

ENSAIO NA MESA SÍSMICA DE UM MODELO FÍSICO DE UMA BARRAGEM ABÓBADA

Gomes, J.P.¹

¹ Departamento de Barragens de Betão, Laboratório Nacional de Engenharia Civil



RESUMO

O dimensionamento de barragens, de acordo com a regulamentação portuguesa, engloba a verificação da segurança da obra para diversos cenários de rotura. Nesta comunicação, apresenta-se o estudo experimental do comportamento dinâmico até à rotura de um modelo de uma barragem abóbada com representação da albufeira. Os resultados experimentais serão comparados com os obtidos a partir de modelações matemáticas devidamente calibradas.

1- INTRODUÇÃO

A avaliação da segurança de barragens de betão quando sujeitas a acções sísmicas intensas é já efectuada actualmente recorrendo a modelos numéricos. Estes modelos, apesar de envolverem alguma complexidade, foram elaborados recorrendo a algumas simplificações, nomeadamente na simulação: do comportamento do material quando sujeito a acções dinâmicas intensas; do comportamento adoptado para as interfaces entre os diferentes tipos material; da interacção da água da albufeira com a estrutura; da própria acção sísmica, etc. A escolha das hipóteses simplificativas a utilizar na elaboração de um modelo numérico deverá ser posteriormente comprovada através da comparação com situações reais ou com resultados provenientes de ensaios experimentais efectuados em laboratório sob modelos físicos. Esta comparação pode validar ou em muitos casos apontar para novas linhas de investigação na modelação matemática. Assim, a utilização de métodos experimentais para vali-

dar os modelos matemáticos utilizados no estudo de cenários de rotura é hoje, claramente, uma prioridade.

Com este objectivo foi desenvolvido um modelo reduzido de uma barragem abóbada portuguesa, localizada numa região sísmica, representando-se não só a estrutura de betão mas também a albufeira. Este modelo foi ensaiado até à rotura na mesa sísmica triaxial do LNEC, por aplicação de acelerogramas crescentes representativos das acções sísmicas a que a barragem pode estar sujeita.

2- BARRAGEM

A escolha da barragem a estudar estava condicionada pelas características da mesa sísmica. Esta, tal como a generalidade das mesas sísmicas existentes, são normalmente projectadas para ensaiar modelos de edifícios que correspondem a escalas pequenas (até um máximo de 1/10). Com esta condicionante e sabendo que as barragens com maior risco sísmico

têm dimensões estruturais apreciáveis, foi necessário assumir um compromisso entre estas duas vertentes antagónicas. Assim, foi adoptada uma barragem abóbada portuguesa com as seguintes características (fig. 1):

- Comprimento no coroamento.....150 m
- Altura máxima acima da fundação.41 m
- Espessura mínima no coroamento....5 m

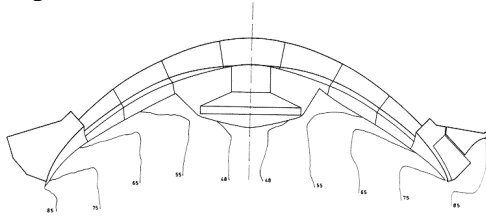


Fig. 1 – Planta da barragem abóbada

3- MODELO FÍSICO

Foi construído um modelo físico da barragem à escala geométrica de 1/40, para ser ensaiado na mesa sísmica tri-axial do LNEC (fig. 2). Foram representadas no modelo as juntas de contracção existentes no protótipo. Estas discontinuidades condicionam fortemente a resposta dinâmica da barragem quando sujeita a acções sísmicas intensas, pelo que é de extrema importância a sua representação no modelo. Na construção da barragem, foi utilizada uma argamassa “pesada” (constituída por areia de ilminite, cimento, cal hidráulica, pó de calcário, diatomite e água) e a albufeira foi simulada com recurso a água. A albufeira estende-se por um comprimento de cerca de 3 vezes a altura máxima da abóbada.

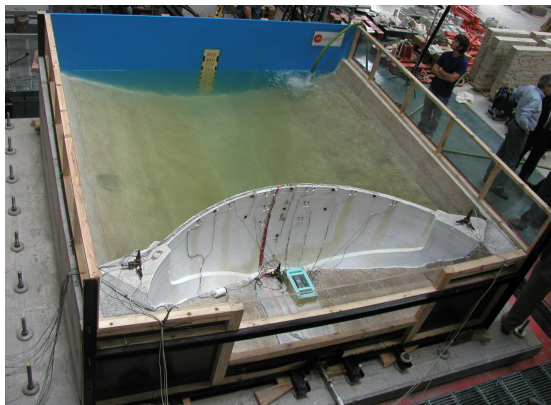


Fig. 2 – Modelo físico colocado na mesa sísmica.

O peso total do modelo sem água é de aproximadamente 20 ton e com água cerca de 25 ton.

4- ENSAIO

O modelo foi ensaiado para dois cenários, um primeiro considerando a albufeira vazia e posteriormente com o nível de água a 5,0 m do coroamento (a que corresponde 12,5 cm no modelo).

A metodologia de ensaio foi baseada na aplicação de acelerogramas de intensidade crescente, caracterizadores da sismicidade local. Assim, foi gerado um acelerograma base, com 0,13g de valor de pico e com uma duração de 32s no protótipo. Foi necessário escalar este registo para o modelo o que originou um acelerograma com o mesmo valor de pico e uma duração de cerca de 5,0 s (fig. 3).

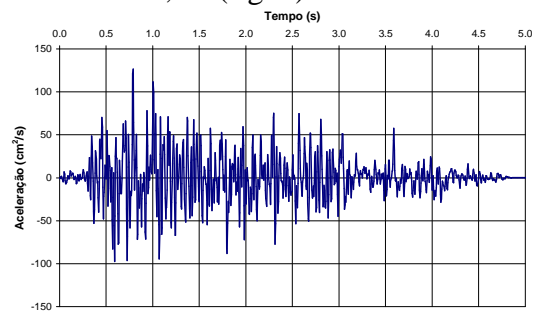


Fig. 3 – Acelerograma base

O modelo foi instrumentado com 16 extensómetros eléctricos, 18 acelerómetros e 22 pontos de medição de deslocamentos (Fig. 4). Os deslocamentos foram medidos com o recurso a um sistema de medição sem contacto por infra-vermelhos (aparelhagem Krypton).

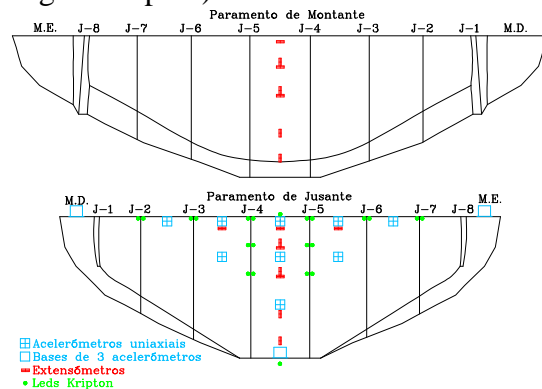


Fig. 4 – Plano de colocação

5- RESULTADOS

Os resultados experimentais confirmam o bom desempenho estrutural de barragens abóbadas quando solicitadas por um sismo. No caso da albufera vazia, aplicou-se uma acção dinâmica de 1,5 vezes o sismo base sem que ocorresse qualquer tipo de fissuração no corpo da barragem.

Na situação em que se considerou a albufera cheia, foi aplicada uma acção dinâmica máxima de 7,0 vezes o sismo base, valor para o qual se pode considerar a barragem em colapso. No entanto, as primeiras fissuras ocorreram para uma amplificação de 2 do sismo base (figs. 5 a 7).

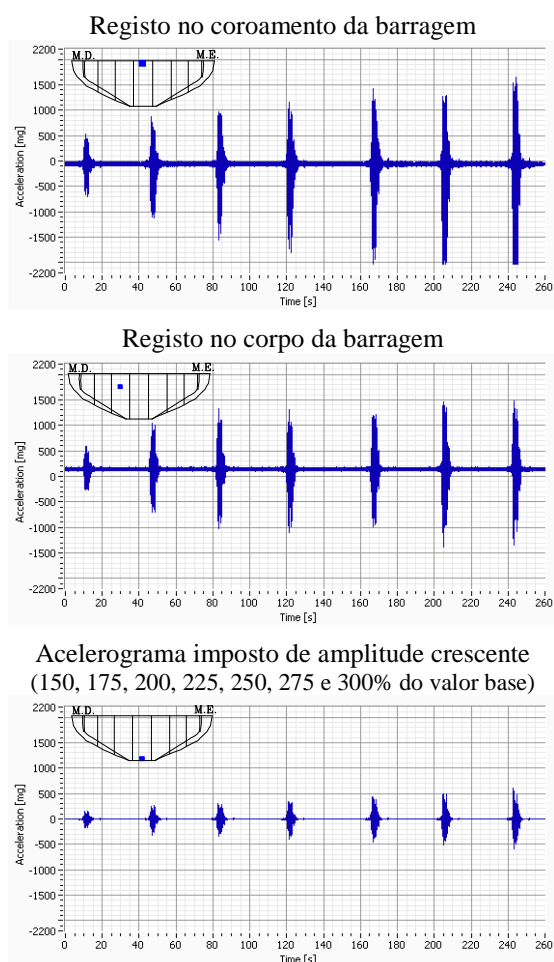


Fig. 5 – Registos de acelerações no ensaio com albufera cheia



Fig. 6 – Vista de montante do modelo após a rotura.



Fig. 7 – Vista de jusante do modelo após a rotura.

6- CONCLUSÕES

Este trabalho, está inserido numa linha de investigação do LNEC, que engloba o estudo do comportamento de barragens de betão para cenários de rotura, recorrendo à conjugação de métodos experimentais com métodos matemáticos. Dentro desta filosofia, foi desenvolvido e ensaiado um modelo físico de uma barragem abóbada com albufera, para um cenário de rotura por ocorrência de um sismo.

Os resultados experimentais ainda estão a ser analisados, mas paralelamente está a ser desenvolvido um modelo matemático a ser analisado pelo programa 3DEC que utiliza o método dos blocos. Os resultados do ensaio vão servir para calibrar o modelo matemático, e também poderão apontar para novas necessidades que serão supridas no próximo ensaio que se prevê desenvolver brevemente.

Este estudo está inserido no projecto da FCT PTDC/ECM/70810/2006 "Avaliação da segurança sísmica de barragens de betão através de modelos experimentais e numéricos".