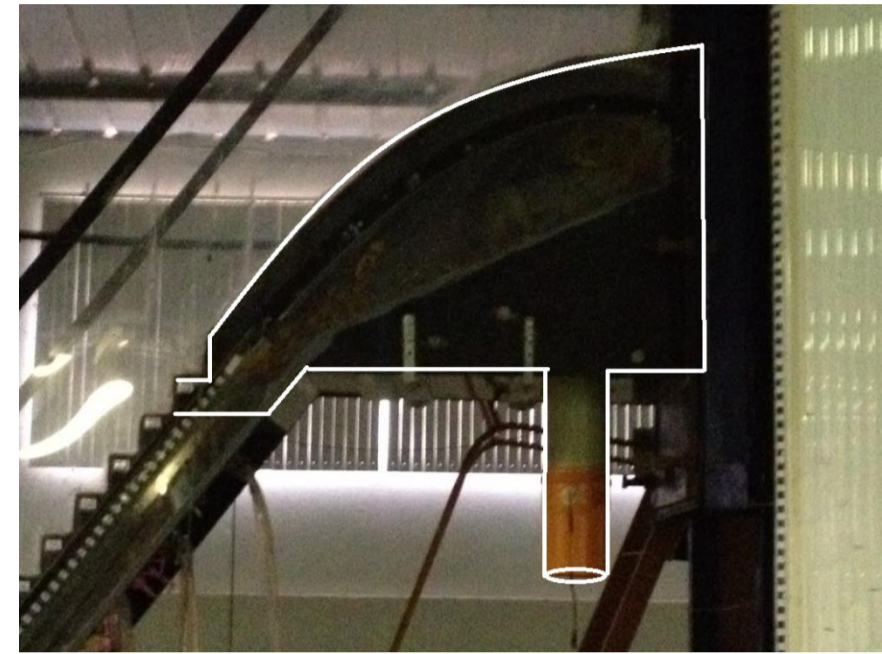


# Análise da Macroturbulência em Vertedouros em Degraus

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

## >>INTRODUÇÃO<<

Os vertedouros em degraus são estruturas que, além de não permitirem que o nível do reservatório ultrapasse os limites de projeto, garantindo a segurança da barragem, dissipam a energia do escoamento ao longo da sua calha, permitindo estruturas a jusante mais eficazes e de menor custo. Entretanto, o uso eficiente dest e tipo de vertedouro está limitado a vazões específicas menores que 10 m<sup>3</sup>/s/m para que não haja risco de erosão/cavitação ao longo da sua estrutura.



A partir do ponto em que o escoamento está totalmente aerado, o risco de cavitação é praticamente nulo, uma vez que os valores das pressões ficam aproximadamente constantes e fora da faixa de erosão/cavitação.

Uma das maneiras de aumentar a eficiência dos vertedouros em degraus talvez seja permitir que a aeração do escoamento ocorra antes. Isto pode ser feito através da inclusão de aeradores (pilares e/ou chaminés) e defletores inseridos no início da calha.

Aerador instalado (Chaminé)  
Modelo do LOH - IPH/UFRGS

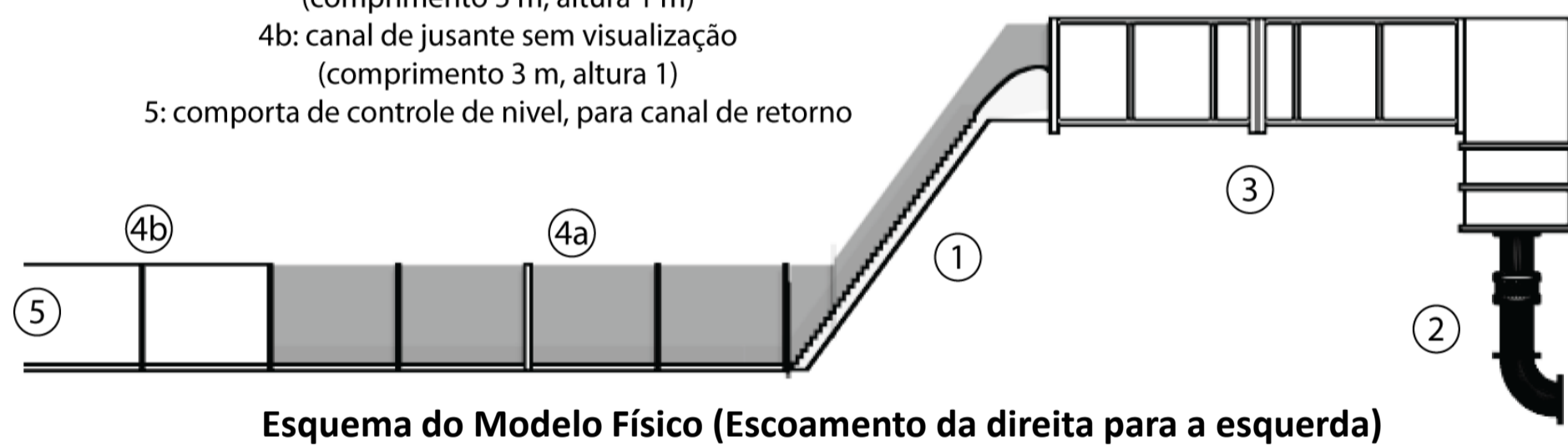
## >>OBJETIVO<<

A pesquisa onde este trabalho se situa tem como objetivo analisar a influência da inclusão de aeradores e defletores na Macroturbulência em Vertedouro em Degraus. O trabalho propriamente dito, visa apresentar os resultados preliminares da influência da chaminé com a entrada de ar nas pressões nas quinas dos degraus.

## >>CARACTERÍSTICAS DO MODELO<<

Foi utilizado um modelo físico reduzido de vertedouro em degraus, instalado no Laboratório de Obras Hidráulicas (LOH), do IPH/UFRGS, com 2,45m de altura, 0,40m de largura, declividade aproximada de 53°, e degraus de 0,06m de altura.

- 1: vertedouro em degraus (33 degraus, altura 6 cm, declividade 1:0,75, altura 2,45 m)
- 2: sistema de alimentação (DN 300 mm)
- 3: reservatório e canal de montante (comprimento 5 m, altura mínima 1 m)
- 4a: canal de jusante com visualização (comprimento 5 m, altura 1 m)
- 4b: canal de jusante sem visualização (comprimento 3 m, altura 1 m)
- 5: comporta de controle de nível, para canal de retorno



Esquema do Modelo Físico (Escoamento da direita para a esquerda)

## >>METODOLOGIA DE PESQUISA<<

Para a realização do presente estudo foram instalados tubos de piezômetros na extremidade dos patamares e espelhos (quinas) dos degraus. As tomadas de pressão estão localizadas na linha central do canal. Os piezômetros estão dispostos, de acordo com a posição dos degraus, à frente de uma escala linimétrica referenciada à posição de cada tomada. Um ventilador com motor de corrente contínua foi instalado na entrada da chaminé (tubo com diâmetro de 100mm). A velocidade do ar que entra pela chaminé faz com que surja uma tensão, pois neste caso o motor está funcionando como um gerador. A d.d.p. gerada pela rotação das pás da turbina é medida por um voltímetro. A seguir, dois fluxogramas ilustram o processo.

Entrada de ar na chaminé devida às pressões negativas no espelho.

Rotação do ventilador (gerador), produzindo diferença de potencial.

Tensão registrada com voltímetro

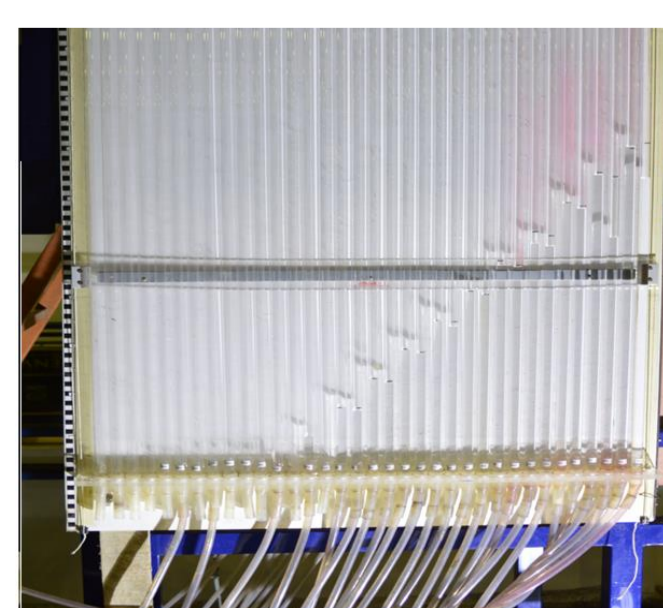


Funcionamento ventilador/voltímetro

Tubos com água conectando os piezômetros aos degraus.

Pressão exercida pelo escoamento nos espelhos e patamares.

Variação da coluna d'água no piezômetro correspondente a variação de pressão.



Quadro de piezômetros

## >>ANÁLISE DE DADOS<<

Após a leitura das marcações feitas nos piezômetros e no voltímetro, esses dados são passados para o software Excel e classificados conforme as características do ensaio.

Ensaio analisados: Q40(l/s), Q60(l/s), Q80(l/s), Q100(l/s) e Q110(l/s).

Com os valores de tensão de cada ensaio, foi possível estimar a velocidade média de ar passando pela chaminé através de uma reta de calibração apresentada a seguir, onde X representa o valor de tensão DC medido e Y corresponde ao valor da velocidade média do ar (m/s) passando pelo ventilador.

$$y = 1,7993 * x + 0,8179 \quad \text{Equação de Calibração}$$

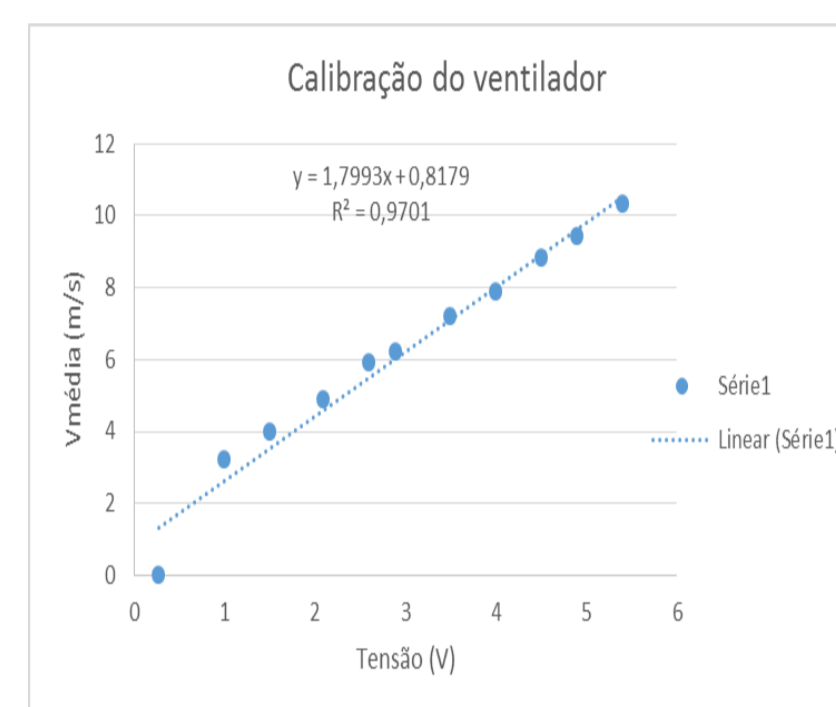


Gráfico de calibração do ventilador, de onde obteve-se a Equação de Calibração

Os valores de Vm (ar) obtidos foram inseridos, juntamente com o diâmetro do tubo da chaminé, na Equação da Continuidade, afim de estimar a vazão de ar total entrando pelo aerador.

A relação Q(ar)/Q(água) resulta em um coeficiente adimensional β, denominado coeficiente de aeração.

Q ÁGUA	40 (l/s)	60 (l/s)	80 (l/s)	100 (l/s)	110 (l/s)
β	0,503287	0,271932	0,164204	0,112285	0,093085

## >>RESULTADOS<<

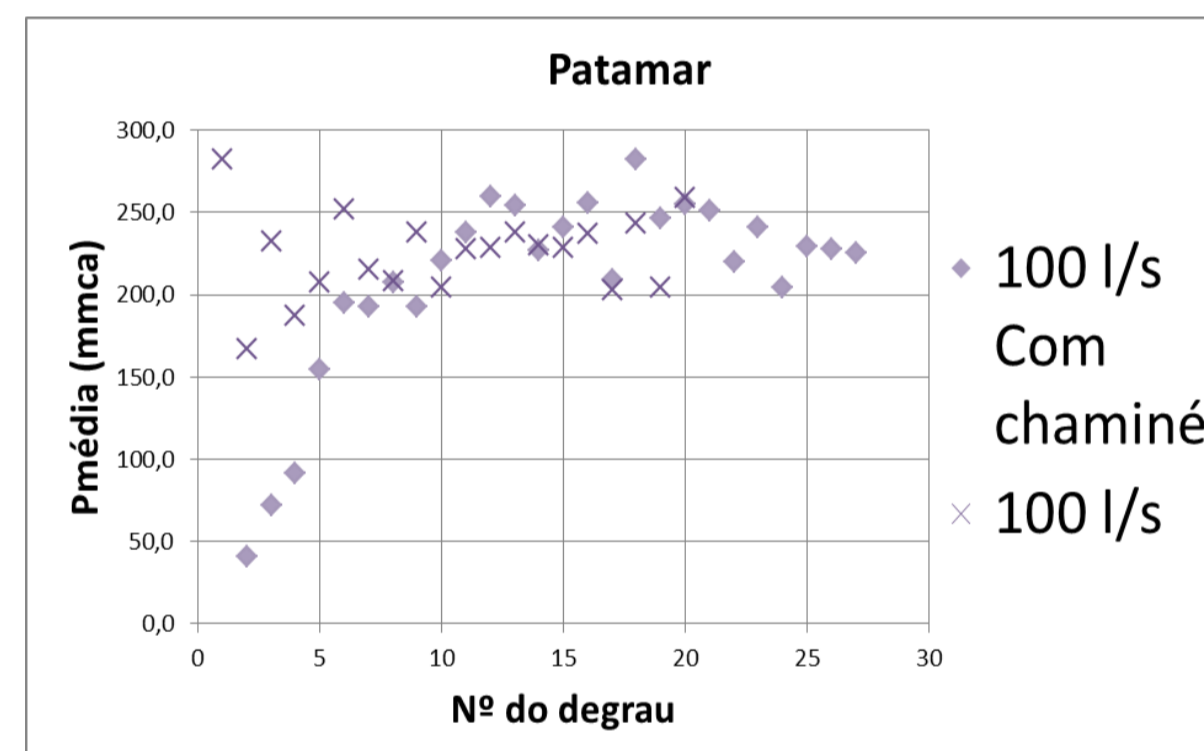
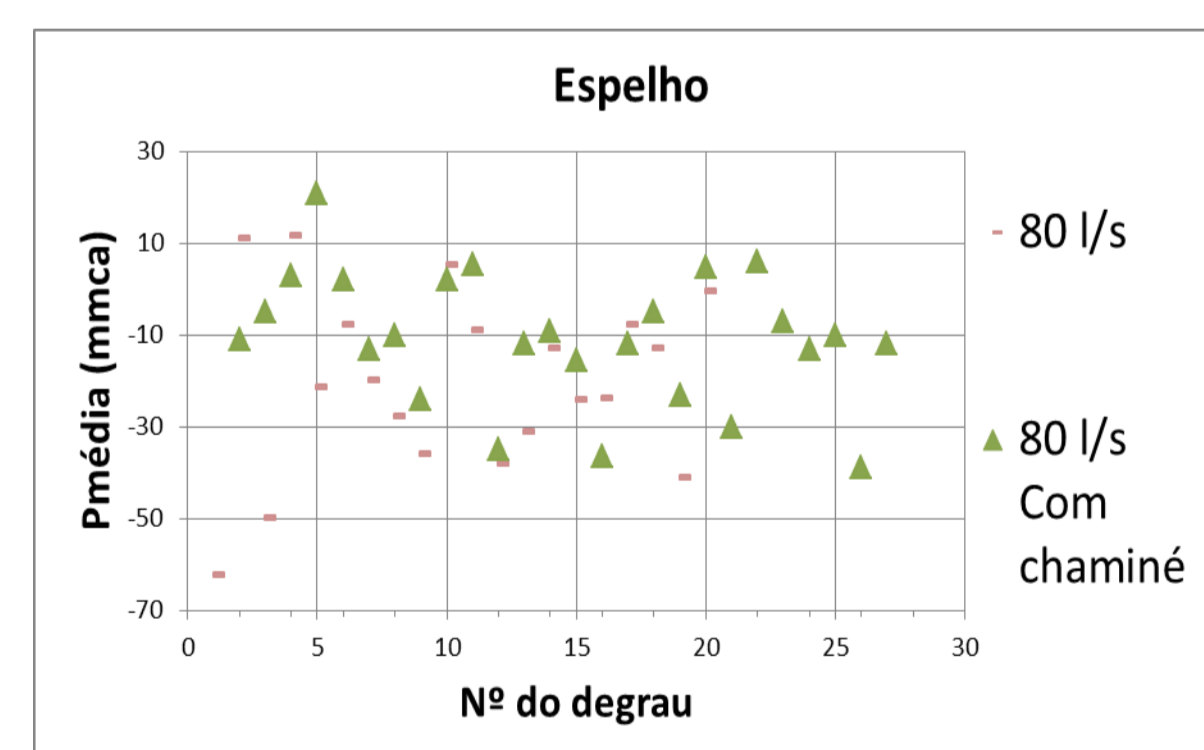


Gráfico comparativo entre as pressões nos patamares para Q=100l/s com e sem chaminé

Para as vazões analisadas, foi possível comparar os resultados de pressão média com dados medidos anteriormente no mesmo modelo (sem aerador).

A região inicial da calha apresenta pressões médias suavizadas no patamar (até o degrau 7). A partir desse ponto, os valores mantem a mesma ordem de grandeza.



No espelho, as pressões, com a entrada de ar, tendem a ficar maiores, reduzindo o risco de cavitação nos degraus.

Gráfico comparativo entre as pressões nos espelhos para Q=80l/s com e sem chaminé

## >>CONCLUSÕES<<

A Instalação do aerador mostrou-se promissora na entrada de ar devido às pressões negativas nos espelhos da calha, entretanto, é necessário continuar os estudos, aferindo pressões instantâneas com transdutores nas quinas dos degraus, para comprar a redução do risco de cavitação/erosão. A partir deste momento, o efeito do coeficiente β será analisado, alterando a entrada da chaminé.

Na próxima etapa dos estudos serão incluídos defletores junto com a chaminé para verificação da eficiência do conjunto na antecipação da aeração e redução do risco de ocorrência de erosão/cavitação.

## >>AGRADECIMENTOS<<

Ao LOH do IPH/UFRGS, aos colegas e professores do laboratório, à FAPERGS e FURNAS Centrais Elétricas SA.