

DA TRADIÇÃO À INOVAÇÃO: A REVOLUÇÃO DA MODELAÇÃO FÍSICA E CFD NA ENGENHARIA HIDRÁULICA

Lourenço SASSETTI MENDES¹, António MURALHA², José MELO³, Elsa ALVES⁴, Teresa VISEU⁵

1. LNEC, Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, Portugal, lmendes@lnec.pt

2. LNEC, Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, Portugal, amuralha@lnec.pt

3. LNEC, Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, Portugal, jfmelo@lnec.pt

4. LNEC, Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, Portugal, evalves@lnec.pt

5. LNEC, Av. do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, Portugal, tviseu@lnec.pt

RESUMO

O núcleo de Recursos Hídricos e Estruturas Hidráulicas do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) modernizou o procedimento de avaliação do desempenho de estruturas hidráulicas. A nova metodologia, denominada modelação integrada, combina modelação física avançada e modelação numérica tridimensional (CFD — *computational fluid dynamics*).

O LNEC é reconhecido internacionalmente pelos 70 anos de experiência na modelação física de estruturas hidráulicas, contando com mais de 140 estudos, maioritariamente relacionados com barragens. Apesar dos efeitos de escala, desafios experimentais e custos elevados de construção e operação, a modelação física continua a ser a ferramenta de referência para validar projetos onde o escoamento é complexo, como: descarregadores de cheias, bacias de dissipação, tomadas de água, circuitos hidráulicos, e também grandes obras de drenagem.

Nas últimas duas décadas, a aplicação de CFD a estruturas hidráulicas tem ganho relevância, devido aos consideráveis avanços tecnológicos. A modelação numérica tridimensional CFD permite avaliar múltiplas soluções com ganhos de tempo e custos, e também obter dados de escoamento em todo o domínio, ao contrário das medições experimentais. No entanto, a aplicação de CFD a estruturas hidráulicas enfrenta desafios como a complexidade geométrica e a grande dimensão das estruturas, a vasta gama de escalas espaciais e temporais, os escoamentos de alta velocidade, a turbulência, a mistura com ar e a dinâmica das fronteiras do escoamento (transporte sólido e erosão/deposição associadas). Além disso, exige malhas computacionalmente eficientes, conhecimentos aprofundados de mecânica dos fluidos e métodos numéricos, bem como acesso a supercomputadores. A calibração e validação com dados experimentais ou protótipos são basilares, razão pela qual a CFD ainda não é prática corrente na engenharia de estruturas hidráulicas e continua a ser um tópico de investigação.

Nos últimos 10 anos, o LNEC tem integrado modelação física e CFD, utilizando diversos programas para cálculo, nomeadamente OpenFOAM, Flow-3D e, mais recentemente, Ansys Fluent, recorrendo também a centros de computação de alto desempenho. Paralelamente, novos materiais e processos são utilizados na construção dos modelos físicos, tornando-os mais precisos, rigorosos e rápidos de construir, além de mais sustentáveis.

Esta apresentação descreve os avanços alcançados, exemplificando com diversos casos de estudo de grandes infraestruturas hidráulicas, nomeadamente em barragens e sistemas de drenagem. Será ainda apresentada a nova metodologia integrada, que permite ganhos significativos de eficiência, demonstrando que a combinação da CFD com a modelação física é essencial para os casos mais complexos.

Palavras-Chave: Estruturas hidráulicas; CFD (*computational fluid dynamics*); Modelação física; Modelação integrada; Otimização