

UTILIZAÇÃO DE MACROMEDIDORES ELETROMAGNÉTICOS EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Cícero Henrique Grangeiro Soares¹, Thiago de Carvalho Batista², Raimundo Carlos de Silvério Freire³, Benedito Antonio Luciano⁴, Marcos Paulo Araujo⁵

¹ Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Brasil, cicero.soares@ee.ufcg.edu.br

² Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Brasil, thiago.batista@ee.ufcg.edu.br

³ Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Brasil, rcsfreire@dee.ufcg.edu.br

⁴ Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Brasil, benedito@dee.ufcg.edu.br

⁵ Universidade Federal do Pernambuco, Caruaru, Brasil, maraujo2@yahoo.com

Resumo: Este trabalho tem como objetivo relatar a experiência na Macromedição em sistemas de abastecimento de água, avaliando o uso de macromedidores eletromagnéticos utilizados nos sistemas, e indicar o tipo mais eficiente. Com o objetivo de minimizar os erros de indicação, é apresentado neste trabalho um estudo utilizando dois tipos de macromedidores: um do tipo inserção e outro do tipo tubo, indicando a periodicidade das manutenções e calibrações, tem o objetivo de minimizar os erros de indicação.

Palavras-chave: macromedidores eletromagnéticos, calibração, sistemas de abastecimento de água.

1. INTRODUÇÃO

Para sistemas de abastecimento de água, a macromedição é o conjunto de medições de vazão, pressão e níveis de reservatório realizadas nos sistemas de abastecimento de água, desde a captação no manancial até, imediatamente antes do ponto final de entrega para o consumo [1].

A utilização da macromedição na medição de vazões é fundamental no controle das perdas de um sistema de abastecimento, pois possibilita o conhecimento dos volumes disponíveis em todas as unidades e a gestão dos recursos hídricos.

Na Fig. 1 é apresentado o diagrama de um sistema de abastecimento de água e a utilização da macromedição de vazão.

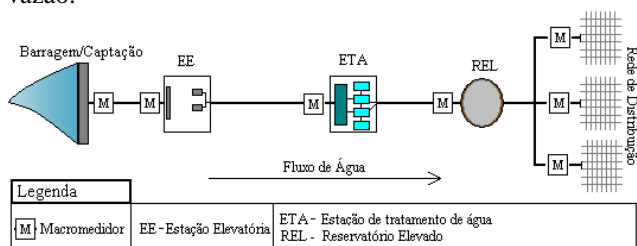


Fig. 1 - Diagrama de Sistema de Abastecimento de Água.

A incerteza das informações de vazão depende dos macromedidores, sendo a falta de calibração muitas vezes tão danosa quanto a sua ausência. Diante dessa incerteza não é possível avaliar o volume que realmente é utilizado, dificultando a detecção de perdas aparentes de água, as quais

consistem nos consumos não autorizados ou na imprecisão dos equipamentos de medição de vazão dos sistemas de macromedição [2].

Existem vários tipos de macromedidores e, dependendo da aplicação e dos custos de instalação, é feita a escolha do mais adequado. Em sistemas de abastecimento de água é frequente o uso de equipamentos para medição da vazão que utilizam o princípio dos tubos de Pitot, transdutores eletromagnéticos e ultrassônicos.

Neste trabalho é apresentado um estudo de caso, dos dados levantados no sistema Jucazinho, localizado no agreste pernambucano. Servindo de indicador para o uso dos equipamentos de macromedição que utilizam princípios eletromagnéticos, onde um deles está instalado no registro de derivação (TAP) e o outro está em série com a tubulação. Utilizando da medição de vazões/volumes de águas captadas e transportadas em ambos, e a partir dos dados, procura-se minimizar as perdas aparentes, melhorar a operação do sistema, o controle das demandas e o desempenho dos setores.

Adicionalmente, é apresentada a comparação dos equipamentos que se encontram instalados na rede, e verifica-se como as características da água podem influenciar no erro das medidas observadas.

Este artigo está organizado da seguinte forma: na seção 2 são apresentadas características do tubo de Pitot, indicando sua utilização como ferramenta de aferição e metodologia empregada para tal; na seção 3 são apresentados os macromedidores que utilizam princípios magnéticos (tipo tubo e tipo sonda de inserção), mostrando as suas principais vantagens e desvantagens; a seção 4 traz os resultados e discussões dos trabalhos realizados, os dados coletados e características de problemas encontrados em campo; Na conclusão indicamos a utilização dos macromedidores segundo características do sistema.

2. Tubos de Pitot

Tubo de Pitot é um instrumento de medição de pressão utilizado para medir a velocidade de fluidos, sendo comum no setor de saneamento, e o mais difundido no Brasil, o tubo do tipo Cole. Sendo o mesmo utilizado para aferir os equipamentos eletromagnéticos avaliados neste trabalho.

Esse instrumento permite medir a pressão de estagnação (devido a velocidade do fluido ser nula) no ponto onde é introduzido. A diferença de pressão (ΔP) entre a pressão de estagnação e a pressão estática (componente piezométrica) na tubulação pode ser diretamente relacionada com a velocidade no ponto (V_o), desde que corrigida pela constante de correção entre a densidade dos líquidos (C_c) utilizados no equipamento e o medido, conforme indicado na equação (1).

$$V_o = C_c \times (2 \cdot \Delta P)^{0,5} \quad (1)$$

A aferição das pressões é realizada dividindo-se a seção transversal do tubo em 11 intervalos iguais. A partir destas é obtido o gráfico de pressões, conforme apresentado na Fig. 2:

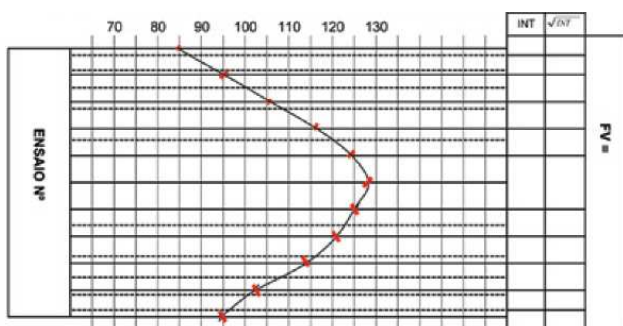


Fig. 2 - Curva indicativa de perfil de velocidade EE01

O gráfico apresentado na Fig. 2 é conhecido como perfil de velocidade ou caudal e indica como o escoamento está ocorrendo na tubulação, os pontos em vermelho marcados no gráfico indicam as variações das pressões verificadas pela equipe de pitometria. A partir desta e utilizando a metodologia disponível em [3] é possível determinar a velocidade do fluido.

3. MEDIDORES DE VAZÃO ELETROMAGNÉTICOS

Medidores de Vazão Eletromagnéticos são equipamentos desenvolvidos utilizando o princípio básico da equação (2), em que a vazão (Q) é proporcional à diferença de potencial (U), k uma constante de ajuste para tubulação, B a densidade de campo magnético, d o diâmetro do tubo (ou distância entre os eletrodos) e A a área do tubo [4].

$$U = \frac{k \times B \times d}{A} \times Q \quad (2)$$

3.1 Macromedidor Eletromagnético do Tipo Tubo

O princípio de funcionamento deste macromedidor ocorre devido a um fluxo de fluido eletricamente condutivo no interior de um tubo isolante, por meio de um campo magnético. Este campo magnético é gerado através de uma corrente, que flui por um par de bobinas de campo e gera no fluido uma diferença de potencial (U), conforme apresentado na Fig. 3.

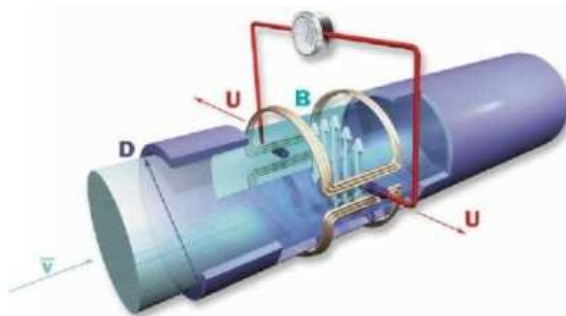


Fig. 3 - Imagem do macromedidor eletromagnético tipo tubo.

Sua instalação deve ser realizada tomando-se alguns cuidados, a considerar:

- Devem-se colocar juntas mecânicas à jusante e à montante do medidor, procurando-se evitar esforços mecânicos de dilatação/retração da tubulação;
- Não pode ocorrer acúmulo de ar na região do medidor. Isto causa distorções nas medições do equipamento;
- Deve-se instalar o medidor respeitando-se a distância mínima de 10 vezes o diâmetro da tubulação em relação a qualquer interferência presente a montante e a jusante do medidor [5];
- É necessário realizar um bom aterramento elétrico (cerca de 6Ω), incluindo o medidor, a tubulação e o líquido, para poder evitar correntes parasitas.

No quadro 1 são apresentadas as vantagens, desvantagens e características de exatidão do macromedidor eletromagnético tipo tubo.

Quadro 1. Características do macromedidor tipo tubo.

Vantagens	Desvantagens	Exatidão
Apresentam grande precisão de suas medidas.	Grande cuidado na instalação do medidor, bem como no seu aterramento elétrico.	Medidores magnéticos quando corretamente instalados e aterrados apresentam EMA na faixa de 0,5 % v.i., nas velocidades de fluxo acima de 0,3 m/s.
Não possuem peças móveis, tubo (transdutor) praticamente sem manutenção.	Necessidade de fonte de energia próxima.	

3.2 Macromedidor Eletromagnético de Inserção ou Sondas Magnéticas

Estes tipos de macromedidores possuem funcionamento similar ao macromedidor do tipo tubo, com a diferença de serem inseridos na tubulação através de registros de derivação (TAP).

O funcionamento da sonda magnética é semelhante ao macromedidor que utiliza o princípio da microturbina, este afere a velocidade pontualmente, com valores diferentes, à medida que o sensor é introduzido no tubo. Isto ocorre devido ao perfil de velocidades no interior da tubulação, conforme apresentado na Fig. 2.

Devido ao campo eletromagnético, uma separação dos íons presentes na água ocorre, efeito similar ao apresentado pelo macromedidor tipo tubo. Como possui uma única bobina, os eletrodos são posicionados logo abaixo dela, obtendo-se desta forma uma maior concentração de íons nos eletrodos. A representação do funcionamento é apresentada na Fig. 4.

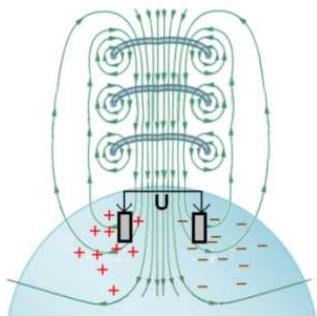


Fig. 4 – Representação do funcionamento do macromedidor eletromagnético de inserção.

A escolha destas sondas ocorre muitas vezes pela dificuldade de se interromper o abastecimento de água, pois sua instalação pode ser realizada com a rede em funcionamento.

No quadro 2 são apresentados as vantagens e desvantagens do macromedidor eletromagnético de inserção:

Quadro 2. Características do macromedidor de inserção.

Vantagens	Desvantagens
Seu custo independe do diâmetro da tubulação.	Grande cuidado na instalação do medidor, bem como no seu aterramento elétrico.
Pequeno custo de instalação.	Necessidade de fonte de energia próxima.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram utilizados três equipamentos no sistema: um tubo de Pitot tipo Cole móvel, utilizado como ferramenta de aferição e dois fixos, sendo estes os macromedidores eletromagnéticos, do tipo tubo e outro de inserção na rede (sonda).

O macromedidor tipo tubo é introduzido em série com a rede adutora de água, na horizontal, evitando-se instalar registros e válvulas em suas proximidades. Sua desvantagem é a necessidade de paralisação da adução de água para introduzi-lo no sistema.

Já o tubo de Pitot e o macromedidor eletromagnético de inserção são medidores que possuem partes introduzidas em

pontos perfurados na tubulação que conduz a água, cuja vazão ou velocidade deseja-se medir. Esses medidores permitem verificar a velocidade em locais específicos da seção transversal de escoamento e, aplicando técnicas de integração, permitem determinar a vazão [6].

A verificação da calibração é algo fundamental para a qualidade das informações coletadas por estes equipamentos nos sistemas. O erro verificado (erro percentual) é um comparativo do valor apresentado pelo equipamento com relação ao tubo de Pitot do tipo Cole [3], conforme equação (3), onde o erro percentual ($E_{\%}$) é igual a diferença entre a velocidade medida utilizando-se o tubo de Pitot (V_{Pitot}) e a velocidade verificada no macromedidor ($V_{Macromedidor}$), dividida pela velocidade verificada com o tubo de Pitot, multiplicando-se tudo por 100 (visando obter o valor percentual).

$$E_{\%} = \frac{V_{Pitot} - V_{Macromedidor}}{V_{Pitot}} \times 100 \quad (3)$$

No quadro 3 são apresentados: o tipo de equipamento, sendo macromedidor de inserção (MI) ou macromedidor do tipo tubo (MT); o erro da medida; diâmetro da rede; a estação elevatória (EE), onde foi coletado o dado e a data da coleta.

Quadro 3. Resultados observados em campo

Equipamento Utilizado	Erro (%)	Vazão (l/s)	Diâmetro (mm)	EE e data da medição
MI	- 2,46	848,62	900	EE03 08/2010
MI	- 25,79	833,50	900	EE03 09/2010
MI	- 2,00	924,83	900	EE02 09/2010
MI	+ 25,36	907,36	900	EE02 10/2010
MT	< ±2,00	126,24	400	EE06 05/2010
MT	< ±2,00	122,86	400	EE06 10/2010
MT	+ 2,70	357,61	400	EE06 11/2010

Partindo dos dados apresentados no quadro 3, pode-se verificar a necessidade de realizar aferições e também manutenções nos equipamentos. O prazo para estas manutenções depende das características do equipamento. Além de outros fatores, existe a influência da qualidade da água transportada.

Constatando-se desvios de medição (anormalidades) com relação à vazão média que é coletada em intervalos de uma hora, é solicitada a ação da equipe de pitometria e nos casos onde ocorrerem erros percentuais expressivos (acima de 2%) é realizada manutenção do macromedidor.

Para realização da manutenção destes macromedidores é necessário o diagnóstico do tipo de problema apresentado. Nos macromedidores de inserção é retirado o seu transdutor onde se apresenta a deposição de material sobre os eletrodos, o que dificulta a passagem da corrente elétrica, conforme verificado na Fig.5.



Fig. 5 - Imagem do transdutor do macromedidor de inserção com deposição de materiais.

Diante disto é realizada a manutenção (limpeza e lubrificação) de seus contatos, conforme apresentado na Fig. 6.



Fig. 6 - Imagem do transdutor do macromedidor de inserção com deposição de materiais.

Em seguida o sensor é novamente inserido na tubulação e o equipamento instalado. Sempre após este procedimento a equipe de pitrometria é acionada para novamente realizar sua calibração.

O mesmo não ocorre nos macromedidores eletromagnéticos tipo tubo e conforme mencionado no quadro 1, este não possui partes móveis, o que dificulta a deposição de materiais. Além disso, os eletrodos ficam protegidos pela parede do tubo e a ação do eletroímã não sofre interferências.

Esta deposição de materiais pode ser mais severa, devido às características físico-químicas da água transportada por este sistema. Estas características são mostradas no quadro 4. Segundo A resolução nº357/05 do CONAMA, a água de classe 02 é considerada “bruta” e deve receber tratamento convencional.

Quadro 4. Característica físico-química da água transportada

Propriedade	Padrão CONAMA	Resultado obtido em laboratório
pH	6 a 9	7,7
Condutividade (S)	> 20 μ	1386,0
Turbidez (μ T)	--	0,9
Cor (μ H)	--	34,0
Alcalinidade (mg/l de CaCO ₃)	--	117,1
Dureza total (mg/l de CaCO ₃)	--	293,4
Cálcio (mg/l de Ca)	--	46,8
Magnésio (mg/l de Mg)	--	42,9
Cloretos (mg/l de Cl)	250	391,2
Sulfato (mg/l de SO ₄)	250	22,2
Fostato total (mg/l de P)	0,03	0,419

Observando as características físico-químicas da água transportada é possível verificar que o pH, a condutividade e o nível de sulfato são adequados. Porém, os níveis de cloretos e fosfatos são superiores aos padrões da resolução nº357/05 do CONAMA.

5. CONCLUSÃO

Diante dos dados levantados em campo (quadro 3) e de sua posterior análise é possível verificar a necessidade da aferição dos macromedidores do tipo inserção, em um intervalo de tempo bem inferior aos macromedidores do tipo tubo. Isto ocorre devido ao formato do sensor do macromedidor eletromagnético de inserção facilitar o acúmulo de sujeira.

Já os eletrodos dos macromedidores tipo tubo, encontram-se rentes as paredes do tubo, não acumulando sujeira excessiva.

Diante dos dados observados no quadro 3 os macromedidores tipo tubo são mais adequados à aplicação com águas da classe 02, devido baixo acúmulo de impurezas nos seus eletrodos.

Ainda foi verificado que em períodos chuvosos, de maio a outubro, quando a água possui maior turbidez do que em períodos secos a manutenção dos macromedidores de inserção é intensificada neste sistema. O intervalo entre as aferições dos macromedidores tipo inserção é de aproximadamente dois meses nos períodos de chuva e de quatro meses nos períodos de estiagem, podendo variar com o surgimento de problemas eventuais. Já para macromedidores tipo tubo, o intervalo entre as aferições é de aproximadamente seis meses, conforme é demonstrado no quadro 1.

A quantidade excessiva de cloretos e fosfato são comprovados pela alta condutividade da água. Estes compostos estão presentes nos mananciais que alimentam a barragem de juczinho (onde a água é captada) e são provenientes dos lançamentos de esgoto lançados nos rios.

REFERÊNCIAS

- [1] Zanta V. M., et al, “Abastecimento de água: gerenciamento de perdas de água e energia elétrica em sistemas de abastecimento, nível 2” . Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org). ReCESA, Salvador, Brasil 2008. 139p.
- [2] Ennes Y. M., Programa de redução de perda de água no sistema de distribuição: aprovadas pelo Conselho de Administração em 16/06/2003. Belo Horizonte, Brasil 2003, 60 p.
- [3] Frangipani M., Ensaio Pitométrico – “Guias práticos –Técnicas de operação em sistemas de abastecimento de água”, PNCDA/PMSS/SNSA/MCidades, Brasília, Brasil, Janeiro 2007.
- [4] Cotner J., Magnetic Flowmeter Fundamentals, Rosemount Inc. Measurement Division, Chanhassen, USA, Setembro 1995.
- [5] Frangipani M., Macromedição – “Guias práticos – Técnicas de operação em sistemas de abastecimento de água”, PNCDA/PMSS/SNSA/MCidades, Brasília, Brasil, Janeiro 2007.
- [6] Albuquerque C. M. F., “DTA - Documento Técnico de Apoio nº D2 MACROMEDIÇÃO versão preliminar”, PNCDA, 2009.