

## **PROPOSTA DE UM MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA SUSCEPTIBILIDADE NATURAL ÀS CHEIAS EM PEQUENAS BACIAS HIDROGRÁFICAS**

### **PROPOSAL OF A METHOD FOR EVALUATION OF THE FLOOD NATURAL SUSCEPTIBILITY IN SMALL DRAINAGE BASINS**

Leal, Miguel, *Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal*,  
*mleal@campus.ul.pt*

#### **RESUMO**

Neste artigo propõe-se um método que permite avaliar a susceptibilidade natural de pequenas bacias hidrográficas às cheias. Trata-se de uma metodologia que se destina à comparação da susceptibilidade de bacias que se localizam numa mesma região. Para isso, recorre à conjugação dos factores físicos que condicionam as cheias: geometria da bacia, substrato geológico, relevo e rede de drenagem. Este método foi, originalmente, aplicado às pequenas bacias que drenam a Área Metropolitana de Lisboa (AML), mas pode ser utilizado noutras regiões, com as devidas adaptações às condições/características da área em causa.

#### **ABSTRACT**

This paper proposes a method to evaluate flood natural susceptibility in small drainage basins. This is a methodology which is intended to compare the susceptibilities of basins that are located in the same region. To do this, we resort to a combination of physical factors that influence the floods: geometry of the basin, geological substrate, relief and drainage network. This method was originally applied to the small drainage basins that drain the Lisbon Metropolitan Area (LMA), but it can be used in other regions, with the necessary adaptations to the conditions/characteristics of the area.

#### **1. INTRODUÇÃO**

As cheias são fenómenos naturais que são objecto de interesse científico devido à sua capacidade morfogénica e ao seu carácter potencialmente perigoso. Em Portugal, as cheias foram a catástrofe natural mais mortífera do século XX (Ramos e Reis, 2001). Como tal, torna-se fundamental avaliar o risco de cheia para que seja possível efectuar um correcto ordenamento do território. Uma das componentes do risco é a susceptibilidade, ou seja, a propensão para uma área ser afectada por um determinado perigo, em tempo indeterminado, não contemplando o seu período de retorno ou a probabilidade de ocorrência (Julião, 2009).

Existem estudos em que é avaliado o risco de cheia, assim como as suas componentes (susceptibilidade, perigosidade, exposição e vulnerabilidade), numa bacia hidrográfica ou numa área específica, mas, os estudos comparativos entre bacias são pouco comuns. Daí a necessidade de um método que possibilite essas comparações à escala da bacia hidrográfica. Isso permite saber se uma determinada bacia é, pelas suas características físicas, mais susceptível a cheias do que outra situada na mesma região.

Esta metodologia foi aplicada a um conjunto de onze pequenas bacias hidrográficas que drenam a Área Metropolitana de Lisboa (AML), permitindo conhecer quais são as que possuem uma maior predisposição natural para serem afectadas por cheias (Leal, 2011).

## 2. MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA SUSCEPTIBILIDADE NATURAL ÀS CHEIAS

Para se obter a susceptibilidade natural às cheias de uma bacia hidrográfica é necessário analisar os factores/componentes que a condicionam (designados por factores naturais ou físicos): geometria da bacia, substrato geológico, relevo e rede de drenagem. Também os solos podem ser analisados, mas, no contexto da aplicação original (Leal, 2011), tal não se justificava, porque a sua permeabilidade na AML depende, em grande parte, das características hidrológicas da respectiva rocha-mãe.

Para que os factores físicos se possam comparar é necessário quantificá-los através de vários indicadores (quadro 1). Ao contrário dos outros factores (geometria, relevo e rede de drenagem) não existem propriamente índices definidos para classificar o substrato geológico quanto à sua permeabilidade. No entanto, esta foi definida em função da classificação das litologias existentes na AML (Ramos *et al.*, 2010), variando entre 1 (permeabilidade mínima) e 9 (permeabilidade máxima). De notar que os indicadores foram escolhidos de modo a que não introduzissem redundância na análise.

Quadro 1 – Indicadores utilizados para cada factor natural

FACTORES NATURAIS			
GEOMETRIA	SUBSTRATO GEOLÓGICO	RELEVO	REDE DE DRENAGEM
- Factor Forma - Índice de Gravelius - Índice de circularidade - Índice de alongamento	- % área da bacia com permeabilidade reduzida (entre 1 e 4) - % área da bacia com permeabilidade elevada (entre 6 e 9) - Permeabilidade média	- Inclinação média do curso de água principal - Coeficiente orográfico - Índice de rugosidade - Relação de relevo - Índice de declive de Roche	- Densidade de drenagem - Densidade hídrica - Coeficiente de manutenção - Coeficiente de torrencialidade

Posteriormente, os resultados dos indicadores de cada uma das bacias são divididos em classes de igual amplitude. A determinação do número de classes resulta da aplicação do critério de Sturges<sup>1</sup>. Sendo aplicado originalmente a onze bacias hidrográficas, optou-se por fazer a divisão em quatro classes, o que significa que as bacias têm valores/scores entre 1 (menor susceptibilidade) e 4 (maior susceptibilidade). Esses valores são, de seguida, somados por factor e divididos pelo número total de indicadores de cada uma delas. Tomando como exemplo o factor geometria, os scores do factor forma, índice de Gravelius, índice de circularidade e índice de alongamento de cada bacia são somados e, depois, divididos por quatro (que, neste caso, é o número de indicadores utilizados para a geometria). Daqui resulta um valor final ponderado, permitindo ordenar as bacias, por componente, quanto à sua susceptibilidade às cheias. Com base neste valor final, as bacias hidrográficas são agrupadas em cinco classes de susceptibilidade: muito elevada, elevada, moderada, reduzida e muito reduzida. Essas classificações são obtidas através da divisão dos valores finais de cada componente em cinco classes de igual amplitude.

Como os quatro factores naturais têm importâncias distintas no comportamento hidrológico das bacias, existe a necessidade de atribuir ponderações numéricas. Para a AML optou-se por se conferir uma ponderação de 1 à geometria e à rede de drenagem, de 2 ao relevo e de 3 ao substrato geológico. O valor 2 atribuído ao relevo deve-se ao facto de este ser o factor decisivo na energia potencial da água e na velocidade do escoamento, pois, apesar de este território não ser especialmente acidentado, existem algumas diferenças entre as bacias. Quanto ao substrato, foi considerado o factor mais importante por duas razões: 1) a permeabilidade da zona vadosa é a componente que mais interfere com a infiltração da água e, conseqüentemente, com a produção do escoamento superficial (Reis, 2006); 2) a rede de drenagem está essencialmente dependente das características do substrato geológico (Leopold, 1968; Ramos, 1994; Reis, 2006), quando as bacias estão localizadas na mesma região climática (como é o

<sup>1</sup>  $m = 1 + 3,32193 \log n$ , em que 'm' é o nº de classes e 'n' é o número de bacias estudadas

caso), ou em contextos morfológicos semelhantes. Assim, a susceptibilidade natural das bacias hidrográficas pode ser obtida através da seguinte expressão (exemplo aplicado à realidade da AML):

$$ISfp = (1xG + 3xS + 2xR + 1xD) / 7 \quad [1]$$

ISfp = índice de susceptibilidade dos factores físicos; G = valor geometria; S = valor substrato geológico; R = valor relevo; D = valor rede de drenagem.

É importante realçar que estas ponderações são as adequadas à AML pelas razões já explicadas, o que significa que, para outras regiões, pode haver a necessidade de as alterar consoante as características físicas das bacias hidrográficas. Por exemplo, numa região com relevo acidentado é aconselhável aumentar a ponderação do factor relevo. Por outro lado, o número pelo qual se dividem os valores das várias componentes naturais (para a AML o valor é 7) resulta da soma das ponderações, não sendo, por isso, um valor fixo.

### 3. POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES DO MÉTODO APRESENTADO

O método proposto apresenta como principal vantagem a possibilidade de estabelecer comparações entre bacias hidrográficas no que diz respeito à susceptibilidade natural às cheias. De resto, foi com esse objectivo que ele foi criado e não para avaliar a susceptibilidade de uma só bacia. Resumidamente, esta é uma metodologia que considerada adequada para a escala de análise utilizada, permitindo a comparação entre bacias com recurso à conjugação de um número considerável de indicadores, capaz de dotar a análise de grande robustez.

Como qualquer método, este também possui algumas limitações, nomeadamente a atribuição dos *scores* às componentes físicas, que pode ser discutida fruto de diferentes opiniões e interpretações. Para além disso, os resultados obtidos não puderam ser completamente validados, uma vez que os dados de escoamento/caudal na AML são muito escassos. Apesar desta condicionante, optou-se por uma solução alternativa que permitisse, de alguma forma, comprovar a fiabilidade dos resultados. Assim, foram realizadas análises de clusters tanto para o conjunto dos factores naturais, como para cada factor individual (geometria, substrato geológico, relevo e rede de drenagem), que determinaram resultados semelhantes aos do método proposto.

A sua utilização em bacias hidrográficas de média e grande dimensão é algo que terá de ser testado, pois é possível que alguns dos factores físicos não tenham a mesma influência, na forma como condicionam o escoamento, que têm em bacias de pequena dimensão.

Concluindo, este método pode ser uma ferramenta útil no que diz respeito à análise dos factores naturais das bacias hidrográficas que condicionam as cheias, possibilitando uma comparação da susceptibilidade a estes fenómenos entre as bacias estudadas.

### REFERÊNCIAS

- Julião, R P (coord.) (2009) – *Guia Metodológico para a Produção de Cartografia Municipal de Risco e para a Criação de Sistemas de Informação Geográfica de Base Municipal*, ANPC, DGOTDU, IGP, Lisboa.
- Leal, M (2011) – *As cheias rápidas em bacias hidrográficas da AML Norte: factores condicionantes e desencadeantes*. Dissertação de Mestrado em Geografia Física e Ordenamento do Território, Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, Universidade de Lisboa, Lisboa.
- Leopold, L (1968) – *Hydrology for Urban Land Planning - A Guidebook on the Hydrologic Effects of Urban Land Use*. Geological Survey Circular 554, United States Department of the Interior.

- Ramos, C (1994) – *Condições geomorfológicas e climáticas das cheias da Ribeira de Tera e do Rio Maior (bacia hidrográfica do Tejo)*. Dissertação de Doutoramento em Geografia Física, Faculdade de Letras, Universidade de Lisboa, Lisboa.
- Ramos, C e Reis, E (2001) – “As cheias no Sul de Portugal em diferentes tipos de bacias hidrográficas”. *Finisterra*, XXXVI, 71, Lisboa, pp. 61-82.
- Ramos, C; Zêzere, J L; Reis, E; Mendonça, J L (2010) – *Reserva Ecológica Nacional da Área Metropolitana de Lisboa. Quadro de Referência Regional*. Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo, Lisboa.
- Reis, E (2006) – *As bacias hidrográficas das Ribeiras da Serra de Grândola – dinâmica hidrológica e factores condicionantes*. Dissertação de Doutoramento em Geografia (Geografia Física), Faculdade de Letras, Universidade de Lisboa, Lisboa.