

SEGURANÇA DE BARRAGENS - ONDAS DE INUNDAÇÃO APLICAÇÃO DA LEGISLAÇÃO PORTUGUESA

Vítor RIBEIRO ⁽¹⁾

RESUMO

Na presente comunicação são abordados aspectos gerais da aplicação da legislação portuguesa sobre segurança de barragens, desenvolvendo-se considerações mais específicas no que se refere à realização dos estudos das ondas de inundação.

Discutem-se aspectos como a aplicação da legislação a barragens em projecto e em serviço, a fase do projecto em que devem ser realizados, que critérios gerais devem adoptar e que desenvolvimento devem assumir os estudos das ondas de inundação, a realização do cadastro dos vales a jusante, a avaliação de perdas de vidas humanas e de prejuízos materiais e a elaboração de sistemas de aviso e alerta e de planos de emergência.

Abordam-se brevemente os critérios a adoptar na definição dos cenários de ruptura, envolvendo nomeadamente as situações de existência de barragens em cascata, e no estabelecimento dos limites do estudo das ondas de inundação, bem como a forma e pormenor da apresentação dos respectivos resultados.

Conclui-se expressando a ideia da necessidade de orientações/"guidelines" que definam com maior clareza os procedimentos a seguir na aplicação da regulamentação de segurança e que uniformizem os critérios a utilizar, reforçando-se a premência do envolvimento activo e dialogante dos diversos intervenientes no processo de avaliação da segurança dos vales a jusante de barragens que possa contribuir para uma mais equilibrada repartição dos custos entre os donos de obra e a comunidade em geral, garantindo a correcta aplicação da regulamentação de segurança de barragens.

Palavras-chave: regulamentação de segurança de barragens, ondas de inundação, critérios, "guidelines"

⁽¹⁾ Engenheiro Civil (FEUP), HIDRORUMO - Projecto e Gestão, Grupo EDP

1 - INTRODUÇÃO

A regulamentação portuguesa de segurança de barragens é constituída basicamente por quatro documentos:

- O Regulamento de Segurança de Barragens (RSB), decreto-lei nº 11/90 de 6 de Janeiro de 1990;
- As Normas de Projecto de Barragens (NPB), portaria nº 846/93, de 10 de Setembro de 1993;
- As Normas de Observação e Inspeção de Barragens (NOIB), portaria nº 847/93, de 10 de Setembro de 1993;
- O Regulamento de Pequenas Barragens (RPB), decreto-lei nº 409/93 de 14 de Dezembro de 1993.

O RSB é aplicável “a todas as barragens de altura superior a 15m, medida desde a parte mais baixa da superfície geral das fundações até ao coroamento”, e àquelas com “altura inferior a 15m cuja albufeira tenha uma capacidade superior a 100 000 m³”. Poderão ainda ser sujeitas às disposições nele contidas “outras barragens, desde que, (...), a entidade competente verifique a existência de risco potencial elevado ou significativo”.

O RPB é aplicável às barragens que não se encontrem abrangidas pelo RSB.

As NPB estabelecem princípios e critérios gerais a ter em conta no projecto de novas barragens com características que as incluam no âmbito de aplicação do RSB.

O risco potencial, definido no RSB como a “quantificação das consequências de um acidente, independentemente da probabilidade da sua ocorrência”, é um factor decisivo para a fixação do período de retorno da cheia de projecto (NPB).

Quanto a estruturas já construídas, o RSB estabelece o prazo de cinco anos para a sua aplicação a barragens em exploração ou em estado de abandono. Essa aplicação envolve “a avaliação das condições actuais de cada obra, dos pontos de vista do risco potencial, segurança e funcionalidade das obras e dos equipamentos”.

A necessidade de avaliação do risco potencial de barragens em serviço acarreta a realização de um conjunto de acções envolvendo a Autoridade (INAG), o LNEC, um delegado do dono da obra e eventualmente consultores especializados, as quais incluem a elaboração de estudos de ondas de inundação produzidas por acidentes nas barragens, incluindo a sua ruptura.

O RSB define onda de inundação como “onda de cheia resultante de um acidente, que pode provocar vítimas e prejuízos económicos e afectar o ambiente”.

A aplicação do RSB, no ponto de vista da segurança a jusante das barragens e no que respeita ao efectivo cumprimento dos seus objectivos, levanta uma série de questões que se podem sintetizar nos seguintes aspectos [ALMEIDA (1996)]:

- como executar,

- como apresentar,
- como cumprir bem,
- como tornar útil e eficiente,
- como melhorar efectivamente a segurança a jusante.

No presente texto apresentam-se algumas reflexões sugeridas pela análise e aplicação da legislação, em particular do RSB e das NPB, no que respeita à avaliação de riscos potenciais em geral e aos estudos das ondas de inundação em particular.

Com base numa breve discussão de alguns aspectos associados a estes últimos estudos, nomeadamente no que diz respeito à fixação dos respectivos pressupostos, às metodologias utilizadas e à apresentação dos resultados, justifica-se a necessidade de elaboração de “guidelines” orientadoras para a sua realização.

2 - APLICAÇÃO DA LEGISLAÇÃO

2.1 - Barragem em projecto - barragem em serviço

No que respeita à constituição do projecto de uma barragem, o RSB estabelece a necessidade de realização do “estudo dos riscos potenciais induzidos pelo aproveitamento, que deverá ser elaborado tendo em vista a definição dos critérios de dimensionamento e servir de base ao planeamento de medidas de protecção civil, nos casos aplicáveis” (Artº 12º - e).

As NPB referem que os estudos hidrológicos devem basear-se num conjunto de informação que incluirá a “avaliação das áreas inundáveis e do tempo de propagação das cheias provocadas por cenários de ruptura da barragem” (Artº 6º - 4a).

O estudo de ondas de inundação assume objectivos distintos quando se refere a barragens em fase de projecto ou em serviço.

No que respeita ao projecto de uma nova barragem, a sua realização é direccionada, numa primeira fase, para a definição dos critérios de dimensionamento da estrutura e, numa fase mais adiantada, deverá constituir um elemento de base para o planeamento de medidas de protecção civil e para a gestão dos vales a jusante.

De facto, é com base na avaliação do grau de risco potencial associado à barragem, na sua altura e no seu tipo estrutural que se estabelece o período de retorno da cheia de projecto, a partir do quadro contido no Anexo I das NPB, tarefa que deverá ser desenvolvida a par com os estudos hidrológicos.

Por outro lado, é necessário elaborar cartas de risco contendo a informação em que se irá basear o planeamento de acções de prevenção e protecção de pessoas e bens em caso de acidente na barragem, o que deverá ter em conta toda a informação relativa à estrutura projectada e à ocupação do vale a jusante.

Relativamente a barragens em serviço, para além do objectivo associado à componente de planeamento de medidas de protecção civil e gestão do risco dos vales a jusante, assume particular importância a avaliação dos riscos potenciais associados à estrutura tendo em vista

a definição da eventual necessidade de reavaliação da cheia de projecto dos órgãos de descarga e, se for esse o caso, o estudo do aumento da sua capacidade e da sua adequação ao preceituado regulamentarmente.

2.2 - Estudo das ondas de inundação: fase do projecto / extensão do estudo

Conforme referido no ponto anterior, o RSB considera parte constituinte do projecto o “estudo dos riscos potenciais induzidos ...” (Artº 12º - e). Note-se que se entende por projecto “o conjunto de documentos que permitem a definição e o dimensionamento da obra e o esclarecimento das suas condições de execução e de exploração”.

Nas NPB estabelece-se que nas peças do projecto serão incluídos os “cálculos da onda de cheia para determinação das áreas inundáveis no caso de ruptura da barragem” (Artº 14º - c), entendendo-se, aqui, que o projecto “é constituído por peças escritas e desenhadas e outros elementos de estudo, (...), que contenham a definição final, o dimensionamento definitivo, (...), de maneira a poder iniciar-se a construção da obra”, situando-se entre as fases de anteprojecto e de projecto de execução.

Não fica, assim, completamente clara a fase dos estudos conducentes à construção de uma barragem em que deve ser apresentado o estudo das ondas de inundação nem que desenvolvimento este deverá assumir.

Numa perspectiva de avaliação de riscos potenciais, tendo em vista a definição do período de retorno a adoptar para a cheia de projecto, o estudo das ondas de inundação deverá ser realizado ou, pelo menos, começar a ser encarado, logo nas primeiras fases dos estudos conducentes à construção de uma barragem.

De facto, no artigo 12º das NPB é referida a necessidade de, ao nível do estudo prévio, se definirem os critérios gerais de dimensionamento, o que pressupõe a realização de uma classificação em termos de risco potencial.

Deverá, assim, dispor-se, já ao nível do estudo prévio, no mínimo de uma avaliação preliminar dos riscos induzidos pela barragem, realizada com base em métodos mais ou menos expeditos. Esta análise poderá ser baseada na estimativa dos caudais produzidos por uma eventual ruptura da estrutura através de fórmulas e métodos empíricos, e numa avaliação de níveis com base em metodologias simplificadas [RAJAR (1973), SOIL CONSERVATION SERVICE (1985), WETMORE e FREAD (1984) e FREAD (1987)].

Já a realização do estudo das ondas de inundação e a apresentação dos seus resultados numa perspectiva de zonamento de áreas inundáveis a jusante para efeitos de ordenamento e gestão do território e planeamento de medidas de protecção civil - realização de mapas de inundação / cartas de risco - poderá surgir nas fases de projecto ou mesmo projecto de execução.

Tal estudo deverá recorrer a metodologias de análise com recurso a modelos numéricos completos, adequados à simulação do tipo de escoamento em causa e às características morfológicas dos vales simulados (modelos uni-dimensionais e/ou bi-dimensionais) e com capacidade de simulação de escoamentos transcíticos. Em situações muito especiais em que

existam condições locais complexas, em que a utilização de modelos bi-dimensionais se revele insuficiente, poderá justificar-se a realização de estudos em modelo físico

2.3 - Avaliação de perdas de vidas humanas e de prejuízos materiais

Na fase de projecto há necessidade de avaliar o risco potencial associado à barragem o que implica a necessidade de “quantificar” as consequências de um acidente, nomeadamente em termos de perdas de vidas humanas e de bens materiais (RSB, Artº 3º - ff).

Com os elementos resultantes do cadastro, que conterà informação sobre a “ocupação agrícola e industrial a montante da barragem e a jusante” (NPB, Artº 57º - 2c), “deve ser feita a avaliação dos prejuízos materiais e da eventual perda de vidas humanas, avaliação essa que permitirá calcular o risco potencial que a barragem representa” (NPB, Artº 58º - 2).

Apesar de a regulamentação referir a necessidade de quantificar os potenciais prejuízos, a graduação do risco potencial é feita de uma forma qualitativa.

No que se refere a perdas de vidas humanas consideram-se três possibilidades: ausência de perdas, algumas perdas e número apreciável de perdas. Relativamente a prejuízos materiais associam-se três níveis: custos reduzidos, relativamente importantes e altos.

Esta classificação torna a fixação do critério de dimensionamento dependente do bom senso e da sensibilidade do projectista, particularmente a dois níveis:

- ao nível da avaliação das perdas de vidas humanas e dos prejuízos materiais a definir em face do resultado dos estudos das ondas de inundação;
- ao nível da interpretação dos conceitos de “algumas” ou de “número apreciável” de vidas humanas, e de custos “reduzidos”, “relativamente importantes” e “altos”.

No que respeita ao primeiro nível podem utilizar-se critérios que permitem a realização de estimativas do número de vidas em risco e de outras perdas, por exemplo, em função das alturas de água, das velocidades de escoamento calculadas e do tempo disponível para aviso [ALMEIDA e VISEU (1996), USBR (1988) e PLATE (1996)], em bases que possibilitam alguma uniformização.

Já no que se refere aos conceitos inerentes ao segundo nível de avaliação o aspecto eminentemente qualitativo da decisão é incontornável.

2.4 - Cadastro do vale a jusante

A tarefa de realização do cadastro do vale a jusante de cada barragem (Artº 57º das NPB) envolve custos elevados, o que pode colocar diversas questões quanto à sua extensão, à responsabilidade da sua realização e a quem deve suportar os seus custos.

Um plano de ordenamento do território deveria conter informação actualizada de ocupação dos vales tendo em vista uma gestão e planeamento eficazes. É frequente a considerável desactualização dos elementos disponíveis no que se refere a edificações, a vias de comunicação e a outro tipo de equipamentos, nomeadamente ao nível dos municípios

ribeirinhos. Será lícito exigir ao dono de uma barragem a execução (actualização na maior parte dos casos) de informação que não é do seu interesse exclusivo?

No caso de barragens em cascata pertencentes a donos de obra diferentes pode colocar-se a questão de quem deve responsabilizar-se pelo cadastro, ou melhor, como devem ser divididos os custos do cadastro do vale a jusante.

O cadastro dos vales associado à definição de zonas de risco relativamente não só a cheias catastróficas como a cheias naturais deveria estar inserido no âmbito de um planeamento mais vasto, de toda a bacia hidrográfica, em que deveriam estar envolvidas, nomeadamente, as autarquias ribeirinhas e os serviços de protecção civil.

Numa primeira análise não parece ser exigível a um dono de obra, em termos de caracterização da ocupação do território, mais do que o que existe ao nível das entidades responsáveis pela gestão desse território (autarquias, DRARN's, etc.). Independentemente da falta de actualização e de compatibilidade de que muitas vezes este tipo de informação enferma, deve referir-se a frequente dificuldade encontrada na sua obtenção junto das referidas entidades e o elevado custo da sua aquisição e tratamento.

Em qualquer caso, deverá recorrer-se à mais recente informação topográfica sobre ocupação do território, disponível nas diversas autarquias atravessadas pelos cursos de água, para determinar as estruturas económicas e sociais afectadas pelos cenários de acidente estudados.

Tendo em conta o interesse para a comunidade que este tipo de estudos encerra, não seria de considerar, nomeadamente em termos de custos, uma partilha por parte das diversas entidades interessadas do esforço de actualização e compatibilização da informação existente e, mesmo, da realização do cadastro em zonas críticas ou com cobertura insuficiente?

2.5 - Sistemas de aviso e alerta e planos de emergência

O RSB, no seu artigo 5º refere que compete à Autoridade (INAG) e ao Serviço Nacional de Protecção Civil (SNPC) definir “os casos em que são necessários o planeamento de emergência e a criação de sistemas de aviso e alerta”.

O artigo 44º do mesmo regulamento indica claramente que “o plano de emergência, (...), será elaborado com intervenção directa do centro operacional de protecção civil distrital e do dono da obra”, estabelecendo o artigo 45º que “os encargos com os sistemas de aviso e alerta (...) pertencem ao dono da obra”.

Sugerindo incompatibilidade com o prescrito no artigo 5º do RSB, as NPB preconizam que “os estudos hidrológicos devem ser completados com” o “estudo de sistemas de aviso e de previsão de cheias em tempo real” (Artº 6º - 4b), não havendo qualquer referência à competência da Autoridade e do SNPC patente no RSB.

Semelhante dissidência com o RSB pode ser encontrada nos seguintes artigos das NPB: Artigo 14º, Peças do projecto - “Os elementos a apresentar na fase do projecto” incluem “o estudo do sistema de aviso e alerta”; Artigo 58º, Área inundável em caso de ruptura - “Devem

ser indicadas e assinaladas as zonas de segurança, os seus acessos, um sistema de aviso e alerta a instalar na zona e o plano de evacuação da área inundável”.

O RSB sugere uma abordagem sequencial que pressupõe a realização do estudo das ondas de inundação e da conseqüente avaliação dos riscos potenciais, numa primeira fase, seguindo-se a sua análise pelo INAG e pelo SNPC e a definição, por parte destas entidades, da eventual necessidade do planeamento de emergência e o estudo e implementação dos sistemas de aviso e alerta. Essa abordagem não é mantida nas NPB.

3 - ONDAS DE INUNDAÇÃO

Tendo em conta alguns aspectos focados nos pontos anteriores assim como o debate sobre este assunto proporcionado pela Jornada Técnica organizada no âmbito do Projecto NATO PO-FLOODRISK [JORNADA TÉCNICA (1997)], parece ser generalizada a ideia da necessidade da existência de um certo número de orientações/“guidelines” que tendam a uniformizar o tipo e a qualidade dos resultados a esperar dos estudos de ondas de inundação tornado-os, assim, utilizáveis. Tal ideia é também expressa pelo ICOLD [ICOLD (1996)].

Na referida Jornada Técnica foi apresentada pelo autor uma discussão mais alargada sobre alguns aspectos que mereceriam ponderação em termos da elaboração das referidas linhas orientadoras, tendo-se incluído referências às abordagens adoptadas em alguns países estrangeiros relativamente a estes assuntos [RIBEIRO (1997)]. Nos pontos seguintes resumem-se os aspectos mais relevantes aí focados.

3.1 - Cenários de ruptura

A definição do tipo de cenários a considerar fica entregue à sensibilidade e critério do projectista, não havendo, nem no RSB nem nas NPB, qualquer indicação quanto a este aspecto.

De uma forma geral considera-se que é necessário analisar cenários aos quais se associam as condições mais desfavoráveis (catastróficas) no sentido de obter os resultados mais gravosos em termos de inundação do vale a jusante, devendo adoptar-se, também, cenários designados como “correntes”, associados a acidentes de menor impacto (“erros” de exploração, acidentes com comportas,...).

A caracterização da brecha, dimensões e tempo do seu desenvolvimento e formação, é função do tipo de barragem, das suas características construtivas, das suas dimensões e das características da respectiva albufeira e do rio imediatamente a jusante, encontrando-se indicações no sentido da sua definição em diversas fontes bibliográficas [ALMEIDA e FRANCO (1993), ICOLD (1996), FRANCO (1996) e MACDONALD e LANDRIDGE-MONOPOLIS (1984)].

As condições iniciais correspondem às situações em que se admite a ocorrência do acidente/ruptura na barragem. Relacionam-se basicamente com aspectos associados ao regime de exploração da albufeira e com as condições hidrológicas em que ocorre o acidente, ou seja, com valores de caudais e de níveis na albufeira e no vale a jusante. Deverão considerar-se

condições de estiagem e de cheia, preconizando alguns autores o estudo de situações associadas a cheias superiores à de dimensionamento.

A fixação dos parâmetros caracterizadores dos cenários de ruptura deve ser efectuada tendo como base estudos de sensibilidade dos resultados à sua variação em torno de valores plausíveis.

Observa-se que os custos dos estudos aumentam na razão directa do número de cenários de ruptura considerados.

3.1.1 - Barragens em cascata

Relativamente a uma determinada estrutura há que analisar o efeito de rupturas “em dominó” das barragens a jusante quando ocorre ruptura da barragem em estudo. De facto, as NPB referem que o estudo da área inundável em caso de ruptura “deve ter em conta a possível existência de barragens em cascata” (artº 58º - 4).

Em função do tipo de estruturas existentes a jusante da barragem em estudo dever-se-ão considerar diferentes hipóteses: ruptura, galgamento com ou sem ruptura e operação dos órgãos de descarga (enquanto possível), por forma a “minorar” o efeito da onda de cheia.

Chama-se a atenção para o crescimento exponencial do número de cenários de ruptura plausíveis a considerar para as barragens situadas em cursos de água em que existem diversas barragens em cascata (caso por exemplo dos rios Cávado, Douro e Zêzere) e, conseqüentemente, dos custos dos respectivos estudos.

Se o estudo se refere à avaliação do risco potencial associado a uma determinada barragem importa considerar os cenários relativos a acontecimentos que sejam despoletados por acidente nessa mesma barragem e ter em conta as diversas hipóteses no que respeita às barragens a jusante. Se o estudo tem como finalidade a avaliação do risco de uma determinada extensão de um vale interessa considerar todos os cenários plausíveis envolvendo todas as barragens existentes, incluindo as de montante.

A metodologia proposta para as principais barragens do país, que constituem frequentemente importantes cascatas, passa pela avaliação do risco potencial associado a uma barragem de cada vez, partindo de jusante para montante do curso de água, considerando em cada caso todos os cenários considerados plausíveis. Assim, quando estiver terminado o estudo relativo a todas as barragens do curso de água ter-se-á concluída a definição das zonas de risco de todo o vale.

3.2 - Limites dos estudos

Em face da dimensão da barragem, das características da cheia produzida pela sua ruptura, pelas características de amortecimento da mesma que o vale a jusante proporciona à sua propagação, etc., pode não haver justificação para alargar o estudo até à foz do curso de água, no mar, devendo ter-se em conta, para além de outros factores, os valores das seguintes grandezas características da onda de cheia:

- o caudal máximo em cada secção do vale a jusante (velocidade),
- o instante em que a onda “chega” a uma dada secção,
- a velocidade de subida do nível da água.

Assim, a definição do limite do estudo das ondas de inundação deverá ter em conta aspectos diferenciados e basear-se em critérios como:

- a comparação dos caudais de cheias naturais estimados para cada uma das secções do vale a jusante com o caudal máximo correspondente à cheia artificial produzida pela ruptura;
- no caso de barragens localizadas em afluentes deverá ter-se em conta a dimensão relativa dos cursos de água em causa;
- no caso de existirem aproveitamentos a jusante deverão considerar-se as suas características e previsível comportamento em face da ocorrência da onda de cheia;
- existência de importantes aglomerados populacionais no vale a jusante ou de estruturas sócio-económicas estratégicas;
- parâmetro de medida do poder destrutivo da onda (produto da velocidade do escoamento pela altura de água): limite do estudo na secção do vale em que esse parâmetro é inferior a um valor mínimo previamente estabelecido;
- efeito surpresa: a velocidade de subida do nível da água quando a frente de onda atinge determinado local é consideravelmente superior à associada a cheias naturais, podendo a comparação desses valores constituir um critério a adoptar.

3.3 - Apresentação de resultados - mapas de inundação

O RSB refere a necessidade de elaboração do estudo de ondas de inundação a apresentar “no projecto, que incluirá a determinação das alturas de água a atingir nas zonas inundáveis e dos respectivos tempos de chegada, constituindo o mapeamento dessas zonas uma carta de riscos” (Artº 42º - 2).

Nas NPB é referida a necessidade de realização de “cálculos da onda de cheia para determinação das áreas inundáveis no caso de ruptura da barragem” (Artº 14º - c).

Ou seja, a apresentação dos resultados dos estudos de ondas de inundação fica ao critério do consultor que os realiza, envolvendo a decisão sobre diversos aspectos, nomeadamente, a escala das cartas a utilizar, os valores característicos a incluir,...

Encontrando-se o território português totalmente coberto por topografia de base à escala 1:25000 parece inevitável que essa seja a escala base para a apresentação dos mapas de inundação. Apesar da sua excelente qualidade, esta informação revela-se, no entanto, insuficiente quando se procura analisar a afectação de zonas específicas nomeadamente no caso de zonas urbanas, havendo necessidade de recorrer a detalhes sobre cartas a escalas superiores (entre 1:500 e 1:10000).

Dever-se-ão apresentar as linhas de inundação associadas às cotas máximas atingidas em todo o vale estudado e associar-se tabelas às secções consideradas mais significativas contendo:

- distância à barragem,
- instante de chegada da onda,
- cota máxima e respectivo instante de ocorrência,
- caudal máximo e respectivo instante de ocorrência,
- velocidade média máxima e respectivo instante de ocorrência,
- velocidade máxima de variação do nível e respectivo instante de ocorrência.

A apresentação de algumas das grandezas referidas é obrigatória em outros países e/ou aconselhada por diversos autores [RIBEIRO (1997)], sendo passível de inclusão informação adicional como:

- altura máxima,
- velocidade máxima (no eixo do rio e nas margens),
- representação em planta das linhas correspondentes aos níveis atingidos ao fim de meia e uma hora e aos níveis máximos atingidos na área de estudo,
- duração da inundação acima de nível especificado,
- perfis longitudinais da onda de inundação em pelo menos três instantes significativos,
- produtos altura x velocidade,
- risco de colapso de zonas estruturais críticas (p. ex. pontes).

Em estruturas afectadas (edifícios, estradas, etc.) com relevância devem apresentar-se detalhes a escalas superiores que incluam gráficos da evolução do nível no local, com identificação do instante em que se inicia a submersão, do período de tempo em que esta ocorre, da altura máxima atingida sobre um ponto característico, etc.. Em situações especiais em que tal possa contribuir para uma melhor interpretação dos resultados poderá revelar-se útil a apresentação de secções transversais que incluam as estruturas em risco.

4 - CONCLUSÕES

Na primeira parte da comunicação fez-se uma análise e discutiram-se alguns preceitos da regulamentação portuguesa de barragens (particularmente o RSB e as NPB) e na segunda parte abordaram-se brevemente alguns aspectos específicos da realização dos estudos das ondas de inundação.

As considerações apresentadas sugerem, de uma forma generalizada, a necessidade do estabelecimento de procedimentos no sentido de clarificar e uniformizar a aplicação prática da regulamentação de segurança de barragens, eventualmenete sob a forma de orientações/”guidelines” que constituiriam documento complementar dessa regulamentação.

De realçar os elevados custos a que o desenvolvimento adequado do estudo das ondas de inundação pode conduzir, os quais aumentam na razão directa do número de cenários de ruptura considerados. Este aspecto torna-se particularmente saliente quando associado à necessidade de consideração de cenários de ruptura em cascata (que aumenta exponencialmente os cenários a analisar) e se se tiver em atenção a imposição regulamentar da realização do cadastro do vale a jusante por parte do dono da obra.

Assim, afigura-se fundamental a criação das referidas “guidelines”, assim como o aumento do empenhamento no diálogo e reflexão envolvendo as diversas entidades

intervenientes (donos de obra, INAG, SNPC, autarquias ribeirinhas) com o objectivo de tornar a aplicação da legislação “útil e eficiente” e, em última análise, “melhorar efectivamente a segurança a jusante”.

Adicionalmente, e na medida em que estes estudos se constituem em instrumentos imprescindíveis da política de planeamento e ordenamento das margens dos rios ao nível das bacias hidrográficas em que as barragens se inserem, afigura-se pouco equitativo fazer recair os seus elevados custos exclusivamente sobre o dono da obra, pelo que se considera ser necessário estender tal reflexão ao estabelecimento de critérios de repartição equilibrada desses encargos com a própria comunidade.

BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, A. B. - “Segurança a jusante de barragens e a aplicação dos regulamentos de segurança. Projecto NATO PO-FLOODRISK”, Seminário Segurança de Barragens Portuguesas em Serviço, Lisboa, LNEC, 1996.

ALMEIDA, A. B.; FRANCO, A. B. - “A rotura de barragens como causa das cheias induzidas pelo Homem”. Simpósio sobre Catástrofes Naturais, Lisboa, LNEC, 1993.

ALMEIDA, A. B.; VISEU, T. - “Dams and valleys safety. A present and future challenge”. Workshop NATO, Dams and Safety Management at Downstream Valleys, 1996.

FRANCO, A. B. - *Modelação computacional e experimental de escoamentos provocados por roturas em barragens*. Tese submetida para obtenção do grau de Doutor em Eng^a Civil pela Universidade Técnica de Lisboa, 1996.

FREAD, D. L. - “NWS dam breach models for microcomputers”, ASCE Annual Conference of Irrigation and Drainage Division, Portland, Oregon, 1987.

ICOLD - *Dam Break Hazard Analysis*. Draft, 1996.

JORNADA TÉCNICA - Resumos. Risco e gestão de crises em vales a jusante de barragens. Projecto NATO PO-FLOODRISK. LNEC, 6 de Novembro, 1997.

MACDONALD, T. C.; LANDGRIDGE-MONOPOLIS, J. - “Breaching characteristics of dam failures”. *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 110, N^o 5, May, 1984.

PLATE, E.J. - “Flood risk management: a strategy to cope with floods”. Workshop NATO, Dams and Safety Management at Downstream Valleys, 1996.

RAJAR, R. - “Modèle mathématique e abaques sans dimensions pour la détermination de l’écoulement qui suit la rupture d’un barrage”, *Proceedings do 11^o Congresso das Grandes Barragens*, Q40, R 34, Madrid, 1973.

RIBEIRO, V. - “Ondas de inundação. Critérios gerais e apresentação de resultados”, Jornada Técnica, Risco e Gestão de Crises em Vales a Jusante de Barragens, Projecto NATO PO-FLOODRISK, Lisboa, LNEC, 6 de Novembro, 1997.

SOIL CONSERVATION SERVICE - *Simplified dam-breach routing procedure*. Technical release nº 66 (third edition), 1985.

USBR - *Downstream Hazard Classification Guidelines*. United States Department of the Interior, 1988.

WETMORE, J. N.; FREAD, D. L. - “*The NWS simplified dam break flood forecasting model for desk-top and hand-held microcomputers*”, in *The NWS Dambrk model: theoretical background/user documentation*, 1984.