

ENSAIOS SOBRE MEDIDORES DE VAZÃO TIPO ORIFÍCIO PARA VINHAÇA¹

Maria Yaeco Uejima SATTO², Julio SATTO³, Fazal Hussain CHAUDHRY⁴

RESUMO: Nesta pesquisa conduziram-se 499 testes com medidores de vazão tipo placa de orifício concêntrico com a finalidade de realizar estudos comparativos entre os coeficientes de vazão quando há escoamento através dos medidores nas direções horizontal, vertical ascendente e vertical descendente do duto de transporte de vinhaça. Além destas comparações, também foram analisadas as variações dos coeficientes quando recalçando água, vinhaça “in natura” e suspensões de vinhaça em pó a 5,5% e 9,0%. Os resultados mostraram que: a) não existem diferenças significativas entre os coeficientes dos medidores instalados nas direções do fluxo horizontal, verticais ascendente e descendente; b) há diminuição gradativa dos coeficientes de vazão com o aumento da concentração da vinhaça.

PALAVRAS-CHAVE: Vazão, Orifício, Orientação de Dutos, Transporte de Vinhaça

ABSTRACT: In this research, 499 tests were conducted with concentric orifice type flow meters in order to establish a comparison between the discharge coefficients for horizontal, vertical upflow, and vertical downflow duct orientations. Besides these comparisons, variations in coefficient values for transport of water, vinasse “in natura”, and suspensions of vinasse in powder form were also analysed at concentrations of 5.5% and 9.0%. Results of this experimental study show that: a) there are no significant differences between the coefficients for the three orientations; b) there is a slow decrease in the discharge coefficients with the increase of vinasse concentration.

KEYWORDS: Discharge Measurement, Orifice Meters, Duct Orientation, Vinasse

INTRODUÇÃO: Nos medidores de vazão tipo placa de orifício concêntrico, o fluxo é conduzido para uma abertura cilíndrica de área menor do que a da tubulação, forçando a uma contração e após, uma expansão do escoamento. Devido a estas características, há a ocorrência de uma diferença de pressão a montante e jusante da placa, que relacionada com o coeficiente de vazão é possível obter o volume escoado por unidade de tempo através do medidor. Esta pesquisa teve por finalidade estudar a variação destes coeficientes para 3 valores de relações de áreas $m_1=0,575$, $m_2=0,439$, $m_3=0,247$, instaladas numa tubulação conduzindo água, vinhaça “in natura” e suspensões de vinhaça a 5,5% e 9,0%, nas direções de fluxo horizontal, vertical ascendente e vertical descendente.

MATERIAL E MÉTODOS: Em um circuito hidráulico de conduto forçado de 3 polegadas de diâmetro, foram instalados 3 medidores de vazão tipo placa de orifício com

¹ Este trabalho é parte da dissertação de mestrado do primeiro autor, financiado pela FAPESP.

² Bolsista da FAPESP/Doutorado - Faculdade de Engenharia Civil/UNICAMP - Fone:(019)239.7813

³ Prof. Doutor Faculdade de Engenharia Agrícola/UNICAMP - Fone: (019) 788-2022, CEP 13083-970, Campinas, SP, email: jsatto@agr.unicamp.br

⁴ Prof. Titular Escola de Engenharia de São Carlos/USP - Fone: (016) 274.3444, CEP 13560-250, São Carlos, SP, email: fazal@sc.usp.br

valores de $m=(d/D)^2$, (d, D =diâmetros do orifício e do tubo) iguais a 0,575, 0,439, 0,247. Para fazer o estudo comparativo dos coeficientes de vazão entre as direções horizontal, vertical ascendente e vertical descendente, as mesmas 3 placas foram instaladas em sistema de rodízio nas 3 direções, em cada vazão. Para obter os coeficientes nos diferentes fluidos, testou-se inicialmente em água limpa, a seguir com vinhaça “in natura”, e depois com as suspensões de vinhaça em pó a 5,5% e 9,0% de concentração, em peso. Estas suspensões foram obtidas pela diluição com água da vinhaça em pó, seca pelo método “spray-dryer” na Usina São Martinho, Pradópolis, S.P. Em todos os testes, o número de Reynolds foi maior do que 6.10^4 , regime turbulento, na região de constância dos coeficientes de vazão. As massas específicas e as viscosidades absolutas da vinhaça “in natura” e das suspensões a 5,5% e 9,0%, foram determinadas por Satto, J. (1994). O coeficiente de vazão foi determinado pela equação $C=(4Q)/(m\pi D^2(2gh)^{1/2})$ e o número de Reynolds por $Rey=\rho VD/\mu$, onde h =desnível manométrico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Com os valores dos desvios manométricos h e as vazões volumétricas Q , foram obtidos os coeficientes de vazão para os medidores nas 3 relações de áreas, 3 direções e para os 4 fluidos. Os resultados estão nas Tabelas 1 e 2. Na Tabela 1, além dos valores médios dos coeficientes, estão as variações percentuais dos coeficientes da vinhaça “in natura” e das suspensões a 5,5% e 9,0%, em relação à da água limpa. Observa-se que seus valores médios diminuem com o aumento da concentração para as 3 misturas, e para os 3 valores de m . Para $m_1=0,575$ a redução média foi de -1,17% a -2,94%; para $m_2=0,439$ foi de -0,95% a -1,49%; e para $m_3=0,247$ foi de -1,10% a -1,99%. Os resultados mostraram que os acréscimos nos desvios absolutos aumentam com a concentração da mistura para o mesmo valor de m , mas não seguem a mesma tendência quando se analisam as variações entre os 3 valores de m . Os menores desvios médios foram para $m_2=0,439$. A Tabela 2, apresenta os desvios dos coeficientes de vazão dos medidores nas direções verticais ascendente e descendente, em relação aos coeficientes na horizontal. Sendo a média geral dos desvios médios da ordem de -0,30%, pode-se admitir que não houve variação dos coeficientes de vazão entre as 3 direções para os 3 valores de m . Pela norma DIN, os desvios esperados totais (fator de correção + tolerância) na região de constância do coeficiente de vazão para m_1, m_2, m_3 , são respectivamente $\pm 2,22\%$, $\pm 1,92\%$, $\pm 1,50\%$. O desvio encontrado por Kapoor et alii (1986) entre as verticais ascendente e descendente em relação à horizontal para $m=0,64$, conduzindo água, foram respectivamente +3,25% (aumento) e -2,05% (redução). Deve-se ressaltar que no trabalho de Kapoor os medidores nas direções verticais foram instalados a 20D e 6D das extremidades de montante e jusante do tubo, enquanto que neste trabalho, os medidores estavam a 38D e 13D.

CONCLUSÕES: Pelos resultados obtidos nesta pesquisa experimental, onde foram obtidos 499 valores de coeficientes para medidores de vazão tipo placa de orifício com $m_1=0,575$, $m_2=0,439$, $m_3=0,247$, conduzindo água, vinhaça “in natura”, e suspensões de vinhaça a 5,5% e 9,0%, nas direções horizontal, vertical ascendente e vertical descendente, concluem-se que: a) os coeficientes de vazão dos medidores diminuem com o aumento da concentração da vinhaça para os 3 valores de m estudados, independente da direção do fluxo; b) se os medidores forem instalados em posições sem a influência das condições de montante e jusante no desenvolvimento completo do fluxo, a variação dos coeficientes de vazão nas direções horizontal, vertical ascendente e vertical descendente é desprezível.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

BICHARA, J.M. **Contribuição ao estudo do tratamento físico-químico da vinhaça: coagulação, floculação e sedimentação** São Carlos, SP, 1988 / Dissertação de mestrado - DEQ, UFSCar /

KAPOOR, B.S. ; Garde, R.J. & Ranga Raju, K.G. - Discharge Characteristics of Orifice Meters in Sediment - Laden Flows, **The Canadian Journal of Chemical Engineering**, v.64 : 36-41, Feb. , 1986.

SATTO, J. **Caracterização hidráulica no transporte de vinhaça em tubulações** São Carlos, SP, 1994 / Tese de doutorado - SHS EESC-USP /

SATTO, M.Y.U. **Características de medição de vazão de vinhaça por medidores tipo orifício** São Carlos, SP, 1993 / Dissertação de mestrado - SHS EESC-USP/

Tabela 1 - Valores médios dos coeficientes de vazão dos orifícios, e os desvios entre os coeficientes da vinhaça “in natura” e suspensões a 5,5% e 9,0% em relação à da água.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
$m_1=0,575 - Rey \geq 1,4.10^5$							
	Água	“in natura”	suspensão 5,5%	suspensão 9,0%	(2-1)/1 %	(3-1)/1 %	(4-1)/1 %
Horiz.	0,7558	0,7474	0,7480	0,7416	-1,11	-1,03	-1,88
V. Asc.	0,7529	0,7421	-	-	-1,43	-	-
V. Desc.	0,7562	0,7489	0,7402	0,7260	-0,97	-2,12	-3,99
Média					-1,17	-1,58	-2,94
$m_2=0,439 - Rey \geq 10^5$							
Horiz.	0,6769	0,6704	0,6716	0,6669	-0,96	-0,78	-1,48
V. Asc.	0,6766	0,6691	0,6688	0,6665	-1,11	-1,15	-1,49
V. Desc.	0,6755	0,6703	-	-	-0,77	-	-
Média					-0,95	-0,97	-1,49
$m_3=0,247 - Rey \geq 6,0.10^4$							
Horiz.	0,6385	0,6304	-	-	-1,27	-	-
V. Asc.	0,6378	0,6282	0,6307	0,6227	-1,51	-1,11	-2,37
V. Desc.	0,6383	0,6349	0,6298	0,6280	-0,53	-1,33	-1,61
Média					-1,10	-1,22	-1,99

Tabela 2 - Valores médios dos coeficientes de vazão dos orifícios, e os desvios entre os coeficientes dos orifícios instalados nas direções verticais ascendentes e descendentes em relação à da horizontal.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
$m_1=0,575 - Rey \geq 1,4.10^5$					
	Horizontal	Vert. Asc.	Vert. Desc.	(2-1)/1 %	(3-1)/1 %
Água	0,7558	0,7529	0,7562	-0,38	+0,05
“in natura”	0,7474	0,7421	0,7489	-0,71	+0,20
susp. 5,5%	0,7480	-	0,7402	-	-1,04
susp. 9,0%	0,7416	-	0,7260	-	-2,10
$m_2=0,439 - Rey \geq 10^5$					
Água	0,6769	0,6766	0,6755	-0,04	-0,21
“in natura”	0,6704	0,6691	0,6703	-0,19	-0,02
susp. 5,5%	0,6716	0,6688	-	-0,42	-
susp. 9,0%	0,6669	0,6665	-	-0,06	-
$m_3=0,247 - Rey \geq 6,0.10^4$					
Água	0,6385	0,6378	0,6383	-0,11	-0,03
“in natura”	0,6304	0,6282	0,6349	-0,35	+0,71
susp. 5,5%	-	0,6307	0,6298	-	-
susp. 9,0%	-	0,6227	0,6280	-	-