

PRESEÇA DE AR NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA: INFLUÊNCIAS NO FUNCIONAMENTO DE HIDRÔMETROS

Isis dos Santos Lima Miranda¹; Fernanda de Carli Tonial²; Joice Cristini Kuritza³; Marcelo Giulian Marques⁴;

Resumo – Este trabalho aborda a presença de ar em sistemas de abastecimento de água, as suas consequências e qual a sua influência no funcionamento dos hidrômetros. O problema foi analisado experimentalmente para a verificação da influência do ar na tubulação para diferentes condições de trabalho desses aparelhos. Como referencial foi utilizado os valores de um medidor eletromagnético. Foram comparadas as medidas efetuadas de maneira remota e direta com as medidas do medidor eletromagnético. No primeiro caso, não foram encontradas diferenças significativas. Já entre as medidas do hidrômetro a partir da inserção de ar em relação ao medidor eletromagnético foram de até 15%, mostrando que se deve ter cuidado com esse aspecto na utilização desse tipo de equipamento de medição. Foi possível chegar a conclusões a respeito dos erros acarretados pela inserção de diferentes proporções de ar para diferentes vazões.

Palavras-Chave – hidrômetros, erros de medição, ar na medição.

PRESENCE OF AIR IN WATER SUPPLY SYSTEM: INFLUENCES ON THE FUNCTIONING OF HYDROMETERS

Abstract – This paper discusses the presence of air in water supply systems, the consequences and what is their influence on the functioning of hydrometers. The problem was analyzed experimentally to verify the influence of air in the pipe for different working conditions of these devices. Was used as reference values of an electromagnetic flowmeter. We compared the measurements performed remotely and direct measurements of the electromagnetic flowmeter. In the first case, significant differences were not found. Between measurements of the hydrometer from the insertion of air in relation to the electromagnetic flowmeter were up to 15%, showing that one should be careful with this aspect in utilizing this type of measuring equipment. It was possible to draw conclusions about the errors incurred by inserting different proportions of air in different flow rates.

Keywords – hydrometers, measurement errors, air on the measurement;

INTRODUÇÃO – Da sua fonte aos pontos de consumo, sejam eles comerciais ou residenciais, a água percorre um longo caminho. O conjunto que integra todas as unidades e instalações pelas quais a água para uso humano passa denomina-se Sistema de Abastecimento de Água. Gomes (2009) afirma que é “[...] o conjunto de equipamentos, obras e serviços voltados para suprimento de água a comunidades, para fins de consumo doméstico, industrial e público.”.

¹ Engenheira Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Especialização em Produção Civil (PUCRS), Engenheira Civil do Departamento Municipal de Água e Esgotos. E-mail: isis.lmiranda@gmail.com

² Engenheira de Energia e Desenvolvimento Sustentável, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul. Mestranda em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (UFRGS). E-mail: fernanda.tonial@gmail.com

³ Engenheira Ambiental, Universidade Estadual do Centro-Oeste. Doutoranda em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (UFRGS). E-mail: joicekuritza@yahoo.com.br

⁴ Engenheiro Civil, doutor em Engenharia Civil, Département de Génie Civil - Université Laval. Professor Associado I da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. E-mail: mmarques@iph.ufrgs.br

Atualmente, existe uma variedade muito grande de aparelhos de medição de vazão instalados nos Sistemas de Abastecimento até que a água chegue ao consumidor. Sobre os sistemas de medição Brasil (2004) salienta sua importância indicando que são indispensáveis à operação eficiente dos sistemas de abastecimento de água, permitindo o conhecimento das variáveis envolvidas e com isso melhorias na operação de todo o sistema.

Em se tratando de micromedição, medição do consumo realizada no ponto de abastecimento de um determinado usuário, são basicamente os hidrômetros o equipamento utilizado para esse fim. Para Coelho (2009) “A micromedição é como uma ‘balança’ que pesa o produto distribuído para os usuários e para a sociedade.”. Representa a ferramenta que possibilita repassar de modo justo os custos de implantação e operação do sistema para a comunidade, com rateio proporcional aos consumos individuais de cada usuário (Mendonça, 1975).

Em alguns casos, pode haver presença de ar em conjunto com a água dentro das tubulações. Um aspecto que pode aumentar sua presença na tubulação está ligado ao funcionamento das bombas de recalque do sistema que estiverem operando abaixo do seu NPSH requerido, succionando mais ar ou permitindo a formação de vórtices junto à tomada de água que podem levar ar para o interior da tubulação (Mello; Farias, 2001). Se chegar aos hidrômetros, esse ar será contabilizado e a leitura, em função da alteração da densidade do fluido, não será condizente ao consumo real de água.

Torna-se imprescindível conhecer os fatores que possibilitam a infiltração excepcional de ar na rede de distribuição, seja de modo acidental, inevitável ou devido à ineficiência no gerenciamento operacional do sistema. Além disso, deve-se procurar saber a influência que esse ar causa na rede e nas medições dos diversos aparelhos localizados ao longo do sistema.

Diante do exposto, o objetivo desse trabalho é a análise do comportamento dos hidrômetros devido à presença de ar nas tubulações e suas causas de ingresso na rede de distribuição de água. Investigou-se também o efeito da instalação de hidrômetros em sentido invertido.

METODOLOGIA – A aquisição de dados foi feita com a utilização da bancada de ensaios do Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento (LENHS) do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), na figura 01 é apresentada uma foto panorâmica das instalações do laboratório. Para realização do que se propõe nesse trabalho, foi usada apenas parte da instalação do laboratório (bancada de aferição), correspondente à porção em destaque na figura 02. Essa figura corresponde a uma visão geral das instalações que são utilizadas para controle remoto dos equipamentos por meio do software supervisor.



Figura 01: instalações do laboratório (UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL)

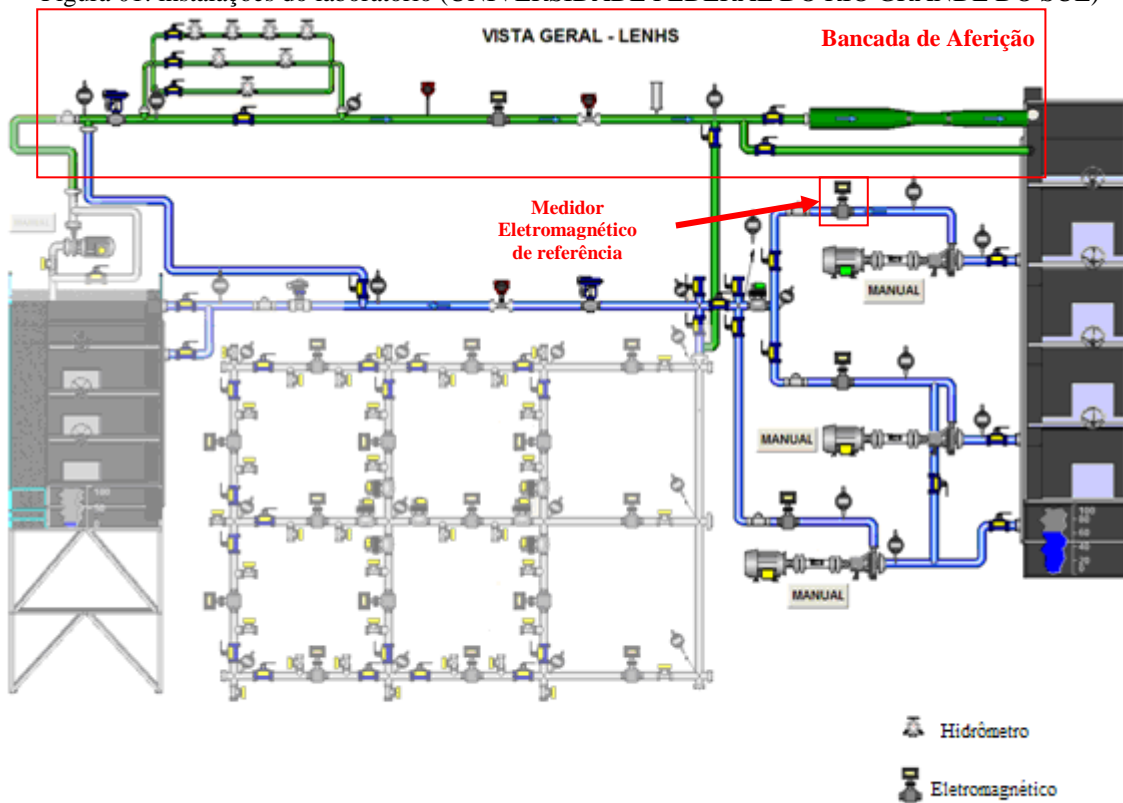


Figura 02: vista geral das instalações do LENS com detalhe para bancada de ensaios

Na figura 03 é mostrada em detalhe a bancada de aferição. Ela permite a comparação direta entre os equipamentos de medição de vazão e a sua comparação com um medidor de vazão eletromagnético utilizado como referência. Neste trabalho foram comparados os dados entre esse o medidor de referência e dos hidrômetros.

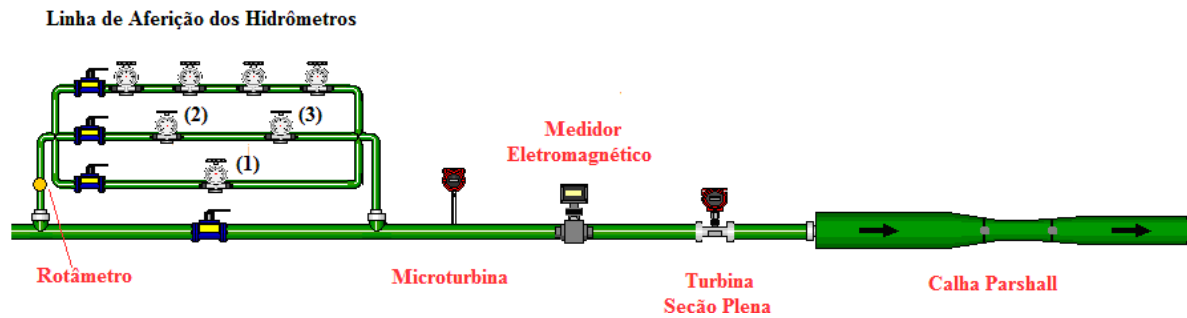


Figura 03: esquema simplificado da bancada de aferição

O hidrômetro indicado como (1), na figura 03, faz gravações remotas. É indicada também a posição do rotâmetro, medidor utilizado para medir as vazões de ar introduzidas na tubulação.

No quadro 01, são apresentadas as características, marcas, faixas de vazão e precisões de medida dos equipamentos utilizados na pesquisa.

Quadro 01: informação dos medidores utilizados nos experimentos

Medidor	Marca/modelo	Faixa de medição	Precisão	Leitura
Hidrômetro	LAO/ $Q_n=10\text{m}^3/\text{h}$	0,2 a $20\text{ m}^3/\text{h}$	$\pm 2\%$ da vazão ($Q > Q_i$)	Remota e visual
Eletromagnético	Siemens/Sensor MAG 5100W, com transmissor MAG 6000	4,32 a $172\text{ m}^3/\text{h}$	$\pm 0,25\%$ da vazão a 25°C , para $v > 0,5\text{m/s}$	Remota
Rotâmetro	Conaut, modelo 440 com flutuador de PVC	$0,2\text{Nm}^3/\text{h}$ a $2\text{Nm}^3/\text{h}$	$\pm 2\%$ F. E.	Visual

Inicialmente, foram feitos ensaios para ver o comportamento dos hidrômetros presentes na linha aferição com relação ao medidor de referência em situação normal, circulação exclusiva de água. Por fim, procedeu-se com os ensaios com a introdução de ar na rede, para verificar de que forma esses equipamentos iriam responder a presença de ambos fluídos no interior das tubulações.

Foi escolhido como medidor de referência o eletromagnético situado na tubulação de recalque por seu posicionamento na instalação, pois não seria afetado pela inserção de ar na tubulação (conforme visto na figura 01).

Baseado na faixa de trabalho do hidrômetro (faixa superior de medição) disponível no laboratório, vazão mínima $3,33\text{ L/min}$ e vazão máxima $333,33\text{ L/min}$, foram estipuladas como vazões a serem praticadas aproximadamente 180, 240 e 300 L/min . Essas vazões foram ajustadas através da variação das rotações da bomba, conforme quadro 02, que por sua vez eram alteradas através do inversor de frequência e fixadas tomando por base os valores de vazões obtidos no medidor de referência.

Quadro 02: parâmetros da bomba para vazões impostas

Rotação da bomba	Frequência	Vazão
61%	1086 rpm	≈ 180 L/min
79%	1402 rpm	≈ 240 L/min
100%	1767 rpm	≈ 300 L/min

Foram efetuadas duas baterias de ensaios, uma sem e outra com ar. Para a análise comparativa dos aparelhos antes da inserção de ar, adotou-se como procedimento a repetição de três ciclos de medição, para cada vazão selecionada, de modo intercalado. Uma vez para cada, da menor para maior, e novamente regredindo as vazões. A última medida de cada vazão foi realizada após desligar e reiniciar o sistema, de modo a comprovar que as condições sob as quais foram feitas as duas primeiras coletas de dados poderiam ser repetidas. Essa sequência de ensaios foi feita para a hidrômetro (1).

Para cada repetição os dados eram gravados pelo programa supervisorio. Cada vez que as condições eram modificadas, um tempo mínimo de um minuto foi aguardado antes da gravação dos dados para que os valores indicados nos aparelhos atingissem uma situação estável. Na sequência, os dados foram armazenados sempre por um período de dois minutos de medição.

RESULTADOS E DISCUSSÕES – Salienta-se que a seguinte nomenclatura será empregada na representação dos gráficos e demais explicações ao longo da análise dos dados:

- a) Q: vazão média no medidor em questão;
- b) Q_r: vazão média no medidor de referência (medidor eletromagnético após a bomba);
- c) Q_{ar}: vazão de ar introduzida no sistema;
- d) Q_r/(Q_{ar}+Q_r): proporção de ar considerada a real introduzida na rede, também expressa como % ar.

A primeira análise refere-se ao ensaio sem ar objetivando conhecer o comportamento dos hidrômetros em relação ao medidor eletromagnético de referência em condições normais de operação. A síntese desses resultados está apresentada no quadro 03. Desse modo, poderá ser distinguido posteriormente o comportamento devido, exclusivamente, à influência do ar nas tubulações. Na figura 03, são apresentados os resultados dessa análise. O hidrômetro apresenta variação de 1,5% a 3% das medidas do eletromagnético de referência.

Quadro 03: síntese dos resultados realizados sem adição de ar.

		Média	Desvio padrão	Máximo	Mínimo
1ª medição	Hidrômetro (L/min)	192,156	0.643	192,653	191,428
	Medidor eletromagnético (L/min)	187,574	1.499	189.279	186.456
	Q _r /Q	1,024	0.007	1.030	1.016
2ª medição	Hidrômetro (L/min)	250,405	1.496	251,560	248,715
	Medidor eletromagnético (L/min)	244,870	2.193	247.258	242.944
	Q _r /Q	1,023	0.004	1.027	1.017
3ª medição	Hidrômetro (L/min)	317,425	1.044	318,201	316,238
	Medidor eletromagnético (L/min)	309,903	1.729	311.891	308.743
	Q _r /Q	1,024	0.004	1.028	1.020

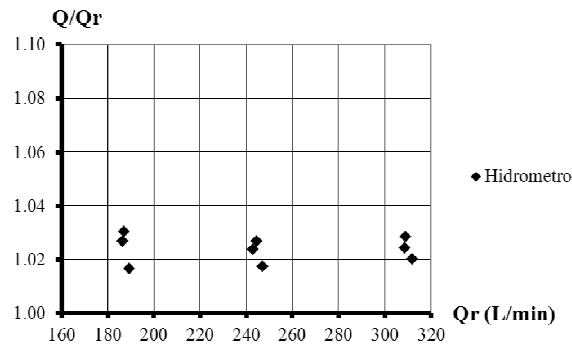


Figura 03: gráfico do comportamento do hidrômetro em relação ao medidor eletromagnético de referência

As diferenças encontradas nas medições, quando comparadas com o medidor na saída da bomba, foram consideradas satisfatórias, uma vez que o próprio medidor de referência possui um erro admissível, indicado pelo fabricante e apresentado no quadro 01. A Portaria n. 246, de 17 de outubro de 2000, do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial estipula para hidrômetros novos um erro máximo admissível estipulado de $\pm 2\%$. Portanto, considerou-se neste trabalho que um erro de 3% é aceitável.

Conhecidos os resultados antes da inserção do ar nas tubulações, pode-se proceder com o experimento principal desse trabalho. Assim foi possível avaliar a flutuação apresentada nas leituras dos medidores na presença de diferentes proporções de ar.

As quantidades de ar que foram inseridas na tubulação estão no quadro 03. A escolha desses valores se baseou na escala que o aparelho oferece, variando desde o valor mínimo da graduação do rotâmetro (a fim de verificar se há um ponto a partir do qual a presença de ar surte efeito sobre as medidas) até o máximo possível. Por sua vez, as proporções de ar introduzidas na linha de aferição variam de acordo com as três vazões ensaiadas.

Quadro 04: vazões de ar usadas no ensaio e proporções para cada vazão ensaiada

Vazões de ar			Proporções de ar (%)		
Nm ³ /h	m ³ /h	L/min	≈ 180L/min	≈ 240L/min	≈ 300L/min
0	0	0	0	0	0
0,2	0,203	3,39	1,81	1,38	1,09
0,4	0,407	6,78	3,58	2,74	2,17
0,8	0,814	13,56	7,03	5,37	4,25
1,2	1,220	20,34	10,28	7,94	6,30
1,6	1,627	27,12	13,38	10,42	8,29
2,0	2,034	33,90	16,54	12,81	10,22

Estabelecido o medidor de referência, que se pressupôs registrar as vazões reais, a proporção de ar presente na bancada de aferição é dada pela razão entre a quantidade de ar inserida e a soma entre a vazão desse medidor e a vazão de ar. A figura 05a e 05b mostra o comportamento do hidrômetro ao inserir diferentes proporções de ar.

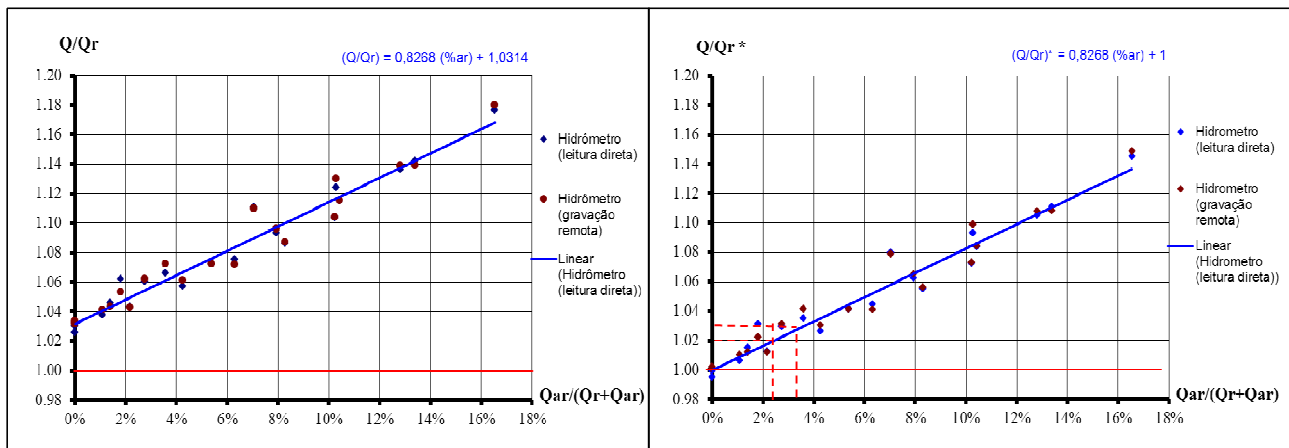


Figura 05a: gráfico do comportamento do hidrômetro para diferentes proporções de ar
Figura 05b: gráfico do comportamento do hidrômetro para diferentes proporções de ar sem o erro relativo com o medidor de referência

A priori, nota-se que não houve disparidades entre as leituras feitas diretamente no aparelho e os dados gravados remotamente. Ou seja, para esse equipamento não houve variações entre trabalhar com uma média dos valores instantâneos gravados ou uma leitura direta em intervalos de tempo iguais. A tendência das medidas de vazão cresceu linearmente com o aumento das proporções de ar inseridas.

Considerando que a leitura sem ar no hidrômetro fosse à correta, isto equivaleria a se transladar a equação da figura 05a para o ponto onde $(Q_{ar}/(Q_{ar}+Q_r)) = 0$ e $Q/Q_r = 1$, ou seja, subtrair em 0,0314 a equação de tendência. Neste caso se teria a equação da figura 05b, em função unicamente da entrada de ar. Ao impor a passagem da linha de tendência pelo ponto $Q/Q_r = 1$ para condição sem nenhuma presença de ar, retirou-se o erro relativo desse medidor com relação ao medidor de referência.

Conforme a figura 05a, para a máxima proporção de ar inserida, o erro do hidrômetro foi da ordem de 15% em relação às condições normais (sem ar), ou seja, o medidor pelo qual passava os fluídos misturados indicava vazões superiores ao de referência. Na figura 05b, mostra-se com as linhas tracejadas que para proporções de ar menores que 2,4%, os erros de medição ainda estão dentro da precisão do equipamento ($\pm 2\%$), podendo ser considerados aceitáveis. Já para o erro admitido nesse trabalho de 3%, proporções de ar inferiores a 3,6% são aceitas dentro do erro do aparelho (linhas tracejadas vermelhas). O coeficiente 0,8268 da linha de tendência indica que o hidrômetro é muito sensível à entrada de ar.

CONCLUSÕES – O experimento foi dividido em duas fases, uma sem adição de ar e outra com. Ao realizar ensaios sem adição de ar, pode-se encontrar o erro entre o hidrômetro e o medidor eletromagnético de referência. Essa variação ficou entre 1,5 e 3%, o que está próximo do máximo erro aceitável segundo o INMETRO ($\pm 2\%$). Para esse trabalho o erro considerado aceitável foi $\pm 3\%$.

A segunda fase do experimento tratou-se de ensaios com adição de diferentes proporções de ar, em relação às vazões ensaiadas. Foi feita a comparação dos resultados obtidos por leitura direta nos hidrômetros e por gravação remota dos dados. Não houve diferenças entre essas medições.

As medições apresentaram tendência linear de crescimento com o aumento das proporções de ar inseridas. O coeficiente angular encontrado foi de 0,8268 mostrando que o hidrômetro apresentou grande sensibilidade à presença de ar. Para máxima proporção de ar inserida o erro foi de 15%. Para proporções de ar de até 3,6% inseridas na tubulação o erro encontrado foi de 3%, considerado ainda aceitável nesse trabalho.

Esse estudo buscou contribuir para a compreensão dos erros de medição que podem ser causados pela Presença de Ar no Sistema de Abastecimento de Água.

Em continuação a este estudo serão analisados os efeitos de ar em medidores eletromagnéticos, tipo turbinas de inserção, turbina planas e tubos de pitot.

AGRADECIMENTOS – Os autores agradecem Maximiliano Paschoaloti Messa e Guilherme Weissheimer Pinheiro que ajudaram nos ensaios de laboratório e à Eletrobrás pelo recurso financeiro.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Portaria n. 246, de 17 de outubro de 2000, Brasília, DF, 2000. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/rtac/pdf/RTAC000667.pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2013.

_____. Ministérios das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. **Documento Técnico de Apoio D3: micromedição**. Brasília, DF, 2004.

COELHO, A. C. **Medição de Água e Controle de Perdas**. Rio de Janeiro: ABES, 1983.

GOMES, H. P. **Sistemas de Abastecimento de Água: dimensionamento econômico e operação de redes e elevatórias**. 3. ed. João Pessoa: Editora Universitária da UFPB, 2009.

MELLO, E. J.; FARIAS, R. L. O Ar e a sua Influência na Medição do Consumo de Água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2001, João Pessoa. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 2001. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/caliagua/brasil/i-001.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2013.

MENDONÇA, S. R. **Manual do Reparador de Medidores de Água**. São Paulo: CETESB, 1975.