

LUCIANO LOURENÇO
(COORDS.)

IMPRESA DA
UNIVERSIDADE
DE COIMBRA
COIMBRA
UNIVERSITY
PRESS

GEOGRAFIA, CULTURA E RISCOS

LIVRO DE HOMENAGEM AO
PROF. DOUTOR ANTÓNIO PEDROSA



**AS INUNDAÇÕES FLUVIAIS NO BRASIL:
IMPORTÂNCIA DO DESENVOLVIMENTO DE
UNIDADES DINÂMICAS DE AVALIAÇÃO DE RISCOS
(UDAR) PARA A SUA GESTÃO**

**THE RIVER FLOODING IN BRAZIL: THE IMPORTANCE
OF THE DEVELOPMENT OF DYNAMIC RISK ASSESSMENT
UNITS (UDAR) FOR ITS MANAGEMENT**

†Antônio de Sousa Pedrosa

Universidade Federal de Uberlândia - UFU, CEGOT

Sumário: As inundações fluviais têm um impacto acrescido sobre as populações que habitam as planícies de inundação dos rios, que com períodos de retorno variáveis, são alagadas por caudais de cheia de dimensões diversas. O avanço da urbanização nas áreas de inundação natural dos rios induz um incremento significativo da frequência e magnitude das inundações. No Brasil este risco é dos mais significativos, possuindo consequências dramáticas sobre as populações, principalmente as de menores recursos. Neste trabalho tratamos da importância de criar Unidades Dinâmicas de Avaliação de Riscos (UDAR), tendo como unidade territorial as bacias hidrográficas, de modo que permita fazer uma gestão integrada dos riscos de inundação. Esta tem como objetivo possibilitar uma prevenção eficaz deste tipo de risco, ao mesmo tempo em que irá permitir tomada de decisão no sentido de minimizar as consequências das inundações fluviais.

Palavras-chave: Inundações, avaliação de riscos, ordenamento territorial, bacias hidrográficas.

Abstract: River floods have an added impact on populations that inhabit the flood plains of rivers which, having variable return periods, are flooded by high water levels of various dimensions. The advance of urbanization in the areas of natural flooding of rivers induces a significant increase in the frequency and magnitude of floods. In Brazil, this risk is the most significant, having dramatic consequences on populations, especially those with fewer resources. This paper will deal with the importance of creating Units of Dynamic Risk Assessment (UDAR), with the territorial unit watersheds in order to allow an integrated management of flood risks. This aims to enable the effective prevention of such risk, while it will allow decision making to minimize the consequences of river flooding.

Keywords: River floods, risk assessment, land use planning, watersheds.

As inundações como um dos processos mais comuns de riscos naturais no Brasil

As inundações são o mais comum de todos os riscos naturais. Todos os anos as inundações são responsáveis pela perda de 20.000 vidas humanas e causam danos a cerca de 75 milhões de pessoas em todo o mundo. De referir que no Brasil durante o período de 1900 a 2011 as cheias corresponderam a 52% dos desastres naturais evidenciando-se, deste modo, como os predominantes. A TABELA I que mostra a totalidade dos desastres naturais que afetaram o Brasil no século XX, acaba por reforçar a ideia que apresentamos. É igualmente o risco natural que maior número de mortes provocou (7634) correspondendo a mais de 60% dos óbitos ocorridos reportados a desastres naturais. É ainda um dos desastres que mais afeta diretamente um número elevado de pessoas. Para este período foram estimadas mais de 21 milhões de pessoas afetadas o que corresponde a cerca de 28% do número de pessoas atingidas pelos principais desastres naturais ocorridos no Brasil. O elevado grau de perdas (vidas

humanas e bens materiais) causadas pelas inundações deve-se à grande difusão geográfica dos leitos de cheia, bem como, à forte atratividade destas áreas para a fixação humana.

TABELA I - Os desastres naturais no Brasil entre 1900 e 2010 e suas consequências em número de mortos e pessoas afetadas.

TABLE I - Natural disasters in Brazil between 1900 and 2010 and its consequences in deaths and affected people.

Desastre Natural		N.º de Ocorrências	Mortos	Pessoas afetadas
Tipo	Sub-tipo			
Seca	Seca	16	20	47812000
Terramoto	Terramoto	2	2	23286
Epidemia	Não especificada	2	303	235
	Doenças bacterianas infecciosas	5	1696	45893
	Doenças infecciosas virais	9	218	1936248
Temperaturas extremas	Vaga de frio	5	154	600
	Onda de calor	3	201	
Cheias / Inundações	Não especificada	51	4016	8155931
	Cheias rápidas	7	591	245331
	Inundações fluviais	58	3027	12926494
Infestação por insectos	Não especificada	1		2000
Movimentos em massa	Deslizamento	23	1656	4237484
Tempestade	Não especificada	7	277	50076
	Ciclone extratropical (tempestade de Inverno)	1	3	1600
	Tempestade local	8	66	11356
	Ciclone Tropical	1	4	150060
Incêndios / Fogos florestais	Incêndio florestal	1		
	Incêndio do cerrado/pastagens	2	1	12000
Total		202	12235	75610594

Fonte: EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database. www.em-dat.net - Université Catholique de Louvain - Brussels – Belgium. *Source: EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database. www.em-dat.net - University Catholique de Louvain - Brussels – Belgium.*

A disseminação do risco de inundação: causas, impactos e estratégias de gestão do risco.

Nos dois últimos séculos, desenvolveram-se nas planícies de inundação dos cursos de água importantes aglomerados urbanos, em relação com os quais proliferaram a indústria e o comércio. O forte poder de atração destas áreas sobre as mais diversas atividades humanas decorre dos benefícios locativos que lhes são intrínsecos, como por exemplo, a fertilidade dos solos e a facilidade de edificação oferecida pelo relevo pouco acidentado, ou ainda as boas acessibilidades que geralmente lhes estão associadas.

Em muitos países, na ausência de alternativas, as classes sociais menos favorecidas, são forçadas a viver em situações de risco: não têm outra opção senão tentar sobreviver em locais onde a probabilidade de ocorrência de inundações é muito elevada. De facto, a vulnerabilidade às inundações é influenciada pelo próprio estrato social (Parker, 2000; Tucci *et al.*, 2003; Pereira, 2005).

O incremento das perdas originadas pelas inundações, apesar, do cada vez maior investimento em sistemas de proteção, só pode ser explicado por dois tipos de razões:

- i) O aumento da frequência e magnitude das inundações devido a causas físicas-naturais, como por exemplo, alterações nos fatores hidro-meteorológicos;
- ii) O aumento da vulnerabilidade do Homem face à ocorrência de inundações como consequência de uma ocupação crescente das planícies de inundação. É consensual que a contínua invasão das planícies de inundação está na base da tendência de agravamento das perdas devidas às inundações. A ocupação generalizada das planícies de inundação é o resultado da crença que os benefícios locativos superam os riscos.

As perdas mais frequentes motivadas pelas inundações fluviais são os danos físicos da propriedade, especialmente quando afetam áreas urbanas. Verificam-se também consequências secundárias associadas ao declínio do valor do património imobiliário após a ocorrência das cheias. Os danos causados nas culturas agrícolas, nas produções pecuárias e nas infraestruturas agrícolas podem de igual modo, ser importantes nas áreas rurais.

Para além dos óbitos por afogamento, as inundações provocam indiretamente um aumento da mortalidade, pelo facto de criarem condições propícias à propagação de doenças epidémicas, tais como a cólera, a malária, a febre-amarela ou as doenças respiratórias. As dificuldades de alojamento e alimentação, a degradação das condições higiénico – sanitárias e a multiplicação de insetos nas águas estagnadas são fatores que potenciam a disseminação de doenças.

Ao longo da segunda metade do século passado, verificaram-se significativas mudanças na forma de encarar o fenómeno das inundações (Gardiner, 1995; Tucci, *et al.*, 2001). Desde os anos trinta até à década de sessenta a atitude prevalecente foi o controle físico das cheias por meio da construção de estruturas de engenharia. A partir dos anos sessenta as medidas estruturais começaram a perder importância. A nova estratégia de mitigação do risco de inundação orientou-se para a redução da vulnerabilidade, através do planeamento do uso da terra e ordenamento do território, da concepção de sistemas de alerta às populações e, ainda, do recurso às seguradoras.

Há uma consciência crescente, por parte de académicos e políticos que o risco de inundação é originado não apenas pela dinâmica fluvial, mas, sobretudo, pela “errónea” localização das pessoas e suas atividades, que se foram fixando em áreas onde se verifica uma forte susceptibilidade à ocorrência de inundações fluviais.

Nasce assim uma abordagem diferente do fenómeno das inundações designado pelo Wisner *et al.* (2004) de modo sintético e expressivo: “*living with floods*”; principiando por procurar compreender a dinâmica fluvial e o regime dos rios em relação com o ambiente envolvente mais vasto (Wisner *et al.*, 2004; Kidson & Richards, 2005).

Esta abordagem tem subjacente o reconhecimento que, dos rios, das suas margens e das suas planícies de inundação provêm valiosos “*serviços ecológicos*”, que foram gradualmente perdidos com a construção de estruturas de controle das inundações. Está igualmente implícita a aceitação de que as planícies de inundação podem ser inadequadas para a implementação de determinadas atividades humanas, nomeadamente a edificação.

A constituição de Unidades Dinâmicas de Avaliação de Riscos de Inundação

Porém, em muitos locais do globo e especificamente no Brasil as planícies de inundação continuam sujeitas a uma forte pressão para ocupação pelas mais diversas atividades humanas.

Por esta razão, tem sido atribuída grande ênfase ao desenvolvimento de técnicas de previsão da ocorrência das inundações, de modo a permitir o bom funcionamento dos sistemas de alerta. Uma importante inovação neste domínio são os *Sistemas Integrados de Previsão de Cheias em Tempo Real*. Estes sistemas consistem num conjunto componentes que, incrementam a capacidade de quantificação, das precipitações e de previsão de cheias em tempo real e com maior rigor científico. Integram ferramentas tecnológicas que permitem realizar a aquisição e o processamento de dados; modelos e previsões meteorológicas e hidrológicas; análise das previsões e a dinamização de sistemas de alerta. O seu bom funcionamento depende ainda da ajuda de *Sistemas de Apoio à Decisão* e de *Sistemas de Informação Geográfica (SIG'S)*. Os *Sistemas Integrados de Previsão de Cheias em Tempo Real* são vistos como uma resposta auspiciosa à crescente vulnerabilidade face ao risco de inundação (Wagener, *et al.*, 2001; Overton, 2005; Pedrosa & Faria, 2005).

A maioria das inundações fluviais apresenta um padrão repetitivo. São por isso, um “*risco conhecido*” (White, 1942, apud Wisner *et al.*, 2004) e, de certo modo, esperado.

O estudo de uma bacia deve fazer-se uma forma integrada. “*A bacia fluvial foi considerada uma unidade geomorfológica fundamental [...] que se pode caracterizar por parâmetros morfométricos - a extensão e a forma da bacia (determinando a quantidade de precipitação e a insolação recebidas), o declive (determinando a rapidez do escoamento), e a densidade de drenagem (responsável pela eficiência do escoamentos)*” e por isso o geomorfólogo fluvial “*passou de um estudo dedutivo qualitativo, a um trabalho quantitativo, rigoroso*”(Coelho, 1984).

A bacia hidrográfica tem de ser entendida como um sistema aberto, cujo input se dá pela ação climática através dos seus elementos fundamentais como a temperatura e precipitação resultando, após a dinâmica dos componentes e

trocas de energia, em sedimentos e solutos funcionando estes como output do sistema (Marques & Pedrosa, 1990; Silveira, 2007). Este tipo de análise permite compreender as implicações das diversas alterações que se podem processar na área da bacia hidrográfica já que é entendida como um sistema dinâmico e inter-relacionado cujas trocas de energia levam a sistemáticas reorganizações do sistema.

Deste modo propomos a criação de Unidades Dinâmicas de Avaliação de Riscos de Inundação, de modo a que se faça a sua gestão integrada tendo como base as bacias hidrográficas.

A constituição deste tipo de sistema de informação pretende promover o desenvolvimento e a criação de uma estratégia articulada de prevenção de riscos de inundação a diferentes escalas, temporais e espaciais pretendendo-se uma articulação entre os diversos níveis institucionais (defesa civil, político), e os responsáveis pela avaliação técnica e científica dos riscos. O objetivo é conseguir um planeamento preventivo que só pode ser alcançado por sistemas eficazes de prevenção dos desastres naturais, neste caso as inundações fluviais, através do desenvolvimento de ferramentas de planeamento e gestão de crises para a defesa civil, apoiadas num sistema dinâmico de informação geográfica.

Deste modo associam-se duas dimensões fundamentais integradas num processo de gestão dos riscos naturais: a pesquisa científica combinada com a aplicação de novas metodologias e técnicas de gestão de risco (Pedrosa, 2012).

A dimensão pesquisa tem como objetivo contribuir para a compreensão dos fenómenos hidro-metereológicos e hidrogeomorfológicos, aperfeiçoando o conhecimento científico sobre o comportamento dos fatores que estão na sua origem tendo como objetivo melhorar a eficácia na gestão do risco de inundação fluvial.

Pode ainda contribuir para a compreensão das diferentes dimensões do conceito de risco de inundação permitindo, igualmente o desenvolvimento de novas metodologias de análise e aplicações dinâmicas que permitam a realização de uma avaliação sistemática dos riscos. Uma das finalidades será a emissão de alertas em tempo real de modo a prevenir as populações ribeirinhas dos picos de cheia, ao mesmo tempo, que poderá fornecer às instituições públicas meios (ferramentas/elementos/dados) efetivos para que a gestão e ordenamento do

território se faça no sentido de minimizar os efeitos catastróficos que os riscos de inundação acarretam.

Deste modo, a criação de unidades deste tipo, só faz sentido dentro de uma estratégia de cooperação entre as instituições de pesquisa e as entidades responsáveis pela gestão territorial em várias escalas.

A constituição em ambiente SIG de uma *Unidade Dinâmica de Avaliação de Riscos de Inundação* (fig.1) para a gestão das bacias hidrográficas deverá compreender:

- i) Uma base de dados histórica que será importante como memória já que registra as principais inundações históricas sobre a bacia hidrográfica;
- ii) Diversos tipos de cartografia básica (topografia, geologia, solos) e temática (geomorfologia, declives, exposição de vertentes, uso de terra) sobre a bacia hidrográfica;
- iii) Sistema de drenagem e análise morfométrica da bacia;
- iv) Localização das diversas atividades humanas desenvolvidas na bacia (agricultura, exploração mineira, cidades...povoamento, infraestruturas nomeadamente as relacionados com o sistema de transporte);
- v) Base de dados georeferenciada sobre diversas características demográficas, assim como elementos socioeconômicos relevantes associados à população;
- vi) Dados hidro-climáticos - precipitação, temperatura, vazão.

São todos estes elementos que vão contribuir para uma análise que permitirá a definição das áreas de risco de ocorrência de inundação à escala temporal e espacial, ajudando a definir quais os fatores de susceptibilidade e de vulnerabilidade mais relevantes da bacia hidrográfica para o qual, o sistema, foi constituído.

É também uma forma de registar e acumular dados sobre eventos meteorológicos extremos, nomeadamente fenómenos de precipitação intensa (de longa duração ou com uma alta concentração no tempo e no espaço), que podem induzir inundações fluviais e/ou urbanas ou desencadear outro tipo de processos que lhes estão associados como diversos tipos de movimentos de vertentes.



Fig. 1 - Fluxograma Avaliação de Riscos.

Fig. 1 - Flowchart of Risk Assessment.

É, assim, um instrumento fundamental para determinar a probabilidade de ocorrência de inundações, já que se vai mostrar essencial para melhorar o conhecimento científico entre a relação dos fenômenos climáticos e os processos hidrogeomorfológicos potencialmente perigosos, tendo em conta os impactos dos eventos climáticos extremos.

Conclusão

O campo da pesquisa sobre os fenômenos climáticos e meteorológicos, principalmente relacionados com fenômenos extremos, é fundamental para o entendimento dos processos e mecanismos das inundações de modo a permitir uma prevenção atempada do fenômeno e, permitindo uma previsão mais precisa e precoce de eventos atípicos e perigosos. Neste âmbito, é importante

o conhecimento da circulação atmosférica local e regional, de forma a determinar rapidamente quais as alterações que permitem prever da ocorrência de tempestades, potencialmente perigosas, em dimensão e tempo e sua relação com os principais elementos climáticos mais representativos. A pesquisa científica sobre este assunto deve ser realizada através da análise combinada de dados históricos de eventos climáticos extremos e, os registros de eventos de inundação e, por um monitoramento constante e atualizado das condições meteorológicas.

Em síntese o desenvolvimento de uma *Unidade Dinâmica de Avaliação de Riscos de Inundação*, pode contribuir para:

- i) Desenvolvimento de um SIG que permita a avaliação dinâmica dos riscos de inundação, numa bacia hidrográfica, através da atualização contínua de informações, sobre condições meteorológicas e de monitoramento em tempo real da evolução dos fenômenos naturais extremos;
- ii) Melhor compreensão dos sistemas de circulação atmosférica e da recorrência de situações sinóticas que, explicam a ocorrência dos fenômenos meteorológicos, que podem explicar as inundações fluviais. Este facto é possível já que o sistema integra informação alfanumérica e georeferenciada sobre as condições meteorológicas, fatores de susceptibilidade territoriais e socioeconômico de vulnerabilidade aos riscos. Contribui, assim, para a melhoria da capacidade de prisão dos fenômenos climáticos extremos;
- iii) Analisar a vulnerabilidade humana e ambiental perante os processos de inundação, com objetivo de compreender os fatores condicionantes, sua quantificação, monitoramento e definição de estratégias que visem a sua redução;
- iv) Emissão de alertas pela Defesa Civil de uma forma eficaz que permita que as populações que poderão ser afetadas possam proteger-se a tempo.

Referências bibliográficas

- Coelho, Celeste Alves (1984). Morfometria das bacias fluviais do Maciço Antigo: Norte de Portugal; *Livro de Homenagem a Orlando Ribeiro*, C.E.G., Lisboa, 1º volume, p. 297-304.
- Gardiner, John, Ödön Starosolszky, Vujica Yevjevich (1995). *Defense from floods and floodplain management*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Kidson, R., Richards, K.S. (2005). Flood frequency analysis: assumptions and alternatives, *Progress in Physical Geography* 29, 3, Edward Arnold (Publishers) Ltd, p. 392-410.
- Marques, B. S., Pedrosa, A. S. (1990). Aspectos Geomorfológicos da Bacia do Douro. *Observatório. Vila Nova de Gaia: Câmara municipal de V. N. de Gaia*, v.1. p.163 - 177
- Overton, I. C. (2005). Modelling Floodplain Inundation On A Regulated River: Integrating Gis, Remote Sensing And Hydrological Models, *River Res. Applic. 21* Published online in Wiley InterScience. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1002/rra.867>, p. 991-1001.
- Parker, Dennis J. (2000). *Floods*. 2.º volume, London, Routledge, 317p.
- Pedrosa, A. S. (2012). O geógrafo como técnico fundamental no processo de gestão dos riscos naturais. *Boletim Goiano de Geografia*, v.32, p. 11-30.
- Pedrosa, A. S., Faria, R. (2005). Aplicação SIG na elaboração de cartografia temática de base para a Bacia Hidrográfica do Rio Uíma – Santa Maria da Feira. XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2005, São Paulo. *Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada* (2005). São Paulo: Universidade de São Paulo, v.9. p.1 – 13.
- Pedrosa, A. S. (2012). A dinâmica geomorfológica das vertentes e suas implicações nas infraestruturas rodoviárias: alguns exemplos no Norte de Portugal. *Geografia Ensino & Pesquisa*, v. 16, p. 71-81.
- Pereira, A. (2005). *O Risco de Inundação Urbana no concelho de Matosinhos: Contributo para a avaliação da susceptibilidade e para o diagnóstico dos factores condicionantes*. Trabalho de estágio apresentado á câmara Municipal de Matosinhos, FLUP, Porto, 218p.
- Silveira, C. Taborda. (2007). Análise da dinâmica da bacia hidrográfica do rio Iraí (PR): Processos de erosão, deslizamentos e enchentes. *Geografar*, Curitiba, v. 2, Resumos do VI Seminário Interno de Pós-Graduação em Geografia, p. 13-13.
- Tucci, C. E. M. (2001). *Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre, Editora ABRH, 943p.
- Tucci, C. E. M., Berton, J. C. (2003). Urbanización. In: Tucci, C.E. M., Berton, J.C. (Org). *Inundações Urbanas na América do Sul. Porto Alegre*: Associação Brasileira de Recursos Hídricos.
- Wagner, Thorsten, Douglas P. Boyle, Matthew J. Lees, Howard S. Wheeler, Hoshin V. Gupta, Soroosh Sorooshian (2001). A framework for development and application of hydrological models, *Hydrology and Earth System Sciences*, 5(1), p.13-26.
- Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I. (2004). *At risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters*, 2.ª edição, Londres: Routledge.