CEG
Centro de Estudos Geográficos

Finisterra, *LVI*(117), 2021, pp. 29-53
ISSN: 0430-5027
doi: 10.18055/Finis19277
Artigo

AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO DAS COMUNIDADES LOCAIS A INCÊNDIOS RURAIS:
O CASO DE ALVARES, GÓIS

Ana Gonçalves[1]
Sandra Oliveira[1]
Ana Sá[2]
Akli Benali[2]
José Luís Zêzere[1]
José Miguel Pereira[2]

RESUMO – A freguesia de Alvares, no concelho de Góis, foi muito afetada pelos incêndios de junho de 2017, tendo ardido 70% da sua área. Para melhorar a proteção das comunidades locais e aumentar a sua capacidade de resposta, é fundamental avaliar o nível de exposição das povoações a grandes incêndios. Neste sentido, foi avaliado o nível de exposição das povoações da freguesia, combinando a densidade dos elementos expostos com probabilidade de arder. O nível de exposição foi calculado em duas vertentes: estrutural (baseado no número de vezes ardido desde 1980) e dinâmico (baseado em simulações de probabilidade de arder para diferentes cenários de gestão de combustíveis). Também foi estimada a vulnerabilidade social, tendo em conta características sociodemográficas dos residentes, assim como as características e condições de manutenção dos edifícios. Os resultados sugerem que: 1) as povoações localizadas a norte e nordeste da freguesia estão mais expostas a incêndios rurais; 2) quase metade das povoações apresentam vulnerabilidade elevada ou muito elevada; 3) a fração das povoações com exposição muito elevada diminui até 80% com a implementação de faixas de gestão de combustível. Estes resultados, à escala da povoação, podem contribuir para uma melhor hierarquização de

Recebido: 21/01/2020. Aceite: 07/01/2021. Publicado: 01/08/2021.

[1] Centro de Estudos Geográficos, Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, Universidade de Lisboa, R. Branca Edmée Marques, 1600-276, Lisboa, Portugal. E-mail: acng@campus.ul.pt; sandra.oliveira1@campus.ul.pt; zezere@campus.ul.pt

[2] Centro de Estudos Florestais, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal. E-mail: anasa@isa.ulisboa.pt; aklibenali@isa.ulisboa.pt; jmcpereira@isa.ulisboa.pt

Published under the terms and conditions of an Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International license.

ações de proteção e emergência, ajustando as estratégias e medidas de prevenção e mitigação de incêndios às características da população e da paisagem.

Palavras-chave: Exposição; vulnerabilidade; incêndios florestais; povoações; Alvares.

ABSTRACT – EVALUATING THE EXPOSURE OF LOCAL COMMUNITIES TO RURAL FIRES: THE CASE OF ALVARES, GÓIS. The parish of Alvares, in the municipality of Góis, was strongly affected by the fires of June 2017, with 70% of its area burned. To improve the protection of local communities and increase their response capacity, it is critical to assess the exposure of settlements to large wildfires. In this sense, the exposure level of the settlements located in the parish was evaluated, combining the density of the exposed elements, with probability to burn. Exposure level was calculated for two dimensions: structural (based on the number of times burned since 1980) and dynamic (based on simulations of the probability to burn considering different fuel management strategies). Social vulnerability was also estimated, taking into account the sociodemographic characteristics of the residents, as well as the characteristics and conditions of the buildings. The results suggest that: 1) the settlements located in the north and northeast of the parish are more exposed to large wildfires; 2) almost half of these have high or very high vulnerability; 3) the fraction of settlements with very high exposure decreases up to 80% with the implementation of a fuel break network. These results, at the level of settlements, can contribute to a better hierarchy of protection and emergency actions, adjusting the fire prevention and mitigation strategies to the characteristics of the population and landscape.

Keywords: Exposure; vulnerability; wildfire; settlements; Alvares.

RÉSUMÉ – ÉVALUATION DE L'EXPOSITION DES COMMUNAUTÉS LOCALES AU FEU RURAL: LE CAS D'ALVARES, GÓIS. La commune de Alvares, dans la municipalité de Gois, a été très affectée par les incendies de Juin 2017 qui ont brulé 70% de sa surface. Pour améliorer la protection des localités et augmenter sa capacité de réponse, il est fondamental d'évaluer le niveau d'exposition des villages aux grands incendies. En conséquence, le niveau d'exposition des villages de la commune a été mesuré, en combinant la densité des éléments exposés et la probabilité de brûler. Le niveau d'exposition a été calculé sur deux aspects: structurel (sur la base du nombre de fois brûlé depuis 1980) e dynamique (sur la base de simulations de probabilité à brûler selon différents scénarios de gestion de combustibles). La vulnérabilité sociale a aussi été estimée, en prenant en compte les caractéristiques sociodémographiques des résidents, ainsi que les caractéristiques et conditions d'entretien des bâtiments. Les résultats suggèrent que: 1) les villages localisés au nord et nord-est de la commune sont plus exposés aux incendies ruraux; 2) quasi la moitié des villages présente une vulnérabilité élevée ou très élevée; 3) une fraction des villages avec une exposition très élevée diminue jusqu'à 80% avec la mise en place de bandes de gestion des combustibles. Ces résultats, à l'échelle du village, peuvent contribuer à une meilleure hiérarchie des actions de protection et d'urgence, ajustant les stratégies et mesures de prévention et d'atténuation des incendies aux caractéristiques de la population et du paysage.

Mot clés: Exposition; vulnérabilité; incendies de forêt; villages; Alvares.

RESUMEN – EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN DE COMUNIDADES LOCALES A INCENDIOS RURALES: EL CASO DE ALVARES, GÓIS. La parroquia de Alvares, en el municipio de Góis, se vió muy afectada por los incendios de junio de 2017, ya que quemó el 70%

de su área. Para mejorar la protección de las comunidades locales y aumentar su capacidad de respuesta, es esencial evaluar el nivel de exposición de las aldeas a grandes incendios. En este sentido, se evaluó el nivel de exposición de las aldeas parroquiales, combinando la densidad de los elementos expuestos, con una probabilidad de arder. El nivel de exposición se calculó en dos líneas: estructural (basado en el número de veces quemadas desde 1980) y dinámico (basado en simulaciones de probabilidad de combustión para diferentes escenarios de gestión de combustible). También se estimó la vulnerabilidad social, teniendo en cuenta las características sociodemográficas de los residentes, así como las características y condiciones de mantenimiento de los edificios. Los resultados sugieren que: 1) las aldeas ubicadas en el norte y noreste de la parroquia están más expuestas a incendios rurales; 2) casi la mitad de las aldeas tienen una vulnerabilidad alta o muy alta; 3) la fracción de las aldeas con exposición muy alta disminuye hasta un 80% con la implementación de carriles de gestión de combustible. Estos resultados en toda la parroquia pueden contribuir a una mejor jerarquía de protección y acciones de emergencia, ajustando las estrategias y medidas de prevención y mitigación de incendios a las características de la población y del paisaje.

Palabras clave: Exposición; vulnerabilidad; incendios forestales; asentamientos; Alvares.

I. INTRODUÇÃO

Os incêndios florestais são muito frequentes em Portugal e causam grandes danos ambientais, económicos e sociais. O ano de 2017 foi, até agora, o mais trágico, devido aos elevados danos materiais, à elevada extensão de área ardida, de cerca de 500 000ha (Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas [ICNF], 2017) e, principalmente, pelas perdas humanas que ocorreram. Nos incêndios de junho morreram 65 pessoas, o que corresponde a 40% do total de vítimas entre 2000 e 2017, acrescentando-se mais 45 vítimas nos incêndios de outubro (Comissão Técnica Independente, 2017).

A freguesia de Alvares, localizada no concelho de Góis, foi fortemente afetada pelos incêndios de 2017. Apesar de não se terem verificado perdas humanas nesta freguesia, cerca de 70% da sua área ardeu. Isto resultou em elevados danos materiais, com a destruição de mais de 40 edifícios e dos espaços florestais existentes, que cobriam cerca de 90% da freguesia (Pereira *et al.*, 2019).

Na sequência destes acontecimentos, iniciou-se o projeto em que se inseriu este trabalho de investigação, denominado *Reabilitação das áreas queimadas na freguesia de Alvares,* financiado pelo Observador S. A. Este projeto surgiu como resposta a duas solicitações feitas ao Centro de Estudos Florestais do Instituto Superior de Agronomia (CEF-ISA). Por um lado, a iniciativa do grupo de acionistas do jornal Observador, que tinha o objetivo de patrocinar um estudo de caso numa das regiões mais afetadas pelos incêndios de 2017. Por outro lado, o pedido realizado pelo Núcleo Fundador da Zona de Intervenção Florestal (ZIF) da Ribeira do Sinhel, constituído por proprietários e residentes da freguesia de Alvares, que pretendiam saber como aumentar a resiliência dos seus espaços florestais e mitigar as consequências de incêndios no futuro.

Este projeto, coordenado pelo CEF-ISA e alargado a uma equipa multidisciplinar, teve como objetivo desenvolver propostas para diminuir a vulnerabilidade de Alvares aos incêndios rurais, com base em três pilares: 1) reduzir a frequência de grandes incêndios; 2) melhorar a segurança da população; e 3) melhorar a economia local (Pereira *et al.*, 2018). Focando-se na identificação dos passos necessários para garantir a sustentabilidade social, económica e ambiental da freguesia, este projeto integra estratégias de prevenção e mitigação de incêndios, com potencial extensão a outras áreas do país com características semelhantes. O Instituto de Geografia e Ordenamento do Território (IGOT) participou neste projeto na vertente de segurança de pessoas e bens, através da avaliação da exposição e vulnerabilidade da população aos incêndios rurais. Para tal, foi aplicada uma metodologia que analisa as componentes do risco separadamente, tendo sido integradas as simulações de propagação de fogo à escala local (nível da povoação). Esta análise pretendeu hierarquizar as povoações de acordo com o seu nível de exposição, de forma a contribuir para a definição de estratégias de defesa da população e bens, mais ajustadas às suas características. Assim sendo, os objetivos deste estudo são:

- Avaliar a exposição a incêndios rurais das diferentes povoações da freguesia de Alvares, considerando as condições sociodemográficas da população, as características territoriais da freguesia e os diferentes cenários de probabilidade de arder;
- Analisar como é que diferentes tipos de intervenção na paisagem (diferentes níveis de gestão de combustível) podem alterar o grau de exposição das povoações aos incêndios;
- Analisar, para as diferentes povoações que fazem parte da freguesia de Alvares, os fatores de vulnerabilidade da população e bens expostos a incêndios.

1. Concetualização da exposição como componente de risco

O risco de incêndio, segundo Bachman e Allën (1999, in Verde, 2008, p. 16) é "a probabilidade que um incêndio ocorra num local específico, sob determinadas circunstâncias, e as suas consequências esperadas, caraterizadas pelos impactes nos objetos afetados", integrando assim todas as outras componentes do modelo de risco. Tendo em conta a influência das condições locais na implementação de estratégias adequadas de mitigação e adaptação a incêndios rurais, é necessário integrar a avaliação da exposição e da vulnerabilidade à escala local na gestão do risco (Alcasena *et al.*, 2016; Robinne *et al.*, 2016). Estudos anteriores analisaram a exposição integrada num modelo global de risco (Birkmann *et al.*, 2013), fazendo uma avaliação de risco de perda e dano global, integrando a exposição e a vulnerabilidade. Oliveira *et al.* (2018) apresentam uma cartografia de vulnerabilidade a incêndios florestais para a Europa mediterrânea, integrando a exposição como uma das componentes da vulnerabilidade, em conjunto com a sensibilidade e capacidade de resposta da comunidade local. Outros estudos focam-se na análise de diferentes níveis de exposição de elementos em risco a partir da modelação de comportamento do fogo, como é o caso do de Alcasena *et al.* (2016), que realizaram simulações de comportamento de fogo para avaliar a exposição de pessoas,

bens e áreas protegidas a incêndios florestais em Navarra, Espanha. Mitsopoulos *et al.* (2014) elaboraram cartografia de exposição a incêndios florestais, com recurso a simulações de comportamento de fogo para as bacias hidrográficas da área montanhosa de Menoikio, Grécia.

Para este estudo, foi adotado como referência o modelo concetual de avaliação de risco proposto por Varnes (1984), que inclui como componentes a perigosidade (constituída pela probabilidade e suscetibilidade), a exposição e a vulnerabilidade.

1.1.1. Perigosidade

A perigosidade é definida como a probabilidade de ocorrer um fenómeno danoso, num intervalo de tempo e numa determinada área (Varnes, 1984). Também pode ser referido como um evento físico com potencial danoso ou uma atividade humana que possa causar ferimentos ou perdas de vida, interferência social e económica, danos de bens materiais ou degradação ambiental.

1.1.2. Exposição

A exposição traduz-se pela presença de elementos expostos ou potencialmente afetáveis por um processo perigoso natural, ambiental ou tecnológico, num determinado território (Julião *et al.*, 2009; UNDRO, 1979, in Verde & Zêzere, 2010). Refere-se à distribuição espacial e à densidade de pessoas e bens, bem como às áreas sujeitas à ocorrência de um potencial evento danoso (UNISDR, 2009, in Nunes *et al.*, 2016; Oliveira *et al.*, 2014, 2018).

1.1.3. Vulnerabilidade

A vulnerabilidade é "o grau de perda de um elemento em risco em resultado da ocorrência de um fenómeno potencialmente danoso, numa escala relativa que varia entre "0" (sem dano) e "1" (destruição total). Os elementos em risco podem ser pessoas, bens, atividades económicas, entre outros" (Varnes & International Association of Engineering Geology, 1984). A vulnerabilidade avalia as características dos elementos expostos que influenciam o tipo de impactes que estes podem ter caso ocorra um evento perigoso. Considerando a vulnerabilidade social, esta representa as características e condições de vida das populações, comunidades e sociedades, associadas por exemplo, ao conhecimento e perceção do risco, às desigualdades sociais ou ao capital social, e que influenciam o tipo e a magnitude das consequências, derivadas de um incêndio, que estas populações podem sofrer (Bento-Gonçalves *et al.*, 2014; Oliveira *et al.*, 2020; Tedim & Carvalho, 2013).

Este artigo apresenta os resultados da avaliação da exposição a incêndios das pessoas e bens existentes nas povoações da freguesia de Alvares, segundo as vertentes estrutural e dinâmica. A avaliação separada das componentes do risco permite analisar aspetos

específicos do complexo problema dos incêndios, para as quais devem ser aplicadas abordagens e estratégias de prevenção e mitigação distintas. Para além disso, para a prossecução do objetivo de melhoria da segurança de pessoas e bens definido no projeto em que se inseriu este trabalho, analisamos também alguns aspetos da vulnerabilidade social para as povoações da freguesia, a partir dos dados disponíveis à escala local.

II. ÁREA DE ESTUDO

1. Enquadramento geográfico

A freguesia de Alvares está inserida na sub-região do Pinhal Interior Norte (NUTS III) e pertence ao concelho de Góis, distrito de Coimbra (fig. 1). A área de estudo corresponde à freguesia mais a sul do concelho, com cerca de 100km^2 e tem como concelhos limítrofes Castanheira de Pêra a Noroeste, Pedrogão Grande a Sudoeste, e Pampilhosa da Serra a Este. As três maiores povoações, Cortes, Chã e Alvares, estão localizadas a Sul e Este, enquanto a parte Noroeste da freguesia é ocupada principalmente por uma área natural protegida e por espaços florestais geridos por empresas privadas da fileira do papel, nomeadamente a *The Navigator Company* e a *Altri Florestal*.

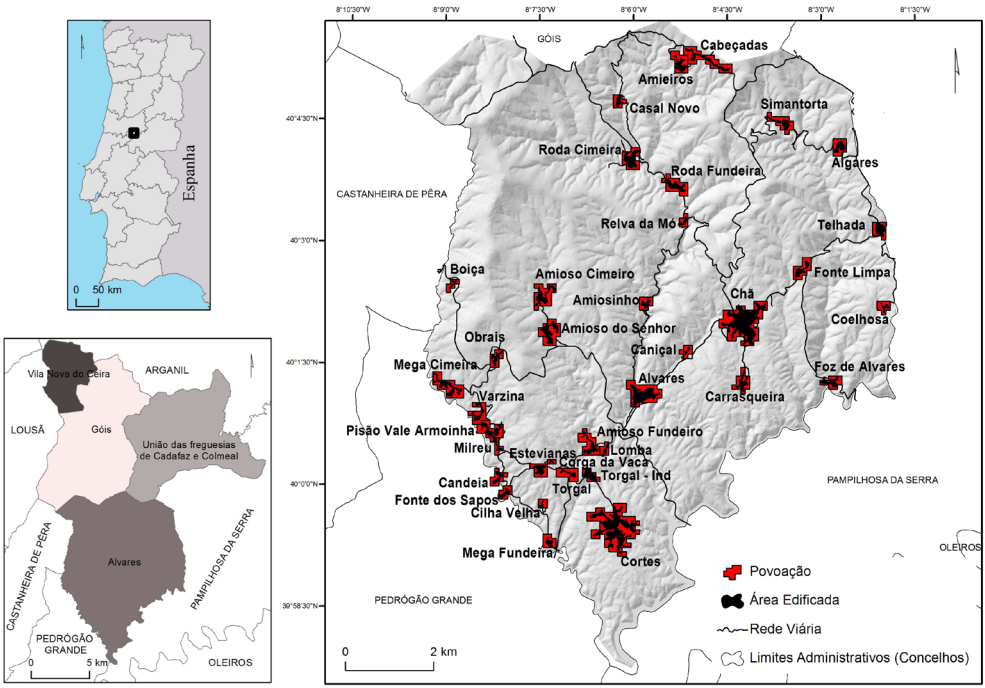


Fig. 1 – Enquadramento geográfico da freguesia de Alvares. Figura a cores disponível online.

Fig. 1 – Geographical context of the civil parish of Alvares. Colour figure available online.

Na freguesia de Alvares predomina uma paisagem montanhosa, com vales encaixados e uma extensa rede hidrográfica. Encontra-se delimitada a norte pelas serras da Lousã e do Açor, com cotas máximas de 1176m, e a Sul pelo Rio Alvor, com altitudes entre os 300 e os 400m (fig. 2a). Apresenta declives acentuados (fig. 2b), com 37,7% da sua área com declives superiores a 20º, enquanto apenas 7,8% do território apresenta declives menores que 5º, que correspondem aos fundos de vale. A maior parte das povoações da freguesia posiciona-se em declives baixos, rodeadas por vertentes com declives elevados, à exceção de algumas povoações na parte Norte que se localizam em declives mais acentuados.

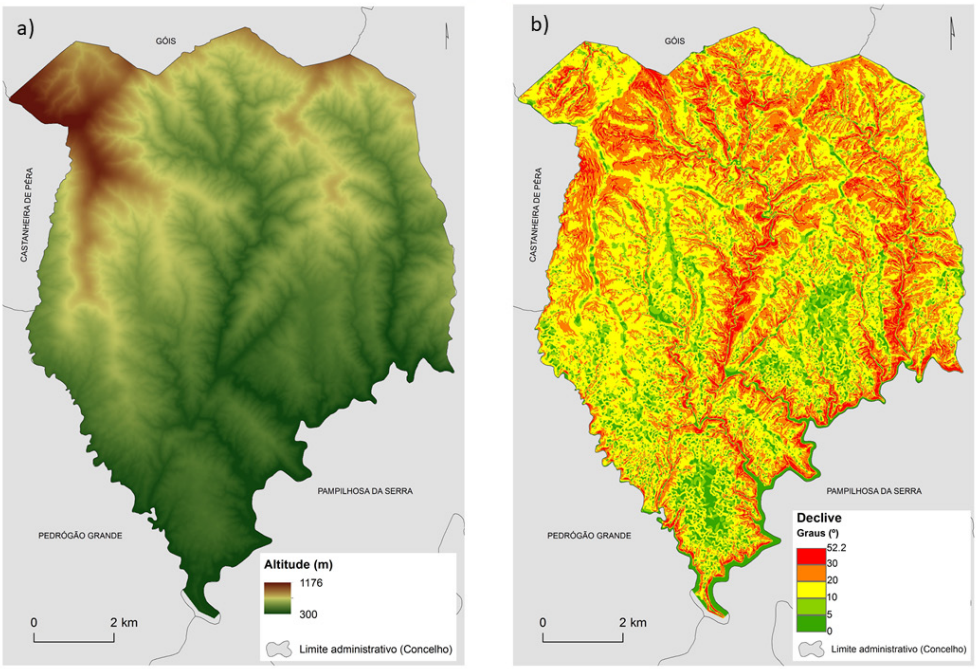


Fig. 2 – Freguesia de Alvares, a) Altitude, b) Declive. Figura a cores disponível online.

Fig. 2 – Parish of Alvares, a) Elevation, b) Slope angle. Colour figure available online.

Cerca de 96% da freguesia é ocupada por floresta e mato (fig. 3), com predominância das florestas de eucalipto (53km^2) e florestas de pinheiro bravo (30km^2). A envolvente das povoações é, na sua maioria, ocupada por pequenas áreas agrícolas de culturas temporárias e/ou pastagens. O setor Noroeste da área de estudo, pertencente à serra da Lousã, foi integrado na rede europeia de áreas protegidas – Rede Natura2000, em setembro de 2017. A freguesia de Alvares apresenta um clima mediterrânico com invernos chuvosos, verões secos e temperaturas amenas. Segundo dados do Instituto Português do Mar e da Atmosfera (2018) entre 1991-2010, a precipitação média mensal variou entre 126mm no mês de dezembro e 11mm no mês de julho. A temperatura média mensal variou entre 10ºC no

mês de janeiro e 22ºC nos meses de julho e agosto. A temperatura média máxima registada foi de 28,7ºC no mês de agosto e a temperatura média mínima foi de 5ºC referente ao mês de janeiro.

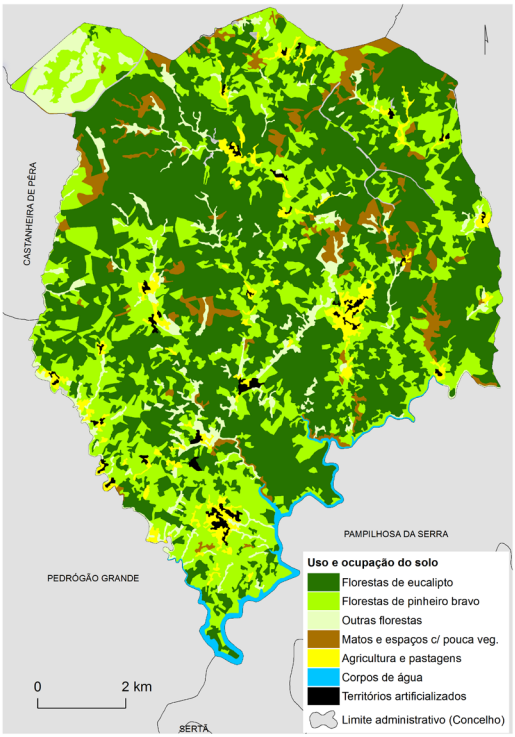


Fig. 3 – Uso e ocupação do solo da freguesia de Alvares (COS 2015). Figura a cores disponível online.

Fig. 3 – Land use/landcover in the civil parish of Alvares (COS 2015). Colour figure available online.

2. Enquadramento sociodemográfico

De acordo com os últimos censos realizados (Instituto Nacional de Estatística [INE], 2012), a freguesia de Alvares possuía 812 habitantes (fig. 4a), distribuídos por 36 povoações, com predomínio da população do sexo feminino (55%). Quase metade da população tem mais de 65 anos (47%) e apenas 11,8% da população é jovem, comprovando o envelhecimento da população na freguesia (fig. 4b). No que diz respeito ao nível da educação e de formação, 17% da população não tem nenhum nível de escolaridade formal, 36% tem apenas o ensino básico completo e apenas 1,4% da população tem o ensino superior completo. Relativamente à estrutura económica da freguesia, apenas 28% dos residentes são economicamente ativos, pertencendo maioritariamente ao sector terciário (56%), e 11% da população encontra-se desempregada. A percentagem de população reformada ou pensionista é elevada (cerca de 53%), o que está em linha com os números

da população idosa. O número de edifícios existentes na freguesia é mais do dobro da população residente (1662 edifícios), dos quais 99% são edifícios exclusivamente residenciais e 64% são edifícios isolados, tendo sido na sua maioria construídos antes de 1980 (76%). Em relação ao tipo de construção, 43% são edifícios de estrutura com placa, 36% são de estrutura sem placa, 19,4% são edifícios de adobe e pedra e 1,3% são de betão.

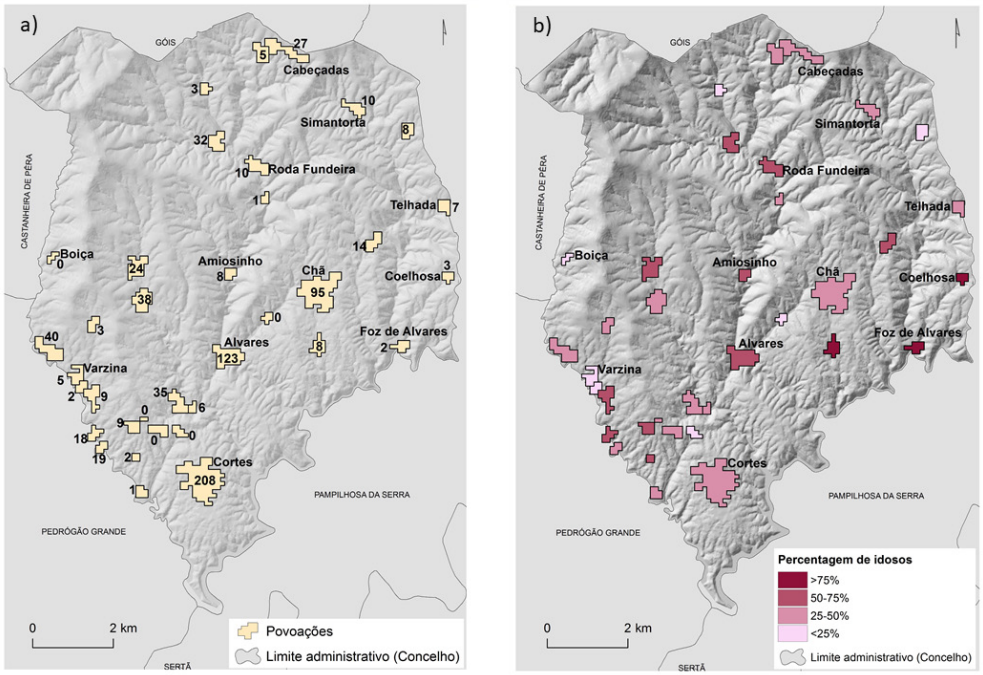


Fig. 4 – Freguesia de Alvares, a) População residente nas diversas povoações da freguesia de Alvares; b) Percentagem de Idosos (>64 anos). Figura a cores disponível online.

Fig. 4 – Parish of Alvares, a) Residents in the several settlements of the parish of Alvares; b) Percentage of Elderly (64 years and older). Colour figure available online.

3. Histórico de incêndios florestais (1990-2017)

Nos últimos 30 anos, a freguesia de Alvares foi severamente afetada pela ocorrência de incêndios florestais. Desde 1990, já arderam 155,9km^2 de área na freguesia, cerca de uma vez e meia a área total de Alvares, tendo o ano de 2017 contribuído com quase metade desse valor (70,2km^2; Gonçalves, 2018; ICNF, 2017). Como resultado, vários setores da freguesia, localizados principalmente a Nordeste e Sudeste, arderam três ou quatro vezes nos últimos 30 anos (fig. 5). Ainda assim, existem pequenas áreas que não foram afetadas por qualquer incêndio (onde se inclui o centro das maiores povoações), ou arderam apenas uma vez, com destaque para a área Noroeste da freguesia, onde estão localizados os espaços geridos por empresas da fileira do papel e da Rede Natura 2000.

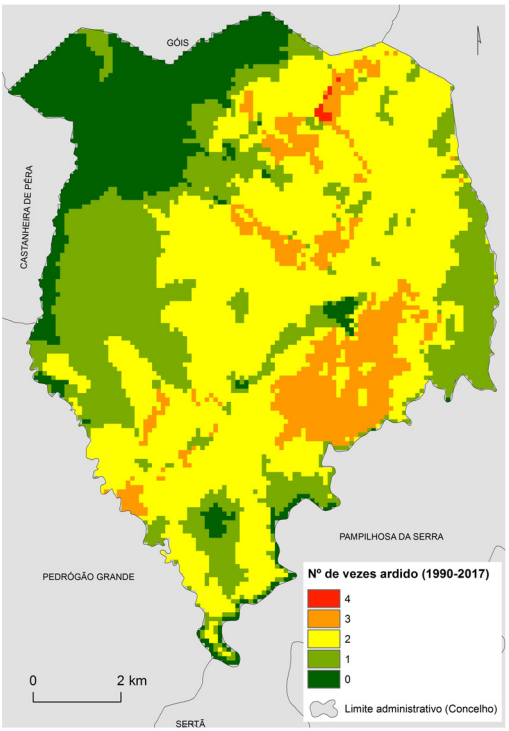


Fig. 5 – Número de vezes ardido entre 1990-2017, para cada célula de 1ha. Figura a cores disponível online.

Fig. 5 – Number of times burned between 1990-2017, for each 1ha cell. Colour figure available online.

III. METODOLOGIA

1. Escala de análise

A avaliação da exposição e da vulnerabilidade foi desenvolvida ao nível das povoações, onde se concentram as pessoas e os bens na freguesia. Esta tarefa exigiu um processo de harmonização prévia entre os dados estatísticos e cartográficos, disponíveis à escala das subsecções da BGRI (Base Geográfica de Referenciação de Informação; INE, 2012), que representa a unidade mínima existente para fins estatísticos, e os limites das povoações, que não são totalmente compatíveis com os limites das subsecções.

Os limites das povoações foram obtidos, numa primeira fase, pela conjugação dos limites dos aglomerados definidos pelo INE e os limites incluídos no plano Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios (PMDFCI) de Góis. Estes limites foram posteriormente atualizados, tendo em conta os dados cartográficos dos edifícios existentes na freguesia, obtidos da Câmara Municipal de Góis, para assim serem incluídas todas as casas residenciais atualmente existentes a menos de 200m do limite estabelecido pelo INE e

pelo PMDFCI, e que também estejam incluídos na subsecção da povoação, de acordo com a BGRI. Este limite de 200m foi estabelecido tendo em conta a definição de "lugar" pelo INE, considerado como um "aglomerado populacional com dez ou mais alojamentos destinados à habitação de pessoas e com uma designação própria, independentemente de pertencer a uma ou mais freguesias. Os seus limites, em caso de dificuldade na sua clara identificação, devem ter em atenção a continuidade de construção, ou seja, os edifícios que não distem entre si mais de 200 metros" (INE, 2001). Para além disso, este limite abrange o potencial perímetro de gestão de combustíveis (100m para a povoação e 50m para casas isoladas), tendo como objetivo a proteção de pessoas e bens. Os dados estatísticos de cada subsecção foram atribuídos à povoação que a intersecta ou sobrepõe espacialmente.

2. Avaliação da exposição a incêndios florestais

O cálculo da exposição inclui dois tipos de dados de entrada: a densidade dos elementos expostos e a probabilidade de arder. Os elementos expostos disponíveis para as povoações correspondem às pessoas, edifícios e estradas. Para o cálculo da densidade, foram recolhidos dados da população e do edificado da BGRI relativos ao ano de 2011. Também foram fornecidos os edifícios (em formato*.dxf (CAD) e posteriormente convertidos em formato *.shp), pela Câmara Municipal de Góis relativos ao ano de 2018. A localização das estradas foi fornecida pela HERE relativa ao ano de 2005.

A probabilidade de arder foi obtida de duas formas: para a exposição estrutural foi utilizado o histórico das áreas ardidas do ICNF, desde 1990 a 2017. Para a exposição dinâmica, os dados relativos à probabilidade de um fogo chegar às povoações, foram obtidos a partir de simulações de propagação de fogo sob vários cenários de uso de solo, gestão florestal e condições meteorológicas, produzidas pelo Instituto Superior de Agronomia.

Os dados utilizados para obter as variáveis representativas de cada parâmetro da exposição são apresentados no quadro I.

Quadro I – Características dos dados recolhidos.

Table I – Characteristics of the collected data.

Tipo de variável	Descrição da variável	Resolução/escala	Fonte
População	Densidade populacional	1:25 000	Instituto Nacional de Estatística (BGRI)
Edificado	Densidade de edifícios	1:25 000	Instituto Nacional de Estatística (BGRI)
	Edificado (polígonos dos edifícios na freguesia de Alvares)	1:5 000	Câmara Municipal de Góis (2018)
Infraestruturas	Densidade de estradas	1:25 000	Here
Áreas ardidas	Nº de vezes que cada povoação foi afetada por um incêndio	1:25 000	Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas
Probabilidade de arder	Probabilidade de um incêndio atingir o perímetro de uma povoação	100m*100m	Instituto Superior de Agronomia

Para cada elemento exposto (pessoas, edifícios e estradas), foi calculada a densidade em cada povoação. A partir do Guia Técnico do Plano Municipal de Defesa da Floresta contra Incêndios (Direcção de Unidade de Defesa da Floresta [DUDF], 2012), foi atribuída uma ponderação específica a cada elemento exposto, consoante o seu grau de importância e/ou necessidade de proteção. Para a população foi atribuída uma ponderação de "1", uma vez que é o principal elemento exposto a ser protegido; para os edifícios foi dada uma ponderação de "0,75", dado que são os bens materiais que devem ser protegidos em primeiro lugar, por serem um local de residência, de trabalho, ou até mesmo por poderem servir como local de abrigo para a população; e para as estradas foi dada uma ponderação de "0,25", dada a sua importância na evacuação e circulação de pessoas. Estas ponderações atribuídas a cada elemento exposto, foram também já utilizadas por outros autores em estudos anteriores sobre exposição e vulnerabilidade a incêndios (Bento-Gonçalves *et al.*, 2014; Oliveira *et al.*, 2020). Assim sendo, os elementos expostos foram calculados de acordo com a seguinte fórmula:

*Elementos Expostos = (Densidade Populacional * 1) + (Densidade do Edificado * 0,75) + (Densidade das Estradas * 0,25)*

A exposição é avaliada numa escala relativa de valores normalizados, entre 0 e 100, tendo sido calculada com os valores mínimos e máximos obtidos com o cálculo dos elementos expostos em cada povoação, sendo aplicada a seguinte fórmula:

*Normalização = [((X-min(x)) / (max(x)-min(x))) * 100]*

em que: X=Valor dos elementos expostos para a povoação; Min(x)=Valor mínimo de elementos expostos no conjunto das povoações; Max(x)=Valor máximo de elementos expostos no conjunto das povoações.

O cálculo final da exposição resulta da multiplicação dos elementos expostos pela probabilidade de arder (estrutural ou dinâmica):

*Exposição = Elementos Expostos * Probabilidade de Arder*

Na exposição estrutural a probabilidade de arder é estimada a partir da ocorrência histórica de incêndios, obtida pelo número de vezes que cada povoação foi atingida por um incêndio entre os anos de 1990 e 2017, tendo em conta as áreas ardidas que intersectam o seu perímetro. O valor final de exposição estrutural é obtido através da conjugação do valor normalizado dos elementos expostos, com o número de vezes que cada povoação foi afetada por um incêndio.

Na exposição dinâmica, a probabilidade de cada povoação arder é calculada a partir de simulações de propagação de fogo. Assumiu-se que uma povoação era afetada se os incêndios simulados atingissem o perímetro exterior da povoação, nomeadamente o contacto entre zona construída e vegetação. As simulações foram realizadas com recurso ao programa *FARSITE,* que é um sistema de modelação de comportamento potencial do fogo, utilizando informação sobre topografia, condições meteorológicas, ignições e condições de combustível (Bernier, 2010; Finney, 2004; Teixeira, 2010). No caso das simulações realizadas para Alvares, foi utilizada a seguinte informação: condições meteorológicas que corresponderam a 215 dias diferentes no período em análise. Os dados meteorológicos de tempe-

ratura e humidade relativa foram obtidos a 2m, o vento a 10m, e a precipitação acumulada em 24h; relativamente aos combustíveis, foram utilizadas as classes de Uso e Ocupação do Solo (COS) e posteriormente convertidas para as classes do modelo de combustível da tipologia Portuguesa (DUDF, 2012); e a superfície de probabilidade de ignição foi obtida com base do registo histórico de ignições do ICNF, tendo sido eliminados todos os registos classificados como fogos agrícolas (pequenos focos) e apenas consideradas as ignições que deram origem a fogos com áreas superiores a 1000ha (Pereira *et al.*, 2019). Conjugando as simulações estocásticas de milhares de incêndios hipotéticos, obtém-se um mapa da probabilidade de arder que reflete a frequência relativa que cada *pixel* foi afetado por um incêndio simulado. O resultado da exposição dinâmica é a multiplicação do valor dos elementos expostos de cada povoação, com diferentes cenários de probabilidade de arder. Estes cenários basearam-se em duas opções de gestão do combustível à escala da paisagem:

1. BAU – "Business As Usual" – cenário de referência em que os combustíveis/cobertura do solo se mantêm como estavam antes da ocorrência do incêndio de 2017;
2. Implementação de faixas de rede primária na freguesia em diferentes proporções:
   a. em 33% do total de faixas (FGC 1/3), com o objetivo de diminuir a superfície percorrida por grandes incêndios;
   b. em 100% das faixas definidas para a freguesia (FGC 3/3), para o isolamento de focos potenciais de ignição de incêndios.

As faixas de rede primária localizam-se nas cumeadas criando descontinuidades na paisagem (e na vegetação) que servem como espaços para o apoio ao combate a incêndios florestais. De acordo com o Guia Técnico do PMDFCI (DUDF, 2012), estas podem ser formadas por exemplo, por campos agrícolas, pastagens, espaços arborizados, matos e improdutivo. As faixas devem ser compostas por compartimentos entre 500ha e 10 000ha e rede viária com estradas/caminhos florestais de 1ª e 2ª ordem; não devem possuir uma largura inferior a 125m e devem ser implementados em lugares estratégicos, dependendo do seu objetivo.

O esquema da metodologia aplicada pode ser visto na figura 6.

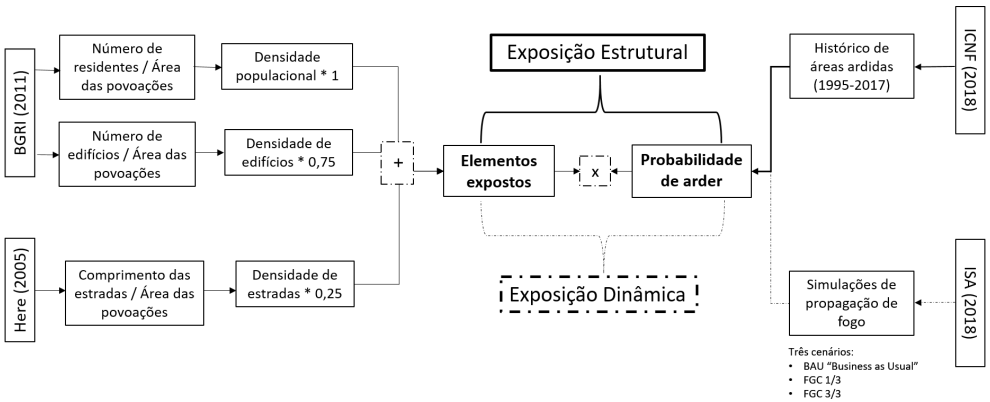


Fig. 6 – Representação esquemática da metodologia de análise da exposição a incêndios.

Fig. 6 – Schematic representation of the methodological procedure for fire exposure analysis.

3. Vulnerabilidade das povoações da freguesia de Alvares

Para avaliar a vulnerabilidade foram selecionadas variáveis estatísticas obtidas dos Censos de 2011 (quadro II), representativas das características dos elementos expostos que influenciam a magnitude dos danos causados pelos incêndios. Estas variáveis representam condições específicas das pessoas, como a idade (assumindo a população idosa e os mais jovens, como os mais vulneráveis, uma vez que apresentam menor autonomia e capacidade de autoproteção), o nível de escolaridade (que influencia a capacidade de compreensão de medidas e perceção do risco), a situação profissional (que reflete a capacidade económica para colocar em prática medidas de prevenção e recuperação); e as características do edificado (idade de construção, tipo de material que pode não ser adaptado à segurança contra incêndios) e que refletem as condições de vida dos habitantes (Birkmann *et al.*, 2013; Cutter, 2011; Oliveira *et al.*, 2017, 2018, 2020). Estas variáveis são apresentadas no quadro II, à exceção das estradas, uma vez que não estão disponíveis dados estatísticos sobre as suas características. Em alguns casos, devido à sua pequena dimensão, algumas povoações não possuem dados na BGRI. Neste caso, a informação foi completada através de trabalho de campo. Este foi realizado em junho de 2018 e consistiu na recolha de dados em todas as povoações, sobre o número de residentes, tipo e número de edifícios, danos provocados pelo incêndio de 2017 e a existência de zonas agrícolas ao redor da povoação.

Quadro II – Variáveis estatísticas utilizadas para o cálculo da vulnerabilidade.
Table II – Statistical variables used to calculate vulnerability.

Elemento exposto	**Variável**
População	% de residentes mulheres
	% de residentes jovens (0-19 anos)
	% de residentes idosos (>64 anos)
	% de residentes sem escolarização
	% de residentes que completou o 1º ciclo
	% de residentes que completaram o 2º e 3º ciclo e ensino secundário
	% de residentes que completaram o ensino superior
	% de residentes desempregados
	% de população ativa
	% de residentes empregados no setor primário
Edifícios	% de edifícios isolados
	% de edifícios construídos até 1980
	% de edifícios de pedra e adobe
	% alojamentos vagos

Para cada povoação da freguesia foi calculada a percentagem de cada variável, que representa um fator de vulnerabilidade. De seguida, foi realizada uma análise de *clusters*, utilizando o *método de Ward,* com o objetivo de agregar as variáveis em grupos homogéneos que possuam características em comum (Maroco, 2003; Oliveira *et al.*, 2018). No método de *Ward* a associação ao *cluster* é definida pelos valores de variância de cada

variável, através da soma dos desvios quadrados em relação à média do *cluster*. Assumindo inicialmente cada povoação como um potencial grupo distinto, o processo é repetido para cada nova povoação que se agrega, estimando a variância dentro do grupo tendo em conta os valores das variáveis da nova povoação. Na prática, quanto menor for o aumento da variância dentro do grupo, maior será a semelhança da nova povoação com esse *cluster* (Mattes & Sloane, 2015). Esta classificação permitiu distinguir cinco grupos diferentes de povoações, cujas características, através dos valores médios e extremos das variáveis em cada *cluster*, foram posteriormente analisadas e associadas a diferentes níveis de vulnerabilidade. Esta análise foi baseada em estudos anteriores, que indicam quais as características sociodemográficas e as condições de habitação que influenciam o nível de vulnerabilidade da população (Bento-Gonçalves *et al.*, 2014; Birkmann *et al.*, 2013; Birkmann & Welle, 2015; Cutter, 2011).

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Exposição estrutural e dinâmica

Entre 1990 e 2017, mais de 25% das povoações foram afetadas três vezes por incêndios rurais. As povoações mais afetadas situam-se nas partes Norte, Nordeste e Este da freguesia, como Simantorta, Cabeçadas e Fonte Limpa. Pelo contrário, as povoações localizadas no Sudoeste e Oeste, como as povoações de Boiça, Amioso Cimeiro e Pisão Vale Armoinha foram as menos afetadas, tendo ardido apenas uma vez no período considerado. Estas diferenças devem-se sobretudo à maior probabilidade de arder no setor Nordeste da freguesia, de onde se propagam a maioria dos incêndios.

Os resultados da exposição estrutural mostram que 33% das povoações apresentam exposição elevada e muito elevada (fig. 7a), correspondendo às povoações que foram afetadas mais de duas vezes por um incêndio no período em análise. Verifica-se também que as povoações que apresentam maior número de elementos expostos não coincidem totalmente com as que são mais atingidas por um incêndio. Ou seja, os dois parâmetros que compõem o cálculo da exposição podem apresentar tendências diferentes. Na generalidade, as povoações de maior dimensão são as que contêm mais elementos expostos, essencialmente pessoas e edifícios, mas a probabilidade de arder pode ser baixa, a qual depende de outros fatores extrínsecos à povoação (ex. localização das ignições, condições meteorológicas, topográficas e de combustível), resultando em níveis intermédios de exposição.

Relativamente à exposição dinâmica, em cenário BAU (fig. 7b), 42% das povoações da freguesia apresentam exposição elevada e muito elevada e 11% das povoações estão na classe muito reduzida. Em relação aos níveis de exposição estrutural, a proporção de povoações nas classes elevada e muito elevada é maior no cenário BAU. Estas diferenças são mais visíveis nas povoações de menor dimensão localizadas no setor Nordeste da freguesia.

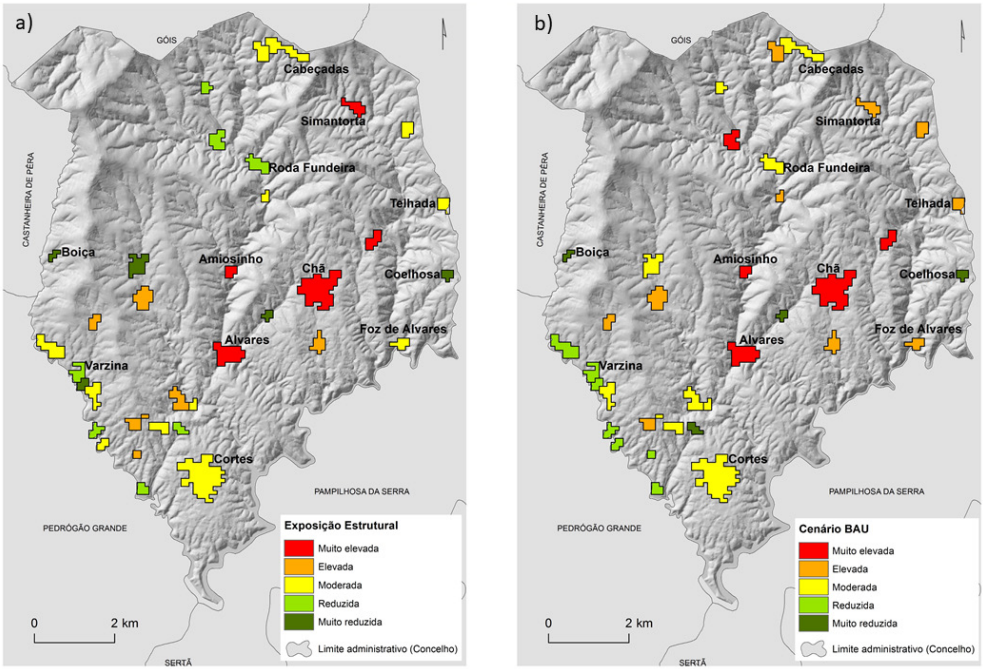


Fig. 7 – Freguesia de Alvares, a) Nível de exposição estrutural das povoações; b) Nível de exposição dinâmica das povoações com cenário de BAU. Figura a cores disponível online.

Fig. 7 – Parish of Alvares, a) Level of structural exposure of the settlements; b) Level of dynamic exposure of the settlements with BAU scenario. Colour figure available online.

Com a implementação dos cenários das faixas de gestão de combustível, verificam-se mudanças significativas no nível de exposição. Apenas com a implementação das FGC 1/3 (fig. 8a), a classe de exposição muito elevada sofre um decréscimo de 60% e com a implementação das FGC 3/3 (fig. 8b) este valor chega até aos 80%, comparativamente ao cenário de BAU. A classe de exposição reduzida é a que apresenta subidas mais notáveis, indicando um aumento substancial de povoações em classe de exposição mais baixa quando as faixas de gestão de combustível são implementadas. No caso das FGC 1/3 a classe reduzida aumenta em 29% e com a implementação das FGC 3/3, metade das povoações apresenta exposição baixa ou muito baixa, enquanto que no cenário de BAU, apenas 30% estão nas duas classes mais baixas (fig. 9).

Com a análise da exposição dinâmica, é percetível a influência das faixas de gestão de combustível nas mudanças de exposição das povoações nos vários cenários estudados. Estes resultados realçam a importância da implementação de medidas associadas à gestão de combustível, que sendo conciliadas com objetivos associados ao combate a incêndios, contribuem em simultâneo para melhorar a proteção das povoações através da redução do seu nível de exposição.

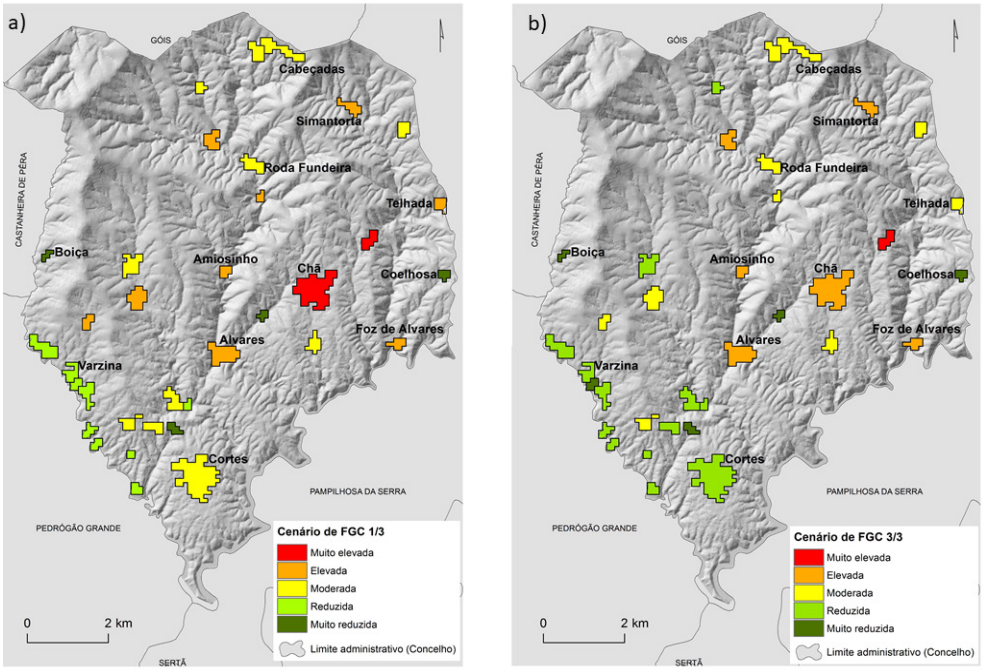


Fig. 8 – Freguesia de Alvares, a) Exposição dinâmica das povoações com cenário de FGC 1/3; b) Exposição dinâmica das povoações com cenário de FGC 3/3. Figura a cores disponível online.

Fig. 8 – Parish of Alvares, a) Dynamic exposure of the settlements with FGC 1/3 scenario; b) Dynamic exposure of the settlements with FGC 3/3 scenario. Colour figure available online.

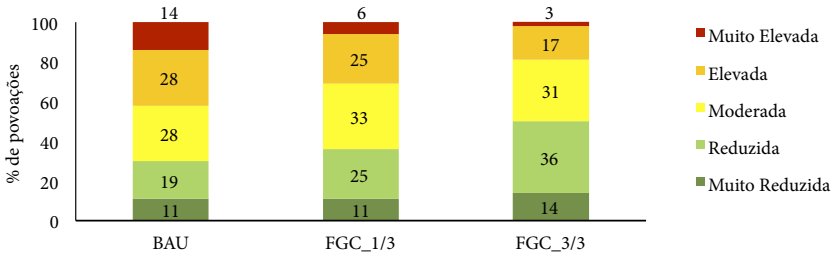


Fig. 9 – Variação da exposição dinâmica das povoações consoante os diferentes cenários. Figura a cores disponível online.

Fig. 9 – Variation of the dynamic exposure of the settlements according to the different scenarios. Colour figure available online.

A gestão de combustível é a forma de intervenção no território com resultados eficazes no controlo da dimensão dos incêndios (Fernandes *et al.*, 2016), e é o único fator territorial que pode ser controlado pelas pessoas (Moreira *et al.*, 2011). Neste sentido, importa perceber as razões que influenciam a aplicação de medidas de gestão

de combustível à escala local. Estudos anteriores apontam para a importância das características sociodemográficas da população na capacidade de intervenção no território e na possibilidade de implementar medidas de mitigação de incêndios (McCaffrey, 2015; Oliveira *et al.*, 2017; Palaiologou *et al.*, 2019).

Neste sentido, analisar as características da população residente nas diferentes povoações é fundamental para compreender o contexto social que molda os seus comportamentos e ações, assim como para definir medidas mais ajustadas às suas necessidades e aptidões. Ou seja, se uma povoação for habitada apenas por pessoas com mais de 75 anos, que já não conduzem (como é o caso de Coelhosa, Foz de Alvares; fig. 1), as suas necessidades de proteção serão distintas das povoações que têm residentes com mais autonomia e mobilidade. Já a povoação das Cortes (a maior freguesia) tem um contexto social diferente, que se reflete, por exemplo, na possibilidade de auto-evacuação dos residentes (com média de idades mais baixa e mais opções de mobilidade). Estas medidas mais ajustadas podem estar associadas ao planeamento florestal, uma vez que as pessoas idosas têm menor capacidade de intervenção no território (não têm possibilidade, física e talvez económica, de limpar o mato, por exemplo), o que exige intervenção externa para cumprir a legislação em vigor. Por esta razão, a avaliação da componente de vulnerabilidade, que se apresenta seguidamente, é relevante e complementa o conhecimento dos elementos expostos e dos danos que estes poderão sofrer.

2. Vulnerabilidade

Os cinco grupos que resultaram da análise de *clusters* estão representados na figura 10. A análise permitiu igualmente obter níveis de semelhança entre pares de povoações, que foram sendo agregadas uma a uma até constituírem cinco grupos. As médias e extremos dos valores das variáveis em cada grupo permitiram atribuir um grau de vulnerabilidade, conforme exemplo apresentado no quadro III, onde estão representadas as características associadas a cada classe de vulnerabilidade e a hierarquia das povoações. As povoações que não tinham dados da BGRI, e tendo em conta os dados recolhidos no trabalho de campo, foram incluídas na classe moderada.

Quadro III – Exemplo da caracterização das povoações por classe de vulnerabilidade.
Table III – Example of the characterization of settlements by class of vulnerability.

Grau de Vulnerabilidade	Características
Muito reduzida	< % idosos > % jovens < % de pessoas com ensino secundário ou superior > % de população ativa
Muito elevada	> % de idosos > % de mulheres > % de pessoas sem escolaridade < % de jovens > % de alojamentos vagos

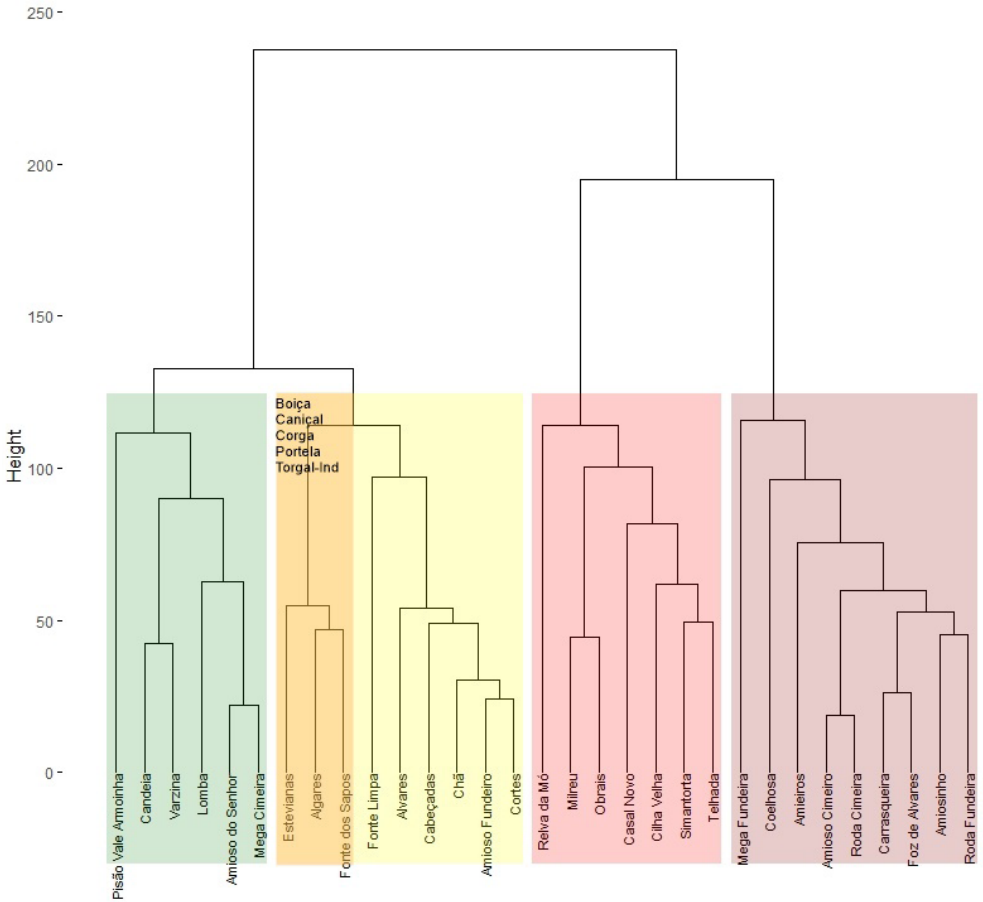


Fig. 10 – Dendrograma com a divisão das povoações da freguesia de Alvares em cinco *clusters*, a partir do método de *Ward*. Figura a cores disponível online.

Fig. 10 – Dendrogram with the division of settlements in the parish of Alvares into five clusters, using the Ward method. Colour figure available online.

Cerca de 44% das povoações foram classificadas como tendo vulnerabilidade elevada e muito elevada, e apenas 17% com vulnerabilidade muito reduzida. Na generalidade, as povoações com maior dimensão são as que têm uma vulnerabilidade mais reduzida, como é o caso de Cortes, ao contrário das povoações de pequena dimensão. Estes resultados indicam que as características dos elementos expostos existentes nestas pequenas povoações mostram tendência para sofrerem maiores perdas ou danos em caso de um incêndio. Em comparação com a exposição estrutural e dinâmica, as povoações que possuem maior nível de vulnerabilidade não são, na generalidade, as que estão mais expostas (quadro IV e fig. 11). A gestão de cada componente exige abordagens diferentes, para uma melhor decisão de medidas de proteção e mitigação a implementar.

Quadro IV – Resultados obtidos das componentes de risco analisadas por povoação.

Table IV – Results obtained from the risk components analysed by settlement.

Povoação	Nível de Exposição Estrutural	Nível de exposição dinâmico-BAU	Nível de exposição dinâmico FGC 1/3	Nível de exposição dinâmico FGC 3/3	Nível de vulnerabilidade
Algares	M	E	M	M	M
Alvares	ME	ME	E	E	R
Amieiros	E	E	M	M	ME
Amiosinho	ME	ME	E	E	ME
Amioso Cimeiro	MR	ME	M	R	ME
Amioso do Senhor	E	E	E	M	MR
Amioso Fundeiro	E	M	M	R	R
Boiça	MR	MR	MR	MR	M
Cabeçadas	M	M	M	M	R
Candeia	M	R	R	R	MR
Caniçal	MR	MR	MR	MR	M
Carrasqueira	E	E	M	M	ME
Casal Novo	R	M	M	R	E
Chã	ME	ME	ME	E	R
Cilha Velha	E	R	R	R	E
Coelhosa	MR	MR	MR	MR	ME
Corga da Vaca	E	M	M	M	M
Cortes	M	M	M	R	R
Estevianas	M	M	R	R	M
Fonte dos Sapos	E	E	M	M	M
Fonte Limpa	ME	ME	ME	ME	R
Foz de Alvares	M	E	E	E	ME
Lomba	M	M	R	R	MR
Mega Cimeira	R	ME	R	R	MR
Mega Fundeira	R	M	R	R	ME
Milreu	R	R	R	R	E
Obrais	E	E	E	M	E
Pisão Vale Armoinho	MR	R	R	MR	MR
Relva de Mó	M	E	E	M	M
Roda Cimeira	R	ME	E	E	ME
Roda Fundeira	R	M	M	M	ME
Simantorta	ME	E	E	E	E
Telhada	M	E	E	M	E
Torgal-Industrial	R	MR	MR	MR	M
Torgal	M	M	M	R	M
Varzinha	R	R	R	R	MR

Legenda: ME – Muito Elevada; E – Elevada; M – Moderada; R – Reduzida; MR – Muito Reduzida.

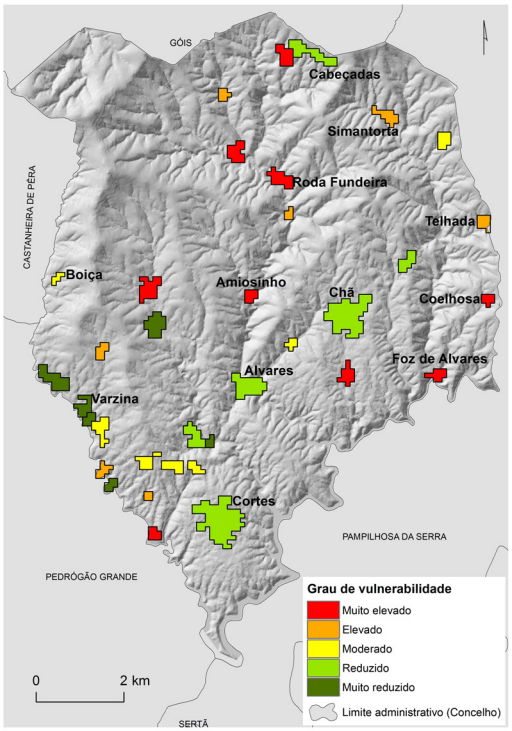


Fig. 11 – Grau de vulnerabilidade das povoações da freguesia de Alvares. Figura a cores disponível online.

Fig. 11 – Degree of vulnerability of the settlements in the parish of Alvares. Colour figure available online.

Tendo em conta a conjugação dos diferentes elementos de risco estudados, a hierarquização das povoações pode-se alterar, uma vez que a combinação destas componentes origina um valor de risco para cada povoação. Este valor tem uma grande importância porque pode permitir definir medidas de mitigação e prevenção mais ajustadas às características e necessidades da população residente.

A utilização das povoações como componente base de análise apresentou várias vantagens, nomeadamente no estudo mais detalhado dos elementos expostos e da localização da população mais vulnerável; na identificação das condições de exposição e vulnerabilidade para cada povoação individualmente, podendo facilitar a implementação mais ajustada de medidas baseadas nas características específicas das pessoas que lá residem. A aplicação das simulações de probabilidade de arder ao nível da povoação permitiu identificar quais os cenários de gestão de combustível que também podem potencialmente contribuir para diminuir a exposição das povoações e assim também melhorar a segurança da população. Apesar disto, houveram vários desafios, como a disponibilidade de dados a esta escala, não sendo possível incluir outros elementos expostos, como as linhas elétricas; a falta de atualização dos dados estatísticos dos elementos expostos, uma vez que foram utilizados dados relativos aos censos de 2011; ou, a diferença de escalas dos

diferentes dados recolhidos que podem causar possíveis enviesamentos dos resultados, nomeadamente entre os edifícios fornecidos pelo CM de Góis, obtidos a uma escala mais fina, e a interseção com as restantes variáveis, com menor resolução ou de base estatística. Para além disto, na análise da vulnerabilidade da população não é possível obter diferenças entre indivíduos residentes na mesma povoação. O estudo individualizado destas componentes dentro da análise de risco, pode contribuir para uma melhor articulação entre entidades; em Portugal, o sistema de gestão de incêndios é partilhado pelo ICNF (para prevenção/recuperação de áreas ardidas), a Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil (ANEPC; para combate e segurança) e o Serviço de Proteção da Natureza e do Ambiente-Guarda Nacional Republicana (SEPNA-GNR; deteção/vigilância). As decisões que estas entidades devem tomar para proteger as pessoas, bens e espaços florestais depende das características destes elementos e do tipo de intervenção de cada entidade. São estas diferentes características que precisam de ser sistematizadas e individualizadas; por exemplo, o nível de exposição a incêndios depende da probabilidade de arder e dos elementos expostos; a probabilidade de arder pode ser R com planeamento florestal (prevenção, pelo ICNF) e melhor combate (ANEPC); a vulnerabilidade dos elementos expostos, como depende de características sociodemográficas, não pode ser modificada por este tipo de intervenções, mas potenciais perdas podem ser mitigadas, por exemplo através do aumento da capacidade de resposta da população (capacidade de evacuação e construção de abrigos), cuja implementação depende dos municípios, da GNR e da ANEPC.

V. CONCLUSÕES

A análise da exposição a grandes incêndios rurais na freguesia de Alvares permitiu diferenciar as povoações que dela fazem parte no âmbito da necessidade de proteção e capacidade de resposta, a partir da probabilidade de arder e das características dos elementos expostos.

Os resultados obtidos neste estudo mostraram que a maior densidade de elementos expostos não coincide na totalidade com a maior probabilidade de arder. Por outro lado, a coincidência espacial entre maior exposição e vulnerabilidade social nem sempre se verifica; por outras palavras, nem sempre os mais desfavorecidos e mais frágeis são os que se encontram mais expostos a um fenómeno perigoso, sendo claro que a vulnerabilidade social tem uma dimensão sociodemográfica e económica, enquanto a exposição tem marcadamente uma dimensão geográfica. Deste modo, são múltiplas as combinações que devem ser consideradas nas estratégias de prevenção, mitigação e adaptação aos incêndios florestais potencialmente aplicadas nas diferentes povoações.

A metodologia utilizada na freguesia de Alvares para avaliar a exposição e a vulnerabilidade pode ser facilmente replicada em outras comunidades locais, desde que ajustada às características territoriais de base, contribuindo para a definição de políticas de gestão florestal, ordenamento territorial e proteção civil mais eficazes para a preservação da sustentabilidade territorial e para a garantia da segurança de pessoas e de bens.

ORCID ID

Ana Gonçalves https://orcid.org/0000-0002-8857-2120
Sandra Oliveira https://orcid.org/0000-0002-6253-4353
Ana Sá https://orcid.org/0000-0003-0827-7189
Akli Benali https://orcid.org/0000-0002-4325-3804
José Luís Zêzere https://orcid.org/0000-0002-3953-673X
José Miguel Pereira https://orcid.org/0000-0003-2583-3669

CONTRIBUTOS DOS/AS AUTORES/AS

Ana Gonçalves: Conceptualização; Metodologia; Software; Análise formal; Investigação; Escrita – preparação do esboço original; Redação – revisão e edição; Visualização. **Sandra Oliveira:** Conceptualização; Metodologia; Software; Análise formal; Investigação; Escrita – preparação do esboço original; Visualização. **Ana Sá:** Curadoria dos dados; Redação – revisão e edição; Administração do projeto. **Akli Benali:** Metodologia; Software; Investigação; Administração do projeto. **José Luís Zêzere:** Conceptualização; Redação – revisão e edição; Supervisão. **José Miguel Pereira:** Redação – revisão e edição; Administração do projeto; Aquisição de financiamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcasena, F. J., Salis, M., & Vega-García, C. (2016). A fire modeling approach to assess wildfire exposure of valued resources in central Navarra, Spain. *European Journal of Forest Research*, *135*(1), 87-107. https://doi.org/10.1007/s10342-015-0919-6

Bento-Gonçalves, A., Vieira, A., Nunes, A., Lourenço, L., Oliveira, S., & Félix, F. (2014). Análise de vulnerabilidade a incêndios florestais na região do Minho, Portugal [Analysis of vulnerability to forest fires in the Minho region, Portugal]. Lourenço, L. (Ed.), *Multidimensão e Territórios de Riscos* [Multidimensional and Risk Territories] (pp. 721-725). https://doi.org/http://dx.doi.org/10.14195/978-989-96253-3-4

Bernier, C. O. (2010). *Análise do Comportamento do Fogo em Povoamentos de Eucalipto – Caso De Estudo Área Globland* [Analysis of Fire Behavior in Eucalyptus Settlements – Globland Area Case Study]. Universidad de Huelva.

Birkmann, J., Cardona, O. D., Carreño, M. L., Barbat, A. H., Pelling, M., Schneiderbauer, S., … Welle, T. (2013). Framing vulnerability, risk and societal responses: The MOVE framework. *Natural Hazards*, *67*(2), 193-211. https://doi.org/10.1007/s11069-013-0558-5

Birkmann, J., & Welle, T. (2015). Assessing the risk of loss and damage: exposure, vulnerability and risk to climate-related hazards for different country classifications. *International Journal of Global Warming*, *8*(2), 192-212. http://dx.doi.org/10.1504/ijgw.2015.071963

Comissão Técnica Independente. (2017). *Relatório Comunidade Independente – Análise e apuramento dos factos relativos aos incêndios que ocorreram em Pedrogão Grande, Castanheira de Pera, Ansião, Alvaiázere, Figueiró dos Vinhos, Arganil, Góis, Penela, Pampilhosa da Serra, Oleiros e Sertã, entre 17 e 24 de junho de 2017* [Independent Community Report – Analysis and investigation of the facts related to the fires that occurred in Pedrogão Grande, Castanheira de Pera, Ansião, Alvaiázere, Figueiró dos Vinhos, Arganil, Góis, Penela, Pampilhosa da Serra, Oleiros and Sertã, between 17 and 24 June of 2017]. Assembleia da República.

Cutter, S. L. (2011). A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores [The science of vulnerability: models, methods and indicators].

Revista Crítica de Ciências Sociais, (93), 59-69. https://doi.org/10.4000/rccs.165

Direcção de Unidade de Defesa da Floresta. (2012). *Plano Municipal de Defesa da Floresta Contra Incêndios – Guia Técnico* [Municipal Plan for the Defense of the Forest Against Fires – Technical Guide]. Autoridade Florestal Nacional.

Fernandes, P. M., Monteiro-Henriques, T., Guiomar, N., Loureiro, C., & Barros, A. M. G. (2016). Bottom-Up Variables Govern Large-Fire Size in Portugal. *Ecosystems*, (19), 1362-1375. https://doi.org/10.1007/s10021-016-0010-2

Finney, M. A. (2004). *FARSITE: Fire Area Simulator – Model Development and Evaluation*. Rocky Mountain Research Station. https://doi.org/10.2737/RMRS-RP-4

Gonçalves, A. (2018). Avaliação da exposição das comunidades locais a incêndios florestais. O caso de Alvares, Góis [Assessment of the exposure of local communities to forest fires. The case of Alvares, Góis]. [Dissertação de Mestrado, Universidade de Lisboa]. Repositório da Universidade de Lisboa. http://hdl.handle.net/10451/36568

Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas. (2017). *10º Relatório Provisório de Incêndios Florestais* [10th Interim Forest Fire Report]. ICNF.

Instituto Nacional de Estatística. (2001). BGRI – Base Geográfica de Referenciação de Informação. *Revista de Estudos Regionais – Região de Lisboa e Vale do Tejo*, *3*, 67-73.

Instituto Nacional de Estatística. (2012). *Censos 2011: Resultados definitivos – Portugal* [2011 Censuses: Definitive Results – Portugal]. INE.

Instituto Português do Mar e da Atmosfera. (2018). *Normais Climatológicas – 1981-2010 (provisórias) – Coimbra* [Climatological Standards – 1981-2010 (provisional) – Coimbra]. IPMA. https://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/1981-2010/006/

Julião, R. P., Nery, F., Ribeiro, J. L., Branco, M. C., & Zêzere, 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* [Methodological Guide for the Production of Municipal Risk Cartography and for the Creation of Geographic Information Systems (GIS) of Municipal Base]. Autoridade Nacional de Protecção Civil.

Maroco, J. (2003). *Análise estatística com utilização do SPSS* [Statistical analysis using SPSS]. Edições Silabo.

Mattes, M. D., & Sloane, M. A. (2015). Reflections on hope and its implications for end-of-life care. *Journal of the American Geriatrics Society*, *63*(5), 993-996. https://doi.org/10.1111/jgs.13392

McCaffrey, S. (2015). Community wildfire preparedness: A global state-of-the-knowledge summary of social science research. *Current Forestry Reports*, *1*(2), 81-90. https://doi.org/10.1007/s40725-015-0015-7

Mitsopoulos, I., Mallinis, G., & Arianoutsou, M. (2014). Wildfire Risk Assessment in a Typical Mediterranean Wildland – Urban Interface of Greece. *Environmental Management*, (55), 900-915. https://doi.org/10.1007/s00267-014-0432-6

Moreira, F., Viedma, O., Arianoutsou, M., Curt, T., Koutsias, N., Rigolot, E., … Bilgili, E. (2011). Landscape – wildfire interactions in southern Europe: Implications for landscape management. *Journal of Environmental Management*, *92*(10), 2389-2402. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.06.028

Nunes, A. N., Lourenço, L., & Meira, A. C. C. (2016). Exploring spatial patterns and drivers of forest fires in Portugal (1980-2014). *Science of the Total Environment*, *573*, 1190-1202. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.03.121

Oliveira, S., Bento-Gonçalves, A., Nunes, A., Vieira, A., Félix, F., & Lourenço, L. (2014). Prevenção de incêndios florestais e análise da vulnerabilidade com recurso a dados de satélite. O exemplo do projecto PREFER [Forest fire prevention and vulnerability analysis using satellite data. The example of the PREFER project]. *Cadernos de Geografia*, (33), 183-188.

Oliveira, S., Félix, F., Nunes, A., Lourenço, L., Laneve, G., & Sebastián-López, A. (2018). Mapping wildfire vulnerability in Mediterranean Europe. Testing a stepwise approach for operational purposes. *Journal of Environmental Management*, *206*, 158-169. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.10.003

Oliveira, S., Gonçalves, A., Benali, A., Sá, A., Zêzere, J. L., & Pereira, J. M. (2020). Assessing risk and prioritizing safety interventions in human settlements affected by large wildfires. *Forests*, *11*(8), 859. https://doi.org/10.3390/F11080859

Oliveira, S., Zêzere, J. L., Queirós, M., & Pereira, J. M. (2017). Assessing the social context of wildfire-affected areas. The case of mainland Portugal. *Applied Geography*, *88*, 104-117. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.09.004

Palaiologou, P., Ager, A. A., Nielsen-Pincus, M., Evers, C. R., & Day, M. A. (2019). Social vulnerability to large wildfires in the western USA. *Landscape and Urban Planning*, *189*, 99-116. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.04.006

Pereira, J., Benali, A., Sá, A., Le Page, Y., Barreiro, S., Rua, J., … Fernandes, P. (2018). *Um Caso De Resiliência Ao Fogo (Relatório Executivo)* [A Case Of Fire Resilience (Executive Report)]. CEF-ISA.

Pereira, J. M., Benali, A., Sá, A., Le Page, Y., Barreiro, S., Rua, J., … Fernandes, P. (2019). *Alvares, um caso de resiliência ao fogo (Relatório Técnico)* [Alvares, a case of fire resilience (Technical Report)]. CEF-ISA.

Robinne, F. N., Miller, C., Parisien, M. A., Emelko, M. B., Bladon, K. D., Silins, U., & Flannigan, M. (2016). A global index for mapping the exposure of water resources to wildfire. *Forests*, *7*(1), 22. https://doi.org/10.3390/f7010022

Tedim, F., & Carvalho, S. (2013). A vulnerabilidade aos incêndios florestais: reflexões em torno de aspetos conceptuais e metodológicos [Vulnerability to forest fires: reflections on conceptual and methodological aspects]. *Territorium*, (20), 85-99. https://doi.org/10.14195/1647-7723_20_7

Teixeira, A. (2010). Estudo do comportamento de fogos florestais com base no modelo FARSITE [Study of the behavior of forest fires based on the FARSITE model]. [Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro]. Repositório Institucional Universidade de Aveiro. https://ria.ua.pt/bitstream/10773/3726/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf

Varnes, D. J. (1984). *Landslide hazard zonation: a review of principles and practice*. United Nations.

Varnes, D. J., & International Association of Engineering Geology. (1984). *Landslide hazard zonation: a review of principles and practice*. UNESCO.

Verde, J. (2008). *Avaliação da perigosidade de incêndio florestal* [Forest fire hazard assessment]. [Dissertação de Mestrado, Universidade de Lisboa]. Repositório da Universidade de Lisboa. https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/502/1/17981_Tese_Mestrado_Geografia_Fisica_JOAO-VERDE.pdf

Verde, J. C., & Zêzere, J. L. (2010). Assessment and validation of wildfire susceptibility and hazard in Portugal. *Natural Hazards and Earth System Science*, *10*(3), 485-497. https://doi.org/10.5194/nhess-10-485-2010