

EQUAÇÃO MATEMÁTICA PARA O CÁLCULO DE UM ORIFÍCIO USADO COMO REGULADOR DE PRESSÃO EM UNIDADES HIDRÁULICAS DE OPERAÇÃO

DIONE MONTEIRO DE MORAIS¹, DIOGO HENRRIQUE MORATO DE MORAES², MARCUS VINICIUS MENDES DOS SANTOS³

¹ Aluno de Engenharia Agrícola, Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, (64)993216821, monteiodione2009@gmail.com

² Aluno de Engenharia Agrícola, Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, (64)992433948, diogo.slmb@gmail.com

³ Doutor em Engenharia de Água e Solo, Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, marcus.santos@ifgoiano.edu.br

Apresentado no
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

RESUMO: Com o intuito de proporcionar melhorias em sistemas de irrigação tanto na diminuição de preço, manejo do sistema e aquisição de novas tecnologias, este trabalho teve como objetivo determinar uma equação matemática para encontrar o diâmetro de um orifício que será usado como regulador de pressão do tubo, em relação, a vazão e os diâmetros estipulados dos orifícios. A pesquisa foi realizada no laboratório de hidráulica do Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, onde utilizou-se os kits de hidráulica que tiveram adaptações de 4 tubos com diâmetros de 20, 32,50 e 60 mm ($\frac{1}{2}$ " , 1" , $1\frac{1}{4}$ " e 2"), com mais 4 orifícios de diâmetros que variam de 40 a 70 % dos diâmetros dos tubos, que foram utilizados como base nos resultados dos testes com relação entre vazão e a perda de carga. Deduzindo a partir das equações práticas de hidrometria para vazão e velocidade, conseguiu-se determinar uma equação para o cálculo do diâmetro necessário para a regulação da pressão no sistema operacional. Como resultado, conseguimos determinar uma equação para cada diâmetro de tubulação com um coeficiente de correção atuando sobre as equações teóricas, apresentando nível médio do coeficiente de determinação de 92,5%, apresentando alta confiabilidade e segurança na aplicação.

PALAVRAS-CHAVE: Orifícios, Diâmetros, Vazão.

MATHEMATICAL EQUATION FOR THE CALCULATION OF A USED HOLE AS A PRESSURE REGULATOR IN HYDRAULIC OPERATING UNITS

ABSTRACT: In order to provide improvements in irrigation systems, both in price reduction and in systems management and in the acquisition of new technologies, this work aimed to determine a mathematical equation to find the diameter of a hole which will be used as the pressure regulator of the tube, in relation to the flow and stipulated diameters of the holes. The research was carried out in the hydraulic laboratory of the Federal Institute of Goiano - Campus Urutaí, where it was used the hydraulic kits that had adaptations of 4 tubes with diameters of 20, 32,50 and 60 mm, with more 4 holes of diameters ranging from 40 to 70% of the diameters of the tubes, which were used as basis in the results of the tests with relation between flow and the loss of load. by deducting from the practices equations of hydrometry for flow rate and speed, was achieved determine an equation for calculating the required diameter for pressure adjustment in the operating system. As a result, we were able to determine an equation for each pipe diameter with a correction coefficient acting on theoretical equations, showing average level of 92.5% determination coefficient, presenting high reliability and safety.

KEYWORDS: Orifices, Diameters, Flow

INTRODUÇÃO: Em geral setores que necessitam de maior altura manométrica do sistema de bombeamento, são setores que se localizam em maior altura geométrica. É normal que em cotas mais altas o bombeamento não seja suficiente, então se torna necessário a utilização de dispositivos que permitam a redução de pressão em toda unidade. Para tanto é comum o uso de válvulas reguladoras de pressão que são válvulas caras e que acabam onerando projetos de irrigação, principalmente em áreas de topografia instável e que possuem alto índice de inclinação. Uma solução para esse problema seria a utilização de orifícios nos setores. De acordo com Azevedo Netto (1998), orifícios são perfurações,

geralmente de formas geométricas definidas, feitas abaixo da superfície livre do líquido, em paredes de reservatórios, tanques ou recipientes que possuam líquido, de forma que o orifício, este pequeno dispositivo, possa regular e controlar a vazão de água, alterando sua perda de carga. O processo de perda de carga localizada em conexões e peças especiais é bastante complexo, envolvendo variáveis como sua geometria e o processo de fabricação, o regime de escoamento e a presença de correntes secundárias, entre outras (CABELLO, 1996). Existem vários sistemas definidos como, medidores de vazão, que provocam a perda de carga nos sistemas e fazem com que a pressão seja uniforme na seção do canal. A grande vantagem de utilização dos orifícios é o baixo custo e a não necessidade de manutenção, além da fácil instalação. A equação será um fator de definição de qual diâmetro de orifícios usaremos para controlar o índice da pressão na tubulação.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi conduzido no Laboratório de Hidráulica do Departamento de Irrigação e Drenagem, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - IF Goiano - Câmpus Urutaí. Foram analisadas as perdas de carga em função de uma vazão circulante, em orifícios medidores de vazão, utilizados de forma inversa para determinação do seu diâmetro interno, utilizando como fluido, água limpa. Segundo Back (2006) os orifícios em parede delgada são obtidos em chapas finas ou pelo corte em bisel. O acabamento em bisel é necessário se a espessura da chapa é inferior ao diâmetro do orifício suposto circular. A fabricação dos orifícios foi feita em tecnil (Figura 1), variando seu diâmetros de 40 a 70% do diâmetro da tubulação Tabela 1, assim como cita Carvalho e Oliveira (2008).

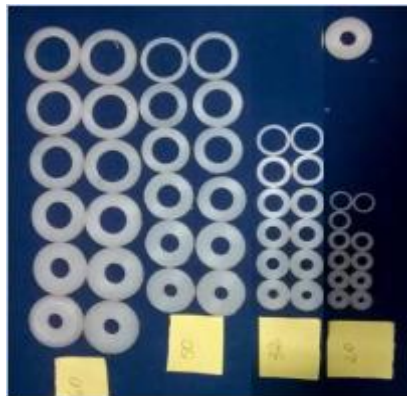


FIGURA 1 – Vistas superior dos Orifícios

DN(mm)	40%	50%	60%	70%
20	8,00	10,00	12,00	14,00
32	12,80	16,00	19,20	22,40
50	20,00	25,00	30,00	35,00
60	24,00	30,00	36,00	42,00

TABELA 1 – Diâmetros internos dos orifícios (mm)

Utilizou-se no experimento medidor de vazão direta, manômetros diferenciais com colunas de mercúrio, água e registros. A perda de carga nos orifícios, registrada pelo manômetro diferencial, foi obtida para um conjunto de, no mínimo 4 valores de vazão, para os orifícios dos tubos de 20 mm e no máximo, 6 valores de vazão para os orifícios de 32 até os de 60 mm. As vazões utilizadas no ensaio, para cada orifício, foram estipuladas aleatoriamente, sendo que reguladas por uma motobomba de 5cv instalada em um inversor de frequência, trabalhando nas frequências de 17, 22, 26, 30, 34 e 38Hz. As tomadas de pressão foram instaladas em adaptadores curtos, feita a uma distância montante igual a um D (diâmetro da tubulação) e a jusante a D/2, Figura 2.



FIGURA 2 – Tomada de pressão nos adaptadores

Definiu-se um modelo matemático para descrever a vazão circulante, em sistemas que medem vazão, em função de uma deflexão, conforme expresso pela eq. (1).

$$Q = C_d A \sqrt{2gh}$$

Sendo:

Q = vazão circulante no sistema, em $m^3 \cdot s^{-1}$

C_d = coeficiente de descarga;

A = área do Orifício, em m^2 ;

h = deflexão, em m.

Para descobrir o diâmetro dos orifícios, sabe-se que, pela equação que define área circulares, podendo encontra-lo, obtendo-se logo, a eq. (2).

$$Q = C_d \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{2gh}$$

Como a gravidade terrestre é de $9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, e assim como indica Azevedo Netto (1998), o coeficiente de descarga prático usual para orifícios que sofrem influência de paredes ou fundos é 0,67, é possível estipular a equação que determina diâmetro de orifícios, sendo uma razão entre vazão e deflexão, eq. (3).

$$d = \sqrt[4]{\frac{Q^2}{5,43h}} \quad (3)$$

Onde:

d = diâmetro do orifício, em m;

Q = vazão circulante no sistema, em $m^3 \cdot s^{-1}$

h = deflexão, em m.

Essas seriam as equações teóricas para determinar o diâmetro de uma seção reduzida, sejam elas orifícios ou qualquer seção contraída, porém, segundo Porto (2004), nas aplicações práticas, nem as perdas de energia, nem a contração da veia pode ser negligenciadas, uma vez que o conjunto dos dois efeitos faz com que a vazão efetivamente descarregada seja aproximadamente 60% da vazão que teoricamente passaria pelo orifício, tornando – se necessário o levantamento de coeficientes que corrijam as equações teóricas.

A equação que determina a correção das demais equações teóricas é:

$$R_{ajust}^2 = 1 - \left[(1 - R^2) \frac{n-1}{n-2} \right] \quad (7)$$

Para a estimativa do intervalo de confiança para os coeficientes da regressão utilizou-se a estatística t ao nível de 5% de probabilidade. Essa estatística é obtida dividindo-se o valor do coeficiente da regressão pelo erro padrão. Daí calculou-se os intervalos de confiança para os

parâmetros do modelo. Assim, diz-se que os verdadeiros valores de β_0 e β_1 estarão no intervalo especificado com 95% de confiança.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Para todas as equações dos orifícios analisados em laboratório observam-se altos valores dos coeficientes de determinação, indicando uma forte relação potencial de confiabilidade das equações. Por exemplo, para a equação do orifício de 20 mm obteve-se $R^2 = 0,9530$, indicando 95,30% de precisão na equação e essa pequena variação de 4,7% pode ser explicada pela variabilidade na vazão.

Os dados analisados na estatística apresentam análises de variância da regressão para as equações, dos orifícios de 20, 32, 50 e 60 mm. Para todos os casos pode-se rejeitar a hipótese de que não existe relação entre d e d^2 , ao nível de 1% de significância, e concluir que a variável explicativa Q está relacionada à perda de carga pelo modelo utilizado.

Os dados do limite de confiança apresentam os valores dos parâmetros do modelo de regressão (β_0 e β_1) e seus limites de confiança, a 95% de probabilidade. Assim, por exemplo, para a equação do orifício de 20mm, diz-se que o verdadeiro valor de β_0 é estimado com 95% de confiança como estando entre 0,000418 e 0,00241, e os valores de β_1 entre 0,717813 e 0,874211. As equações do diâmetro dos orifícios em função da vazão e perda de carga determinadas em laboratório estão representadas na Tabela 2.

	Tubulação	R^2	Equação
Orifício	20	0,952957	$d = \sqrt[4]{\frac{0,868Q^2}{5,43h}}$
Orifício	32	0,933733	$d = \sqrt[4]{\frac{0,790Q^2}{5,43h}}$
Orifício	50	0,940637	$d = \sqrt[4]{\frac{0,736Q^2}{5,43h}}$
Orifício	60	0,943739	$d = \sqrt[4]{\frac{0,856Q^2}{5,43h}}$

Tabela 2 – Equações dos diâmetros internos dos orifícios

CONCLUSÕES: As equações empíricas propostas neste trabalho que relacionam o diâmetro dos orifícios com perda de carga com a vazão, apresentaram bons resultados com coeficientes de determinação acima de 92%.

Desta maneira, recomenda-se a sua utilização para dimensionamento de projetos, por serem equações simples.

REFERÊNCIAS

CABELLO, F. P. Riegos localizados de alta frecuencia: goteo, microaspersión, exudación. 3.ed. Madri: Mundi-Prensa, 1996. 513p.

Back, A.J. Hidráulica e hidrometria aplicada (com programa Hidrom para cálculo). Florianópolis: Epagri, 2006, 299 p.

Carvalho, J. de A. e Oliveira, L. F. C. de Instalações de bombeamento para irrigação. Lavras: Ufla, 2008 354 p.

Porto, R. de M. Hidráulica Básica. São Carlos: EESC-USP, 2004, 540p.