

## DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE VAZÃO A PARTIR DE UM SIMULADOR DE JATOS LIVRES

GABRIELA DE AZEVEDO MEDRONHA<sup>1</sup>; WILLIAM CAETANO DOS SANTOS<sup>2</sup>;  
 LUIZ EDUARDO SUZUKI<sup>3</sup>; MAURICIO DAI PRÁ<sup>4</sup>;

<sup>1</sup>Universidade Católica de Pelotas – ggabbymed@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas - eng.william.santos@gmail.com

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas - dusuzuki@gmail.com

<sup>4</sup>Universidade Federal de Pelotas - mauricio.daipra@ufpel.edu.br

### 1. INTRODUÇÃO

O escoamento do tipo jato livre ocorre quando um fluido é expandido por meio de um bocal ou orifício para um ambiente no qual o escoamento não é diretamente afetado por um contorno fixo (STRÖHER *et al.*, 2012). Segundo SILVA (2013), as principais aplicações dos jatos livres de grande importância na hidráulica são: Tomadas d'água em sistemas de abastecimentos, projetos de irrigação e drenagem, projetos hidrelétricos, estações de tratamento de água e de esgotos, sistema de alimentação de combustíveis de veículos automotores, queimadores industriais e em fogões domésticos, irrigação por aspersão.

Define-se como orifício uma abertura, de forma geométrica definida, praticada na parede, ou no fundo de um reservatório, ou conduto sob pressão, que possibilita o escoamento de um fluido. Os bocais são peças adaptadas aos orifícios, para dirigir seu jato.

Segundo PORTO (2006), os orifícios podem ser classificados de acordo com:

- Forma geométrica do perímetro: circular, retangulares, triangulares, etc.;
- Plano do orifício em relação à superfície livre do líquido: vertical, horizontal, perpendicular, etc;
- Quanto a espessura da parede na qual esta inserida a abertura: parede fina ou delgada e de parede grossa ou espessa.

A vena contracta é um estreitamento das linhas de corrente de um fluido após um alargamento súbito da largura do canal de escoamento. Ele foi descrito primeiramente por Torricelli em 1643, e acontece porque o fluxo não pode mudar de direção tão rapidamente a ponto de preencher todo o espaço disponível, o que resulta em separação interna de fluxo no local.

A relação entre a área transversal do jato ( $A_c$ ) e a área de orifício ( $A$ ) é chamada de coeficiente de contração ( $C_c$ ), que pode ser calculada pela Equação 1. Para orifícios circulares de parede fina, o valor médio é da ordem de 0,62.

$$C_c = \frac{A_c}{A} = 0,62 \quad (\text{Equação 1})$$

Sem considerar o efeito da contração e as perdas de cargas, podemos calcular a velocidade teórica na seção contraída de um jato através de um orifício, através da equação de Bernoulli, conforme a Equação 2.

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:  $P/\gamma$  é pressão no ponto (m.c.a.),  $g$  é a gravidade ( $m/s^2$ ),  $V$  é a velocidade média no ponto ( $m/s$ ) e o  $Z$  é a altura em relação a um plano de referência (m).

Devido a existência de perdas de cargas localizadas presente no escoamento, a velocidade teórica ( $V_t$ ) é maior da velocidade real ( $V$ ). A relação entre as velocidades é dada pela Equação 3, que representa o Coeficiente de Velocidade ( $C_v$ ).

$$C_v = \frac{v}{v_t} \quad (\text{Equação 3})$$

Sendo assim, o coeficiente de descarga, é a relação da descarga real através do dispositivo para a descarga ideal e pode ser expresso pela Equação 4.

$$C_d = C_c C_v \quad (\text{Equação 4})$$

Este trabalho tem como objetivo determinar experimentalmente o coeficiente de vazão a partir do simulador de jatos livres.

## 2. METODOLOGIA

Foram utilizados diferentes orifícios de saída, o que altera o alcance do jato.

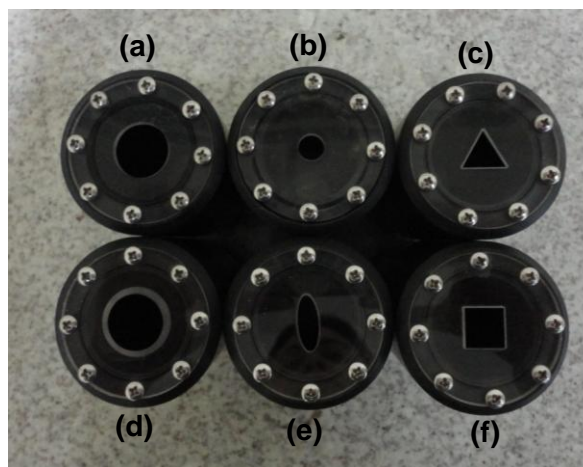


Figura 1 - Bocais utilizado: (a) Circular de diâmetro 16,5mm, (b) Circular de diâmetro 7,9mm, (c) Triangular de 13,0mm, (d) Circular de diâmetro de 16,4mm com bisel interno, (e) Elíptico 16,1x6,2mm e (f) Quadrado de 11,6mm.

Foi aplicada uma carga, ou seja, alterada a altura d'água com o ajuste da vazão de uma bomba hidráulica, para cada tipo de orifício. Este ajuste de vazão foi feito através de um registro com uma escala graduada com 210mm de comprimento, verificando o nível d'água a cada dois minutos e anotando em uma tabela a leitura, e esperando até que a carga estivesse estabilizada, ou seja, sem variação de nível, fato que era constatado após 5 leituras com valores de níveis iguais. Depois que o nível era estabilizado, era medido o alcance do jato a partir de uma régua graduada ao longo de um plano horizontal conforme apresentado na Figura 2.

Na Figura 2,  $X$  = Alcance do Jato (m),  $H$  = Nível da água (m),  $h$  = Nível da água em relação ao bocal (m), 1 = Regulador da vazão, 2 = Bomba hidráulica.

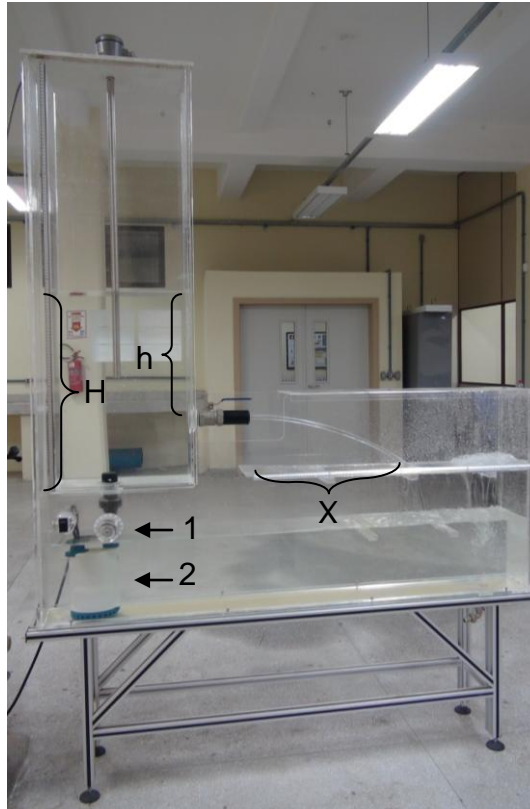


Figura 2 - Simulador de Jatos

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados foram transferidos para o software Excel e calculados as variáveis: alcance teórico, velocidade teórica, velocidade real, coeficiente de velocidade ( $C_v$ ), coeficiente de descarga ( $C_d$ ), coeficiente de contração do jato ( $C_c$ ).

Na Figura 3, tem-se um comparativo dos ensaios experimentais dos diferentes bocais.

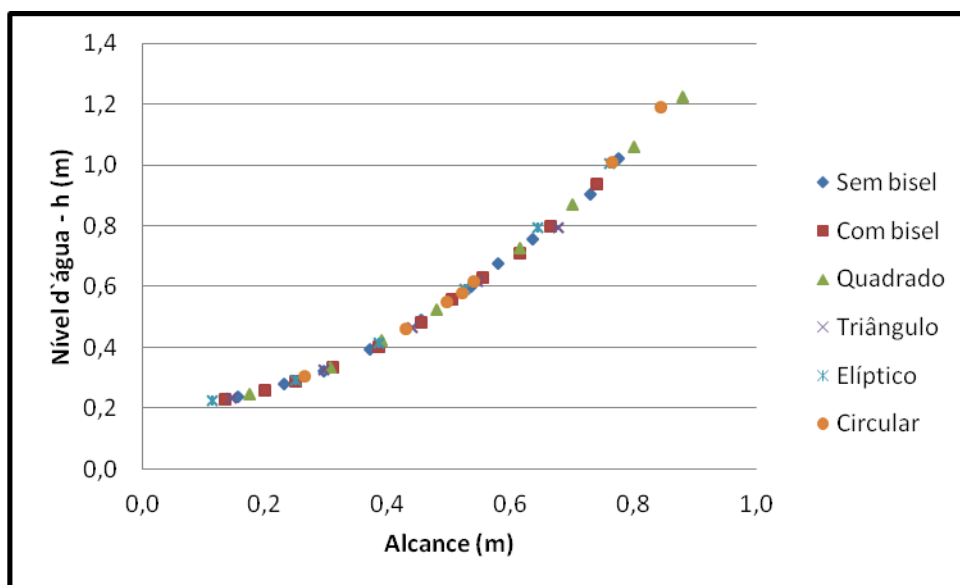


Figura 3 - Comparação do nível d'água x alcance das diferentes aberturas

Percebe-se pela Figura 3, que o alcance varia de acordo com o nível d'água. Quanto maior o nível, maior o alcance, sendo o alcance a distância horizontal percorrida pela água ao descer até o nível da extremidade inferior do tubo. Independente do bocal, o jato possui comportamento semelhante.

A partir da Equação (4), pode-se calcular Cd para os diferentes bocais. a Figura 4 apresenta os resultados do Cd.

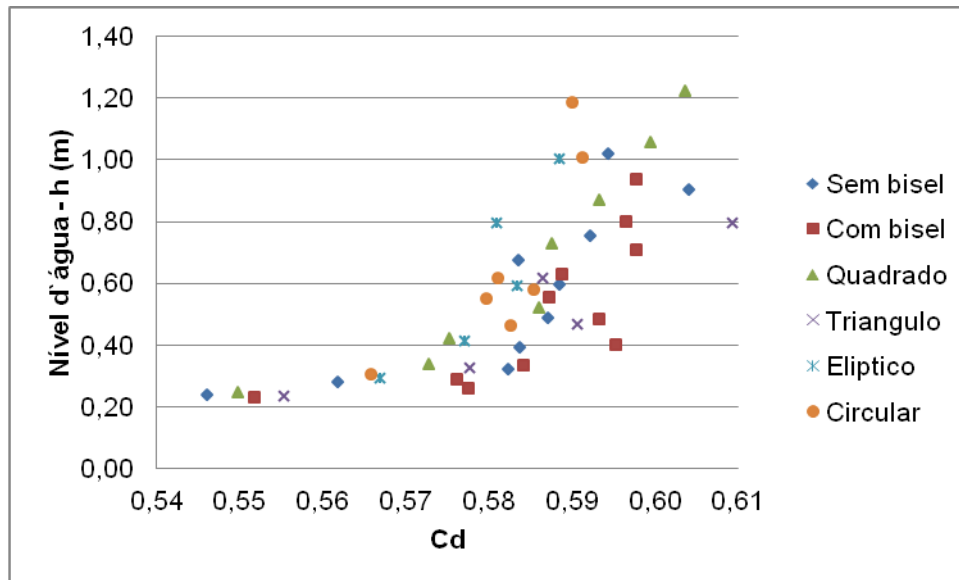


Figura 4 - Coeficiente de descarga para os diferentes bocais

#### 4. CONCLUSÕES

Com a realização do ensaio de jatos livres, é possível identificar que o Cd não é constante, pois varia com a carga. Quando menor o nível d'água menor o Cd, isto se dá, devido ao cálculo do Cd ser influenciado pelas velocidades real e teórica, que mesmo apresentando o mesmo comportamento, ou seja, varia igualmente de acordo com as variações da carga. E a velocidade real apresenta valores menores, por considerar as perdas de carga.

Percebe-se nos menores valores de nível os valores de Cd são próximos, e na medida que o nível aumenta, aumenta a dispersão dos valores, devido o aumento das perdas de cargas e conseqüentemente aumentando a discrepância entre os Cds.

É possível concluir que o experimento apresenta uma boa precisão quando comparado aos dados utilizados.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- PORTO, R.M. **HIDRÁULICA BÁSICA**, EDUSP, 4 edição, 2006, p. 519.  
 SILVA, G.Q. Estudo dos Orifícios e Bocais. Escola de Minas/Ufop Departamento de Engenharia Civil, 2013.  
 STRÖHER, G.L.; NICOLETI, J.F.; ANDRADE, C.R.; ZAPAROLI, E.L.; STRÖHER, G.R. Análise da abordagem Single Point rans para o escoamento do tipo jato livre Axissimétrico e incompressível, **ENGEVISTA**, v.14, n.3, dezembro, 2012.