

XII Simposio Iberoamericano sobre planificación de sistemas de abastecimiento y drenaje

“INFLUÊNCIA DA PRESENÇA DE AR EM MEDIDORES DE VAZÃO ELETROMAGNÉTICOS”

Jóice Cristini Kuritza (1), Isis dos Santos Lima Miranda (2), Guilherme Weissheimer Pinheiro (3), Fernanda de Carli Tonial (4), Marcelo Giulian Marques (5)

(1), (2), (3), (4), (5) Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 9500. Porto Alegre, RS, Brasil, (51) 3308 6114, joicekuritza@yahoo.com.br

RESUMO

A presença de ar nas tubulações ocasiona erros nas medições de controle, que dependem da quantidade de ar no sistema, do tipo de rede e de medição (princípio do equipamento, medição, precisão, entre outros). Entretanto, são poucos os estudos que indicam quais são essas tolerâncias e se estão dentro dos limites dos erros admissíveis. Os medidores eletromagnéticos podem ser usados para medições em redes de água e apresentam a vantagem de não possuírem peças móveis, terem uma menor manutenção, permitirem uma leitura remota e apresentarem erros relativamente baixos. Este trabalho aborda a influência da presença de ar na medição de vazão em sistemas de abastecimento de água utilizando-se medidores de vazão eletromagnéticos. A análise foi desenvolvida através da comparação entre dois (2) medidores de vazão eletromagnéticos: um colocado antes da entrada de ar e outro após. Os ensaios foram desenvolvidos para diferentes vazões e quantidades de ar, de maneira a abranger a faixa de funcionamento dos aparelhos e determinar a influência da quantidade de ar em diferentes taxas. As vazões utilizadas foram 180, 240 e 300L/min. As proporções de ar inseridas foram 3,39, 6,78, 13,60, 20,34, 27,12 e 33,90L/min, além do ensaio sem inserção de ar. Para o medidor eletromagnético, as maiores diferenças foram de cerca de 8% para a maior quantidade de ar inserida. No geral, as diferenças nos valores encontrados entre os medidores eletromagnéticos apresentaram tendência de assumir valores maiores quanto maior forem as proporções de ar inseridas. Para pequenas quantidades de ar, nota-se que há um aumento nas medições, porém esse erro só tornou-se considerável a partir de uma taxa de ar de aproximadamente 4%.

Palavras chaves: ar na medição, erros de medição, medidores eletromagnéticos.

ABSTRACT

The presence of air inside the tubing causes errors to the control measurements, which depend on the amount of air inside the system, the kind of grid and the kind of measurement (device, precision, among others). However, there are few studies that indicate these tolerances and if they are within the admissible errors. The electromagnetic meters can be used to water grids measures and present the advantages of not having moving parts, requiring lower maintenance, allowing remote reading and presenting relatively small errors. This paper approaches the influence of the presence of air at the flow measurement at water supply systems using electromagnetic meters. The analysis has been developed through comparison of two electromagnetic meters: one of them placed before the air injection and the other one after. Assays were developed to various flows and amount of air, in order to embrace the operation range of the device and determine the influence of air at different rates. The measured water flows were 180, 240 and 300L/min. The air flows injected were 3.39, 6.78, 13.60, 20.34, 27.12 and 33.90L/min besides the experiment without air injection. The electromagnetic meter presented the greatest measure differences at about 8% when the air concentration was above 16%. Overall, the measure differences tended to greater values as greater were the air ratio. To small amount of air, it can be noticed that there is an increase at the measures, but this error only becomes considerable from an air rate at approximately 4%.

Key words: air flow measuring, measurement error, electromagnetic flow meter.

SOBRE O AUTOR PRINCIPAL

Autor 1: Engenheira Ambiental e mestre em Ciências Florestais pela Universidade Estadual do Centro-Oeste. Doutoranda em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental na Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

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 percorre 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”.

Atualmente, existe uma variedade muito grande de aparelhos de medição de vazão instalados nos Sistemas de Abastecimento no trajeto da água até o 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 alguns casos, pode haver presença de ar em conjunto com a água dentro das tubulações. Sua presença tem efeitos sobre as medições de vazão de água de muitos aparelhos, pois estes medem a passagem de quaisquer fluidos. Assim, esse ar será contabilizado e a leitura, em função da alteração da densidade do líquido, não será condizente ao consumo real de água.

Um aspecto que pode aumentar a presença de ar 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). O ingresso ou saída de ar da rede de abastecimento, além do mencionado anteriormente, se deve a diferença entre a pressão interna das tubulações e a pressão atmosférica. O ar irá fluir do ponto de maior pressão para o de menor pressão. É correto dizer que a entrada de ar está condicionada aos casos em que a pressão da rede é inferior à atmosférica, houver um espaço vazio na rede e existir um ponto de ligação com o meio externo.

As ventosas, se bem posicionadas, vão fornecer caminhos preferenciais de entrada e saída do ar. Entretanto, esse comportamento pode mudar

devido ao seu mau funcionamento por falta de manutenção, posicionamento ou quantidade inadequados, e falta de replanejamento quando há alterações ou ampliações na rede (MELLO; FARIAS, 2001). Nesses casos o ar tende a ter como caminho alternativo as danificações nas tubulações e, em último caso, ele poderá vir a ingressar ou ser expulso por meio dos pontos de consumo domiciliares, tais como torneiras abertas ou caixas d'água vazias (MELLO; FARIAS, 2001).

No caso dos medidores eletromagnéticos, a análise dessa influência é extremamente relevante, pois, como ressalta Brasil (2008), o medidor “[...] é muito sensível à presença de ar dissolvido na água [...]”. Os fabricantes inclusive aconselham sua instalação de modo a evitar a passagem de bolhas de ar ou para que elas não entrem em contato com os eletrodos (NIVETEC INSTRUMENTAÇÃO E CONTROLE, 2011)

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 deste trabalho é a análise do comportamento dos medidores eletromagnéticos devido à presença de ar nas tubulações.

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 fotografia 1 é apresentada uma vista panorâmica das instalações do laboratório. Para a realização do que se propõe neste trabalho, foi usada apenas parte da instalação do laboratório (bancada de aferição), correspondente à porção em destaque na figura 1. Essa figura corresponde a uma visão geral das instalações que são utilizadas para controle remoto dos equipamentos por meio do software supervisor.



Fotografia 1. Instalações do laboratório (UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL).

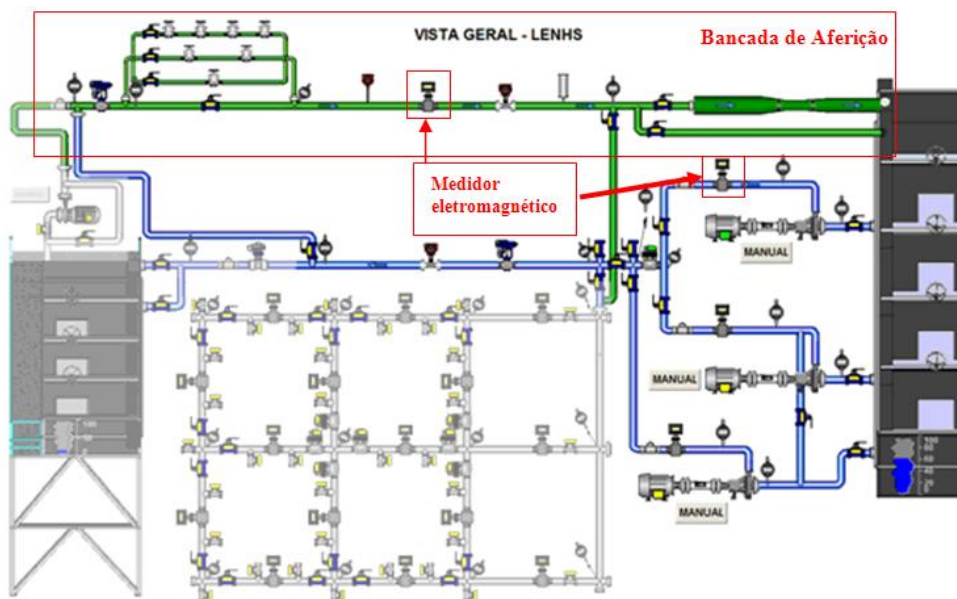


Figura 1: vista geral das instalações do LENHS com detalhe para bancada de ensaios

A figura 2 apresenta em detalhe a bancada de aferição. Ela permite a comparação direta entre os equipamentos de medição de vazão além da comparação com o medidor de vazão eletromagnético posicionado logo após a bomba, utilizado como referência. Neste trabalho foram comparados apenas os dados entre os medidores eletromagnéticos.

Também está indicada na figura 2 a posição do rotâmetro, equipamento utilizado para medir as vazões de ar introduzidas no sistema.

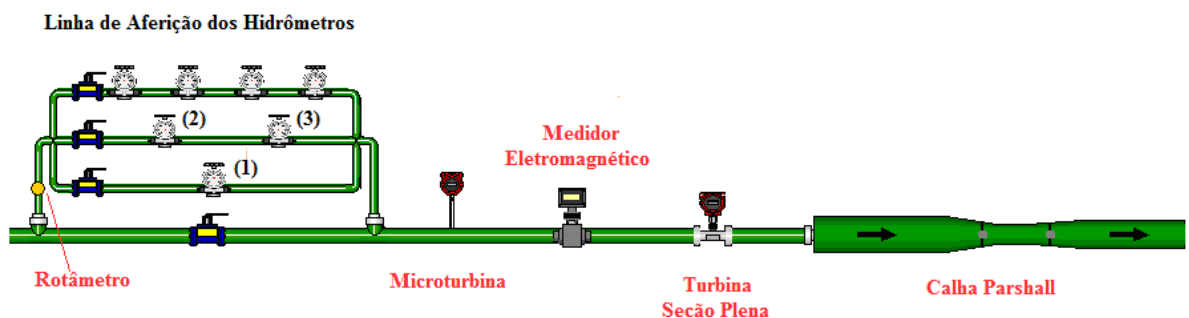


Figura 2: esquema simplificado da bancada de aferição

Na tabela 1, são apresentadas as características, marcas, faixas de vazão e

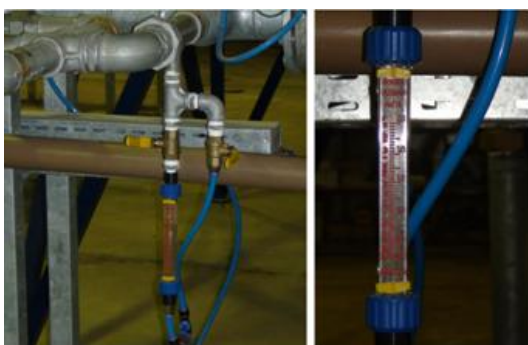
precisões de medida dos equipamentos utilizados na pesquisa.

Tabela 1: informação dos medidores utilizados nos experimentos

Medidor	Marca/modelo	Faixa de medição	Precisão	Leitura	Figura
Eletromagnético	Siemens/Sensor MAG 5100W, com transmissor MAG 6000	4,32 a 172 m ³ /h	± 0,25% da vazão a 25°C, para v > 0,5m/s	Remota	04
Rotâmetro	Conaut, modelo 440 com flutuador de PVC	0,2Nm ³ /h a 2Nm ³ /h	± 2% F. E.	Visual	05



Fotografia 2: medidor de vazão eletromagnético.



Fotografia 3: Rotâmetro Conaut.

Inicialmente, foram feitos ensaios para examinar o comportamento do medidor eletromagnético presente na linha de aferição com relação ao medidor de referência em situação normal, circulação exclusiva de água. Por fim, procedeu-se com os testes com a introdução de ar na rede, para verificar de que forma esses equipamentos iriam reagir 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 (conforme visto na figura 01).

Foram estipuladas como vazões a serem praticadas aproximadamente 180, 240 e 300 L/min (Miranda, 2011). Essas vazões foram ajustadas através da variação das rotações da bomba, conforme tabela 2, 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.

Tabela 2: 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.

Para cada repetição, os dados eram gravados pelo programa supervisor. 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) Qr: vazão média no medidor de referência (medidor eletromagnético após a bomba);

c) Qar: 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 medidores eletromagnéticos entre si, em condições normais de operação. A síntese desses resultados está apresentada na tabela 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.

Tabela 3: Síntese dos resultados realizados sem adição de ar.

		Média	Desvio padrão	Máximo	Mínimo
1ª medição	Medidor eletromagnético (L/min)	185,266	0.230	185,473	185,019
	Medidor eletromagnético referência (L/min)	187,574	1.499	189.279	186.456
	Qr/Q	0,988	0,007	0,992	0,980
2ª medição	Medidor eletromagnético (L/min)	241,760	0,557	245,686	240,156
	Medidor eletromagnético referência (L/min)	244,870	2.193	247.258	242.944
	Qr/Q	0,987	0,007	0,993	0,980
3ª medição	Medidor eletromagnético (L/min)	306,574	0,199	312,453	307,810
	Medidor eletromagnético referência (L/min)	309,903	1.729	311.891	308.743
	Qr/Q	0,989	0,005	0,992	0,983

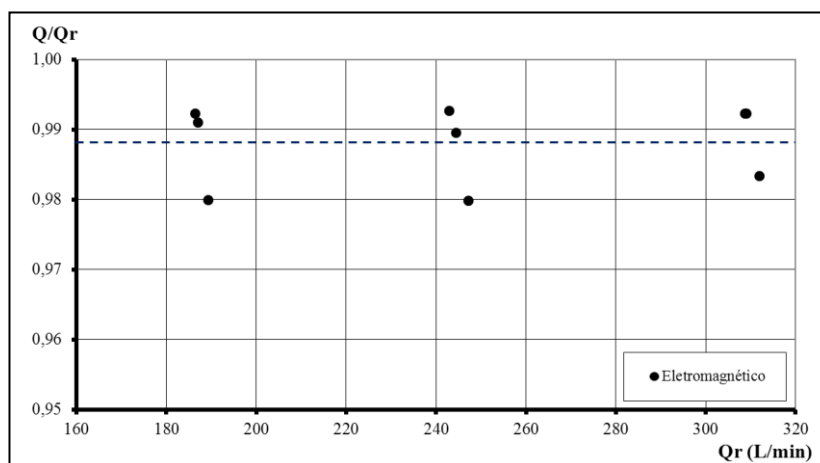


Figura 3: gráfico do comportamento do medidor eletromagnético da linha de aferição em relação ao medidor eletromagnético de referência

Por se tratarem de equipamentos iguais, era esperado que não houvesse diferenças entre as medições no ensaio feito sem inserção de ar. De acordo com o que se observa na tabela e na figura 03, as medições efetuadas por ambos foram bastante próximas, a relação entre as medições (Qr/Q) apresentou valor médio de 0,98, linha

tracejada da figura 3. Deve-se considerar, no entanto, que o medidor eletromagnético possui um erro admissível, indicado pelo fabricante e apresentado na tabela 01, de $\pm 0,25\%$.

Conhecidos os resultados antes da inserção do ar nas tubulações, pode-se proceder com o

experimento principal deste 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 na tabela 04. 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.

Tabela 4: vazões de ar usadas no ensaio e proporções para cada vazão ensaiada

Vazões de ar			Proporções de ar (%)		
Nm³/h	m³/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 04 mostra o comportamento do medidor eletromagnético ao inserir diferentes proporções de ar.

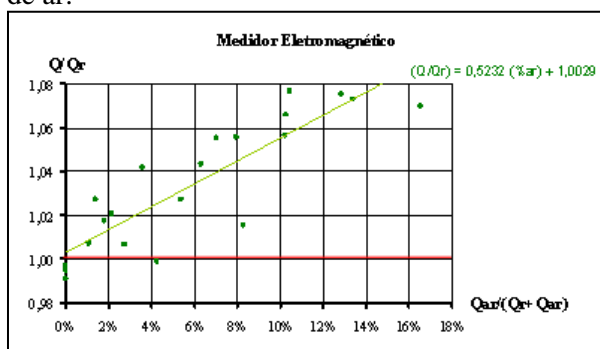


Figura 4: gráfico do comportamento do medidor eletromagnético para diferentes proporções de ar

Para o medidor eletromagnético, os erros maiores foram de cerca de 8%. Como se pode ver na figura 04, os pontos no geral apresentam uma tendência a valores maiores proporcionalmente a

quantidade de ar inserido, mas com uma dispersão considerável.

Considerando que a leitura sem ar fosse a correta, isto equivaleria a se transladar a equação da figura 04 para o ponto onde $(Q_{ar}/(Q_{ar}+Q_r)) = 0$ e $Q/Q_r = 1$, ou seja, subtrair em 0,0029 a equação de tendência. Neste caso se teria a equação da figura 05 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. Na figura 05 são mostrados esses resultados.

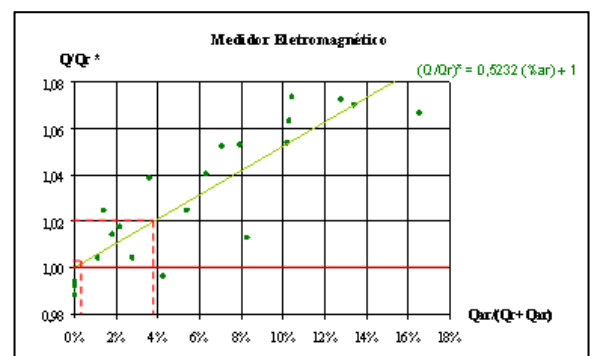


Figura 5: gráfico do comportamento do hidrômetro para diferentes proporções de ar sem o erro relativo com o medidor de referência

Pode-se observar que pequenas quantidades de ar já provocam um aumento na medição, entretanto, supondo que variações de até 2% da vazão são aceitáveis, somente uma quantidade de ar de mais de 3,8% é que ocasionaria problemas na medição. Já dentro da precisão do aparelho dada pelo fabricante de 0,25%, seria aceitável apenas 0,5 % de ar. Esses dados estão indicados na figura 05 pelas linhas vermelhas tracejadas.

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 verificar que, conforme esperado, não houve diferenças significativas entre o medidor eletromagnético arbitrado como referencial e o medidor eletromagnético da linha de aferição.

A segunda fase do experimento se ateve aos ensaios com adição de diferentes proporções de ar. Em rela o às vazões ensaiadas. As medi es apresentaram tendência linear de crescimento com o aumento das proporções de ar inseridas. O coeficiente angular encontrado foi de 0,5232. Mostrando que o medidor eletromagnético   sensível   presença de ar. Para a máxima proporção de ar inserida, o erro foi de 8%. Para proporções de ar de até 3,8% inseridas na tubula o, o erro encontrado foi de 2%, considerado ainda aceitável neste trabalho.

RECOMENDAÇÕES

Este estudo buscou contribuir para a compreensão dos erros de medi o que podem ser causados pela presença de ar no Sistema de Abastecimento de  gua.

Recomenda-se para trabalhos futuros que seja investigada também a influencia da entrada de ar no funionamento de outros aparelhos de macro e micromedi o. Os equipamentos podem ser clasificados em fun o desses resultados, mostrando quais os mais sensíveis   presença de ar nas tubula es.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem Maximiliano Paschoaloti Messa, que ajudou nos ensaios de laboratório, e   Eletrobrás pelo recurso financeiro.

BIBLIOGRAFIA

- Brasil, Ministérios das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de  gua. (2004) Documento Técnico de Apoio D3: micromedi o. Brasília, DF.
- Brasil, Ministérios das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de  gua. (2008) Documento Técnico de Apoio D3: micromedi o. Brasília, DF.
- Gomes, H. P. (2009) Sistemas de Abastecimento de água: dimensionamento econ mico e

opera o de redes e elevatórias. (3^a ed.). João Pessoa: Editora Universitária da UFPB

Mello, E. J.; Farias, R. L. (2001). O Ar e a sua Influência na Medi o do Consumo de água, in 21^o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, João Pessoa.

Miranda, I, S, L. Presença de ar no sistema de abastecimento de água: influências na macro e micromedi o. Trabalho de conclusão de curso em engenharia civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.

NIVETEC Instrumenta o e Controle. Medidor Eletromagnético de Fluxo. Disponível em: <http://www.nivetec.com.br/novosite/docs/manual/2552_sensor%20vaz%C3%A3o%20eletromagnetico%20port.pdf> Acesso em: 25 abr. 2013.