

## XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

# INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES COMPRIMENTOS DE CONDUTOS FLEXÍVEIS EM MEDIÇÕES DE PRESSÃO NA CALHA DE UM VERTEDOURO EM DEGRAUS

*Alexandre Castro Prestes<sup>1</sup>; Gustavo Diefenbach<sup>2</sup>; Matheus Victor Cruz<sup>3</sup>; Leandro de Souza Oliveira<sup>4</sup>; Carlo Lucca Coutinho Ungaretti Rossi<sup>5</sup>; Renato Steinke Júnior<sup>6</sup>; Rute Ferla<sup>7</sup>; Carolina Kuhn Novakoski<sup>8</sup>; Edgar Fernando Trierweiller Neto<sup>9</sup>; Marcelo Giulian Marques<sup>10</sup>; Eder Daniel Teixeira<sup>10</sup>; Mauricio Dai Prá<sup>12</sup>*

## RESUMO

Mesmo existindo diversos estudos relacionados a utilização de vertedouros em degraus buscando um aumento das vazões específicas, existem poucas pesquisas relacionadas aos parâmetros de instrumentação utilizados. O presente trabalho tem o objetivo de quantificar a diferença entre as pressões obtidas a partir de diferentes comprimentos de condutos conectados entre as tomadas de pressão dos degraus de um vertedouro em degraus e o transdutor, instrumento utilizado para quantificar a pressão. Os estudos foram desenvolvidos em um modelo físico reduzido localizado no Laboratório de Obras Hidráulicas – IPH – UFRGS. Concluiu-se que o aumento do comprimento dos condutos pode ocasionar uma interferência nas medidas de pressão, principalmente no caso das pressões extremas negativas.

## ABSTRACT

Although there are several studies related to the use of stepped spillways in search of an increase in specific flow rates, there is little research related to the instruments used. The present work has the objective of quantifying the difference between pressures obtained from different lengths of conduits connected to the pressure ports of the steps of a stepped spillway and the transducer, an instrument used to quantify the pressure. In this way, the tests carried out on the reduced physical model in the Laboratório de Obras Hidráulicas - IPH - UFRGS. It was concluded that the increase of the length of the conduits can cause an interference in the measurements of pressure fluctuations, especially when analyzing the minimum pressures.

**Palavras-Chave** – Tomadas de pressão; Condutos flexíveis.

## INTRODUÇÃO

Os vertedouros em degraus são estruturas que fazem parte do sistema extravasor de barragens, sendo responsáveis pela condução do excesso de água dos reservatórios para jusante.

<sup>1</sup> IPH/UFRGS, Porto Alegre - RS - alexandrecastraprestes@gmail.com; <sup>2</sup>gustavodiefenbach@gmail.com; <sup>3</sup>matheusvictorcruz8@gmail.com; <sup>4</sup>leandro\_oliveira18.10.95@hotmail.com; <sup>5</sup>carlolucc@hotmail.com; <sup>6</sup>renato.steinkejunior@gmail.com; <sup>7</sup>ruteferla@hotmail.com; <sup>8</sup>carolkn04@gmail.com; <sup>9</sup>Eletrobras FURNAS Centrais Elétricas - edtrier@furnas.com.br; <sup>10</sup>marques@iph.ufrgs.br; <sup>11</sup>eder.teixeira@ufrgs.br; <sup>12</sup>mauricio.daipra@ufrgs.br

Particularmente, este tipo de estruturas é caracterizado pela significativa resistência imposta ao escoamento e pela energia dissipada de forma segura.

Muitos estudos estão sendo desenvolvidos com o objetivo de maximizar a vazão específica suportada por essas estruturas sem lhes causarem danos, como por exemplo, através da inserção de elementos que aumentam a aeração do escoamento. Uma forma de avaliar os esforços proporcionados pelo escoamento na estrutura é através da verificação das pressões atuantes nos degraus, sendo essas obtidas a partir de tomadas de pressões e medidas através de transdutores de pressão.

Devido à limitação de espaço, dada geralmente pelas dimensões das faces dos degraus da estrutura, a conexão entre o transdutor e a face do degrau deve ser feita com auxílio de condutos e, embora essa metodologia de medição de pressão seja utilizada há alguns anos, o número de trabalhos que quantificam a interferência gerada pelos condutos nas medidas de pressão ainda é pouco expressivo. Trierweiler et al. (2005) comentam que, para tomadas de pressão instaladas em um modelo físico de uma bacia de dissipação por ressalto hidráulico, os valores de pressão média e curtose não sofrem alterações em função do comprimento e do diâmetro interno dos condutos, diferentemente do que foi observado para o comportamento do desvio padrão. Entretanto, os autores indicam que não se verificou tendência nítida vinculada aos comprimentos de mangueira, conforme pode ser observado na Figura 2. Sanchez (2001), por sua vez, estudou as diferenças de pressões medidas na calha de um modelo físico reduzido de vertedouro em degraus por meio de diferentes diâmetros das tomadas de pressão, entretanto não avaliou a influência imposta devido à diferença no comprimento dos condutos.

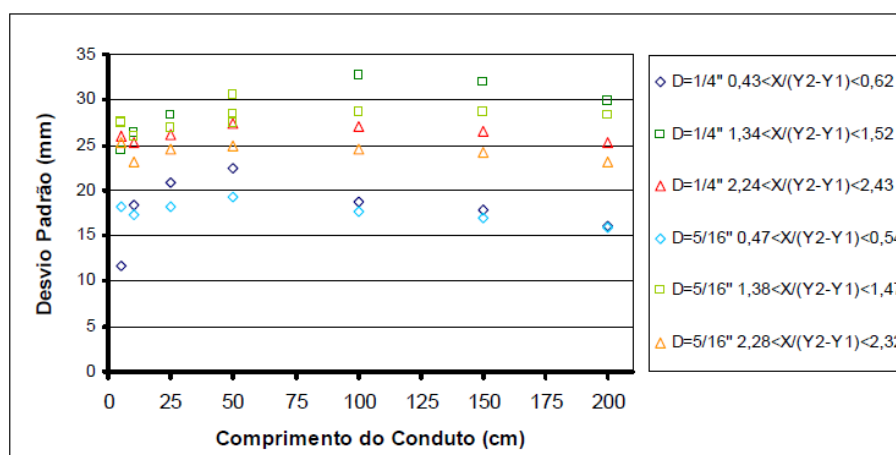


Figura 2 -Desvio Padrão em função dos comprimentos dos condutos (Trierweiler *et al.*,2005).

Onde:

D = diâmetro interno dos condutos;

X = posição da tomada de pressão a partir do início do ressalto hidráulico;

Y1 e Y2 = alturas conjugadas rápidas e lentas do ressalto hidráulico.

Desse modo, o presente estudo tem como objetivo avaliar a influência da utilização de diferentes comprimentos de condutos flexíveis sobre os valores de pressão medidos em escoamentos sobre vertedouros em degraus, analisando, individualmente, as diferentes zonas do escoamento.

De acordo com Dai Prá (2004) e Chanson (1993), o escoamento sobre vertedouro em degraus subdivide-se em três zonas, sendo elas a zona sem aeração, a zona com escoamento gradualmente variado e a zona com escoamento praticamente uniforme. A zona sem aeração caracteriza-se pela não ocorrência de bolhas de ar no escoamento e a zona com escoamento gradualmente variado trata-se da transição do escoamento sem aeração para um escoamento aerado, onde se pode observar o início da ocorrência de bolhas de ar imersas no escoamento. Já a zona com escoamento uniforme caracteriza-se pela ocorrência de aeração total do escoamento.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para verificar a interferência dos valores de pressão medidos com diferentes comprimentos de condutos na calha de um vertedouro em degraus, utilizou-se um modelo físico, instalado Laboratório de Obras Hidráulicas do Instituto de Pesquisas Hidráulicas, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. As características gerais do modelo estão apresentadas na tabela 1.

**Tabela 1** - Características gerais do modelo físico utilizado

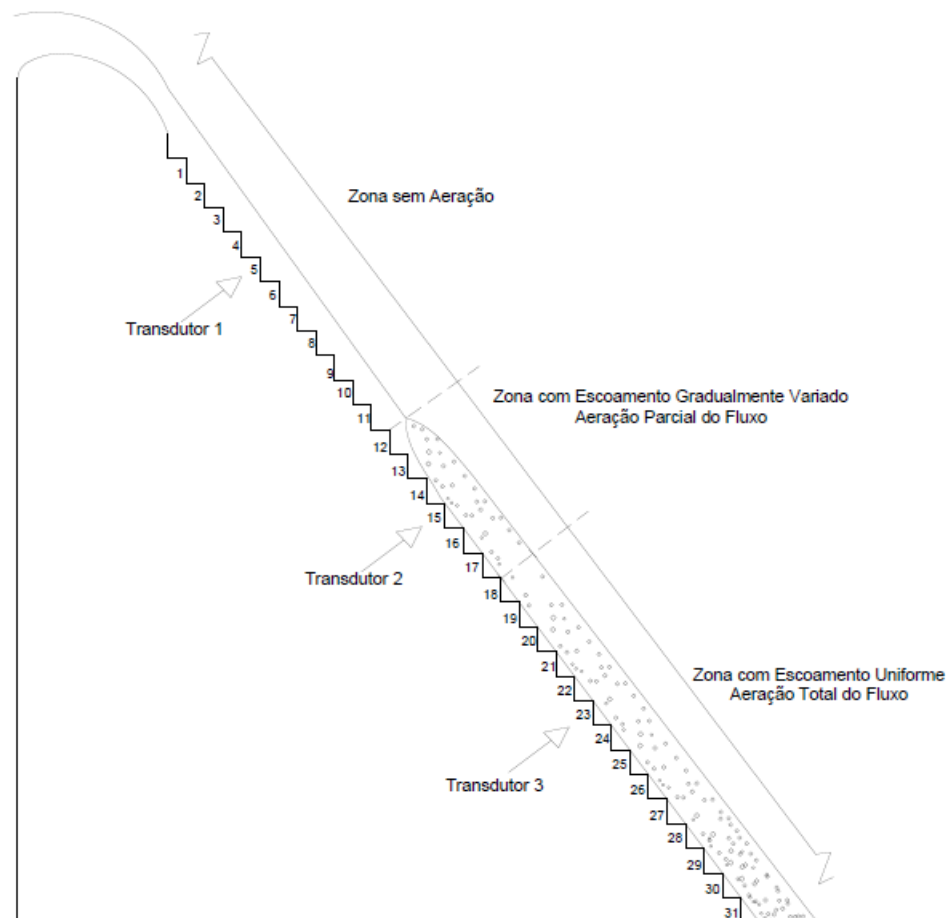
Características	Medidas
Altura do vertedouro	2,45 m
Altura do degrau	0,06 m
Comprimento do degrau	0,045 m
Largura do vertedouro	0,40 m
Declividade da calha	1,00V:0,75H

Para a obtenção de dados experimentais, foram implantados no modelo físico quatro diferentes comprimentos de condutos flexíveis de nylon, com diâmetro interno de 2mm, sendo eles

de 15, 35, 55 e 75 cm, de modo que o comprimento de 15 cm é o menor tamanho possível de ser instalado no modelo.

Para a aquisição das pressões foram utilizados transdutores juntamente com uma placa de conversão, uma placa de aquisição e o programa LabView. Os transdutores utilizados foram da marca Omega com faixa de pressão variável de +/- 5 psi, com erro de 0,08% FE. Os sinais de saída dos transdutores foram adquiridos em corrente elétrica, convertidos posteriormente para metros de coluna d'água (m.c.a.).

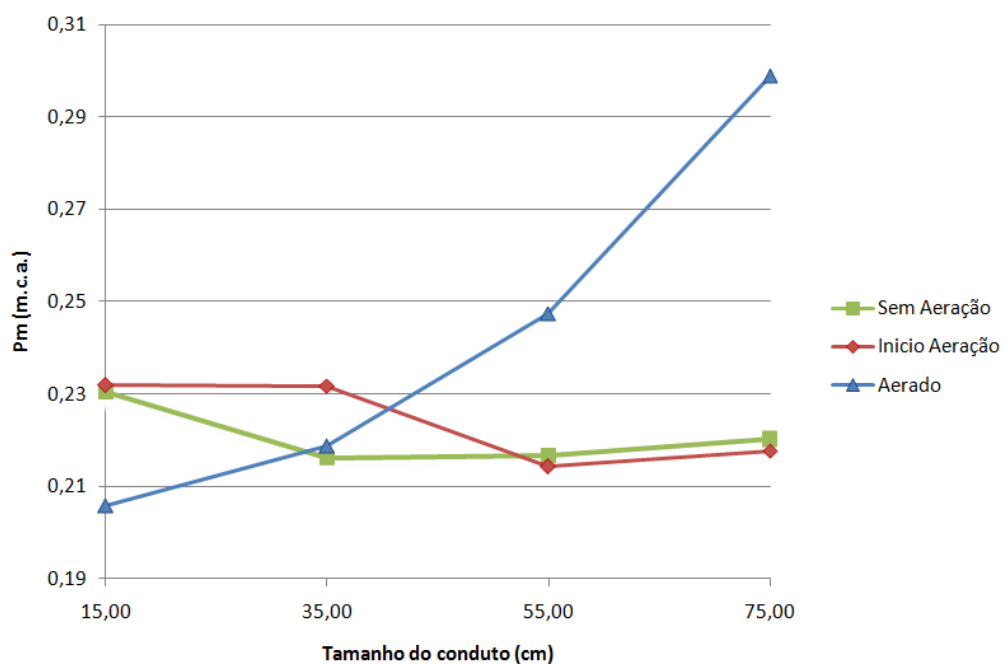
Analisou-se o comportamento das pressões nas três diferentes zonas do escoamento, conforme indicado na Figura 3, sendo o primeiro transdutor instalado na zona sem aeração, o segundo na zona de escoamento gradualmente variado (início da aeração) e, finalmente, o terceiro na zona de escoamento uniforme (escoamento aerado). A vazão escolhida para os ensaios foi a correspondente a 80 l/s (0,20 m<sup>3</sup>/s/m), por se tratar de uma vazão em que, para a estrutura em análise, as três zonas do escoamento fossem plenamente verificadas.



**Figura 3** - Modelo de vertedouro indicando as zonas de aeração para vazão de 80l/s e a posição dos transdutores.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 4 apresenta os resultados de pressões médias, em m.c.a., nos três pontos de medição selecionados, de acordo com cada tamanho de conduto. Pode-se observar que, para os pontos onde ainda não houve a ocorrência de aeração no escoamento e nos pontos onde se inicia a aeração no escoamento, o aumento da mangueira tem uma influência menor que 0,02 m.c.a., causando uma diminuição da pressão média. No entanto, no ponto onde o escoamento já se encontra totalmente aerado, pode-se observar que o aumento da mangueira causa uma mudança de, aproximadamente, 0,10 m.c.a., causando um aumento nas médias obtidas.

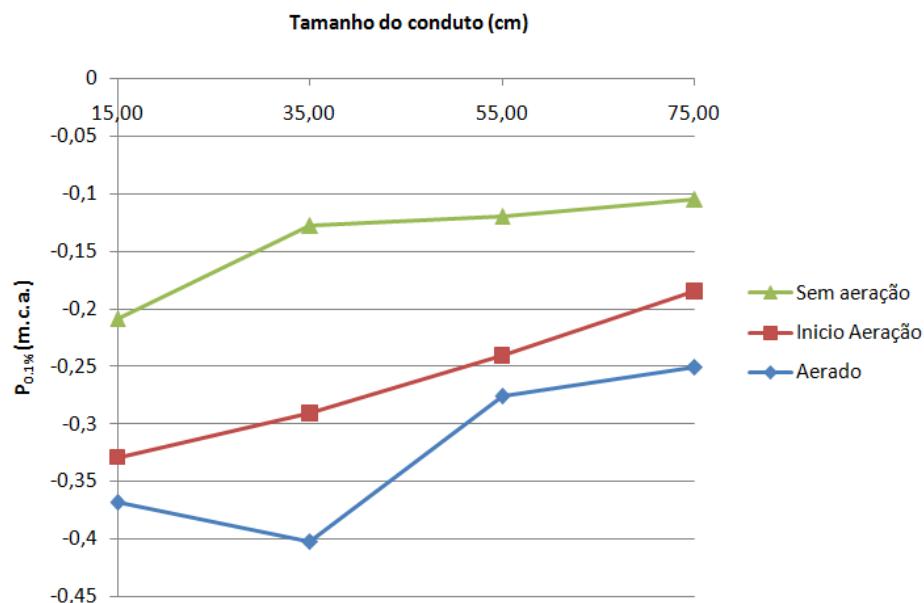


**Figura 4** – Pressões médias (Pm) para todas as configurações e vazão de 80 l/s.

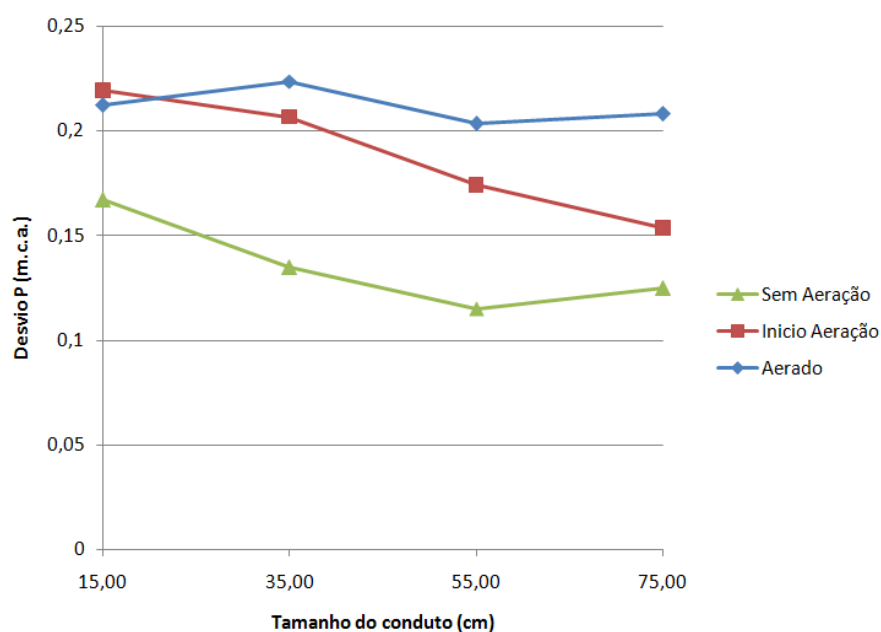
A Figura 5 apresenta os resultados de pressões com 0,1% de probabilidade de não excedência ( $P_{0,1\%}$ ), em m.c.a., nos três pontos de medição selecionados, de acordo com cada tamanho de conduto. Analisando-se a Figura 5 se verifica que, nos pontos onde não há aeração no escoamento, as pressões registradas sofreram um acréscimo de aproximadamente 0,10 m.c.a.. Já nas zonas de escoamento gradualmente variado e de escoamento uniforme o aumento na  $P_{0,1\%}$  foi de, aproximadamente, 0,15 m.c.a..

Observarvrou-se nas três zonas de escoamento uma possível tendência de acréscimo nos valores de  $P_{0,1\%}$ , em função do tamanho dos condutos utilizados, visto que obtiveram um aumento semelhante. Essa tendência indica perda de informação, uma vez que os valores de pressão extrema são atenuados para condutos maiores.

A Figura 6 apresenta os resultados de desvio padrão, em m.c.a., nos três pontos de medição selecionados, de acordo com cada tamanho de conduto. Verifica-se que as leituras de flutuação de pressão, onde se encontra o escoamento completamente aerado, se mantém praticamente constantes, não sofrendo mudanças maiores que 0,02 m.c.a.. No entanto, para os pontos de início de aeração e sem a ocorrência de aeração, nota-se uma diminuição da pressão de, aproximadamente, 0,07 m.c.a..



**Figura 5** – Pressões  $P_{0,1\%}$  para todas as configurações e vazão de 80l/s.



**Figura 6** – Desvio padrão (Desvio P) das pressões para todas as configurações e vazão de 80l/s.

## CONCLUSÃO

Foi possível concluir que o aumento do comprimento dos condutos, para as condições analisadas, pode gerar interferências substanciais aos dados obtidos, sendo importante frisar que nos dados de pressão extrema negativa obtiveram-se dados com discrepância de até 0,20 m.c.a., e que, diferentemente do analisado por Trierweiler (2005), os dados de pressões médias sofreram variações em função do comprimento do conduto, chegando a 0,10 m.c.a. no ponto onde o escoamento já se encontra totalmente aerado.

Não se pode afirmar quais são os fatores relacionados ao aumento do comprimento dos condutos que possam ter gerado tais interferências nas pressões obtidas. Porém, sugere-se para futuros trabalhos que sejam analisadas as vibrações associadas ao aumento dos condutos, bem como que sejam analisadas outras vazões, visando melhor quantificar as diferenças verificadas.

## AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, à equipe de professores e colegas do Laboratório de Obras Hidráulicas e à Furnas Centrais Elétricas pelo financiamento à pesquisa.

## REFERÊNCIAS

CHANSON, H. (1993). "Stepped Spillway Flow and Air Entrainment". Canadian Journal of Civil Engineering, v.20, n. 3, p. 422-435

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.

SÁNCHEZ, M (2001). "Comportamiento Hidráulico de Los Aliviaderos Escalonados en Presas de Hormigón Compactado. Análisis del Campo de Presiones". Tese de Doutorado, Universitat Politècnica de Catalunya

TRIERWEILER, E. F. N.; TEIXEIRA, E. D.; MEES, A. A. A.; WIEST, R. A.; DAI PRÁ, M.; MARQUES, M. G.; ENDRES L. A. M. ; FERAUDY, R. P.; CANELLAS, A.V. B. (2005). "Análise da Macroturbulência em Dissipadores por Ressalto Hidráulico Resultados Preliminares." In: Anais do XVI Simpósio de Recursos Hídricos, João Pessoa. 2005.