

ESTUDO DA CONCEPÇÃO, DINÂMICA E MODELAGEM DE ENXURRADAS E FLUXOS HIPERCONCENTRADOS

Maitê Bresiani da Silva, Leonardo Romero Monteiro

INTRODUÇÃO

As enxurradas são fenômenos hidrodinâmicos abruptos que diferem das inundações graduais pelo rápido aumento de volume e velocidade, reduzindo o tempo de reação e ampliando seu poder destrutivo. Caracterizam-se pela capacidade de causar erosão e transportar sedimentos em grande quantidade, evoluindo para fluxos hiperconcentrados com significativo impacto socioambiental, especialmente em regiões como Santa Catarina, frequentemente afetadas por esses eventos.

Diante desse problema, o trabalho tem como objetivo a compreensão das enxurradas e fluxos hiperconcentrados e modelagem desses fenômenos com base na análise de sua hidrodinâmica. A metodologia adotada compreende: uma revisão bibliográfica para compreensão do fenômeno; simulações computacionais no HEC-RAS; e experimentos físicos em modelo reduzido, para validação prática.

DESENVOLVIMENTO

Inicialmente, realizou-se uma revisão bibliográfica utilizando palavras-chave como "enxurrada", "flash flood" e "cabeça d'água" em bases acadêmicas (SciELO, Scopus, Web of Science) e institucionais, complementada por consulta a normativas como o COBRADE. A pesquisa priorizou estudos focados em parâmetros hidrológicos como tempo de resposta, vazão e declividade, excluindo inundações graduais, o que permitiu sistematizar definições fundamentais a partir de fontes-chave como Sene (2013) e Collischonn e Kobiyama (2019).

Paralelamente, desenvolveram-se simulações computacionais no HEC-RAS para modelagem hidrodinâmica, validadas inicialmente mediante casos-base documentados (como rupturas de barragens) e subsequentemente aplicadas a eventos reais com incorporação de parâmetros como geometria de canal.

Na etapa experimental, utilizou-se um modelo físico reduzido composto por tanque cilíndrico (600 mm diâmetro × 500 mm altura) com capacidade para 70,7 litros de água, conectado a calha metálica de 3 metros através de tubulação de PVC. Para superar limitações de turbulência, foi desenvolvido um novo sistema de saída com estrutura em impressão 3D, atuando como adaptador na saída do tanque e reduzindo significativamente a turbulência indesejada. Durante essa fase, foi necessário aprender conceitos básicos de impressão 3D, como o funcionamento das impressoras, os materiais necessários e o uso de softwares de fatiamento.

Para aquisição de dados, implementou-se um protocolo padronizado: após preenchimento do tanque, a liberação do fluxo era controlada por comporta regulável. O monitoramento empregou duas câmeras de alta definição (60 FPS) posicionadas lateral e superiormente, acompanhando a frente de escoamento sobre calha com malha quadriculada de referência conforme **Figura 1**.

RESULTADOS

A revisão bibliográfica confirmou a complexidade e variabilidade local das enxurradas, identificando suas características fundamentais: resposta hidrológica rápida, associação com chuvas intensamente localizadas e maior capacidade de transporte de

sedimentos. A pesquisa enfrentou dificuldades importantes, especialmente na fase de revisão bibliográfica devido à escassez de trabalhos com caracterizações detalhadas e parâmetros quantitativos específicos sobre enxurradas, exigindo criteriosa triagem e análise das fontes disponíveis. Adicionalmente, o uso inicial do *software* HEC-RAS apresentou desafios técnicos, demandando não apenas familiarização com a interface, mas também calibração precisa de parâmetros para representar adequadamente a complexidade dos fenômenos estudados. Esses obstáculos foram superados mediante consulta à documentação técnica, capacitação específica e simulações de validação.

Os experimentos em modelo reduzido produziram dados quantitativos essenciais para sanar parte dessas lacunas. A análise mediante processamento digital de imagens permitiu calcular velocidades de escoamento (entre 2,4 m/s e 6,0 m/s) e alturas de fluxo (variando de 5 mm a 12 mm) conforme a **Tabela 1**, valores consistentes com a literatura especializada que caracteriza enxurradas como fenômenos de alta energia. A variabilidade observada nos parâmetros reflete a natureza dinâmica desses eventos, validando a eficácia do modelo experimental desenvolvido.

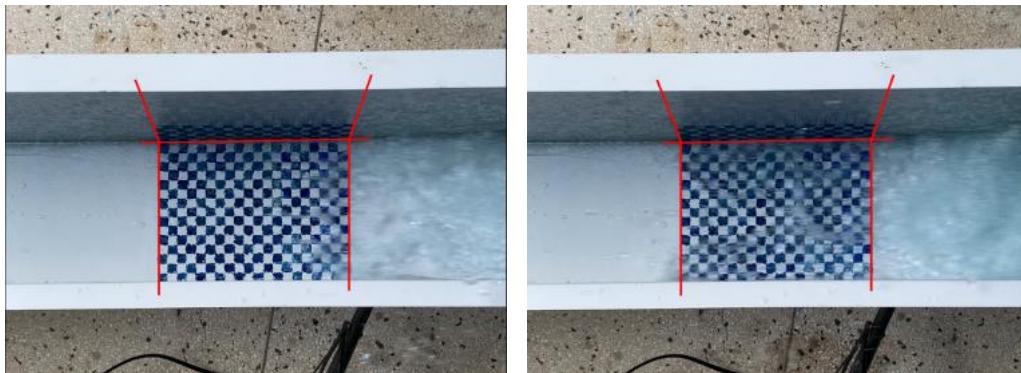
CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa gerou contribuições relevantes para a compreensão das enxurradas através da integração entre teoria, modelagem e experimentação, fornecendo parâmetros concretos para o aprimoramento de sistemas de alerta e estratégias de mitigação de desastres. Os resultados obtidos estabelecem bases sólidas para investigações futuras que possam abordar questões críticas identificadas, particularmente no que concerne aos mecanismos de transporte de sedimentos e aos efeitos da viscosidade dinâmica durante eventos extremos.

Palavras-chave: enxurradas, flash floods, modelo físico reduzido, hidrodinâmica, fluxos hiperconcentrados.

ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Coleta de Dados da Frente de Escoamento



Fonte: Próprios autores.

Tabela 1: Medição de Frente de Escoamento

Experimento	Intervalo de Tempo (s)	Distância (mm)	Velocidade (m/s)	Altura da Frente (mm)
1	0,033	200	6,0	5
2	0,042	200	4,8	10
3	0,083	200	2,4	7
4	0,050	200	4,0	12

Fonte: Próprios autores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Atualização da Codificação Brasileira de Desastres - COBRADE**. Brasília, 2016.
- COLLISCHONN, Walter; KOBIYAMA, Masato. A hidrologia da cabeça d'água (1). **Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (23.: Foz do Iguaçu, 2019). Anais [recurso eletrônico]**. Porto Alegre: ABRH, 2019, 2019.
- SENE, Kevin. **Flash floods: forecasting and warning**. Springer Science & Business Media, 2012.

DADOS CADASTRAIS

BOLSISTA: Maitê Bresiani da Silva.

MODALIDADE DE BOLSA: PROBIC/UDESC (IC).

VIGÊNCIA: 09/2024 a 07/2025 – Total: 11 meses.

ORIENTADOR(A): Leonardo Romero Monteiro.

CENTRO DE ENSINO: CCT.

DEPARTAMENTO: Departamento de lotação do orientador(a)

ÁREAS DE CONHECIMENTO: Engenharias/ Engenharia Civil.

TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA: Estudo da Concepção, Dinâmica e Modelagem de Enxurradas e Fluxos Hipercioncentrados.

Nº PROTOCOLO DO PROJETO DE PESQUISA: NPP4209-2023.