

MODELOS PARA ESTUDO DO COMPORTAMENTO DAS BARRAGENS DE BETÃO

Os estudos de barragens no LNEC

1 – Os estudos de barragens no LNEC iniciaram-se praticamente com a criação deste Laboratório, no final da década de quarenta.

Nessa época, estavam em curso em Portugal, tal como em outros países europeus, grandes programas de construção de obras públicas, nomeadamente de irrigação, abastecimento de água e produção de eletricidade. Assim, o LNEC foi chamado a participar, juntamente com outras entidades públicas e privadas, em estudos para grandes barragens integradas nestes projetos.

O envolvimento do LNEC nesses estudos de barragens desenvolveu-se rapidamente, o que levou à criação, alguns anos depois, do “Departamento de Barragens”, especialmente vocacionado para estas obras, que hoje se ocupa essencialmente de estudos para grandes barragens de betão, relativos designadamente: à caracterização das propriedades estruturais do corpo destas obras e dos maciços rochosos das suas fundações, bem como das principais ações que atuam sobre elas; ao estudo do comportamento das barragens, por intermédio de modelos; e ao controlo do comportamento das obras em construção e exploração.

2 – O estudo do comportamento das barragens com vista à avaliação das suas condições de segurança e de funcionalidade é, na realidade, indispensável – quer nas fases de elaboração dos projetos e de construção das obras (para dimensionamento e otimização das soluções estruturais), quer após a construção, durante o primeiro enchimento das albufeiras e ao longo da sua exploração, e mesmo em casos de abandono e demolição de barragens (para o controlo das condições de segurança das obras).

A avaliação do comportamento das obras é feita com base em critérios, estabelecidos de acordo com a experiência acumulada sobre a construção e utilização de obras semelhantes, para os cenários de risco mais importantes evidenciados por essa experiência. Estes cenários são geralmente classificados nos dois tipos seguintes:

- Cenários correntes ou de incidente, representativos das situações que ocorrem normalmente, de forma continuada, ao longo da construção e exploração das obras e para os quais a funcionalidade das obras não deve ser afetada; e
- Cenários de rotura ou de acidente, representativos de situações anómalas (tais como a degradação dos materiais do corpo da obra ou da sua fundação) ou ocorrências excepcionais (tais como ondas ou sismos excepcionais), para os quais as obras devem ter capacidade para evitar acidentes, embora sofrendo eventualmente deterioração.

Os estudos de modelos

3 – Os estudos de simulação dos diferentes cenários são efetuados por intermédio de modelos, os quais se apoiam num conjunto de hipóteses relativas: às características estruturais (geométricas e físico-químicas, em especial sobre a estrutura e comportamento dos materiais), às ações, às ligações exteriores e às condições iniciais.

Em alguns modelos é representada uma sequência de obras com diferentes características estruturais e/ou diferentes ações (tais como a sequência da construção, modelos em que se representa a variável tempo, alterações resultantes de comportamentos não - lineares); em outros casos são analisados conjuntamente o modelo das ações (representando o comportamento térmico, hidráulico, etc.) e o modelo da resposta da estrutura a essa ação, tendo em consideração a interação que por vezes se verifica entre estes dois modelos.

4 – Na análise dos modelos de barragens têm sido utilizados métodos experimentais (em geral modelos físicos tridimensionais) e/ou modelos matemáticos (utilizando técnicas numéricas de elementos finitos, diferenças finitas e elementos discretos).

Nesta análise são em regra definidas as ações e as propriedades estruturais, obtendo-se as repostas das estruturas:

- Para o modelo das ações, expressas nas variáveis que descrevem a ação em causa (temperaturas, pressões, velocidades da água, etc.), bem como nas forças e deslocamentos impostos que lhes estão associados; e
- Para o modelo estrutural, expressas em deslocamentos, deformações e tensões, bem como nas eventuais consequências estruturais destas grandezas (instabilidade, fendilhação, escorregamento, etc.).

No caso de modelos matemáticos, para análise do comportamento de obras construídas, a análise dos modelos é por vezes efetuada de forma inversa, definindo as ações e as repostas estruturais (observadas nas obras) e avaliando as correspondentes características estruturais.

A experiência do LNEC

5 - O LNEC tem uma grande experiência de estudos de modelos de barragens, acumulada ao longo de cerca de cinquenta anos, podendo distinguir-se essencialmente as três fases seguintes:

- A primeira fase, que decorreu desde a criação do LNEC até ao final da década de sessenta, em que foram principalmente utilizados métodos experimentais no estudo dos cenários, correntes e de rotura, mais frequentes nas barragens. Estudos destes tipos foram efetuados para um grande número de obras, construídas em Portugal e em muitos outros países.
- A segunda fase, que se iniciou na década de sessenta, acompanhando o extraordinário progresso dos métodos numéricos e da informática, na qual foram desenvolvidos e

utilizados métodos matemáticos (principalmente de elementos finitos), primeiro para estudo de cenários correntes e, depois, para estudo de cenários de rotura, com comportamentos estáticos e dinâmicos. Nesta fase foram aplicados simultaneamente, em muitos estudos de modelos, métodos experimentais e matemáticos, o que permitiu uma verificação sistemática da fiabilidade dos métodos de análise.

- A terceira fase, que se acentuou a partir da década e oitenta, em que se reduziu consideravelmente a utilização de métodos experimentais, em especial no estudo de cenários correntes, e se desenvolveram métodos bastante potentes (de elementos finitos e elementos discretos) para estudo de modelos complexos (modelos mistos, modelos para estudo de cenários de rotura com comportamentos estáticos e dinâmicos complexos, etc.). Nesta fase os modelos matemáticos para cenários correntes foram sistematicamente aplicados ao estudo de obras em observação, o que permitiu uma avaliação da fiabilidade destes modelos em relação ao comportamento das obras.