

COMPARATIVO ENTRE MODELAGEM EXPLÍCITA UTILIZANDO AS EQUAÇÕES DE SAINT-VENANT E RESULTADOS EXPERIMENTAIS PARA ENCHIMENTO DE CANAL

João Pedro Paludo Bocchi, Robson Leo Pachaly, Bruna Minetto,
Jose G. Vasconcelos y Daniel Allasia

Universidade Federal de Santa Maria, Brasil - Auburn University, Estados Unidos da América.
E-mail: jp.bocchi@gmail.com, robsonleopachaly@yahoo.com.br, bruna_minetto@hotmail.com,
jgv0001@auburn.edu, dga@ufsm.br

Introdução

É usual no dimensionamento das mais diversas estruturas hidráulicas a utilização de modelos computacionais unidimensionais para a representação de escoamentos em superfície livre, como em canais de irrigação e abastecimento de água (Chaudhry, 2007; Cunge, 1980). Estes modelos permitem boas aproximações e um baixo custo computacional quando comparados a modelos bi e tridimensionais. Em sua maioria, as equações utilizadas nestes modelos são baseadas na conservação de massa e de momento linear do escoamento, admitindo certas simplificações. Como exemplo temos as equações de Saint-Venant, as quais são um par de equações diferenciais parciais hiperbólicas que adotam severas simplificações quando comparadas as equações de Navier-Stokes (Sturm, 2010).

Para a solução destas equações utiliza-se de diferentes métodos numéricos, como o método das diferenças finitas e o método dos elementos finitos e, para a solução destes métodos, utilizam-se diferentes esquemas numéricos, como o esquema de Lax Diffusive, Leapfrog, Lax-Wendroff, entre outros. Além disso, é comum para a solução de condições de contorno destes problemas a utilização do método das características (Sturm, 2010).

Entretanto, um modelo computacional somente se torna válido quando seus resultados condizem com a situação real simulada. Esta aferição pode ser feita através de análise experimental, tanto em modelos reduzidos de estruturas reais quanto em protótipos adaptados a situação proposta.

Baseado nisto, o presente trabalho visa verificar os resultados obtidos na modelagem unidimensional, utilizando o método explícito das diferenças finitas como forma de resolução das equações completas de Saint-Venant, desenvolvido em *Visual Basic*, com dados obtidos experimentalmente para validar a capacidade de representação desta modelagem com o processo físico.

Materiais e métodos

Os dados experimentais obtidos nesse trabalho foram obtidos no Laboratório de Mecânica dos Flúidos e Hidráulica, da Universidade Federal de Santa Maria. O aparato experimental compreende um canal retangular com baixa declividade, abastecido por uma bomba de vazão aproximadamente constante (0,22 m³/s), possuindo em sua extremidade de jusante um vertedor triangular. O canal possui sua superfície revestida de argamassa empenada e o vertedor é constituído de uma chapa de fibra de vidro com espessura de 5 mm. As dimensões do canal e do vertedor são descritas conforme a Figura 1.

Para fins de verificação da modelagem, foram monitorados o nível de água durante o enchimento e esvaziamento do canal por meio de sensores ultrassônicos. Os sensores foram colocados a 6,30 metros de cada extremidade e com um espaçamento de 12,40 metros entre eles, de modo a captar de forma satisfatória a frente de enchimento do canal.

A modelagem computacional foi desenvolvida em *Visual Basic*, no ambiente de desenvolvimento *Visual Studio*. Como modelo matemático utilizaram-se as equações completas de Saint-Venant e, para a resolução destas, utilizou-se o método explícito das diferenças finitas com o esquema numérico Lax Diffusive. Para solucionar as condições de contorno, utilizou-se o método das características.

Como condição de contorno de entrada utilizou-se uma função da variação da altura da água do reservatório o qual alimenta o canal e como condições de contorno de saída utilizaram-se: condição de parede ($V = 0$), antes da chegada da altura da água ao início do vertedor, e uma função de vazão do vertedor em função da altura da água, após o início da descarga.

A malha foi discretizada em 100 nós em sua dimensão espacial (0,25 metros) e sua discretização temporal variada conforme o número de Courant (Equação 1), fixando-o em 80%, a fim de garantir a estabilidade numérica da simulação.

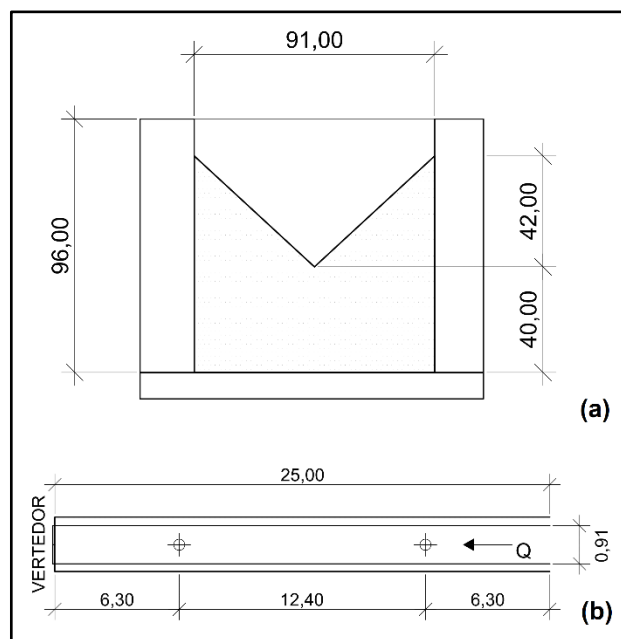


Figura 1.- Dimensões do canal experimental. Em (a): detalhe do vertedor, em centímetros. Em (b): planta baixa do canal com localização dos sensores, em metros.

$$\Delta t = Cr \cdot \frac{\Delta x}{|V|+c} \quad [1]$$

Resultados

Os resultados obtidos pelos sensores ultrassônicos e a comparação com a simulação proposta são mostrados nas Figuras 2 e 3 através da plotagem da altura da água através do tempo para ambas posições dos sensores.

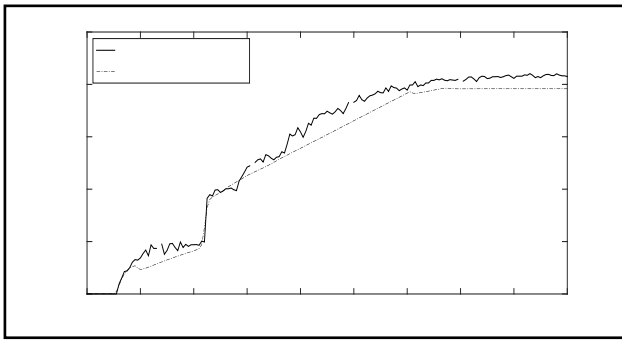


Figura 2. Leitura do sensor e resultado da simulação na estação localizada a montante.

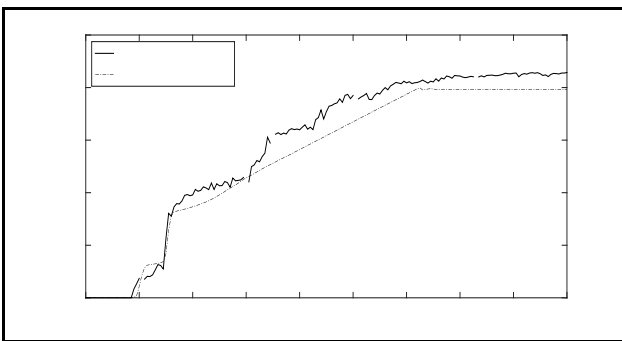


Figura 3. Leitura do sensor e resultado da simulação na estação localizada a jusante.

Abaixo segue o resultado da simulação referente ao enchimento do canal, representado pelo retorno da onda de cheia após o seu choque com a parede do vertedor.

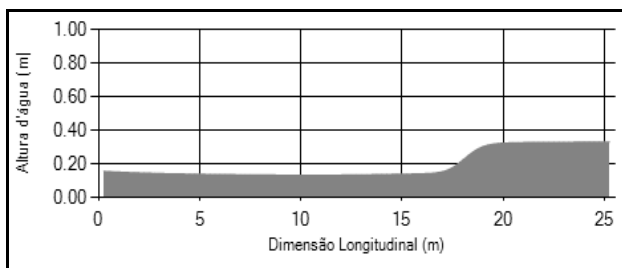


Figura 4. Resultado da simulação em $t = 32$ s.

Conclusões

Obtiveram-se resultados satisfatórios para ambas posições de sensores, apresentando pequenos erros entre as simulações e as medições com os sensores, apresentando um erro médio de 3,95 cm na estação de montante e um erro médio de 4,98 cm na estação de jusante. Estes erros tornam-se mais evidentes no momento em que o escoamento atinge o regime uniforme, onde o nível da água na simulação se torna um pouco menor do que o medido pelos sensores

Destaca-se a coincidência entre a elevação do nível da água devido a passagem da onda de cheia entre a simulação e o resultado experimental, ambas ocorrendo em um tempo muito próximo. Este fato pode ser observado próximo aos 43 segundos na estação localizada a montante e próximo aos 30 segundos na estação localizada a jusante.

Percebe-se que o modelo proposto não demonstrou bons resultados para pequenas ondulações na superfície livre, as quais foram lidas pelos sensores.

No trabalho completo serão apresentados os resultados completos da simulação, incluindo o esvaziamento do canal após o desligamento da bomba a qual alimenta o sistema.

Planeja-se, em trabalhos futuros, realizar simulações para diferentes condições de saída, como vertedores retangulares e trapezoidais, a fim de validar ainda mais a utilização deste modelo computacional.

Referências

Cunge, J. A., Holly, F. M., and Verwey, A. (1980). Practical aspects of computational river hydraulics.

Sturm, T. W., & Tuzson, J. (2010). Open channel hydraulics. Applied Mechanics Reviews, 54, B107.

Chaudhry, M. H. (2007). Open-channel flow. Springer Science & Business Media.