

PREVISÃO DA PROFUNDIDADE DE FOSSAS DE EROSIÃO A JUSANTE DE DISSIPADORES TIPO SALTO ESQUI

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - IPH - Laboratório de Obras Hidráulicas

>>INTRODUÇÃO<<

As fossas de erosão a jusante dos vertedouros têm sido investigadas de forma intensa nos últimos anos. Elas ocorrem devido ao impacto do jato lançado pelo vertedouro, neste caso do tipo salto de esquí, com a formação rochosa característica do local. Esse tipo de estrutura de segurança de barragem tem sido largamente utilizado em barragens para geração de energia elétrica, pois possuem um baixo custo de implantação quando há condições topográficas e geológicas favoráveis. Analisando métodos clássicos, estudos recentes e dados obtidos de modelos físicos, procura-se obter uma equação geral para prever a profundidade da fossa.



Erosão provocada por correntes de retorno na UHE Estreito (CBDB, 2002).



Formação do jato no vertedouro salto esquí da UHE Estreito

Equação Desenvolvida

$$D = H * Cp * T^a * \left(\frac{Q}{g^{0,5} * d^{2,5}} \right)^b * \left(\frac{H_m}{h} \right)^c$$

A equação acima resulta na profundidade da fossa (D) utilizando parâmetros acumulados de vazão (Q), queda bruta (Hm), altura de água média de jusante (h), além de acrescentar o tempo de vertimento (T), um coeficiente de pressão (Cp), a altura medida do leito do rio até o nível de montante (51m) e o diâmetro característico da rocha (0.25m). Os parâmetros a, b e c foram obtidos estatisticamente através de um regressão matemática não-linear, cuja função objetivo é minimizar a diferença entre os valores observados da profundidade máxima de erosão e os valores calculados.

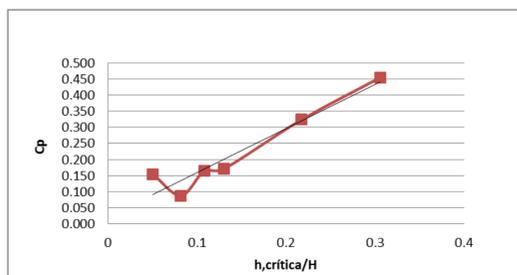
Valores dos parâmetros utilizados

PERÍODO	Q _{med.ac.} (m³/s)	H _{med.ac.} (m)	h _{med.ac.} (m)	T _{ac.vert.}
1969 - 1982	1176	62,2	3,65	0,1221
1969 - 1984	1376	62,05	3,79	0,1713
1969 - 1988	1373	62,05	3,78	0,1450
1969 - 2010	1322	62,09	3,75	0,0999

Valores dos parâmetros estatísticos

a	b	c
1,306	-2,440	1,885

Cp Máximo

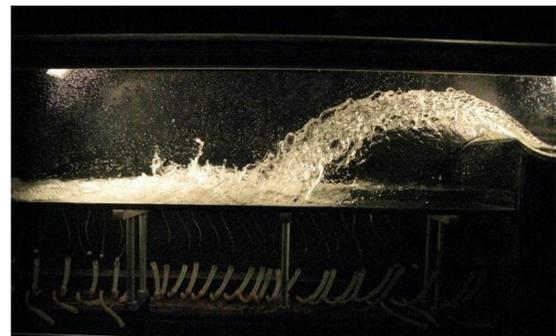


$$C_p = \frac{P_m}{H_{mont}}$$

$$C_p = 1,37 * \frac{h_c}{H}$$

>>METODOLOGIA DE PESQUISA<<

Na primeira parte da pesquisa, foram estudados os métodos mais antigos de previsão da profundidade da erosão. Poucos parâmetros eram utilizados. Com a análise dos dados da Usina Hidrelétrica de Estreito e com os obtidos do modelo físico em laboratório, busca-se incluir mais parâmetros significativos para a equação de previsão, como o tempo de vertimento e coeficientes característicos da oscilação de pressão medida junto ao fundo do canal.

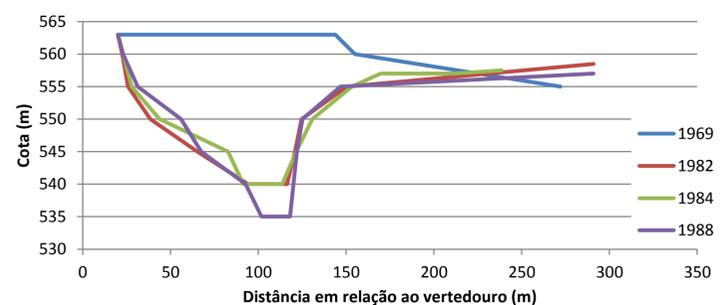


Modelo Bidimensional na Escala 1:100 (LOH - UFRGS)

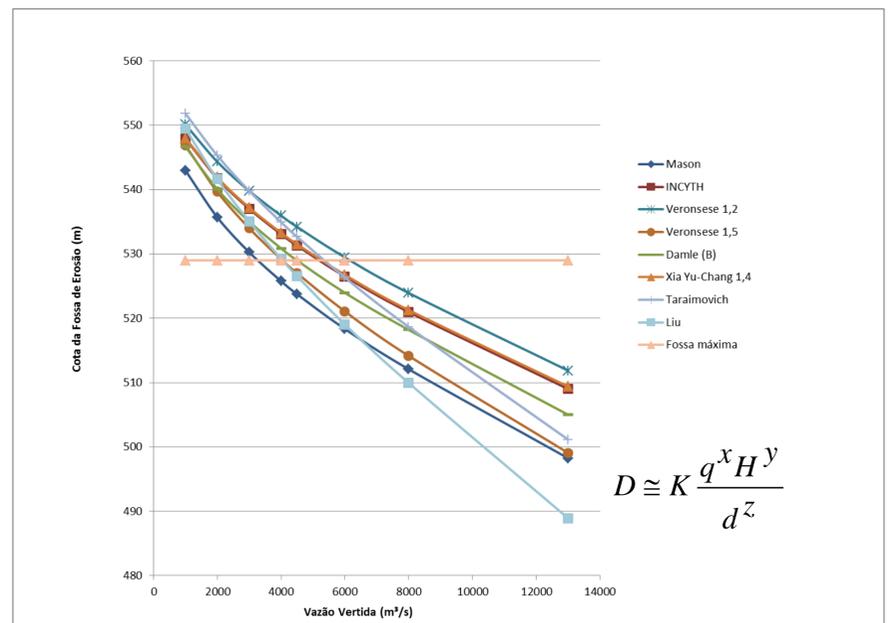
>>COMPARAÇÃO COM A BIBLIOGRAFIA<<

O gráfico abaixo mostra os resultados obtidos com os métodos clássicos que se apresentaram mais próximos da profundidade medida em Estreito. A vazão vertida considerada foi a máxima. Mason ainda considera h (nível da lâmina de água a jusante). O melhor valor obtido foi com a equação de Veronese com coeficiente de rocha igual a 1,5.

Evolução da Fossa a Jusante do vertedouro de Estreito



Previsão da Profundidade da Fossa



$$D \cong K \frac{q^x H^y}{d^z}$$

>>CONCLUSÃO<<

A necessidade de um melhor entendimento dos fatores que influenciam no processo de formação das fossas de erosão, conduziu ao objetivo principal do trabalho de buscar a consideração de um maior número de parâmetros nas equações de previsão. Na equação desenvolvida, a presença dos valores acumulados de tempo, vazão, queda de projeto, altura da lâmina de água e coeficiente de pressão máximo conduziu a resultados próximos dos dados de medições efetuadas na fossa de Estreito. A fossa de 42m para 2010 foi considerada uma previsão de boa qualidade.

>>AGRADECIMENTOS<<

Ao Laboratório de Hidráulica Experimental e Recursos Hídricos (LAHE) pelo apoio à pesquisa. A Prof. Marcelo Guillian MARQUES pela co-orientação. Ao colegas do Laboratório de Obras Hidráulicas.



Principais parâmetros e processos físico-mecânicos na formação de fossas de erosão (adaptado de Bollaert e Schleiss, 2003).