



21

*Territórios de risco: processos,  
vulnerabilidades e segurança*

PRINCIPAIS CAUSAS DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS EM PORTUGAL:  
VARIAÇÃO ESPACIAL NO PERÍODO 2001/12\*

Adélia Nunes

Departamento de Geografia e CEGOT de Coimbra  
[adelia.nunes@fl.uc.pt](mailto:adelia.nunes@fl.uc.pt)

Luciano Lourenço

Departamento de Geografia e CEGOT de Coimbra  
[luciano@uc.pt](mailto:luciano@uc.pt)

Sofia Fernandes

Professor at the Worcester Polytechnic Institute, USA  
[sofia.fernandes@uc.pt](mailto:sofia.fernandes@uc.pt)

Ana C. Meira Castro

Departamento de Matemática do Instituto Superior de Engenharia do Porto  
[ana.meira.castro@eu.ipp.pt](mailto:ana.meira.castro@eu.ipp.pt)

RESUMO

O conhecimento das causas dos incêndios florestais, e dos respetivos fatores de ignição, é indispensável para a eficaz implementação de medidas que visem a prevenção da sua ocorrência. Com o presente trabalho pretende-se analisar, à escala do município, a distribuição espacial das principais causas que, entre 2001 e 2012, estiveram na origem das ignições e detetar inter-relações entre as características, físicas e humanas, dos territórios municipais e a incidência de determinado tipo de ignição.

**Palavras-chave:** Causa dos incêndios, causas negligentes, causas Intencionais, territórios municipais.

RESUMEN

*Principales causas de los incendios forestales en Portugal: variación espacial en el periodo 2001/12* - El conocimiento de las causas de los incendios forestales, así como los respectivos factores de ignición, es esencial para la aplicación efectiva de medidas dirigidas hacia la prevención de su ocurrencia. Con este trabajo nos proponemos analizar, a escala municipal, la distribución de las principales causas que, entre 2001 y 2012, fueron fuente de ignición y detectar interrelaciones entre las características físicas y humanas de los territorios municipales y la incidencia de ciertos tipos de ignición.

**Palabras clave:** Causa de los incendios, causas negligentes, causas intencionales, territorios municipales.

RÉSUMÉ

*Principales causes des feux de forêt au Portugal: variation spatiale dans le période 2001/12* - La connaissance des causes des feux de forêt et des respectives facteurs d'ignition, est essentiel à la application effective de mesures pour prévenir son occurrence. Avec ce travail, nous proposons d'analyser, à l'échelle de la municipalité, la répartition spatiale des principales causes qui, entre 2001 et 2012, ont été source d'ignition et de détecter les corrélations entre les caractéristiques physiques et humaines des territoires municipaux et l'incidence de certains type d'ignition.

**Mots-clé:** Cause d'incendies, causes négligentes, cause intentionnelles, territoires municipaux.

ABSTRACT

*Main causes of forest fires in Portugal: spatial variation in the period 2001/12* - The knowledge of the causes of forest fires, and the respective factors of ignition, is essential for the effective implementation of measures to prevent its occurrence. With this work we aim to analyze the spatial distribution, at the scale of the municipality, and the main causes that are source of ignitions, between 2001 and 2012, and to detect interrelations between the physical and human characteristics of municipal territories and the incidence of certain type of ignition.

**Keywords:** Cause of fires, negligent causes, intentional causes, municipal territories.

\* O texto deste artigo foi submetido em 22-10-2013, sujeito a revisão por pares a 17-02-2014 e aceite para publicação em 05-05-2014. Este artigo é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 21, 2014, © Riscos, ISBN: 0872- 8941.

## Introdução

Durante várias décadas, os incêndios florestais foram especialmente relacionados com as condições climáticas e meteorológicas de um determinado espaço geográfico, por afetarem a quantidade e a inflamabilidade dos combustíveis (REBELO, 1980; LOURENÇO, 1988, 1991; VIEGAS & VIEGAS, 1994; KUNKEL, 2001; VIEGAS *et al.*, 2001 e 2004; PEREIRA *et al.*, 2005; CARVALHO *et al.*, 2008). Em Portugal, são inúmeros os trabalhos em que se relacionam as características climáticas e meteorológicas do nosso território com a ocorrência dos incêndios (REBELO, 1980; LOURENÇO, 1988 e 1991; LOURENÇO e GONÇALVES, 1990; VIEGAS e VIEGAS, 1994; PEREIRA *et al.*, 2005; CARVALHO *et al.*, 2008). Todavia, o perfil do clima português, mediterrâneo, não justifica, por si só, nem o elevado número de ignições nem a vasta área ardida ao longo destas últimas décadas (NUNES, 2012; NUNES *et al.*, 2013).

Na bacia do Mediterrâneo as causas que estão na origem dos incêndios florestais são maioritariamente humanas, ficando a dever-se a causas naturais uma ínfima parte das ignições (VAZQUEZ & MORENO, 1993; FUENTES *et al.*, 1994; MARTINEZ *et al.*, 2009; LOURENÇO *et al.*, 2013). Assim sendo, as causas dos incêndios, além de diferirem de país para país, são também espacialmente diferentes dentro do mesmo país. De facto, a incidência espacial de incêndios depende de um conjunto, específico, de fatores regionais, associados não só às componentes ambientais, onde se incluem as condições climático-meteorológicas, o relevo, as características dos combustíveis, entre outras, mas também as atitudes e os comportamentos humanos.

LOURENÇO *et al.* (2013) confirmaram que em Portugal as causas relacionadas com as fontes de ignição são, quase exclusivamente, de origem humana, quer seja por ação voluntária, isto é, por ato intencional, quer seja, de forma negligente, por desleixo ou por descuido, onde se incluem os reacendimentos, por deficiente consolidação das ações de rescaldo. Dependendo do contexto social, económico e cultural de uma determinada região, fatores ligados à atividade agrícola ou causas associadas ao uso tradicional do fogo, por exemplo na renovação das pastagens, podem estar na génese de incêndios não intencionais e intencionais. De facto, o conhecimento das causas dos incêndios florestais, e dos respetivos fatores de ignição, é indispensável para a eficaz implementação de medidas que visem a prevenção da sua ocorrência.

Assim, com o presente trabalho pretende-se (1) analisar a distribuição espacial, à escala do município, das principais causas que estão na origem das ignições, no período compreendido entre 2001 e 2012, tendo por base os incêndios florestais investigados e cuja causa foi apurada, dando particular ênfase às causas negligentes

(e dentro destas às que se relacionam com a queima pelo fogo de combustíveis, agrícolas e florestais, denominadas de queimadas) e intencionais (onde se integra o incendiário), (2) detetar inter-relações entre variáveis biofísicas, socioeconómicas e incidência de determinado tipo de causa de ignição.

## Área de Estudo

Os 278 municípios que constituem Portugal Continental caracterizam-se por contextos geoespaciais bastante diferenciados, resultantes não apenas das respetivas características biofísicas mas também das distintas e complexas trajetórias sociodemográficas ocorridas recentemente, com reflexos muito significativos no uso e ocupação do solo.

Assim, numa breve análise aos dados sistematizados (QUADRO I), pode verificar-se que os quantitativos anuais de precipitação variam, em média, entre pouco mais de 400 mm, em Lagoa, no Algarve, e mais de 2500 mm, em Terras de Bouro, no Noroeste português. O indicador de rugosidade topográfica, adaptado de Melton de acordo com PEREIRA & RAMOS (1999), o qual resulta da razão entre a amplitude altimétrica e a raiz quadrada da área do concelho, apresenta um valor médio de 37, embora 189 seja o máximo assinalado no município de Mesão Frio e o mínimo de 2 no da Murtosa. A população residente, tendo por base o último recenseamento, é a que assinala maiores contrastes espaciais, com um máximo, superior a meio milhão de habitantes, e um mínimo, de pouco mais de 1800 habitantes a terem lugar, respetivamente, nos municípios de Lisboa e de Barrancos. O índice de envelhecimento, apesar de registar um elevado valor a nível nacional, denota, do mesmo modo, grandes contrastes espaciais, com o valor mínimo a ser assinalado em Lousada (58,6%) e o máximo em Penamacor (53,4%).

As taxas de desemprego e de analfabetismo registam, igualmente, em 2011, grandes disparidades intermunicipais, atingindo a primeira variável o valor máximo de 30%, em Mourão, e o mínimo de 5%, em Oleiros. Quanto à segunda variável, a taxa de analfabetismo, assinala um valor médio de 8,3%, com o máximo e o mínimo a ocorrerem, respetivamente, nos municípios de Idanha-a-Nova (20,6%) e Oeiras (2,2%). Em termos de ocupação do solo, a área florestal é a que ocupa a maior parte do território (36,3%), seguida da agrícola (31,3%). Contudo, são enormes os contrastes a nível municipal, oscilando, a percentagem de área agrícola, entre 80% e cerca de 1%, respetivamente nos concelhos da Golegã e de Lisboa. A percentagem de área florestal atinge o máximo de 82,4%, em Mortágua, e o mínimo no Porto, 0,6%. No que se refere às áreas incultas, representam cerca de 21% do território, oscilando entre 65%, em Manteiga, e 1% na Golegã.

QUADRO I - Valores máximos, mínimos, médios e desvio-padrão para alguns indicadores biofísicos e socioeconómicos, tendo por base os 278 municípios de Portugal continental.

	Máximo	Média	Mínimo	Desv. Padrão
Precipitação média anual (mm)	2538,9	977,2	410,0	404,3
Indicador de rugosidade topográfica	189,0	37,1	2,0	27,5
População total (2011)	542917,0	36075,0	1822,0	58227,7
Índice de envelhecimento (2011)	538,7	182,9	58,6	87,2
Taxa de desemprego, em % (2011)	29,6	14,4	5,4	3,8
Taxa de analfabetismo, em % (2011)	20,6	8,3	2,2	3,8
Área agrícola, em % (2006)	79,6	31,3	1,1	15,8
Área Florestal, em % (2006)	82,4	36,3	0,6	17,0
Área inculca, em % (2006)	65,3	20,9	1,1	15,4

### Fontes e Metodologia

A recolha e divulgação dos dados referentes às causas dos incêndios florestais começou por ser da responsabilidade da Direção-Geral das Florestas, depois da Autoridade Florestal Nacional e, atualmente, do Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF), que mantém a responsabilidade dessa divulgação (<http://www.icnf.pt/portal>), uma vez que a entidade responsável pela recolha e tratamento dessa informação passou a ser a Guarda Nacional Republicana, através do SEPNA, Serviço de Proteção da Natureza e do Ambiente. Utilizaram-se, assim, as listas de incêndios florestais, a nível local, no período compreendido entre 2001 e 2012. Estas bases de dados foram atualizadas em conformidade com o Sistema de Gestão de Incêndios Florestais, do ICNF. Do conjunto de variáveis disponibilizadas utilizaram-se, inicialmente duas: o número de ocorrências e a área ardida, ao nível do concelho. Posteriormente, a análise recaiu sobre os incêndios cuja causa foi, ou não, investigada e dentro destas, as que permitiram a identificação de uma causalidade. A classificação das causas teve por base o documento de “*Codificação e definição das categorias das causas*” disponível no website do ICNF. Na sequência deu-se ênfase à distribuição espacial das ignições, em função do tipo de causa identificada: negligente (e dentro destas às que tiveram génese nas queimadas - com os códigos de 121 a 129- e na renovação de pastagens- a que corresponde o código 125-), intencional (definida como incendiário, com os códigos compreendidos entre 412 e 449) e natural.

Com o objetivo de determinar alguns dos potenciais fatores, assim como algumas categorias de causalidade que, à escala municipal, influenciaram a ignição de incêndios florestais, foi definido um conjunto de variáveis (independentes) onde se integram as características físicas, socioeconómicas, ocupação do solo, estrutura da propriedade e rede viária (QUADRO II). Deste modo, o valor relativo à precipitação média anual foi extraído da carta Precipitação - Quantidade total (1931-1960), do Atlas do Ambiente (Agência Portuguesa do Ambiente,

<http://sniamb.apambiente.pt>), após a ponderação de cada uma das classes de precipitação obtidas através da interceção deste mapa com o dos municípios. Por sua vez, as variáveis socioeconómicas, bem como as ligadas à estrutura da propriedade foram extraídas dos documentos oficiais, disponibilizados pelo Instituto Nacional de Estatística, enquanto que as relativas à ocupação do solo tiveram como base o 6.º Inventário Florestal Nacional disponibilizado pelo Instituto de Conservação da Natureza e Florestas.

Para avaliar o grau de correlação entre o conjunto de variáveis, dependentes e independentes, considerou-se o coeficiente de correlação de Spearman ( $r_s$ ), teste. Sendo este coeficiente esta uma medida não paramétrica, não é sensível a assimetrias na distribuição, nem à presença de outliers, não exigindo, portanto, que os dados provenham de duas populações normais. O coeficiente de correlação de Spearman varia entre 1 e -1. Quanto mais próximo estiver destes extremos maior será a associação, direta ou inversa, respectivamente, entre duas variáveis. Na interpretação dos resultados teve-se em conta apenas os coeficientes de correlação significativos ao nível de 0,0001.

### Resultados

#### *Número de ocorrências e área ardida entre 2001-2012*

No período de 2001 a 2012 foram contabilizados, em território continental, cerca de 400 000 ignições a que correspondeu uma área ardida superior a 1 790 000 ha (fig. 1). Os anos de 2003 e 2005, respetivamente com uma área incinerada de 470 000 e 370 000 ha, foram os mais desastrosos, desde que há registos. O ano de 2005 assinalou, também, o maior número de ocorrências, tendo ultrapassado 50 000 ignições. A evolução do número de ignições alvo de investigação, no que se refere à sua origem e a área ardida correspondente aos incêndios investigados, do início do novo milénio até 2006, manteve uma percentagem de ignições

QUADRO II - Variáveis dependentes e independentes utilizadas, a nível municipal.

VARIÁVEIS DEPENDENTES	FONTE
Incêndios florestais (2001-2012)	
Total de ignições	Instituto de Conservação da Natureza e Florestas, ICNF
Total de ignições classificadas como negligentes quanto à sua causalidade	
Total de ignições classificadas como queimadas quanto à sua causalidade	
Total de ignições classificadas como renovação de pastagens quanto à sua causalidade	
Total de ignições classificadas como incendiário quanto à sua causalidade	
<b>VARIÁVEIS INDEPENDENTES</b>	
Indicador de rugosidade topográfica	Instituto Nacional de Estatística, INE
Precipitação média anual (em mm), 1931-60	Atlas do Ambiente, APA
População total, 2011	Recenseamentos Gerais da População, INE
Densidade de população, 2011	
Índice de envelhecimento, 2010	
Taxa de Analfabetismo, 2011	
Variação na Taxa de Desemprego, 2001-2011	
Taxa de Desemprego, 2011	
Total de Agricultores, 2009	Recenseamentos Agrícolas, INE
Total de Agricultores com mais de 65 anos de idade, 2009	
Número de Bombeiros, 2011	Instituto Nacional de Estatística, INE
Área agrícola, em %, 2006	Inventário florestal Nacional, ICNF
Área de floresta, em %, 2006	
Área inculta, em %, 2006	
Total de gado miúdo (ovino e caprino), 2009	Recenseamentos Agrícolas, INE
Densidade de gado miúdo, 2009	
Total de gado bovino, 2009	
Densidade de gado bovino, 2009	
Nº de parcelas por Exploração, 2009	
km de rede viária	
Km de rede viária /km <sup>2</sup>	

investigadas bastante reduzida, a oscilar entre 2 e 4%, mas foi responsável por uma área ardida significativa, entre 30 e 45% do total incinerado (fig. 2).

Depois, no ano 2007, observou-se um nítido incremento no número de ignições objeto de investigação, quintuplicando face ao período anterior. Nos anos que se seguiram a tendência na investigação das causas que estão na origem dos incêndios continuou nitidamente positiva, ascendendo a 70%, no ano de 2012. A média de ignições investigadas para o período analisado ronda 26%, todavia para um número bastante significativo de ocorrências, de aproximadamente 40%, não foi possível apurar a causa que esteve na sua origem (fig. 3). Das causas apuradas, são os atos humanos, negligentes e intencionais, que estão na origem da grande maioria dos incêndios florestais, com 36,6 e 20,3% respetivamente. O desencadeamento de incêndios florestais devido a causas naturais apenas representa 0,8% do total de ocorrências investigadas (fig. 3).

*Geografia dos incêndios e das principais causas de ignição, entre 2001 e 2012*

Antes de se proceder à espacialização de algumas das principais causas responsáveis pela ignição dos incêndios florestais em Portugal continental, importa fazer uma

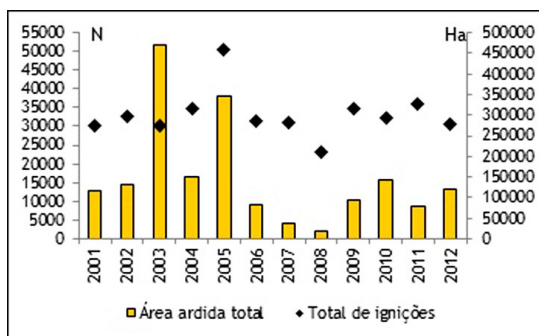


Fig. 1 - Evolução do número de ocorrências e da respetiva área ardida em Portugal, no período de 2001/2012.

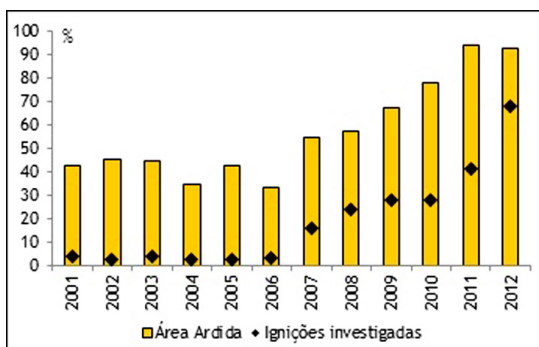


Fig. 2 - Percentagem de ocorrências investigadas e respetiva área ardida em Portugal, no período de 2001/2012.



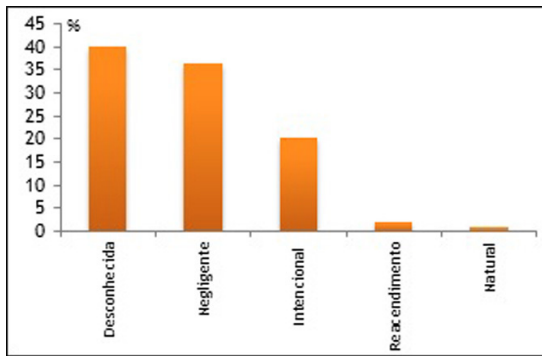


Fig. 3 - Classificação das causas investigadas.

análise à distribuição das ocorrências, no período de 2001 a 2012. Assim, a distribuição geográfica das ignições a nível nacional, durante este período, dá-nos uma visão da sua distribuição espacial e da sua concentração em determinadas áreas, uma vez que se salientaram 7 municípios com uma média superior a 500 ocorrências/ano no período analisado, sendo eles: Santa Maria da Feira, Vila Nova de Gaia, Paredes, Penafiel, Guimarães, Gondomar e Sintra (fig. 4).

Com uma média compreendida entre 250 e 500 ocorrências/ano, contabilizaram-se 27 municípios, localizados predominantemente no Noroeste de Portugal. Além dessa faixa que abrange principalmente concelhos

do distrito do Porto e Braga, há a acrescentar no Norte de Portugal, os municípios de Montalegre e Chaves, bem como, na região centro, o de Viseu, e na região de Lisboa, os de Mafra, Alenquer e Torres Vedras. Com menos de uma centena de ignições/ano, sobressaem os municípios a Sul do Tejo, com exceção de alguns localizados na Península de Setúbal, assim como a maioria dos que se localizam na Lezíria e Médio Tejo e no Pinhal Interior, Norte e Sul.

Passando agora à análise da distribuição espacial das ocorrências cuja causa foi investigada, verifica-se que não existe proporcionalidade entre esta investigação e o número de ignições.

De facto, quando se espacializam as ocorrências não investigadas (fig. 5), verifica-se que em cerca de 100 municípios (isto é, 38% do total nacional) a causa inicial das ignições não é averiguada em mais de 75% das ocorrências. Com efeito, nestes últimos doze anos, foi, sobretudo, na região Centro de Portugal e, em especial, nos municípios do distrito de Coimbra que maior número de incêndios se investigou, no que toca à sua causa inicial.

Pese embora o crescente empenho colocado na averiguação das causas responsáveis pelo deflagrar de incêndios no nosso território, é notório que em alguns

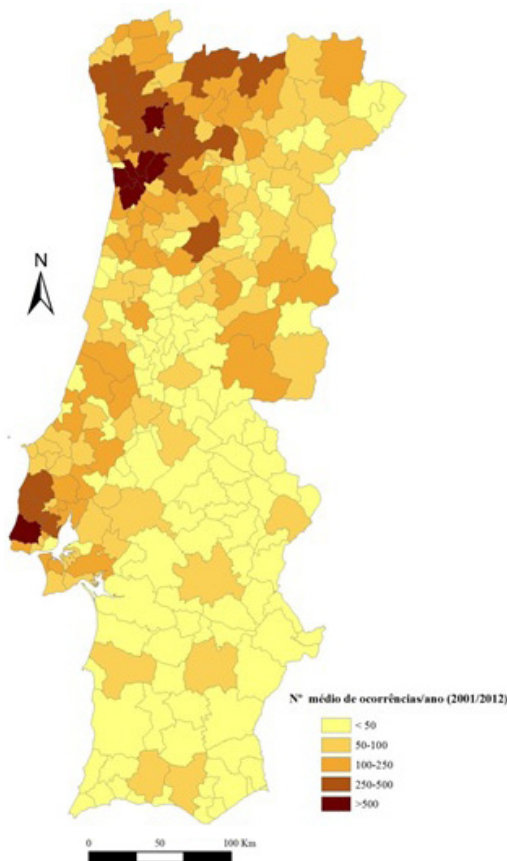


Fig. 4 - Número médio anual de ocorrências de incêndio florestal (2001/2012), por município.

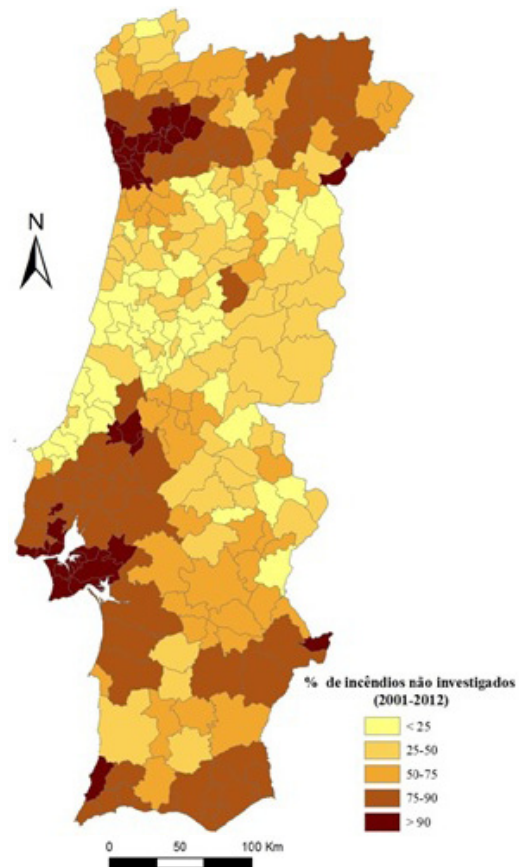


Fig. 5 - Percentagem média de ocorrências de incêndio florestal não investigadas (2001/2012), por município.

municípios o grau de eficácia na sua identificação é, ainda, muito reduzido, ficando por apurar mais de 75% das ignições alvo de investigação (fig. 6). Esta ineficácia é mais visível no Sul do país e na faixa litoral do norte da região centro e norte de Portugal e, ainda, no distrito de Castelo Branco. Em contrapartida, é no interior, do centro e Norte de Portugal que se assinalam as maiores percentagens de ignições com causa identificada.

Das causas apuradas, como foi referido anteriormente, os atos negligentes são preponderantes, sendo responsáveis por mais de 60% das ignições com origem identificada. Nesta categoria de causalidade integram-se vários atos negligentes, desde o uso inadequado de fogo (devido à queima de lixo, realização de queimadas, lançamento de foguetes, entre outras), acidentais (devido a falhas no transporte e comunicações, na maquinaria e equipamento ou outras causas acidentais) e, ainda, estruturais (nas quais se integram comportamentos e atitudes reativas a determinado tipo de atividades: caça e uso do solo). No que se refere ao uso inadequado do fogo, as queimadas, definidas como queima pelo fogo de combustíveis agrícolas e florestais, originaram mais de 70% das ignições integradas na categoria denominada como negligente.

A sua espacialização, à escala do município, mostra que é sobretudo no Centro e Norte de Portugal que a queima de combustíveis, de modo intencional ou negligente, está na origem de um elevado número de ocorrências anuais (fig. 7). Nos concelhos de Leiria, Sabugal, Figueira de Castelo Rodrigo, Cinfães, Lamego, Castro Daire, Resende e Montalegre representaram, em média, mais de 50 ocorrências por ano. Com uma média a oscilar entre 30 e 50 ocorrências, sobressaem ainda outros municípios dos distritos da Guarda, Vila Real, Viana do Castelo e Leiria.

Aqueima periódica, de matos e herbáceas, com o objetivo de melhorar a qualidade forrageira das pastagens naturais, constituiu um dos comportamentos com maior peso no aumento das queimadas, pois representa cerca de 40% do seu total, e no incremento do número de incêndios devido a atitudes negligentes, representando cerca de 30% do conjunto. Assim, a renovação de pastagens enquanto fator desencadeante de incêndios florestais assumiu particular relevância nos municípios de Montalegre, Cinfães, Castro Daire, Figueira de Castelo Rodrigo e Lamego, com uma média anual, para o período analisado, de 40 ignições, do conjunto que foi alvo de investigação e a causa foi apurada (fig. 8). Não deixam de ser preocupantes, devido à elevada incidência deste

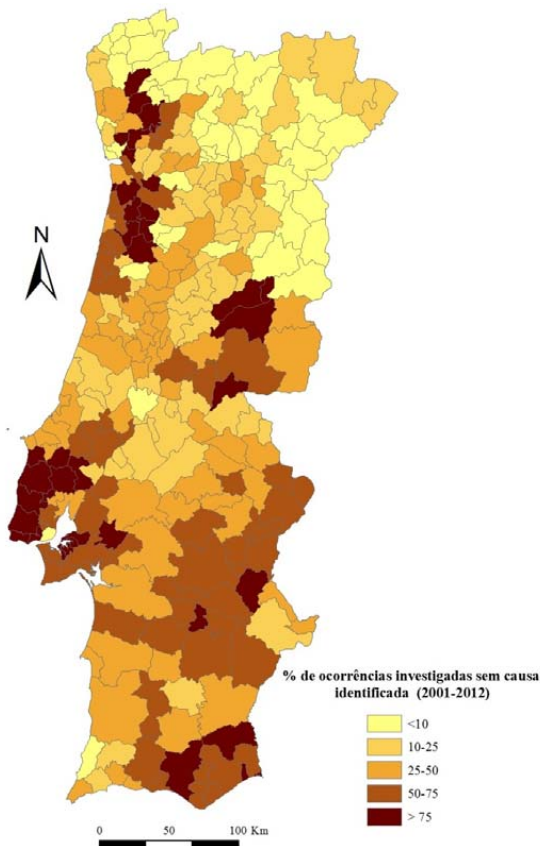


Fig. 6 - Percentagem média de ocorrências de incêndio florestal investigadas, sem causa identificada (2001/2012), por município.

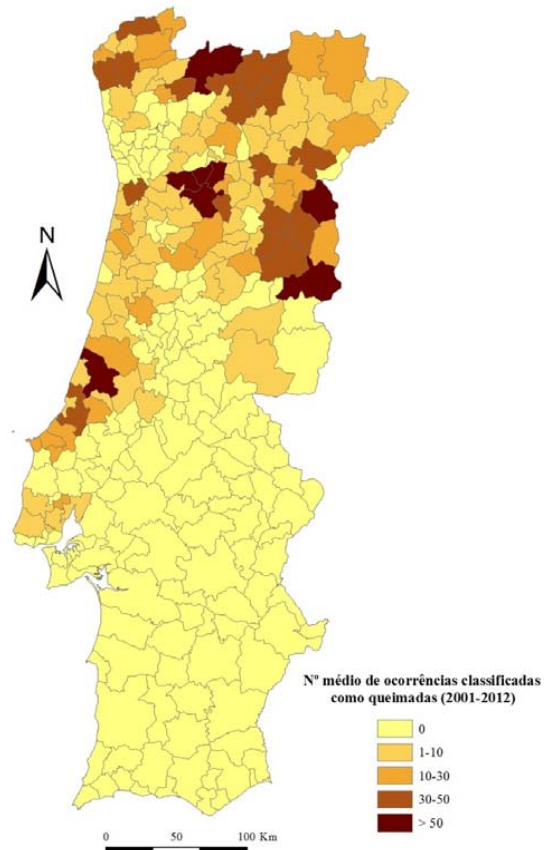


Fig. 7 - Número médio anual de ocorrências de incêndio florestal classificadas como queimadas (2001/2012), por município.

tipo de causalidade, os valores assinalados pela quase totalidade dos concelhos da Beira Transmontana e de alguns dos distritos de Viseu e Vila Real. Como é possível observar, este tipo de causa ocorre predominantemente no interior Centro e Norte de Portugal, assim como nos concelhos mais setentrionais do Noroeste português.

Nas causas classificadas como intencionais, integram-se as denominadas de incendiário, estabelecendo-se a diferenciação entre as imputáveis (como por exemplo brincadeiras de crianças, irresponsabilidade de menores ou piromania) e as imputáveis (onde se integram manobras de diversão, provocação aos meios de combate, vandalismo, vinganças, entre outras). No conjunto, representaram cerca de 20% das ocorrências cuja causa foi investigada e 34% daquelas em que a origem foi identificada.

Geograficamente foi nos municípios a norte do Tejo que as causas associadas ao incendiário assumiram maior relevância (fig. 9), onde se destacam três grupos de concelhos, pela forte incidência deste fator desencadeante de incêndios florestais: no noroeste português, os de Arcos de Valdevez, Ponte da Barca, Ponte de Lima, Paredes de Coura e Viana do Castelo; ainda no

norte, os de Cinfães, Amarante e Marco de Canavezes; e, por último, no centro de Portugal, os de Viseu e Mangualde. Com um elevado número de ocorrências catalogadas como intencionais, por oscilarem entre 10 e 30 por ano, são ainda de destacar mais 13% dos concelhos nacionais, localizados predominantemente nos distritos de Vila Real, Viseu e Leiria.

*Distribuição espacial dos incêndios florestais e principais causas de ignição vs características físicas e humanas dos territórios municipais: que relações?*

A consideração do coeficiente de correlação de Spearman, com o objetivo de detetar correlações entre variáveis relativas aos incêndios florestais e as características físicas e humanas dos territórios municipais de Portugal continental, permitiu determinar as que assinalavam maior relação, tendo sido sistematizadas aquelas que demonstravam um nível de significância inferior 0,001 (p-value <0,001) (QUADRO III).

Assim, dos resultados obtidos relativamente às causas dos incêndios, a variável que melhor se relaciona positivamente com a distribuição dos incêndios florestais, a nível municipal, no período de 2001/12, é o número

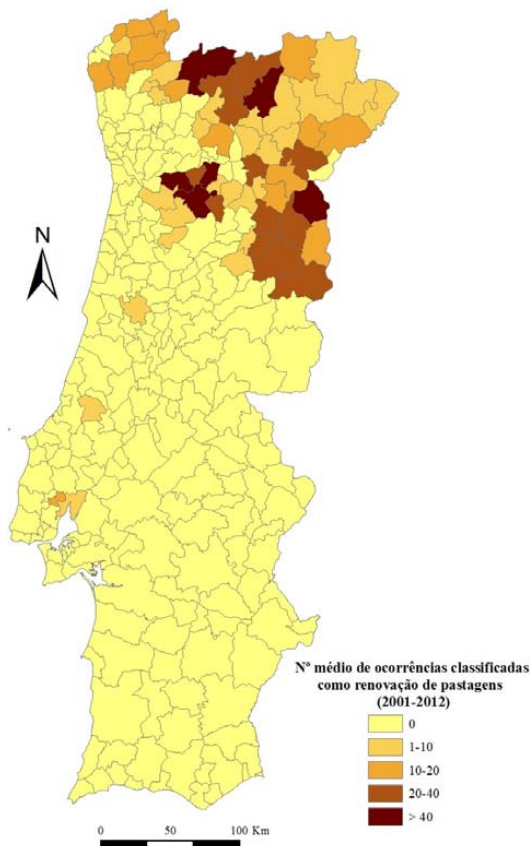


Fig. 8 - Número médio anual de ocorrências de incêndio florestal classificadas como queimadas para renovação de pastagens (2001/2012), por município.

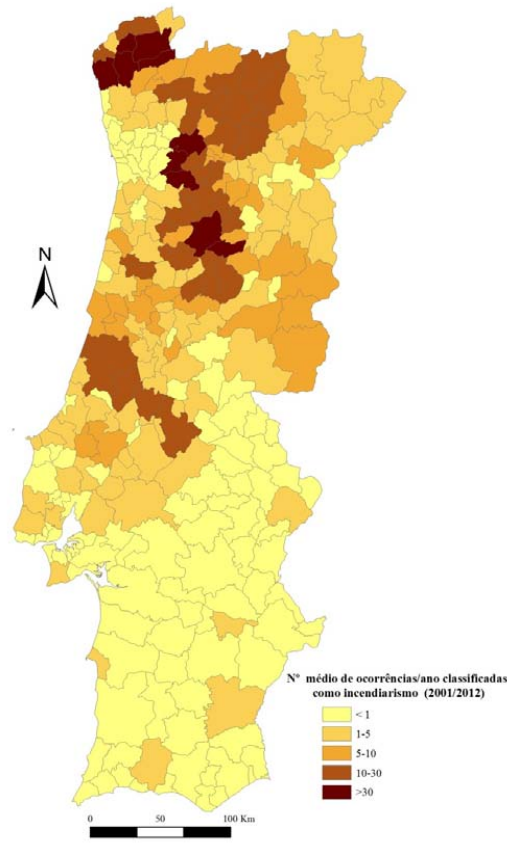


Fig. 9 - Número médio anual de ocorrências de incêndio florestal classificadas como incendiário.



de parcelas por exploração (rs: 0,568). Em oposição, e embora com valores pouco acentuados, as variáveis que registam uma correlação negativa com o número total de ignições é o índice de envelhecimento da população (rs: -0,492) e a taxa de analfabetismo (rs: -0,415).

Embora também com um valor relativamente baixo de correlação, são ainda de assinalar as relações, estatisticamente significativas, assumidas entre a incidência espacial de focos de ignição e a precipitação média anual (rs: 0,436), o indicador de rugosidade topográfica (rs: 0,339), o total de agricultores (rs: 0,428), a densidade de rede viária (rs: 0,430), o número total de agricultores com idade superior a 65 anos (rs: 0,387), assim como a variação nas taxas de desemprego registada nesta última década (rs: 0,214). Em oposição, com um coeficiente de correlação de sinal negativo sobressaiem duas variáveis: o índice de envelhecimento e a taxa de analfabetismo.

No que se refere às principais causas de ignição, quando se considera a que foi determinada como negligente e se relaciona a sua distribuição espacial com as variáveis territoriais, destacam-se pelo seu maior grau de associação, positivo, as seguintes: número total de agricultores, percentagem de áreas incultas, total de agricultores > 65 anos, rede viária, precipitação média anual, número de parcelas por exploração e indicador de rugosidade topográfica (QUADRO III). Aliás, este conjunto de variáveis emerge também como o mais significativo na explicação da distribuição espacial das ignições resultantes do uso inadequado de fogo, na queima de combustíveis, agrícolas e florestais. A este conjunto associam-se, à escala municipal, outras duas variáveis,

com sinal negativo, sendo elas a taxa de desemprego e a percentagem de área agrícola.

A incidência municipal de ignições cuja fonte se associa à renovação de pastagens reafirma o seu relacionamento positivo com variáveis tais como: percentagem de áreas incultas, maior número de agricultores, a presença de relevo mais acidentado, total de agricultores > 65 anos, a dispersão das explorações por um elevado número de parcelas, rede viária e maiores quantitativos de precipitação média anual. Além deste conjunto de variáveis, são de destacar outras, com as quais também manifesta uma associação direta, estatisticamente significativa, como sejam: taxa de analfabetismo, presença de maior número de cabeças de gado miúdo (ovino e caprino) e, ainda, o índice de envelhecimento da população. Com associação inversa sobressai a percentagem de área florestal.

No que concerne às motivações intencionais, classificadas como incendiarismo, elas associam-se positivamente não só às duas variáveis biofísicas (índice de rugosidade topográfica e precipitação média anual), mas também ao número de agricultores e de parcelas por exploração, bem como às percentagens de área inculta e florestal e, ainda, à rede viária. Com sentido inverso, sobressai a percentagem de área classificada como agrícola.

#### Discussão dos resultados

Os resultados obtidos mostram o elevado número de ignições registadas em Portugal continental nestes últimos 12 anos, com um total anual superior a 30 000 ocorrências, com exceção do ano de 2008, em que foi

QUADRO III -Correlações de Spearman (rs) entre a incidência espacial de ocorrências e as respetivas causalidades, negligente ou intencional, e as características físico-humanas dos diferentes territórios municipais (n=278), à escala nacional\*.

Variáveis físico-humanas dos diferentes territórios municipais	Total de ignições	Negligente			Intencional
		Total	Queimadas	Ren. pastagens	Incendiarismo
Indicador de rugosidade topográfica	0,339	0,203	0,412	0,467	0,495
Precipitação média anual	0,463	0,282	0,369	0,252	0,513
Índice de envelhecimento	-0,492			0,169	
Taxa de analfabetismo	-0,415			0,231	
Variação na Taxa de desemprego	0,214				
Taxa de desemprego			-0,209		
Total de agricultores	0,428	0,360	0,507	0,482	0,535
Total de agricultores > 65 anos	0,387	0,325	0,460	0,461	0,509
Área agrícola, em %			-0,206		-0,205
Área de floresta, em %				-0,205	0,201
Área inculta, em %		0,340	0,361	0,577	0,410
Total de gado miúdo				0,221	
Nº de parcelas por exploração	0,568	0,274	0,524	0,386	0,489
Rede viária, em km	0,430	0,290	0,334	0,284	0,360

p-value < 0,001

inferior. Aliás, nas décadas anteriores, são em número reduzido os anos em que esse valor foi ultrapassado, destacando-se os de 1995, 1998 e 2000. A constatação destes resultados mostra que as sucessivas políticas/medidas implementadas com o objetivo de reduzir o número de ignições não têm produzido os efeitos desejáveis no território nacional.

A análise à distribuição espacial dos incêndios mostra uma interessante dicotomia Norte/Centro vs Sul, com os municípios a norte do rio Tejo a concentrar o maior número de ignições. Quando analisadas as fontes de ignição, fica demonstrada a sua origem antrópica, na quase totalidade das ocorrências, quer seja, por ato intencional, quer seja, de forma negligente, por desleixo ou por descuido, onde se integram os reacendimentos, por deficiente consolidação das ações de rescaldo (LOURENÇO *et al.*, 2011/12).

Contudo, a análise espacial da incidência de incêndios florestais, à escala municipal, destaca a presença humana como a principal responsável pela sua desigual distribuição. Estes resultados concordam com os obtidos por vários autores, os quais também detetaram fortes correlações entre a ocorrência de incêndios e o total de população nas áreas mediterrâneas da península Ibérica (PIÑOL & TERRADAS, 1996; ROMERO-CALCERRADA *et al.*, 2008; MARTÍNEZ *et al.*, 2009; BADIA *et al.*, 2011). Com efeito, os seres humanos são considerados a causa primária dos incêndios florestais em todo o mundo (PYNE, 1982), pelo que o aumento da população se traduz num incremento do risco potencial de ignição de incêndios florestais.

Todavia a distribuição municipal dos focos de ignição parece resultar da sinergia entre a ação antrópica e as características físico-geográficas do território, com destaque para a topografia e precipitação média anual. De facto, a maior incidência de focos de ignição nos municípios com topografia mais acidentada (CARMO *et al.*, 2011) e clima húmido e sub-húmido (associados a maiores quantitativos anuais de precipitação e menores valores médios de temperaturas) (NUNES, 2012), o qual permite o desenvolvimento de maiores quantidades de biomassa, em especial ao nível dos estratos herbáceos e arbustivos, por se regenerarem mais rapidamente, parecem, assim, potenciar o uso do fogo na redução do coberto vegetal.

Aliás, estas duas variáveis correlacionam-se positivamente com as diferentes tipologias de causalidade analisadas (intencional, queimas e renovação de pastagens), assumindo os maiores coeficientes quando se faz a sua inter-relação com a distribuição das ignições motivadas intencionalmente. Ainda no que se refere à desigual incidência de focos de ignição, outras variáveis são de destacar, nomeadamente as que se prendem com a estrutura

da propriedade fundiária, em que a elevada compartimentação das explorações agrícolas interfere positivamente tanto na ocorrência de incêndios como na prevalência de determinados tipos de causalidade, com particular ênfase para as queimas e incendiário. MARTÍNEZ *et al.* (2008) verificaram, de igual modo, que em Espanha a elevada fragmentação da estrutura fundiária constitui um fator de elevada importância na eclosão de incêndios florestais, em parte devido ao uso negligente do fogo (por exemplo na regeneração das pastagens pelos pastores ou na incineração de restos vegetais resultantes do corte ou desbaste dos matos), em particular nas áreas de maior abandono agrícola.

O número de agricultores, assim como a sua idade, também têm sido sugeridos para explicar a ignição de incêndios em áreas rurais (JRC-IES, 2008). Com efeito, a presença de agricultores e o respetivo envelhecimento, neste caso tendo por base o número de agricultores com idade superior a 65 anos, também estão entre as principais causas de ignição, à escala do município, e relaciona-se positivamente com as origens, intencionais ou negligentes, aqui analisadas. De acordo com o JRC-IES (2008) o envelhecimento da população rural aumentou o risco de incêndio florestal, associado às práticas tradicionais de uso do fogo, tendo evoluído para, no presente, estar entre as principais causas de incêndios intencionais, na maioria dos países do Mediterrâneo.

Da interpretação dos resultados obtidos, o envelhecimento da população apenas surge como um dos fatores explicativos da desigual incidência espacial dos focos de incêndio cuja causa se relaciona com a renovação das pastagens. Para as restantes tipologias de causas dos incêndios não manifesta qualquer tipo de correlação, assumindo uma associação inversa quando relacionado com a incidência espacial do total de ignições. Aliás, tanto esta variável como a taxa de analfabetismo registam correlações negativas com a repartição municipal de ocorrências e positivas com a incidência espacial de motivações associadas à renovação de pastagens. Por outro lado, este tipo de causalidade faz emergir outras variáveis importantes na compreensão da sua incidência geográfica, tais como o número de cabeças de gado miúdo e a percentagem de incultos, ao nível do município. Esta última variável é, assim, importante para compreender a distribuição, a nível nacional, dos incêndios cuja causa se encontra no uso inadequado do fogo, com particular destaque para a realização de queimas, que na sequência se transformam em incêndios florestais.

Com efeito, a forte incidência de incêndios florestais em praticamente toda a região mediterrânea, com especial destaque para o território continental português, tem sido relacionada com a quantidade

de biomassa acumulada, na sequência do abandono dos usos tradicionais do território, assentes essencialmente, na trilogia agro-silvo-pastoril (MOREIRA *et al.*, 2001; PAUSAS, 2004; LOURENÇO, 2006; FERREIRA-LEITE *et al.*, 2011; MOREIRA *et al.*, 2011; Nunes, 2012; NUNES *et al.*, 2013). Com o abandono destas atividades, assistiu-se ao incremento de áreas com vegetação natural e semi-natural, sem qualquer tipo de gestão. O uso milenar do fogo como estratégia de controlo do coberto vegetal continua, portanto, a ser utilizado, sobretudo nas regiões onde os estratos herbáceo e arbustivo se desenvolvem com maior rapidez e onde a pressão agro-pastoril ainda permanece. Em contrapartida, os municípios com maiores percentagens de área florestal apresentam uma correlação negativa com a renovação de pastagens, corroborando assim a importância do uso do fogo no controlo dos combustíveis, resultantes da regeneração do coberto vegetal natural.

A recuperação e implementação da pastorícia, em particular de gado miúdo, ovinos e caprinos, tem sido sistematicamente apontada como uma das vias para o controlo e manejo destas áreas, por envolver a criação de um mosaico compartimentado no território. Contudo, a dinamização destes sistemas de gestão territorial tornam necessário que estas áreas mantenham um mínimo de população, e que uma percentagem se dedique às atividades agro-silvo-pastoris. Todavia, estes territórios, fortemente marginalizados no processo de desenvolvimento, contêm uma população assustadoramente envelhecida para assimilar e aderir a novos conceitos de gestão territorial, tanto mais que os níveis de escolarização da maioria dos atuais produtores agrícolas são muito baixos.

Outra das variáveis que influencia diretamente não só o total de ignições, mas também a prevalência de todos os tipos de causalidade, é a rede viária. Com efeito, a acessibilidade tem sido frequentemente relacionada com a dispersão geográfica de focos de ignição (ALEXANDRIAN & GOIRAN, 1990; CATRY *et al.*, 2007; MARTÍNEZ *et al.*, 2008), pelo que, para Portugal continental, Catry *et al.* (2007) avaliaram em cerca de 70% as ocorrências que têm lugar na proximidade de rede viária, a uma distância inferior a 500 metros.

Para além do conjunto de fatores analisados, alguns de natureza socioeconómica, tais como a taxa de desemprego ou a sua variação nestes últimas décadas, cada vez mais são tidos em conta quando se analisa a distribuição do total de ignições (FERREIRA de ALMEIDA *et al.*, 1992; LEONE *et al.*, 2003; CHUVIECO *et al.*, 1999; VELEZ, 2000; SEBASTIAN-LOPEZ *et al.*, 2008; GANTEAUME *et al.*, 2013). De facto, à escala do município, em Portugal continental regista-se uma relação positiva entre o número de ocorrências e as taxas de variação no desemprego.

## Conclusão

O conhecimento das motivações que estão na origem dos incêndios florestais, assim como da sua distribuição espacial, constitui uma ferramenta imprescindível na conceção de políticas de prevenção, adaptadas à realidade socioeconómica, cultural e ambiental de cada município e/ou região. Nestas circunstâncias, será deveras importante encetar esforços no sentido de reforçar a investigação das causas que estão na génese de tão elevado número de incêndios e, sobretudo, afinar os procedimentos dessa investigação, no sentido de reduzir a, ainda elevada, percentagem de causas indeterminadas.

Em Portugal continental, quando, à escala do município, analisa-se a distribuição geográfica das ocorrências e de algumas das causas que estão na sua génese verifica-se elas se conjugam com fatores biofísicos e socioeconómicos, os quais contribuem não só para o aumento do risco de ignição, mas também para a prevalência de determinadas tipologias de causalidade. Ora, se o aumento da presença humana é sinónimo de acréscimo no risco potencial de ignição, outras são as variáveis que contribuem para a sua intensificação, sendo de destacar a rede viária, a qual facilita a acessibilidade, bem como a elevada compartimentação da propriedade rústica e, ainda, as condições biofísicas, em particular as associadas à precipitação média anual, uma vez que ela é determinante no desenvolvimento e acumulação da biomassa que, posteriormente, se encontra disponível para, no período estival, ser consumida pelas chamas.

Não há dúvida de que o acréscimo de combustíveis, sem qualquer tipo de gestão, constitui uma das principais causas responsáveis pela adoção de atitudes e comportamentos que estão na origem de incêndios florestais, tais como as queimadas para renovação das pastagens. Neste contexto, torna-se relevante e urgente a implementação de um conjunto de técnicas de gestão de combustíveis, com o objetivo de reduzir a carga de biomassa e, desta forma, prevenir o uso inadequado do fogo, que está na origem de uma percentagem significativa de incêndios florestais em alguns dos municípios nacionais.

Estas medidas deverão, naturalmente, ser acompanhadas de campanhas de sensibilização especialmente preparadas e dirigidas para os públicos-alvo específicos que, através do uso do fogo, sejam causadores involuntários de incêndios florestais, com particular destaque para os agricultores e pastores, mas também para outros públicos, designadamente urbanos, que, pontualmente, exerçam atividade em espaços agro-florestais, quer sejam de lazer ou outras, e que, transportando os seus comportamentos urbanos de uso do fogo, aumentam o risco de incêndio em meio rural.

Quanto às motivações dolosas, definidas como incendiário, pensa-se que só a aplicação de medidas de punição adequadas poderão ser eficientes na redução deste tipo de causalidade. Quando se refere adequadas, apenas se quer indicar que elas devem ter em vista a prevenção de incêndios, por exemplo, a prisão preventiva de incendiários confessos, durante o período crítico, que será certamente mais eficaz do que a sua prisão efetiva durante o período de outono-inverno.

### Bibliografia

- ALEXANDRIAN, D. & GOUIRAN, M. (1990) - "Les incendies de forêts en France". *Revue Forestière Française XLII*. N° special: pp. 34-41.
- BADIA, A., SERRA, P., & MODUGNO, S. (2011) - "Identifying dynamics of fire ignition probabilities in two representative Mediterranean Wildland Urban Interface areas". *Applied Geography* 31, pp. 930-940.
- CAMIA, A. & AMATULLI, G. (2009) - "Weather Factors and Fire Danger in the Mediterranean". In CHUVIECO, E. (ed.), *Earth Observation of Wildland Fires in Mediterranean Ecosystems*. Springer-Verlag, Berlin, pp. 71-82.
- CARMO, M.; MOREIRA, F.; CASIMIRO, P.; VAZ, P. (2011) - "Land use and topography influences on wildfire occurrence in northern Portugal". *Landscape and Urban Planning*, 100, pp. 169-176.
- CARVALHO, A.; Flannigan, M. D.; LOGAN, K.; MIRANDA, A. I.; BORREGO, C. (2008) - "Fire activity in Portugal and its relationship to weather and the Canadian Fire Weather Index System". *International Journal of Wildland Fire* 17, pp. 328-338.
- CATRY, F. X., DAMASCENO, P., SILVA, J.S., GALANTE, M., MOREIRA, F. (2007) - "Spatial Distribution Patterns of Wildfire Ignitions in Portugal". Conference Wildfire, Seville (Spain).
- CHUVIECO, E., SALAS, F. J., CARVACHO, L., RODRÍGUEZ-SILVA F. (1999)- "Integrated fire risk mapping". In: CHUVIECO E (ed) *Remote Sensing of Large Wildfires in the European Mediterranean Basin*, Berlin Springer-Verlag, pp 61-84.
- FERREIRA de ALMEIDA, A. M. S. & VILACAE-MOURA, P. V. S. (1992) - "The relationship of forest fires to agro-forestry and socioeconomic parameters in Portugal". *International Journal of Wildland Fire* 2: pp. 37-40.
- FUENTES, E. R., SEGURA, A. M., HOLMGREN, M. (1994)- "Are the responses of matorral shrubs different from those in an ecosystem with reputed fire history?" In: MORENO JM and OECHEL WC (eds) *The Role of Fire in Mediterranean-Type Ecosystems. Ecological Studies 107*, Springer-Verlag, NewYork, pp. 16-25.
- GANTEAUME, A., CAMIA, A., Jappiot, M., SAN-MIGUEL-AYANZ, J., FOURNEL, M., LAMPIN, C. (2013) - "A review of the main driving factors of forest fire ignition over Europe". *Environmental Management*, 51, 3, pp. 651-662.
- JRC-IES (2008)- *Forest Fires in Europe*. Report n° 9/2009. JRC Scientific and Technic Reports. 88 p.
- KUNKEL, K. K. (2001)- "Surface energy budget and fuel moisture". In JOHNSON E. A., MIYANISHI, K. (Eds), *Forest Fires - Behaviour and Ecological Effects*. Academic Press: San Diego, CA, pp. 303-350.
- LEITE-FERREIRA, F.; GONÇALVES, A. B.; VIEIRA, A. (2011) - "The recurrence interval of forest fires in Cabeço da Vaca (Cabreira Mountain—northwest of Portugal)". *Environmental Research* 111, pp. 215-221.
- LEONE, V., KOUTSIAS, N., MARTÍNEZ, J., VEGA-GARCÍA, C., ALLGÖWER, B., LOVREGGIO, R. (2003)- The human factor in fire danger assessment. In CHUVIECO E (ed.), *Wildland Fire Danger Estimation and Mapping: The Role of Remote Sensing Data*, World Sci., Hackensack, N.J., pp. 143-196.
- LOURENÇO, L. (1988) - "Tipos de tempo correspondentes aos grandes incêndios florestais ocorridos em 1986 no Centro de Portugal". *Finisterra* 23, Lisboa, pp. 251-270.
- LOURENÇO, L. (1991) - "Uma fórmula expedita para determinar o índice meteorológico de eclosão de fogos florestais em Portugal Continental". *Cadernos Científicos de Incêndios Florestais*, Coimbra, Portugal.
- LOURENÇO, L. (2006) - Paisagens de Socalcos e Riscos Naturais em vales do rio Alva. *Colectâneas Cindínicas VI*, Projeto Interreg III B/SUDOE-TERRISC, Núcleo de Investigação Científica de Incêndios Florestais da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, Coimbra, 192 p
- LOURENÇO, L. & GONÇALVES, A. B. (1990) - "As situações meteorológicas e a eclosão-propagação dos grandes incêndios florestais registados durante 1989 no Centro de Portugal". In *II Congresso Florestal Nacional*. Porto, Portugal, pp. 755-763.
- LOURENÇO, L., FERNANDES, S., BENTO-GONÇALVES, A., CASTRO, A., NUNES, A., VIEIRA A. . (2011/12)- "Causas de incêndios florestais em Portugal continental (1996 a 2010)". *Cadernos de Geografia*, 30/31,



- LOURENÇO, L., FERNANDES, S., NUNES, A., BENTO-GONÇALVES, A., VIEIRA, A. (2013) - "Determination of forest fire causes in Portugal (1996-2010)". *Flamma*, 4 (3): 171-175
- MARTÍNEZ, J.; CHUVIECO, E.; MARTÍN, P. (2008) - "Estimation of Risk Factors of Human Ignition of Fires in Spain by Means of Logistic Regression". *Proceedings of the Second International Symposium on Fire Economics, Planning, and Policy: A Global View*. General Technical Report PSW-GTR-208, pp. 265-278
- MARTÍNEZ, J.; VEGA-GARCÍA, C.; CHUVIECO, E. (2009) - "Human-caused wildfire risk rating for prevention planning in Spain". *Journal of Environmental Management* 90, pp. 1241-1252.
- MOREIRA, F.; VIEDMA, O.; ARIANOUTSOU, M.; CURT, T.; KOUTSIAS, N.; RIGOLOT, E.; BARBATI, A.; CORONA, P.; VAZ, P.; XANTHOPOULOS, G.; MOUILLOT, F.; BILGILI, E. (2011) - "Landscape - wildfire interactions in southern Europe: Implications for landscape Management". *Journal of Environmental Management* 92, pp. 2389-2402.
- NUNES A. N. (2012) - "Regional variability and driving forces behind forest fires in Portugal, an overview of the last three decades (1980-2009)". *Applied Geography* 34, pp 576-586.
- NUNES, A., LOURENÇO, L., BENTO-GONÇALVES, A., VIEIRA, A. (2013)- "Três décadas de incêndios florestais em Portugal: incidência espacial e principais fatores responsáveis". *Cadernos de Geografia*, 32, Faculdade de Letras, Coimbra, pp. 133-143.
- PEREIRA, A. R. & RAMOS, C. (1999) - *Avaliação da diversidade biofísica do território (Base administrativa)*. Edições colibri e Associação Portuguesa de Geógrafos, Lisboa, pp. 47-55.
- PEREIRA, M. G.; TRIGO, R. M.; DA CÂMARA, C. C.; PEREIRA, J. C.; LEITE, S. M. (2005). "Synoptic patterns associated with large summer forest fires in Portugal". *Agricultural and Forest Meteorology* 129, pp. 11-25.
- PIÑOL, J.; TERRADAS, J. & LLORET, F. (1998) - "Climatic warming hazard, and wildfire occurrence in coastal eastern Spain". *Climate Change* 38, pp.345-357.
- PYNE, S. J. (1982). *Fire in America: a cultural history of wildland and rural fire*. Princeton, University Press, New Jersey, USA.
- REBELO, F. (1980) - "Condições de tempo favoráveis à ocorrência de incêndios florestais. Análise dos dados referentes a Julho e Agosto de 1975 na área de Coimbra". *Biblos* 56, pp. 653-673.
- ROMERO-CALCERRADA, R., NOVILLO, C. J., MILLINGTON, J.D.A., & GOMEZ-JIMENEZ, I. (2008)." GIS analysis of spatial patterns of human-caused wildfire ignition risk in the SW of Madrid (Central Spain)". *Landscape Ecology* 23, pp. 341-354.
- SEBASTIÁN-LÓPEZ A, SALVADOR-CIVIL R, GONZALO-JIMENEZ J, SAN-MIGUEL-AYANZ J (2008) Integration of socioeconomic and environmental variables for modelling long-term fire danger in Southern Europe. *European Journal of Forest Research* 127: 149-163.
- VAZQUEZ, A., MORENO, J. M. (1993) - Sensitivity of fire occurrence to meteorological variables in Mediterranean and Atlantic areas of Spain. *Landscape and urban Planning* 24: 129-142.
- VELEZ, R. (2000)- "La prevención". In GARCÍA-BRAGE A (ed) *La defensa contra incendios forestales fundamentos y experiencias*. McGraw-Hill/ Interamericana de Espana, Madrid.
- VIEGAS, D. X. & VIEGAS, M. T (1994) - "A relationship between rainfall and burned area for Portugal". *International Journal of Wildland Fire* 4 (1), pp. 11-16.
- VIEGAS, D. X.; PIÑOL, J.; VIEGAS, M. T., OGAYA, R. (2001) - "Estimating live fine fuels moisture content using meteorologically based indices". *International Journal of Wildland Fire* 10, pp. 223-240.
- VIEGAS, D. X.; REIS, R. M.; CRUZ, M. G.; VIEGAS, M. T. (2004) - "Calibração do sistema canadiano de perigo de incêndio para aplicação em Portugal". *Silva Lusitana* 12 (1), pp. 77-93.