

**AS GRANDES CHEIAS DE PONTE DE LIMA
UMA ABORDAGEM METODOLOGICA A ANALISE DO RISCO DE INUNDAÇÃO
NA PERSPECTIVA DA DIRECTIVA RELATIVA A AVALIAÇÃO E GESTÃO DOS
RISCOS DE INUNDAÇÃO**

Francisco da Silva Costa,
Universidade do Minho
costafs@geografia.uminho.pt.

Joaquim Mamede Alonso,
Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Viana do Castelo,
malonso@esa.ipvc.pt.

Gilles Arnaud-Fassetta,
CNRS (UMR 8591, LGP Meudon), France,
gilles.arnaud-fassetta@u-pec.fr.

Andréa Marques,
Université Paris-Est Créteil Val-de-Marne (Paris 12), France,
andreamarques31@gmail.com.

EIXO TEMATICO : RISCOS, SOCIEDADE E FENOMENOS DA NATUREZA

RESUMO

A partir do estudo das grandes cheias do rio Lima, pela sua passagem na vila de Ponte de Lima, pretende dar-se um contributo sobre alguns aspectos metodológicos a considerar no cumprimento da Directiva 2007/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro de 2007, que tem, por objectivo, “reduzir o risco e as consequências negativas das inundações na União Europeia”.

PALAVRAS CHAVES

Directiva 2007/60/CE, cheias, grau de exposição.

ABSTRACT

From the study of the major floods of the river Lima, for their passage in the town of Ponte de Lima, is intended to give a contribution on some methodological aspects to be considered in compliance with Directive 2007/60/EC of the European Parliament and the Council of 23 October 2007, which has for objective to "reduce the risk and adverse consequences of floods in the European Union."

KEY-WORDS

Directive 2007/60/EC, floods, degree of exposure.

INTRODUÇÃO

A posição comum aprovada pelo Conselho em 23 de Novembro de 2006, tendo em vista a aprovação de uma directiva do Parlamento Europeu e do Conselho relativa a avaliação e gestão dos riscos de inundações, pressupõe que “as cheias são fenómenos naturais que não podem ser evitados” e reconhece a necessidade de reduzir o risco de consequências prejudiciais associadas às inundações, especialmente para a saúde e a vida humanas, o ambiente, o património cultural, as actividades económicas e as infra-estruturas.

PONTO DE PARTIDA: A DIRECTIVA 2007/60/CE RELATIVA À AVALIAÇÃO E GESTÃO DOS RISCOS DE INUNDAÇÕES (DAGRI)

A Directiva 2007/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro de 2007, tem por objectivo elaborar um quadro para a avaliação e a gestão dos riscos ligados às inundações para a saúde humana, o ambiente, o património cultural e as actividades económicas. Exigirá uma avaliação inicial dos riscos de inundações, a cartografia das inundações em todas as zonas com risco significativo de inundações, a coordenação no interior de bacias hidrográficas comuns e a elaboração de planos de gestão dos riscos de inundações graças a um amplo processo de participação.

A fim de dispor de um instrumento de informação eficaz, bem como de uma base valiosa para estabelecer prioridades e para tomar decisões técnicas, financeiras e políticas ulteriores em matéria de gestão de riscos de inundações, a DAGRI reconhece a necessidade da elaboração de cartas de zonas inundáveis e de cartas de riscos de inundações indicativas das potenciais consequências prejudiciais associadas a diferentes cenários de inundações.

A DAGRI refere-se ao conceito de «inundações» como “ a cobertura temporária por água de uma terra normalmente não coberta por água. Inclui as cheias ocasionadas pelos rios, pelas torrentes de montanha e pelos cursos de água efémeros mediterrânicos, e as inundações ocasionadas pelo mar nas zonas costeiras, e pode excluir as inundações com origem em redes de esgotos.”

Tendo por base esta definição, a avaliação preliminar dos riscos de inundações prevista na DAGRI é realizada a fim de fornecer uma avaliação dos riscos potenciais e deverá incluir vários elementos, entre os quais as cartas da região hidrográfica à escala apropriada, uma descrição e avaliação das inundações ocorridas no passado que tenham tido impactos negativos importantes e uma avaliação das potenciais consequências prejudiciais das futuras inundações para a saúde humana, o ambiente, o património cultural e as actividades económicas. Neste âmbito, devem ser consideradas, tanto quanto possível, o impacto das alterações climáticas na ocorrência de inundações, bem como questões relacionadas com a topografia, a posição dos cursos de água e as suas características

hidrológicas e geomorfológicas gerais, incluindo as planícies aluviais enquanto zonas de retenção natural, a eficácia das infra-estruturas artificiais existentes de protecção contra as inundações, e a dinâmica, a longo prazo, das populações e das actividades económicas.

UM CONTRIBUTO METODOLÓGICO PARA O ESTUDO DAS INUNDAÇÕES EM PONTE DE LIMA

O interesse no conhecimento do regime de cheias e das zonas de inundações, bem como os processos que as condicionam, sempre foi uma área privilegiada de investigação em geografia física (Sobrinho, A. S., 1985, Pedrosa et Costa, 1999, Saraiva, M. G. A. N., 1999). Infelizmente, em relação ao Rio Lima, incluindo as inundações de Ponte de Lima, os estudos ainda estão em fase inicial.

Ponte de Lima é uma vila portuguesa no Distrito de Viana do Castelo, região Norte e sub-região do Minho-Lima, com cerca de 2 800 habitantes. É caracterizada pela sua arquitectura medieval e pela área envolvente, banhada pelo Rio Lima.

A BH do rio Lima ocupa uma área de cerca de 2470 km², dos quais cerca de 1140 km² (46%) em território português, integra-se na Região Hidrográfica 1 – Minho e Lima (PTRH1) (Decreto-Lei n.º 347/2007, de 19 de Outubro) e pertence à jurisdição da Administração da Região Hidrográfica do Norte (ARH do Norte, I.P.). O rio Lima nasce em Espanha, na Serra de S. Mamede a cerca de 950 m de altitude, percorrendo 41 km até entrar em território português no vale criado pela Serra do Gerês e da Peneda, percorre então 67 km até desaguar em Viana do Castelo.

Identificação das zonas com riscos potenciais significativos de inundações

A DAGRI aponta a identificação e avaliação das zonas com riscos potenciais significativos de inundações, a partir dum conjunto de informações:

- (i) Testemunhos históricos e referências jornalísticas. Destacam-se aqui os jornais locais, dos mais antigos e até centenários até aos mais recentes: o jornal local «O povo do Lima» e a revista anual «O anunciador das «feiras novas»», a revista bimestral «Limiana», assim como várias passagens em obras de autores locais. A consulta destes jornais e de outras fontes documentais permite a recolha de notícias associadas às cheias, nomeadamente aquelas que afectaram de forma mais significativa a vila de Ponte de Lima e estabelecer uma cronologia dos principais acontecimentos ligados às inundações. Existem outros elementos a ter em conta e a recolher, nomeadamente os registos fotográficos ou alguns aspectos da arquitectura local, e mesmo os relatos dos habitantes locais mais afectados, através de entrevistas e inquéritos.
- (ii) Marcas de cheias. São várias as placas que marcam o nível da altura das principais inundações que afectaram o centro histórico de Ponte de Lima. Está datada na Torre da Cadeia antiga, a alturas das cheias de 11 de Dezembro de 1909 e 15 de Novembro de 1987. Dados relativos às cotas alcançadas

pelas últimas cheias conhecidas foram recolhidos através de um distanciómetro por laser, a 27 de Janeiro de 2009 em Ponte de Lima (Tabela 01).

Tabela 01 – Cotas das cheias de 1909 e 1987 recolhidas através de um distanciómetro por laser, a 27 de Janeiro de 2009 em Ponte de Lima.

Ponte de Lima	Cheia: 15/10/1987	5,65 m
	Cheia: 22/12/1909	7,15 m

A montante da vila, estão localizadas duas escalas hidrométricas em pontes que atravessem o rio e que hoje se encontram desactivadas.

(iii) Registos hidrométricos. Os registos relativos aos caudais são, sem dúvida, fundamentais na descrição e na explicação dos regimes de cheia, sendo necessário encontrar séries suficientemente longas em termos temporais nas estações hidrométricas do rio Lima. A consulta descritiva das cheias, com base nos dados hidrométricos, isto é, a análise dos caudais médios diários, dos máximos diários instantâneos e dos valores referentes às influências integrais mensais permite calcular vários índices, nomeadamente a estimativa dos picos de caudais de cheia e à sua frequência de ocorrência em cada secção transversal considerada (PEDROSA e COSTA, 1999).

(iv) Registos pluviométricos. A bacia hidrográfica do rio Lima tem duas estações principais em Ponte da Barca e Ponte de Lima, com dados da precipitação diária e mensal. Compreender o comportamento hidrológico de uma cheia implica conhecer as variações sazonais, no decorrer do ano, que são claramente exprimidas pelas variações dos caudais diários e mensais. Desta forma, os registos destas duas estações proporcionam uma melhor compreensão do regime de inundações em relação a todas as variáveis climáticas de interesse directo para os processos de drenagem do rio, destacando-se a precipitação (PEDROSA e COSTA, 1999).

(v) Informações da Protecção Civil. O Plano Municipal de Emergência deve assumir neste contexto um papel importante, quer na identificação dos factores de risco e delimitação das áreas de vulnerabilidade, quer na definição do organograma da protecção civil ao nível local (Costa, 2009).

A protecção civil assume-se como uma actividade multidisciplinar e plurisectorial que tem como objectivo prevenir os acidentes graves e limitar ou anular os seus efeitos devastadores.

Em Dezembro de 2000, realizou-se um exercício, a VALIMEX 2000, promovido pela Associação dos Municípios do Vale do Lima (VALIMA), com base num cenário de catástrofe originado por uma intensa e prolongada precipitação acompanhada de ventos fortes, e levando a inundações, corte de estradas, falhas de energia eléctrica bem como deslizamentos de terra.

Existem diversos sistemas de monitorização dos riscos meteorológicos et hidrológicos, entre os quais destacamos o Sistema de Prevenção Meteorológico do Instituto de Meteorologia (situações meteorológicas desfavoráveis) e o Sistema de Vigilância e Alerta dos Recursos Hídricos do Instituto da Água (inundações).

Os relatórios de ocorrência dos Bombeiros locais são também importantes fontes de informação, nomeadamente na parte que diz respeito à descrição da cheia e mecanismos de alerta e defesa contra as inundações.

(vi) A carta das zonas inundáveis. A elaboração de uma carta de zonas inundáveis envolve um conjunto de estudos e análises específicas, enquadradas genericamente no campo dos estudos hidrológicos, em que a análise das condições hidrológicas é efectuada tendo em conta as características morfológicas das zonas diferenciadas da respectiva área em análise.

A DAGRI prevê cartas de zonas inundáveis terminadas até 22 de Dezembro de 2013 para os seguintes cenários:

- a) reduzida probabilidade de inundações ou cenários de eventos extremos;
- b) probabilidade média de inundação ($T > 100$ anos);
- c) alta probabilidade de inundação.

A carta de inundações implica a introdução de alguns conceitos dos quais destacamos o cálculo do grau de exposição e a delimitação da área afectada.

O grau de exposição de uma comunidade - GE - (a maior ou menor proximidade das linhas de água) deve efectuar-se através de parâmetros quantitativos: – nº de habitantes, tipo e nº de actividades económicas potencialmente afectadas entre outros, e depois avaliado numa escala qualitativa (Tabelas 02 e 03).

Tabela 02 – Indicadores a ter em conta no grau de exposição. (INAG, 2009)

Indicadores	Graus de Exposição (GE)		
	Baixa	Média	Alta
1. Populacional afectada (hab)	<1000	1000-3000	>3000
	1	2	3
2. Tipo e nº de actividade económica afectada	Agr.	Agr.+Ser.	Agr.+Ser.+Ind.
	1	2	3
3. Tipo e nº de Património natural afectado (ICN)*	MN+PP	Pn+Rn+PP	RMR+PN+Pn
	1	2	3
4. Tipo e nº de Património cultural afectado (IPPAD+IPA)**	IIM	IIP+IIM	PM+MN
	1	2	3
5. nº e extensão Zonas Sensíveis (Directiva Subst. Perigosas)	1	2	3
6. nº e extensão Zonas Vulneráveis (Directiva Nitratos)	1	2	3

* Categorias: Rede Mundial de Reservas da UNESCO (RMR); Parque Nacional (PN); Parque Natural (Pn); Reserva Natural (Rn); Paisagem Protegida (PP); Monumento Natural (MN)

** Categorias: Património Mundial (PM), Monumento Nacional (MN); Imóvel de Interesse Público (IIP); Imóvel de Interesse Municipal (IIM)

Tabela 03 – Avaliação final do grau de exposição. (INAG, 2009)

Avaliação Final	Graus de Exposição
Baixa	Inferior a 8
Média	entre 8 e 14
Alta	Superior a 14

Em relação a Ponte de Lima, a única referência cartografada existente sobre áreas inundáveis está no mapa de condicionantes do Plano Director Municipal onde são definidas as zonas inundáveis em caso de cheias.

A área urbana de Ponte de Lima mais afectada por inundações situa-se principalmente na margem direito do rio Lima e na parte baixa do centro histórico da vila.

Um dos indicadores a ter em conta para a definição do grau de exposição é a população afectada. A principal área urbana inundada integra-se no centro histórico de Ponte de Lima, com graves problemas no que respeita à sua ocupação humana. Temos assim um reduzido número de habitantes residentes, constituído essencialmente por uma população envelhecida, resultado do abandono das gerações mais jovens e associada à falta de condições de habitabilidade. Torna-se assim importante actualizar os dados relativos à população local, quer a residente, quer a presente, a partir de um levantamento in situ e com base no último recenseamento da população e da habitação de 2011.

No que se refere às actividades económicas, é nítido o predomínio do sector comercial associado à restauração e afins. Quase todas as casas comerciais possuem caves, anexos, arrecadações ou armazém e varandas, que em período de cheia são os primeiros espaços a ser inundados. Também existem serviços, nomeadamente ligados à actividades financeira e seguradoras, bem como ao sector dos transportes públicos e venda de combustíveis

Quanto ao património construído, destaca-se a Ponte de Ponte de Lima classificada como monumento nacional desde 1910 e que sofre danos importantes durante as cheias mais violentas.

Quanto ao património natural, não existem áreas classificadas ou com estatuto de protecção natural. No entanto, as margens e as ilhas locais foram várias vezes objectos de estudo por parte de várias entidades, entre as quais a Escola Agrícola de Ponte de Lima e a Câmara Municipal.

A IMPORTÂNCIA DOS ESTUDOS E MODELOS HIDROLÓGICOS – O CONTRIBUTO DA ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA DE PONTE DE LIMA

A ocorrência de cheias e a respectiva gestão incluem processos a diversas escalas espaciais e temporais, múltiplos actores, os respectivos valores e conflitos de interesses (WENDY, 2007). Ao longo do tempo, o Homem adaptou-se às cheias através do uso adequado do solo (WHEATER AND EVANS, 2009) embora a tendência da complexidade crescente dos sistemas sócio ecológicos e destes processos (RAHMAN, 2011). A dimensão e importância ambiental, económica e social das cheias remetem para a necessidade de analisar os padrões espaço-temporais históricos e potenciais do risco de inundação e das zonas inundáveis.

O desenvolvimento e a aplicação de modelos espacialmente explícitos para a avaliação das cheias são condicionados pelo âmbito temático, temporal e geográfico do estudo. Os avanços actuais na quantidade e qualidade das bases de dados disponíveis (DEVILLERS AND JEANSOULIN, 2010)

e (HONRADO et al., 2011) assim como, o desenvolvimento de modelos de simulação, de optimização e de apoio à decisão a partir de sistemas de informação geográfica (SIG) proprietários ou em tecnologia open-source (FOTOPOULOS et al., 2010) têm vindo a ser utilizados como ferramentas de planeamento e gestão de recursos hídricos (VIEIRA et al., 2005); (CHARNECA, 2006) e (ALONSO et al., 2011a).

Neste quadro alguns investigadores da ESAPL estão a realizar um estudo para a bacia hidrográfica do rio Lima (BH rio Lima) : i) o desenvolvimento de um projecto de SIG que incorpora informação geográfica de referência e temática organizada de acordo com os Anexos da Directiva INSPIRE (ALONSO et al., 2011b) que apoie a respectiva caracterização; ii) a alimentação de um modelo hidrológico de avaliação do risco de inundação e de cartografia de zonas inundáveis (Figura 01); iv) inferindo os potenciais impactos sobre os elementos expostos, processos e serviços ambientais associados; v) elaborar propostas contribuintes para os planos de gestão dos riscos de inundações e de governança do risco de inundação ao nível da bacia e local.

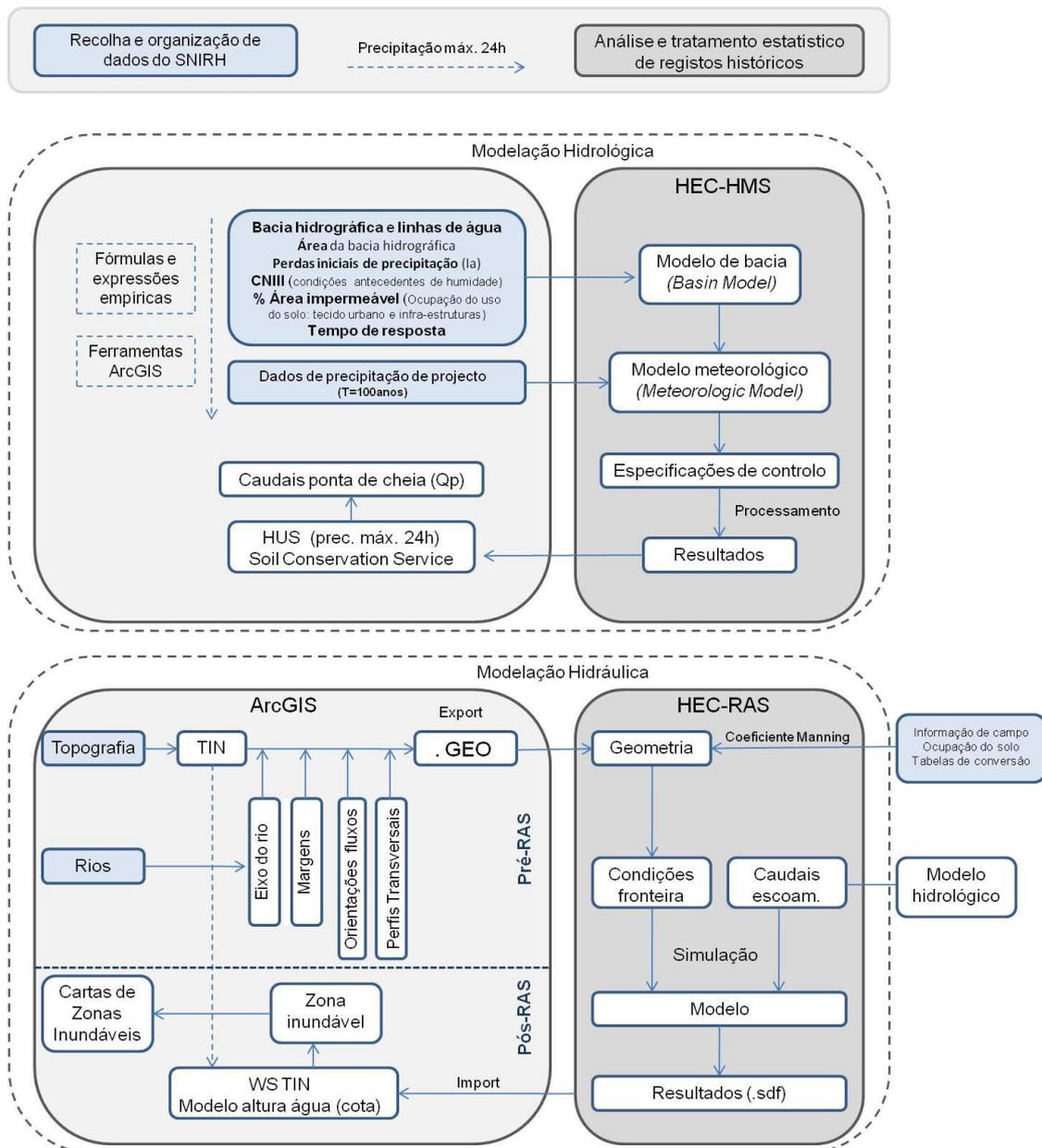


Figura 02 - Estrutura da metodologia utilizada na avaliação do risco de inundação e cartografia de zonas inundáveis.

As bases de dados geográficas recolhidas e organizadas incluem fisiografia, litologia e geomorfologia (DRAEDM, 1999), hidrografia (Série M888, IGeoE) e ocupação e uso do solo (COS2005) assim como, dados sobre os planos em vigor, actividades e elementos humanos presentes. Além da informação histórica de registo de inundações ocorridas, recolheu-se uma série histórica de dados climáticos, em particular dados pluviométricos registados a partir das redes meteorológica e hidrométrica da área de estudo e de influência a partir do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH). O modelo digital do terreno (MDT) em TIN, resultou da informação altimétrica disponível à escala 10k, com algum ajustamento apoiada por trabalho de campo ou fotointerpretação em ortofotomapa e as respectivas correcções hidrológicas....

A estimação do caudal ponta de cheia, através do método do Hidrograma Unitário Sintético (HUS) calcula-se no programa Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System (HEC-HMS, 2008), que em termos gerais estrutura a informação em três unidades fundamentais: o modelo de bacia (Basin Model), o modelo meteorológico (Meteorologic Model) e as especificações de controlo (Control Specifications). A modelação do escoamento e o consequente estabelecimento da configuração da superfície livre resultou da aplicação do software HEC-RAS na sua relação de processamento de dados geográficos com os softwares ArcView 3.2, ArcGIS 9.3 e a respectiva extensão HEC-GeoRAS (HEC-RAS, 2009) (HEC-GeoRAS, 2009) (KNEBL et al., 2005).

A aplicação do modelo hidrológico indica os padrões e o risco de ocorrência de inundação principalmente ao longo do vale de cheia no terço médio e inferior da bacia hidrográfica (Figura 02). Esta ocorrência periódica de cheia: i) influencia a natureza e a distribuição das condições e do património natural e como tal, o funcionamento dos habitats e ecossistemas locais presentes nos sítios da Rede Natura 2000 (PTCON040) (PCM, 2008), muitas vezes adaptados a estes processos de perturbância ecológica e que são, muitas vezes oportunidades para recuperação de habitats (COX et al., 2006); ii) afecta directamente o valor e função dos elementos e actividades humanas expostos com perdas ao nível económico de acordo com o nível de vulnerabilidade e adaptação local (HANSSON et al., 2008); iii) com potencial impacto sobre a qualidade físico-química (LINDENSCHMIDT et al., 2009) (OEURNG et al., 2010) e mesmo (micro)biológica ao alterar as condições de vazão e favorecer a dispersão dos efluentes e resíduos de actividades humanas (POSTHUMUS et al., 2008), em particular ao nível da indústria, dos sistemas de tratamento e abastecimento de água (TEN VELDHUIS et al., 2010) numa relação directa com a saúde ambiental e saúde pública.

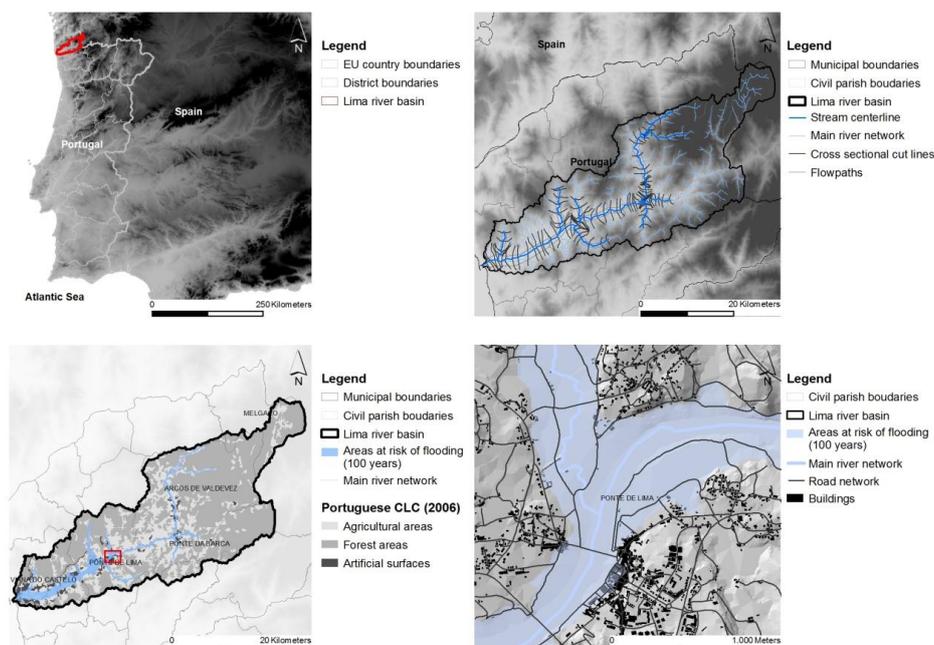


Figura 02 - (a) Modelo Digital do Terreno (MDT) para o NW peninsular e limite da bacia hidrográfica do rio Lima; (b) Implantação dos perfis transversais (*cross sectional cut lines*) na bacia; (c) Mapas de inundações de

periodicidade provável de 100 em 100 anos; (d) Pormenor dos mapas de inundações relativamente a elementos humanos expostos.

O processo e os resultados do estudo hidrológico reconhecem: i) a importância de detalhar os dados de base em particular nas superfícies tridimensionais e condições de vazão, validar e calibrar os caudais e transformar gradualmente os modelos produzidos em sistemas de informação para apoio à decisão em termos operacionais; ii) a necessidade de articulação da administração pública nacional, regional e local, a investigação com os agentes sociais e económicos com propostas e práticas ao nível da prevenção (políticas, ordenamento do território e dos usos do solo), no alerta (hidrológico e meteorológico); na gestão de emergências (previsão de cenários e sua possível evolução, previsão de elementos e infra-estruturas de apoio); na reabilitação e reconstrução (seguir normas construtivas específicas e em lugares adequados).

NOTAS CONCLUSIVAS

A Directiva 2007/60/EC relativa à gestão do risco de inundações, tem por objectivo reduzir o risco e as consequências negativas das inundações na União Europeia. Trata-se, sem dúvida, duma directiva que revela um grande avanço no campo da avaliação preliminar das cheias, através de várias metodologias:

- a cartografia de risco;
- a descrição das cheias que ocorreram no passado;
- a descrição dos planos de desenvolvimento e de ocupação do solo futuros com implicação no risco e cheias;
- a caracterização da probabilidade de ocorrência de cheias tendo em conta as mudanças climáticas e de uso do solo;
- a previsão das consequências estimadas das cheias futuras na segurança (saúde) de pessoas, do ambiente e das actividades económicas.

No conjunto destaca-se a necessidade de inclusão do risco de cheia nos processos de planeamento local e municipal assim como da consideração a avaliação ambiental estratégica (CARTER et al., 2009) (POTTIER et al., 2005), em particular na manutenção das áreas agrícolas e de gestão florestal (KENYON et al., 2008; MORRIS et al., 2008) mas também considerar a instalação pontual de infra-estruturas hidráulicas e renaturalização do meio (LEDOUX et al., 2005) (POULARD et al., 2010) no quadro da classificação e atribuição de medidas estruturais de medidas para cada massa de água (MCMINN et al., 2010). Estes avanços devem considerar sempre a informação e promover a participação e adaptação da população (CECCATO et al.) inclusive adequação da organização social e institucional mesmo à escala local (NÆSS et al., 2005) no quadro da

implementação de planos de gestão e sistemas de governança do riscos das cheias (SCHELFAUT et al., 2011).

As cheias em Ponte de Lima são fenómenos que sempre marcaram e continuarão a marcar a vivência do centro histórico da cidade. Conviver com as cheias implica, sem dúvida, uma nova forma de abordagem com esse tipo de fenómeno e por isso assumir e compreender o risco - uma nova filosofia de risco, saber gerir as incertezas, promover a gestão integrada e garantir a sustentabilidade (COSTA, 2009). Trata-se sem dúvida duma nova visão onde a responsabilidade da autarquia, do Estado e do cidadão são partilhadas.

BIBLIOGRAFIA

ALONSO J., CASTRO P., RIBEIRO J., MAMEDE J., MARTINS I., MARTINS L., GUERRA C., SANTOS S., MACHADO S., 2011a. **Plano de Gestão da Região Hidrográfica do Minho e Lima RH1. Parte complementar C : Sistema de informação e apoio à decisão (SI.ADD)**. Coordenação e concepção do sistema; Produção e organização de bases de informação geográfica. Administração da Região Hidrográfica do Norte, I.P, Ministério da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território, Setembro, Porto, pp. 98.

ALONSO J., CASTRO P., RIBEIRO J., MARTINS I., MAMEDE J., MACHADO A., BRITO A., 2011b. **O sistema de informação e apoio à decisão [SI.ADD] da ARH do Norte, I.P.: objectivos e desenvolvimento**. Revista Recursos Hídricos (Journal of water resources ; Fundação para a Ciência e a Tecnologia), 32, 1, 5-12.

ARH DO NORTE, I.P., 2011. **Plano de Gestão da Região Hidrográfica do Minho e Lima RH1- Minho e Lima**. Relatório Técnico (Versão para consulta pública). Administração da Região Hidrográfica do Norte, I.P, Ministério da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território, Setembro, Porto, pp. 204.

CARTER J.G., WHITE I., RICHARDS J., 2009. **Sustainability appraisal and flood risk management**. Environmental Impact Assessment Review 29, 7-14.

CECCATO L., GIANNINI V., GIUPPONI C., 2011. **Participatory assessment of adaptation strategies to flood risk in the Upper Brahmaputra and Danube river basins**. Environmental Science & Policy, in press (doi: 10.1016/j.envsci.2011.05.016).

CHARNECA N., 2006. **A gestão da informação geográfica na implementação da Directiva-Quadro da Água**. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Departamento de Hidráulica e Ambiente.

Cook A. Venkatesh M., 2009. **Effect of topographic data, geometric configuration and modeling approach on flood inundation mapping**. Journal of Hydrology, 377, 131-142.

- COSTA, F. S. (2009) – **“Risco de inundação na cidade de Amarante (Norte de Portugal): contributo metodológico para o seu estudo”**, Territorium n.  16, Revista da Associa o Portuguesa de Riscos, Preven o e Segurança, Coimbra, p. 99-111.
- COSTA F. S., MARQUES A., ARNAUD-FASSETTA G., ALONSO J. M., MARTINS, I. P. O., GUERRA, C. A. B. M. (2012). **Methodological contribution to flood-risk analysis in the Lima catchment (NW Portugal) in the framework of the European Water Directive**. Proceedings of the International Conference “Continental Hydrosystems and European Territories faced with Different Water Laws”, July 11-13, 2011, Sion, Switzerland. Verlag Friedrich Pfeil, München, in press.
- Cox T., Maris T., De Vleeschauwer P., De Mulder T., Soetaert K., Meire P., 2006. Flood control areas as an opportunity to restore estuarine habitat. *Ecological Engineering*, 28, 55-63.
- DEVILLERS R., JEANSOULIN R., 2010. **Spatial data quality: concepts**. In Devillers R., Jeansoulin R. (Eds.) *Fundamentals of Spatial Data Quality*. Geographical Information Systems. ISTE-GIS Series, 31-42 (online ISBN: 9781905209569).
- DRAEDM, 1999. **Carta dos Solos e carta da aptidão da terra de Entre-Douro e Minho (EDM)**, Escala 1:100000. Direc o Regional de Agricultura de Entre-Douro e Minho, Agroconsultores e Geometral, Lisboa.
- FOTOPOULOS F., MAKROPOULOS C., MIMIKOU M.A., 2010. **Flood forecasting in transboundary catchments using the open modeling interface**. *Environmental Modelling & Software*, 25, 1640-1649.
- HANSSON K., DANIELSON M., EKENBERG L., 2008. **A framework for evaluation of flood management strategies**. *Journal of Environmental Management*, 86, 465-480.
- HEC-GeoRAS, 2009. **GIS Tools for Support of HEC-RAS using ArcGIS. User’s Manual**. Hydrologic Engineering Center US Army Corps of Engineers, Davis, EUA. Approved for Public Release, Distribution Unlimited CPD-83, 249 pp.
- HEC-HMS, 2008. **Hydrologic Modeling System (HEC-HMS). Technical Reference Manual**. Hydrologic Engineering Center US Army Corps of Engineers, Davis, EUA. Approved for Public Release, Distribution Unlimited CPD-74B, 118 pp.
- HEC-RAS, 2009. **River Analysis System (HEC-RAS). User’s Manual**. Hydrologic Engineering Center US Army Corps of Engineers, Davis, EUA. Approved for Public Release, Distribution Unlimited CPD-68, 244 pp.
- HONRADO J., ALONSO J., GUERRA C., PO AS I., GONÇALVES J., MARCOS B., 2011. Deliverable No: D4.1 **Report on pre-existing in situ and ancillary datasets for sites (FP7-SPA-2010-1-263435)**. Porto, 129 p.
- IPVC, 2005. **Carta de ocupa o do solo (COS 2005) para os distritos de Viana do Castelo e Braga (actualiza o)**. Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Viana do Castelo, Journal officiel de l’Union européenne L 288 du 06.11.2007, 8 p.

- KENYON W., 2007. **Evaluating flood risk management options in Scotland: A participant-led multi-criteria approach.** *Ecological Economics*, 64, 70-81.
- KENYON W., HILL G., SHANNON P., 2008. **Scoping the role of agriculture in sustainable flood management.** *Land Use Policy*, 25, 351-360.
- KNEBL M.R., YANG Z.L., HUTCHISON K., MAIDMENT D.R., 2005. **Regional scale flood modeling using NEXRAD rainfall, GIS, and HEC-HMS/RAS: a case study for the San Antonio River Basin Summer 2002 storm event.** *Journal of Environmental Management*, 75, 325-336.
- LEDOUX L., CORNELL S., O'RIORDAN T., HARVEY R., BANYARD L., 2005. **Towards sustainable flood and coastal management: identifying drivers of, and obstacles to managed realignment.** *Land Use Policy*, 22, 129-144.
- LINDENSCHMIDT K.-E., PECH I., BABOROWSKI M., 2009. **Environmental risk of dissolved oxygen depletion of diverted flood waters in river polder systems.** A quasi-2D flood modelling approach. *Science of the Total Environment*, 407, 1598-1612.
- MCMINN W.R., YANG Q., SCHOLZ M., 2010. **Classification and assessment of water bodies as adaptive structural measures for flood risk management planning.** *Journal of Environmental Management*, 91, 1855-1863.
- MORRIS J., BAILEY A.P., LAWSON C.S., LEEDS-HARRISON P.B., ALSOP D., VIVASH R., 2008. **The economic dimensions of integrating flood management and agri-environment through washland creation: A case from Somerset, England.** *Journal of Environmental Management*, 88, 372-381.
- OEURNG C., SAUVAGE S., SANCHEZ-PEREZ J.M., 2010. **Temporal variability of nitrate transport through hydrological response during flood events within a large agricultural catchment in south-west France.** *Science of the Total Environment*, 409, 140-149.
- PEDROSA, A. S., COSTA, F. S. 1999. "As cheias do rio Tâmega. O caso da área urbana de Amarante", *Territorium* 6, Coimbra, 1999, 249-78.
- POSTHUMUS H., HEWETT C.J.M., MORRIS J., QUINN P.F., 2008. **Agricultural land use and flood risk management: Engaging with stakeholders in North Yorkshire.** *Agricultural Water Management*, 95, 787-798.
- POTTIER N., PENNING-ROWSELL E., TUNSTALL S., HUBERT G., 2005. **Land use and flood protection: contrasting approaches and outcomes in France and in England and Wales.** *Applied Geography*, 25, 1-27.
- POULARD C., LAFONT M., LENAR-MATYAS A., LAPUSZEK M., 2010. **Flood mitigation designs with respect to river ecosystem functions. A problem oriented conceptual approach.** *Ecological Engineering*, 36, 69-77.
- RAHMAN K., 2011. **Evolutionary systemic modelling of practices on flood risk.** *Journal of Hydrology*, 401, 36-52.

SCHELFAUT K., PANNEMANS B., VAN DER CRAATS I., KRYWKOW J., MYSIAK J., COOLS J., 2011. **Bringing flood resilience into practice: the FREEMAN project.** Environmental Science & Policy, 14, 825-833.

TEN VELDHUIS J.A.E., CLEMENS F.H.L.R., STERK G., BERENDS B.R., 2010. **Microbial risks associated with exposure to pathogens in contaminated urban flood water.** Water Research, 44, 2910-2918.

WHEATER H., EVANS E., 2009. **Land use, water management and future flood risk.** Land Use Policy, 26, Supplement 1, 251-264.