



BANCADA HIDRÁULICA COM AUTOMAÇÃO EM ARDUÍNO PARA CALIBRAÇÃO DE MEDIDOR DE VAZÃO VENTURI

Palavras-Chave: medição de vazão, tubo Venturi, Arduíno

Autores(as):

MARIANA INFANTE GORDALIZA, FECFAU - UNICAMP

Prof. Dr. ANDRÉ LUIS SOTERO SALUSTIANO MARTIM (orientador), FECFAU - UNICAMP

INTRODUÇÃO:

A medição da vazão de água em escala domiciliar é essencial para o controle tanto do consumo quanto das perdas nos sistemas de abastecimento. Predominam-se o uso de medidores velocimétricos, volumétricos e ultrassônicos, porém, ainda se nota a falta de hidrometração em certas localidades, afetadas pelo índice de perdas. O presente estudo visa calibrar um medidor Venturi, vantajoso em relação a outros medidores graças a inexistência de partes móveis e eventuais desgastes mecânicos.

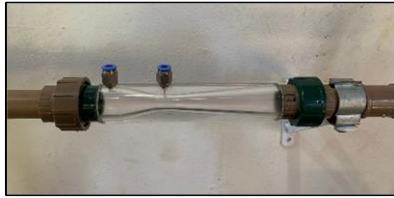
Segundo a definição proposta em BS EN ISO 5167-4:2003, o tubo Venturi se trata de um dispositivo cilíndrico com seções transversais divergentes, de forma que sua entrada seja conectada a uma garganta e, com o escoamento pleno de um fluido, exista diferença de pressão entre as duas seções.

Ademais, visando a precisão e a praticidade na coleta de dados, um dos objetivos principais do estudo se refere a adaptação e utilização da bancada de automação com prototipagem em *Arduíno*, presente no Laboratório de Hidráulica e Mecânica dos Fluidos (LHMF) da FECFAU.

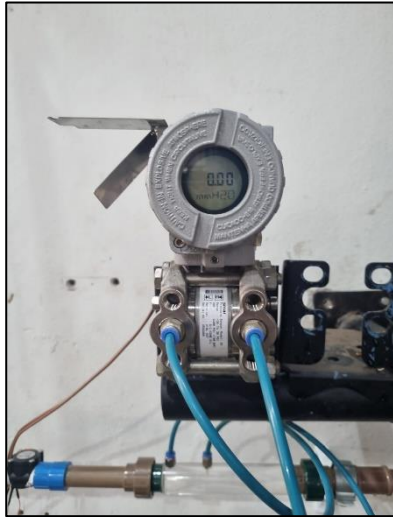
METODOLOGIA:

A pesquisa possui caráter experimental prático, e foi iniciada a partir de uma bancada de trabalho pré-existente. Esta foi construída pensando em uma simulação de um circuito fechado de transporte de água, possuindo como componentes: materiais hidráulicos, tubos e conexões em PVC soldável com diâmetro de 20 mm, sensor de fluxo, válvula solenoide, bomba centrífuga e dois reservatórios (superior e inferior) de capacidade aproximada de 250 e 500 litros, respectivamente. Além disso, se destaca a presença de um hidrômetro volumétrico Itrón Aquadis Cyble, um hidrômetro velocimétrico LAO e um medidor ultrassônico do tipo Hydrus.

Dessa forma, foram adicionados ao sistema o tubo Venturi e um transmissor de pressão diferencial. O primeiro possui diâmetro interno de 21 mm e seção com menor diâmetro de 10 mm, além de orifícios acoplados às duas seções de forma a encaixar o transmissor de pressão diferencial. Este da marca Smar e modelo LD 301, com range de -36 a 36 psi e operando de 4 a 20 mA.



(a) - Tubo Venturi utilizado



(b) - Transmissor de pressão diferencial



(c) - Visão geral da bancada

Figura 1 – Elementos da bancada

Para a coleta de dados, o estudo passou por dois processos principais até chegar a automação desejada. Primeiramente, dividiu-se a utilização do *Arduíno* com o software *NXperience*, em que um data logger ligado em série ao transmissor de pressão disponibilizava os dados respectivos de pressão diferencial por infravermelho. Porém, visando a praticidade, a temática da pesquisa e a precisão dos valores, a ideia foi modificada.

Assim sendo, se buscou a utilização mais efetiva do *Arduíno*, a fim de não só controlar o fluxo e a vazão instantânea, mas também os valores de pressão diferencial. Ou seja, com o transmissor SMAR convertendo os valores de pressão para corrente, e esta corrente medida a partir da tensão do resistor presente no sistema, a programação feita em *Arduíno* foi capaz de converter a tensão do resistor novamente nos valores de pressão.

A prototipagem para aquisição dos dados foi feita utilizando placa microcontroladora para *Arduíno* Uno R3 e a programação em linguagem C++ foi desenvolvida a partir de biblioteca própria do software e também um projeto de Iniciação Científica finalizado anteriormente. Dessa forma, foi possível adquirir dados de dia, hora, tensão (V), pressão (mmH20) e vazão (L/min), salvos em um cartão de memória e posteriormente, tratados no *Excel*.

Depois, era necessário compatibilizar os valores adquiridos pelo tubo Venturi aos registrados pelos hidrômetros. Estando os três calibrados (ultrassônico, velocimétrico e volumétrico), foi determinado como parâmetro o medidor ultrassônico – devido a sua precisão e facilidade de leitura. Assim, com o auxílio de um aparelho celular preso à bancada, foram registrados vídeos em time-lapse de cada um

dos testes, em que foram visualizadas em placa LED os valores resultantes do *Arduíno* e a leitura do ultrassônico.

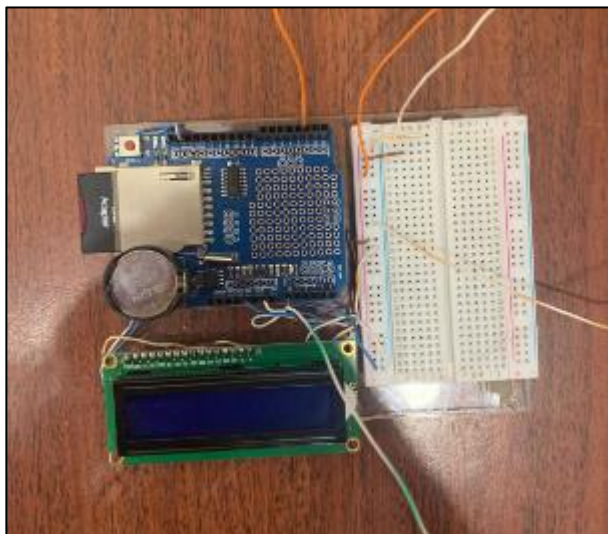


Figura 2 – Placa microcontroladora



Figura 3 – Registro em time-lapse

Para os primeiros testes foi necessário calibrar o sensor de pressão diferencial a partir de uma chave magnética e retirar o ar de dentro do aparelho, a fim de eliminar as influências do fluido nas medições. Além disso, com o auxílio do manual Smar, se determinou também o “zero” do aparelho e seu range.

Finalmente, foi estabelecido o intervalo de vazões consideradas para os ensaios a partir da NBR 15538:2014, que determina as vazões para verificações de erros em l/h. Considerando as capacidades da bomba e do transmissor de pressão, foram escolhidos 5 pontos: 40 l/h, 75 l/h, 100 l/h, 250 l/h e 450 l/h.

Para o cálculo, foi usado de base a equação da vazão volumétrica descrita por Delmée (2003) e com constantes retiradas da Norma BS EN ISO 5167-4:2003:

$$Q = 1,1107 \times C \times E \times \beta^2 \times D^2 \times \sqrt{\frac{P_1 - P_2}{\rho}} \quad \text{Eq. 1}$$

Sendo:

- C o coeficiente de descarga (0,984 para tubos Venturi clássicos, como o utilizado);
- β a relação entre os diâmetros da garganta do Venturi (10/21, neste caso);
- D o diâmetro em metros (0,021 m);
- E a relação dada por $\frac{1}{\sqrt{1-\beta^4}}$;
- P1 e P2 os valores obtidos nas tomadas de pressão (dados em Pa);
- ρ a densidade da água em kg/m³ (997 kg/m³)
- Q a vazão dada em m³/s.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Foram realizados testes de 30 minutos para cada ponto selecionado, com operação simultânea da programação do Arduíno e os hidrômetros na bancada. Após, os dados foram recolhidos no cartão de memória e convertidos para uma planilha no Excel.

Os vídeos em time-lapse foram compartilhados com um computador e tratados com o editor padrão da Microsoft, a fim de que fosse possível adquirir a vazão a cada segundo. Assim, os valores foram selecionados a cada 15s – adequado para a pouca flutuação.

Abaixo está mostrado o ponto de 250 l/h, para exemplificação.

Hora	Tensão (V)	Pressão (mmH2C)	Pressão (Pa)	Ultrassônico (m ³ /h)	Venturi (m ³ /s)	Venturi (m ³ /h)
16:47:58	1,42	83,85	822,288	0,317	3,22E-05	0,1160
16:48:13	1,43	84,76	831,212	0,324	3,24E-05	0,1166
16:48:28	1,41	83,4	817,875	0,321	3,21E-05	0,1157
16:48:43	1,43	84,76	831,212	0,319	3,24E-05	0,1166
16:48:58	1,43	84,76	831,212	0,323	3,24E-05	0,1166
16:49:13	1,42	84,31	826,799	0,318	3,23E-05	0,1163
16:49:28	1,42	84,31	826,799	0,322	3,23E-05	0,1163
16:49:43	1,44	86,12	844,549	0,321	3,27E-05	0,1176
16:49:58	1,41	83,4	817,875	0,317	3,21E-05	0,1157
16:50:13	1,41	83,4	817,875	0,32	3,21E-05	0,1157
16:50:28	1,42	84,31	826,799	0,32	3,23E-05	0,1163
16:50:43	1,42	84,31	826,799	0,319	3,23E-05	0,1163
16:50:58	1,42	83,85	822,288	0,318	3,22E-05	0,1160
16:51:13	1,42	83,85	822,288	0,316	3,22E-05	0,1160
16:51:28	1,42	84,31	826,799	0,314	3,23E-05	0,1163
16:51:43	1,41	83,4	817,875	0,323	3,21E-05	0,1157
16:51:58	1,42	83,85	822,288	0,321	3,22E-05	0,1160
16:52:13	1,43	84,76	831,212	0,32	3,24E-05	0,1166
16:52:28	1,42	84,31	826,799	0,323	3,23E-05	0,1163
16:52:43	1,42	83,85	822,288	0,322	3,22E-05	0,1160

Tabela 1 – Os 20 primeiros valores para 250 l/h.

Tem-se para este caso, uma diferença aproximada de 0,2 m³/h para as leituras do Ultrassônico e os valores calculados para o Venturi. Este pode ser justificado por suas incertezas (ainda a serem calculadas) de manipulação dos materiais, código implementado no Arduíno, calibração do aparelho e outros.

Até o momento, foi possível adquirir os valores para os cinco pontos propostos e objetiva-se afinar os testes, a fim de obter valores precisos e comprovar a atuação do Venturi como medidor volumétrico. Além disso, é necessário o cálculo das incertezas.

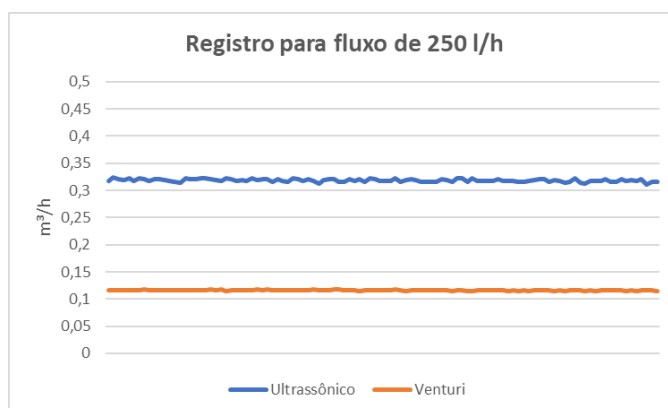


Gráfico 1 - Registro para fluxo de 250 l/h

CONCLUSÕES:

Os resultados encontrados até o momento foram satisfatórios para o estudo e entendimento do tubo Venturi, podendo ser visualizadas diferenças entre vazões maiores e menores. Ainda são necessários alguns aperfeiçoamentos e cálculos, de forma que a pesquisa esteja completa, mas já são possíveis análises quanto as possibilidades de utilização do aparelho.

BIBLIOGRAFIA

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **BS EN ISO 5167-4:2003**.

Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full — Part 4: Venturi tubes, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15538:2014**. Medidores de água potável — Ensaios para avaliação de eficiência, 2014.

DELMÉE, Gerard J. **Manual de Medição de Vazão** - 3ª Edição 2003, Editora Blucher.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO/IEC GUIDE 98-3:2008**, (JCGM/WG1/100) Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995), 2008.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO/IEC GUIDE 99:2007** International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM), 2007.

Z. Peng, Z. Cao, L. Xu, Z. Qian. **Influence of installation angle of electromagnetic flowmeter on measurement accuracy**, in: Proceedings of the International Symposium on Instrumentation and Control Technology (ISICT), 2012, 978-1-4673-2617-9/12.