

Análise da Macroturbulência em Vertedouros em Degraus

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

>>INTRODUÇÃO<<

Vertedouros em degraus são estruturas responsáveis pelo extravasamento do volume de água excedente em reservatórios de barragens e também pela dissipação parcial de energia hidráulica do escoamento.

Dessa forma, o estudo sobre dissipação de energia e aeração nos vertedouros em degraus é essencial, tendo em vista a necessidade de otimizar essas estruturas, conferindo-lhes alto grau de eficiência, com menor custo de construção e de operação.

A seguir são apresentados dois exemplos da aplicação de vertedouros em degraus em barragens.



Vertedouro em Degraus da UHE Dona Francisca - Agudo/RS



Vertedouro em Degraus da Barragem João Leite - Estado de Goiás

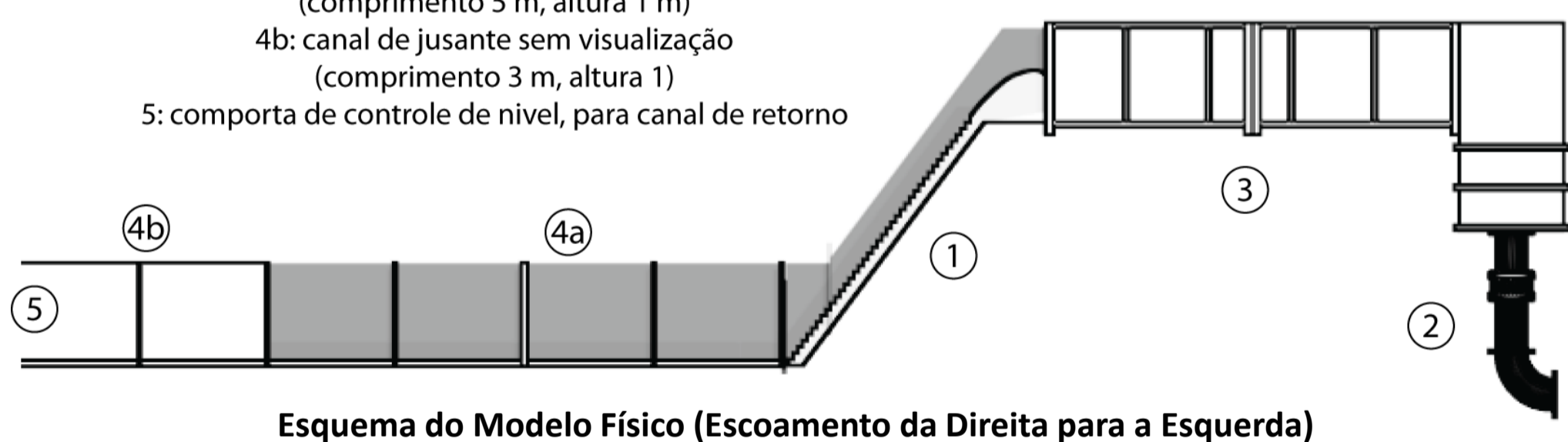
>>OBJETIVOS<<

O presente trabalho visa: a) qualificar o escoamento sobre a calha escalonada com e sem estruturas defletoras, para compará-las qualitativa e quantitativamente; b) identificar os pontos críticos do escoamento sobre a estrutura (esforços mínimos e máximos);

>>METODOLOGIA DE PESQUISA<<

Para a realização dos ensaios no âmbito deste estudo foi utilizado um modelo físico reduzido, instalado no Laboratório de Obras Hidráulicas (LOH), IPH/UFRGS. Este modelo consiste em um vertedouro em degraus com 2,45m de altura, 0,34m de largura, declividade aproximada de 53° e degraus de 0,06m de altura. As análises qualitativas do escoamento foram feitas a partir de calhas escalonadas com e sem estruturas defletoras. Para medir as cargas de pressão nos degraus do vertedouro, foram utilizados tubos piezométricos.

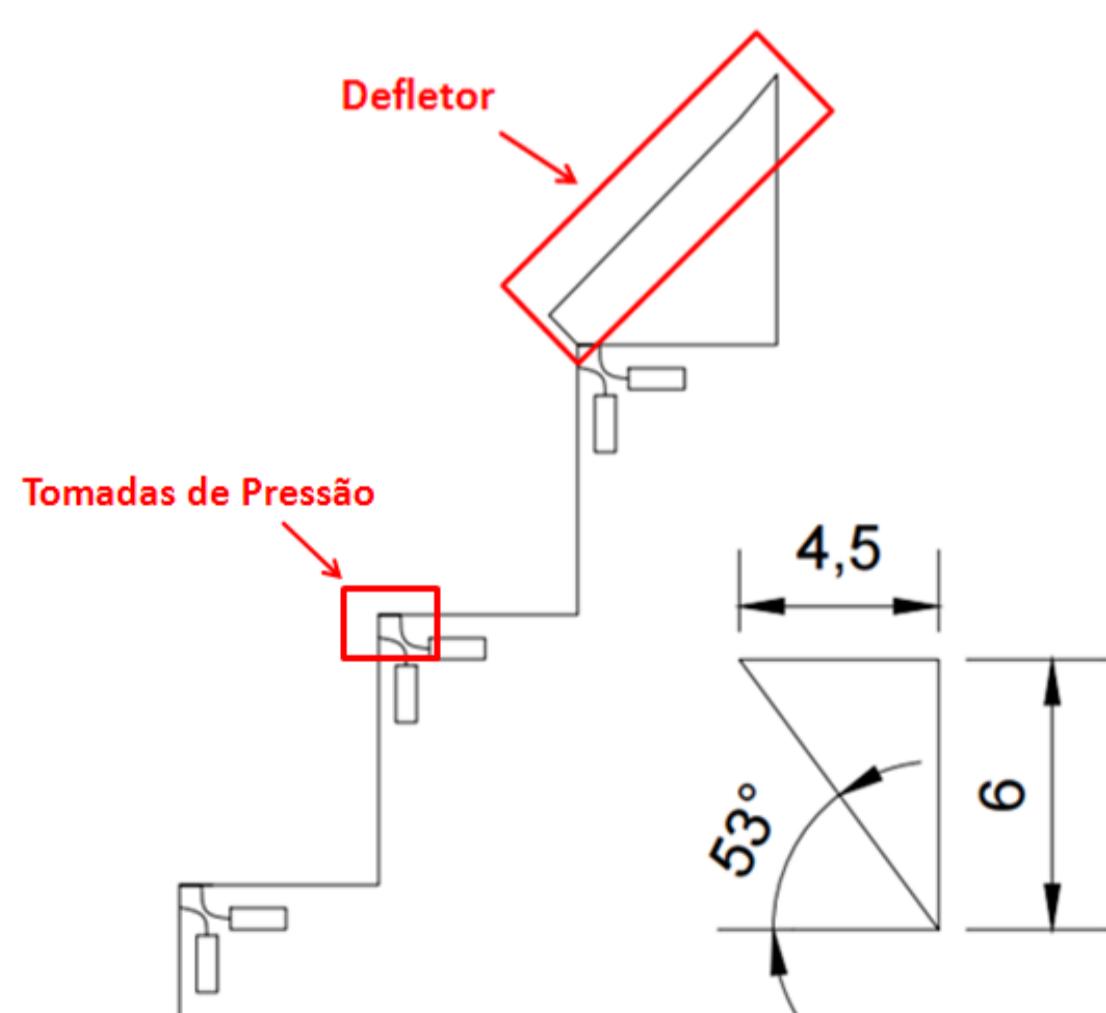
- 1: vertedouro em degraus (33 degraus, altura 6 cm, declividade 1:0,75, altura 2,45 m)
- 2: sistema de alimentação (DN 300 mm)
- 3: reservatório e canal de montante (comprimento 5 m, altura mínima 1 m)
- 4a: canal de jusante com visualização (comprimento 5 m, altura 1 m)
- 4b: canal de jusante sem visualização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



Defletor de um Degrau



Esquema da Estrutura Defletora sobre um Degrau



Quadro Piezométrico

>>ANÁLISE DE DADOS<<

A coleta dos dados para o presente estudo se deram, mormente, sob os seguintes campos:

- Análise qualitativa do escoamento com as estruturas defletoras, sobre um e dois degraus, sobrepostas à calha;

- Pressão do escoamento exercida nos degraus do vertedouro, por meio da carga de pressão em piezômetros, aferida pelo quadro piezométrico, a fim de quantificar esforços máximos e mínimos;

A comparação das configurações dos ensaios deu-se em: 1) sem nenhuma estrutura defletora; 2) defletor sobre um degrau, e 3) defletor sobre dois degraus. Para cada configuração estrutural, foram ensaiadas descargas de 20, 40, 50, 60, 80, 100 e 110 l/s e aferidas as pressões de 28 degraus ao longo da calha, para patamares e espelhos, que correspondem à parte horizontal e vertical do degrau, respectivamente.

>>RESULTADOS<<

O escoamento sobre o vertedouro em degraus sem nenhum tipo de defletor é do tipo *Skimming Flow* (ou escoamento deslizante sobre turbilhões), para todas as descargas ensaiadas. Esse tipo de escoamento é majoritário em calhas escalonadas com elevada declividade, ou para altas vazões específicas. Com a inserção das estruturas defletoras verificou-se que o escoamento apresenta um salto (figuras a seguir), para baixas descargas, enquanto que, para as maiores, o escoamento apresenta a configuração tipo *Skimming Flow*. Para cada configuração com defletores, existe uma descarga limite, para a qual o escoamento ainda descola da calha. Verificou-se que com o defletor sobre um degrau essa descarga limite foi de, aproximadamente, 20 l/s, enquanto que, para sobre dois degraus, foi de 50 l/s.

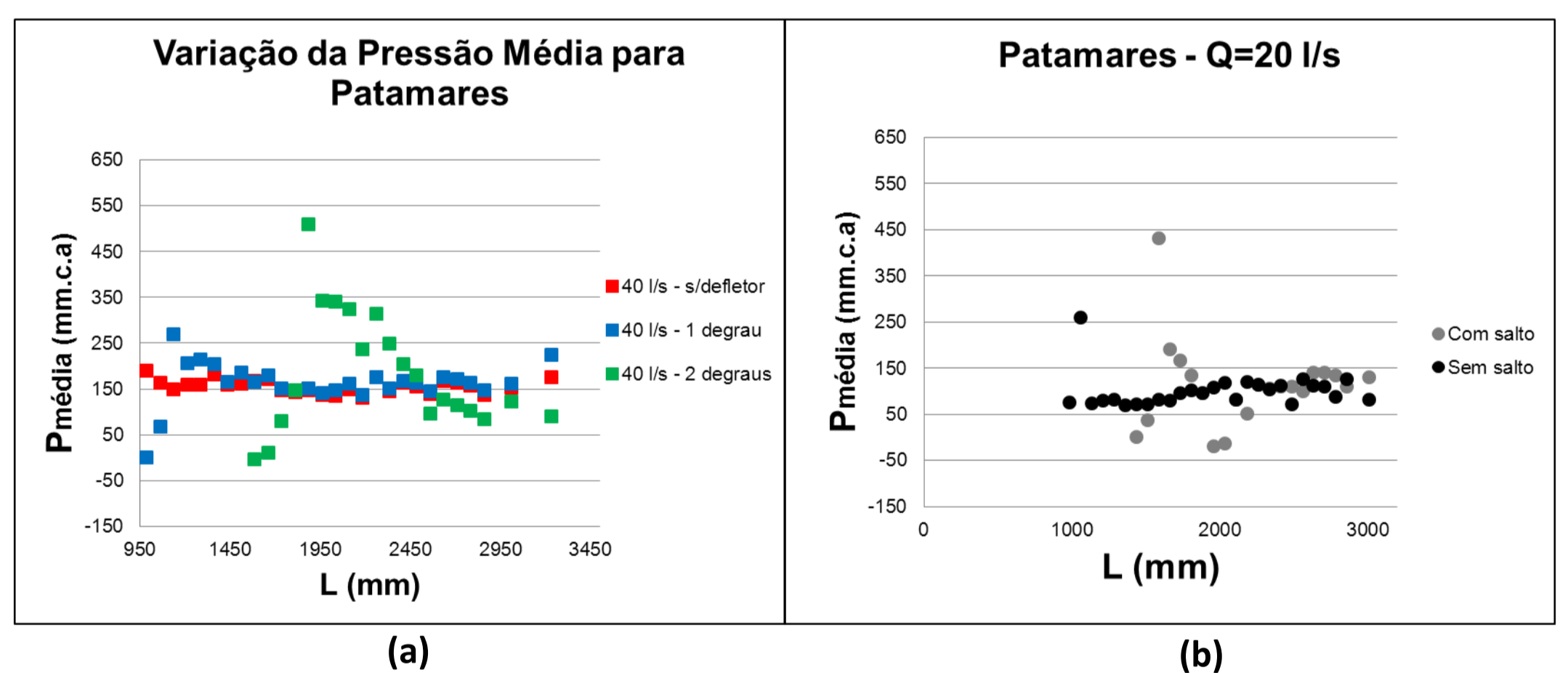


Vista Superior do Escoamento sobre o Vertedouro. (a) Escoamento sem Salto. (b) Escoamento com Salto



Vista Lateral - Escoamento com Salto

O gráfico (a) apresenta a evolução da pressão média, para a descarga de 40 l/s, ao longo da calha para patamares, e o gráfico (b), a comparação entre o escoamento com salto e colado à calha, para o defletor sobre um degrau e vazão 20 l/s - descarga limite para essa configuração.



>>CONCLUSÕES<<

A análise qualitativa e quantitativa do escoamento permite observar que os esforços máximos e mínimos em degraus intermediários, resultantes do escoamento com o salto, merecem devida atenção, pois são valores que atingem picos de até 3 vezes os valores sem o salto (tipo *Skimming Flow*), para os esforços máximos, como mostrado no gráfico (a). Os esforços podem ainda ultrapassar esses valores se compararmos diferentes tipos de escoamento (com e sem o salto) dada uma mesma descarga e uma mesma configuração, alcançando de quatro a cinco vezes os valores do escoamento *Skimming Flow*, mostrado no gráfico (b). O gráfico (b) induz também que o escoamento sobre o vertedouro em degraus, com essas estruturas defletoras é extremamente instável, podendo, para qualquer tipo de perturbação, tornar-se ora colado, ora descolado da calha. A sequência deste estudo irá analisar e comparar o escoamento para outras configurações, como as estruturas defletoras sobre um terço e um meio de degrau e sobre três degraus. Além disso, o estudo abordará a aeração que ocorre sobre a calha, inclusive com mecanismos de aeração forçada, com intuito de otimizar a estrutura.

>>AGRADECIMENTOS<<

Ao IPH/UFRGS; aos colegas do LOH; ao CNPq e a Dona Francisca Energética S.A.