



UMA ANÁLISE NUMÉRICA-EXPERIMENTAL PARA AVALIAR PRESSÕES EXTREMAS EM VERTEDOUROS EM DEGRAUS

Isadora Melo Fraga¹, Daniela Guzzon Sanagiotto² e Lucas C. da Silva Tassinari³

¹ Autora, IPH/UFRGS; ² Orientadora, IPH/UFRGS; ³ Orientador, IPH/UFRGS

INTRODUÇÃO

Vertedouros são estruturas de proteção em barragens que visam garantir a segurança contra os excessos de água das enchentes. Uma das preocupações no dimensionamento dos vertedouros é garantir que o escoamento não cause danos na calha da estrutura e a jusante do barramento. A execução da calha do vertedouro em degraus possibilita uma maior dissipação da energia cinética do escoamento, em relação a um vertedouro de calha lisa, diminuindo as dimensões da estrutura de dissipação a jusante.

O estudo de pressões ao longo dos degraus é de fundamental importância para estabelecer limites de utilização da estrutura, evitando a ocorrência de pressões negativas que possam vir a provocar cavitação.

A abordagem de caracterização hidrodinâmica costuma ser por modelagem física mas essa possui limitações. Assim, a modelagem numérica computacional surge como uma ferramenta complementar para a análise dos escoamentos.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é orientar o posicionamento das tomadas de pressão em estudos experimentais e permitir a avaliação de incertezas devido à posição dos instrumentos de medição na análise das pressões médias e extremas.

METODOLOGIA

Foram estudadas estruturas com declividades de calha 1V:0,75H e 1V:1H, em escala 1:10 com degraus com altura de 0,06 m e largura da calha de 0,40 m no modelo físico e de 0,10 m no modelo numérico. As simulações numéricas do escoamento foram realizadas no software Ansys – CFX, com uma malha adaptativa com aproximadamente 1,2x10⁶ elementos (no início da simulação).

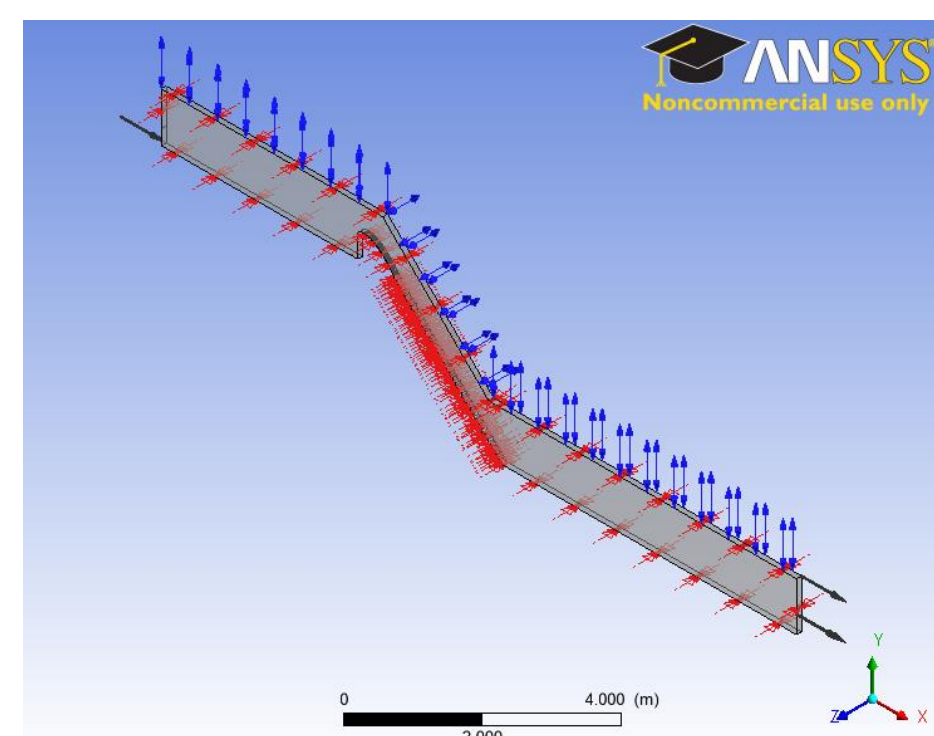


Figura 1 – Geometria da calha de declividade 1V:1H utilizada nas simulações numéricas.

Os dados experimentais foram obtidos através de ensaios realizados em modelos físicos das estruturas por Sanagiotto (2003) e Dai Prá (2004).

Condições de contorno

- Entrada: vazão mássica.
- Saída e abertura: pressão atmosférica.
- Laterais: simetria.
- Canal e calha: não deslizamento.

Vazões simuladas

q = 0,20 e 0,33 m³/s/m

RESULTADOS

A partir da análise do perfil de pressões médias (figura 2), resultante das simulações numéricas, se observou a posição relativa de ocorrência das pressões médias máximas e mínimas para patamares e espelhos.

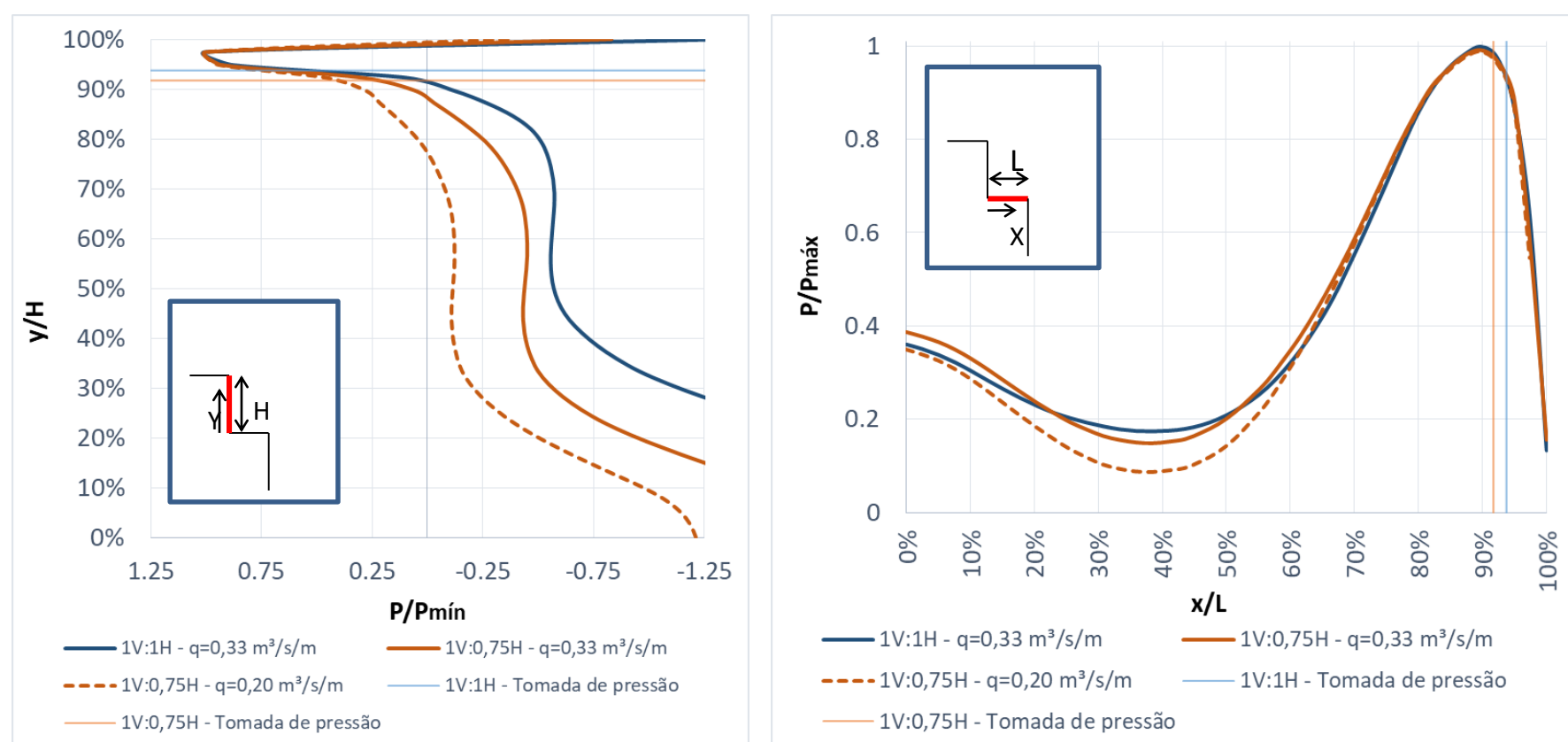


Figura 2 - Perfis de pressões médias nos espelhos e patamares.

Considerou-se que, de acordo com a posição da tomada de pressão do modelo físico, as pressões médias extremas podem não ter sido medidas pelo instrumento. Assim, os valores de pressões médias extremas obtidos experimentalmente foram ajustados. Para o cálculo das pressões extremas corrigidas, foram usadas as equações abaixo, utilizando o desvio padrão e o coeficiente N medidos em cada tomada de pressão.

$$P_{0,1\%} = \bar{P} - N_{0,1\%} \cdot \sigma$$

$$P_{99,9\%} = \bar{P} + N_{99,9\%} \cdot \sigma$$

	Posição relativa da P _{máx/mín}		Posição relativa da tomada de pressão (experimental)	
	1V:0,75H	1V:1H	1V:0,75H	1V:1H
Espelhos (y/H)	0,94 – 0,98	0,95 – 0,98	0,92	0,94
Patamares (x/L)	0,86 – 0,94	0,86 – 0,94	0,92	0,94

REFERÊNCIAS

SANAGIOTTO, D. G. (2003). Características do escoamento sobre vertedouros em degraus com declividade 1V:0,75H. Dissertação, IPH/UFRGS, Porto Alegre.
 DAI PRÁ, M. (2004). Características do escoamento sobre vertedouros em degraus com declividade 1V:1H. Dissertação, IPH/UFRGS, Porto Alegre.
 TASSINARI, L. C. S. et al. (2019). Combination of experimental and numerical approaches to determine the main characteristics of skimming flow in stepped. Artigo submetido, RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos.

Análise de incertezas

Os valores de pressões extremas ($P_{99,9\%}$ para os patamares e $P_{0,1\%}$ para os espelhos) corrigidos foram comparados com os valores extremos obtidos por transdutores no modelo físico, a fim de se identificar em quais casos a posição da tomada de pressão resultaria em diferenças importantes para o estudo de danos na estrutura.

O gráfico ao lado apresenta esses valores para alguns degraus para as declividades de calha estudadas, assim como o erro percentual resultante da medição em locais mais afastados da região de ocorrência de pressões extremas máximas e mínimas.

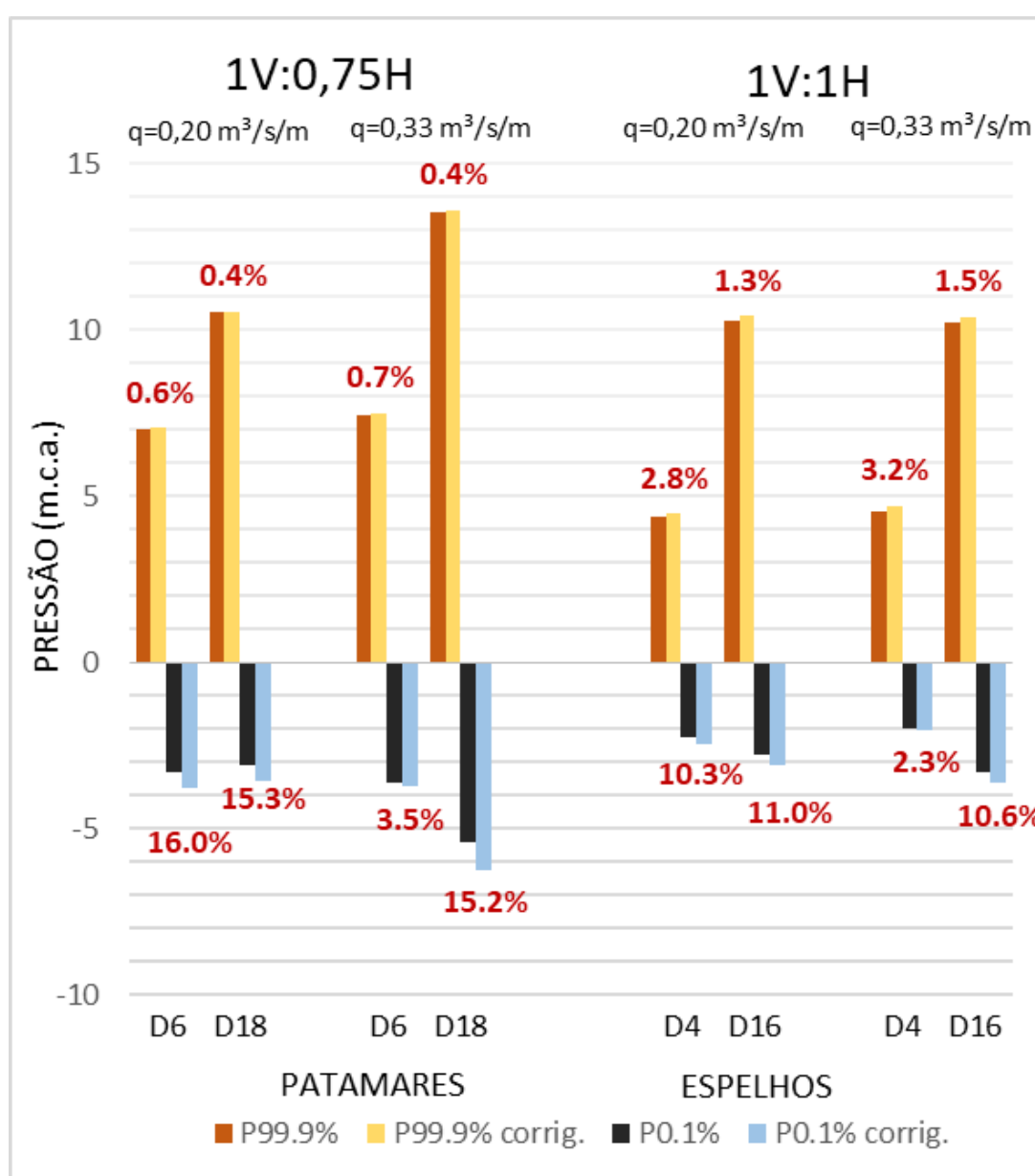


Figura 3 – Pressões extremas originais e corrigidas em escala de protótipo para as duas vazões estudadas.

CONCLUSÃO

Os perfis de pressões médias da figura 2 mostram que a declividade da calha e a vazão não influenciam na posição relativa das pressões mínimas e máximas para espelhos e patamares. Pode-se notar, através do gráfico da figura 3, que as diferenças entre $P_{0,1\%}$ e $P_{0,1\%} corrig.$ são significativas (até 16%), indicando a importância da posição da tomada de pressão dos espelhos para avaliação das pressões mínimas.

Não se observou um padrão claro quanto ao efeito da aeração do escoamento, da declividade da calha e das vazões na posição da ocorrência das pressões extremas.