



CATÁSTROFES NATURAIS

UMA ABORDAGEM GLOBAL

IMPRESA DA
UNIVERSIDADE
DE COIMBRA
COIMBRA
UNIVERSITY
PRESS

LUCIANO LOURENÇO
ANTÓNIO VIEIRA
(COORDS.)

RISCOS DE INUNDAÇÃO E SUAS MANIFESTAÇÕES

FLOOD RISK AND ITS MANIFESTATIONS

Francisco da Silva Costa

Departamento de Geografia

CEGOT, Universidade do Minho, Portugal

ORCID: 0000-0001-7041-7811 costafs@geografia.uminho.pt

Sumário: Se a génese e o desenvolvimento de inundações são matérias cientificamente bem conhecidas e modeladas, como justificar a contínua sequência de eventos catastróficos ano após ano? Para além das dinâmicas geográficas e sociais causadoras de maior exposição e vulnerabilidade, o processo físico de inundação é marcado pela difícil previsibilidade. O que é uma inundação? Qual a sua relação com a cheia? As inundações podem ser classificadas pelos fatores e condições que estão na sua origem. A caracterização e classificação das cheias e inundações, do ponto de vista do risco hidrológico, podem ser efetuadas segundo alguns atributos que serão desenvolvidos neste capítulo.

Palavras-chave: Inundação, risco hidrológico, gestão, alterações climáticas.

Abstract: If the origins and development of floods are scientifically well-known and modelled, how can the continuous sequence of catastrophic events, occurring year after year, be explained? In addition to the geographic and social dynamics that cause greater exposure and vulnerability, the physical process of floo-

ding is characterized by difficult predictability. What is a flood? What is its relationship to river flood? Floods can be classified according to the factors and conditions that cause them. Floods can be characterized and classified from the point of view of hydrological risk by means of certain features that are examined in this chapter.

Keywords: Flood, hydrological hazard, management, climate change.

Introdução

Segundo Albrecht Hoffman (2000), o primeiro europeu a tentar explicar as inundações foi Konrad of Megenberg (1309 – 1374), no livro da sua autoria “*The book of nature*”, em que explicava este fenómeno como erupções de águas armazenadas no solo (Mendiondo, 2004). As inundações fazem parte dos vários riscos naturais a que a sociedade contemporânea está exposta (Dias *et al.*, 2014), sendo um dos principais fenómenos responsáveis por perdas humanas, económicas e ambientais no contexto mundial (Schmidt-Thomé *et al.*, 2006). Estas são responsáveis por um terço das perdas económicas como resultado de catástrofes naturais na Europa, sendo o evento mais frequente (EEA *et al.*, 2008).

O risco hidrológico, mais concretamente o risco de inundação, foi sempre muito grande e o homem foi sendo obrigado a tomar as suas precauções (Carmo *et al.*, 2011). O conhecimento atual sobre os processos pelos quais ocorre a inundação de áreas que não estão normalmente cobertas por água está relativamente bem consolidado e aprofundado (Santos, 2015). Estes processos são eminentemente naturais podendo, contudo, verificar-se a ação de fatores condicionantes ou desencadeantes de origem humana.

Segundo The International Disaster Database – Centre for Research on the Epidemiology of Disaster (CRED), um fenómeno ou processo natural pode redundar em catástrofe se provocar uma das seguintes situações: (i) 10 ou mais pessoas mortas, (ii) 100 ou mais pessoas afetadas (no imediato), (iii) pedido de ajuda interna-

cional, (iv) declaração do estado de emergência (Below, Wirtz e Guha-Sapir, 2009). Aplicando este critério, verifica-se que, em Portugal (continente e ilhas), entre 1960 e 2010, as cheias e inundações foram a catástrofe mais frequente, com 35% do total das catástrofes naturais ocorridas no país; foram a segunda que mais pessoas afetou e a segunda mais mortífera (Ramos, 2013).

Cheias e inundações: discussão conceitual

Cheia e inundação

A água da hidrosfera da Terra é caracterizada por uma mobilidade extremamente alta e praticamente contínua nas fronteiras entre a terra seca e as massas de água, resultando em inundações temporárias (WHO, 2013). Do ponto de vista hidrológico, verifica-se a ocorrência de uma cheia quando a bacia hidrográfica é sujeita a uma alimentação de água de tal forma intensa e prolongada que o caudal que daí advém e que aflui à rede hidrográfica excede a capacidade normal de transporte ao longo desta rede (Portela, 2008a; Saraiva e Carvalho, 2009). Lencastre e Franco (1984) identificam-na como um fenómeno consequente da ocorrência de precipitação que dá origem a escorrência superficial direta e que se traduz num hidrograma de cheia. Segundo Portela (2008a) as cheias “*correspondem alturas máximas do escoamento que se propagam para jusante*”. Seguindo esta linha de pensamento, Ramos (2005) reconhece as cheias como “*fenómenos hidrológicos excepcionais devidos à dinâmica fluvial, resultantes do carácter aleatório do ciclo natural de qualquer rio*” (Saraiva e Carvalho, 2009).

O U. S. Army Corps of Engineers (1965) refere-a como inundação temporária de terrenos que, não sendo usualmente cobertos por água, são utilizados ou utilizáveis pelo homem (Santos, 1983). De acordo com a Federal Emergency Management Agency (FEMA, 1998), cheia pode ser definida como “*uma condição geral e temporária de inundação completa ou parcial de uma área superior a 20 acres (cerca de*

8092 m²) de terreno habitualmente seco, ou mais de uma propriedade, como resultado do transbordar de águas interiores ou de maré, ou ainda pela acumulação rápida e incomum de água superficial de qualquer origem, lama ou colapso de terras ao longo da costa, de uma superfície de água, como consequência de erosão ou destruição pelas ondas ou pela corrente cuja intensidade seja superior aos níveis cíclicos [...]”.

Numa perspetiva geográfica, podemos assumir as cheias como fenómenos hidrológicos excepcionais, temporários e de frequência variável provocados por fatores conducentes ao aumento do caudal e respetiva subida das águas (Rodrigues, 2017) e que podem ser transbordantes ou não (Loup, 1974).

O conceito restrito de cheia é preconizado por V. T. Chow (1956) como um “fluxo elevado [...], de um curso de água” associado a um fenómeno hidrológico excecional de frequência variável, natural ou induzido pela ação humana (WMO, 2012). Do ponto de vista hidrológico, trata-se de um evento tridimensional, caracterizado pela magnitude, duração e frequência; sendo binário, isto é, influenciado por fatores climáticos e fisiográficos (FEMA, 1998). Uma cheia ocorre quando a bacia hidrográfica é sujeita a uma alimentação de água de tal forma intensa e prolongada que o caudal que daí advém e que aflui à rede hidrográfica excede a capacidade normal de transporte ao longo desta rede, extravasando-a e alagando (inundação) os campos marginais (Portela, 2008).

Numa primeira abordagem, a cheia consiste na subida da altura de um curso de água relativamente ao seu leito natural (Julião *et al.*, 2009; Santos, 2015). O Glossário Internacional de Hidrologia (2012) define cheia como “uma subida, geralmente rápida, do nível de um curso de água até um máximo a partir do qual desce em geral mais lentamente” (WMO, 2012; Borges, 2013).

As cheias são aquilo a que os anglófonos chamam de um hazard (flood hazard) (Rebelo, 2003). O rio apresenta-se com caudais muito elevados que o seu leito ordinário não pode conter. Transborda e ocupa, então, total ou parcialmente, o espaço quase plano que foi construindo ao longo dos tempos com sucessivos transbordos. Ocupa o seu leito maior, também dito leito de cheia ou leito de inundação (Rebelo, 2003).

Esta diferenciação na definição de conceitos é, aliás, reforçada por vários autores (Saraiva e Carvalho, 2009). Strahler (1975) afirma ocorrer uma cheia quando a descarga de um rio não pode ser contida dentro das margens do seu canal normal,

menor ou ordinário, e a água passa a ocupar os terrenos adjacentes. Rocha (1995) associa cheia “à ocorrência de um valor muito elevado de caudal num curso de água, resultante da ocorrência de precipitação intensa” e que, apenas quando existe transbordo do leito normal ocorre inundação. Almeida (2006) explica que uma cheia natural consiste no escoamento de água muito intenso em consequência da ocorrência de causas naturais, provocando extravasamento e inundações, com cobertura temporária de uma área por água. Lima e Faísca (1992) definem cheia como a inundação temporária sobre terrenos adjacentes, afetando o uso do solo e a normalidade da atividade humana.

Em linguagem corrente e para o comum das pessoas, cheia está associada ao galgamento das margens de um rio (Saraiva e Carvalho, 2009), com submersão e consequente inundação da planície fluvial (Carmo, 1996; Zêzere, Pereira e Morgado, 2005; Ramos, 2013). Esta noção aparece ainda frequentemente associada a danos físicos e a elevados prejuízos materiais.

Ao conceito de cheia surge associado o conceito de inundação. Todavia, não podemos aferir que todas as cheias provocam inundações, do mesmo modo que nem todas as inundações são devidas a cheias. Muito embora sejam utilizados como sinónimos, não o são: uma inundação ocorre sempre que há submersão de uma área que, usualmente, se encontra emersa (Rodrigues, 2017). Uma inundação não é necessariamente provocada por uma cheia, apesar de alguns autores, Ramos (2013) e Strahler (1975), considerarem que uma cheia origina, invariavelmente, uma inundação.

Como referimos as inundações fazem parte do ciclo hidrológico natural da Terra. O ciclo hidrológico tem situações de desequilíbrio, enviando mais água para uma área que normalmente pode manipular. O resultado é uma inundação (Santos, 2015) entendida como um evento, igualmente hidrológico, de frequência variável, natural ou induzido pela ação humana, que compreende a submersão de uma área usualmente emersa (Julião *et al.*, 2009; Oliveira, 2015; Bard *et al.*, 2010; Santos, 2015; Gonçalves 2012), além de seus limites normais (GUKNI, 2010; Doswell, 2003; Mandych, 2010; Wirasinghe *et al.*, 2013) e especialmente sobre o que normalmente é terra seca (in: <http://oxforddictionaries.com/>).

O fenómeno da inundação, amplamente associado ao aumento dos níveis de água e ao transbordo direto (Ollero Ojeda, 2014; Below e Guha-Sapir, 2009) DGS-

CGC, 2016; Montoroi, 2013) é controlado por uma combinação de processos discretos que operam à escala local, da bacia hidrográfica (Benito e Hudson, 2010) e caracterizada tanto pelo seu fluxo de ponta, como pelo hidrograma de fluxo (DEFRA, 2015; Vos F *et al.*, 2010). Estatisticamente, os fluxos irão igualar ou exceder a inundação anual média a cada 2,33 anos (Leopold *et al.*, 1964; Benito, G. e Hudson, 2010).

O significado da inundação aparece também no contexto da percepção. Inundação é comumente definida como um transbordo de água em terras que são usadas ou são usáveis pelo homem, e normalmente não são cobertos pela água (Mandych, 2010).

A inundação é resultado de chuvas fortes ou contínuas que excedem a capacidade de absorção do solo e a capacidade de fluxo de rios, ribeiros e áreas costeiras. Isso faz com que um curso de água transborde suas margens para terras adjacentes. As planícies aluviais são, em geral, aquelas terras mais sujeitas a inundações recorrentes, situadas adjacentes a rios e ribeiros. As várzeas são, portanto, "*propensas a inundações*" e são perigosas para atividades de desenvolvimento se a vulnerabilidade dessas atividades exceder um nível aceitável (OAS, 1991).

Salomon (1997) equaciona a cheia *versus* inundação tendo em conta que inundação deve ser entendida como "*fenómeno ocasional que pode alagar vastas áreas do leito de inundação ou da planície aluvial, na sequência de uma cheia particularmente importante e do consequente transbordar das águas*". O Dicionário Internacional de Hidrologia (2012) reforça a ideia da "*submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água ou acumulação de água proveniente de drenagens, em zonas que normalmente não se encontram submersas*".

"*As cheias e inundações são processos que podem ser potencialmente perigosos, dependendo da magnitude atingida, da velocidade com que progridem e da frequência com que ocorrem*" (Oliveira, 2015; Ramos 2013). O US Geological Survey (USGS) enfatiza a causa ou ameaça de danos que a inundação pode provocar. Neste mesmo sentido o Centro Asiático de Preparação para Catástrofes (2005) considera a catástrofe como um acontecimento prejudicial que afeta negativamente populações e o ambiente. Em algumas situações, no entanto, são também um processo natural importante e servem a uma ampla gama de funções para pessoas e ecossistemas (APFM, 2007). O estudo das inundações é útil para avaliar os efeitos na saúde, os

danos nas infraestruturas e os custos financeiros que podem causar (APFM, 2006). Jonkman e Kelman (2005) incluem na definição de inundação a presença de água em áreas geralmente secas que perturba ou interfere significativamente na atividade humana e social (WHO, 2010).

Segundo a Diretiva Comunitária 2007/60/CE relativa à avaliação e gestão dos riscos de inundações (DAGRI), a inundação é definida como a “cobertura temporária por água de uma terra normalmente não coberta por água”, onde se “incluem as cheias ocasionadas pelos rios, pelas torrentes de montanha e pelos cursos de água efêmeros mediterrâneos, e as inundações ocasionadas pelo mar nas zonas costeiras” podendo-se “excluir as inundações com origem em redes de esgoto (n.º 1, art.º 2)”. Neste sentido, as inundações a considerar no âmbito da DAGRI são aquelas que pelos seus efeitos negativos podem provocar a perda de vidas, a deslocação de populações, danos no ambiente e no património cultural, ser prejudiciais para a saúde humana, comprometer o desenvolvimento económico e prejudicar todas as atividades da Comunidade (Santos, 2015a; APA, 2018; Portela, 2008; Julião *et al.*, 2009; Dias *et al.*, 2014; Saraiva e Carvalho, 2009).

A Diretiva 2007/60/CE (UE, 2007) opta por uma uniformização do conceito à escala europeia. Apesar de se considerarem vários tipos de processos causadores de inundação como sejam as “cheias de origem fluvial, cheias repentinas, inundações urbanas e inundações marítimas em zonas costeiras” (cf. n.º 10), o restante documento opta unicamente pelo termo “inundação” para se referir aos efeitos da ocorrência de cada um desses processos: “riscos de inundações”, “cenários de inundações” e “impactos negativos das inundações”, por exemplo (Santos, 2015a).

A adoção do termo “inundação” como aglutinador da diversidade de processos de génese de áreas inundadas está também patente no Decreto-Lei n.º 115, de 22 de outubro, que transpõe a Diretiva 2007/60/CE para o direito Português (Santos, 2015a; ANPC, 2016; Julião *et al.*, 2009). Neste documento a inundação compreende a “cobertura temporária por água de uma parcela do terreno fora do leito normal, resultante de cheias provocadas por fenómenos naturais como a precipitação, incrementando o caudal dos rios, torrentes de montanha e cursos de água efêmeros correspondendo estas a cheias fluviais, ou de sobrelevação do nível das águas do mar nas zonas costeiras” (Artigo 2.º). O estado Português, define, assim, inundação, como uma cobertura

temporária de água num local fora do leito “*provocadas por fenómenos naturais como a precipitação*”. A definição de cheia não faz parte deste documento estando implícito enquanto processo físico causador de inundação, sendo, contudo, simplificado para o termo “*inundação*” quando o documento se refere ao seu risco e à respetiva gestão (Santos, 2015).

No contexto da proteção civil, existe também uma clarificação de conceitos. As inundações são tidas como superfícies alagadas, devido a rotura de canalizações ou mau escoamento de águas pluviais, ou um edifício, devido a infiltrações (Saraiva e Carvalho, 2009). De forma abusiva, as cheias estão associadas ao transbordo de linhas de água, que inunda as margens circundantes, devido ao aumento do caudal provocado por excesso de precipitação, por rutura de uma barragem, na sequência de fenómenos de origem sísmica, meteorológicos ou outros (ANPC, 2017). A Autoridade Nacional de Proteção Civil descreve as cheias como fenómenos provocados por precipitações moderadas e permanentes ou repentinas e com uma forte intensidade, este excesso de precipitação origina o aumento do caudal dos cursos de água e o transbordo das margens. Na ficha de suscetibilidade de cheias e inundações apresentada no “*Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica*”, estas são descritas como fenómeno hidrológico excecionais, de frequência variável, natural ou induzido pela ação humana (Julião *et al.*, 2009).

A área afetada – a planície de inundação

A área vulnerável às cheias é, em primeiro lugar o “*leito de cheia*”, uma vez que a inundação tem lugar devido a excesso de precipitação local, à integração de precipitação na bacia de retenção associada ao rio ou a um fenómeno catastrófico a montante (Miranda e Baptista, 2006). Dependendo da magnitude dos fluxos, uma inundação ao não ser contida no leito comum, chamada de leito menor do curso de água, transborda para o leito médio ou intermediário (fig. 1). O leito maior delinea a área de máxima extensão de inundação possível (DGSCGC, 2016).



Fig. 1 - Planície de inundação de um curso de água
(Fonte: Adaptado de Christofolletti (1981) e Strahler (1975)).

Fig. 1 - Flood plain of a watercourse
(Source: Adapted from Christofolletti (1981) and Strahler (1975)).

O leito de inundação pertence ao rio. As obras hidráulicas tentam limitá-lo ao leito ordinário através de diques devidamente calculados para grandes cheias. Mas não se pode negar que aquele espaço pertence ao rio (Rebelo, 2003).

Uma planície de inundação é entendida como uma área de terra que forma um relevo aluvial relativamente plano, adjacente a um rio (Bard *et al.*, 2010) e que está mais ou menos relacionado com o regime de inundação atual (Wolman e Leopold, 1957; Nanson e Croke, 1992; Knighton, 1998; Bridge, 2003). Devido à sua natureza dinâmica, as várzeas e outras áreas propensas a inundações precisam ser examinadas à luz de como elas podem afetar ou ser afetadas pelo desenvolvimento dos processos hidrogeomorfológicos (OMS, 1991).

As várzeas fluviais são formadas pelas planícies de inundação de rios onde o espaço inundável é, normalmente, bem definido e geralmente subdividido em zonas com diferentes frequências de inundação ou com diferentes ambientes biogeomorfológicos (Ollero Ojeda, 2014). As várzeas podem ser vistas sob várias perspectivas diferentes, tais como: topograficamente, são bastante planas e ficam adjacentes a um fluxo; geomorfologicamente, são uma forma de terra composta principalmente por material deposicional inconsolidado, derivado de sedimentos, sendo transportados pelo fluxo relacionado; hidrologicamente, são definidas como uma forma de relevo

sujeito a inundações periódicas por um fluxo maior (OMS, 1991). Os critérios essenciais para definir a planície de inundação devem incluir uma combinação dessas características (Schmudde, 1968).

Em termos gerais, a capacidade de vazão dos cursos de água, sem galgamento, está normalmente associada a caudais fluviais correspondentes a períodos de retorno entre 2 e 4 anos (Rodrigues, 2010), ou seja, para períodos de retorno superiores, há naturalmente lugar à inundação dos campos laterais. A estes campos marginais que são inundados quando se verificam caudais correspondentes a períodos de retorno mais elevados, chamam-se habitualmente “*leitos de cheia*”, “*leitos de inundação*” ou ainda “*leitos maiores*” dos cursos de água.

A Lei da Água – Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro, que transpõe para a ordem jurídica nacional a Directiva n.º 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro (Directiva Quadro da Água), considera vários conceitos importantes no âmbito da hidrologia associada à área de atuação das inundações:

- Leito, como “*o terreno coberto pelas águas, quando não influenciadas por cheias extraordinárias, inundações ou tempestades, nele se incluindo os mouchões, lodeiros e areais nele formados por deposição aluvial, sendo o leito limitado pela linha máxima da preia-mar das águas vivas equinociais, no caso de águas sujeitas à influência das marés*”;
- Margem, como “*a faixa de terreno contígua ou sobranceira à linha que limita o leito das águas com largura legalmente estabelecida*”;
- Zona ameaçada pelas cheias, como “*a área contígua à margem de um curso de água que se estende até à linha alcançada pela cheia com período de retorno de 100 anos ou pela maior cheia conhecida no caso de não existirem dados que permitam identificar a anterior*”.

Segundo o Artigo a-1) da Secção III, do Anexo I do Decreto-Lei nº 166/2008, de 22 de agosto, as zonas adjacentes são áreas contíguas à margem que como tal sejam classificadas por um ato regulamentar, por se encontrarem ameaçadas pelo mar ou pelas cheias. A delimitação das zonas adjacentes é feita desde o limite da margem até uma linha convencional, definida caso a caso no diploma de classificação, que corresponde à linha alcançada pela maior cheia, com período de retorno de 100 anos, ou à maior cheia conhecida, no caso de não ser possível identificar a anterior (Rodrigues, 2010).

No Decreto-Lei n.º 115/2010, de 22 de outubro, o leito normal é “*o terreno ocupado pelas águas com o caudal que resulta da média dos caudais máximos instantâneos anuais, sendo que no caso de águas sujeitas à influência das marés corresponde à zona atingida pela máxima preia-mar das águas vivas equinociais*”.

Os riscos hidrológicos

O risco é definido de forma genérica como a probabilidade de ocorrência de um processo ou ação potencialmente perigoso(a) e a estimativa das respetivas consequências (ou perdas danosas) sobre as pessoas (morte, ferimentos), os seus bens (meios de produção, interrupções nas atividades económicas) e o ambiente (impactes ambientais) (UNISDR, 2004, ISO 31010, 2009).

Os fenómenos naturais excecionais não se traduzem necessariamente em risco para os indivíduos e sistemas sociais. Só o são quando a sua manifestação ameaça a normalidade de uma qualquer coletividade ou dos recursos que valoriza. As inundações são disso exemplo, uma vez que nem sempre se assumem como risco (Saraiva e Carvalho, 2009). Na terminologia de risco e, portanto, numa perspetiva humana, devemos considerar o processo de formação das inundações potencialmente perigoso, já que pode causar danos a uma comunidade, suas atividades ou ao ambiente.

Especificamente, que aspetos das inundações são perigosos para os seres humanos e sua atividade? Os cinco parâmetros mais importantes são: a velocidade da água; a sua profundidade; a carga sólida, ou seja, os materiais transportados; a dimensão da área alagada e a duração da inundação. Os dois primeiros são determinantes para a segurança das pessoas, considerando em geral que há perigo de queda e afogamento quando a corrente excede uma velocidade de 1 m/s ou a profundidade de um metro. Considera-se também que existe perigo para edifícios e estruturas se a altura das águas for maior que 3,6 m, ou a corrente tiver uma velocidade maior que 6 m/s (Ollero Ojeda, 2014). Os dois últimos aspetos determinam especialmente a extensão e a severidade das perdas económicas.

Os cinco parâmetros indicados dependem da origem da inundação, das características geomorfológicas do curso de água, da seção fluvial, do caudal e da rapidez de propagação da corrente. Outro aspeto a considerar é a época do ano e a hora do dia em que ocorre, dada a possibilidade de que haja maior ou menor número de atividades económicas em funcionamento.

Os riscos hidrológicos abrangem os riscos que decorrem do excesso de água à superfície terrestre, comportando três subtipos: de cheia, de inundação e de alagamento (Siqueira, 2015). O risco de cheia manifesta-se através do aumento rápido do caudal fluvial, normalmente em resultado de precipitações intensas. O risco de inundação é a consequência de duas componentes: por um lado, o processo associado ao transbordo da água, que pode sair de seu leito de fluxo usual, e por outra parte, as vulnerabilidades, que resultam do homem se instalar no espaço aluvial para implantar todos os tipos de construções, equipamentos e atividades. Por sua vez, o risco de alagamento traduz-se, como o de inundação, por uma acumulação de água em áreas aplanadas da superfície terrestre, mas ao contrário daquele, não resulta de qualquer transbordo, mas sim direta e exclusivamente da precipitação, em virtude de dificuldades de escoamento superficial e de infiltração, por saturação dos solos e das rochas.

O risco de inundação no quadro da teoria cindínica

De um modo simplista, o risco de inundação, implica a análise integrada de dois conjuntos de fatores, os ligados à dinâmica do meio, ou seja, aos processos morfogenéticos e os ligados à diferente vulnerabilidade das populações e dos seus bens e haveres, decorrente não só das características demográficas, mas sobretudo do seu nível socioeconómico, do seu modo de organização política ou do seu estatuto social e cultural (Saraiva e Carvalho, 2009; Cunha e Dimuccio, 2001). Para haver risco, deve haver pessoas e atividade humana. Se não houver seres humanos, não haverá risco, mas apenas processos naturais. Na perspetiva da gestão integrada do risco de inundação, para que haja risco e poder avaliá-lo, devemos contar com os seguintes elementos (WMO, 2016; Ollero Ojeda, 2014):

- Perigo, entendido como uma situação de desregulação do sistema que torna perceptível e desencadeia toda uma série de reações de defesa (Faugères, 1990) correspondendo ao desencadear da manifestação da crise (Lourença e Amaro, 2018);
- Severidade da manifestação, em que cada fenómeno ou processo é medido em termos de suscetibilidade e de probabilidade de ocorrência, bem como de intensidade, a qual, no caso da inundação, depende muito da velocidade da água;
- Vulnerabilidade territorial, que integra a:
 - Exposição, ou seja, a provisão de um conjunto de bens (exposição económica) e de pessoas (exposição social) que podem ser danificadas. É medida pela quantificação do número de pessoas e de bens expostos à manifestação do risco;
 - Sensibilidade ou Fragilidade, isto é, por um lado a fragilidade ou a resistência dos elementos físicos expostos, e por outra parte, o grau de preparação da sociedade para lidar com o risco;
 - Capacidade, entendida como “*a combinação de todas as forças e recursos disponíveis dentro de uma comunidade, na sociedade ou numa organização que possam ser utilizados para atingir os objetivos*” (UNISDR, 2009) da redução do risco a que uma sociedade e os seus bens estão expostos, o que tem a ver com a *capacidade de antecipação* ou, no caso de uma eventual manifestação, diz respeito à redução dos danos que por ela possam ser causados e que se consegue através de uma *capacidade de resposta* eficaz. Este é um sem dúvida um aspeto chave e que normalmente não é tido em conta nas análises de risco.

Devemos também considerar aqui um terceiro fator, o tempo, ao longo do qual os fatores anteriores podem variar. O risco de inundação é assim estudado do ponto de vista das ciências cindínicas, quantificado e cartografado com base na análise dos seus fatores de risco: processos e vulnerabilidades.

O cálculo do risco de inundações está bastante estabilizado na literatura, consistindo no produto entre a consequência da inundação e a sua probabilidade de

ocorrência (UNISDR, 2004, Meyer *et al.*, 2009c, Gouldby and Samuels, 2005). Segundo Almeida (2007), Cunha e Dimuccio (2001) e Rebelo (1999), o risco de inundação pode ser definido do seguinte modo: Risco = (probabilidade da cadeia de acontecimentos desde a origem até ao impacto) x (consequências de impacto da inundação).

A probabilidade reflete a frequência que um evento com uma determinada magnitude ocorre. Quando se avalia o risco de inundação este conceito é normalmente traduzido pelo período de retorno, que corresponde ao valor inverso da probabilidade de ocorrência e equivale ao número médio de anos entre dois eventos de igual magnitude (Dias *et al.*, 2014; Santos, 2015; Julião *et al.*, 2009). A probabilidade terá de ser decomposta nos diferentes componentes consoante as características da bacia hidrográfica, as sobreposições de eventos e as características do comportamento dos diferentes sistemas naturais ou antrópicos ao longo do percurso.

Os critérios de valor e exposição são parâmetros de vulnerabilidade dos elementos e a magnitude é uma característica da inundação que tem como consequência o dano em termos de potencial que um determinado evento pode causar (Dias *et al.*, 2014; Santos, 2015). A recorrência ou período de retorno define a ocorrência das cheias em função da sua magnitude (Miranda e Baptista, 2006; Rodrigues, 2017). O período de retorno consiste na probabilidade de recorrência de uma inundação com uma determinada magnitude, sendo geralmente definido pelo número médio de anos entre a ocorrência de dois eventos sucessivos com uma magnitude idêntica (Andrade *et al.*, 2006). Permite encontrar a probabilidade de ocorrência de determinados caudais de ponta de cheia. A relação entre o período de retorno (T) de determinada cheia e a sua probabilidade de ocorrência (P) é dada pela expressão $T=1/P$, onde P é a probabilidade de excedência e T o tempo, que normalmente, é definido em anos.

Uma inundação de elevada magnitude terá uma baixa frequência de recorrência e período de retorno elevado. Pelo contrário, uma inundação de baixa magnitude ocorrerá com maior frequência tendo um pequeno período de retorno. A ocorrência de inundações pode ser explicada usando a seção transversal do rio (fig. 2).

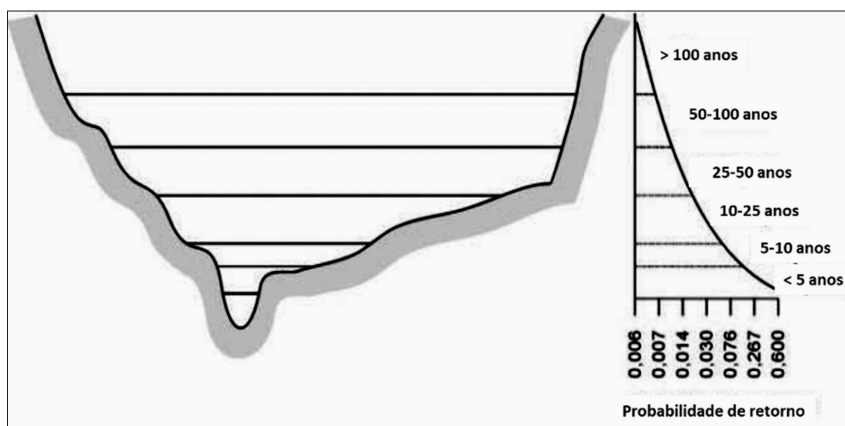


Fig. 2 - Inundações numa seção do rio (Fonte: Adaptado de Mandych, 2010).
Fig. 2 - *Floods in a river cross-section* (Source: Adapted from Mandych, 2010).

As inundações são fenômenos naturais associados ao funcionamento normal dos sistemas fluviais e costeiros e operam numa escala de tempo geológico muito superior à da gestão económica, urbanística, etc. Assim, o intervalo de recorrência significa que:

- No momento das cheias, cada 100 ou 500 anos, o rio inundará uma determinada área;
- Essas cheias produzem-se fatalmente;
- Podem ocorrer a todo o momento (Comité das Regiões, 2005).

A exposição consiste na presença de pessoas, bens ou outros elementos potencialmente sujeitos a danos em áreas onde a inundação ocorre (UNISDR, 2004, UNISDR, 2009, SEC, 2010), podendo ser quantificada pelo número ou valor dos elementos que se encontram dentro dessa área (Merz *et al.*, 2007). A exposição considera os fatores antropogénicos que contribui para os danos potenciais de cheia representada pelos aspetos que estão presentes em cada localização geográfica (Dias *et al.*, 2014) e é frequentemente avaliada pela identificação da extensão em que vidas e ativos físicos seriam afetados por uma magnitude específica.

O termo vulnerabilidade refere-se às características que definem a maior ou menor capacidade de um elemento (população ou ativo) resistir quando exposto a um even-

to de inundação (Schanze, 2006). A vulnerabilidade às inundações é refletida pela impotência ou incapacidade de uma comunidade ou grupo de antecipar, enfrentar, resistir ou se recuperar desses efeitos (WMO, 2016). A vulnerabilidade à inundação é a combinação de um conjunto complexo e interdependente de fatores dinâmicos que se reforçam mutuamente e podem ser classificados em três grandes grupos:

- As condições físicas ou materiais;
- As condições institucionais ou condições orgânicas;
- As condições comportamentais ou psicológicas (WMO, 2006).

A vulnerabilidade compreende vários fatores, entre os quais a exposição e o valor dos elementos (EXCIMAP, 2007), podendo, por isso, ser expressa nos efeitos tangíveis, intangíveis, diretos e indiretos causados sobre o elemento ou conjunto de elementos em análise (Dutta *et al.*, 2003).

Com maior relevância para a avaliação de risco de inundações, o conceito de suscetibilidade é também aplicado aos elementos afetados por uma inundação (Dias *et al.*, 2014). Neste caso, o conceito refere-se ao processo de geração de dano, estando dependente de uma ou mais características da inundação e da constituição dos elementos afetados (Schanze, 2006).

O conceito de risco de inundações encontra-se formalmente definido tanto nas normas europeias como nas nacionais (EXCIMAP, 2007; Portela, 2008; Julião *et al.*, 2009). Os primeiros textos legais a abordar a questão do risco de inundação foram os diplomas relativos ao regime jurídico dos terrenos incluídos no domínio público hídrico.

O Decreto-lei n.º 468/71, de 5 de novembro, é o primeiro diploma que estabelece, de forma expressa, os instrumentos de prevenção do risco de inundação, nomeadamente a criação de uma nova figura jurídica: as zonas adjacentes. Trata-se de zonas que, apesar de se situarem para lá das margens, devem ser consideradas como terrenos ameaçados pelas inundações (CEDOUA, 2007).

O Decreto-Lei n.º 89/87, de 26 de fevereiro, aborda diretamente a problemática das cheias estabelecendo medidas de proteção às zonas por elas ameaçadas. Tratou-se da “*primeira ponte legal entre a existência e delimitação territorial do risco de cheia e a ocupação e uso futuro dessas áreas, quando lidas numa estratégia de planeamento, de ordenamento e gestão territorial*” (ANPC, 2016).

Em 1998, o Decreto-lei n.º 364/98, de 21 de novembro, veio estabelecer expressamente a obrigatoriedade de elaboração de cartas de zonas inundáveis nos municípios com aglomerados urbanos que alguma vez tenham sido atingidos por cheias após 1967. A carta de zonas inundáveis demarcaria as áreas atingidas pela maior cheia conhecida.

Atualmente, o regime jurídico da REN está contido no Decreto-Lei n.º 166/2008, de 22 de agosto, onde risco de inundação passou a figurar de forma explícita no elenco dos objetivos da REN (artigo 2.º, n.º 3e). Para além disso, foram criadas as áreas de prevenção de riscos naturais (artigo 4.º, n.º 4), nas quais o risco de inundação assume especial destaque.

Como verificamos, a teorização do risco pode ser apresentada de diferentes formas, sendo exemplo também a formulação apresentada pela Comissão Europeia nas suas orientações sobre a avaliação e mapeamento do risco (Dias *et al.*, 2014; SEC, 2010). Neste documento o risco é definido como a função do produto entre a probabilidade, a exposição e a vulnerabilidade.

A adoção da Diretiva europeia 2007/60/CE, de 23 de outubro, relativa à avaliação e gestão dos riscos de inundações (DAGRI) veio assegurar um tratamento jurídico autónomo do risco de inundação (CEDOUA, 2007). A DAGRI descreve no Capítulo I (art. 2.º) o risco de inundação como “*a combinação da probabilidade de inundações e das suas potenciais consequências prejudiciais para a saúde humana, o ambiente, o património cultural e as atividades humanas*”, ou seja, é necessário analisar as inundações com recurso a diferentes probabilidades de ocorrência, efetuar a caracterização dos elementos expostos e, sempre que se verificar revelante, proceder à efetiva quantificação do risco de inundações (Santos, 2015a; EXCIMAP, 2007; Saraiva e Carvalho, 2009).

A DAGRI foi transposta para o direito interno pelo Decreto-lei n.º 115/2010, de 22 de outubro. Este documento estabelece um quadro para a avaliação e gestão dos riscos de inundações, entendidos como a “*combinação da probabilidade de inundações, tendo em conta a sua magnitude, e das suas potenciais consequências prejudiciais para a saúde humana, o ambiente, o património cultural, as infraestruturas e as atividades económicas, sendo as suas consequências prejudiciais avaliadas através da identificação do número e tipo de atividade afetada, podendo por vezes ser apoiada numa análise quantitativa*”.

Clarificado o entendimento sobre o conceito de risco de inundação, podemos afirmar que, do ponto de vista conceptual, o risco de cheia corresponde ao aumento

brusco do caudal ou da altura de água num leito fluvial ou outro canal com capacidade para transportar água, sendo importante distinguir as pequenas das grandes cheias fluviais, pelas diferentes consequências que acarretam (Siqueira *et al.*, 2015).

Por sua vez, o risco de alagamento, que é pouco mencionado, não só porque produz efeito semelhante, mas também porque, quase sempre, coincide com o risco de inundação, leva a que habitualmente sejam confundidos. Todavia, merece ser referido porque, do ponto de vista hidrológico apresenta uma génese distinta daquele (ainda que, de igual modo, corresponda a uma acumulação de água em áreas aplanadas da superfície terrestre), já que resulta direta e exclusivamente da precipitação, em virtude de dificuldades de escoamento superficial e de infiltração, por saturação dos solos e das rochas. Sendo assim, não se deve a nenhum transbordo, ao contrário do que sucede com as inundações, pelo que não deverá ser confundido com estas (Siqueira *et al.*, 2015).

As inundações: regime e descrição do ponto de vista da hidrologia fluvial

A maioria das inundações são eventos naturais vitais para os processos geomorfológicos dos rios e planícies de inundação (Leopold *et al.*, 1964) e ecossistémicos (Hupp 1988; Junk *et al.*, 1989; Thomas, 2003). Seja qual for a sua origem, uma inundação pode ser caracterizada por vários fatores (DGSCGC, 2016): a extensão geográfica, a velocidade da corrente, a velocidade da subida da água, as alturas da água, a duração da submersão. Nied *et al.* (2014) identificam três abordagens diferentes para descrever eventos de inundação: (1) com base na descrição do evento de inundação, (2) ligando a inundação a padrões de circulação atmosférica e (3) classificação e tipos de inundação. A primeira categoria que descreve os eventos de inundação específicos e abrange estudos com um exame detalhado de um evento particular. A segunda abordagem usa padrões de circulação atmosférica em larga escala para identificar condições similares de disparo atmosférico que estão ligadas à probabilidade de ocorrência de cheias.

A terceira classifica os tipos de inundação em função das respetivas características físicas: intensidade ou magnitude (caudal de ponta, volume, duração, entre

outras), pela sua localização (susceptibilidade) e pela probabilidade de ocorrência. As inundações são geralmente descritas em termos da sua frequência estatística. Uma "inundação de 100 anos" ou "planície de inundação de 100 anos" descreve um evento ou uma área sujeita a uma probabilidade de 1% de uma certa inundação ocorrer em determinado ano. Como as planícies de inundação podem ser cartografadas, o limite da inundação de 100 anos é comumente usado em programas de mitigação de várzea para identificar áreas onde o risco de inundação é significativo. Qualquer outra frequência estatística de um evento de inundação pode ser escolhida dependendo do grau de risco que é selecionado para avaliação, por exemplo, 5 anos, 20 anos, 50 anos, planície de inundação de 500 anos (OAS, 1991).

Cada inundação tem uma progressão ou evolução diferente no espaço e no tempo (fig. 3) e um desenvolvimento complexo desde o seu início até ao final do processo, refletido no respetivo hidrograma (Ollero Ojeda, 2014). Isto reflete a mudança no tempo da vazão e a magnitude do escoamento, para uma dada seção do rio. As características das inundações expressas por um hidrograma são a descarga máxima, a duração das fases de subida e recessão, o volume total e a assimetria, entendida como a relação entre a subida e o enfraquecimento da curva de escoamento. A inundação natural, a sua escala e as consequências, para a natureza e para os seres humanos, dependem apenas da taxa de subida, da descarga máxima e da duração (fig.s 3 e 4) (Mandysh, 2010).

À medida que uma onda de inundação se desloca para jusante da sua área de origem, as características do canal modificam a forma do hidrograma, aumentando o tempo de subida e a duração total e diminuindo a assimetria. A velocidade de uma onda de inundação é retardada por obstáculos, restrições e barragens no canal do rio. A inundação propaga-se ao longo de um rio como uma onda cuja velocidade e profundidade variam continuamente no tempo (Below e Guha-Sapir, 2009; Miranda e Baptista, 2006) levando a que os fluxos de pico e os transbordamentos variem nas suas diferentes seções (Ollero Ojeda, 2014).

Se bem que o modelo de ocorrência descrito não permita prever, num intervalo determinado, a ocorrência de uma inundação, uma vez que ela acontece a montante, é possível prever com bastante rigor o seu efeito a jusante. Este tipo de cálculo é importante na análise de risco e no desenho dos sistemas de alerta (Mandysh, 2010).

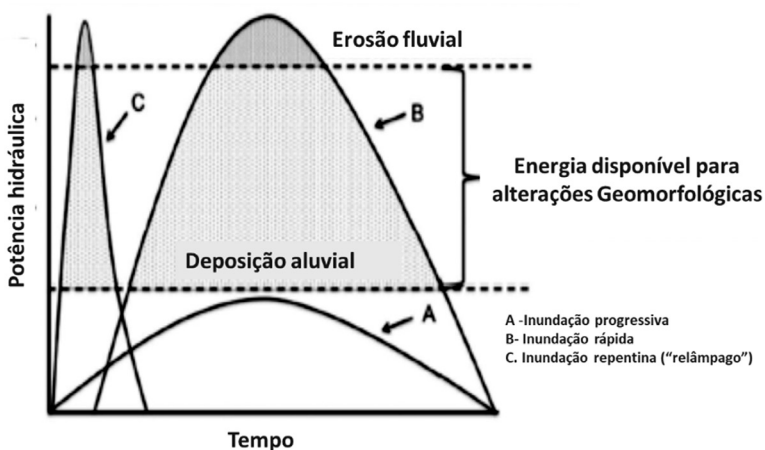
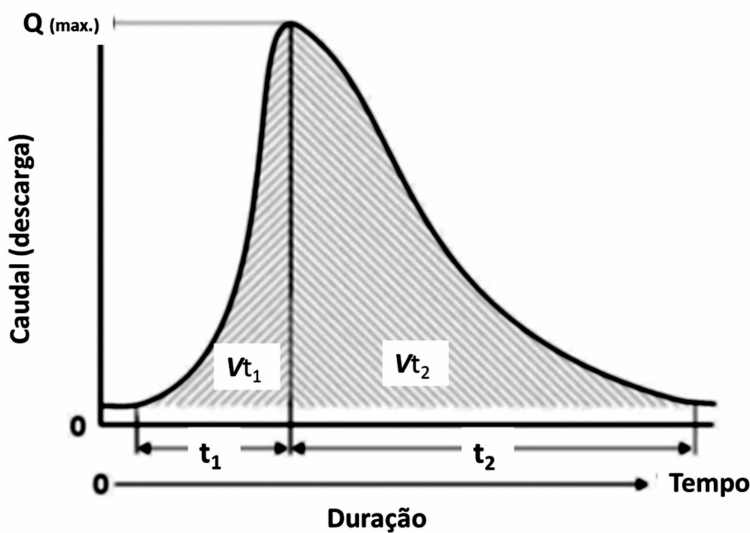


Fig. 3 - Tipologia das inundações tendo em conta a cinética e o processo erosivo (Fonte: Adaptado de Magilligan, Buraas e Rensahw, 2015 e Ollero Ojeda, 2014).

Fig. 3 - Classification of floods taking kinetic and erosive processes into account (Source: Adapted from Magilligan, Buraas and Rensahw, 2015 and Ollero Ojeda, 2014).



T_1 - Ramo ascendente Vt_1 - Volume do escoamento na fase de ascensão
 T_2 - Ramo descendente Vt_2 - Volume do escoamento na fase de recessão
 $Q_{(max)}$ - Máximo instantâneo

Fig. 4 - Fases de um hidrograma de cheia (Fonte: Adaptado de Paço, 2008 e Mandych, 2010).

Fig. 4 - Stages of a flood hydrograph (Source: Adapted from Paço, 2008 and Mandych, 2010).

Critérios de classificação e tipologia de inundações

A classificação e tipologia das inundações tem em conta as suas especificidades e a estruturação do risco que lhe está associada (Saraiva e Carvalho, 2009; Santos, 2015), nomeadamente:

- O processo de formação, envolvendo a caracterização das causas e das respetivas ocorrências e a frequência (probabilidade);
- O percurso e as alterações, ou seja, o processo de propagação da inundação, como vector perigoso, através de linhas de água (suscetibilidade);
- A ocupação das áreas sujeitas (suscetibilidade) e expostas ao respetivo impacto, incluindo pessoas, bens materiais e económicos, ambientais (vulnerabilidade);
- As consequências, o resultado do impacto;
- A perceção social, ou seja, a forma como as populações estão integradas na estratégia de prevenção do risco e na gestão da crise.

As inundações podem ser classificadas pelos fatores e condições que estão na sua origem. A caracterização e classificação das cheias, tal como definidos por V.T. Chow (1956) e Ramos (2005), podem ser efetuadas segundo alguns atributos:

- a) Número de pontas de cheia,
- b) Periodicidade ou frequência de ocorrência,
- c) Velocidade de progressão,
- d) Tempo de duração,
- e) Potência ou magnitude,
- f) Recorrência ou período de retorno e probabilidade de ocorrência,
- g) Caudal,
- h) Tempo de concentração.

Geralmente, para gerar inundações e determinar as suas características específicas combinam-se dois fatores principais. O primeiro é o processo físico que gera a mudança na interação da litosfera, atmosfera e massas de água. O segundo depende da situação geográfica da área onde ocorre a inundação, já que isso determina a escala, a área e a profundidade da inundação, bem como a sua duração.

Outra característica utilizada na categorização das inundações é a origem das águas de formação de inundação (Barreiros, Costa e Pires, 2009; Mandych, 2010), já que tanto a água subterrânea como a proveniente da precipitação podem contribuir para inundações. Muitas vezes, em áreas urbanizadas, a precipitação de chuvas gera inundações rápidas e poderosas que alagam ruas e áreas habitadas. As origens da inundação estão, em última instância, nos processos atmosféricos que criam a precipitação, independentemente do evento específico que a causa (Doswel, 2003).

Com efeito, diferentes fenômenos podem levar à existência de inundações (DGS-CGC, 2016; Ollero Ojeda, 2014), designadamente os seguintes:

- Transbordamentos de fluxo lento (normal) ou rápidos (para as situações mais penalizantes, falamos de inundações torrenciais);
- A elevação de águas subterrâneas;
- Escoamento causado por eventos de precipitação de alta intensidade (em áreas urbanas é frequentemente combinado com o refluxo de sistemas de esgoto);
- Submersões marinhas agitando o mar pelo interior durante tempestades ou ondas intensas;
- Rutura de estruturas (diques ou barragens de proteção);
- Maremotos ou *tsunamis*.

A classificação do tipo de inundação é uma ferramenta ideal para agrupar inundações com condições meteorológicas semelhantes. Esses tipos de inundação podem mudar de forma diferente, sob determinadas alterações, assim como se podem desenvolver novos tipos.

As inundações progressivas ou crescentes (rios, lagos, lençóis freáticos), formam-se devido ao elevado quantitativo de precipitação e/ou ao derretimento de neve. As inundações causadas por cheias podem ter várias origens (DEFRA, 2005; Below e GuhaSapir 2009). É, assim, possível diferenciar vários tipos de inundação, dependendo da origem da água responsável pelos danos causados à propriedade, às pessoas ou ao ambiente (Bard *et al.*, 2010):

- Inundação fluvial - Quando a precipitação se concentra rapidamente no curso de água e resulta na transposição das águas do leito menor do rio para o leito maior, no qual podem ser localizadas várias atividades e infraestruturas humanas.

- Inundação pluvial - Concentrando-se na topografia, o escoamento que flui rapidamente, pode causar grandes danos quer aos solos agrícolas, pela perda de terra, quer às infraestruturas humanas que encontra no seu trajeto. O dano é tanto mais importante quanto mais carregadas de sedimentos estiverem as águas de escoamento. A artificialização de solos (edifícios, estradas, parques de estacionamento, etc.) ou as práticas agrícolas inadequadas podem limitar a infiltração e aumentar a carga sólida das águas pluviais.

As inundações na maioria das bacias hidrográficas são causadas pela chuva excessiva gerada por uma variedade de mecanismos atmosféricos (Smith e Ward, 1988; Slade e Patton, 2002). Em algumas regiões, podem ser geradas grandes inundações pela fusão da neve/derretimento do gelo, particularmente em combinação com a chuva. Nas regiões litorais, ao longo dos rios que drenam a costa, podem ocorrer inundações extensas, associadas a eventos de tempestades (Benito e Hudson, 2010; ANPC, 2016). A humidade do solo e os padrões de circulação atmosférica, com destaque para a importância das condições antecedentes, são dois fatores fundamentais para a definição de tipos de inundação.

Ramos (2005, 2013), apresenta seis critérios de classificação das cheias que segundo a mesma autora, permitem efetuar uma tipologia das cheias: o número de pontas de cheia, a periodicidade ou frequência de ocorrência, a velocidade de progressão das cheias, o tempo de duração, a magnitude, a recorrência das cheias ou período de retorno.

Na escala da bacia hidrográfica, são vários os tipos de inundação que podem então ocorrer, sendo fundamental o fator tempo. Podemos, assim, falar da tipologia das inundações em função da cinética, rápida a montante e lenta a jusante no mesmo rio, ou mesmo combinando no mesmo território, transbordamento e escoamento (DGSCGC, 2016; Barreiros, Costa e Pires, 2009):

- Inundação de cinética rápida.
 - Características: subida e descida das águas, de alguns minutos a horas; bacia-vertente de pequena a média dimensão e com relevo acentuado; precipitação intensa com várias dezenas de mm/h.
 - Tipo de fenómenos: inundação rápida, torrencial, trovoada, escoamento; submersão marinha; rotura de obra hidráulica; degelo.

- Inundação de cinética lenta.
 - Características: subida e descida das águas, de várias horas a dias; duração da submersão, de alguns dias a semanas; bacia-vertente com dimensão significativa;
 - Tipo de fenômenos: planície (ou fluvial); subida da toalha freática.

Tendo em conta a cinética, podemos ter processos de formação de inundação que podem ser lentos (inundação progressiva), bruscas (inundação repentina), sazonais (tipo monção) ou excepcionais (risco climático). Na realidade, num dado território, a distinção entre inundações lentas e bruscas não é assim tão básica. Na verdade, no caso de um rio cujas inundações são de cinética lenta, as áreas podem ser protegidas por diques. A rutura de um dique pode causar, na proximidade deste tipo de obra, uma rápida e brutal subida das águas e por isso uma inundação de cinética rápida. No estuário, a profundidade da água é influenciada pela maré o que pode alterar as condições de propagação da inundação no rio.

Outros tipos de inundação ocorrem por (Montoroi, 2013):

- Submersão diária (marés), acidental (quebra-mar ou eclusa, tempestades, tsunamis) ou inundação progressiva (derretimento de glaciares, águas marinhas ao longo das costas e estuários);
- Transbordamento indireto por subida das águas subterrâneas pelas toalhas freáticas ou redes de saneamento (efeito sifão);
- Estagnação ou escoamento da água pluviais a montante dos cursos de água, particularmente em bacias hidrográficas cultivadas.

Como observámos, as origens que estão na base do risco de inundação são diferentes e, por isso, na sua avaliação devem ser considerados vários modos de exposição. Com efeito, podem ser associados às inundações diferentes fenômenos específicos, incluindo a altura da água, a velocidade do escoamento, os objetos transportados e a presença de organismos patogénicos em concentrações significativas (Almeida *et al.*, 2013).

Segundo Saraiva e Carvalho (2009) existem cinco grupos de fatores que podem desencadear inundações: os climáticos (chuvas intensas, que afetam áreas restritas e que duram alguns minutos ou horas, e chuvas prolongadas, que afetam, por vezes todo o território e que duram vários dias ou semanas); os marinhos (fenômenos de

storm surge, que provocam galgamentos oceânicos da linha de costa, e maremotos); os geomorfológicos (movimentos de vertente, como os desabamentos e deslizamentos, que podem atingir os fundos de vale bloqueando o canal fluvial e originando uma inundação a montante); os hidrogeológicos (devidos   subida da toalha freática no fundo de vales ou depressões topográficas); e os antrópicos (devido   constru o de barragens, originando a inunda o a montante, ou ao rebentamento das mesmas, originando uma cheia de derrocada).

As inunda es são provocadas por fen menos naturais e essencialmente incontroláveis (nível do mar e precipita es). No entanto, o facto de determinadas chuvas, tempestades ou marés cheias provocarem inunda es prejudiciais   fortemente influenciado por atividades humanas, tais como: o abate de florestas na parte superior das bacias de rece o, o desvio do curso dos rios e a supressão de planícies de inunda o naturais, o recurso a práticas de drenagem inadequadas e, sobretudo, a constru o em grande escala em áreas de alto risco de inunda o (CE, 2004).

As classifica es de riscos associados ao incremento da precipita o são várias, tendo em conta os respetivos fen menos hidrometeorológicos que o podem gerar. na região afetada, bem como dos dados disponíveis.

Destacamos os termos utilizados por vários autores na classifica o de inunda es graduais e bruscas (TABELA I) que, como podemos observar, os termos utilizados para os riscos associados ao incremento da precipita o, quer na literatura portuguesa, quer anglo-sax nica, são vários.

As inunda es progressivas/graduais

As inunda es progressivas estão tipicamente associadas a eventos hidrológicos da rede de drenagem natural que transbordam lentamente para o leito de inunda o, de acordo com a terminologia constante da fig. 1. Trata-se de um processo natural, com períodos de retorno mais elevados do que as inunda es rápidas, e que resulta na ocupa o dos leitos de inunda o.

TABELA I - Termos associados ao conceito de inundações graduais e bruscas, utilizada por autores anglo-saxónicos e portugueses.

TABLE I - Terms associated with the concept of gradual and flash floods used by English and Portuguese authors.

AUTORES	INUNDAÇÕES GRADUAIS	INUNDAÇÕES BRUSCAS
ANPC (2017)	Inundações fluviais	
APA (2018)	Inundações de origem fluvial	Cheias repentinas
Barreiros, Costa e Pires (2009)	Cheias e inundações progressivas	
Below e Guha-Sapir (2009)	<i>General (river) flood</i>	Flash flood
Costa (1986)	Cheias progressivas	Cheias Rápidas
CRESTA (1999)	<i>River Flood</i>	Flash Flood
EXCIMAP (2007)	<i>River flooding in floods plain</i>	<i>flash floods in mediterranean ephemeral water courses</i>
FEMA (1998)	<i>Overbank flooding</i>	<i>Flash flooding</i>
Hundecha, Parajka e Viglione (2017)	<i>Long-rain floods</i>	<i>Short-rain floods</i>
Mandych (2010)	<i>River Floods</i>	
Merz e Blöschl (2003)	<i>Long rain</i>	<i>Flash floods; short rain</i>
Miranda e Baptista (2006).	Cheias fluviais progressivas	Inundações rápidas (<i>Flash Floods</i>), incluindo torrentes de lama
Ramos (2013)	Inundações fluviais ou cheias	
Siqueira <i>et al.</i> (2015)	Inundação fluvial	
WHO (2013)	<i>Slow-onset riverine flood (fluvial)</i>	<i>Flash flood (rapid onset)</i>
WMO (2017)	<i>Riverine floods</i>	<i>Flash floods</i>
Wright (2008)	<i>Riverine flooding</i>	

As inundações progressivas podem ocorrer quando a capacidade dos sistemas de drenagem naturais ou construídos pelo homem não conseguem escoar o volume de água proveniente das precipitações ou, então, quando falham as proteções contra as inundações (CE, 2004).

A inundação excessiva de rios e ribeiros corresponde ao aumento do volume de água dentro de um canal fluvial e ao transbordamento de água do canal para a planície de inundação adjacente e representa o evento clássico de inundação que a

maioria das pessoas associa ao termo “*inundação*”. É também o tipo mais comum de evento de inundação (Wright, 2008).

As inundações progressivas, “*podem ser consideradas como um processo natural dos rios, lagos, estuários e mar*” (Bruijn *et al.*, 2009), encontrando-se associadas a longos períodos de chuva, que podem atingir várias semanas ou em alguns casos até meses (Oliveira, 2015), fruto do “*atravessamento sucessivo de sistemas frontais associados a núcleos de baixa pressão*” (Sá e Vicêncio, 2011).

A inundação progressiva é, normalmente, o resultado de uma combinação de fatores meteorológicos e hidrológicos, podendo, também, ser gerada pela rápida fusão de massas de gelo, resultando no alagamento das áreas circundantes (Santos, 2015; WHO, 2013; Mandych, 2010; WMO, 2017; APA, 2018). A inundação fluvial pode ainda resultar da falha de uma estrutura de defesa, tal como um dique ou uma barragem.

A inundação fluvial ocorre quando o volume de água de um rio excede o nível do seu leito menor/ordinário. O aumento do nível da água pode ser causado por chuvas sazonais prolongadas, fusão sazonal da neve e derretimento glacial (WMO, 2012). A escala, a frequência, a intensidade e a duração das inundações está, geralmente, dependente dos eventos hidrometeorológicos, ou seja, do tempo e das condições que as geram, bem como da capacidade de circulação da drenagem natural.

A dinâmica da inundação progressiva varia igualmente com o terreno. Em áreas relativamente planas, a terra pode ficar coberta por águas rasas e lentas durante dias ou mesmo semanas. Ao longo de rios com extensas bacias de drenagem, o tempo de ocorrência e a elevação das pontas de cheia podem ser previstos com muita antecedência e com considerável precisão (Wright, 2008; CRESTA, 99; Doswell, 2003).

Em termos de perigosidade, as cheias progressivas revelam-se de baixa intensidade, uma vez que, o caudal sobe de forma progressiva (Castro, 2003), o que leva a que se tomem medidas de forma a mitigar os danos causados, essencialmente a nível de perdas humanas (Kobiyama, 2006). Aparentemente, este tipo de inundação não é tão violento, mas sua área de impacto é extensa e sua ação duradoura, o que leva à saturação dos solos, à reposição das reservas subterrâneas e, finalmente,

a fenômenos de transbordo que resultam, geralmente, em inundações de áreas maiores (Ramos, 2013; Hundedcha, Parajka e Viglione, 2017; Oliveira, 2015; WHO, 2013).

Este tipo de inundações ocorre, principalmente, por processos naturais, em que o rio ocupa o seu leito maior, de acordo com eventos chuvosos excepcionais, em média com tempo de retorno superior a dois anos. As inundações progressivas desenvolvem-se em bacias hidrográficas superiores a 500 km², sendo decorrentes de processos naturais resultantes do ciclo hidrológico (Tucci e Marques, 2001). O seu maior impacto ocorre quando a população ocupa o leito maior do rio, ficando neste caso sujeita aos efeitos da inundação.

Em zonas urbanas, em que a drenagem natural foi artificializada, muitas vezes com canalizações de cursos de água importantes, pode não ser possível distinguir os diferentes tipos de inundação. Com efeito, para além dos fatores de risco associados aos processos naturais, importa considerar também as intervenções humanas no território (ANPC, 2016).

O risco de inundação fluvial resulta normalmente de cheias, razão pela qual muitas vezes é confundido com o risco de cheia. As inundações progressivas resultam de precipitações prolongadas levando a um transbordo mais lento, que, por não serem tão concentradas no tempo, fazem subir a altura da água no leito de forma gradual (Siqueira *et al.*, 2015).

As inundações repentinas (flash floods)

As inundações derivadas da ocorrência de precipitações intensas, também por vezes designadas por inundações pluviais, são provocadas diretamente pelo escoamento superficial ou resultam da excedência nas redes de drenagem locais naturais ou construídas. Quando as águas de uma inundação surgem diretamente da precipitação, os processos atmosféricos podem ser identificados como diretamente responsáveis pelo evento, ou seja, ocorrem chuvas que estão acima dos valores médios para a área afetada.

O escoamento superficial da água que resulta de eventos de precipitação intensa satura o sistema de drenagem, levando a que o excesso de água passe a fluir para as ruas e estruturas próximas, levando à inundação pluvial. Geralmente, os problemas de inundação resultantes do escoamento de águas superficiais aumentam à medida que as áreas se tornam mais urbanizadas e, por conseguinte, mais impermeabilizadas. Estas crises são manifestações do risco climático de chuvas intensas, mas em que o risco climático se interpenetra com o risco hidrológico, neste caso, muito complexo, na medida em que se verifica uma grande intervenção humana (Rebelo, 2003). Face à área onde se desenvolvem, as inundações derivadas da ocorrência de precipitações intensas assumem, frequentemente, outras designações: inundações bruscas (rápidas ou repentinas e enxurradas, *flash floods* na literatura anglo-saxónica), inundações urbanas e alagamentos.

As inundações repentinas ou *Flash Floods* na literatura inglesa, “*são motivadas por episódios de precipitação muito intensa e concentrada, em algumas horas, e ocorrem mais frequentemente nas estações de transição, particularmente no Outono*” (Zêzere *et al.*, 2005). Podem classificar-se em três categorias (Santos, 1983):

- As que resultam de precipitação intensa numa bacia hidrográfica que não foi substancialmente modificada pelo homem;
- As que resultam de precipitação intensa numa bacia hidrográfica alterada pelo homem, reduzindo-lhe a sua estabilidade e modificando-lhe as características;
- As que resultam da libertação súbita de água armazenada pela rotura duma barragem ou de outro obstáculo natural ou feito pelo homem.

As inundações repentinas são causadas pelo aumento do nível da água em rios, rios ou outros cursos de água ou em áreas urbanas, geralmente como resultado de depressões convectivas estacionárias numa área relativamente pequena e do desencadeamento de chuvas moderadas a intensas sobre superfícies terrestres impermeáveis, ocorrendo geralmente dentro de minutos a várias horas do evento de precipitação (APA, 2018).

As inundações repentinas são definidas como eventos de inundação onde o aumento da água se desenvolve durante algumas horas de precipitação, em pequenas bacias, sendo o tempo de resposta da bacia de drenagem curto (Miranda e Baptista, 2006; WHO, 2013; Doswell, 2003). A inundação repentina é claramente o resultado da concatenação entre as circunstâncias meteorológicas e hidrológicas.

As inundações repentinas estão associadas a tempestades intensas que libertam grandes quantitativos de chuva em períodos de tempo curto e por isso com capacidade para transportar alguns materiais que encontra no seu trajeto. Definida à escala local (Wirasinghe *et al.*, 2103), este tipo de inundação é caracterizado pela sua curta duração e pico de ponta elevado (WMO – Unesco, 1974).

Nos Estados Unidos da América, o National Weather Service (2017) adotou a definição de inundação repentina com base no tempo decorrido entre o evento meteorológico e o episódio de inundação, isto é, o tempo de concentração na seção do curso de água que define a bacia hidrográfica (Hundechea, Parajka e Viglione, 2017; Santos, 1983). Hall (1981) propôs o tempo de concentração de 6 horas como limite para que uma inundação seja considerada repentina. Sene (2013) apresentou também como motivos para considerar as inundações repentinas as anomalias nas infraestruturas, como, por exemplo, as falhas no escoamento das águas numa barragem ou até mesmo a sua destruição.

Os danos causados por inundações repentinas podem ser mais severos do que as inundações progressivas, devido à velocidade, à energia cinética e à alta carga de carga sólida e outros detritos transportados. É a rapidez do evento que faz com que este tipo de inundações seja tão prejudicial e perigoso (WMO, 2013; Wright, 2008; CE, 2004; Ollero Ojeda, 2014). Como as áreas urbanizadas promovem o escoamento das chuvas, em vez de permitir que a maior parte da chuva seja absorvida no solo, as inundações repentinas são mais prováveis nas cidades do que nas áreas rurais. De facto, para criar uma situação de inundação repentina é preciso muito menos chuvas numa área urbana do que numa área rural de tamanho comparável (Doswell, 2003).

Estas inundações são bastante comuns na zona mediterrânea e em áreas de montanha, sendo especialmente perigosas para a população por ocorrerem subitamente e sem aviso prévio (CE, 2004; Kobiyama, 2006). O potencial de perda de vidas humanas com inundações repentinas é alto. Uma velocidade da corrente de 2,8 m/s, normalmente realizada em inundações repentinas, pode mover um bloco rochoso de 41 kg e, em inundações onde a velocidade exceder 9,2m/s, podem ser movidos pedregulhos com 250 toneladas de peso. Por sua vez, o aumento da densidade da água permite que ela tenha um impacto mais

destrutivo (Doswell, 2003; Wright, 2008). Estes eventos excepcionais aparecem como primeira causa das mortes relacionadas com inundações nos Estados Unidos (Santos, 2015).

Em termos de linguagem de risco, fica claro que as inundações repentinas, enquanto processos potencialmente perigosos, têm uma origem natural, mas que está associada a uma componente de origem humana. As consequências da manifestação de um risco qualquer têm, igualmente, a ver com o modo como o Homem se expõe aos processos em causa – a vulnerabilidade (Rebello, 1999). As cheias repentinas tendem a ser fenómenos de escala local, que são difíceis de prever, tanto em termos de localização como na magnitude dos efeitos.

Doswell *et al.* (1996), afirmaram que um dos principais desafios relacionados com as inundações repentinas se deve ao carácter quantitativo da previsão das mesmas, uma vez que não se trata apenas de prever a ocorrência de um evento, que por si só já é complicada, mas também de antecipar a magnitude da mesma, de forma a ser possível intervir para minimizar os riscos. Podemos assim afirmar que as áreas urbanas são as mais suscetíveis a este tipo de evento, porque existe uma percentagem alta de superfícies impermeáveis onde o escoamento superficial circula com rapidez (Jha *et al.*, 2012).

Frequentemente, as inundações repentinas são denominadas de enxurradas, principalmente em regiões mediterrâneas, de relevo acidentado, onde, normalmente, o escoamento local é violento (Castro, 2003). Por vezes, formam-se torrentes de lama, devido aos solos pouco consolidados, que podem deslizar facilmente sob a ação de precipitação intensa. Se a saturação for muito elevada a mistura de água e lama pode deslocar-se a uma velocidade elevada com um potencial destrutivo muito grande.

Com base nas diferentes perceções e terminologias utilizadas para as inundações, Few *et al.* (2004) revela a dificuldade em padronizar as categorias das mesmas. O grande número de definições sobre inundações graduais e bruscas mostra a complexidade do fenómeno. Pois, além dos problemas tipicamente conceituais e etimológicos, algumas características comportamentais são similares para ambas às inundações, ou seja, ocorrem tanto nas inundações graduais como nas bruscas.

As inundações urbanas

As inundações urbanas são tão antigas quanto a existência de cidades ou aglomerações urbanas (Ahmad e Simonovic (2013), logo, sempre, provocaram um forte impacto nas atividades aí desenvolvidas. A construção dos sistemas de drenagem de águas pluviais regeu-se, ao longo de décadas, pelo princípio de que era necessário fazer desaparecer estes efluentes o mais rapidamente possível, de modo a reduzir o risco de inundações, bem como controlar a proliferação de doenças, relacionada com o extravasamento de águas residuais transportadas em coletores unitários (Carmo *et al.*, 2011).

As inundações urbanas resultam da concentração de águas em áreas topograficamente deprimidas, quando de períodos pluviosos intensos e de curta duração, agravadas pela impermeabilização do solo e pelo mau funcionamento ou subdimensionamento dos sistemas de drenagem das águas pluviais (Oliveira, 2015).

Este fenómeno natural é causado, normalmente, pela dinâmica da natureza, sendo intensificados pela intervenção antrópica no ambiente (Souza e Romualdo, 2009), ocorre durante períodos chuvosos intensos e concentrados num curto espaço de tempo (Gomes e Marafuz, 2013) e deve-se, essencialmente, à impermeabilização das superfícies construídas e a sistemas de águas residuais e pluviais inadequados (Ramos, 2005).

Assim, à medida que a cidade se urbaniza, em geral, ocorrem os seguintes impactos (Tucci e Marques, 2001):

- Aumento das vazões máximas, até 7 vezes segundo Leopold (1968), devido à maior capacidade de escoamento através das condutas e canais e à impermeabilização das superfícies;
- Aumento da produção de sedimentos, devido a desproteção das superfícies, e de resíduos sólidos;
- A deterioração da qualidade da água superficial e subterrânea.

As inundações urbanas devem ser entendidas como uma combinação complexa de importantes eventos meteorológicos e hidrológicos e à sua combinação com fatores que acompanham a urbanização: o aumento de superfícies impermeáveis e de infraestruturas mal planeadas como telhados, estradas e estacionamento, que impedem a absorção de água e o adequado armazenamento de águas pluviais, diminuindo a capacidade de drenagem.

Sá e Vicêncio (2011) afirmaram que “*as alterações hidrológicas provocadas pelo tecido urbanizado apresentam relações de 90 a 100% de escoamento superficial para os 0 a 10% de infiltração*”. Os impactos das inundações urbanas são assim, frequentemente, exacerbados pela capacidade limitada do sistema de drenagem. Como as áreas urbanas concentram ativos económicos e políticos, juntamente com altas densidades populacionais, as consequências das inundações urbanas podem ser muito maiores do que as das inundações em áreas rurais com a mesma duração e intensidade (Benito e Hudson, 2010).

Com base nas diferentes percepções e terminologias utilizadas para as inundações, Few *et al.* (2004) revela a dificuldade em padronizar as categorias das mesmas. O grande número de definições sobre inundações graduais e bruscas mostra a complexidade do fenómeno. Pois, além dos problemas tipicamente conceituais e etimológicos, algumas características comportamentais são similares para ambas às inundações, ou seja, ocorrem tanto nas inundações graduais como nas bruscas.

As inundações costeiras

As inundações costeiras desenvolvem-se na faixa terrestre adjacente à linha de costa e decorrem de tempestades marinhas. Correspondem às áreas de: a) inundações pelas águas do mar durante temporais; b) atingidas pelo espraiamento das ondas de tempestade; c) galgamento de elementos morfológicos naturais e estruturas existentes na orla costeira (Barreiros, Costa e Pires, 2009).

As inundações costeiras resultam da subida temporária do nível do mar acima da amplitude normal da maré devido à ocorrência em simultâneo ou, pontualmente, de sobre elevação marítima, devida a ondas, ventos ou maremotos (tsunamis), levando ao galgamento da linha de costa e à inundações de zonas geralmente secas (CRESTA, 1999; WMO, 2012, 2017; APA, 2018; Ollero Ojeda, 2014; CE, 2004; WHO, 2013).

As inundações costeiras podem ter génese no aumento do nível das águas devido à conjugação de forçamentos oceanográficos e atmosféricos, que em zonas de transição como os estuários pode potenciar a magnitude das inundações de origem fluvial. As inundações costeiras são influenciadas por três fatores principais, que

podem ocorrer associados: o nível de preia-mar, a sobrelevação de origem meteorológica e a ação das ondas (ANPC, 2016).

Os furacões e tempestades severas causam a maioria das inundações costeiras (FEMA, 1998). Os mecanismos causais de inundação costeira significam que a extensão e os efeitos destas excedem os das inundações progressivas fluviais. As inundações e galgamentos costeiros afetam praias, dunas costeiras, arribas, barreiras detríticas (restingas, barreiras soldadas e ilhas-barreira), tómbolos, sapais, faixa terrestre de proteção costeira, águas de transição e respetivos leitos e faixas de proteção, bem assim como estruturas e infraestruturas existentes na orla costeira (Barreiros, Costa e Pires, 2009).

As principais tempestades costeiras podem alterar significativamente a forma das formas de relevo da linha costeira, tornando as várzeas costeiras particularmente instáveis. Em muitas zonas, a suscetibilidade às inundações aumentou devido à erosão costeira. Se as tempestades no mar coincidirem com uma subida das águas nos estuários dos rios, os prejuízos poderão ser vastos (CE, 2004). Devido à grande profundidade, altura e velocidades de correntes e ondas poderosas, as inundações costeiras podem causar muitas perdas humanas e danos materiais, sendo o maremoto (tsunami), o fenómeno mais destrutivo e conhecido que Barreiros, Costa e Pires (2009) consideram como *“a invasão pelas águas do mar ou estuarinas das margens terrestres, causada por ondas de período longo resultantes de sismos acompanhados de rotura superficial no fundo do mar, erupções vulcânicas submarinas, instabilidades em vertentes submarinas ou ocorrência de movimentos de massa com velocidade de deslocamento elevada em vertentes e escarpas adjacentes às margens do mar”*.

Inundações em Portugal Continental

Costa (1986) classifica as inundações em Portugal continental essencialmente em 3 tipos: a) inundações urbanas, como consequência de fortes chuvadas (em algumas dezenas de minutos) e da impermeabilização dos terrenos; b) inundações progressivas, resultantes dos grandes rios e c) inundações repentinas, associadas aos

pequenos cursos de água (que se formam ao fim de algumas horas de precipitação intensa). Por sua vez, a Agência Portuguesa do Ambiente (2018) identificou 4 tipos de inundações: inundações de origem fluvial, inundações repentinas, inundações pluviais e inundações marítimas em zonas costeiras.

Em Portugal, segundo Ramos (2013), as inundações são quase todas devidas a: cheias lentas dos grandes rios; cheias rápidas dos rios e ribeiras de pequenas e médias bacias hidrográficas; subida das águas subterrâneas em locais topograficamente deprimidos; inundações devidas à sobrecarga dos sistemas de drenagem artificiais nos meios urbanos; inundações costeiras devidas a galgamentos oceânicos (*storm surge*).

A origem da maioria das inundações em Portugal é fluvial ou de origem múltipla como fluvial e pluvial (APA, 2018). Embora nem todas as inundações em Portugal, sejam devidas a causas meteorológicas, essa é a causa mais importante como fator desencadeante deste fenómeno.

Avaliação e gestão do risco de inundação

Se a génese e o desenvolvimento de uma inundação são matérias cientificamente bem conhecidas e modeladas, como justificar a contínua sequência de eventos desastrosos, de maior ou menor gravidade, ano após ano (Santos, 2015)? Com efeito, a ocorrência de inundações, à semelhança do que ocorre com outros processos naturais, converte-se com frequência em catástrofe quando o processo potencialmente perigoso se depara com um dado contexto geográfico e social (Alexander, 1993).

Para além das dinâmicas geográficas e sociais causadoras de maior vulnerabilidade, o próprio processo físico de inundação é marcado pela difícil previsibilidade de vários dos fatores causadores de inundação (OAS, 1991; Santos, 2015). Além disso, a problemática das inundações é fortemente marcada pela intervenção humana e requer respostas a diversos níveis e escalas espaciais e temporais (Merz *et al.*, 2010)

A avaliação do risco de inundação é crítica para a gestão apropriada dos períodos de eventos prévios, bem como durante e após a crise, no que respeita ao entendimento, prevenção e mitigação dos potenciais impactos humanos, nos ecossistemas e nos recursos naturais (Benito e Hudson, 2010).

A gestão do risco de inundação inclui todas as medidas de planeamento e mitigação implementadas desde a bacia superior até à planície de inundação e inclui, na maior parte das situações, a modificação física do canal do rio (Goddard, 1976).

A avaliação e gestão do risco de inundação foram dominados por um legado de abordagens estruturais de engenharia, que em muitos casos tiveram efeitos contrários (White, 1945; Pinter, 2005; Pinter *et al.*, 2008). A maioria dessas abordagens procura minimizar a dissipação de energia e aumentar o escoamento pelos canais, mas a gestão eficaz das inundações também se deve esforçar para manter o funcionamento geomorfológico “*natural*” dos canais dos rios e planícies de inundação, por forma a reter a conectividade lateral e longitudinal da corrente, a carga sólida e os nutrientes (Junk *et al.*, 1989; NRC, 2005).

O risco de inundação deve ser analisado tendo em consideração as possibilidades de atuação, tanto na redução da probabilidade de ocorrência de eventos como das consequências destes nas suas diferentes dimensões. A minimização dos impactos e a manutenção da continuidade das funções societárias constitui um princípio-chave destas orientações (ANPC, 2016).

No respeitante a inundações provocadas por cheias, sendo mais frequentes as situações de crise, a perceção do perigo pelas populações tem sido essencial para a defesa dos seus bens e para a sua própria defesa pessoal. A repetição das inundações ao longo dos anos foi trazendo consigo a rotina da mitigação das consequências da crise. As vulnerabilidades, porém, podem ser responsáveis por grandes prejuízos e por vezes, até por enormes tragédias (Rebelo, 1999).

Uma das necessidades básicas em termos de risco de inundação é a ligação entre a opinião dos especialistas sobre o processo e a perceção da população local sobre esse risco, também com base na memória histórica (WMO, 2016). A perceção e o nível de consciência que os diferentes atores sociais de uma comunidade podem ter sobre as inundações são fortemente influenciados por três parâmetros característicos das inundações: o tempo de subida das águas, a localização e a periodicidade.

Por outro lado, com inundações excepcionais, é muito mais provável que a população em questão não esteja ciente ou não esteja totalmente ciente dos perigos. Este estado de coisas é particularmente grave no caso de inundações repentinas. Estas são algumas das situações de risco mais difíceis de gerir.

Levando em consideração todos esses parâmetros na análise de risco, é possível definir as respostas a serem implementadas, tanto na identificação das zonas de risco de acordo com a cinética, bem como dos dispositivos de previsão existentes, o que permite definir o objetivo prioritário da estratégia de resposta operacional e os eixos de trabalho da provisão específica de inundações.

Para inundações rápidas, o objetivo principal é preservar a vida humana, o que no caso das inundações lentas se associa à minimização do impacto socioeconómico (DGSCGC, 2016). As perdas nas catástrofes de origem hidrológica mostram a necessidade de uma abordagem holística, integrada e sistémica para a gestão deste risco nas suas diferentes vertentes e formas de manifestação, de modo a assegurar a coordenação e articulação de diferentes entidades, decisores e comunidades, na operacionalização das medidas de minimização deste risco (ANPC, 2016).

Os principais desafios para a gestão dos riscos de inundação são de diferente natureza e complexidade significativa:

- A pobreza: desafia os meios de subsistência e afeta os padrões de extração de recursos e conservação ambiental.
- As alterações climáticas: os diversos impactes, tais como aumento da frequência de eventos e mudanças nos padrões de cultivo agrícola, são um desafio para a segurança e a resiliência das comunidades sujeitas a inundações.
- A qualidade dos dados hidrometeorológicos e informações: faltam informações confiáveis o que dificulta a capacidade de prever eventos excepcionais, intensidade e magnitude de chuvas e escoamento.
- A natureza transfronteiriça dos rios: dados insuficientes e pouca partilha, diferentes estruturas institucionais, a falta de vontade política e colaboração, e as diferentes prioridades de gestão de países que compartilham bacias hidrográficas.
- O acesso e controlo diferencial sobre os recursos: alguns grupos (por exemplo, mulheres, crianças, idosos e deficientes) têm acesso desigual aos recursos, informações e tomada de decisão, o que os torna particularmente vulneráveis durante as catástrofes.

- Políticas e lacunas institucionais: muitos níveis de políticas governamentais mostram falta de preparação para a gestão de riscos de inundações e de mecanismos para lidar e/ou de coordenação entre as partes interessadas.
- A modelação de cenários de inundações: modelos de escoamento de chuva simular e comportamento de bacias hidrográficas, canais e outras estruturas de controle de água.

Os modelos podem ajudar a prever volumes de escoamento, fluxos de pico e os prazos dos fluxos através da simulação do comportamento de bacias hidrográficas, canais e reservatórios.

Conclusão

Nas últimas décadas, há evidências de mudanças no regime de cheias em diferentes partes do mundo, embora num padrão regionalmente diferente (Hall *et al.*, 2014; Blöschl *et al.*, 2015). A frequente ocorrência de eventos excepcionais de inundação, registada num passado recente, fez aumentar o interesse em investigar e compreender as causas que lhe estão subjacentes (Ulbrich *et al.*, 2002 e 2003; Marsh, 2008; Blöschl *et al.*, 2013, 2016; Schröter *et al.*, 2015). Por outro lado, tem havido também um crescente interesse em avaliar se, nas últimas décadas, houve um aumento tanto na frequência como na magnitude das inundações na Europa e se existe uma probabilidade desse aumento no futuro.

As mudanças climáticas irão modificar as inundações em todo o mundo. Esta evidência tem levado a um número crescente de estudos sobre a modelação de impactos, com o foco geralmente centrado na magnitude e na frequência dos eventos (Booij, 2005; Gain *et al.*, 2013; Raff *et al.*, 2009).

Verificam-se duas tendências que apontam para um aumento do risco de inundação. Em primeiro lugar, a amplitude e a frequência das inundações aumentarão provavelmente no futuro, em resultado de precipitações mais intensas e da subida do nível do mar. Em segundo lugar, o número de pessoas e de bens económicos situados em zonas de risco de inundações tem aumentado acentuadamente (IPCC,

2001). Em qualquer destes casos, as mudanças climáticas previstas (Carvalho *et al.*, 2014) têm potencial para agravar tanto a frequência como a magnitude destes fenómenos, sendo, portanto, necessário ter em consideração os cenários, que sejam plausíveis, de agravamento das inundações (ANPC, 2016).

A classificação de inundações em diferentes tipos pode colocar as inundações num contexto climático mais amplo e ajudar a explorar as mudanças em futuros eventos (Turkington *et al.*, 2016). Mudanças nos tipos de inundações terão implicações tanto nos sistemas sociais quanto nos sistemas ecológicos locais e, portanto, os quais devem ser considerados ao avaliar as mudanças futuras (Gain *et al.*, 2013; Garner *et al.*, 2015).

As preocupações das instâncias europeias com os impactos das alterações climáticas no risco de inundações revelam-se na adopção da Diretiva n.º 2007/60/CE, de 23 de outubro. Esta diretiva pressupõe que as mudanças climáticas têm efeitos no aumento do risco de inundações (CEDOUA, 2007) (artigo 4.º n.º 2), em resultado do aumento tanto da intensidade, como da frequência da precipitação (Van Aalst, 2006).

Bibliografia

- Aalst, M. K. V. (2006). The impacts of climate change on the risk of natural disasters. *Special Issue: Climate change and disasters*, Vol. 30, Issue 1, 5-18.
- Ahmad, S. S., Simonovic, S. P. (2013). Spatial and temporal analysis of urban flood risk assessment. *Urban Water Journal*, 10(1), 26-49.
- Alexander, D. E. (1993). *Natural disasters*. UCL Press, Chapman & Hall, Routledge, Londres, 632 p.
- Almeida, B. (2007). Prevenção contra inundações naturais na União Europeia. Conceitos-chave no contexto de uma gestão do risco. *REGA – Revista de Gestão de Água da América Latina*, Vol. 4, no. 1, jan. /jun. 2007, 53-62.
- Almeida, B. (2006). Prevenção contra cheias naturais – Tendências e Estratégias no contexto de uma Gestão do Risco. *Comunicação apresentada no Congresso da Ordem dos Engenheiros*, setembro de 2016, Açores.
- Almeida, M. C., Ugarelli, R., Vieira, P., Cardoso, M. A. (2013). *Guidance on RIDB hazard selection and use in the WCSF. Prepared report 2013.001*, 35 p.
- Andrade, C., Pires, H. O., Silva, P., Taborda, R., Freitas, M. D. C. (2006). Zonas Costeiras. In: Santos, F. D. & Miranda, P. (eds.) *Alterações Climáticas em Portugal Cenários, Impactos e medidas de Adaptação, Projecto SIAM II*. Lisboa: Gradiva, 171-207.
- ANPC (2017). *Clube de Proteção Civil*, Autoridade Nacional de Proteção Civil, Lisboa, 45 p.

- ANPC (ED.) (2016). *Gestão do Risco de Inundação, documento de apoio a boas práticas*. Carnaxide, Portugal: Autoridade Nacional de Proteção Civil - Plataforma para a Redução do Risco de Catástrofes, 52 p.
- APA (2018). *Avaliação preliminar dos riscos de inundação em Portugal Continental*. Agência Portuguesa do Ambiente, Lisboa, 55 p.
- APFM (2007). *Guidance on Flash Flood Management. Recent Experiences from Central and Eastern Europe*. Associated Programme on Flood Management, Genebra, 66 p.
- APFM (2006). Legal and Institutional Aspects of Integrated Flood Management. *Flood management policy series*, WMO-No. 997, Associated Programme on Flood Management, Genebra, 103 p.
- ASIAN DISASTER PREPAREDNESS CENTER (ADPC) and UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (UNDP) (2005). *A Primer Integrated Flood Risk Management in Asia*. Bangkok, Thailand: ADPC, 304 p.
- Bard, I., Breguet, M., Noirot-Cosson, P.-E., Palladin, P. (2010). Le risque inondation en zone urbanisée. INIP 2010 Gestion de l'eau dans un bassin versant. Institut des sciences et industries du vivant et de l'environnement, *AgroParisTech*, 28 p.
- Barreiros, C., Costa, E., Pires, P. (2009). Guia para a caracterização do risco no âmbito da elaboração de Planos de Emergência de Protecção Civil. *Cadernos Técnicos PROCIV #9* Edição: Autoridade Nacional de Protecção Civil/Direcção Nacional de Planeamento de Emergência. Núcleo de Riscos e Alerta, 28 p.
- Below, R., Wirtz, A., Guha-Sapir D. (2009). *Classification and peril Terminology for Operational Purposes*. Common accord Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED) and Munich Re-insurance Company (Munich RE), Munich, 20 p.
- Benito, G., Hudson, P. (2010). Flood hazards: The context of fluvial geomorphology. In Alcántara-Ayala & A. Goudie (Eds.), *Geomorphological Hazards and Disaster Prevention*. Cambridge: Cambridge University Press, 111-128.
- Blöschl, G., Nester, T., Komma, J., Parajka, J., Perdigão, R. A. P. (2013). The June 2013 flood in the Upper Danube Basin, and comparisons with the 2002, 1954 and 1899 floods. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 17, 5197–5212.
- Blöschl, G., Szolgay, J., Parajka, J., Kohnová, S., Miklánek, P. (2016). Thematic Issue on Floods in the Danube basin – processes, patterns, predictions, *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, Vol. 64, N. ° 4, 301–303.
- Booij, M. J. (2005). Impact of climate change on river flooding assessed with different spatial model resolutions. *Journal of Hydrology*, Vol. 303, Issues 1-4, 1 March 2005, 176-198.
- Borges, N. S. (2013). *Gestão do risco de inundações urbanas*, Dissertação de Mestrado em Ciências jurídico-políticas, Faculdade de Direito, Universidade de Coimbra, 101 p.
- Bridge, J. S. (2003). *Rivers and Floodplains: Forms, Processes, and Sedimentary Record*. Oxford: Blackwell, 400 p.
- Brujin, K. D., Klijn, F., Ölfert, A., Penning-Rowell, E., Simm, J., Wallis, M. (2009). Flood risk assessment and flood risk management; An introduction and guidance based on experiences and findings of FLOODsite (an EU-funded Integrated project), *Report Number T29-09-01*, 143 p.
- Carmo, J. A. M., Ferreira, F. M. S, Matos, J. M. S. G., Vaz, I. (2011). Gestão de águas pluviais em meio urbano desafios e soluções. *6º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia - CLME2011*, September 2011, 1-12.
- Carmo, J. S. A. (1996). As cheias: fenómenos naturais e causas de ocorrências excepcionais. *Cadernos de Geografia* n.º 15, Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, Coimbra, 85-99.
- Carvalho, A., Schmidt, L., Santos, F. D., Delicado, A. (2014). Climate change research and policy in Portugal. *WIRE Clim Change* 5, 199-217.

- Castro, A. L. C. (2003). *Manual de Desastres: desastres naturais*. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 174 p.
- CEDOUA (2007). O risco de inundação em Portugal. *Dossier da Revista do Centro de Estudos de Direito do Ordenamento do Território, do Urbanismo e do Ambiente*, nº 20, ano X, Centro de Estudos de Direito do Ordenamento do Território, do Urbanismo e do Ambiente, 167-179.
- Chow, V. T. (1956). Hydrologic Studies of Floods in the United States. *Inter. Assoc. Sci. Hydrol.*, Publ. nº 42, 134-170.
- Christofoletti, A. (1981). *Geomorfologia fluvial. Volume 1 - canal fluvial*. [S.l.]: Editora Edgard Blücher, 313 p.
- COMITÉ DAS REGIÕES (2005). Gestão dos riscos de inundação - Protecção contra as cheias e inundações, sua prevenção e mitigação. *Parecer do Comité das Regiões sobre a «Comunicação da Comissão ao Conselho, ao Parlamento Europeu, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões*. OJ C 164, 5.7.2005, 1-3.
- COMUNICAÇÃO DA COMISSÃO AO CONSELHO, AO PARLAMENTO EUROPEU, AO COMITÉ ECONÓMICO E SOCIAL EUROPEU E AO COMITÉ DAS REGIÕES (2004). *Gestão dos riscos de inundação - Protecção contra as cheias e inundações, sua prevenção e mitigação*/* COM/2004/0472 final */, 1-13.
- Costa, P. (1986). As cheias rápidas de 1967 e 1983 na região de Lisboa. *In: Estudos de homenagem a Mariano Feio*. Lisboa, 601-616.
- CRESTA (1999). Characteristics of various types of flooding. *CRESTA* 03/99. p 1-2.
- Cunha, L., Dimuccio, L. (2001). Considerações sobre Riscos Naturais num espaço de transição. *Territorium*, 9. 2002, Universidade de Coimbra, 1-22.
Disponível em: <https://impactum-journals.uc.pt/territorium/article/view/3492/2727>
- Decreto-Lei n.º 115/2010 de 22 de outubro. Diário da República n.º 206/2010, Série I de 2010-10-22.
- DEFRA (2005). Flood risk assessment guidance for new development: Phase 2 Framework and guidance for assessing and managing flood risk for new development. *Full documentation and tools. R&D Technical Report FD2320/TR2*, Department for Environment, Food and Rural Affairs / Environment Agency Flood and Coastal Defence R&D Programme, 384 p.
- DGSCGC (2016). Disposition spécifique. Inondation, guide S3 Février 2016, ORSEC départemental, Direction Generale de la Securite Civile et de la Gestion des Crises, Ministère de l'Intérieure, 130 p.
- Dias, L., Braunschweig, F., Grosso, N., Costa, H., Garrett, H. (2014). *Guia metodológico para a produção de cartografia de risco de inundações: Projecto CIRAC - Cartas de Inundação e Risco de Cheias em Cenários de Alterações Climáticas*. Fundação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 77 p.
- Directiva 2007/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro de 2007, relativa à avaliação e gestão dos riscos de inundações. *OJ L* 288, 6.11.2007, 27-34.
- Doswell III, C. A. (2003). *FLOODING*. *In: Encyclopedia of Atmospheric Sciences*, editors: Gerald North John Pyle Fuqing Zhang, University of Oklahoma, Norman, OK, USA, Elsevier Science Ltd, 769-776.
- Doswell, C. A., Brooks, H. E., Maddox, R. A. (1996). Flash flood forecasting: An ingredients-based methodology. *Weather and Forecasting*, 11(4), 560-581.
- Dutta, D., Herath, S. & Musiak, K. (2003). A mathematical model for flood loss estimation. *Journal of Hydrology*, 277, 24-49.
- EEA - EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION, JRC - JOINT RESEARCH CENTRE (2008). *Impacts of Europe's changing climate - 2008 indicator-based assessment*, Copenhagen, Denmark, European Environment Agency, 246 p.
- EXCIMAP - EUROPEAN EXCHANGE CIRCLE ON FLOOD MAPPING (2007). *Handbook on good practices for flood mapping in Europe*. European Exchange Circle on Flood Mapping, 57 p.
- FEMA - FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY (1998). *Managing Floodplain Development Through The National Flood Insurance Program*. Federal Emergency Management Agency, French & Associates, Ltd., Park Forest, Illinois, 527 p.

- Few, R., Ahern, M., Matthies, F., Kovats, S. (2004). *Floods, health and climate change: a strategic review*. Tyndall Centre, Working Paper 63, 138 p.
- Faugères, L. (1990). *La dimension des faits et la théorie du risque*. Le Risque et la Crise, European Coordination Centre for Research and Documentation in Social Sciences, Malta: Foundation for International Studies, 31-60.
- Gain, A., Apel, H., Renaud, F., Giupponi, C. (2013). Thresholds of hydrologic flow regime of a river and investigation of climate change impact - the case of the Lower Brahmaputra river Basin. *Climatic Change*, 120, 463-475.
- Garner, G., Van Loon, A., Prudhomme, C., Hannah, D. (2015). Hydroclimatology of extreme river flows. *Freshwater Biology*, vol. 60, nº. 12, 2461-2476.
- Goddard, J. E. (1976). The nation's increasing vulnerability to flood catastrophe. *Journal of Soil and Water Conservation*, 31 (2), 48-52.
- Gomes, A., Marafuz, I. (2013). Identificação de locais críticos no escoamento superficial das áreas urbanas de Arouca e São João da Madeira: metodologia e casos de estudo. In: *Riscos Naturais Antrópicos e Mistos - Homenagem ao Professor Doutor Fernando Rebelo*, Departamento de Geografia, Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, 481-499.
- Gonçalves, P. (2012). *A delimitação de perímetros de Inundação no Rio Leça - modelação hidráulica para duas áreas do concelho de Matosinhos*. Dissertação de 2º Ciclo de Estudos em Sistemas de Informação Geográficos e Ordenamento do Território. Porto: Faculdade de Letras, Universidade do Porto, 128 p.
- Gouldby, B., Samuels, P. (2005). Language of risk – project definition. *Integrated Flood Risk Analysis and Management Methodologies. Floodsite Project Report T32-04-01*, 56 p.
- Gregory, K. J.; Walling, D. E. (1973). *Drainage basin. Form and process: a geomorphological approach*. Arnold, London. 485 p.
- GUKNI - GOVERNMENT OF THE UNITED KINGDOM AND NORTHERN IRELAND. (2010). *Flood and Water Management Act 2010: Chapter 29*. London, Her Majesty's Stationery Office, 84 p.
- Hall, A. J. (1981). *Flash flood forecasting*. WMO; no. 577- Operational hydrology report/World Meteorological Organization; no. 18, Geneva, Switzerland: Secretariat of the World Meteorological Organization, 38 p.
- Hall, J., Arheimer, B., Borga, M., Brázdil, R., Claps, P., Kiss, A., Kjeldsen T. R., Kriauciuniene, J., Kundzewicz, Z. W., Lang, M., Llasat, M.C., Macdonald, N., McIntyre, N., Mediero, L., Merz, B., Merz, R., Molnar, P., Montanari, A., Neuhold, C., Parajka, J., Perdigão, R. A. P., Plavcová, L., Rogger, M., Salinas, J. L., Sauquet, E., Schär, C., Szolgay, J., Viglione, A., Blöschl, G. (2014). Understanding flood regime changes in Europe: a state-of-the-art assessment. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 18, 2735-2772.
- Hoffman, A. (2000). *Floods and their Origin in the Medieval World of Thought*. Symposium on River Flood Defence. VI. Kassel: Herkules Verlag, 2000, B1-B9.
- Hundecha, Y., Parajka, J., Viglione, A. (2017). Flood type classification and assessment of their past changes across Europe, *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.*, 1-29.
- Hupp, C. R. (1988). Plant ecological aspects of flood geomorphology and paleoflood history. In V. Baker, C. Kochel and P. Patton (eds.). *Flood Geomorphology*. New York: Wiley Interscience, 335-356.
- INAG (2010). *Plano Nacional da Água*, Instituto da Água.
- IPCC (2001). *Climate Change: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Edited by J.T. Houghton et al., Cambridge University Press, 892 p.
- ISO 31010 2009. ISO/IEC 31010:2009 - *Risk management - Risk assessment techniques*. ISO/IEC.

- Jha, A. K., Bloch, R., Lamond, J. (2012). *Cities and Flooding: A Guide to Integrated Urban Flood Risk Management for the 21st Century*. The World Bank, 638 p.
- Jonkman S. N., Kelman I. (2005). An analysis of the causes and circumstances of flood disaster deaths. *Disasters*, 29: 75–97.
- Julião, R., Nery, F., Ribeiro, J., Branco, M., Zêzere, J. (2009). *Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica (SIG) de base municipal*. Autoridade Nacional de Proteção Civil, 93 p.
- Junk, W. J., Bayley, P. B., Sparks, R. E. (1989). The flood pulse concept in river-floodplain systems. In D. P. Dodge (ed.), *Proceedings of the International Large River Symposium (LARS)*, Canadian Special Publication in Fisheries and Aquatic Science, 106, 110–127.
- Knighton, A. D. (1998). *Fluvial Forms and Processes: a new perspective*, Baltimore, MD: Edward Arnold.
- Kobiyama M., Mendonça M., Moreno D. A., Marcelino I. P. V. O., Marcelino E. V., Gonçalves, E. F., Brazetti, L. P., Goerl, R. F., Moller, G. S. F., Rudorff, F. M. (2006). *Prevenção de desastres naturais conceitos básicos. Florianópolis – SC*. 1ª Edição. Editora Organic Trading, 110 p.
- Lencastre, A., Franco, F. M. (1984). *Lições de hidrologia*. 3ª ed. Lisboa: Fundação da Faculdade de Ciências Tecnologia da Universidade de Lisboa, 451 p.
- Leopold, L. B., Wolman, M. G., Miller, J. P. (1964). *Fluvial Processes in Geomorphology*. Freeman, San Francisco, 522 p.
- Lima, L. M. M. (2010). **Mapeamento da suscetibilidade à inundação na bacia hidrográfica do Arroio do Salso, Porto Alegre - RS**. Dissertação de Mestrado em Geografia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 175 p.
- Lima, M., Faisca, L. (1992). *Contributo das Ciências Sociais para o Estudo dos Impactes das Cheias. Technical Information on Social Ecology Series: ITECS 13*, Laboratório de Engenharia Civil, Lisboa, 88 p.
- Lourenço, L., e Amaro, A. (2018). Riscos e Crises: da teoria à plena manifestação (Vol. 6). Imprensa da Universidade de Coimbra/Coimbra University Press., 523 p.
- Loup, J. (1974). *Les eaux terrestres*. Masson, Paris, 174 p.
- Magilligan, F. J., Buraas, E. M., Rensahw, C. E. (2015). The efficacy of streampower and flow duration on geomorphic responses to catastrophic flooding. *Geomorphology*, 228, 175-188.
- Mandych, A. F. (2010). Natural disasters –Classification of Floods, Vol.II, *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*; UNESCO, 1-8.
- Marsh, T. (2008). A hydrological overview of the summer 2007 floods in England and Wales. *Weather* 63: 274–279.
- Mendonça, E. M. (Org.) (2004). *Reflexões sobre impactos das inundações e propostas de políticas de públicas mitigadoras*. São Paulo: Universidade de São Paulo, 63 p.
- Merz, B., Thielen, A. H., Gocht, M. (2007). Flood Risk Mapping at the Local Scale: Concepts and Challenges. In: Begum, S., Stive, M. J. F. & Hall, J. W. (eds.) *Flood Risk Management in Europe*. Springer Netherlands, 231-251.
- Meyer, V., Scheuer, S., Haase, D. (2009). A multicriteria approach for flood risk mapping exemplified at the Mulde river, Germany. *Natural Hazards*, 48, 17-39.
- Miranda, J. M., Baptista, M. A. (2006). *Riscos Naturais*. Instituto Geofísico Infante Dom Luiz. Centro de Geofísica da Universidade de Lisboa, 1-11.
- Montoroi, J. P. (2013). Le rôle des sols sur la genèse des inondations. In: Szczegieliński C. (ed.) *Symposium européen: problèmes actuels de la protection contre les inondations*. Paris: Centre Scientifique de l'Académie Polonaise des Sciences, 93-101.

- Nanson G. C., Croke, J. C. (1992). A genetic classification of floodplains. *Geomorphology*, 4, 459–486.
- NATIONAL WEATHER SERVICE (2107). *Definitions and general terminology. Manual*. Operations and Services Hydrologic Services Program, NWSPD 10-9, 5 p.
- Nied, M., Pardowitz, T., Nissen, K., Ulbrich, U., Hundecha, Y., Merz, B. (2014). On the relationship between hydro-meteorological patterns and flood types. *Journal of Hydrology*, 519, Part D: 3249-3262.
- NRC (2005). *The Science of Instream Flows: A Review of the Texas Instream Flow Program*. National Research Council: Committee on Review of Methods for Establishing Instream Flows for Texas Rivers, Water Science and Technology Board, Division on Earth and Life Studies, Washington D.C.: National Academy of Sciences Press, 150 p.
- OAS (1991). *Primer on Natural Hazard Management in Integrated Regional Development Planning*. Department of Regional Development and Environment Executive Secretariat for Economic and Social Affairs, Organization of American States with support from the Office of Foreign Disaster Assistance United States Agency for International Development, Washington, D.C., 350 p.
- Oliveira, A. F. S. (2015). *Inundações Urbanas no Município do Porto (1974 - 2014): Base de Dados Geográfica, Distribuição Espacial das Ocorrências e Modelação Hidráulica do escoamento Superficial da Rua de Entrecampos*. Dissertação de Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e Ordenamento do Território, Faculdade de Letras da Universidade do Porto, 95 p.
- Ollero Ojeda, A. (2014). *Guía metodológica sobre buenas prácticas en gestión de inundaciones*. Proyecto Sud'eau (SUDOE). Editor: Contrato del río Matarraña, Fundación Ecología y Desarrollo (ECODES), 143 p.
- Paço, N. M. S. (2008). *Estabelecimento de hidrogramas unitários*. Dissertação para obtenção de grau de mestrado em Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico, Lisboa, 123 p.
- Pinter, N. (2005). One step forward, two steps back on U.S. floodplains. *Science*, 308, 207–208.
- Pinter, N., Jemberie, A. A., Remo, J. W. F., Heine, R. A., Ickes, B. S. (2008). Flood trends and river engineering on the Mississippi River system. *Geophysical Research Letters*, 35, L23404, 1-5.
- Portela, M. (2008). *Cheias Fluviais – Conceitos e Modelação. Avaliação e Gestão de Riscos de Inundações Fluviais e Marítimas – Nova Directiva Europeia*, Instituto Superior Técnico, Lisboa.
- Portela, M. (2008a). *Modelação Hidrológica - Texto de apoio à disciplina de Modelação e Planeamento de Recursos Hídricos*, 4º ano do Mestrado Integrado em Engenharia Civil. Lisboa: Instituto Superior Técnico, 106 p.
- Raff, D. A., Pruitt, T., Brekke, L. D. (2009). A framework for assessing flood frequency based on climate projection information. *Hydrology and Earth System Science*, 13, 2119–2136.
- Ramos, C. (2013). Perigos naturais devidos a causas meteorológicas: o caso das cheias e inundações. *e-LP Engineering and Technology Journal*, [S.l.], v. 4, june 2013, 1-16.
- Ramos, C. (2005) *Programa de Hidrogeografia*. Linha de Investigação em Dinâmica Litoral e Fluvial DILIF – 3 Centro de Estudos Geográficos Universidade de Lisboa, Lisboa, 123 p.
- Rebelo, F. (2003). *Riscos Naturais e Acção Antrópica. Estudos e Reflexões*. 2ª edição, Coimbra, Imprensa da Universidade, 286 p.
- Rebelo, F. (1999). *A teoria do risco analisada sob uma perspectiva a geográfica*. Cadernos de Geografia, n.º 18, Coimbra, Universidade de Coimbra, 3-13.
- Rocha, J. (1995) Prevenção de inundações e reabilitação de edifícios em zonas inundáveis. *Territorium: Revista Portuguesa de riscos, prevenção e segurança*. 2 (1995), 11-20.
Disponível em: <https://impactum-journals.uc.pt/territorium/article/view/3608/2826>
- Rodrigues, A. C. (2010). *REN – Reserva Ecológica Nacional. Elaboração de orientações estratégicas de âmbito nacional. Recursos hídricos superficiais*. Relatório. Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, 1-22.

- Rodrigues, R., Brandão, C., Costa, J. Pinto da (2001). *Hidrologia das cheias do Mondego de 26 e 27 de Janeiro de 2001*. Instituto da Água, Direcção dos Serviços de Recursos Hídricos, 1-13.
- Rodrigues, S. P. C. (2017). *Aplicação de metodologias SIG à avaliação da perigosidade de inundação fluvial. O caso da cidade de Tomar (estudos preliminares)*. Relatório de estágio, Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica, Planeamento e Gestão do Território, Instituto Politécnico de Tomar, 138 p.
- Sá, L., Vicêncio, H. (2011). Risco de Inundações: uma Metodologia para a sua Cartografia. *Territorium* 18, Universidade de Coimbra, 227-230.
Disponível em: <https://impactum-journals.uc.pt/territorium/article/view/3123/2375>
- Salomon J. N. (1997). *L'homme face aux crues et aux inondations*, Presses universitaires de Bordeaux, collection Scienteren, 136 p.
- Santos, E. G. (1983). Zonamento de áreas de Inundações. Medidas de planeamento. Previsão de cheias e actuação de emergência. Legislação. *Seminário sobre as cheias de 1983*, Secretaria de estado das obras públicas, Lisboa, 1-17.
- Santos, P. M. P. (2015). *Cheias e inundações: avaliação, impactos e instrumentos para a gestão do risco*. Tese de doutoramento, Doutoramento em Território (Risco e Políticas Públicas), Universidade de Lisboa, Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, 150 p.
- Santos, P. M. P. (2015a). A gestão do risco de inundações em Portugal a partir da transposição da directiva europeia 2007/60/CE. *Revista Electrónica de Investigación e Desenvolvimento*, n.º 4, junho de 2015, 1-12.
- Saraiva, M. G., Carvalho, L. (2009). Risco de Inundação: Metodologia para formulação do indicador Riprocity nº 4. *Congresso Rios e Cidades: Oportunidades para a Sustentabilidade Urbana*, 16 e 17 de fevereiro de 2009, Lisboa, 1-19.
- Schanze, J. (2006). Flood risk management - A basic framework. In: Schanze, J., Zeman, E. & Marsalek, J. (eds.) *Flood Risk Management: Hazards, Vulnerability and Mitigation Measures*. Springer Netherlands, 1-20.
- Schmidt-Thomé, P., Kallio, H., Jarva, J., Tarvainen, T., Greiving, S., Fleischhauer, M., Peltonen, L., Kumpulainen, S., Olfert, A., Barring, L., Persson, G., Relvão, A. M., Batista, M. J. (2006). *Spatial and Technological Hazards in Europe*, ESPON 1.3.1.
- Schmudde, T. H. (1968). Floodplain. In R.W. Fairbridge, *The Encyclopedia of Geomorphology*, New York: Reinhold, 359-362.
- Schröter, K., Kunz, M., Elmer, F., Muehr, B., Merz, B. (2015). What made the June 2013 flood in Germany an exceptional event? A hydro-meteorological evaluation. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 19, 309-327.
- SEC (2010). *Risk Assessment and Mapping Guidelines for Disaster Management*, 21.12.2010 – 1626 final. Brussels, Commission Staff working paper.
- Sene, K. (2013). *Flash Floods: Forecasting and warning*. Springer, 383 p.
- Siqueira, A., Valencio, N., Siena, M., Malagoli, M. A. (Orgs.) (2015). *Riscos de desastres relacionados à água: aplicabilidade de bases conceituais das Ciências Humanas e Sociais para a análise de casos concretos*. São Carlos: RiMa Editora, 528 p.
- Slade, R. M. Jr., Patton, J. (2002). *Major and Catastrophic Storms and Floods in Texas: 215 Major and 41 Catastrophic events from 1853 To September 1, 2002*. U.S. Geological Survey Open-File Report 03–193.
- Smith, K. and Ward, R. (1998). *Floods. Physical Processes and Human Impacts*. Chichester: John Wiley, 382 p.
- Souza, G. M., Romualdo, S. S. (2009). *Inundações Urbanas: A percepção sobre a problemática socioambiental pela comunidade do bairro Jardim Natal Juiz de Fora (MG)*. Simpósio de Geografia, Universidade Federal Fluminense, Brasil, 16 p.

- Strahler, A. N. (1975). *Physical Geography. Wiley international edition*. 4th ed ed. New York: Wiley & Sons, 707 p.
- Thomas, M. C. (2003). Floodplain–river ecosystems: lateral connections and the implications of human interference. *Geomorphology*, 56, 335–350.
- Tucci, C. E. M., da Motta Marques, D. M. L. (2001). *Aspectos institucionais do controle das inundações urbanas. Avaliação e Controle da Drenagem Urbana*, Vol. 2 ed. ABRH, Porto Alegre, 405–419.
- Turkington, T., Korbinian, B., Janneke, E., Dinand, A., Victor, J. (2016). A new flood type classification method for use in climate change impact studies, *Weather and Climate Extremes*, Volume 14, 2016, 1-16,
- Ulbrich, U., Brücher, T., Fink, A. H., Leckebusch, G. C., Krüger, A., Pinto, J. G. (2003). The central European floods of August 2002: Part 1 – Synoptic causes and considerations with respect to climate change. *Weather* 58, 434-442.
- Ulbrich, U., Brücher, T., Fink, A. H., Leckebusch, G. C., Krüger, A., Pinto, J. G. (2002). The central European floods of August 2002: Part 1 – Rainfall periods and flood development. *Weather* 58, 371–377.
- UNISDR (2009). *UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction*. In: Nations, U. (ed.). Geneva, Switzerland: United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR), 35 p.
- UNISDR (2004). *Living with Risk. A global review of disaster reduction initiatives*. United Nations International Strategy for Disaster Reduction Secretariat (UNISDR), ed. New York and Geneva: United Nations, 429 p.
- US ARMY CORPS OF ENGINEERS (1965). *Standard project flood determination. Engineer Manual 1110-2-1411*, Department of the Army U.S. Army Corps of Engineers, Washington, DC, 37 p.
- US GEOLOGICAL SURVEY (USGS) (2016). Flood Definitions. Kansas Water Science Center, acessado a 10 de maio 2018, <http://ks.water.usgs.gov/~ood-de-nitions>.
- Vos, F., Rodriguez, J., Below, R., Guha-Sapir, D. (2010). *Annual disaster statistical review 2009: the numbers and trends*. Brussels, Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, 46 p.
- WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION (2010). *Climate change, extreme weather events and public health. Meeting report*, Bonn, , World Health Organization, Regional Office for Europe, 37 p.
- Wirasinghe, S. C., Caldera, H. J., Seneviratne, S. W., Ruwanpura, J. Y. (2013). Preliminary Analysis and Classification of Natural Disasters. *Proceedings of the 9th International Conference of the International Institute for Infrastructure, Renewal and Reconstruction*, Queensland University of Technology, Brisbane, Australia, July 2013, Volume: Section B1.2, 11 p.
- WMO (2013). *Risk Sharing in Flood Management*. APFM Technical Document No. 8, Flood Management Tools Series, Associated Programme on Flood Management (APFM), Geneva, 56 p.
- WMO (2012). *International glossary of hydrology = Glossaire international d'hydrologie = International glossary of hydrology (Russian version) = Glosario hidrológico internacional*, WMO-No. 38,5, UNESCO, World Meteorological Organization (WMO), 471 p.
- WMO (2006). *Social Aspects and Stakeholder Involvement in Integrated Flood Management*. APFM Technical Document No. 4, Flood Management Policy Series (World Meteorological Organization - No.1008), Associated Programme on Flood Management (APFM), Geneva, 100 p.
- WMO/UNESCO - World Meteorological Organization/United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (1974). *Panel on Terminology. International Glossary of Hydrology = Glossaire International d'Hydrologie = [Mezhdunarodny Gidrologicheski Slovar'] = Glosario Hidrológico Internacional*. Geneva: Secretariat of the World Meteorological Organization, 393 p.
- Wolman, M. G., Leopold, L. B. (1957). *River Flood Plains: Some Observations on Their Formation*, U.S. Geological Survey Professional Paper, 282C, 87–109.

- WORLD HEALTH ORGANIZATION. REGIONAL OFFICE FOR EUROPE, Menne, B., Murray, V. (2013). *Floods in the WHO European Region: Health effects and their prevention I* edited by Bettina Menne and Virginia Murray. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe. 146 p.
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (2017). *Community-based flood management. Integrated Flood Management. Tools Series No.4 version 2.0*, issue 4, may 2017, Associated Programme on Flood Management (APFD), Geneva, 86 p.
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (2016). *Public Perception_of Flood_Risk and_Social Impact Assessment. Integrated Flood Management Tools Serie*, issue 25 january 2016., Associated Programme on Flood Management (APFD), Geneva, 66 p.
- Wright, J. (2008). Chapter 2: Types of Floods and Floodplains. *Federal Emergency Management Agency*, Emergency Management Institute, p 1-32.
- Zêzere, J. L., Pereira, A. R., Morgado, P. (2005). *Perigos Naturais e Tecnológicos no território de Portugal Continental*, Centro de Estudos Geográficos, Universidade de Lisboa, 1-17.

(Página deixada propositadamente em branco)