seja, mesmo que até 25% do volume deixe de ser efetivamente medido pelo hidrômetro, ainda sim, o mesmo estará em conformidade com a referida norma e com a portaria do INMETRO.

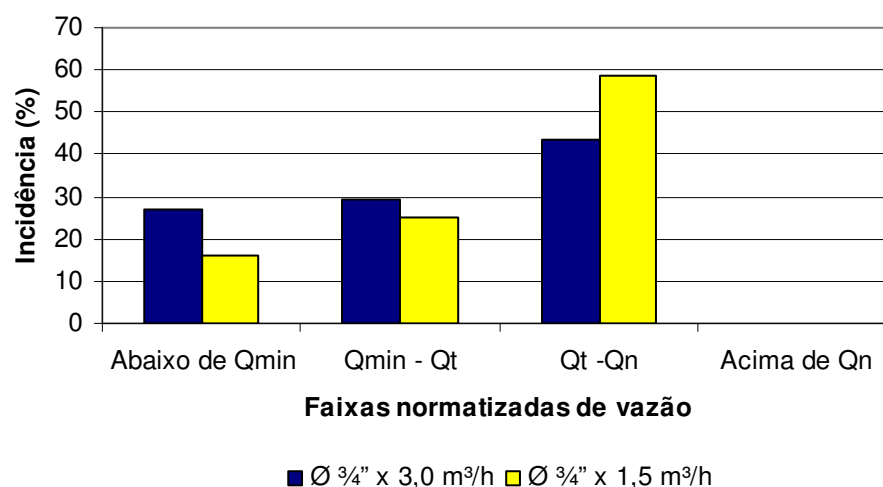


Figura 5.11– Incidência das vazões medidas nas faixas de vazão normalizadas para os medidores utilizados na investigação.

A Tabela 5.4 mostra o resultado das aferições dos medidores retirados de campo. São mostrados os valores médios, máximos e mínimos dos erros encontrados.

Tabela 5.4 – Valores médio, máximo e mínimo dos erros dos medidores retirados de campo.

faixa de vazão (L/h)	Erro (%)		
	médio	máximo	mínimo
0-8	-100,00	-100,00	-100,00
8-15	-66,35	-10,00	-100,00
15-30	-18,11	2,50	-100,00
30-45	-4,24	2,83	-23,00
45-60	-0,78	3,33	-10,33
60-75	0,28	3,33	-5,83
75-90	0,69	3,83	-4,17
90-120	0,85	3,50	-2,50
120-150	0,89	4,00	-2,67
150-500	0,53	2,58	-1,37
500-750	0,63	2,77	-0,92
750-1050	0,70	2,93	-0,85
1050-1500	0,79	2,95	-0,78

Destaca-se que na primeira faixa de aferição, até 8 L/h, todos os medidores permaneceram parados (sem movimentação da relojoaria), nesta faixa encontra-se 8,03% do total das vazões levantadas em campo.

Na segunda faixa, que vai de 8 a 15 litros por hora 10 dos 22 medidores continuaram parados, sendo que o erro médio encontrado foi superior a 65% (negativo), nesta faixa encontra-se 8,20% das vazões que, somados à primeira faixa representam 16,23% do total.

Na terceira faixa, entre 15 e 30 litros por hora, onde encontra-se a vazão mínima para o medidor em questão, um medidor ainda permaneceu parado e a média de erros encontrada foi de 18,11% (negativo). A portaria 246 (INMETRO, 2000), determina que o erro absoluto máximo para a vazão mínima dos medidores usados seja de 10%. Aplicando-se este parâmetro aos demais medidores, oito estariam inaptos para utilização.

A Tabela 5.5 apresenta os resultados da aferição dos medidores novos.

Tabela 5.5- Valores médios, máximo e mínimo de erros dos medidores novos.

faixas de vazão (L/h)	Erros (%)		
	médio	máximo	mínimo
0-8	-100,00	-100,00	-100,00
8-15	-2,67	2,33	-7,67
15-30	0,83	4,00	-1,83
30-45	0,88	3,17	-1,33
45-60	0,88	4,50	-1,33
60-75	0,30	2,00	-1,33
75-90	0,23	1,83	-1,33
90-120	0,34	2,50	-0,67
120-150	0,21	2,50	-1,00
150-500	-0,62	1,07	-1,88
500-750	-0,79	0,85	-1,92
750-1050	-0,62	0,65	-2,02
1050-1500	-0,78	0,43	-2,27%

Destaca-se que na primeira faixa de vazões os medidores que, apesar de novos e de vazão nominal inferior a dos retirados, não possuem capacidade de medição, porém na segunda e terceira faixas os valores encontrados são significativamente melhores que os apresentados pelos medidores retirados, representando um ganho na precisão da medição.

Na segunda faixa de vazões o valor mínimo encontrado, 7,67% (negativo) extrapola os valores determinados pelo INMETRO para medidores novos, que é de $\pm 5\%$ entre $Q_{\min}$ (inclusive) e Q_t (exclusive). Este fato reforça a necessidade das concessionárias realizarem ensaios de recebimento para medidores novos, pois apesar de terem sido aferidos individualmente na fabricação, conforme determinação da portaria, 2 dos 22 medidores não atenderam os requisitos mínimos iniciais, o que representa aproximadamente 10% do total.

A Tabela 5.6 mostra os resultados das aferições comparadas aos parâmetros do INMETRO. Conforme já citado anteriormente neste trabalho, os hidrômetros em uso serão considerados aprovados desde que seus erros máximos não ultrapassem a: $\pm 10\%$ entre $Q_{\min}$ (inclusive) e Q_t (exclusive), e $\pm 5\%$ entre Q_t (inclusive) e $Q_{\max}$ (inclusive). Já para os medidores novos os parâmetros são os seguintes: $\pm 5\%$ entre $Q_{\min}$ (inclusive) e Q_t (exclusive), e $\pm 2\%$ entre Q_t (inclusive) e $Q_{\max}$ (inclusive).

Tabela 5.6 – Resultado das aferições dos hidrômetros retirados de campo e dos novos segundo os parâmetros da portaria do INMETRO.

Medidor	Hidrômetros retirados				Hidrômetros novos			
	Média de erros de aferição (%)			Resultado	Média de erros de aferição (%)			Resultado
	Vazão (L/h)				Vazão (L/h)			
	30	120	1500		15	60	750	
1	-5,00	0,83	-0,05	Aprovado	0,17	1,83	-0,87	Aprovado
2	-35,17	-2,17	0,85	Reprovado	-3,17	-0,83	-1,22	Aprovado
3	-10,00	2,17	1,17	Aprovado	-4,17	1,67	0,85	Aprovado
4	-1,17	1,00	-0,78	Aprovado	-1,67	4,50	-0,77	Aprovado
5	-1,50	2,17	0,92	Aprovado	-2,33	0,33	-1,07	Aprovado
6	-9,33	3,33	0,98	Aprovado	-2,33	1,00	-0,65	Aprovado
7	0,17	1,33	0,20	Aprovado	-2,17	0,50	-1,60	Aprovado
8	-9,50	0,67	-0,38	Aprovado	-1,67	-0,33	0,18	Aprovado
9	-34,17	3,50	1,63	Reprovado	-6,17	1,33	-1,12	Reprovado
10	2,50	-2,33	2,70	Aprovado	-1,83	0,83	0,02	Aprovado
11	1,17	1,33	0,78	Aprovado	-4,00	-1,33	-1,25	Aprovado
12	-1,83	2,33	-0,42	Aprovado	-5,33	0,83	-0,85	Reprovado
13	-9,33	0,50	0,28	Aprovado	-4,00	1,33	-0,90	Aprovado
14	-22,83	3,00	2,77	Reprovado	-0,33	0,83	-1,03	Aprovado
15	-44,67	-0,67	-0,50	Reprovado	-3,83	-0,33	-1,92	Aprovado
16	-100,00	0,67	0,27	Reprovado	-6,50	0,50	-1,27	Aprovado
17	-22,00	-2,50	2,55	Reprovado	-7,67	-0,83	-0,95	Aprovado
18	-49,50	-1,50	0,98	Reprovado	-0,83	1,50	0,17	Aprovado
19	-2,33	3,00	2,95	Aprovado	1,17	2,50	-1,63	Aprovado
20	-36,00	-1,00	-0,28	Reprovado	-1,33	1,67	-0,88	Aprovado
21	0,33	1,33	-0,03	Aprovado	2,33	2,33	-0,87	Aprovado
22	-8,17	1,67	0,72	Aprovado	-3,00	-0,50	0,23	Aprovado

Da análise dos dados obtidos, verifica-se que oito hidrômetros em uso e dois novos não atenderam aos parâmetros determinados.

Da amostra dos medidores em uso, todos os reprovados não atenderam aos requisitos de vazão mínima indicando que o desgaste decorrente do uso, reduz a sensibilidade dos equipamentos as baixas vazões.

Conforme já destacado, as reprovações dos medidores novos reforçam a necessidade de realização de ensaios de recebimento pelas concessionárias, pois

apesar de todos os medidores passarem por aferições individuais após serem fabricados, 2 dos 22 apresentaram erros superiores ao máximo estabelecido pela portaria 246 (INMETRO, 2000).

A Tabela 5.7 apresenta o índice de submedição para os hidrômetros retirados de campo e também para os novos, determinados conforme descrito no item 4.1.4.

Tabela 5.7 – Índice de submedição encontrado para a amostra de residências investigadas.

Faixas de vazão (L/h)	Perfil de abastecimento encontrado na amostra (Peso)	Hidrômetro retirado de campo		Hidrômetro novo	
		Média de erros de aferição (%)	Pesos em função do perfil de abastecimento	Média de erros de aferição (%)	Pesos em função do perfil de abastecimento
0-8	8,03	-100,00	-8,030	-100,00	-8,030
8-15	8,20	-66,35	-5,441	-2,67	-0,219
15-30	10,86	-18,11	-1,966	0,83	0,090
30-45	7,72	-4,24	-0,327	0,88	0,068
45-60	6,38	-0,78	-0,050	0,88	0,056
60-75	4,72	0,28	0,013	0,30	0,014
75-90	4,83	0,69	0,033	0,23	0,011
90-120	5,74	0,85	0,049	0,34	0,020
120-150	4,86	0,89	0,043	0,21	0,010
150-500	26,18	0,53	0,139	-0,62	-0,162
500-750	9,17	0,63	0,058	-0,79	-0,073
750-1050	2,92	0,70	0,020	-0,62	-0,018
1050-1500	0,39	0,79	0,003	-0,78	-0,003
erro médio ponderado			-15,454		-8,235

Da análise da tabela anterior, vê-se para a tipologia analisada o medidor classe B de Ø ¾" x 1,5 m³/h apresenta melhores resultados se comparado ao medidor classe B de Ø ¾" x 3,0 m³/h, considerando-se apenas as vazões normatizadas e o perfil de abastecimento obtido. Embora não existam diferenças significativas de custo entre os dois modelos de hidrômetros apresentados, o medidor de Ø ¾" x 1,5 m³/h ainda é pouco utilizado pelas companhias de saneamento no Brasil.

Além desse medidor, outros modelos poderiam ser também utilizados. Dentre as alternativas existentes no mercado estão os medidores velocimétricos classe metrológica C e os medidores volumétricos.

Os medidores classe C apresentam algumas vantagens se comparados ao medidor classe B de $\varnothing \frac{3}{4}'' \times 1,5 \text{ m}^3/\text{h}$, apesar de não existirem diferenças significativas entre as vazões mínima ($Q_{\min}$) e de transição (Q_t) para os dois modelos, o medidor classe C normalmente possui vazão máxima de 3 ou 5 m^3/h , característica que amplia a faixa de vazões cobertas pelo equipamento. Vale ressaltar que as altas vazões, acima da vazão nominal (Q_n), por longos períodos de tempo podem acelerar o desgaste do medidor, fenômeno que provoca a perda de precisão do equipamento. A Figura 5.12 apresenta as curvas de aferição de um medidor submetido ao ensaio de desgaste acelerado contínuo em vazão máxima. Nota-se que logo após as primeiras cem horas de ensaio há um deslocamento da curva para a direita, no eixo das abcissas. Este fenômeno se repete a cada ciclo de ensaio, indicando a perda de sensibilidade do equipamento.

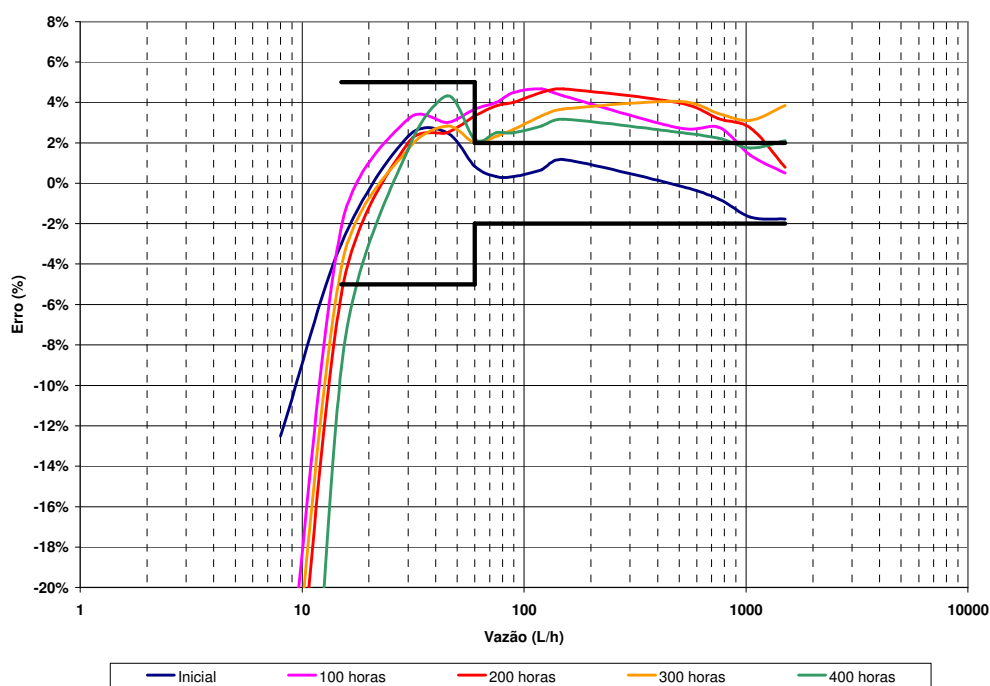


Figura 5.12 – Curvas características de um medidor após ensaio de desgaste acelerado.

Fonte: Sanasa Campinas (2004)

Na Tabela 5.8 é feita uma simulação onde o resultado médio das aferições dos medidores inicialmente encontrados nas residências investigadas são comparados a um medidor volumétrico classe metrológica C. Utilizou-se para a simulação os dados fornecidos pelo laboratório de hidrometria da Sanasa Campinas. O modelo de medidor utilizado é o Aquadis Plus de vazão nominal igual a 1,5 m³/h. Alguns dados foram extrapolados da planilha de ensaio fornecida pela concessionária devido a diferenças em algumas das faixas de vazão utilizadas.

Tabela 5.8 – Simulação para utilização de medidor classe C.

Faixas de vazão (L/h)	Perfil de abastecimento encontrado na amostra (Peso)	Hidrômetro velocimétrico retirado de campo		Simulação com hidrômetro volumétrico classe C	
		Média de erros de aferição (%)	Pesos em função do perfil de abastecimento	Média de erros de aferição (%)	Pesos em função do perfil de abastecimento
0-8	8,03	-100,00	-8,030	-0,33	-0,026
8-15	8,20	-66,35	-5,441	0,67	0,055
15-30	10,86	-18,11	-1,966	1,33	0,144
30-45	7,72	-4,24	-0,327	1,66	0,128
45-60	6,38	-0,78	-0,050	2,00	0,128
60-75	4,72	0,28	0,013	1,83	0,086
75-90	4,83	0,69	0,033	1,66	0,080
90-120	5,74	0,85	0,049	1,33	0,076
120-150	4,86	0,89	0,043	1,32	0,064
150-500	26,18	0,53	0,139	1,16	0,304
500-750	9,17	0,63	0,058	1,05	0,096
750-1050	2,92	0,70	0,020	0,86	0,025
1050-1500	0,39	0,79	0,003	0,57	0,002
erro médio ponderado			-15,454		1,163

Da análise da tabela anterior verifica-se que com a utilização de medidores volumétricos classe C eliminaria-se o problema da submedição.

Conforme destacado anteriormente, a principal barreira para o emprego dos medidores volumétricos está no custo desses equipamentos, que pode chegar a 10

vezes o custo de um medidor velocimétrico classe B. Este mesmo problema ocorre para os medidores velocimétricos classe C.

Os resultados obtidos para o índice de desempenho metrológico, determinados por meio da expressão apresentada no item 4.1.4 são os seguintes:

- medidores com vazão máxima igual a 3,0m³/h:

$$\text{IDM} = 100 + (-15,454)$$

$$\text{IDM} = 84,546\%$$

- medidores com vazão máxima igual a 1,5m³/h:

$$\text{IDM} = 100 + (-8,235)$$

$$\text{IDM} = 91,765\%$$

- medidores volumétricos classe C com vazão máxima igual a 3,0 m³/h:

$$\text{IDM} = 100 + (1,163)$$

$$\text{IDM} = 101,163\%$$

Verifica-se que o IDM para as unidades investigadas aumentou consideravelmente com utilização de medidores de mesma classe metrológica, porém de menor vazão máxima. O IDM seria ainda superior com a utilização de medidores classe C volumétricos.

Ressalta-se que o resultado do IDM apresentado para o medidor classe C é bastante satisfatório, considerando-se que o mesmo se encontra dentro dos limites de erros estabelecidos pela legislação e ainda que, conforme apresentado na Figura 5.12 com o desgaste provocado pelo uso há uma tendência de perda de sensibilidade dos medidores, ocasionando uma redução no IDM.

5.4. Avaliação do comportamento do perfil de vazões para torneiras de bóia convencionais e de alta vazão

A Figura 5.13 apresenta os resultados obtidos nos ensaios com as torneiras de bóia convencional e de alta vazão em conjunto com a identificação das vazões nominal (Q_n), de transição (Q_t) e mínima (Q_{min}) dos medidores originalmente encontrados nas residências investigadas (classe B – diâmetro 3/4 x 3m³/h). Para os dois ensaios a pressão medida foi de 180 KPa.

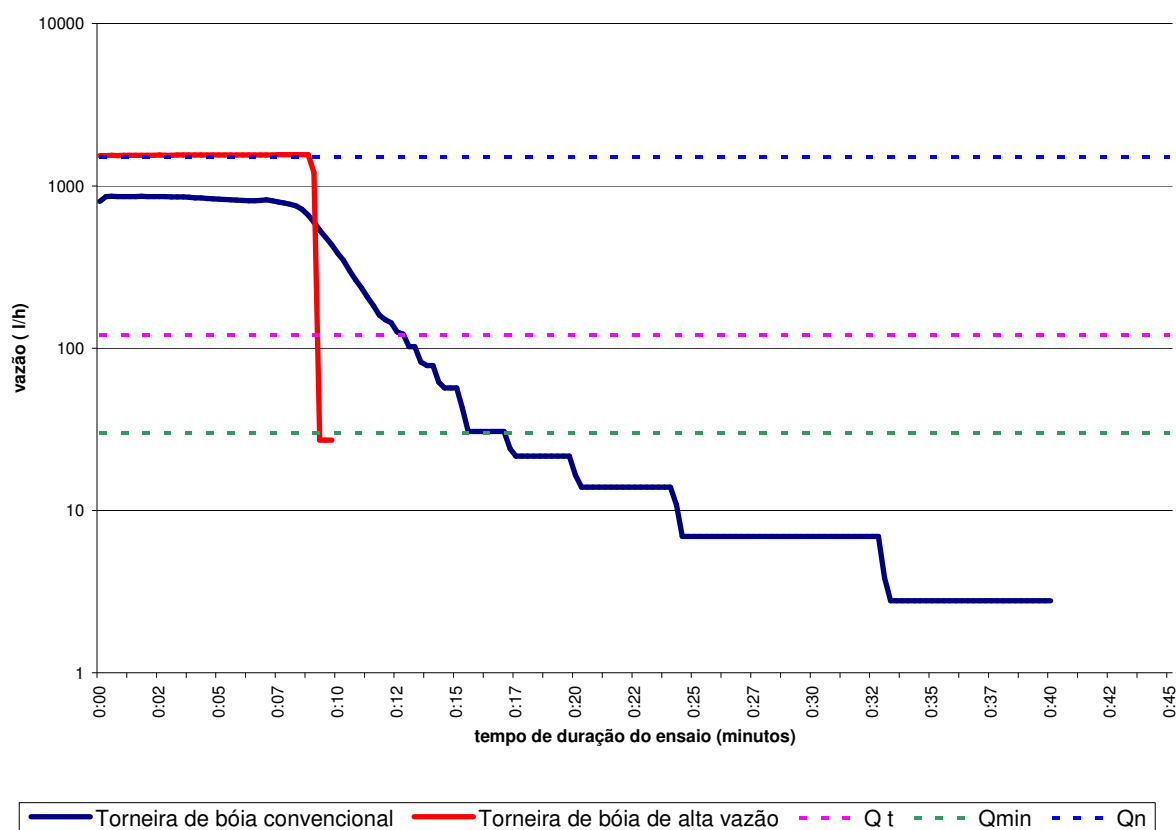


Figura 5.13 – Comportamento das vazões ao longo do tempo – torneiras de bóia convencional e de alta vazão investigadas.

Da análise da figura anterior destaca-se que, para a torneira de bóia de alta vazão, durante todo o período de enchimento do reservatório os valores de vazão verificados são levemente superiores a vazão nominal (Q_n) do medidor e, quando o nível de fechamento é atingido, o sistema interrompe o fluxo de entrada da água de forma rápida. A utilização deste dispositivo elimina a submedição.

Por outro lado, deve-se observar as características do medidor a ser utilizado com este componente, para que seus limites ideais de funcionamento não sejam excedidos. As torneiras de bóia de alta vazão não devem ser utilizadas com medidores de vazão nominal inferior a $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$.

Já para a torneira de bóia convencional verifica-se que parte do enchimento ocorre na faixa abaixo da vazão mínima ($Q_{\text{mín}}$), o que ocasiona a submedição.

5.5. Avaliação comparativa de alternativas para a redução da submedição

A Tabela 5.9 apresenta uma comparação qualitativa das alternativas estudadas no presente trabalho para a redução da submedição em ligações residenciais cujo abastecimento é do tipo indireto ou misto com controle do reservatório efetuado por torneira de bóia.

Para a referida avaliação foram considerados os seguintes critérios:

- custo: custos envolvidos na implantação da alternativa;
- dependência do usuário final: dependência que a alternativa tem das ações do usuário final, quer seja no momento de sua implantação inicial como em uma reforma;

- facilidade de implantação em edificações existentes: considera as intervenções necessárias para a implantação da alternativa em edificações já construídas ;
- facilidade de implantação em novas edificações: considera as intervenções necessárias para a implantação da alternativa em edificações a serem construídas e
- qualidade de medição: refere-se à qualidade da medição no quesito precisão.

Tabela 5.9 – Avaliação qualitativa de alternativas estudadas para redução da submedição.

Alternativa	Custo	Dependência do usuário	Implantação em edificações existentes	Implantação em edificações novas	Qualidade da medição
hidrômetro classe B $\varnothing \frac{3}{4} \times 1,5 \text{ m}^3/\text{h}$ de vazão máxima e torneira de bóia convencional	★ ★ ★ ★ ★	★ ★ ★ ★ ★	★ ★ ★ ★ ★	★ ★ ★ ★ ★	★ ★ ★
hidrômetro classe C volumétrico e torneira de bóia convencional	★	★ ★ ★ ★ ★	★ ★ ★ ★ ★	★ ★ ★ ★ ★	★ ★ ★ ★ ★
hidrômetro classe C velocimétrico e torneira de bóia convencional	★	★ ★ ★ ★ ★	★ ★ ★ ★ ★	★ ★ ★ ★ ★	★ ★ ★ ★
hidrômetro classe B $\varnothing \frac{3}{4} \times 3,0 \text{ m}^3/\text{h}$ de vazão máxima e torneira de bóia de alta vazão	★ ★ ★ ★ ★	★	★	★ ★	★ ★ ★ ★ ★
utilização de abastecimento tipo direto	★ ★ ★ ★ ★	★	★	★ ★ ★ ★ ★	★ ★ ★ ★ ★

★ - muito pouco atrativo ★★ - pouco atrativo ★★★ - atrativo
 ★★★★★ - muito atrativo ★★★★★★ - muitíssimo atrativo

Da análise da tabela anterior verifica-se que, a utilização de medidores classe B de $\varnothing \frac{3}{4}''$ x 1,5 m³/h de vazão máxima ou medidores classe C tipo volumétrico ou velocimétrico resultarão num ganho de desempenho metrológico e consequentemente reduzirão a submedição em edificações com as mesmas características das apresentadas neste trabalho. Para as demais alternativas apresentadas, a dependência do usuário final aparece como o principal entrave para sua aplicação.

6. Considerações finais

O desenvolvimento deste trabalho teve como foco principal a determinação dos volumes não contabilizados devido a submedição. Estima-se que atualmente cerca de 8 a 23% do volume de água potável produzido seja perdido em função deste problema causado principalmente pelo superdimensionamento dos medidores aliado a sistemas de abastecimento indireto ou misto, onde é comum a ocorrência de baixas vazões, devido ao emprego de torneiras de bóia convencionais.

Inserido neste contexto foi desenvolvida uma investigação de campo visando determinar o volume não contabilizado (perdas) por submedição, e também uma investigação laboratorial com o objetivo de avaliar o comportamento de torneiras de bóia do tipo convencional versus torneiras de bóia de alta vazão.

Dentre os resultados obtidos, já comentados ao longo do presente trabalho destacam-se:

- analisando-se as vazões mínimas obtidas em campo, vê-se que parte do volume consumido não seria contabilizado, o que constitui a submedição;
- cerca de 70% dos indicadores de consumo (IC) médios (todos os dias) encontram-se na faixa entre 100 a 350 L/hab x dia. Já para os dias úteis, este percentual sobe para 85%;
- considerando-se a faixa onde se concentra o maior número de valores de IC (dias úteis), o IC médio é de 167 L/hab x dia;

- aproximadamente 25% do volume contabilizado pelo medidor padrão utilizado está concentrado em vazões abaixo da mínima para o medidor $\varnothing \frac{3}{4}"$ x 3,0 m³/h, enquanto que para o medidor $\varnothing \frac{3}{4}"$ x 1,5 m³/h este valor é de aproximadamente 15%;
- o índice de desempenho metrológico (IDM) para os medidores com vazão máxima igual a 3m³/h é igual a 84,5%, já para os medidores com vazão máxima igual a 1,5m³/h o IDM é igual a 91,8% e por meio de uma simulação com medidores volumétricos classe C o IDM seria praticamente 100%.

Já para a investigação laboratorial destaca-se:

- que a torneira de bóia de alta vazão além de possibilitar um enchimento mais rápido do reservatório, não opera em vazões abaixo dos limites estabelecidos para os medidores velocimétricos, eliminando os problemas com a submedição;
- que deve-se observar as características do medidor a ser utilizado com torneiras de bóia de alta vazão, para que os limites ideais de funcionamento do medidor não sejam excedidos.

Por fim, verificou-se que a utilização de medidores classe B de $\varnothing \frac{3}{4}"$ x 1,5 m³/h de vazão máxima ou medidores classe C tipo volumétrico ou velocimétrico resultarão num ganho de desempenho metrológico e, conseqüentemente reduzem a submedição em edificações com as mesmas características das apresentadas neste trabalho. Já para a utilização de torneiras de bóia de alta vazão a intervenção do usuário final aparece como principal barreira para obtenção de bons resultados.

Para o desenvolvimento de trabalhos futuros recomenda-se a reprodução desse estudo para diferentes tipologias com o objetivo de obter subsídios para o correto dimensionamento de medidores, reduzindo-se o problema de submedição.

Referências Bibliográficas

ABNT. **Ensaio para avaliação de desempenho de hidrômetros em alta e baixa vazões - Hidrômetro até 2,5 m³/h de vazão nominal para água fria.**: Projeto 04:005.10-028. Rio de Janeiro, 2007.

ACTARIS. **Catálogo de Produtos.** São Paulo, 2002.

ALVES, W.C.; PEIXOTO, J.B.; SANCHEZ, J.G.; LEITE, S.R. **Micromedicação.** Brasília: Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água , 2004. 171 p. Documento Técnico de Apoio - DTA - A3.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT Projeto 04:005.10-028.** Ensaio para avaliação de desempenho de hidrômetros em alta e baixa vazões - Hidrômetro até 2,5 m³/h de vazão nominal para água fria. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5626/1998** : Instalação predial de água fria. 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14534/2000** : Torneira de bóia para reservatórios prediais de água potável - Requisitos e métodos de ensaio. 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14005/1997**: Medidor velocimétrico para água fria, de 15 m³/h até 1500 m³/h de vazão nominal. 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8194/1997**.: Hidrômetro Taqueométrico para Água Fria até 15,0 m³/h de Vazão Nominal. 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR NM 212/1999**.: Medidores Velocimétricos de Água Fria até 15,0 m³/h;. 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5426/1985**.: Plano de Amostragem e Procedimentos na Inspeção por Atributos. 1985.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8009/1997.**: Hidrômetro Taqueométrico para Água Fria ate 15,0 m³/h de Vazão Nominal - Terminologia. 1997.

BRAMFIT, J.; BURNETT, S.; AINSWORTH P. A comparative study of water usage in metered and unmetered households. **Journal of Consumer Studies and Home Economics**, [S.L.], v. 21, p. 201-213, 1997.

BRASIL. Lei nº 8666 de 21 de junho de 1993. Estabelece normas gerais sobre licitações e contratos administrativos pertinentes a obras, serviços (inclusive de publicidade), compras, alienações e locações no âmbito dos Poderes da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios **Diário oficial da união**, Brasília

CARNEY, M. C.; TRAVIS, J.; SMITH, J. A. Better large meter accuracy increases revenues, reduces water losses. **Water Engineering & Management**, [S.L.], v. 142, n. 1, p. 26-28, jan 1995.

CENTRO DE PESQUISAS METEOROLOGICAS E CLIMATICAS APLICADAS A AGRICULTURA - CEPAGRI UNICAMP. **Clima de Campinas**. Disponível em: <<http://orion.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-de-campinas.html>> Acesso em: 30/10/2007.

COELHO, A. C. **Medição de agua e controle de perdas**. Rio de Janeiro: ABES, 1983.

COELHO, A. C. **Manual de Economia de Água: Conservação de Água** 1 ed. Olinda: Comunigraf, 2001. 264 p.

COELHO, A. C.; MAYNARD, J.C. B. **Medição Individualizada de Água em Apartamentos** 1 ed. Recife: Comunicarte, 1999. 174 p.

COELHO, A.C. **Medição de Água Política e Prática**. 1 ed. Recife: Comunicarte, 1996. 360 p.

DELMÉE, G. J. **Manual de Medição de Vazão**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1982. 476 p.

GONÇALVES, O. M. **Formulação de modelo para o estabelecimento de vazões de projeto em sistemas prediais de distribuição de água fria** São Paulo, 1986. 369 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

GONÇALVES, O. M.; PRADO, R.T.A.; ILHA, M. S. O.; AMORIM, S.; OLIVEIRA, L.H.; PETRUCCI, A. L.; MARTINS; PULICI C. **Execução e Manutenção de Sistemas Hidráulicos Prediais** Gonçalves, O. M.; Prado, R.T.A.; Ilha, M. S. O.; Amorim, S.; Oliveira, L.H.; Petrucci, A. L.; Martins G. A.; Pulici, C. ed. São Paulo: Pini, 2000. 191 p.

GRAÇA, M. E. A.; GONÇALVES, O. M. **Sistemas prediais de distribuição de água fria: determinação das vazões de projeto**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1987. 18 p. Boletim técnico da escola politécnica da USP.

ILHA, M. S. O.; GONÇALVES, O. M. **Sistemas Prediais de Água Fria**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1994. 106 p. Boletim Técnico BT/PCC/008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. Rio de Janeiro, 2002.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 4064-1**: Measurement of water flow in fully charged closed conduits. Meters for cold potable water and hot water. Part 1: Specifications. [S.L.], 2005.

JOHNSON, R. Keeping Meters on line: accurately measuring drinking water and sewage. **Water Engineering & Management**, [S.L.], v. 149, n. 9, p. 14-19, Sep 2002.

LICEU DE ARTES E OFÍCIOS DE SÃO PAULO. **Catálogo de Produtos**. São Paulo, 2003.

LUZ, E.L.B. **Sistemas de Distribuição de Água Fria: Concepção e Dimensionamento**. São Paulo, 1982. 208 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - EPUSP, Universidade de São Paulo.

MACINTYRE, A. J. **Instalações Hidráulicas Prediais e Industriais**. 3 ed. Rio de Janeiro: LTC Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1996. 739 p.

MARCKA, I.; CONEJO, J.G.L.; SILVA, R.T. **Indicadores de perdas nos sistemas de abastecimento de água**. Brasília: Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, 2004. 80 p. Documento Técnico de Apoio - DTA - A2.

MELLO, E.J. Perdas não físicas e o posicionamento do medidor de água. *In*: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, XXVII., 2000, Porto Alegre. 2000: ABES, 2000. p. 1-11.

MELLO, E.J.; FARIAS R.L. O ar e a sua influência na medição do consumo de água. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, XXI., 2001, João Pessoa. **Anais**. [S.L.]: ABES, [2001?].

MICHAELIS Moderno Dicionário da Língua Portuguesa : Editora Melhoramentos Ltda, 1975. 2280 p.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO. **Portaria nº 246 de 17 de outubro de 2000**: Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial.. 2000.

NETTO, A.; FERNANDEZ, M.F.; ARAUJO, R.; ITO, A.E. **Manual de Hidráulica**. 8 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1998. 669 p.

NIELSEN, M. J.; JULIATTO, E. S.; TREVISAN, J.; BONATO, A. Diretrizes para a experimentação e amostragem de medidores de água $Q_n = 0,6; 0,75$ e $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, XXVII., 2000, Porto Alegre. **Anais**. Porto Alegre: [S.n.], [2000?].

NIELSEN, M.J.; JUAREZ, T.; BONATO, A.; SACHET M.A.C. **Medição de Água - Estratégias e Experimentações**. 1 ed. Curitiba: Optagraf, 2003. 200 p.

OLIVEIRA, L.H.; GONÇALVES, O. M. **Metodologia Para Implantação de Programa de Uso Racional de Água em Edifícios**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1999. 14 p. Boletim Técnico BT/PCC/247.

OLIVER, M. Atitudes and inaction: A case study of the manifest demographics of urban water conservation. **Environment and behavior**, [S.L.], v. 31, n. 3, p. 372-394, may 1999.

RECH, A.L. **Água Micromedição e Perdas**. 1 ed. Porto Alegre: DMAE, 1992. 114 p.

ROCHA, A. L.; BARRETO D.; IOSHIMOTO, E. **Caracterização e Monitoramento do Consumo Predial de Água**. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento., 1998. 389 p. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. Documento Técnico de Apoio E1.

ROZAS, N.; PRADO, R.T.A. **Implantação de sistemas de leitura automática de medidores de insumos prediais**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2002. 21 p. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP.

SANCHEZ, J.G.; MOTTA, S. A.; ALVES, W.C. Estimativa de volume de água não medido em ligações residenciais por perda de exatidão nos hidrômetros, na cidade de Juazeiro - BA. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, XXVII., 2000, Porto Alegre. **Anais**. Porto Alegre: [S.n.], [2000?].

SAPPEL DO BRASIL. **Catálogo de Produto** Recife, 2004.

SCHLENGER, D.L. Meter management: best practices for water utilities **Water Engineering & Management**, [S.L.], v. 144, n. 3, p. 33-36, mar 1997.

SENSUS METERING SYSTEMS. **Catálogo de Produtos** Nova Odessa, 2004.

SERUGA, E. Sizing and selecting modern water meters **Water Engineering & Management**, [S.L.], v. 132, n. 8, p. 33-35, jul 1985.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO - SNIS. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos** Brasília: Ministério das Cidades., 2005. 222 p.

TAMAKI, H.O. **A Medição Setorizada Como Instrumento de Gestão da Demanda de Água em Sistemas Prediais**. São Paulo, 2003. 151 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

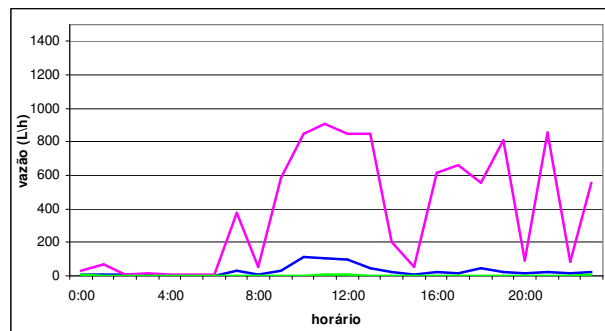
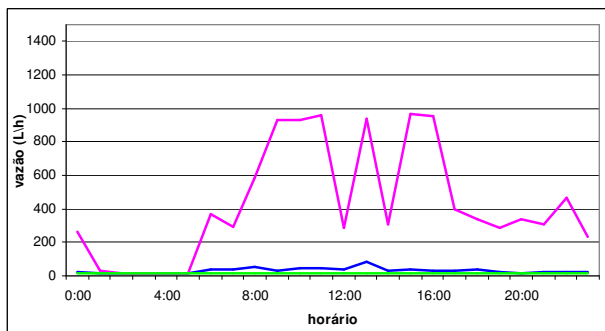
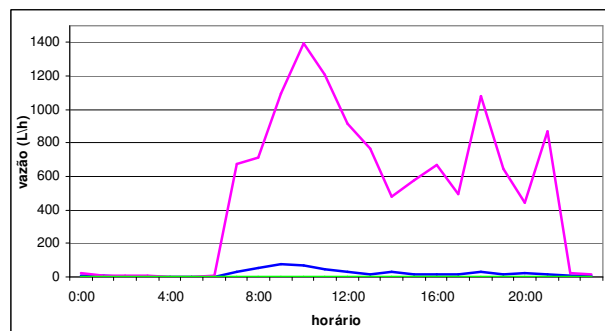
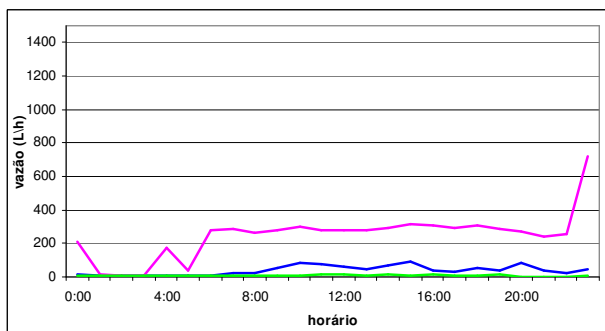
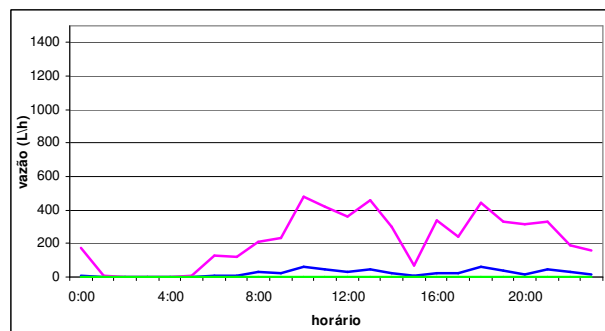
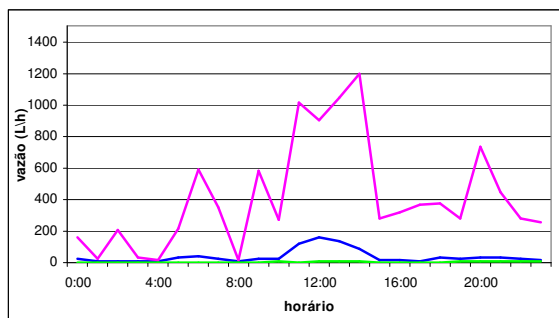
THORNTON, J. **Water loss control manual**. 1 ed. [S.L.]: Mc Graw-Hill, 2002. 645 p.

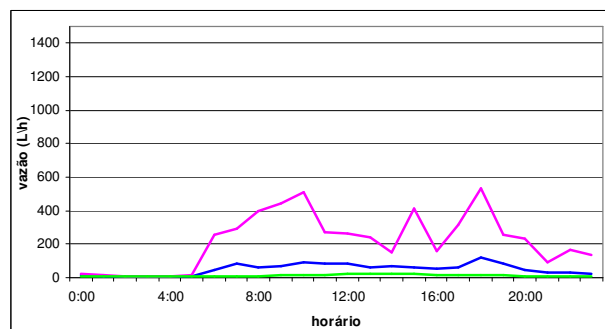
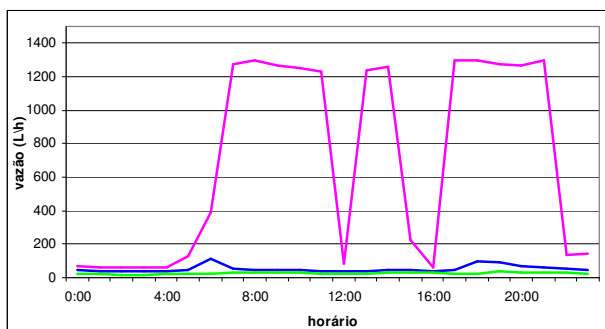
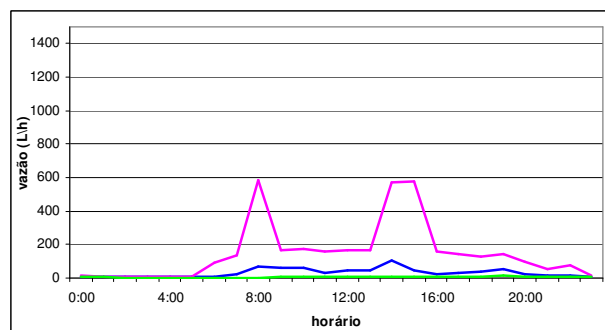
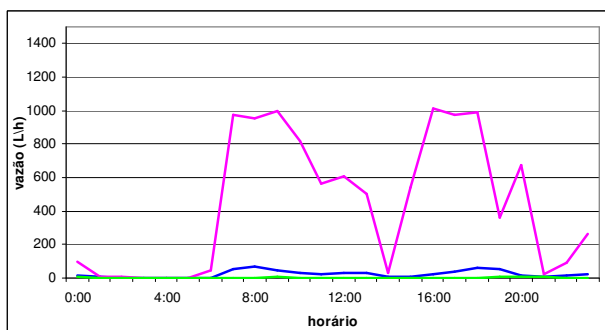
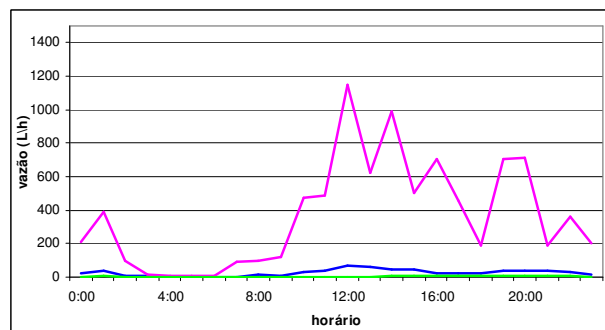
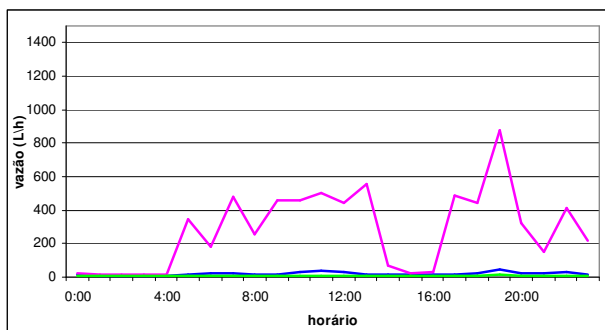
THORNTON, J.; KUNKEL, G. Understanding the types of water loss in: THORNTON, J. **Water loss control manual**. 2004 ed. [S.L.]: Mc Graw-Hill, 2004. Cap. 2. p. 13-24.

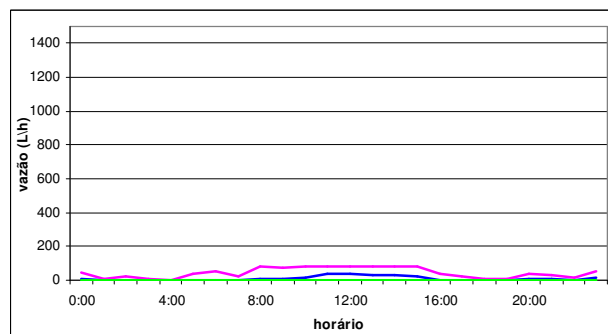
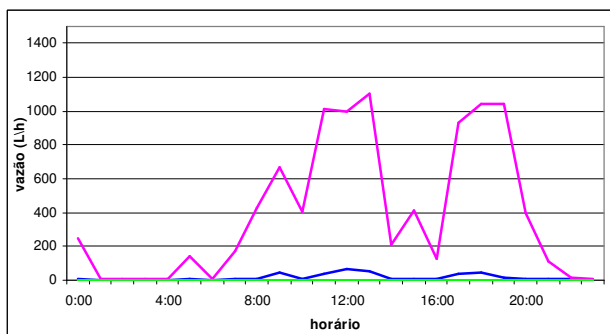
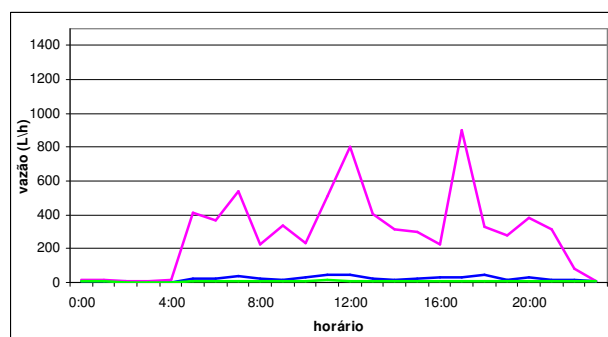
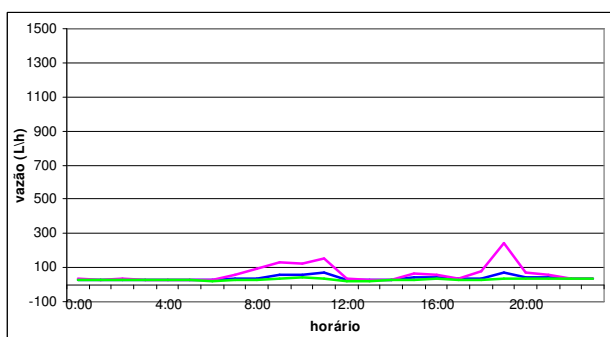
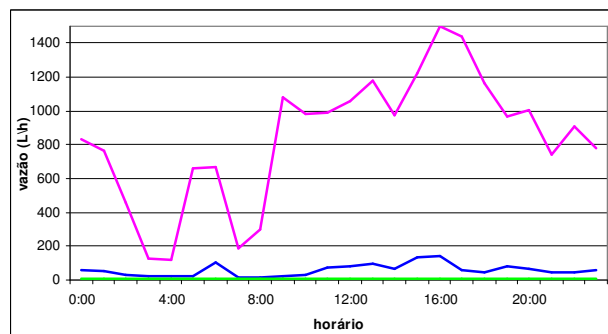
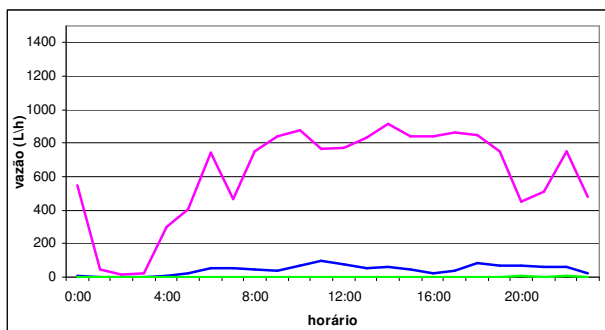
TOMAZ, P. **Previsão de Consumo de Água: Interface das Instalações Prediais de Água e Esgoto com os Serviços Públicos**. São Paulo, 2000.

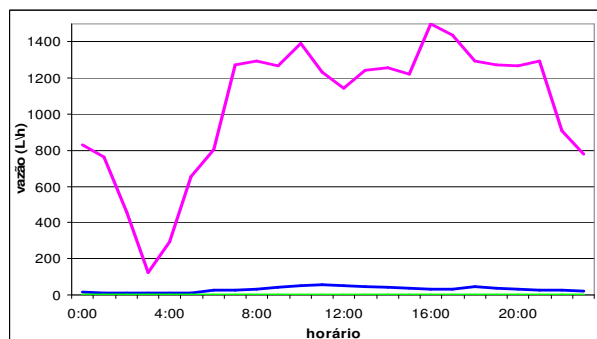
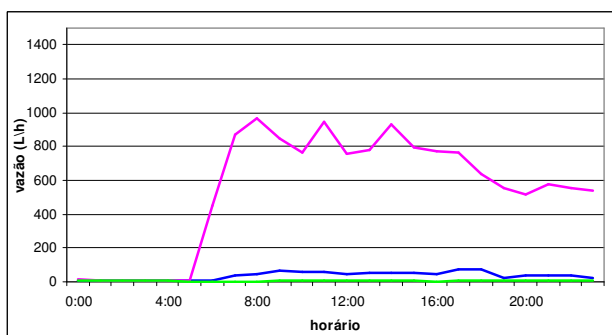
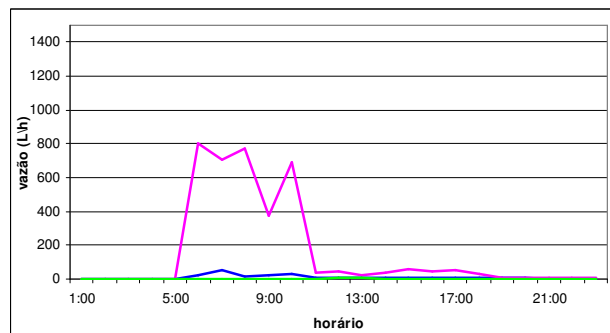
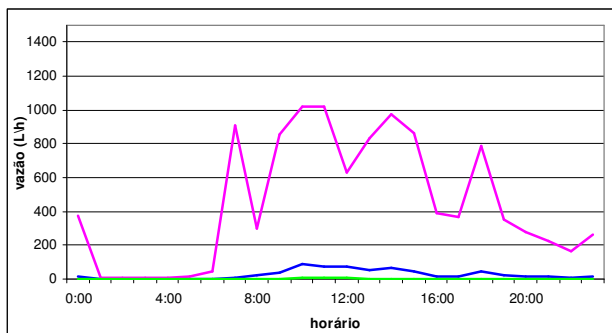
Anexo A

Perfil de abastecimento das unidades investigadas: vazões médias, mínimas e máximas.



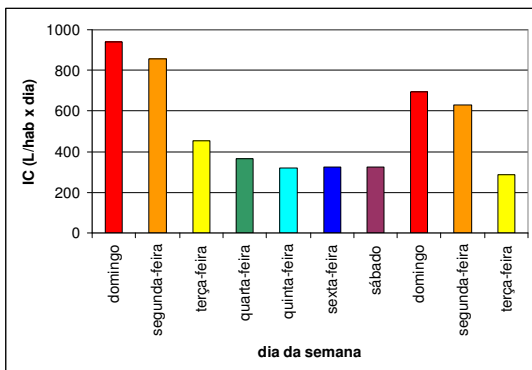




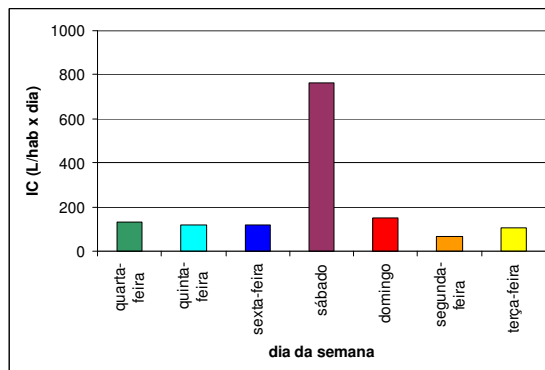


Anexo B

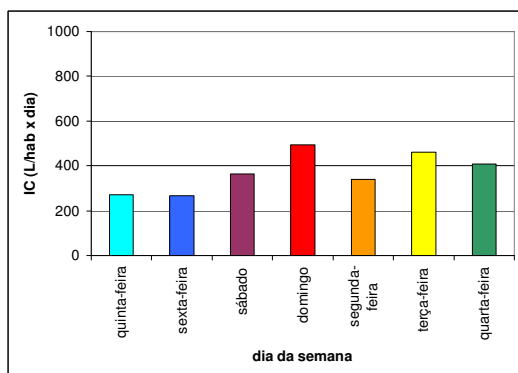
Indicador de consumo para cada unidade investigada.



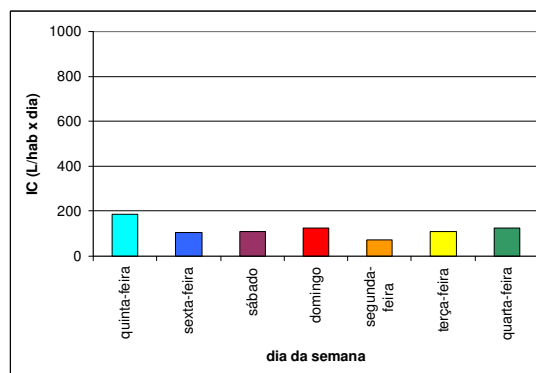
I.C. (l/habxdia)	média	desvio
Dias Úteis	461,14	209,44
Finais de Semana	651,50	310,04



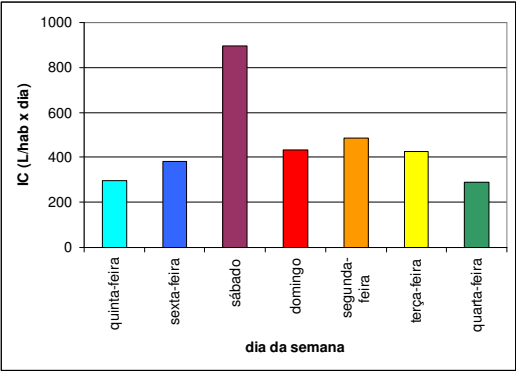
I.C. (l/habxdia)	média	desvio
Dias Úteis	107,40	24,25
Finais de Semana	455,50	433,46



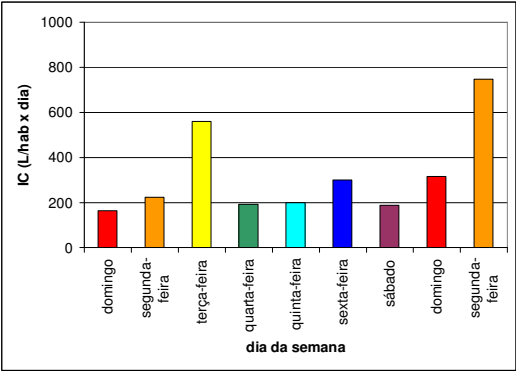
I.C. (l/habxdia)	média	desvio
Dias Úteis	349,30	84,90
Finais de Semana	428,75	92,98



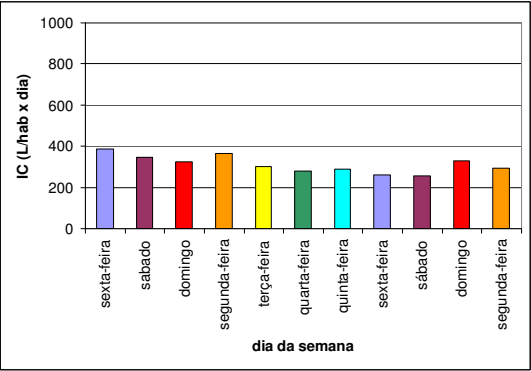
I.C. (l/habxdia)	média	desvio
Dias Úteis	119,90	41,18
Finais de Semana	117,00	10,61



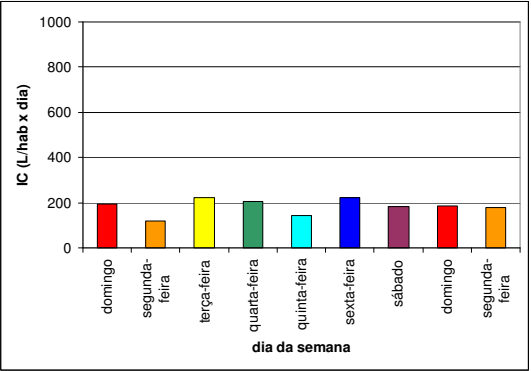
I.C. (l/habxdia)	média	desvio
Dias Úteis	375,60	83,13
Finais de Semana	663,50	325,98



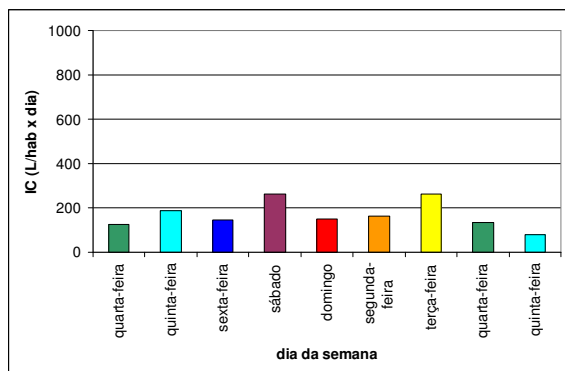
I.C. (l/habxdia)	média	desvio
Dias Úteis	371,17	230,85
Finais de Semana	224,17	81,79



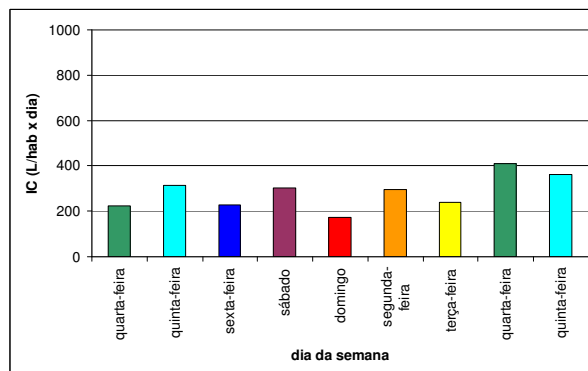
I.C. (l/habxdia)	média	desvio
Dias Úteis	311,07	46,90
Finais de Semana	313,44	37,69



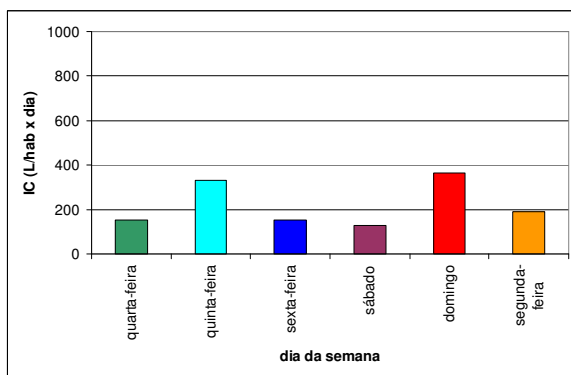
I.C. (l/habxdia)	média	desvio
Dias Úteis	181,83	42,79
Finais de Semana	188,56	6,30



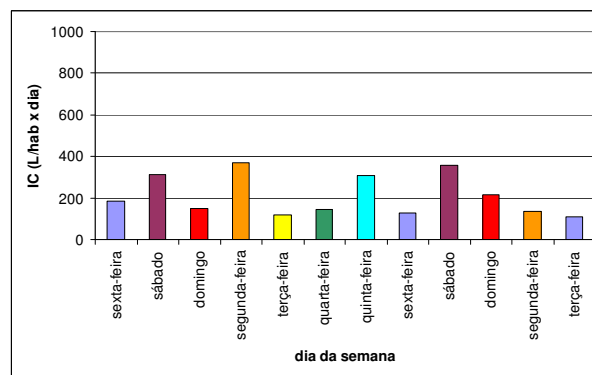
I.C. (l/habxdia)	média	desvio
Dias Úteis	156,76	57,13
Finais de Semana	206,67	81,08



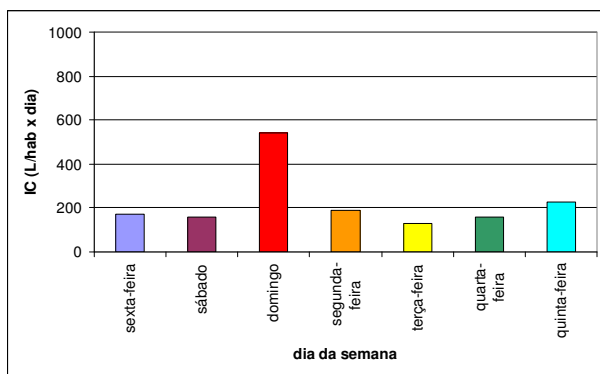
I.C. (l/habxdia)	média	desvio
Dias Úteis	295,69	71,44
Finais de Semana	238,00	89,94



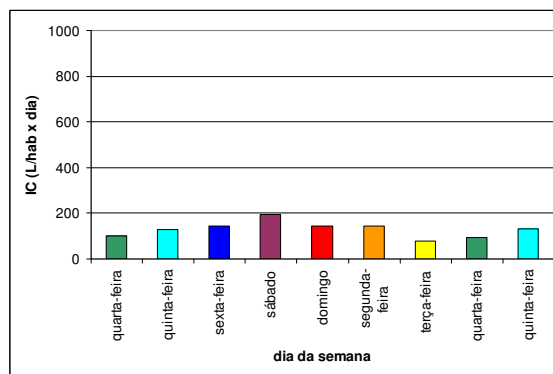
I.C. (l/habxdia)	média	desvio
Dias Úteis	207,25	85,03
Finais de Semana	244,17	166,17



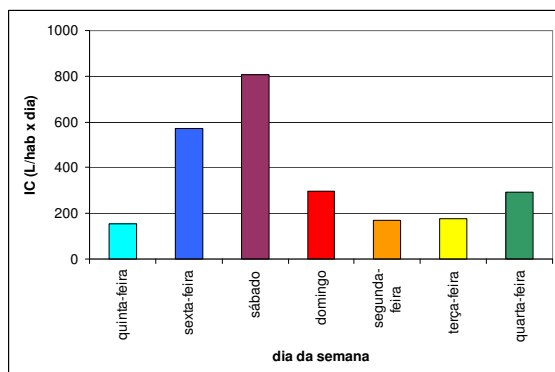
I.C. (l/habxdia)	média	desvio
Dias Úteis	187,78	97,95
Finais de Semana	258,00	93,17



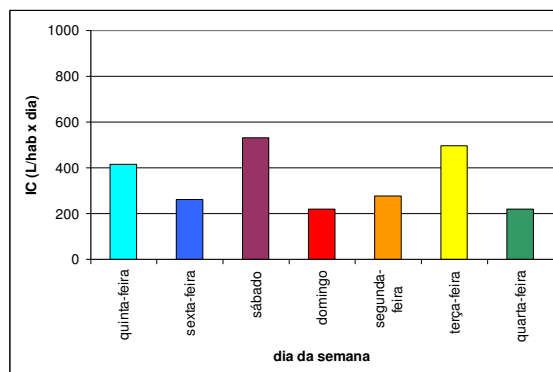
I.C. (l/habxdia)	média	desvio
Dias Úteis	174,25	37,39
Finais de Semana	350,88	270,29



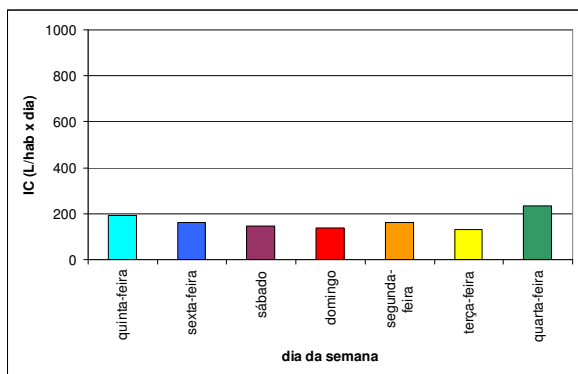
I.C. (l/habxdia)	média	desvio
Dias Úteis	116,74	26,75
Finais de Semana	169,00	37,05



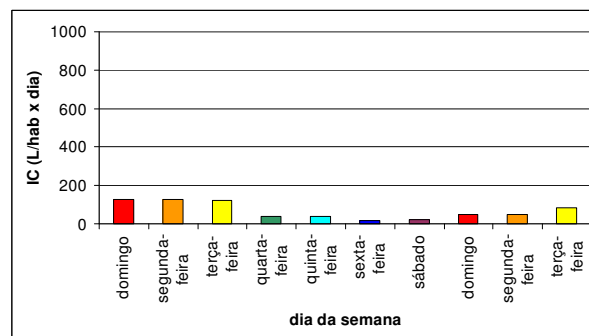
I.C. (l/habxdia)	média	desvio
Dias Úteis	273,56	175,46
Finais de Semana	553,10	360,77



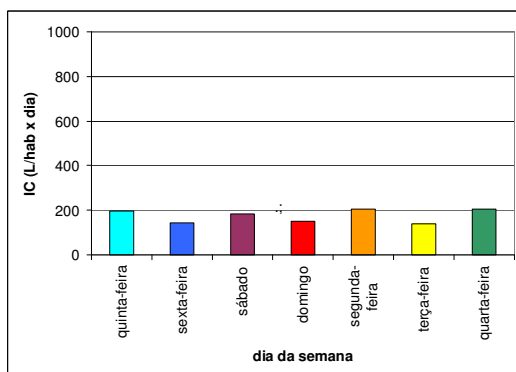
I.C. (l/habxdia)	média	desvio
Dias Úteis	333,90	115,74
Finais de Semana	376,00	219,20



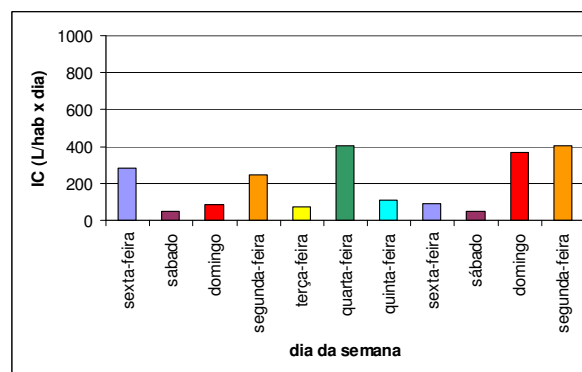
I.C. (l/habxdia)	média	desvio
Dias Úteis	175,47	38,44
Finais de Semana	140,67	6,13



I.C. (l/habxdia)	média	desvio
Dias Úteis	67,96	41,99
Finais de Semana	66,47	54,09



I.C. (l/habxdia)	média	desvio
Dias Úteis	178,47	33,90
Finais de Semana	168,50	24,28



I.C. (l/habxdia)	média	desvio
Dias Úteis	229,86	143,05
Finais de Semana	136,88	153,13

Anexo C

Porcentagem do volume e do tempo total correspondente a cada faixa de vazão de cada unidade investigada.

Faixa de vazão (litros / hora)	volume total medido (%)	parcela do tempo total de medição (%)
0-8	21,17	88,35
8-15	3,97	5,55
15-30	2,92	2,09
30-45	1,36	0,56
45-60	1,38	0,39
60-75	1,11	0,25
75-90	1,73	0,31
90-120	2,61	0,38
120-150	2,08	0,23
150-500	23,34	1,07
500-750	25,03	0,64
750-1050	6,08	0,09
1050-1500	7,22	0,09

Faixa de vazão (litros / hora)	volume total medido (%)	parcela do tempo total de medição (%)
0-8	5,24	61,89
8-15	5,10	10,37
15-30	7,87	8,47
30-45	7,33	4,54
45-60	6,42	2,80
60-75	6,66	2,25
75-90	7,61	2,11
90-120	12,67	2,78
120-150	8,35	1,42
150-500	32,54	3,36
500-750	0,21	0,01
750-1050	0,00	0,00
1050-1500	0,00	0,00

Faixa de vazão (litros / hora)	volume total medido (%)	parcela do tempo total de medição (%)
0-8	0,94%	42,35%
8-15	8,80%	22,18%
15-30	8,80%	11,90%
30-45	7,52%	5,80%
45-60	6,12%	3,34%
60-75	7,24%	3,05
75-90	7,76	2,68
90-120	10,65	2,93
120-150	7,22	1,52
150-500	33,20	4,18
500-750	1,34	0,06
750-1050	0,00	0,00
1050-1500	0,41	0,01

Faixa de vazão (litros / hora)	volume total medido (%)	parcela do tempo total de medição (%)
0-8	35,90	90,21
8-15	7,00	5,40
15-30	5,29	2,08
30-45	4,27	0,92
45-60	2,82	0,43
60-75	2,09	0,25
75-90	0,78	0,08
90-120	0,71	0,06
120-150	0,00	0,00
150-500	5,41	0,12
500-750	35,73	0,45
750-1050	0,00	0,00
1050-1500	0,00	0,00

Faixa de vazão (litros / hora)	volume total medido (%)	parcela do tempo total de medição (%)
0-8	0,00	0,00
8-15	12,80	28,16
15-30	33,60	58,97
30-45	3,97	3,38
45-60	2,57	1,52
60-75	2,60	1,20
75-90	1,84	0,71
90-120	3,10	0,91
120-150	4,41	1,02
150-500	33,75	4,05
500-750	1,36	0,08
750-1050	0,00	0,00
1050-1500	0,00	0,00

Faixa de vazão (litros / hora)	volume total medido (%)	parcela do tempo total de medição (%)
0-8	13,31	76,14
8-15	7,51	6,63
15-30	13,96	6,36
30-45	13,90	3,74
45-60	9,83	1,85
60-75	12,06	1,72
75-90	29,43	3,56
90-120	0,00	0,00
120-150	0,00	0,00
150-500	0,00	0,00
500-750	0,00	0,00
750-1050	0,00	0,00
1050-1500	0,00	0,00

Faixa de vazão (litros / hora)	volume total medido (%)	parcela do tempo total de medição (%)
0-8	6,47	18,95
8-15	28,06	46,65
15-30	27,76	27,31
30-45	4,97	2,66
45-60	2,91	1,09
60-75	2,33	0,67
75-90	1,64	0,39
90-120	3,45	0,64
120-150	2,36	0,34
150-500	19,00	1,27
500-750	1,05	0,03
750-1050	0,00	0,00
1050-1500	0,00	0,00

Faixa de vazão (litros / hora)	volume total medido (%)	parcela do tempo total de medição (%)
0-8	10,40	75,35
8-15	7,71	8,60
15-30	12,52	7,47
30-45	7,31	2,47
45-60	4,85	1,16
60-75	3,91	0,72
75-90	3,04	0,45
90-120	5,81	0,69
120-150	10,10	0,91
150-500	34,35	2,19
500-750	0,00	0,00
750-1050	0,00	0,00
1050-1500	0,00	0,00

Faixa de vazão (litros / hora)	volume total medido (%)	parcela do tempo total de medição (%)
0-8	0,00	0,00
8-15	0,00	0,00
15-30	0,95	1,81
30-45	30,28	43,54
45-60	35,36	36,61
60-75	9,17	7,55
75-90	4,89	3,25
90-120	5,77	3,04
120-150	3,90	1,58
150-500	9,68	2,63
500-750	0,00	0,00
750-1050	0,00	0,00
1050-1500	0,00	0,00

Faixa de vazão (litros / hora)	volume total medido (%)	parcela do tempo total de medição (%)
0-8	7,18	52,34
8-15	9,27	17,86
15-30	12,06	12,17
30-45	9,22	5,35
45-60	8,02	3,28
60-75	5,89	1,86
75-90	5,93	1,53
90-120	11,29	2,30
120-150	9,21	1,46
150-500	19,28	1,76
500-750	1,72	0,06
750-1050	0,93	0,03
1050-1500	0,00	0,00

Faixa de vazão (litros / hora)	volume total medido (%)	parcela do tempo total de medição (%)
0-8	11,61	71,72
8-15	6,36	11,45
15-30	7,12	6,61
30-45	4,63	2,50
45-60	3,70	1,42
60-75	3,07	0,90
75-90	2,53	0,61
90-120	4,39	0,83
120-150	4,28	0,63
150-500	34,68	2,79
500-750	14,73	0,47
750-1050	2,90	0,07
1050-1500	0,00	0,00

Faixa de vazão (litros / hora)	volume total medido (%)	parcela do tempo total de medição (%)
0-8	0,39	13,51
8-15	9,11	40,58
15-30	8,92	22,01
30-45	4,00	5,57
45-60	2,41	2,37
60-75	2,18	1,65
75-90	1,91	1,18
90-120	4,40	2,10
120-150	5,31	2,07
150-500	46,92	7,88
500-750	9,35	0,80
750-1050	4,97	0,29
1050-1500	0,14	0,01

Faixa de vazão (litros / hora)	volume total medido (%)	parcela do tempo total de medição (%)
0-8	8,02	61,62
8-15	6,81	15,75
15-30	8,04	9,53
30-45	5,74	3,89
45-60	4,42	2,12
60-75	3,40	1,27
75-90	3,46	1,05
90-120	3,44	0,84
120-150	2,06	0,38
150-500	33,25	2,76
500-750	14,77	0,59
750-1050	6,58	0,20
1050-1500	0,00	0,00

Faixa de vazão (litros / hora)	volume total medido (%)	parcela do tempo total de medição (%)
0-8	9,58	60,38
8-15	8,80	23,57
15-30	5,66	7,76
30-45	1,99	1,52
45-60	1,21	0,66
60-75	1,66	0,70
75-90	1,03	0,36
90-120	2,24	0,62
120-150	1,82	0,39
150-500	29,91	2,38
500-750	30,13	1,44
750-1050	5,96	0,22
1050-1500	0,00	0,00

Faixa de vazão (litros / hora)	volume total medido (%)	parcela do tempo total de medição (%)
0-8	4,88	43,19
8-15	5,87	17,92
15-30	9,57	15,16
30-45	8,76	8,06
45-60	6,79	4,46
60-75	5,60	2,84
75-90	3,57	1,48
90-120	5,60	1,83
120-150	4,02	1,02
150-500	21,40	2,92
500-750	15,50	0,77
750-1050	8,44	0,36
1050-1500	0,00	0,00

Faixa de vazão (litros / hora)	volume total medido (%)	parcela do tempo total de medição (%)
0-8	6,73	61,62
8-15	8,10	15,75
15-30	12,74	9,53
30-45	8,93	3,89
45-60	6,61	2,12
60-75	5,38	1,27
75-90	3,66	1,05
90-120	5,49	0,84
120-150	4,25	0,38
150-500	31,85	2,76
500-750	5,16	0,59
750-1050	1,10	0,20
1050-1500	0,00	0,00

Faixa de vazão (litros / hora)	volume total medido (%)	parcela do tempo total de medição (%)
0-8	2,31	24,77
8-15	3,01	12,26
15-30	11,11	22,38
30-45	13,27	16,48
45-60	8,69	7,56
60-75	7,03	4,76
75-90	5,12	2,86
90-120	5,53	2,46
120-150	2,77	0,96
150-500	32,84	4,92
500-750	6,19	0,49
750-1050	2,14	0,11
1050-1500	0,00	0,00

Faixa de vazão (litros / hora)	volume total medido (%)	parcela do tempo total de medição (%)
0-8	5,67	40,26
8-15	10,29	23,92
15-30	12,26	16,03
30-45	6,70	4,77
45-60	5,51	2,79
60-75	4,89	1,88
75-90	4,50	1,42
90-120	14,61	3,59
120-150	16,58	3,23
150-500	11,03	1,74
500-750	7,96	0,38
750-1050	0,00	0,00
1050-1500	0,00	0,00

Faixa de vazão (litros / hora)	volume total medido (%)	parcela do tempo total de medição (%)
0-8	6,52	75,89
8-15	3,27	8,55
15-30	4,07	5,45
30-45	2,78	2,16
45-60	2,05	1,13
60-75	1,50	0,63
75-90	1,41	0,49
90-120	2,37	0,65
120-150	1,23	0,26
150-500	35,52	3,23
500-750	21,84	1,03
750-1050	17,08	0,54
1050-1500	0,37	0,01

Faixa de vazão (litros / hora)	volume total medido (%)	parcela do tempo total de medição (%)
0-8	12,34	54,65
8-15	12,08	20,33
15-30	14,37	13,24
30-45	7,50	3,82
45-60	5,56	2,01
60-75	4,03	1,14
75-90	3,40	0,77
90-120	5,30	0,96
120-150	5,00	0,70
150-500	29,69	2,34
500-750	0,72	0,03
750-1050	0,00	0,00
1050-1500	0,00	0,00

Faixa de vazão (litros / hora)	volume total medido (%)	parcela do tempo total de medição (%)
0-8	0,91	42,50
8-15	9,14	22,40
15-30	9,13	11,93
30-45	7,61	5,67
45-60	6,52	3,43
60-75	7,40	3,01
75-90	8,04	2,68
90-120	11,57	3,07
120-150	7,09	1,45
150-500	31,01	3,80
500-750	1,21	0,05
750-1050	0,00	0,00
1050-1500	0,37	0,01