

# **V. RELAÇÃO ENTRE EPISÓDIOS DE PRE- CIPITAÇÃO E ESCOAMENTO NA BACIA HIDROGRÁFICA DA CARRIÇA (BACIA DO DOURO – BAIÃO) <sup>1</sup>**

PEREIRA, S., BATEIRA, C., HERMENEGILDO, C., SEIXAS, A.

## RESUMO

Com base nos dados do campo experimental localizado na Bacia Hidrográfica da Carriça numa área granítica, relacionaram-se os episódios de precipitação e o escoamento superficial desenvolvido em vertentes com terraços agrícolas e na secção terminal da bacia hidrográfica.

Os campos experimentais são compostos por uma estação meteorológica, parcelas de monitorização do escoamento superficial, localizadas em diferentes contextos morfológicos das vertentes, e um medidor de níveis de escoamento da bacia hidrográfica.

Na área das parcelas de monitorização do escoamento superficial caracterizaram-se a textura dos materiais, a capacidade de infiltração, a condutividade hidráulica e a resistência do solo.

O escoamento superficial nas vertentes ocorre frequentemente com quantitativos de precipitação menores do que os necessários para que se verifique o aumento do nível de escoamento na bacia hidrográfica, sugerindo o desenvolvimento de vários processos hidrológicos em simultâneo.

O comportamento da bacia hidrográfica indica a permanência da alimentação por fluxo interno lento, que mantém o escoamento em níveis elevados, mesmo durante longos períodos secos.

Concluiu-se que a resposta do escoamento superficial nas vertentes depende da localização das parcelas de monitorização, do total e duração da precipitação, enquanto que os níveis de escoamento da bacia hidrográfica estão mais dependentes da sequência de precipitações e do processo hidrológico dominante.

Os processos hidrológicos devem ser analisados de forma integrada e enquadrados na sequência anterior de precipitações.

Palavras-chave: hidrologia de vertentes; bacia hidrográfica; escoamento superficial; fluxo interno lento; mantos de alteração.

---

1 - Comunicação apresentada no 3º Congresso Nacional de Geomorfologia, Associação Portuguesa de Geomorfólogos, Dinâmicas Geomorfológicas. Metodologias. Aplicação a 12-14 de Outubro de 2006, Funchal.

## INTRODUÇÃO

### Apresentação do problema e objectivos

Este trabalho teve como objectivos principais: analisar o funcionamento hidrológico das vertentes em áreas de terraços agrícolas no Vale do Douro; comparar tipos de episódios de precipitação com o escoamento superficial desenvolvido em terraços agrícolas e a variação do nível de escoamento da bacia hidrográfica da Carriça num campo experimental instalado numa área granítica (Campo Experimental de Baião); e avaliar o comportamento hidrológico das vertentes e a sua importância para a análise da instabilidade.

Monitorizaram-se os processos hidrológicos das vertentes com terraços agrícolas que possuem os mesmos factores condicionantes verificados em situações de instabilidade já estudadas no Norte de Portugal (Bateira, et al., 2004; Bateira e Soares, 1997).

A relação entre o fluxo interno dos mantos de alteração e a ocorrência de movimentos de vertente parece estar directamente relacionada com a geomorfologia e hidrologia das vertentes. Para compreender esta questão, à escala da vertente, partimos do princípio que a paisagem no seu conjunto pode ser dividida

em pequenas unidades onde ocorrem processos hidrológicos, pedológicos e geomorfológicos semelhantes, que as individualizam (Park e Van de Giesen, 2004; Park et al, 2001; Martz, 1992; Mitchel, 1991).

Com base nesse pressuposto, desenvolvemos o nosso estudo nas vertentes de uma pequena bacia hidrográfica, identificando os elementos morfológicos que a compõem (topo, meia vertente e base). Nesse sentido, os dados foram recolhidos em diferentes localizações morfológicas das vertentes com terraços agrícolas, com diferentes características morfológicas, de drenagem e de ocupação do solo.

### Área de estudo

O campo experimental de Baião (Figura 1) está instalado na Bacia Hidrográfica da Carriça (5,47 km<sup>2</sup>), de forma alongada, com cotas que variam de 840 m a 50 m junto ao Rio Douro. Localiza-se numa área granítica (granito porfiríode de grão grosseiro), com vertentes complexas, organizadas em terraços agrícolas, com pequenas rechãs e rede hidrográfica fortemente encaixada. Em alguns sectores o manto de alteração atinge mais de 2 metros de espessura.

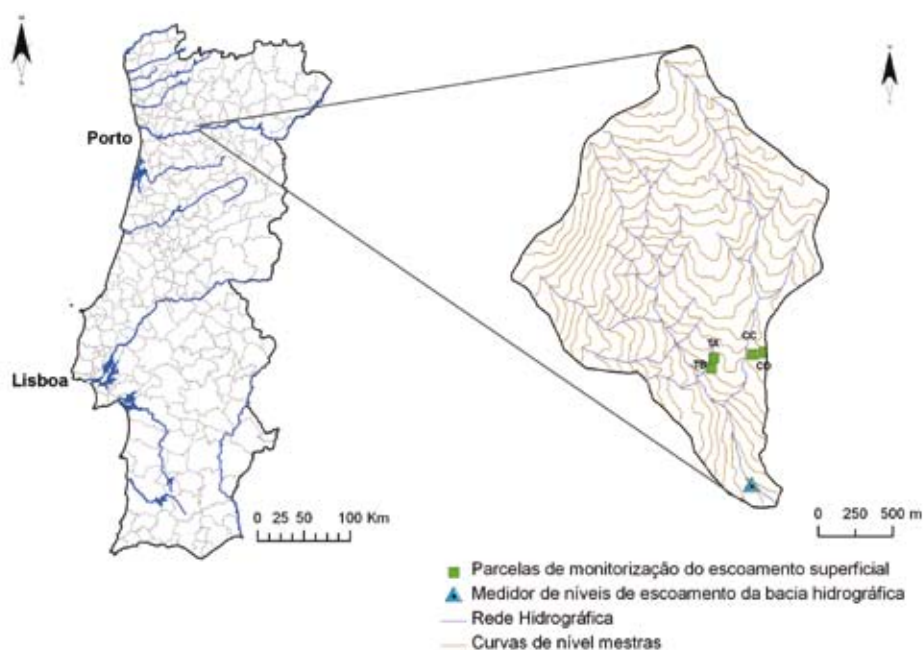


Fig.1 - Localização do Campo Experimental de Baião

Na bacia hidrográfica da Carriça, predomina a policultura (culturas anuais) e a ocupação florestal e cerca de 70% da sua área é ocupada por terraços agrícolas com muros de suporte em pedra seca. Desta área, 55% tem terraços com muro de suporte bem conservados. No campo experimental, o solo é ocupado por vinha e vegetação herbácea e é sujeito à lavra sazonalmente.

## Metodologia

O campo experimental é composto por quatro parcelas de monitorização do escoamento superficial abertas e fechadas (20m<sup>2</sup>) com limnígrafos de balança e data loggers. Duas estão próximas do topo da vertente (uma aberta e outra fechada) numa área com drenagem predominantemente divergente (Quinta de Cedofeita), uma parcela de erosão fechada a meia vertente e outra próxima da base da vertente com uma drenagem convergente (Quinta de Tormes). Utilizaram-se os dados da precipitação de uma estação meteorológica e um medidor de níveis de escoamento da bacia hidrográfica, localizado na sua secção terminal.

Os dados foram registados com intervalos de 10 minutos em todos os equipamentos, permitindo uma análise pormenorizada das relações entre os diferentes tipos de episódios de precipitação, a resposta do escoamento superficial nas vertentes (terraços agrícolas) e a variação do nível de escoamento da bacia hidrográfica, tendo em conta as características dos episódios de precipitação.

Em todas as parcelas de monitorização do escoamento superficial caracterizou-se a textura dos materiais, a capacidade de infiltração de água no solo, a condutividade hidráulica e a resistência do solo.

A textura das formações superficiais é essencialmente arenosa e por vezes apresenta raros seixos (areia lodosa e areia lodosa com raros seixos), segundo Folk (1954). Genericamente, apesar das modificações introduzidas pelas actividades agrícolas, encontramos valores de argila que variam entre 25% e 30%, a areia representa cerca de 60% e o restante são seixos (Figura 2). A fracção arenosa predomina em todos os cortes até à profundidade máxima de recolha (2 m) e a fracção argilosa diminui ligeiramente com a profundidade.

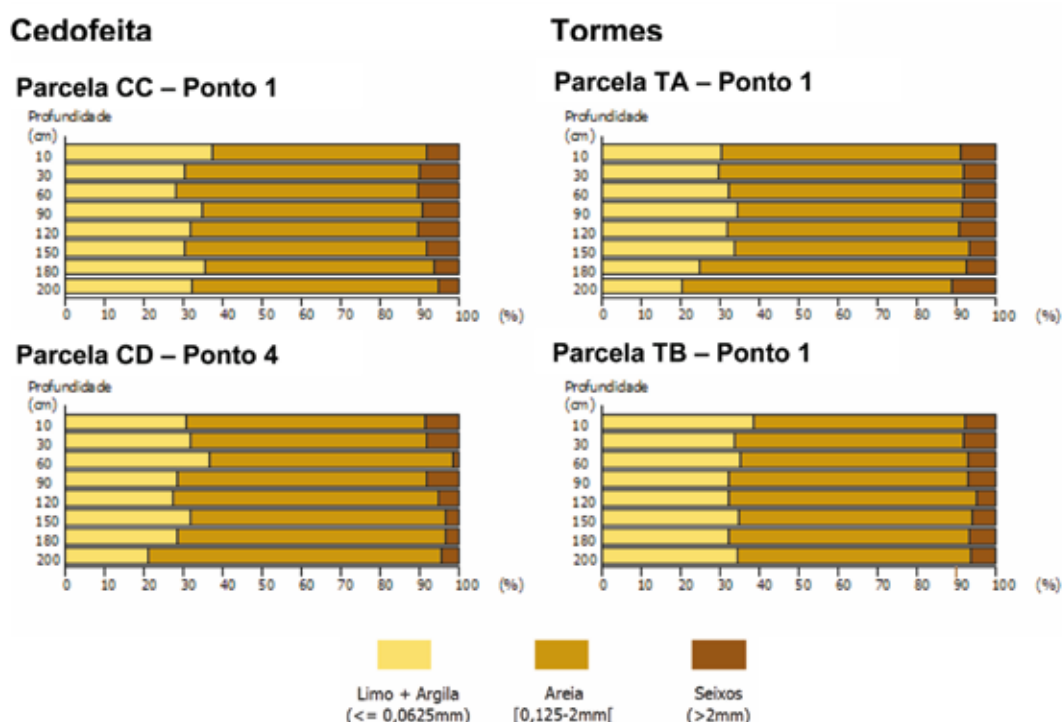


Fig.2 - Textura do solo nas parcelas de monitorização do escoamento superficial

A resistência do solo à penetração registada com o penetrómetro de mão até um metro de profundidade (limite máximo de perfuração do equipamento), permitiu obter registos em locais com maior espessura do manto de alteração granítico e verificar, simultaneamente, uma grande variação lateral da resistência das formações superficiais, típica de áreas de manto de alteração granítico.

A título de exemplo, na parcela TA (Figura 3) só foi possível realizar os testes de resistência do solo até à profundidade de 75 cm. Os valores representados graficamente correspondem às profundidades dos 5, 20, 40 e 60 cm. Observam-se aumentos muito rápidos da resistência do solo à penetração em profundidade, o que indica que a rocha alterada, ou mesmo sã, se encontra a pouca profundidade.

A espessura do solo da parcela TB é ligeiramente superior à de TA, uma vez que a resis-

tência do solo é, genericamente, mais baixa e aumenta mais lentamente do que em TA. Aqui encontramos rocha alterada a maior profundidade (Figura 4). Em ambas as parcelas existem condições favoráveis à infiltração e circulação da água ao longo do perfil do solo, em virtude da textura predominantemente arenosa dos seus materiais. Esta também é uma justificação para o registo de valores elevados de infiltração de água no solo e uma duração do tempo de infiltração superior a 60 minutos, registado nas medições efectuadas com um infiltrómetro de duplo anel.

A condutividade hidráulica medida nas camadas superficiais do solo (45 cm) com um permeâmetro de Guelph permitiu a determinação da matriz do fluxo potencial<sup>2</sup>, do parâmetro alfa<sup>3</sup> e da saturação da condutividade hidráulica<sup>4</sup>.

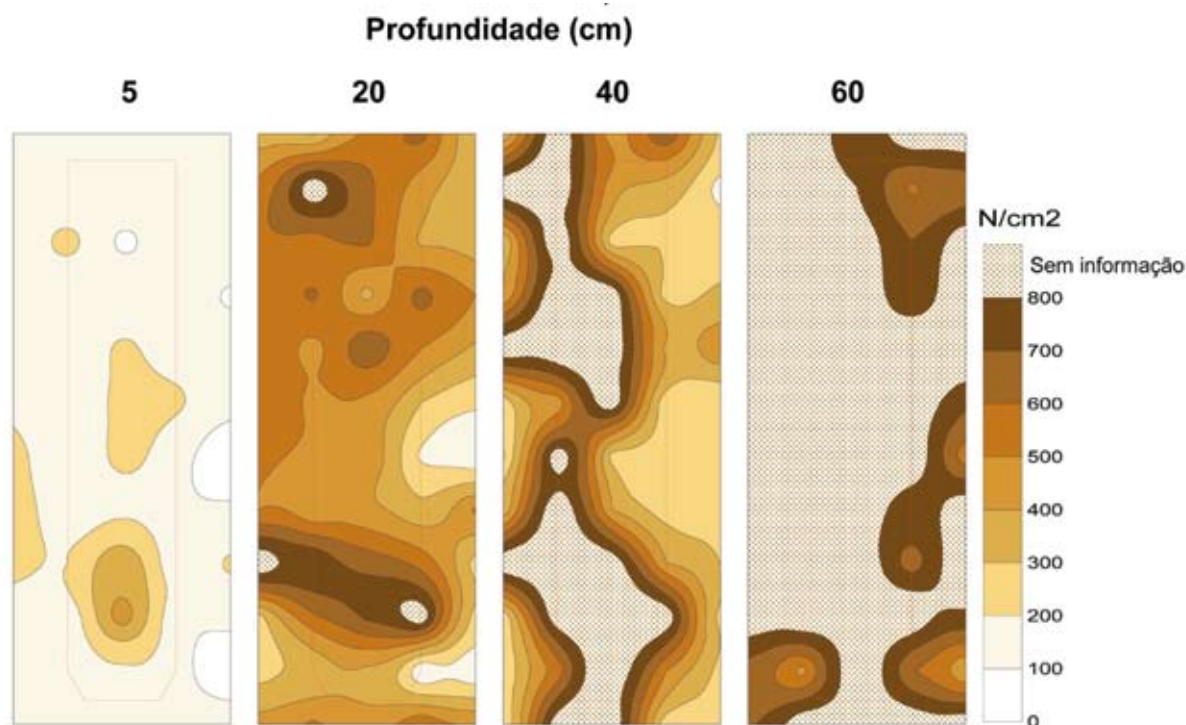


Fig.3 - Resistência do solo à penetração aos 5, 20, 40 e 60 cm (Parcela TA - Quinta de Tormes)

2 - A matriz de fluxo potencial um indicador da capacidade de absorção de água no solo por efeito de capilaridade representada na forma de área /unidade de tempo (cm<sup>2</sup>/seg).

3 - O Parâmetro Alfa é uma constante que está dependente da porosidade do solo. Os valores são expressos em cm e quanto mais elevados forem maior será a velocidade de circulação da água no interior do solo.

4 - A condutividade hidráulica é um indicador da capacidade do solo de conduzir água no seu interior dentro de um determinado gradiente. A saturação de condutividade hidráulica refere-se à condutividade hidráulica saturada do solo que contém ar no seu interior. Os valores são expressos em cm/s e o valor obtido corresponde à velocidade média constante percorrida pela água por unidade de tempo nessa determinada secção do solo por troca com o ar presente entre as partículas.

As parcelas TA, TB e CC têm uma matriz de fluxo potencial negativa ou muito baixa, um valor negativo do parâmetro alfa e um reduzido valor da saturação da condutividade hidráulica, o que indica uma reduzida capacidade de absorção e uma reduzida velocidade de circulação de água no solo, evidenciando uma distorção na circulação hídrica no solo. Esta, justifica-se pelo facto dos testes de permeabilidade terem sido realizados em patamares agrícolas, cuja estrutura do solo é de origem antrópica (antrossolos).

A parcela CD também possui uma reduzida matriz do fluxo potencial. No entanto, tem os valores médios mais elevados relacionados com o parâmetro alfa e a saturação da condutividade hidráulica. Estes valores indicam que há uma reduzida capacidade de absorção de água no solo, uma maior velocidade de circulação de água no interior do solo e uma elevada capacidade do solo conduzir água no seu interior (boa circulação hídrica interna), variável em função da localização das parcelas de monitorização nas vertentes.

Após a análise dos resultados dos testes de infiltração de água no solo, permeabilidade e ainda o registo da resistência do solo à penetração, passamos para a leitura dos dados da precipitação e escoamento superficial resultante.

A recolha dos dados de precipitação, escoamento superficial nas vertentes e dos níveis de escoamento da Ribeira da Carriça realizou-se de Outubro de 2005 a Dezembro de 2006. O ano hídrico de 2005 foi extremamente seco e o início da leitura dos dados ocorreu após uma estação seca com uma duração de 4 meses (Junho a Setembro de 2005), sem qualquer registo de precipitação.

Durante o período em estudo, identificaram-se as características da precipitação delimitando-se cada episódio chuvoso como um período de precipitação significativa consecutiva, separada por um período seco mínimo de 2 horas. Identificaram-se diferentes tipos de episódios de precipitação e de escoamento resultante nas vertentes e na bacia hidrográfica.

A análise do escoamento superficial nas vertentes baseou-se na análise das seguintes variáveis: intensidade do escoamento (ml/h); tempo de concentração do início do escoamento (min); precipitação mínima para se desenvolver escoamento (mm); duração do escoamento superficial nas vertentes (h).

A variação do nível de escoamento da Ribeira da Carriça foi analisada tendo em conta as seguintes variáveis: variação do nível de escoamento (m); tempo de concentração do início da resposta da bacia hidrográfica (min);

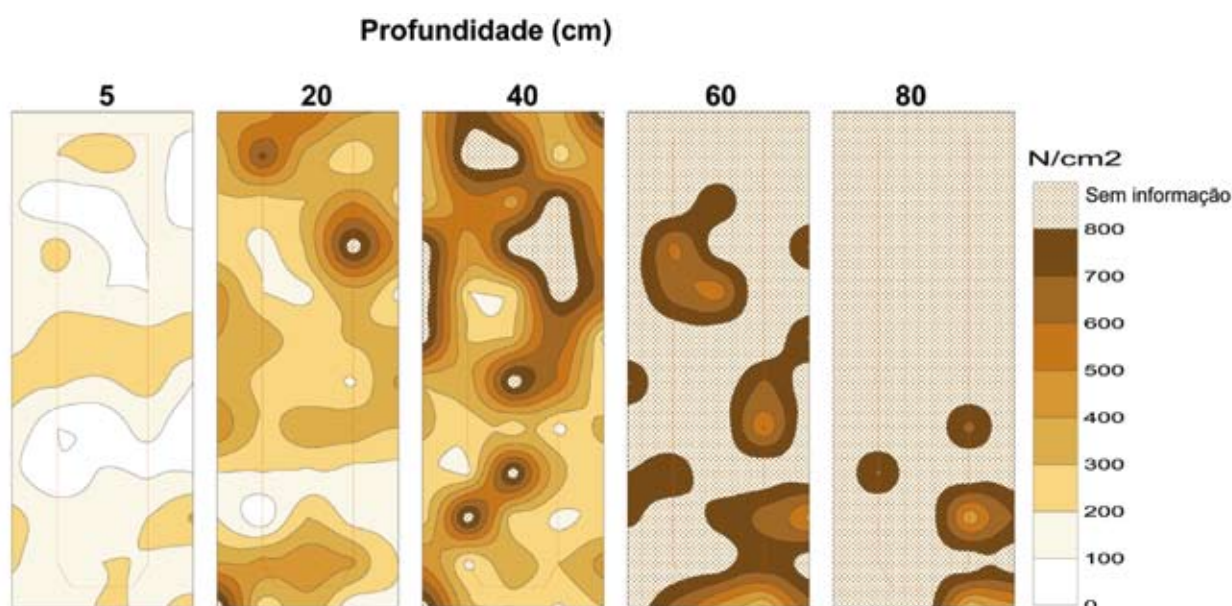


Fig.4 - Resistência do solo à penetração aos 5, 20, 40, 60 e 80 cm (Parcela TB – Quinta de Tormes)

precipitação mínima para se desenvolver resposta na bacia hidrográfica (mm); duração da resposta da bacia hidrográfica ao episódio de precipitação (h).

Todas estas variáveis foram analisadas de acordo com a tipologia dos episódios de precipitação, definida a partir da duração e intensidade da precipitação.

## RESULTADOS

Estudaram-se 62 episódios de precipitação, em que 95,2% dos casos correspondeu a episódios de precipitação de intensidade inferior a 6 mm/h. Verificou-se que, sempre que há precipitação, se desenvolve escoamento superficial nos terraços agrícolas.

Classificaram-se os episódios de precipitação em função da sua duração e intensidade (Pereira et al, 2006). Os episódios de precipitação de longa duração e muito fraca intensidade correspondem a 32,3% (1), 61,3% de curta duração e muito fraca intensidade (2) e 6,5% de curta duração e fraca intensidade (3).

Nos episódios de longa duração e muito fraca intensidade (1), a intensidade do escoamento é muito fraca (< 2000 ml/h), reflectindo um lento processo de infiltração ao longo de várias horas. Registam os maiores totais de escoamento superficial desenvolvido, no conjunto dos tipos de episódios de precipitação identificados.

Os episódios de precipitação de curta duração e muito fraca intensidade (2), desenvolveram escoamento superficial de fraca intensidade (< 2000 ml/h), exceptuando-se as situações ocorridas no início da estação húmida (intensidade de escoamento > 5000 ml/h). As primeiras precipitações encontraram um solo seco e compactado com menor capacidade de infiltração, promovendo o escoamento superficial. À medida que aumentava a capacidade de infiltração de água no solo, as intensidades de escoamento superficial reduziram-se.

Quando os episódios de precipitação são de curta duração e fraca intensidade (3), a média da intensidade do escoamento varia entre dos 200 aos 5000 ml/h (Figura 6).

Por outro lado, os episódios de tipo 1 e 2 registam menores intensidades médias de escoamento superficial e possuem condições para desenvolver a infiltração e a recarga hídrica dos solos.

Os níveis de escoamento da Ribeira da Carriça registam reacções diferentes consoante a sequência de precipitações anterior, a intensidade e a quantidade de precipitação.

Os níveis de escoamento da bacia hidrográfica têm uma fraca variação, principalmente nos episódios de tipo 1 e 2. Só se regista um maior acréscimo do nível de escoamento da bacia hidrográfica quando temos episódios de curta duração e intensidade superior a 4 mm/h.

Nos episódios do tipo 1 (longa duração e fra-

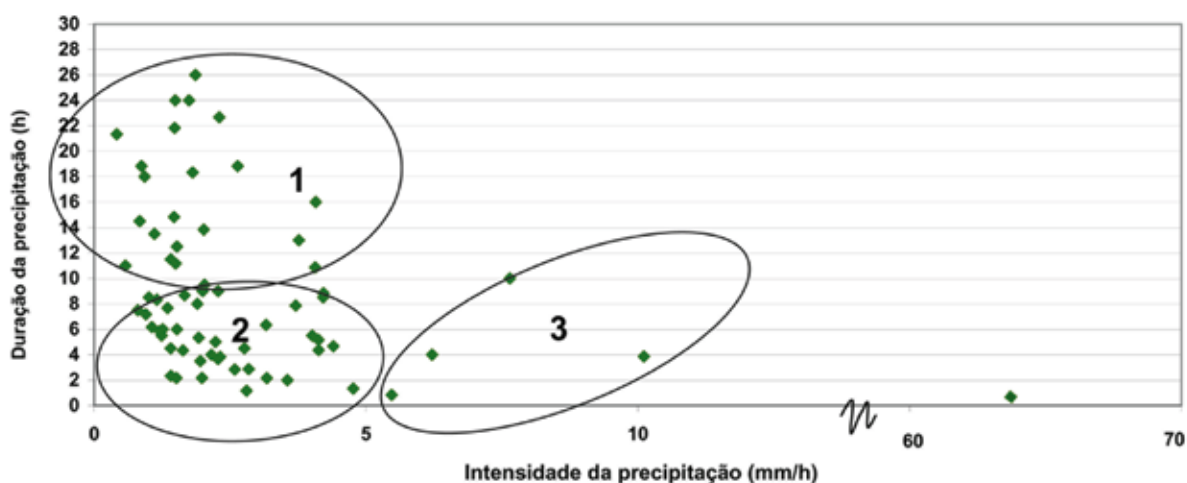


Fig.5 - Tipologia de episódios de precipitação. 1 – longa duração e muito fraca intensidade

ca intensidade) a resposta da bacia hidrográfica ao episódio de precipitação tem a maior duração média (14 h). Nos episódios de curta duração e muito fraca intensidade (tipo 2), a duração média de resposta é de 3h 45 minutos, embora possa não haver variação do nível de escoamento da bacia hidrográfica numa situação de predomínio da infiltração (Figura 7).

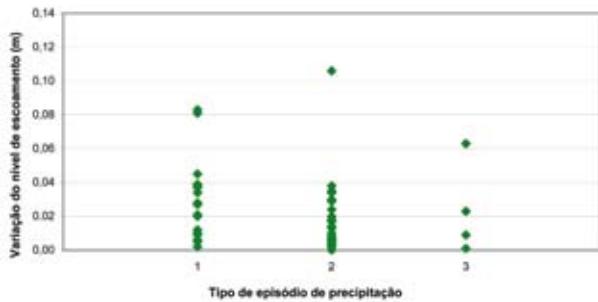


Fig.7 - Variação do nível de escoamento da bacia hidrográfica, por tipologia de episódio de precipitação

Nas vertentes é necessária, em média, menos precipitação para se iniciar o desenvolvimento do escoamento superficial. Pelo contrário, na bacia hidrográfica são necessários, em média, 6,3 mm para se registar um acréscimo no nível de escoamento (Figura 8).

A precipitação mínima necessária para a ocorrência do escoamento superficial nas vertentes apresenta uma boa correlação com a intensidade da precipitação (0,81).

O tempo necessário à ocorrência de escoamento superficial nas vertentes é em média metade do que o necessário para o início de registo de um aumento significativo do nível de

escoamento na Ribeira da Carriça (1h 16 minutos e 2h e 36 minutos, respectivamente). O tempo de concentração depende das precipitações antecedentes, porque, se o solo estiver perto da saturação, o desenvolvimento de escoamento superficial é mais rápido. Contudo, perante episódios de precipitação de maior intensidade (3), o tempo necessário ao desenvolvimento do escoamento superficial é muito curto (10-30 minutos) (Figura 9).

O tempo de concentração na bacia hidrográfica da Carriça varia entre 30 minutos e 6 horas e reflecte o funcionamento do fluxo interno lento, que mantém o nível de escoamento elevado mesmo após o fim da precipitação. O nível de escoamento máximo que a bacia hidrográfica

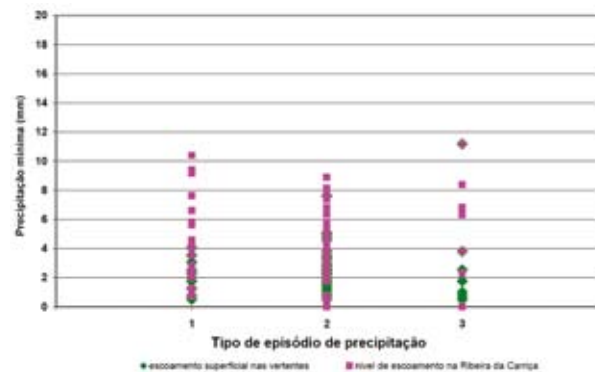


Fig.8 - Precipitação mínima necessária ao desenvolvimento de escoamento superficial nas vertentes e um acréscimo do nível de escoamento da bacia hidrográfica, por tipologia de episódio de precipitação

atinge em cada episódio de precipitação não tem uma relação directa com a intensidade da precipitação, apenas sugere tipos de resposta

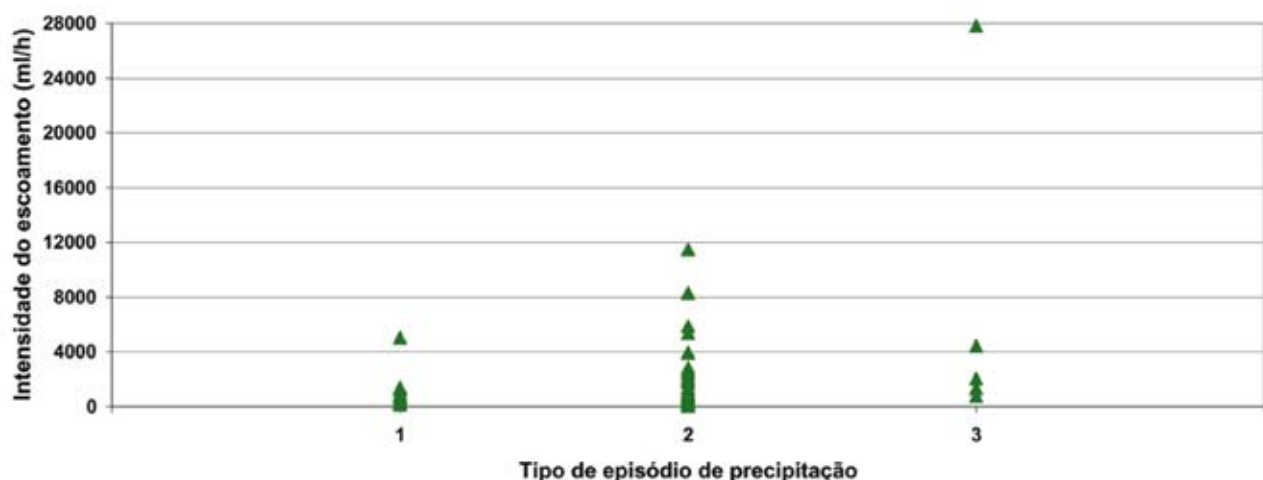


Fig.6 - Intensidade de escoamento superficial por tipologia de episódio de precipitação

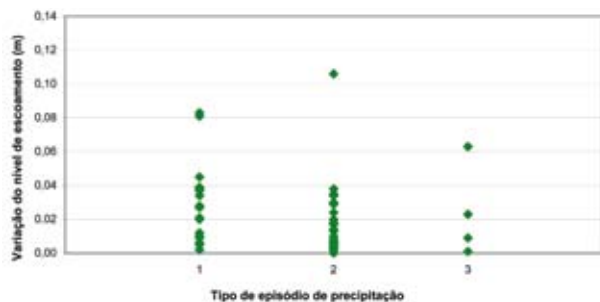


Fig.9 - Tempo de concentração necessário para o desenvolvimento de escoamento superficial nas vertentes e um acréscimo do nível de escoamento da bacia hidrográfica, por tipologia de episódio de precipitação

preferenciais, porque o tempo de concentração da bacia hidrográfica tem um maior desfaseamento temporal do que o desenvolvimento de escoamento nas vertentes.

Quanto menor for a intensidade da precipitação, maior é o tempo necessário para se observarem variações no nível de escoamento da Ribeira da Carriça. Por esse motivo, os episódios do tipo 3 e 4 têm em média os tempos de concentração mais curtos (110 e 10 minutos, respectivamente).

O nível de escoamento da Ribeira da Carriça reage à precipitação directa sobre o rio, ao escoamento superficial, ao fluxo superficial, ao fluxo interno saturado convertido em fluxo superficial, ao fluxo interno lento e ao escoamento directo, ou ainda à conjugação de ambos, que vão aumentar o nível de escoamento.

Neste trabalho constatámos que os processos hidrológicos mais importantes na alimentação do nível de escoamento da bacia hidrográfica são o fluxo interno lento e o fluxo interno saturado convertido em fluxo superficial. Constatámos que a resposta de múltiplos processos hidrológicos de diferente importância relativa, pode produzir uma resposta semelhante no nível de escoamento da bacia hidrográfica.

A resposta da bacia hidrográfica vai depender das condições iniciais de humidade e precipitações acumuladas. Na bacia hidrográfica, o sistema hidrológico possui uma capacidade adaptativa e uma transição de processos que interagem no tempo e no espaço (Beven e Biley, 1991; Allison, 1991; Mendiondo e Tucci, 1997a).

A precipitação que entra no sistema hidrológico vai interagir nos vários processos hidrológicos, de acordo com a escala de análise e as propriedades geo-pedológicas, bióticas, humanas e climáticas que actuam na vertente (Mendiondo e Tucci, 1997b).

Sempre que se registam precipitações intensas e a bacia hidrográfica não reage, significa que se está a desenvolver o processo de infiltração, a retenção da drenagem no interior das formações superficiais e a saturação dos materiais. Esta situação ocorreu no dia 18 de Agosto de 2006, da qual resultou um desmoronamento de um muro de suporte de um pátio agrícola, por volta das 21 horas.

Como se pode observar na figura 10, verificaram-se dois episódios de precipitação que antecederam o desmoronamento. Nos 5 dias anteriores, registou-se uma precipitação acumulada de 71 mm, responsável pela subida progressiva do nível de escoamento da Ribeira da Carriça.

Após o primeiro episódio de precipitação de 22 mm, o nível de escoamento da Ribeira da Carriça sobe 0,017 m. Entre os dois episódios de precipitação o nível de escoamento continua a subir, em virtude da libertação progressiva da água armazenada nos mantos de alteração durante a precipitação. Durante o segundo episódio de precipitação, de 19 mm, mesmo em momentos de precipitação com intensidade de 3,81 mm/10 minutos, o nível de escoamento teve uma ligeira subida e depois manteve-se estável.

Quanto maior for a área de monitorização do escoamento, maior é a complexidade dos processos hidrológicos, devido à dificuldade em distinguir o peso dos factores que determinam a produção do escoamento (Ceballos et al., 1996). Cada aumento da quantidade de precipitação implica um deslocamento dos volumes de água retidos no solo, forçados a sair no extremo inferior da vertente, e que são denominadas "águas velhas" (Mendiondo e Tucci, 1997c). Este mecanismo é mais visível após vá-

rias chuvas antecedentes, quando o solo atinge o nível máximo de saturação.

O comportamento da bacia hidrográfica da Carriça, numa área granítica com espessos mantos de alteração que absorvem a precipitação e libertam progressivamente a água retida ao longo de vários dias, demonstra a permanência da alimentação por fluxo interno lento. Desta forma, compreende-se a manutenção dos níveis de escoamento elevados, mesmo durante períodos secos prolongados (aproximadamente 1 mês). Após as precipitações, o nível de escoamento desce a um ritmo lento, alimentado pelo fluxo interno lento.

De uma maneira geral, a resposta mais forte do escoamento superficial coincide com as fases de aumento brusco do nível de escoamento da bacia hidrográfica nos dias com precipitação igual ou superior a 20 mm.

A bacia hidrográfica da Carriça tem reações diferentes consoante a sequência dos episódios chuvosos, a intensidade da precipitação e o processo hidrológico dominante. Para os mesmos totais de precipitação podem observar-se diversas durações do escoamento na bacia hidrográfica. Isso deve-se à importância dos diferentes processos hidrológicos desencadeados, consoante a sequência e características do episódio chuvoso.

A análise das sequências chuvosas é essencial para a interpretação da capacidade de retenção da água nas formações superficiais. Em mantos de alteração granítica, de textura arenosa, o fluxo hídrico lento é importante e determina o essencial das forças tangenciais ao nível dos terraços agrícolas. Verificou-se

que a análise das sequências chuvosas é determinante para o entendimento das situações de instabilidade dos muros de pedra em seco.

## CONCLUSÕES

Quanto maior for a intensidade e a quantidade de precipitação do episódio, maior é a intensidade do escoamento. Apesar das formações superficiais possuírem uma boa capacidade de infiltração e circulação da água no seu interior, os terraços agrícolas desenvolvem sempre escoamento superficial, mesmo em episódios de precipitação de fraca intensidade. Esta situação explica-se pelo facto das formações superficiais registarem uma elevada percentagem de humidade, durante períodos secos prolongados (aproximadamente 15 dias).

Nos granitos, quanto maiores forem as precipitações acumuladas antes do episódio de precipitação, maior será a resposta do escoamento superficial ao nível da bacia hidrográfica, devido à interacção de vários processos hidrológicos em simultâneo (escoamento superficial, infiltração, fluxo interno lento, fluxo interno saturado, fluxo translativo). As boas condições de infiltração e de circulação da água no solo aumentam a pressão sobre o fluxo interno nas áreas a montante de rupturas de declive, determinando o afluxo da água à superfície (fluxo interno translativo). Este afluxo de “águas velhas” à superfície é observável nas parcelas de monitorização próximas da base da vertente.

Isto significa que as áreas localizadas a meia vertente são áreas com maiores condições de



Fig.10 - Precipitação e níveis de escoamento da bacia hidrográfica no dia 18 de Agosto de 2006 (episódio de precipitação do tipo 3).

instabilidade pelas seguintes razões: são locais onde se processa a entrada e circulação da água no solo, onde há um aumento da espessura do manto de alteração, ou a passagem de áreas de manto de alteração pelicular para manto de alteração mais espesso, coincidem com áreas de maior declive nas vertentes.

Desta forma, justifica-se por que motivo grande parte dos fluxos de detritos que ocorrem em áreas graníticas se localizam a meia vertente, onde se registam os efeitos da saturação rápida ou de obstrução da drenagem interna dos materiais.

Estes processos referidos têm implicações ao nível da estabilidade de vertentes e devem ter-se em atenção situações de obstruções da drenagem interna dos materiais (caixas de falha argilizadas, filões, muros e canalizações deficientes, caminhos que desviam a drenagem

e terraços construídos), porque possuem condições para concentrar a drenagem e aumentar a pressão interna dos materiais.

Os granitos com espessos mantos de alteração possuem melhores condições para o desenvolvimento de movimentos de vertente profundos (movimentos complexos e deslizamentos) ou fluxos de detritos em situações de retenção de drenagem, principalmente nas áreas de convergência de drenagem a meia vertente, onde há mais infiltração e logo maior pressão de água no solo.

A análise de forma integrada das sequências chuvosas e dos processos hidrológicos que se desenvolvem em mantos de alteração dão indicações importantes quanto aos limiares de estabilidade das vertentes organizadas em terraços agrícolas.

## BIBLIOGRAFIA

- ALLISON ROBERT, J. (1991) - *Slopes and slopes processes*. Progress in Physical Geography, Arnold London, 15 (4): 423-437.
- BATEIRA, C. (coord) (2006) - *Recuperação de Paisagens de Terraços e Prevenção de Riscos Naturais no Vale do Douro*. Projecto TERRISC, Departamento de Geografia, Faculdade de Letras da Universidade do Porto.
- BATEIRA, C.; SEIXAS, A.; PEREIRA, S. (2004) - *Notícias de catástrofes do Douro: uma leitura geográfica na dinâmica do meio físico*. Actas do 2.º Encontro Internacional da História da Vinha e do Vinho no Vale do Douro. Douro, Estudos e Documentos, GEHVID, Porto, 1 (17).
- BATEIRA, C.; SOARES, L. (1997) - *Movimentos em massa no Norte de Portugal: factores da sua ocorrência*. Territorium, Coimbra, 4: 63-77.
- BEVEN, K., BINLEY, A. (1991) - *The future of distributed models: model calibration and uncertainty prediction*. In Beven e Moore (Ed.), *Terrain Analysis and Distributed Modelling in Hydrology*, Chischester, John Wiley and Sons: 227-246.
- CEBALLOS, A.; SCHNABEL, S.; CERDÀ I BOLINES A. (1996) - *El efecto de la escala sobre los procesos de escorrentía superficial*. Cuadernos do Laboratório Xeolóxico de Laxe, 4º Reunión Nacional de Geomorfología, Co-ruña, 21:91-102.
- FOLK, R. L. (1954) - *The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary rock nomenclature*. Journal of Geology 62 (4): 344-359.
- MALET, J. P., VAN ASCH, T., VAN BEEK, R. & MAQUAIRE, O. (2005) - *Forecasting the behaviour of complex landslides with a spatially distributed hydrological model*. Natural Hazards and Earth System Sciences, 5: 71-85.
- MARTZ, L. W. (1992) - *The variation of soil erodibility with slope position in a cultivated Canadian prairie landscape*. Earth Surface Processes and Landforms, Chischester, Wiley, 17 (6): 543-556.
- MENDIONDO, E. M.; TUCCI, C. E. M. (1997a) - *Escalas Hidrológicas I. Conceitos*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, ABRH, 2 (1): 59-122.
- MENDIONDO, E. M.; TUCCI, C. E. M. (1997b) - *Escalas Hidrológicas II. Diversidade de Processos na Bacia Vertente*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, ABRH, 2 (1): 59-122.
- MENDIONDO, E. M. & TUCCI, C. E. M. (1997c) - *Escalas Hidrológicas III. Hipótese integradora de processos na bacia-vertente*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, ABRH, 2 (1): 59-122.
- MITCHEL, C. (1991) - *Terrain Evaluation*. Longman Scientific & Technical, New York.
- PARK, S. J. E VAN DE GIESEN, N. (2004) - *Soil landscape delineation to define spatial sampling domains for hillslope hydrology*. Journal of Hydrology, 295: 28-46.
- PARK, S. J., MCSWEENEY, K. E LOWERY, B. (2001) - *Identification of the spatial distribution of soils using a process-based terrain characterization*. Geoderma, 103: 209-272.
- PEREIRA, S.; BATEIRA, C.; HERMENE-GILDO, C.; SEIXAS, A. (2006) - *Análise comparativa do escoamento em terraços de áreas granitóides e metassedimentares*. Jornadas sobre Terraços e Prevenção de Riscos Naturais, Parque de Tecnologias Ambientais de Maiorca, Palma de Maiorca, [no prelo].
- VAN ASCH, T., BUMA, J. VAN BEEK, L. P. H. (1999) - *A view on some hydrological triggering systems in landslides*. Geomorphology, 30: 25-32.