

DETERMINAÇÃO DA VAZÃO EM TUBULAÇÕES PRESSURIZADAS PELO MÉTODO DAS COORDENADAS DO JATO

JUCIANO GABRIEL DA SILVA¹, ADROALDO DIAS ROBAINA², MARCIA XAVIER PEITER³, MIGUEL CHAIBEN NETO⁴, LAURA DIAS FERREIRA⁵, JHOSEFE BRUNING⁶

¹Mestrando em Engenharia Agrícola, Depto. de Engenharia Rural, CCR/UFMS, (53) 984551137, jucianogabriel@gmail.com.

² Prof. Dr., Depto. de Engenharia Rural, CCR/UFMS, Santa Maria/RS

³ Prof.ª Dra., Depto. de Engenharia Rural, CCR/UFMS, Santa Maria/RS

⁴ Doutorando em Engenharia Agrícola, Depto. de Engenharia Rural, CCR/UFMS, Santa Maria/RS

⁵ Doutoranda em Engenharia Agrícola, Depto. de Engenharia Rural, CCR/UFMS, Santa Maria/RS

⁶ Doutorando em Engenharia Agrícola, Depto. de Engenharia Rural, CCR/UFMS, Santa Maria/RS

Apresentado no
L Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2021
08 a 10 de novembro de 2021 - Congresso On-line

RESUMO: Objetivou-se neste estudo, avaliar o desempenho do Método das Coordenadas do Jato na determinação da vazão. Foram utilizadas tubulações de Policloreto de Vinila (PVC) de aproximadamente 6 metros de comprimento, com diâmetros nominais de 32 e 40 mm. As determinações das coordenadas do jato foram obtidas na saída de cada canalização, disposta horizontalmente sobre um sistema de bombeamento de circuito fechado. Para avaliar a sua precisão, os resultados das vazões adquiridas pelo Método das Coordenadas do Jato foram comparados com os valores obtidos pelo medidor Hidrômetro, através do erro relativo percentual, ER (%), e a regressão linear. Os resultados encontrados, a partir do Método das Coordenadas do Jato, apresentaram erros menores que 10% e uma boa correlação com os dados obtidos pelo Hidrômetro para os diâmetros nominais de 32 e 40mm.

PALAVRAS-CHAVE: hidrometria, medição de vazão, irrigação.

DETERMINATION OF FLOW IN PRESSURIZED PIPES BY THE JET COORDINATE METHOD

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the performance of the Jet Coordinate Method in determining the flow. Polyvinyl chloride (PVC) pipes of approximately 6 meters in length, with nominal diameters of 32 and 40 mm were used. The determinations of the coordinates of the jet were obtained at the outlet of each channel, horizontally arranged over a closed circuit pumping system. To evaluate its accuracy, the results of the flow rates acquired by the Jet Coordinate Method were compared with the values obtained by the Hydrometer, through the relative percentage error, ER (%), and the linear regression. The results found, using the Jet Coordinate Method, showed errors of less than 10% and a good correlation with the data obtained by the Hydrometer for the nominal diameters of 32 and 40mm.

KEYWORDS: hydrometry, flow meter, irrigation.

INTRODUÇÃO: A medição da vazão em sistemas hidráulicos em operação, é um fator essencial para avaliar a coerência com o seu dimensionamento, identificar possíveis perdas no processo de distribuição, e supervisão detalhada do uso da água (AMORIN et al., 2017). Atualmente, existem diferentes tipos de medidores de vazão no mercado, com ampla variedade de preços, precisão da medição e tempo de vida (SIQUEIRA; SOUZA, 2020). Entretanto, é desejável a existência de medidores de baixo custo e fácil instalação, na busca por vantagens tanto financeiras quanto operacionais para os consumidores finais do produto (FERREIRA, 2020). Entre as alternativas para estimar a vazão de forma indireta e com baixo custo de realização, pode-se destacar a determinação a partir do Método das Coordenadas do Jato. Este método consiste em medir o comprimento do jato em tubos com descarga livre, posicionados horizontalmente ou inclinado em relação ao nível do solo (NETO et al., 1998). Com as informações da área de seção molhada no interior da tubulação, e a medida de distância da boca do tubo até o ponto onde o jato cai 25 cm, pode-se facilmente, determinar a vazão que está escoando (YASSUDA, 1966; NOGAMI, 1974). Entretanto, há poucas informações referente a esta forma de medição. Sendo necessário o desenvolvimento de pesquisas que forneçam informações sobre a precisão do método. Portanto, objetivou-se avaliar o desempenho do método de Medição das Coordenadas do Jato na determinação da vazão, em tubulações pressurizadas com descarga livre.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi conduzido no laboratório de Hidráulica do Centro de Ciências Rurais na Universidade Federal Santa Maria, Santa Maria, RS. Utilizou-se um sistema de bombeamento de circuito fechado, utilizando dois tubos novos de PVC de coloração azul, com aproximadamente 6 metros de comprimento, diâmetros nominais de 32 e 40 mm, e diâmetros internos de 28,81 e 35,25 mm respectivamente. Obteve-se a vazão através das medidas das coordenadas x, a partir do comprimento do jato na saída da tubulação horizontal, e inserida na equação (equação 1) apresentada por Yassuda (1966) e Nogami (1974). Esta equação é aplicada em tubos horizontais ou inclinados com a sua área completamente cheia, onde a medida da coordenada y é fixada em 25 cm. Os resultados de vazões calculadas pela equação 1, foram comparadas com as vazões encontradas pelo hidrômetro, do tipo turbina, previamente calibrado e posicionado antes da saída da tubulação. Foram obtidas 12 leituras médias de vazão para cada tubo, sendo realizado 3 repetições para cada valor médio, totalizando 36 amostragens em cada diâmetro. Os dados foram analisados estatisticamente através do erro percentual e a regressão linear simples. A seguir está sendo apresentada a equação 1, e suas respectivas variáveis.

$$Q = 12,5 \cdot L \cdot D^2 \quad (1)$$

em que,

Q – Vazão em litros por hora;

D – Diâmetro interno do tubo (cm)

L – Comprimento da coordenada x, em cm, para y = 25 cm.

RESULTADOS E DISCUSSÕES: Na tabela a seguir (tabela 1), está sendo apresentado os resultados das vazões médias obtidas pelo hidrômetro e o Método das Coordenadas do Jato. Além do mais, é demonstrado Erro Percentual entre os dois métodos de medição. Pode-se

analisar que as vazões obtidas pelo Método das Coordenadas do Jato, apresentaram-se próximas as vazões observadas pelo Hidrômetro. Os maiores erros percentuais foram de 9,91 e 9,52 no diâmetro nominal de 32 mm, consideradas as únicas amostragens que superestimaram os valores de vazão ao comparar com os valores medidos através do Hidrômetro.

TABELA 1. Valores da média e desvio padrão das vazões obtidas através do Hidrômetro e o Método das Coordenadas do Jato, em tubos de PVC com diâmetros nominais de 32 e 40mm.

Hidrômetro		Método das Coordenadas do Jato		Erro percentual (%)	
32 mm	40 mm	32 mm	40 mm	32 mm	40 mm
0,634±0,000	1,068±0,004	0,696±0,007	1,014±0,009	9,91	-5,04
0,948±0,004	1,504±0,009	1,038±0,007	1,437±0,011	9,52	-4,47
1,294±0,399	1,918±0,001	1,279±0,007	1,814±0,019	-1,20	-5,44
1,399±0,008	2,406±0,007	1,349±0,009	2,313±0,017	-3,59	-3,89
1,860±0,006	2,972±0,026	1,794±0,008	2,863±0,020	-3,55	-3,66
2,829±0,025	3,365±0,029	2,765±0,019	3,242±0,022	-2,28	-3,66
2,535±0,026	3,762±0,041	2,511±0,026	3,756±0,017	-0,92	-0,14
2,358±0,010	4,238±0,011	2,295±0,006	4,129±0,033	-2,67	-2,57
2,101±0,014	3,548±0,015	2,037±0,009	3,459±0,051	-3,08	-2,52
1,919±0,004	3,085±0,015	1,863±0,014	2,927±0,018	-2,95	-5,14
1,656±0,004	2,646±0,012	1,620±0,008	2,512±0,013	-2,20	-5,04
1,505±0,004	2,202±0,008	1,454±0,012	2,074±0,009	-3,37	-5,82

Na figura a seguir, estão sendo apresentados através de regressão linear, os valores de vazão obtidos com o Hidrômetro (eixo x) e através do Método das Coordenadas do Jato (eixo y), para os tubos de PVC com diâmetros nominais de 32 e 40mm.

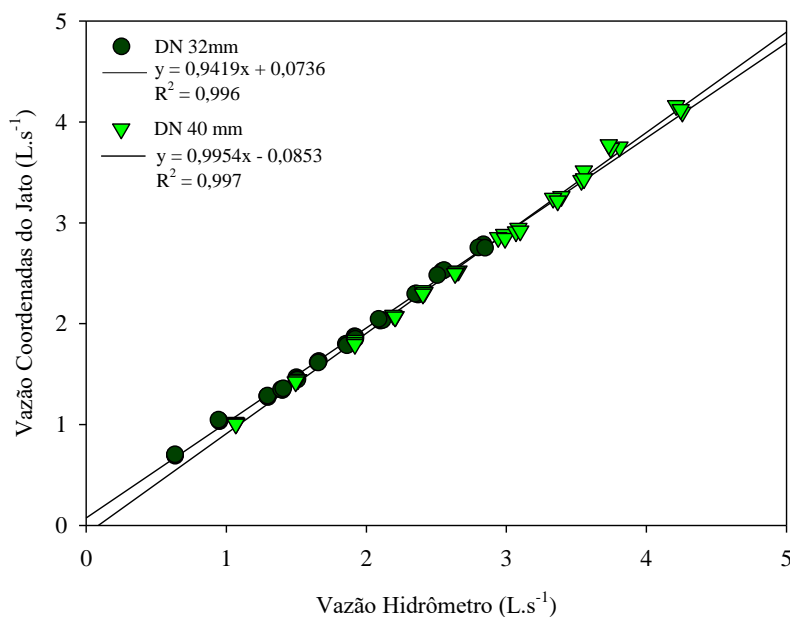


FIGURA 1. Vazões obtidas em tubos de PVC com diâmetros nominais de 32 e 40mm, através do medidor Hidrômetro e o Método das Coordenadas do Jato.

Observa-se através da Figura 1, uma forte correlação dos valores de vazão, evidenciado pelo elevado coeficiente de determinação e explicitando a maneira congruente que foi realizado o experimento. Pimenta et al. (2018), em sua pesquisa avaliando o desempenho de medidores ultrassônicos em tubos de PVC de coloração azul, demonstra maior imprecisão nos resultados do que o método proposto neste trabalho. Portanto, pode-se deduzir que os métodos de baixo custo e simples manuseio, utilizados para a medição de vazão, podem apresentar precisões similares a equipamentos caros e com alta tecnologia embarcada.

CONCLUSÕES: A partir dos dados analisados, é possível concluir que o método de determinação da vazão a partir das coordenadas do jato na saída da tubulação, apresentou valores próximos aos obtidos pelo hidrômetro. Podendo ser utilizado para a estimativa da vazão em tubos de PVC com descarga livre.

REFERÊNCIAS: SIQUEIRA, N. A.; DE SOUZA, P. A. Medidor prismático hexagonal: uma alternativa à macromedição. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 5, p. 649-653, 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/s141341522020192106> .

DE AMORIM, E. L.; PEREIRA, M. S.; DE MELO, E. A.; FORTES, F. C. A.; DE SOUSA, K. L. J. L. Equação da continuidade aplicada ao cálculo de vazão do igarapé São Lourenço do Município de Cantá. **Revista Multidisciplinar Pey Këyo Científico**, Amazonas, v.2, n.2, p.1-13, 2017. <http://periodicos.estacio.br/index.php/pkcroraima/article/view/3827/1650>.

FERREIRA, L. D. Análise comparativa de metodologia para a determinação da vazão em sistemas de bombeamento de água. **Dissertação (mestrado)** – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2020.

NETTO, A. FERNANDEZ, M. F.; DE ARAÚJO, R.; ITO, A. E. **Manual de Hidráulica**. 8ª edição, Editora Blucher, 1998, São Paulo, SP. 1998. 682p.

PIMENTA, B. D.; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; KIRCHNER, J. H.; MEZZOMO, W.; TORRES, R. R. Desempenho do medidor ultrassônico de vazão em diferentes tubos de Policloreto de Vinila. **Irriga**, Botucatu, v. 23, n. 1, p. 87-95, janeiro-março, 2018.

NOGAMI, P. S. **Bombas e Sistemas de Recalque**. ABES/CETESB, 1974, São Paulo. 260p.

YASSUDA, E. R. **Bombas e Estações Elevatórias Utilizadas em Abastecimento de Água**. Faculdade de Saúde Pública e Escola Politécnica da USP, 1966, São Paulo. 351 p.