

Estimativa da água não medida nos hidrômetros taquimétricos classe metrológica “A”, residências unifamiliares de $3\text{m}^3/\text{hora} \times \frac{3}{4}$ ”.¹

¹ Escrito em março de 1997 e revisto em julho de 1998

Sumário

- 1) Introdução**
- 2) Erro em medidores nos Estados Unidos da América**
- 3) Principais causas da submedição**
- 4) Definição de erro do hidrômetro**
- 5) Como calcular o erro do hidrômetro**
- 6) Medida do erro (Instituto Nacional de Metrologia – INMETRO)**
- 7) Dados técnicos do Serviço Autônomo de Água e Esgoto – SAAE de Guarulhos**
- 8) Pesquisa de micromedidores de 3m³/hora**
- 9) Pesquisa efetuada**
- 10) Continuação das pesquisas**
- 11) Conclusão**
- 12) Bibliografia**

1) Introdução

Neste texto, mostraremos como realiza-se a estimativa da quantidade de água não medida em hidrômetros residenciais classe metrológica “A”, de 3 m³/hora x ¾”. Ela é baseada no *Manual of Water Supply Practices M36-Water Audits and Leak Detection (Manual de Prática de Abastecimento da Água M36-, Fiscalização de Água e Detecção de Vazamentos)*, da Associação Americana de Instalação de Água (American Water Works Association – AWWA), e no livro *Water and Revenue Losses Unaccounted-for- Water (Água e Perdas de Receita devido à Água não Contabilizada)*, da Fundação de Pesquisas da AWWA, fazendo parte do objetivo global de realizar a estimativa de perdas d’água.

Assim, apresentaremos dados da AWWA e do SAAE de Guarulhos.

O orçamento de um serviço de água é, praticamente, baseado na água medida. Se existir um erro na medição, com leitura de menor volume do que o volume real, haverá perdas de dinheiro e, ao contrário, se o medidor marcar acima do volume real, haverá uma tarifa muito cara ao usuário.

Assim, o erro, para mais ou para menos, deverá ficar dentro de limites razoáveis. As verificações por nós realizadas em Guarulhos apontaram que os erros trazem prejuízos ao serviço de água, o que parece ser regra geral em todos esses serviços.

2) Erro em medidores nos Estados Unidos da América

O erro nos medidores aumenta com longos períodos sem manutenção ou manutenção imprópria. Também os medidores em altas pressões tendem a registrar a menos, conforme dados da AWWA, de 1962.

Estudos feitos nos Estados Unidos, em hidrômetros domésticos de 5/8” (mais comum), apontaram erros do tipo:

- a) a água total não medida devida ao hidrômetro de 5/8” pode chegar aos 2% do sistema total;
- b) a precisão do hidrômetro de 5/8” passa de 2% a 7%, em 20 anos de serviço;
- c) os hidrômetros parados de 5/8” podem ter erros de 3% ao ano.

3) Principais causas da submedição

As principais causas da submedição são as seguintes:

- a) dimensionamento errado dos medidores;
- b) instalação errada dos medidores;
- c) escolha do tipo errado de medidor;
- d) falhas no programa da manutenção preventiva;
- e) a performance do medidor não é compatível com o uso dos usuários;
- f) o serviço de água não tem um programa de comparação mensal do usuário, considerando os anos anteriores;
- g) a transmissão magnética entre o medidor e o registro falha, havendo um escorregamento;
- i) qualidade da água;
- k) formação de produtos químicos na água;
- l) hidrômetro inclinado.

4) Definição de erro do hidrômetro

Erro no hidrômetro é a porcentagem de água que passa por ele num sistema de distribuição de água, e que não é propriamente medida. O erro relativo (percentual) é calculado pela fórmula:

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

sendo :

E = erro relativo em porcentagem (%);

Li = leitura inicial do hidrômetro;

Lf = leitura final do hidrômetro;

Ve = volume escoado, recolhido na medida de capacidade aferida.

5) Como calcular o erro do hidrômetro

Vamos definir dois tipos de hidrômetros: os pequenos são os ¾” e 1”, e os grandes são os de 2”, 3”, 4”, 6”.

Para os hidrômetros pequenos, recomendam-se amostras de 50 a 100 hidrômetros e para os hidrômetros grandes, amostras de 10 hidrômetros.

A escolha de hidrômetros deverá ser aleatória, podendo ser usado, por exemplo, tabela de números aleatórios. Os hidrômetros que foram colocados na rede há menos de dois anos não deverão ser considerados, pois, podem ser considerados praticamente novos.

Poder-se-ia também escolher os hidrômetros por faixa de idade, por exemplo, proporcionalmente à quantidade com a faixa de idade.

6) Medida do erro (Instituto Nacional de Metrologia – INMETRO)

Para a medida do erro do hidrômetro, retiramos o hidrômetro e o levamos para uma banca de aferição, com lentilhas aferidas e com volume determinado.

Usamos, no caso, uma típica banca de aferição, fornecida pelo Liceu de Artes e Ofícios.

Segundo o INMETRO (Normalização e Qualidade Industrial - Portaria 29, de 7 de fevereiro de 1994), os hidrômetros novos deverão ser aferidos em três faixas de vazões:

baixa vazão: entre $Q_{mín}$ e $1,1 Q_{mín}$;

média vazão : entre Q_t e $1,1 Q_t$;

alta vazão : entre $0,45 Q_{máx}$ e $0,50 Q_{máx}$

Sendo :

$Q_{máx}$ = (vazão máxima) é a maior vazão, em escoamento uniforme, na qual a perda de carga é, no máximo, de 0,1 Mpa e o hidrômetro, solicitado a funcionar por um tempo determinado, fornece indicações que não possuam erros superiores aos erros máximos tolerados.

Q_t = (vazão de transição) é a vazão em escoamento uniforme, que define a separação dos campos de medição inferior e superior;

$Q_{mín}$ = (vazão mínima) é a menor vazão, na qual o hidrômetro fornece indicações que não possuam erros superiores aos erros máximos tolerados;

Faixa de medição: intervalo que comporta vazões compreendidas entre a vazão mínima e a vazão máxima;

Campo inferior de medição: intervalo que comporta vazões compreendidas entre a vazão mínima (inclusive) e a vazão de transição (exclusive).

Campo superior de medição: intervalo que comporta vazões compreendidas entre a vazão de transição (inclusive) e a vazão máxima.

Como a maioria dos hidrômetros do SAAE são da classe metrológica “A”, os valores adotados para os ensaios de verificação inicial foram os seguintes:

- a) $\pm 5\%$ entre $Q_{\text{mín}}$ inclusive e Q_t exclusive, e
- b) $\pm 2\%$ entre Q_t inclusive e $Q_{\text{máx}}$ inclusive.

Para hidrômetros em uso, serão aprovados, segundo o INMETRO, em verificações periódicas ou eventuais, desde que os seus erros máximos tolerados não ultrapassem:

- a) $\pm 10\%$ entre $Q_{\text{mín}}$ inclusive e Q_t exclusive; e
- b) $\pm 5\%$ entre Q_t inclusive e $Q_{\text{máx}}$ inclusive.

É interessante observar que o INMETRO afirma, categoricamente, que as verificações periódicas efetuadas nos hidrômetros não deverão ser em intervalos de tempo superiores a cinco anos.

O INMETRO também diz que o hidrômetro em uso, quando reprovado em verificação periódica ou eventual, após sua manutenção preventiva ou corretiva, deverá ser submetido a nova verificação metrológica e estar de acordo com os erros tolerados nos hidrômetros novos, isto é, $\pm 5\%$ ($Q_{\text{mín}}$ inclusive e Q_t exclusive) e $\pm 2\%$ (Q_t inclusive e $Q_{\text{máx}}$ inclusive).

Os testes padrões nos Estados Unidos para hidrômetros volumétricos (AWWA, *Standard for Cold Meters*, 1977) são os seguintes:

Vazões	Litros/segundo	Galão por minuto	Litros/hora
baixa	0,016	0,25	57,6
média	0,13	2	468
alta	0,95	15	3420

Para hidrômetros pequenos e grandes, as porcentagens de volume por faixa de vazão são as seguintes:

Vazões	Hidrômetros pequenos	Hidrômetros grandes
	Porcentagem de volume	Porcentagem de volume
baixa	2,0%	10%
média	63,8%	65%
alta	34,2%	25%
Total	100,0%	100%

Pesquisas feitas pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), na faixa de consumo de zero a 90 m³/mês, nos forneceram o seguinte:

Vazão em instalações hidráulicas prediais e consumo domiciliar na cidade de São Paulo, setembro/1987.

Vazões	Faixa de vazões	Porcentagem de volume
baixa	20 a 40 litros/hora	22,1 %
média	40 a 150 litros/hora	28,9 %
alta	150 a 1500 litros/hora	49,0%
Total		100,0%

Comparemos, agora, os dados médios dos Estados Unidos com os do Brasil:

Vazões	EUA	Brasil
baixa	2%	22,1%
média	64%	28,9%
alta	34%	49,0%
Total	100%	100,0%

Observe-se que temos mais volume nas vazões baixas no Brasil do que nos Estados Unidos. Temos menos volume nas altas vazões, do que os americanos. Observamos que isto deve ser uma decorrência de nos EUA não haver caixa d'água e no Brasil esta ser responsável por haver menores volumes nas pequenas vazões. No Brasil, há reservatórios domiciliares em 80% das residências, conforme pesquisas da SABESP.

É importante observar que os volumes são diferentes para tipo de vazão ensaiada nos medidores. Daí não ser possível usar um dado médio.

7) Dados técnicos do SAAE de Guarulhos

É importante apresentar um perfil do SAAE na época da pesquisa.

Tabela de categorias de consumo e ligações (agosto de 1995)

Categoria de consumo	Consumo mensal micromedido (m³)	Porcentagem de consumo
Residencial	3.017.865	75,70%
Comercial	352.880	8,85%
Industrial	461.592	11,58%
Público	154.092	3,87%
Total	3.986.429	100,00%

Tabela de ligações de água por categoria de consumo

Categoria de consumo	Ligações de água (unidade)	Porcentagem de ligações
Residencial	146.391	89,28%
Comercial	15.187	9,26%
Industrial	1.768	1,08%
Público	631	0,38%
Total	163.977	100,00%

No SAAE de Guarulhos, os hidrômetros são padronizados, não havendo hidrômetros de 5m³/h, 7m³/h, 20m³/h e outros.

Tabela da quantidade de hidrômetros instalados no SAAE (março de 1995)

Hidrômetro por capacidade ou diâmetro em milímetros	Numero de medidores	Porcentagem (%)
1,5 x ¾	41.011	24,5863
3 x ¾	124.939	74,9016
10 x 1"	497	0,2979
30 x 2"	243	0,1456
50 mm	86	0,0515
80 mm	25	0,0149
100 mm	2	0,0011
150 mm	1	0,0005
Total	166.804	100,0000

Observe-se que 99,49% dos hidrômetros de Guarulhos são de 3m³/hora x ¾" ou 1,5m³/hora x ¾" .

Dados técnicos de 31 de dezembro de 1995

Discriminação	Valores
População rural	6.000 habitantes
População urbana	916.237 habitantes
População total	922.237 habitantes
Extensão de rede de água	1.610.746 m
Extensão de rede de esgotos sanitários	963.026 m
Ligações de água com hidrômetros(100%)	163.977 unidades
Ligações de esgoto sanitário	113.188 unidades
Vazão média distribuída	2503 l/s
Volume total dos reservatórios em funcionamento	82.690 m³
Porcentagem da população abastecida com água potável	86%
Porcentagem da população servida por rede coletora de esgoto sanitário	60%

Tabela de hidrômetros instalados no SAAE no período de 1 de janeiro de 1968 até 31 de dezembro de 1993 (30 de novembro de 1996)

Ano Inst.	Quant. hidr.	Acum.	Acum. %
1968	6	6	0.0055
1969	2	8	0.0073
1970	7	15	0.0137
1971	4	19	0.0174
1972	11	30	0.0274
1973	23	53	0.0484
1974	34	87	0.0795
1975	58	145	0.1325
1976	88	233	0.2129
1977	183	416	0.3800
1978	289	705	0.6441
1979	532	1237	1.1301
1980	2241	3478	3.1774
1981	6122	9600	8.7702
1982	5533	15133	13.8250
1983	6403	21536	19.6746
1984	7007	28543	26.0760
1985	6072	34615	31.6231
1986	5783	40398	36.9063
1987	4453	44851	40.9744
1988	5136	49987	45.6665
1989	4898	54885	50.1411
1990	7693	62578	57.1692
1991	10905	73483	67.1317
1992	17394	90877	83.0223
1993	18584	109461	100.0000
Total	109.461	hidrômetros	

Tabela da quantidade de medidores e respectivas vazões e porcentagens

(8 de março de 1995)

Vazão do hidrômetro	Quantidade de hydr.	Quantidade de hydr. em %	Consumo medido (m ³)	Consumo medido em %	Consumo medido em % acum.
1,5 m³/hora	41.011	24,5863	599.826	14,96	14,96
3,0 m³/hora	124.939	74,9016	2.617.170	65,27	80,23
10 m³/hora	497	0,2979	166.143	4,14	84,37
30 m³/hora	243	0,1456	222.091	5,54	89,91
50 mm	86	0,0515	287.594	7,17	97,08
80 mm	25	0,0149	98.966	2,47	99,55
100 mm	2	0,0011	14.817	0,37	99,92
150 mm	1	0,0005	3.230	0,08	100,00%
Total	166.804	100,0000%	4.009	100,00%	

Observe-se que 80,23 % do volume micromedido são distribuídos pelos medidores de 3m³/h e 1,5 m³/h.

Tabela de dimensionamento de ligação de água e seleção de hidrômetros taquimétricos, em função do consumo provável mensal (Portaria 10.174/91).

Vazão máxima do medidor	Consumo provável (m ³ /mês)	Diâmetro do cavalete
1,5 m³/hora	0...90	¾”(unijato)
3 m³/hora	60...285	¾”(unijato ou multijato)
10 m³/hora	220...900	1”(multijato)
		<u>Hidrom. Woltmann Verticais</u>
300 m³/dia	720...6.500	50 mm
1.100 m³/dia	2.000...13.000	80 mm
1.800 m³/dia	3.000...19.500	100 mm
4.000 m³/dia	11.100...86.500	150 mm

8) Pesquisa de micromedidores de 3m³/hora

O Serviço Autônomo de Água e Esgoto – SAAE, de Guarulhos, possui três marcas de hidrômetros: LAO (Liceu de Artes e Ofícios), Tecnobrás e CBM (Companhia Brasileira de Medidores), todos da classe metrológica “A”. Somente os últimos 26 mil hidrômetros adquiridos pelo SAAE são da classe

metrológica “B”. Os hidrômetros taquimétricos para água fria possuem capacidade máxima de 3m³/hora, e multijatos com transmissão magnética ou mecânica. A pesquisa foi feita durante os meses de julho, agosto e setembro de 1995, no município de Guarulhos, e nas instalações do SAAE.

Foi utilizada uma tabela de números aleatórios para a escolha de 100 amostras com mais de dois anos de uso, com a condição de que as residências tivessem somente uma economia. Foram escolhidos, também, os bairros que têm água 24 horas por dia, eliminando-se a escolha caso o abastecimento fosse intermitente. Em situações nas quais a escolha dos números aleatórios caísse sobre uma categoria diferente, pegar-se-ia a residência logo abaixo. A escolha de residências unifamiliares, deveu-se ao fato de que pretendíamos pesquisar, também, a obtenção de fórmula matemática usando Análise de Regressão Linear Múltipla, o que também foi feito.

A banca de aferição usada foi a do SAAE de Guarulhos que é da marca LAO.

Ali podem ser aferidos até 80 hidrômetros, simultaneamente .

9) Pesquisa efetuada

Foram anotadas as datas em que foi efetuada a ligação de água e a da última manutenção, o número do hidrômetro e o consumo médio nos últimos seis meses. Considerou-se como o ano do hidrômetro, aquele que estava constando na carcaça, como da ligação ou da última manutenção, conforme o caso.

Nº ordem	Data ligação	Última manutenção	Nº do hidrômetro	Ano do hidrômetro	Consumo mensal
1	1/03/79	28/04/83	77/119288	77	24
2	28/12/85	28/12/85	077/115939	77	23
3	28/09/82	28/09/82	077/116096	77	18
4	28/10/85	28/10/85	077/119539	77	24
5	28/09/82	28/09/82	077/120381	77	16
6	28/04/84	28/04/84	077/118757	77	9
7	28/08/83	28/08/83	078/064015	78	7

Nº ordem	Data ligação	Última manutenção	Nº do hidrômetro	Ano do hidrômetro	Consumo mensal
8	1/12/78	28/07/84	142873	78	17
9	1/12/78	28/01/86	1400101	78	16
10	28/04/85	28/04/85	078/119437	78	19
11	28/11/84	28/11/84	078/036770	78	41
12	1/12/78	28/02/82	1423504	78	46
13	28/11/85	28/11/85	079/121804	79	42
14	28/05/80	28/05/80	079/092140	79	8
15	28/06/84	28/06/84	079/060602	79	19
16	28/05/85	28/05/85	079/118978	79	30
17	28/02/81	28/02/81	079/119399	79	15
18	28/09/80	28/09/80	079/118035	79	4
19	28/09/80	28/09/80	079/118148	79	15
20	28/02/81	28/02/81	80/001810	80	26
21	28/12/81	28/12/81	081/050076	81	26
22	1/09/82	28/07/82	81/045015	81	9
23	1/02/83	28/11/82	81/045883	81	57
24	28/07/81	28/07/81	555224	81	27
25	28/10/81	28/10/81	081/053157	81	35
26	3/04/92	28/03/82	081/045471	81	27
27	28/01/82	28/01/82	081/044343	81	22
28	28/02/83	28/02/83	82/027954	82	13
29	1/11/83	28/09/83	82/029757	82	10
30	28/05/82	28/05/82	24647	82	15
31	28/11/83	28/11/83	625584	83	0
32	28/02/84	28/02/84	786887	84	10
33	1/01/84	28/11/83	624866	84	4
34	3/09/92	28/01/84	770819	84	28
35	28/01/84	28/01/84	1424672	84	12
36	28/11/84	28/11/84	803923	84	6
37	28/08/84	28/08/84	884918	84	25
38	28/09/85	28/09/85	7697	85	22
39	28/09/85	28/09/85	B85T001455	85	13
40	22/08/92	28/10/85	B85T001760	85	10
41	28/02/86	28/02/86	B85T003126	85	29
42	28/05/85	28/05/85	4C70553	85	0
43	28/07/85	28/07/85	458645	85	11
44	28/06/85	28/06/85	295109	85	10
45	28/07/86	28/07/86	5652	86	3
46	28/06/86	28/06/86	136136	86	19

Nº ordem	Data ligação	Última manutenção	Nº do hidrômetro	Ano do hidrômetro	Consumo mensal
47	28/06/86	28/06/86	7028	86	10
48	28/07/86	28/07/86	B86T008103	86	13
49	28/07/87	28/07/87	B87T013753	87	17
50	28/03/89	28/03/89	A87S124146	87	21
51	28/07/87	28/07/87	B87T013969	87	8
52	28/05/87	28/05/87	B87T013050	87	17
53	28/04/88	28/04/88	102288	88	16
54	28/05/88	28/05/88	102885	88	23
55	28/06/88	28/06/88	A88T042908	88	12
56	28/01/89	28/01/89	B88L034061	88	26
57	23/02/88	23/02/88	116279	88	12
58	10/07/89	10/07/89	132576	89	23
59	13/07/89	13/07/89	134894	89	8
60	28/04/89	28/04/89	B89T125556	89	17
61	9/08/90	9/08/90	A90I218008	90	11
62	28/08/90	28/08/90	A90L111048	90	13
63	21/11/90	21/11/90	Y90L365901	90	33
64	15/06/90	17/08/90	218854	90	16
65	28/01/85	21/02/90	B90S035352	90	18
66	24/11/89	7/02/90	B90T137603	90	12
67	20/11/90	20/11/90	365824	90	4
68	17/05/91	17/05/91	V90L421036	90	9
69	27/02/91	27/02/91	386394	91	9
70	16/11/92	2/08/91	Y91L435833	91	17
71	28/11/86	4/12/91	Y91L449176	91	15
72	7/11/91	7/11/91	445904	91	12
73	5/12/91	5/12/91	447380	91	17
74	19/10/91	24/01/91	382078	91	19
75	6/03/91	6/03/91	385057	91	4
76	15/10/92	15/10/92	Y92L042534	92	2
77	11/02/92	11/02/92	463168	92	13
78	14/05/92	14/05/92	472538	92	25
79	21/02/92	21/02/92	462367	92	5
80	24/04/92	24/04/92	472503	92	17
81	28/03/79	28/04/93	Y92L041131	92	11
82	28/04/82	28/05/92	A92L953608	92	23
83	17/08/91	9/06/92	A92L879187	92	45
84	12/06/92	12/06/92	472430	92	20
85	28/01/83	10/07/92	A92L973458	92	13

Nº ordem	Data ligação	Última manutenção	Nº do hidrômetro	Ano do hidrômetro	Consumo mensal
86	28/11/83	13/07/92	A92L952620	92	30
87	19/05/92	19/05/92	473813	92	8
88	29/07/92	29/07/92	464486	92	8
89	28/09/85	14/01/93	Y92L034057	92	21
90	8/09/92	8/09/92	477774	92	14
91	28/01/87	1/06/93	Y92L038399	92	26
92	11/07/92	1/06/93	092L043143	92	25
93	28/01/83	30/07/92	A92L973542	92	19
94	28/09/87	22/09/92	A92L953930	92	5
95	28/12/81	1/10/92	A92L953410	92	20
96	28/05/85	8/01/93	Y92L041608	92	2
97	28/06/77	4/01/93	A92L913226	92	1
98	24/02/93	1/01/00	41793	93	16
99	28/08/82	26/07/93	Y93L009869	93	58
100	30/01/93	30/01/93	38720	93	10
Soma (m ³ /mês)					1731
Número de ligações					100
Média (m ³ /mês/lig.)					17
Média (l/dia x hab.)					118

Como pode ser verificado, as 100 residências unifamiliares tiveram um consumo de 1.73 m³, numa média de 17 m³ por ligação. A quota média *per capita* foi de 118 litros/dia x habitante .

Nº ordem	Luxo	Média	Baixa	Hab/casa	Data teste
1		x		5	24-Ago
2		x		4	4-Ago
3		x		7	1-Ago
4		x		4	3-Ago
5		x		4	5-Ago
6		x		4	3-Ago
7		x		4	27-Jul
8		x		4	24-Ago
9		x		5	24-Ago
10		x		4	3-Ago

Nº ordem	Luxo	Média	Baixa	Hab/casa	Data teste
11		x		11	2-Ago
12	x			5	23-Ago
13			x	3	26-Jul
14		x		4	27-Jul
15		x		4	3-Ago
16		x		7	3-Ago
17		x		4	2-Ago
18		x		7	28-Jul
19		x		4	28-Jul
20		x		5	23-Ago
21		x		8	26-Jul
22		x		3	24-Ago
23			x	15	24-Ago
24		x		5	3-Ago
25		x		7	3-Ago
26		x		9	3-Ago
27		x		2	3-Ago
28		x	x	6	24-Ago
29		x	x	5	24-Ago
30		x		5	7-Ago
31			x	6	23-Ago
32		x		4	26-Jul
33		x		3	24-Ago
34		x		3	3-Ago
35		x		4	3-Ago
36		x		3	28-Jul
37		x		5	4-Ago
38		x		4	4-Ago
39		x		4	31-Jul
40		x		3	1-Ago
41		x		6	1-Ago
42		x		4	7-Ago
44		x		4	22-Ago
45		x		5	26-Jul
46		x		10	26-Jul
47		x		3	4-Ago
48		x		10	31-Jul
49		x		4	26-Jul

Nº ordem	Luxo	Média	Baixa	Hab/casa	Data teste
50		x		5	5-Ago
51		x		2	2-Ago
52		x		5	28-Jul
53		x		7	3-Ago
54		x		2	1-Ago
55		x		5	2-Ago
56		x		10	2-Ago
57		x		2	24-Ago
58		x		5	2-Ago
59		x		4	28-Jul
60		x		5	22-Ago
61		x		3	27-Jul
62		x		3	26-Jul
63		x		5	3-Ago
64		x		2	4-Ago
65		x		4	24-Ago
66		x		3	28-Jul
67		x		2	31-Jul
68		x		3	7-Ago
70		x		6	27-Jul
71		x		5	4-Ago
72		x		2	3-Ago
73		x		1	2-Ago
74		x		4	1-Ago
75		x		5	7-Ago
76			x	6	27-Jul
77		x		5	26-Jul
78		x		10	26-Jul
79		x		1	26-Jul
80		x		5	26-Jul
81		x		5	4-Ago
82		x		4	4-Ago
83		x		16	6-Ago
84		x		4	2-Ago
85		x		4	28-Jul
86		x		5	28-Jul
87		x		3	27-Jul
88			x	3	28-Jul
89			x	6	1-Ago

Nº ordem	Luxo	Média	Baixa	Hab/casa	Data teste
90		x		4	31-Jul
91		x		4	31-Jul
92		x		7	7-Ago
93		x		5	23-Ago
94		x		2	22-Ago
95		x		6	22-Ago
96		x		2	7-Ago
97		x		4	22-Ago
98		x		4	26-Jul
99			x	10	24-Ago
100		x		4	2-Ago

10) Continuação das pesquisas

Foram anotadas as marcas dos hidrômetros e verificado se estes eram mecânicos ou magnéticos. Os hidrômetros foram instalados na banca de aferição do LAO e testados nas três vazões padrões: 40 litros/hora, 150 litros/hora e 1.500 litros/hora.

Nº ordem	Vazões de teste feitos em banca de aferição LAO			Tipo do medidor	Marca do hidrômetro	Consumo m ³
	40 litros/hora	150 litros/hora	1.500 litros/hora			
1	-10,0	0,0	3,0	mec	CBM	24
2	-2,0	6,0	8,0	mec	CBM	23
3	-8,0	4,0	4,0	mec	CBM	18
4	-9,0	16,0	14,0	mec	CBM	24
5	0,0	6,0	8,0	mec	CBM	16
6	-75,0	5,0	7,0	mec	CBM	9
7	-5,0	2,0	5,0	mec	CBM	7
8	-100,0	-2,0	-1,0	mec	CBM	17
9	6,0	11,0	11,0	mec	CBM	16
10	-6,0	7,0	5,0	mec	CBM	19
11	1,0	7,0	9,0	mec	CBM	41
12	-50,0	16,0	10,0	mec	CBM	46
13	-100,0	-100,0	14,0	mec	CBM	42
14	7,0	3,0	6,0	mec	CBM	8
15	8,0	12,0	11,0	mec	CBM	19
16	-3,0	2,0	2,0	mec	CBM	30

Nº ordem	Vazões de teste feitos em banca de aferição LAO			Tipo do medidor	Marca do hidrômetro	Consumo m ³
	40 litros/hora	150 litros/hora	1.500 litros/h			
17	0,0	5,0	5,0	mec	CBM	15
18	5,0	-1,0	0,0	mec	CBM	4
19	-27,0	1,0	4,0	mec	CBM	15
20	-100,0	-8,0	5,0	mec	CBM	26
21	11,0	2,0	1,0	mec	CBM	26
22	-100,0	3,0	6,0	mec	CBM	9
23	-8,0	4,0	3,0	mec	CBM	57
24	-1,0	5,0	-2,0	mec	LAO	27
25	13,0	3,0	5,0	mec	CBM	35
26	-5,0	1,0	1,0	mec	CBM	27
27	-100,0	-100,0	8,0	mec	CBM	22
28	-100,0	-1,0	1,0	mec	CBM	13
29	-7,0	2,0	1,0	mec	CBM	10
30	-24,0	1,0	1,0	mec	LAO	15
31	-100,0	-100,0	-99,0	mag.	TÉC.	0
32	-8,0	1,0	2,0	mag.	TÉC.	10
33	-18,0	2,0	1,0	mag.	TÉC.	4
34	-19,0	3,0	4,0	mag.	TÉC.	28
35	2,0	8,0	9,0	mec	CBM	12
36	0,0	1,0	0,0	mag.	TÉC.	6
37	-28,0	-2,0	-1,0	mag.	TÉC.	25
38	-9,0	4,0	5,0	mec	CBM	22
39	-11,0	-1,0	-1,0	mag.	TÉC.	13
40	-22,0	0,0	-1,0	mag.	TÉC.	10
41	-1,0	0,0	1,0	mag.	TÉC.	29
42	-4,0	5,0	2,0	mec	LAO	0
43	-8,0	4,0	-8,0	mec	LAO	11
44	12,0	15,0	5,0	mec	LAO	10
45	-100,0	-100,0	-100,0	mag.	TÉC.	3
46	-1,0	2,0	2,0	mag.	TÉC.	19
47	3,0	3,0	4,0	mec	CBM	10
48	-7,0	-1,0	1,0	mag.	TÉC.	13
49	-3,0	0,0	0,0	mag.	TÉC.	17
50	20,0	5,0	3,0	mec	CBM	21
51	-6,0	1,0	1,0	mag.	TÉC.	8
52	-5,0	-1,0	0,0	mag.	TÉC.	17
53	1,0	0,0	0,0	mag.	TÉC.	16
54	-3,0	0,0	0,0	mag.	TÉC.	23
55	-85,0	10,0	1,0	mag.	TÉC.	12

Nº ordem	Vazões de teste feitos em banca de aferição LAO			Tipo do medidor	Marca do hidrômetro	Consumo m ³
	40 litros/hora	150 litros/hora	1.500 litros/h			
56	-4,0	3,0	-3,0	mec	LAO	26
57	-13,0	4,0	6,0	mec	CBM	12
58	-13,0	0,0	1,0	mag.	TÉC.	23
59	-2,0	3,0	4,0	mag.	TÉC.	8
60	-13,0	5,0	3,0	mag.	LAO	17
61	-1,0	0,0	3,0	mec	TÉC.	11
62	8,3	19,7	0,5	mag.	LAO	13
63	-37,8	1,9	0,2	mag.	LAO	33
64	-1,0	-1,0	1,0	mec	LAO	16
65	7,0	11,0	12,0	mec	CBM	18
66	-7,0	-1,0	-2,0	mag.	TÉC.	12
67	-5,4	-1,2	-0,7	mag.	LAO	4
68	40,4	4,7	-0,6	mag.	LAO	9
69	-2,8	-2,6	-1,5	mag.	LAO	9
70	-100,0	-15,0	2,8	mag.	LAO	17
71	-100,0	-2,3	-0,6	mag.	LAO	15
72	69,4	6,1	1,7	mag.	LAO	12
73	59,8	-1,4	-2,0	mag.	LAO	17
74	-2,3	0,4	2,6	mag.	LAO	19
75	-100,0	-100,0	-2,9	mag.	LAO	4
76	7,7	-1,2	-0,9	mag.	LAO	2
77	9,0	-2,4	-1,9	mag.	LAO	13
78	-15,7	-3,3	-1,6	mag.	LAO	25
79	3,0	-12,1	-1,6	mag.	LAO	5
80	-51,5	-2,4	-1,6	mag.	LAO	17
81	-4,6	12,0	-38,2	mag.	LAO	11
82	-14,6	1,2	2,7	mag.	LAO	23
83	-11,6	0,8	2,7	mag.	LAO	45
84	-23,8	-2,9	-1,7	mag.	LAO	20
85	-0,6	21,7	0,4	mag.	LAO	13
86	6,0	0,3	2,1	mag.	LAO	30
87	-30,1	-3,5	0,0	mag.	LAO	8
88	-9,3	-8,2	-5,6	mag.	LAO	8
89	24,7	2,3	2,0	mag.	LAO	21
90	-8,1	-1,1	-2,8	mag.	LAO	14

Nº ordem	Vazões de teste feitos em banca de aferição LAO			Tipo do medidor	Marca do hidrômetro	Consumo m ³
	40 litros/hora	150 litros/hora	1.500 litros/h			
91	-11,6	-2,7	-2,9	mag.	LAO	26
92	-4,7	-1,2	-2,3	mag.	LAO	25
93	-15,9	1,4	-0,2	mag.	LAO	19
94	1,4	2,7	0,5	mag.	LAO	5
95	1,0	3,6	1,2	mag.	LAO	20
96	11,4	0,7	-0,6	mag.	LAO	2
97	1,6	2,5	-0,9	mag.	LAO	1
98	-1,1	-1,7	-0,5	mag.	LAO	16
99	8,1	-4,8	-0,9	mag.	LAO	58
100	-1,9	-0,3	-0,9	mag.	LAO	10
						Medido
TOTAL	-1537,6	-293,3	-43,0			1731
MÉDIA	-15,4	-2,9	-0,4			m ³

RESUMO GERAL ano 1995					
Vazões	Porcentagem	Erro	Volume	Volume	Erro do
ensaio nos	volume	médio	total	por faixa	medidor
Hidrômetros	médio	amostra			
(litros/hora)	(IPT)	%	(m ³)	(m ³)	(m ³)
O a 40	22,1%	-15,4%	3986429	881001	-135463
40 a 150	28,9%	-2,9%	3986429	1152078	-33790
150 a 1500	49,0%	-0,4%	3986429	1953350	-8399
TOTAL	100,0%			3986429	-177653

<i>Resumo</i>	<i>Volume (m³)</i>
Volume mensal que passa no hidrômetro	3.986.429
Submedição	-177.653
Volume medido mensal	3.808.776
Erro em porcentagem	-4,5%

É interessante notar que, obedecendo o INMETRO, para hidrômetros em uso, teríamos somente 40 hidrômetros aprovados em 100 unidades retiradas na pesquisa. Hidrômetros totalmente parados, isto é, nas três vazões, são somente dois em 100.

Observe-se também que temos 56 hidrômetros com erros negativos, na vazão baixa, e 44 com erros positivos.

Na vazão média, temos 27 hidrômetros com erros negativos e os 73 restantes, com erros positivos.

Na vazão alta, temos 28 hidrômetros com erros negativos e 72 com erros positivos.

Temos, também, dois hidrômetros parados na vazão alta.

Como era de se esperar, os erros em vazão baixa são maiores, isto é, -15,4% se comparados com os erros das vazões médias e altas que são, respectivamente, -2,9% e -0,4%. São significativas as diferenças de vazões e erros dos hidrômetros americanos e brasileiros. Para a vazão baixa, o volume entregue é de 22,1%, sendo maior que nos Estados Unidos, onde é de somente de 2%. Seria importante estudar a adoção de um hidrômetro mais preciso, isto é, da classe metrológica “B” ao invés da “A” usado até agora.. O SAAE já instalou cerca de 26 mil hidrômetros da classe metrológica “B”, os quais possuem Q_{mín} (vazão mínima) de 30 l/h e não de 40 l/h, como da classe “A”.

Outra solução que deve ser buscada é a manutenção dos medidores, pois foram aprovados somente 40 em 100.

É preciso, também, levar em consideração que a amostra tomada, de 100 hidrômetros, é pequena face aos 163.977 medidores existentes. Lembremos que o objetivo principal desta amostragem é a estimativa do volume de água não medida que passa pelo hidrômetro.

11) Experiências da SABESP

Não pode ser omitida a experiência da SABESP nas perdas d'água, principalmente o Programa de Redução de Águas Não Faturadas, feito em outubro de 1993, pela firma francesa Lyonnaise des Eaux Services Associés -Lysa.

Na época, a SABESP apresentou 40% de perdas d'água (novembro de 1992). O volume total de perdas foi de 18,7 m³/segundo.

Tipo de perda	Valor médio hip. trabalho (m³/s)	Perdas (%)	Perdas físicas (%)	Perdas não-físicas (%)
Vazamentos	8,9	47,6	47,6	-
Macromedicação	1,0	5,3	-	5,3
Micromedicação	3,8	20,3	-	20,3
Habitações sub-normais	1,8	9,6	3,4	6,3
Gestão Comercial	3,2	17,1	-	17,1
Total	18,7	100%	51%	49%

As perdas de micromedicação são de 20,3% sobre a perda total de 40%. Ou seja, 8,12% das perdas d'água se referem à micromedicação.

As perdas na micromedicação são:

Perdas na micromedicação	Volume (m³/s)
Condições médias de utilização dos hidrômetros	1,2
Inclinação dos hidrômetros	0,7
Presença de caixas d'água	1,9
Total	3,8

Segundo a Lyonnaise, em São Paulo, em 80% das residências temos caixas d'água, as quais introduzem erros nos micromedidores em vazões baixas. Isto poderia ser corrigido, utilizando-se hidrômetros de melhores classes metrológicas. Para hidrômetros de 3 m³/hora, as classes metrológicas são:

Classe Metrológica	Vazão mínima do medidor 3m³/hora
---------------------------	--

A	40 litros/hora
B	30 litros/hora
C	15 litros/hora

Como as perdas na micromedição foram, na SABESP, de 8,12%, esta possui 1,5% de perdas de água devido à inclinação dos hidrômetros. O resultado de pesquisa em 50 mil ligações típicas da SABESP foi que 16,8% estavam com hidrômetros inclinados. A inclinação se deve, muitas vezes, ao leitorista (para facilitar a leitura dos medidores) ou, em outras, do próprio usuário, o qual acredita que, se o hidrômetro trabalha inclinado, irá marcar menos. Atualmente, o Liceu de Artes e Ofícios já está fabricando hidrômetros que, mesmo inclinados, não apresentam problemas .

É interessante fazermos uma comparação entre a SABESP e o SAAE de Guarulhos. Adotamos, para hidrômetro inclinado, 1,5%.

Perdas na micromedição	SAAE Guarulhos	SABESP
Perdas nos hidrômetros	4,5%	6,62%
Hidrômetro inclinado	1,5%	1,5%
Total	6,0%	8,12%

11) Conclusão

Foram escolhidos, aleatoriamente, 100 hidrômetros residenciais unifamiliares, classe metrológica “A” e com capacidade de $3\text{m}^3/\text{hora} \times \frac{3}{4}$. Supomos que todos os medidores comerciais e industriais se comportem da mesma maneira que os hidrômetros residenciais escolhidos. Assim, teremos um erro médio de -6%, incluindo hidrômetros inclinados, observando que o erro é negativo, isto é, sempre prejudicando o serviço público.

12) Bibliografia

- Adalberto Cavalcanti Coelho, *Medição de água e política e prática, manual de consulta*, janeiro 1996;
- Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, Portaria 29 de 7 de fevereiro de 1994 – INMETRO;
- *Programa de Redução de águas não faturadas*, SABESP, outubro 1993, revisão janeiro de 1994 - Lyonnaise des eaux Services Associés- Lysa;
- *Sizing Water Service Lines and Meters*, AWWA, Manual M22, 1975;
- *Water Audits and Leak Detection*, AWWA, Manual M36, 1990;
- *Water Meter selection, installatio, testing and Maintenance*, American Water Works Association (AWWA) Manual M6, 1986.