

VULNERABILIDADE AOS INCÊNDIOS FLORESTAIS:
REFLEXÕES EM TORNO DE ASPECTOS CONCEPTUAIS E METODOLÓGICOS*

Fantina Tedim

Faculdade de Letras da Universidade do Porto
ftedim@letras.up.pt

Salette Carvalho

Faculdade de Letras da Universidade do Porto
carvalho.salette@gmail.com

RESUMO

O paradigma físico tem sido dominante na gestão dos incêndios florestais, mas estes são um processo complexo resultante da interação entre as componentes ecológica e humana. Este artigo propõe uma reflexão sobre a polissemia com que os termos risco, perigo e vulnerabilidade têm sido utilizados na investigação sobre incêndios florestais e apresenta um modelo de avaliação da vulnerabilidade. É realçada a importância deste conceito para uma gestão mais eficaz do risco de incêndio florestal assim como são apresentados alguns desafios para a sua operacionalização.

Palavras-chave: Gestão do risco, perigo, perigosidade, severidade, resiliência.

RESUMEN

Evaluación de la vulnerabilidad ante los incendios forestales: reflexiones de aspectos conceptuales y metodológicos - El paradigma físico ha sido dominante en la gestión de los incendios forestales, pero este es un proceso complejo que resulta de la interacción entre los componentes ecológicos y humanos. Este artículo propone una reflexión sobre la polissemia con que los términos riesgo, peligro y vulnerabilidad han sido utilizados en la investigación sobre los incendios forestales y presenta un modelo para la evaluación de la vulnerabilidad. Pone en evidencia la importancia de este concepto para una gestión más eficaz del riesgo de incendios forestales, así como presenta algunos retos para agilizar la puesta en funcionamiento de este concepto.

Palabras clave: Manejo del riesgo, peligro, peligrosidad, severidad, resiliencia.

RÉSUMÉ

La vulnérabilité aux feux de forêt: réflexions sur questions théoriques et méthodologiques - Le paradigme physique a été dominant dans la gestion des feux de forêt, mais il s'agit d'un processus complexe résultant de l'interaction entre les composantes écologiques et humaines. Cet article propose une réflexion sur la polysémie des termes risques, aléas et vulnérabilité dans la recherche sur feux de forêt et présente un modèle d'évaluation de la vulnérabilité. Ce travail souligne l'importance de ce concept pour une gestion plus efficace du risque d'incendie de forêt ainsi que présente des défis pour rationaliser son fonctionnement.

Mots-clé: Gestion du risque, danger, aléa, sévérité, résilience.

ABSTRACT

The forest fires vulnerability: considerations on conceptual and methodological issues - The physical paradigm has been dominant in the management of forest fires, but this is a complex process resulting from the interaction between ecological and human components. This paper proposes a reflection on the polysemy with which the terms risk, hazard and vulnerability have been used in research on forest fires and presents a model for assessing vulnerability. It highlights the importance of this concept for more efficient management of forest fire risk as well as presents some challenges to streamline its operation.

Keywords: Risk management, danger, hazard, severity, resilience.

* O texto deste artigo corresponde à comunicação apresentada ao VII Encontro Nacional de Riscos e I Fórum ISCIA, tendo sido submetido para revisão em 27-11-2012, e aceite para publicação em 05-02-2013.

Este artigo é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 20, 2013, © Riscos, ISBN: 0872- 8941.

Introdução

O paradigma físico tem sido dominante na investigação e na orientação da política de gestão dos incêndios florestais, mas estes são um processo complexo resultante da interação entre as componentes ecológica e humana. O fogo é mais do que um processo ecológico ou um problema ambiental; é uma relação (PYNE, 2007). Compreender esta relação, as suas variantes e como ela se transforma, é fundamental para uma abordagem integrada e sustentável da gestão do risco de incêndio florestal. Este é, frequentemente, considerado como um risco de origem meteorológica (WISNER *et al.*, 2012), todavia tem algumas especificidades que lhe atribuem características particulares.

Ao contrário dos outros riscos naturais que resultam de um processo físico que não é possível controlar, a maior parte dos incêndios florestais têm origem antrópica e só posteriormente o comportamento do fogo e o seu carácter destrutivo são influenciados por fatores e processos naturais (SAPOUNTZAKI, *et al.*, 2009). Na sua forma mais simples pode dizer-se que o risco é uma função do perigo (é a tradução para o termo *hazard* sugerida por JULIÃO *et al.*, 2009; MARANDOLA e HOGAN, 2004; RAMOS *et al.*, 2010) e da vulnerabilidade. Embora os termos risco e perigo tenham assumido muitas vezes o mesmo significado, no presente é amplamente aceite que o perigo é uma componente do risco e não é o risco em si mesmo (KERNS e AGER, 2007; MILLER e AGER, 2012; WISNER *et al.*, 2012). Embora o homem possa influenciar a sua ignição e propagação (p.ex., alterações no uso do solo, gestão do combustível, atividades de supressão), o fogo é um fenómeno físico e químico que é central no perigo de incêndio florestal. Já a vulnerabilidade é socialmente construída, reflexo da vida diária das pessoas” (ERIKSEN e GILL, 2010). É influenciada por uma variedade de fatores históricos, sociais, económicos, políticos e culturais com distintas escalas temporais e espaciais que essas pessoas, muitas vezes, não podem controlar mas que condicionam a sua capacidade para mitigar o risco e responder à ocorrência de um incêndio (WHITTAKER *et al.*, 2012). A vulnerabilidade permite, nomeadamente, compreender os fatores (p.ex., estruturais, sociais, económicos, institucionais, culturais, ecológicos) que influenciam os impactes dos incêndios florestais e pode também ser utilizada como “grelha de análise” das suas causas (WHITTAKER *et al.*, 2012).

O objetivo deste artigo não é fazer uma revisão bibliográfica exaustiva mas clarificar terminologia e identificar desafios, oportunidades e mais-valias da avaliação da vulnerabilidade para uma gestão mais eficaz do risco de incêndio florestal. Primeiramente, este trabalho reflete sobre a polissemia com que os termos risco e perigo têm sido utilizados. Seguidamente, propõe uma reflexão em torno da conceptualização da

vulnerabilidade e apresenta um modelo para a avaliação e gestão da vulnerabilidade aos incêndios florestais.

Este artigo reforça a importância da vulnerabilidade enquanto conceito multidimensional, dinâmico e preditivo (CANNON *et al.*, 2003), para orientar a definição de medidas de redução do risco de incêndio florestal sustentáveis, proporcionando: (1) suporte para a avaliação da dupla face do fogo (enquanto risco e enquanto benefício); (2) conhecimento sobre a eficácia das diferentes medidas de gestão, (3) redução de algumas causas dos incêndios florestais; (4) interatividade e sinergias com várias políticas setoriais (p.ex., as políticas de desenvolvimento rural e de ordenamento florestal); (5) e uma maior eficácia na aplicação do investimento público realizado na gestão dos incêndios florestais.

Nenhuma abordagem pode ser considerada a panaceia, mas a redução da vulnerabilidade é uma das etapas para criar sociedades resilientes aos incêndios florestais.

O conceito de risco de incêndio florestal

O termo risco surge na literatura sobre incêndios florestais com diferentes definições. Para alguns autores refere-se à probabilidade de ignição de um fogo, determinada pela presença e atividade de um fator desencadeador (FAO, 2011; HARDY, 2005; NWCG, 2012; ROLOFF *et al.*, 2005) e da sua propagação (KEANE *et al.*, 2010; VÉLEZ, 1985). O termo risco é, também, utilizado para designar, para além da probabilidade de ignição e de propagação de um fogo, as suas potenciais consequências sobre os elementos expostos (BACHMANN e ALLGÖWER 2001; CHUVIECO *et al.*, 2010; JULIÃO *et al.*, 2009; MACEDO e SARDINHA, 1987; VERDE, 2008; VERDE e ZÉZERE, 2010).

Para outros autores (FINNEY, 2005; HAIGHT *et al.*, 2004; JAPPIOT *et al.*, 2009; LAMPIN-MAILLET *et al.*, 2010; MILLER e AGER, 2012; THOMPSON e CALKIN, 2011) a ênfase na definição de risco não é colocada na probabilidade de ocorrência de um incêndio florestal, mas sim no potencial para a realização de consequências adversas que a sociedade não deseja (SOCIETY FOR RISK ANALYSIS, 2008). Esta abordagem permite identificar a probabilidade de ocorrência de efeitos negativos (o risco) mas também de efeitos positivos do fogo (os benefícios) (BACHMANN e ALLGÖWER, 2001; FINNEY, 2005; MILLER e LANDRES, 2004, THOMPSON *et al.*, 2012).

Na perspetiva do esquema conceptual proposto pela “U.S. Environmental Protection Agency” alguns trabalhos identificam três componentes na avaliação do risco de incêndio florestal: a probabilidade (de ignição e de propagação), intensidade e efeitos (AGER *et al.*, 2010; CALKIN *et al.*, 2010; FINNEY, 2005; MILLER e AGER, 2012; THOMPSON *et al.*, 2012). O risco é potencial, não tem existência real, o que levou alguns autores a defini-lo como a exposição à possibilidade de perda (KERNS e AGER, 2007).

O termo risco é frequentemente operacionalizado como uma relação matemática entre a probabilidade (ocorrência e comportamento do fogo) e a consequência (os efeitos do fogo) (BACHMANN e ALLGÖWER, 2001). Outros trabalhos identificam estas mesmas componentes mas utilizam terminologia diferente: (i) a probabilidade de deflagração de um incêndio, que surge designada na literatura em língua inglesa quer como *fire hazard* (BACHMANN e ALLGÖWER, 2001; BLANCHI *et al.*, 2002; LAMPIN-MAILLET *et al.*, 2010; MANTZAVELAS *et al.*, 2008) quer como *fire danger* (CHUVIECO, *et al.* 2010; MARZANO *et al.*, 2006); (ii) e as consequências resultantes de um incêndio, que alguns autores denominam de vulnerabilidade (BLANCHI *et al.*, 2002; BOVIO *et al.*, 2006; CHUVIECO *et al.*, 2010; LAMPIN-MAILLET *et al.*, 2010). Neste caso, o risco também se assume como o produto da vulnerabilidade pelo perigo. Outros autores designam as consequências de danos potenciais que surgem como o produto entre a vulnerabilidade e o valor económico dos elementos expostos (VERDE, 2008; VERDE e ZÉZERE, 2010) ou mesmo como o produto da vulnerabilidade, intensidade do fogo e o valor dos elementos (JAPPIOT *et al.*, 2009).

Neste trabalho considera-se que o risco não é a probabilidade de o incêndio ocorrer mas sim de se produzirem danos. A probabilidade do incêndio ocorrer faz parte da caracterização do processo físico. Os danos e perdas estão associados aos elementos ecológicos e humanos que as sociedades valorizam. Propõe-se como definição de risco de incêndio florestal a potencial ocorrência de danos e perdas físicas (p.ex., destruição de uma casa), sociais (p.ex., mortes), económicas (p.ex., destruição de produção de madeira, colapso de estrutura) e ambientais (p.ex., danos num ecossistema, efeitos na qualidade do ar) numa determinada área e num determinado período de tempo, resultante da vulnerabilidade dos sistemas socio-ecológicos a um incêndio florestal. Esta definição atribui uma posição central aos potenciais impactos e ao papel da vulnerabilidade na explicação dos mesmos, assim como identifica as duas componentes do risco: o processo físico (o incêndio florestal) e o processo social (vulnerabilidade do sistema socio-ecológico).

Reflexões em torno do conceito de perigo no âmbito dos incêndios florestais

Atualmente, no âmbito dos riscos naturais, o termo perigo (*hazard*) surge definido como um fenómeno com potencial para causar danos (IPCC, 2012; UNISDR, 2009; WISNER *et al.*, 2012). Embora o termo perigo também seja assim definido nalguma literatura específica sobre incêndios florestais (AFAC, 2012; BACHMANN e ALLGOWER, 2001; KERNS e AGER, 2007; MARZANO *et al.*, 2006; NWCG, 2012; O'LAUGHLIN, 2005; SAMPSON e SAMPSON, 2005) assume, igualmente outras conceptualizações: (i) CHUVIECO *et al.* (2010) consideram

como perigo a probabilidade de um fogo deflagrar e de se propagar, enquanto VERDE e ZÉZERE (2010) referem que a probabilidade de ocorrência de um fogo está associada à suscetibilidade do território; (ii) Para BLANCHI *et al.* (2002) e LAMPIN-MAILLET *et al.* (2010) o perigo de incêndio é o resultado da probabilidade da ocorrência do fogo e da sua potencial intensidade; (iii) Para HARDY (2005) o termo perigo apenas deverá ser utilizado para exprimir o potencial comportamento do fogo num determinado tipo de combustível, independentemente da influência que as condições meteorológicas têm sobre a humidade da vegetação; (iv) Nalguns trabalhos o perigo surge como a intensidade com que uma área pode arder (CALKIN *et al.*, 2010), assim como os efeitos do fogo (FINNEY, 2005; MILLER e AGER, 2012).

Todas as diferentes definições apresentadas refletem aspetos fundamentais na compreensão da dimensão física dos incêndios florestais, pelo que este artigo propõe que o termo perigo seja definido como um fenómeno que leva a perda de vidas humanas assim como a danos nos ecossistemas e nos sistemas humanos. Por conseguinte, o incêndio florestal que se manifesta pelo calor desenvolvido na combustão, pelos fumos resultantes e, ainda, pelas projeções, deve ser considerado como um perigo desde que constitua uma ameaça para a vida humana ou para outros valores que as pessoas e a sociedade querem proteger (WHITTAKER *et al.*, 2012). Igualmente, propõe uma abordagem conceptual de perigo de incêndio florestal que compreende três componentes: fatores de perigo, probabilidade de ignição e de propagação e perigosidade (fig. 1).

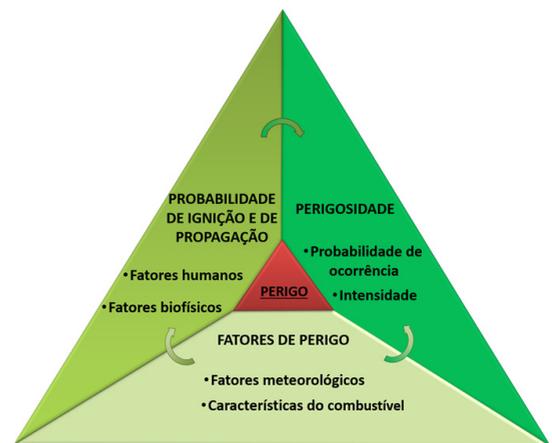


Fig. 1 - Componentes do perigo de incêndio florestal,

Os fatores de perigo (habitualmente designados por *fire danger* na língua inglesa) indicam as condições de natureza meteorológica e o teor de humidade dos combustíveis, que são favoráveis à deflagração do fogo quer a sua génese seja natural ou antropogénica. Têm sido criados vários índices, geralmente designados de curto prazo (JAPPIOT *et al.*, 2009) ou dinâmicos (LAMPIN-MAILLET *et al.*, 2010), que se baseiam em dados

meteorológicos e/ou informação sobre as características do combustível (p.ex., Índice Meteorológico de Risco de Incêndio produzido pelo Instituto de Meteorologia, IP Portugal). Estes índices pretendem refletir as flutuações diárias das condições de temperatura, humidade e vento que têm impacto na humidade da vegetação. São usados para definir o nível de alerta, organizar as actividades de pré-supressão e supressão (QUADRO I). Para além das condições favoráveis à ignição (p.ex., situação meteorológica propícia à ocorrência de trovoadas secas, temperaturas elevadas, baixa humidade do ar, vento forte), estes índices expressam o contributo direto e indireto (através do estado da vegetação) das condições meteorológicas no comportamento do fogo e na dificuldade das actividades de supressão.

A probabilidade de ignição e propagação designa as fontes antropogénicas de deflagração do fogo assim como as variáveis que influem no comportamento e na propagação do fogo e, conseqüentemente, nas actividades de supressão (CHUVIECO *et al.*, 2010; FAO, 2011; MASSADA *et al.*, 2012; NWCG, 2012). A probabilidade de ignição e propagação pode ser avaliada através da elaboração de modelos de suscetibilidade e de índices estruturais, também designados de estáticos ou de médio-prazo (JAPPIOT *et al.*, 2009). Baseiam-se em fatores com baixa variabilidade temporal (p.ex., características da floresta, topografia, proximidade à rede viária, exposição das vertentes, dados climáticos) (CHUVIECO *et al.*, 2010; GRALEWICZ *et al.*, 2012; KEANE *et al.*, 2010; MANTZAVELAS *et al.*, 2008; MASSADA *et al.*, 2012; VASILAKOS *et al.*, 2009; VERDE e ZÉZERE, 2010). Todavia, têm sido desenvolvidos índices integrados ou avançados que agregam variáveis dinâmicas e estruturais para caracterizar as condições de perigo no momento da deflagração, mas também para avaliar as circunstâncias favoráveis à propagação do fogo (p.ex., o Composite Index proposto pelo projeto Fireparadox, ver MANTZAVELAS *et al.*, 2009; o Fire Ignition Index desenvolvido por VASILAKOS *et al.*, 2007; o Índice Integrado de Risco

proposto por LOURENÇO, 2004). O conhecimento dos fatores biofísicos e humanos que explicam a ignição e propagação do fogo numa determinada área é um requisito básico para a elaboração de modelos de suscetibilidade (GRALEWICZ *et al.*, 2012). Estes têm não apenas uma função explicativa mas também uma função preditiva. A utilidade operacional dos modelos de suscetibilidade é prever a propensão de uma determinada área ser afetada por um incêndio. A avaliação da probabilidade de ignição e propagação é, assim, fundamental para localizar e tornar mais eficaz a implementação de medidas de prevenção (p.ex., planeamento da gestão de combustíveis) assim como o planeamento estratégico e tático das operações de supressão (CHUVIECO *et al.*, 2010; MARTÍNEZ *et al.*, 2009; MASSADA *et al.*, 2012; RENARD *et al.*, 2012).

A perigosidade surge habitualmente considerada como a probabilidade de ocorrência de um processo capaz de provocar destruição (JULIÃO *et al.*, 2009; RAMOS *et al.*, 2010). Todavia, a propósito dos movimentos de vertente, FELL (1994) propôs que a perigosidade fosse expressa como resultante do produto entre a probabilidade e a magnitude de um determinado perigo. Assim, a perigosidade refere-se à probabilidade de ocorrência de um incêndio florestal com uma determinada intensidade. Ao contrário dos outros riscos naturais em que as características físicas do fenómeno e a energia libertada são acomodadas pelo conceito de magnitude, enquanto o termo intensidade designa os efeitos do processo, no âmbito dos incêndios florestais deverá utilizar-se preferencialmente o termo intensidade do fogo (*fire intensity*). Este designa a energia libertada no processo de combustão embora haja diferenças de opinião sobre a forma de medição (KEELEY, 2009; KEY e BENSON, 2006; LENTILE *et al.*, 2006). O termo severidade (*fire severity*) começou a ser utilizado para medir o impacto do fogo na alteração do solo e na perda de matéria orgânica (ESCUIN *et al.*, 2008; HARDY, 2005; JAIN *et al.*, 2004; KEELEY, 2009; KEANE *et al.*, 2008; LENTILE *et al.*, 2006; MOREIRA *et*

QUADRO I - Objetivos operacionais da avaliação do perigo de incêndio florestal.

Componente	Método	Produto	Objetivo operacional
Fatores de perigo	-Métodos estatísticos	-Índices de perigo de incêndio -Índice meteorológico de incêndio	-Emissão de alertas -Organização e prontidão do dispositivo de socorro -Planeamento tático e operacional
Probabilidade de ignição e propagação	-Métodos estatísticos -Modelos de comportamento do fogo	-Índices estruturais de perigo de incêndio -Mapas de suscetibilidade -Simulação e construção de cenários	-Planeamento de gestão de combustíveis -Planeamento estratégico e tático das operações de supressão
Perigosidade	-Métodos estatísticos -Modelos de comportamento do fogo	-Mapas de perigosidade -Regime do fogo	-Integração do perigo de incêndio no ordenamento e gestão florestal -Integração do perigo de incêndio no ordenamento do território

al., 2011; RYAN e NOSTE, 1985). Todavia, outros autores consideram severidade do fogo como um conceito mais abrangente que deverá abarcar todo o tipo de impactos (JAIN *et al.*, 2004; KEY e BENSON, 2006; NWCG, 2012; TEDIM *et al.*, 2013). A severidade do fogo resulta da interação entre o comportamento do fogo, a vulnerabilidade dos elementos expostos e as atividades de supressão (fig.2). A severidade do fogo é assim uma medida pós-incêndio e não exprime quaisquer características da propagação do fogo claramente considerada no âmbito da intensidade do fogo. O interesse operacional da avaliação da perigosidade é, fundamentalmente, conhecer o regime do fogo, sustentar a introdução de medidas de redução do perigo de incêndio no ordenamento do território, assim como no ordenamento e gestão florestal. Assume-se como fundamental na definição de medidas de gestão do risco de incêndio florestal numa perspetiva temporal de médio e longo-prazo.

Vulnerabilidade aos incêndios florestais

Evolução do conceito

O conceito de vulnerabilidade tem vindo a ser utilizado de uma forma crescente no âmbito dos incêndios florestais, embora continue ausente de alguns glossários importantes (AFAC, 2012; FAO, 2011; NWCG, 2012). Todavia são várias as aceções em que o termo vulnerabilidade pode ser encontrado na literatura sobre incêndios florestais.

Por um lado, surge como o grau de perda associado a um dado elemento ou conjunto de elementos (p.ex.,

pessoas e/ou bens, estruturas e infraestruturas, produção de madeira, erosão, uso recreativo, criação de gado) (ARAGONESES e RÁBADE, 2008; BLANCHI *et al.*, 2002; CABALLERO *et al.*, 2007; CHUVIECO *et al.*, 2010; FINNEY, 2005; LAMPIN-MAILLET *et al.*, 2010; LENTILE, 2006). Neste caso a vulnerabilidade inclui os efeitos do fogo assim como o valor dos elementos expostos (MARZANO *et al.*, 2006), enquanto para outros autores (VERDE e ZÉZERE, 2010) o valor económico é exterior à vulnerabilidade e produz conjuntamente com esta o que designam de consequências ou dano potencial.

JAPPIOT *et al.* (2009: 43) também considera a vulnerabilidade como uma das componentes dos danos potenciais, juntamente com a intensidade do fogo e o valor dos elementos expostos, mas define-a como “a suscetibilidade de uma estrutura (floresta, estrutura humana, etc.)” relacionada com a capacidade de aguentar uma certa intensidade de calor durante um determinado período de tempo sem ser seriamente afetada. A vulnerabilidade considerada como uma característica intrínseca dos elementos expostos vai para além da probabilidade de destruição das estruturas físicas (BOVIO *et al.*, 2006; COLLINS, 2012; GALIANA-MARTIN, 2009; JAPPIOT *et al.*, 2009; SAPOUNTZAKI *et al.*, 2009; WHITTAKER *et al.*, 2012). Surge definida como a propensão, suscetibilidade ou fragilidade/sensibilidade dos ecossistemas e dos sistemas humanos para sofrerem danos quando expostos a um incêndio florestal .

ALLOZA *et al.* (2006) define vulnerabilidade como a suscetibilidade do ecossistema para mudar como consequência do fogo, mas considera-a numa dupla dimensão temporal. No curto prazo representa os efeitos

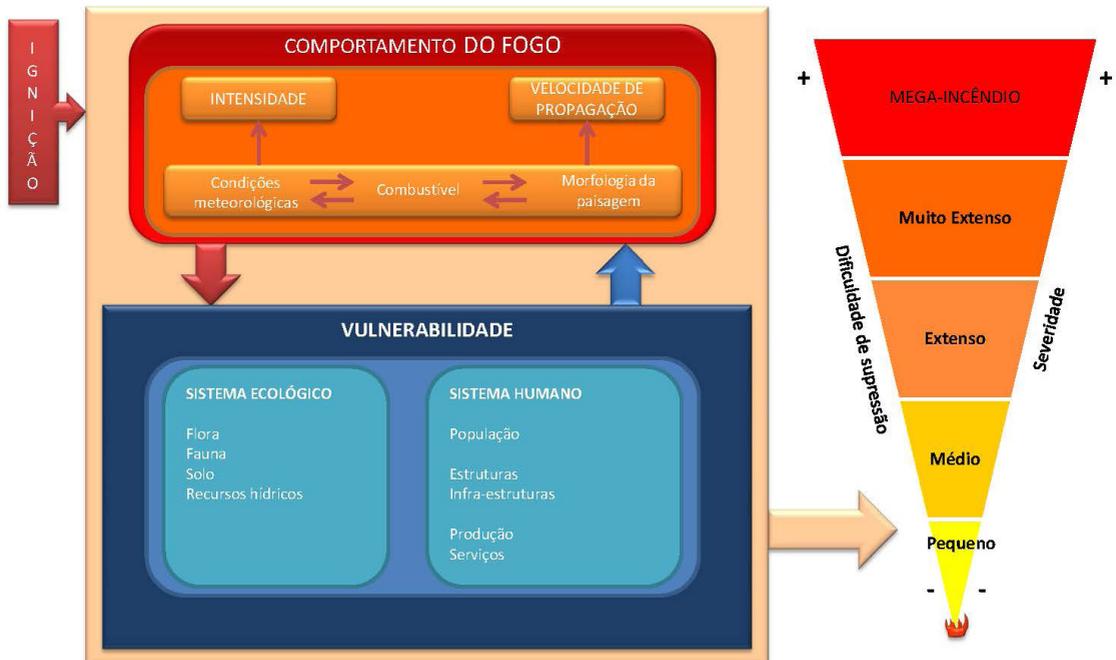


Fig. 2 - A severidade do fogo.
 Fonte: Adaptado de TEDIM *et al.*, 2013.

do fogo na erosão do solo, enquanto no médio-prazo se centra nas mudanças na composição e estrutura da vegetação. Neste caso a vulnerabilidade resultará da falta de resiliência, isto é, da capacidade da vegetação regenerar depois do fogo sem sofrer alterações significativas na sua composição e estrutura.

O termo vulnerabilidade é também utilizado como “*causa*” (MANTZAVELAS *et al.*, 2008: 4) e corresponde a um conjunto de variáveis biofísicas e humanas cuja dinâmica espacial e temporal produz situações mais ou menos perigosas para os elementos expostos (BUHLER *et al.*, 2012; ORTEGA *et al.*, 2012). Neste caso a vulnerabilidade surge como uma propriedade exterior aos elementos expostos e mais relacionada com as condições favoráveis à ignição e propagação do fogo. Esta definição de vulnerabilidade configura sobreposição com o conceito de suscetibilidade enquanto componente do perigo.

Na avaliação da vulnerabilidade diversos enfoques têm sido utilizados. Vários estudos focalizam-se nos espaços florestais, embora adotem ou uma vertente apenas ecológica (ALLOZA *et al.*, 2006; GONZÁLEZ *et al.*, 2007; IBARRA *et al.*, 2007) ou combinem esta com os valores socioeconómicos da floresta (p. ex., produção de madeira, actividades de lazer, biodiversidade, conservação da natureza) (CHUVIECO *et al.*, 2010; RODRÍGUEZ y SILVA, 2007). Alguns autores consideram exclusivamente a vulnerabilidade social (p.ex., percepção e conhecimento do perigo, desigualdades sociais, capital social, relações de poder), pois é a diferente predisposição das populações, comunidades e sociedades para sofrer dano que influenciam a transformação de um incêndio num acidente ou mesmo numa catástrofe (COLLINS, 2005, 2012; COLLINS e BOLIN, 2009; GAITHER *et al.*, 2011; OJERIO *et al.*, 2011). Uma outra abordagem considera para além dos espaços florestais, os elementos expostos do sistema humano (p.ex., populações, propriedades, edifícios, infra-estruturas) (ARAGONESES e RÁBADE, 2008; BOVIO *et al.*, 2006; CABALLERO *et al.*, 2007; FINNEY, 2005; LAMPIN-MAILLET *et al.*, 2010; TEDIM, 2012). Já COSTA e KROPP (2011) focalizam-se apenas na vulnerabilidade física e económica das populações e do edificado.

Em muitos dos estudos a vulnerabilidade aos incêndios florestais surge constituída por componentes. WHITTAKER *et al.* (2012) identificaram duas componentes: (i) a exposição das pessoas que é “*socialmente determinada*” (MUSTAFA, 1998: 290), pelas opções de localização que as comunidades e as sociedades fazem; e (ii) a capacidade de resposta e de adaptação aos impactos do incêndio florestal. Já LAMPIN-MAILLET *et al.* (2010) considera que a vulnerabilidade é constituída por uma componente interna (os efeitos do fogo no valor dos elementos afetados e a sua capacidade de recuperação) e por uma componente externa relacionada com as características do fogo e a capacidade da sociedade de reduzir o perigo (Vulnerabilidade= (Propensão+Fragilidade) X (Danos+Perdas)). O modelo para avaliação da vulnerabilidade proposto por estes

autores compreende quatro componentes (dificuldade de extinção, demanda de defesa da floresta, demanda de proteção civil e valor territorial) e oito fatores (potenciais características do fogo, capacidade de supressão, potencial ocorrência de ignição, capacidade ambiental de resposta, vulnerabilidade interna da interface urbano-florestal, dependência da população, valores socio económicos e do património cultural e valor do património natural).

O projeto MOVE - Métodos para melhorar a avaliação da vulnerabilidade na Europa (www.move-fp7.eu) desenvolveu um esquema conceptual composto por três componentes (fig. 3): (i) exposição, definida como o contexto social e material representado por pessoas, recursos, infraestruturas, produção, bens, serviços e ecossistemas que podem ser afetados por um perigo; (2) suscetibilidade/fragilidade, isto é, as características dos elementos expostos em resultado de fatores físicos, sociais, económicos, ecológicos, institucionais e culturais que se revelam propensas a criarem danos; (3) falta de resiliência que influencia a capacidade de antecipar, resistir, responder e recuperar do impacto do evento físico (WANCZURA e ANGINARD, 2011). Esta conceptualização que resultou de um enfoque multirrisco, holístico e interdisciplinar foi validada por nós no âmbito dos incêndios florestais (TEDIM, 2012, TEDIM *et al.*, 2011). Foi demonstrado que o modelo conceptual definido pelo projeto MOVE é uma base teórica adequada para desenvolver a avaliação da vulnerabilidade aos incêndios florestais, pois permite compreender a estrutura e os fatores de vulnerabilidade e, ao mesmo tempo, tornar o conceito operativo o que facilita o seu uso como uma ferramenta de suporte à decisão (TEDIM, 2012).

A avaliação da vulnerabilidade aos incêndios florestais: entre as evidências e os desafios

A integração conceptual: uma proposta

A comunidade científica está de acordo que a vulnerabilidade dos ecossistemas e das sociedades é determinante na explicação dos impactos dos perigos naturais e no surgimento das catástrofes (ALEXANDER, 2006; CANNON, 2008, LAVELL *et al.*, 2012; McENTIRE, 2012; WISNER *et al.*, 2012). Os mega-incêndios que têm ocorrido em várias partes do globo, não podem ser explicados apenas pela ocorrência de processos naturais extremos (WILLIAMS *et al.*, 2011; TEDIM *et al.*, 2013). Não obstante, a vulnerabilidade continua a ser um problema não resolvido devido à diferente conceptualização proveniente de áreas científicas distintas e aos modelos de avaliação existentes (COSTA e KROPP, 2012). Mesmo, especificamente, na investigação sobre incêndios florestais esta diversidade de conceptualizações é evidente apenas tendo em comum, de alguma forma, os impactos dos incêndios na sociedade e/ou nos ecossistemas.



Fig. 3 - A vulnerabilidade aos riscos naturais segundo o esquema conceitual do projeto MOVE (Methods for the improvement of vulnerability Assessment in Europe).

Fonte: MOVE D.1.3. Glossary of definitions and relevant terms, disponível em www.move-fp7.eu/documents/MOVE_Glossary.pdf.

Na procura de uma abordagem integradora este artigo propõe uma definição de vulnerabilidade aos incêndios florestais assim como um modelo conceptual que permite *ex-ante* identificar as condições que explicam a probabilidade de ocorrerem danos nos sistemas ecológico e social, em consequência de incêndios florestais.

A Estratégia Internacional para Redução de Desastres e o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas definem vulnerabilidade como a “propensão ou predisposição para ser negativamente afetado” (IPCC, 2012: 564) resultado de características internas dos elementos expostos ao perigo “que resultam de fatores físicos, sociais, económicos e ambientais” (UNISDR, 2009: 16). A vulnerabilidade é sem dúvida uma construção social, pois está dependente de decisões humanas. Assim a vulnerabilidade pode ser definida como a propensão para sofrer dano em caso de incêndio florestal e é função da exposição (*exposure*), do grau de fragilidade (*fragility/sensitivity*) das pessoas, das comunidades e sociedades, das estruturas económicas, das estruturas físicas e dos ecossistemas, assim como da capacidade de intervenção (*capacity to cope*).

O modelo conceptual que este artigo propõe (fig.4), constituído por três componentes, resulta da experiência de validação do esquema teórico do projeto MOVE no âmbito dos incêndios florestais. A principal diferença entre ambos é a designação da terceira componente, embora também existam algumas diferenciações nas definições propostas para cada uma das componentes.



Fig. 4 - O modelo conceptual da vulnerabilidade aos incêndios florestais.

A primeira componente é a exposição (*exposure*) que representa a interface onde se processa a interação entre os fenómenos naturais (neste caso concreto o fogo) e os sistemas socio-ecológicos. A exposição é considerada por vários autores como uma componente externa à vulnerabilidade mas, efectivamente, é originada pelo sistema social pois é função das opções de localização que as comunidades e as sociedades fazem (COSTA e KROPP, 2012; MUSTAFA, 1998). Por conseguinte, considera-se a exposição como uma das componentes da própria vulnerabilidade. São os elementos expostos que a sociedade valoriza que representam a materialização desta interação. O enfoque pode recair sobre os elementos ecológicos, humanos ou socioeconómicos ou apenas sobre um deles, embora seja preferível adotar uma visão integradora. A exposição tem também uma dimensão temporal já que a duração do contacto com o fogo de uma determinada intensidade influencia a severidade (SAPOUNTZAKI *et al.*, 2009).

A segunda componente é designada por fragilidade/sensibilidade (*fragility/sensitivity*) refere-se às características dos edifícios, pessoas, funções e organizações que afetam a sua integridade e/ou funcionalidade quando submetidas a um perigo, como seja um incêndio florestal. Conforme proposto no modelo do projeto MOVE também se identificam, no modelo conceptual proposto por este artigo, várias dimensões (física ou estrutural, social, económica, cultural, ecológica e institucional). A vulnerabilidade tem assim um carácter multidimensional.

A terceira componente é designada por capacidade de intervenção (*coping capacity*). A opção por esta designação em vez de utilizar capacidade de resposta prende-se com o fato desta última poder induzir a atuação aquando da efetiva ocorrência de um evento, neste caso de um incêndio florestal. Considera-se que a vulnerabilidade explica a propensão para o dano quando ocorre um incêndio enquanto a resposta no caso de um incêndio e a recuperação está no âmbito da resiliência. Na maioria das definições apresentadas anteriormente a vulnerabilidade aos incêndios florestais integra não apenas a predisposição ao dano mas também a capacidade de recuperar no caso de um incêndio (BOVIO *et al.*, 2006; COLLIN e BOLLIN, 2009; COSTA e KROPP, 2011; LAMPIN-MAILLET *et al.*, 2010; WANCZURA e ANGINARD, 2011; WHITTAKER *et al.*, 2012). No entanto, este artigo considera que vulnerabilidade e resiliência são conceitos diferentes embora não sejam independentes na explicação das interações entre o homem e o ambiente (ADGER, 2006; CUTTER *et al.*, 2008; MILLER *et al.*, 2010; WHITTAKER, 2012). É aqui que se verifica a principal diferença entre o modelo proposto neste artigo e o do projeto MOVE. Este considera que a vulnerabilidade integra a capacidade de “responder e recuperar do impacto do evento físico” (WANCZURA

e ANGINARD, 2011: 7). Por conseguinte, a resiliência está integrada na vulnerabilidade. Este artigo propõe como definição de capacidade de intervenção a possibilidade de utilizar competências assim como recursos das populações e organizações (financeiros, técnico-científicos, humanos) para reduzir a exposição e a fragilidade/sensibilidade dos elementos expostos e, conseqüentemente, minimizar os impactos no caso de ocorrência de um incêndio florestal. A resiliência é considerada como a capacidade dos indivíduos, das comunidades, das sociedades e dos sistemas para responderem e recuperarem do impacto de um perigo, neste caso, de um incêndio florestal (CUTTER *et al.*, 2008; MITCHELL e HARRIS, 2012; PATON, 2008).

A conceptualização da vulnerabilidade no contexto dos riscos naturais deve também contemplar a relação entre esta e os perigos. A vulnerabilidade é, usualmente, considerada independentemente da manifestação dos perigos (HEWITT, 1983, 2007; O'BRIEN *et al.*, 2007; WEICHELGARTNER, 2001). Todavia, é reconhecido pela literatura específica dos incêndios florestais que a vulnerabilidade está relacionada com as características do sistema socio-ecológico, mas não é independente do comportamento do fogo e do regime de fogo (BLANCHI *et al.*, 2002; CABALLERO *et al.*, 2007; GALIANA MARTIN, 2009; JAPPIOT *et al.*, 2009). De facto, “perigo e vulnerabilidade são cada um por si só relevantes, ainda que necessitem de ser compreendidas juntas para perceber a complexa interação que produz as catástrofes” (WISNER *et al.*, 2012:176).

Os desafios da operacionalização

Independentemente do âmbito e da conceptualização, o grande desafio da investigação da vulnerabilidade aos incêndios florestais, mesmo a desenvolvida no âmbito das alterações climáticas (p.ex., PRESTON *et al.*, 2009), tem sido torná-la mensurável de modo a poder integrá-la na avaliação do risco de incêndio florestal. Se o objetivo é reduzir a vulnerabilidade há necessidade de se conhecer os elementos expostos mas também os fatores que explicam a vulnerabilidade de cada um deles e, conseqüentemente, a vulnerabilidade do território.

Os diferentes autores têm procurado identificar fatores ou variáveis, selecionar indicadores e, em seguida, agregar esses indicadores até obter um índice de vulnerabilidade. Habitualmente, a seleção dos indicadores é orientada pela disponibilidade de informação estatística e cartográfica. Mas não é este o procedimento que permite uma efetiva redução da vulnerabilidade. Por isso, quando procedemos à operacionalização do modelo conceptual do projeto MOVE utilizamos métodos indutivos e dedutivos, assim como o envolvimento de responsáveis pelo planeamento e gestão do risco de incêndio de alguns municípios

do norte de Portugal para identificar variáveis e indicadores. Os indicadores não foram selecionados em função da informação existente mas da sua importância para traduzir os fatores de vulnerabilidade e permitir a definição de procedimentos para a sua redução. Os critérios utilizados na definição dos indicadores foram a validade científica e a relevância para a operacionalização da vulnerabilidade. Este procedimento permitiu identificar a necessidade de ser produzida informação estatística e cartográfica adequada para obter uma compreensão de todas as diferentes componentes da vulnerabilidade. Embora tenham sido identificados indicadores para todas as componentes e dimensões propostas no modelo conceptual, para muitos deles não existe informação disponível ou com a qualidade requerida (uma descrição detalhada das variáveis e indicadores assim como a sua justificação pode ser encontrada em TEDIM *et al.*, 2011; TEDIM *et al.*, 2013b). Embora o modelo de vulnerabilidade fosse validado no contexto português, procurou-se identificar indicadores que permitissem a sua transferência e utilização em qualquer contexto geográfico e socioeconómico. Isto reflete alguma flexibilidade na operacionalização do esquema conceptual apresentado, sem impactos negativos na avaliação da vulnerabilidade. Pelo contrário, permite criar suporte de medição adequado à realidade local. O facto de a lista de indicadores estar organizada por variável, componente e dimensão permite que a mesma possa ser facilmente modificada em função de novos desenvolvimentos científicos e da integração do conhecimento local. Na procura da efetiva operacionalidade do modelo optamos por não considerá-lo uma “caixa fechada”. Primeiramente, porque se centra na compreensão efetiva do processo de vulnerabilidade em vez de procurar apenas construir um índice resultado da agregação de indicadores utilizando procedimentos matemáticos mais ou menos complexos e “impressionáveis”. Se dispor de um índice agregado de vulnerabilidade parece ser ideal para a implementação de medidas de gestão de vulnerabilidade, o facto de não identificar as dimensões e de este não ser apresentado em unidades mensuráveis torna difícil a sua interpretação (MILLER e AGER, 2012).

O principal desafio para a agregação dos indicadores é a ponderação a atribuir a cada um. Este processo não é uma tarefa simples pois requer um bom conhecimento da importância relativa de cada indicador e da sua interação na criação de vulnerabilidade aos incêndios florestais. O contributo de cada indicador na explicação da vulnerabilidade está dependente do contexto e pode variar ao longo do tempo. Se a ponderação de indicadores espaciais (p.ex., distância à floresta) e biofísicos (p.ex., inflamabilidade da vegetação) se mantém semelhante independentemente

da localização, o mesmo não se pode dizer dos indicadores de natureza social; isto significa que no processo de avaliação da vulnerabilidade deve ser considerada a escala de análise no estabelecimento da ponderação de indicadores e este processo deve ser revisto periodicamente para acomodar mudanças nas características da comunidade ao longo do tempo (PATON e TEDIM, 2012). A avaliação da vulnerabilidade pode e deve ser considerada desde a escala do edifício até à escala regional ou mesmo nacional (CABALLERO *et al.*, 2007; COLLINS, 2005; LAMPIN-MAILLET *et al.*, 2010). Todavia, a sua forte variabilidade reforça a importância da análise da vulnerabilidade à escala local (TURNER *et al.*, 2003). De facto, a vulnerabilidade é dinâmica pois as suas características e os fatores que a originam variam ao longo do tempo, diferenciam-se no espaço, assim como entre e dentro de grupos sociais (COLLINS, 2012; FUCHS, 2009; KELMAN, 2009; MILETI, 1999; VOGEL e O'BRIEN, 2004). Gerir a vulnerabilidade eficazmente não pode apenas basear-se em avaliações revistas periodicamente (LUERS, 2005); implica uma nova forma de avaliar e mapear a vulnerabilidade e o risco.

Num contexto de mudança e incerteza um modelo como o proposto por este artigo que resulta de uma adaptação do desenvolvido no âmbito do projeto MOVE, permite a adequação a qualquer contexto geográfico, cultural e socioeconómico e às suas dinâmicas evolutivas. Cada uma das variáveis e dos indicadores apresentados pode ser usado individualmente, pode ser agregado com outros para fornecer um medida por componente e/ou dimensão e, finalmente, um valor geral para a vulnerabilidade. Este pode ser obtido utilizando métodos geoestatísticos adaptados ao contexto. A vantagem da avaliação individualizada de cada indicador, de cada variável e componente face a um modelo que permita apenas um valor global é que: (1) permite atuar de imediato sobre os fatores de vulnerabilidade identificados, pois cada um deles tem significado por si mesmo; (2) orienta a atuação centrada em aspetos cuja introdução da avaliação da vulnerabilidade permite identificar maiores danos potenciais ou que poderão ter repercussões positivas na redução da incidência de incêndios; (3) permite compreender as relações entre variáveis e os reajustamentos entre elas.

O modelo conceptual apresentado permite elaborar um mapa de vulnerabilidade, nomeadamente à escala municipal, que pode ser usado independentemente ou agregado com o mapa de perigo para produzir um verdadeiro mapa de risco de incêndio florestal. Mas, a lista de variáveis e indicadores selecionados constitui, igualmente, uma “check list” que pode servir de base à definição do perfil de vulnerabilidade de uma unidade territorial (p.ex., um município, uma freguesia) e cuja descrição e interesse operativo será objeto de uma próxima publicação.

Conclusão

É impossível, e nem sequer é desejável, eliminar os fogos mas é fundamental reduzir as suas consequências negativas. Prosseguir este objetivo não poderá ser alcançado com sucesso e de uma forma sustentável sem avaliar e reduzir a vulnerabilidade socio-ecológica.

94

A análise da vulnerabilidade permite obter informação sobre as características das populações, da dinâmica dos sistemas humanos e ecológicos que os tornam mais propícios a sofrer danos provocados por um incêndio florestal. Este conhecimento é fundamental para desenvolver as estratégias e as medidas de prevenção apropriadas sobretudo em contextos de menores recursos financeiros e de incerteza relacionada com as mudanças globais. A inclusão da vulnerabilidade na gestão do risco parece trivial mas, efectivamente, representa uma mudança na abordagem convencional do risco e da proteção das comunidades aos incêndios florestais (COLLINS, 2012).

Como COLLINS (2012) demonstrou a complexidade da realidade social põe em causa representações simplistas da vulnerabilidade. Face à complexa e dinâmica natureza da vulnerabilidade, o modelo proposto por este artigo e que foi adaptado do projeto MOVE, define uma abordagem conceptual de natureza multidimensional, integradora e prospetiva. Paralelamente, suporta uma operacionalização flexível mas exigente adequada às especificidades locais porque é regida por indicadores concretos que por si mesmos suportam a definição de metas.

A avaliação da vulnerabilidade numa perspetiva multidimensional e prospetiva que este modelo conceptual promove, possibilita obter informação sobre a natureza da vulnerabilidade; facilita uma gestão do risco mais efetiva e dinâmica; permite avaliar a eficácia das medidas adotadas; contribui para melhorar o custo-eficácia das medidas de gestão do risco; e promove sinergias entre a gestão do risco de incêndio e o desenvolvimento das comunidades. Consequentemente, as comunidades e as organizações responsáveis estarão numa melhor posição para fazer boas opções no âmbito da gestão do risco, da partilha de responsabilidades entre vários atores na sua prevenção, assim como também contribuirá para perceber como as comunidades poderão ser mobilizadas para prevenir e gerir o risco de incêndio florestal.

Bibliografia:

- ADGER, W. N. (2006) - "Vulnerability", *Global Environmental Change*, Vol. 16/n.º 3, p. 268-81;
- AFAC (2012) - "Australasian Fire and Emergency Service Authorities Council, Bushfire Glossary". Disponível:

http://knowledgeweb.afac.com.au/data/bushfire_glossary?result_12103_result_page=H;

- AGER, A. A.; VAILLANT, N. M. e FINNEY, M. A. (2010) - "A comparison of landscape fuel treatment strategies to mitigate wildland fire risk in the urban interface and preserve old forest structure". *Forest Ecology and Management*, Vol. 259 n.º 8, p. 1556-1570;
- ALEXANDER, D. (2006) - "Trends, problems and dilemmas", *Journal of International Affairs*, Vol. 59/n.º 2, p. 1-24;
- ALLOZA, J.A.; BAEZA M.J., DE LA RIVA, J.; DUGUY B.; ECHEVERRÍA, M.T.; IBARRA, P.; LLOVET, J.; PÉREZ-CABELLO, F.; ROVIRA, P. e VALLEJO, V.R. (2006) "A model to evaluate the ecological vulnerability to forest fires in Mediterranean ecosystems". *Forest Ecology and Management*, Vol. 234/ Suplemento 1, S203;
- ARAGONES, C. e RÁBADE, J. M. (2008) - "Methodological Proposal for Analyzing the Vulnerability and Potential Gravity of Forest Fires Within the Framework of Civil Protection. In GONZÁLEZ-CABAN, A. (Coord.) (2008) - *Proceedings of the second international symposium on fire economics planning and policy: a global view*. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-208. Albany, CA: Pacific Southwest Research Station. Forest Service. U.S. Department of Agriculture. p. 147-158;
- BACHMANN, A. e ALLGÖWER, B. (2001) - "A consistent wildland fire risk terminology is needed". *Fire Management Today*, Vol. 61/n.º 4, p. 28-33;
- BLANCHI, R.; JAPPIOT M. e ALEXANDRIAN, D. (2002) - "Forest fire risk assessment and cartography. A methodological approach". In VIEGAS, D. (Ed.) - *Proceedings of the IV International Conference on Forest Fire Research*. Luso, Portugal. Disponível em: <http://www.incendies-de-foret.org/recherche/1998-3/coimbra-2002.pdf>;
- BOVIO, G.; MARZANO, R.; AGUADO, I.; CHUVIECO, E.; MARTINEZ, J., NIETO, H., SALAS, J.; BEROLIO, W.; CARREGA, P.; FOX, D.; GERONIMO, N.; ROBIN, J.G.; GOMEZ, I.; MARTIN, P.; MARTINEZ-VEGA, J.; VILAR, L.; GITAS, I.; KARTERIS, M. e TSAKALIDIS, S. (2006) - "Towards a Euro-Mediterranean Wildland Fire Danger Rating System". EUFIRELAB D-08-06: Euro - Mediterranean Wildland Fire Laboratory, a "wall-less" Laboratory for Wildland Fire Sciences and Technologies in the Euro-Mediterranean Region;
- BUHLER, M. D.; CURTH, M. T. e GARIBALDI, L. A. (2012) - "Demography and socioeconomic vulnerability influence fire occurrence in Bariloche (Argentina)".

- Landscape and Urban Planning*, Disponível: <http://www.elsevier.com/locate/landurbplan>;
- CABALLERO, D.; BELTRÁN, I. e VELASCO, A. (2007) - "Forest Fires and Wildland-Urban Interface in Spain: Types and Risk Distribution". *Proceedings of the Wildfire 2007-4th International Wildland Fire Conference*. Seville, Spain;
- CALKIN, D.; AGER, A.A.; GILBERTSON-DAY, J.; SCOTT, J.H.; FINNEY, M.A.; SCHRADER-PATTON, C.; QUIGLEY, T.M.; STRITTHOLT, J.R. e KAIDEN, J.D. (2010) - "*Wildland Fire Risk and Hazard: Procedures for the First Approximation*". RMRS-GTR-235. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fort Collins, CO, 62 p.;
- CANNON, T. (2008) - "Reducing People's Vulnerability to Natural Hazards: Communities and Resilience". *WIDER Research Paper 34*, United Nations University, Helsinki, 17p.;
- CANNON, T.; TWIGG, J. e ROWELL, R. (2003) - "Social Vulnerability, Sustainable Livelihoods and Disasters". Report for DFID's Conflict and Humanitarian Assistance Department and Sustainable Livelihood Office (London: DFID), Disponível: http://www.benfield.org/disaster_studies/projects/soc_vuln_sustlive.pdf;
- CHUVIECO, E.; AGUADO, I.; YÉBRA, M.; NIETO, H.; SALAS, J.; MARTÍN, M. P.; VILAR, L.; MARTÍNEZ, J.; MARTÍN, S.; IBARRA, P.; DE LA RIVA, J.; BAEZA, J.; RODRÍGUEZ, F.; MOLINA, J. R.; HERRERA, M. A. e ZAMORA, R. (2010) - "Development of a framework for fire risk assessment using remote sensing and geographic information system technologies". *Ecological Modelling*, Vol. 221, p. 46-58;
- COLLINS, T. (2005) - "Households, forests, and fire hazard vulnerability in the American West: a case study of a California community". *Global Environmental Change B: Environmental Hazards*, Vol. 6/n.º 1), pp. 23-37;
- COLLINS, T. (2012) - A landscape typology of residential wildfire risk. In PATON, D. e TEDIM, F. (Eds.) - *Wildfire and Community: Facilitating Preparedness and Resilience*, Springfield, Ill., Charles C. Thomas Publisher, pp-33-65;
- COLLINS, T. e BOLIN B. (2009) - "Situating hazard vulnerability: people's negotiations with wildfire environments in the US Southwest". *Environmental Management*, 44(3), 441-455;
- COSTA, L. e KROPP J.P. (2012) - "Linking components of vulnerability in theoretic frameworks and case studies". *Sustainability Science*, (artigo em impressão, Disponível: <http://www.springerlink.com>).
- COSTA, L. e KROPP, J.P. (2011) - "Vulnerability to forest fires in a Mediterranean context: A dynamic loop in space and time". In ENSURE final workshop abstracts, *Enhancing resilience of communities and territories facing natural hazards and na-tech-hazards* (pp. 46-49). Orleans, France: BRGM;
- CUTTER, S. L., BARNES, L., BERRY, M., BURTON, C., EVANS, E., TATE, E., e WEBB, J. (2008) - "A place-based model for understanding community resilience to natural disasters." *Global Environmental Change*, Vol. 18, n.º 4, p. 598-606;
- ERIKSEN, C. e GILL, N. (2010) - "Bushfire and everyday life: examining the awareness action 'gap' in changing rural landscapes". *Geoforum*, 41, p. 814-825;
- ESCUIN, S., NAVARRO, R. e FERNÁNDEZ, P. (2008) - "Fire severity assessment by using NBR (Normalized Burn Ratio) and NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) derived from LANDSAT TM/ETM images". *International Journal of Remote Sensing*. Vol. 29/n.º 4, p. 1053-1073;
- FAO (2011) - Forest Fire Management Glossary. Disponível: <http://www.fao.org>;
- FELL, R. (1994) - "Landslide risk assessment and acceptable risk". *Canadian Geotechnical Journal*. Vol. 31, p. 261-272;
- FINNEY, M.A. (2005) - "The challenge of quantitative risk analysis for wildland fire". *Forest Ecology and Management*, Vol. 211/n.º 1-2, pp. 97-108;
- FUCHS, S. (2009) - "Susceptibility versus resilience to mountain hazards in Austria - paradigms of vulnerability revisited". *Natural Hazards and Earth System Sciences*. Vol. 9/ n.º 2, pp. 337-352;
- GAITHER, C. J., POUDDYA, L. N. C., GOODRICK, S., BOWKER, J.M., MALONE, S., GAN, J. (2011) - "Wildland fire risk and social vulnerability in the Southeastern United States: An exploratory spatial data analysis approach". *Forest Policy and Economics*, Vol.13, p.24-36;
- GALIANA MARTIN, L. (2009) - Vulnerability analysis of territory in the Sierra Calderona (Region of Valencia). *Jornadas Técnicas del Cuerpo de Bomberos*. Capacidad de gestion de los incêndios forestales. Girona, Spain. Disponível: http://www.jornadesbombers.ctfc.cat/docs/articles/20_article_L_Galiana.pdf ;
- GONZÁLEZ, J. R., PALAHÍ, M., PUKKALA, T., TRASOBARES, A. (2007) - Modelling the risk of forest fires in Catalonia (North-East Spain) for forest management planning purposes. Poster at the

- 4th International Wildland Fire Conference, Seville, Spain, 13-17 May 2007, TS1, 10 p;
- GRALEWICZ, N.J., NELSON, T.A., WULDER, M.A. (2012) - "Factors influencing national scale wildfire susceptibility in Canada". *Forest Ecology and Management*, Vol. 265, p. 20-29;
- HAIGHT, R. G., CLELAND, D.T., HAMMER, R. B., RADELOFF, V. C. e RUPP, T. S. (2004) - "Assessing Fire Risk in the Wildland-Urban Interface". *Journal of Forestry*, October/November, p. 41-48;
- HARDY, C. C. (2005) - "Wildland fire hazard and risk: Problems. definitions. and context". *Forest Ecology and Management*, Vol. 211, p. 73-82;
- HEWITT, K. (2007) - "Preventable disasters: addressing social vulnerability, institutional risk, and civil ethics". *Geographische Rundschau International Edition*, Vol. 3/n.º 1, p. 43-52;
- HEWITT, K. (Ed.) (1983) - *Interpretations of calamity from the viewpoint of human ecology*. Boston, MA: Allen and Unwin Inc;
- IBARRA, P., ALLOZA, J. P., PEREZ-CABELLO, F., DE LA RIVA, J., BAEZA, M. J., DUGUY., B., ECHEVERRIA, M. T., LLOVET, J., ROVIRA, P., VALLEJO, V. R. (2007) - "Ecological vulnerability to forest fires: an evaluation model". *Proceedings of the Wildfire 2007-4th International Wildland Fire Conference*. Seville, Spain;
- IPCC (2012) - Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. In FIELD, C.B., V. BARROS, T.F. STOCKER, D. QIN, D.J. DOKKEN, K.L. EBI, M.D. MASTRANDREA, K.J. MACH, G.-K. PLATTNER, S.K. ALLEN, M. TIGNOR, e P.M. MIDGLEY (Eds.) - *A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 p.;
- JAIN ,T., PILLIOD, D. e GRAHAM, R. (2004) - Tongue-tied. *Wildfire*, 4, p. 22-36;
- JAPPIOT, M., GONZALES-OLABARRIA, J.R., LAMPIN-MAILLET, C. e BORNIET, L. (2009) - Assessing wildfire risk in time and space. In BIROT, Y. (Ed.) - *Living with Wildfires: What Science Can Tell Us? A Contribution to the Science-policy Dialogue*. European Forest Institute, Discussion Paper 15, p. 41-47;
- JULIÃO, R. P., NERY, F., RIBEIRO, J. L., BRANCO, M. C. e ZÉZERE, J. L. (2009) - *Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica (sig) de base municipal*. Lisboa, Ed ANPC, co-Ed. DGOTDU e IGP, 91 p.;
- KEANE, R. E., DRURY, S. A., KARAU, E. C., HESBURG, P. F., e REYNOLDS, K. M. (2010) - "A method for mapping fire hazard and risk across multiple scales and its application in fire management". *Ecological Modelling*, Vol.221/ n.º 1, p. 2-18;
- KEANE, R.E., AGEE, J.A., FULÉ, P., KEELEY, J.E., KEY, C., KITCHEN, S.G., MILLER, R. e SCHULTE, L.A. (2008) -"Ecological effects of large fires on US landscapes: benefit or catastrophe?" *International Journal of Wildland Fire*, Vol. 17/ n.º 6 , p.696-712;
- KEELEY, J. E. (2009) - "Fire intensity, fire severity and burn severity: a brief review and suggested usage". *International Journal of Wildland Fire*, Vol. 18/n.º 1, p.116-126;
- KELMAN, L. (ed.) (2009) - "Understanding Vulnerability to UnderstandDisasters". Version3, 19January2009 (Version 1 was 2 September 2007). Disponível: <http://www.islandvulnerability.org/docs/vulnres.pdf>;
- KERNS, B. K. e AGER, A. (2007) - "Risk assessment for biodiversity conservation planning in Pacific Northwest forests". *Forest Ecology and Management*, Vol. 246, p. 38-44;
- KEY, C.H. e BENSON, N.C. (2006) - "Landscape Assessment (LA)". In LUTES, D.C., KEANE, R.E., CARATTI, J.F., KEY, C.H., BENSON, N.C., SUTHERLAND, S., GANGI, L.J. (Eds.) - *FIREMON: Fire Effects Monitoring and Inventory System*. USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, General Technical Report RMRS-GTR-164-CD, (Fort Collins, CO), p. LA-1-55;
- LAMPIN-MAILLET, C., MANTZAVELAS, A., GALIANA, L., JAPPIOT, M., LONG, M., HERRERO, G., KARLSSON, O., APOSTOLOPOULOU, I., LAZARIDOU T., PARTOZIS T. (2010) - "Wildland Urban Interfaces, Fire Behaviour and Vulnerability: Characterization, Mapping and Assessment". In SILVA, Joaquim Sande, REGO, FRANCISCO, FERNANDES, Paulo e RIGOLOT, Eric (Eds.) - *Towards Integrated Fire Management Outcomes of the European Project Fire Paradox*. European Forest Institute Research Report 23. Disponível: http://www.efi.int/portal/virtual_library/publications/research_reports/23/;
- LAVELL, A., OPPENHEIMER, M., DIOP, C., HESS, J., LEMPERT, R., LI, J., MUIR-WOOD, R. e MYEONG, S. (2012) - "Climate change: new dimensions in disaster risk, exposure, vulnerability, and resilience". In FIELD, C.B., V. BARROS, T.F. STOCKER, D. QIN, D.J. DOKKEN, K.L. EBI, M.D. MASTRANDREA, K.J. MACH, G.-K. PLATTNER, S.K. ALLEN, M. TIGNOR, e P.M. MIDGLEY (Eds.) - *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*. A Special Report of Working Groups I

- and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, p. 25-64;
- LENTILE, L.B., SMITH, F.W. e SHEPPERD, W.D. (2006) - "The Influence of Topography and Forest Structure on Patterns of Mixed-Severity Fire in the South Dakota Black Hills". *International Journal of Wildland Fire*, Vol.15/n.º4, p. 557-566;
- LOURENÇO, L. (2004) - "Uma fórmula expedita para determinar o índice meteorológico de eclosão de fogos florestais em Portugal continental". In LOURENÇO, Luciano, (Ed) - *Risco meteorológico de incêndio florestal*. Núcleo de Investigação científica de Incêndios Florestais. Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra. Coimbra. p.73-141;
- LUERS, A. L. (2005) - "The surface of vulnerability: An analytical framework for examining environmental change". *Global Environmental Change*, Vol.15/n.º 3, p. 214-223;
- MACEDO, W. e SARDINHA, A.M. (1987) - *Fogos Florestais*. Lisboa. Ciência e Vida;
- MANTZAVELAS, A., APOSTOLOPOULOU, I., LAZARIDOU, T., PARTOZIS, T., LAMPIN, C., LONG, M. e JAPPIOT, M. (2008) - Literature review and synopsis of the methodologies to estimate vulnerability. Deliverable D5.2-5 of the Integrated Project "Fire Paradox", Project no. FP6-018505. European Commission, 13p.;
- MARANDOLA, E. Jr. e HOGAN, D. J. (2004) - *Natural hazards: o estudo geográfico dos riscos e perigos*. Ambiente & Sociedade, Vol. VII/nº. 2 jul./dez., p. 95-109;
- MARTÍNEZ, J., VEGA-GARCIA, C. e CHUVIECO, E. (2009) - "Human-caused wildfire risk rating for prevention planning in Spain". *Journal of Environmental Management*, Vol. 90/ n.º 2, p. 1241-1252;
- MARZANO, R., BOVIO, G., GUGLIOMET, E., CAMIA, A., DESHAYES, M., LAMPIN, C.; SALAS, J., MARTÍNEZ, J. D., MOLINA GERONIMO, N., CARREGA, P., FOA, D., SABATÉ, S., VAYREDA, J., MARTIN, P., MARTÍNEZ, J., VILAR, L., CONESE, C., BONORA, L., TSAKALIDIS, S., GITAS, I. e KARTERIS, M. (2006) - *Wildland Fire Danger and Hazards: a state of the art, final version*. Euro-Mediterranean Wildland Fire Laboratory, a "wall-less" Laboratory for Wildland Fire Sciences and Technologies in the Euro-Mediterranean Region, Deliverable D-08-07;
- MASSADA, A. B., SYPHARD, A. D., STEWART, S. I. e RADELOFF, V. C. (2012) - "Wildfire ignition-distribution modelling: a comparative study in the Huron-Manistee National Forest, Michigan, USA". *International Journal of Wildland Fire*, Disponível: <http://dx.doi.org/0.1071/WF11178>;
- McENTIRE, D. (2012) - Understanding and reducing vulnerability: from the approach of liabilities and capabilities. *Disaster Prevention and Management*, Vol. 21/n.º 2, p. 206-221;
- MILETI, D. (1999) - *Disasters by Design: A Reassessment of Natural Hazards in the United States*. Joseph Henry Press, Washington, DC.;
- MILLER, C. e AGER, A. A. (2012) - "A review of recent advances in risk analysis for wildfire management". *International Journal of Wildland Fire*. Disponível: <http://dx.doi.org/10.1071/WF11114>;
- MILLER, C. e LANDRES, P. (2004) - "Exploring information needs for wildland fire and fuels management". RMRS-GTR-127. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 36 p.;
- MILLER, F., H. OSBAHR, E. BOYD, F. THOMALLA, S. BHARWANI, G. ZIERVOGEL, B. WALKER, J. BIRKMANN, S. VAN DER LEEUW, J. ROCKSTRÖM, J. HINKEL, T. DOWNING, C. FOLKE, e D. NELSON (2010) - "Resilience and vulnerability: complementary or conflicting concepts?" *Ecology and Society*, Vol. 15/n.º 3, Disponível: <http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss3/art11/>;
- MITCHELL T. e HARRIS K. (2012) - *Resilience: A risk management approach*. Overseas Development Institute. ODI Background Notes". Disponível: <http://www.odi.org.uk>;
- MOREIRA, F., VIEDMA, O., ARIANOUTSOU, M., CURT, T., KOUTSIAS, N., RIGOLOT, E., BARBATI, A., CORONA, P., VAZ, P., XANTHOPOULOS, G., MOUILLOT, F. e BILGILI, E. (2011) - "Landscape - wildfire interactions in Southern Europe: implications for landscape management". *Journal of Environmental Management*, Vol. 92, p. 2389-2402;
- MUSTAFA, D. (1998) - "Structural causes of vulnerability to flood hazard in Pakistan". *Economic Geography*, Vol. 74/n.º 3, p. 289-305;
- NWCG (National Wildfire Coordinating Group) (2012) - *Glossary of Wildland Fire Terminology*. May 2011. Disponível: <http://www.nwcg.gov/pms/pubs/glossary/f.htm>;
- O'BRIEN, K., ERIKSEN, S., SCHJOLDEN, A. e NYGAARD, L.P. (2007) - "Why different interpretations of vulnerability matter in climate change discourses". *Climate Policy*, Vol. 7/n.º1, p. 73-88;
- O'LAUGHLIN, J. (2005) - "Conceptual model for comparative ecological risk assessment of wildfire effects

- on fish, with and without hazardous fuel treatment". *Forest Ecology and Management*, Vol. 211/n.º 1-2, p. 59-72;
- OJERIO, R., MOSELEY, C., LYNN, K. e BANIA, N. (2011) - "Limited Involvement of Socially Vulnerable Populations in Federal Programs to Mitigate Wildfire Risk in Arizona". *Natural Hazards Review*, Vol. 12/n. 1, p.28-36;
- ORTEGA, M., SAURA, S., GONZÁLEZ-AVILA, S., GÓMEZ-SANZ, V., ELENA-ROSSELÓ, R. (2012) - "Landscape vulnerability to wildfires at the forest-agriculture interface: half-century patterns in Spain assessed through the SISPARES monitoring framework". *Agroforestry Systems*, Vol. 85/n.º 3, p.331-349;
- PATON, D. (2008) - "Community Resilience: Integrating Individual, community and societal Perspectives". In GOW, K., PATON, D. (Eds.) *Phoenix of Natural Disasters: Community Resilience*. Nova Science Publishers, Inc;
- PATON, D. e TÊDIM, F. (2012) - "A Dimensão Social dos Incêndios Florestais. Identificação de Fatores que Contribuem para uma Gestão Sustentada e Integrada". In TÊDIM, F. e PATON, D. (Eds.) - *A Dimensão Social dos Incêndios Florestais. Para uma Gestão Integrada e Sustentável*. Estratégias Criativas, Porto, p.14-30;
- PRESTON, B. L., BROOKE, C., MEASHAM, T. G., SMITH, T. F. E GORDDARD, R. (2009) - "Igniting change in local government: lessons learned from a bushfire vulnerability assessment". *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, Vol.14/n.º 3, p.251-283;
- PYNE, S. J. (2007) - "Megaburning: The Meaning of Megafires and the Means of the Management". *Proceedings of the Wildfire 2007-4th International Wildland FireConference*. Seville, Spain;
- RAMOS, C.; ZÉZERE, J.L. e REIS, E. (2010) - "Avaliação da susceptibilidade aos perigos naturais da Região de Lisboa e Vale do Tejo". *Prospectiva e Planeamento. Ordenamento Territorial e Sustentabilidade*. Vol. 17, Departamento de Prospectiva e Planeamento e Relações Internacionais, Lisboa, p.57-73;
- RENARD, Q., PÉLISSIER, R., RAMESH, B.R. e KODANDAPANI, N. (2012) - "Environmental susceptibility model for predicting forest fire occurrence in the western Ghats of India". *International Journal of Wildland Fire*, 21, p. 368-379;
- RODRIGUEZ y SILVA, F., MOLINA MARTINEZ J. R., HERRERA MACHUCA, M. e ZAMORA DIAZ, R. (2007) - Vulnerabilidad socioeconómica de los espacios forestales frente al impacto de los incendios, aproximación metodológica mediante sistemas de información geográficos (Proyecto FireMap). *Proceedings of the 4th International Wildland Fire Conference*, Seville, Spain, 13-17 May 2007, TS4,12 p.;
- ROLOFF, G. J., MEALEY, S. P., CLAY, C., BARRY, J., YANISH, C., NEUENSCHWANDE, L. (2005) - "A process for modeling short- and long-term risk in the southern Oregon Cascades". *Forest Ecology and Management*, Vol. 211/n.º 1-2, p.166-190;
- RYAN, K.C. e NOSTE, N.V. (1985) - "Evaluating prescribed fires". In LOTAN, J.E., KILGORE, B.M., FISCHER, W.C. e MUTCH, R.M. (Eds.) - *Proceedings, symposium and workshop on wilderness fire*. USDA Forest Service, Intermountain Research Station General Technical Report INT-182. Ogden, UT, p.230-238;
- SAMPSON, R. N. e SAMPSON, R. W. (2005) - "Application of hazard and risk analysis at the project level to assess ecologic impact". *Forest Ecology and Management*, Vol. 211, p. 109-116;
- SAPOUNTZAKI, K., DANDOULAKI, M., WASSEHOVEN, L., MELISSOURGOS, Y., VIKATOU, K., PARKER, D., HANDMER, J., COSTA, L., KROPP, J., BENENSON, I., KIDRON, G., OMER, I. e SVORAY, T. (2009) - State-of-the-art on vulnerability types. Del. 1.1.2-2: State-of-the-art on vulnerability of territorial systems - The case of forest fire & drought project ENSURE-Enhancing resilience of communities and territories facing natural and na-tech hazards. Disponível: <http://www.ensureproject.eu/>;
- SOCIETY FOR RISK ANALYSIS (2008) - *Glossary*. Disponível: http://www.sra.org/resources_glossary.php;
- TÊDIM, F. (2012) - "Enhance Wildfire Risk Management in Portugal: the Relevance of Vulnerability Assessment". In PATON D. e TÊDIM F. (Eds.) - *Wildfire and Community: Facilitating Preparedness and Resilience*, Springfield, Ill., Charles C. Thomas Publisher.p.-66-84;
- TÊDIM, F., VINCHON, C., GARCIN, M., CARVALHO, S., DESRAMAUT, N. e ROHMER, J. (2011) - Comprehensive Vulnerability Assessment of Forest Fires and Coastal Erosion: Evidences from Case-Study Analysis in Portugal, in D.4.2 *Handbook of Vulnerability Assessment in Europe*, p.90-108;
- TÊDIM, F., REMELGADO, R., BORGES, C., CARVALHO, S. e MARTINS, J. (2013) - "Exploring the occurrence of mega-fires in Portugal". *Forest Ecology and Management*, (artigo em publicação) Disponível: <http://www.elsevier.com/locate/foreco>;

- THOMPSON, M. P., AGER, A. A., FINNEY, M. A., CALKIN, D. E. e VAILLANT, N. M. (2012) - "The Science and Opportunity of Wildfire Risk Assessment". In LUO, Yuzhou (Ed.) *Novel Approaches and Their Applications in Risk Assessment*, InTech, p.99-120;
- THOMPSON, M. P., CALKIN, D. E. (2011) - "Uncertainty and risk in wildland fire management: A review". *Journal of Environmental Management*, Vol. 92, n.º 8, p. 1895-1909;
- TURNER, B.L., KASPERSON, R.E., MATSON, P.A., MCCARTHY, J.J., CORELL, R. W., CHRISTENSEN, L., ECKLEY, N., KASPERSON, J.X., LUERS, A., MARTELLI, M.L., POLSKY, C., PULSIPHER, A. SCHILLER, A. (2003) - "A Framework for Vulnerability Analysis in Sustainability Science." *Proceedings of the National Academies of Science USA*. p. 8074-8079;
- UNISDR (2009) - "Terminology on disaster risk reduction". Disponível: <http://www.unisdr.org/eng/terminology/UNISDR-terminology-2009-eng.pdf>;
- VASILAKOS, C., KALABOKIDIS, K., HATZOPOULOS, J. , KALLOS, G. e MATSINOS, Y. (2007) - "Integrating new methods and tools in fire danger rating". *International Journal of Wildland Fire*, Vol.16/n.º3, p. 306-316;
- VASILAKOS, C., KALABOKIDIS, K., HATZOPOULOS, J. , KALLOS, G. e MATSINOS, Y. (2009) - "Identifying wildland fire ignition factors through sensitivity analysis of a neural network". *Natural Hazards*, Vol.50/n.º 1, p.125-143;
- VÉLEZ, R. (1985) - "Aplicación de la predicción del peligro para la prevención de los incendios forestales". *Estudios sobre prevención y efectos ecológicos de los incendios forestales*, Madrid, ICONA, p. 15-19;
- VERDE, J.C. (2008) - *Avaliação da perigosidade de incêndio florestal*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Lisboa, Faculdade de Letras, Departamento de Geografia;
- VERDE, J. C. e ZÉZERE, J. L. (2010) - "Assessment and validation of wildfire susceptibility and hazard in Portugal". *Natural Hazards and Earth System Science*, Vol. 10/n.º 3, p. 485-497;
- VOGEL, C. e O'BRIEN K. (2004) - Vulnerability and Global Environmental Change: Rhetoric and Reality, AVISO - *Information Bulletin on Global Environmental Change and Human Security* 13. Disponível: <http://www.gechs.org/publications/aviso/13/index.html>;
- WANCZURA, S. e ANGINARD M. (2011) - *Glossary of definitions and relevant terms*, project MOVE- Methods for the improvement of vulnerability Assessment in Europe, D.1.3. Disponível em http://www.move-fp7.eu/documents/MOVE_Glossary.pdf.
- WEICHELSEGARTNER, J. (2001) - "Disaster mitigation: the concept of vulnerability revisited". *Disaster Prevention and Management*, Vol.10/ n.º 2, p. 85-95;
- WHITTAKER, J., HANDMER J., MERCER, D. (2012) - "Vulnerability to bushfires in rural Australia: A case study from East Gippsland, Victoria". *Journal of Rural Studies*, Vol.28, p. 161-173;
- WILLIAMS, J., ALBRIGHT, D., HOFFMANN, A.A., ERITSOV, A., MOORE, P.F., MORAIS, J.C.M., LEONARD, M., SAN MIGUEL-AYANZ, J., XANTHOPOULOS, G., VAN LIEROP, P. (2011) - Findings and Implications from a Coarse-Scale Global Assessment of Recent Selected Mega-Fires. *International Wildland Fire Conference* (5th, 9-13 May 2011, Sun City, South Africa). FAO;
- WISNER, B., GAILLARD, J.C. e KELMAN, I. (EDS). (2012) - *Handbook of Hazards and Disaster Risk Reduction*. Abingdon, Oxfordshire: Routledge.

Agradecimentos

Esta investigação foi desenvolvida no âmbito dos projectos PTDC/GEO/65344/2006 e MOVE - Methods for the improvement of vulnerability Assessment in Europe (<http://www.move-fp7.eu>).