



1

A observação e a gestão do risco no vale a jusante na verificação da segurança e da funcionalidade em aproveitamentos hidráulicos

António Tavares de Castro | Investigador do LNEC, Departamento de Barragens de Betão
João Marcelino | Investigador do LNEC, Departamento de Geotecnia
Maria Teresa Viseu | Investigadora do LNEC, Departamento de Hidráulica e Ambiente

Nas sociedades atuais, a gestão dos recursos hídricos é fundamental para um desenvolvimento económico e social sustentável, garantindo água para o abastecimento humano, a irrigação e a produção de energia elétrica. Neste contexto, a construção de barragens é um aspeto incontornável. Naturalmente, as barragens podem, também, servir outros propósitos, como a mitigação de cheias ou a produção piscícola, e até terem fins recreativos.

A

construção de barragens, principalmente no caso de estruturas de maior dimensão, tem naturalmente impactes. Para além dos impactes nos ecossistemas e na economia, um eventual colapso que leve à libertação repentina da água da albufeira pode originar acidentes catastróficos no vale a jusante, com perdas de vidas humanas, significativos prejuízos económicos e sociais e danos ambientais de difícil recuperação. No entanto, a experiência na exploração de barragens em todo o mundo mostra que, com adequados cuidados no projeto, na construção e no controlo de segurança, a probabilidade de ocorrência de acidentes graves é muito diminuta.

Neste sentido, na generalidade dos países desenvolvidos existe regulamentação que obriga a que sejam garantidas condições de segurança ao longo da vida das barragens. Em Portugal, o Regulamento de Segurança de Barragens (RSB), publicado no Decreto-Lei n.º 344/2007, de 15 de outubro, e um conjunto de normas, de projeto, de construção e de observação e inspeção de barragens, aplicam-se às barragens de altura máxima superior a 15 m e a todas as que, embora tenham uma altura menor, formem uma albufeira com um volume superior a 100 000 m³.

O RSB classifica as barragens em função dos danos potenciais associados ao cenário de acidente mais desfavorável, define as principais competências das entidades envolvidas, designadamente o Dono de Obra, a Autoridade Nacional de Segurança de Barragens – atualmente exercida pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA), o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) e a Autoridade Nacional de Proteção Civil (ANPC)¹ – e refere os documentos e os procedimentos que suportam o controlo de segurança das obras ao longo de toda a sua vida, bem como as medidas de proteção civil associadas ao planeamento de emergências. As normas incluem um conjunto de recomendações técnicas relativas a requisitos e atividades relacionados com a segurança das barragens nas fases de projeto, construção, exploração e, em alguns casos, de abandono.

A segurança das barragens é entendida como a sua *capacidade para satisfazer as exigências de comportamento relativas a aspetos estruturais, hidráulico-operacionais e ambientais, de modo a evitar a ocorrência de acidentes e incidentes ou minorar as suas consequências* (RSB). Neste sentido, o controlo de segurança visa a prevenção e a deteção atempada de fenómenos que podem levar à ocorrência de acidentes ou incidentes que afetem a segurança ou a funcionalidade das obras, de modo a permitir a tomada de medidas que evitem ou atenuem os seus efeitos.

O controlo de segurança das barragens baseia-se na comparação do comportamento observado, caracterizado através da leitura de um conjunto de instrumentos definido no respetivo plano de observação – documento que integra o projeto das obras de maior importância – com previsões estabelecidas através de diversos tipos de modelos representativos desse comportamento, tendo em consideração resultados de ensaios de caracterização das propriedades dos materiais efetivamente utilizados na construção das obras.

O plano de observação, elaborado no âmbito do projeto, com base nos principais cenários de risco associados à obra, é o principal documento que integra todas estas atividades. Nele são definidas as grandezas a monitorizar e os instrumentos utilizados, a frequência de leitura desses instrumentos, bem como outras atividades essenciais, como, por exemplo, as inspeções visuais. De uma forma geral, são colocados instrumentos para a observação das principais ações – nível da água na albufeira e ações ambientais, em particular as variações de temperatura do ar e da água e a precipitação e, no caso das obras mais importantes, a ação sísmica – e respostas da estrutura que permitem caracterizar o seu comportamento e as suas condições de segurança – deslocamentos de pontos da barragem e da fundação, tensões e deformações nos materiais, movimentos de junta, variações de temperatura, caudais e pressões relacionadas com o escoamento na fundação, etc.. Nas obras de maior dimensão e com maiores riscos associados devem ainda ser implementados sistemas automáticos para a recolha, transmissão e arquivo de dados e resultados da observação.

Exemplos da contribuição da observação nas intervenções em barragens

Barragem de Valtorno-Mourão

A barragem de Valtorno-Mourão (fig. 1), no concelho de Vila Flor, cria uma albufeira com um volume total de 1,12x10⁹ m³, tendo como objetivo o abastecimento público, em especial no período de estiagem, são muito gravosos. No decorrer do primeiro enchimento, a interpretação dos resultados das observações permitiu concluir que a barragem não apresentava, do ponto de vista hidráulico, o comportamento esperado, quer no que respeita aos caudais percolados, quer no que respeita às pressões medidas em alguns piezómetros. Apesar de se reconhecer que de imediato não havia questões de segurança, isto é, a barragem não estava em perigo, foi decidido interromper o primeiro enchimento da albufeira, proceder ao diagnóstico das deficiências e tomar decisões em função das conclusões resultantes. Verificou-se que, a manter-se o comportamento da barragem, a sua exploração não seria economicamente sustentável, uma vez que se perderia por escoamento através da fundação, num ano, um volume correspondente a cerca de 60% da capacidade de armazenamento. Isto é, numa situação de seca não se disporia de água em quantidade suficiente para o abastecimento.

Dada a importância para o abastecimento da água já acumulada na albufeira, foi decidido manter a exploração da obra até ao final do período de estiagem, quando as necessárias reparações podiam ser realizadas com o mínimo desperdício de água. As atividades de observação e inspeção foram reforçadas, permitindo conhecer, de forma detalhada, as condições de funcionamento e de segurança da barragem.

No final da estiagem, efetuou-se o reforço do tratamento de impermeabilização e, atualmente, de acordo com os dados da observação, a barragem exibe um comportamento considerado adequado.

Barragem do Alto Ceira

A barragem do Alto Ceira, construída no rio Ceira, no concelho da Pampilhosa da Serra, em 1949-1950, era constituída por uma abóbada de betão, muito delgada, apoiada em dois encontros gravidade. Tinha uma altura máxima de cerca de 33 m, formava uma albufeira com um volume de 1,2x10⁶ m³ e estava fundada num maciço de xisto. A barragem permitia desviar a água do rio Ceira, através de um túnel, para a albufeira de Santa Luzia, a partir da qual é turbinada em toda a cascata do rio Zêzere.

Desde o início da sua exploração foram detetados comportamentos anómalos, nomeadamente o aparecimento de fendilhação no betão. Inicialmente, a barragem dispunha de um sistema de observação diminuto, baseado fundamentalmente na medição de deslocamentos de pontos do paramento de jusante através de métodos geodésicos. Nos anos 80 do século passado, foi decidido reforçar o sistema de observação, que passou a incluir uma rede de nivelamento no coroamento, um fio-de-prumo direito num dos blocos centrais, um conjunto de extensómetros de varas para a medição de deslocamentos ao longo da superfície de inserção na fundação, bases de alongâmetro para a medição de deslocamentos relativos entre blocos e um conjunto de drenos e piezómetros para a observação do comportamento hidráulico da fundação.

A observação da barragem ao longo dos anos mostrou que o seu comportamento estrutural se caracterizava por uma evolução contínua dos deslocamentos para montante e para cima, com taxas crescentes, e pelo aparecimento de fendilhação significativa. Com base nestes resultados, foram efetuados diversos estudos, incluindo ensaios do betão e a realização de simulações em modelos matemáticos, através dos quais foi diagnosticado um processo de degradação do betão devido à existência de reações álcali-silica entre os seus componentes.



2



3

1 | Barragem de Valtorno-Mourão no início do primeiro enchimento.

2 | Barragem do Alto Ceira II durante o primeiro enchimento, com a antiga barragem ao fundo.

3 | Cheia induzida pela operação de uma barragem.

Conhecida a razão das anomalias, um acompanhamento contínuo do comportamento da obra permitiu aumentar o período de exploração da obra em cerca de uma década, período durante o qual foram analisadas todas as opções possíveis, nomeadamente o abandono da barragem, a sua reparação ou a sua substituição por uma nova estrutura. Uma vez que era uma opção economicamente viável e sem impactes significativos na exploração do empreendimento, foi decidido abandonar a barragem existente e construir imediatamente a jusante uma nova barragem, denominada Alto Ceira II, que está atualmente a entrar em exploração (fig. 2).

Gestão do risco nos vales a jusante

Para além da importância inegável que os aspetos relacionados com a segurança estrutural das barragens e com a operacionalidade dos órgãos de descarga merecem, também a mitigação do risco e

o planeamento de emergência nos vales a jusante têm vindo a ser, reconhecidamente, considerados como áreas de importância vital (fig. 3). Com efeito, tal como em todas as obras de engenharia civil, apesar de todos os cuidados no controlo de segurança para diminuir a probabilidade de ocorrência de acidentes e incidentes, é impossível assegurar que o risco associado à exploração das barragens seja nulo. No entanto, é possível minimizar o número de vítimas a jusante através da preparação de uma resposta, rápida e eficaz, às situações de emergência.

No caso específico das barragens, a mitigação do risco passa por um planeamento de emergência que tenha em conta não só as características da própria barragem como também as especificidades do vale a jusante, podendo ser definida como uma ação combinada que consiste na implementação de:

- *procedimentos de prevenção* para reduzir a probabilidade de ocorrência de um acidente;
- *procedimentos de preparação* para, em caso de acidente, reduzir o número de perdas de vidas e o volume de danos materiais e ambientais.

Os *procedimentos de prevenção* incluem medidas estruturais e não estruturais que reduzem a probabilidade de ocorrência de um acidente. Constituem exemplos de medidas estruturais, a manutenção da barragem, o seu reforço estrutural (ou reabilitação) ou ainda o aumento da capacidade de vazão dos descarregadores. Constituem exemplos de medidas não estruturais, as que permitem a deteção, em tempo útil, de eventos perigosos ou de anomalias no comportamento da barragem. No contexto da gestão do risco em barragens, a prevenção é, assim, realizada essencialmente no âmbito do controlo de segurança.

É possível, igualmente, mitigar o risco investindo na *preparação*, através da implementação de medidas não estruturais que reduzam os danos produzidos pela cheia induzida e que são, tradicionalmente, classificadas em dois grandes grupos:

- as que permitem a comunicação das ocorrências excecionais e das circunstâncias anómalas aos agentes envolvidos no planeamento de emergência e ainda as ações de preparação de respostas adequadas à situação;
- as que controlam a progressiva ocupação das zonas de risco em áreas inundáveis, ou seja, que reduzem a tendência para a ocupação dos leitos de cheia com edificações fixas.

A implementação de sistemas de aviso e alerta e a elaboração de planos de emergência são exemplos do primeiro grupo de medidas. Constituem exemplos do segundo grupo: a preparação de mapas de zonamento de risco, bem como o planeamento e o ordenamento do uso do território no vale a jusante. Estes últimos são concretizados através da prática de uma política de ocupação dos solos consistente com os níveis de risco e apoiada por um sistema legislativo que impeça a construção nas zonas de maior risco e que implemente regras objetivas na definição de prémios de seguro que penalizem a localização de edificações nestas áreas ■

NOTAS

1. A Autoridade é responsável por promover e fiscalizar o cumprimento do RSB; o Dono de Obra é responsável pela obra perante a Autoridade; o LNEC atua como consultor da Autoridade, em particular nas obras de maior risco; a ANPC é responsável pelas ações de proteção civil, incluindo a emissão de parecer sobre planos de emergência.