

# Sistemas de produção e distribuição de água. Medição de vazão em ligações prediais(\*)

Eng. Marcos Helano F. Montenegro (\*\*)

## RESUMO

Definida a perda de um sistema de distribuição de água como a diferença entre a macromedição na saída das estações de tratamento e a totalização da micromedição, tem-se como componente desta perda o volume não registrado pelos hidrômetros devido a erros negativos na micromedição.

Apesar de não ser uma perda física, existe interesse em quantificar este componente para, entre outras razões:

- a) possibilitar uma estimativa real da perda física, devido aos vazamentos e às ligações clandestinas;
- b) orientar a política de micromedição, no que diz respeito à especificação de hidrômetros e sistemática de manutenção destes.

O erro na micromedição é função de:

- a) tipo e capacidade de hidrômetro e sua respectiva curva de erros;
- b) vazão (ou distribuição de vazão) com que é entregue o volume a ser medido (na medida em que os erros negativos crescem em valor absoluto com a diminuição da vazão);
- c) desgaste do hidrômetro, função do total medido e do tipo de água.

Quando se adota o sistema indireto ou misto de abastecimento predial, com a utilização de reservatório e respectiva torneira de bóia, existe uma tendência de boa parte da água ser entregue em baixa vazão, por influência da torneira de bóia.

Em função de obter dados para relacionar volumes entregues com as vazões ocorrentes nos hidrômetros, foi desenvolvida instrumentação para medição de vazão em ligações prediais, consistindo de hidrômetro volumétrico com interruptor magnético acoplado à sua transmissão e de dispositivo para armazenar em campo os valores medidos que são posteriormente transferidos diretamente por computador.

Foram realizadas mais de 400 medições com uma semana cada, tendo

sido produzidos para cada uma, gráfico de vazão x tempo, histograma de vazões (frequência de ocorrência por faixa de vazão) e volumes percentuais por faixa de vazão.

Os resultados obtidos são analisados em função do consumo médio mensal estimado e das exigências da normalização brasileira de hidrômetros.

## 1. INTRODUÇÃO

O Programa Especial de Redução de Perdas 1978/1983 na RMSP (BORBA JR. et alii, 1978) desenvolvido pela Sabesp-Cia. de Saneamento Básico do Estado de São Paulo tinha como um dos pontos de sua estratégia a melhoria da micromedição e da macromedição no municipal de São Paulo.

Ao final de 1980, a Sabesp solicitou ao IPT a execução do projeto "Medição de vazão em ligações prediais equipadas com hidrômetro de 3 m<sup>3</sup>/h". Essa pesquisa, de caráter exploratório, teve como objetivo realizar medidas de vazão com duração de uma semana neste tipo de ligação predial, incluindo aí o desenvolvimento da instrumentação necessária.

Os valores de vazão nas ligações prediais de água, bem como a distribuição da frequência com que ocorrem, consistem em informações básicas para subsidiar decisões na área de micromedição, seja no que diz respeito ao dimensionamento do hidrômetro mais adequado em cada caso, seja quanto à política de manutenção de hidrômetro a ser adotada.

Dada uma determinada ligação, a prática no Brasil tem sido dimensionar o hidrômetro com base nos consumos máximos estimados diário e mensal. A antiga especificação EB-147 "Hidrômetros para água fria" da ABNT, que vigorou até o ano passado, fixava em no máximo 90 m<sup>3</sup>/mês e 6 m<sup>3</sup>/dia estes valores para o hidrômetro de 3 m<sup>3</sup>/h de vazão máxima (ou vazão característica).

O dimensionamento econômico do hidrômetro exige o conhecimento das condições de consumo existentes ou esperadas. "É importante escolher sempre o menor medidor que tenha capacidade suficiente para evitar, durante os picos de demanda, perdas

de carga inadmissíveis no próprio medidor, e garantir em cada ponto de saída a pressão necessária. Assim, consegue-se chegar a condições economicamente ótimas, ou seja, à melhor forma de medir os volumes de água entregues, inclusive no campo inferior de medição e, assim, ao rendimento máximo da venda de água e, simultaneamente, aos custos mínimos de aquisição e manutenção" (Himmler).

As afirmações acima são válidas em geral, refletindo no entanto uma situação de abastecimento direto (sem reservatório domiciliar), como é o caso de Munique e outras cidades européias.

No Brasil, o reservatório domiciliar com a respectiva torneira de bóia é de uso generalizado. Regra geral, estes reservatórios estão no máximo a 10 m de altura em relação ao logradouro público ou quando o prédio é mais alto (mais de dois pavimentos), são adotados dois reservatórios, um inferior e outro superior, e um sistema de recalque.

Nesta situação, o aspecto de perda de carga no hidrômetro não é, em geral, crítico e os picos de demanda são atendidos pelo reservatório que funciona como volante. Tem influência no padrão da vazão de alimentação a pressão na rede, a perda de carga no hidrômetro e no ramal, e também o tipo de torneira de bóia, a relação entre a área da seção horizontal e o volume do reservatório, além, é claro, do padrão de consumo do prédio.

O uso do reservatório com torneira de bóia diminui os valores das vazões ocorrentes nos hidrômetros, tendendo a haver um volume significativo de água entregue em vazões abaixo do limite inferior de medição do hidrômetro, com a conseqüente submedição do mesmo. Pesquisa de avaliação em campo realizada pela Cia. Riograndense de Saneamento (Oliveira e Cestari, 1983) em três cidades do Rio Grande do Sul encontraram valores de erro médio da micromedição variando entre -11% e -34%. A Sabesp (Dib, 1979), já verificou que este problema se agrava com o envelhecimento do hidrômetro, já que os erros negativos aumentam com o desgaste.

(\*) Trabalho apresentado no I Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.

(\*\*) Pesquisador — Divisão de Edificações Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S. A. — São Paulo — Brasil.

Assim, o interesse em conhecer como se relacionam volumes entregues e vazões nos hidrômetros é justificável em função de possibilitar:

- estimar quanto da perda do sistema de distribuição, definida como a diferença entre as totalizações, respectivamente, da macro e da micromedicação, é devido a erros negativos na micromedicação;
- dimensionar adequadamente os hidrômetros para diversas situações;
- obter dados para uma análise custo-benefício da política de manutenção e substituição de hidrômetros.

## 2. INSTRUMENTAÇÃO

A instrumentação foi descrita detalhadamente em ocasião anterior (Montenegro, 1981).

Basicamente, consiste de hidrômetro volumétrico, de transmissão magnética (modelo Badger Recordall 15), na qual se colocou um interruptor magnético que é acionado pelo movimento do eixo do hidrômetro gerando um pulso a cada 10,8 ml<sup>(1)</sup>. O interruptor é ligado ao Dica (Dispositivo Condicionador e Armazenador de Vazão), capaz de contar e registrar o número de pulsos gerados pelo interruptor magnético a cada intervalo de cinco minutos, por um período de uma semana.

Retirado do campo, o Dica é conectado a um computador programado para efetuar a leitura dos dados e processá-los fornecendo a curva vazão x tempo, o histograma de vazões considerados determinados intervalos e os volumes entregues em cada faixa de vazão.

Na pesquisa foram utilizados 30 pares de hidrômetros e Dicas.

O hidrômetro utilizado tem vazão máxima de 3,6 m<sup>3</sup>/h. Segundo seu fabricante seu erro máximo na faixa entre 28 e 56 l/h é de -3% e entre este último valor e 4.500 l/h é de ± 1,5%. Estes limites foram razoavelmente cumpridos em uma aferição preliminar feita nos hidrômetros no início dos trabalhos.

## 3. RESULTADOS

São apresentados os resultados consolidados da pesquisa de vazão em 403 ligações prediais. Estas ligações foram divididas em sete classes de consumo, conforme descrito:

Classe	Consumo médio mensal (m <sup>3</sup> )
A	até 5
B	5 a 10
C	10 a 20
D	20 a 30
E	30 a 45
F	45 a 65
G	65 a 90

Cada ligação pesquisada gerou como resultado um gráfico vazão x tempo, o histograma e os valores de volume por classe de vazão já referidos anteriormente. A Figura 1 apresenta um resultado típico, no caso, uma ligação da classe D. Uma série de informações adicionais que caracterizam a ligação são incluídas. O histograma indica a porcentagem de tempo que o hidrômetro funcionou em cada classe de vazão.

São também fornecidas as leituras iniciais e finais do hidrômetro volumétrico instalado para a pesquisa e do hidrômetro originalmente existente na ligação (designado por hidrômetro Sabesp) e que permaneceu ligado em série durante a medição.

Os resultados individuais de todas as ligações constam de relatórios técnicos emitidos por ocasião da pesquisa (Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1982/83).

As figuras 2 a 8 apresentam os resultados consolidados das várias medidas efetuadas, agrupadas por classe de consumo médio mensal. Cada Figura fornece o histograma de vazões em termos de frequência relativa e frequência acumulada. Os números acima de cada barra dos histogramas correspondem à quantidade absoluta de medidas em cada classe de vazão. É apresentada também uma curva de volume acumulado percentual. Na Tabela abaixo do gráfico se informa o volume medido em cada classe de

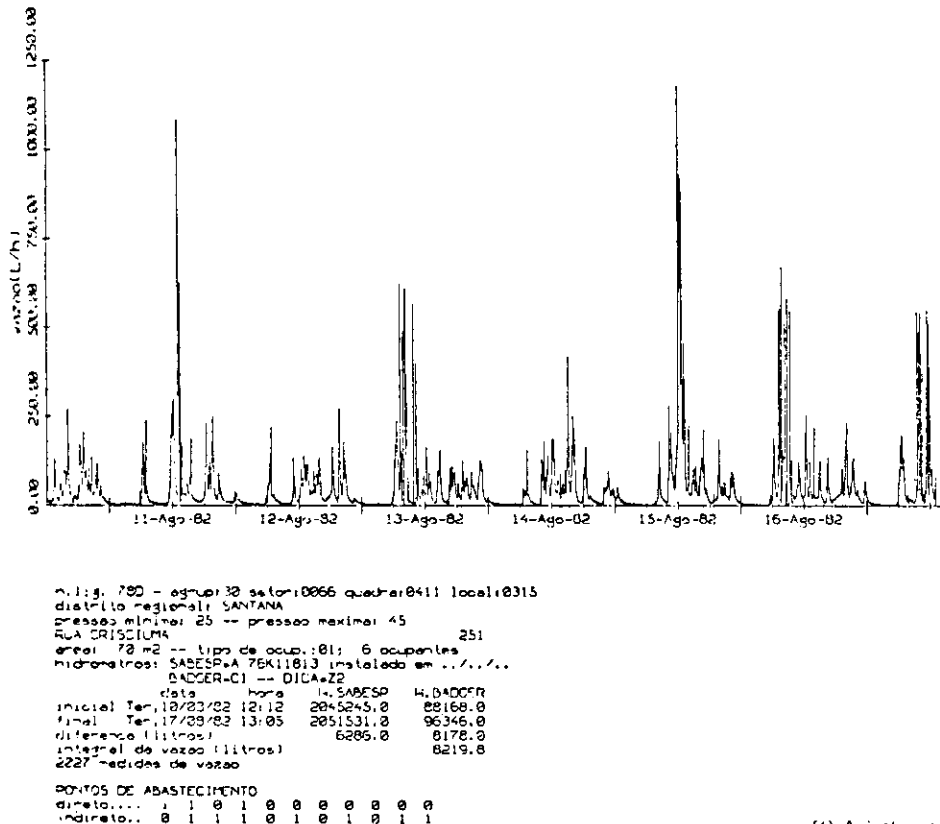


Figura 1 — Gráfico de vazão e tempo e histograma de vazões.

(1) A instrumentação do hidrômetro com interruptor magnético já havia sido utilizada no National Bureau of Standards (GROT, 1977).

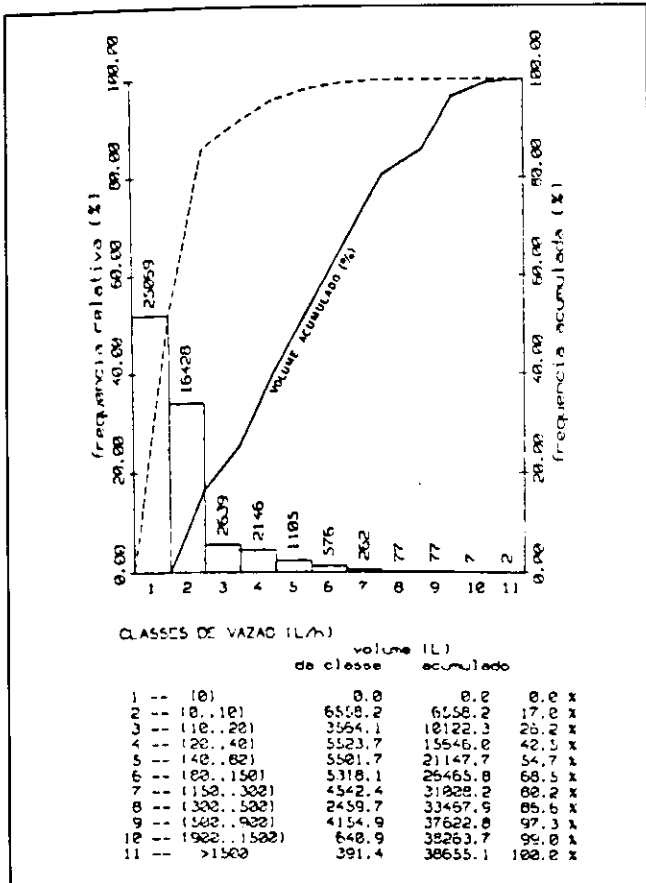


Figura 2 — Resultado consolidado de 25 medidas de ligações classe A (consumo mensal até 5 m³).

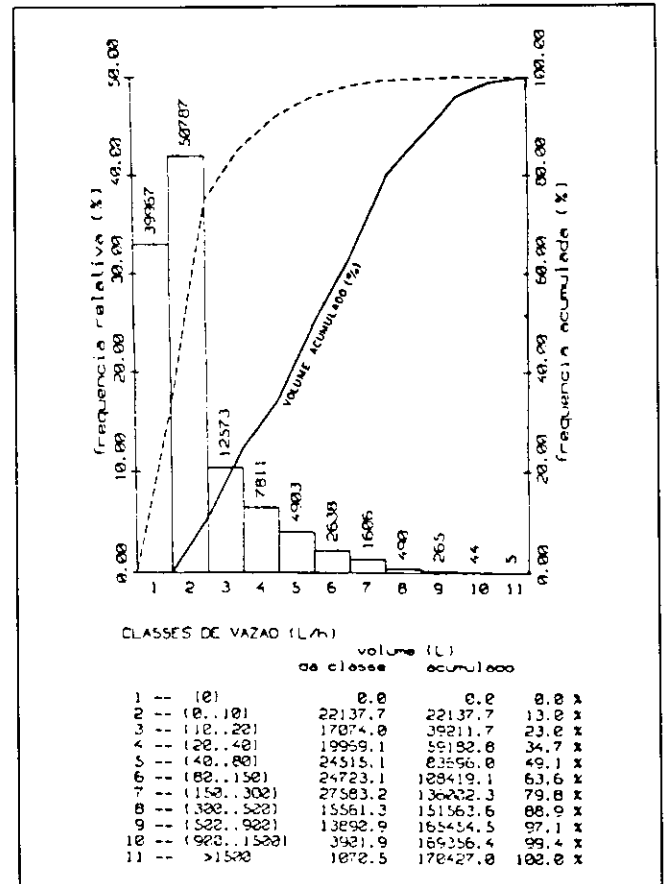


Figura 3 — Resultado consolidado de 60 medidas em ligações classe B (consumo mensal entre 5 e 10 m³).

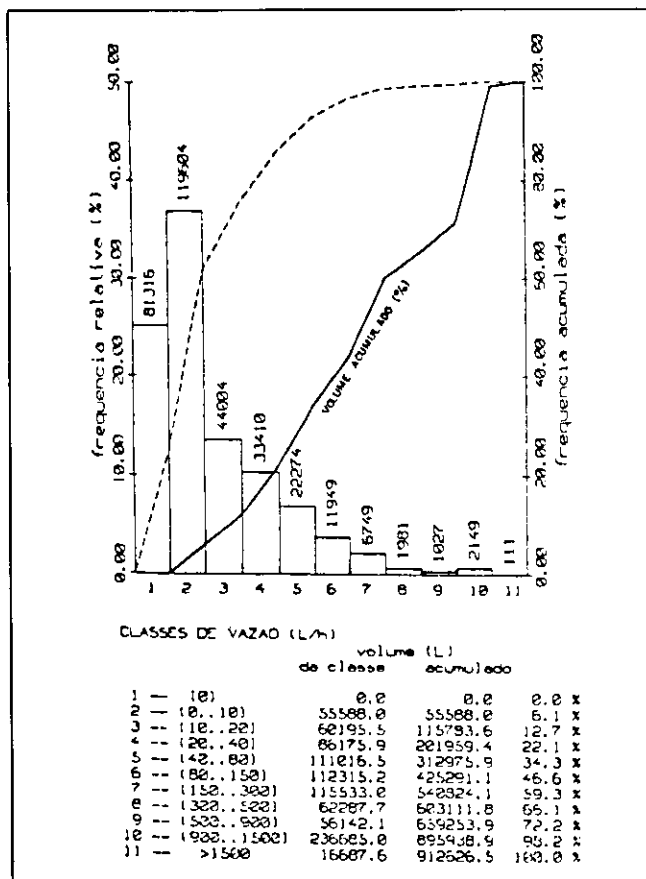


Figura 4 — Resultado consolidado de 162 medidas em ligações classe C (consumo mensal entre 10 e 20 m³).

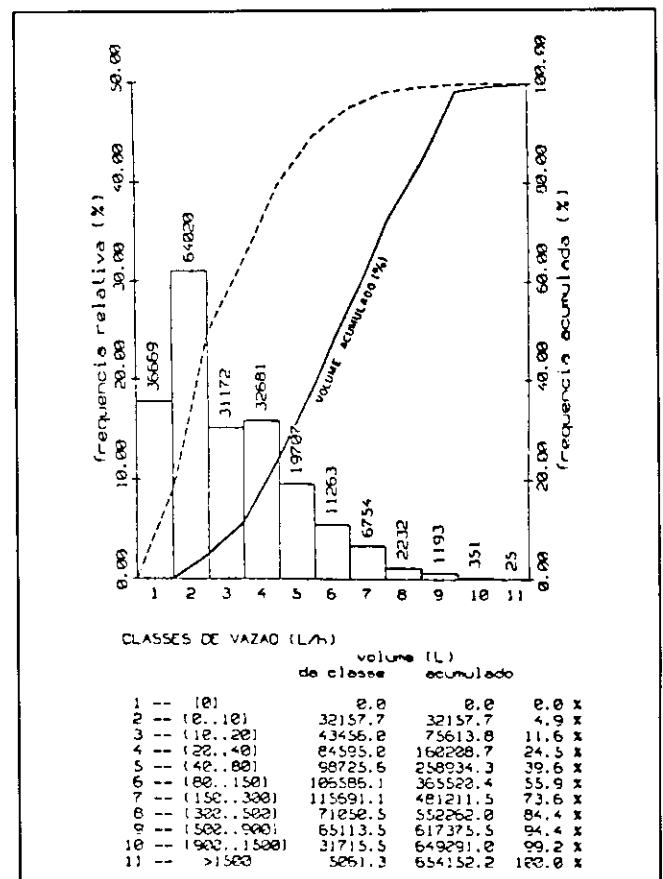


Figura 5 — Resultado consolidado de 102 medidas em ligações classe D (consumo mensal entre 20 e 30 m³).

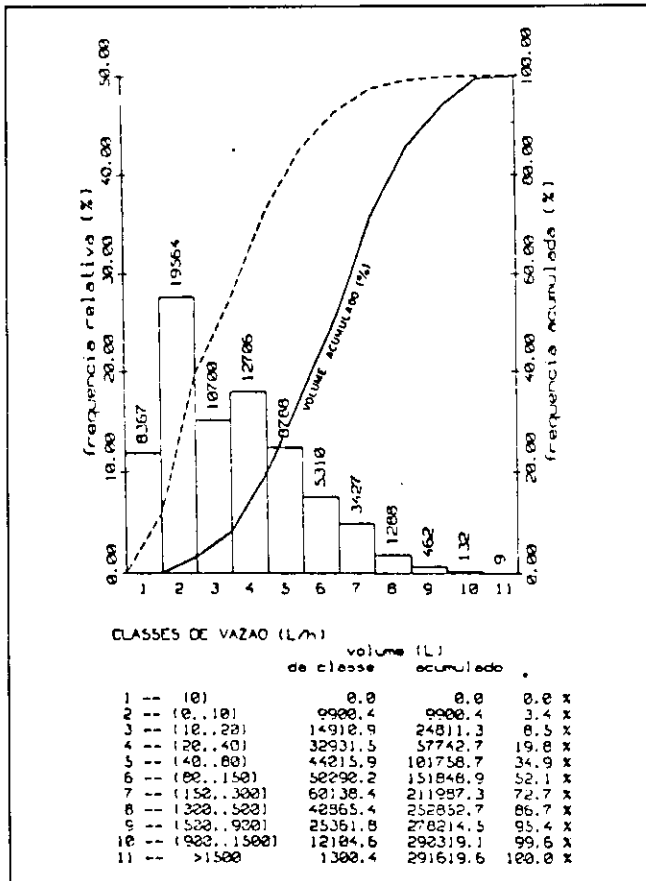


Figura 6 — Resultado consolidado de 35 medidas em ligações classe E (consumo mensal entre 30 e 45 m³).

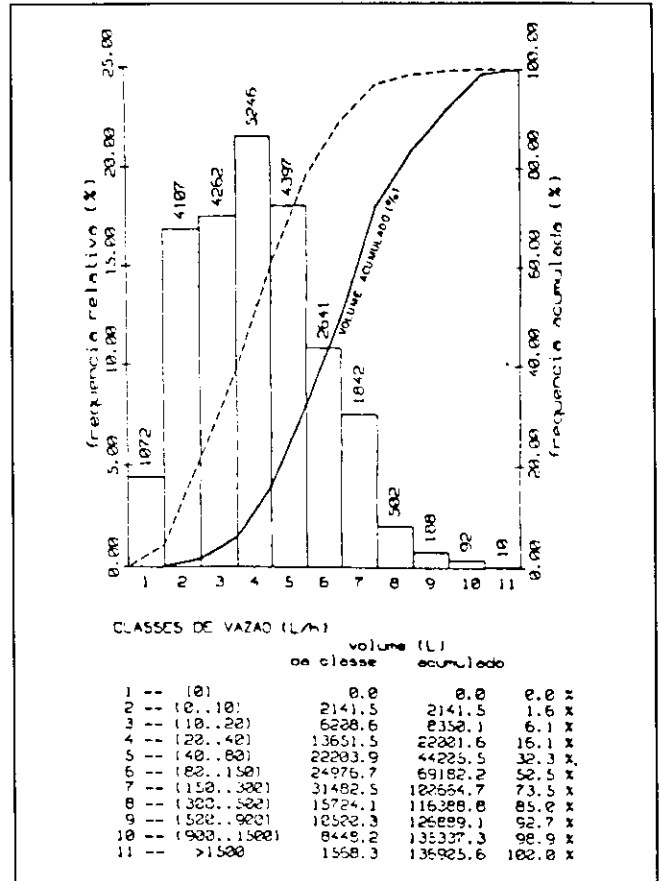


Figura 7 — Resultado consolidado de 12 medidas em ligações classe F (consumo mensal entre 45 e 65 m³).

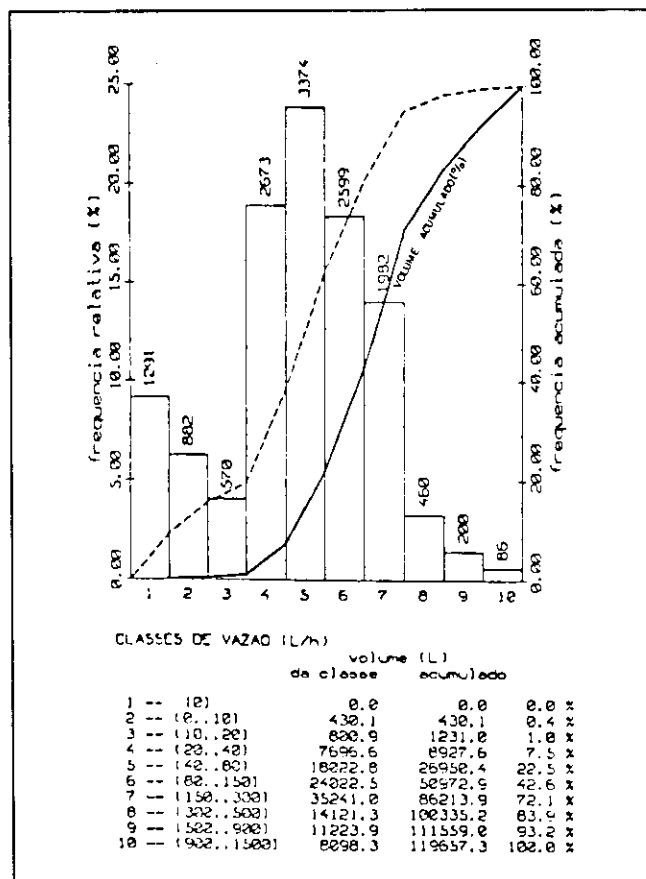


Figura 8 — Resultado consolidado de 7 medidas em ligações classe G (consumo mensal entre 65 e 90 m³).

vazão, o volume acumulado e o volume percentual acumulado. Todos os valores apresentados consolidam os resultados obtidos nas várias ligações pesquisadas em cada classe de consumo médio mensal.

A Figura 9 apresenta o resultado consolidado de todas as 403 ligações, independentemente de classe de consumo.

#### 4. CONCLUSÕES

O exame dos gráficos das Figuras 2 a 8 permite afirmar que:

- a) a distribuição das vazões que ocorrem nas ligações prediais pesquisadas é função do consumo médio mensal, havendo um aumento da frequência dos valores mais altos de vazão com o aumento do consumo, como se pode verificar no quadro da página seguinte.

Em nenhuma classe de consumo, houve vazões maiores que 1.500 l/h em que mais de 1,8% do tempo (26 min/dia) e em todas classes de consumo menos uma, este valor foi menor que 1% (14 min/dia).

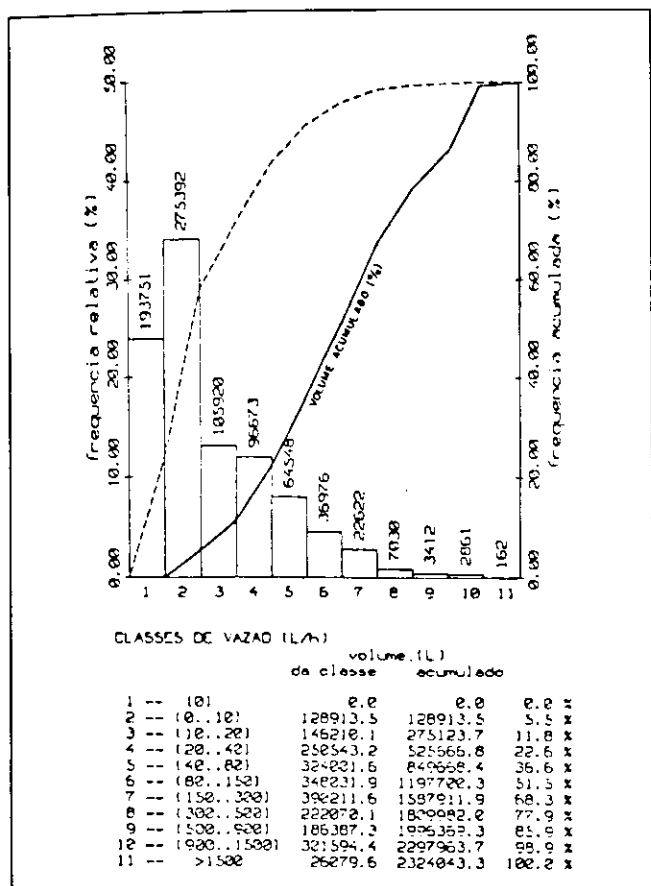


Figura 9 — Resultado consolidado das 403 medidas com consumo mensal até 90 m³.

Classe de consumo	Vazão abaixo da qual o hidrômetro funciona	
	50% do tempo	90% do tempo
A — até 5 m³	0	20
B — 5 a 10 m³	5	40
C — 10 a 20 m³	7	75
D — 20 a 30 m³	12	100
E — 30 a 45 m³	18	140
F — 45 a 65 m³	30	200
G — 65 a 90 m³	60	250

b) 50% do volume é entregue abaixo de uma vazão que varia entre cerca de 60 l/h e 250 l/h conforme o consumo médio mensal, enquanto 90% do volume é entregue abaixo de uma vazão que varia entre 600 l/h e 1.300 l/h, conforme o consumo médio mensal;

c) abaixo são transcritos os valores das vazões mínimas (limite inferior de exatidão) (2) e vazões de transição (vazão separadora) adotados pela norma NBR 8193 para os diversos tipos de hidrômetros previstos na NBR 8194:

Classe	Vazão máxima (característica)	(m³/h)	Vazão (L/h)			
			1,2	1,5	2,0	3,0
Classe A	Q min	(L/h)	24	30	40	60
	Qt	(L/h)	60	75	100	150
Classe B	Q min	(L/h)	12	15	20	30
	Qt	(L/h)	48	60	80	120

(2) A denominação entre parênteses está em desuso e era adotada na EB-147-1969, cancelada em 1983. A denominação atual é fixada na NBR 8009.

O confronto desses valores com os resultados obtidos sugere vantagens na utilização de hidrômetros menores que os de 3 m³/h de vazão máxima para poder medir melhor os volumes fornecidos nas vazões baixas, que como se viu são significativos. Considere-se ainda o reduzido tempo em que ocorreram vazões acima de 1.500 l/h nas ligações pesquisadas como um fator que reforça esta tese.

O estudo que correlaciona curvas de erros de hidrômetros novos ou usados com as curvas de volumes entregues por classe de vazão visando estimar erro na micromedida não é feito no âmbito deste trabalho.

### AGRADECIMENTOS

O autor registra a participação dos engs. Guido Stolfi e Danton Nunes nesta pesquisa, respectivamente no desenvolvimento do projeto do Dica e na programação do computador e processamento dos dados.

### BIBLIOGRAFIA

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Hidrômetro taquimétrico para água fria: especificação. 1983 (NBR 8193).
- . Hidrômetro taquimétrico para água fria: dimensões — padronização. 1983 (NBR 8194).
- . Hidrômetro taquimétrico para água fria: terminologia. 1983 (NBR 8009).
- BORBA JÚNIOR, E. F. et alii. Programa especial de redução de perdas 1978/83 na RMSP. *Rev. DAE, São Paulo*, 38 (119): 88-96, 1978.
- DIB, M. E. M. Trabalho de pesquisa e controle de perdas executados na Sabesp. *Rev. DAE, São Paulo*, 38 (119): 169-89, 1978.
- HIMMLER, F. Bemessung von Wasserzählern nach Kenndaten der Verbrauchsanlagen auf Grund von Versuchen der Münchener Wasserwerke (Dimensionamento de hidrômetros segundo os dados característicos de consumo, com base em pesquisas do Departamento de Águas de Munique). (xerox)
- GROT, R. A. Instrumentation system and data analysis programs for evaluating plumbing system performance. Washington, National Bureau of Standards, 1977. (draft)
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO S. A. Medição de vazão em ligações prediais equipadas com hidrômetros de 3m³/h. São Paulo, 1982/83. (Relatórios IPT n.º 17.307; 17.650; 18.199; 18.742 e 19.039.)
- MONTENEGRO, M. H. F. Instrumentação de hidrômetros para medição de vazão em ligações prediais. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S. A., 1981. (Trabalho apresentado ao XI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Fortaleza, Ceará, 20-25, set. 1981.)
- OLIVEIRA, J. H. S. e CESTARI, A. Avaliação de campo dos erros de micromedida. Porto Alegre, Cia. Riograndense de Saneamento, 1983. (Trabalho apresentado ao XII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Balneário Camboriú, SC, 20-25, 1983.)