

ESCOAMENTOS HIPERCÍTICOS EM DESCIDAS D'ÁGUA LISAS ÍNGREMES

Felipe Laffiti Assis Soares

Universidade Federal de Minas Gerais – Belo Horizonte/MG, Brasil.

E-mail: laffiti@gmail.com

Introdução

A água de origem pluvial pode causar danos diversos às grandes obras de engenharia (como estradas, pilhas de material estéril e cavas de mineração) e tem potencial devastador em centros urbanos se for negligenciada. (CANHOLI, 2014)

Canholi (2014) e DNIT (2006) apontam que sistemas de drenagem superficial são complexos e compostos por diversos componentes distintos, cada qual responsável por uma ação específica. Khatsuria (2014) destaca o correto dimensionamento de cada uma dessas estruturas hidráulicas que irão compor um sistema de drenagem, afirmando que para o correto comportamento do todo, cada peça deve estar correspondendo corretamente.

As descidas de água íngremes lisas, objeto de estudo desse trabalho, são estruturas hidráulicas destinadas a conduzir o escoamento em trechos curtos com altos desníveis e elevadas declividades, sendo muito utilizadas em obras de drenagem e em canais de descarga de sistemas de extravasamento (PINHEIRO, 2011).

Revisão bibliográfica

Diferentes autores e órgãos apresentam métodos distintos de obtenção da velocidade a jusante das calhas lisas.

A metodologia sugerida por Chanson (1999) inclui o ábaco apresentado na Figura 1 e permite avaliar a relação entre a velocidade real e a máxima teórica.

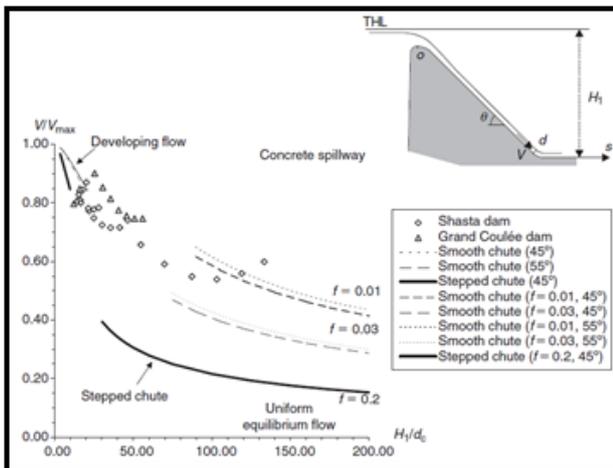


Figura 1.- Relação das velocidades reais pela teórica. (CHANSON, 1999)

Para obtenção das velocidades máximas teóricas no pé das descidas para um fluido ideal, o autor propõe a equação 1 mostrada a seguir:

$$V_{max} = \sqrt{2g(H_1 - d \cos \theta)} \quad [1]$$

onde:

d = altura da lâmina d'água no pé da estrutura (m)

θ = ângulo da descida com a horizontal

Demais grandezas estão representadas na Figura 1.

Outro documento que faz referência ao dimensionamento das descidas lisas é o “Diretrizes para Elaboração de Estudos Hidrológicos e Hidráulicos em Obras de Mineração” (PINHEIRO, 2011). Este utiliza o equacionamento apresentado por Chanson como base e define a velocidade máxima como proposto na equação 2:

$$d = \frac{q}{V_{max}} \quad [2]$$

Onde:

q = vazão específica (m³/s.m)

Pinheiro (2011) apresenta um ábaco mais simplificado para obtenção da velocidade real em função da teórica calculada para as relações de H_1/d_c (altura de queda pela altura crítica do escoamento) em duas curvas, uma para descidas lisas (rampas) e outra para descidas em degraus.

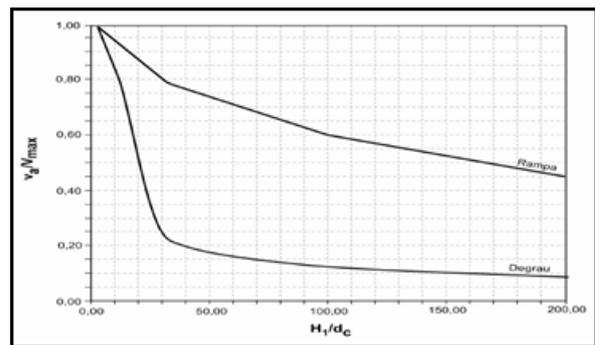


Figura 2.- Relação das velocidades reais pela teórica (PINHEIRO, 2011).

O órgão nacional responsável pelas estradas e rodovias apresenta duas metodologias distintas em seu “Manual de Drenagem de Rodovias” (DNIT, 2006). Na primeira delas o cálculo da velocidade no pé das descidas é dado pela equação 3, mesmo havendo a citação que esse valor é superior ao real, sem informar qual a diferença entre as velocidades real e a máxima (V_{max}), sendo função única da altura de queda total da estrutura (H_1).

$$V_{max} = \sqrt{2gH_1} \quad (3)$$

O segundo método apresentado pelo DNIT consiste em determinar o perfil da linha d'água ou a curva de profundidade da água ao longo da descida, considerando o fluxo gradualmente variado utilizando da equação de Manning. O equacionamento de Manning é válido apenas para canais de baixas declividades, pois pressupõe que o fluxo não sofra nenhuma aceleração ou desaceleração, o que corresponde a uma situação de equilíbrio das forças atuantes na sessão de controle. (BAPTISTA e LARA, 2010).

Metodologia essa que não pode ser aplicada as descidas d'água pela natureza do regime hipercrítico.

Dai Prá (2004) apresenta os dados de velocidade, pressão e altura da lâmina d'água em uma descida lisa íngreme em diferentes pontos da estrutura obtidos em laboratório. As dimensões da calha lisa estudada por Dai Prá estão apresentadas na Figura 3.

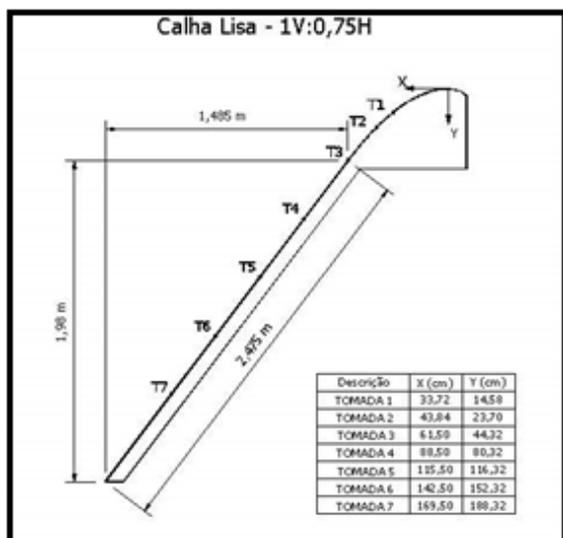


Figura 3.- Dimensões da calha lisa montada em laboratório (DAI PRÁ, 2004).

Os valores obtidos estão na Tabela 1.

Tabela 1.- Dados experimentais obtidos por Dai Prá (2004).

Vazão (l/s)	V_{max} (m/s)	d (mm)	H_1 (mm)
80	5,86	30,6	2642,6
130	5,7	50,8	2715,9
180	5,54	73,8	2778,4
230	5,56	94,9	2831,8
280	5,56	114,1	2882,3

Objetivos

Comparar os valores das velocidades obtidos nos métodos de cálculo apresentados pelos principais órgãos brasileiros com dados experimentais produzidos por Dai Prá (2004).

Resultados e discussão

Os valores foram calculados para a estrutura simulada por Dai Prá (2004) para efeito de comparação para cinco diferentes vazões.

Tabela 2.- Comparação dos valores calculados com os valores obtidos experimentalmente.

Vazão (l/s)	Valor medido (m/s)	Velocidade obtida em cada método de dimensionamento (m/s)		
		Chanson	Pinheiro	DNIT
80	5,86	7,18	6,54	7,20
130	5,7	7,26	6,40	7,30
180	5,54	7,32	6,10	7,38
230	5,56	7,38	6,06	7,45
280	5,56	7,43	6,13	7,52

Percebe-se que as velocidades calculadas são superiores aquelas obtidas experimentalmente com variações aproximadas de 11% a 35%.

Apesar dos autores afirmarem que os valores calculados são superiores, há uma margem considerável tanto entre as metodologias, quanto em relação dessas com os valores medidos.

Conclusão

Percebe-se a necessidade de conhecer melhor as estruturas hidráulicas para um correto e preciso dimensionamento de todo o sistema de drenagem.

Vischer e Hager (1998) destacam a entrada de ar, o choque das ondas, a cavitação e a abrasão como problemas frequentes nessas estruturas. Os modelos apresentados não consideram esses fenômenos e inclui-los num modelo matemático pode tornar a obtenção da velocidade mais próxima da real.

Vale citar que os valores de velocidade calculados são sempre superiores aos reais, assim, sendo utilizado para o dimensionamento das estruturas num sistema complexo, estariam a favor da segurança e não gerariam nenhum tipo de comprometimento ao todo.

Referências

- Baptista, M.B.; Lara, M. (2010) *Fundamentos de Engenharia Hidráulica*. Belo Horizonte, Editora UFMG e Escola de Engenharia da UFMG, 3a. Edição - Revisada, 440p;
- Canholi, A.P. (2014) *Drenagem urbana e controle de enchentes*. São Paulo, Editora Oficina de Textos, 2ª. Edição, 384p;
- Chanson, H. (1999) *The hydraulics of open channel flows*. John Wiley & Sons Inc. New York, NY, 495p;
- Chow, V. (1973) *Open-channel hydraulics*. McGraw-Hill Book Company. Singapore, 680 p;
- Dai Prá, M. (2004) *Características do escoamento sobre vertedouros em degraus de declividade 1V:1H*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 152p;
- Departamento Nacional De Infraestrutura E Transportes - DNIT. (2006) *Manual de drenagem de rodovias*. – 2. Ed – Rio de Janeiro;
- Departamento Nacional De Infraestrutura E Transportes - DNIT. (2006) *Álbum de projetos-tipo de dispositivos de drenagem*. – 3. Ed. – Rio de Janeiro;
- Hager, W. H.; Blaser, F. (1998) *Drawdown curve and incipient aeration for chute flow*. Canadian Journal of Civil Engineering. 25(3), 467-473p;
- Khatsuria. R.M. (2004) *Hydraulics os spillways and energy dissipators*. Editora Marcel Dekker– 10. Ed – New York;
- Pinheiro, M. C. (2011) *Diretrizes para Elaboração de Estudos Hidrológicos e Dimensionamentos Hidráulicos em Obras de Mineração*. Porto Alegre: ABRH. 308 p;
- Vischer, D. L., Hager, W. H. (1998) *Dam Hydraulics*, John Wiley & Sons, England, 316p.