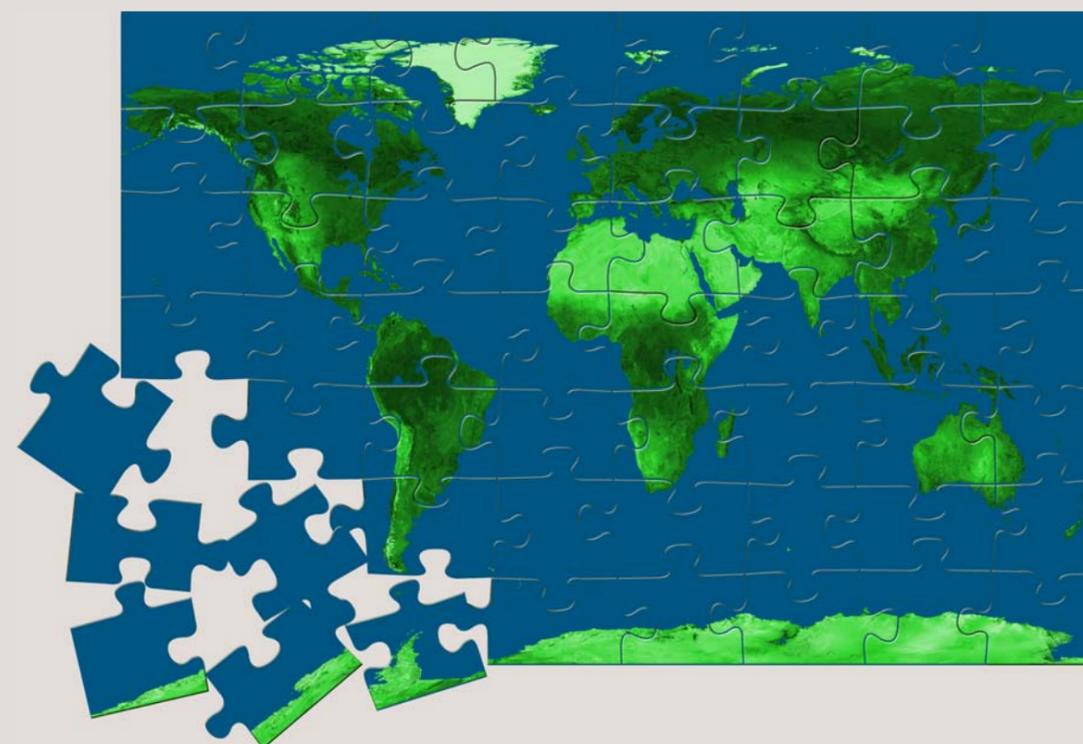


António Vieira e Francisco Costa (Orgs.)

II SIMPÓSIO DE PESQUISA EM GEOGRAFIA

Universidade do Minho – Universidade Federal de Santa Maria

27 e 28 de maio de 2015 – Guimarães, Portugal



II SIMPÓSIO DE PESQUISA EM GEOGRAFIA

António Vieira e Francisco Costa (Orgs.)



Universidade do Minho
Departamento de Geografia

António Vieira e Francisco Costa (Orgs.)

II SIMPÓSIO DE PESQUISA EM GEOGRAFIA

Universidade do Minho – Universidade Federal de Santa Maria
27 e 28 de maio de 2015 – Guimarães, Portugal

Título:
II Simpósio de pesquisa em Geografia

Organização:
António Vieira e Francisco Costa

Autores:
Adriano Figueiró, António Vieira, António Bento-Goncalves, Cristiane Dambrós, Franciele Rovani,
Francisco Costa, Eliane Foletto, Evelyn Zucco, Mara Meier, Safaa Dababat, Zahra Kazemi

Imagem da Capa:
António Vieira e Francisco Costa

Formatação de Textos:
António Vieira e Francisco Costa

ISBN:
978-989-98857-0-7

Ano de Edição:
2015

Editor:
©UMDGEO – Departamento de Geografia da Universidade do Minho
Campus de Azurém
4800-058 Guimarães
Portugal

Colecção:
Atas

Número:
4

Reservados todos os direitos.

Os textos apresentados são da exclusiva responsabilidade dos respectivos autores.

ÍNDICE

Ecoregião do Pampa Uruguaio-Sul-Rio-Grandense: ameaças ao patrimônio natural e estratégias de conservação <i>Adriano Figueiró</i>	5
A contribuição da geografia na implantação de unidades de conservação nos municípios de Santa Maria e Itaara/ RS /BR <i>Eliane Foletto</i>	22
Investigação sobre erosão e degradação dos solos afetados por incêndios florestais <i>Antônio Vieira e Antônio Bento-Gonçalves</i>	33
Archiv-AVE: um projeto para conservar e divulgar o patrimônio documental do rio Ave <i>Francisco Costa, José Cordeiro, Antônio Vieira e Carina Silva</i>	50
Avaliação dos Planos de Gestão de Região Hidrográfica de Portugal: Os ciclos de planeamento e o programa de medidas <i>Evelyn Zucco e Francisco Costa</i>	64
Os desafios da participação social na gestão das águas em Portugal <i>Mara Meier e Francisco Costa</i>	73
Israeli planning policies in the Jordan Valley <i>Safaa Dababat, Antônio Vieira e Ahmed Ra'fat Ghodieh</i>	85
Hammam and Tourism: Cases in Isfahan city, Iran <i>Zahra Kazemi</i>	99
Organização Espacial e paisagem rural: o prenúncio de uma nova conjectura!? <i>Cristiane Dambrós e Darlene Ferreira</i>	110
Zoneamento de risco climático do cultivo da noqueira pecã (<i>carya illinoensis</i>) para o Rio Grande do Sul, Brasil <i>Franciele Rovani, Cássio Wollmann e Ana Monteiro</i>	118

**INVESTIGAÇÃO SOBRE EROSÃO E DEGRADAÇÃO DOS SOLOS
AFETADOS POR INCÊNDIOS FLORESTAIS**

António Vieira

CEGOT-Centro de Estudos em Geografia e Ordenamento do Território, Departamento de Geografia, Universidade do Minho vieira@geografia.uminho.pt

António Bento-Gonçalves

CEGOT-Centro de Estudos em Geografia e Ordenamento do Território, Departamento de Geografia, Universidade do Minho bento@geografia.uminho.pt

Resumo: Os incêndios florestais têm-se constituído como um fenómeno de degradação da paisagem, com um carácter cada vez mais global. Em Portugal esta realidade está também presente e tem-se vindo a agravar, observando-se um aumento progressivo no número de incêndios florestais e na área ardida. As consequências destes fenómenos têm-se traduzido, de forma gravíssima, no empobrecimento dos solos, sendo urgente a implementação de medidas que visem a proteção dos solos na sequência de incêndios florestais. Neste sentido, apresenta-se uma discussão sobre esta temática, dando-se a conhecer o trabalho que tem vindo a ser desenvolvido pelos autores, no estudo dos incêndios florestais em Portugal e seus impactes sobre o recurso solo e na procura soluções que aliem a elevada eficácia aos baixos custos de implementação e facilidade de aplicação em áreas mais vulneráveis.

Palavras-chave: incêndios florestais, erosão do solo, degradação do solo, efeitos do fogo nas propriedades do solo, medidas de mitigação, Universidade do Minho

INTRODUÇÃO

Os incêndios florestais têm-se constituído como um fenómeno de degradação da paisagem, com um carácter cada vez mais global (Bowman *et al.*, 2009; González-Pérez *et al.*, 2004), capazes de afetar áreas mais extensas que qualquer outro fenómeno de perturbação natural (Lavorel *et al.*, 2007). Estima-se que mais de 30% da superfície terrestre esteja sujeita a uma significativa frequência de incêndios florestais (Chuvieco *et al.*, 2008). De igual modo, a sua frequência tem vindo a aumentar, em resultado de fatores diversos, como as mudanças climáticas (Bento-Gonçalves *et al.*, 2011a) ou o deficiente planeamento florestal, conduzindo a graves impactes na estrutura e fertilidade dos solos. Em Portugal esta realidade está também presente e tem-se vindo a agravar, observandose um aumento progressivo no número de incêndios florestais e na área ardida, acompanhado de um aumento da sua recorrência e também do número dos grandes incêndios florestais (Bento-Gonçalves *et al.*, 2013a) e em particular da dimensão dos maiores (Ferreira-Leite *et al.*, 2013). As consequências destes fenómenos têm-se traduzido, de forma gravíssima, na perda de vidas humanas e de bens e prejuízos avultados para as atividades económicas, de forma direta e indireta, bem como na depleção dos recursos naturais e seus serviços ecossistémicos, nomeadamente do solo. Existe já uma extensa pesquisa no âmbito dos efeitos dos fogos sobre os ecossistemas, sobre o ciclo do carbono e as emissões de gases com efeito de estufa, entre outros temas, observando-se também um crescente interesse e produção científica relacionado com os efeitos do fogo sobre as propriedades dos solos (a este respeito ver os seguintes artigos de síntese: Ballard, 2000; Bento-Gonçalves *et al.*, 2012; Certini, 2005; Davis, 1959a,b; DeBano, 2000; DeBano *et al.*, 1998; De Ronde, 1990; Doerr *et al.*, 2000; González-Pérez *et al.*, 2004; Mataix-Solera *et al.*, 2011; Neary *et al.*, 1999; Pausas and Keeley, 2009; Raison, 1979; Shakesby, 2011; Shakesby & Doerr, 2006; Viro, 1974; Wells *et al.*, 1979). Em virtude das mudanças globais que se têm vindo a observar (Tavsanoglu & Úbeda, 2011), espera-se que os regimes de fogo respondam diretamente às mudanças climáticas (Bento-Gonçalves *et al.*, 2013b), quer ao nível da frequência, tamanho, sazonalidade, recorrência e intensidade e severidade do fogo, com efeitos diretos e indiretos sobre os solos, a água e a vegetação. Estes fatores têm importantes implicações na gestão e sustentabilidade da floresta, pelo que tem promovido um interesse crescente da comunidade científica ligada aos incêndios florestais, especialmente relacionados com

medidas de proteção dos solos e sua gestão (Robichaud et al., 2008; Tavsanoğlu & Úbeda, 2011).

Ainda que de forma mais significativa noutros países, também em Portugal têm vindo a ser testadas medidas que visam a proteção dos solos na sequência de incêndios florestais, procurando-se soluções que aliem a elevada eficácia aos baixos custos de implementação e facilidade de aplicação nas áreas mais vulneráveis (Vieira *et al.*, 2014; Bento-Gonçalves *et al.*, 2012, 2013a).

O ESTUDO DO FOGO E SEUS EFEITOS NOS ECOSISTEMAS MEDITERRÂNEOS

O Fogo é atualmente um fator dominante e motivo de preocupação nas florestas e matos no mundo mediterrâneo, sendo-o também no Norte e Centro de Portugal, onde, ao longo das últimas décadas, padrões catastróficos parecem ter-se estabelecido, como resultado da falta de controlo sobre a acumulação de biomassa nos espaços silvestres em regiões de clima mediterrâneo com influência atlântica (Ferreira *et al.*, 2005a).

Uma observação atenta das estatísticas produzidas pelas instituições oficiais responsáveis por esta problemática permite-nos constatar que Portugal é anualmente percorrido por numerosos incêndios, existindo uma tendência positiva para o aumento anual do seu número e da respetiva área ardida (Pereira *et al.*, 2006; Lourenço *et al.*, 2012), bem como um aumento da recorrência (Ferreira-Leite, F. et al., 2011) e do número e dimensão dos grandes incêndios (Ferreira-Leite, 2010; Ferreira-Leite *et al.*, 2011, 2013), devido tanto à natureza da floresta portuguesa como à forma como ela é gerida e ordenada e mesmo, às eventuais alteração das condições meteorológicas, mais propícias a fogos (Bento-Gonçalves *et al.*, 2011).

Como consequência, aumenta a erosão da camada superior dos solos, onde se localizam, na maioria dos solos portugueses, os únicos nutrientes existentes (Lourenço & Monteiro, 1989; Burch *et al.*, 1989; Lourenço *et al.*, 1990; Imeson *et al.*, 1992; Shakesby *et al.*, 1993a; Scott & Schulze, 1992; Scott, 1993; Lourenço, 1996; Inbar *et al.*, 1998; Cerdà & Lasanta, 2005; Benavides-Solorio & MacDonald, 2005; Bento-Gonçalves *et al.*, 2008; Úbeda & Outeiro, 2009).

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 & Coelho, 1995; Shakesby *et al.*, 1996; Walsh *et al.*, 1998; Bento-Gonçalves & 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 & DeJong 1989; Ritsema & Dekker 1994; Coelho *et al.* 2004; BentoGonçalves *et al.*, 2012) 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 & Bento-Gonçalves, 1990; Lourenço, BentoGonçalves, Monteiro, 1991).

Uma questão pertinente em termos de sustentabilidade dos ecossistemas é a de saber em que medida e porque processos os incêndios afetam os nutrientes, contribuindo assim para a degradação do solo. A perda de nutrientes poderia afetar a fertilidade do solo e tem implicações importantes para a gestão florestal (Thomas *et al.*, 2000a).

As regiões mediterrâneas com influência atlântica são caracterizadas por ecossistemas com densa cobertura vegetal, que permite a rápida propagação do fogo. Os incêndios florestais queimam a camada de manta morta e o mato rasteiro, levando a uma mudança da vegetação e da estrutura da parte superior do solo.

Os incêndios no Norte e Centro de Portugal consomem as camadas L e F e, quando presente, a camada H orgânica, assim como a maioria da vegetação. Assim, alguns nutrientes são volatilizados e grandes quantidades de nutrientes são mineralizados e os minerais do solo são expostos ao impacto das gotas da chuva, aumentando a erosão e a escorrência e diminuindo a infiltração (Shakesby *et al.*, 1993b; Walsh *et al.*, 1994). As mudanças na vegetação e na parte superior do solo são conhecidas, por terem importantes impactes sobre o regime hidrológico, com base em estudos em parcelas (Walsh *et al.*, 1994; Ferreira, 1997; Ferreira *et al.*, 1997; Soto & Diaz-Fierros, 1998; Thomas *et al.*, 1999, 2000a, b; Coelho *et al.*, 2004; Cerdà & Doerr, 2005) e em bacias hidrográficas (Lavabre *et al.*, 1993; Ferreira *et al.*, 1997; Coelho *et al.*, 2004; Cosandey *et al.*, 2005; Ferreira *et al.*, 2005b).

É comumente aceite que o fogo aumenta a escorrência e a erosão do solo (Burch *et al.*, 1989; Imeson *et al.*, 1992; Shakesby *et al.*, 1993a; Scott & Schulze, 1992; Scott, 1993; Andreu *et al.*, 1994; Coelho *et al.*, 1995a, b; Inbar *et al.*, 1998; Úbeda & Sala, 1998; Pierson *et al.*, 2002; Coelho *et al.*, 2004; Cerdà & Lasanta, 2005; Cerdà & Doerr, 2005, Benavides-Solorio & MacDonald, 2005).

Os incêndios florestais são conhecidos por incrementarem a repelência do solo, imediatamente abaixo das cinzas, à água (Giovannini, 1987; Giovannini *et al.*, 1988; Doerr *et al.*, 1996). De acordo com Giovannini (1994), os incêndios com temperaturas acima dos 450 °C (aproximadamente) acentuam o aumento da escorrência e o risco de erosão, induzindo a repelência à água e, assim, dificultando a infiltração.

A vegetação rasteira e a manta morta têm uma forte influência nos padrões da temperatura do solo, tal como foi estudado por Gimeno-Garcia *et al.* (2004) em incêndios experimentais com temperaturas acima dos 600 °C. Esta é a razão pela qual diferentes intensidades do fogo podem ter diferentes impactes sobre a repelência do solo à água (Coelho *et al.*, 2004; Ferreira *et al.*, 2005a), e, portanto, na produção de escorrência e nos quantitativos da erosão.

Os incêndios florestais afetam o desencadear da escorrência e da erosão do solo, alterando as características hídricas do topo do solo.

O calor transforma os componentes orgânicos do solo, tornando-os móveis, coalescendo-os assim em partículas minerais, aumentando a repelência das camadas mais superficiais do solo à água (DeBano *et al.*, 1970; Giovannini & Lucchesi, 1984; Giovannini, 1994).

A severidade com que o fogo induz a repelência à água depende de um conjunto de características dos solos, incluindo principalmente a humidade, a textura e a quantidade e composição da matéria orgânica existente antes do fogo (Botelho *et al.*, 1994; Giovannini, 1994).

A magnitude das alterações na erosão e nos processos hidrológicos dependem, em parte, da severidade e variabilidade espacial da hidrofobicidade do solo (Jungerius & DeJong, 1989; Ritsema & Dekker, 1994; Coelho *et al.*, 2004; Ferreira *et al.*, 2005b). Alguns autores encontraram baixas taxas de erosão do solo após um incêndio (Emmerich & Cox, 1992; Kutiel & Inbar, 1993). Por exemplo, Coelho *et al.* (1995a, b) encontraram taxas de erosão de 2 ton/ha⁻¹/ano⁻¹ imediatamente após um incêndio florestal, valor significativamente mais baixo do que as 50 ton/ha⁻¹/ano⁻¹ encontradas na mesma região, mas em floresta plantada com aplicação de técnicas de gestão florestal.

Em ambientes florestais queimados a escorrência pode ser reforçada pela redução da capacidade de infiltração e pelo desenvolvimento do reforço da eficácia da camada hidrofóbica (Sevink *et al.*, 1989; Imeson *et al.*, 1992; Doerr *et al.*, 1996). O impacto das diferentes intensidades do fogo na distribuição espacial da hidrofobicidade e sobre a produção da escorrência e da erosão são explicadas noutros artigos (Coelho *et al.*, 2004; Ferreira *et al.*, 2005b). Shakesby *et al.* (2000), no entanto, questiona se o risco de erosão estará tão diretamente relacionado com a repelência do solo à água.

Com as cinzas à superfície do solo, as quais representam uma parte substancial do *stock* dos nutrientes, a ocorrência de escorrência logo após o incêndio, constitui um grave risco de degradação do solo (Ferreira *et al.*, 1997). A dinâmica e o significado dos solutos na escorrência em ambientes florestais queimados é muitas vezes negligenciada, apesar da sua importância na perda de nutrientes à escala dos ecossistemas.

Essas perdas de nutrientes são cruciais para a sustentabilidade das regiões de clima mediterrâneo com influência atlântica, uma vez que, não obstante a sua vegetação, elas coincidem com as zonas montanhosas onde os solos são geralmente pouco desenvolvidos e pobres em nutrientes. A perda de nutrientes, em solução e por absorção, em sedimentos erodidos é substancialmente mais elevada em terrenos queimados devido ao aumento da escorrência, da erosão e da maior concentração de nutrientes à superfície do solo, devido à presença das cinzas, comparativamente a terrenos com plantações adultas (Thomas *et al.*, 1999, 2000a, 2000b). No entanto, estes resultados referem-se ao segundo e terceiro ano após o incêndio florestal, não abrangendo o primeiro ano, quando a perda de nutrientes é normalmente mais elevada. Algumas evidências demonstraram que a perda de nutrientes ocorre nos primeiros seis meses após o incêndio florestal (Ferreira *et al.*, 2005a).

Dadas as graves implicações do fogo no solo, é imperativo identificar medidas que permitam inverter a degradação do solo e a remoção de nutrientes pela erosão hídrica e processos que ocorrem nos primeiros seis meses após o incêndio.

Surpreendentemente, não há muitos trabalhos sobre as melhores técnicas para evitar os processos de degradação imediatamente após o incêndio. Robinchaud *et al.* (2000) fornecem uma descrição e avaliação de técnicas para atenuar a degradação pós-incêndio, embora baseado na opinião dos gestores florestais e não em dados científicos. A maioria das outras obras dão uma visão muito limitada do desempenho das diversas técnicas ou dos seus efeitos imediatamente após o fogo (por exemplo, Albaladejo Montoro *et al.*,

1999; Benito Soto *et al.*, 1999; de Luis *et al.*, 2006; Wagenbrenner *et al.*, 2005; Buhk *et al.*, 2005).

No entanto, a intervenção na recuperação da floresta após incêndios florestais tem sido implementada há muito tempo, especialmente no “mundo mediterrâneo”, onde o fogo tem sido um fator natural e fundamental para a evolução da paisagem ao longo do tempo, mesmo antes da humanidade (Naveh, 1975; Pyne, 1982; Pausas *et al.*, 2008; Mataix-Solera & Cerdà, 2009; Pausas & Keeley, 2009; Shakesby, 2011).

Nos Estados Unidos da América, atividades de intervenção pós-fogo têm sido implementadas há já algumas décadas (desde a década de 1930, de acordo com Robichaud *et al.*, 2005), com equipas especializadas multidisciplinares que avaliam a necessidade e o tipo de medidas de tratamento para cada área queimada (Robichaud, 2009), aplicando programas específicos de avaliação para a intervenção em áreas de risco (BAER = Respostas de Emergência em Áreas Queimadas; Napper, 2006). Também outros países afetados por incêndios florestais, tais como Austrália e Canadá, estão a promover amplas estratégias e planos de reabilitação pós-incêndios (Pike & Ussery, 2006; Robichaud, 2009).

Nos países europeus do Mediterrâneo os esforços das autoridades têm sido direcionados, principalmente, para as estratégias de restauração das áreas afetadas, e apenas nas últimas duas décadas os tratamentos de estabilização de emergência foram implementados, embora em menor escala. A importância deste problema nos países mediterrâneos da União Europeia alertou as autoridades para a necessidade de promoção do financiamento e desenvolvimento de projetos de investigação científica, como o EUFIRELAB, que teve como principal output um relatório sobre as ferramentas e metodologias adequadas para restaurar áreas queimadas (Vallejo, 2006).

Concomitantemente, algumas iniciativas têm sido desenvolvidas, por exemplo, em Espanha (Bautista *et al.*, 1996; Pinaya *et al.*, 2000; Carballas *et al.*, 2009; Vega, 2011), na Grécia (Raftovannis & Spanos, 2005) e também em Portugal (Bento-Gonçalves *et al.*, 2010, 2011b, 2013a, 2013c; Coelho *et al.*, 2010; Vieira *et al.*, 2012, 2014; Prats *et al.*, 2012). Neste âmbito, o nosso contributo tem sido o de implementar medidas de mitigação da erosão dos solos em áreas ardidas do NW de Portugal, com o objetivo fundamental de testar medidas relativamente simples, com custos reduzidos, para que sejam efetivamente passíveis de ser implementadas pelos proprietários florestais. A utilização de palha, caruma e restos de árvores resultantes do corte revelaram-se eficazes na proteção dos

solos. Outra solução, que estamos a desenvolver (Salgado *et al.*, 2014), consiste na possibilidade de produzir um composto a partir de um processo de reciclagem orgânica de resíduos têxteis (algodão) industriais biodegradáveis pode ser vantajoso a vários níveis: Proteção dos solos recentemente ardidos, aumentando a sua capacidade de absorção de água, permitindo o controlo da erosão superficial dos solos; Redução do efeito de “splash”; Fertilização dos solos queimados, acelerando o aparecimento do coberto vegetal; Revalorização e aproveitamento florestal da matéria orgânica para a fertilização de solos naturalmente pobres e empobrecidos pelos incêndios florestais; Reciclagem de nutrientes para o solo, desenvolvendo um processo ambientalmente seguro; Redução dos resíduos industriais orgânicos que são destinados aos aterros e consequentemente o aumento “da vida útil” dos mesmos; Redução dos custos económicos, relacionados com o tratamento de toneladas de resíduos biodegradáveis, para as empresas têxteis; Por se tratar de um processo de fermentação que ocorre na presença de oxigénio não existe formação de gás metano que é mais agressivo que o gás carbónico em termos de aquecimento global e por isso altamente nocivo para o ambiente. Assim, neste processo ocorre somente a formação de CO₂, H₂O e biomassa (húmus).

Tejada *et al.* (2003) testaram, em campos de milho, um composto semelhante, preparado com resíduos de algodão, obtendo resultados muito satisfatórios.

A generalização da aplicação destas técnicas nas últimas décadas tem mostrado, no entanto, grande variabilidade na eficácia de cada técnica. Na verdade, a avaliação da eficácia das diferentes medidas de proteção do solo tem ocupado os investigadores nos últimos anos, tentando esclarecer algumas questões não respondidas (Robichaud *et al.*, 2000; Robichaud *et al.*, 2005; Wagenbrenner *et al.*, 2006; Robichaud *et al.*, 2008; Fernández *et al.*, 2011; Fontúrbel *et al.*, 2010).

Embora a implementação de tratamentos pós-fogo de mitigação promova, sem dúvida, a proteção do solo contra a erosão e ajude a recuperação da vegetação, nalgumas áreas é preferível não aplicar qualquer tipo de tratamento em áreas ardidas (Robichaud, 2009; Bautista *et al.*, 2009). Além disso, a sua eficácia deve continuar a ser avaliada, bem como os seus impactes, a curto e longo prazo, sobre solo, água e plantas (Kruse *et al.*, 2004; Robichaud, 2009; Neary, 2009).

PERSPETIVAS DE INVESTIGAÇÃO

No seguimento da investigação que temos vindo a desenvolver, de que são exemplo os projetos “Ações Integradas” (financiado pelo CRUP e realizado entre as Universidades do Minho e de Barcelona), “Garranos” (financiado pela ex-DGFR, no âmbito do ForestFocus, entre as Universidades do Minho, Trás-os-Montes e Alto Douro e Instituto Superior de Agronomia), “Recover” (financiado pela FCT e realizado entre as Universidades do Minho, Aveiro e Escola Superior agrária de Coimbra), SoilProtec 1 (financiado pelo CEGOT); “Adaptaclima” (Financiado npela União Europeia no âmbito do InterRegSudoe), do SoilProtec 2 (financiado pelo CEGOT), “PREFER” (financiado pela União Europeia no âmbito do FP7), bem como dos trabalhos que temos vindo a orientar, quer de mestrado quer de doutoramento, pretendemos implementar iniciativas que têm como objetivo principal o aprofundamento dos conhecimentos no âmbito das problemáticas da erosão dos solos afetados por incêndios florestais, dos efeitos do fogo nas propriedades (físicas e químicas) dos solos e das medidas de mitigação da degradação dos solos (afetados por incêndios florestais), procurando também intensificar a interação com investigadores de outras universidades e centros de investigação, portugueses e estrangeiros, com os quais temos vindo a colaborar. Para este efeito, planeamos continuar a monitorização de diversas áreas de estudo no NW de Portugal (Santo Tirso e Serra do Gêres), correspondentes a áreas florestais afetadas pelo fogo (em situações de ocorrência de incêndios florestais ou de queimas experimentais com recurso a técnicas de fogo controlado), bem como a implementação de um campo experimental em Guimarães, no qual implementaremos diversas técnicas e metodologias para o estudo/monitorização dos processos erosivos em áreas sujeitas a incêndios florestais e efeitos destes no solo (suas propriedades físicas e químicas) e que servirá de base para podermos receber investigadores nacionais e internacionais que queiram colaborar com a nossa equipa.

AGRADECIMENTOS

A presente investigação foi financiada pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) através da bolsa sabática SFRH/BSAB/113587/2015, cofinanciada pelo Fundo Social Europeu e por fundos nacionais do MEC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- Ballard, T.M., 2000. Impacts of forest management on northern forest soils. *Forest Ecology and Management*, 133 (1-2), 37-42.
- Bautista, S., Bellot, J., Vallejo, V.R., 1996. Mulching treatment for post-fire soil conservation in a semiarid ecosystem. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, nº 10, 235-242.
- Bautista, S., Robichaud, P.R., Bladé, C., 2009. Post-fire mulching. In Cerdá, A., Robichaud, P. (Eds.), *Fire effects on soils and restoration strategies*. Science Publishers, Enfield, New Hampshire, pp. 353-372.
- Benavides-Solorio, J. de, MacDonald, L.H., 2005. Measurement and prediction of postfire erosion at the hillslope scale, Colorado Front Range. *International Journal of Wildland Fire*, 14, 457-474.
- Bento-Gonçalves, A., COELHO, C., 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., Vieira, A., Ferreira, A., 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*, vol. 12, nº 1.
- Bento-Gonçalves, A., Lourenço, L., 2010. The study and measurement of overland flow and soil erosion on slopes affected by forest fires in Lousã mountain – main results. In *Actas das Jornadas Internacionais – Investigación y gestión para la protección del suelo y restauración de los ecosistemas forestales afectados por incêndios forestales*, Santiago de Compostela.
- Bento-Gonçalves, A. J., Vieira, António; Ferreira-Leite, F., 2010. Mitigation of erosion after forest fires: a geomorphological approach based in GIS modeling. In *Actas das Jornadas Internacionais – Investigación y gestión para la protección del suelo y restauración de los ecosistemas forestales afectados por incêndios forestales*, Santiago de Compostela.
- Bento-Gonçalves, A., Vieira, A., Ferreira-Leite, F., Martins, J., Silva, D., Soares, V., 2011a. Adaptaclima: Adaptação aos efeitos derivados das alterações climáticas. *As Mudanças Climáticas e os Incêndios Florestais no Ave*. Guimarães: AMAVE, Interreg Sudoeste IV B, 103 P.
- Bento-Gonçalves, António J, Vieira, António, Lourenço, L., Salgado, J., Mendes, L., Castro, A., Ferreira-Leite, F., 2011b. The importance of pine needles in reducing soil erosion following a low/medium intensity wildfire in Junceda (Portugal) - an experimental design. In *Fire Effects on Soil Properties*. Proceedings of the 3rd International Meeting of Fire Effects on Soil Properties, Guimarães.
- Bento-Gonçalves, A., Vieira, António, Úbeda, X., Martín, D., 2012. Fire and soils: Key concepts and recent advances. *Geoderma*, Elsevier, Vol. 191, 3-13.
- Bento-Gonçalves, A., Vieira, A., Ferreira-Leite, F., 2013a. Erosão dos solos após incêndios florestais: aplicação de medidas de mitigação aplicadas em vertentes e em canais, no NW de Portugal. In A. Bento-Gonçalves & A. Vieira (Eds), *Grandes incêndios*

- florestais, erosão, degradação e medidas de recuperação dos solos. NIGP, Universidade do Minho, Guimarães, 298 p.
- Bento-Gonçalves, A., Vieira, António, Ferreira-Leite, F., Malta, P. A., Vinha, L. 2013b. Climate Change and Forest Fires in the Ave Region (NW of Portugal). In Lazaro Manzanares (ed.), *Woodlands: Structure, Species Diversity and Sustainable Management*, Nova Science Publishers, Hauppauge New York, 75-98.
- Bento-Gonçalves, António; Vieira, António; Salgado, José; Castro, Américo; Araújo, Bruno; Lourenço, Luciano; Nunes, Adélia N. 2013c. Medidas de emergência para proteção do solo após incêndios florestais. Resultados preliminares de algumas experiências na serra do Gerês. *Cadernos de Geografia*, 32: 145 - 155.
- Botelho H, Vega J, Fernandes P, Rego F., 1994. Prescribed fire behaviour and fine fuel consumption in Northern Portugal and Galiza maritime pine stands. In 'Proceedings 2nd International Conference on Forest Fire Research', pp. 343-353. 21-24 Nov. 1994, Coimbra.
- Bowman, D.M.J.S., Balch, J.K., Artaxo, P., Bond, W.J., Carlson, J.M., Cochrane, M.A., D'Antonio, C.M., DeFries, R.S., Doyle, J.C., Harrison, S.P., Johnston, F.H., Keeley, J.E., Krawchuk, M.A., Kull, C.A., Marston, J.B., Moritz, M.A., Prentice, I.C., Roos, C.I., Scott, A.C., Swetnam, T.W., vanderWerf, G.R., Pyne, S.J., 2009. Fire in the Earth system. *Science* 324, 481–484.
- Buhk, C. & Hensen, I., 2005. Lack of hard-seeded species in pre-fire and post-fire seed banks in the region of Murcia (south-eastern Spain). *Anales de Biología* 27: 29-37.
- Burch, G. J., Moore, I. D., Burns, J., 1989. Soil hydrophobic effects on infiltration and catchment runoff. *Hydrological Processes*, nº 3, p. 211-222.
- Carballas, T., Martín, A., González-Prieto, S.J., Díaz-Raviña, M. 2009. Restauración de ecosistemas quemados de Galicia (N.O. España): Aplicación de residuos orgánicos e impacto de los retardantes de llama. In Gallardo, J.F. (ed.), *Emisiones de gases con efecto invernadero en ecosistemas iberoamericanos*. Red Iberoamericana de Física y Química Ambiental, Salamanca, 2009, p. 49-72.
- Cerdà, A., Lasanta, T., 2005. Long-term erosional responses after fire in the Central Spanish Pyrenees – 1. Water and sediment yield. *Catena*, nº 60, p. 59-80.
- Cerdà, A., Doerr, S.H., 2005. The influence of vegetation recovery on soil hydrology and erodibility following fire: an eleven-year research. *International Journal of Wildland Fire*, 14(4) 423–437.
- Certini, G., 2005. Effects of fire on properties of forest soils: a review. *Oecologia* 143, 1-10.
- Coelho, C.O.A., Shakesby, R.A., Walsh, R.P.D., 1995a. Effects of forest fires and postfire 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 del Tánago, 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.
- Coelho, C., Prats, S., Pinheiro, A., Carvalho, T., Boulet, A.-K., Ferreira, A. Técnicas para a Minimização da Erosão e Escorrência Pós-Fogo (Projecto 2004 09 002629 7 - Recuperação de Áreas Ardidas), Universidade de Aveiro e Cesam, 2010, 49 pp.
- Chuvieco, E., Giglio, L., Justice, C., 2008. Global characterization of fire activity: toward

- defining fire regimes from Earth observation data. *Global Change Biology* 14 (7), 1488-1502.
- Cosandey, C., Andrèassian, V., Martin, C., Didon-Lescot, J.F., Lavabre, J., Folton, N., Mathys, N., Richard, D., 2005. The hydrological impact of the mediterranean forest: a review of French research. *Journal of Hydrology*, 301, 235-249.
- Davis, K.P., (Ed.), 1959. *Forest Fire: Control and Use*, McGraw-Hill, New York.
- Davis, K.P., 1959. Fire Effects. In Davis, K.P. (Ed.), *Forest Fire: Control and Use*. McGraw-Hill, New York, pp. 31-60.
- DeBano, L.F., 2000. The role of fire and soil heating on water repellency in wildland environments: a review. *Journal of Hydrology* 231-232, 195-206.
- DeBano, L.F., Mann, L.D., Hamilton, A., 1970. Translocation of hydrophobic substances into soil by burning organic litter. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 34, 130-133. DeBano, L.F., Neary, D.G., Ffolliott, P.F., 1998. *Fire's Effects on Ecosystems*. John Wiley & Sons, New York.
- de Luís, M., Raventós, J., Gonzalez-Hidalgo, J. C., 2006. Post-fire vegetation succession in Mediterranean gorse shrublands. *Acta Oecologica* 30, 54–61.
- De Ronde, C., 1990. Impact of prescribed fire on soil properties - comparison with wildfire effects. In: Goldammer, J.G., Jenkins, M.J., (Eds.), *Fire in Ecosystem Dynamics, Proceedings of the Third International Symposium on Fire Ecology*. Freiburg, FRG, pp. 127-136.
- Doerr, S.H., Shakesby, R.A., Walsh, R.P.D., 1996. Soil hydrophobicity variations with depth and particle size fraction in burned and unburnt *Eucalyptus globulus* and *Pinus pinaster* forest terrain in the Águeda basin, Portugal. *Catena*, 27, 25-47.
- Doerr, S.H., Shakesby, R.A., Walsh, R.P.D., 2000. Soil water repellency: its causes, characteristics and hydro-geomorphological significance. *Earth-Science Reviews* 51, 33-35.
- Emmerich, W.E., Cox, J.R. 1992. Hydrologic characteristics immediately after seasonal burning on introduced and native grasslands *Journal of Range Management*, 45, 476-479
- Fernández, C., Vega, J.A., Jiménez, E., Fontúrbel, M.T. 2011. Effectiveness of three post-fire treatments at reducing soil erosion in Galicia (NW Spain). *International Journal of Wildland Fire* 20, p. 104-114.
- Ferreira, A.J.D. 1997. Soil erosion in a burned plot: Evaluation based on single event record. In 'Forest fire risk and Management Proceedings of the European school of climatology and natural hazards course', EU-Comission, 373-380.
- Ferreira, A.J.D., Coelho, C.O.A., Shakesby, R.A., Walsh, R.P.D. 1997. Sediment and solute yield in forest ecosystems affected by forest fire and rip-ploughing techniques, central Portugal: a plot and catchment analysis approach. *Physics and Chemistry of the Earth*, 22, 309-314.
- Ferreira A.J.D., Coelho C.O.A., Boulet A.K., Lopes, F.P., 2005a. Temporal patterns of solute loss following wildfires in Central Portugal. *International Journal of Wildland Fire*, 14, 401-412.
- Ferreira, A.J.D., Coelho, C.O.A., Boulet, A.K., Leighton-Boyce, G., Keizer, J.J., Ritsema, C.J. 2005b. Influence of burning intensity on water repellence and hydrological processes at forest sites in Portugal. *Australian Journal of Soil Research* 43, 327-336.
- Ferreira-Leite, F., 2010. Caracterização dendrocaustológica do Noroeste Português – o caso dos grandes incêndios florestais. Tese de Mestrado, Universidade do Minho, Guimarães.
- 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*, nº 111, p. 215-221.

- Ferreira-Leite, F., Bento-Gonçalves, A. J., Lourenço, L., Úbeda, X., Vieira, A., 2013. Grandes Incêndios Florestais em Portugal Continental como Resultado das Perturbações nos Regimes de Fogo no Mundo Mediterrâneo. *Silva Lusitana*, vol. 12, nº Especial, p. 127-142.
- Fontúrbel, T., Díaz-Raviña, M., Vega, J.A., González-Prieto, S.J., Fernández, C., Martín, A., Jiménez, E., Carballas, T. 2010. Application of different post-fire treatments in ecosystems from N.W. Spain: effectiveness on soil erosion control and impact on soil-plant system. In Díaz Raviña, M., Benito, E., Carballas, T., Fontúrbel, M. T., Vega, J. A. (Eds.), *Proceedings of the International Workshop Research and post-fire management: soil protection and rehabilitation techniques for burnt forest ecosystems*. Santiago de Compostela, p. 167-170.
- Gimeno-García, E., Andreu, V., Rubio, J.L. 2004. Spatial patterns of soil temperatures during experimental fires. *Geoderma*, 118, 17-38.
- Giovannini, G. 1987. Effect of fire and associate heating wave on the physicochemical parameters related to the soil potential erodibility. *Ecologia Mediterranea*, 13, 111-117.
- Giovannini, G. 1994. The effect of fire on soil quality. In: M. Sala & J.L. Rubio (Ed.), *Soil erosion and degradation as a consequence of forest fires*. Geoforma Ediciones, Logroño, Spain, 15-27.
- Giovannini, G., Lucchesi, S. 1984. DTA and IR investigation on soil hydrophobic substances. *Soil Sci.*, 137, 457-463.
- Giovannini, G., Lucchesi, S., Giachetti, M. 1988. Effect of heating on some physical and chemical parameters related to soil aggregation and erodibility. *Soil Science*, 146, 255-261.
- González-Pérez, J. A., González-Vila, F.J., Almendros, G., Knicker, H., 2004. The effect of fire on soil organic matter- a review. *Environment international* 30 (6), 855-70.
- 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.
- Inbar, M., Tamir, M., Wittenberg, L., 1998. Runoff and erosion processes after a forest fire in Mount Carmel, a Mediterranean. *Geomorphology*, 24, 17-33
- Jungerius, P.D., DeJong, J.H. 1989. Variability of water repellency in the dunes along the Dutch coast. *Catena*, 16, 491-497.
- Kruse, R., Bend, E., Bierzychudek, P. 2004. Native plant regeneration and introduction of non-natives following post-fire rehabilitation with straw mulch and barley seeding. *Forest Ecology and Management* 196, 299-310.
- Kutiel, P., Inbar, M. 1993. Fire impacts on soil nutrients and soil erosion in a Mediterranean pine forest plantation. *Catena*, 20, 129-139
- Lavabre, J., Torres, D.S., Cernesson, F. 1993. Changes in the hydrological response of a small Mediterranean basin a year after a wildfire. *Journal of Hydrology*, 142, 273-299.
- Lavorel, S., Flannigan, M.D., Lambin, E.F., Scholes, M.C., 2007. Vulnerability of land systems to fire: Interactions among humans, climate, the atmosphere, and ecosystems. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 12 (1), 33-55.
- Lourenço, L. 1989. Erosion of agro-forester soil in mountains affected by fire in Central Portugal. *Pirineos - A journal on mountain ecology*, Jaca, nº 133, p. 55-76.
- Lourenço, L., 1996. Coimbra e os Riscos Naturais. Passado e Presente, In *Cadernos de Geografia (Número Especial) e Actas do I Colóquio de Geografia de Coimbra*. Lourenço, L., Bento-Gonçalves, A., Monteiro, R., 1990. Avaliação da erosão dos solos produzida na sequência de incêndios florestais. In *Actas do II Congresso Florestal Nacional*, Porto.

- Lourenço, L. & 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. In Proceedings, International Conference on Forest Fire Research, Coimbra, p. C.05–1 a 13.
- Lourenço, L., Bento-Gonçalves, A., Monteiro, R. 1991. Avaliação da erosão dos solos produzida na sequência de incêndios florestais. In Comunicações, II Congresso Florestal Nacional, Porto, vol. II, p. 834-844;
- Lourenço, L., Bento-Gonçalves, A., Vieira, A., Nunes, A., Ferreira-Leite, F., 2012. Forest Fires in Portugal. In Bento Gonçalves & Antonio Vieira (Eds.), Portugal: Economic, Political and Social Issues, Hauppauge New York: Nova: Nova Science Publishers, p. 97-111.
- Lourenço, L., Monteiro, R., 1989. Instalação de parcelas experimentais para avaliação da erosão produzida na sequência de incêndios florestais. Grupo de Mecânica dos Flúidos, Coimbra.
- Mataix-Solera, J., Cerdà, A. 2009. Incendios forestales en España. Ecosistemas terrestres y suelos. In Cerdà, A., Mataix-Solera, J. (Eds.), Efectos de los incendios forestales sobre los suelos en España. El estado de la cuestión visto por los científicos españoles. FUEGORED, Cátedra Divulgación de la Ciencia, Universitat de Valencia, Spain, pp. 27-53.
- Mataix-Solera, J., Cerdà, A., Arcenegui, V., Jordán, A., Zavala, L.M., 2011. Fire effects on soil aggregation: A review. *Earth-Science Reviews* 109, 40-60.
- Napper, C. 2006. Burned Area Emergency Response treatments catalog. USDA Forest Service.
- Naveh, Z. 1975. The evolutionary sequence of fire in the Mediterranean region. *Vegetatio*, nº 29, p. 199–208.
- Neary, D. G., 2009. Post-wildland fire desertification: Can rehabilitation treatments make a difference? *Fire Ecology*, 2009, nº 5, vol. 1, p. 129-144.
- Neary, D.G., Klopatek, C.C., DeBano, F.F., Ffolliott, P.F., 1999. Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis. *Forest Ecology and Management* 122, 51-71.
- Pausas, J. G., Llovet, J., Rodrigo, A., Vallejo, V. R. 2008. Are wildfires a disaster in the Mediterranean basin? A review. *International Journal of Wildland Fire*, nº 17, p. 713-723.
- Pausas, J.G., Keeley, J.E., 2009. A burning story: The role of fire in the history of life. *BioScience* 59, 593–601.
- Pereira, J. S., Pereira, J. M. C., Rego, F. C., Silva, J., Silva, T. 2006. Incêndios Florestais em Portugal: Caracterização, Impactes e Prevenção. ISAPress, Lisboa.
- Pierson, F.B., Carlson, D.H., Spaeth, K.E. 2002. Impacts of wildfire on soil hydrological properties of steep sagebrush-steppe rangeland. *International Journal of Wildland Fire*, 11, 145-151.
- Pinaya, I., Soto, B., Arias, M., Díaz-Fierros, F. 2000. Revegetation of burnt areas: Relative effectiveness of native and commercial seed mixtures. *Land Degradation and Development*, nº 11, p. 93-98.
- Pike, R. G., Ussery, J. G. 2006. Key points to consider when pre-planning for postwildfire rehabilitation. FORREX Forest Res. Extension Partnership, FORREX Series 19, Kamloops, Canada.
- Prats, S.A., MacDonald, L.H., Monteiro, M., Ferreira, A.J.D., Coelho, C.O.A., Keizer J.J. 2012. Effectiveness of forest residue mulching in reducing post-fire runoff and erosion in a pine and a eucalypt plantation in north-central Portugal. *Geoderma*. 191, 115-125.
- Pyne, S. J. 1982. *Fire in America: a cultural history of wildland and rural fire*. University of Washington Press, Seattle, Washington.

- Raftoyannis, Y., Spanos, I. 2005. Evaluation of log and branch barriers as post-fire rehabilitation treatments in a Mediterranean pine forest in Greece. *Int. Journal of Wildland Fire*, nº 14, p. 183-188.
- Raison, R.J., 1979. Modification of the soil environment by vegetation fires, with particular reference to nitrogen transformations: a review. *Plant and Soil* 51, 73-108.
- 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.
- Robichaud, P. 2009. Post-fire stabilization and rehabilitation. In CERDÁ, A., ROBICHAUD, P. (Eds.), *Fire effects on soils and restoration strategies*. Science Publishers, Enfield, New Hampshire, p. 299-320.
- Robichaud, P. R., Beyers, J. L., Neary, D. G. 2005. Evaluating the effectiveness of postfire rehabilitation treatments. *Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-63*. Fort Collins: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.
- Robichaud, P. R., Beyers, J. L., Neary, D. G. 2005. Watershed Rehabilitation. In *Wildland fire in ecosystems. Effects of fire on soil and water*. USDA Forest Serv., Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR, p. 42-44.
- Robichaud, P.R., Wagenbrenner, J.W., Brown, R.E., Wohlgemuth, P.M., Beyers, J.L., 2008. Evaluating the effectiveness of contour-felled log erosion barriers as a post-fire runoff and erosion mitigation treatment in the western United States. *International Journal of Wildland Fire* 17, 255–273.
- Salgado, J., Vieira, A., Bento-Gonçalves, A. 2014. Aplicação de composto resultante da compostagem de resíduos biodegradáveis em solos recentemente ardidos para mitigação da erosão. In *Atas do VIII Simpósio Latino-Americano de Geografia Física e IV Simpósio Ibero-Americano de Geografia Física, "Riesgos, vulnerabilidades y resiliencia socioambiental para enfrentar los cambios globales"*. Santiago (Chile). p. 899 – 907.
- Scott, D., 1993. The hydrological effects of fire in South African mountain catchments. *Journal of Hydrology*, nº 150, p. 409-432.
- Scott, D., Schulze, R., 1992. The hydrological effects of a wildfire in a eucalypt afforested catchment. *S.A. Forestry Journal*, nº 160, p. 67-74.
- Sevink, J., Imeson, A.C., Verstraten, J.M. 1989. Humus form development and hillslope runoff, and the effects of fire and management, under Mediterranean forest in NE Spain. *Catena*, 16, 461-475.
- Shakesby, R.A., 2011. Post-wildfire soil erosion in the Mediterranean: Review and future research directions. *Earth-Science Reviews* 105, 71–100.
- Shakesby, R.A., Coelho, C.O.A., Ferreira, A.J.D., Terry, J.P., Walsh, R.P.D., 1993a. Wildfire impacts on soil erosion and hydrology in wet Mediterranean forest, Portugal. *International Journal of Wildland Fire*, 3, 95-110.
- Shakesby, R.; Boakes, D., Coelho, C.; Bento-Gonçalves, A. e Walsh, R. 1993b. Limiting the erosional effect of forest fires: background to the IBERLIM research programme in Águeda and Tejo basins, Portugal. *Swansea Geographer*, nº 30; Swansea, p. 132 - 154.
- Shakesby, R.; Boakes, D., Coelho, C.; Bento-Gonçalves, A. e Walsh, R. 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.A., Doerr, S.H., Walsh, R.P.D. 2000. Problems and prospects in determining the hydrological and erosional significance of soil hydrophobicity. *Journal of Hydrology*, 231-232, 178-191.
- Shakesby, R.A., Doerr, S.H., 2006. Wildfire as a hydrological and geomorphological agent. *Earth Science Reviews* 74, 269–307.

- Soto, D., Diaz-Fierros, F. 1998. Runoff and soil erosion from areas of burnt scrub: comparison of experimental results with those predicted by the WEPP model. *Catena*, 31, 257-270.
- Tavsanoglu, Ç., Úbeda, X., 2011. Fire and soils: Methodological issues and implications to management. *Environmental Research* 111, 191-192.
- Tejada, M., Gonzalez J.L. 2003. Effects of the application of a compost originating from crushed cotton gin residues on wheat yield under dryland conditions. *European Journal Agronomy* 19, 357-368.
- Thomas, A.D., Walsh, R.P.D., Shakesby, R.A. 1999. Nutrient losses in eroded sediment after fire in eucalyptus and pine forests in the wet Mediterranean environment of northern Portugal. *Catena*, 36, 283-302.
- Thomas, A.D., Walsh, R.P.D., Shakesby, R.A. 2000a. Post-fire forestry management and nutrient losses in eucalyptus and pine plantations, northern Portugal. *Land Degradation & Development*, 11, 257-271.
- Thomas, A.D., Walsh, R.P.D., Shakesby, R.A. 2000b. Solutes in overland flow following fire in eucalyptus and pine forests, northern Portugal. *Hydrological Processes*, 14, 971-985.
- Úbeda, X., Sala, M., 1998. Variations in runoff and erosion in three areas with different fire intensities. *Geo-ökö-Dynamik* XIX (3-4), 179-188.
- Úbeda, X., Outeiro, L., 2009, Physical and chemical effects of fire on soil, in: Cerdá, A., Robichaud, P. (Eds.), *Fire effects on soils and restoration strategies*. Science Publishers, Enfield, New Hampshire, pp. 105-132.
- Vallejo, R. (ed.). 2006. Ferramentas e metodologias para o restauro de áreas ardidas. EUFIRELAB, EVR1-CT-2020-40028, Report D-04-08.
- Vega, J.; Serrada, R.; Hernando, C.; Rincón, A.; Ocaña, L.; Madrigal, J.; Fontúrbel, M.; Pueyo, J.; Aguilar, V.; Guijarro, M.; Carrillo, A.; Fernández, C. E Marino, E. 2010. Actuaciones técnicas post-incendio y severidade del fuego: Proyecto Rodenal. In *Actas das Jornadas Internacionais – Investigación y gestión para la protección del suelo y restauración de los ecosistemas forestales afectados por incendios forestales*, Santiago de Compostela, 2010, p. 305-308.
- Vega, J. A. 2011. Criteria to develop protocols for post-wildfire soil rehabilitation: current experience in Galicia (NW Spain). In Bento-Gonçalves, A., Vieira, A. (Eds.), *Proceedings of the 3rd International Meeting of Fire Effects on Soil Properties*. University of Minho, Guimarães, Portugal, p. 99-103.
- Vieira, António; Bento-Gonçalves, António J; Lourenço, Luciano; Nunes, Adélia; Castro, Américo; Salgado, José. 2012. Medidas de mitigação da erosão pós-incêndios aplicadas em canais (NW de Portugal). In *Respuestas de la Geografía Ibérica a la crisis actual*, 1194 - 1204. ISBN: 978-84-940469-7-1. Santiago de Compostela: Universidade de Santiago de Compostela .
- Vieira, A., Bento-Gonçalves, A., Lourenço, L., Nunes, A., Meira-Castro, A., FerreiraLeite, F., 2014. Soil erosion after forest fires: evaluation of mitigation measures applied to drainage channels in the northwest of Portugal. *Flamma* 5: 3. 127-129.
- Viro, P J., 1974, Effects of forest fire on soil, in: Kozłowski, T.T., Ahlgren, C.E. (Eds.), *Fire and Ecosystems*. Academic Press, New York, pp. 7-45.
- Wagenbrenner, J. W., Macdonald, L. H., Rough, D. 2006. Effectiveness of three postfire rehabilitation treatments in the Colorado Front Range. *Hydrological Processes*, nº 20, p. 2989-3006.
- Walsh, R.P.D., Boakes, D.J., Coelho, C.O.A., Bento Gonçalves, A.J., Shakesby, R.A., Thomas, A.D., 1994. Impact of fire-induced hydrophobicity and post-fire forest litter on overland flow in northern and central Portugal. *Proceedings of the Second International*

Conference on Forest Fire Research, Coimbra, 21-24 November 1994, Volume II, 11491159.

Walsh, R.; Coelho, C.; Elmes, A.; Ferreira, A.; Bento-Gonçalves, A.; Shakesby, R.; Ternan, J. E Williams, A. 1998. Rainfall simulation plot experiments as a tool in overland flow and soil erosion assessment, North-Central Portugal. *Geokodynamik*, vol. XIX, 3-4, Bensheim, p. 139-152.

Wells, C.G., Campbell, R.E., DeBano, L.F., Lewis, C.E., Fredriksen, R.L., Franklin, E.C., Froelich, R.C., Dunn, P.H., 1979. Effects of Fire on Soil: A State-Of-Knowledge Review, National Fire Effects Workshop, Denver, Colorado, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, General Technical Report WO-7.