

AÇÃO ANTRÓPICA E RISCO DE RAVINAMENTO: O EXEMPLO DA RAVINA DO CORGO (RIO ALVA)*

ANTHROPIC ACTION AND GULLY RISK: THE EXAMPLE OF THE CORGO GULLY (ALVA RIVER)

Bruno Martins

Departamento Geografia e Turismo, CEGOT e RISCOS, Universidade de Coimbra
bruno.martins@uc.pt

Luciano Lourenço

Departamento Geografia e Turismo, CEGOT e RISCOS, Universidade de Coimbra
luciano@uc.pt

Hudson Rodrigues Lima

Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Minas Gerais, Brasil
Bolsista da CAPES - Proc. nº. BEX 3121/15-6
hrlima@eseba.ufu.br

RESUMO

A partir do estudo da ravina do Corgo, localizada na margem direita do rio Alva, a jusante da povoação de Penalva de Alva e em frente à das Caldas de São Paulo, no concelho de Oliveira do Hospital (Centro de Portugal), procuram-se analisar os principais factores que estiveram na sua génese e, desta forma, contribuir para o conhecimento de um dos processos erosivos que mais concorrem para a evolução das vertentes, como é o caso dos ravinamentos.

Palavras-chave: Ravinamento, Corgo, erosão, centro de Portugal.

ABSTRACT

From the Corgo gully study, located on the right bank of the Alva river, downstream from Penalva do Alva and in front of Caldas de São Paulo, Oliveira do Hospital (Central Portugal), it is intended to analyze the main factors that led to its genesis, and thus, contribute to the knowledge of one of the erosive processes that contributes most to the development of slopes, such as the ravines.

Keywords: Gully, Corgo, erosion, central region of Portugal.

RESUMEN

El riesgo de abarrancamiento después de incendios forestales: el ejemplo del barranco del Corgo (rio Alva) - A partir del estudio del barranco del Corgo, situado en la orilla derecha del río Alva, aguas abajo de la localidad de Penalva de Alva y frente a Caldas de São Paulo, Oliveira do Hospital (centro de Portugal), se busca analizar los principales factores que llevaron a su génesis y contribuir así al conocimiento de uno de los procesos erosivos que más determina la evolución de vertientes, como es el caso de los barrancos.

Palabras clave: Barranco, Corgo, erosión, centro de Portugal.

RESUMÉ

Le risque de ravinement après les incendies de forêt: l'exemple de la ravine Corgo (rivière Alva) - À partir de l'étude de la ravine de Corgo, située sur la rive droite de l'Alva, en aval du village de Penalva de Alva et en face de Caldas de São Paulo, Oliveira do Hospital (Centre du Portugal), nous avons essayé d'analyser les principaux facteurs qui ont conduit à sa formation, et ainsi de contribuer à la connaissance de l'un des processus d'érosion le plus important dans l'évolution des versants, comme c'est le cas des ravins.

Mots-clé: Ravine, Corgo, érosion, Portugal.

* O texto deste artigo corresponde a uma comunicação apresentada no I Seminário da Rede Incêndios-Solo e I Simpósio Ibero-Afro-Americano de Riscos, tendo sido submetido em 18-12-2015, sujeito a revisão por pares a 09-01-2016 e aceite para publicação em 29-03-2016.

Este artigo é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 24, 2017, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

Introdução

A presença de ravinas é particularmente comum em áreas de montanha. Em muitas regiões, participa de forma muito influente como processo erosivo, contribuindo para a degradação e perda de solo, bem como, fonte de materiais para sedimentação (Wasson *et al.*, 2002; Krause *et al.*, 2003; Vente *et al.*, 2007; Bergonse e Reis, 2011). Vários estudos têm demonstrado que a produção de materiais associado aos ravinamentos deverá implicar uma maior atenção (Kheir *et al.*, 2007), em especial nas regiões semihúmidas e semiáridas dos países Mediterrâneos (Villevieille 1997; Martinez-Casasnovas e Poch 1998; Martinez-Casasnovas *et al.*, 2003; Vandekerckhove *et al.*, 2003; Castillo *et al.*, 2007; Rebelo 2008; Nunes *et al.*, 2008, 2009; Tsimi *et al.*, 2012; Frankl *et al.*, 2012). Os processos de erosão hídrica associados aos processos de ravinamento podem traduzir-se em prejuízos agrícolas, perda da capacidade produtiva dos solos e perda de qualidade da água, em especial nos rios, lagos e reservatórios (Bufalo e Nahon, 1992; Martinez-Casasnovas, 2003).

Associada às características climáticas, a formação de ravinas está relacionada com fatores físicos como o declive, a forma e o tamanho da vertente, com as propriedades físicas, químicas e mineralógicas dos solos ou, ainda, com a presença de material pouco coeso a regularizar as vertentes, como é o caso dos mantos de alteração ou dos depósitos de vertente. Os fatores antropogénicos são fundamentais na instalação e evolução das ravinas e na capacidade erosiva das mesmas, através da desflorestação, incêndios, lavra, pastagens, remoção da vegetação remanescente ou construção de estradas. Na maioria das vezes, promovem a concentração da escorrência, como sucede no exemplo em estudo, e a diminuição da infiltração. Alguns estudos têm demonstrado a rápida aceleração na evolução e formação de ravinamentos, associado, por exemplo, à construção de estradas (Reid e Dune, 1996; Nyssen *et al.*, 2002; Douglas e Pietroniro, 2003; Ezezika e Adetona, 2011), pelo que não é de estranhar o aumento no número de trabalhos consagrados ao estudo sobre as ravinas quando associado a problemas de erosão (Bocco, 1991; Martinez-Casasnovas *et al.*, 2003; Kheir *et al.*, 2007; Samani *et al.*, 2010; Martins, 2010; Nwilo *et al.*, 2011).

Objetivo

Neste artigo é objetivo identificar os fatores mais importantes na formação e desenvolvimento das ravinas a partir do caso da ravina do Corgo, situada no vale do rio Alva. Para além da análise dos aspectos físicos, é analisada ainda a participação do ser humano como fator ativo no desenvolvimento deste tipo de processo, tanto através da construção de estradas e caminhos florestais, como na sequência dos incêndios florestais.

Localização geográfica

A ravina do Corgo localiza-se na margem direita do rio Alva, a jusante da povoação de Penalva de Alva e em frente à das Caldas de São Paulo, no concelho de Oliveira do Hospital (fig. 1), desenvolvendo-se entre curvaturas da estrada, numa vertente com elevado declive e que tem sido afetada por incêndios florestais, o mais recente dos quais ocorreu em agosto de 2013.

Processos fundamentais na génese e evolução das ravinas

O estudo das ravinas assume maior importância se for associado a problemas de erosão, em especial, quando afeta áreas de cultivo de elevado valor económico. Ao contrário de outros processos associados à erosão hídrica, como a formação de sulcos, as ravinas implicam maior esforço de controlo e correção erosiva. Estudos desenvolvidos tanto para mitigar como para prevenir a erosão dos solos, são unânimes em atribuir danos severos e, muitas vezes, permanentes, aos solos afetados pela ação de ravinamentos (Desta e Adugna, 2012). Do ponto de vista teórico, poder-se-ão distinguir dois tipos de erosão: (i) erosão “natural”, sem intervenção antrópica; (ii) erosão “antrópica”. Sobre tudo esta última, pode traduzir-se por uma rápida remoção do solo em resultado da ausência de vegetação, expondo-o diretamente à ação erosiva, especialmente eólica e hídrica, com consequências no aumento da capacidade e competência erosiva da água proveniente das chuvas.

Assim, nos solos sem proteção, por ausência de vegetação, o processo inicia-se com a precipitação, em particular, com o efeito de salpico (*splash*) sobre o solo. O impacto da gota de chuva sobre a parte superior do solo desagrega-o e as partículas são lançadas em todas as direções induzindo uma poro-pressão positiva no solo e a formação de pequenos charcos (*ponds*) (De Ploey, 1983). Este fenómeno é especialmente importante quando se trata de material pouco coeso. À medida que a dimensão destes charcos aumenta, eles rompem-se e ligam-se entre si através de pontos de ruptura (*knickpoints*), conduzindo a um processo de escorrência que leva à formação de pequenos canais. Contudo, nem todos os microcanais gerados evoluem para ravinas, pois, apenas um conjunto destes microcanais evolui para um sistema em retroação e retorno (*feedback*) positivo, pressupondo uma topografia dinâmica que induz a uma concentração progressiva da escorrência (fig.2). Este processo desenvolve-se geralmente nos sectores da vertente mais próximos da base (Favis-Morlock, 1996) à medida que a área fornecedora de água aumenta de montante para jusante. Este facto relaciona-se com a aceleração do fluxo de água, à medida que esta desce a vertente em direção à base, permitindo o cisalhamento das partículas e a formação dos primeiros sulcos, onde a água tende a concentrar-se, podendo depois formar ravinas. Uma vez instaladas, a evolução das ravinas é remontante, enquanto se mantiverem as características geológicas.

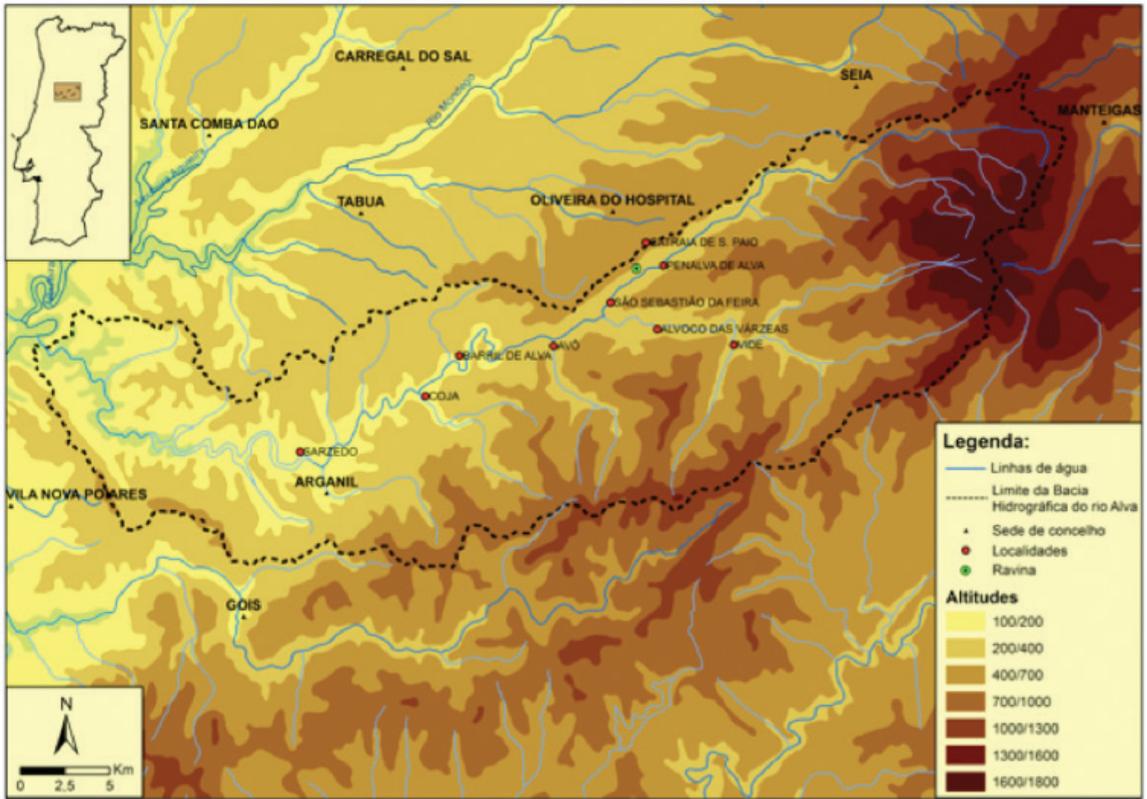


Fig. 1 - Esboço de localização da bacia do rio Alva e da ravina do Corgo.

Fig. 1 - Location of the Alva watershed and the Corgo gully.

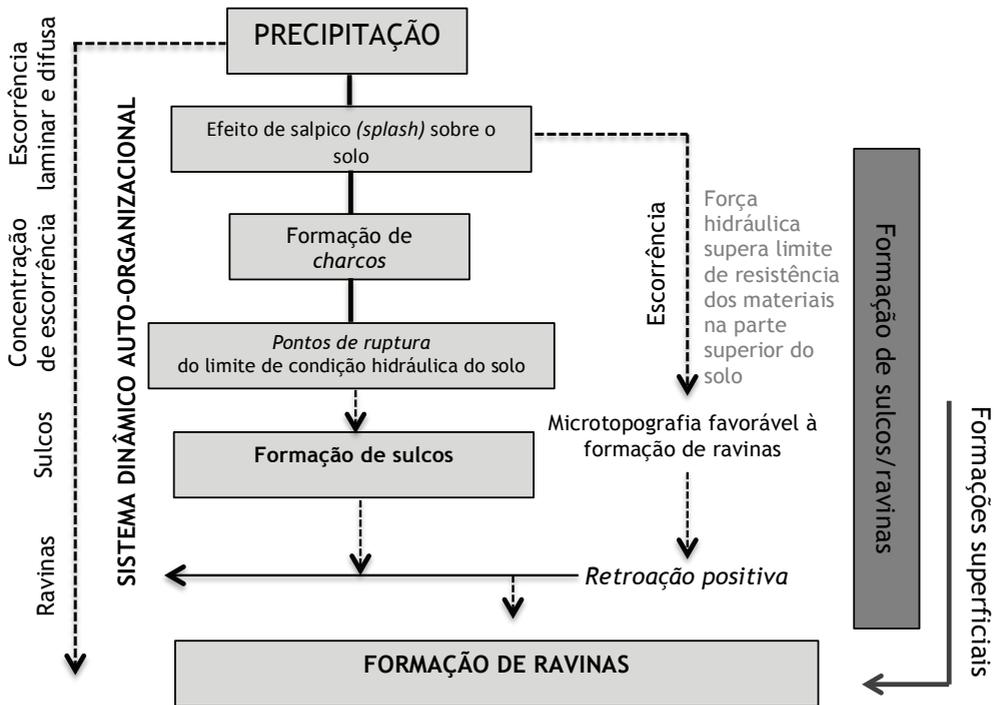


Fig. 2 - Esquema simplificado de instalação e evolução de ravinas (Adaptado de De Ploey, 1983; Lourenço et al., 1990; Favis-Morlock, 1996; Samani et al., 2010; Martins 2010; Nwilo et al., 2011).

Fig. 2 - Simplified scheme of installation and evolution of gullies (Source: Adapt. De Ploey, 1983; Lourenço et al., 1990; Favis-Morlock, 1996; Samani et al., 2010; Martins 2010; Nwilo et al., 2011).

O processo de iniciação de uma ravina implica, necessariamente, que haja uma certa concentração do fluxo de água e que sejam rompidos certos limites em termos de condições hidráulicas. A passagem de sulcos para ravinas está em parte condicionada pelo declive, que determina as condições de energia potencial e de energia cinética de uma vertente. Para que se formem ravinas é necessário que haja valores de declive superiores a 2 ou 3 graus (De Ploey, 1983). O aumento de declive influi na velocidade do fluxo da água de escorrência, um fator fundamental na formação e no desenvolvimento de ravinas. Com efeito, as simulações realizadas em laboratório indicam que a velocidade da água deverá ser superior a 3,2 cm/s para que se dê a formação de ravinas (Slattery e Bryan, 1992). Assim, a presença de sulcos poderá ser um indicador de erosão, admitindo a sua hipotética evolução para ravinas.

A forma e tamanho das vertentes são fatores que vão influenciar o processo de ravinamento ao interferir diretamente no tempo de concentração e na escorrência. Por isso, as vertentes mais extensas apresentam maior susceptibilidade ao aumento da *ratio* de escorrência por unidade de tempo. Todavia, o declive parece ser um dos factores mais importantes no desenvolvimento das ravinas, pois, excetuando declives inferiores a 2 graus ou próximos da verticalidade, a presença de ravinas pode ocorrer em qualquer sector da vertente (Nyssen *et al.*, 2002).

Os incêndios florestais e a sua relação com os processos erosivos na bacia hidrográfica do rio Alva

A cartografia das áreas incendiadas tem vindo a assumir grande interesse nos últimos anos, uma vez que se trata de áreas de maior susceptibilidade à manifestação dos processos erosivos (Lourenço *et al.*, 2012a, 2012b, 2014a e 2014b), em particular, à formação de ravinas.

Em geral, é nos primeiros 4 a 6 meses após os incêndios que a susceptibilidade à erosão é maior por também ser maior a probabilidade de chuvas intensas nesse período após os incêndios, designadamente durante o outono-inverno que se lhes segue (Sala *et al.*, 1994; Andreu *et al.*, 2001). Nestas condições, a escorrência quando se concentra nas vertentes despidas de vegetação forma sulcos e, sempre que a litologia é favorável, origina ravinas cuja posterior evolução pode continuar durante vários anos após o incêndio (Lourenço *et al.*, 1990).

Ora, a bacia hidrográfica do rio Alva tem sido afetada por diversos incêndios florestais ao longo das últimas dezenas de anos, deixando assim vastas áreas da sua superfície expostas ao risco de erosão (Lourenço *et al.*, 2014a). Todavia, um dos aspetos erosivos menos estudado nesta bacia tem a ver precisamente com o desenvolvimento de ravinas, algumas das quais atingem uma certa espetacularidade, especialmente

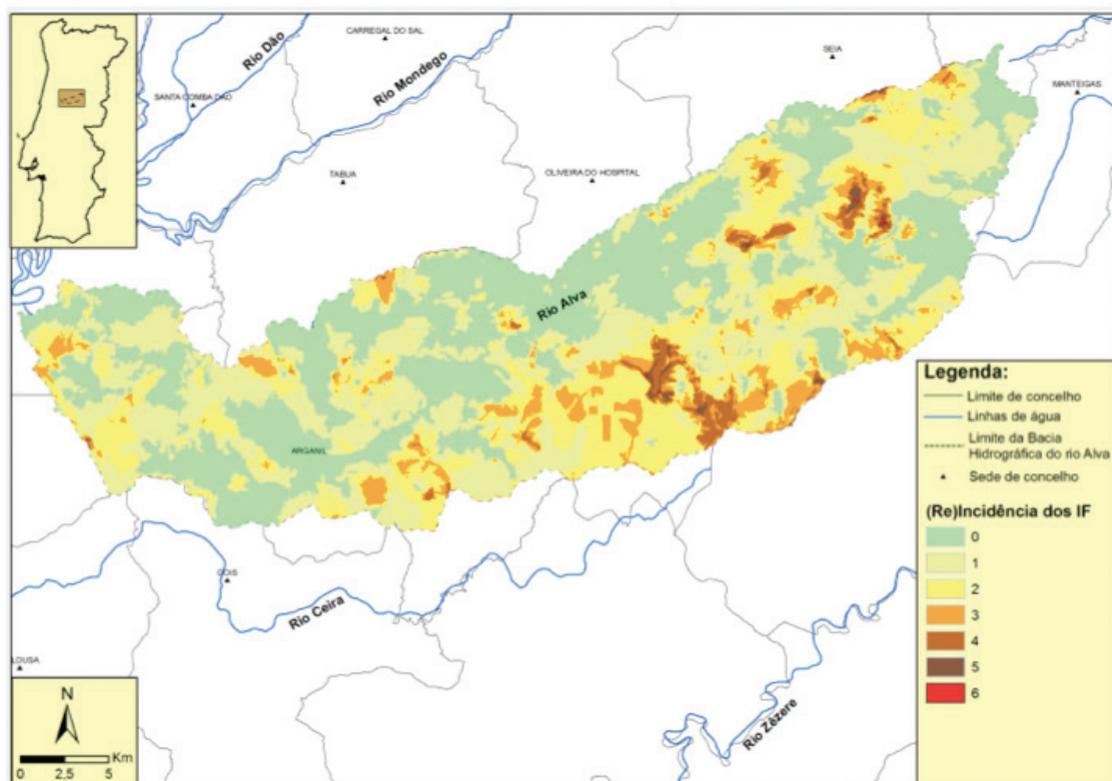


Fig. 3 - Áreas ardidas uma ou mais vezes, na bacia hidrográfica do rio Alva, entre 1975 e 2013 (Fonte: Lourenço *et al.*, 2014a).

Fig. 3 - Areas burnt one or more times in the River Alva basin, between 1975 and 2013 (Source: Lourenço *et al.*, 2014a).

nas áreas onde a recorrência de incêndios foi maior (fig. 3), como é o caso da que se foi desenvolvendo sobre depósitos de vertente, na margem direita da ribeira do Piódão (fot. 1).

Por sua vez, a ravina do Corgo, sendo menos vistosa do que esta, é de acesso bem mais fácil e, aparentemente, corresponderia a um desenvolvimento mais recente, razão pela qual foi escolhida, uma vez que parecia ter evoluído sobretudo depois do incêndio, que no dia 21 de agosto de 2013 se desenvolveu na vertente do rio Alva, entre as Caldas de São Paulo e Penalva de Alva, tendo destruído 150 ha de espaços com aptidão florestal e que rondou diversas casas situadas tanto na localidade de São Pedro, situada a nascente da área queimada, como na Catraia de São Paio, posicionada no topo da vertente (fot. 2).

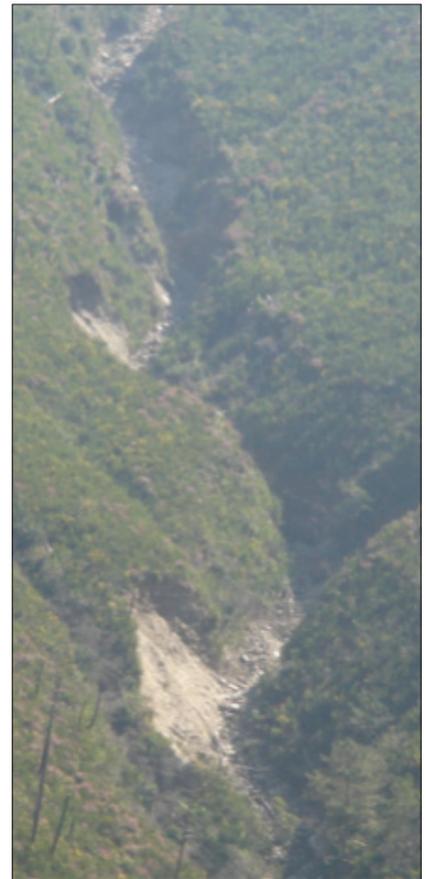
Com efeito, os incêndios florestais facilitam o desenvolvimento de ravinas nas vertentes queimadas (fot. 3) apesar de rapidamente recuperarem a vegetação herbácea e arbustiva (fot. 4), pelo que depressa se percebeu que, pela sua dimensão, esta não poderia ter evoluído a expensas do incêndio.

De todas formas, a aceleração dos processos erosivos que, no vale do Alva, conduzem ao desenvolvimento de ravinas está muito condicionado pela existência de formações superficiais com materiais pouco consolidados que, ora cobrem as vertentes, muitas vezes fossilizando anteriores paleotopografias, sendo constituídas por depósitos de vários tipos, ora correspondem a materiais que constituem o substrato e que se encontram muito alterados, quer devido à alteração química das rochas granitóides, como é o caso na área onde se instalou a ravina do Corgo, quer em resultado da ação tectónica que, através de falhas e fraturas, frequentemente condiciona o desenvolvimento de ravinas e que, eventualmente, também poderá ter facilitado a respetiva implantação.

Mas, por vezes, a intervenção antrópica é tão ou, até, mais importante do que a ação natural para a formação das ravinas. De facto, o ser humano ao mobilizar superficialmente os solos para a plantação de árvores, criando patamares subhorizontais, como sucedeu na área em estudo, cria condições para que, após os incêndios, os taludes sejam facilmente ravinados, pelo que a maior



A



B

Fot. 1 - Vista geral de uma ravina afluente à ribeira do Piódão (A), subafluente do rio Alva e detalhe da sua parte central (B) (Fotografia de L. Lourenço, tomada a 21-03-2009).

Photo 1 - Overview of a gully stream to the Piódão River (A), sub-tributary Alva River (B) (Photograph by L. Lourenço, taken 21-03-2009).



Fot. 2 - Pormenor do incêndio de Penalva de Alva, na sua aproximação à Catraia de São Paio (Fotografia de L. Lourenço, tomada a 21-08-2013).

Photo 2 - Penalva de Alva fire detail in its approach to Catraia of São Paio (Photography by L. Lourenço, taken 08-21-2013).

parte das ravinas que se formaram após o incêndio resultou da atuação combinada de processos naturais e de ação antrópica (fot. 3A).

No entanto, após análise no local, foi fácil concluir que tanto a ravina do Corgo, como outras mais evoluídas existentes na área queimada, não só pelas suas dimensões, mas também pela sua localização, são muito anteriores ao incêndio de 2013. Neste caso, o desenvolvimento inicial deverá associar-se à abertura da estrada que liga a municipal 514, em Santo António do Alva, à nacional 17, na Catraia de São Paio, como desenvolveremos adiante.

A importância das formações superficiais

A evolução das ravinas, em termos do aumento da sua profundidade, depende da existência de material susceptível de ser transportado por ação hídrica sob forma de movimento individual de partículas, ao passo que o desenvolvimento vertical depende da existência e das características das formações superficiais. Neste sentido, o estudo deste tipo de formações e a cartografia da respetiva espessura é muito importante e tem ganho força nos últimos anos, em particular, no território português (Martins, 2010; Martins *et al.*, 2014). A definição de formações superficiais é parcelar, em resultado dos diferentes domínios de abordagem e formação dos investigadores, confrontando-se sobretudo as posições de geólogos, geomorfólogos e pedólogos. Com efeito, o interesse em precisar o conceito de formação superficial surgiu no âmbito do planeamento das atividades agrícolas nos anos 50 e 60, aliado a trabalhos de cartografia. Neste contexto, entendemos por formações superficiais aquelas que correspondem a todo o conjunto de materiais continentais móveis ou secundariamente



A



B

Fot. 3 - Formação de ravinações em socacos da área queimada (A) (Fotografia de L. Lourenço, tirada a 29-05-2014) e vista lateral de uma ravina no interior da qual se desenvolviam árvores (B) (Fotografia de B. Martins, tirada a 20-05-2014).

Photo 3 - Formation of gullies in terraces in a burned area (A) (Photography by L. Lourenço, taken 05-29-2014) and side view of a gully. Development of trees inside the gully (B) (Photography by B. Martins, taken 05-20-2014).



Fot. 4 - Aspeto da recuperação da vegetação na área queimada, dois anos após o incêndio (Fotografia de L. Lourenço, obtida a 15-06-2015).

Photo 4 - Vegetation recovery in a burned area two years after the fire (Photography by L. Lourenço, obtained 15-6-2015).

consolidados, quer *in situ*, quer transportados, e que derivam da desagregação mecânica ou da alteração química das rochas, admitindo-se assim que estas formações tanto podem ser autóctones, como alóctones. Estas formações individualizam-se do denominado “solo” (*solum*), constituído por “complexos” minerais e orgânicos que se desenvolvem, indistintamente, a partir de qualquer uma das formações móveis anteriores. Neste sentido, as formações superficiais abrangem (i) produtos derivados da alteração *in situ* (formações autóctones) genericamente definidas como mantos de alteração; (ii) materiais que submetidos numa fase prévia de meteorização sofreram remeximento ou movimentação; (iii) materiais derivados de alteração “inicial” deslocados a maior distância e depositados fora do seu contexto original, ou seja, formações alóctones (Soares, 2008).

A relação entre a existência de ravinas e formações superficiais, em especial nas áreas de montanha, tem sido aventada por vários estudos (Pedrosa, 1993; Bateira, 2001; Santos, 2011; Soares, 2008; Martins, 2010, Martins *et al.*, 2014), em particular, a presença de ravinas profundas e mantos de alteração. No caso da ravina do Corgo, esta desenvolve-se entre uma soleira de granito no sector a montante da ravina e mantos de alteração no sector vestibular da ravina.

Metodologia

O trabalho de campo constituiu um dos vetores fundamentais para a concretização deste estudo, permitindo a recolha de dados para a análise da geometria da ravina - tomados a 15 de julho de 2015,

a recolha de amostras para posterior tratamento granulométrico e a compreensão dos fatores que estiveram na génese da ravina. A seleção dos locais de recolha de sedimentos correspondeu aos setores onde se registam variações morfológicas significativas da ravina, nomeadamente em termos de profundidade (altura das paredes) e de largura, na tentativa de asseverar alguma relação entre as características granulométricas dos sedimentos e mudanças significativas na geometria. As amostras foram reduzidas a um peso que oscilou entre 200 e 300 gramas, sendo posteriormente secas em estufa, a uma temperatura situada entre 60 e 70°C, durante pelo menos 12 horas. Na maioria das vezes, as amostras ficaram a secar de um dia para o outro, ultrapassando sempre 12 horas de secagem. Depois de secas, foram submetidas a um processo de peneiramento durante 10 minutos, induzido por um agitador a 70/80 vibrações por minuto. Para a classificação das diferentes frações foi utilizado a escala de Wentworth. A fracção fina corresponde à soma dos elementos de dimensão inferior a 0,063mm (fracção silto-argilosa). Somando as diferentes frações obteve-se um peso final que, retirado ao inicial, dá como resultado a perda por análise, permitindo controlar desta forma eventuais erros ao longo de processo. As curvas cumulativas resultaram da soma obtida para cada fracção, relativamente ao peso peneirado, sendo constituída a partir dos elementos mais grosseiros (2mm). Foram posteriormente determinadas medidas descritivas da granulometria dos sedimentos de tendência central (mediana ($Md\emptyset$), média ($M\emptyset$), média gráfica (Mz) e moda), dispersão (calibração (σ)), assimetria (Ski) e angulosidade da curva (curtose).

A partir de levantamento de campo foi recolhida informação sobre a geometria da ravina (altura, largura e comprimento) e análise do perfil da vertente. Recorreu-se à utilização de uma barra de ferro graduada, de forma a poder obter as medidas de desnível acompanhado da utilização da bússola para indicação da direção do alinhamento. A distância entre as medidas foi de 2 metros, salvo mudanças significativas no perfil da vertente ou da ravina. O trabalho foi realizado a pares, separados por 2 metros, em que um elemento segurava o metro no sector frontal e o outro registava a altura obtida a partir do clinómetro. A altura correta era aquela obtida quando a bolha no visor do clinómetro estava centrada. Os valores da largura e altura das paredes da ravina foram obtidos a partir de um metro, com registos intervalados em 2 metros, salvo mudanças significativas na largura e/ou altura das paredes laterais da ravina.

A ravina do Corgo (rio Alva)

A área de estudo e, por conseguinte, aquela onde se localiza a ravina, está incluída no designado Maciço Antigo que, por sua vez, pertence à denominada zona Centro-Ibérica (Julivert *et al.*, 1974). Do ponto de vista litológico, integra-se na chamada província uranífera das Beiras, sendo essencialmente constituída por rochas graníticas, com predomínio do granito porfiróide de grão grosseiro, de natureza calco-alcalina e, por vezes, com orientação dos megacristais (JEN, 1968). A observação de campo leva a pensar que a formação desta ravina poderá estar associada a uma saída da água localizada

numa curva da antiga estrada de macadame e que, por mais tarde ter sido canalizada, quando há anos esta estrada foi asfaltada (fot. 5-A) será, por conseguinte, muito anterior ao incêndio de 2013. Aliás, estamos convictos de que a sua grande evolução foi anterior ao asfaltamento da estrada, uma vez que depois disso a água das valetas deixou de se dirigir para esta ravina, o que contribuiu para que quase tivesse deixado de evoluir, ou seja, a sua evolução passou a efetuar-se a uma velocidade muitíssimo menor, tanto mais que passou a ficar colonizada com vegetação (fot. 5-B).

Posteriormente, a eliminação da vegetação herbácea e arbustiva pelo incêndio deixou a ravina em condições mais favoráveis para alguma evolução após o incêndio, mas que de forma alguma justifica o seu desenvolvimento atual. O maior contributo do incêndio foi tê-la deixado a descoberto, bem como muitas outras na área queimada, tendo-nos incentivado ao seu estudo. Assim, nesta ravina é possível destacar, muito claramente, dois sectores, separados, de forma muito vincada, por uma marcada diferenciação litológica. Enquanto o tramo inicial, que se desenvolve a montante de uma soleira de rocha dura, constituída por um afloramento granítico não alterado, é praticamente um sulco (fot. 6-A), a parte vestibular situada, a jusante desse afloramento, desenvolve-se em rocha alterada, o que facilitou a sua incisão vertical (fot. 6-B) e o seu alargamento (fot. 7)

No entanto, a evolução deste sector foi perturbada pela construção de um caminho para exploração florestal que fossilizou parte da ravina e, localmente, modificou o seu



A



B

Fot. 5 - Curva da estrada a jusante da qual se desenvolveu o tramo inicial da ravina (A), na atualidade completamente colmatado por vegetação (B) (Fotografias de L. Lourenço, tiradas a 29-11-2015).

Photo 5 - Road turn downstream the initial stretch of the gully (A), today completely filled by vegetation (B) (Photographs by L. Lourenço, taken 29-11-2015).



A



B

Fot. 6 - Parte inicial da ravina do Corgo, imediatamente a montante (A) e a jusante da soleira de rocha dura, a qual é visível no canto inferior direito (B) (Fotografias de H. Lima, tiradas a 15-07-2015).

Photo 6 - Initial part of the Corgo gully (A), and downstream hard rock which is visible in the lower right of the picture (B) (Photographs by H. Lima, taken 15-07-2015).



Fot. 7 - Parte vestibular da ravina do Corgo, tomada de montante (Fotografia de L. Lourenço, obtida a 29-05-2014).

Photo 7 - Vestibular sector of the Corgo gully (Photography by L. Lourenço, obtained 29-05-2014).

perfil longitudinal (sector assinalado com a letra A na fig. 4) criando artificialmente duas importantes rupturas de declive, que, em condições normais de evolução da ravina, tenderiam a atenuar-se. Todavia, como a principal fonte de alimentação (a água proveniente da estrada) deixou de funcionar, não se observou qualquer ravinamento na superfície do caminho, o que nos leva a supor que a pouca água que se escoia pela ravina se possa infiltrar no sector de menor declive, a montante do caminho, e, por conseguinte, o seu atravessamento será feito de modo subterrâneo, não deixando marcas à superfície.

Uma análise mais pormenorizada mostra que a ravina se organizou a partir da estrada, primeiro sobre rocha dura, onde a incisão é incipiente, cuja maior profundidade é de, apenas, alguns centímetros e, depois, quando passou a desenvolver-se sobre rocha alterada, rapidamente ganhou profundidade (fot. 8), ao mesmo tempo que a sua largura aumentou, embora com estrangulamentos locais.

O aumento da largura da ravina é geralmente acompanhado também pelo aumento da altura das paredes laterais da ravina, atingindo no tramo vestibular, no sector situado entre os 25 e 30 metros, uma largura superior a 9 metros e onde a altura das paredes é superior a 5 metros (fig. 5).

Com efeito, a ravina apresenta uma extensão total de 80 metros, terminando na estrada. Nos primeiros onze metros apresenta um desnível com pouco mais de 5 metros, o que lhe confere um declive de 43%, ao passo que na transposição da soleira de rocha dura, ele aumenta para 145% e, depois, durante quinze metros, reduz para 7%, fruto de intervenção antrópica, relacionada com a abertura do já antes mencionado caminho florestal que fossilizou a ravina. A jusante desse caminho passa a apresentar um declive médio de 40%, numa extensão de 54 metros (fig. 4 e 6). No entanto, esse declive não é homogéneo, pois existem rupturas muito nítidas no talvegue da ravina, associadas a estrangulamentos de difícil explicação, por não existir nítida diferenciação litológica, sendo de destacar as que se situam pelos 34, 40, 62, 70 e 74 metros (fig. 4 e 6).

O perfil da vertente na qual se desenvolve a ravina não é simétrico (fig. 6), verificando-se diferenças significativas entre a vertente situada à direita e à da esquerda da

ravina, o que poderá justificar variações na própria geometria, em particular, no que concerne à sua largura e profundidade.

As perturbações causadas no perfil da vertente, em resultado da abertura do caminho florestal, fazem-se sentir fundamentalmente na vertente direita da ravina

(na fig. 6, no local assinalado com a letra A) e que poderão justificar o aumento da largura da ravina que, neste sector, atinge 4 metros e meio de largura.

O desenvolvimento da ravina em profundidade permite distinguir perfeitamente os dois tramos situados a montante e jusante da soleira de rocha dura, na medida

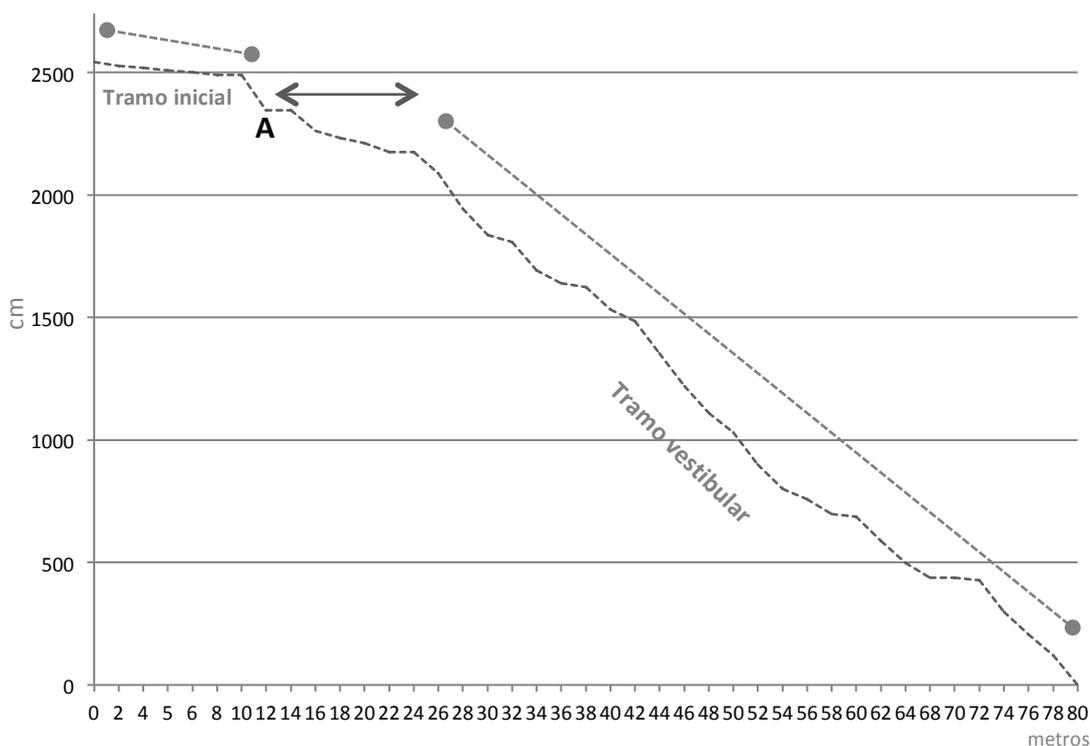


Fig. 4 - Perfil longitudinal da ravina, baseado no levantamento de campo efetuado a 15-07-2015.

Fig. 4 - Longitudinal profile of the gully, based on the field survey conducted on 15-07-2015.



Fot. 8 - Pormenor do sector intermédio da ravina do Corgo (tramo vestibular), imediatamente a jusante do local onde foi fossilizada pela abertura de um caminho florestal, visível na parte superior da fotografia (Fotografia de L. Lourenço, captada a 29-05-2014).

Photo 8 - Detail of the intermediate sector of the Corgo gully (vestibular sector), downstream where it was fossilized by the opening of a forest path, visible in the upper part of the photograph (Photograph by L. Lourenço, taken 29-05-2014).

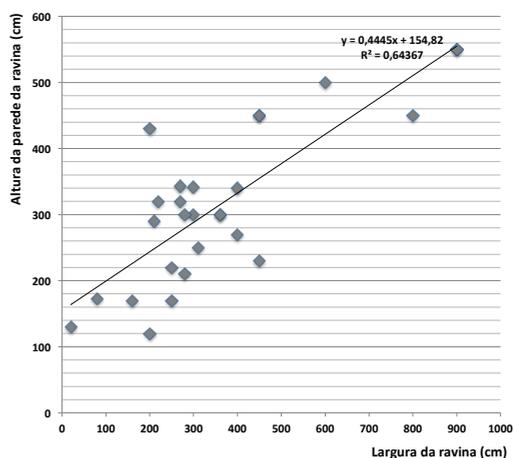


Fig. 5 - Valores de largura (eixo das abcissas) e altura da parede ravina (eixo das ordenadas) em cm, da parte vestibular da ravina do Corgo, baseado no levantamento de campo efetuado a 15-07-2015.

Fig. 5 - Width values (x-axis) and height of the gully wall (y-axis) in cm, in the vestibular sector of the Corgo gully, based on the field survey conducted on 15-07-2015.

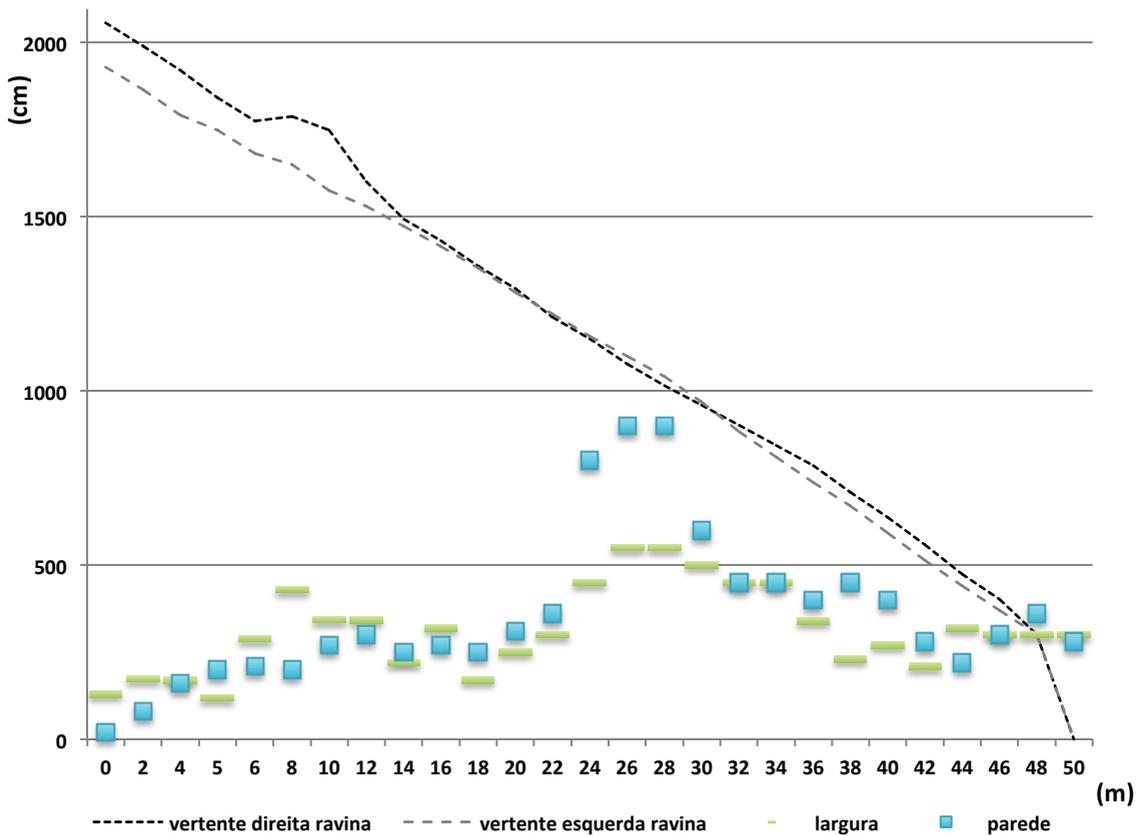


Fig. 6 - Perfil da vertente direita e esquerda da ravina e perfil longitudinal da ravina. Estão ainda representados os valores da altura da parede e largura da ravina no seu sector vestibular, baseado no levantamento de campo efetuado a 15-07-2015.

Fig. 6 - Profile of the right and left side slope of the gully and longitudinal profile. The wall height and gully wide values are also represented based on the field survey conducted on 15-07-2015.

em que a montante o entalhe é da ordem centimétrica, situando-se à volta dos 5-10 centímetros, enquanto que a jusante é de ordem métrica, com encaixe que chega a ser superior a 5 metros.

Por sua vez, até à soleira de rocha dura, o aumento da largura começa por ser gradual e proporcional ao aumento do comprimento da ravina, mantendo-se sempre inferior a 1 metro, mas depois sofre uma perturbação nessa travessia e continua a aumentar progressivamente até receber o contributo de uma ravina secundária, quase duplicando localmente a sua largura, atingindo 3,20 metros, após o que retoma o crescimento proporcional. Pelos 34 metros sofre um estrangulamento, reduzindo de 1,70 metros para 1,20 metros, aumentando 4 metros depois, ou seja, pelos 38 metros de comprimento, para 4,30 metros de largura, após o que volta a reduzir até aos 2,20 metros, quando alcança 44 metros de comprimento. Depois, volta a aumentar para 3,20 metros, aos 46 metros de comprimento, reduzindo logo de seguida para pouco mais de metro e meio, ao que se segue novo aumento até atingir a sua máxima largura, próxima dos 6 metros, entre os 56 e 58 metros de extensão. Posteriormente,

reduz a sua largura, até chegar a 2,10 metros, pelos 72 metros de extensão, para aumentar de novo, para pouco mais de 3 metros, dimensão com que termina na barreira da estrada (fig. 6).

As amostras recolhidas nas paredes laterais da ravina não revelam diferenças significativas do ponto de vista granulométrico, mesmo quando retiradas em diferentes sectores da ravina onde se observaram importantes variações no que respeita à sua geometria (profundidade e/ou largura). Trata-se de sedimentos onde se observa o predomínio das areias grosseiras relativamente às finas (fig. 7). Os valores da fração silto-argilosa são muito reduzidos. A classe modal corresponde às areias com 2 mm de diâmetro, e as medidas de tendência central (mediana, média e média gráfica) aponta para valores entre os 1,5 mm, 1,3 mm e os 1,5 mm respetivamente (TABELA I).

Com valores ligeiramente diferentes, a amostra colhida no sector mais a montante da ravina (am_1), apresenta valores mais baixos para a mediana, média e média gráfica, 0,6 mm, 1,06 mm e 0,91 mm respetivamente, em resposta à maior percentagem de material mais fino na matriz do sedimento.

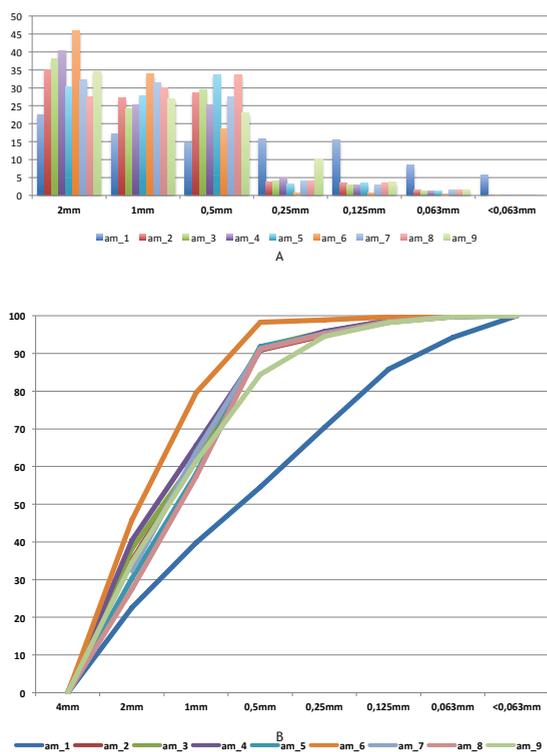


Fig. 7 - Distribuição das amostras recolhidas por classes granulométricas, em valores percentuais, (A) e respetivas curvas cumulativas (B).

Fig. 7 - Distribution of samples taken for granulometric classes, in percentages (A), and respective cumulative curves (B).

Os valores de calibração confirmam o predomínio e a concentração de sedimento nas frações grosseiras (a soma dos sedimentos com mais de 1mm corresponde a mais de metade do sedimento em todas as amostras, com exceção da amostra am_1) revelando afastamento da concentração em torno da média. Os valores de assimetria sugerem ainda o enriquecimento das amostra em grosseiros face aos finos (TABELA I). O valor da curtose indica uma curva leptocúrtica (TABELA I).

Conclusão

A ravina do Corgo apresenta um comprimento próximo de 80 metros. Tendo em consideração a profundidade da ravina é possível dividi-la em 2 tramos: (i) a montante de uma soleira de rocha dura, com um entalhe de ordem centimétrica; (ii) a jusante, com um entalhe do talvegue que no seu todo ultrapassa 5 metros.

É no sector intermédio do tramo vestibular onde se registam os valores mais elevados da largura e altura das paredes da ravina, ultrapassando 9 e 5 metros, respectivamente.

Para além das características físicas, como o declive e a presença de mantos de alteração, que são profundos no tramo vestibular, a génese da ravina parece estar relacionada, também, com factores de natureza antrópica, designadamente a abertura da estrada. Por outro lado, os incêndios a que a vertente foi sujeita deixou vastas áreas da sua superfície expostas ao risco de erosão. A escorrência quando se concentra nas

TABELA I - Medidas estatísticas descritoras da curva granulométrica das amostras.

TABLE I - Statistical descriptors measures of the granulometric distribution curve of the samples.

Geometria da ravina			Medidas descritivas calculadas a partir da análise gráfica curva granulometria						
	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Profundidade (cm)	Mediana (Md ϕ) (mm)	Média (M ϕ) (mm)	Média gráfica (Mz) (mm)	Valor de calibração (σ)	valor de assimetria (Ski)	índice de angulosidade (curtose Kg)
Am_1	10	120	70	0,6	1,063	0,91	2,9	0,99	1,59
Am_2	34	170	160	1,4	1,31	1,34	1,8	0,81	1,19
Am_3	39	160	200	1,5	1,32	1,38	1,7	0,78	1,09
Am_4	41	500	300	1,5	1,3	1,37	1,7	0,83	1,07
Am_5	48	410	270	1,25	1,3	1,28	1,7	0,86	1,09
Am_6	52	450	360	1,8	1,45	1,57	1,3	0,65	0,63
Am_7	56	1000	900	1,4	1,3	1,33	1,7	0,82	1,12
Am_8	64	600	450	1,2	1,32	1,28	1,7	0,83	1,09
Am_9	70	350	380	1,3	1,26	1,27	1,7	0,89	1,1

vertentes sem qualquer tipo de vegetação forma sulcos que, quando a litologia é favorável, como é o caso, podem evoluir para ravinas.

Com efeito, estamos convictos de que a génese desta ravina estará associada a uma saída de água localizada numa curva da antiga estrada de macadame, curva que foi posteriormente cortada, a qual terá contribuído para o acréscimo de escorrência. Por outro, a significativa alteração no perfil da vertente em resultado da intervenção antrópica, terá permitido ainda uma considerável mobilização superficial de material rochoso criando um patamar subhorizontal que, desta forma, poderá ter favorecido a evolução mais célere da ravina.

Bibliografia

- Andreu, V., Imeson, A. C., e Rubio, J. L. (2001). Temporal changes in soil aggregates and water erosion after a wildfire in a Mediterranean pine forest. *Catena*, 44, 69-84, 0341-8162.
- Bateira, C. (2001). *Movimentos de Vertente no NW de Portugal: Susceptibilidade Geomorfológica e Sistemas de Informação Geográfica* (Tese de Doutoramento). Apresentada à Faculdade de Letras da Universidade do Porto.
- Bergonse, R. e Reis, E. (2011). Formas, processos e padrões na erosão por ravinamento: Para um enquadramento teórico coerente. *Finisterra*, XLVI, Lisboa, p.99-120.
- Bocco, G. (1991). Gully erosion: processes and models. *Progress in Physical Geography*, 15 (4), 392-406.
- Bufalo, M. e Nahon, D. (1992). Erosional processes of Mediterranean badlands: a new erosivity index for predicting sediment yield from gully erosion. *Geoderma*, 52, pp. 133-147.
- Castillo; Mosch; García; Barbera; Cano e López-Bermúdez (2007). Effectiveness and geomorphological impacts of check dams for soil erosion control in a semiarid Mediterranean catchment: El Cárcavo (Murcia, Spain). *Catena*, Vol. 70; Issue 3, pp. 416-427.
- De Ploey, J. (1983). Runoff and rill generation on sandy and loamy topsoils. *Z. Geomorf. N.F.*, 46, 15-23.
- Destá, Lakew e Aduugna, Belayneh (2012). A Field Guide on Gully Prevention and Control, Nile Basin Initiative Eastern Nile Subsidiary Action Program (ENSAP), Addis Ababa, Ethiopia, p.67.
- Douglas, I. e Pietroniro, A. (2003). Predicting road erosion rates in selectively logged tropical rain forests. In: De Boer, D.; Froehlich, W. e Mizuyama, T. (Eds.) - Erosion Prediction in Ungauged Basins, Integrating Methods and Techniques. *Proceedings of an International Symposium Sapporo*, Japan, 8-9 July 2003, IAHS Press, Wallingford, UK, pp. 199-205.
- Ezezi, O. e Adetona, O. (2011). Resolving the gully erosion problem in Southeastern Nigeria: Innovation through public awareness and community-based approaches. *Journal of Soil Science and Environmental Management* Vol. 2(10), pp. 286-291.
- Favis-Mortlock, D. (1996). An evolutionary approach to the simulation of rill initiation and development. *Proceedings of the 1st International Conference on GeoComputation*, Leeds, Inglaterra, 248-281.
- Frankl, A.; Poesen, J.; Deckers, J.; Mitiku, Haile e Nyssen, J. (2012). Gully head retreat rates in the semiarid Highlands of North Ethiopia. *Geomorphology*, 173-174, pp. 185-195.
- Kheir, W. A.; Ismail, G.; El-Nour, A.; Tawfik, T. e Hammad, D. (2007). (Lemna gibba) in wastewater treatment. *International Journal of Agriculture and Biology*, 5, pp. 681-689.
- Krause, A. K.; Franks, S. W.; Kalma, J. D.; Loughran, R. J. e Rowan (2003). Multi parameter fingerprinting of sediment deposition in a small gullied catchment in SE Australia. *Catena*, 53 (4), pp. 327-348.
- Julivert, M.; Fontbote, J. M.; Ribeiro, A. e Conde, L. (1974). *Mapa Tectónico de la Península Ibérica y Baleares*. Escala 1/100 000. Memoria Explicativa. Madrid, Instituto Geológico y Minero de España, 113 p.
- JUNTA DE ENERGIA NUCLEAR (1968). A província uranífera do Centro de Portugal. Suas características estruturais, tectónicas e metalogénicas. Junta de Energia Nuclear, Lisboa, 132p + mapa 1/250.000.
- Lourenço, Luciano; Bento-Gonçalves, António e Monteiro, Rui (1990). Avaliação da erosão dos solos produzida na sequência de incêndios florestais. *Comunicações, II Congresso Florestal Nacional*, Porto, II vol, p. 834-844.
- Lourenço, Luciano; Nunes, Adélia; Bento-Gonçalves, António e Vieira, António (2012a). Soil Erosion After Wildfires in Portugal: What Happens When Heavy Rainfall Events Occur? In: *Soil Erosion* Edited by: Danilo Godone and Silvia Stanchi. InTech – Open Access Company. ISBN: 980-953-307-558-2. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5772/50447>.
- Lourenço, Luciano; Bento-Gonçalves, António; Vieira, António; Nunes Adélia e Ferreira-Leite, Flora (2012b). Forest Fires in Portugal. In: *Portugal: Economic, Political and Social Issues*. Edited by: António José Bento Gonçalves and António Avelino Batista Vieira. European Political, Economic, and Security Issues. Global Political Studies. Hauppauge New York: Nova Science Publishers ISBN: 978-1-62257-474. https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=36052.
- Lourenço, Luciano e Nunes, Adélia (2014a). O flagelo das chamas e a recorrência de eventos hidrogeomorfológicos intensos. O exemplo da bacia do rio Alva (Portugal). *WATERLAT-GOBACIT Network Working Papers*. Thematic Area

- Series SATAD - TA8 - "Water-related disasters: from trans-scale challenges to interpretative multivocality - Vol. 1 N.º 1, p. 43-90 (Print: ISSN 2056-4856; Online: ISSN 2056-4864); <http://waterlat.org/WPapers/WPSATADNo1.pdf>.
- Lourenço, Luciano; Nunes, Adélia; Bento-Gonçalves, António e Vieira, António (2014b). Environmental Concerns of Portuguese Mountains: a Case Study in the Central Mountains. In: *Mountains: Geology, Topography and Environmental Concerns*, A. Bento-Gonçalves e A. Vieira (Eds), Nova Science Publisher, p 195-211 (ISBN: 978-1-63117-288-5), https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=36052.
- Martinez-Casasnovas (2003). A spatial information technology approach for the mapping and quantification of gully erosion, *Catena*, Elsevier, 50:293-308.
- Martinez-Casasnovas e Poch (1998). Estado de conservación de los suelos de la cuenca del embalse Joaquín Costa. *Limnetica*, 14:83-91.
- Martins, Bruno (2010). *A depressão de Régua-Chaves-Verin: Contributo para a análise do risco de ravinamento* (Tese de Doutoramento). Apresentada à Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, Coimbra, p.396.
- Martins, Bruno; Santos, Patrícia e Rebelo, Fernando (2014). Conhecimento e cartografia da espessura das formações superficiais na área de Pensalvos (serra do Alvão, norte de Portugal). *Territorium 21*, P.115-123.
- Nunes, J; Seixas, J. e Pacheco, N. (2008). Vulnerability of water resources, vegetation productivity and soil erosion to climate change in Mediterranean watersheds. *Hyd Process* 22:3115-3134.
- Nunes, J.; Seixas, J.; Keizer, J. e Ferreira, A. (2009). Sensitivity of runoff and soil erosion to climate change in two Mediterranean watersheds. Part II: Assessing impacts from changes in storm rainfall, soil moisture and vegetation cover. *Hyd Process*, 23:1212-1220.
- Nwilo, P.; Olayinka, D.; Uwadiogwu, I. e Adzandeh, A. (2011). An assessment and mapping of gully erosion hazards in Abia State: A GIS Approach. *J. Sustain. Dev.* 4(5).
- Nyssen, J.; Moeyersons, J.; Poesen, J.; Deckers, J. e Mitiku, H. (2002). The environmental significance of the remobilisation of ancient mass movements in the Atbara-Tekeze headwaters, Northern Ethiopia. *Geomorphology* 49: 303-322.
- Pedrosa, António (1993). *Serra do Marão: Estudo de geomorfologia* (Dissertação de Doutoramento). Faculdade de Letras da Univ. do Porto, Porto.
- Rebelo, Fernando (2008). Um novo olhar sobre os riscos? O exemplo das cheias rápidas (flash floods) em domínio mediterrâneo), *Territorium*, nº 15, Coimbra, pp.7-14. Disponível em: http://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Documentacao/Territorium/T15_artg/T15art02.pdf.
- Reid, L. M. e Dune, T. (1996). Rapid Evaluation of Sediment Budgets, 1996. Catena Verlag GmbH, Reiskirchen, Germany, p.200.
- Sala, M.; Soler, M. e Pradas, M. (1994). Temporal and spatial variations in runoff and erosion in burnt soils. Coimbra, Portugal. In: *Proceedings of the Second International Conference on Forest Fire Research*, 1123-1134, 972-97406-0-7, II.
- Samani, A.; Ahmadi, H.; Mohammadi, A.; Ghoddousi, J.; Salazegheh, A.; Boggs, G. e Pishyar, R. (2010). Factors controlling gully advancing and models evaluation (Hableh Rood Basin Iran). *Water Resour Manage, Springer*; 24:1531-1549.
- Santos, Patrícia (2011). *Cartografia de Espessura de Alteração numa Zona Piloto da Margem do Douro através de Métodos Sísmicos: Implicações para o Ordenamento do Território* (Tese de Doutoramento). Apresentada à Faculdade de Ciências da Univ. do Porto, p. 230.
- Slatery, M. e Bryan, R. (1992). Hydraulic conditions for rill incision under simulate rainfall: a laboratory experiment. *Earth Surface Processes and Landforms*, 17, 127-146.
- Soares, Laura (2008). *A Influência das Formações Superficiais no Âmbito dos Processos de Erosão Hídrica e Movimentos de Vertente no NW de Portugal* (Tese de Doutoramento em Geografia Física). Apresentada à Faculdade de Letras da Universidade do Porto, 850 p.
- Tsimi, C.; Ganas, A.; Dimoyiannis, D.; Valmis, S. e Lekkas, E. (2012). Catchment-wide estimate of single storm interrill soil erosion using an aggregate instability index: a model based on geographic information systems. *Natural Hazards, Springer*, 62(3).
- Vandekerckhove, L.; Poesen, J. e Govers, G. (2003). Medium-term gully headcut retreat rates in Southeast Spain determined from aerial photographs and ground measurements. *Catena* 50:329-352.
- Vente, J.; Poesen, J.; Arabkhedri, M. e Verstraeten, G. (2007). The sediment delivery problem revisited, *Progress in Physical Geography*. 31(2):155-178.
- Villeville, A. (1997). *Les risques naturels en Méditerranée. Situation et perspectives*, Paris, Economica, Les Fascicules du Plan Bleu. 10:160.
- Wasson, R.; Caitcheon, G.; Murray, A.; McCulloch, M, e Quade, J. (2002). Sourcing sediment using multiple tracers in the catchment of Lake Argyle, northwestern Australia. *Environ Manag* 29(5):634-646.