

## SOILPROTEC – MEDIDAS DE EMERGÊNCIA PARA PROTEÇÃO DO SOLO PÓS- INCÊNDIOS. DESENHO EXPERIMENTAL

António Bento-Gonçalves  
Universidade do Minho  
bento@geografia.uminho.pt

António Vieira  
Universidade do Minho  
vieira@geografia.uminho.pt

Luciano Lourenço  
Universidade de Coimbra  
luciano@uc.pt

Adélia Nunes  
Universidade de Coimbra  
adelia.nunes@fl.uc.pt

### EIXO TEMÁTICO: RISCOS, SOCIEDADE E FENÓMENOS DA NATUREZA.

#### RESUMO

Portugal é anualmente percorrido por incêndios, existindo uma tendência positiva para o aumento anual do seu número e da respetiva área ardida, bem como um aumento da recorrência (Ferreira-Leite *et al.*, 2011) e do número e dimensão dos grandes incêndios (Ferreira-Leite, 2010).

Como consequência, aumenta a erosão da camada superior dos solos, onde se localizam, na maioria dos solos portugueses, os únicos nutrientes existentes (Burchet *et al.* 1989; Lourenço e Bento-Gonçalves 1990; Lourenço *et al.*, 1989; Imeson *et al.* 1992; Shakesby *et al.* 1993; Scott & Schulze 1992; Scott 1993; Andreu *et al.* 1994; Coelho *et al.* 1995a, b; Pierson *et al.* 2002, Coelho *et al.* 2004; Cerdà & Lasanta 2005; Benavides-Solorio & MacDonald 2005, Bento-Gonçalves *et al.*, 2008).

Num clima de características mediterrâneas, a máxima exportação dos sedimentos normalmente acontece nos primeiros 4/6 meses após os incêndios (Shakesby *et al.*, 1993, Bento-Gonçalves e Coelho, 1995, Shakesby *et al.*, 1996, Walsh, 1998; Ruiz e Luque, 2010, Bento-Gonçalves e Lourenço, 2010, Vega *et al.*, 2010).

A maioria dos proprietários florestais não se mostra muitas vezes receptiva ao investimento em medidas de proteção do solo após incêndios, devido ao baixo rendimento e ao alto risco que o investimento na floresta implica. Assim, o projeto SoilProtec - Medidas de emergência para proteção de solos após incêndios florestais (Financiado pelo CEGOT – Centro de Estudos em Geografia e Ordenamento do Território.) visa testar medidas de emergência, de baixo custo, a aplicar na proteção de solos, imediatamente após incêndios florestais de baixa/média severidade, com base em medições efetuadas em povoamentos de *Pinus pinaster* na serra do Gerês.

**PALAVRAS-CHAVE:** Incêndios florestais, severidade, erosão do solo, medidas de emergência.

#### ABSTRACT

Portugal is traversed each year by fires, showing a positive trend for an annual increase in their number and in the area scorched, as well as an increase in the recurrence of fires (Ferreira-Leite *et al.*, 2011) and occurrence of large fires (Ferreira-Leite, 2010).

As a consequence, the erosion of the top layer of soil occurs. In most Portuguese soils, it is in these layers that the only nutrients are available (Burch *et al.* 1989; Lourenço e Bento-Gonçalves 1990;

Lourenço *et al.*, 1989; Imeson *et al.* 1992; Shakesby *et al.* 1993; Scott & Schulze 1992; Scott 1993; Andreu *et al.* 1994; Coelho *et al.* 1995a, b; Pierson *et al.* 2002, Coelho *et al.* 2004; Cerdà & Lasanta 2005; Benavides-Solorio & MacDonald 2005, Bento-Gonçalves *et al.*, 2008).

In a climate of Mediterranean characteristics, the export of sediments and nutrients usually occurs within the first 4 / 6 months after the fire, so it is essential to study and implement a set of solutions that reduce the loss of materials (Shakesby *et al.*, 1993, Bento-Gonçalves e Coelho, 1995, Shakesby *et al.*, 1996, Walsh, 1998; Ruiz e Luque, 2010, Bento-Gonçalves e Lourenço, 2010, Vega *et al.*, 2010).

Most measures to protect the soil after fires are relatively expensive and difficult to apply. Thus, the project Soil Protec - Emergency measures to protect soils after forest fires (Funded by CEGOT – Centro de Estudos em Geografia e Ordenamento do Território) - aims to test low cost treatments to reduce soil erosion immediately after low/medium severity forest fires in *Pinus pinaster* stands in the northwest of Portugal.

**KEY-WORDS:** Forest fires, severity, soil erosion, emergency measures.

## INTRODUÇÃO

Portugal é anualmente percorrido por incêndios, existindo uma tendência positiva para o aumento anual do seu número e da respetiva área ardida (Lourenço, 2011), bem como um aumento da recorrência (Ferreira-Leite, F. *et al.*, 2011) e do número e dimensão dos grandes incêndios (Ferreira-Leite, F., 2010).

Como consequência, aumenta a erosão da camada superior dos solos, onde se localizam, na maioria dos solos portugueses, os únicos nutrientes existentes (Lourenço e Monteiro, 1989; Burchet *et al.* 1989; Lourenço e Bento-Gonçalves 1990; Imeson *et al.* 1992; Shakesby *et al.* 1993; Scott & Schulze 1992; Scott 1993; Lourenço, 1996; Inbar *et al.* 1998; Cerdà & Lasanta 2005; Benavides-Solorio & MacDonald 2005, Bento-Gonçalves *et al.*, 2008).

Num clima de características mediterrâneas, a exportação dos sedimentos e dos nutrientes normalmente acontece nos primeiros 4/6 meses após os incêndios, pelo que é fundamental estudar e implementar um conjunto de soluções que reduzam essas perdas (Shakesby *et al.*, 1993, Bento Gonçalves e Coelho, 1995, Shakesby *et al.*, 1996, Walsh, 1998; Bento-Gonçalves e Lourenço, 2010, Vega *et al.*, 2010).

No entanto, este processo está intimamente dependente da recorrência dos incêndios, da sua intensidade, severidade, variabilidade espacial da hidrofobicidade do solo (Jungerius e DeJong 1989; Ritsema e Dekker 1994; Coelho *et al.* 2004) e das características do local (altitude, declive, exposição, clima, geologia, ...), como o demonstraram os trabalhos pioneiros realizados na serra da Lousã, situada na Região Centro, onde foram realizados os primeiros estudos em Portugal (Lourenço, 1989; Lourenço and Bento-Gonçalves, 1990; Lourenço, Bento-Gonçalves and Monteiro, 1991), pelo que se deverão adequar os diferentes tratamentos a cada realidade.

## OBJETIVOS

A maioria das medidas de proteção do solo após incêndios são relativamente dispendiosas e de difícil aplicabilidade, razão pela qual a maioria dos proprietários florestais não se mostra muitas vezes receptiva ao investimento nessas medidas, especialmente num contexto de baixo rendimento e de alto risco que o investimento na floresta implica.

Assim, o projeto SoilProtec (Medidas de emergência para proteção de solos após incêndios florestais) visa testar medidas de emergência, de baixo custo, a aplicar na proteção de solos, imediatamente após incêndios florestais de baixa/média severidade, com base em medições efectuadas em povoamentos de *Pinus pinaster* na serra do Gerês.

Neste sentido, pretende-se testar o papel da caruma (Cerdeira and Doerr, 2008), existente no local do próprio incêndio, a qual resulta em parte da queda após o incêndio de baixa/média intensidade, enquanto protetora do solo contra a erosão física (fotos 1 e 2) e, também, comparativamente com o desempenhado pela palha.



Foto 1 e 2 – Caruma na área de estudo.

## MATERIAL E MÉTODOS

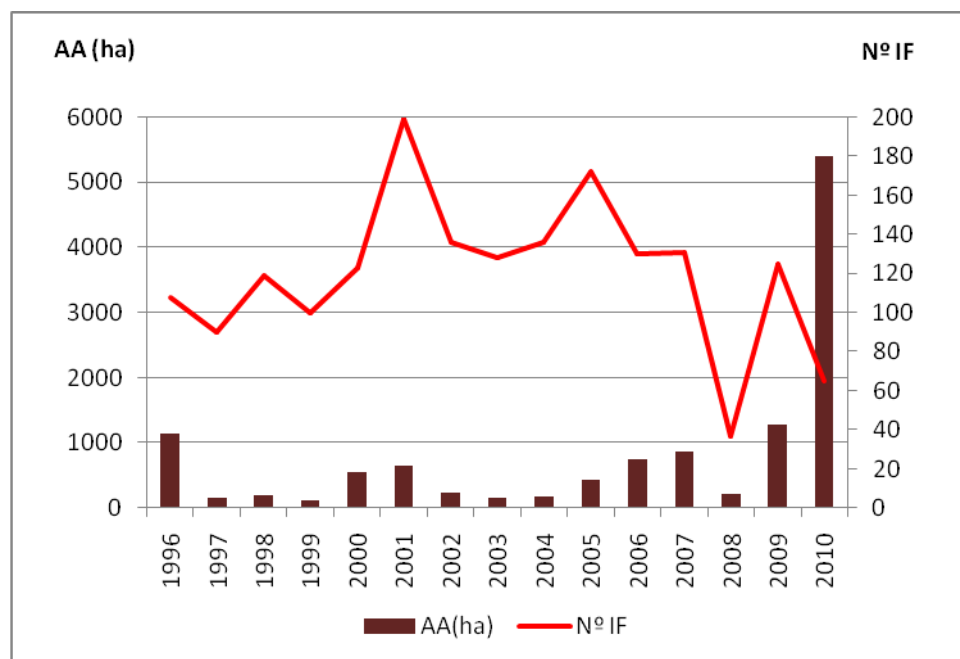
O território do concelho de Terras de Bouro, de 1996 a 2010, apenas em 3 anos (1997, 2008 e 2010) teve menos do que 100 incêndios florestais e apenas em 2 anos (2001 e 2005) teve mais do que 140 ocorrências (Tabela I e Fig. 1).

Relativamente à área ardida, destacam-se os anos de 1996, 2009 e 2010, com mais de 1000ha de área queimada, mas muito em particular o ano de 2010 em que a mesma foi de 5403,07ha (Tabela I e Fig. 1).

**TABELA I**– Área ardida (ha) e número de incêndios por dimensão da área ardida (ha), no período de 1996 a 2010, no concelho de Terras de Bouro.

<b>Ano</b>	<b>Área ardida</b>	<b>Número de incêndios florestais por dimensão de área ardida</b>
------------	--------------------	---

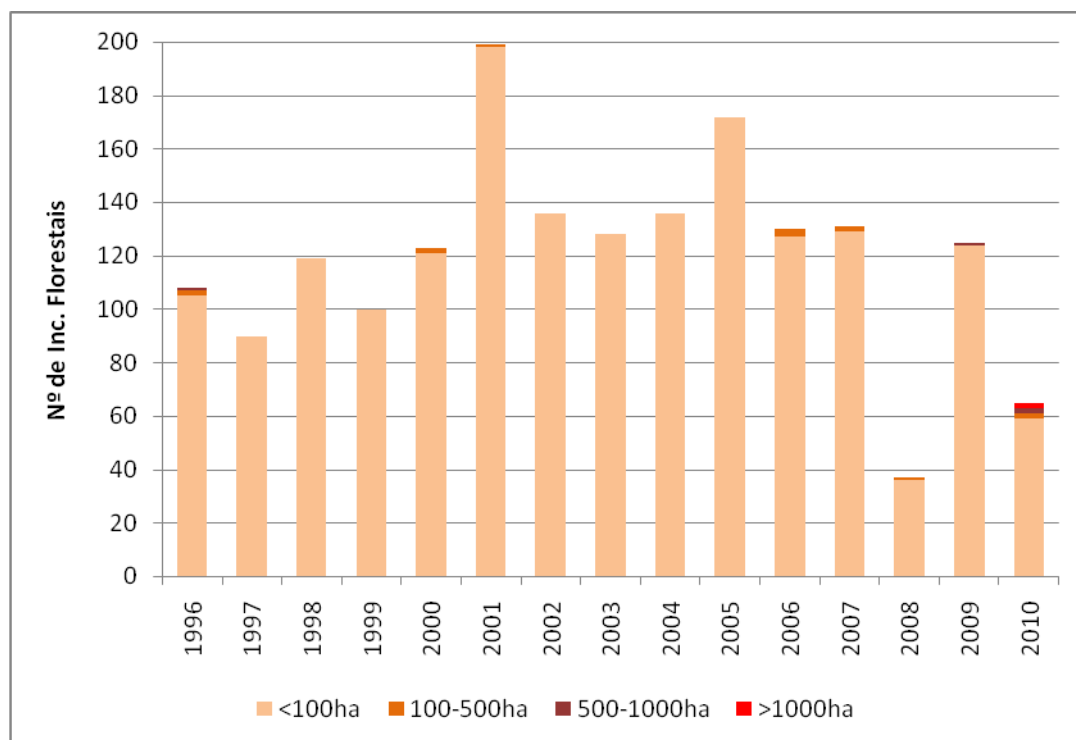
	(ha)	<100ha	100-500ha	500-1000ha	>1000ha	Total
1996	<b>1143,87</b>	105	2	1		108
1997	151,12	<b>90</b>				90
1998	197,21	119				119
1999	117,65	100				100
2000	552,78	121	2			123
2001	648,87	<b>198</b>	1			199
2002	229,81	136				136
2003	160,89	128				128
2004	175,75	136				136
2005	429,15	<b>172</b>				172
2006	747,44	127	3			130
2007	864,75	129	2			131
2008	220,73	<b>36</b>	1			37
2009	<b>1276,99</b>	124		1		125
2010	<b>5403,07</b>	<b>59</b>	2	2	2	65
<b>Total</b>	<b>12320,08</b>	<b>1780</b>	<b>13</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1799</b>
		<b>98,94</b>	<b>0,72</b>	<b>0,22</b>	<b>0,11</b>	<b>100</b>
			<b>1,06</b>			



**Fig. 1** – Evolução da área ardida (ha) e do número de incêndios no período de 1996 a 2010, no concelho de Terras de Bouro.

Quanto ao número de incêndios por área ardida, verifica-se que os de dimensão inferior a 100ha são mais representativos (98,94%) do que aqueles com dimensão superior aos referidos 100ha, ou seja, os grandes incêndios florestais (GIF) somam neste período 19 ocorrências num total de 1799,

representando apenas 1,06% do total das ocorrências no concelho (Tabela I e Fig. 2).

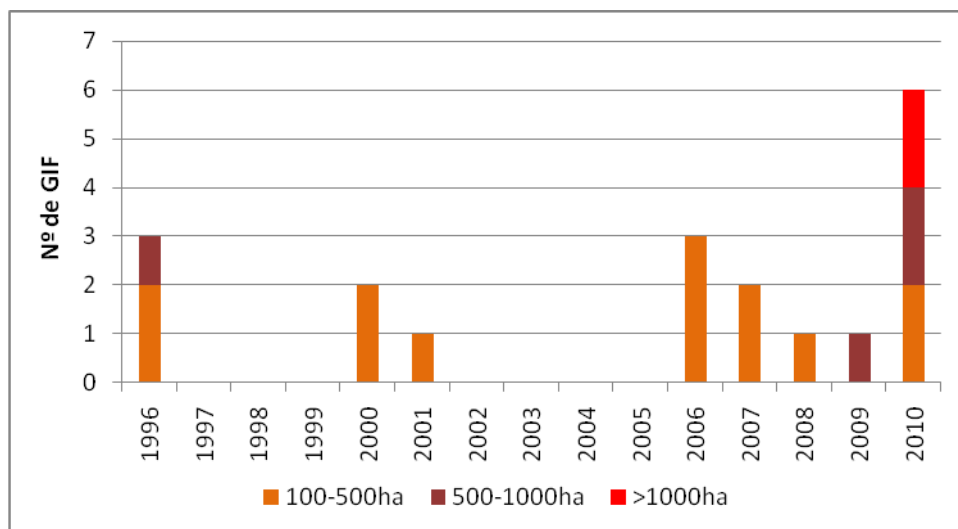


**Fig. 2**–Evolução do número de incêndios por dimensão da área ardida (ha), no período de 1996 a 2010, no concelho de Terras de Bouro.

Embora tenham ocorrido GIFantes de 2006 (1996 - 3 GIF; 2000 - 2 GIF; 2001 - 1 GIF), é a partir de 2006, que passaram a ocorrer sistematicamente GIF todos os anos, sendo que foi em 2010 que se verificaram os dois maiores GIF dos últimos 15 anos, cada um deles com uma área ardida superior a 1000ha (Tabela I e Fig. 3).

O primeiro destes incêndios lavrou durante mais de 24 horas, em Vilarinho das Furnas, Campo do Gerês, tendo o alerta sido dado por populares no dia 7 de Agosto pelas 15h48m. Foi extinto às 22h40m do dia seguinte, somando uma área ardida de 2316ha de mato. A causa deste incêndio, de acordo com as investigações, ficou a dever-se a negligência.

O segundo incêndio registou uma ardida menor que o anterior, mas ainda assim muito expressiva no contexto do concelho. Consumiu uma área de 1184ha, com uma proporção muito equilibrada entre área ardida de povoamento e área ardida de mato, 600 e 584ha, respetivamente. Este incêndio deflagrou na Calcedónia, em Rio Caldo, e este aspeto pode ser imprescindível para explicar o facto de, apesar de ter uma dimensão menor que o referido acima, ter lavrado durante 6 dias. O incêndio foi identificado por populares às 13h15min do dia 10 de Agosto e causado por intencionalidade.



**Fig. 3** – Evolução do número de grandes incêndios (GIF) por dimensão da área ardida (ha), no período de 1996 a 2010, no concelho de Terras de Bouro.

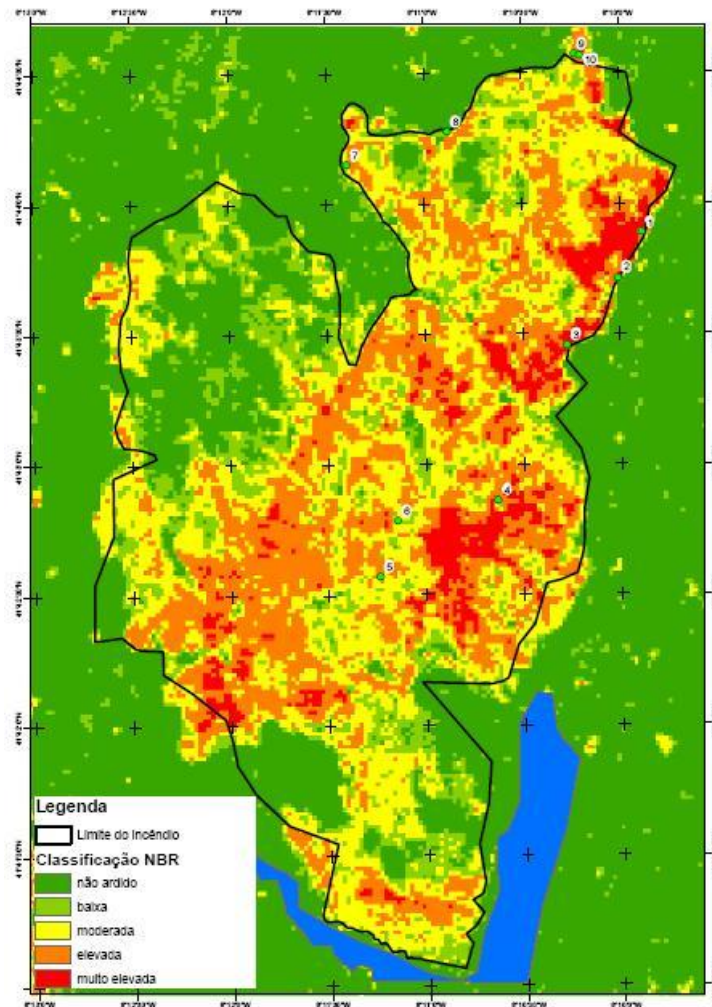
Assim, do conjunto dos 2 incêndios resultou uma área ardida contínua de 3500ha, que foi sujeita a diferentes intensidades e severidades do fogo.

De forma a avaliarmos a severidade do incêndio no conjunto da área afetada, considerámos fundamental a exploração de imagens de satélite, recorrendo a ferramentas de deteção remota. Neste sentido, identificámos várias imagens obtidas pelos sensores dos satélites Landsat, anteriores e posteriores ao incêndio. A partir das imagens de 30 de Julho de 2010 e de 28 de Abril de 2011 provenientes do Landsat 5 procedemos ao cálculo da severidade, com base no algoritmo NBR (normalizedburnt ratio), tendo-se criado cinco classes de representação dos resultados: severidade muito elevada, severidade elevada, severidade moderada, severidade baixa e não ardida (fig. 4).

O resultado obtido foi validado no campo (foto 3 e 4), onde foi avaliada a severidade do incêndio com base nas metodologias do BAER<sup>1</sup> - BurnedAreaEmergency Response (Parsonset al., 2010) e de Lampinet al. (2003)<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Foram apenas tidos em conta os fatores vegetação (árvores, arbustos e combustíveis finos) e cobertura do solo.

<sup>2</sup> Foram apenas tidos em conta os efeitos sobre os espaços naturais.

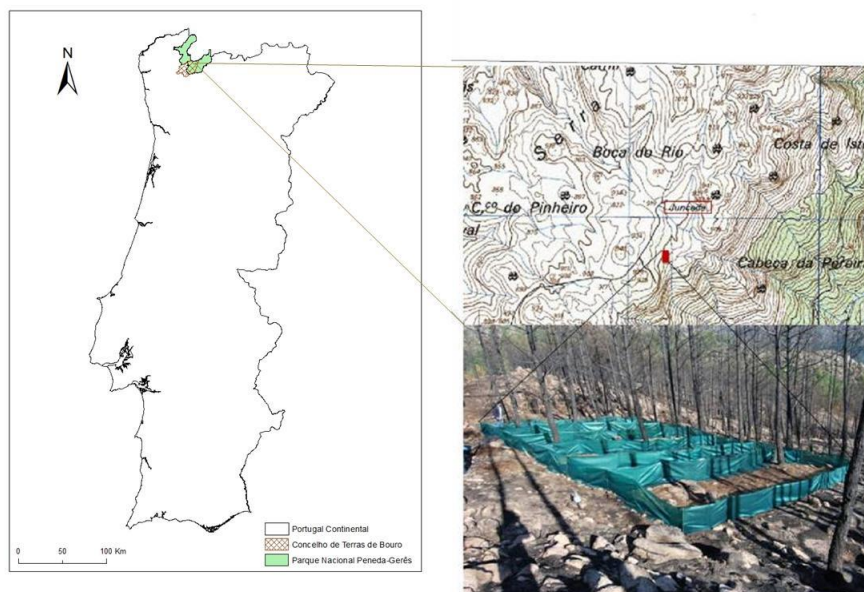


**Fig. 4**—Mapa de severidade da área ardida correspondente aos incêndios de 7 e 10 de Agosto de 2010 no concelho de Terras de Bouro.



## RESULTADOS

Na sequência dos 2 GIF descritos anteriormente, foram instaladas 6 parcelas<sup>3</sup> com 10 metros de comprimento por 2,5 metros de largura, numa área ardida de “média e alta severidade”, de povoamento de *Pinus pinaster* com um declive médio de 15% (fig. 5 e foto 5).



**Fig. 5** – Área de estudo (Junceda, Terras do Bouro)



**Foto 5** – Parcelas - Instalação.

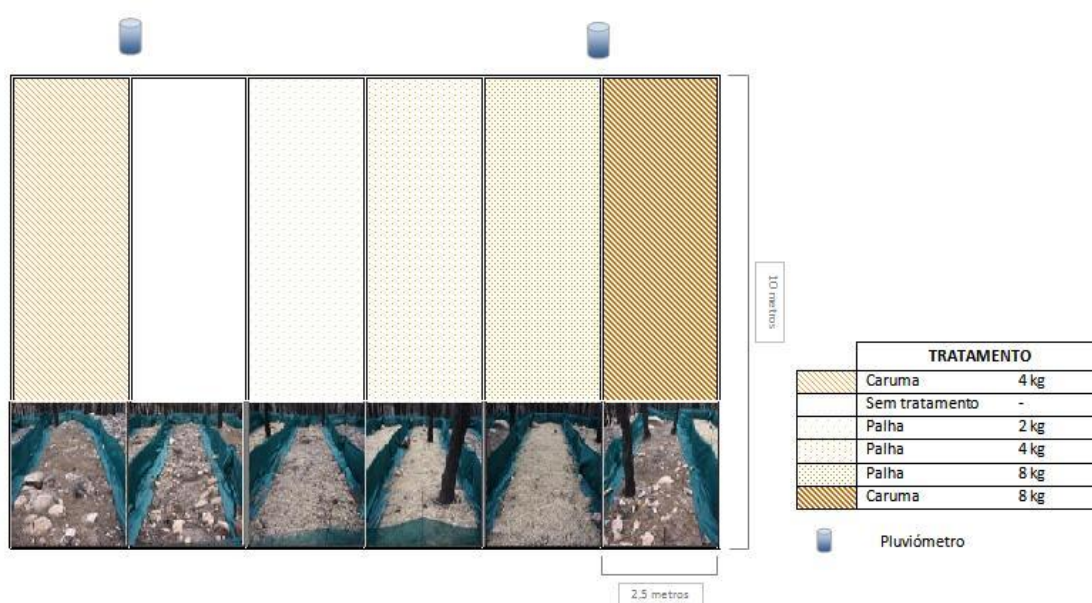
<sup>3</sup>As parcelas utilizadas neste projeto resultam da adaptação da metodologia implementada nas parcelas usadas no Monte Cabalar (Galiza), no projeto “Protección de suelos forestales quemados mediante técnicas de rehabilitación: eficacia en el control de la erosión y efectos sobre la calidad del suelo”, levado a cabo pelo “Instituto de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia (CSIC)” e pelo “Centro de Investigación Forestal de Lourizán (Xunta de Galicia)”.



Trata-se de uma área essencialmente constituída por granitos, de solo (cambissolos) pedregoso e delgado, com um uso do solo florestal nos últimos 50 anos e um clima caracterizado por elevados quantitativos de precipitação.

Cada parcela foi cartografada com recurso a uma “estação total”, permitindo assim conhecer o seu micro-relevo.

Foram, seguidamente, aplicadas os diferentes tratamentos propostos seleccionados para avaliação, correspondentes a palha (2, 4 e 8 kg) e caruma (2 e 4 Kg), distribuídos por 5 parcelas e foi deixada uma para controlo (fig. 6 e foto 6).



**Fig. 6** – Desenho experimental para testar medidas de emergência de proteção do solo pós-fogo



**Foto 6**–Parcelas – Aplicação manual de palha.

Mensalmente foram recolhidos os materiais erodidos em cada parcela e medida a precipitação através de dois pluviómetros.

Os materiais, depois de secos, foram pesados, e sujeitos à metodologia “loss on ignition”, para se determinar as componentes orgânica e mineral de cada amostra, sendo a componente mineral posteriormente analisada em termos da sua granulometria.

## CONCLUSÃO

O objetivo final do projeto SoilProtec é o de recomendar um tratamento que permita àqueles com responsabilidades na gestão de áreas queimadas, depois de identificadas expeditamente as áreas críticas onde intervenções devam ser feitas, obter os melhores resultados de conservação pelo menor preço possível e sem introdução de elementos externos ao ambiente florestal de montanha, o que terá um impacto significativo sobre a conservação dos solos, da vegetação a recuperar e, portanto, sobre o funcionamento do ecossistema.

O presente trabalho visou dar a conhecer o desenho experimental e alguns aspetos metodológicos do projeto SoilProtec, esperando-se para breve a publicação dos primeiros resultados sobre a perda de solo, o efeito e a duração de cada um dos tratamentos utilizados na proteção de emergência do solo após-incêndio, bem como discutir a adequabilidade deste desenho experimental.

## REFERÊNCIAS

- Andreu, V., Forteza, J., Rubio, J. L., Cerni, R. (1994) - **“Nutrient losses in relation to vegetation cover on automated field plots”**. In Rickson, R. J. (Ed.) *Conserving Soil Resources*. Cambridge Univ. Press, 116-126.
- Benavides-Solorio, J., MacDonald, L. H. (2005) - **“Measurement and prediction of post-fire erosion at the hillslope scale, Colorado Front Range”**. *International Journal of Wildland Fire*, 14, 457-474.
- Bento-Gonçalves, A. J. e Coelho, C. de O. A. (1995) - **“Wildfire impacts on soil loss and runoff in dry mediterranean forest, Tejo basin, Portugal: preliminary results”**. *Proceedings of Course on Desertification in a European Context*. Physical and Socio-Economic Aspects; Bruxelles, p. 361-369.
- Bento-Gonçalves, A. J., Vieira, A., Ferreira, A. D. e Coelho, C. (2008) - **“Caracterização geomorfológica e implementação de um sistema integrado de informação, em ambiente SIG, no âmbito do projecto RECOVER (Estratégias de remediação de solos imediatamente após**

- incêndios florestais)**". *Revista Geografia Ensino & Pesquisa*, V. 12, nº 1, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil, p.3721-3735.
- Bento-Gonçalves, A. J. e Lourenço, L. (2010) – **"The study and measurement of overland flow and soil erosion on slopes affected by forest fires in Lousãmountain – main results"**. *Actas das Jornadas Internacionais – Investigación y gestión para la protección del suelo y restauración de los ecosistemas forestales afectados por incendios forestales – 6 a 8 de Outubro de 2010 – Santiago de Compostela.*, p. 107-110.
- Burch, G. J., Moore, I. D., Burns, J. (1989) - **"Soil hydrophobic effects on infiltration and catchment runoff"**. *Hydrological Processes*, 3, 211-222.
- Cerdà, A., Lasanta, T. (2005) - **"Long-term erosional responses after fire in the Central Spanish Pyrenees"**. 1. Water and sediment yield. *Catena*, 60, 59-80.
- Cerdà, A. and Doerr, S.H.(2008) – **"The effect of ash and needle cover on surface runoff and erosion in the immediate post-fire period"**. *Catena*, 74, 256-263.
- Coelho, C. O. A., Shakesby, R. A., Walsh, R. P. D. (1995a) - **"Effects of forest fires and post-fire land management practice on soil erosion and stream dynamics, Águeda basin, Portugal"**. *Soil and groundwater research report V*, European Commission, 91p.
- Coelho, C. O. A., Shakesby, R. A., González, M., Ternan, L., Walsh, R. P. D., Williams, A. G. (1995b) - **"IBERLIM: Land management and erosion limitation in the Iberian Peninsula"**. Final Report to the EC in fulfilment of Project EV5V-0041 Land management practice and erosion limitation in contrasting wildfire and gullied locations in the Iberian Peninsula (unpublished), 246 pp.
- Coelho, C. O. A., Ferreira, A. J. D., Boulet, A. K., Keizer, J. J. (2004) - **"Overland flow generation processes, erosion yields and solute loss following different intensity fires"**. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 37, 3, 233-240.
- Ferreira-Leite, F. (2010) – **"Caracterização dendrocaustológica do Noroeste Português – o caso dos grandes incêndios florestais"**. Tese de Mestrado, Universidade do Minho, Guimarães, 94 pp. + anexos.
- Ferreira-Leite, F.; Bento Gonçalves, A. J.; Vieira, A. (2011) - **"The recurrence interval of forest fires in Cabeço da Vaca (Cabreira Mountain - Northwest of Portugal)"**. *Environmental Research* 111 (2011) 215-221, doi:10.1016/j.envres.2010.05.007.
- Imeson, A. C., Verstraten, J. M., Van Mullingen, E. J., Sevink, J (1992) - **"The effects of fire and water repellency on infiltration and runoff under Mediterranean type forests"**. *Catena* 19, 345-361.
- Jungerius, P. D., DeJong, J. H. (1989) - **"Variability of water repellency in the dunes along the Dutch coast"**. *Catena*, 16, 491-497.
- Lampin-Cabaret C., Jappiot, M., Alibert, N. e Manlay, R. (2003) – **"Une échelle d'intensité pour le phénomène Incendie de forêts"**, SIRNAT – JPRN Orléans.
- Lourenço, L. (1989) — **"Erosion of agro-forester soil in mountains affected by fire in Central**

- Portugal".** Pirineos. A journal on mountain ecology, Jaca, 133, p. 55-76.
- Lourenço, L. and Bento-Gonçalves, A. (1990) — **"The study and measurement of surface flow and soil erosion on slopes affected by forest fires in the Serra da Lousã"** . Proceedings, International Conference on Forest Fire Research, Coimbra, p. C.05–1 a 13;
- Lourenço, L., Bento-Gonçalves, A. and Monteiro, R. (1991) — **"Avaliação da erosão dos solos produzida na sequência de incêndios florestais"**. Comunicações, II Congresso Florestal Nacional, Porto, II vol, p. 834-844;
- Parsons, Annette; Robichaud, Peter R.; Lewis, Sarah A.; Napper, Carolyn; Clark, Jess T. (2010) - **Field guide for mapping post-fire soil burn severity**. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-243. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 49 p.
- Ritsema, C. J., Dekker, L. W. (1994) - **"How water moves in a water-repellent sandy soil". 2. Dynamics of fingered flow**. *Water Resources Research*, 30, 2519-2531.
- Ruiz, J., Luque, I. (2010) - **"Actuaciones de emergencia para la defensa del suelo tras un gran incendio forestal en Andalucía"**. *Actas das Jornadas Internacionais – Investigación y gestión para la protección del suelo y restauración de los ecosistemas forestales afectados por incendios forestales – 6 a 8 de Outubro de 2010 – Santiago de Compostela.*, p. 49-64.
- Scott, D. F., Schulze, R. E. (1992) - **"The hydrological effects of a wildfire in a eucalypt afforested catchment"**. *S.A. Forestry Journal*, 160, 67-74.
- Scott, D. F. (1993) - **"The hydrological effects of fire in South African mountain catchments"**. *Journal of Hydrology*, 150, 409-432.
- Shakesby, R. A., Boakes, D. J., Coelho, C. de O. A., Bento Gonçalves, A. J., Walsh, R. P. D. (1993) - **"Limiting the erosional effect of forest fires: background to the IBERLIM research programme in Águeda and Tejo basins, Portugal"**. *Swansea Geographer*, 30; Swansea, p. 132 - 154.
- Shakesby, R. A., Boakes, D. J., Coelho, C. de O. A., Bento Gonçalves, A. J. and Walsh, R. P. D. (1996) - **"Limiting the soil degradation impacts of wildfire in pine and eucalyptus forests, Portugal: comparison of alternative post-fire management practices"**. *Applied Geography*, Vol. 16, Nº. 4, Elsevier Science, Ltd, p. 337-355.
- Shakesby, R., Ferreira, A. J. D., Ferreira, C. S. S., Stoof, C. R., Urbanek, E., Walsh, R. P. D. (2009) - **"Wildfires in Portugal: characteristics, soil degradational impacts and mitigation measures"**. *Desire*. (<http://www.slideshare.net/medesdesire/wildfire-2009>)
- Vega, J. A., Serradab, R., Hernandoc, C., Rincón, A., Ocaña, L., Madrigal, J., Fontúrbel, M. T., Pueyo, J., Aguilar, V., Guijarro, M., Carrillo, A., Fernández, C., Marinoc, E. (2010) - **"Actuaciones técnicas post-incendio y severidad del fuego: Proyecto Rodenal"**. *Actas das Jornadas Internacionais – Investigación y gestión para la protección del suelo y restauración de*

los ecossistemas forestales afectados por incendios forestales – 6 a 8 de Outubro de 2010 –  
Santiago de Compostela., p. 305-308.

Walsh, R. P. D., Coelho, C. de O. A., Elmes, A., Ferreira, A. J. D., Bento Gonçalves, A. J., Shakesby,  
R. A., Ternan, J. L. and Williams, A. G. (1998) – **“Rainfall simulation plot experiments as a tool  
in overland flow and soil erosion assessment, North-Central Portugal”**. *Geokodynamik*, Band  
XIX, 3-4, Bensheim, p. 139-152.