

## XII-010 – DISPOSITIVO ALTERNATIVO PARA MONITORAMENTO DE PRESSÃO EM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

**David Maycon Schimitt Rosa<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Mestrando em Hidráulica e Saneamento na EESC/USP.

**Stuart C. Bueno da Silva<sup>(2)</sup>**

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental na Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT).

**Welitom Ttatom Pereira da Silva<sup>(3)</sup>**

Engenheiro Sanitarista pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Mestre em Ciências Florestais e Ambientais pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Doutor em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade de Brasília (PTARH/UnB). Atualmente é Professor do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso (DESA/UFMT).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Avenida Trabalhador São-carlense, No. 400, CP 359, São Carlos – SP CEP 13566-590 – Brasil – Tel: (16) 3373 - 9571 – e-mail: david\_maycom@hotmail.com

### RESUMO

Uma grande questão na operação de unidades do sistema de abastecimento de água, é o monitoramento preventivo das variáveis determinantes de cada unidade. Uma destas variáveis e de grande interesse na correta operação de algumas unidades, reservação e distribuição, são a pressão hidrostática e hidrodinâmica. A falta do acompanhamento desta variável, nestas unidades do sistema, pode resultar em avarias às unidades do SAA, dificultando sua operação e tornando a manutenção onerosa. Em razão disto, o objetivo deste visou auxiliar na dificuldade do monitoramento de pressão hidrostática e hidrodinâmica do município de Nobres/MT. Foi realizada uma busca pela literatura para levantar o diagnóstico da operação das unidades de distribuição e reservação do SAA, junto com a confecção do aparato experimenta, utilizando Arduino e instalação do mesmo em campo, pós-calibração do mesmo. O dispositivo montado, apresentou boa resposta para o armazenamento dos dados, embora os erros, associados às leituras, não tenham atendido às expectativas. O recipiente projetado para o dispositivo também apresentou avarias, durante os cinco meses em que foi exposto em campo. Desta maneira foi confeccionado um dispositivo alternativo para medição de pressão hidrostática e hidrodinâmica, para o SAA de Nobres/MT, com funcionamento similar aos Dataloggers encontrados no mercado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Monitoramento de pressão, tecnologia alternativa, Arduino.

### INTRODUÇÃO

O sistema de abastecimento de água (SAA) apresenta necessidades de monitoramento de variáveis hidráulicas, para o controle de suas unidades, principalmente a reservação e distribuição.

Dentre este monitoramento e controle, é dada importância crucial às redes de distribuição de água, uma vez que sua operação apresenta custos relativamente elevados, em razão da pressurização por conjuntos elevatórios e da manutenção. Segundo Almeida et al. (2005) as perdas reais podem ser caracterizadas, além de outros fatores, por rompimentos de dutos devido às pressões elevadas, onde pode-se influir que um monitoramento eficiente poderia amenizar esta problemática

Isto mostra que um importante fator atribuído ao monitoramento de variáveis hidráulicas, como a pressão em redes de abastecimento, reside no fato de estar diretamente relacionado às perdas hídricas do sistema. Estas perdas trazem dispêndios às prestadoras de serviço de saneamento, uma vez que significam rupturas nos dutos e a consequente manutenção, perda real de água tratada e por fim possibilidade e contaminação da rede devido às infusões do solo. Para Fonseca (2011) é possível atribuir um sistema automatizado ao controle de variáveis hidráulicas em sistemas de abastecimento de água, para que sejam reduzidas as perdas.

Oliveira (2012) também apresenta um sistema de automação capaz de controlar de forma inteligente a pressão na rede de abastecimento, de forma que haja reduções nos vazamentos em trechos da rede e dos custos de

energia, associados às estações elevatórias do sistema. Outra experiência brasileira da aplicabilidade de sistemas de automação em monitoramento de variáveis hidráulicas é apresentada em AEGEA (2014) onde foram aplicados dispositivos de monitoramento em tempo real em um sistema de abastecimento de água do município de Campo Grande, Mato Grosso do Sul.

O uso desta ferramenta visou diminuir o índice de perdas da prestadora de serviços. O software utilizado tem por nome “TaKaDu” e é associado ao um complexo sistema remoto de automação, capaz de verificar em tempo real o funcionamento do sistema e prever condições críticas de funcionamento, como rompimento de trechos de tubulações e etc. Com base no exposto, buscou-se neste trabalho montar um sistema de monitoramento de pressão hidrostática em componentes do sistema de abastecimento, como redes e reservatórios, para o município de Nobres/MT. Este dispositivo busca auxiliar a verificação do funcionamento das unidades de forma que a prestadora possua controle maior sobre a operação.

## OBJETIVOS

O objetivo geral deste estudo é auxiliar na solução da dificuldade de monitoramento de pressão em rede de abastecimento de água no município de Nobres/MT.

Especificamente a pesquisa contempla: executar diagnóstico da operação das unidades de reservação e distribuição de água no sistema de abastecimento de água; conhecer as principais tecnologias empregadas á solução das dificuldades encontradas no monitoramento destas unidades; selecionar e adquirir familiaridade com alguns destes sistemas de monitoramento e desenvolver um aparato experimental capaz de monitorar pressão nas unidades de reservação e distribuição de água.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Em síntese, apeteceu as seguintes etapas: (i) revisão em literatura; (ii) identificação de dificuldades; (iii) confecção do aparato experimental (dispositivo); (iv) calibração; (v) aplicação do aparato em campo; e (vi) verificação dos resultados.

Por meio de consultas em artigos técnicos científicos, sites de produtos, livros e visitas técnicas a empresa de saneamento do Município (ESAN) houve o levantamento de conhecimentos básicos acerca das principais dificuldades de operação encontradas nas unidades de reservação e distribuição de água, e a apresentação de características das principais tecnologias adotadas para o monitoramento de pressão. O estudo foi realizado em Nobres/MT, uma cidade com cerca de 15.000 habitantes (IBGE, 2010), a 120 km da capital Cuiabá/MT, mais precisamente nas unidades de reservação e distribuição de água do município. A Figura 1 mostra a localização da cidade de Nobres/MT.



Figura 1. Localização da cidade de Nobres/MT

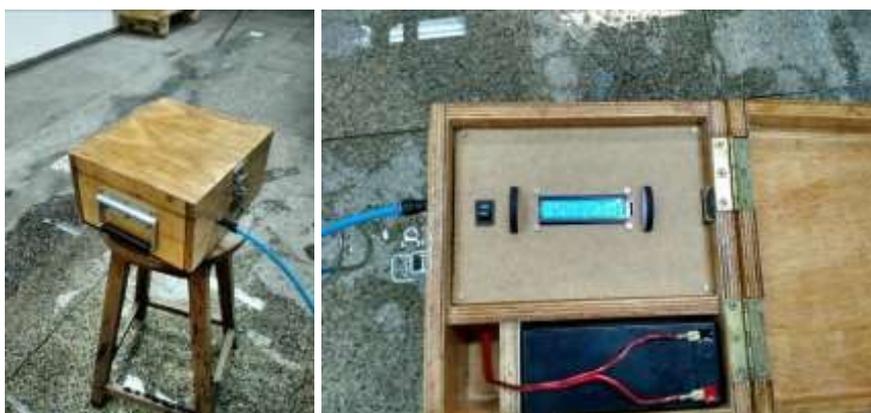
Para a confecção do dispositivo experimental (figuras 2 e 3) fez-se um levantamento de materiais, levando em consideração o custo benefício da aplicação destes materiais, o uso de uma tecnologia em ascensão, devido à

aplicabilidade para diferentes necessidades, à facilidade de implementação da programação no dispositivo desenvolvido, e da aplicação em campo como uma ferramenta de monitoramento.

Após a aquisição dos materiais, sucedeu-se a montagem do dispositivo (Figuras 2). A programação do micro controlador que ordena as ações do dispositivo desenvolvido foi realizada na IDE (ambiente de desenvolvimento integrado) do Arduino. A mesma pode ser obtida por download na página oficial do Arduino <https://www.Arduino.cc/en/Main/Software>.

A calibração do dispositivo efetuou-se no LABHID/DESA/UFMT em uma bancada de estudos de perda de carga (Figura 3), disposto com um manômetro com capacidade de leitura de 0 a 30 mH<sub>2</sub>O. Desta maneira foi possível armazenar para diferentes faixas de pressão lidas no manômetro, os valores dos sinais analógicos que eram apresentados no display do aparato. Adiante, realizou-se uma correlação linear entre as séries apresentadas pela leitura do manômetro e das séries das leituras do sensor.

Após o processo de calibração, fez-se a alocação do aparato desenvolvido em campo (unidades de reservação, cavalete e booster). Após esta etapa, foi instalado um booster em uma estação elevatória situada dentre a rede de abastecimento, e realizadas verificações das leituras com as da etapa anterior, no intuito de verificar a correspondência do fato com as medições aferidas pelo dispositivo montado nesta pesquisa. Sendo, portanto, possível encontrar algum erro brusco de leitura ou aferição inconstante do equipamento, conforme a programação admitida para o mesmo.



**Figura 2: Dispositivo no início dos cinco meses de campo.**



**Figura 3: (a) Ilustração da bancada de estudos; (b) Manômetro de referência.**

As Figuras 4, 5 e 6 mostram os locais onde o dispositivo foi instalado.



Figura 4. (a) Reservatório escolhido; (b) Reservatórios presentes na ETA.



Figura 5. (a) Instalação do sistema no cavalete; (b) Manômetro Instalado no cavalete.



Figura 6. Instalação do dispositivo em um ramal do booster.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em consulta a companhia responsável pelo sistema de abastecimento de água de Nobres/MT pode-se levantar alguns pontos deficientes. Entre elas, verifica-se a falta de um sistema de macromedição na estação de tratamento de água e de um sistema de monitoramento de pressão para algumas unidades do SAA; um parque de relógios antigos e provavelmente avariados, para a micromedição; dificuldade de implantação de modelos de otimização energética em estações elevatórias; e dificuldade para o fechamento do balanço de massa da produção da ETA com o consumido, registrado pelo parque dos relógios de micromedição.

Comparando o dispositivo desenvolvido com algumas principais marcas de mercado, têm-se que o aparato apresenta 1 canal de comunicação, capacidade de armazenar leituras de pressão, possui sensor de pressão com capacidade de 0 a 70 mca, apresenta massa inferior a quatro quilos, a alimentação é feita por bateria recarregável de 12v e usa um display para apresentação das leituras realizadas, ao usuário, bem como de uma comunicação via USB Port para modificação dos intervalos de leitura e formas de armazenamento de dados. Vale salientar, que o valor agregado à sua confecção apresenta-se inferior as faixas encontradas no mercado.

Todavia, foi observado em campo, que variações de temperatura, movimentos bruscos ao sensor e alguns procedimentos inadequados no manuseio do aparato, podem refletir sobre as medições aferidas pelo mesmo. Por esta razão, uma calibração adequada e periódica do aparato faz-se necessária.

Analisando as leituras referentes ao reservatório, pode-se inferir que o mesmo não apresentou grandes variações de leitura, mostrando aferições mais confiáveis, quando comparados às do cavalete. As leituras realizadas pelo dispositivo no cavalete antes da instalação do booster apresentaram certa discordância dos valores reais encontrados em campo. Após a instalação do booster, os valores de pressão se mostram menores que antes da instalação, o que é teoricamente impossível e segundo a verificação com os manômetros em campo, o mesmo não ocorria, como previsto. Estes erros não atenderam as expectativas, já que o manual do fabricante cita uma faixa de erro estimada do sensor, em razão de temperatura de operação, fadiga, entre outros, de cerca de 2,5% (-+), valor bem abaixo do apresentado pelo aparato

Como possíveis causas para este erro verificado nas leituras do aparato, pode-se citar: fadiga do sensor, após certo tempo submetido à pressão; falta de calibração periódica neste intervalo de tempo; inadequação do tipo do sensor utilizado para pressões baixas (reservatório); mau contato do circuito, em razão da preferência da montagem dos componentes eletrônicos; possível avaria dos componentes do dispositivo, em razão da umidade interna do recipiente e possível falha operacional do dispositivo, em situações ocasionais.

Outro levantamento dos resultados foi a avaliação final do recipiente (caixa), a qual foi projetada para suportar o dispositivo. Embora se tenha escolhido a madeira para confeccionar a caixa, por motivos de facilidade de fabricação, foi privilegiada o tipo “compensado de madeira”. Após a análise da caixa, posterior à experiência de campo, concluiu-se que o material e o tratamento aplicado a este não foram suficientes para suportar as intempéries encontradas em campo. Foram observadas várias avarias na parte exterior da caixa, comprometendo a capacidade resistiva do mesmo, e da mesma forma em seu interior.

Desta forma, sugere-se que seja utilizado algum outro material que apresente resistência aos choques mecânicos, isolamento à temperaturas elevadas e contato hidráulico, para manter as boas condições de funcionamento dos componentes eletrônicos internos. A madeira pode ser ainda aplicada, no entanto, desde que seja maciça e apresente maior resistência que o material adotado na confecção do aparato montado nesta pesquisa.

## **CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

O monitoramento de pressão em unidades de distribuição e reservação se mostraram importante, frente à revisão em literatura, reduzindo as falhas associadas às suas operações. Por esta razão, um dispositivo para medição e armazenamento de pressão foi montado para o sistema de abastecimento do município de Nobres/MT. Desta maneira, a necessidade que a empresa possuía em realizar este monitoramento em algumas unidades do sistema, foi atendida. O equipamento montado demonstrou-se eficiente para a realização das leituras e armazenamento das mesmas, funcionando de forma similar aos tipos de Dataloggers existentes no mercado e com custo agregado bem inferior aos Dataloggers comerciais. Embora o monitoramento tenha ocorrido sem muitas variações de dados de leituras, em razão dos erros atribuídos ao sensor e ao sistema utilizado, foi possível perceber grandes desvios dos erros agregados ao dispositivo. O recipiente em que foi alocado o dispositivo apresentou avarias significativas depois de alocado em campo, demonstrando que o material utilizado para a confecção do mesmo não seja o mais adequado para a situação. Desta forma, o recipiente apresentou necessidade de ser substituído.

Em razão do desenvolvimento deste trabalho, das dificuldades encontradas e das possibilidades de expansão deste tema em aplicação ao SAA de Nobres/MT, sugere-se:

- Continuidade destes estudos;
- Aplicação do aparato experimental em outros municípios com a mesma dificuldade;
- Expansão, conforme as necessidades, destas tecnologias às outras unidades do SAA;
- Aplicação conjunta desta tecnologia à técnica de automação, com atuadores e etc;
- Aplicação conjunta à técnica de operação remota e
- Verificação da possibilidade de desenvolvimento de plataformas operacionais próprias, visando redução de custos.

Garantia por parte da empresa ESAN do município de Nobres/MT em auxiliar na expansão da aplicabilidade desta tecnologia, para a melhoria do controle operacional da empresa e da otimização de tempo destinado para esta etapa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AZEVEDO NETTO, J. M.; FERNANDEZ, M. F.; ARAÚJO, R.; ITO, A. E. Manual De Hidráulica. 8ª ed., São Paulo, Blücher, 1998.
2. ARDUÍNO, 2015. Disponível em:< <https://www.arduino.cc/>>. Acesso em: 22 de Dezembro de 2015.
3. AEGEA, 2016. Disponível em:< <http://www.aegee.com.br/revista/2014/02/aguas-guariroba-implanta-sistema-pioneiro-para-monitorar-abastecimento-de-agua/>>. Acesso em: 05 de Janeiro de 2016.
4. ALMEIDA, D. F. C. D. Controle e Redução de Perdas Reais em Sistemas de Abastecimento de Água. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, 2005.
5. CAMPILHO, A. Instrumentação eletrônica, métodos e técnicas de medição. 1ª ed., Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2000.
6. CUNHA, A. A. R. D. Otimização energética em tempo real da operação de sistemas de abastecimento de água. São Carlos-SP, 2009.
7. FONSECA, F.R.D. Modelo de sistema de automação aplicado à setorização de redes de abastecimento hídrico. São Paulo, 2011.
8. OLIVEIRA, J.K.C.D. Controle Inteligente de Pressão Para Uma Rede Sem Reservatório De Abastecimento Urbano De Água. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN. 2012.
9. OPENSOURCE.ORG. 2015. Disponível em:< <https://opensource.org/>>. Acesso em: 15 Dezembro de 2015.
10. PALMIERI, A.M. Desenvolvimento de sistema automatizado de baixo custo para coleta e armazenamento de dados de variáveis climáticas: aplicações no ambiente agrícola. Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP. 2009.
11. TSUTIYA, M. T. Abastecimento de Água. São Paulo: Departamento Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.
12. YOSHIMOTO, P.M., FILHO, J.T, SAREDAS,G.L. "Controle da pressão na rede". Documento técnico de apoio D1 - Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, Brasília, 1999. Disponível em: <http://www2.cidades.gov.br/pncda>. Acesso em 28 Dezembro de 2015.