

Agroforum

Revista da Escola Superior Agrária de C. Branco
N.º 34 | ANO 23 | 2015 | Preço: 2€





Publicação Semestral
Ano 23, n.º 34
Junho, 2015

Diretor
Celestino Almeida

Editor Científico
Presidente do Conselho Técnico Científico
João Paulo Batista Carneiro

Editor, Redação e Sede
Escola Superior Agrária do
Instituto Politécnico de C. Branco
Quinta da Srª de Mércules
6001- 909 CASTELO BRANCO
Telef.: 272339900
Fax.: 272339901
Email:
agroforum@ipcb.pt
tmlc@ipcb.pt
erodrigues@ipcb.pt

www.ipcb.pt/ESA/index.php/agroforum

Conselho Redatorial
Teresa Marta Lupi O. Caldeira
Maria Eduarda Rodrigues

Conceção e execução gráfica
Tomás Monteiro

Impressão e Acabamentos
Serviços Gráficos IPCB

Tiragem
500 exemplares

Depósito Legal n.º 39426/90
ISSN: 0872-2617

As teorias e ideias expostas no presente número são da inteira responsabilidade dos seus autores.

Tudo o que compõe a revista pode ser reproduzido desde que a proveniência seja indicada.

Os artigos publicados podem ser depositados, por arquivo ou auto arquivo, no Repositório Científico do IPCB.

Divulgação Técnica 7



Cartografia do risco de incêndio florestal e do risco de erosão hídrica no concelho de Pampilhosa da Serra
M. S. D. Nunes, L. C. B. B. G. Quinta-Nova

7



Plano de emergência em edifícios – problemática da evacuação em utentes com capacidades vulneráveis
R. S.M. Esteves, C. C. Santos

23



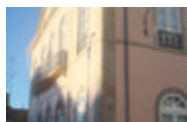
Avaliação de risco de incêndio em centros históricos – o caso de Castelo Branco
P. A. C. Pais, C. C. Santos

39



Risco ambiental em áreas mineiras abandonadas de urânio – gestão e monitorização
S. Andrade, I. M. Antunes, T. Albuquerque

53



Medidas de autoproteção da segurança contra incêndio do conservatório regional de Castelo Branco
C. A. N. Varanda, C. C. Santos

69



O contributo do planeamento urbano na prevenção de incêndios na zona histórica de Oleiros e área rural envolvente
D. J. J. Domingues, L.C. B. B. G. Quinta-Nova

81

3

Atividade Científica 92

Atividade Académica 100

Cartografia do risco de incêndio florestal e do risco de erosão hídrica no concelho de Pampilhosa da Serra

Forest fire risk and water erosion risk mapping in Pampilhosa da Serra municipality

RESUMO

Pretende-se, com o presente trabalho desenvolver uma avaliação, tanto do risco de incêndio florestal, como do risco de erosão hídrica no concelho de Pampilhosa da Serra, identificando quais os locais do concelho que apresentam maior probabilidade de ocorrência destes fenómenos. Para isto, torna-se essencial a elaboração de cartografia, com recurso aos Sistemas de Informação Geográfica.

Na determinação do risco de incêndio florestal utilizou-se a metodologia desenvolvida pelo IGeoE, designada por CRIF - Carta de Risco de Incêndio Florestal, que consiste numa metodologia de análise espacial multicritério, integrando os critérios biofísicos e humanos que influenciam a ocorrência e comportamento de um incêndio florestal.

Marta Sofia
Dias Nunes
Escola Superior Agrária,
Instituto Politécnico
de Castelo Branco,
Portugal.
*mn.martanunes@
gmail.com.*

Luís Cláudio
de Brito B.
Guerreiro
Quinta-Nova
Escola Superior Agrária,
Instituto Politécnico
de Castelo Branco,
Portugal.
Inova@ipcb.pt.

Para a determinação do risco de erosão hídrica foi utilizada a metodologia RUSLE - Equação Universal de Perda de Solo Revista, que permitiu prever a perda de solo e identificar quais as zonas do concelho em estudo com maior potencial erosivo. Este modelo envolve dados de precipitação anual média, de topografia, dos tipos de solos e também de ocupação do solo.

Em ambos os casos, a resolução utilizada foi de 80 m, visto que para além de serem utilizados ficheiros à escala de 1:25000, a informação base disponibilizada, principalmente pela Câmara Municipal de Pampilhosa da Serra, encontrava-se com esta dimensão de célula.

A aplicação da metodologia CRIF permitiu identificar que a freguesia que apresenta risco de incêndio mais elevado é Pessegueiro, pois possui uma grande área de florestas e áreas agrícolas heterogêneas.

Em relação à metodologia RUSLE, esta levou a concluir que o declive é o fator determinante na perda de solo por erosão hídrica.

Palavras-chave: metodologia CRIF, modelo RUSLE, Pampilhosa da Serra, risco de incêndio florestal, risco de erosão hídrica

ABSTRACT

It is intended with this work to develop an assessment of the forest fire risk and of the water erosion risk in the municipality of Pampilhosa da Serra. The areas with a higher probability of occurrence of these phenomena were identified. For that purpose, it is essential the development of cartography, using Geographic Information Systems.

In order to determine the forest fire risk it was used a methodology developed by IGeoE, named CRIF - Forest Fire Risk Map. This method is a spatial multicriteria analysis procedure, integrating the biophysical and human criteria that have influence in the occurrence and behavior of a forest fire.

To determine the water erosion risk it was used the RUSLE methodology - Reviewed Universal Soil Loss Equation, allowing to predict soil loss and identify the areas within the study area that have the highest erosion potential. This model involves the analysis of the following data: average annual rainfall, topography, soil and land cover.

The resolution used was 80 m, due to the use of files with the scale 1:25000. The base information available, mainly by the municipality of Pampilhosa da Serra, has this cell size.

The application of CRIF methodology allowed us to identify that the parish with higher fire risk is Pessegueiro, because it has a large area of forests and heterogeneous agriculture areas.

Regarding the RUSLE methodology, we conclude that the slope is the main factor responsible by the loss soil by water erosion.

Keywords: CRIF methodology, RUSLE methodology, Pampilhosa da Serra, forest fire risk, water erosion risk

1. INTRODUÇÃO

Os riscos naturais, nos seus diversos tipos fazem parte do mundo à nossa volta e assumiram desde sempre um fator condicionante no quotidiano das populações, dado que a sua ocorrência é inevitável. Isto leva a uma exigência cada vez maior, tanto do nível de segurança e bem-estar, bem como da preservação da qualidade do ambiente, por parte das sociedades contemporâneas.

Apesar da destruição causada pelos desastres naturais, estes fazem parte do sistema natural e é dever da sociedade, nomeadamente dos agentes envolvidos no Sistema de Emergência, conseguir identificar os fenómenos perigosos e antecipar as suas consequências, de modo a minimizar os prejuízos, não só pela implementação das medidas de mitigação necessárias, mas também pela atuação a montante, no quadro do ordenamento do território, através da adequada localização das populações e das atividades económicas (ANPC, 2010).

Para fazer face a isto, tem-se verificado em Portugal, principalmente a partir da segunda metade do século XX, a implementação de diversos diplomas legais e instrumentos de planeamento urbano com o objetivo de enquadrar e aperfeiçoar a prevenção de riscos naturais. Um passo importante neste âmbito foi a elaboração dos Planos Diretores Municipais (PDM) na década de 1990, e o início da elaboração dos primeiros Planos Municipais de Emergência (PME) no mesmo período.

Com os processos de revisão dos PDM e, consequentemente, na delimitação das cartas de Reserva Ecológica Nacional (REN) emergiu a necessidade da existência de metodologias eficazes para a elaboração de cartografia a nível municipal, a fim de uniformizar os procedimentos utilizados (Fidalgo, 2012).

Assim sendo, dos riscos naturais existentes, o presente trabalho irá incidir no risco de incêndio florestal e no risco

de erosão hídrica, pois são os mais prováveis de ocorrer no concelho de Pampilhosa da Serra, devido à orografia muito acentuada do concelho, tanto a nível de declives, como de exposição de encostas.

Os incêndios florestais constituem, anualmente, uma preocupação para toda a população, tanto a nível nacional, como a nível municipal. Apesar de este risco não ser propiciador de um número significativo de feridos ou de vítimas mortais, todos os anos a sua ocorrência dá origem a avultados prejuízos materiais e danos ambientais elevados. Para além destas consequências, subsiste ainda a complexidade que se constata de ordem social, e que é muitas vezes difícil de avaliar e quantificar.

Assim sendo, para a determinação do risco de incêndio florestal será aplicado o método CRIF - Carta do Risco de Incêndio Florestal (IGeoE, 2011), que consiste numa metodologia de análise multicritério, envolvendo os seguintes passos: escolha dos critérios representativos para o fenómeno do risco de incêndio; hierarquização dos critérios e ponderação; geração dos critérios e agregação final dos critérios.

De acordo com este método, os critérios a ter em conta na determinação do risco de incêndio florestal são os seguintes:

- ocupação do solo;
- declives de encostas;
- exposição de encostas;
- distância à rede viária;
- densidade demográfica.

Neste método, o tipo de ocupação do solo é, sem dúvida, a variável que mais influencia o risco de incêndio florestal, uma vez que este exprime as normas relativas à densificação, regime de atividades, dispositivos de controlo das edificações e parcelamento do solo que configuram o regime urbanístico (Saturnino, 2011).

Para além do critério ocupação do solo, surgem igualmente importantes, os critérios fisiográficos, designadamente o declive e a exposição de encostas. Estes fatores contribuem para perceber o comportamento do fogo, quer pelo pré-aquecimento e canalização dos ventos locais, quer pela dessecação acentuada dos combustíveis. Não obstante, a altimetria assume a maior relevância tendo em conta que áreas localizadas a maiores altitudes estão naturalmente mais expostas aos ventos dominantes, formando fogos mais rápidos e com maior capacidade de emissão de fogos secundários (Castellà e Almirall, 2005).

Desta forma, o declive e a exposição têm uma im-

portante implicação no comportamento do fogo, além de influenciarem a distribuição das espécies vegetais, a humidade dos combustíveis, inclusive sendo variável ao longo do dia; já o declive tem sobretudo implicação no pré-aquecimento dos combustíveis, fatores determinantes na combustibilidade, intensidade e comportamento do fogo (Iniguez et al., 2008).

Estudos estatísticos desenvolvidos sobre o histórico de incêndios florestais confirmam que a exposição e o declive, ao influenciarem a radiação solar, têm implicações sobre a humidade dos combustíveis florestais e, por sua vez, na sua inflamabilidade. No hemisfério norte, zonas com exposição a norte recebem menos luz solar direta e apresentam menos inflamabilidade do que zonas com exposição predominante a Sul. O efeito da radiação solar depende também do declive (Iniguez et al., 2008).

No âmbito do comportamento de fogo, estudos confirmam uma forte relação entre a velocidade de propagação e o declive (Boboulos e Purvis, 2009). A velocidade de propagação em declives de cerca de 30% aumenta para o dobro e com declives de cerca de 55% aumenta em cerca de quatro vezes a velocidade inicial (Teie, 2005). De acordo com Castellà e Almirall (2005), a altitude e a forma de diversos fenómenos orográficos (colos, cumeadas, vales encaixados, etc.) são fatores de influência na velocidade e “canalização” dos ventos dominantes e locais, influenciando, conseqüentemente, a velocidade de propagação e comportamento de hipotéticos incêndios florestais.

Em relação ao critério da distância à rede viária, a sua base cartográfica pode ser decomposta em dois parâmetros de acordo com a sua reconhecida dupla interação sobre incêndios florestais. Uma rede viária que apresente uma maior densidade permite um deslocamento mais rápido dos meios de combate a incêndios, bem como a disponibilidade de mais oportunidades de supressão efetiva. Contudo, áreas florestais nas proximidades da rede viária são mais suscetíveis de serem percorridas pelo fogo, tendo em conta que muitos dos incêndios deflagram junto a estas infraestruturas (Saturnino, 2011).

Como já foi referido anteriormente, estudos comprovaram que o maior número de ocorrências se dá nos distritos mais densamente povoados. Posto isto, além de ser um critério com um peso muito reduzido na determinação da cartografia de risco de incêndio florestal, saber qual a densidade demográfica do território em estudo também é muito importante.

No que diz respeito ao risco de erosão hídrica, este encontra-se relacionado com a degradação do solo. Desta

forma, segundo o Decreto-Lei n.º 166/2008, de 22 de agosto, as áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo são as áreas que, devido às suas características de solo e de declive, estão sujeitas à perda excessiva de solo por ação do escoamento superficial. Ainda segundo o Decreto-Lei supracitado, a delimitação das áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo deve considerar de forma integrada o declive e a erodibilidade média dos solos resultante da sua textura, estrutura e composição.

A degradação do solo está relacionada com qualquer modificação dos seus constituintes, propriedades ou comportamento que conduza a alterações de sentido negativo das suas funções nos ecossistemas. Uma das formas de degradação do solo é a erosão hídrica e a chuva é um dos elementos do clima que mais contribui para essa degradação (Fidalgo, 2012).

Neste âmbito, a erosão ocorre quando as perdas anuais de solo num determinado local são superiores às perdas toleráveis pelos tipos de solo presentes nesse local, equivalente à sua taxa de produção (Ferreira et al., 2008). Desta forma, para se quantificarem as perdas anuais recorre-se frequentemente ao modelo RUSLE - Equação Universal de Perda do Solo Revisto (Wischmeier e Smith, 1965). Esta equação é um modelo multiplicativo dos seguintes fatores: erosividade da precipitação, erodibilidade dos solos, topografia dos solos, coberto vegetal e prática de conservação dos solos.

Segundo Coutinho et al. (1993), a erosividade da precipitação pode ser definida com base na correlação de dados de vários eventos de precipitação.

A erodibilidade dos solos corresponde à facilidade com que o solo é destacado devido ao impacto causado pela chuva e/ou escoamento superficial, isto é, devido à modificação ocorrida no solo por unidade de força ou energia exterior aplicada. Assim sendo, a erodibilidade do solo está relacionada com os efeitos negativos integrados da precipitação, escoamento e infiltração na perda de solo (Fidalgo, 2012).

Na equação RUSLE, o efeito da topografia de uma encosta sobre a erosão é representado por dois fatores: o fator de comprimento e o fator de inclinação da encosta. O fator combinado de uma encosta, representa a taxa de perda de solo por unidade de área, relativamente à que ocorreria numa encosta com um comprimento de 22,1 m e declive 9%, mantidas as restantes condições constantes. O valor combinado de uma encosta é adimensional, apresentando o valor 1 quando a encosta tem as referidas dimensões padrão (Fidalgo, 2012). A perda de solo numa encosta aumenta à medida que o comprimento e a inclinação também aumentam, sendo esta última variação mais significativa (Fidalgo, 2012).

O fator coberto vegetal e o fator prática de conservação da equação RUSLE representam o efeito das culturas e práticas culturais na taxa de erosão, baseando-se num conceito de desvio em relação a uma situação padrão (solo nú) (Instituto da Água, 1999).

Em relação ao fator práticas de conservação do solo, este pode ser definido como a perda de solo decorrente de uma prática de conservação do solo, em relação à que ocorre quando as operações culturais são efetuadas ao longo do maior declive da encosta (Fidalgo, 2012).

Assim sendo, no presente trabalho, pretende-se desenvolver a elaboração de cartografia do risco de incêndio florestal e do risco de erosão hídrica no concelho de Pampilhosa da Serra.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da área de estudo

O concelho de Pampilhosa da Serra localiza-se na região centro do território português e pertence ao distrito de Coimbra (Fig. 1). Tem uma área territorial de 39649 ha e administrativamente subdivide-se, atualmente, em 8 freguesias: Cabril, Dornelas do Zêzere, Fajão-Vidual, Janeiro de Baixo, Pampilhosa da Serra, Pessegueiro, Portela do Fojo-Machio e Unhais-o-Velho.

Este concelho é o segundo maior do distrito de Coimbra. Faz a fronteira entre o distrito de Castelo Branco e Coimbra e encontra-se ainda com o distrito de Leiria, no qual:

- pelo lado Oeste e Norte, confronta com os concelhos de Arganil, Góis (ambos pertencentes ao distrito de Coimbra) e Pedrógão Grande (pertencente ao distrito de Leiria), respetivamente;
- pelo lado Este e Sul confronta com os concelhos de Covilhã, Fundão, Oleiros e Sertã (todos pertencentes ao distrito de Castelo Branco).

Situada na Cordilheira Central - entre a Serra da Estrela e as Serras do Açor e da Lousã - o concelho de Pampilhosa da Serra apresenta uma orografia muito acentuada, caracterizada por declives acentuados e grandes comprimentos de encosta.

Podemos encontrar, fundamentalmente no concelho em estudo, formações xisto-gravúáquicas que advém da Era do Paleozoico. Em menores quantidades, encontram-se duas formações quartzíticas paralelas que atravessam o

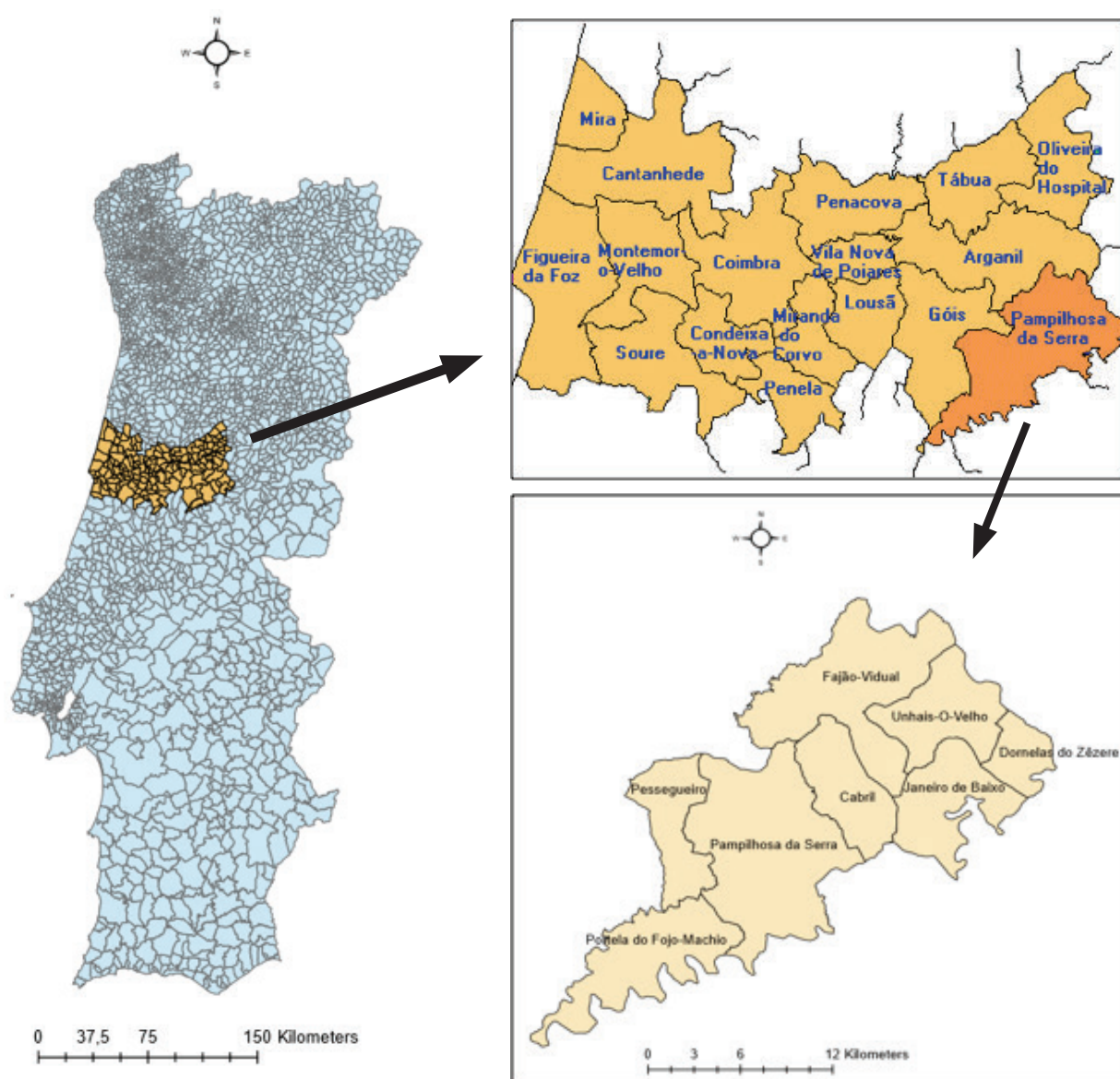


Fig. 1 - Enquadramento geográfico do concelho de Pampilhosa da Serra

concelho com orientações NW-SE. Este contraste paisagístico permite-nos dividir o concelho em duas áreas geográficas completamente distintas: o Alto Concelho e o Baixo Concelho (CMPS, 2011).

O Alto Concelho é constituído, principalmente pelas Freguesias de Cabril, Fajão-Vidua e Unhais-O-Velho, onde se localiza o ponto mais alto do concelho (Pico de Cebola com 1418 m de altitude). Esta zona é caracterizada por elevados relevos, com grandes cristas e picos, apresentando afloramentos rochosos, na sua maioria quartzíticos (CMPS, 2011).

Por sua vez, o Baixo Concelho abrange as Freguesias de Dornelas do Zêzere, Janeiro de Baixo, Pampilhosa da Serra, Pessegueiro e Portela do Fojo-Machio. Nesta zona, o relevo

é mais reduzido e, geologicamente é constituída por xistos argilosos, formando serras e cumes arredondados, sem cristas nem picos. A cadeia montanhosa mais evidente apresenta cotas que variam entre os 436 m e 851 m nos Padrões (Freguesia Portela do Fojo-Machio) e Cabeço da Urria (Freguesia Pampilhosa da Serra), respetivamente (CMPS, 2011). Deste modo, a altitude média do Alto Concelho é de 981 m e a do Baixo Concelho é de cerca de 700 m (CMPS, 2011).

Em relação à exposição das encostas, estas encontram-se predominantemente expostas ao sol com, aproximadamente cerca de 20548 ha. As restantes áreas, com 8626 ha, caracterizam-se por zonas mais sombrias, mais húmidas e com grande desenvolvimento de vegetação superior (CMPS, 2011).

No que diz respeito à taxa de população do concelho em estudo, esta tem vindo a diminuir cada vez mais devido à saída dos seus habitantes para os grandes centros urbanos e para o estrangeiro. De acordo com os censos de 1991, a taxa de população do concelho rondava os 5797 habitantes. Em 2001 baixou para 5220 habitantes e nos últimos censos, os de 2011, baixou ainda mais para 4481 habitantes (INE, 2011).

2.2. Metodologia

Na elaboração de cartografia de riscos são utilizados os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) que permitem determinar as áreas com maior risco e mais vulneráveis à ocorrência de um desastre. Deste modo, no presente estudo, a cartografia referente à ocorrência do risco de incêndio florestal e de erosão hídrica no concelho de Pampilhosa da Serra foi elaborada com recurso ao programa ArcGIS 10.2.

2.2.1. RISCO DE INCÊNDIO FLORESTAL

Como já foi referido anteriormente, para a determinação do risco de incêndio florestal, foi aplicado o método CRIF - Carta de Risco de Incêndio Florestal.

Assim sendo, a elaboração da Carta de Risco de Incêndio Florestal (CRIF) foi conseguida através do Sistema de Informação Geográfica ArcGIS 10.2. Para isto foram necessários alguns dados de entrada para o processo, os quais se apresentam na tabela 1.

A metodologia utilizada na determinação do risco de incêndio florestal no concelho de Pampilhosa da Serra iniciou-se com a escolha dos critérios representativos para o fenómeno do risco de incêndio. De acordo com este método, os critérios a ter em conta são os seguintes:

- ocupação do solo;
- declives de encostas;

- exposição de encostas;
- distância à rede viária;
- densidade demográfica.

Para a determinação do risco de incêndio florestal, foi necessário delimitar o concelho em estudo. Para isso cortou-se o município de Pampilhosa da Serra do Tema Vetorial da Carta Administrativa Oficial de Portugal (CAOP 2013).

Seguidamente, procedeu-se à determinação de cartografia do risco de incêndio florestal, de acordo com os passos que se apresentam no anexo I.

Em relação ao critério ocupação do solo, inicialmente foi associado o código da ocupação do solo da COS2007 com a respetiva legenda, recorrendo às nomenclaturas desta mesma fonte. Estes dados foram, posteriormente inseridos juntamente nas tabelas de atributos, com as respetivas classes de risco e o peso de cada classe em percentagem para o valor de risco do critério. Esta relação entre a classe de risco, que resulta do código de ocupação do solo, e o peso de cada classe pode ser visível na tabela 2.

A reclassificação dos critérios, ocupação do solo, declives, exposição de encostas e distância à rede viária foi conseguida tendo em conta, igualmente, as contribuições de cada classe definidas na CRIF e o peso que cada critério tem na carta final do risco de incêndio florestal (Tab. 2).

Para determinação da densidade demográfica, inicialmente foi necessário consultar os dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Estatística (INE) em relação aos últimos censos realizados em 2011, para saber o número de habitantes de cada freguesia que compõe o concelho de Pampilhosa da Serra. O número de habitantes de cada freguesia foi, depois, inserido na tabela de atributos do tema vetorial que contém os limites administrativos do concelho.

Através do comando Raster Calculator no ArcGis procedeu-se à determinação do produto do número de residentes pela área de cada freguesia. Depois disto, o tema vetorial com a informação inserida foi convertida para tema matricial através do comando Feature to Raster.

Tab. 1 - Dados de base para o cálculo do Risco de Incêndio Florestal

Designação	Escala	Formato	Fonte
CAOP 2013 - Tema Vetorial da Carta Administrativa Oficial de Portugal	1:25 000	Vetorial (shp)	Escola Superior Agrária de Castelo Branco
COS 2007 - Tema Vetorial da Ocupação/Use do Solo	1:25 000	Vetorial (shp)	Escola Superior Agrária de Castelo Branco
Mdt_srtm - Tema da Altimetria de Portugal	1:25 000	Matricial (grid)	Câmara Municipal de Pampilhosa da Serra
Rv_ae - Rede Viária de Portugal	1:25 000	Vetorial (shp)	Câmara Municipal de Pampilhosa da Serra
Censos 2011: população residente no concelho de Pampilhosa da Serra	Não se aplica	Alfanumérico	Instituto Nacional de Estatística (INE)

Tab. 2 – Critérios e ponderações utilizados na determinação do Risco de Incêndio Florestal. (Fonte: IGeoE, 2011)

Critérios e peso de cada um na determinação do risco	Amplitude de valores (classes)	Contribuição de cada classe para o valor de risco de cada critério	
		%	Valor
Ocupação do Solo (59%)	Classe 1ª	100%	590
	Classe 2ª	80%	472
	Classe 3ª	70%	413
	Classe 4ª	40%	236
	Classe 5ª	30%	177
	Classe 6ª	10%	59
	Classe 7ª	1,5%	9
Declives 21(%)	Acima de 40%	100%	210
	30 - 40%	66,67%	140
	20 - 30%	22,38%	47
	10 - 20%	11,43%	24
	0 - 10%	3,81%	8
Exposições (6%)	135° - 225°	100%	60
	225° - 315°	57,45%	34
	45° - 135°	21,28%	13
	315° - 45°	6,38%	4
	- 1 Plano	0%	0
Proximidade à rede viária (9%)	Até 25 m	100%	90
	25 - 50 m	46,32%	42
	50 - 100 m	20,58%	19
	100 - 150 m	9,55%	9
Densidade demográfica (5%)	Até 250 hab/km ²	100%	50
	Entre 250 e 1500 hab/km ²	21,05%	11
	Acima de 1500 hab/km ²	100%	50

A reclassificação final deste critério foi efetuada tendo em conta a hierarquização e as ponderações presentes na tabela 2.

Finalmente foi determinado o risco de incêndio florestal através da agregação dos critérios descritos anteriormente. Esta operação correspondeu a uma álgebra de mapas, efetuada com recurso ao comando Raster Calculator, tendo em conta a seguinte equação:

$$\sum[(\text{Ocupação do solo} \times 0,59) + (\text{Declives} \times 0,21) + (\text{Exposição} \times 0,06) + (\text{Distância à Rede Viária} \times 0,09) + (\text{Densidade Demográfica} \times 0,05)] \quad (1)$$

Tab. 3 – Dados base utilizados na determinação do Risco de Erosão Hídrica

Designação	Escala	Formato	Fonte
COS 90 - Tema Vetorial da Ocupação/uso do Solo	1:25 000	Vetorial (shp)	Direção Geral do Território
Carta de solos: folhas referentes ao concelho de Pampilhosa da Serra: 244, 253, 254, 265, 266 e 277	Não se aplica	Imagem georreferenciada (jpg)	CDOS Castelo Branco
Carta de solos: folhas referentes ao concelho de Pampilhosa da Serra: 245 e 255	1:25 000	Vetorial (shp)	Escola Superior Agrária de Castelo Branco
CAOP 2013 - Tema Vetorial da Carta Administrativa Oficial de Portugal	1:25 000	Vetorial (shp)	Escola Superior Agrária de Castelo Branco
Mdt_srtm - Tema da Altimetria de Portugal	1:25 000	Matricial (grid)	Câmara Municipal de Pampilhosa da Serra

Para se obter a carta final de riscos de incêndio florestal foram definidas 5 classes de risco, de acordo com os resultados obtidos. Desta forma temos como classes de risco as seguintes: Baixo; Baixo - Moderado; Moderado; Elevado e Muito Elevado.

2.2.2. RISCO DE EROSIÃO HÍDRICA

O modelo RUSLE - Equação Universal de Perda do Solo Revisto (Wischmeier e Smith, 1965) traduz-se segundo a equação:

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \quad (2)$$

em que:

A: perda estimada de solo (ton.ha⁻¹.ano⁻¹),

R: fator de erosividade da chuva (MJ.mm.h⁻¹.ha⁻¹.ano⁻¹),

K: erodibilidade do solo (ton.h.MJ⁻¹.mm⁻¹),

LS: fator topográfico (adimensional),

C: fator do coberto vegetal (adimensional), e

P: fator de prática de conservação (adimensional).

Na determinação do risco de erosão hídrica foram utilizados os dados da tabela 3.

O modelo espacial utilizado na determinação do risco de erosão hídrica na área em estudo pode ser consultado no anexo II.

No início da determinação do Risco de Erosão Hídrica, mais especificamente do fator de erodibilidade do solo (K), foi necessário georreferenciar as folhas da carta de solos n.º 244, 253, 254, 265, 266 e 277. Para isso apresentam-se, em seguida os passos efetuados:

- 1 - inicialmente foi necessário Georreferenciar em ArcGIS 10.2 cada carta com o auxílio do seus limites;
- 2 - de seguida, utilizou-se uma ferramenta do ArcGIS, Integrate, com um *buffer* de 5 m, de modo a delimitar

toda a informação necessária, eliminando-se a que tinha ficada no exterior de cada limite;

- 3 - de forma a transformar todos os polígonos em entidades individuais, utilizou-se a ferramenta Multipart to Singlepart;
- 4 - como ainda existia uma grande quantidade de polígonos de tamanho muito reduzido, procedeu-se ao cálculo da área de cada polígono e à inserção dos resultados no tema vetorial referente a cada carta. Depois disto, através da ferramenta Eliminate todos os polígonos com menos 2000 m foram incluídos nos polígonos vizinhos maiores;
- 5 - por último, fez-se a correspondência do tipo de solo de cada polígono e procedeu-se à inserção dos códigos e respetivas percentagens de existência no solo na tabela de atributos de cada carta.

Em seguida procedeu-se à determinação dos critérios, cujo produto deu origem à cartografia do risco de erosão hídrica.

No que diz respeito à determinação do fator de erosividade da chuva (R), Coutinho et al. (1993) afirmam que a erosividade da precipitação pode ser definida com base na correlação de dados de vários eventos de precipitação, segundo a seguinte equação:

$$R=(0,28 \times P)-44,2 \quad (3)$$

Em que:

R: fator de erosividade da chuva (MJ.mm.h⁻¹.ha⁻¹.ano⁻¹)
P: precipitação anual (mm)

Com base nesta equação foram selecionados os pontos edumétricos (estações meteorológicas) do concelho de Pampilhosa da Serra e dos concelhos limítrofes, para se poder calcular o fator de erosividade da chuva para estes mesmos pontos. Em seguida, optou-se por aplicar um fator de correção multiplicativo de 0,1 aos resultados obtidos de R (Coutinho et al, 1993). A tabela 4 apresenta as estações meteorológicas selecionadas, bem como as respetivas precipitações anuais e os valores de R calculados pela equação anterior e multiplicados pelo valor de 0,1.

Para a determinação do mapa da distribuição espacial da erosividade da precipitação, foram introduzidos os valores da tabela anterior na tabela de atributos do tema vetorial inicial dos pontos edumétricos e utilizou-se o interpolador *Inverse Weighted* (IDW) que implementa, literalmente, o conceito de auto-correlação espacial. Este inter-

polador assume, não só que quanto mais próximo estiver um ponto da célula a ser estimada, mais semelhante será o valor dessa célula e desse ponto, como também que os pontos mais próximos de cada célula têm maior influência na determinação do mapa de erosividade do que os pontos que se situam mais longe (Fidalgo, 2012).

Tab. 4 - Dados das estações meteorológicas e valores de R associados
Fonte: (SNIRH, 2010)

Estação Meteorológica	Precipitação anual (mm)	Valor de R (Coutinho et al, 1993) (MJ.mm.h ⁻¹ .ha ⁻¹ .ano ⁻¹)* 0,1
Pampilhosa da Serra	1107,7	26,6
Fajão	1428,20	35,6
Barragem da Bouça	1175,7	28,5
Barragem do Cabril	1333,2	32,9
Cernache de Bonjardim	1080	25,8
Sertã	1065,9	25,4
Pedrogão Grande	1103,8	26,5
Alto da Foz do Giraldo	1201,9	29,2
Oleiros	1231,3	30,1
Isna	1339,8	33,1
Sarnadas de S. Simão	1143,5	27,6
Estreito	1081,4	25,9
Góis	1142,9	27,6
Cadafaz	1133,8	27,3
Sobral de S. Miguel	1299,9	32
Barragem do Covão de Ferro	2729,1	72
Covilhã	1553,5	39,1
Alcaria	677,6	14,6
Capinha	714,4	15,6
Silvares	1190	28,9
Gralhas	1511,9	37,9
Vale de Prazeres	858,2	19,6
Castelo Novo	1364,2	33,8
Arganil	938	21,8
Côja	987,20	23,2

Relativamente à elaboração do mapa de erodibilidade do solo, esta teve como base o tema resultante da junção de todos os temas referentes às folhas da Carta de Solos de Portugal para o concelho de Pampilhosa da Serra (233, 243, 244, 245, 253, 254, 255, 265, 266 e 277) que contém a informação dos solos referentes ao concelho de Pampilhosa da Serra. As famílias de solos foram relacionadas com os valores de K pertencentes à classificação portuguesa de solos (Pimenta, 1998).

Após o preenchimento dos valores de K (fator de erodibilidade) na tabela de atributos da carta de solos do município em estudo, os polígonos das manchas de solo foram convertidos para o formato matricial, através da ferramenta no ArcGIS *Feature to Raster*, com a mesma resolução de pixel da informação base, 80 m.

A metodologia utilizada no cálculo do fator topográfico LS foi a proposta por Mitasova et al. (1996). Esta metodologia assenta numa forma derivada da equação de Des-

met e Govers (1996), uma vez que incorpora o impacto da convergência do escoamento e substitui o comprimento da encosta pela área contributiva (escoamento acumulado).

O modelo proposto por Mitsova et al. (2001) caracteriza-se pela aplicação direta da seguinte equação na ferramenta *Raster Calculator* do ArcGIS:

$$LS = (\text{Escoamento Acumulado} \times \text{Resolução}/22,1)^{0,4} \times (\sin(\text{inclinação}) \times 0,01745/0,09)^{1,4} \times 1,4 \quad (4)$$

A equação acima representada permite calcular o fator LS através dos dados do escoamento acumulado, da resolução espacial do MDT (80 m) e da inclinação do solo obtida através do cálculo dos declives.

Para a determinação do mapa dos critérios do cobertura vegetal C e de prática de conservação P, foi necessário recorrer ao preenchimento dos valores de cada critério na tabela de atributos da carta de ocupação de solos (COS 90). Foram relacionados os tipos de ocupação do solo, tanto com os valores de C propostos por Pimenta (1998), como com os valores de P propostos por Procesi et al. (2001).

Após a correspondência dos valores destes fatores com a legenda da COS90, procedeu-se à multiplicação do fator C com o fator P, a fim de se obter um só fator, o CP.

Depois disto, o tema vetorial COS90 com os respetivos valores de CP foi convertido num ficheiro matricial através do comando do ArcGIS *Feature to Raster*, utilizando como dimensão do pixel o valor da informação de base de 80 m.

Por último, foi determinado o risco de erosão hídrica através da agregação dos critérios descritos anteriormente. Esta operação correspondeu a uma álgebra de mapas, efetuada com recurso ao comando *Raster Calculator*, correspondendo ao produto de todos os critérios.

Segundo Irvem et al. (2007), a perda potencial anual de solo deve ser classificada em 6 classes (Tab. 5).

Tab. 5 - Classes de perda potencial anual de solo, segundo Irvem et al. (2007)

Perda potencial anual de solo (ton.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)	Classes de perda potencial anual de solo
< 5	Muito Baixo
5 - 12	Baixo
12 - 50	Moderado
50 - 100	Grave
100 - 200	Muito Grave
> 200	Extremamente Grave

Como os resultados obtidos não ultrapassam o valor perda potencial anual de solo de 200 ton.ha⁻¹.ano⁻¹, a reclassificação final foi efetuada definindo 5 classes: Muito Baixo; Baixo; Moderado; Grave e Muito Grave.

3. RESULTADOS

3.1. Risco de incêndio florestal

O risco de incêndio florestal foi obtido através da inclusão de cinco critérios: a ocupação do solo, os declives de encostas, a exposição ao sol, a distância à rede viária e a densidade demográfica do concelho de Pampilhosa da Serra.

Em relação ao primeiro critério em análise, podemos encontrar, no concelho em estudo, as seguintes ocupações do solo (Fig. 2):

- tecido urbano;
- indústria, comércio e transportes;
- espaços verdes urbanos, equipamentos desportivos, culturais e de lazer, e zonas históricas;
- culturas temporárias;
- pastagens temporárias;
- áreas agrícolas heterogêneas;
- florestas;
- florestas abertas e vegetação arbustiva e herbácea;
- zonas descobertas e com pouca vegetação;
- águas interiores.

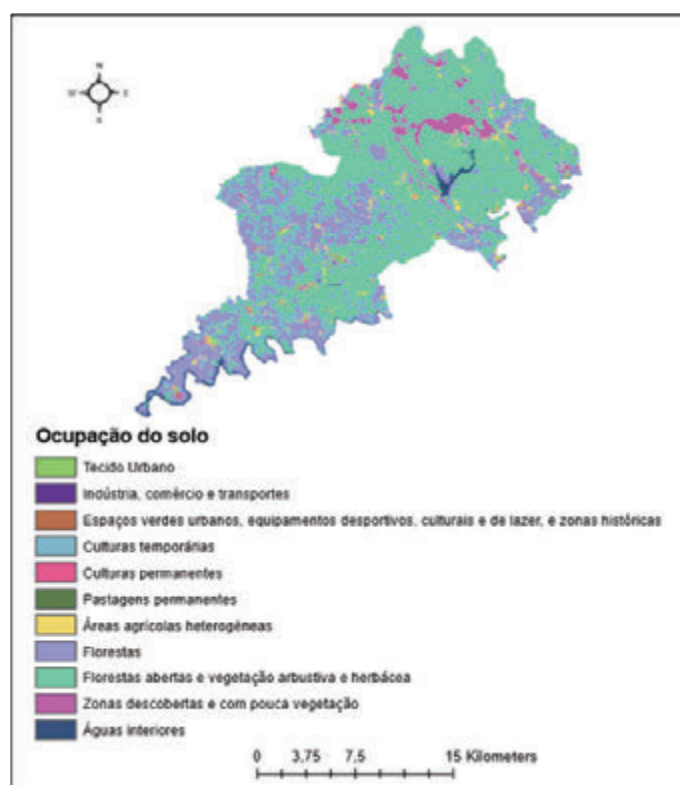


Fig. 2 - Ocupação do solo no concelho de Pampilhosa da Serra

Relacionando a ocupação do solo representada na figura 2 com as respetivas classes de inflamabilidade e a contribuição de cada classe no peso deste critério, obteve-se a tabela 6.

Tab. 6 - Ocupação do solo, respetivas classes de inflamabilidade e contribuição de cada classe

Ocupação do solo	Classe de inflamabilidade	Contribuição da classe
Tecido urbano	7	1,5 %
Indústria, comércio e transportes	7	1,5 %
Espaços verdes urbanos, equipamentos desportivos, culturais e de lazer, e zonas históricas	7	1,5 %
Culturas temporárias	7	1,5 %
Culturas permanentes	7	1,5 %
Pastagens permanentes	1	100 %
Áreas agrícolas heterogéneas	7	1,5 %
Florestas	2	80 %
Florestas abertas e vegetação arbustiva e herbácea	1	100 %
Zonas descobertas e com pouca vegetação	2	80 %
Águas interiores	0	0

Os resultados presentes na tabela 6 deram origem à figura 3.

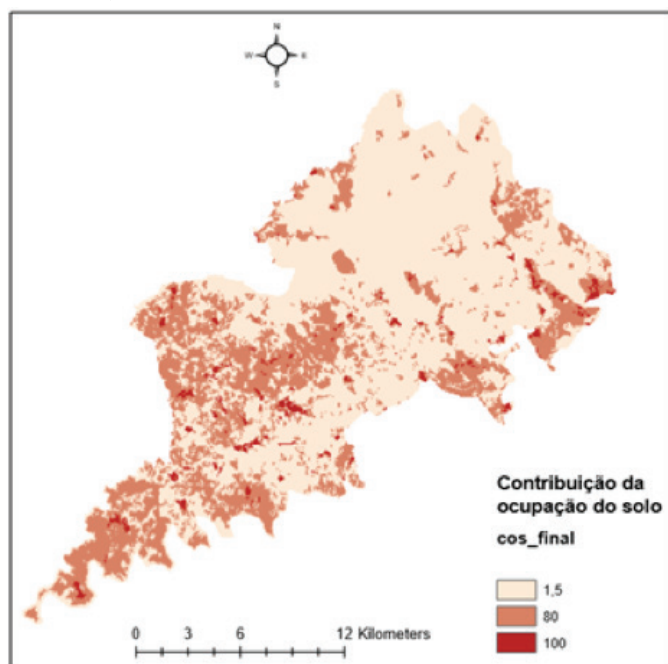


Fig. 3 - Contribuição do critério ocupação do solo para a determinação do risco de incêndio florestal

Como é visível na tabela 6, o valor mínimo de contribuição para o critério de 1,5% corresponde à classe de inflamabilidade 7, que pode ser visível principalmente nas freguesias pertencentes ao Alto Concelho, Cabril, Fajão-Vidual e Unhais-O-Velho e uma pequena área da freguesia de Pampilhosa da Serra que já pertence ao Baixo Concelho. Por outro lado, a ocupação do solo “Florestas abertas e vegetação arbustiva e herbácea” corresponde à contribuição para o valor do critério de 100% incluindo, neste caso, as freguesias de Janeiro de Baixo, Dornelas do Zêzere, Pessegueiro e Portela do Fojo-Machio.

Os resultados dos restantes critérios são apresentados na figura 4.

Relativamente aos declives, estes são maiores nas freguesias de Fajão-Vidual e Unhais-O-Velho, onde se localiza o ponto mais alto do concelho (Pico de Cebola com 1418 m de altitude). Esta zona é caracterizada por elevados relevos, com grandes cristas e picos.

A exposição de encostas no concelho em estudo apresenta as cinco classes utilizadas na sua classificação. A maior parte do concelho contém exposições de encostas dos 30%-40% e acima dos 40%.

Em relação à distância à rede viária, esta apresenta apenas três classes, sendo que a mais encontrada é a distância até 25 metros (classe 100%).

No que diz respeito à densidade demográfica, depois da reclassificação final, obtiveram-se apenas duas classes, sendo que o número de habitantes das freguesias de Pessegueiro e Cabril não ultrapassa os 250 hab/km², enquanto o número de habitantes do restante concelho encontra-se entre os 250 e 1500 hab/km².

Depois da determinação do Risco de Incêndio Florestal, o resultado obtido é apresentado na figura 5, no qual é visível que a classe de risco muito elevada identifica-se em todas as freguesias, sendo que a freguesia de Pessegueiro é, sem dúvida a que apresenta um maior risco de incêndio florestal.

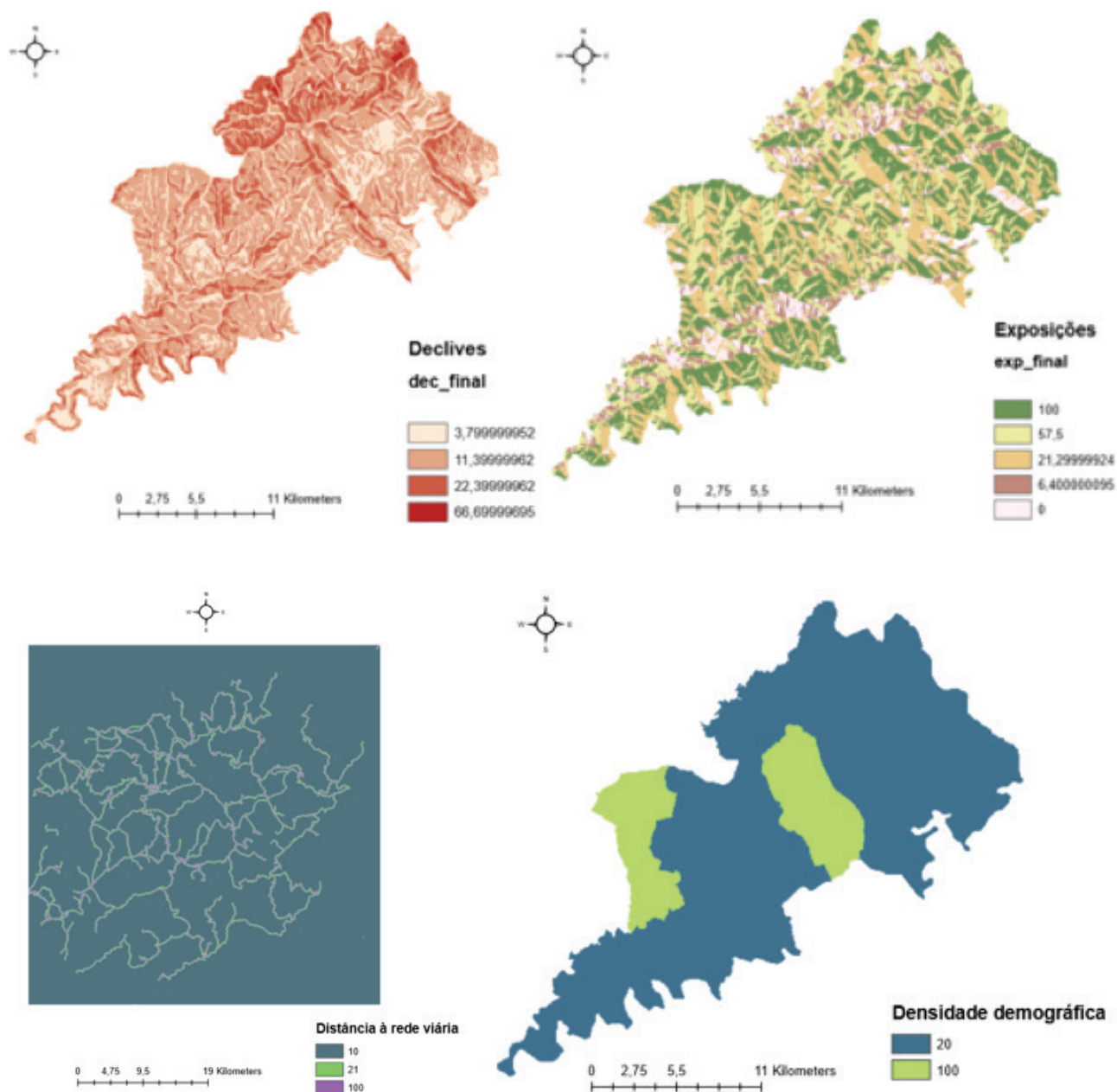


Fig. 4 - Contribuição dos critérios Declives, Exposição de encostas, Distância à rede viária e Densidade demográfica para a determinação do risco de incêndio florestal

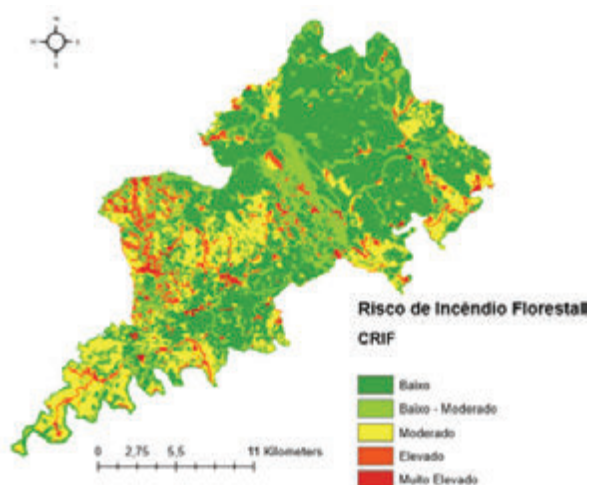


Fig. 5 - CRIF - Carta do Risco de Incêndio Florestal no concelho de Pampilhosa da Serra

3.2. Risco de erosão hídrica

A distribuição espacial dos diversos parâmetros da equação RUSLE apresenta-se na figura 7.

Da análise dos resultados obtidos, pode-se verificar que os valores do fator R (fator de erosividade) variam entre 14,6012 MJ.mm.h⁻¹.ha⁻¹.ano⁻¹ e 71,999 MJ.mm.h⁻¹.ha⁻¹.ano⁻¹, tendo em conta as 25 estações meteorológicas selecionadas para a metodologia do concelho de Pampilhosa da Serra e dos limítrofes.

No caso do fator K (fator de erodibilidade do solo), os valores variam entre 0 ton.h.MJ⁻¹.mm⁻¹ e 0,273 ton.h.MJ⁻¹.mm⁻¹.

Para o fator LS (fator fisiográfico), os valores variam entre 0 e 185,075 e para o fator CP (fator de coberto vegetal e de prática agrícola), os valores variam entre os 0 e 0,5, sendo que os valores mais elevados do fator CP correspondem à ocupação de solo de pastagens permanentes e áreas agrícolas heterogêneas, comparados com as áreas florestais e áreas com pouca vegetação.

Depois do cálculo da equação RUSLE, pôde-se determinar as classes de perda de solo e, por conseguinte o mapa de Risco de Erosão Hídrica, como mostra a figura 6.

4. CONCLUSÕES

Em relação à determinação do risco de incêndio florestal, foi utilizada a metodologia CRIF desenvolvida pelo IGeoE e elaborada cartografia correspondente aos critérios que lhe servem de base.

Como a ocupação do solo é o fator com maior influência na determinação do risco de incêndio florestal,

as classes de risco elevado e muito elevado correspondem às classes de ocupação do solo florestas, zonas descobertas e com pouca vegetação e de florestas abertas e vegetação arbustiva e herbácea, respetivamente. São estas classes que dão uma maior contribuição para a determinação do risco de incêndio florestal.

A freguesia que melhor retrata esta situação é a de Pessegueiro, caracterizada por algumas zonas de florestas e bastantes de muita vegetação.

O fator declives é o segundo fator que mais influencia o risco de incêndio florestal. Desta forma, a classe de risco muito elevada corresponde igualmente aos locais com declives mais acentuados, que estão presentes nas freguesias de Fajão-Vidual e Unhais-O-Velho, onde se localiza o ponto mais alto do concelho (Pico de Cebola com 1418 m de altitude). Esta zona é caracterizada por elevados relevos, com grandes cristas e picos.

O fato de Pampilhosa da Serra e Dornelas do Zêzere serem as freguesias com maior número de habitantes e com menor distância à rede viária faz com que o risco de incêndio florestal seja elevado ou muito elevado nestas zonas.

No que diz respeito à determinação do risco de erosão hídrica, utilizou-se a metodologia RUSLE, que levou a concluir que quanto mais elevados forem os declives e as exposições de encostas, maior vai ser a perda de solo e, por conseguinte, o risco de erosão hídrica.

Analisando o mapa do risco de erosão hídrica para o concelho em estudo, pode-se concluir que este risco é mais significativo no Alto Concelho, onde os declives são mais acentuados, como é o caso das freguesias de Fajão-Vidual e Unhais-O-Velho.

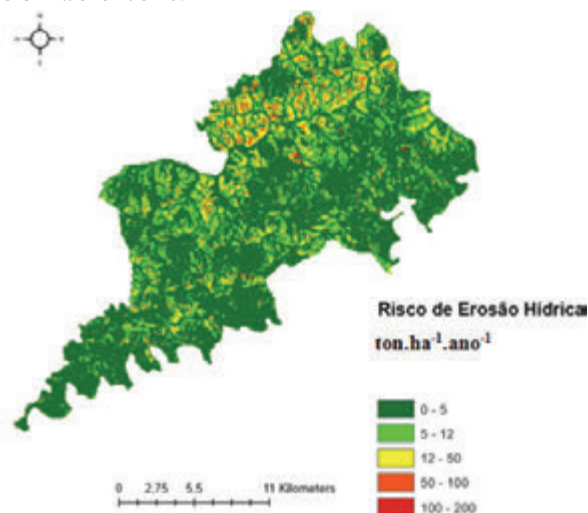


Fig. 6 - Mapa do risco de erosão hídrica no concelho de Pampilhosa da Serra

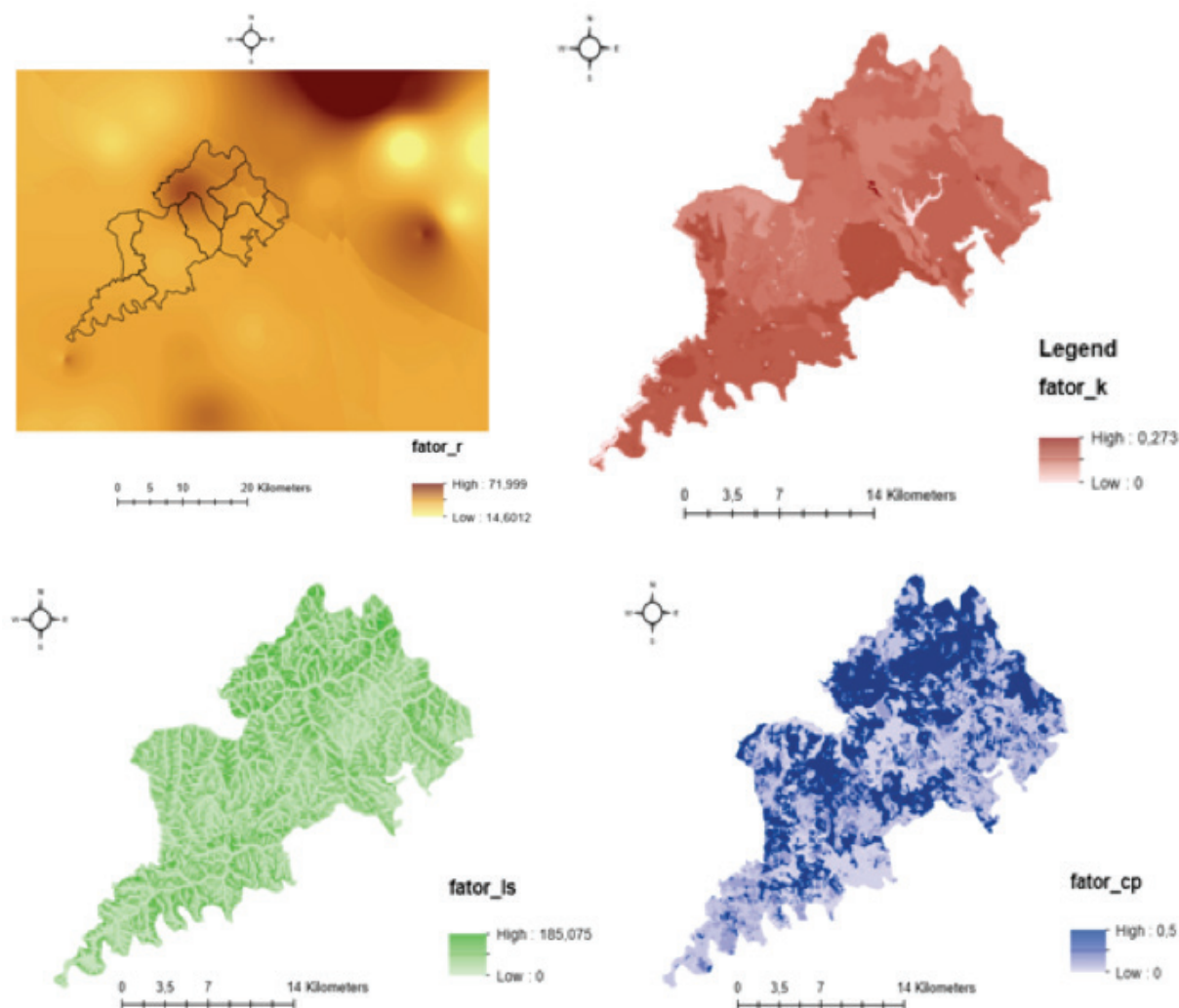


Fig. 7 - Distribuição espacial dos parâmetros utilizados na determinação do risco de erosão hídrica

As classes de risco mais elevadas no concelho estão relacionadas com os valores mais elevados do fator CP que correspondem à ocupação de solo de pastagens permanentes e áreas agrícolas heterogêneas, comparados com as áreas florestais e áreas com pouca vegetação.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANPC, 2010. Guia para a caracterização do risco no âmbito da elaboração de Planos de Emergência de Proteção Civil, Lisboa.
- ANPC, 2014. Carta Militar de Portugal - Folhas n.º 233, 244, 245, 253, 254, 255, 265, 266, 277 (1:25 000). Castelo Branco.
- Boboulos, M. e Purvis, M., 2009. Wind and slope effects on ROS ruring the fire propagation in East-Mediterranea pine forest litter. *Fire Safety Journal*.
- Castellà J. e Almirall, R., 2005. Plan de prevenció d'incendis forestals del perímetre de protecció prioritària les gavarres. Catalunya: Departament de Medi Ambient i Habitatge.
- CMPS., 2011. Plano de Emergência de Proteção Civil de Pampilhosa da Serra. Câmara Municipal de Pampilhosa da Serra.
- Coutinho, M. Álvares, M. e Pimenta, M., 1993. Erosão Hídrica e sedimentação em albufeiras da bacia hidrográfica do Rio Guadiana. 1º Relatório interno. INAG, Lisboa: IST, UTL.
- Desmet, P.J.J. e Govers, G., 1996. A GIS-procedure for automatically calculating the USLE LS-factor on topographically complex landscape units. *Journal of Soil and Water Conservatio*.
- Decreto-Lei n.º 166/2008. D.R. I Série 162 (22-08-2008). Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, Lisboa.
- Ferreira, A., Gonçalves, A., Dias, S., 2008. Avaliação da Sustentabilidade dos Sistemas Florestais em Função da Erosão. *Silva Lusitana*, Lisboa. Portugal.
- Fidalgo, D., 2012. A aplicação de ferramentas SIG na delimitação de Reserva Ecológica Nacional e Reserva Agrícola Nacional para o concelho de Mêda. Castelo Branco. Escola Superior Agrária.
- IGeoE, Instituto Geográfico do Exército, 2011. Método CRIF - Carta de Risco de Incêndio Florestal.
- INE, 2011. Dados sobre a população residente em Pampilhosa da Serra. Disponível em http://censos.ine.pt/xportal/xmain?xpid=CENSOS&xpgid=censos2011_apresentacao (acedido em 5 de dezembro de 2014).

- Inigues, J., Swetnam, T. e Yool, S. 2008. Topography affected landscape fire history patterns in southern Arizona, USA. *Forest Ecology and Management*, 256, 295 - 303.
- Instituto da Água, 1999. Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Tejo 1ª Fase - Análise e Diagnóstico de Referência. Anexo 12. Situações de Risco.
- Irvem, A., Topaloglu, F., Uygur, V., 2007. Estimating spatial distribution of soil loss over Seyhan River Basin in Turkey. *J. Hydrol.* 336.
- Mitasova, H., Hofierka, J., Zlocha, M., e Iverson, L.R., 1996. Modeling topographic potential for erosion and deposition using GIS. *International Journal of Geographical Information Systems*.
- Mitasova, H., Mitas, L. e Brown, W.M. 2001. Multiscale Simulation of land use impact on soil erosion and deposition patterns. In *Sustaining the Global Farm. Selected papers from the 10th International Soil Conservation Organization Meeting, May 1999*, Purdue University (eds D.E. Stott, R.H. Mohtar and G.C. Steinhardt), pp. 1163-1169. Purdue.
- Nomenclatura da Carta de Solos de Portugal Continental. Disponível em <http://www.igeo.pt/gdr/clc06> (acedido várias vezes ao longo do trabalho).
- Proces/Hidrorumo/GIBB/HP, 2001. Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Oeste, 1ª Fase - Análise e Diagnóstico de Referência. Anexo 12. Situações de Risco, Direção Geral do Ambiente e Ordenamento do Território Lisboa e Vale do Tejo.
- Pimenta, M.T., 1998. Diretrizes para a aplicação da equação universal de perda dos solos em SIG: Fator de Cultura C e Fator de Erodibilidade do Solo K. Instituto da Água (INAG), Direção de Serviços

- de Recursos Hídricos (DSRH), Lisboa.
- Saturnino, H., 2011. Modelação e Mapeamento da Probabilidade de Incêndio Florestal. Castelo Branco. Escola Superior Agrária.
- Teie, C., 2005. *Firefighter's handbook on wildland firefighting*. 3rd ed. California: Deer Valley Press
- Wischmeier, W.H. e Smith, D.D., 1965. Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains: guide for selection of practices for soil and water conservation planning. *USDA Agriculture Handbook*, Washington.

AGRADECIMENTOS

O presente estudo foi desenvolvido no âmbito da Unidade Curricular Seminário do Curso de Pós-Graduação em Proteção Civil (ano letivo 2013/2014). Os autores expressam o seu agradecimento aos Professores da Unidade Curricular Celestino Almeida, Cristina Alegria, Francisco Lucas e à Eng.ª Natália Roque, do Laboratório de SIG da ESA/IPCIB, pela ajuda prestada, principalmente na determinação do Risco de Erosão Hídrica.



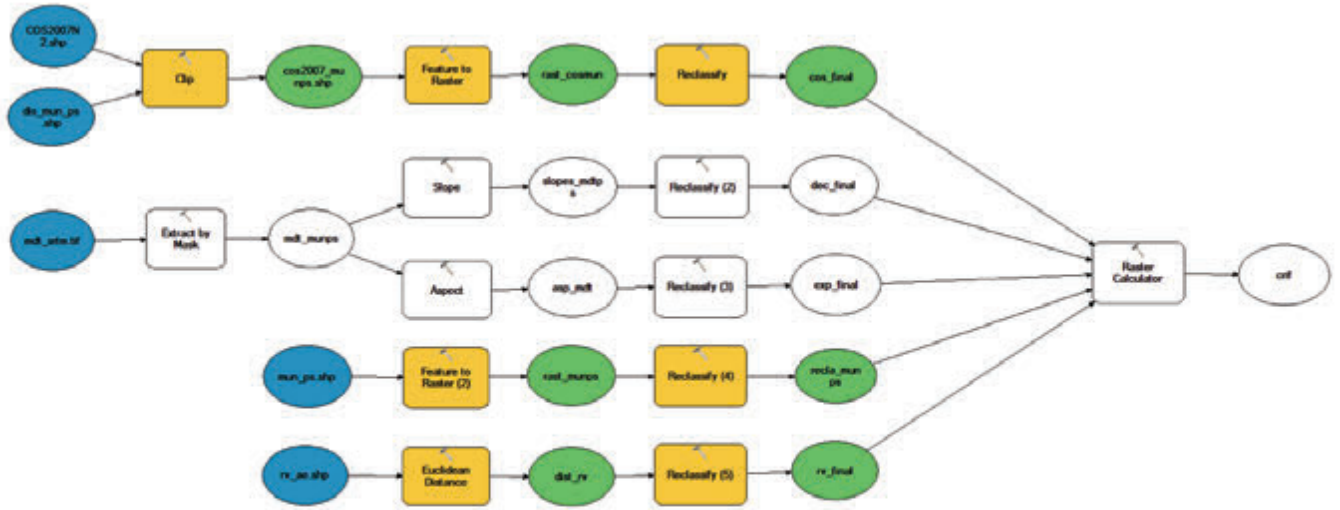
Instituto Politécnico de Castelo Branco

20

**MESTRADO
INOVAÇÃO E QUALIDADE
NA PRODUÇÃO ALIMENTAR**

ANEXO I

Modelo de análise espacial para a determinação do Risco de Incêndio Florestal



ANEXO II

Modelo de análise espacial para a determinação do Risco de Erosão Hídrica

