



RISCOS

territorium 32 (N.º Especial), 2025, 193-203

journal homepage: <https://territorium.riscos.pt/numeros-publicados/>

DOI: [https://doi.org/10.14195/1647-7723\\_32-extra1\\_15](https://doi.org/10.14195/1647-7723_32-extra1_15)

Artigo científico / Scientific article



## CARACTERIZAÇÃO BIOFÍSICA E SOCIOECONÓMICA DO CONCELHO DE MONCHIQUE: AVALIAÇÃO DO RISCO DE INCÊNDIO\*

BIOPHYSICAL AND SOCIO-ECONOMIC CHARACTERIZATION OF THE MUNICIPALITY OF MONCHIQUE: FIRE RISK ASSESSMENT

193

Carla Rolo Antunes

Universidade do Algarve, MED (Portugal)

Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Ciências da Terra, do Mar e do Ambiente

ORCID 0000-0002-7446-2537 [cmantunes@ualg.pt](mailto:cmantunes@ualg.pt)

Henrique César Ribeiro

Universidade do Algarve (Portugal)

Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Ciências da Terra, do Mar e do Ambiente

ORCID 0000-0002-4898-4737 [a62984@ualg.pt](mailto:a62984@ualg.pt)

Maria de Belém Costa Freitas

Universidade do Algarve, MED (Portugal)

Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Ciências da Terra, do Mar e do Ambiente

ORCID 0000-0001-7645-7099 [mbfreitas@ualg.pt](mailto:mbfreitas@ualg.pt)

Miguel Domingos Teixeira

Universidade do Algarve (Portugal)

Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Ciências da Terra, do Mar e do Ambiente

ORCID 0000-0002-7180-217X [a65890@ualg.pt](mailto:a65890@ualg.pt)

Maria do Rosário Partidário

Universidade de Lisboa, CiTUA (Portugal)

Instituto Superior Técnico - Departamento de Engenharia Civil, Arquitetura e Ambiente

ORCID 0000-0002-5564-719X [mariapartidario@tecnico.ulisboa.pt](mailto:mariapartidario@tecnico.ulisboa.pt)

### RESUMO

No contexto das alterações climáticas, é essencial criar políticas de ordenamento do território e combate ao risco de incêndio florestal, considerando as características biofísicas e socioeconómicas de territórios vulneráveis. Monchique, no Barlavento Algarvio, ocupa 36.000 ha, e sofreu dois grandes incêndios nos últimos 20 anos. Este estudo avalia a relação entre os incêndios florestais e as especificidades do território, como o uso do solo, declive, exposição de encostas, espécies florestais, etc. O objetivo desta análise é avaliar o poder explicativo dessas variáveis na vulnerabilidade ao risco de incêndio, utilizando como variáveis dependentes o número, origem e extensão da área afetadas nos últimos 20 anos. A análise integrativa dessas características combina contextos socioeconómicos e biofísicos. A análise estatística identifica e compreende as causas dos incêndios no concelho. As conclusões obtidas são relevantes para integrar em novas abordagens políticas no contexto dos incêndios florestais e do combate a este flagelo.

**Palavras-chave:** Aspetos biofísicos, caracterização socioeconómica, risco de incêndio, floresta, Monchique.

### ABSTRACT

In the context of climate change, it is essential to create policies for land-use planning and combating the risk of forest fires, taking the biophysical and socio-economic characteristics of vulnerable territories into account. Monchique, in the western Algarve, occupies 36,000 hectares and has suffered two major fires in the last 20 years. This study assesses the relationship between forest fires and specific characteristics of the territory, such as land use, slope, slope exposure, forest species, etc. The objective of this analysis is to evaluate the explanatory power of these variables in terms of fire risk vulnerability. The number, origin, and extent of the area affected in the last 20 years were used as dependent variables. The integrative analysis of these characteristics combines socio-economic and biophysical contexts to explain fire risk. Statistical analysis identifies and understands the causes of fires in the municipality. The conclusions obtained are relevant for integrating new policy approaches in the context of forest fires and in combating this scourge.

**Keywords:** Biophysical aspects, socio-economic characterization, fire risk, forest, Monchique.

\* O texto deste artigo corresponde a uma comunicação apresentada no VI Congresso Internacional de Riscos, tendo sido submetido em 15-09-2023, sujeito a revisão por pares a 17-11-2023 e aceite para publicação em 05-04-2024. Este artigo é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 32 (N.º Especial), 2025, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

## Introdução

A ocorrência de incêndios florestais em Portugal não é um fenómeno recente, mas as profundas transformações ocorridas no país desde a década de 70 do século XX, contribuíram para o seu aumento em frequência, dimensão e intensidade (Bento-Gonçalves, 2021). Vários são os fatores que contribuem para este fenómeno, particularmente as características climáticas, topográficas, ocupação e uso do solo (Batista, 2000; Motta, 2008; Torres *et al.*, 2017; Ward *et al.*, 2020). Por exemplo, o abandono de áreas agrícolas conduz a um aumento da vulnerabilidade do espaço rural para com os incêndios, devido ao facto de aumentarem as áreas naturais de vegetação espontânea (matos) e áreas florestais sem gestão (Conedera e Tinner, 2000; Moreira *et al.*, 2001).

Considerando a posição geográfica no contexto da dinâmica atmosférica, Portugal é bastante suscetível a secas, episódios de precipitação intensa, ondas de calor e de frio (Ganho, 2019). Segundo o Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA), Portugal Continental apresenta, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, um clima temperado do tipo C, com o subtipo Cs (clima temperado com Verão seco) e as variedades Csa, Csb e ainda se verifica o tipo B, com o subtipo Bs (clima de estepe) e a variedade Bsk. À exceção da pequena área classificada com o tipo B, estas características climáticas são o cenário típico dos países da bacia mediterrânea.

As características climáticas contribuem para os incêndios, nomeadamente, quanto à frequência, dimensão, intensidade, sazonalidade e tipo de incêndio (Dale *et al.*, 2001). Estas características desempenham um papel crucial na quantidade e na inflamabilidade da carga de combustível presente (Nunes *et al.*, 2013), por determinarem o teor de humidade do combustível e a quantidade de biomassa produzida (Loepfe *et al.*, 2011).

De acordo com Lowe (2001) (citado por Nunes *et al.*, 2005), a hora do dia tem uma influência importante nos níveis de humidade relativa, sendo mais alta nas primeiras horas da manhã, devido às temperaturas mais baixas. Conforme o dia avança, a temperatura aumenta e a humidade relativa diminui, atingindo o seu valor mínimo a meio da tarde, quando as temperaturas estão no seu máximo. Neste contexto, é importante observar com periodicidade os níveis de humidade relativa, pois estes apresentam uma forte relação com o teor de humidade dos combustíveis.

Territórios que apresentam grandes altitudes, por norma estão condicionados em vários aspetos devido à presença de declives acentuados. No que diz respeito aos incêndios florestais, o declive parece não ter grande importância para explicar a variação espacial da ocorrência de incêndios (Carmo *et al.*, 2011). No

entanto, vários estudos descrevem o declive como uma característica topográfica que afeta direta e indiretamente a propagação do fogo (Ventura e Vasconcelos, 2006), nomeadamente aumentando a sua velocidade (Rothermel, 1983) e ainda pelo facto de condicionar a utilização do território pelo Homem, o que torna a ocorrência de matos mais frequente nos declives mais acentuados (Carmo, 2009).

Em cada uma das vertentes de uma encosta está a origem de um microclima, que vai determinar o tipo de vegetação predominante desse sítio. A determinação do clima nas encostas é amplamente condicionada pela sua exposição solar, o que faz com que, à partida, as vertentes expostas a sul sejam mais quentes do que as expostas a norte (Carmo, 2009). Considerando a acumulação de humidade durante a noite, às primeiras horas do dia a radiação solar servirá para evaporar essa humidade. O máximo térmico desloca-se com o sol de Sudeste para Sudoeste, devido ao facto de as primeiras horas de radiação solar serem utilizadas para a evaporação de humidade e o aquecimento de massas de ar (Carmo, 2009), ou seja, com o avançar do tempo as temperaturas vão aumentando, verificando-se assim uma maior temperatura nas encostas orientadas a Sudoeste (Abdo *et al.*, 2022). Já as encostas mais frias vão ter valores de humidade maiores e desta forma proporcionam um aumento na produção de biomassa; de acordo com Yang *et al.* (2020), os valores de produção de biomassa em encostas orientadas a norte, podem ser muito superiores aos das encostas viradas para sul.

O uso e ocupação do solo é importante em diversas áreas do conhecimento científico, como geografia, ordenamento do território, agricultura, silvicultura e ecologia, entre outras. O uso adequado do solo é essencial para a preservação da biodiversidade e prestação de serviços ecossistémicos, além de ser um fator determinante para o desenvolvimento económico e social, principalmente em espaços rurais. No que se refere à ocupação e uso do solo em Portugal Continental, verifica-se que têm ocorrido variações importantes, tais como redução de área agrícola e aumento da área florestal. Esta transformação deve-se essencialmente ao êxodo rural, à emigração e à falta de incentivos para a fixação de mão-de-obra na agricultura, sendo que este abandono da área agrícola promove também o aparecimento de vegetação natural (Meneses *et al.*, 2014), como os matos. O uso e ocupação do solo são fatores que podem influenciar a ocorrência e a propagação de incêndios florestais (Tagliarini e Gonçalves, 2016), pois a forma como o solo é ocupado reflete a quantidade e qualidade da biomassa produzida, bem como a densidade e distribuição das espécies, o que influencia o microclima do local, sendo que todos estes fatores podem aumentar ou reduzir o risco de incêndio. De acordo com Pereira *et al.* (2006) de 1990 a 2005 menos de 1/3 da área ardida era floresta, no

entanto, mais de metade correspondia a matos.

As causas dos incêndios podem assim variar significativamente (Nunes *et al.*, 2014), embora Bento-Gonçalves (2021) refira que maioria da origem de ignições ocorre devido à ação antrópica e apenas uma pequena percentagem tem origem natural. De qualquer forma, este é um problema complexo, decorrente do grande número de fatores naturais envolvidos e da influência da presença humana, uma vez que a distribuição de áreas áridas resulta da sinergia de fatores fisiográficos e outras variáveis, como a topografia, a temperatura, a precipitação e as mudanças socio económicas que se refletem no uso e cobertura vegetal do solo (Nunes *et al.*, 2013).

Neste contexto, este artigo pretende debruçar-se sobre as características fisiográficas e de uso do solo específicas do concelho de Monchique, no Algarve (fig. 1), e estudar a forma como as mesmas se relacionaram com a ocorrência de incêndios, usando dados obtidos ao longo de 20 anos, entre 2001 e 2021.

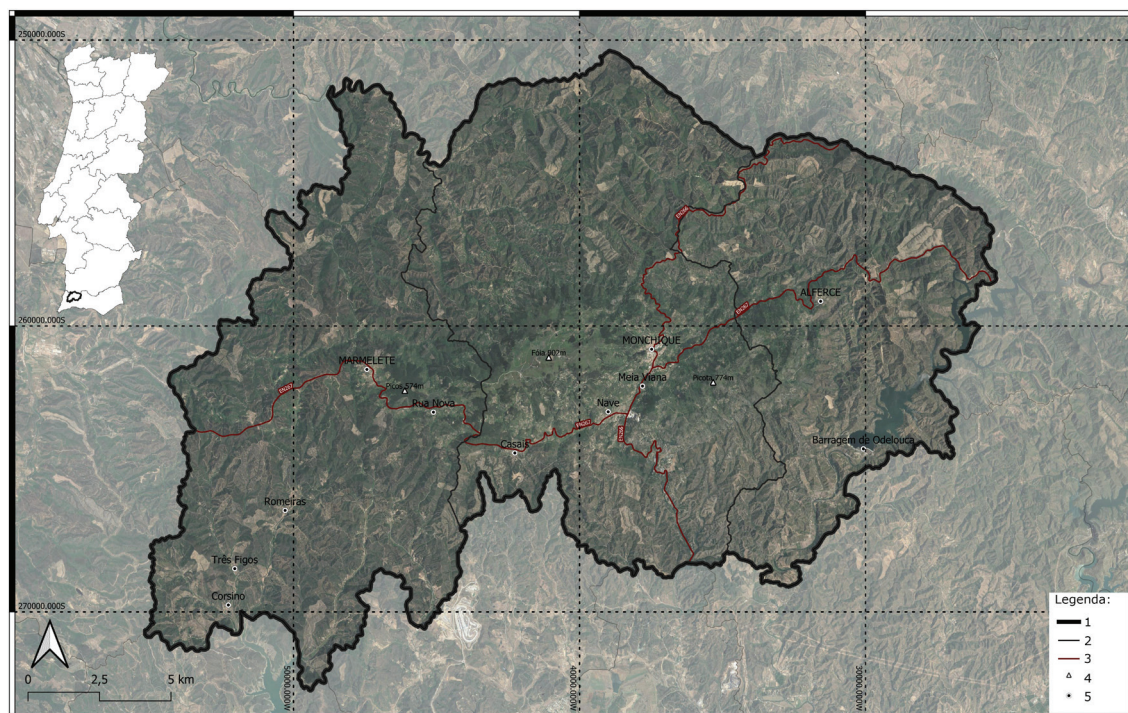
O estudo apresentado neste artigo foi desenvolvido no âmbito do Projeto BRIDGE (*"Bridging science and local communities for wildfire risk reduction"*), resultado de uma parceria entre o Instituto Superior Técnico (IST), o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) e

a Universidade do Algarve (UALg). O projeto tem a duração de 2 anos tendo iniciado em março de 2021, com o financiamento da Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT). Com vista a promover uma ligação entre o conhecimento prático de comunidades locais com o conhecimento científico produzindo na Academia, o BRIDGE possui uma estratégia centrada na prevenção e mitigação do risco de incêndios florestais no concelho de Monchique. Em virtude disto, a elaboração deste artigo contribui para a identificação de possíveis relações entre as características fisiográficas do território e a ocorrência de incêndios, com o propósito de tornar este território mais resiliente aos fogos.

## Metodologia

O desenvolvimento da investigação foi feito com base nos dados da caracterização fisiográfica da área de estudo previamente elaborada no âmbito do projeto “BRIDGE”, nomeadamente a Carta de Declives, a Carta de Exposição de Encostas e a Carta de Uso e Ocupação do Solo (COS 2018), disponibilizada pela Direção Geral do Território (DGT).

Diversos estudos relacionam características socioeconômicas, como o envelhecimento da população, com o aumento da vulnerabilidade do território aos incêndios (Mancini *et al.*, 2018; Oliveira *et al.*, 2020), pelo que a



**Fig. 1** - Carta de localização da área de estudo: 1) Limite do concelho; 2) Limite das freguesias; 3) Rede rodoviária; 4) Marcos geodésicos; 5) Localidades (Fonte dos dados cartográficos: CAOP 2021, Rede Rodoviária Nacional, Google Satellite e QGIS 2021).

**Fig.1** - Location map of the study area: 1) Boundary of the municipality; 2) Boundary of the parishes; 3) Road network; 4) Geodesic landmarks; 5) Localities (Source of cartographic data: CAOP 2021, National Road Network, Google Satellite and QGIS 2021).



caracterização dos produtores foi também um elemento considerado na caracterização da área de estudo.

A caracterização dos produtores florestais e as respetivas propriedades foi realizada a partir de um instrumento de inquérito por entrevista, na freguesia de Alferce. O instrumento pretende diagnosticar a situação do sistema socioeconómico que suporta a floresta no concelho de Monchique, direcionado ao agregado, que visa entender a relação dos habitantes de Alferce com o lugar, o risco e vulnerabilidade percebida, a experiência a episódios de desastres, se os entrevistados são proprietários florestais e uma caracterização do indivíduo. Foram realizadas cerca de 60 entrevistas, das quais 18 não eram produtores florestais e 2 não sabiam descrever a sua propriedade florestal, totalizando 40 produtores florestais, que representa uma amostra de conveniência.

Para a obtenção da informação foi gerado, através do software QGIS 3.22, um “Digital Elevation Model” (DEM) resultado de imagens de satélite “ASTER V003”, com uma margem de erro da altitude inferior a 17 metros e um grau de confiança de 95%. Desta forma, e no que à Carta de Declives diz respeito, foi criada uma imagem “raster” decorrente da análise dos declives, expressa em seis classes, que tiveram por base a amplitude de declives na área de estudo:  $\leq 5\%$ ; 5 a 10%; 10 a 15%; 15 a 25%; 25 a 45% e  $> 45\%$ . O mesmo foi realizado para a análise da orientação de encostas (Carta de Exposição de Encostas), que foi expressa em azimutes e classificada relativamente às oito direções cardeais e os seus colaterais, além das zonas planas com múltiplas exposições resultando num total de nove classes, em que os tons de verdes e amarelos representam as exposições frescas e húmidas, os tons de laranja e azul são exposições intermédias e os de vermelhos e roxo são para as exposições quentes e secas.

A Carta de Uso e Ocupação do Solo foi criada através da informação disponibilizada pela DGT, incluindo uma análise de todos os usos, onde foi observado o domínio das classes de Florestas e Matos, 66% e 26% do concelho, respetivamente. Tendo em conta esta informação, foi ainda realizada uma análise mais aprofundada da classe de Florestas.

Após a elaboração das 3 cartas necessárias para a análise foram obtidos os dados das ocorrências de incêndios para o concelho de Monchique entre o período de 2000 a 2020, disponíveis no *site* do Instituto da Conservação da Natureza e Florestas (ICNF - Registos Individuais de incêndios 2001-2022) que inclui todas as informações obtidas do início do incêndio até o momento da extinção do fogo, contendo a hora de início, duração do incêndio, área total ardida, causa do incêndio e as coordenadas do início de cada incêndio, informação crucial para a análise dos dados.

Com o objetivo de perceber se existe alguma relação entre as ocorrências de incêndios e a fisiografia do território, procedeu-se ao cruzamento dos dados recolhidos. Esta integração permitiu sobrepor os locais de início das ocorrências com as bases cartográficas, obtendo informações sobre o declive, a exposição de encostas e a ocupação do solo para cada incêndio. Com esta abordagem visou-se estabelecer potenciais relações entre os dados e identificar padrões ou correlações relevantes.

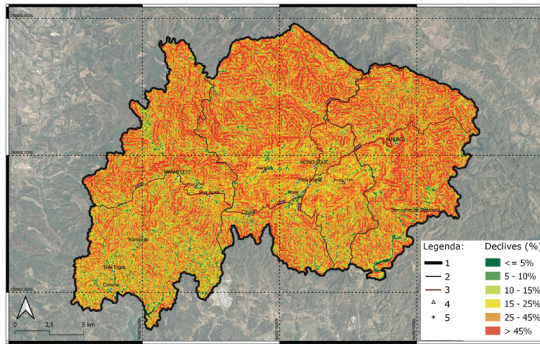
Todos os dados foram tratados e analisados através do software Excel para perceber se existe influência dos declives, da orientação de encostas, da duração do incêndio e da altura do ano com a ocorrência de incêndios no concelho de Monchique. Para além da análise principal foram determinadas algumas relações entre as variáveis analisadas de forma a entender ao pormenor a ocorrência de incêndios. As relações analisadas contemplaram a correlação entre a hora de início dos incêndios, o número de ocorrências e área ardida, determinando assim o intervalo do dia em que ocorreram mais incêndios; a relação entre os meses do ano que mais ocorreram incêndios, área ardida e duração; a tipologia de uso do solo que possui o maior número de ocorrências, maior área ardida e maior duração; a relação existente entre as diferentes tipologias de declives e exposição de encostas com o número de ocorrências, área ardida e duração do incêndio.

### Caracterização do território

O concelho de Monchique localiza-se no Sul de Portugal, região algarvia (fig. 1), e é abrangido pelos subtipos de clima Csb e Csa (RTGEO, 2013), encontrando-se parte sob influência de um clima mais ameno, com um verão mais fresco e à medida que se avança para Este, as temperaturas sobem e torna-se mais seco. A precipitação é afetada pela altitude da Serra de Monchique apresentando uma precipitação média anual superior a 1000 mm, que vai decrescendo com a altitude, à medida que progride para os limites do concelho, até apresentar valores na ordem dos 700 mm (RTGEO, 2013). A posição próxima da fachada ocidental e das massas de ar húmidas, quando se deparam com o relevo e altitude, favorecem a ocorrência de precipitação. A temperatura no concelho de Monchique (tal como a precipitação) destaca-se do resto do Algarve, variando a temperatura média entre 16,3°C e 16,8°C (RTGEO, 2013).

O concelho de Monchique além de ser uma região de altitude elevada possui declives acentuados e através da análise da Carta de Declives (fig. 2) foi constatado que mais de 80% do concelho apresenta declives superiores a 15%, sendo esta uma condicionante para o uso do solo. Adicionalmente, cerca de 62% do território apresenta declives superiores a 25%, estando sujeito a erosão e deslizamentos de terra. Finalmente, cerca de 22% do território apresenta declives muito acentuados ( $> 45\%$ ),



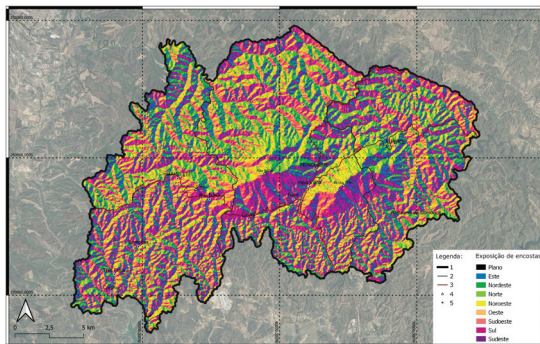


**Fig. 2 - Carta de Declives de Monchique:** 1) Limite do concelho; 2) Limite das freguesias; 3) Rede rodoviária; 4) Marcos geodésicos; 5) Localidades (Fonte dos dados cartográficos: CAOP 2021, Rede Rodoviária Nacional, 'NASA EOSDIS Land Processes', Google Satellite e QGIS 2021).

*Fig. 2 - Map of slopes in Monchique: 1) Boundary of the municipality; 2) Boundary of the parishes; 3) Road network; 4) Geodesic landmarks; 5) Localities (Source of cartographic data: CAOP 2021, National Road Network, NASA EOSDIS Land Processes, Google Satellite and QGIS 2021).*

o que limita a mobilidade pedestre e de outros meios de transporte e, potencialmente, dificulta o combate num contexto de incêndio florestal.

No que diz respeito à exposição de encostas, é possível constatar, de acordo com a análise da Carta de Exposição de Encostas do concelho de Monchique (fig. 3), que a orientação de encostas é bastante semelhante em cada uma das classes, embora seguindo a ordem de grandeza as encostas voltadas a Sul, Sudeste, Sudoeste e Oeste possuam maior expressão no território, com exceção dos picos da Foia e da Picota. Dois dos principais núcleos urbanos do concelho estão localizados em encostas orientadas a sul. A combinação da topografia e dos declives intensifica a ação

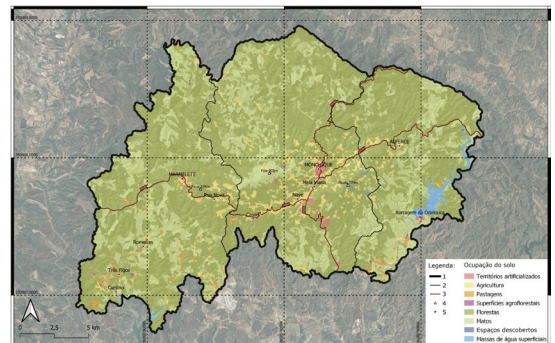


**Fig. 3 - Carta de Exposição de Encostas de Monchique:** 1) Limite do concelho; 2) Limite das freguesias; 3) Rede rodoviária; 4) Marcos geodésicos; 5) Localidades (Fonte dos dados cartográficos: CAOP 2021, Rede Rodoviária Nacional, 'NASA EOSDIS Land Processes', Google Satellite e QGIS 2021).

*Fig. 3 - Slope Exposure Map of Monchique: 1) Boundary of the municipality; 2) Boundary of the parishes; 3) Road network; 4) Geodesic landmarks; 5) Localities (Source of cartographic data: CAOP 2021, National Road Network, NASA EOSDIS Land Processes, Google Satellite and QGIS 2021).*

dos ventos dominantes vindos do Norte e dos ventos quentes vindos do Sul, no que diz respeito ao comportamento das massas de ar, com um deslocamento ascendente dos vales até as zonas de baixa pressão.

Relativamente ao uso e ocupação do solo, a análise da COS 2018 (fig. 4) permitiu constatar que o concelho de Monchique é maioritariamente ocupado por florestas (65,7%) seguido da classe de matos (26,2%). Desta forma estas duas classes de ocupação ocupam cerca de 90% de todo o concelho. A relevância da classe de matos é ainda mais significativa devido à sua associação com o abandono das áreas rurais, o que, por si só, constitui um fator agravante no que se refere à ocorrência de incêndios. A carta de Uso e Ocupação do Solo também permite um diagnóstico mais pormenorizado do



**Fig. 4 - Carta de uso e ocupação do solo de Monchique:** 1) Limite do concelho; 2) Limite das freguesias; 3) Rede rodoviária; 4) Marcos geodésicos; 5) Localidades (Fonte dos dados cartográficos: CAOP 2021, Rede Rodoviária Nacional, DGT, Google Satellite e QGIS 2021).

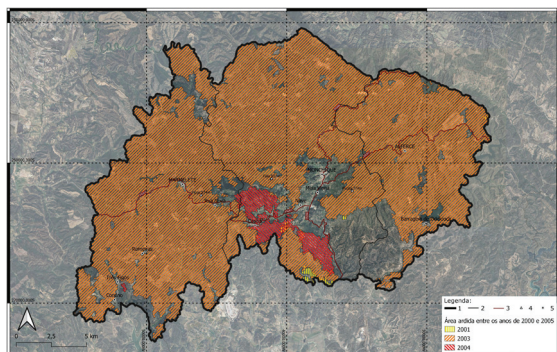
*Fig. 4 - Land use and land cover map of Monchique: 1) Boundary of the municipality; 2) Boundary of the parishes; 3) Road network; 4) Geodesic landmarks; 5) Localities (Source of map data: CAOP 2021, Rede Rodoviária Nacional, DGT, Google Satellite and QGIS 2021).*

território, nomeadamente da classe de florestas: os dados indicam que 68% das florestas do concelho são de eucaliptos, seguido de folhosas, mais especificamente de sobreiro (*Quercus suber*), com cerca de 26,3%.

De acordo com os dados disponíveis no ICNF ocorreram 439 incêndios, durante o período analisado (2000-2020). Destes incêndios apenas 20 têm representação vetorial, os quais são apresentados por quinquénio (2000-2005, 2011-2015, 2016-2020) nas figuras seguintes (fig. 5, 6 e 7). Entre 2006 e 2010 não existem incêndios vetorizados.

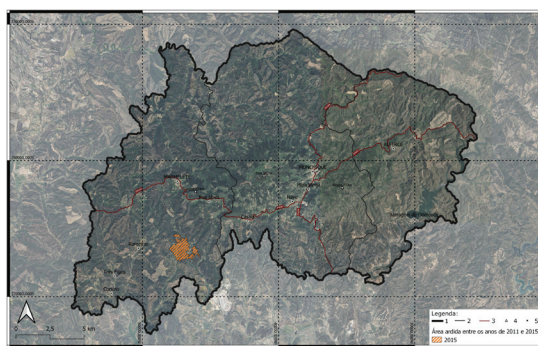
### Caracterização do produtor florestal

Como previamente mencionado, foi elaborada para a freguesia de Alferce, no âmbito do projeto "BRIDGE", uma caracterização dos produtores florestais e as respetivas propriedades, com uma amostra de conveniência.



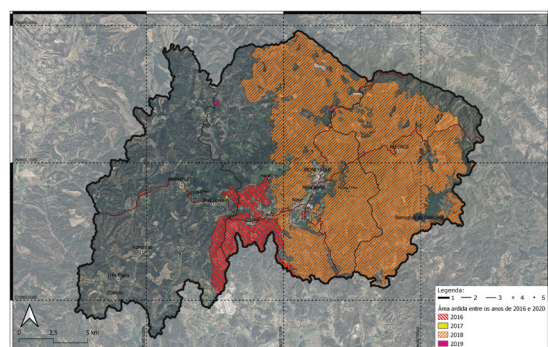
**Fig. 5 - Áreas Ardidas no concelho de Monchique, no período de 2000 a 2005:** 1) Limite do concelho; 2) Limite das freguesias; 3) Rede rodoviária; 4) Marcos geodésicos; 5) Localidades (Fonte dos dados cartográficos: CAOP 2021, Rede Rodoviária Nacional, DGT, Google Satellite e QGIS 2021).

*Fig. 5 - Burned areas in Monchique municipality, between 2000 and 2005:* 1) Boundary of the municipality; 2) Boundary of the parishes; 3) Road network; 4) Geodesic landmarks; 5) Localities (Source of map data: CAOP 2021, Rede Rodoviária Nacional, DGT, Google Satellite and QGIS 2021).



**Fig. 6 - Áreas Ardidas no concelho de Monchique, no período de 2011 a 2015:** 1) Limite do concelho; 2) Limite das freguesias; 3) Rede rodoviária; 4) Marcos geodésicos; 5) Localidades (Fonte dos dados cartográficos: CAOP 2021, Rede Rodoviária Nacional, DGT, Google Satellite e QGIS 2021).

*Fig. 6 - Burned areas in Monchique municipality, between 2011 and 2015:* 1) Boundary of the municipality; 2) Boundary of the parishes; 3) Road network; 4) Geodesic landmarks; 5) Localities (Source of map data: CAOP 2021, Rede Rodoviária Nacional, DGT, Google Satellite and QGIS 2021).



**Fig. 7 - Áreas Ardidas no concelho de Monchique, no período de 2016 a 2020:** 1) Limite do concelho; 2) Limite das freguesias; 3) Rede rodoviária; 4) Marcos geodésicos; 5) Localidades (Fonte dos dados cartográficos: CAOP 2021, Rede Rodoviária Nacional, DGT, Google Satellite e QGIS 2021).

*Fig. 7 - Burned areas in Monchique municipality, between 2016 and 2020:* 1) Boundary of the municipality; 2) Boundary of the parishes; 3) Road network; 4) Geodesic landmarks; 5) Localities (Source of map data: CAOP 2021, Rede Rodoviária Nacional, DGT, Google Satellite and QGIS 2021).

Após o tratamento dos dados, verificou-se que a maioria dos produtores (77%) tem seis ou menos propriedades. No entanto, existe uma grande diversidade de tamanhos de propriedades, com 33% tendo mais de 50 hectares. A maioria dos produtores pratica agricultura e tem produção animal, principalmente para consumo próprio. Foi constatado que a principal espécie explorada é o eucalipto (82,5%), na sua maioria em florestas plantadas há mais de 30 anos, sendo o rendimento o principal motivo para a sua plantação (69%). Todos os produtores inquiridos foram afetados por incêndios, com destaque para aqueles afetados nos grandes incêndios de

2003 e 2018 (cerca de 70%), tendo a maioria (78%) a perceção de que os incêndios devastaram a totalidade das suas propriedades. As produções mais afetadas foram cortiça, madeira e medronho. Quase metade dos produtores (47%) optou por replantar os seus terrenos, embora 42% destes tenha decidido plantar espécies não florestais. Apenas 47,4% dos produtores que decidiram replantar afirmou ter recebido algum tipo de apoio. Cerca de 65% dos produtores têm 65 anos ou mais e a mesma percentagem tem um nível de escolaridade que não vai além do 2º ciclo do ensino básico. De acordo com Ferrara *et al.* (2019), o nível de educação é um dos fatores que está positivamente relacionado com a discriminação dos contextos territoriais com elevada área florestal e alterações na cobertura florestal, as quais estão associadas à severidade de incêndios. As consequências das características descritas antes podem-se observar de certa forma na situação atual do concelho de Monchique: o rendimento foi o principal motivo no que diz respeito às alterações de coberto vegetal para eucaliptais. A floresta de eucalipto, por si só, não aumenta a severidade dos incêndios, o que pode eventualmente aumentar a severidade dos incêndios, são as explorações de eucalipto ao abandono e/ou sem a devida gestão.

Ferrara *et al.* (2019), indicam que territórios com maiores índices de pobreza rural e desemprego são mais suscetíveis à ocorrência de incêndios de grandes proporções devido a estes fatores influenciarem as propriedades dos incêndios florestais, nomeadamente a frequência, intensidade e severidade. As alterações no uso e ocupação do solo, como é o caso das grandes explorações de eucaliptos, representam outro



exemplo de um fator muito presente no Concelho e que aumenta a sua vulnerabilidade, demonstrando a falta de sensibilidade para com os impactos sociais ou ambientais, que essas transformações possam causar.

Resultados e Discussão

Após a análise dos dados não foi encontrada nenhuma relação direta entre os Declives, Orientação de Encostas, Duração do Incêndio e Altura do Ano com a ocorrência ou ausência de incêndios. De acordo com os dados disponíveis no ICNF, dos 439 incêndios ocorridos durante o período de 20 anos analisados, totalizando 66.000 ha ardidos, somente três (dois em 2003 e um em 2018) foram responsáveis por 86% do total de área ardida. Dada a heterogeneidade do território abrangido por estes três grandes incêndios, as diferentes classes das características biofísicas consideradas estavam sempre presentes, não havendo uma clara dominância, pelo que não foi possível estabelecer uma relação entre uma característica determinada e o incêndio. Tendo em consideração a situação referida, esses três incêndios foram excluídos das análises que envolviam as áreas ardidas, logo as áreas foram reduzidas para 9.056 ha.

No que diz respeito às causas identificadas, verificou-se que apenas um incêndio (0,2%) teve origem natural, 3% teve origem em reacendimentos, 6,8% foram intencionais, ou seja, tiveram na origem atos criminosos. Aproximadamente 28% dos incêndios foram resultado de negligência, enquanto que a grande maioria, cerca de 61%, teve causa desconhecida (TABELA I), ou seja, o total de incêndios que resultaram de ação antrópica foram cerca de 35,5% (TABELA I). Não é possível determinar se as causas desconhecidas são ou não devidas à presença humana. De acordo com Hernández *et al.* (2019), os incêndios ocorrem no mediterrâneo essencialmente devido à ação humana - em média, apenas 4% dos incêndios atribuídos a causas desconhecidas resultam de causas naturais, sendo os restantes 96% resultado da ação humana. Hernández *et al.* (2019) referem ainda

que, em Portugal, apenas 1% dos incêndios tem origem natural, e que 99% é devido à ação antrópica. Esses dados sugerem que o número real de incêndios causados por ação humana pode ser significativamente maior do que o indicado pelas estatísticas conhecidas.

A hora do dia tem uma importante influência nos níveis de humidade relativa do ar: às primeiras horas da manhã, a temperatura é mais baixa e os níveis de humidade são mais altos, o que se inverte com o passar das horas, ou seja, a temperatura vai aumentar e a humidade relativa vai diminuir (Souza *et al.* 2012). Neste sentido, foi realizada uma análise entre o número de ignições e a sua área ardida em relação às horas do dia, tendo-se verificado que durante o intervalo das 12h às 18 h ocorreram cerca de 59% das ignições, responsáveis por 97% da área ardida (fig. 8).

Constatou-se que, durante o período de 20 anos analisado, os meses em que ocorreram mais incêndios foram os de julho e agosto com cerca de 40% do total de ignições (fig. 9) e 62% de toda área ardida, o que se pode relacionar com as condições climáticas, como as altas temperaturas e os períodos de estiagem cada vez mais longos. Os resultados obtidos vão de encontro ao período crítico estipulado no Artigo 2.º da Lei n.º 76/2017, de 17 de agosto (Lei n.º 76/2017, 2017), que de acordo com o Sistema de Defesa da Floresta contra incêndios (SDFCI) vigora de 1 de julho a 30 de setembro (embora este período possa ser alterado, em situações excecionais).

Vários estudos realizados no Sul da Europa revelam que as ocorrências que têm início nos matos e florestas, resultam em maiores áreas ardidas (Catry *et al.*, 2008, Bajocco e Ricotta, 2008, Pezzatti *et al.*, 2009, Moreira *et al.*, 2010, De Angelis *et al.*, 2012). Pelo contrário, Ganteaume e Jappiot (2013), sobre a ocorrência de incêndios no Sul de França, indicam que as classes de uso e ocupação relativas às florestas não possuem relação com a ocorrência de incêndios. Observa-se a relação entre o uso e ocupação do

TABELA I - Identificação das causas de incêndios florestais em Monchique entre os anos de 2000 e 2020.

TABLE I - Identification of the causes of forest fires in Monchique between the years 2000 and 2020.

Tipologia de causas de incêndios	Nº	%
Natural	1	0,2
Reacendimento	13	3,0
Intencional	30	6,8
Negligente	126	28,7
Desconhecida	269	61,3
Total antrópico	156	35,5
Total	439	100,0

Fonte: Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas.  
Source: Institute for Nature Conservation and Forests.

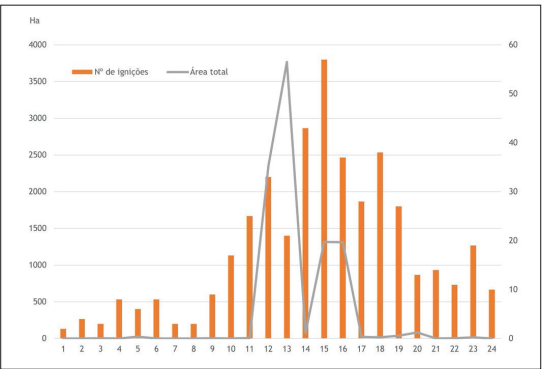
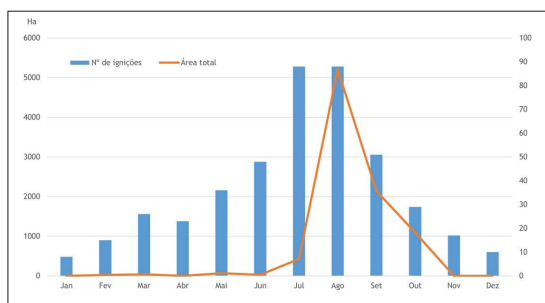


Fig. 8 - Relação entre as horas do dia, ocorrências e a área ardida total.  
Fig. 8 - Relationship between hours of the day, occurrences and total burned area.

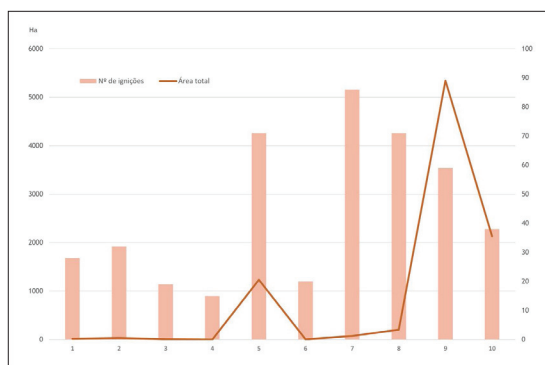




**Fig. 9 -** Relação entre os meses do ano, ocorrências e a área ardida total.

*Fig. 9 - Relationship between the months of the year, occurrences, and total burned area.*

solo com o número de ocorrências (fig. 10), com a duração e com a área total ardida. Como se pode verificar, em Monchique as classes com o maior número de ignições são a de florestas de sobreiro com cerca de 20%, as florestas de eucalipto com cerca de 16% e os mosaicos culturais e parcelares complexos, com cerca de 16%.



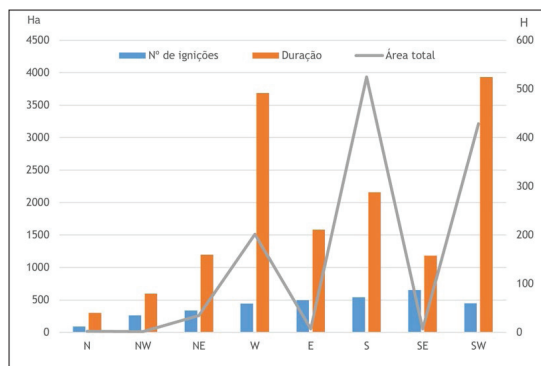
**Fig. 10 -** Relação entre usos do solo, ocorrências e a área ardida total: 1) Tecido edificado contínuo; 2) Tecido edificado descontínuo; 3) Tecido edificado descontínuo esparso; 4) Culturas temporárias de sequeiro e regadio; 5) Mosaicos culturais e parcelares complexos; 6) Agricultura com espaços naturais e seminaturais; 7) Florestas de sobreiro; 8) Florestas de eucalipto; 9) Matos; 10) Outros.

*Fig. 10 - Relationship between land use, occurrences and total burnt area: 1) Continuous built environment; 2) Discontinuous built environment; 3) Sparse discontinuous built environment; 4) Dry and irrigated temporary crops; 5) Complex cultural and parcel mosaics; 6) Agriculture with natural and semi-natural spaces; 7) Cork oak forests; 8) Eucalyptus forests; 9) Scrubland; 10) Other.*

Adicionalmente, apesar da classe dos matos não ter sido a classe com maior número de ocorrências (cerca de 13%), esta foi a que resultou na maior área total ardida, a qual representa cerca de 60% da área devastada pelas chamas.

A partir da análise do registo de número de ocorrências de acordo com a exposição de encostas, com a duração (em horas totais) das ocorrências e área total ardida

(fig. 11), verificou-se que o maior número de ocorrências foi registado nas encostas Sudeste (cerca de 20%), Sul (cerca de 17%) e Este (cerca de 15%). No entanto, as que corresponderam a uma maior área total ardida foram as orientadas a Sul (cerca de 43%), Sudoeste (cerca de 35%) e Oeste (cerca de 17%).



**Fig. 11 -** Relação entre as orientações de encostas, ocorrências, duração e a área ardida total.

*Fig. 11 - Relationship between slope orientation, occurrences, duration and total burned area.*

Adicionalmente, observou-se que apesar das ocorrências registadas nas encostas orientadas a Sul terem a maior área ardida, estas representam apenas cerca de 15% da duração em horas em relação ao total das horas de todas as ocorrências.

Como já foi referido anteriormente as encostas voltadas a Sudoeste, Sul e Sudeste recebem radiação solar durante mais tempo no decorrer do dia, proporcionando encostas mais quentes e secas, o que se torna um fator condicionante para a criação de microclimas que por sua vez influenciam na distribuição e no tipo de vegetação existente no local. Teoricamente segundo a revisão bibliográfica a orientação onde deveriam ocorrer um maior número de incêndios seria Sudoeste (Geiger, 1961; Radke, 1982; Pereira, 2020), por apresentar maior temperatura e menor teor em humidade dos combustíveis, o que vai aumentar a suscetibilidade a incêndios florestais (Oliveira *et al.*, 1995; Pereira, 2020), num cenário de ocorrências com causa natural. Contudo, essa situação não se verifica, o que enfatiza a presença humana como principal causa de ocorrências de incêndios.

Observa-se a comparação entre a duração de cada incêndio e a área ardida em cada classe de declives (fig. 12), tendo-se constatado que a maioria das ignições ocorreram em declives entre 10 e 45%, sendo que estes deram início a incêndios de maior duração e que consumiram uma maior área. Analisando em maior detalhe verifica-se que o maior número de ignições ocorreu nas encostas com maior declive (15 - 45%), tal

como observado nos dados, resultaram na maior área total ardida (cerca de 73%). Este fenómeno pode ser explicado pela possibilidade de ocorrência do efeito “chaminé”, que resulta da deslocação do ar por ação do gradiente de calor gerado pelo fogo, o que vai aumentar a propagação do mesmo (Castro *et al.*, 2003; Carmo, 2009). No entanto, verifica-se que apenas cerca de 4% de todos os incêndios ocorreram em declives superiores a 45%, que representaram somente 0,34% da área total ardida. De novo, enfatiza-se aqui a relação, já descrita na bibliografia, entre a ocorrência de incêndios e a presença humana. Considerando que declives acentuados (>45%) representam uma condição que limita a ação antrópica, a baixa ocorrência de incêndios nestes locais parece sustentar a existência de uma relação entre estes dois fatores.

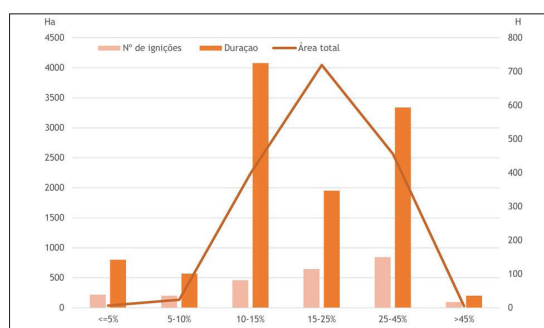


Fig. 12 - Relação entre os declives, ocorrências, duração e a área ardida total.

Fig. 12 - Relationship between slopes, occurrences and total burned area.

Além disso, zonas com declives acentuados e muito acentuados ( $\geq 45\%$ ) possuem grande risco de erosão hídrica, sendo de extrema importância a existência e proteção de coberto vegetal (Santos e Fortuna, 2005). A presença constante de incêndios no território, associada às características específicas do mesmo, nomeadamente nas zonas mais íngremes, induz a degradação severa da vegetação existente, tornando esta área ainda mais sensível a chuvas e eventos extremos, já que a vegetação não consegue recuperar a ponto de fixar as encostas (Kosmas *et al.*, 2000).

## Conclusão

O número de fatores que podem influenciar a ocorrência e propagação dos incêndios florestais é de grande complexidade, tendo origem nos problemas que ocorrem devido a mudanças socioeconômicas e que se refletem no uso e ocupação do solo (Carmo, 2009) e no abandono do espaço rural, contribuindo para o aumento da frequência, dimensão e intensidade dos incêndios. Além disso, vários outros fatores contribuem para este fenómeno,

nomeadamente as características socioeconômicas, climáticas, topográficas e ocupação e uso do solo. Após a revisão bibliográfica e análise dos dados recolhidos, estas foram as principais conclusões deste estudo:

- As condições socioeconômicas de uma região podem contribuir para a vulnerabilidade do território quanto aos incêndios;
- A principal causa dos incêndios na área de estudo está relacionada com a presença humana, além disso a revisão bibliográfica sugere que os valores sejam ainda maiores do que os conhecidos, para esta causa;
- A hora do dia tem uma grande importância na ocorrência de incêndios;
- Durante o período de 20 anos analisado, a ocorrência de incêndios distribui-se dentro do período crítico estipulado no âmbito do SDFCI;
- De acordo com os dados de ocupação e uso de solo, a classe dos matos foi a mais afetada pelos incêndios;
- Observou-se que as encostas mais quentes são mais propensas a incêndios, embora esse fator não afete a propagação do fogo, mas sim a ocorrência, devido à criação de microclimas mais favoráveis para a ignição;
- Verificou-se uma forte relação entre o aumento do declive e o aumento da área total ardida, no entanto para os declives mais acentuados (>45%), esta relação não se verifica, o que pode ser explicado pela condicionante destes declives para a presença humana.

Portanto pode-se afirmar que as características fisiográficas do local influenciam indiretamente na ocorrência de um incêndio, porém são determinantes diretos na sua propagação. Fatores como o declive, orientação de encosta, ocupação do solo e humidade, em conjunto, vão ditar como o incêndio se vai propagar, o comportamento do fogo (velocidade e intensidade de propagação) e a acessibilidade no combate (Tedim *et al.*, 2014) durante um episódio de desastre.

## Financiamento

Este trabalho foi financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia, através do Projeto PCIF/AGT/0072/2019 “BRIDGE” e UIDB/05183/2020 MED.

## Referências bibliográficas

- Abdo, H.G., Almohamad, H., Al Dughairi, A.A., e Al-Mutiry, M. (2022). GIS-Based Frequency Ratio and Analytic Hierarchy Process for Forest Fire Susceptibility Mapping in the Western Region of Syria. *Sustainability* 2022, 14, 4668.  
DOI: <https://doi.org/10.3390/su14084668>

- Bajocco, S., e Ricotta, C. (2008). Evidence of selective burning in Sardinia (Italy): which land-cover classes do wildfires prefer? *Landscape Ecology*, 23, 241-248.
- Batista, A. C. (2000). Mapas de risco: uma alternativa para o planeamento de controle de incêndios florestais. *Floresta*, 30(1/2).
- Bento-Gonçalves, A. (2021). *Os incêndios florestais em Portugal*. Fundação Francisco Manuel dos Santos.
- Carmo, M. C. D. (2009). *Influência do uso do solo e topografia na ocorrência de incêndios rurais no Norte de Portugal (Doctoral dissertation)*.
- Carmo, M., Moreira, F., Casimiro, P., e Vaz, P. (2011). Land use and topography influences on wildfire occurrence in northern Portugal. *Landscape and Urban Planning*, 100(1-2), 169-176.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.11.017>
- Castro, C. F., Serra, G., Parola, J., Reis, J., Lourenço, L., e Correia, S. (2003). Combate a incêndios florestais. *Revista da Escola Nacional de Bombeiros*, 13.
- Catry, F., Rego, F. C., Moreira, F., e Bação, F. (2008). Characterizing and modelling the spatial patterns of wildfire ignitions in Portugal: fire initiation and resulting burned area. *Transactions on Ecology and the Environment*.
- Conedera, M., e Tinner, W. (2000). The interaction between forest fires and human activity in southern Switzerland. *Biomass Burning and its Interrelationships with the Climate System*, 247-261.
- Dale, V. H., Joyce, L. A., McNulty, S., Neilson, R. P., Ayres, M. P., Flannigan, M. D., Hanson, P. J., Irland, L. C., Lugo, A. E., Peterson, C. J., Simberloff, D., Swanson, F. J., Stocks, B. J., e Michael Wotton, B. (2001). Climate Change and Forest Disturbances: Climate change can affect forests by altering the frequency, intensity, duration, and timing of fire, drought, introduced species, insect and pathogen outbreaks, hurricanes, windstorms, ice storms, or landslides. *BioScience*, 51(9), 723-734.  
DOI: [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0723:ccafd\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0723:ccafd]2.0.co;2)
- De Angelis, A., Bajocco, S., e Ricotta, C. (2012). Modelling the phenological niche of large fires with remotely sensed NDVI profiles. *Ecological Modelling*, 228, 106-111.
- Ferrara, C., Salvati, L., Corona, P., Romano, R., e Marchi, M. (2019). The background context matters: Local-scale socioeconomic conditions and the spatial distribution of wildfires in Italy. *Science of The Total Environment*, 654, 43-52.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2018.11.049>
- Ganho, N. (2019). “Mudanças climáticas e mudanças na valoração do clima”, em Portugal, nos últimos 50 anos. *Acta Geográfica*, 13(33), 196-208.
- Ganteaume, A., e Jappiot, M. (2013). What causes large fires in Southern France. *Forest Ecology and Management*, 294, 76-85.
- Geiger R. (1961). *Manual de microclimatologia, o clima da camada de ar junto ao solo*. Fundação Calouste Gulbenkian, 2ª edição, Lisboa, 556 p.
- Hernández, L., Barreira, R., Colomina, D., Maroto, A., Peiteado, C., Suárez, L., Vallauri, D., Pollutri, A., Liarikos, C., Tziritis, E., Devranoglu, S., Kalem, S., e Ersin, M. Ö. (2019). Arde el Mediterráneo - Propuesta mediterránea de WWF para la prevención de incendios forestales. [https://wwfes.awsassets.panda.org/downloads/wwf\\_informe\\_incendios\\_forestaales\\_2019\\_arde\\_el\\_mediterraneo\\_2019.pdf](https://wwfes.awsassets.panda.org/downloads/wwf_informe_incendios_forestaales_2019_arde_el_mediterraneo_2019.pdf).
- Kosmas, C., Danalatos, N. G., e Gerontidis, S. (2000). The effect of land parameters on vegetation performance and degree of erosion under Mediterranean conditions. *CATENA*, 40(1), 3-17.  
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(99\)00061-2](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(99)00061-2)
- Lei n.º 76/2017, Assembleia da República (2017). Diário da República n.º 158/2017, Série I de 2017-08-17, páginas 4734 - 4762. <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/lei/76-2017-108010872>.
- Loepfe, L., Martinez-Vilalta, J., e Piñol, J. (2011). An integrative model of human-influenced fire regimes and landscape dynamics. *Environmental Modelling e Software*, 26(8), 1028-1040.
- Mancini, L. D., Corona, P., e Salvati, L. (2018). Ranking the importance of Wildfires' human drivers through a multi-model regression approach. *Environmental Impact Assessment Review*, 72, 177-186.
- Meneses, B. M., Saraiva, R., Reis, R., e Vale, M. J. (2014). A importância da avaliação das transições de uso e ocupação do solo na compreensão da evolução da paisagem. *Espaços de Fronteira, Territórios de Esperança: Das Vulnerabilidades às Dinâmicas de Desenvolvimento*; Jacinto, R., Ed, 79-92.
- Moreira, F., Rego, F. C., e Ferreira, P. G. (2001). Temporal (1958-1995) pattern of change in a cultural landscape of northwestern Portugal: implications for fire occurrence. *Landscape Ecology*, 16, 557-567.
- Moreira, F., Catry, F. X., Rego, F., e Bacao, F. (2010). Size-dependent pattern of wildfire ignitions in Portugal: when do ignitions turn into big fires?. *Landscape Ecology*, 25, 1405-1417.
- Motta, D. S. (2008). Identificação dos fatores que influenciam no comportamento do fogo em incêndios florestais.
- Nunes, J. R. S., Soares, R. V., e Batista, A. C. (2005). Estimativa da umidade relativa das 13:00, com base nos dados das 9:00 h e das 15:00 h, para o Estado do Paraná. *Floresta*, 35(2).



- Nunes, A., Lourenço, L., Gonçalves, A. B., e Vieira, A. (2013). *Três décadas de incêndios florestais em Portugal: incidência regional e principais fatores responsáveis*.
- Nunes, A. D. J. N., Lourenço, L., Fernandes, S., e Castro, A. C. M. (2014). Principais causas dos incêndios florestais em Portugal: variação espacial no período 2001/12. *Territorium - Revista da Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança*, 21: Territórios de risco: processos, vulnerabilidades e segurança; Editores: RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança; ISSN: 0872-8941, 135-146.  
DOI: [https://doi.org/10.14195/1647-7723\\_21\\_11](https://doi.org/10.14195/1647-7723_21_11)
- Oliveira, R. R., Zaú, A. S., Lima, D. F., Silva, M. B. R., Vianna, M. C., Sodré, D. O., e Sampaio, P. D. (1995). Significado ecológico da orientação de encostas no maciço da Tijuca, Rio de Janeiro. *Oecologia brasiliensis*, 1(1), 523-541.
- Oliveira, S., Gonçalves, A., Benali, A., Sá, A., Zêzere, J. L., e Pereira, J. M. (2020). Assessing Risk and Prioritizing Safety Interventions in Human Settlements Affected by Large Wildfires. *Forests*, 11(8), 859. MDPI AG.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/f11080859>
- Pereira, J. M. C., Pereira, J. M. C., Rego, F. C., Silva, J. M. N., e Silva, T. P. (2006). *Incêndios florestais em Portugal*. ISAPress. Lisboa.
- Pereira, F. M. (2020). Identificação de áreas suscetíveis a perdas de solo após incêndio florestal. Caso de estudo: Serra de Monchique. Projeto apresentado para obtenção do grau de Mestre em Geomática. Universidade do Algarve. Faro. Disponível em: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,shib&db=edsair&AN=edsair.dedup.wf.001..c9b37f4e6b18752a5ea9830b2b64ecf8&lang=pt-pt&site=eds-live&scope=site>
- Pezzatti, G. B., Bajocco, S., Torriani, D., e Conedera, M. (2009). Selective burning of forest vegetation in Canton Ticino (southern Switzerland). *Plant biosystems*, 143(3), 609-620.
- Radke, J. K. (1982). Managing early season soil temperatures in the northern corn belt using configured soil surfaces and mulches. *Soil Science Society of America Journal*, 46(5), 1067-1071.
- Rothermel, R. C. (1983). *How to predict the spread and intensity of forest and range fires* (Vol. 143). US Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station.
- RTGEO, PLANEAMENTO E ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO, (2013). Agenda 21 local Monchique - Uma Estratégia para o Desenvolvimento Sustentável. Câmara Municipal de Monchique. Disponível em: <https://cm-monchique.pt/pt/menu/503/agenda-21-local.aspx>
- Santos, L. dos, e Fortuna, J. (2005). Modelo de exigências para uso urbano do solo. Critérios urbanísticos e riscos naturais - um exemplo em Coimbra. *Territorium - Revista da Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança*, 12; Editores: RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança; ISSN: 0872-8941, 69-95.  
DOI: [https://doi.org/10.14195/1647-7723\\_12\\_6](https://doi.org/10.14195/1647-7723_12_6)
- Souza, A. P., Casavecchia, B. H., e Stangerlin, D. M. (2012). Avaliação dos riscos de ocorrência de incêndios florestais nas regiões Norte e Noroeste da Amazônia Matogrossense. *Scientia Plena*, 8(5).
- Tagliarini, F. D. S. N., e Gonçalves, A. K. (2016). Zoneamento de risco de incêndios florestais para a bacia hidrográfica do Córrego do Petiço-Botucatu (SP). *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, 12(1).
- Tedim, F., Garcin, M., Vinchon, C., Carvalho, S., Desramaut, N., e Rohmer, J. (2014). Comprehensive Vulnerability Assessment of Forest Fires and Coastal Erosion: Evidences from Case-Study Analysis in Portugal. *Assessment of Vulnerability to Natural Hazards: A European Perspective*, 149-177.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-410528-7.00007-2>
- Torres, F. T. P., Roque, M. P. B., Lima, G. S., Martins, S. V., e Faria, A. L. L. D. (2017). Mapeamento do risco de incêndios florestais utilizando técnicas de geoprocessamento. *Floresta e Ambiente*, 24.
- Ventura, J., e Vasconcelos, M. J. (2006). O fogo como processo físico-químico e ecológico. *Incêndios Florestais em Portugal Impactes e Prevenção*, 93-113.
- Ward, M., Tulloch, A. I., Radford, J. Q., Williams, B. A., Reside, A. E., Macdonald, S. L., e Watson, J. E. (2020). Impact of 2019-2020 mega-fires on Australian fauna habitat. *Nature Ecology e Evolution*, 4(10), 1321-1326.
- Yang, J., El-Kassaby, Y. A., e Guan, W. (2020). The effect of slope aspect on vegetation attributes in a mountainous dry valley, Southwest China. *Scientific Reports*, 10, 16465.  
DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-73496-0>