

Versão Preliminar para Discussão

Ministério das Cidades
Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental

PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA

DTA **D3**

DTA - Documento Técnico de Apoio nº D3
MICROMEDIÇÃO

Versão Preliminar para Discussão

MINISTRO DAS CIDADES
Olívio Dutra

SECRETÁRIA EXECUTIVA E MINISTRA ADJUNTA
Ermínia Maricato

SECRETÁRIO NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL
Abelardo de O. Filho

COORDENAÇÃO TÉCNICA DOS TRABALHOS
Pela FUSP: Racine Tadeu Araújo Prado
Pelo Ministério das Cidades: Claudia Monique Frank Albuquerque

ENTIDADES PARTICIPANTES DO PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA-PNCDA
PROTOCOLOS DE COOPERAÇÃO FIRMADOS COM A SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL/ MC
MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA
Secretaria de Recursos Hídricos – SRH
Secretaria de Meio Ambiente – SMA
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME
Eletrobrás/Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica - PROCEL
ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
ABIMAQ – Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos
ABNT/COBRACON – Associação Brasileira de Normas Técnicas/Comitê Brasileiro da Construção Civil
AESBE – Associação das Empresas de Saneamento Básico Estaduais
ASFAMAS – Associação Brasileira de Fabricantes de Materiais e Equipamentos para Saneamento
ASSEMAE – Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento
EPUSP – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
FUPAM – Fundação para a Pesquisa Ambiental
FUSP – Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo
INFURB-USP – Núcleo de Pesquisa em Informações Urbanas da Universidade de São Paulo
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA – PNCDA	5
INTRODUÇÃO	8
1 PRINCIPAIS TIPOS DE MICROMEDIDORES	10
1.1 Medidores Tipo Volumétrico	12
1.2 Medidores Tipo Turbina	13
1.3 Medidores de configuração especial	17
1.3.1 Medidores com proteção contra fraude	17
1.3.2 Medidores com configuração especial para leitura frontal	18
1.5 Acessórios e conexões	20
2. Normalização e Regulamentação	21
3. CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO E AQUISIÇÃO DE MICROMEDIDORES	23
3.1 Critérios de Seleção	23
3.2 Dimensionamento	24
3.2.1 Dimensionamento por Vazão Estimada	25
3.2.2 Dimensionamento por Levantamento Direto do Perfil de Consumo	32
3.2.3 Redimensionamento	32
3.3 Estimativa da Faixa de Consumo Segundo a Categoria do Usuário	33
3.4 Consequência da Escolha Inadequada de Hidrômetros	33
3.5 Procedimentos para Compra de Hidrômetros	33
4. NÍVEIS DE COBERTURA	36
4.1 Possibilidades de Medição, Estimativa de Consumo e Alternativas de Controle em Áreas não Cobertas por Medição	36
4.1.1 Possibilidades de Medição	36
4.1.2 Estimativas de Consumo	39
4.1.3 Alternativas de Controle em Áreas Não Cobertas por Medição	40
4.2 Consequências de Níveis Inadequados de Cobertura por Hidrômetros	41
5. Instalação, OPERAÇÃO e manutenção DO SISTEMA DE MICROMEDIÇÃO	43
5.1 Características de Funcionamento dos Medidores ao Longo do Tempo em Função das Condições de Trabalho	43
5.2 Procedimentos de Instalação e Substituição	43
5.2.1 Metrológico	43
5.2.2 Leitura, Instalação, Substituição e Manutenção dos Medidores	45
5.2.3 Localização e Tipo de Instalação	45
5.2.4 Finalidade da Instalação	51

5.2.5 Acessórios Associados	51
5.2.6 Cuidados Adicionais	52
5.2.7 Montagens Geralmente Utilizadas pelos Serviços de Saneamento e Sugestões de Montagens com a Finalidade de Facilitar Aferições in loco, Instalação e Substituição do Medidor.	52
5.3 Procedimentos de Manutenção Preventiva, Corretiva e Preditiva Associados à Confiabilidade Metrológica	66
5.3.1 Manutenção Corretiva	67
5.3.2 Manutenção Preventiva	67
5.3.3 Manutenção Preditiva	68
5.4 Procedimento de Registro e Ocorrências Associadas à Vida Útil do Hidrômetro	69
6. Monitoramento da confiabilidade metrológica	70
6.1 Ensaios e Verificações, Viabilidade da Montagem e Operação de Bancadas de Ensaios e Oficinas de Reparo	70
6.1.1 Ensaios e Verificações	70
6.1.2 Viabilidade da Montagem e Operação de Bancadas de Ensaio e Oficinas de Reparo	73
6.2 Requisitos Técnicos Operacionais de Bancadas de Ensaios e de Oficinas de Hidrômetros	76
6.2.1 Requisitos Técnicos e Operacionais de Bancadas de Ensaios	76
6.2.2 Requisitos Técnicos e Operacionais das Oficinas de Hidrômetro	80
7. SUBMEDIÇÃO EM SISTEMAS MICROMEDIDOS	82
7.1 Metodologia	83
8. LEITURA E PROCESSAMENTO DE DADOS	84
8.1 Formas de Leitura e Registro de Dados	84
8.2 Período de Leituras Consecutivas	85
8.3 Formas usuais de Processamento de Dados	86
8.4 Tecnologias Inovativas para Leitura, Emissão de Contas e Processamento de Dados	87
9. AÇÕES VISANDO A MELHORIA DAS CONDIÇÕES DE MICROMEDIÇÃO	88
10. GLOSSÁRIO	89
11. BIBLIOGRAFIA	92

PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA - PNCDA

O PNCDA tem por objetivo geral promover o uso racional da água de abastecimento público nas cidades brasileiras, em benefício da saúde pública, do saneamento ambiental e da eficiência dos serviços, propiciando a melhor produtividade dos ativos existentes e a postergação de parte dos investimentos para a ampliação dos sistemas. Tem por objetivos específicos definir e implementar um conjunto de ações e instrumentos tecnológicos, normativos, econômicos e institucionais, concorrentes para uma efetiva economia dos volumes de água demandados para consumo nas áreas urbanas.

O PNCDA encontra-se em sua Fase III. Na Fase I, em 1997, foram discutidos 16 DTAs, que refletiram a retomada de estudos abrangentes na área. A Fase II do Programa, em 1998, incluiu a produção de mais 4 DTA's, sua publicação e a implantação de um sistema de acesso via Internet (www.pncda.gov.br). Os escopos das fases até agora definidas como objetos de convênio são esquematizados nas figuras 1 e 2, a seguir.

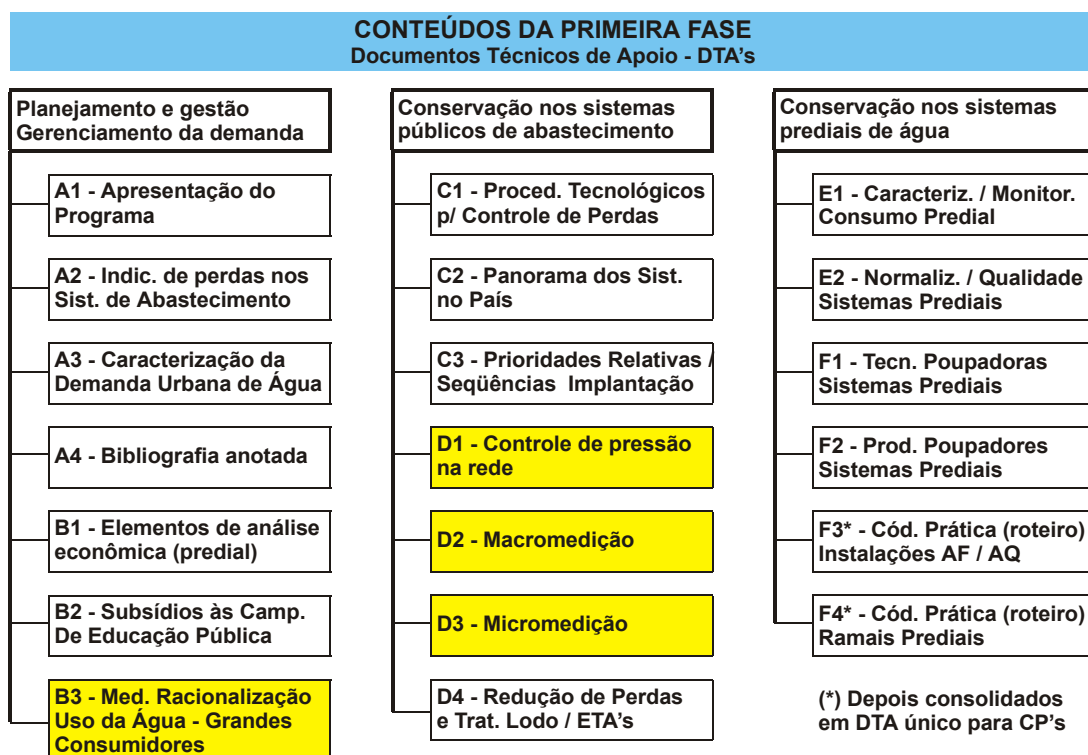


Fig. 1 - PNCDA. Escopos da Fase I. 1997

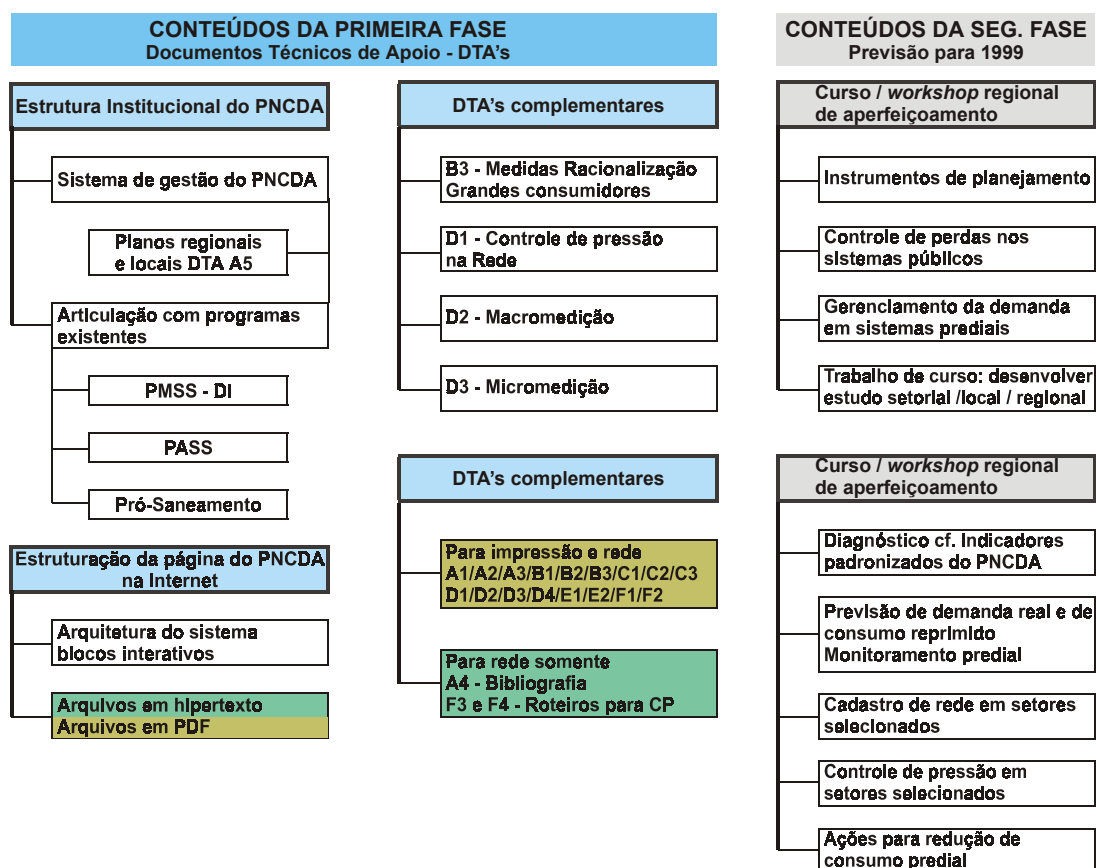


Fig. 2 - PNCD A. Escopos da Fase II. 1998 e 1999

Na Fase III do PNCD A, através de Convênio vigente entre o Ministério das Cidades/ Secretaria nacional de Saneamento Ambiental e a Fusp (Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo), foram previstas atividades diversas, revisão e elaboração de DTAs, conforme a seguir:

- DTA A5 - Diretrizes e procedimentos para desenvolvimento dos Planos [regionais e locais] de Combate ao Desperdício de Água (revisão).
- Aperfeiçoamento e alimentação da página do PNCD A na rede mundial de computadores.
- DTA D7 - Submedicação em hidrômetros (elaboração).
- DTA F3 - Código de Prática de Projeto e Execução de Sistemas Prediais de Água - Conservação de Água em Edifícios (elaboração).
- DTA F4 - Código de Prática de Projeto e Execução de Ramais Prediais de Água em Polietileno (elaboração).
- DTA A2 - Indicadores de Perdas nos Sistemas de Abastecimento de Água (revisão).

- DTA A4 - Bibliografia Anotada (revisão).
- DTA C2 - Panorama dos Sistemas Públicos de Abastecimento no País (revisão).
- DTA D2 - Macromedição (revisão).
- DTA D3 - Micromedição (revisão).
- DTA F2 - Produtos Economizadores nos Sistemas Prediais (revisão).
- DTA B6 - Estratégias de educação e comunicação (elaboração). No âmbito deste projeto está prevista a realização de cursos de capacitação em combate ao desperdício de água para uma clientela diversificada (operacional e gerencial) dos prestadores de serviços de abastecimento de água.

INTRODUÇÃO

Os sistemas de medição se constituem num instrumento indispensável à operação eficaz de sistemas públicos de abastecimento de água, pois o conhecimento das diversas variáveis envolvidas, proporcionado pela medição, permite explorar as melhores formas de operação do sistema de abastecimento em todas suas partes: captação, adução de água bruta, tratamento, adução de água tratada, reservação e distribuição.

De forma genérica os sistemas de medição englobam os sistemas de macromedição e de micromedição.

Entende-se por micromedição a medição do consumo realizada no ponto de abastecimento de um determinado usuário, independente de sua categoria ou faixa de consumo. Basicamente a micromedição compreende a medição periódica do volume consumido utilizando hidrômetros.

Macromedição é o conjunto de medições realizadas no sistema público de abastecimento de água, desde a captação de água bruta até as extremidades de jusante da rede de distribuição. Como exemplo citam-se: medições de água bruta captada ou medições na entrada de setores de distribuição, ou ainda medições de água tratada entregue por atacado a outros sistemas públicos.

Os medidores envolvidos na macromedição são normalmente de maior porte que os usados na micromedição, podendo, no entanto, ocorrer eventualmente de um medidor de grande porte ser usado em micromedição, como no caso de um grande consumidor industrial, por exemplo. Cabe, portanto, destacar que neste documento o foco básico não é o instrumento, mas sim o sistema de medição, como se verá no decorrer do texto.

Neste DTA serão abordados apenas sistemas de micromedição. O sistema de macromedição é tratado no DTA D2. Deve-se, no entanto, ter em mente que a avaliação de todo um sistema de abastecimento requer um sistema de medição envolvendo macro e micromedição. Em programas de conservação de água a abordagem integral do sistema de abastecimento, incluindo macro e micromedição, é indispensável. Como exemplo básico, tem-se que as perdas no sistema público de abastecimento são calculadas pela diferença dos volumes disponibilizados (medidos pelos sistemas de macromedição) menos a soma dos volumes consumidos (medidos através dos micromedidores).

Micromedidor é o termo tradicionalmente usado em saneamento para o medidor que totaliza o volume fornecido aos usuários, base para a cobrança e faturamento, sendo normalmente denominado de hidrômetro.

Apesar da medição do consumo de água visando a cobrança remontar aos tempos dos faraós egípcios e do império romano, o uso intensivo de medição individual para cobrança só se generalizou no início deste século com o advento dos medidores individuais compactos mais confiáveis, os hidrômetros.

Com o passar dos anos, observou-se a grande ferramenta que o medidor individual representa para as prestadoras de serviço de abastecimento. Além de possibilitar uma cobrança mais justa do serviço prestado, o medidor serve de inibidor de consumo, estimulando a economia, e fornecendo dados operacionais importantes sobre o volume fornecido ao usuário e vazamentos potenciais.

Pode-se observar, portanto, a importância em se manter uma micromedição confiável e abrangente. Medidores parados ou com indicações inferiores às reais, além da evidente perda do faturamento, elevam erroneamente os indicadores de perdas do sistema, pois apesar da água estar sendo fornecida

ao usuário, parte dela não está sendo contabilizada. Por outro lado, o uso de medidores envolve custos algumas vezes elevados e a otimização na escolha dos locais onde a medição deve ser aplicada e a escolha dos medidores de modelos e tamanhos que produzam o melhor retorno econômico não devem ser esquecidas.

A micromedição do consumo de água de abastecimento público tem especial importância em programas de conservação pois, entre as diversas características e consequências positivas associadas a esta antiga prática, têm destaque as seguintes implicações:

- indução da redução do consumo e eventual desperdício quando associado a conveniente sistema tarifário. Em casos críticos particulares pode ser instrumento destinado a limitar o consumo;
- é elemento indispensável no conjunto de instrumentos, equipamentos e procedimentos destinados a determinar as características físicas de funcionamento do sistema de abastecimento, e, em particular, permite a determinação da parcela da perda física no sistema de distribuição. Permite, ainda, identificar a parcela das perdas nas instalações prediais;
- disponibiliza elementos para avaliação da evolução de comportamentos e tendências dos usuários ao longo do tempo, permitindo estabelecer projeções e formular cenários visando à otimização da utilização e gestão de recursos hídricos;
- associada a sistemas tarifários adequados, pode elevar o grau de justiça social do serviço de saneamento potencializando a credibilidade pública, condição necessária para a participação generalizada da sociedade em programas de conservação; e
- oferece subsídios para a formulação de adequada gestão econômico-financeira do prestador de serviços, elevando o nível de eficiência quanto à utilização do recurso hídrico.

1 PRINCIPAIS TIPOS DE MICROMEDIDORES

A medição de vazão e volumes de água pode ser feita de dois modos:

- Direto: quando a quantidade (volume) é medida pelo enchimento de reservatórios com volume determinado previamente,
- Indireto: quando a vazão (volume por unidade de tempo) e o volume são feitos por inferência ou a partir de medições de outras grandezas que são influenciadas pela passagem do fluxo da água.

Apesar das primeiras medições do volume de água terem sido feitas por métodos indiretos, como o desnível em vertedores, os primeiros instrumentos que podem ser denominados micromedidores nasceram de uma concepção simples: medir o número de vezes que um recipiente de volume conhecido era preenchido e posteriormente esvaziado, de maneira similar a um monjolo se enchendo e esvaziando de água.

Os primeiros medidores desse tipo para condutos fechados, denominados volumétricos, eram providos de pistões e comando de válvulas, e funcionavam de modo semelhante a um motor e foram logo substituídos por modelos mais compactos.

Esses modelos volumétricos mais compactos são ainda muito utilizados principalmente nos Estados Unidos, Grã Bretanha e outros países de língua inglesa, bem como para aplicações onde é necessária grande exatidão principalmente em vazões baixas e menor sensibilidade à instalação.

A partir dos anos 40 começaram a ser utilizados medidores tipo turbina ou de velocidade, em que a velocidade da água através do medidor impele um rotor ou turbina, cuja rotação é proporcional à quantidade de água que passa por ele.

Esses medidores devido ao seu custo mais baixo, simplicidade de manutenção e tamanho compacto, foram se generalizando, sendo hoje a maioria absoluta de medidores instalados no mundo, especialmente na América Latina e Europa.

Nos últimos anos medidores com eletrônica aplicada, tanto os do tipo que mantêm o princípio de funcionamento de turbina ou pistão, acrescentando um totalizador eletrônico, quanto os totalmente eletrônicos sem peças móveis (estáticos), já começaram a ser utilizados no Brasil, antevendo-se que serão comuns em futuro não muito distante, na medida em que seu custo for se reduzindo.

No Brasil, a absoluta maioria dos medidores instalados é de turbina, do tipo monojato e multijato e de hélice ou Woltmann. Em alguns casos especiais, quando é requerida uma maior exatidão em baixas vazões ou a posição de instalação é difícil, medidores volumétricos podem também ser aplicados.

Na Europa, apesar da maioria dos medidores usados ser do tipo turbina, os medidores volumétricos têm aplicações importantes como medidores divisionais (para rateio em edifícios).

A designação dos micromedidores é baseada em sua vazão nominal. No entanto, usualmente emprega-se para identificação dos hidrômetros suas vazões máximas, razão pela qual neste DTA foi utilizada essa terminologia, exceto quando explicitamente designados pela vazão nominal.

As vazões características (Q_{max} , Q_t e Q_{min}) dos micromedidores de até 15 m³/h de vazão nominal são regulamentadas por portaria do INMETRO (portaria 246/) e pela norma ABNT / Mercosul (NBR NM 212/99¹).

A vazão nominal (Q_n) de um hidrômetro corresponde a 50 % de sua vazão máxima (Q_{max}), sendo utilizada para designar o hidrômetro (NBR 8193/97). A vazão máxima de um micromedidor é definida como a maior vazão na qual ele pode operar, satisfatoriamente, durante um curto período de tempo, permanecendo dentro dos limites de erros máximos admissíveis e abaixo do valor máximo de perda de carga.

Na operação com micromedidores também é necessário ter conhecimento do conceito de vazão de transição (Q_t) e vazão mínima (Q_{min}). A vazão de transição define a separação entre as faixas superior e inferior de medição, enquanto a mínima indica a vazão na qual o hidrômetro deve permanecer dentro dos limites de erros máximos admissíveis. As faixas admissíveis de erros e outros critérios exigíveis são estabelecidos pela Portaria INMETRO 246 e pela norma NBR NM 212/99, enquanto que as dimensões, marcações obrigatórias e outras padronizações são estabelecidas na norma NBR 8194/97².

Os hidrômetros são ainda classificados pela sua classe metrológica. A NBR NM 212/99 estabelece três classes: A, B e C³. Elas correspondem, nesta ordem, capacidade de medir com exatidão dentro de limites estabelecidos a vazões mínimas e de transição de menor valor. Portanto, hidrômetros classe C permitem medição com exatidão de vazões baixas que os hidrômetros B e estes por sua vez maior que os de classe A. O Quadro 1, apresenta os valores característicos para os hidrômetros de classes A, B e C, segundo sua vazão nominal.

Para cada vazão nominal, as normas Brasileiras (NBR NM 212 e NBR 8194) especificam ainda dimensões e diâmetros nominais padronizados, como forma de facilitar a seleção e substituição do instrumento de acordo com as instalações existentes no sistema de distribuição. No quadro 2 estão apresentadas as dimensões e diâmetros especificados.

Quadro 1 - Vazões Características de Hidrômetros Segundo sua Classe Metrológica e Vazão Nominal

Classe		Vazão nominal								
		0,60	0,75	1,0	1,5	2,5	3,5	5,0	10,0	15,0
A	Q_{min} (L/h)	24	30	40	40 ³	100	140	200	400	600
	Q_t (L/h)	60	75	100	150	250	350	500	1000	1500
B	Q_{min} (L/h)	12	15	20	30	50	70	100	200	300
	Q_t (L/h)	48	60	80	120	200	280	400	800	1200
C	Q_{min} (L/h)	6	7,5	10	15	25	35	50	100	150
	Q_t (L/h)	9	11	15	22,5	37,5	52,5	75	150	225

¹ As normas Brasileiras NBR 8193/97 (especificação) e NBR 8195/97 (métodos de ensaio) foram canceladas e substituídas pela norma ABNT/Mercosul NBR NM212/99 em 1999.

² A norma NBR 8194/97 (padronização) continua em vigor e está atualmente em processo de revisão

³ Normas internacionais, entre elas a norma ISO 4064 classificam também a classe metrológica D. Essa classe se aplica exclusivamente a medidores volumétricos e por isso não é freqüentemente utilizada no Brasil

* A norma NBR NM 212 indica como vazão mínima característica 60 L/h para hidrômetros de vazão nominal 1,5, especificação igual á expressa nas normas ISO 4064, com a ressalva que alguns países do MERCOSUL (no caso o Brasil) a vazão mínima desse medidor é 40 L/h.

Quadro 2: Dimensões normalizadas para micromedidores de vazão nominal até 15 m³/h

Vazão nominal	0,6/0,75		1,5		2,5	3,5	5	10	15***
Diâmetro nominal (DN)	15	20	15	20	20	25	25	40	50
Entre extremos (mm)	115		165/115	190/115	190	220	220	300	270
Roscas dos extremos*	G ¾ B	G1B	G ¾ B	G1B	G1B	G1 ¼ B	G1 ¼ B	G 2 B	Flanges
Roscas das conexões**	R ½	R ¾	R ½	R ¾	R ¾	R 1	R 1	R 1 ½	G2B (contraflange)

* Roscas dos extremos tipo gás, paralela segundo NBR 8133

** Roscas das conexões cônicas conforme NBR 6417

*** Os medidores de Vazão nominal 15 são normalizados com extremidades com flanges segundo norma NBR 7675

Medidores de vazão nominal acima de Qn15 são regulamentados pela norma Brasileira NBR 14005. Esses medidores são mais raros em aplicações de micromedição, e tem aplicação restrita a grandes consumidores. Maiores detalhes sobre esses medidores podem ser encontrados no documento DTA 2 de Macromedição.

A seguir é apresentada uma visão mais detalhada dos modelos disponíveis no mercado e da regulamentação de seu uso no Brasil.

1.1 Medidores Tipo Volumétrico

Atualmente, dois tipos de medidores volumétricos são mais utilizados mundialmente: os medidores tipo pistão rotativo e os de disco nutante.

No medidor de pistão rotativo, um cilindro gira excentricamente dentro de uma câmara, também cilíndrica, deslocando volumes bem definidos de água a cada rotação de um eixo central. São medidores compactos, sendo normalmente fabricados em bitolas menores (de 10mm ou 3/8" a 25mm ou 1"), muito embora ainda se encontrem medidores de 50mm (2") e até 80mm (3"), principalmente nos EUA e Grã Bretanha, onde o uso desse tipo de medidores é generalizado. Um exemplo desse tipo de medidor é apresentada na figura 1.

Figura 1: O medidor volumétrico de pistão

A principal característica desses medidores é seu funcionamento eficiente em vazões muito baixas (medidores volumétricos são normalmente produzidos para classes metrológicas C e D) e a virtual insensibilidade às condições de instalação. Um medidor de 1/2" de vazão nominal de 1,5 m³/h pode atingir no início de funcionamento a vazão de 1 L/h. Os medidores do tipo volumétricos permitem também a instalação de dispositivos acessórios (emissores de pulsos, encoders de leitura remota) sem alteração na qualidade de medição do instrumento, sendo por isso mesmo muito utilizados em levantamentos e trabalhos de levantamento de perfil de vazões em consumidores. A grande desvantagem desses medidores reside no fato de que o pistão rotativo e a câmara trabalham com folgas muito controladas (o pistão é muitas vezes retificado), o que sujeita o medidor a travamentos freqüentes caso a água medida possua sólidos em suspensão. Tal problema é particularmente preocupante em sistemas muito grandes ou com recursos limitados de manutenção, pois o travamento do medidor provoca o corte do suprimento de água na instalação, exigindo uma ação rápida do prestador de serviços. Alguns fabricantes norte-americanos lançaram recentemente modelos mais resistentes a sólidos em suspensão, mas esse problema ainda continua sendo importante.

Outra desvantagem desses medidores é que seu custo, principalmente se for usada carcaça em liga de cobre, é bem mais alto que um medidor de turbina tradicional.

O medidor de disco nutante foi um desenvolvimento dos medidores volumétricos aplicado mais a medidores de bitolas maiores. Os prós e contras são os mesmos que os medidores de pistão.

Esses medidores possuem uma câmara com formato de setor esférico, com duas aberturas laterais separadas por uma parede divisória. O seu interior é constituído por um disco que se movimenta com a passagem de água. O registro no medidor é realizado pela transmissão ao mecanismo de transmissão, do movimento circular do pino localizado na parte central do disco (figura 2).

Figura 2: Medidor volumétrico de disco nutante

No Brasil, o uso desses medidores foi relativamente difundido até a década de 60, e alguns modelos chegaram a ser fabricados no Brasil. Atualmente esses medidores têm utilização restrita, a aplicações especiais que exijam posição de montagem vertical ou grande exatidão de medição em vazões baixas. Os medidores volumétricos também não são normalizados no Brasil e a regulamentação nacional não considera medidores que seguem normas americanas (AWWA), o que torna a sua utilização de forma abrangente ainda difícil.

Atualmente, fabricam-se medidores desse tipo com carcaça de metal (liga de cobre) e plástico de engenharia em inúmeras fábricas, principalmente nos Estados Unidos e Europa.

1.2 Medidores Tipo Turbina

Os medidores tipo turbina ou de velocidade, são hoje a quase totalidade dos medidores instalados no país. Seu funcionamento se baseia na movimentação de uma turbina ou rotor, introduzido no escoamento de água, que gira proporcionalmente à vazão que o atravessa. Existem diversos modelos construtivos atualmente no mercado, mas os mais conhecidos são os hidrômetros tipo multijato, os tipo monojato e os tipo hélice ou Woltmann.

O aparecimento desses medidores remonta ao início do século, mas seu uso só começou a ser difundido a partir dos anos 50 com a melhoria dos processos de fabricação e advento de compostos plásticos mais resistentes. Atualmente já se encontram modelos com classes metrológicas próximas aos medidores volumétricos e opções de saídas eletrônicas diversas.

O preço dos medidores velocimétricos diminuiu consideravelmente nos últimos anos no mercado internacional, tendo aumentado também a quantidade de modelos e variações disponíveis no mercado, permitindo uma seleção mais adequada à necessidade.

O medidor tipo multijato é o medidor mais tradicional no Brasil, onde é fabricado desde a década de 20. Consiste de uma carcaça em liga de cobre que acomoda um conjunto medidor (também conhecido como “kit”), constituído de uma câmara de medição, uma turbina ou rotor, uma placa separadora e uma relojoaria ou totalizador (figura 3).

Figura 3: Medidor multijato

A câmara de medição é dotada de uma série de fendas (ou, algumas vezes furos) que direcionam o fluxo de água de forma tangencial contra as pás da turbina, de modo a fazê-la girar. O desenho hidráulico interno da câmara é desenvolvido de modo que a rotação da turbina tenha uma relação constante com o volume que passa por ela (por exemplo, uma volta da turbina equivale a 0,1 L – também chamado volume cíclico).

A relojoaria ou totalizador se constitui de um trem de engrenagens plásticas que reduz a rotação da turbina até a indicação dos roletes, ou seja, conta o número de voltas da turbina e multiplica pelo volume cíclico, apresentando no indicador o volume total de água que passa por ele.

Até o início dos anos 80 os hidrômetros multijato existentes no mercado brasileiro eram do tipo mecânico ou semi-seco, com o indicador do totalizador isolado da água e conectado com o trem redutor por um eixo que atravessava a placa separadora. Esse modelo foi substituído pelo de transmissão magnética, no qual o movimento da turbina desloca um ímã colocado no extremo da primeira engrenagem do totalizador, que é totalmente isolado da água. Embora pouco freqüentes no Brasil, existem ainda os medidores de totalizador totalmente imerso em água (figura 4).

Figura 4: Tipos de transmissão para medidores velocimétricos

A concepção do medidor de transmissão magnética, também chamado de seco, permite menor sensibilidade às partículas em suspensão na água e por esse motivo passou a ser praticamente o padrão em instalações brasileiras.

Nos últimos anos, com o aumento da preocupação com a submedição, voltaram a ser oferecidos no mercado medidores do tipo úmido (com todas as engrenagens mergulhadas em água), principalmente devido a seu melhor desempenho em baixas vazões (classe C). Seu uso, no entanto, ainda não está totalmente estabelecido, devido à possibilidade do depósito de partículas presentes na água em suas engrenagens, e também devido ao desenvolvimento de medidores secos de classe C.

São disponíveis no mercado brasileiro medidores multijato de todas as vazões nominais normalizadas exceto de vazão nominal 0,6 (V. tabela 1), todos de fabricação nacional, nas classes A e B, com transmissão seca. Na classe C podem ser encontrados medidores do tipo úmido para as vazões nominais superiores a 1,5, prevendo-se o lançamento de medidores classe C do tipo seco para todas as vazões nos próximos anos.

O principal ponto positivo dos medidores tipo multijato, reside no fato de que a qualidade da medição quase é pouco afetada pela carcaça, sendo definida apenas pela qualidade do kit interno, que pode ser facilmente substituído na ocasião de manutenções periódicas, preservando, assim, o valor da carcaça que pode representar até 50% do preço total do medidor. Os medidores multijato são também, em princípio, mais resistentes e duráveis que os monojato, devido à sua concepção mais robusta e ao equilíbrio interno da turbina, o que reduz desgastes nos mancais de apoio.

Como pontos negativos dos medidores multijato, podemos citar seu custo superior em relação aos monojatos e a maior sensibilidade à montagem inclinada, embora não tão marcante no caso dos multijatos úmidos.

Os medidores tipo monojato surgiram da procura de um medidor mais compacto e simples. Nele a câmara de medição foi eliminada e a turbina gira sob a ação de um jato único produzido por um orifício usinado na entrada da própria carcaça, permitindo concepções construtivas menores e mais econômicas (figura 5).

Figura 5: O medidor monojato

As concepções disponíveis são similares às dos modelos multijato (figura 4), sendo que no exterior encontram-se disponíveis medidores tipo monojato para todas as vazões nominais normalizadas (V. tabela 1), nas classes B e C, com totalizador seco ou úmido.

No Brasil, o medidor monojato foi introduzido em meados dos anos 80 com dimensões padronizadas bem menores que os multijatos tradicionais e uma vazão máxima reduzida para 1,5 m³/h, na procura

de se obter um medidor mais compacto, barato e com vazão mínima mais baixa. Esse medidor, já generalizado e comum, principalmente em São Paulo, é um modelo desenvolvido no Brasil e não encontrado em outros países do mundo.

Atualmente o desenvolvimento de medidores multijato mais compactos e medidores monojato de maiores diâmetros faz com que não haja mais uma diferença identificável entre as duas tecnologias, podendo se encontrar medidores de todos os tamanhos, classes metrológicas e bitolas por preços similares. Existem disponíveis no mercado medidores monojato de características especiais para bitolas maiores (até 100 mm) e classe metrológica C, que têm sua aplicação voltada para substituir medidores Woltmann.

Como pontos negativos em relação aos medidores multijato pode-se citar a dificuldade de manutenção (como a carcaça faz parte da metrologia do medidor, não basta trocar os componentes internos em uma manutenção para recuperar as características originais) e a sensibilidade metrológica a perturbações na entrada, sendo normalmente recomendável que se mantenha uma distância de trecho reto mínimo na entrada do medidor, evitando-se colocar um cotovelo na entrada do mesmo.

Além dos medidores tipo multijato e monojato, também são encontrados no mercado medidores providos de turbina com pás helicoidais, que não necessitam de câmara de medição ou jatos tangenciais. Particularmente utilizados em diâmetros acima de 50 mm (2"), são também denominados medidores Woltmann, em homenagem ao engenheiro que concebeu esse medidor.

A principal característica desses medidores é sua baixa perda de carga e maior resistência ao funcionamento contínuo em vazões maiores, pois a turbina trabalha mais equilibrada, desgastando menos os mancais.

Esses medidores, tanto em sua versão com turbina vertical quanto com turbina axial (com eixo na mesma direção do fluxo), são conhecidos há muitos anos e fabricados no Brasil desde a década de 60, em bitolas de 50 mm (2") até 300 mm (12"), embora no exterior sejam fabricados com diâmetros de até 1.000 mm. Sua aplicação está direcionada a usuários industriais e comerciais de maior porte, assim como para o controle de redes de distribuição (macromedição). Na tabela 3 apresentamos as características metrológicas e na tabela 4 as dimensões padronizadas dos medidores Woltmann disponíveis no mercado nacional, normalizados pela norma NBR 14005⁴

Tabela 3: Características metrológicas de medidores tipo Woltmann de diâmetro nominal maior que 50mm

⁴ Os medidores tipo Woltmann, assim como outros medidores de diâmetro nominal maior que 50mm, não foram, até a presente data, regulamentados pelo INMETRO.

Tabela 4: Dimensões normalizadas de medidores tipo Woltmann de diâmetro nominal maior que 50mm

Atualmente os medidores tipo Woltmann de maior diâmetro, principalmente quando aplicados em macromedição, estão sendo progressivamente substituídos por medidores estáticos tipo eletromagnético e ultra-sônicos, que estão se tornando mais competitivos em preço e possuem maior resistência a vazões de pico, por não possuírem peças móveis. Para medições em diâmetros inferiores a 100 mm (4") e em locais onde não há disponibilidade de alimentação elétrica, que é necessária para os medidores eletromagnéticos, os medidores Woltmann axiais e horizontais ainda são predominantes.

Devido à importância relativa dos grandes consumidores no faturamento das companhias distribuidoras, é cada vez mais freqüente dotar medidores de maior diâmetro de saídas eletrônicas que permitem leituras remotas em tempo real, via telefone ou rádio, ou simplesmente a instalação eventual de coletores de leitura (*data loggers*) para diagnóstico do perfil de consumo. Devido a esse fato os modelos mais atualizados já vem dotados de fábrica de recursos de saídas de pulso, ou interfaces de comunicação para medição remota.

1.3 Medidores de configuração especial

Muito embora a normalização em vigor no Brasil padronize as dimensões e diâmetros básicos dos medidores utilizados, existem disponíveis no mercado nacional medidores com configurações especiais desenvolvidos para locais onde os medidores regulares não apresentam bom desempenho.

Pode-se dividir esses medidores especiais em duas categorias principais:

- Medidores com recursos de proteção contra fraude;
- Medidores com configuração especial para leitura frontal.

1.3.1 Medidores com proteção contra fraude

O problema de fraude em medidores provocado pelo acesso doloso do consumidor ao medidor para provocar redução na sua indicação é de conhecimento notório e seu combate tem sido fonte de grande perda de recursos da companhia de distribuição. Diversos desenvolvimentos tem sido incorporados aos medidores de fabricação nacional, como a blindagem contra fraude por campos magnéticos, hoje incluída como obrigatória em micromedidores pela regulamentação do INMETRO.

Entre os tipos de configurações disponíveis no mercado nacional podem ser citados:

Medidores com totalizadores protegidos contra perfuração externa (figura 6)

Proteção com anel metálico em volta da relojoaria

Medidores com relojoaria completamente inserida no corpo do medidor

Relojoaria tipo "copo metálico e vidro".

Medidores protegidos contra fraude por inversão (figura 7)

Medidores com válvula de retenção incorporada

Medidores com roscas diferenciadas na entrada e saída

Medidores com entrada e saída não coaxiais

Figura 6: configurações especiais para evitar fraude por perfuração da relojoaria

Figura 7: configurações especiais para evitar fraude por inversão de medidor

Apesar dos regulamentos INMETRO em vigor não vetarem o uso de medidores de configurações e roscas diferentes das apresentadas na tabela 2, esses medidores não seguem as normas ABNT atualmente em vigor e a sua utilização deve ser feita com cuidado, pois leva à despadronização do parque de medidores e a maior dificuldade no gerenciamento do mesmo.

Deve-se também destacar que o uso de válvulas de retenção incorporadas ao medidor deve ser utilizada com cuidado ante o perigo de se criar vácuo nas linhas logo a jusante dos medidores em caso de interrupção no abastecimento.

1.3.2 Medidores com configuração especial para leitura frontal

Exceto nos casos da instalação dos medidores em caixas no passeio, a montagem em cavaletes ou caixas embutidas na parede tornam muitas vezes difícil à leitura do medidor pela sua face superior, obrigando o leitorista muitas vezes a inclinar o medidor o que provoca aumento nos erros de leitura em vazões mínimas.

Ao mesmo tempo em montagens em caixas nas paredes nem sempre há espaço para a montagem de medidores de dimensões tradicionais.

As configurações mais utilizadas para adequar o medidor ao problema são:

Medidores que permitem montagem na vertical (figura 8);

Totalizadores com visor inclinado ou vertical (figura 9);
Corpos com configuração para montagem vertical (figura 10).

Figura 8: Medidores para montagem vertical

Figura 9: Medidores com totalizadores inclinados ou verticais

Figura 10: Medidores com corpos de configuração para montagem vertical

Deve-se destacar que os medidores para funcionamento na vertical são normalmente volumétricos, pois os de velocidade (multijato e monojato) tem seu funcionamento prejudicado nessa posição, por esse motivo foram desenvolvidos corpos de configuração que permite a montagem na vertical sem haver necessidade de inclinar o eixo da turbina. Estes corpos, por sua vez, apesar de não contradizerem a regulamentação do INMETRO, não tem a sua configuração normalizada pelas normas Brasileiras em vigor.

Os totalizadores inclinados, por sua vez, tem sido cada vez mais utilizados, demonstrando ser uma ferramenta eficaz para a redução da submedição por inclinação de hidrômetros, sem haver necessidade de alterar a padronização das dimensões externas do mesmo.

Os medidores com totalizadores com recursos eletrônicos são desenvolvimentos dos medidores mecânicos (tanto volumétricos como de velocidade) em que a relojoaria mecânica com trens de engrenagens, ponteiros e roletes, é substituída por uma unidade eletrônica que indica, por meio de dígitos em cristal líquido, o volume totalizado.

É mais comum encontrar medidores deste tipo em medidores extra-secos, onde o movimento da turbina, única peça móvel na água, é transmitido à unidade eletrônica, que é hermeticamente fechada, a partir de um imã solidário à mesma.

A grande vantagem desses medidores é permitir a incorporação de diversas funções em seu totalizador, tais como: vazão instantânea, volume acumulado por intervalos, volume escoado em sentido inverso, alarmes, etc. Também torna-se mais fácil a incorporação de funções de comunicação remota (telemetria), inclusive bidirecional (programação remota).

As desvantagens dos medidores com totalizador eletrônico estão no preço, na necessidade de baterias que devem ser trocadas periodicamente, na maior sensibilidade a intempéries, umidade e altas temperaturas ambientes, entre outras. A principal aplicação desses medidores no Brasil é em automação predial (medições realizadas em edifícios) e sistemas de medição centralizada extensiva, por exemplo, em condomínios residenciais e comerciais.

Atualmente também estão sendo testados para aplicações em tarifação sazonal e horosazonal, pois alguns modelos, principalmente os de maior capacidade, permitem a medição diferenciada por horário incorporada na unidade eletrônica. Outra aplicação que começa a ser testada no Brasil é a unidade de pré-pagamento: no totalizador eletrônico é incorporado um leitor de cartões magnéticos ou cartões inteligentes com um volume pré-programado, e a unidade eletrônica, após escoado o saldo do cartão, emite um sinal que interrompe o abastecimento até o cartão ser reposto.

A regulamentação para uso desse tipo de medidor no Brasil está atualmente em fase de elaboração, e difere da regulamentação para medidores comuns devido às exigências de testes de resistência, durabilidade e interferências na unidade eletrônica.

Os medidores totalmente estáticos (sem peças móveis) já são uma realidade operacional para medidores de diâmetros nominais acima de 100 mm, mas estão rapidamente se tornando viáveis para medidores menores. Os custos desses medidores, no entanto, ainda são proibitivos para sua generalização em micromedição.

Atualmente podem ser encontrados medidores estáticos com princípios eletromagnéticos, ultra-sônicos e fluídicos. Todos possuem interface totalmente eletrônica e recursos de programação e comunicação, bem como recursos de alarme, medição seletiva (volume acumulado por horário, direção de fluxo e vazão) e programação remota. Apesar de já existirem modelos à bateria, a maioria necessita de alimentação elétrica externa.

Pela inexistência de regulamentação metrológica para esses medidores no Brasil, a sua utilização, apesar de possível, ainda é pouco difundida na medição do consumo com emissão do bilhete de pagamento. Por outro lado, seu uso é muito difundido no Brasil em macromedição.

1.5 Acessórios e conexões

EM CURSO DE ELABORAÇÃO

2. NORMALIZAÇÃO E REGULAMENTAÇÃO

A utilização no Brasil de hidrômetros até 15 m³/h de vazão nominal para cobrança da água consumida é regulamentada pela Portaria no 29, de 7 de fevereiro de 1994, do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO).

Essa Portaria, em linhas gerais, estipula que todo medidor de água para ser utilizado no mercado nacional necessita ter sido submetido e aprovado a uma bateria de testes denominada “Aprovação de Modelo”, sob supervisão do INMETRO, e posteriormente cada medidor deve ser individualmente calibrado, sob supervisão de inspetores também credenciados pelo INMETRO, que lacram cada medidor com o lacre próprio numerado. O regulamento técnico também estipula que as bancadas para calibração devem ser inspecionadas e calibradas anualmente.

Os fabricantes nacionais possuem suas instalações inspecionadas e lacradas pelo INMETRO, mantendo fiscais do IPEM (Instituto de Pesos e Medidas, órgão estadual delegado do INMETRO) para colocar o lacre nos medidores aprovados na calibração, emitindo certificados para os mesmos. Medidores importados são calibrados em laboratórios privados contratados no Brasil, também sob supervisão do IPEM/INMETRO, ou sofrem inspeção na fábrica, no exterior, para onde são levados inspetores. Tanto no caso dos medidores nacionais quanto dos importados, os fabricantes/importadores pagam uma taxa fixa ao INMETRO pela inspeção, que é repassada para o preço dos medidores.

Além da regulamentação INMETRO, existem quatro normas ABNT para medidores de água:

- Norma NBR 8009 - Hidrômetro taquimétrico para água fria até 15,0 m³/h de vazão nominal - Terminologia - ABNT, 1997
- Norma NBR 8193 - Hidrômetro taquimétrico para água fria até 15,0 m³/h de vazão nominal - Especificação - ABNT, 1997
- Norma NBR 8194 - Hidrômetro taquimétrico para água fria até 15,0 m³/h de vazão nominal - Padronização - ABNT 1997.
- Norma NBR 8195 - Hidrômetro taquimétrico para água fria até 15,0 m³/h de vazão nominal - Método de ensaio - Abnt, 1997

As normas ABNT são mais completas que a regulamentação INMETRO, estipulando critérios para testes de recebimento e amostragem, existindo inclusive uma, a NBR 8194/97, que padroniza dimensões, roscas e conexões. Essas normas são amplamente empregadas no Brasil e também vêm sendo utilizadas como base para a normalização no MERCOSUL e América Latina.

Recentemente, também foi publicada uma norma ABNT para os medidores de diâmetro nominal acima de 50 mm (Woltmann e assemelhados) e uma para medidores de vazão eletromagnéticos:

- Norma NBR 14005 - Medidor velocimétrico para água fria de vazão nominal de 15 m³/h até 1500 m³/h - ABNT, 1998; e
- Norma ISO/NBR 6817/99 - Medição de vazão de líquido em condutos fechados utilizando medidores de vazão eletromagnéticos.

Existem ainda as normas estrangeiras e internacionais, que podem ser usadas como referência:

- Norma ISO 4064 - Measurement of water flow in closed conduits - Meter for cold potable water - Part I: Specification; Part II: Installation requirements; Part III: Test Methods; e

- Norma AWWA/ANSI C708-91 (norte americana) - Cold water meter - Multijet type.

Muito embora a inspeção pelo IPEN/INMETRO seja um avanço na garantia da qualidade dos medidores, ela tem sido considerada insuficiente pelos prestadores de serviços, que normalmente complementam os requisitos nas especificações técnicas dos editais de compra de hidrômetros, não só com referência às normas ABNT e internacionais, mas também com referência a características especiais adequadas às suas realidades operacionais, que não constam das normas, tais como, proteção contra congelamento, saídas eletrônicas, posição de montagem vertical, etc.

As principais características metrológicas e de métodos de ensaio estipuladas por essas normas estão apresentadas no Capítulo 5.

3. CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO E AQUISIÇÃO DE MICROMEDIDORES

3.1 Critérios de Seleção

O emprego de medidores de água representa, sem dúvida, uma das melhores formas de reduzir o desperdício de água em um sistema de abastecimento, permitindo a distribuição justa e eqüitativa do serviço. No entanto, os benefícios do emprego de medidores não se obtém somente com a instalação de um medidor qualquer. É necessário que esses aparelhos sejam selecionados corretamente, a fim de que registrem, com o grau de exatidão necessário, os volumes de água que os atravessam.

A seleção do hidrômetro deve ter em conta que as condições reais de operação do medidor estejam, na medida do possível, dentro das faixas e condições de trabalho para as quais ele foi projetado. Devem ser levados em conta, principalmente, os seguintes fatores:

- qualidade da água;
- temperatura e pressão da água;
- condições de instalação; e
- vazões de consumo.

Para o objeto deste DTA, considera-se que os medidores deverão trabalhar com água potável, ou seja, a qualidade da água que o medidor irá medir, a priori, deverá obedecer aos padrões de potabilidade estabelecidos na Portaria do Ministério da Saúde no. 36/1991. No entanto, em situações nas quais o abastecimento de água de certas localidades não obedece a Portaria citada, é recomendável observar os seguintes fatores:

- excesso de sólidos em suspensão na água. Esse é um fator importante de desgaste e pode acarretar problemas de medição. Nos locais onde ocorre, recomenda-se dar preferência a medidores tipo monojato e de relojoaria seca (transmissão magnética);
- água dura e com alto teor de carbonatos e sais dissolvidos, podem causar incrustações que aumentam os erros de medição. Neste caso também recomendam-se medidores monojato secos e, em casos mais graves, diminuir o período de manutenção/substituição; e
- “água vermelha”. Também é um fator importante de desgaste e pode acarretar problemas de medição. Nos locais onde ocorre, recomenda-se dar preferência a medidores tipo monojato e de relojoaria seca (transmissão magnética);

A temperatura e pressão da água normalmente não são problemas graves na seleção do medidor. Dificilmente a pressão de um sistema atinge 20 bar (cerca de 200 mca) ou 40o C, que são os limites operacionais do medidor. Atenção especial deve ser dada às seguintes exceções:

- instalações sujeitas a transientes hidráulicos (golpes de aríete). Esses picos de pressão podem superar consideravelmente o limite do medidor, fadigando o material do invólucro e provocando rupturas prematuras no medidor. Caso não seja possível instalar o medidor em locais livres de golpes de pressão, deve-se pelo menos evitar o uso de medidores monojato, que normalmente tem a cúpula rosqueada, e os úmidos, que possuem o visor transparente normalmente mais frágil;
- locais abastecidos com águas quentes. Há alguns locais no Brasil onde o abastecimento pode ser feito a partir de águas subterrâneas que atingem temperaturas próximas ou até superiores ao limite de 40o C. Como essa temperatura alta também é prejudicial à integridade das tubulações,

recomenda-se instalar reservatórios que reduzam a temperatura da água antes de distribuí-la. Em último caso, a maioria dos fabricantes, principalmente os estrangeiros, possuem linha de medidores especiais para água com temperaturas até 60o C, que podem ser selecionados em casos extremos; e

- locais onde possa ocorrer congelamento da água nos encanamentos. Apesar de ocorrer em poucos lugares no Brasil, esse problema pode acarretar grandes transtornos, pois os medidores usados no Brasil não são adequados a linhas sujeitas a congelamento, podendo vir a “estourar” caso isso ocorra. A melhor solução é manter as linhas de distribuição profundas e os medidores abrigados, de preferência dentro das residências. Caso isso não seja possível, existe a possibilidade de se adquirir modelos especiais à prova de congelamento, disponíveis em países da Europa e nos EUA.
- As condições ambientais podem afetar os medidores, pois as intempéries podem deteriorar o material plástico exposto, provocando vazamentos e “amarelamento” da cúpula. Uma instalação em local adequado e protegido é uma precaução importante (ver Capítulo 5), mas em lugares onde o medidor necessita ser instalado ao tempo, deve-se dar preferência a medidores multijatos com relojoaria que não seja saliente (o mínimo de peças plásticas expostas), e manter um programa de manutenção mais rigoroso.

Outras observações a respeito da influência das condições de instalação na medição estão apresentadas no Capítulo 5.

Quanto à adequação do tamanho do medidor às vazões de operação do usuário, é necessário aplicar uma metodologia mais complexa, detalhada na seção a seguir.

3.2 Dimensionamento

O dimensionamento de um medidor consiste em determinar o tamanho, ou vazão nominal, do aparelho que deverá ser instalado numa ligação específica. Isto é necessário quando se deseja instalar um medidor em uma nova ligação, ou quando se verificar em uma ligação existente que houve um dimensionamento inadequado ou ocorreram mudanças no perfil de consumo originalmente estimado.

O dimensionamento é baseado nas limitações dos hidrômetros utilizados e deve ser realizado em função dos seguintes parâmetros:

- vazão máxima (de pico) do sistema: caso a vazão local supere a vazão máxima do medidor, podem ocorrer danos graves, desde rupturas internas do hidrômetro, até desgastes que prejudiquem a medição. A vazão máxima do sistema pode ser estimada pelas instalações, inferida a partir de parâmetros baseados no uso e tipologias ocupacionais ou diretamente medida, por meio de levantamento direto do perfil de consumo, com medidores ligados a registradores contínuos (data logger);
- vazão nominal ou permanente: a vazão de operação do medidor não deve superar a vazão permanente por períodos longos de funcionamento (mais que uma hora). A vazão típica de operação do sistema também pode ser estimada ou medida diretamente; e
- vazão mínima : esse parâmetro é importante porque os medidores sempre têm limitações nessas vazões o que acarreta as conhecidas perdas por submedição. A implantação de medidores com vazões mínimas de operação baixas (de classe metrológica C, por exemplo) além de onerar muito sua instalação pode não ser rentável, caso os volumes medidos em vazões baixas não sejam significativos.

Dessa forma, o correto dimensionamento do medidor permite escolher seu tamanho (sua designação ou capacidade), a partir das vazões de pico e permanente do sistema, e a classe metrológica (que define a vazão mínima), a partir da menor vazão em que há necessidade de medir, influenciando de forma decisiva para a redução das perdas por submedição, já que estas ocorrem naturalmente quando instalam-se medidores com vazão mínima superior à vazão predominante de trabalho do ramal predial.

Ao contrário do que se costuma pensar, o subdimensionamento (instalar um medidor de capacidade menor que a adequada em uma instalação) pode ser também uma causa importante de submedição, uma vez que um medidor que trabalha forçado nas vazões de pico certamente se desgastará antes, e passará a medir com erros elevados nas vazões mais baixas.

Uma prática comum no Brasil é a utilização de reservatórios prediais dotados de torneira de bóia e extensa lâmina d'água, o que faz com que os ramais trabalhem grande parte do tempo em baixas vazões, exigindo dos prestadores de serviços, especial atenção para evitar elevadas perdas por submedição, na ocasião da instalação de um medidor com vazão mínima muito elevada.

Portanto, o correto dimensionamento de um hidrômetro deve levar em conta a determinação das vazões de trabalho do ramal predial onde será instalado. Com essa finalidade podem ser consideradas as seguintes metodologias para o dimensionamento:

- dimensionamento por vazão estimada;
- dimensionamento por categoria de consumo, em função das tipologias ocupacional e construtiva;
- dimensionamento por levantamento direto do perfil de consumo; e
- redimensionamento.

3.2.1 Dimensionamento por Vazão Estimada

A vazão de operação de um único medidor pode ser avaliada utilizando-se os procedimentos tradicionais de dimensionamento de instalações prediais de água fria, como os citados na NBR 5626/98, ou em livros e guias usados por projetistas prediais.

Existem vários métodos para se estimar a vazão de um sistema predial. A principal característica, comum a todos eles, é a tentativa de estimar o grau de simultaneidade de utilização dos aparelhos de uma instalação, de modo a não superdimensioná-la desnecessariamente.

Com o objetivo de fornecer um procedimento simples para a escolha do hidrômetro para residências unifamiliares e pequenos estabelecimentos comerciais com consumos mensais de no máximo 90 m³, a seguir apresenta-se uma metodologia para estimativa de vazão com base na NBR 5626/98, a partir dos dados obtidos por Montenegro (1986) em medições de consumo realizadas na Região Metropolitana de São Paulo.

Quadro 2 – Pesos Relativos nos Pontos de Utilização Identificados em Função do Aparelho Sanitário e da Peça de Utilização

Aparelho Sanitário		Peça de Utilização	Vazão de Projeto		Peso relativo ABNT
			(L/s)	(L/h)	
Bacia sanitária		Caixa de descarga	0,15	540	0,3
		Válvula de descarga	1,70	6.120	32
Banheira		Misturador (água fria)	0,30	1.080	1,0
Bebedouro		Registro de pressão	0,10	360	0,1
Bidê		Misturador (água fria)	0,10	360	0,1
Chuveiro ou ducha		Misturador (água fria)	0,20	720	0,4
Chuveiro elétrico		Registro de pressão	0,10	360	0,1
Lavadora de pratos/roupas		Registro de pressão	0,30	1.080	1,0
Lavatório		Torneira ou misturador (água fria)	0,15	540	0,3
Mictório cerâmico	com sifão integrado	Válvula de descarga	0,50	1.800	2,8
	sem sifão integrado	Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga para mictório	0,15	540	0,3
Mictório tipo calha		Caixa de descarga ou registro de pressão	0,15 por metro de calha	540 por metro de calha	0,3
Pia		Torneira ou misturador	0,25	900	0,7
		Torneira elétrica	0,10	360	0,1
Tanque		Torneira	0,25	900	0,7
Torneira de jardim ou lavagem em geral		Torneira	0,20	720	0,4

Segundo a NBR 5626/98 a estimativa de vazão que considera a simultaneidade provável de utilização de peças é dada pela expressão:

$$Q = 0,3 \cdot \sqrt{\Sigma P}$$

onde;

Q = vazão em L/s; e

ΣP = soma dos pesos relativos das peças de utilização que contribuem na tubulação considerada, dados pelo Quadro 2.

Para a estimativa de vazão e conseqüente escolha do hidrômetro, serão consideradas duas condições de instalação predial:

Instalação predial com abastecimento direto

Nesse caso, a edificação não conta com reservatório de água. Todos os seus aparelhos sanitários e peças de utilização são abastecidos diretamente a partir da rede pública de distribuição.

O hidrômetro deve ser escolhido pela vazão estimada mais provável correspondente à instalação. Por exemplo, se a edificação é dotada de uma torneira de tanque, lavadora de roupa, torneira de pia de cozinha, torneira de lavatório, chuveiro elétrico e bacia sanitária com caixa de descarga, têm-se, então, de acordo com os valores do Quadro 2, $\Sigma P = 3,1$:

Peça ou aparelho	Peso relativo
Torneira de tanque	0,7
Lavadora de roupa	1,0
Torneira de pia de cozinha	0,7
Torneira de lavatório	0,3
Chuveiro elétrico	0,1
Bacia sanitária com caixa de descarga	0,3
ΣP	3,1

A vazão será dada por:

$$Q = 0,3 \cdot \sqrt{3,1} = 0,528 \text{ L/s} = 1.900 \text{ L/s}$$

Tal vazão requer a utilização de um hidrômetro de $Q_{\max} = 3 \text{ m}^3/\text{h}$.

Instalação predial com abastecimento misto

É o caso mais comum no Brasil. O abastecimento é feito de forma indireta a partir de um reservatório elevado, contando também com algumas peças de utilização diretamente ligadas ao alimentador predial sob pressão da rede pública de distribuição.

A estimativa de vazão mais provável, aplicável às peças ligadas ao alimentador predial é feita como no caso anterior. No entanto, têm-se agora que considerar a torneira de bóia que controla a alimentação do reservatório.

As medições realizadas por Montenegro (1986) em residências unifamiliares térreas assobradadas na Região Metropolitana de São Paulo, mostraram que as vazões pelo hidrômetro se dão a valores bastante baixos em grande parte do tempo. A distribuição de frequência por faixas de vazão mostrou valores significativos de ocorrência na faixa entre 150 e 300 L/h. A faixa de vazão seguinte, de 300 a 500 L/h, apresenta incidências de ocorrência muito menores. No exemplo proposto será adotado como valor típico de vazão pela torneira de bóia, o valor máximo correspondente à faixa 300 L/h. Esse valor, comparado aos valores dos hidrogramas diários apresentados por Montenegro, atende com certa folga o critério de escolha do hidrômetro para os valores máximos de vazão a que ele será submetido.

Como exemplo, tem-se uma instalação predial do tipo misto, onde são abastecidos diretamente uma torneira de jardim, uma torneira de tanque, uma lavadora de roupa e uma bacia sanitária com caixa de descarga.

Peça ou aparelho	Peso relativo
Torneira de jardim	0,4
Torneira de tanque	0,7
Lavadora de roupa	1,0
Bacia sanitária com caixa de descarga	0,3
ΣP	2,4

A vazão será dada por:

$$Q = 0,3 \cdot \sqrt{2,4} = 0,465 \text{ L/s} = 1.673 \text{ L/h}$$

A essa estimativa de vazão deve-se acrescentar o valor típico de vazão pela torneira de bóia, igual a 300 L/h, resultando $Q_{\text{total}} = 1.973 \text{ L/h}$.

Também nesse caso o hidrômetro de $Q_{\text{max}} = 3 \text{ m}^3/\text{h}$ será mais adequado à instalação.

A partir dos exemplos mostrados, pode-se verificar porque os medidores de $3 \text{ m}^3/\text{h}$ são tão populares no Brasil, onde a maioria das residências tem caixa d'água.

Deve-se atentar para uma peculiaridade das instalações prediais no Brasil: é bastante comum a utilização de um tanque e uma lavadora de roupa em conjunto, assim como a alimentação da lavadora pela torneira do tanque. De acordo com os dados apresentados no Quadro 2, essas duas peças têm uma vazão cuja soma é de 0,55 L/s, ou 1.980 L/h. Nessas condições percebe-se que não será possível utilizar o hidrômetro de $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$, pois o medidor estaria submetido a um valor acima de sua vazão máxima. Cabe lembrar que o critério para a escolha do hidrômetro, no que se refere às vazões características, recomenda que o medidor tenha vazão nominal de valor próximo às vazões de escoamento de maior duração que passam pelo instrumento. Admite-se a adoção de hidrômetro em local submetido a um valor correspondente a sua vazão, somente para escoamentos de duração muito curta e com baixa frequência de ocorrência. A não observância desses limites levará ao desgaste do instrumento.

O método da NBR 5626/98 é também recomendado para estimar vazões em instalações coletivas (prédios e conjuntos residenciais) e comerciais simples, com o cuidado em avaliar as condições de consumo, pois muitas vezes podem ocorrer acúmulos de demanda elevada em algumas horas do dia, interferindo nos resultados do método. Para instalações industriais o método não é recomendado, devendo ser utilizado para dimensionamento do medidor a demanda total estimada, ou seja, somar a vazão de todos os equipamentos que podem vir a estar ligados simultaneamente.

Informações e indicações presentes na literatura especializada, assim como em catálogos de fabricantes, permitem associar os valores das vazões de projeto do Quadro 2 a uma pressão de referência de cerca de 25 mca.

Caso a pressão de alimentação estimada seja maior, a vazão dos diversos aparelhos também aumentará. Nesses casos deve-se multiplicar a vazão estimada por fatores de correção apresentados na Tabela 1, determinados em função da pressão estimada na linha.

Tabela 1 - Fator Multiplicativo de Ajuste da Demanda Prevista em Função da Pressão da Rede

Pressão da rede (mca)	Fatores de correção
15	0,75
20	0,9
25	1,0
30	1,1
40	1,3
50	1,45
60	1,55
70	1,75

Se no exemplo anterior a pressão da rede na entrada da instalação fosse de 50 mca, deveria ser aplicado o fator 1,45 à vazão obtida de 1.973 L/h, obtendo-se 2.860 L/h, ou seja, também nesse caso seria admissível a utilização de um medidor de $3 \text{ m}^3/\text{h}$.

Algumas outras conclusões são possíveis a partir do dimensionamento por vazão estimada:

medidor de $Q_{\max} = 1,5 \text{ m}^3/\text{h}$ tem uso limitado quase que exclusivamente para residências apenas com caixa d'água, sem torneira de cavalete ou jardim. Seu uso é, inclusive, inadequado para residências populares, pois muitas delas não possuem caixas d'água;

a válvula de descarga, se não estiver instalada sob caixa d'água, obriga a instalação de linhas e medidores muito grandes ($Q_{\max} = 20 \text{ m}^3/\text{h}$, no mínimo);

as válvulas de descarga praticamente inviabilizam a micromedição individual em apartamentos devido à grande vazão instantânea; e

instalações em locais de pressões elevadas tendem a exigir mais dos hidrômetros. Alguns projetistas usam, como regra prática, adotar hidrômetro com uma bitola acima daquela que seria recomendada para pressão de 25 mca, quando a pressão é maior que 50 mca.

Dimensionamento por Categoria de Consumo, em Função das Tipologias Ocupacional e Construtiva

Como foi visto, o dimensionamento do hidrômetro pela vazão estimada de uma instalação é o método mais próximo do verdadeiro funcionamento do medidor, que em princípio, mede vazão e não volume. Apesar disso, devido à dificuldade em se determinar a vazão de operação de um sistema, e à relativa facilidade em se manipular dados de volume consumido, generalizou-se no país o dimensionamento de hidrômetros a partir do consumo. Para tanto, é necessário a caracterização do usuário em função de parâmetros identificáveis, tais como: tipologias ocupacional (tipo de ocupação do imóvel) e construtiva (características do imóvel).

Para aplicar o método, deve-se utilizar as Tabelas 2, 3 e 4, sendo a primeira obtida de manuais de projetistas prediais, a segunda sugerida por Berenhauer e Pulici (1983) e a terceira obtida de manuais de fabricantes de hidrômetros.

Tabela 2 - Consumo estimado de instalações em função da tipologia ocupacional e construtiva

Tipo de prédio	Unidade	Consumo (L/dia)
1. Serviço doméstico	<i>per capita</i>	200
Apartamentos	por dormitório	300 a 400
Apartamentos de luxo	por qto.de empregada	200
Residência de luxo	<i>per capita</i>	300 a 400
Residência de médio valor	<i>per capita</i>	150
Residências populares	<i>per capita</i>	120 a 150
Alojamentos provisórios de obra	<i>per capita</i>	80
Apartamento de zelador	<i>per capita</i>	600 a 1.000
2. Serviço público		
Edifícios de escritórios	por ocupante efetivo	50 a 80
Escolas, internatos	<i>per capita</i>	150
Escolas, externatos	por aluno	50
Escolas, semi-internato	por aluno	100
Hospitais e casas de saúde	por leito	250
Hotéis com coz. e lavanderia	por hóspede	250 a 350
Hotéis sem coz. e lavanderia	por hóspede	120
Lavanderias	por kg de roupa seca	30
Quartéis	por soldado	150
Cavalariças	por cavalo	100
Restaurantes	por refeição	25
Mercados	por m^2 de área	5

Tipo de prédio	Unidade	Consumo (L/dia)
Garagens e postos de serviços para automóveis	por automóvel	100
Rega de jardins	por caminhão	150
Cinemas, teatros	por m ² de área	1,5
Igrejas	por lugar	2
Ambulatórios	por lugar	2
Creches	per capita	25
	per capita	50
3. Serviço industrial		
Fábricas (uso pessoal)	por operário	70 a 80
Fábricas com restaurante	por operário	100
Usinas de leite	por litro de leite	5
Matadouros	por animal abatido (de grande porte).	300
Matadouros	Idem de pequeno porte	150

Fonte: Macintyre, 1986

Tabela 3: Consumo Estimado em Função das Instalações

Tipo de consumidor	Consumo estimado (m ³ /mês)
Clubes esportivos (1)	26 x n° de chuveiros
Edifícios comerciais (2)	0,08 x área construída (AC)
Escolas até 2° grau	(0,05 x AC) + (0,1 x n° vagas) + (0,7 x n° de funcionários) + 20
Escolas superiores	(0,03 x AC) + (0,8 x n° vagas) + (0,7 x n° de funcionários) + 50
Creches	(3,8 x n° funcionários) + 10
Hospitais	(2,5 x n° de leitos) + (11,8 x n° de bacias) + (2,9 x n° de funcionários) + 280
Prontos-socorros (3)	(10 x n° de funcionários) – 70
Hotéis - 1ª categoria	(6,4 x n° de banheiros) + (2,6 x n° de leitos) + 400
Motéis	0,35 x área construída (AC)
Lavanderias Industriais	0,02 x kg de roupa/mês
Prédios de apartamento	(6 x n° de banheiros) + (3 x n° de dormitórios) + (0,01 x AC) + 30
Restaurantes	(7,5 x n° de funcionários) + (8,4 x n° de bacias)

Fonte: Manuais de projetos prediais

Notas: 1 - Estabelecimentos com quadra, piscina e pelo menos 5 chuveiros.

2 - Estabelecimentos sem instalações de restaurante e/ou lanchonete

3 - Estabelecimentos com mais de 20 funcionários

Tabela 4 : Tamanho do medidor em função do consumo estimado

Tamanho do medidor em função do consumo estimado		
Consumo estimado		Hidrômetro adequado (1) (Q _{max} - m ³ /h)
(m ³ /mês)	(m ³ /dia)	
0 - 90	0 - 3	1,5
0 - 180	0 - 6	3,0 (2)
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" (3)
1800 - 7500 (4500 - 13000)	90 - 250 (150 - 450)	50,0 (80,0) - Woltmann 2 ½" (4)
4500 - 13000 (7500 - 21000)	180 - 500 (250 - 700)	80,0 (100,0) - Woltmann 3"

Fonte: Berenhauser e Pulilci, 1983.

- Notas:
- 1- Foram considerados hidrômetros multijatos e monojetos até 2" e Woltmann verticais/horizontais acima de 2" classe B, exceto o medidor de 1,5 m³/h que é classe A.
 - 2- Foi considerado consumo 0 para início de faixa dos medidores de 3 e 1,5 m³/h porque ambos têm a mesma vazão mínima.
 - 3- Valores entre parênteses referem-se a medidores Woltmann de "vazão estendida".
 - 4- Medidores Woltmann de 2 1/2" não são comumente utilizados no Brasil

A aplicação do método é simples: estima-se o consumo a partir das Tabelas 2 e 3, consultando em seguida a Tabela 4 para determinação do medidor.

Por exemplo, para uma residência com 5 moradores tem-se um consumo estimado de $5 \times 150 = 750$ L/dia. Consultando a Tabela 4 pode-se usar um medidor de 1,5 ou 3,0 m³/h.

Para um edifício de 16 apartamentos pequenos, cada um com 70m² de área útil, dois dormitórios e dois banheiros, mais dois banheiros na área comum, têm-se pela Tabela 3:

$$6 \times (2 \times 16 + 2) + (3 \times 2 \times 16) + (0,01 \times 16 \times 70) + 30 = 341 \text{ m}^3/\text{mês}.$$

Consultando a Tabela 4, nota-se que pode ser utilizado um medidor de $Q_{\max} = 10,0 \text{ m}^3/\text{h}$.

No mesmo edifício, supondo-se 5 moradores por apartamento, utilizando a Tabela 2, têm-se :

$5 \times 16 \times 200 = 16 \text{ m}^3/\text{dia}$. De acordo com a Tabela 4 pode-se utilizar um medidor de Q_{\max} 10,0 m³/h ou 20,0 m³/h. Para decidir entre as duas capacidades, seria conveniente avaliar o porte e as áreas comuns do edifício.

Esse método apresenta grande imprecisão, acarretando graves erros, principalmente porque as tipificações ocupacional e construtiva não consideram o tipo de instalação do usuário. É fundamental a análise das instalações reais, verificando efetivamente a partir do projeto, quais as vazões que o medidor será submetido.

No caso de edifício, caso exista uma área comum com jardins, garagens e pátios para serem lavados, pode haver subdimensionamento, pois os sistemas de rega e lavagem predial normalmente usam água diretamente da rua, sobrecarregando o medidor. Se o prédio for baixo (dois blocos de dois andares, por exemplo), é possível que a alimentação seja direta, sem caixa d'água, e as vazões de trabalho aumentariam demais.

Há ainda a questão da pressão da linha, que pode aumentar ou reduzir consideravelmente o consumo previsto.

Para as situações comercial ou industrial, o problema é ainda mais crítico: dependendo do equipamento instalado e da intermitência de uso, pode ser quase impossível dimensionar o medidor apenas pela categoria de consumo, visto que não há dados suficientes para classificar todas as categorias possíveis de usuários.

Devido a esses fatores, o dimensionamento por consumo estimado deve ser usado com muito cuidado, limitando-se principalmente a substituições em instalações existentes e em locais com ocupação muito homogênea, com tipificação dos equipamentos e parâmetros de consumo bem definidos, ou em locais de difícil determinação da vazão de operação das instalações. Sempre que for possível deve-se utilizar o método de demanda prevista, ou, em último caso, tentar fazer o levantamento direto do perfil de consumo com medidores dotados de registradores contínuos (*data loggers*).

Outra questão importante é que as tabelas de consumo estimado baseiam-se muito nos hábitos do usuário, e estes hábitos podem variar muito de uma região para outra, em função do clima, da cultura e da tarifa.

O único modo de se dimensionar medidores por consumo com alguma segurança é se conhecer bem o perfil de consumo dos usuários.

Infelizmente no Brasil há grande carência de estudos e trabalhos a respeito de hábitos de consumo residencial regionalizados e parâmetros para usuários comerciais e industriais, fazendo com que se encontrem erros grosseiros de dimensionamento, mesmo em locais servidos por prestadores de serviços de maior porte. O levantamento freqüente de perfis de consumo em função de parâmetros diversos é de muita utilidade para o prestador de serviços, não só no planejamento de sua micromedição, mas também no redimensionamento de suas instalações.

3.2.2 Dimensionamento por Levantamento Direto do Perfil de Consumo

No dimensionamento por levantamento direto do perfil de consumo, instala-se na entrada de abastecimento do usuário um medidor com saída de registro ligada a um registrador contínuo de vazão, em função do tempo. Esse registrador pode ser em papel circular (como ilustrado pela AWWA no Manual M22) ou gravado na memória de sistemas informatizados chamados *data loggers* ou mesmo microcomputadores. O comportamento da linha de vazão (também chamado traço de vazão ou hidrograma) em função do tempo para períodos característicos (um dia, uma semana ou mesmo um mês) fornece dados a respeito das vazões de pico, médias e mínimas de operação do medidor. A partir desses dados, torna-se fácil escolher, sem riscos de avaliações estimativas, o medidor mais adequado.

Evidentemente, esse método é muito oneroso para ser aplicado a todos os usuários abastecidos por um determinado serviço. O método é mais utilizado para grandes usuários industriais que, além da relativa importância no faturamento total do serviço, normalmente são mais difíceis de terem seu medidor dimensionado por estarem sujeitos a vazões de pico de difícil estimativa.

O método também pode ser aplicado por amostragem em categorias de consumo homogêneas, por exemplo residências de uma dada região, e seus resultados extrapolados para a categoria em função de parâmetros conhecidos, aplicando-se então o método de dimensionamento por categoria de consumo, citado na subseção 2.2.2.

Além das vazões de pico e mínima, o formato do traço de vazão fornece informações importantes sobre o tipo de medidor a escolher conforme expõe o Quadro 3.

Quadro 3 - Características de Medidores em Função do Traço de Vazão

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

3.2.3 Redimensionamento

Se após alguns meses de instalação o medidor sofreu repetidas quebras, ou se o volume totalizado for muito pequeno em função de parâmetros previamente avaliados para o usuário (ver subseção 2.2.2), deve-se reavaliar se o medidor foi corretamente escolhido ou se o uso de água do usuário mudou consideravelmente da época do primeiro dimensionamento.

Normalmente o redimensionamento se faz juntamente com a manutenção preventiva (as leituras mensais indicam algum problema ou consumo muito baixo) ou corretiva (o hidrômetro parou), podendo ser realizada por consumo estimado pela categoria e tipologia conforme método descrito na subseção 2.2.2, caso existam dados consistentes da categoria do usuário em questão, ou pelas características das instalações hidráulicas. No caso de grandes usuários, se houver desconfiança na mudança de atividade ou característica de consumo, pode ser recomendável também fazer o levantamento direto do perfil de consumo com registradores ou *data loggers*.

3.3 Estimativa da Faixa de Consumo Segundo a Categoria do Usuário

A possibilidade de dimensionamento fora da faixa operacional do medidor a ser instalado nos ramais prediais, devido à estimativa das faixas de consumo segundo a categoria do usuário, poderá acarretar o prejuízo do serviço ou o usuário.

É comum o conceito de que ao se colocar um medidor de maior capacidade para um usuário, ele passará a pagar mais pelo seu consumo. Na realidade, ocorre justamente o inverso. Ao superdimensionar um medidor, se faz com que boa parte dos consumos ocorram abaixo do limite inferior de exatidão (vazão mínima) onde não está garantida a sua precisão, podendo-se incorrer em erros de diversas magnitudes.

Dividindo-se as categorias dos usuários em residencial, comercial e industrial, pode-se estabelecer uma faixa de consumo usual para cada uma delas. Dessa maneira torna-se possível determinar os hidrômetros mais adequados, já que limitam-se os tipos de medidores a serem utilizados devido às faixas de consumo. Em sistemas de maior porte estas categorias podem ser subdivididas. Existem, por exemplo, estudos para subdivisão das categorias comercial e industrial.

No entanto, vale a pena ressaltar que esse fato não significa a garantia de um funcionamento com desempenho constante ao longo dos anos, pois as categorias de usuários estão sujeitas a mudanças, sem aviso prévio ao serviço de abastecimento.

3.4 Conseqüência da Escolha Inadequada de Hidrômetros

As conseqüências da escolha inadequadas dos medidores instalados em ramais prediais são erros de medição, prejudicando tanto o serviço quanto o usuário.

Os principais problemas envolvidos com o dimensionamento inadequado de hidrômetros são:

superdimensionamento, acarretando a submedição e conseqüente perda de faturamento;

subdimensionamento, resultando em desgastes prematuros com conseqüentes erros de medição.

3.5 Procedimentos para Compra de Hidrômetros

Embora seja um inegável avanço, considera-se que a legislação metrológica estabelecida pelo INMETRO para o uso de medidores é insuficiente para garantir a qualidade da medição, sobretudo pelos seguintes motivos:

a portaria INMETRO é limitada à parte metrológica e não estipula inspeção de aspectos importantes, tais como: resistência física do medidor, dimensões, roscas e aspecto geral (acabamento);

a Aprovação de Modelo é feita apenas uma vez, não havendo real garantia que o modelo aprovado originalmente é do mesmo tipo ou apresenta a mesma qualidade que o produzido no momento, principalmente quando se passam anos dos testes originais de aprovação de modelo;

por falta de infra-estrutura laboratorial no Brasil, os laboratórios utilizados para os testes de aprovação de modelo normalmente não possuem garantia de qualidade, não sendo credenciados à Rede Brasileira de Calibração, sendo muitas vezes utilizados os próprios laboratórios dos fabricantes para os testes; e

a portaria do INMETRO não estipula testes mais completos por amostragem aleatória na produção, e a inspeção em fábrica atém-se apenas aos erros de calibração.

Embora bastante rigorosa, quando não há exigências de concorrência internacional, a legislação aplicável à licitação pública permite a adoção de mecanismos de pré-qualificação relacionados a fabricantes, fiscalização, teste e certificação da produção, suficientes para prevenir a aquisição de produtos fora das normas ou de qualidade duvidosa, além de facilitar a solução de eventuais conflitos com os fornecedores, no caso de recebimento de algum lote fora de especificação.

O problema maior, verificado no caso de aquisição de hidrômetros, tem ocorrido em concorrências internacionais, que por exigências de agências financiadoras externas (por exemplo, BIRD e BID), impede o uso de recursos restritivos à aquisição de países membros, além daqueles convencionados em seus acordos e regulamentos.

Utilizando este artifício, certos fabricantes de hidrômetros têm conseguido vencer concorrências para fornecimento de seus produtos a instituições nacionais, sem atender padrões aceitáveis de qualidade, criando-lhes problemas de toda ordem para a aceitação e recebimento de suas encomendas.

Dentre os problemas detectados nesses fornecimentos é possível resumi-los em:

- deficiência no processo de qualificação que não permitiu identificar, previamente a adjudicação do contrato a um fornecedor com problemas técnicos e de qualidade de fabricação;
- os testes de aprovação do modelo não conseguiram identificar previamente algumas deficiências do produto, já que alguns problemas como corrosão vieram a aparecer algum tempo depois;
- as inspeções de fábrica, antes do embarque, resultaram inócuas, pois os testes de recebimento encontraram resultados muito diferentes;
- a falta de assistência técnica pelo fornecedor que não se estruturou para atendimento desde o primeiro embarque, conforme previsto no edital;
- recebimento de lote único (caso da CAGECE) que reduziu a margem de manobra contratual para evitar um problema maior; e
- resultou da grande quantidade de medidores não servíveis grande prejuízo para as companhias, visto que 90% do valor foram pagos no embarque versus retenção de 10% (aceitação final). Isto propiciou desinteresse do fornecedor em resolver os problemas surgidos após a entrega.

Sem o reconhecimento do problema pelas agências financiadoras, possibilitando a flexibilização de seus regulamentos, será muito difícil superar essa questão. Alguns procedimentos, entretanto, além daqueles tradicionalmente usados nesta modalidade de concorrência, podem ser necessários e úteis

para a solução do problema. Portanto, para reduzir a possibilidade de problemas semelhantes, considerou-se como recomendável:

- Incluir nas condições de qualificação do fornecedor:
 - solicitação de relação de todos os fornecimentos de hidrômetros realizados nos últimos três anos, de modo a se poder fazer diligências quanto à qualificação dos ofertantes, qualidade dos produtos ofertados e eventuais problemas contratuais, sendo que para fornecimentos de características semelhantes essas informações deverão ser mais detalhadas;
 - solicitação de relação de litígios e problemas com fornecimentos de hidrômetros nos últimos três anos;
- Incluir nas condições de qualificação do produto:
 - que para o Modelo de hidrômetro ser aprovado, pelo INMETRO, será submetido a todos os testes previstos pela Portaria nº 029/94 do INMETRO e outros adicionais que possam detectar previamente problemas de qualidade, como: (i) ensaio de fadiga com 100.000 interrupções, para simular condição mais próxima da de serviço, (ii) ensaio de composição de alguns materiais componentes como pivô e carcaça para avaliar sua resistência a corrosão e (iii) ensaio de resistência a raios ultravioleta para os plásticos de mostradores.
 - que é direito do comprador, para liberação de cada embarque, submeter os hidrômetros a um conjunto de ensaios, a ser definido no edital, que não se limita aos ensaios de estanqueidade e precisão;
 - no caso do comprador decidir efetuar os ensaios de conformidade com modelo e os mencionados no item anterior, estes serão executados por agente de inspeção reconhecido internacionalmente, contratado pelo comprador, agente este que será responsável por retirar as amostras e pela inviolabilidade de todo o restante do lote de embarque até a sua liberação, se os resultados dos ensaios forem satisfatórios;
 - que o agente contratado realizará os ensaios em bancada aceitável pelo comprador;
 - que índice de rejeição superior a 5% nos ensaios para autorização de embarque implicará na rejeição do lote a ser embarcado e que a rejeição em duas inspeções consecutivas para um mesmo lote ou inspeções para dois lotes consecutivos ou não implicará no cancelamento do fornecimento restante;
 - que é direito do comprador inspecionar as instalações do fabricante para verificar (i) a conformidade das características/qualidade dos materiais empregados na produção em relação às especificações e (ii) o nível de controle sobre o processo produtivo, no sentido da garantia da manutenção do padrão de qualidade das peças produzidas ao longo do período de fabricação;
 - fixar no edital que até a data prevista para o primeiro recebimento em fábrica, definida no cronograma de fornecimento, o fornecedor deverá ter instalado o seu centro de assistência técnica capacitado para reparação e aferição de medidores, devidamente credenciado pelo INMETRO, conforme a legislação metrológica brasileira;
 - que por dois anos após a aceitação final de cada lote o fornecedor será responsável pela substituição de todas as peças defeituosas, a ser realizada por seu representante no Brasil;

4. NÍVEIS DE COBERTURA

4.1 Possibilidades de Medição, Estimativa de Consumo e Alternativas de Controle em Áreas não Cobertas por Medição

A necessidade de se adotar alguma forma de controle dos consumos, com máxima exatidão possível, é praticamente consenso entre os técnicos do setor. No entanto, grande parte dos sistemas de abastecimento de água do país não contam com qualquer modelo adequado de aferição e controle desta variável, seja pela falta de recursos financeiros, será pela falta de estrutura técnica, ou ainda, pela ausência de estudos e orientações sobre formas alternativas que possam ser aplicadas em função de um nível de controle satisfatório para cada caso.

4.1.1 Possibilidades de Medição

Existem algumas formas alternativas de processos de controle do consumo de água distribuída, embora no Brasil estas possibilidades de medição não tenham sido corretas e suficientemente exploradas, concentrando-se na prática, da medição por meio da instalação de hidrômetros nas unidades individuais de consumo, com leituras em períodos consecutivos constantes.

Mesmo nesse caso, de elevado custo de implantação, manutenção, coleta e processamento dos dados, quase não se tem feito experiências visando a racionalização do uso de aparelhos e de otimização dos resultados quantitativos e qualitativos, tendo em vista os objetivos fundamentais da micromedição, quais sejam, apoiar o controle operacional, o planejamento do sistema e o faturamento dos consumos.

Em contrapartida a esta situação, têm-se optado em larga escala, principalmente em pequenas localidades, geralmente em regiões menos desenvolvidas com abundância e fácil disponibilidade de mananciais, pela não adoção de qualquer forma de controle, ou quando muito, adotando-se critério de classificação dos consumidores apenas por atributos físicos do imóvel e meramente para efeito de cobrança de taxas de consumo.

A seguir são descritas três possibilidades básicas de medição, com algumas formas alternativas ou combinadas de uso das mesmas.

4.1.1.1 Medição por Hidrômetros

Esta é a forma de medição que se tem convencionado como a mais eficiente, sendo predominantemente empregada ou almejada no Brasil, para onde têm sido dirigidos esforços e recursos financeiros com objetivo de alcançar índice máximo de cobertura de micromedição, sem, no entanto, considerar critérios razoáveis na avaliação de custos/benefícios deste procedimento.

- Medição de usuário individual

Consiste na instalação de hidrômetro para cada usuário, onde a individualização da unidade de consumo (economia) é possível.

Esta opção, se adotada com critérios corretos de dimensionamento e controle rigorosos de aferição e manutenção, sobretudo em setores de distribuição com características hidráulicas bastante homogêneas e controladas, pode efetivamente ser a mais eficiente.

Entretanto, tal opção implica em custos bastante elevados, inviabilizando sua adoção indiscriminada em qualquer sistema, principalmente para pequenas localidades e/ou regiões de baixa renda, onde predominam os consumidores residenciais e não existem condições de subsidiar os custos entre as categorias de usuários, por meio da estrutura tarifária.

- Medição de multi-usuários (micro-setores, condomínios horizontais e verticais)

Esta opção consiste na implantação de micro-setores de distribuição isolados, com instalação de hidrômetros nos pontos de entrada, podendo ou não haver instalação de hidrômetros individuais permanentes em pontos amostrais de controle e para usuários diferenciados.

As soluções arquitetônicas e a prática de engenharia hidráulica utilizada na construção civil têm condicionado o uso quase que exclusivo deste tipo de medição para os condomínios verticais em todo o país.

Já para os condomínios horizontais, são raros os casos de adoção desta opção (conjuntos de pequeno porte), prevalecendo, principalmente para os de maior porte, a micromedição individual. Mais raro ainda, ou quase desconhecidos, são os casos de medição de multi-usuários por meio de sistemas de micro-setores de distribuição.

Esta modalidade pode propiciar redução significativa de custos em investimentos e manutenção dos aparelhos e, se bem empregada, maior precisão no controle dos volumes consumidos, com adoção de medidores de melhor qualidade. Porém, a eficiência de sua utilização requer condições operacionais e características de ocupação especiais, tais como: perfeito fechamento do micro-setor (sem pontos vulneráveis de fuga ou de invasão), pontos de medição (entradas) localizados em cotas compatíveis às internas e/ou adoção de mecanismos preventivos/corretivos nos casos de intermitência no abastecimento, relativa homogeneidade entre os consumidores (perfil sócio-econômico, categorias e classes de consumo), etc.

De outro lado, esta solução pode ser menos eficiente em relação a programas de uso racional da água, pois torna mais difícil o controle de desperdícios e de perdas por vazamentos na rede, nos ramais e nas instalações internas ao micro-setor, exigindo adoção de programas permanentes de orientação e uma relação mais estreita com os usuários, visando melhorar a cultura de utilização da água e eliminar os prováveis conflitos de ordem financeira inerentes a esta solução, decorrentes de estruturas de consumos inadequados dos usuários.

Esta opção, pelas suas características, pode ser adotada, com elevado padrão de eficiência operacional e financeira, para sistemas de pequeno porte, onde é mais fácil se ter às condições necessárias, ou para setores específicos de sistemas de médio e grande portes, principalmente em novos loteamentos e em condomínios residenciais, cada vez mais freqüentes.

Pode também ser a solução mais adequada para áreas de favelas urbanizadas, desde que as redes e ramais sejam tecnicamente aceitáveis e de pleno controle do prestador de serviços. O cadastro de economias deve estar bem organizado e ser permanentemente atualizado para que se tenha um programa permanente de orientação aos usuários.

- Demanda projetada/pré-fixada por período determinado (trimestral, semestral, anual)

Tanto na opção de medição individual, quanto na medição de multi-usuários, se o controle operacional e de aferição do sistema de micromedição for eficiente, pode-se reduzir os custos de leitura, faturamento e cobrança, adotando-se procedimento de emissão de contas tipo carnê para períodos mais longos (trimestral/semestral/anual) com base em demandas projetadas/pré-fixadas pelas

médias de consumo do período anterior. No entanto, isso depende da avaliação do quanto à redução de custos compensa o investimento na implantação/melhoria dos sistemas gerenciais de controle.

Essa hipótese de trabalho tanto pode ser aplicada para todo o conjunto de usuários, como pode ser combinada com freqüências de medições diferenciadas por categoria de usuário e/ou por classe de consumo, ou de setores/micro-setores de abastecimento, em função das características de composição dos usuários e do porte dos sistemas.

- Contrato de demanda com medição de ajuste periódica ou continuada

Trata-se de uma variação do procedimento anterior, porém aplicável para usuários individuais, com características especiais, tais como: grandes consumidores industriais/comerciais, escolas, hospitais, condomínios residenciais, etc. Esta modalidade não dispensa o uso de medidores individuais e nem os cuidados permanentes de controle e aferição, sendo sua maior vantagem o fato de propiciar um melhor planejamento financeiro.

- Medição em áreas homogêneas e heterogêneas de ocupação (categoria de usuário e classe de consumo)

Como já visto, em áreas homogêneas e de ocupação e consumo estáveis é possível adotar formas e combinações de critérios de medição eficientes, com razoável grau de controle operacional e retornos de benefícios.

Para áreas com características heterogêneas e de ocupação e consumo variáveis, a opção mais adequada é a micromedição individual, mesmo com maior variação na faixa de erro negativa.

4.1.1.2 Medição Inferida por Aparelhos Hidráulicos de Controle de Vazão (válvula redutora/estabilizadora de pressão e placa de orifício com vazão constante)

Esta forma de medição, baseada na dedução de estimativa de consumo a partir da vazão medida ou calculada em aparelhos hidráulicos de controle de vazão, instalados em pontos de entrada de setores e micro-setores de abastecimento ou em ligações individuais, é uma modalidade possível, porém, de pouco uso no Brasil, e da qual não se tem informações de experiências em larga escala.

Na prática, alguns sistemas com baixo índice de micromedição têm utilizado soluções hidráulicas desse tipo com outra finalidade: a de reduzir perdas por vazamentos (reduzindo/uniformizando a pressão) e por desperdício (limitadores de vazão em ligações sem hidrômetros).

O uso desta opção encontra vários obstáculos. O primeiro deles é a falta de experimentos suficientes e, em consequência, falta de literatura e especificações técnicas satisfatórias.

Outro fator, decorrente do primeiro, é a falta de aparelhos adequados no mercado. Foi desenvolvido um aparelho com este princípio de funcionamento, para uso em ligações individuais, sem grande progresso, devido à falta de interesse dos serviços de saneamento em utilizá-los em testes de campo de larga escala. Nos poucos experimentos conhecidos, verificou-se que para os níveis de consumo muito baixos, vazão média até 50 L/h (aproximadamente 35 m³/mês), a faixa de erro é muito grande, reduzindo o interesse pela continuidade das experiências.

Um terceiro obstáculo é a concepção predominantemente aplicada às instalações hidráulicas prediais da maioria das cidades brasileiras, do uso simultâneo de reservatório (caixa d'água) para alguns pontos de consumo (banheiros e cozinhas) e pontos de consumo derivados diretamente do ramal de entrada (tanque/máquina de lavar roupas, chuveiro, torneiras de jardins), provocando oscilações extremas nas vazões de consumo.

Portanto, a eficiência desta modalidade de medição depende de pelo menos três fatores básicos:

- desenvolvimento de uma solução tecnológica que conduza a criação de um aparelho adequado, que pode ser a combinação de uma mini válvula (entrada 1/2" e 3/4" de diâmetro) redutora/estabilizadora de pressão (existe similar no mercado) com placa de orifício dimensionada para vazões padronizadas;
- sistemas de abastecimento com baixo nível de inadimplência; e

padronizar o sistema hidráulico predial para alimentação exclusiva dos pontos de consumo a partir de reservatórios internos.

Resolvidos estes problemas, a aplicação desta modalidade de medição prescindirá ainda da definição de procedimentos relativos a:

- classificação dos tipos/padrões de usuários pelo perfil de consumo (volume e distribuição da vazão diária);
- critérios para enquadramento de ligações individuais ou coletivas (condomínios) elegíveis e de usuários com padrão de demanda de consumo horosazonal; e
- parâmetros operacionais para definição da classificação e da macromedição dos setores de distribuição (micro) e/ou zonas de pressão recomendáveis.

4.1.1.3 Medição Inferida por Atributos Físicos dos Imóveis e/ou Atributos Sócio-Econômicos dos Usuários

Esta forma de medição, por estimativa baseada em atributos físicos do imóvel e/ou atributos sócio-econômicos dos usuários, já foi bastante usada no passado, principalmente nas pequenas cidades, onde os sistemas de abastecimento eram bastante simples e sem qualquer tipo de macro ou micromedição e em que a cobrança do fornecimento de água se dava por meio da taxa, tendo como base de incidência os mesmos atributos utilizados para o cálculo do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU).

Ainda hoje, muitas localidades, inclusive as de grande porte como a cidade do Rio de Janeiro, continuam usando esta forma de medição, como alternativa a micromedição em áreas não cobertas com hidrômetros, ou para núcleos habitacionais de baixa renda (favelas, cortiços, conjuntos populares) e pequenos distritos isolados.

Quanto aos aspectos comerciais (econômicos) relativos aos procedimentos para lançamento e cobrança do serviço, esta opção é bastante simples e só depende do cadastro imobiliário. Se os critérios de classificação e tarifação dos imóveis forem bem elaborados, considerando principalmente métodos de rateio dos custos globais, o modelo permite alcançar níveis satisfatórios de equilíbrio e auto-sustentação econômica dos serviços.

Do ponto de vista operacional, a eficiência desta modalidade depende de sistemas bem planejados, com regularidade no abastecimento, setores bem homogêneos e zonas de pressão bem equilibradas, sistema gerencial de controle da operação e manutenção com rotinas bem definidas.

Nestas condições, e ainda associado a um sistema de macromedição por zona e/ou setor e micromedição amostral (amostra fixa ou móvel), esta forma de medição pode ser uma alternativa interessante para boa parte dos serviços de pequeno porte ou mesmo para setores ou distritos com características específicas de sistemas de médio e grande portes.

4.1.2 Estimativas de Consumo

Critérios de estimativa de consumo são importantes para tomada de decisão gerencial, especialmente para o planejamento e elaboração dos projetos de sistemas de abastecimento de água, principalmente com relação ao dimensionamento da capacidade de produção, da reservação necessária e das redes de adução e distribuição.

Também são importantes para decisões sobre sistemas de macro e micromedição e para o planejamento e gestão comercial/financeira, bem como para a definição de política e estrutura tarifárias.

Estimativas de consumo podem ser obtidas satisfatoriamente de várias maneiras, que, isoladamente ou combinadas, podem atender praticamente qualquer sistema e terão maior precisão quanto melhores forem os dados disponíveis. A seguir são indicadas as formas mais conhecidas ou estudadas de consumo:

- por média estatística, a partir de registros cadastrais históricos do serviços, que, além da classificação por categoria/tipo de uso e classe de consumo, podem ser correlacionados com atributos físicos do imóvel, quando disponíveis os dados;
- por amostragem, com aparelhos de micromedição (hidrômetros), onde não há hidrometração ou onde o estado e a vida média dos hidrômetros estiverem insatisfatórios;
- por amostragem, com aparelhos registradores de vazão e pressão, combinados ou não com hidrômetros convencionais, aplicável nos mesmos casos anteriores;
- por atributos físicos (áreas edificadas e instalações hidro-sanitárias) e perfil de ocupação (número e permanência de usuários) do imóvel, através de cadastro censitário ou por amostragem, para o que deve-se dispor também de dados confiáveis sobre padrões de consumo de aparelhos hidro-sanitários e *per capita*;
- por macromedição de setores ou zonas homogêneas de abastecimento, associada a indicadores de perdas, para estimativas de consumo global. Nesse caso, há necessidade da realização de levantamentos confiáveis relativos às perdas físicas do sistema, identificação de elementos suficientes para que se possa fazer correlação com outros sistemas similares ou utilização de parâmetros de referência;
- por correlação estatística com áreas e/ou usuários de características similares/homogêneas. Para tanto, é necessário que se tenha um cadastro de usuários relativamente completo e atualizado;
- por correlação entre macromedição (setores/zonas) e amostragem de micromedição. Também nesse caso, a qualidade dos resultados depende de um cadastro satisfatório, vinculado aos setores/zonas em conjunto a uma setorização razoavelmente confiável (sem fugas ou invasões de um para outro setor);
- por volume de efluentes gerados. Esse método pode ser usado para a estimativa do consumo individual para usuários de categorias ou grupos especiais, ou para estimativa de consumo de setores com características homogêneas (categoria e densidade de ocupação). Porém, é de difícil aplicação devido aos obstáculos relacionados à exatidão na medição de efluentes de esgotos; e
- por atividade, principalmente para consumo comercial e industrial.

4.1.3 Alternativas de Controle em Áreas Não Cobertas por Medição

De alguma forma esta questão já foi abordada nas subseções anteriores, cabendo aqui especificá-la mais objetivamente.

Primeiramente, destacam-se os fatores essenciais para o controle operacional de um sistema de abastecimento de água, sem os quais (ou no mínimo a combinação de alguns de seus elementos) qualquer tentativa de controle alternativo do consumo tenderá ao insucesso. São eles:

- máximo conhecimento das características do sistema: captação, adução de água bruta, tratamento, adução de água tratada, reservação e distribuição;
- cadastro de usuários permanentemente atualizado, pelo menos quanto à categoria, elementos para identificação do uso predominante, número de unidades autônomas de consumo (economias) e logradouro, sendo ainda desejável a vinculação ao setor, micro-setor ou zona de abastecimento;
- nível razoável de macromedição, no mínimo medição nos pontos de saída das unidades de produção (por exemplo, ETA e poços profundos) para pequenos sistemas e nos pontos de entrada de zonas de pressão ou setores para médios e grandes sistemas; e
- características e hábitos de consumo dos usuários do setor.

Os fatores mencionados possibilitarão a adoção de formas alternativas de controle tanto para a melhoria/otimização operacional, quanto para a racionalização do consumo. No primeiro caso - melhoria operacional - pode-se montar sistemas de controle em áreas não cobertas por micromedição por meio da combinação dos seguintes procedimentos:

- amostragem de consumo individual, por categoria e classe de usuários, através de micromedição com hidrômetros regularmente aferidos; e/ou
- estimativa de consumo e demanda horária individual, por categoria e classe de usuários, por amostragem de dados obtidos através de registradores de vazão e pressão, combinados ou não com hidrômetros;
- macromedição do volume disponibilizado nas saídas das ETAs e de poços profundos (pequenos sistemas - única zona ou setor) e/ou nas entradas de setores de distribuição ou zonas de pressão (médios e grandes sistemas - múltiplas zonas/setores); e/ou
- uso de sistema de pitometria para estimativa de consumo e demanda horária em distritos pitométricos previamente definidos, cobrindo toda a área a ser controlada.

Quanto às medidas de controle visando a racionalização do consumo - melhor distribuição e redução de perdas/desperdícios - para áreas com ou sem micromedição, pode-se adotar procedimentos de:

- restrição física de consumo(individual, setor ou zona) através de sistemas limitadores de pressão e/ou de vazão estáveis (vazão constante) ou variáveis em função da demanda horária (sistema automatizado com acionamento local ou remoto - telecomando);
- restrição de consumo induzida por manobras (rodízios) no sistema de distribuição, com fechamentos parciais ou totais de zonas, setores ou micro-setores, em função da demanda horária identificada; e
- micro-setorização em pequenas áreas de baixa pressão limitada/controlada, com redutores de pressão, combinados ou não com limitadores de vazão.

4.2 Conseqüências de Níveis Inadequados de Cobertura por Hidrômetros

Conforme mencionado anteriormente, qualquer serviço de abastecimento de água requer um método adequado e eficiente de controle e aferição/quantificação do consumo.

A hidrometração pode ser o meio mais eficiente de medição e controle do consumo. Todavia, requer maior volume de recursos na implantação e em programas e rotinas permanentes de manutenção, aferição e substituição, bem como em sistemas de controle e gerenciamento operacional e comercial (centrais de controle) que permitam, entre outros procedimentos, a vinculação e atualização permanente dos cadastros técnicos e comerciais, coleta e processamento em tempo real dos dados de consumo - micro e macromedição - e geração de relatórios operacionais.

As conseqüências de níveis inadequados de hidrometração, em princípio, são as mesmas da falta de qualquer outro método alternativo eficiente de controle e aferição do consumo, quais sejam:

- índices de perdas elevados;
- maiores custos de produção/distribuição (operação e investimentos);
- perda de receitas;
- aumento de desperdícios por meio de usos inadequados e consumos supérfluos;
- distribuição desigual do abastecimento, dificultando o atendimento de áreas situadas nas extremidades de redes de distribuição e/ou pontos mais elevados de abastecimento;
- aproveitamento inadequado do recurso hídrico levando, em algumas situações, ao esgotamento mais rápido do manancial explorado e/ou à restrição de seu uso por outras comunidades;
- aumento do volume de efluentes gerados, exigindo maiores dimensões e investimentos no sistema de coleta, afastamento e tratamento de esgotos e maiores custos operacionais;
- contribuição para a falta de cultura e democratização do uso racional da água e da preservação ambiental, com prejuízos para a formação do espírito de cidadania; e
- falta de instrumento que possibilite máxima equidade e isonomia na cobrança pelos serviços, por meio de política tarifária justa.

5. INSTALAÇÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE MICROMEDIÇÃO

5.1 Características de Funcionamento dos Medidores ao Longo do Tempo em Função das Condições de Trabalho

Um hidrômetro corretamente selecionado, cuja vazão de trabalho não ultrapasse a vazão máxima ou de sobrecarga por um curto espaço de tempo, nem a vazão nominal ou permanente por mais de algumas horas de funcionamento contínuo, que esteja trabalhando com água potável contendo poucos sólidos em suspensão e em condições de temperatura e pressão dentro das especificações normalizadas (temperatura até 40°C e pressão inferior a 20 bar), pode trabalhar durante muitos anos sem perder suas qualidades metrológicas.

Essa, no entanto, não é a realidade das instalações do país. Muitas são as condições adversas, entre as quais citam-se:

- água com grande concentração de partículas suspensas;
- água com grande concentração de sais dissolvidos (água dura, etc.);
- intermitência de abastecimento;
- dimensionamento inadequado;
- instalação inadequada; e
- intempérie, vandalismo, etc.

Esses fatores reduzem consideravelmente o tempo de funcionamento útil do medidor. A ocorrência desses fatos geralmente é observada devido à paralisação do medidor, o que é verificado pelas leituras mensais, provavelmente depois de meses de leituras inferiores ao consumo real.

Os hidrômetros, principalmente os de velocidade, têm a tendência de indicar erros maiores na faixa de vazões menores, ou seja, com o passar do tempo, as perdas por submedição tendem a aumentar, dependendo das características do usuário e das condições de operação do medidor, devido tanto ao tempo de utilização quanto ao desgaste dos aparelhos.

A implementação de uma política de manutenção preventiva, preditiva e corretiva adequada (ver Capítulo 4), depende das condições de trabalho, da qualidade da água medida e das vazões de trabalho, além da escolha adequada do medidor.

5.2 Procedimentos de Instalação e Substituição

Na instalação de medidores deve-se levar em conta os fatores a seguir descritos.

5.2.1 Metrológico

Para que os medidores conservem suas características metrológicas após a instalação, devem ser observadas as recomendações dos fabricantes, a saber:

- manter trechos retos de tubulação a montante e a jusante do medidor devido a curvas, tês, válvulas de bloqueio, válvulas de retenção, bombas, etc., que podem alterar o perfil de velocidade de escoamento ou causar turbilhonamento. A distorção do perfil de velocidade é causada tipicamente por uma obstrução bloqueando parcialmente a tubulação, como por exemplo, a presença de uma válvula parcialmente fechada. O turbilhonamento é causado principalmente por duas ou mais

curvas em planos diferentes. Esses trechos retos normalmente são expressos em número de diâmetros nominal do medidor (nDN) a ser instalado. Na impossibilidade de se dispor do trecho reto recomendado, deve-se utilizar retificadores de fluxo apropriados. Isto se aplica principalmente a medidores de grandes dimensões, como por exemplo àqueles utilizados em indústrias;

- a posição de instalação do medidor deverá ser especificada pelo fabricante, visto que há medidores que podem operar na posição horizontal, outros na vertical e outros ainda em ambas as posições, ou com qualquer inclinação em relação ao plano horizontal. No caso de ter que operar na posição horizontal ou inclinada com relação ao plano horizontal, o fabricante deverá especificar ainda se o medidor pode tolerar alguma inclinação em relação ao plano vertical.
- Registre-se que os medidores instalados em posição inadequada levam a desgastes prematuros de peças, prejudicando o seu funcionamento. Um importante trabalho de investigação foi levado a efeito pelo Departamento Municipal de Água e Esgotos de Porto Alegre, DMAE (Melo, 1997), sobre os erros de medição de hidrômetros multijato e monojato não instalados horizontalmente, concluindo que o emprego de hidrômetros multijato fora da posição horizontal ocasiona perdas de 100% da medição a partir de vazões próximas a 40 L/h, para uma pressão na rede da ordem de 40 mca, e, quanto menor a pressão, mais alta será a vazão em que o hidrômetro deixará de registrar o volume de água consumido. Nesse caso, as verificações foram feitas com hidrômetros multijato de vazão nominal de 1,5 m³/h, classe A. Com relação aos hidrômetros monojato, o relatório do DMAE conclui que os resultados obtidos com os hidrômetros unijato, utilizando o princípio inovador da turbina apoiada em dois mancais, demonstraram não ser ainda a solução ideal para aquelas situações em que é inevitável a utilização do medidor inclinado. Para altas vazões suas perdas foram similares às dos multijatos, e para as baixas vazões ficou claro que necessitam de maior desenvolvimento, apesar de apresentarem melhores resultados (de 30 a 50%) que os multijatos inclinados, foram inferiores (de 12,5 a 17%) aos multijatos classe A instalados corretamente. Os hidrômetros monojatos eram de vazão nominal igual a 1,5 m³/h;
- a necessidade do medidor trabalhar cheio de água ou não deverá ser especificada pelo fabricante. Em geral os medidores necessitam trabalhar cheios para que sua medição seja correta. Contudo, se não houver essa necessidade, o fabricante deverá deixar evidente esta possibilidade;
- a temperatura da água de abastecimento e a do meio ambiente devem ser conhecidas para verificar se há compatibilidade com as especificações do medidor a ser utilizado. Além disso, o medidor uma vez instalado deverá estar protegido dos riscos de deterioração devido às temperaturas extremas da água e do meio ambiente;
- as variações de pressão a que o medidor estará submetido devem ser conhecidas previamente. Caso necessário, deve ser prevista na instalação a inserção de um dispositivo (válvula reguladora de pressão) para evitar as variações de pressão que podem danificar o medidor ou alterar sua curva de erros; e
- a qualidade da água tem particular importância no funcionamento dos medidores, a saber:
 - Partículas em suspensão

Se a precisão da medição é suscetível de ser modificada pela presença de partículas em suspensão na água, será preciso prever a instalação de tela ou de filtro na entrada do medidor ou na tubulação a montante, dispositivos esses entendidos como parte integrante do medidor. Nessas condições a introdução de tela ou de filtro não deverá provocar uma perda de pressão do conjunto (tela ou filtro + medidor) que ultrapasse a 50% da perda de carga do medidor em sua vazão máxima. Considerando-se que a finalidade de tais dispositivos é suprimir as partículas em suspensão que poderiam danificar o

medidor ou alterar sua curva de erros, a dimensão e o formato dos furos dependem da qualidade da água e do tipo do medidor.

- Presença de ar na água

A presença de ar na água deve ser evitada, pois poderá danificar o medidor, modificando seu grau de exatidão. Na possibilidade de ocorrência de riscos de entrada de ar que ultrapasse um limite aceitável, deverá ser instalado dispositivo para liberação de ar a uma distância razoável, à montante do medidor.

- Substâncias em solução na água

A presença de substâncias em solução na água, por exemplo, cálcio e magnésio responsáveis pela dureza na água, poderá provocar incrustações e alterar acentuadamente a precisão de leitura do medidor. Medidas devem ser tomadas para evitar tal fenômeno sendo a mais efetiva delas a remoção de tais substâncias.

5.2.2 Leitura, Instalação, Substituição e Manutenção dos Medidores

Para que os serviços de leitura, instalação, substituição e manutenção dos medidores sejam executados com facilidade, são necessários os seguintes requisitos:

- local de fácil acesso, bem iluminado e seco;
- distâncias entre o medidor e as paredes, o piso, a cobertura e as portas ou as tampas sejam suficientes para o manuseio das ferramentas a serem utilizadas e para que a leitura possa ser feita diretamente sem auxílio de outros equipamentos, tais como: espelho, escada, etc. No caso de medidores de DN > 200 mm, deve ser previsto espaço suficiente para a utilização de um pódio móvel com talha; e
- utilização de peças que facilitem o deslocamento da tubulação, tais como: luvas de correr, juntas tipo Gibault, Dresser ou similares.

5.2.3 Localização e Tipo de Instalação

Apresenta-se a seguir, uma série de alternativas de configurações para instalação de hidrômetros, ressaltando-se que as condições locais, ambientais, etc., devem ser observadas.

As alternativas apresentadas no Quadro 4, são ilustradas pelas Figuras 1 a 9.

Quadro 4 - Localização e tipos de instalações medidoras

Tipo	Localização		Figura
Dentro da área do usuário			
Domiciliar	em cavalete montado acima do piso	em abrigo	1
		ao tempo	2
	em caixa abaixo do nível do piso		3
	em caixa especial fixada na parede		4
Industrial	em cavalete acima do piso	em abrigo	5
		ao tempo	6
	em caixa abaixo do nível do piso		7
Fora da área do usuário			
Domiciliar	em caixa abaixo do nível do piso		8
	em caixa especial fixada na parede		9
Industrial	em caixa abaixo do nível do piso		7

Nota: Caso o medidor seja instalado em caixa abaixo do nível do piso, deve ser previsto um sistema de drenagem de modo a evitar que o medidor fique submerso devido à infiltração de água de chuva, lavagem de passeio, etc.

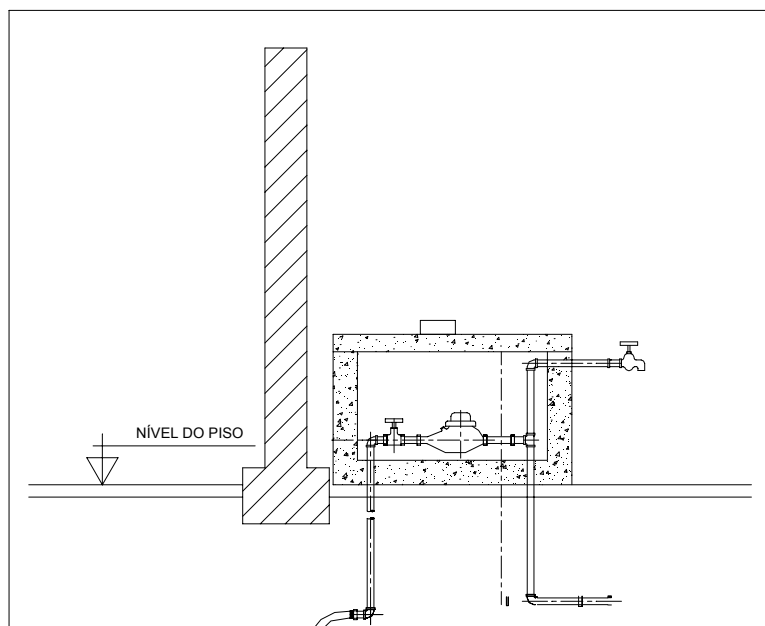


Figura 1 - Medidor domiciliar em cavalete montado acima do piso, em abrigo
Fonte: Coêlho, 1996

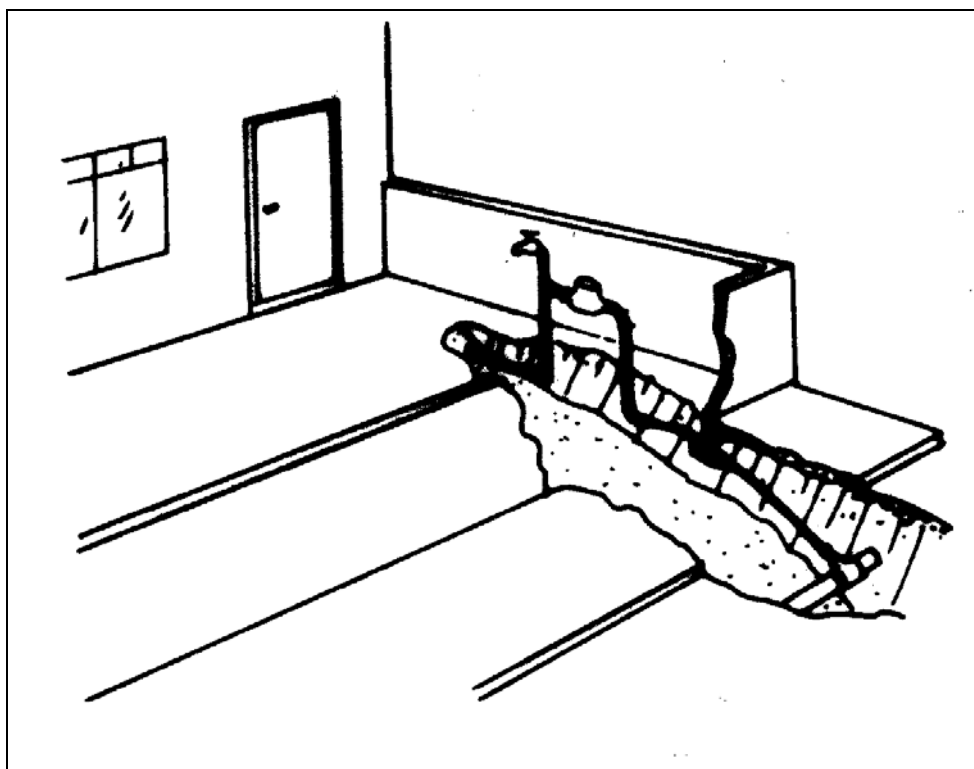


Figura 2 - Medidor domiciliar em cavalete montado acima do piso, ao tempo
Fonte: Coêlho, 1996

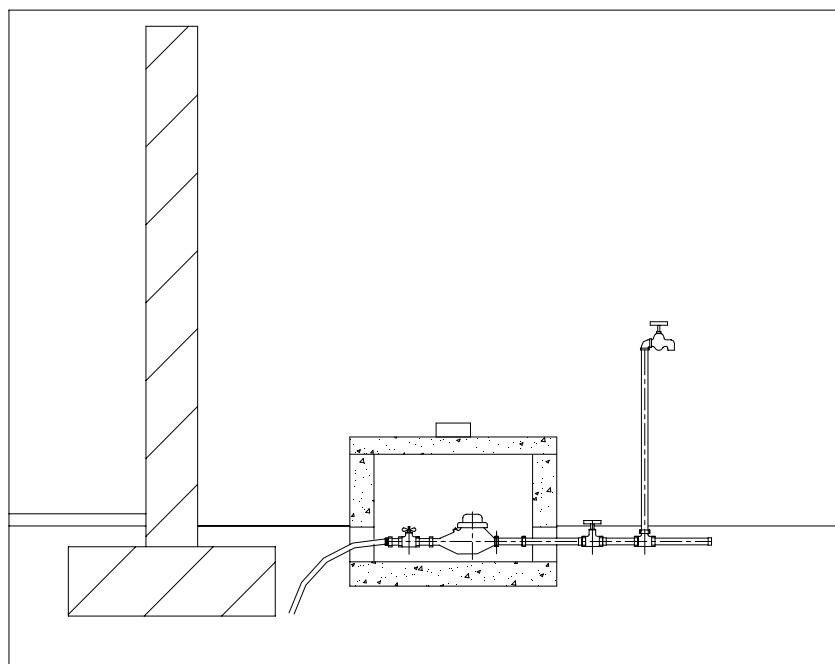


Figura 3 - Medidor domiciliar em cavalete montado em caixa abaixo do nível do piso
Fonte: Coêlho, 1996

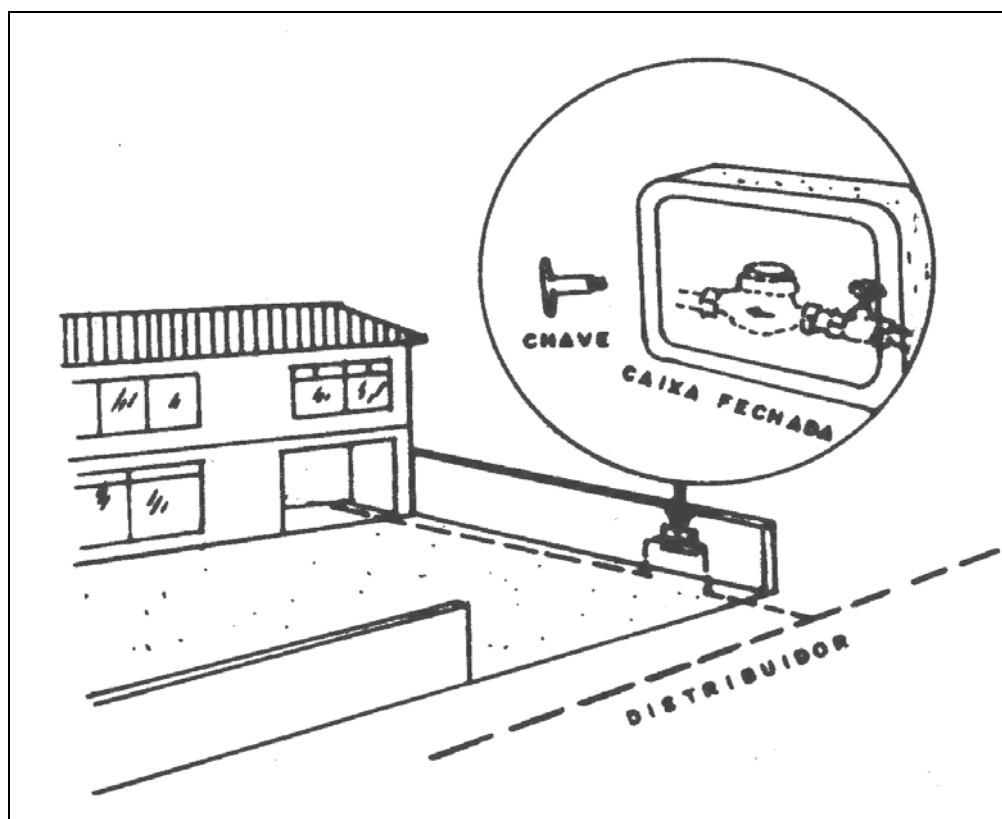


Figura 4 - Medidor domiciliar em caixa especial fixada na parede
Fonte: Coêlho, 1996

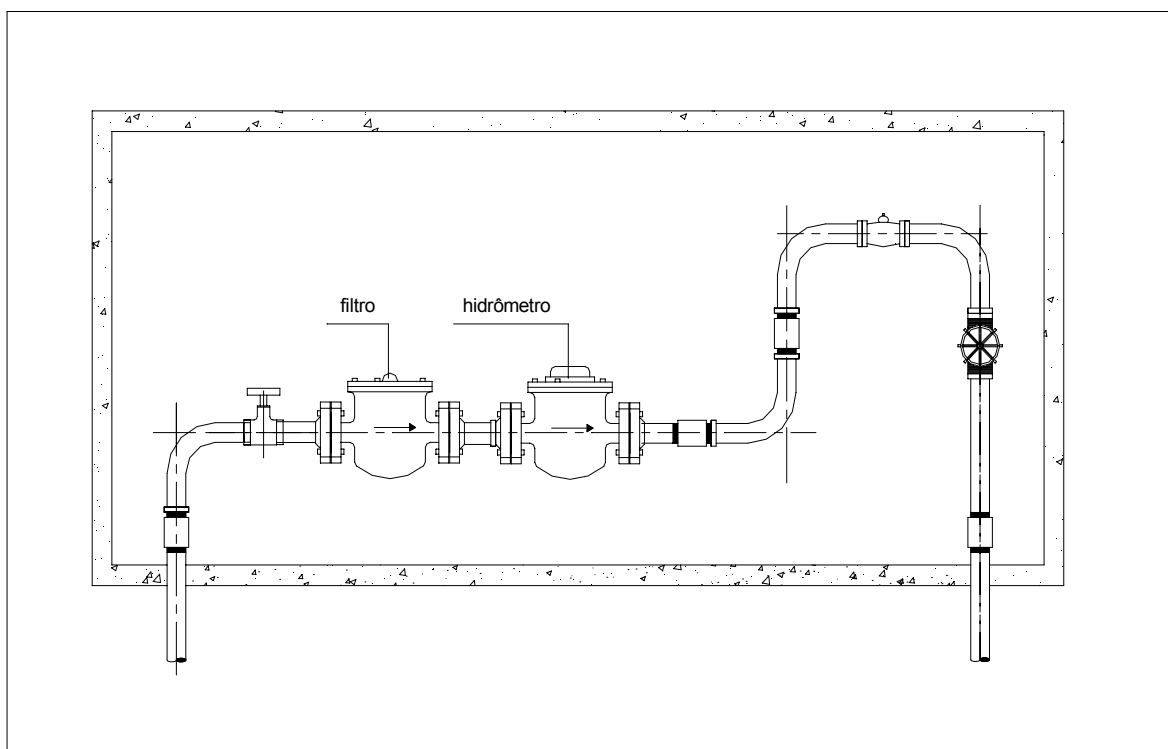


Figura 5 - Medidor industrial em cavalete montado acima do piso, em abrigo

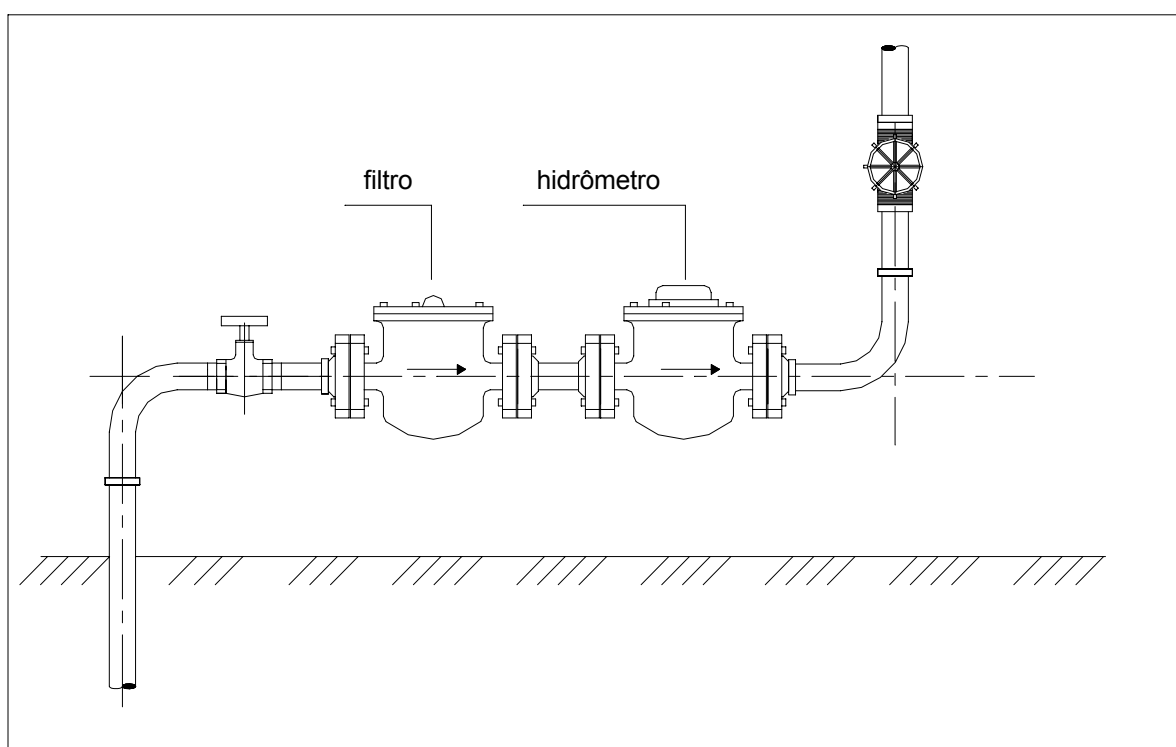


Figura 6 - Medidor industrial em cavalete montado acima do piso, ao tempo

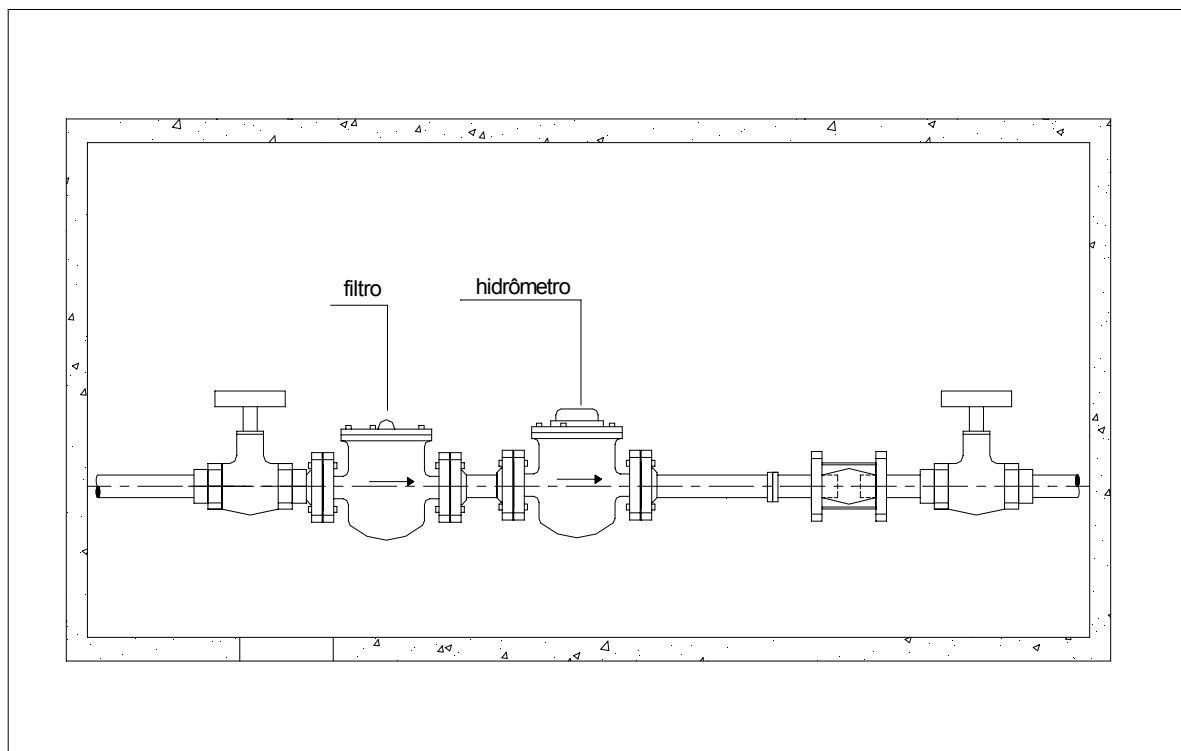


Figura 7 - Medidor industrial em caixa abaixo do nível do piso

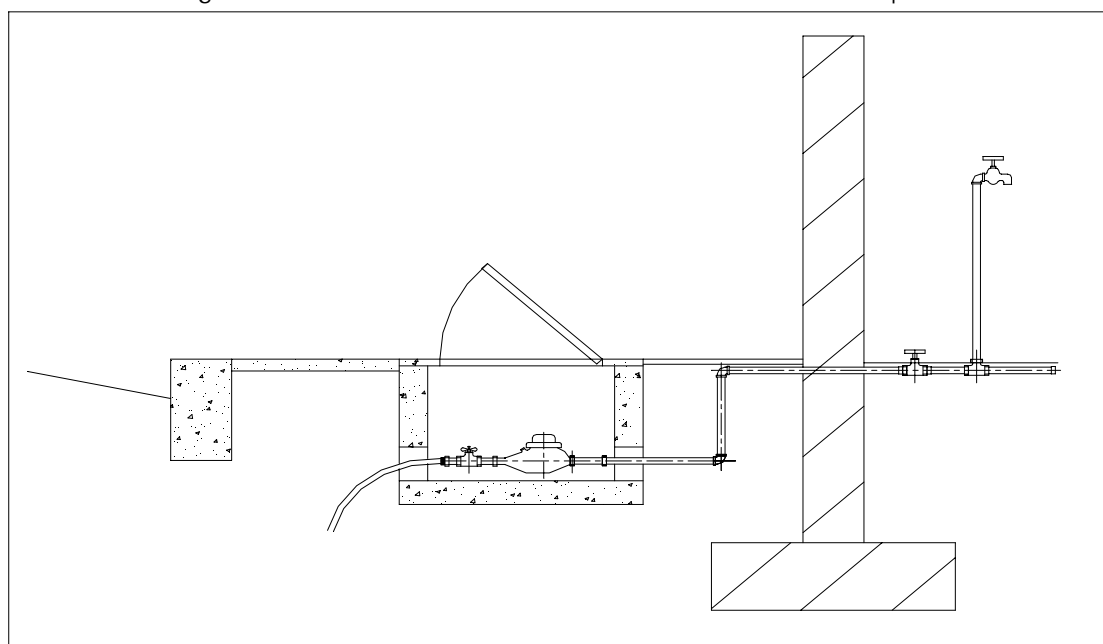


Figura 8 - Medidor domiciliar em caixa abaixo do nível do piso

Fonte: Coêlho, 1996

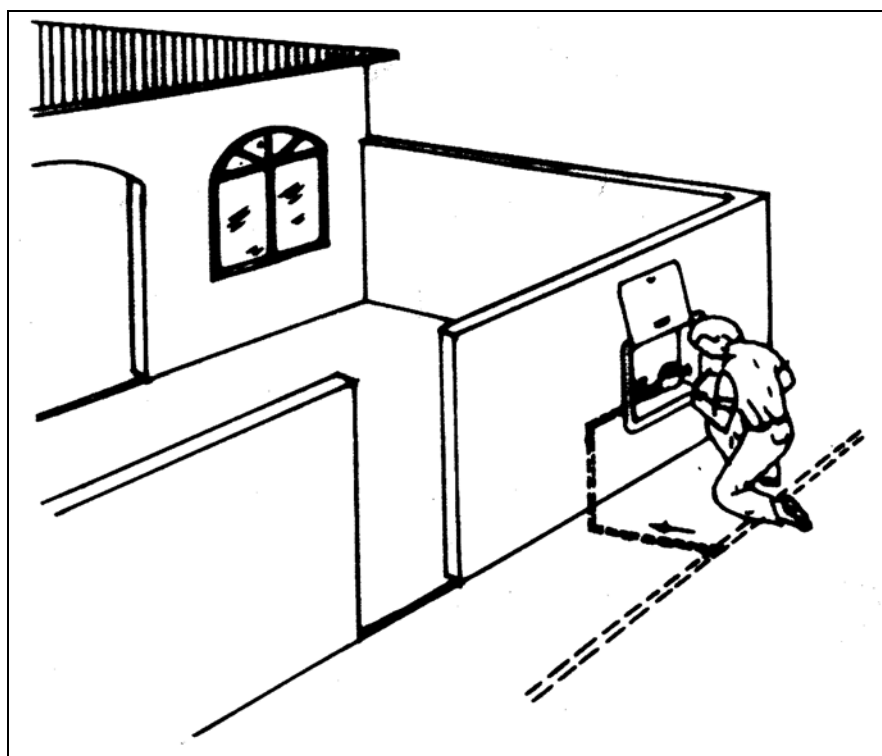


Figura 9 - Medidor domiciliar em caixa especial fixada na parede

Fonte: Coêlho, 1996

Quadro 5 - Vantagens e desvantagens relacionadas aos tipos de instalações dos medidores

Tipo	Vantagens	Desvantagens
Dentro da área do usuário	<ul style="list-style-type: none"> - menor custo de manutenção; - o medidor fica mais protegido com resposta a roubos e depredações; - a responsabilidade pela conservação do abrigo ou caixa e do medidor é do usuário 	<ul style="list-style-type: none"> - maior índice de leituras não efetuadas devido à ausência de moradores, presença de cachorros, etc.; - maior facilidade para execução de desvios fraudulentos; - maior dificuldade na execução do corte.
Fora da área do usuário	<ul style="list-style-type: none"> - maior facilidade de acesso ao medidor para efetuar a leitura e manutenção; - dificulta a realização de derivações fraudulentas; - facilita o corte da conexão; - diminui o índice de leituras não efetuadas por motivo de moradores ausentes, cachorros, etc.; - dificulta a inversão do medidor pelo usuário. 	<ul style="list-style-type: none"> - maior custo de manutenção devido à depredação do medidor e da caixa e ruptura da tampa e caixa por veículos no caso de caixa abaixo do nível do solo; - vazamentos podem afetar a parede e comprometer sua estabilidade no caso de caixa especial fixado na parede; - maior custo de instalação; - facilidade de roubo do medidor - no caso da caixa abaixo do nível do solo, o medidor pode ficar soterrado pelo acúmulo de detritos dificultando a leitura; - a responsabilidade pela conservação da caixa e do medidor é do prestador de

		serviços.
--	--	-----------

5.2.4 Finalidade da Instalação

Quanto à finalidade, a instalação pode ser classificada conforme apresentado a seguir.

- Simples

Na instalação simples existe apenas uma entrada (alimentação) e uma saída (entrega). As seguintes situações são previstas:

- medição com um único medidor;
- medição com dois ou mais medidores em paralelo, agrupados.

Esse último tipo de disposição é utilizado geralmente para atender às seguintes situações:

- onde a instalação de um medidor grande, para satisfazer a máxima demanda de água ou para cobrir a faixa de medição de vazão requerida, é impraticável; e
- onde medidores reservas são necessários para assegurar continuidade de distribuição e medição de vazão, no caso de obstrução do filtro ou avaria do medidor.

- Múltipla

Na instalação múltipla utilizam-se diversos medidores agrupados, onde suas entradas são conectadas a uma fonte comum e suas saídas para locais distintos ou com várias entradas distintas e uma saída comum.

Este tipo de disposição é utilizado geralmente para atender às seguintes situações:

- imóvel onde residem diversas famílias em unidades distintas; e
- unidades de tratamento de água e abastecimento de indústrias.

5.2.5 Acessórios Associados

Em geral, a instalação do medidor de água inclui os seguintes acessórios:

- Lado à montante

- um ferrule ou válvula de bloqueio, preferivelmente com o sentido de operação indicado. Para medidores flangeados, deve ser utilizada uma válvula de passagem plena;
- um trecho reto de tubulação conforme subseção 4.1.1, ou retificador de fluxo montado entre a válvula e o medidor; e
- se requerido, um filtro montado entre a válvula e o medidor, levando-se sempre em conta o estabelecido na subseção 4.1.1.

- Lado à jusante

- recomenda-se utilizar um dispositivo de comprimento ajustável para permitir fácil colocação e remoção do medidor, principalmente para medidores de $Q_n \geq 15\text{m}^3/\text{h}$;
- recomenda-se utilizar uma válvula de dreno para monitoramento de pressão, e realização de limpeza e amostragem;
- um ferrule ou válvula de bloqueio, idêntico ao estabelecido para o lado à montante; e

- uma válvula de retenção, no caso de medidores instalados em paralelo ou em instalações múltiplas, para evitar que haja retorno pelos medidores fora de operação.

5.2.6 Cuidados Adicionais

- a válvula de bloqueio situada à montante do medidor deve permanecer totalmente aberta. Qualquer regulação de vazão do medidor deverá ser efetuada pela válvula de jusante;
- o medidor deve ser protegido dos riscos de danos por choques ou vibrações induzidos pelo meio no local da instalação;
- o medidor não deve ser submetido a tensões indevidas causadas pela tubulação, devendo a mesma estar ancorada tanto à montante como à jusante para que não possa ser deslocada pelo empuxo da água;
- devem ser tomadas precauções para evitar danos ao medidor por condições hidráulicas desfavoráveis (cavitação, sobrepressão, etc.);
- deve-se tomar cuidado na montagem para que as juntas de vedação não avancem para o interior da tubulação;
- quando a tubulação for de aço, devem ser levados em conta a legislação pertinente concernente a seu uso para aterramento elétrico. Em casos onde o medidor é parte de um aterramento elétrico, deverá haver um cabo em derivação permanente do medidor e seus acessórios associados, de modo a minimizar o risco para o pessoal operacional;
- se requerido, lacrar o medidor na linha de entrada de água de forma a possibilitar a detecção de qualquer remoção não autorizada do hidrômetro; e
- tanto no armazenamento quanto no transporte, o medidor deverá ter suas extremidades tapadas, para impedir a entrada de objetos estranhos que poderiam prejudicar o seu funcionamento.

5.2.7 Montagens Geralmente Utilizadas pelos Serviços de Saneamento e Sugestões de Montagens com a Finalidade de Facilitar Aferições *in loco*, Instalação e Substituição do Medidor.

As Figuras 10 a 18 a seguir apresentam os tipos de instalação, assim como os materiais utilizados para as várias capacidades normalmente utilizadas pelos serviços de saneamento. No Quadro 6 são discriminados os tipos de instalações que podem ser utilizadas.

Quadro 6 - Tipos de instalações de medidores

Tipo de instalação abrigo	Cavelete simples	Medidor		Figura
		DN (mm)	Qn (m ³ /h)	
Concreto ou alvenaria	ferro galvanizado	20	0,75	10
	polipropileno		e	11
	PVC rígido		1,5	12
	ferro galvanizado	20	1,5 a 5,0	13
	ferro galvanizado	32	15,0 (múltiplo)	14
	ferro galvanizado	50	15,0 (Woltmann)	15
Cavelete múltiplo				
Concreto ou alvenaria	ferro galvanizado 2 medidores	20	0,75, 1,5 e 2,5	16
	ferro galvanizado 3 ou 4 medidores	20	0,75, 1,5 e 2,5	17

	ferro galvanizado interligação em série	20	0,75, 1,5, 2,5, 3,5, 5,0, 10,0 e 15,0 (múltiplo)	18
--	---	----	--	----

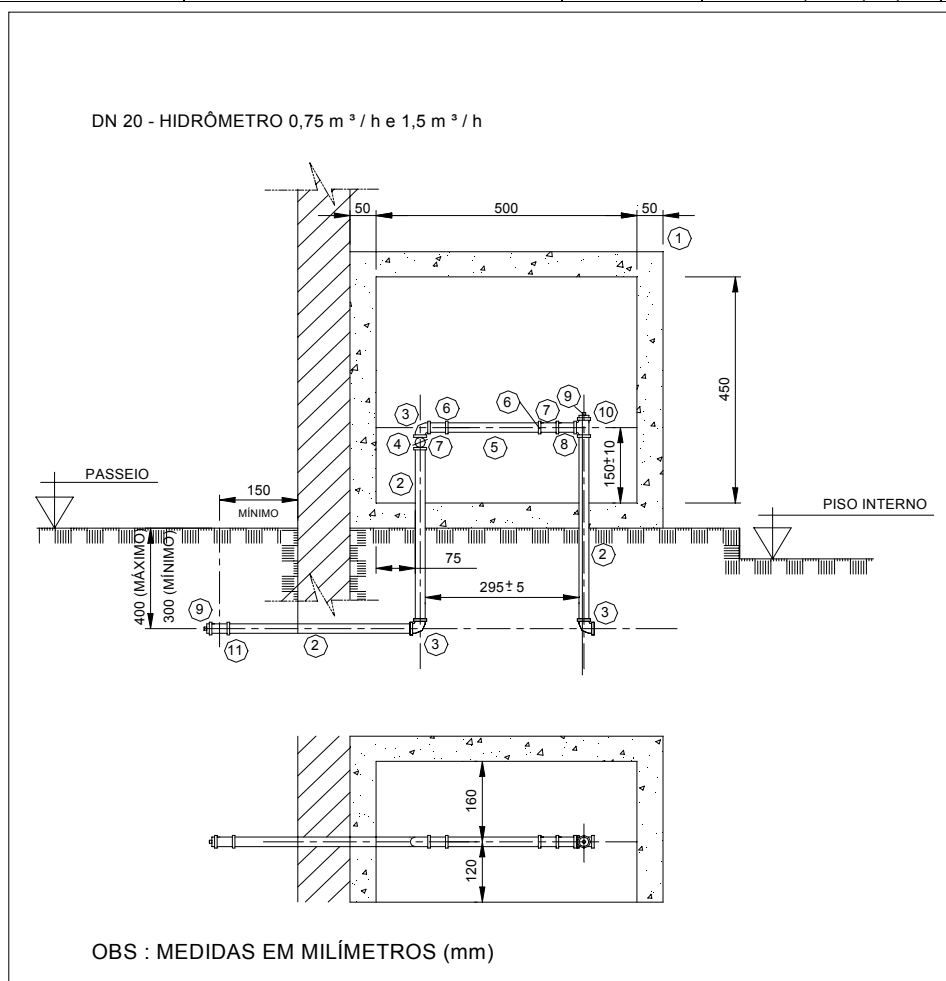


Figura 10 – Instalação com abrigo e cavalete de ferro galvanizado

RELAÇÃO DOS MATERIAIS - DN 20 (3/4")		
Item	Discriminação	Quantidade
01	Abrigo de concreto ou alvenaria	1
02	Tubo de FºGº 20 (NBR 6580/84) - Classe média	variável
03	Cotovelo de FºGº - 20 (NBR 6943/82)	3
04	Registro de pressão com asa - 20 PB 135 - EB 369	1
05	Tubo espaço hidrômetro monojato 0,75 m ³ /h	1
06	Porca 3/4" latão forja-liga 377 - 20 ou porca 3/4" FºGº (NBR 8194/83)	2
07	Tubete 3/4" latão forja-liga 377 - 20 ou tubete 3/4" FºGº (NBR 8194/83)	2
08	Luva macho/fêmea FºGº along. 90 mm (NBR 6943/82)	1
09	Bujão de FºGº 20 (NBR 6943/82)	1
10	Tê de FºGº 20 x 20 NBR 6943/82 ou cotovelo com saída lateral, Fº Gº 3/4" (NBR 8194/83)	1
11	Luva de FºGº normal NBR 6943/82	1

Notas: 1 - Fornecimento pelo usuário.

2 - A instalação do abrigo é obrigatória.

3 - A porta do abrigo não é obrigatória. No entanto, se colocada, não poderá limitar as medidas internas livres.

4 - Colocar o bujão do cotovelo (item 3) somente na inexistência de instalação interna.

5 - Roscas conforme ABNT NBR 6414 Fº Gº.

6- Completam o conjunto 2 guarnições do tubete, padrão SABESP, e 5m de fita seladora.

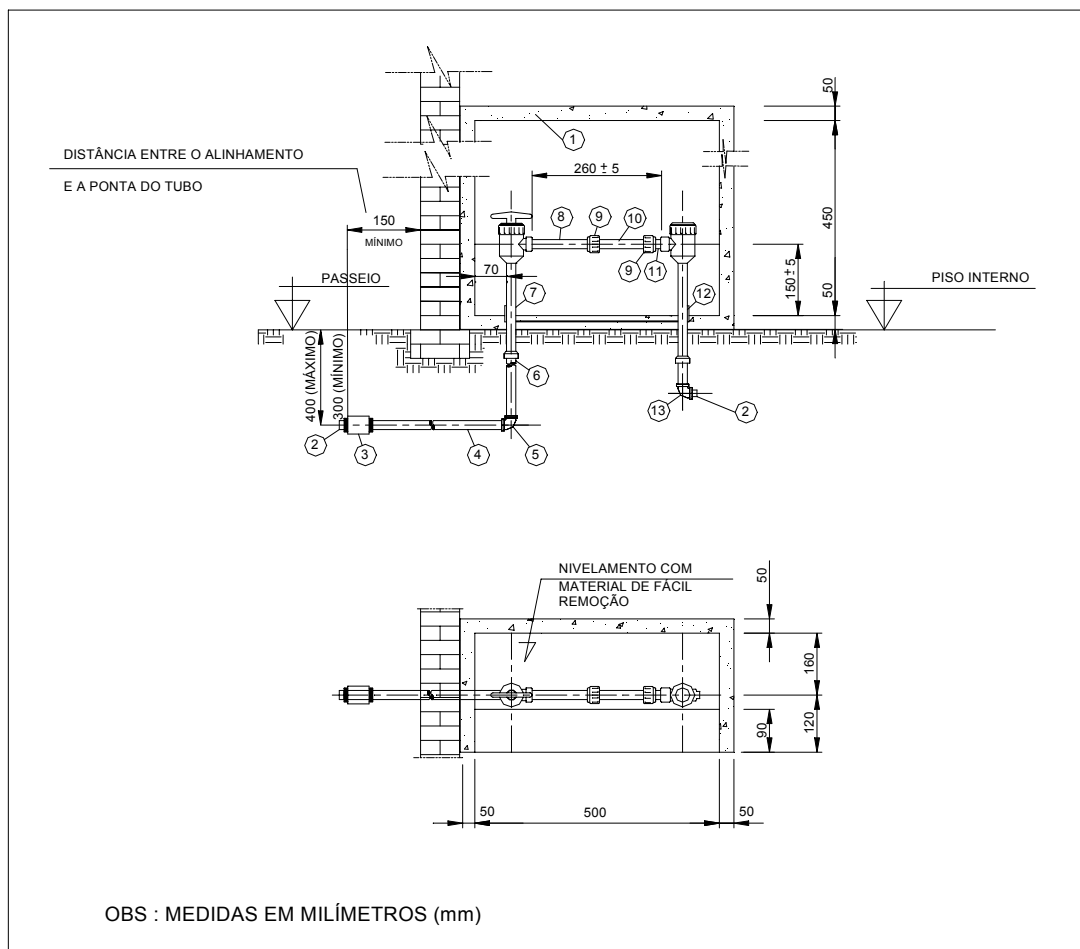


Figura 11 – Instalação com abrigo e cavalete de polipropileno

RELAÇÃO DOS MATERIAIS - DN 20 (3/4")		
Item	Discriminação	Quantidade
01	Abrigo de concreto ou alvenaria	1
02	Plug de rosca	2
03	Luva de PVC com rosca, Ø 3/4"	1
04	Tubo de PVC com rosca, Ø 3/4" - L = 450 mm	1
05	Joelho 90° PP com rosca Ø 3/4"	1
06	Tubo de PVC com rosca Ø 3/4" - L = 230 mm	1
07	Corpo de entrada do cavalete, em PP	1
08	Tubete prolongado, em PP	1
09	Porca do tubete, em PP	2
10	Tubo espaço hidrômetro monojato 0,75 m ³ /h	1
11	Tubete em PP	1
12	Corpo de saída do cavalete, em PP	1
13	Cotovelo em PP com rosca Ø 1" e 3/4"	

Notas: 1 - A instalação do abrigo é obrigatória.

2 - A porta do abrigo não é obrigatória. No entanto, se colocada, não poderá limitar as medidas internas livres.

3 - Complementações do tubo e conexões para conexão da ligação na posição especificada sob o passeio, deverão ser feitas com material PVC rígido roscável (NBR 5648).

4 - Utilizar fita veda-rosca somente para os materiais dos itens 4 e 6.

5 - Completam o conjunto 2 guarnições de tubete, padrão SABESP.

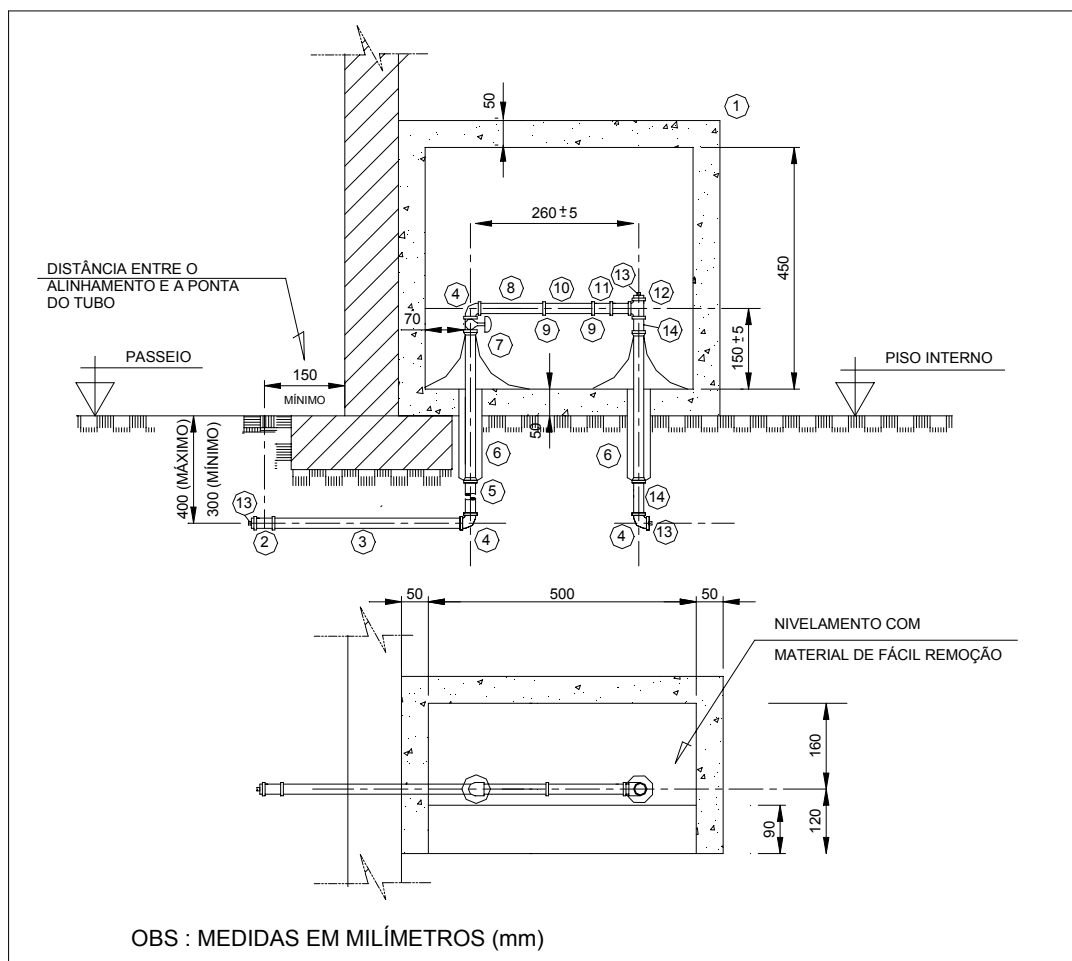


Figura 12 – Instalação com abrigo e cavalete de PVC rígido

RELAÇÃO DOS MATERIAIS - DN 20 (3/4")		
Item	Discriminação	Quantidade
01	Abrigo de concreto ou alvenaria	1
02	Luva com rosca	1
03	Tubo com rosca - L = 450 mm	1
04	Joelho com reforço blindado - 90°	3
05	Joelho com reforço blindado 90°	1
06	Tubo aletado com reforço blindado	2
07	Registro de esfera com borboleta	1
08	Tubete prolongado	1
09	Porca do tubete com inserção metálica	2
10	Tubo espaço hidrômetro monojato 0,75 m³/h	1
11	Tubete	1
12	Tê com reforço blindado - 90°	1
13	Plug com rosca	3
14	Tubo com rosca - L = 70 mm	2

Notas:1 - A instalação do abrigo é obrigatória.

2 - A porta do abrigo não é obrigatória. No entanto, se colocada, não poderá limitar as medidas internas livres.

3 - Complementações do tubo e conexões para conexão da ligação na posição especificada sob o passeio, deverão ser feitas com material PVC rígido roscável (NBR 5648).

4 – Complementam o conjunto 02 quarniões de tubete, padrão SABESP e 5 metros de fita seladora.

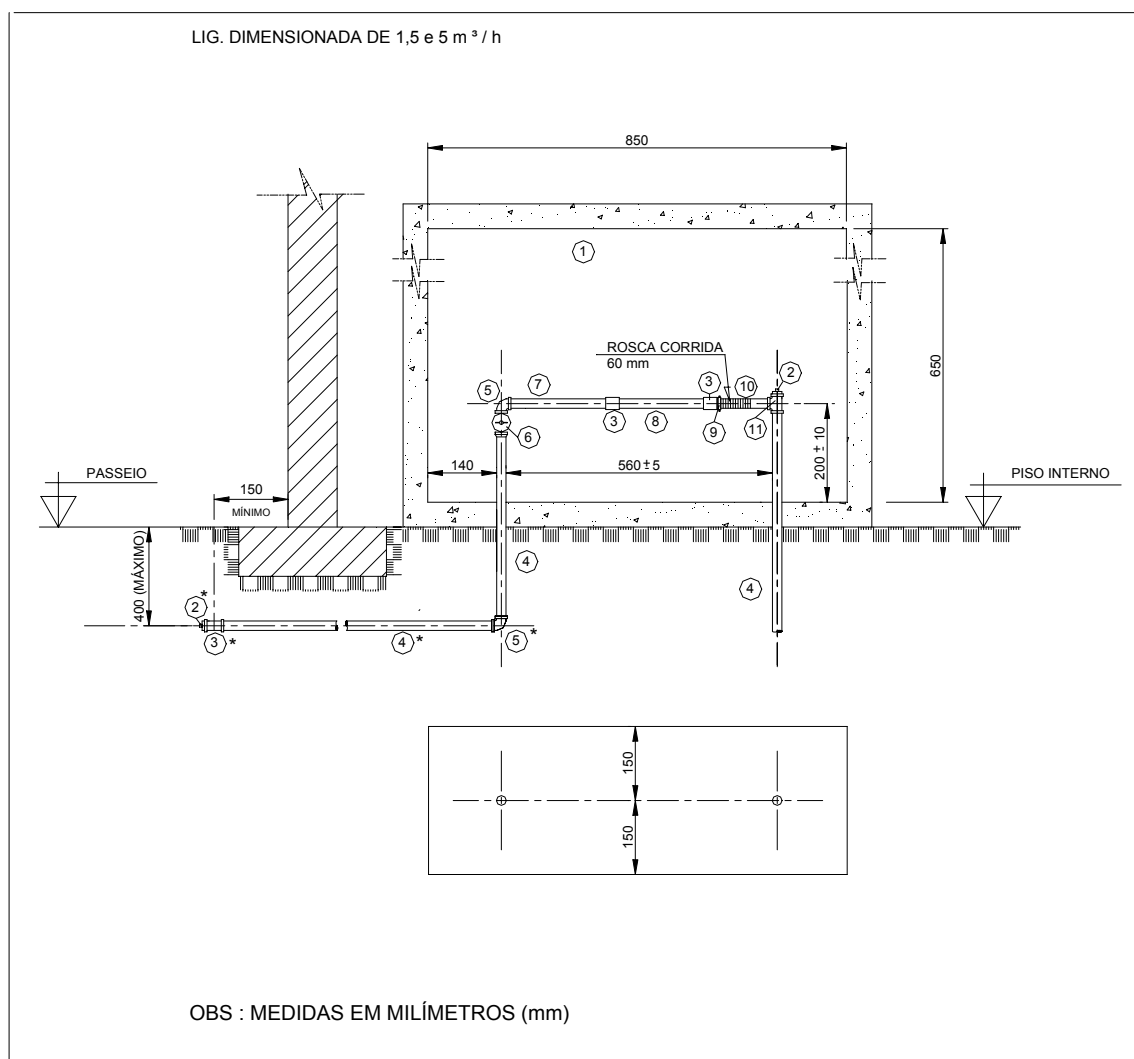


Figura 13 – Instalação com abrigo e cavalete de ferro galvanizado DN 20

RELAÇÃO DE MATERIAIS DN 20				
Item	Discriminação	Diâmetro (mm)	Quantidade	Norma Técnica
1	Abrigo de concreto ou alvenaria		1	
2	Bujão de FºGº	20	2	NBR 6943
3	Luva FºGº	20	3	NBR 6943
4	Tubo de FºGº (Classe média)	20	variável	NBR 5500
5	Cotovelo de FºGº	20	2	NBR 6943
6	Registro de pressão - ABNT 1400	20	1	EB 369; PB 135
7	Tubo de FºGº com roscas - L = 248 mm	20	1	NBR 5580
8	Tubo de FºGº com roscas L = 148 mm	20	1	NBR 5580
9	Contra porca em FºGº	20	1	NBR 6943
10	Tubo em FºGº com rosca corrida - L = 140 mm	20	1	NBR 5500
11	Tê de FºGº	20 x 20	1	NBR 6943

Notas: 1 - A porta do abrigo é opcional. No entanto, se colocada, não poderá limitar as medidas internas livres.

2 - Para L = comprimento de ligação, $11 < L \leq 20$: ramal Ø 32 mm, cavalete 19 mm; cotovelo 5 (*) será de 25 mm x 20 mm, o tubo FºGº 4 (*) 25 mm, a luva FºGº 3 (*) de 25 mm e o bujão FºGº 2 (*) 25 mm.

3 - Roscas conforme NBR 6414.

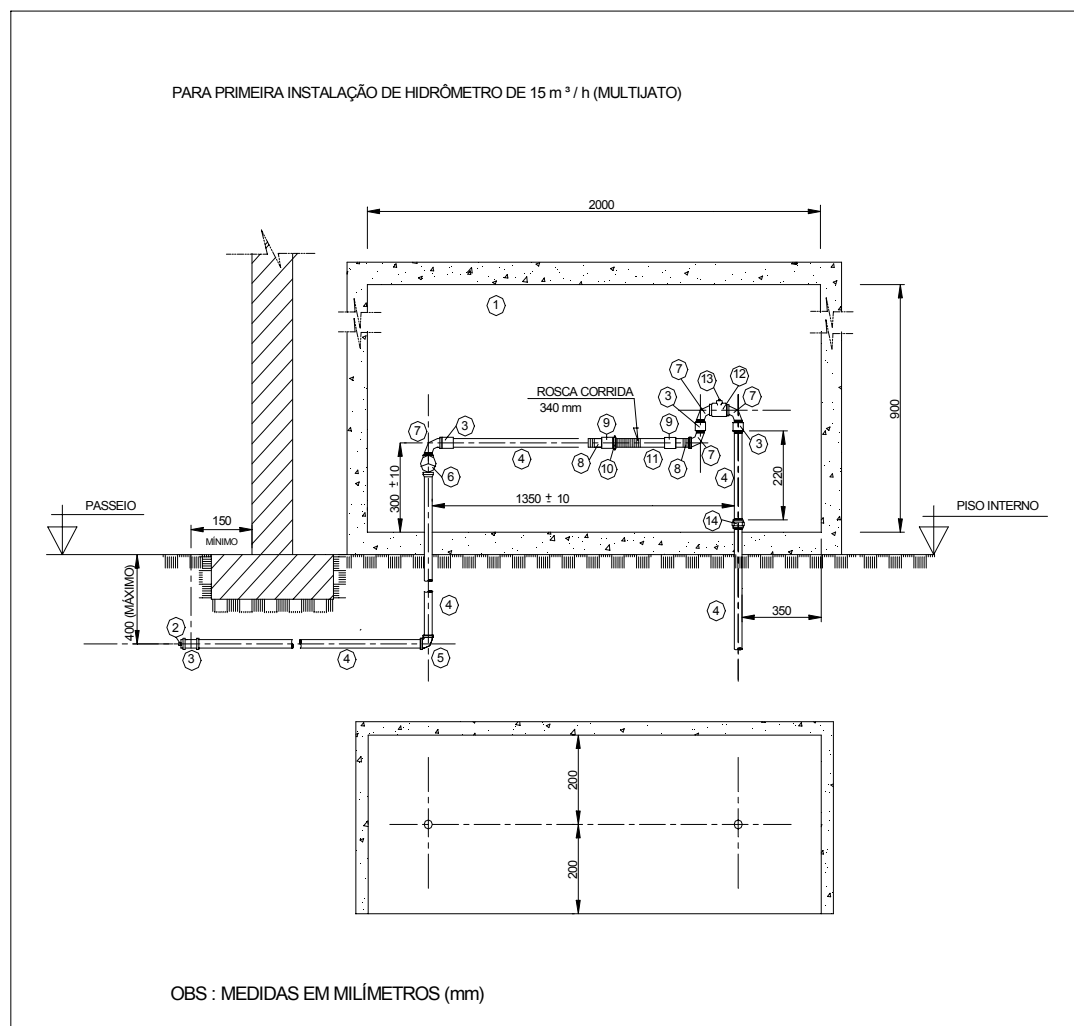


Figura 14 – Instalação com abrigo e cavalete de ferro galvanizado DN 32

RELAÇÃO DE MATERIAIS DN 32				
Item	Discriminação	Diâmetro (mm)	Quantidade	Norma Técnica
1	Abrigo de concreto ou alvenaria			
2	Bujão de Fº Gº	32	1	NBR 6943
3	Luva Fº Gº	32	4	NBR 6943
4	Tubo de Fº Gº (Classe média)	32	variável	NBR 5580
5	Cotovelo de Fº Gº 90º	32	1	NBR 6943
6	Registro de gaveta-rosca NBR 6414	32	1	P- EB 387; P-EB 145
7	Curva macho de Fº Gº 90º	32	4	NBR 6943
8	Bucha de redução Fº Gº	50 x 32	2	NBR 6943
9	Luva Fº Gº	50	2	NBR 6943
10	Contra porca Fº Gº	50	1	NBR 6943
11	Tubo Fº Gº com rosca corrida (classe média)	50	variável	NBR 6943
12	Tê de Fº Gº	32 x 20	1	NBR 6943
13	Bujão de Fº Gº	20	1	NBR 6943
14	União Fº Gº - assento de ferro	32	1	NBR 6943

Notas: 1 - A porta do abrigo é opcional. No entanto, se colocada, não poderá limitar as medidas internas livres;
 2 - Roscas conforme ABNT NBR 6414

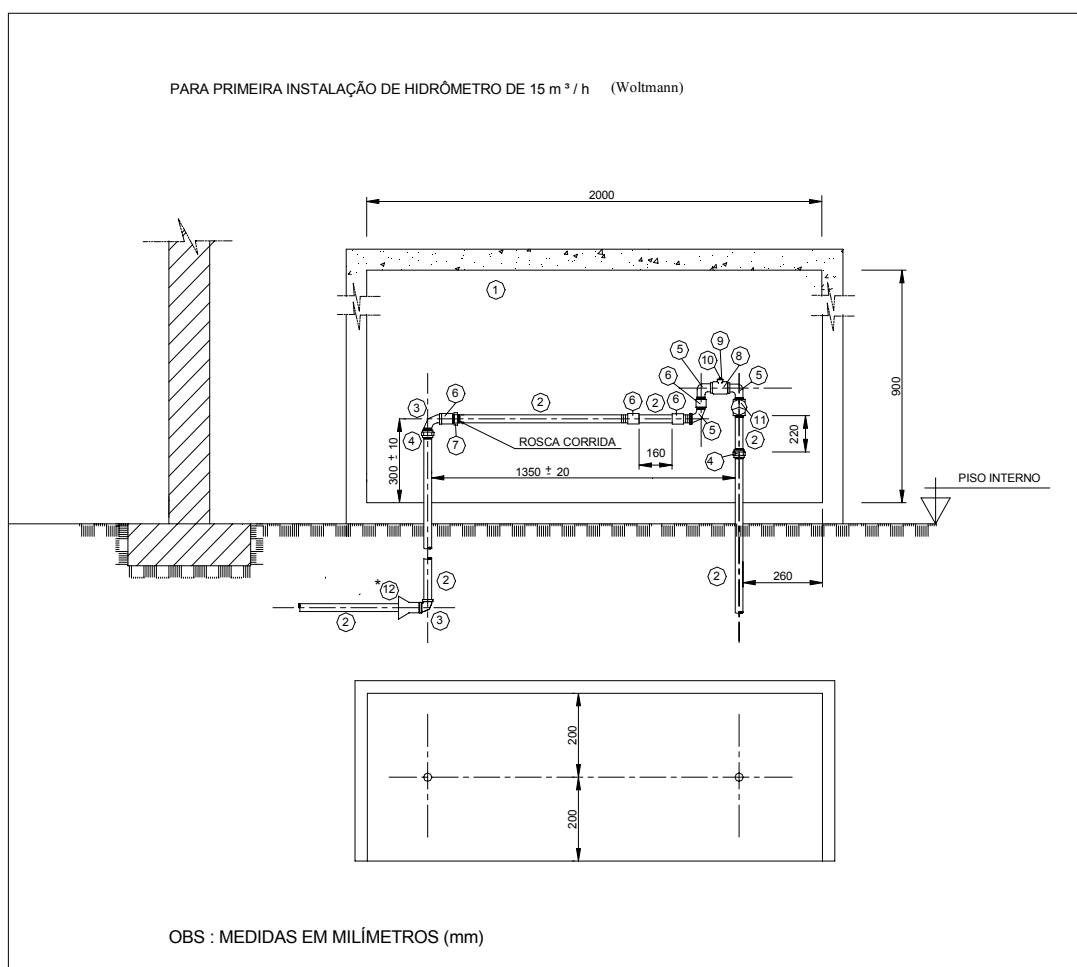


Figura 15 – Instalação com abrigo e cavalete de ferro galvanizado DN 50

RELAÇÃO DE MATERIAIS DN 50				
Ítem	Discriminação	Diâmetro (mm)	Quantidade	Norma Técnica
1	Abrigo de concreto ou alvenaria			
2	Tubo FºGº (classe média)	50	variável	NBR 5580
3	Cotovelo de FºGº -90º macho e fêmea	50 x 50	1	NBR 6943
4	União de FºGº - assento de ferro	50	2	NBR 5580
5	Curva macho de FºGº	50	4	NBR 6943
6	Luva FºGº	50	4	NBR 6943
7	Contra porca FºGº	50	1	NBR 6943
8	Tê de FºGº	50 x 25	1	NBR 6943
9	Bucha de redução de FºGº	20 x 20	1	NBR 6943
10	Bujão de FºGº	20	1	NBR 6943
11	Registro de gaveta - rosca NBR 6414	50	1	P-EB-387-P-EB-145
12	Luva FºFº (LBRPA) bolsa e rosca	50 x 50	1	
13	Tubo de FºFº PBJE - ductil K -9	50	variável	NBR 7663

Notas: 1 - A porta do abrigo é opcional. No entanto, se colocada, não poderá limitar as medidas internas livres.

2 - Para ramal em PVC utilizar adaptador em PVC (PBA) bolsa e rosca (m).

3 - Roscas conforme NBR 6414.

4 - Quando da instalação do hidrômetro deve ser utilizado o acessório da figura da folha 14 - Procedimento 033/04 Módulo 2.

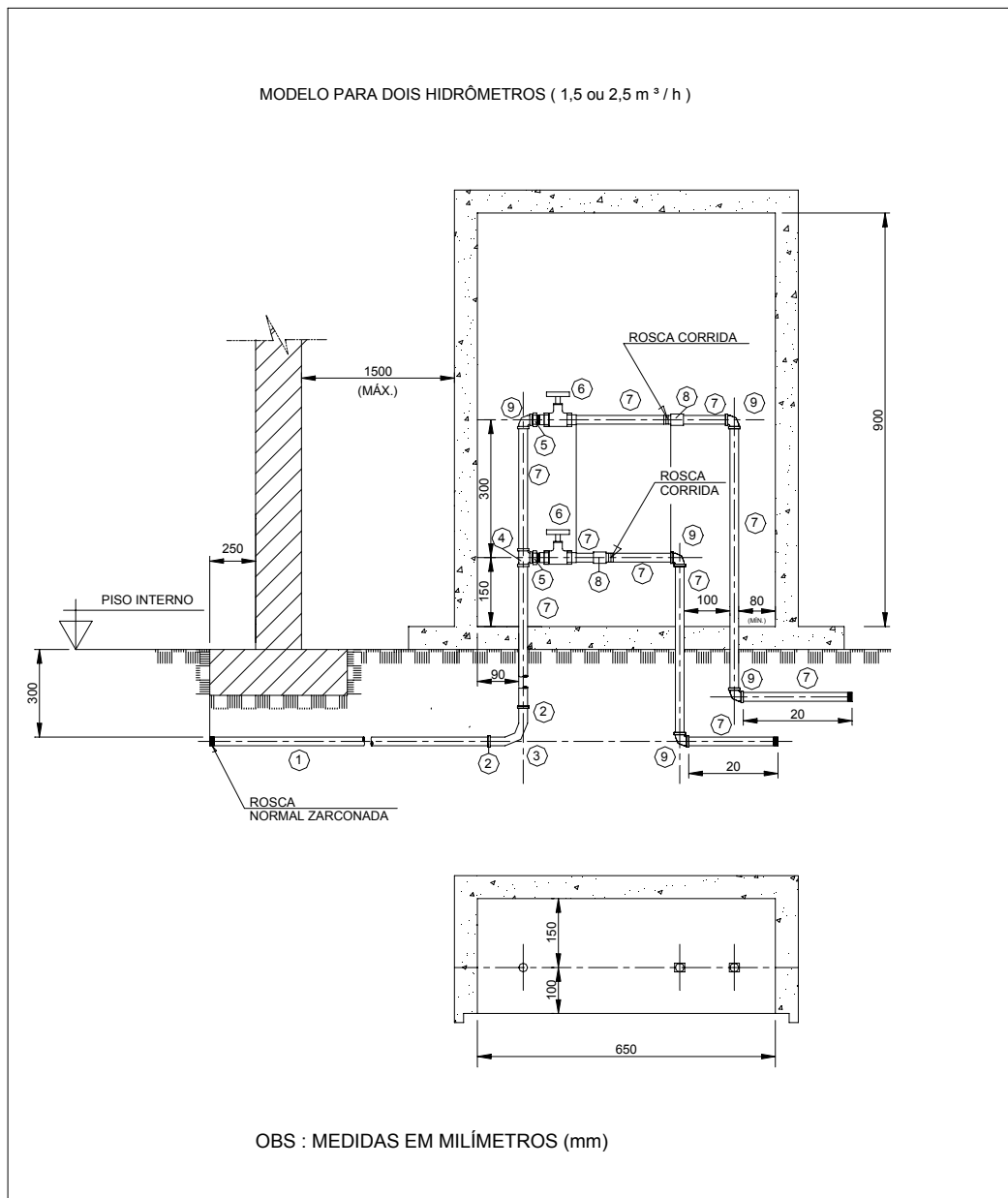


Figura 16 – Instalação com abrigo e cavaletes múltiplos

MATERIAL – LEGENDA - UNID: mm					
Ítem	Nome	Bitola (I)	Ítem	Nome	Bitola (I)
1	Tube FG (interligação)	20	6	Registro gaveta	20
2	Luva – FG	20	7	Tube - FG	20
3	Curva macho 90° - FG	20	8	Luva - FG	20
4	Tê – FG	20 x 20	9	Cotovelo 90° - FG	20 x 20
5	Niple duplo - FG	20			

Nota:(I) Bitolas relacionadas com ligação PAD Ø = 20 mm. Cavalete duplicado.

Especificações: 1 - Tubo - aço carbono (FG) ABNT - EB - 182 Classe médio.
2 - Registro gaveta EB - 387 e ABNT - EB - 145.

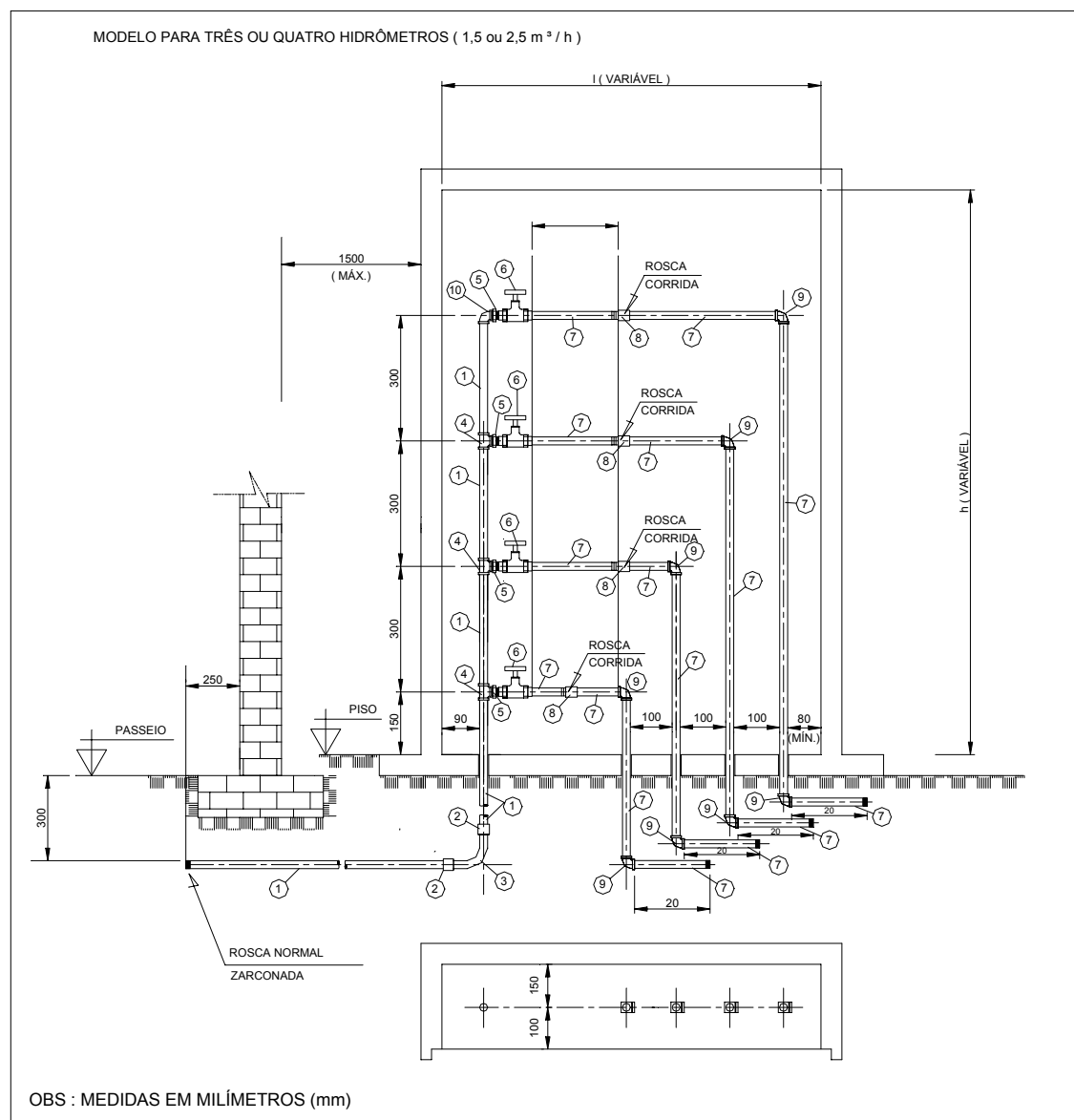


Figura 17 – Instalação com abrigo e cavaletes múltiplos

MATERIAL – LEGENDA - UNID: mm							
Ítem	Nome	Bitola		Ítem	Nome	Bitola	
		(I)	(II)			(I)	(II)
1	Tubo FG	20	32	6	Registro gaveta	20	20
2	Luva - FG	20	32	7	Tubo - FG	20	20
3	Curva macho 90° - FG	20	32	8	Luva - FG	20	20
4	Tê - FG	20 x 20	32 x 20	9	Cotovelo 90° - FG	20 x 20	20
5	Niple longo - FG	20	20	10	Cotovelo 90° - FG		32 x 20

Notas: (I) - Bitolas relacionadas com ligação PAD Ø = (20) mm. Para abastecimento de moradias ou prédios em logradouros particulares, conforme situação local.

(II) - Bitolas relacionadas com ligação PAD Ø = (32) mm. Para abastecimento de moradias ou prédios em logradouros particulares, conforme situação local.

Especificações: 1 - Tubo - aço carbono (FG) ABNT – EB - 162 - Classe médio com costura

2 - Registro gaveta ABNT EB - 387 e EB - 145

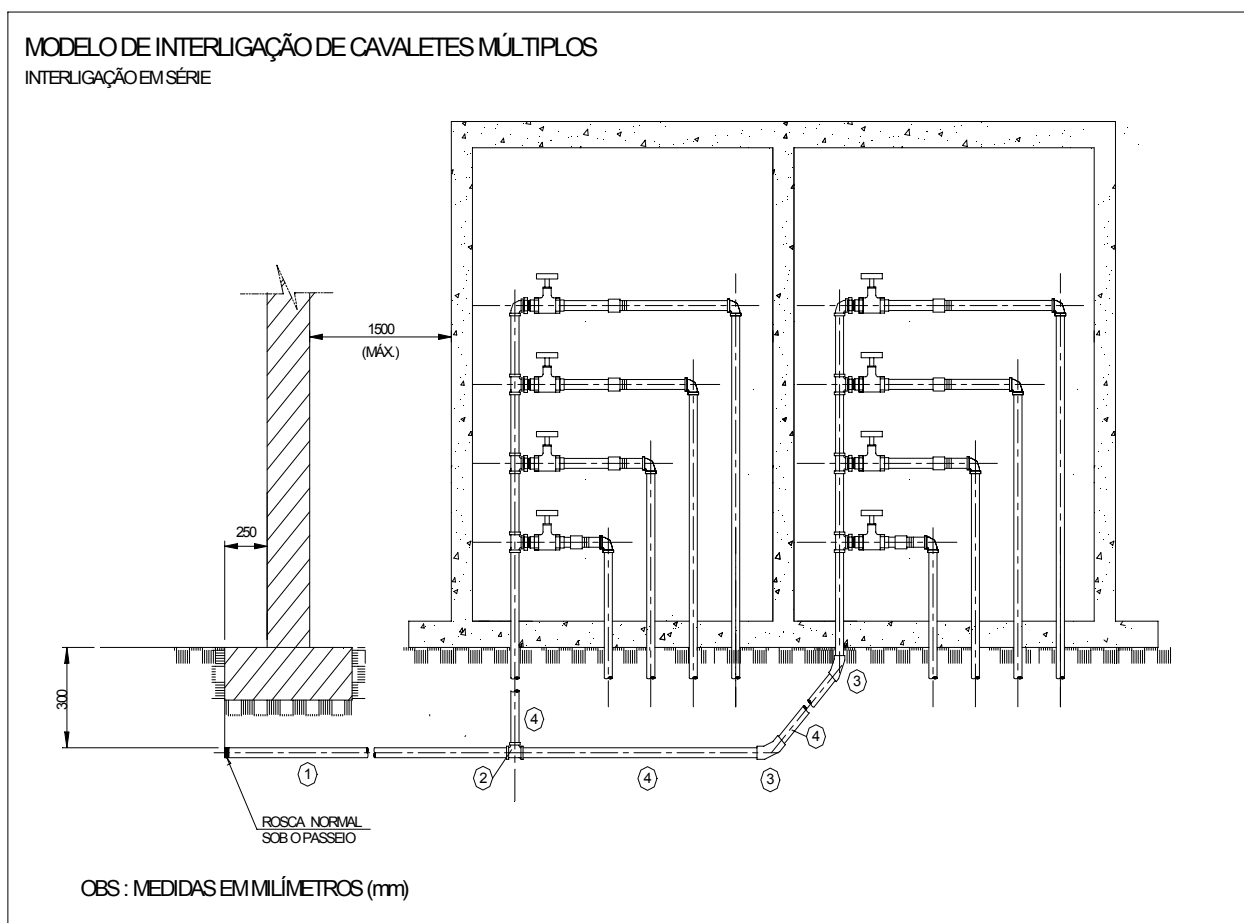


Figura 18 – Instalação com abrigo e interligação de cavaletes múltiplos

MATERIAL - LEGENDA - UNIDADE: mm			
Ítem	Nome	Bitola	
		I	IIii
1	Tubo - FG (interligação)	20	32
2	Tê - FG	20 x 20	32 x 32
3	Cotovelo - 45° - FG	20	32
4	Tubo - FG	20	32

Notas: (a) - No caso de cavalete duplicado, o de menor número de hidrômetro deve ser relacionado com as moradias ou prédios mais afastados do alinhamento ou logradouro.

(b) - Nas deflexões, utilizar, preferencialmente, conexões com curvaturas a 45°.

(I) - Bitolas relacionadas com ligação PAD 20 mm.

(II) - Bitolas relacionada com ligação PAD 32 mm.

Especificações: 1 - Tubo aço carbono (FG) - EB-182 - Classe média com costura.

2 - Conexões (FG): PB-110.

3 - Registro gaveta: EB -387 e EB 145

A seguir, as Figuras 19 a 23 apresentam algumas sugestões de montagens baseadas em experiências práticas de serviços de saneamento, conforme discriminado no Quadro 7. Tratam-se de montagens que visam facilitar tanto as aferições *in loco*, quanto a instalação e substituição do medidor:

Quadro 7 - Outras sugestões de montagem de medidores

Tipo de instalação	Tipo de medidor	Peças que facilitam a montagem e/ou desmontagem	Figura
Medidor instalado em cavalete com ou sem abrigo	mono e multijato $Q \leq 15 \text{ m}^3/\text{h}$ $Q_n \geq 15 \text{ m}^3/\text{h}$	luva de correr	19
		união convencional	20
		curvas flangeadas	21
Medidor instalado em caixa sob o piso	mono e multijato $Q_n \leq 15 \text{ m}^3/\text{h}$ $Q_n \geq 15 \text{ m}^3/\text{h}$ (Woltmann)	luva de correr	22
		junta tipo Gibault ou similar	23

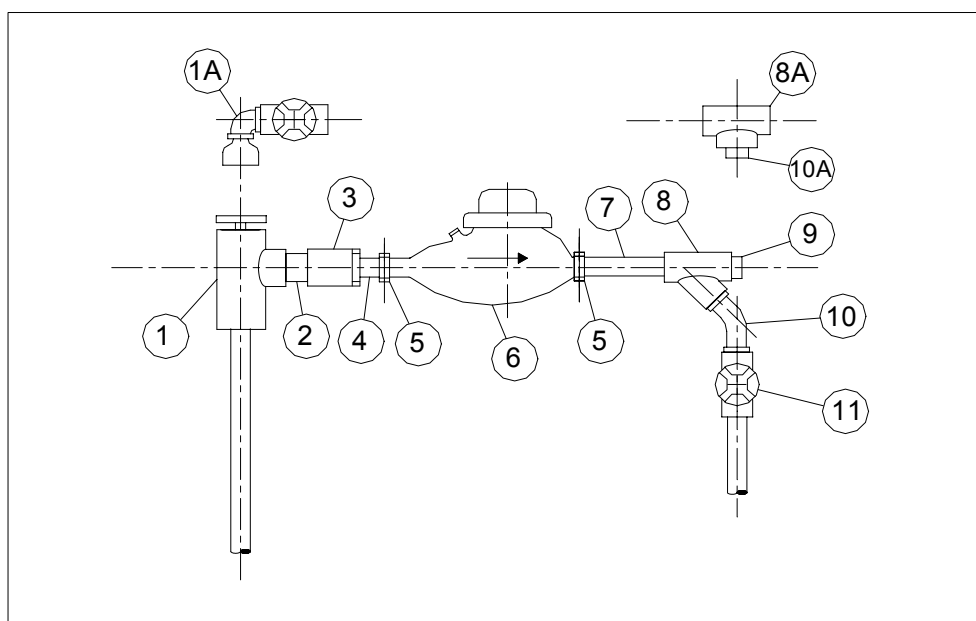


Figura 19 - Medidor mono ou multijato com luva de correr

RELAÇÃO DE MATERIAIS		
Item	Discriminação	Quantidade
1	Válvula de entrada para ser manuseada apenas pelo pessoal do serviço	1
2	Niple	1
3	Luva de correr	1
4	Tubete prolongado sem rosca	1
5	Porca convencional	1
6	Medidor	1
7	Tubete convencional	1
8	Tê 45°	1
9	Bujão	1
10	Curva FF 45°	1
11	Válvula a ser manuseada pelo usuário	1

Nota: 1 - A peça 1) pode ser substituída pela 1A) que consta de uma curva 90° MF e uma válvula

2 - As peças 8) e 10) podem se substituídas pelas peças 8A) Tê 90° e 10A) niple.

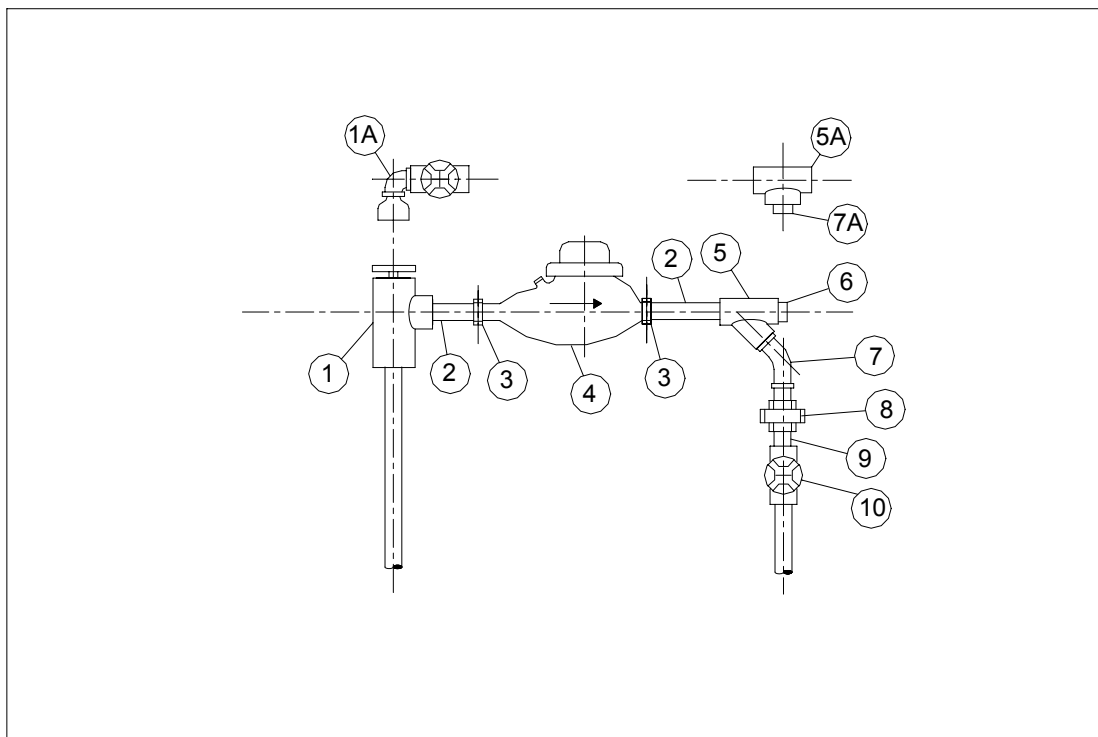


Figura 20 – Medidor mono ou multijato com união convencional

RELAÇÃO DE MATERIAIS		
Item	Discriminação	Quantidade
1	Válvula de entrada para ser manuseada apenas pelo pessoal do serviço	1
2	Tubete convencional	1
3	Porca convencional	1
4	Medidor	1
5	Tê 45°	1
6	Bujão	1
7	Curva FF 45°	1
8	União convencional	1
9	Niple	1
10	Válvula a ser manuseada pelo usuário	1

Notas: 1 - A peça 1) pode ser substituída pela 1A) que consta de uma curva 90° MF e uma válvula.

2 - As peças 5) e 7) podem ser substituídas pelas peças 5A) Tê 90° e 7A) niple.

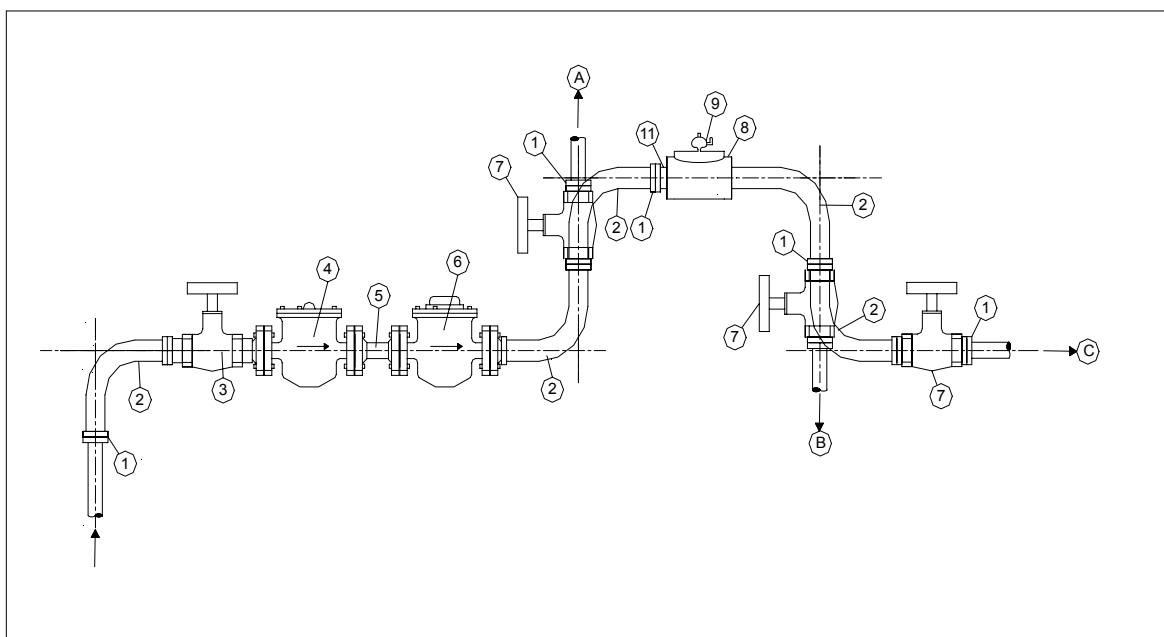


Figura 21 – Medidor Woltmann

RELAÇÃO DE MATERIAIS		
Item	Discriminação	Quantidade
1	Flange	1
2	Curva 90° flangeada	1
3	Válvula de entrada para ser manuseada apenas pelo pessoal do serviço	1
4	Filtro (quando necessário)	1
5	Carretel flangeado (trecho reto recomendado)	1
6	Medidor	1
7	Válvula flangeada a ser manuseada pelo usuário	1
8	Tê 90° com redução	1
9	Rubinete para purga	1
10	Curva 90° MM	1
11	Niple	1

Notas: 1 - saída para reservatório elevado.
 2 - saída para reservatório sob o piso.
 3 - saída para distribuição.

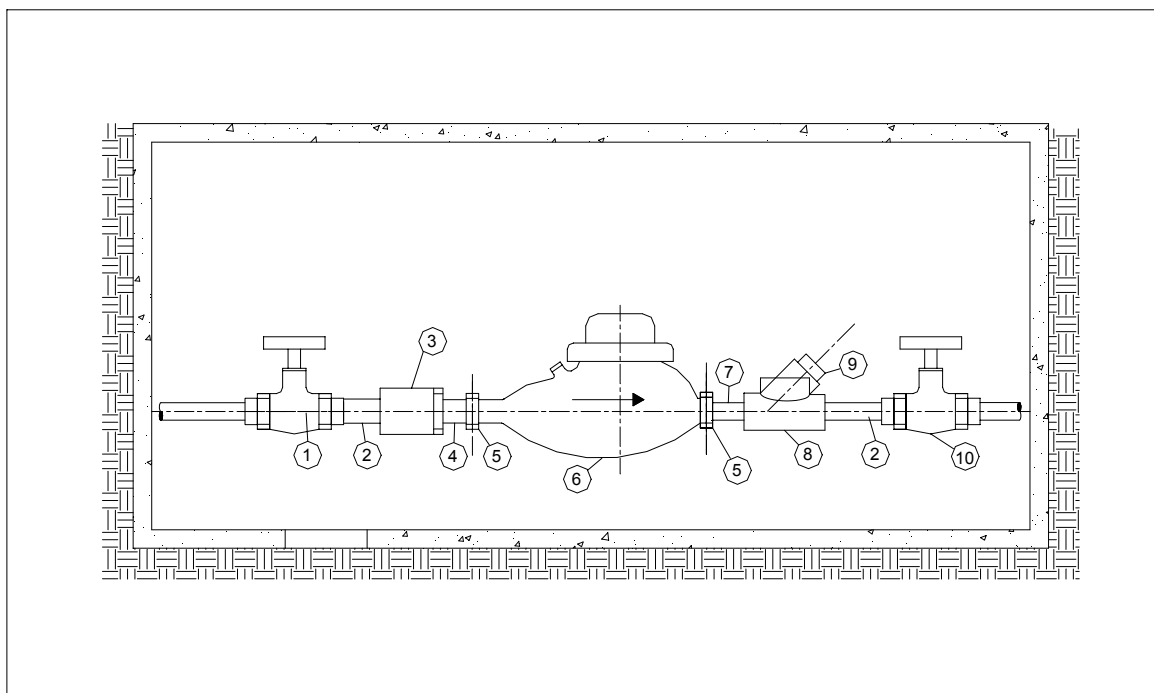


Figura 22 – Medidor mono ou multijato instalado em caixa sob o piso

RELAÇÃO DE MATERIAIS		
Item	Discriminação	Quantidade
1	Válvula de entrada para ser manuseada apenas pelo pessoal do serviço	1
2	Niple	1
3	Luva de correr	1
4	Tubete prolongado sem rosca	1
5	Porca convencional	1
6	Medidor	1
7	Tubete convencional	1
8	Tê 45° ou 90°	1
9	Bujão	1
10	Válvula a ser manuseada pelo usuário	1

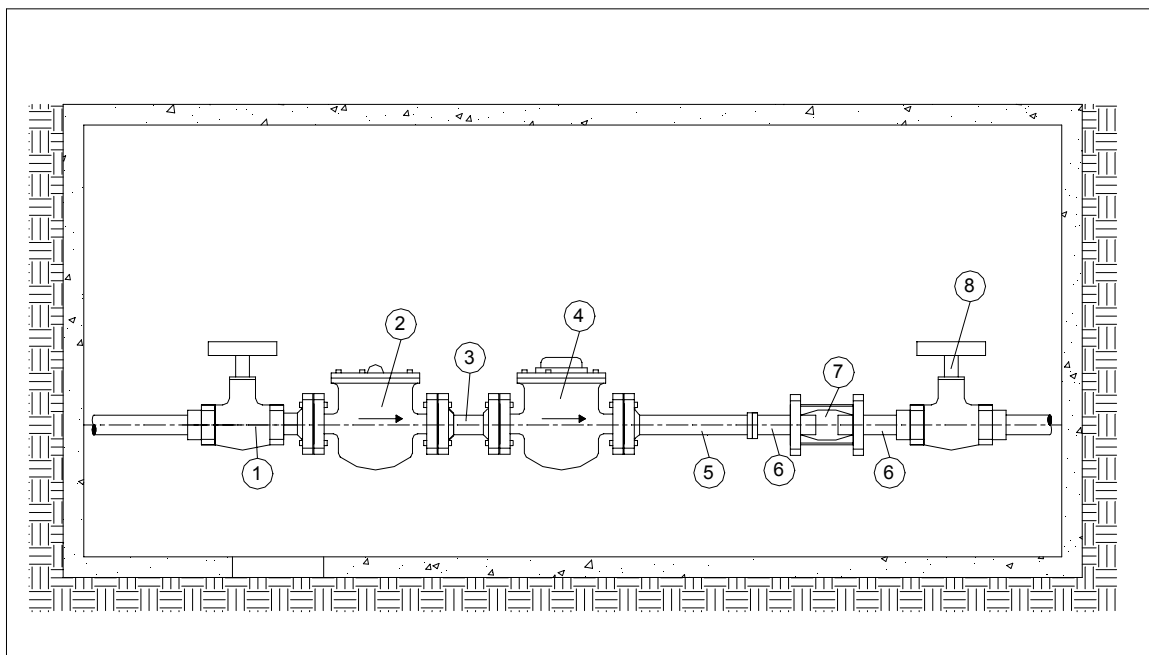


Figura 23 – Medidor Woltmann instalado em caixa sob o piso

RELAÇÃO DE MATERIAIS		
Item	Discriminação	Quantidade
1	Válvula de entrada para ser manuseada apenas pelo pessoal do serviço	1
2	Filtro (quando necessário)	1
3	Carretel flangeado (trecho reto recomendado)	1
4	Medidor	1
5	Carretel flangeado a ser substituído por um medidor padrão para instalação de um medidor ultra-sônico para afeições <i>in loco</i>	1
6	Carretel flange ponta para facilitar a montagem e desmontagem	1
7	Junta tipo Gibault ou similar para facilitar a montagem e desmontagem	1
8	Válvula a ser manuseada pelo usuário	1

5.3 Procedimentos de Manutenção Preventiva, Corretiva e Preditiva Associados à Confiabilidade Metrológica

A confiabilidade metrológica dos medidores instalados é muito importante para os serviços de saneamento quanto aos seguintes aspectos:

- Controle de perdas físicas

A correta medição do volume efetivamente consumido pelos usuários e sua comparação com o volume disponibilizado, dá uma idéia das perdas físicas existentes no subsistema de distribuição.

- Perda de faturamento

Os erros de medição comprometem o faturamento do serviço, podendo prejudicar a sua viabilidade operacional.

Uma vez que o medidor contém peças móveis sujeitas a desgastes de funcionamento, implicando em sua perda de pressão, torna-se fundamental que sua confiabilidade metrológica seja readquirida. Para tanto, destacam-se os seguintes tipos de manutenção:

- manutenção corretiva;
- manutenção preventiva;

- manutenção preditiva.

5.3.1 Manutenção Corretiva

Como o próprio nome diz, este tipo de manutenção é realizado para corrigir, ou seja, reparar um medidor que está apresentando defeito. Não há uma programação prévia de manutenção neste caso. A solicitação de manutenção ou ordem de serviço tem origem na área comercial, baseada em informações do leiturista de que o medidor encontra-se parado ou avariado ou a partir de reclamação do usuário.

5.3.2 Manutenção Preventiva

Neste caso a manutenção é realizada antes que o medidor apresente defeito. A manutenção é realizada com base numa programação prévia de substituição de medidores.

O item 8.1 do Regulamento Técnico Metrológico anexo a Portaria nº 29 de 07.02.94 do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – (INMETRO) estabelece que deverão ser efetuadas verificações periódicas nos hidrômetros em uso em intervalos não superiores a cinco anos.

No entanto, se os serviços de saneamento adotassem este critério para estabelecer uma estratégia de manutenção preventiva, os custos se tornariam tão elevados que inviabilizaria o programa.

Na prática, os grandes prestadores de serviço adotam critérios baseados em análise de custo/benefício, levando em conta estudos e ensaios realizados no campo e em laboratório, tendo como base à faixa de consumo, o tempo de instalação, a leitura máxima, o tipo de medidor, sua capacidade, tipo de utilização, condições da rede (pressão, qualidade da água, etc.).

Como exemplo do critério custo/benefício dois casos são analisados a seguir.

- Residência com consumo na faixa mínima na qual o usuário paga a tarifa mínima fixa.

Neste caso, como a vazão média envolvida é baixa, o medidor não deverá apresentar desgastes acentuados ao longo do tempo, devendo, portanto manter a sua confiabilidade metrológica. Mesmo que ele apresentasse um erro um pouco maior que o tolerado, se for levado em conta os custos de substituição e reparação, não haveria interesse em substituí-lo para manutenção preventiva, posto que não haveria retorno financeiro, pois mesmo com um novo medidor seria cobrada a tarifa mínima.

Portanto, neste caso, só é conveniente substituir o medidor quando da realização de uma manutenção corretiva, situação na qual haveria algum tipo de avaria do medidor que poderia levar o usuário a desperdiçar água ou a outro tipo de ocorrência anormal.

- Usuário tipo grande consumidor

Em áreas metropolitanas, grandes cidades e centros industriais, uma grande parcela do faturamento geralmente provém de um número pequeno de medidores, ou seja, de grandes consumidores. Tem-se, por exemplo, numa grande região metropolitana que a categoria de grandes consumidores representa entre 3% a 5% dos medidores instalados. No entanto, em termos financeiros esse grupo pode responder por aproximadamente 50% do faturamento do serviço.

Assim sendo, o medidor deste tipo de usuário merece um cuidado especial, com um acompanhamento constante pela área comercial, pois mesmo pequenos erros de medição podem representar uma significativa perda no faturamento.

A SABESP, após vários anos de resultados de campo, de ensaios efetuados no laboratório de sua Oficina de Hidrômetros e contando com trabalho específico realizado pelo IPT, adota hoje o seguinte critério na elaboração do seu Programa de Manutenção Preventiva:

- quando o tempo de instalação atingir os períodos de troca indicados no Quadro 8, em função do tamanho do medidor instalado; ou

Quadro 8 - Troca do medidor de acordo com seu tempo de funcionamento e vazão e diâmetro nominal.

Vazão nominal (m ³ /h)	Diâmetro nominal	Período de troca (anos)
0,75 e 1,5	1/2" e 3/4" (13 mm e 20 mm)	10
2,5 m ³ /h a 15	3/4" a 2" (20 mm a 50 mm)	5
maiores	Acima de 2" (50 mm)	3

- quando a leitura totalizada pelo medidor ultrapassar os valores apresentados no Quadro 9, em função do tamanho do medidor:

Quadro 9 – Troca do medidor de acordo com a leitura obtida e respectiva vazão e diâmetro nominal.

Vazão nominal (m ³ /h)	Diâmetro nominal	Leitura para troca (m ³)
1,5	1/2" (13 mm) ou 3/4" (20 mm)	4.000
3	1/2" (13 mm) ou 3/4" (20 mm)	6.000
5	3/4" (20 mm)	7.000
7	1" (25 mm)	16.000
10	3/4" (20 mm)	26.000
20	1 1/2" (40 mm)	38.000
30	2" (50 mm)	56.000
300	2" (50 mm)	115.000
1100	3" (80 mm)	235.000
1800	4" (100 mm)	400.000
4000	6" (150 mm)	1.000.000
6500	8" (200 mm)	2.500.000

Cumpra observar que os critérios ora apresentados foram elaborados para a Região Metropolitana de São Paulo, segundo pressupostos operacionais e comerciais estabelecidos pela SABESP. Desta forma, os dados acima não devem ser entendidos como regra geral a ser observada por qualquer serviço de saneamento. Recomenda-se portanto, que cada serviço público de abastecimento elabore critérios similares adequados à sua realidade, por meio de pesquisas específicas.

5.3.3 Manutenção Preditiva

Nesse caso a manutenção é realizada antes que o medidor apresente um defeito perceptível, como no caso da manutenção preventiva, mas ao contrário dela, não é seguida nenhuma programação. É realizada a partir da desconfiança ou da predição de que um determinado medidor está começando a sofrer alteração em suas características metrológicas.

Esta alteração é detectada pela área comercial durante o acompanhamento do consumo do usuário. Ao notar que está havendo uma variação gradativa no consumo de determinado usuário, faz-se uma inspeção no local, para verificar se a variação não é decorrente de alterações diversas, tais como: diminuição do número de habitantes no imóvel ou, no caso de indústrias, alteração no processo de fabricação, redução da produção, dispensa de funcionários, etc.

Geralmente este acompanhamento é feito com maior rigor para os usuários da categoria grande consumidor.

Na oficina, tanto os medidores retirados para manutenção preventiva e manutenção preditiva, quanto aqueles retirados para manutenção corretiva, após passarem por um exame minucioso, são encaminhados para a manutenção propriamente dita, ou seja, sua reparação, que geralmente consiste de lavagem com ou sem troca de peças ou *kits* e calibração final, de forma a restituir ao medidor sua confiabilidade metrológica.

O exame inicial é importante, tanto nos medidores retirados para manutenção corretiva, para que se possa constatar o que motivou o problema, quanto para aqueles retirados para manutenção preventiva para levantar dados que confirmem a validade do ou subsidiem a reformulação do Programa de Manutenção.

Quando for constatado que em um determinado imóvel há grande incidência de manutenções corretivas, deverá ser feita uma inspeção no local para verificar se a causa não é decorrente de:

- instalação inadequada;
- capacidade inadequada do medidor inadequada;
- violação.

5.4 Procedimento de Registro e Ocorrências Associadas à Vida Útil do Hidrômetro

Registros contendo as ocorrências com o medidor são importantes, pois servirão para balizar não somente programas de manutenção preventiva, bem como a própria aquisição de novos medidores no que se refere a tipo, capacidade e até mesmo fabricante.

Citam-se, a seguir, alguns tipos de registros considerados mais importantes:

- Cadastro da área comercial contendo o endereço do imóvel, número e capacidade do medidor, fabricante, data de instalação, leitura e consumo mensal, data de retirada;

É importante observar que se o medidor estiver numerado de acordo com a Norma Brasileira, sua capacidade e seu fabricante já estarão fornecidos.

Este cadastro é importante, pois determinará quais os medidores a serem substituídos no Programa de Manutenção Preventiva, seja por seu tempo de funcionamento, seja por sua leitura totalizada. Além disso, pela variação do consumo pode-se determinar se há necessidade de manutenção preditiva.

- Ficha do medidor na oficina contendo: número, capacidade, tipo, fabricante, data de entrada, defeito constatado, peças trocadas, aferição final;

Esta ficha fornece elementos para classificar por tipo, capacidade e fabricante os medidores que apresentam mais problemas, subsidiando, assim as especificações aplicáveis a novos medidores, a aquisição de peças de reposição e a determinação dos custos de reparação.

Devido aos custos envolvidos, este tipo de exame deve ser feito por amostragem dos medidores retirados para manutenção preventiva, sendo importante para verificar a validade ou a necessidade de alteração do Programa de Manutenção.

- Ficha de estoque de medidores e peças do almoxarifado

Apesar de não dizer respeito à vida útil do medidor, é importante que o almoxarifado tenha atualizada a ficha de movimentação de medidores e peças por capacidade e fabricante, para que o Programa de Manutenção Preventiva e a Manutenção Corretiva não sofram interrupções.

6. MONITORAMENTO DA CONFIABILIDADE METROLÓGICA

6.1 Ensaios e Verificações, Viabilidade da Montagem e Operação de Bancadas de Ensaios e Oficinas de Reparo

6.1.1 Ensaios e Verificações

Para a garantia da correta seleção e controle da qualidade dos hidrômetros adquiridos ou reparados, é necessária a realização de ensaios que permitam conhecer suas características de funcionamento, seja da curva de erros em toda sua extensão com as respectivas perdas de pressão, seja para testar a sua resistência à fadiga.

Destacam-se os seguintes tipos de ensaios:

- Ensaio inicial ou de rotina;
- Ensaios de aprovação de modelo;
- Ensaios de conformidade de modelo; e
- Ensaios de recebimento

6.1.1.1 Ensaio Inicial ou de Rotina

São os ensaios realizados para a verificação da exatidão da medição de medidores novos ou reparados, consistindo na calibração de três vazões características dos medidores quais sejam: a mínima ($Q_{min.}$), a de transição (Q_t) e a nominal (Q_n).

Este tipo de ensaio representa o trabalho predominante das unidades de reparação de hidrômetros. É a ação do controle de qualidade que assegura que todos os medidores instalados estejam com a exatidão dentro de limites aceitáveis.

Pode também ser realizado no campo, tanto para esclarecer dúvidas quanto ao adequado funcionamento de um determinado medidor, quanto para atender reclamações de usuários.

No caso de reclamações, o ensaio realizado no local de instalação é mais adequado pelos seguintes motivos:

- leva em consideração as condições reais de instalação do hidrômetro. Muitas vezes, quando o medidor é retirado e enviado para ser calibrado na oficina, durante sua remoção e/ou transporte, o fator causador do defeito pode ser removido, falseando assim, o resultado obtido na oficina;
- ensaio é realizado na presença do usuário, que, de imediato, já toma conhecimento do resultado; e
- no caso do ensaio apresentar resultado normal, não há necessidade de se substituir o medidor.

Os Quadros 10 e 11 a seguir apresentam, respectivamente, os valores das vazões características de hidrômetros em função de sua classe metrológica e vazão nominal e de acordo com seu diâmetro nominal, faixa de erros tolerados, escoamento necessário, variações de vazão tolerada durante o ensaio e estanqueidade.

Quadro 10 - Vazões Mínima e de Transição de Hidrômetros, de Acordo com sua Classe Metrológica e Vazão Nominal

Classe	Q_n (m³/h)	0,60	0,75	1,0	1,5	2,5	3,5	5,0	10,0	15,0
A	Q_{min} (L/h)	24	30	40	40	100	140	200	400	600
	Q_t (L/h)	60	75	100	150	250	350	500	1000	1500
B	Q_{min} (L/h)	12	15	20	30	50	70	100	200	300
	Q_t (L/h)	48	60	80	120	200	280	400	800	1200
C	Q_{min} (L/h)	6	7,5	10	15	25	35	50	100	150
	Q_t (L/h)	9	11	15	22,5	37,5	52,5	75	150	225

Quadro 11 - Vazões Mínima e de Transição de Acordo com o Diâmetro Nominal

Classe	DN	50	65	80	100	150	200	250	300	400	500
A	Q_{min} (m³/h)	1,2	2,0	3,2	4,8	12	20	32	48	80	120
	Q_t (m³/h)	4,5	7,5	12	18	45	75	120	180	300	450
B	Q_{min} (m³/h)	0,45	0,75	1,2	1,8	4,5	7,5	12	18	30	45
	Q_t (m³/h)	3,0	5,0	8,0	12	30	50	80	120	200	300
C	Q_{min} (m³/h)	0,09	0,15	0,24	0,36	0,90	-	-	-	-	-
	Q_t (m³/h)	0,225	0,375	0,60	0,90	2,25	-	-	-	-	-

As faixas de erros tolerados, o volume mínimo de ensaio para hidrômetros $Q_n < 15 \text{ m}^3/\text{h}$ e as variações de vazão toleradas durante o ensaio são apresentadas nas Tabelas 5, 6 e 7, respectivamente.

Tabela 5 - Faixas de Erros Tolerados

Hidrômetro novo ou recentemente Instalado	$\pm 5\%$ entre Q_{min} inclusive e Q_t exclusive
	$\pm 2\%$ entre Q_t inclusive e Q_{max} inclusive
Hidrômetro com 5 anos de instalação	$\pm 10\%$ entre Q_{min} inclusive e Q_t exclusive
	$\pm 5\%$ entre Q_t inclusive e Q_{max} inclusive

Tabela 6 - Volume Mínimo de Ensaio para Hidrômetros de $Q_n < 15 \text{ m}^3/\text{h}$

Vazão de ensaio Q	Volume mínimo para determinação dos erros de indicação	
	Transmissão magnética	Transmissão mecânica
$Q \leq Q_t$	100 d	50 d
$Q > Q_t$	500 d	100 d

Nota: d representa a menor divisão de leitura no hidrômetro.

Tabela 7 - Variação da vazão durante os ensaios de calibração de hidrômetros

Q ensaio	Variação máxima
$Q_{min} \leq Q < Q_t$	$\pm 2,5\%$
$Q_t = Q \leq Q_{max}$	$\pm 5\%$

No que se refere à medida do volume escoado, o erro deve ser inferior a $\pm 0,2\%$.

Finalmente, para a realização do ensaio de estanqueidade deverá ser aplicada uma pressão de 2,0 MPa aplicada durante 1 minuto para medidores de $Q_n < 15 \text{ m}^3/\text{h}$ e 1,5 vezes a pressão nominal aplicada gradualmente e sem golpes durante 1 minuto para medidores $Q_n \geq 15 \text{ m}^3/\text{h}$.

6.1.1.2 Ensaios de Aprovação de Modelo

Estes ensaios devem ser efetuados sempre que um fabricante apresentar um medidor de novo tipo ou modelo. Sua realização permite verificar se um determinado medidor atende às condições de funcionamento desejadas, no que se refere aos aspectos práticos de medição e manutenção de suas características ao longo do tempo. Estes testes devem ser realizados pelo INMETRO em seu laboratório ou no laboratório do fabricante, devidamente assistidos e aprovados pelo INMETRO.

Para aprovação de modelo, o medidor deve ser submetido aos seguintes ensaios, conforme seqüência indicada a seguir:

- **ensaio visual** - consiste em verificar se o medidor cumpre as condições gerais da NBR 8193 - Hidrômetro taquimétrico para água fria até $15,0 \text{ m}^3/\text{h}$ de vazão nominal - Especificação e NBR 14005 - Medidor velocimétrico para água fria de vazão nominal de $15 \text{ m}^3/\text{h}$ até $1500 \text{ m}^3/\text{h}$;
- **ensaio dimensional** - consiste em verificar as dimensões previstas na NBR 8193, NBR 8194 e NBR 14005 e as dimensões das roscas e flanges segundo a NBR 6414, NBR 8133 e NBR 14005;
- **aferição, regulagem e lacração do hidrômetro** - o hidrômetro deve ser regulado e aferido de modo que os erros de indicação fiquem dentro das tolerâncias admissíveis e posteriormente lacrados de acordo com o item 5.4.1 da NBR 8193 e 5.1.2 da NBR 14005;
- **ensaio hidrostático** - cada hidrômetro deve suportar, sem danos ao seu funcionamento e sem vazamento e/ou exsudação, uma pressão hidrostática de 2,0 MPa durante 1 minuto ou 1,6 MPa durante 15 minutos aplicada gradualmente e sem golpes para hidrômetros de Q_n até $15 \text{ m}^3/\text{h}$ tipo multijato e 1,5 vezes a pressão nominal aplicada gradualmente e sem golpes durante 1 minuto para medidores de $Q_n \geq 15 \text{ m}^3/\text{h}$ do tipo Woltmann;
- **ensaio de funcionamento inverso** - o hidrômetro deve ser instalado no sentido inverso do escoamento normal e deve funcionar na vazão nominal durante um período de pelo menos 6 minutos;
- **ensaio de acoplamento magnético** - o ensaio de verificação da eficiência do acoplamento magnético, com o tempo menor do que a abertura da válvula, é a comparação do volume registrado com o volume escoado, quando o medidor parte do repouso até atingir funcionamento estável, e deve estar conforme a NBR 8193;
- **ensaio de blindagem magnética** - o ensaio consiste em submeter o hidrômetro de transmissão magnética a um campo magnético externo gerado por dois ímãs de características definidas e verificar a variação do erro relativo percentual na vazão mínima;
- **ensaio de verificação dos erros de indicação (geralmente nas vazões Q_n , Q_t e Q_{min})** - consiste em comparar as indicações do hidrômetro ensaiado com as leituras dos padrões das bancadas de aferição. Na representação gráfica dos erros de indicação, utiliza-se o erro relativo (percentual) apresentado pelo hidrômetro ensaiado, calculado segundo a fórmula:

$$E = \frac{V_i - V_c}{V_c} \cdot 100$$

onde:

V_i = volume indicado pelo hidrômetro;

V_c = volume de referência; e

E = erro relativo em porcentagem (%);

- **ensaio de desgaste acelerado** - consiste em submeter o hidrômetro a condições simuladas de serviço e obter com isso projeção futura de seu estado e comportamento, conforme NBR 8195;
- **ensaio de verificação dos erros de indicação após desgaste acelerado e cálculo dos desvios** - o procedimento básico deve ser o mesmo do ensaio de verificação dos erros de indicação e posteriormente calculado o desvio dos erros correspondentes a cada vazão;
- **ensaios de determinação da perda de carga** - consiste em determinar o diferencial de pressão a montante e a jusante do hidrômetro, sob uma vazão constante (geralmente a Q_{max} ou a Q_n);
- **ensaio da faixa de regulação** - o hidrômetro deve ser calibrado na vazão nominal com o regulador nas posições totalmente aberto e totalmente fechado e a variação das duas calibrações deve estar de acordo com o item 5.2.5.3 da NBR 8193 e 7.2.9 da NBR 14005; e
- **ensaio de resistência da cúpula** - deve ser elaborado conforme item 5.2.3 da NBR 8193;

6.1.1.3 Ensaios de Conformidade de Modelo

Esse ensaio tem como objetivo verificar se um determinado tipo/modelo de hidrômetro, com modelo aprovado anteriormente, continua com as mesmas características quando da sua aprovação. Na realidade, este ensaio permite verificar se não houve modificação, por parte do fabricante, de um modelo aprovado e em utilização.

A conformidade de modelo é verificada através do conjunto de ensaios mencionados na subseção 6.1.1.2.

6.1.1.4 Ensaios de Recebimento

Esse ensaio tem como objetivo verificar se os hidrômetros adquiridos correspondem aos que foram especificados na licitação, porém, não é obrigatório, ficando sua realização a critério do comprador.

Os ensaios são os mesmos indicados na subseção 6.1.1.2 não sendo porém necessário a realização de todos, dando-se apenas ênfase aos ensaios visual, dimensional, ensaio hidrostático e de verificação dos erros de indicação.

Os ensaios são realizados em amostras retiradas dos lotes entregues com critério de amostragem, de acordo com a NBR 5426 e os critérios de aceitação e rejeição conforme NBR 8193.

Deve-se observar que qualquer dos ensaios relacionados podem ser realizados em instalações próprias, instalações do fabricante ou de qualquer outra entidade, desde que previamente aprovadas pelo INMETRO.

6.1.2 Viabilidade da Montagem e Operação de Bancadas de Ensaio e Oficinas de Reparo

Antes de se implantar uma oficina própria para reparar e calibrar hidrômetros, deve ser elaborado um estudo minucioso dos custos envolvidos relativos a sua utilização, tais como: equipamentos, mão-de-obra, materiais e instalações necessárias.

São recomendadas, a seguir, algumas medidas a serem tomadas para a obtenção dos dados necessários:

estimar a quantidade mensal de hidrômetros, por capacidade, retirados para manutenção corretiva;

estimar a quantidade mensal de aferições, por capacidade, solicitadas por usuários;

estabelecer um Programa de Manutenção Preventiva a ser seguido, estipulando a quantidade mensal de hidrômetros, por capacidade, a ser executado;

estabelecer os tipos de serviço que serão realizados na oficina:

- somente reparação e calibração dos medidores enviados;
- um exame prévio e calibração em todos os medidores enviados ou exames por amostragem;
- as calibrações para atender reclamações de usuários serão feitas na oficina ou no local da instalação;
- serão efetuados ensaios de pré-qualificação de medidores; e
- serão efetuados ensaios de recebimento.

estabelecer o processo de reparação a ser efetuado:

- jateamento ou tamboreamento das carcaças;
- lavagem com troca de peças; e
- lavagem com troca de subconjuntos.

Os três primeiros itens podem ser executados tendo como base os cadastros da área comercial. Eles são importantes, pois a partir deles é que se tem uma idéia da quantidade mensal de medidores a ser retirada para manutenção e, portanto, das seguintes necessidades:

- número de hidrômetros sobressalentes, por capacidade, necessários ao giro, ou seja, para que as manutenções preventiva e corretiva, juntamente com as reclamações de usuários, possam ser executadas sem interrupções;
- peças de reposição e materiais necessários para que o serviço da oficina não sofra interrupções; e
- pessoal e equipamentos necessários para atender estes serviços.

Nesse sentido, o Programa de Manutenção Preventiva deve ser feito de modo que haja uma média mensal de retiradas a mais constante possível, visto que uma variação muito grande de um mês para outro faria com que a oficina ficasse ociosa por um determinado período e com grande acúmulo de serviço em outro.

A definição dos tipos de serviços que serão realizados na oficina vai influir diretamente na quantidade de pessoal e equipamentos a serem utilizados. Assim, por exemplo, se for definida a realização de exame prévio e calibração em todos os medidores enviados, para se obter dados sobre sua vida útil e seu comportamento na rede, de forma a balizar o Programa de Manutenção Preventiva, isto implicaria em:

- número maior de pessoal, inclusive de melhor nível técnico;
- número maior de bancadas de aferição para não comprometer aquelas necessárias para a produção da oficina; e

- tendo em vista que o processo de reparação seria mais demorado, os medidores levariam mais tempo para voltar ao giro, sendo, portanto, necessário maior número de medidores sobressalentes.

Se for definido que para todas as reclamações de usuários os medidores serão aferidos na oficina, serão necessários mais pessoal e bancadas de aferição. Por outro lado, se for definido que as aferições serão feitas no local de instalação, além de pessoal serão necessárias bancadas portáteis e viaturas.

Se for definido que serão efetuados ensaios de pré-qualificação e de recebimento, isso implicará em necessidade de maior número de pessoal técnico, mais bancadas para aferição, e bancadas para executar o teste de fadiga. Como os ensaios de pré-qualificação e recebimento em geral não são muito frequentes, talvez seja mais interessante contratar serviços de terceiros quando necessário.

O estabelecimento do processo de reparação influi nos tipos de equipamentos necessários a sua execução, na qualidade do pessoal, e nos tipos de peças a serem adquiridos e estocados no almoxarifado.

Assim, por exemplo, na limpeza das carcaças e peças metálicas, ao se optar por jateamento com micro esferas de vidro, haverá necessidade de mais máquinas e pessoal para operá-las, pois, nesse processo, é jateada peça por peça e um operador bem treinado faz em média 250 a 300 peças por dia, ao passo que no tamboreamento são efetuadas a limpeza de 80 peças a cada 3 minutos, necessitando de apenas uma pessoa para carregar e descarregar as peças metálicas.

As carcaças de ferro fundido dos medidores de $Q_n \geq 15 \text{ m}^3/\text{h}$ são, em geral, limpas com jato de areia e pintadas internamente com composto a base de epoxi e externamente com tintas a base de borracha clorada. Sendo os custos de cabines de jato de areia e cabines de pintura muito elevados, e levando-se em conta que o número destes medidores é muito pequeno, provavelmente é mais viável contratar este serviço de terceiros.

Quanto aos processos de lavagem com troca de peças e lavagem com troca de subconjuntos (*kits*), o primeiro, que *a priori* seria mais econômico pelo fato das peças serem mais baratas que os subconjuntos, apresenta os seguintes inconvenientes:

- processo é mais demorado pois é feito hidrômetro por hidrômetro, por meio do exame dos subconjuntos e da troca de peças necessárias;
- necessidade de maior número e de melhor nível pessoal;
- necessidade de ferramentas mais específicas;
- maior custo de almoxarifado, visto a necessidade de controlar e estocar um grande número de peças pequenas;
- devido à composição de peças novas com peças usadas, geralmente o número de hidrômetros reprovados na aferição aumenta, havendo necessidade de repasses, ou seja, o hidrômetro reprovado volta para ser refeito.

Assim, tendo-se uma idéia aproximada da quantidade mensal por capacidade de medidores a reparar, do processo de reparação adotado e dos tipos de ensaios a realizar, pode-se definir a quantidade e o nível de pessoal necessário (ajudante, reparador, aferidor, técnico, engenheiro, etc.), as ferramentas necessárias e os equipamentos para a reparação (máquinas de abertura e fechamento, máquina de jateamento com micro esfera de vidro ou máquina de tamboreamento, cabine de pintura, cabine de jato de areia, compressor, etc.), bancadas industriais para a reparação, prateleiras e estantes para almoxarifado, bancadas de aferição, conjuntos moto-bombas, microcomputador, etc.

As bancadas de aferição podem se destinar a ensaiar desde 1, até cerca de 80 medidores por vez, dependendo da capacidade desejada. Podem também ensaiar capacidades distintas por intermédio da combinação de tanques de volumes diferentes.

Atualmente existem bancadas com processamento computadorizado. São mais rápidas e fornecem relatórios mais completos, porém são restritas a medidores com transmissão magnética. Além disso, dado que o volume medido é baseado na leitura ótico-eletrônica de uma roseta bicolor acoplada diretamente no eixo da turbina do medidor, e como para o mesmo volume o número de rotações da turbina varia de acordo com o fabricante e com a capacidade, introduz-se o problema adicional da necessidade de reprogramação segundo cada marca e capacidade de hidrômetro sob ensaio. Como geralmente a maior quantidade de medidores reparados é de Q_n 0,75 m³/h e 1,5 m³/h, utiliza-se à bancada eletrônica somente para estas capacidades.

Definidas as bancadas necessárias, deve ser escolhida a opção para sua alimentação: reservatório elevado de nível constante ou bombas de rotação variável. Além disso deve ser determinado o volume de água necessário.

Com todos os dados levantados e definidos, elabora-se o projeto da oficina, constando de: *lay-out* das bancadas de reparação, equipamentos auxiliares, bancadas de aferição e respectivos conjuntos moto-bomba, áreas de escritório e almoxarifado, e determinam-se os custos da construção do prédio e das instalações eletromecânicas de todos os equipamentos necessários.

Assim, somando-se os custos de construção da oficina, de aquisição e montagem dos equipamentos, de materiais necessários e de pessoal, e compondo-se os custos depreciados com o tempo e fixos por mês, realiza-se uma comparação com os custos desses serviços caso executados por terceiros, definindo-se, assim, a viabilidade da construção da oficina.

Cabe lembrar que, ao custo de execução por terceiros devem ser acrescidos o custo de transporte e o custo com a diferença da quantidade de medidores necessários ao giro, isto porque, com oficina própria, os medidores reparados voltam ao almoxarifado após 2 a 5 dias, ao passo que para enviar para terceiros é preciso formarem-se lotes que pode levar de 15 a 30 dias, havendo, portanto, necessidade de uma quantidade bem maior de medidores sobressalentes.

6.2 Requisitos Técnicos Operacionais de Bancadas de Ensaio e de Oficinas de Hidrômetros

6.2.1 Requisitos Técnicos e Operacionais de Bancadas de Ensaio

Geralmente, para a execução dos ensaios são necessários os seguintes equipamentos:

6.2.1.1 Bancada de ensaio de calibração

Deve ser projetada, construída e utilizada de forma que seu desempenho seja satisfatório e não introduza erros significativos nos resultados dos ensaios.

O princípio da bancada de ensaio pode ser volumétrico, gravimétrico ou medidor padrão, podendo os seus procedimentos ser automatizados ou assistidos por processadores eletrônicos. Normalmente em oficinas utilizam-se bancadas volumétricas, sendo as gravimétricas mais utilizadas em laboratório devido a sua melhor precisão, e as bancadas com medidor padrão mais empregadas no campo.

No caso de ensaio de hidrômetros em série, a bancada deve preservar as características individuais de cada hidrômetro, não podendo haver interferência entre estes. Deve ser garantida a pressão mínima suficiente na saída de cada instrumento, para evitar o efeito de cavitação.

A bancada deve receber alimentação direta por sistema de recalque e/ou por reservatório de nível constante, sendo esse último recomendável para as vazões entre Q_{min} inclusive e Q_t inclusive. A alimentação da bancada deve ser suficientemente estável de modo que durante os ensaios a variação da vazão seja inferior a $\pm 2,5\%$ na faixa entre Q_{min} e Q_t exclusive;

Finalmente, a bancada deve ser instalada de maneira que os hidrômetros em ensaio estejam no seu plano de trabalho e os reservatórios calibrados na mesma posição em que foram aferidos.

- Bancada volumétrica
 - pode ser construída com um ou mais reservatórios calibrados, cada um deles dotado de escala graduada indicativa de volume e de válvula de descarga;
 - o reservatório calibrado deve ser construído de tal forma que ao encher de ar seja evacuado e ao esvaziar o líquido escoe completamente;
 - na escala graduada de leitura, a resolução deve representar um volume equivalente, menor ou igual a $0,5\%$ do volume escoado. O valor do intervalo da escala de verificação do reservatório, expresso em litros, deve ser da forma 1×10^n , 2×10^n ou 5×10^n , onde n é um número inteiro positivo, negativo ou nulo. Caso a leitura da escala do reservatório não seja visual direta, o método utilizado deve garantir uma resolução no mínimo igual a $0,5\%$ do volume escoado;
 - o erro máximo admissível para o reservatório calibrado é de $0,2\%$ de seu volume total. Os reservatórios calibrados têm que ser aferidos num período não superior a 5 anos, através de tanques calibrados com certificados reconhecidos pelo INMETRO.

A Figura 24 a seguir apresenta um esboço de uma bancada de ensaio de princípio volumétrico.

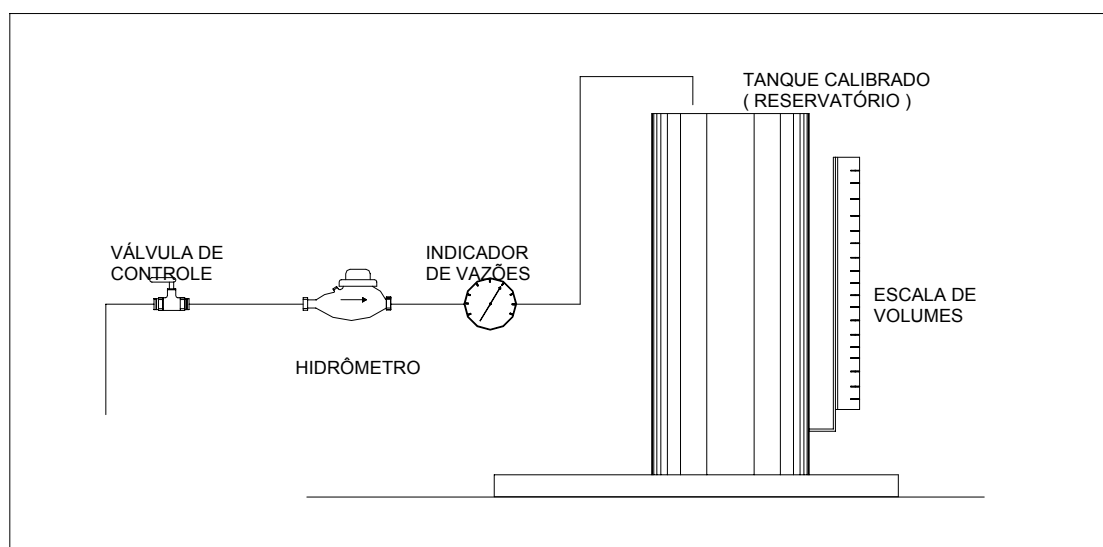


Figura 24 - Bancada de ensaio de princípio volumétrico

- Bancada gravimétrica
 - deve possuir balança para a pesagem da massa de água deslocada através dos hidrômetros;

- a massa medida deve ser convertida em volume de acordo com a massa específica da água em função da temperatura;
- a resolução da balança deve ser menor ou igual a 0,5% da grandeza medida, sendo que o erro máximo admissível para a balança é de 0,2%; e
- a balança deve ser aferida em períodos não superior a 5 anos por meio de pesos padrão fornecidos com certificados reconhecidos pelo INMETRO.

A Figura 25 apresenta seguir um esboço de uma bancada de ensaio de princípio gravimétrico

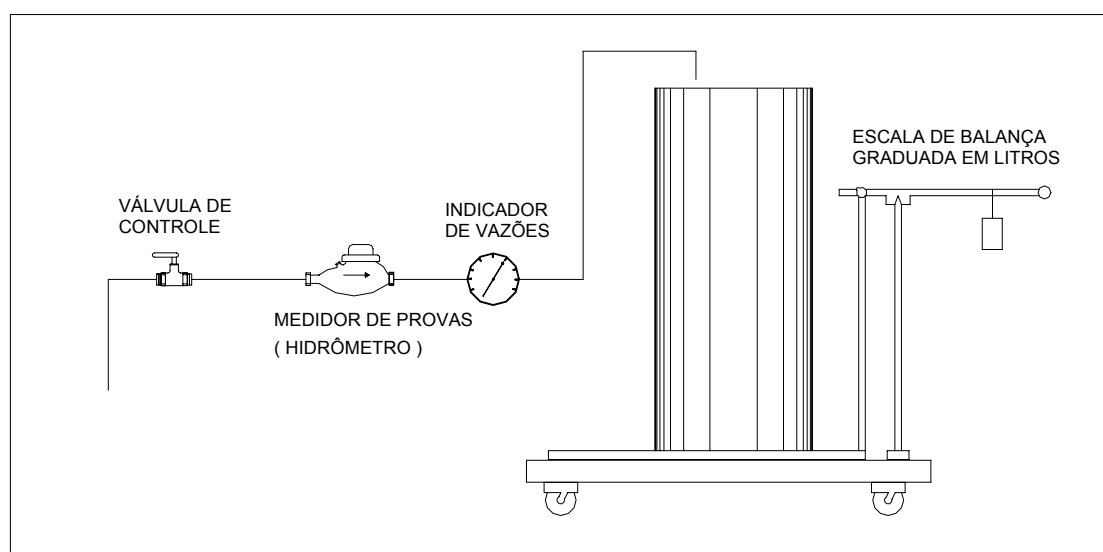


Figura 25 - Bancada de ensaio de princípio gravimétrico

- Bancada com medidor padrão
 - pode-se utilizar para determinação do volume escoado um medidor padrão, desde que apresente uma resolução menor ou igual a 0,5% da grandeza medida e tenha um erro máximo admissível de 0,2%;
 - caso o medidor padrão empregado determine a massa escoada, o volume escoado deve ser determinado de acordo com a massa específica da água em função da sua temperatura com exatidão compatível com a do medidor padrão; e
 - o medidor padrão deve ser calibrado periodicamente, com certificado reconhecido pelo INMETRO.

6.2.1.2 Bancada de Ensaio para Perda de Carga

As extremidades da bancada de ensaio para determinação das perdas de carga devem ser construídas com tubos retos, obedecendo à relação $L \geq 15D$, $L_1 = 10D$ e $L_2 \geq 5D$, onde L_1 e L_2 são os comprimentos dos tubos à montante e à jusante, respectivamente, dos pontos extremos de tomada de pressão na seção de medição, e D é o diâmetro interno da tubulação conforme Figura 26 a seguir.

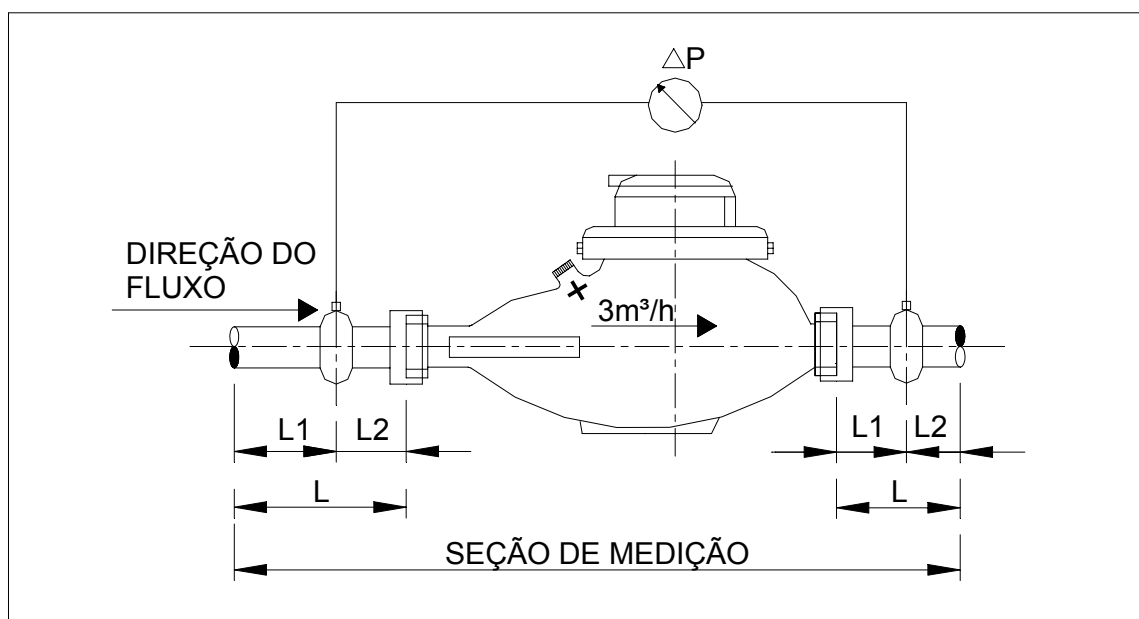


Figura 26 - Bancada de ensaio para perda de carga

Durante a construção da bancada e desenvolvimento dos ensaios deve-se levar em consideração as seguintes recomendações:

- as tubulações à montante e à jusante do hidrômetro devem ter o mesmo diâmetro interno de suas conexões;
- deve receber alimentação direta por sistema de recalque e/ou por reservatório de nível constante;
- a alimentação da bancada deve ser suficientemente estável de modo que durante os ensaios a variação de vazão seja inferior a $\pm 5\%$ na faixa entre Q_t e Q_{max} , inclusive, e $\pm 2,5\%$ na faixa entre Q_{min} e Q_t , exclusive;
- deve ser instalada de maneira que os hidrômetros em ensaio estejam no seu plano de trabalho; e
- na determinação da perda de carga do medidor deve ser descontada a perda de carga dos trechos retos entre as tomadas de pressão e a entrada e saída do medidor.

Normalmente este ensaio é efetuado na própria bancada de ensaio de calibração. Caso seja utilizado manômetro metálico ou eletrodo, esses equipamentos deverão possuir calibração certificada.

- Manômetros

O erro máximo admissível para os manômetros de pressão estática e diferencial é de 5% da pressão indicada.

- Medidor de vazão

O erro máximo admissível para a medição de vazão é de 2% da vazão medida.

- Termômetro

A resolução deve ser maior ou igual a 1°C .

- Paquímetro

A resolução deve ser menor ou igual a 0,05 mm.

- Cronômetro

A resolução deve ser maior ou igual a 0,2 s.

- Calibrador de rosca tipo anel

Deve atender às normas NBR 10081 e NBR 12811.

- Imãs para ensaio de blindagem

Devem atender ao estabelecido no item 4.10 da NBR 8195.

6.2.1.3 Equipamento para Ensaio de Estanqueidade

Deve ser dotado de dispositivo de fechamento do medidor, alimentação com água e meios para retirar o ar da câmara de medição.

A pressão hidrostática deve ser controlada com manômetro de fundo de escala da ordem de 3,0 MPa ou outro dispositivo de controle adequado.

6.2.1.4 Equipamento para Ensaio da Cúpula

Consiste de uma esfera de aço de diâmetro 25 mm e um suporte para o hidrômetro com escala graduada vertical de no mínimo 500 mm.

As seguintes recomendações a seguir devem ser aplicadas tanto na fase prévia, quanto durante o decorrer dos ensaios:

- características da água
 - ensaios em hidrômetros devem ser feitos com água que apresente as mesmas características daquela utilizada para o abastecimento público;
 - a água não pode conter qualquer elemento capaz de danificar o hidrômetro ou afetar adversamente sua operação;
 - a água não pode conter bolhas de ar e, antes de cada ensaio, todo o ar deve ser purgado das instalações;
 - a temperatura da água deve situar-se sempre entre 1°C e 40 °C e a variação da temperatura da água durante o ensaio deve ser menor ou igual a 5 °C; e;
 - no início e no fim de cada ensaio, o volume de água contido na tubulação deve ser o mesmo.

- vibração e choque

Em todos os ensaios devem ser tomadas precauções para minimizar os efeitos das vibrações e choques;

- vazamento

Antes do início de cada ensaio, deve ser feita uma verificação, a fim de detectar qualquer vazamento; e

- segurança

Devem ser previstos nos equipamentos de ensaio, dispositivos de proteção, visando a segurança dos operadores.

6.2.2 Requisitos Técnicos e Operacionais das Oficinas de Hidrômetro

Para que uma oficina de hidrômetros cumpra com seu objetivo principal - garantir as características metrológicas dos medidores recuperados - deve atender aos requisitos mencionados nas subseções seguintes.

6.2.2.1 Requisitos Técnicos

- instalações, equipamentos e ferramental adequados que permitam que os serviços sejam executados dentro dos padrões exigidos; e
- pessoal capacitado e em número suficiente para atender à demanda de serviços.

6.2.2.2 Requisitos Operacionais

- o seu processo de trabalho deve obedecer a princípios técnicos e de produtividade;
- os serviços devem ser acompanhados de estudos de custos, propiciando a decisão correta de reparar ou não determinado tipo de hidrômetro;
- participação de pessoal, principalmente de técnicos, no sentido de, além de fazer a manutenção dos hidrômetros, pesquisar a metodologia mais eficiente de modo a melhorar a produtividade;
- participação de pessoal técnico na pesquisa de funcionamento e características construtivas de hidrômetros, de modo a conhecer bem o seu funcionamento e detectar qualquer problema de fabricação, além de propor melhorias junto aos fabricantes. De suas investigações podem depender a correta seleção de hidrômetros a adquirir e, com isso, a própria eficiência da micromedição. Neste sentido, é importante que este pessoal participe em ensaios de aprovação de novos modelos; e
- visando a melhoria da micromedição, o pessoal técnico deve estar sempre se atualizando, procurando conhecer as novidades do mercado de medidores e sugerindo sua aplicação, quando for o caso.

7. SUBMEDIÇÃO EM SISTEMAS MICROMEDIDOS

É bastante conhecido o regime de baixas vazões de abastecimento das instalações prediais no Brasil. Esse é um fenômeno generalizado que ocorre principalmente em função da adoção de reservatórios prediais dotados de torneiras de bóia. É intrínseco do funcionamento da torneira de bóia o escoamento a baixos valores de vazão, à medida que ela vai se fechando.

Os trabalhos de medição de vazões de abastecimento em residências térreas e assobradadas levados a efeito por Montenegro (1986) na Região Metropolitana de São Paulo mostraram hidrogramas de consumos típicos do sistema de instalação predial misto, ou seja, aquele onde a distribuição é feita a partir do reservatório domiciliar (indireta) e também diretamente por meio dos ramais e sub-ramais ligados diretamente ao alimentador predial, portanto, sob pressão da rede pública de abastecimento. Os hidrogramas foram classificados por faixas mensais de consumo: desde o consumo mínimo até 90 m³/mês. Esses hidrogramas confirmaram integralmente que, durante grande parte do tempo, as vazões medidas nos hidrômetros estavam em patamares bastante baixos. No entanto, por se tratar de instalações prediais de distribuição direta e indireta, os hidrogramas aparecem pontilhados por oscilações de vazão, correspondentes ao uso de peças diretamente ligadas ao alimentador predial.

Os dados obtidos no levantamento confirmaram que os hidrômetros trabalharam sob vazões próximas ou inferiores às suas vazões mínimas características e, nessas condições, eles registraram uma quantidade menor de água, ou seja, ocorreu submedição.

O fenômeno da submedição deve ser levado em conta no cálculo dos indicadores de perdas dos sistemas públicos de abastecimento.

O DTA A2 que trata a respeito dos Indicadores de Perdas nos Sistemas de Abastecimento de Água define o Índice de Perda na Distribuição (IPD) ou Água Não Contabilizada (ANC) como:

$$IPD = \frac{\text{Volume disponibilizado (VD)} - \text{Volume utilizado (VU)}}{\text{Volume disponibilizado (VD)}} \cdot 100$$

Uma forma simplificada de apresentar a equação acima, levando-se em conta o valor de **ksm**⁵ é:

$$IPD = \frac{VD - (ksm \cdot \sum Vm) + VE + VR + VO + VEs}{VD} \cdot 100$$

Onde:

VD - soma algébrica dos volumes produzidos, exportado e importado, disponibilizado para distribuição no sistema de abastecimento considerado;

ksm - coeficiente de submedição;

Vm - Volume micromedido, que corresponde aos volumes registrados nas ligações providas de medidores;

VE - Volume Especial, que corresponde à projeção de consumo a partir dos volumes micromedidos em áreas com as mesmas características da estimada, para as mesmas categorias de usuários;

⁵ **ksm** - coeficiente multiplicador relativo à submedição, fenômeno intrínseco do funcionamento dos hidrômetros nas condições das instalações prediais brasileiras.

VR - Volume Recuperado, que corresponde à neutralização de ligações clandestinas e fraudes;

VO - Volume Operacional, que corresponde aos volumes utilizados em testes de estanqueidade e desinfecção das redes (adutoras, subadutoras e distribuição); e

VEs - Volume Especial, que corresponde aos volumes (preferencialmente medidos) destinados para corpo de bombeiros, caminhões-pipa, suprimentos sociais (favelas, chafarizes) e uso próprio nas edificações do prestador de serviços.

O Volume Utilizado pode, então, ser também subdividido em duas parcelas : o volume medido e o volume não medido. O volume não medido tem diversas fontes e pode ser estimado enquanto que o volume medido corresponde à somatória dos volumes totalizados pelos hidrômetros (Volume micromedido).

Na parcela correspondente aos volumes micromedidos, incide o fator multiplicativo de correção de submedição, designado por **ksm.**, que visa corrigir os valores submedidos nos hidrômetros de forma a se obter índices mais exatos.

Os valores de **ksm**, segundo as diversas realidades dos serviços públicos de abastecimento no Brasil, ainda são matéria de investigação. O Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), vem trabalhando no tema de maneira a estabelecer uma metodologia que permita determinar o seu valor.

7.1 Metodologia

A metodologia, em fase de desenvolvimento e aplicação, prevê o ensaio de hidrômetros novos e usados de acordo com os valores de vazão efetivamente verificados nos ramais prediais.

Quanto aos hidrômetros em uso, será necessário a utilização de um procedimento amostral com centralização baseada na capacidade nominal, tempo de utilização, tipologia ocupacional, características da água, etc.

Os ensaios deverão fornecer os erros de medição por valor de vazão. De posse desses elementos, com base nos hidrogramas levantados para a Região Metropolitana de São Paulo, será possível avaliar a importância da submedição no consumo total. Alternativamente, instalações prediais que não se enquadrarem na tipologia de levantamento realizada por Montenegro deverão ter seus perfis de consumo diretamente levantados por meio da utilização de hidrômetros com registradores contínuos (*data-loggers*).

8. LEITURA E PROCESSAMENTO DE DADOS

8.1 Formas de Leitura e Registro de Dados

Até poucos anos atrás não se dispunha de meios e técnicas para a coleta e registro de leituras de consumo em campo, restringindo-se então aos apontamentos manuais em planilhas pré-impressas contendo grupos de usuários classificados por logradouro/rota de leitura.

Com o desenvolvimento da microinformática, modernas e mais eficientes técnicas de coleta e registro de dados vêm sendo colocadas à disposição dos serviços de saneamento a preços e condições acessíveis, requerendo, em sua maioria, apenas nível básico de escolaridade e qualificação da mão de obra.

A seguir, são relacionadas às formas mais conhecidas e as que vêm sendo testadas e adotadas mais recentemente:

- leitura visual e registro manual gráfico em planilhas pré-impressas

Forma mais antiga e convencional, possuindo baixo grau de confiabilidade e segurança levando a elevados índices de erros nos lançamentos. Requer mão de obra com baixa qualificação e escolaridade elementar (alfabetização completa e aritmética rudimentar); e

- leitura visual e registro eletrônico digital em coletor de dados

Recurso técnico desenvolvido e em uso nos últimos dez anos. Já largamente utilizada nos serviços autônomos de maior porte e pelas companhias estaduais, diretamente ou por intermédio de terceiros.

O aumento da capacidade de armazenamento do coletor de dados dá grande versatilidade de uso e melhor qualidade no atendimento ao usuário (registros de dados cadastrais, de ocorrências no sistema/leitura, pedidos de serviços, reclamações, etc.) e maior confiabilidade nas informações (possibilita a utilização de códigos de segurança e alertas visuais/sonoros contra erros e inconsistências dos lançamentos). Possui dispositivos para transmissão direta dos dados (conexão eletrônica local ou conexão remota via telefone convencional/celular e rádio) para o banco de dados do sistema central de processamento, eliminando procedimentos intermediários de digitação e conferência visual, reduzindo custos e tempo de processamento e antecipando prazos de cobrança.

A redução do tamanho/peso tem sido outro facilitador do seu uso em grande escala, reduzindo o desgaste físico dos profissionais e aumentando, em consequência, a produtividade;

- leitura e registro por meio eletrônico *in loco*. Trata-se de aparelho eletrônico dotado de sensor especial de sinais ou leitor ótico e registrador em meio eletrônico ou magnético, sendo o dado coletado por acoplamento ou aproximação ao medidor ou ainda por acionamento a curta distância, o que, por sua vez, requer a instalação de hidrômetros eletrônicos. Pode ainda ser dotado de recursos para registros digitais de dados/informações similares aos do coletor de dados.

Não se tem conhecimento da adoção em escala desta modalidade nos serviços de saneamento, salvo alguns poucos experimentos de teste em áreas com características e grupos especiais de usuários. As maiores restrições à adoção deste recurso parecem ser, em princípio, o maior custo dos medidores, a maior vulnerabilidade dos mesmos devido à sensibilidade dos sistemas, requerendo instalações físicas especiais, e o ganho pouco significativo de desempenho na coleta dos dados. Ainda mais, se usado unicamente para coleta e registro dos dados, terá menor versatilidade de recursos e menor utilidade, para o serviço e para o usuário, que o coletor de dados com leitura visual e registro eletrônico digital.

As maiores vantagens deste recurso parecem ser a segurança e confiabilidade quase total dos dados e a maior precisão da medição proporcionada pelos medidores eletrônicos.

- leitura e registro por meio eletrônico remoto.

Similar aos sistemas de telemetria usados para o controle operacional. Sua características técnica e operacional e seu custo unitário limitam seu uso aos sistemas de macromedição e a consumidores especiais de grande porte, não justificando, o uso em larga escala para pequenos e médios consumidores, tendo em vista a relação custo/benefício;

- coleta de informação direta do usuário por meio de telefone ou correio eletrônico por computador (e-mail).

Apesar de óbvias, as restrições a esta forma de coleta de dados são: o baixo índice de telefones fixos/móveis instalados e a questão cultural relacionada à adoção de qualquer modelo baseado na declaração pessoal espontânea.

8.2 Período de Leituras Consecutivas

A periodicidade de leituras, em especial no aspecto de regularidade, é fator importante tanto para a eficiência dos sistemas de controle/gerenciamento operacional e comercial, quanto para a gestão financeira dos serviços.

Como mencionado anteriormente, os serviços podem ter periodicidade diferenciada de leituras dos medidores de consumo, em função das características dos usuários. O mais importante é que o período entre leituras adotado para cada caso seja uniforme e regular (consecutivo).

A seguir, são comentadas as soluções mais freqüentemente adotadas por serviços de saneamento:

- leituras mensais

Recomendável nos seguintes casos: usuários com consumo acima de um patamar médio (a ser definido em função da estrutura tarifária - valor da conta); usuários que apresentem grande variação no consumo ao longo do tempo; setores com grande concentração de categorias mistas, especialmente zonas comerciais e industriais e setores homogêneos com média elevada de consumo;

- leituras semanais/quinzenais

Recomendável apenas para os grandes consumidores individuais, inclusive condomínios residenciais, comerciais ou industriais e para medidores de (micro)setores sem micromedição, independente se a medição é usada ou não para efeito de faturamento e cobrança.

A caracterização de “grande consumidor” depende da composição dos usuários de cada serviço, podendo ser definido pelo volume médio consumido (do ponto de vista operacional), pelo valor médio da conta (do ponto de vista financeiro) ou uma combinação das duas variáveis, quando as tarifas forem diferentes de uma categoria para outra;

- leituras bimestrais

Para usuários ou setores homogêneos com predominância de consumos regulares médios;

leituras trimestrais/semestrais

Para usuários ou setores homogêneos com predominância de consumos regulares baixos e para usuários ou setores com consumos regulares médios e que tenham contratos de demanda. Dependendo da amplitude de casos enquadrados neste agrupamento, pode-se ou deve-se estabelecer

uma amostra de controle, com leituras mensais, para detecção e correção mais rápida de eventuais alterações extraordinárias no padrão de consumo;

- leituras anuais

Para usuários ou setores com consumos baixos e que tenham contratos de demanda.

Neste caso também deve-se manter amostra de controle para detectar variações extraordinárias e significativas nos consumos médios;

- período aleatório

Não é recomendável em nenhuma situação, salvo quando não houver micromedição ou a cobrança do serviço for baseada em taxa calculada sobre atributos físicos do imóvel e a leitura, nesses casos, for somente para controle operacional, ainda assim com muita restrição e critérios aceitáveis; e

- leituras horosazonais.

8.3 Formas usuais de Processamento de Dados

Neste campo não há muitas novidades no mercado que tenham sido adotadas pelos serviços de saneamento, destacando-se nos últimos anos somente a introdução de equipamentos portáteis dotados de coletores de dados, microprocessadores e impressora, para cálculo e emissão instantânea da conta.

As formas mais usuais de processamento de dados de consumo, faturamento e cobrança dos serviços são:

- processamento e emissão manual

Processo convencional bastante ultrapassado, mas que foi bastante usado até poucos anos nos serviços de pequeno porte e ainda sobrevive em pequenas localidades e eventualmente é reativado por vários serviços quando há falhas esporádicas nos sistemas informatizados.

Neste sistema os dados são processados manualmente com uso de calculadoras, tabelas, mapas e registrados em fichas de controle individual por aparelhos mecanográficos, sendo as contas emitidas em máquina de escrever tradicionais.

Com a popularização, simplificação da operação e o barateamento dos recursos de informática, não se justifica mais o uso desta forma de processamento, cujas limitações e desvantagens são elementares e óbvias;

- uso de recursos de informática

É a forma utilizada por quase todos os serviços de saneamento, diversificando-se quanto à atualidade e capacidade operacional dos equipamentos usados e, em consequência, quanto aos recursos de programação e softwares aplicativos compatíveis.

O mercado de equipamentos e softwares de informática dispõe hoje de tecnologia e soluções de alto nível, capazes de atender aos projetos mais complexos, possibilitando a integração total dos sistemas administrativos, comerciais e técnico-operacionais demandados por um serviço de saneamento.

Em termos de atualidade e de recursos mais avançados destacam-se os sistemas de geoprocessamento, tendo como base primária, plantas obtidas de aerofotos georeferenciadas, sobre as quais são digitalizados os cadastros técnicos do sistema de água e esgoto, assim como todos os demais elementos cadastrais da infra-estrutura urbana disponíveis e desejados. A estes podem ser integrados, diretamente ou em rede, os sistemas operacionais e comerciais, além dos aplicativos técnicos de engenharia para os quais o software foi inicialmente desenvolvido.

Outro recurso avançado já citado no presente capítulo é o sistema de coleta de dados, processamento e emissão instantânea de contas de consumo, que, embora desenvolvido para a melhoria do sistema comercial, integra-se perfeitamente ao sistema de geoprocessamento.

Grande parte dos serviços optam pela terceirização do processamento de dados da área comercial e administrativa, com a operadora atuando *in loco*, dentro do próprio serviço. Mais recentemente, alguns deles têm adotado a terceirização de todo o gerenciamento comercial, do atendimento ao usuário ao corte por falta de pagamento e à substituição preventiva/corretiva de hidrômetros.

Existem ainda muitos serviços que se utilizam de serviços terceirizados de processamento remoto de dados comerciais, recebendo e transmitindo informações aos clientes por meios eletrônicos ou de malotes.

Com a tendência de integração total dos sistemas gerenciais e operacionais fica cada vez mais patente a necessidade do domínio e do processamento e manipulação das informações por equipes diretamente vinculadas aos serviços, podendo-se terceirizar apenas os serviços de apoio e suporte técnico e parte dos serviços de desenvolvimento e manutenção de sistemas de informática.

8.4 Tecnologias Inovativas para Leitura, Emissão de Contas e Processamento de Dados

Nas seções anteriores já foram comentadas ou referenciadas várias tecnologias inovadoras aplicadas à leitura/coleta de dados, emissão de contas e processamento de dados, destacando-se, a seguir, as mais significativas:

- coletor eletrônico de dados - leitura visual e registro manual;
- coletor eletrônico de dados - leitura e registro automático por meio eletrônico;
- sistema de telemetria - registro e transmissão remota de dados por meio eletrônico;
- transmissão de dados pelo usuário - leitura transmitida pelo usuário por intermédio dos meios de comunicação disponíveis, telefone ou rede de informática (e-mail);
- coletor de dados, processamento e emissão de conta *in loco* em tempo real - utilizando-se equipamento portátil integrado por microcomputador e impressora;
- emissão de conta escritural, com transmissão de dados por meio magnético (discos/fitas) ou eletrônico para as agências arrecadoras (débito automático em banco/cartão de crédito);
- emissão de conta-carnê para compra antecipada de volume programado/determinado e/ou para contrato de demanda;
- emissão de cartão ou *ticket* magnético para volumes padrão - compra antecipada de volume determinado, cujo consumo é liberado por meio de sistema eletrônico automatizado, integrado por medidor e registro com acionamento programado; e
- pré-pagamento - tecnologia onde são utilizados cartões magnéticos, semelhantes aos empregados para ligações telefônicas, com o volume de água a ser consumido pré-definido. Os cartões são inseridos em dispositivos eletrônicos instalados nos medidores e, após o término do volume pré-estabelecido, o fornecimento de água é desligado automaticamente.

Dentre estas tecnologias, apenas a última ainda não se acha totalmente desenvolvida para aplicação em sistemas de abastecimento de água.

9. AÇÕES VISANDO A MELHORIA DAS CONDIÇÕES DE MICROMEDIÇÃO

Para que a micromedição atinja seus objetivos, os seguintes aspectos devem ser considerados:

efetuar o dimensionamento e a seleção do hidrômetro obedecendo aos critérios apresentados no capítulo 3;

efetuar a instalação do hidrômetro obedecendo aos critérios apresentados no capítulo 5; e

na aquisição de novos hidrômetros, fazer constar no Edital de licitação no mínimo os seguintes itens:

- especificação técnica completa, salientando o tipo de medidor, características de funcionamento, características construtivas e materiais empregados de acordo com as normas brasileiras NBR 8193, NBR 8194, NBR 14005, Portaria nº 29 de 7 de fevereiro de 1994 e respectivo regulamento técnico metrológico anexo do INMETRO;
- exigência de que os modelos de hidrômetros apresentados nas propostas, tenham sido aprovados pelo INMETRO de acordo com os ensaios de aprovação de modelo previstos na Portaria nº 29, pela NBR 8195 e NBR 14005 ;
- prever a inspeção e acompanhamento eventual do processo de fabricação, por pessoal técnico próprio ou contratado, a fim de constatar que o medidor está sendo fabricado com os materiais exigidos na especificação;
- prever a realização de ensaios de recebimento nos lotes entregues conforme previsto na NBR 8195 com aplicação de multa e devolução do lote no caso de reprovação nos ensaios;
- certificar-se que as bancadas utilizadas para os ensaios (fixas na oficina ou portáteis para utilização no campo), tanto as próprias quanto às de terceiros, quando necessário, são aferidas nos períodos indicados e com a utilização de padrões certificados pelo INMETRO;
- efetuar um acompanhamento contínuo dos consumos por usuário, de modo que qualquer desvio significativo seja logo investigado e se for constatado defeito no hidrômetro, substituí-lo imediatamente. Este procedimento deve ser aplicado principalmente aos usuários da categoria grandes consumidores;
- elaborar o Programa de Manutenção Preventiva baseado em dados levantados de ensaios no campo e na oficina, conforme comentado na seção 5.2, e realizar acompanhamento dos resultados para verificar se o programa está sendo eficiente ou se necessita de ajustes;
- efetuar inspeções periódicas nas instalações dos hidrômetros de modo a inibir violação e fraudes por parte dos usuários; e
- garantir, por meio de oficina própria ou de terceiros, que o estoque do almoxarifado seja suficiente para atender as necessidades de substituições de medidores por manutenção corretiva, reclamações de usuários e Programa de Manutenção Preventiva.

10. GLOSSÁRIO

Bancada de ensaio: Instalações construídas e equipadas de modo a se obter as condições propostas em cada tipo de ensaio de hidrômetro.

Blindagem: Componente existente nos hidrômetros de transmissão magnética que tem como objetivo evitar a ação de campos magnéticos externos.

Carcaça ou corpo: Peça inteiriça concebida basicamente para atender às características funcionais, tais como alojar e acoplar os componentes do hidrômetro.

Conexões: Conjunto de peças utilizadas para ligar o hidrômetro à tubulação de abastecimento.

Curva de erros: Representação gráfica dos erros de indicação em função das vazões onde o eixo das abscissas representa as vazões e o eixo das ordenadas o erro percentual correspondente.

Curva de perda de carga: Representação gráfica das perdas de carga em função das vazões onde o eixo das abscissas representa as vazões e o eixo das ordenadas a perda de carga correspondente.

Cúpula: Peça transparente de proteção do dispositivo totalizador.

Desvio: Variação das características metrológicas de funcionamento devido ao uso ou condições do ensaio.

Designação: Número que caracteriza o hidrômetro correspondente ao valor da vazão nominal.

Dispositivo totalizador: Componente que recebe a transmissão dos movimentos, indicando e totalizando o volume escoado.

Dispositivo totalizador tipo imerso em meio próprio: Tipo de construção do dispositivo totalizador no qual partes de seus componentes estão encapsulados em compartimento próprio, imerso em líquido apropriado e isolado da água que atravessa o hidrômetro.

Dispositivo totalizador tipo seco: Tipo de construção do dispositivo totalizador no qual este fica isento de qualquer líquido. Geralmente, este sistema está isolado da água que atravessa o hidrômetro através de uma placa separadora.

Dispositivo totalizador tipo úmido: Tipo de construção do dispositivo totalizador no qual este fica em contato com a água que atravessa o hidrômetro.

Erro absoluto: Diferença entre uma medição de volume de água indicado num hidrômetro e o valor verdadeiro convencional da grandeza medida. Também chamado de erro de indicação.

Erro relativo: Quociente do erro absoluto de medição pelo valor verdadeiro convencional da grandeza medida. Pode ser expresso em porcentagem.

Erro máximo admissível: Valor extremo, expresso em porcentagem, de um erro de indicação admissível nas especificações do hidrômetro.

Estanqueidade: Propriedade que o hidrômetro deve apresentar de não permitir vazamento ou exsudação, quando submetido a uma pressão durante um determinado tempo.

Faixa de vazão de trabalho ou operacional (range): Faixa de vazão na qual o hidrômetro deve trabalhar continuamente e satisfatoriamente, permanecendo dentro dos erros máximos tolerados.

Faixa inferior de medição: Intervalo que comporta vazões compreendidas entre a vazão mínima (inclusive) e a vazão de transição (exclusive), em que o hidrômetro deve trabalhar com um erro máximo de 5%.

Faixa superior de medição: Intervalo que comporta vazões compreendidas entre a vazão de transição (inclusive) e a vazão máxima (inclusive), em que o hidrômetro deve trabalhar com erro máximo de 2%.

Filtro: Componente que tem por finalidade proteger os mecanismos contra a ação de partículas sólidas.

Hidrômetro ou medidor de água: Instrumento destinado a indicar e totalizar, continuamente, o volume de água que o atravessa.

Hidrômetro monojato: Hidrômetro taquimétrico onde o mecanismo medidor é acionado pela incidência de um único jato tangencial de água sobre o componente móvel.

Hidrômetro multijato: Hidrômetro taquimétrico onde o mecanismo medidor é acionado pela incidência de vários jatos tangenciais de água sobre o componente móvel.

Hidrômetro taquimétrico ou de velocidade: Hidrômetro cujo mecanismo medidor é acionado pela ação da velocidade da água sobre um componente móvel (turbina ou hélice), também conhecido como hidrômetro velocimétrico ou de velocidade.

Lacre: Dispositivo que assegura a verificação da inviolabilidade do hidrômetro.

Mecanismo medidor: Componente que transforma em movimento de rotação a ação dinâmica da água que atravessa um hidrômetro.

Mecanismo de transmissão: Componente utilizado para transferir o movimento do mecanismo medidor ao dispositivo totalizador.

Mecanismo de transmissão magnética: Tipo do mecanismo de transmissão na qual os movimentos são transferidos através da placa separadora por elementos magnéticos.

Mecanismo de transmissão mecânica: Tipo de mecanismo de transmissão na qual os movimentos são transferidos mecanicamente.

Mostrador: Componente do dispositivo totalizador onde estão impressos o sistema de escalas, a unidade em que se está medindo e as marcações pertinentes.

Placa separadora: Componente do hidrômetro de totalizador seco que tem a finalidade de isolar o mecanismo medidor e dispositivo totalizador.

Perda de carga: Perda de pressão na tubulação decorrente da inserção do hidrômetro nesta.

Pressão nominal (PN): Pressão que designa o hidrômetro, utilizada para dimensionamento e ensaios.

Pressão de trabalho: Pressão do fluído imediatamente a montante do hidrômetro.

Regulador: Componente que permite modificar a relação entre o volume indicado e o volume escoado.

Singularidade: Todo e qualquer elemento ou configuração de uma restrição no conduto que provoca uma perda de carga localizada.

Vazão (Q): Quociente entre o volume de água que atravessa o hidrômetro e o tempo de passagem.

Vazão máxima ($Q_{\text{máx}}$) ou de sobrecarga (Q_s): Maior vazão na qual o hidrômetro pode operar satisfatoriamente, permanecendo dentro dos limites de erros máximos admissíveis e abaixo do valor máximo de perda de carga.

Vazão mínima ($Q_{\text{mín}}$): Menor vazão na qual o hidrômetro deve fornecer indicação dentro dos limites de erros admissíveis.

Vazão nominal (Q_n) ou permanente (Q_p): Vazão correspondente a 50 % da vazão máxima e que corresponde a designação do hidrômetro.

Vazão de transição (Q_t): Vazão que define a separação entre a faixa superior e inferior de medição.

Volume escoado: Volume total de água que atravessa o hidrômetro.

Tampa: Dispositivo de proteção da cúpula do meio externo.

Trecho reto: Trecho de um conduto isento de singularidade

11. BIBLIOGRAFIA

American Water Works Association. Water meters-selection, instalation and maintenance. **Manual of Water Supply Prattice M6**, AWWA, 3ª edição, 1986.

American Water Works Association. Sizing water service lines and meters. **Manual of Water Supply Prattice M22**, AWWA, 1975.

Berenhauser, C. & Pulici, C. Previsão de consumo de água por tipo de ocupação do imóvel., Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, in: **XII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Camboriú, 1983.

Coêlho, A. C. **Medição de Água, Política e Prática**, Manual de Consulta, 1996.

Melo, E.J. Hidrômetros sem ângulo para leitura, perdas na água: a contribuição do hidrômetro inclinado. DMAE, Departamento Municipal de Água e Esgoto de Porto Alegre, Porto Alegre, 1997.

Montenegro, M. H. F. & Danton, N. Algumas características do consumo de água na cidade de São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, **XIII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária**, Maceió, 1985.

Montenegro, M. H. F. Vazão em instalações hidráulicas prediais e consumo domiciliar na cidade de São Paulo. Seminário Internacional CIB W62. **Anais**. IPT/CIB/EPUSP, São Paulo, 1987.

Norma AWWA/ANSI C708-91. Cold water meter - multjet type, 1991.

Norma ISO 4064 - Measurement of water flow in closed conduits - Meter for cold potable water - Part I. Specification.

Norma ISO 4064 - Measurement of water flow in closed conduits - Meter for cold potable water - Part II: Installation requirements.

Norma ISO 4064 - Measurement of water flow in closed conduits - Meter for cold potable water - Part III: test methods.

Norma ISO 4064/2/Addendum 1 - Measurement of water flow in closed conduits - Meter for cold portable water - Part 2: Installation requirements - Addendum 1 - Parallel and multiple meter operation.

Norma NBR 6817 - Medição de vazão de líquido em condutos fechados utilizando medidores de vazão eletromagnéticos, 1999.

Norma NBR 5426 - Plano de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos , 1985.

Norma NBR 5626 - Instalação predial de água fria - Procedimentos - ABNT, 1998.

Norma NBR 8009 - Hidrômetro taquimétrico para água fria até 15,0 m³/h de vazão nominal - Terminologia - ABNT, 1997.

Norma NBR 8193 - Hidrômetro taquimétrico para água fria até 15,0 m³/h de vazão nominal - Especificação - ABNT, 1997.

Norma NBR 8194 - Hidrômetro taquimétrico para água fria até 15,0 m³/h de vazão nominal - Padronização - ABNT, 1997.

Norma NBR 8195 - Hidrômetro taquimétrico para água fria até 15,0 m³/h de vazão nominal - Método de ensaio - ABNT, 1997.

Norma NBR 10081 - Cálculo de calibradores de rosca para tubos onde a vedação não é feita pela rosca, 1987.

Norma NBR 12811 - Verificação por calibradores da rosca para tubos onde a vedação é feita pela rosca, 1993.

Norma NBR 14005 - Medidor velocimétrico para água fria de vazão nominal de 15 m³/h até 1500 m³/h - ABNT, 1998.

Organization Internationale de Métrologie Lélage - Document International n° 4 - Conditions d'installation et de stockage des compteurs d'eau froide.

Portaria n° 29, de 7 de fevereiro de 1994 do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO e Regulamento Técnico Metrológico Anexo.

Silva, R.T.; Conejo, J.G.L; Alves, R.F.F.; de Miranda, E.C. Indicadores de Perdas nos Sistemas de Abastecimento de Água. **Documento Técnico de Apoio A:2**. SEPURB, MPO, 1998.