



# territorium • 30(II)

REVISTA INTERNACIONAL DE RISCOS | INTERNATIONAL JOURNAL OF RISKS

## IMPACTES DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS NOS ECOSISTEMAS, PERCEÇÃO E GESTÃO DO RISCO

Imprensa da Universidade de Coimbra  
Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança

2023

(Página deixada propositadamente em branco)

# territorium 30 (II)

Impactes dos incêndios florestais nos ecossistemas,  
perceção e gestão do risco

*Impacts of forest fires on the ecosystems,  
perception and risk management*

Julho - Dezembro  
2023

### FICHA TÉCNICA

#### Proprietário / Proprietor

RISCOS<sup>o</sup> - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança

#### Redação e administração / Editing and administration

(Toda a correspondência deve ser dirigida a;  
Letters should be addressed to):

RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança  
Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra  
Largo Porta Férrea  
3004-530 Coimbra  
Portugal  
Tel.: +351 239 992 251  
E-mail: [riscos@riscos.pt](mailto:riscos@riscos.pt)

#### Fotografia da capa / Cover photo

Incêndio florestal em área de interface urbano-florestal

*Forest fire in urban-forest interface area*

Fotografia / Photo: Image by Pexels from Pixabay

#### Edição / Edition

RISCOS<sup>o</sup> - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança  
IUC<sup>o</sup> - Imprensa da Universidade de Coimbra

#### Paginação / Formatting and Layout

Mestre Fernando Félix

Resumos e legendas, revisão em inglês / Abstracts and captions, English review

Jean Burrows

#### Distribuição e Assinaturas / Distribution and Subscriptions:

Venda (vente; sale):

RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança  
Número avulso (single issue): 25,00 €

Assinatura anual (dois números + correio);  
Annual subscription (2 issues + post charges):  
Portugal: 50,00 €; Europa/Europe: 55,00€;  
Outros países/Other countries: 60 \$USD

#### Pré-impressão e Impressão / Print Preview and Printing:

Simões & Linhares, Lda.  
Rua do Fetal, Lote 5, 3020-923 Coimbra

#### Periodicidade / Periodicity

Semestral / Biannual

#### Tiragem / Print run

550 exemplares

#### Público alvo / Target audience

Professores, Agentes de Proteção Civil, Autarcas, Estudantes e Cidadãos.  
Teachers, Civil Protection Agents, Politicians, Students and Citizens.

#### Arbitragem / Peer-review

Os artigos submetidos para publicação são sujeitos a revisão por dois especialistas  
Articles submitted for publication are subject to review by two experts  
(double-blind)

Depósito Legal n.º 106376/96

ISSN Digital: 1647-7723

ISSN: 0872-8941

DOI: <https://doi.org/10.14195/1647-7723>

#### URL:

<https://territorium.riscos.pt/>  
<https://digitalis.uc.pt/en/revista?id=107789&sec=5>  
<http://impactum-journals.uc.pt/index.php/territorium>

#### Indexada em / Indexed in

*CiteFactor, Dialnet; DOAJ; ERIH-PLUS; Europub database; Latindex; MIAR (Annual ICDS 2019: 4.4); Open Academic Journals Index (CGIJ OAJI: 0,150); Qualis da CAPES (2013-2016); REDIB; SJIF - Scientific Journal Impact Factor; Sherpa Romeo | ReviewerCredits*

Apoios:  
Sponsors:





#### NOTA DE ABERTURA

Os incêndios florestais continuam a constituir-se como um grave problema ambiental, social e económico, que afeta, de forma generalizada, países distribuídos pelos diversos continentes. A cada ano que passa observamos a recorrente cadência destas catástrofes, que vão acumulando novos “recordes”, de área ardida, de perdas económicas ou, mais lamentavelmente, de perda de vidas humanas.

O ano de 2023 voltou a ser notícia pelos piores motivos e associado, de novo, aos incêndios florestais, que afetaram indistintamente regiões localizadas em distintas partes do globo: os incêndios que a 8 de Agosto atingiram a ilha de Maui, no Havai, onde se contabilizaram 95 vítimas mortais, 31 desaparecidos e mais de 7000 deslocados (segundo as autoridades locais), para além de avultados prejuízos económicos e extensos impactes ambientais; os incêndios florestais que afetaram o Canadá e se intensificaram a partir de Junho de 2023, queimando uma área superior a 17,5 milhões de hectares, um pouco por todas as províncias e territórios canadianos; ou regresso dos grandes incêndios à Grécia, onde, após a catástrofe de 2018 que provocou mais de uma centena de vítimas mortais, se voltou a assistir a um cenário dantesco, com registo de mais de duas dezenas de vítimas.

Com efeito, para além da gravidade dos incêndios florestais enquanto fenómeno generalizado, é preocupante a crescente frequência dos grandes incêndios florestais, de que os acima referidos são apenas alguns exemplos. Para além de se constituírem como uma nova realidade para a qual as sociedades e populações não estão preparadas, nem os próprios sistemas de proteção civil, estes grandes incêndios florestais arrastam consigo consequências bastante gravosas pelo impacte que imprimem no território, e especificamente nos ecossistemas, na vegetação e nos solos.

A comunidade científica mundial tem-se multiplicado na investigação destes fenómenos, das suas causas e consequências, procurando contribuir para o seu conhecimento e compreensão, base fundamental para a procura de soluções que permitam controlar este grave problema, antes de mais, ambiental.

Neste sentido, os contributos presentes neste número da revista *Territorium*, enquadrados no tema geral dos “*Impactes dos incêndios florestais nos ecossistemas, perceção e gestão do risco*”, pretendem contribuir para o aprofundamento do conhecimento dos Incêndios florestais, com abordagens diferenciadas, privilegiando

#### INTRODUCTORY NOTE

Forest fires continue to be a serious environmental, social, and economic problem which affects countries widely spread across different continents. Every year we see the recurring pattern of these disasters, which gather new “records”, of burned area, economic losses or, most regrettably, loss of human lives.

The year 2023 has once again been in the news for the worst reasons and associated, once again, with forest fires. They affected regions in different parts of the globe indiscriminately: the fires that on 8 August hit the island of Maui, in Hawaii, where there were 95 fatalities, with 31 people missing, and more than 7,000 people displaced (according to local authorities), in addition to huge economic losses and extensive environmental impacts; the forest fires that affected Canada and intensified from June 2023, burning an area of more than 17.5 million hectares, across all Canadian provinces and territories; and the return of huge fires to Greece. Here, after the 2018 disaster that caused more than a hundred fatalities, we once again witnessed a dantesque scenario, with more than two dozen victims recorded.

Indeed, in addition to the severity of forest fires as a widespread phenomenon, the increasing frequency of large forest fires, of which the ones mentioned above are just a few examples, is worrying. They have they become a new reality for which societies and communities are not prepared, and neither are the civil protection systems themselves; these large forest fires bring with them very serious consequences in terms of the impact they have on the countryside, and specifically on ecosystems, vegetation and soils.

The world scientific community has multiplied its efforts to research these phenomena, their causes and consequences, seeking to contribute to our knowledge and understanding of them, a fundamental basis for the search for solutions so that this serious and above all, environmental, problem can be controlled.

With this in mind, the contributions in this issue of the *Territorium* journal cover the general theme of “*Impacts of forest fires on ecosystems, perception and risk management*” and are intended to help to deepen knowledge about forest fires. Different approaches are taken, with some focusing on the analysis of impacts on

uns a análise dos impactes nos ecossistemas, na vegetação ou nos solos, outros abordando as questões da perceção do risco de incêndio ou da sensibilização, ou propondo metodologias de modelação do risco de incêndio em interfaces urbano-florestais.

4 Assim, este volume conta com cinco artigos científicos, duas notas e três notícias, encerrando-se com duas resenhas de livros, contributos que nos merecem grande atenção, especialmente por tratarem uma problemática global com consequência diretas e indiretas para toda a população mundial.

ecosystems, vegetation or soils, while others address the issues of fire risk perception or awareness, or propose fire risk modelling methodologies in urban-forest interfaces.

Thus, this volume has five scientific articles, two notes, and three news items. It ends with two book reviews, contributions that deserve particular attention, especially because they deal with a worldwide issue that has direct and indirect consequences for the entire world population.

*António Vieira*



RISCOS

territorium 30 (II), 2023, 5-13

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

DOI: [https://doi.org/10.14195/1647-7723\\_30-2\\_1](https://doi.org/10.14195/1647-7723_30-2_1)

Artigo científico / Scientific article



EFEITO DOS INCÊNDIOS FLORESTAIS NO ECOSISTEMA:  
REVISÃO INTEGRATIVA\*

EFFECT OF WILDFIRES ON THE ECOSYSTEM:  
INTEGRATIVE REVIEW

António Fidalgo

ISO-SEC - Scientific Press Corporation Limited, Londres (Inglaterra)

ORCID 0000-0002-7306-9151 [a.fidalgo@iso-sec.pt](mailto:a.fidalgo@iso-sec.pt)

Ana Sá Fernandes

ISO-SEC - Scientific Press Corporation Limited, Londres (Inglaterra)

ORCID 0000-0001-5883-1382 [a.sa@iso-sec.pt](mailto:a.sa@iso-sec.pt)

RESUMO

A crescente recorrência dos incêndios florestais e o aumento da sua severidade representa um enorme desafio para a regeneração natural os ecossistemas. O impacto que os incêndios florestais provocam são hoje considerados um problema de ordem mundial. Sejam consequências com efeitos diretos ou indiretos, certo é o seu impacto no quotidiano, na comunidade, na economia, no meio ambiente e no ser humano. É sabido que a severidade do fogo provoca alterações em diferentes aspetos do ecossistema do qual se salienta as alterações na paisagem, nas propriedades bioquímicas, nas propriedades físico-químicas e dos nutrientes do solo. No desenvolvimento deste estudo tínhamos como objetivo realizar uma revisão da literatura para conhecer os principais efeitos dos incêndios florestais no ecossistema.

**Palavras-chave:** Meio ambiente, incêndios florestais, solos queimados.

ABSTRACT

The increasing recurrence and severity of fires represents an enormous challenge for the natural regeneration of ecosystems. The impact that fires have is now considered a worldwide problem. Whether the consequences have direct or indirect effects, their impact on daily life, the community, the economy, the environment, and human beings is certain. Over time, a number of studies have been developed on the subject. The severity of a fire causes changes in different aspects of the ecosystem, of which the changes to the landscape, the biochemical properties, the physical-chemical and nutrient properties of the soil are significant. In this study we aimed to carry out a literature review to understand the main effects of forest fires on the ecosystem.

**Keywords:** Environment, wildfires/forest fires, burned soils.

\* O texto deste artigo foi submetido em 30-03-2022, sujeito a revisão por pares a 10-05-2022 e aceite para publicação em 05-09-2022.

Este artigo é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 30 (II), 2023, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

## Introdução

Os ecossistemas mediterrâneos são ambientes que ao longo dos anos desenvolveram a capacidade de se adaptar aos incêndios através de mecanismos de regeneração aos efeitos imediatos ao fogo (Fernandez-Manso *et al.*, 2016), enquanto outros ecossistemas são mais vulneráveis. Em particular, com a crescente realidade das últimas décadas que além de alterar o regime do fogo, também traz repercussões severas com impacto negativo na água, no solo e na vegetação (Bento-Gonçalves *et al.*, 2012).

Embora sendo um processo natural que beneficia o ambiente, os incêndios florestais são muitas vezes vistos como um fenómeno destruidor para os mesmos (Pausas e Keeley, 2019). A intensidade dos incêndios florestais destrói a camada protetora do solo, o que a deixa desprotegida, podendo originar uma redução da cobertura vegetal e uma maior exposição à erosão hídrica (Meneses, 2013; Vergani *et al.*, 2017).

Quando bem empregue, os incêndios florestais são benéficos para a atividade humana, para a renovação de habitats e para a vida selvagem (Pausas e Keeley, 2019). Também existem outros efeitos imediatos ao fogo que podem provocar complicações às florestas, nomeadamente, a poluição da atmosfera devido à formação de densas colunas de fumo, os efeitos negativos sobre os organismos vivos do solo tais como mamíferos, fungos, bactérias e fauna. Também podem ser observados efeitos sobre a vegetação e sobre as estruturas do solo como consequência da combustão da vegetação (Lourenço, 1990).

A crescente recorrência de incêndios nos países mediterrâneos tem apresentado um enorme desafio à capacidade de regeneração natural desses ecossistemas (Fernandez-Manso *et al.*, 2016). Do ponto de vista da paisagem, as vertentes também podem ficar vulneráveis ao movimento de massa, consequência das alterações da perda de sustentação fornecida pela vegetação e consequente perda de solo (Meneses, 2013; Vergani *et al.*, 2017).

O impacto no ecossistema está dependente de múltiplos fatores, dependendo da sua intensidade, das suas características, da sua recorrência, da sua dimensão, o tipo de combustível e das suas propriedades (Lourenço, 1990). Portanto, os incêndios florestais podem causar diferentes impactos ambientais imediatos na matéria orgânica do solo. Essas alterações podem provocar modificações na estrutura química da matéria carbonizada através da remoção de material local ou da formação de nova biomassa (Jiménez-Morillo *et al.*, 2016).

Do ponto de vista das pessoas, bens e economia, o fenómeno pode induzir situações extremas de perda de bens materiais, infraestruturas, lesões e perda de

vidas humanas (Filipe e Serralha, 2015). Como nos referem os autores, as consequências, sejam de ordem direta ou indireta, podem originar grandes prejuízos monetários com avultadas implicações diretas no normal funcionamento do quotidiano, da economia e da sociedade.

Do ponto de vista do ecossistema as consequências dos incêndios podem ser sentidas a longo prazo e causar alterações nos processos geomorfológicos, hidrológicos e ambientais (Diakakis *et al.*, 2017).

A seguir à época de incêndios é normal seguir-se uma época de precipitação suscetível de causar escoamento e erosão do solo que pode levar à ocorrência de diversos riscos naturais, tais como, movimento de massa e inundações (Diakakis *et al.*, 2017; Fox *et al.*, 2006).

Assim, é fundamental elaborar estratégias de conservação para evitar uma degradação irreversível do solo e limitar os danos causados pela precipitação através do uso de vegetação viva ou morta utilizando por exemplo herbáceas ou plantando tiras de grama (Fox *et al.*, 2006; Luis *et al.*, 2003). Outras medidas de recuperação pós-incêndio podem ser através da colocação de troncos finos e grossos para barrar o fluxo de sedimentos (Fox *et al.*, 2006) ou ao recurso a técnicas de silvicultura tal como a arborização (Vergani *et al.*, 2017).

## Metodologia

Ao longo dos tempos foram desenvolvidos diversos estudos sobre os efeitos dos incêndios florestais no ecossistema. A pesquisa adotada partiu de dois princípios, a utilização da metodologia PICo e a pesquisa através da análise PRISMA. No contexto da metodologia PICo considerou-se o P de problema: incêndios florestais, o I de interesse: o ecossistema e o Co de contexto para os efeitos sofridos, o que permitiu elaborar de forma consistente o tema e deu origem ao título: efeitos dos incêndios florestais no ecossistema: revisão integrativa.

Com o objetivo principal de conhecer os principais efeitos dos incêndios florestais no ecossistema, foi realizada uma pesquisa com recurso ao PubMed® com os descritores *Environment*, *Wildfires*, *Forest fires* e *Burned soils* e o operador booleano *and*.

Para reduzir a pesquisa foi definido que os estudos deveriam estar incluídos no período temporal 2017-2022 e que seriam excluídos estudos experimentais que se baseassem em simulações, incêndios provocados pelos investigadores, análise de imagens de sistemas de informação geográfica e provenientes de fogo técnico.

Dos 88 artigos encontrados na pesquisa, após leitura do título e resumo permaneceram 31 artigos. Foi feita leitura integral dos artigos e rejeitou-se um artigo por referir medidas de recuperação, sete por serem estudos

experimentais, quatro por não focarem o tema, dois por analisarem dados de sistemas de informação geográfico.

Destes artigos, após leitura integral do texto e tendo em consideração os critérios de exclusão e a riqueza das contribuições das conclusões dos estudos ficaram para análise 17 artigos (TABELA I).

### Resultados e discussão

Nas últimas décadas, a comunidade científica tem direcionado esforços na pesquisa do impacto e dos efeitos dos incêndios florestais tais como: os efeitos do fogo, a gravidade do fogo, o sucesso da reabilitação dos impactos do fogo e das medidas de prevenção. O crescente impacto dos incêndios é hoje reconhecido pela comunidade científica como um problema de reconhecimento mundial (Bento-Gonçalves *et al.*, 2012).

Neste capítulo, estruturado em subcapítulos para uma leitura mais fácil, será feita a análise dos 17 artigos selecionados previamente, ao mesmo tempo que se faz a discussão dos resultados com recurso à vasta evidência científica disponível em diferentes motores

de busca e bases de dados científicas. Procura-se ao longo desta análise e discussão de resultados encontrar os mais recentes dados sobre os principais efeitos dos incêndios florestais no ecossistema e em simultâneo perceber se a evidência científica sustenta os dados recentes ou se são obtidos novos dados que contariam o conhecimento atual.

### Alteração de biodiversidade, fauna e as espécies invasoras

A desnaturação da matéria orgânica do solo que resulta dos incêndios florestais tem a capacidade de provocar alterações na fauna, na flora e nos microrganismos (Moya *et al.*, 2018; Sazawa *et al.*, 2018). Os dados são consistentes com outros estudos que comprovam que a área acaba por ficar gravemente afetada e pode levar à extinção de espécies e vegetação (Caon *et al.*, 2014; Filipe e Serralha, 2015).

Ainda assim, é possível que as camadas subterrâneas tenham a capacidade de se adaptar aos incêndios e reorganizar a dinâmica do combustível e das comunidades (Semenova-Nelsen *et al.*, 2019).

TABELA I - Artigos incluídos para análise por ano, autor e título.

TABLE I - Articles included for analysis by year, author and title.

Ano	Autor	Título
2017	Jensen, Scanlon & Riscassi	Emerging investigator series: The effect of wildfire on streamwater mercury and organic carbon in a forested watershed in the southeastern United States
2017	Campo, Lorenzo, Cammeraat, Picó & Andreu	Emerging contaminants related to the occurrence of forest fires in the Spanish Mediterranean
2017	Kamczyc, Urbanowski & Pers-Kamczyc	Mite communities (Acari: Mesostigmata) in young and mature coniferous forests after surface wildfire
2018	Oliveira-Filho <i>et al.</i>	Effects of ashes from a Brazilian savanna wildfire on water, soil and biota: An ecotoxicological approach
2018	Sazawa, Yoshida, Okusu, Hata & Kuramitz	Effects of forest fire on the properties of soil and humic substances extracted from forest soil in Gunma, Japan
2018	Franco, Úbeda, Pereira & Alcañiz	Long-term impact of wildfire on soils exposed to different fire severities. A case study in Cadiretes Massif (NE Iberian Peninsula)
2018	Moya <i>et al.</i>	Temporal characterisation of soil-plant natural recovery related to fire severity in burned <i>Pinus halepensis</i> Mill. forests
2019	Molinari <i>et al.</i>	Creosote growth rate and reproduction increase in postfire environments
2019	Semenova-Nelsen, Platt, Patterson, Huffman & Sikes	Frequent fire reorganizes fungal communities and slows decomposition across a heterogeneous pine savanna landscape
2019	Li, Niu, Liu & Wang	Short-term response of the soil bacterial community to differing wildfire severity in <i>Pinus tabulaeformis</i> stands
2019	Hohner, Rhoades, Wilkerson & Rosario-Ortiz	Wildfires Alter Forest Watersheds and Threaten Drinking Water Quality
2020	Dove, Safford, Bohlman, Estes, & Hart	High-severity wildfire leads to multi-decadal impacts on soil biogeochemistry in mixed-conifer forests
2020	Murphy, McCleskey, Martin, Holloway & Writer	Wildfire-driven changes in hydrology mobilize arsenic and metals from legacy mine waste
2020	Ribeiro, Marques, Mansilha & Flores	Wildfires effects on organic matter of soils from Caramulo Mountain (Portugal): environmental implications
2021	Smith, Edy, & Peay	Contrasting fungal responses to wildfire across different ecosystem types
2021	Kelly <i>et al.</i>	Boreal forest soil carbon fluxes one year after a wildfire: Effects of burn severity and management
2021	Qin & Liu	Changes in microbial communities at different soil depths through the first rainy season following severe wildfire in North China artificial <i>Pinus tabulaeformis</i> forest

Oliveira-Filho *et al.* (2018) detetaram que a presença de cinzas tinha diversos componentes nefastos e um pH mais ácido. Estas alterações no solo podiam influenciar negativamente o crescimento dos enquitreídeos e reduzir de forma negativa a reprodução de espécies mais pequenas, tais como, os caracóis.

Os achados do estudo de Oliveira-Filho *et al.* (2018) sobre o pH veio contrariar a evidência científica conhecida que sustentava que o pH das cinzas aumentava (Pereira *et al.*, 2012).

Depois de um incêndio é comum que algumas espécies invasoras exerçam um efeito sobre a macrofauna local que sofreu uma redução temporária de pequenas espécies, tais como, os caracóis, aranhas, lesmas (Lourenço, 1990) e também das espécies microbianas (Bárceñas-Moreno *et al.*, 2011; Fultz *et al.*, 2016; Maksimova e Abakumov, 2015).

Estes dados foram corroborados por, Qin e Liu (2021) que determinaram que há maior impacto na composição das bactérias e fungos na primeira camada do solo (até 5 cm) e menor no subsolo mais profundo (5-20 cm). Ainda assim, Li *et al.* (2019) quando compararam o efeito de um incêndio de elevada severidade na camada superficial e na camada do subsolo encontraram uma maior predominância de bactérias dominantes tais como Proteobacteria, Chlorofexi, Actinobacteria, Acidobacteria e Verrucomicrobia na camada superficial.

No mesmo estudo, os autores consideraram que o diferencial para o crescimento das bactérias na camada superiores seria efeito das condições favoráveis de pH, nitrogénio total e nitrogénio amoniacal presentes nessa camada.

Os fungos são microrganismos mais resistentes ao fogo e têm maior capacidade de fornecer nutrientes para a recuperação do ecossistema (Smith *et al.*, 2021). Qin e Liu (2021) perceberam que os fungos afetados tiveram maior sensibilidade ao fogo porque tinham menor tolerância térmica, o que resultou numa maior mortalidade da espécie.

Smith *et al.* (2021) determinaram que os fungos presentes no solo de sistemas de florestas de carvalho (ecossistema mais habituado ao fogo) sofrem menos alterações que fungos presentes em florestas perenes mistas. Contudo, a literatura também nos diz que espécies bem-adaptadas ao fogo tem a capacidade de se expandir rapidamente ao custo da perda de biodiversidade local (Filipe e Serralha, 2015).

No contexto microbiano várias causas tais como o fogo, a variação do tempo, a profundidade e o pH do solo podem afetar a comunidade (Qin e Liu, 2021). Porém, quando as comunidades se conseguem adaptar ao fogo, demonstram ter uma maior capacidade de se manter persistentes e resilientes ao fogo (Semenova-Nelsen *et al.*, 2019). O que

permite contrariar outros estudos que mencionam que após o incêndio se dá uma colonização por novas espécies (Filipe e Serralha, 2015; Lourenço, 1990).

Em florestas novas é comum que haja uma mudança nos predadores dominantes, mas, em florestas mais maduras é comum que os grandes predadores se mantenham (Kamczyc *et al.*, 2017). O conhecimento diz-nos que no pós-fogo dá-se uma alteração na relação presa-predador. Onde antigamente dominavam os grandes mamíferos, com os efeitos nefastos do fogo há um aumento temporário de algumas espécies de aves que vivem no solo que outrora eram presas (Lourenço, 1990).

Depois de um incêndio, o solo sofre alterações que lhe permitem criar um ambiente favorável para que se dê início à sucessão do aparecimento de espécies, onde uma das espécies irá dominar depois de um incêndio (Kamczyc *et al.*, 2017). De acordo com Lourenço (1990), as espécies que dependem da vegetação viva para a sua alimentação ou nidificação, como é o exemplo de algumas aves, só irão colonizar essa zona depois do ecossistema estar reposto.

#### Alteração no solo

Dependendo da gravidade e do tempo decorrido depois de um incêndio florestal, existe uma tendência para que os efeitos sofridos pelos nutrientes que compõem o solo sofram diferentes efeitos nas suas propriedades físico-químicas e bioquímicas (Francos *et al.*, 2018; Li *et al.*, 2019; Moya *et al.*, 2018).

O estudo de Francos *et al.* (2018) permitiu compreender que os solos afetados precisavam de um longo tempo de recuperação para voltar a registar níveis pré-fogo, sobretudo quando se tratava de incêndios de alta severidade.

Ribeiro *et al.* (2020) identificaram que os solos metasedimentares cobertos por *eucalyptus globulus* apresentavam elevados teores de matéria orgânica, enquanto os solos graníticos sofreram uma degradação da matéria orgânica o que levou à sua significativa diminuição.

Li *et al.* (2019) descobriram que após o fogo, os valores presentes, quer na camada superficial quer na camada do subsolo sofreram alterações. A matéria orgânica, o nitrogénio nitrato, o nitrogénio amoniacal e o nitrogénio total estavam mais diminuídos, enquanto o pH tinha aumentado na camada superior. Inclusive, foi constatado que incêndios com temperaturas inferiores a 350 °C tinham capacidade de causar a libertação de nitrogénio, matéria orgânica e carbono (Hohner *et al.*, 2019).

Tal como descrito no conhecimento científico, após um incêndio os componentes físicos do solo sofreram, em contexto de percentagem, um aumento de areia, uma redução de sedimento e argila (Berber *et al.*, 2015).

Os efeitos na cobertura vegetal, mesmo em fogo de baixa intensidade provocam alterações que podem durar anos e só atingir um ponto de recuperação ao fim de sete anos que aumentaria para 13 anos num fogo de média intensidade e nos fogos de elevada intensidade seria estimado demorar 20 anos (Fernandez-Manso *et al.*, 2016).

Francos *et al.* (2018) detetaram que ao longo do tempo, os nutrientes (nitrogénio total e o carbono total) presentes no solo conseguem recuperar os níveis pré-fogo, enquanto o sódio não sofre qualquer alteração. Contudo, nos incêndios de alta severidade, a recuperação foi escassa ou nula para a matéria orgânica e para os principais nutrientes presentes no solo tais como, o cálcio, o magnésio e o carbono o que implicava a necessidade de medidas de restauração do solo para que houvesse recuperação de níveis pré-fogo.

A resposta poderá estar na literatura, de acordo com Andreu *et al.* (2001), num incêndio com elevada severidade a agregação do solo pode ser afetada nos primeiros 50 mm da superfície do solo, não sendo afetado a mais de 100 mm (Maksimova e Abakumov, 2015). Havendo uma perda da matéria orgânica e alterações nas propriedades bioquímicas do solo que com o tempo voltam gradualmente a recuperar (Rovira *et al.*, 2012).

Os incêndios de elevada intensidade demonstraram ter uma recuperação mais lenta da vegetação afetada e mantiveram níveis de nitrogénio e carbono elevados por um período de tempo de pelo menos 15 anos. Todavia, o mesmo estudo considerou que incêndios de moderada intensidade também tinham efeitos negativos no ecossistema com potencial de contaminação das bacias hidrográficas devido à exportação de carbono e nitrogénio e conseqüente formação dos seus derivados (Hohner *et al.*, 2019).

A exposição a elevadas temperaturas que a matéria orgânica sofre nos incêndios florestais e a exposição a químicos usados na extinção, por exemplo, os retardantes de chama podem proporcionar uma fonte de contaminação adicional (Campo *et al.*, 2017).

As primeiras chuvas levaram ao movimento e transporte dos nutrientes, matéria orgânica queimada e sedimentos acumulados no pós-fogo, que depois foram depositadas nas zonas mais baixas da encosta ou a jusante do incêndio o que originou uma bioacumulação de contaminantes e minerais (Campo *et al.*, 2017).

Segundo Andreu *et al.* (2001) e Campo *et al.* (2006), as maiores perdas da camada superior acontecem, em média nos primeiros cinco meses. Se o solo fica temporariamente enriquecido com nutrientes sob a forma de cinzas devido à matéria orgânica consumida, esta disponibilidade de curto prazo tende a perder-se a longo prazo devido às agressões externas provocadas e.g. pela precipitação (Caon *et al.*, 2014).

Tal como nos refere o estudo de Swindle *et al.* (2021) após a primeira tempestade pós-fogo houve uma grande mobilização dos nutrientes presentes nas cinzas a montante da zona afetada pelo fogo. A vegetação costuma reter mercúrio que é libertado quando um incêndio devasta a vegetação. Esta descoberta é particularmente importante porque o mercúrio libertado além de ir para a atmosfera, deposita-se na matéria orgânica carbonizada sendo depois transportado para jusante com a chuva e misturado com a água (Jensen *et al.*, 2017).

No estudo de Smith *et al.* (2021) não foram encontradas alterações no pH nas florestas de carvalhos, ao contrário das florestas verdes que sofreram alterações.

Li *et al.* (2019) observaram que os incêndios de baixo a moderada severidade apresentavam uma redução da humidade do solo, enquanto, nos incêndios de elevada severidade, a humidade do solo tinha aumentado.

Quanto ao nitrogénio, foram encontradas alterações num período temporal de 4 anos, voltando a valores normais ao fim de 13 anos (Dove *et al.*, 2020), enquanto que no caso do mercúrio apenas foram encontrados valores elevados nos primeiros oito meses após um incêndio, retornando depois a valores normais (Jensen *et al.*, 2017).

A desnaturação da matéria orgânica do solo que resulta dos incêndios florestais provoca diversas alterações nas propriedades, estrutura e nutrientes do solo, tal como a influência que exerce no ciclo de carbono presente no ecossistema (Sazawa *et al.*, 2018).

De acordo com o conhecimento científico, os efeitos do fogo tendem a aumentar a matéria orgânica, o alumínio (Leite, 2011), o potencial de hidrogénio (Berber *et al.*, 2015), as concentrações de fosfato, carbono, cálcio, magnésio e manganês (Costa *et al.*, 2013). Leite (2011) e Berber *et al.* (2015) identificaram uma diminuição do fosforo contrariamente a Sulwiński *et al.* (2017) que encontraram um aumento substancial no seu solo.

Dove *et al.* (2020) analisaram os primeiros cinco cm da camada de solo de zonas afetadas por fogos de elevada severidade e concluíram que o fogo provocou alterações na atividade das enzimas extracelulares do solo, no carbono orgânico e na respiração microbiana basal.

A perda de coberto vegetal nos incêndios provoca erosão da superfície e transporte de sedimentos para jusante do incêndio tais como magnésio e o ferro (Murphy *et al.*, 2020).

Do ponto de vista da perda de vegetação, Kelly *et al.* (2021) constataram que um ano após um incêndio de severidade alta, onde a vegetação tinha sido dizimada houve uma redução da respiração do solo o que originou valores de dióxido de carbono no solo mais baixos. Em particular, quando se comparava solos de zonas de baixa severidade ou que não foram afetados por um incêndio.

Os mesmos autores observaram que um incêndio com características idênticas, num povoamento jovem tendem a apresentar uma respiração diminuída do solo e menor quantidade de nutrientes quando comparado com um povoamento maduro porque o povoamento mais novo tem menor capacidade de resiliência e menor camada orgânica face ao povoamento maduro.

Campos *et al.* (2017) determinaram que a camada superior do solo continha produtos contaminados que se poderiam acumular em incêndios recorrentes. Ainda assim, Oliveira-Filho *et al.* (2018) verificaram que um ano após um incêndio, à exceção da matéria orgânica que se mantinha com uma proporção idêntica, os efeitos de fertilização e de alcalinização das cinzas (pH mais ácido no pós-fogo) tinham predisposição para voltar aos valores normais.

A incapacidade de os nutrientes retornarem aos níveis pré-fogo pode ter sido influenciada por dois fatores: a perda de vegetação que teve uma influência direta na redução dos nutrientes presentes no solo e as perturbações originadas pelo fogo no solo causadas entre outros, pela erosão, pela retirada de vegetação e/ou pela lixiviação (Francos *et al.*, 2018).

#### Alteração na vegetação

Molinari *et al.* (2019) concluíram que a exposição ao fogo foi benéfica para a reprodução dos arbustos locais dado que os mesmos demonstraram ter capacidade para um crescimento vigoroso pós-fogo.

Como se observa na literatura, nem toda a vegetação morre depois de um incêndio, a vegetação que sobrevive ao fogo, parte nunca chega a recuperar ou a atingir o crescimento necessário para sobreviver. As mais afetadas se não morrem durante o fogo acabam por ficar tão enfraquecidas que sucumbem a médio prazo às pragas, à falta de nutrientes ou a doenças (Lourenço, 1990).

A exposição ao fogo, no caso dos arbustos do estudo de Molinari *et al.* (2019) foi considerada uma oportunidade para que algumas espécies conseguissem garantir a sua sobrevivência ao lhes proporcionar uma reprodução e desenvolvimento mais rápido. Este crescimento vem, de certa forma, contrariar as consequências que os incêndios costumam provocar na morte da vegetação e por conseguinte, a desflorestação massiva (Diakakis *et al.*, 2017; Filipe e Serralha, 2015).

Molinari *et al.* (2019) reforça que a recorrência de incêndios é considerada um problema que pode ser um forte condicionador e não permitir o desenvolvimento esperado da espécie de arbustos mesmo quando tem um bom potencial de recuperação porque após um incêndio de alta severidade a respiração do solo diminuiu drasticamente como consequência da mortalidade das árvores (Kelly *et al.*, 2021).

Por norma, o solo possui um banco de sementes que permite minimizar o risco de declínio ou extinção de uma dada espécie no pós-fogo. Contudo, quando o fogo é severo, dá-se a mortalidade das sementes que estão perto da superfície do solo e a redução da disponibilidade de sementes. Quanto maior a área do solo afetada maior será a quebra do banco de sementes e consequente dificuldade de recuperação da espécie afetada (Auld e Denham, 2006).

#### Alteração na qualidade da água

Depois de um incêndio, a precipitação com severa intensidade podem aumentar a probabilidade de escoamento dos nutrientes das áreas afetadas. O elevado escoamento pode corroer as cinzas, alterar a paisagem e denegrir a qualidade da água ao introduzir nutrientes tais como carbono orgânico, nitrogénio e seus derivados nas propriedades da água (Hohner *et al.*, 2019).

A morte da vegetação provoca a deposição dos minerais na camada superior sob a forma de cinzas e o desnudamento do solo, o que torna o solo vulnerável à erosão do vento e da chuva (Meneses, 2013). O arrastamento provocado pela chuva vai provocar a jusante a contaminação das linhas de água (Costa *et al.*, 2013).

As alterações nos solos e o escoamento de cinzas são uma preocupação ambiental dada a elevada probabilidade de contaminação a que os solos, as bacias hidrográficas e a saúde dos seres humanos estão expostos (Ribeiro *et al.*, 2020). Também as libertações de elevadas quantidades dos produtos da combustão do incêndio podem causar graves problemas ambientais e económicos (Maksimova e Abakumov, 2015).

Hohner *et al.* (2019) identificaram após um incêndio que havia derivados de nitrogénio nas propriedades da água o que provocou uma alteração negativa na qualidade da água. Estes derivados são conhecidos por serem prejudiciais para a saúde devido à sua toxicidade, sendo, inclusive, considerados um problema de saúde pública.

A ausência da cobertura vegetal consequência dos efeitos dos incêndios, proporcionou que em dias de maior precipitação ocorresse um maior escoamento superficial de minerais, muitos deles contaminados. Este facto pode explicar que a curto prazo pode haver um rápido escoamento superficial e consequentes concentrações elevadas de ferro, magnésio e arsénico (Murphy *et al.*, 2020).

Como nos referem vários estudos, a ausência da vegetação favorece a erosão e proporciona o escoamento da superfície do solo (Costa *et al.*, 2013) dado que a lixiviação das cinzas promovido pelas chuvas pós incêndio promoveu a mobilização dos nutrientes para os cursos de água (Swindle *et al.*, 2021), em particular em zonas mais declivosas que potencia o movimento de massas, o arrastamento de nutrientes e de inundações (Diakakis *et al.*, 2017; Filipe e Serralha, 2015).

As alterações das propriedades da água podem tornar-se um desafio porque na sua maioria a água pode ficar, a curto prazo, condicionada para consumo, podendo este tempo ser aumentado quando se está perante uma recuperação lenta do ecossistema afetado (Hohner *et al.*, 2019).

A inundação de minas pode agravar este problema porque os minerais presentes são escoados com os efeitos da precipitação e como resultado alteram a quantidade de minerais presentes e a qualidade da água local (Murphy *et al.*, 2020).

Os mesmos autores detetaram que depois de um incêndio, a infiltração de água em minas provocou uma acumulação de água que provocou o transporte de sedimentos e deposição de minerais e nutrientes a jusante do incêndio. Nessa água e sedimentos foram detetadas elevadas concentrações de arsénio e metal, o que representa um risco acrescido para a qualidade e abastecimento de água.

### Conclusão

As alterações na cobertura vegetal do solo provocam alterações na fauna, na flora e nos microrganismos. Embora algumas espécies se tenham tornado resilientes ao fogo, na sua maioria, existe uma grande mortalidade das espécies, principalmente quando o fogo se desenvolve em florestas jovens.

Os incêndios têm um impacto negativo no solo com perda substancial de determinados nutrientes que agravam com a erosão do vento e da chuva. A precipitação potência o risco de movimento de massas e inundações e a movimentação e transporte da água leva consigo sedimentos, nutrientes e material contaminado que se acumula a jusante do incêndio e tem um elevado potencial de contaminar bacias hidrográficas.

O que resulta num impacto ainda mais gravoso para a economia e sociedade porque além dos custos associados ao pós-fogo na mitigação e recuperação, induz contaminantes na água utilizada no uso doméstico além dos riscos para a saúde, tal como a exposição a produtos carcinogénicos.

Daí a importância de implementar medidas de recuperação do solo o mais precoce possível para recuperar os danos provocados pelo fogo.

### Referências bibliográficas

- Andreu, V., Imeson, A. & Rubio, J. (2001). Temporal changes in soil aggregates and water erosion after a wildfire in a Mediterranean pine forest. *Catena*, 44, 69-84.
- Auld, T. D. & Denham, A. J. (2006). How much seed remains in the soil after a fire?. *Plant Ecology*, 187(1), 15-24. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11258-006-9129-0>
- Bento-Gonçalves, A., Vieira, A., Úbeda, X. & Martín, D. (2012). Fire and soils: Key concepts and recent advances. *Geoderma*, 19, 3-13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2012.01.004>
- Berber, A., Tavşanoğlu, Ç. & Turgay, O. (2015). Effects of surface fire on soil properties in a mixed Chestnut-beech-pine forest in Turkey. *FLAMMA*, 6, 2, 78-80.
- Bárceñas-Moreno, B., García-Orenes, F., Mataix-Solera, J., Mataix-Beneyto, J. & Bååth, E. (2011). Soil microbial recolonisation after a fire in a Mediterranean forest. *Biol Fertil Soils*, 47, 261-272. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00374-010-0532-2>
- Campo, J., Andreu, V., Gimeno-García, E., González, O. & Rubio, J. (2006). Occurrence of soil erosion after repeated experimental fires in a Mediterranean environment. *Geomorphology*, 82, 376-387. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.05.014>
- Campo, J., Lorenzo, M., Cammeraat, E. L. H., Picó, Y. & Andreu, V. (2017). Emerging contaminants related to the occurrence of forest fires in the Spanish Mediterranean. *Science of the Total Environment*, 603-604, 330-339. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.005>
- Caon, L., Vallejo, V., Coen, R. & Geissen, V. (2014). Effects of wildfire on soil nutrients in Mediterranean ecosystems. *Earth-Science Reviews*, 139, 47-58. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.earscirev.2014.09.001>
- Costa, M., Calvão, A. & Aranha, J. (2013). Linking wildfire effects on soil and water chemistry of the Marão River watershed, Portugal, and biomass changes detected from Landsat imagery. *Applied Geochemistry*, 44, 93-102. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2013.09.009>
- Diakakis, M., Nikolopoulos, E., Mavroulis, S., Vassilakis, E. & Korakaki, E. (2017). Observational evidence on the effects of mega-fires on the frequency of hydrogeomorphic hazards. The case of the Peloponnese fires of 2007 in Greece. *Science of the Total Environment*, 592, 262-276.
- Dove, N. C., Safford, H. D., Bohlman, G. N., Estes, B. L. & Hart, S. C. (2020). High-severity wildfire leads to multi-decadal impacts on soil biogeochemistry in mixed-conifer forests. *Ecological Applications*. 30(4). DOI: <https://doi.org/10.1002/eap.2072>
- Fernandez-Manso, A., Quintano, C. & Roberts, D. (2016). Burn severity influence on post-fire vegetation cover resilience from Landsat MESMA fraction images time series in Mediterranean forest ecosystems. *Remote Sensing of Environment*, 184, 112-123.
- Filipe, M. & Serralha, M. (2015, Jul). Os impactos e consequências dos incêndios florestais. Disponível

- em <https://dica.madeira.gov.pt/index.php/outros-temas/florestas/1154-os-impactos-e-consequencias-dos-incendios-florestais>.
- Fox, D., Berolo, W., Carrega, P. & Darboux, F. (2006). Mapping erosion risk and selecting sites for simple erosion control measures after a forest fire in Mediterranean France. *Earth Surf. Process. Landforms*, 31, 606-621.
- Franco, M., Úbeda, X., Pereira, P. & Alcañiz, M. (2018). Long-term impact of wildfire on soils exposed to different fire severities. A case study in Cadiretes Massif (NE Iberian Peninsula). *Science of The Total Environment*, 615, 664-671.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.311>
- Fultz, L., Moore-Kucera, J., Dathe, J., Davinic, M., Perry, G., Wester, D., Schwilk, D. & Rideout-Hanzak, S. (2016). Forest wildfire and grassland prescribed fire effects on soil biogeochemical processes and microbial communities: Two case studies in the semi-arid Southwest. *Applied Soil Ecology*, 99, 118-128.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2015.10.023>
- Hohner, A. K., Rhoades, C. C., Wilkerson, P. & Rosario-Ortiz, F. L. (2019). Wildfires Alter Forest Watersheds and Threaten Drinking Water Quality. *Accounts of Chemical Research*, 52, 1234-1244.  
DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.accounts.8b00670>
- Jensen, A. M., Scanlon, T. M. & Riscassi, A. L. (2017). Emerging investigator series: the effect of wildfire on streamwater mercury and organic carbon in a forested watershed in the southeastern United States. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 19(12), 1505-1517.  
DOI: <https://doi.org/10.1039/c7em00419b>
- Jiménez-Morillo, N., Rosa, J., Waggoner, D., Almendros, G., González-Vila, F. & González-Pérez, J. (2016). Fire effects in the molecular structure of soil organic matter fractions under *Quercus suber* cover. *Catena*, 145, 266-273.
- Kamczyc, J., Urbanowski, C. & Pers-Kamczyc, E. (2017). Mite communities (Acari: Mesostigmata) in young and mature coniferous forests after surface wildfire. *Experimental and Applied Acarology*, 72, 145-160.  
DOI: <https://doi.org/10.1007/s10493-017-0148-4>
- Kelly, J., Ibáñez, T. S., Santín, C., Doerr, S. H., Nilsson, M.-C., Holst, T., Lindroth, A. & Kljun, N. (2021). Boreal forest soil carbon fluxes one year after a wildfire: Effects of burn severity and management. *Global Change Biology*.  
DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.15721>
- Leite, M. M. (2011). *Impacto dos incêndios nas propriedades dos solos em áreas de montanha sob coberto de matos (Dissertação de Mestrado)*. Apresentada ao Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior Agrária. Disponível em: <https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/6811>
- Li, W., Niu, S., Liu, X. & Wang, J. (2019). Short-term response of the soil bacterial community to differing wildfire severity in *Pinus tabulaeformis* stands. *Scientific Reports*, 9.  
DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-38541-7>
- Lourenço, L. (1990). *Impacte ambiental dos incêndios florestais*. Disponível em [https://www.uc.pt/fluc/nicif/Publicacoes/Colectaneas\\_Cindinicas/Download/Colecao\\_IV/Artigo\\_III.pdf](https://www.uc.pt/fluc/nicif/Publicacoes/Colectaneas_Cindinicas/Download/Colecao_IV/Artigo_III.pdf)
- Luis, M., González-Hidalgo, J. & Raventós, J. (2003). Effects Of Fire And Torrential Rainfall On Erosion In A Mediterranean Gorse Community. *Land Degrad. Develop.*, 14, 203-213.
- Maksimova, E. & Abakumov, E. (2015). Wildfire effects on ash composition and biological properties of soils in forest-steppe ecosystems of Russia. *Environ Earth Sci*, 74, 4395-4405.  
DOI: <https://doi.org/10.1007/s12665-015-4497-1>
- Meneses, B. (2013, SET). O Impacto Dos Incêndios Florestais Na Perda De Solo Por Erosão Hídrica Na Serra De Santa Helena. *Revista Geográfica de América Central*, 51, 215-232.
- Molinari, R. L., Bishop, T. B. B., Bekker, M. F., Kitchen, S. G., Allphin, L. & Clair, S. B. S. (2019). Creosote growth rate and reproduction increase in postfire environments. *Ecology and Evolution*, 9, 12897-12905. DOI: <https://doi.org/10.1002/ece3.5771>
- Moya, D., González-De Vega, S., García-Orenes, F., Morugán-Coronado, A., Arcenegui, V., Mataix-Solera, J., ... De las Heras, J. (2018). Temporal characterisation of soil-plant natural recovery related to fire severity in burned *Pinus halepensis* Mill. forests. *Science of The Total Environment*, 640-641, 42-51.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.212>
- Murphy, S. F., McCleskey, R. B., Martin, D. A., Holloway, J. M. & Writer, J. H. (2020). Wildfire-driven changes in hydrology mobilize arsenic and metals from legacy mine waste. *Science of the Total Environment*, 743  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140635>
- Oliveira-Filho, E. C., Brito, D. Q., Dias, Z. M. B., Guarieiro, M. S., Carvalho, E. L., Fascineli, M. L., ... Grisolia, C. K. (2018). Effects of ashes from a Brazilian savanna wildfire on water, soil and biota: An ecotoxicological approach. *Science of The Total Environment*, 618, 101-111.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.051>

- Pausas, J. P. & Keeley, J. E. (2019). Wildfires as an ecosystem service. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 17(5), 289-295. DOI: <https://doi.org/10.1002/fee.2044>
- Pereira, P., Úbeda, X. & Martin, D. A. (2012). Fire severity effects on ash chemical composition and water-extractable elements. *Geoderma*, 191(), 105-114. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2012.02.005>
- Qin, Q. & Liu, Y. (2021). Changes in microbial communities at different soil depths through the first rainy season following severe wildfire in North China artificial *Pinus tabulaeformis* forest. *Journal of Environmental Management*, 280. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111865>
- Ribeiro J., Marques, J. E., Mansilha, C. & Flores, D. (2020). Wildfires effects on organic matter of soils from Caramulo Mountain (Portugal): environmental implications. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(1), 819-831. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10520-w>
- Rovira, P., Romanyà, J. & Duguay, B. (2012). Long-term effects of wildfires on the biochemical quality of soil organic matter: A study on Mediterranean shrublands. *Geoderma*, 9-19. DOI: [10.1016/j.geoderma.2012.02.011](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2012.02.011)
- Sazawa, K., Yoshida, H., Okusu, K., Hata, N. & Kuramitz, H. (2018). Effects of forest fire on the properties of soil and humic substances extracted from forest soil in Gunma, Japan. *Environmental Science and Pollution Research*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3011-1>
- Semenova-Nelsen, T. A., Platt, W. J., Patterson, T. R., Huffman, J. & Sikes, B. A. (2019). Frequent fire reorganizes fungal communities and slows decomposition across a heterogeneous pine savanna landscape. *New Phytologist*. 224, 916-927. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.16096>
- Smith, G. R., Edy, L. C. & Peay, K. G. (2021). Contrasting fungal responses to wildfire across different ecosystem types. *Molecular Ecology*. 30(3), 844-854. DOI: <https://doi.org/10.1111/mec.15767>
- Sulwiński, M., Mętrak, M. & Suska-Malawska, M. (2017). Long-term fire effects of the drained open fen on organic soils. *Environmental Protection*, 43(1), 11-19. DOI: <https://doi.org/10.1515/aep-2017-0002>
- Swindle, C., Shankin-Clarke, P., Meyerhof, M., Carlson, J. & Melack, J. (2021). Effects of Wildfires and Ash Leaching on Stream Chemistry in the Santa Ynez Mountains of Southern California. *Water*, 13, 2402. DOI: <https://doi.org/10.3390/w13172402>.
- Vergani, C., Werlen, M., Conedera, M., Cohen, D. & Schwarz, M. (2017). Investigation of root reinforcement decay after a forest fire in a Scots pine (*Pinus sylvestris*) protection forest. *Forest Ecology and Management*, 400, 339-352.

(Página deixada propositadamente em branco)



O IMPACTO DOS FOGOS FLORESTAIS NOS SOLOS E NO BACTERIOMA DE *ACACIA LONGIFOLIA*:  
UM CASO DE ESTUDO EM MIRA, AVEIRO\*

THE IMPACT OF FOREST FIRES ON SOILS AND THE BACTERIOME OF *ACACIA LONGIFOLIA*:  
A CASE STUDY IN MIRA, AVEIRO

Joana Jesus

Universidade de Lisboa, cE3c - Centre for Ecology, Evolution and Environmental Changes  
CHANGE - Global Change and Sustainability Institute (Portugal)  
Faculdade de Ciências, Departamento de Biologia Vegetal  
ORCID 0000-0002-8007-5031 [jjesus@fc.ul.pt](mailto:jjesus@fc.ul.pt)

Cristina Máguas

Universidade de Lisboa, cE3c - Centre for Ecology, Evolution and Environmental Changes  
CHANGE - Global Change and Sustainability Institute (Portugal)  
Faculdade de Ciências, Departamento de Biologia Vegetal  
ORCID 0000-0002-4396-7073 [cmhanson@fc.ul.pt](mailto:cmhanson@fc.ul.pt)

Helena Trindade

Universidade de Lisboa, cE3c - Centre for Ecology, Evolution and Environmental Changes  
CHANGE - Global Change and Sustainability Institute (Portugal)  
Faculdade de Ciências, Departamento de Biologia Vegetal  
ORCID 0000-0002-1209-2622 [htrindade@fc.ul.pt](mailto:htrindade@fc.ul.pt)

RESUMO

Os fogos florestais provocam perturbações nos ecossistemas, sendo cada vez mais frequentes nos climas Mediterrânicos. A introdução de espécies exóticas, que podem tornar-se invasoras, como o género *Acacia*, tem-se revelado impactante em regiões do nosso país, diminuindo a biodiversidade e alterando a composição dos solos. Atualmente, *Acacia longifolia* é uma das invasoras mais agressivas, e como leguminosa, é capaz de fixar azoto atmosférico por associação simbiótica com bactérias no interior de nódulos radiculares, com outras funções ainda desconhecidas. Neste trabalho foram amostradas áreas não ardidas e ardidas, onde se estudou (1) o impacto do fogo nas propriedades químicas dos solos e (2) a diversidade de bactérias cultiváveis isoladas do interior de nódulos radiculares de *A. longifolia*, por técnicas de microbiologia clássica, *DNA fingerprinting* e identificação por sequenciação de genes. Em zonas ardidas, verificou-se um aumento da matéria orgânica, fósforo e azoto nos solos e uma alteração do bacterioma de *A. longifolia* com *Bradyrhizobium sp.* mantendo-se como principal mutualista. Encontrou-se uma menor diversidade, associada a uma maior especificidade para os fixadores de azoto. Estas alterações podem potenciar a invasão de *A. longifolia* após o fogo.

**Palavras-chave:** Espécies invasoras, *Acacia longifolia*, *Bradyrhizobium*, perturbação de ecossistemas, nodulação.

ABSTRACT

Forest fires cause disruption in ecosystems, with increasing frequency in Mediterranean-type climates. The introduction of exotic species, that could become invasive, such as the genus *Acacia*, has become a challenging issue in Portugal, decreasing local biodiversity and changing soil composition. *Acacia longifolia* is one of the most aggressive invaders and, as a legume, it is able to fix atmospheric nitrogen through symbiotic associations with bacteria inside root nodules, whose functions are so far not understood. In this study, we sampled unburnt and burnt zones, where we studied (1) the impact of forest fires on soil chemical properties, and (2) the diversity of cultivable bacteria inside *A. longifolia* root nodules, through classic microbiology techniques, DNA fingerprinting and identification through gene sequencing. In burnt areas, we found a higher content of soil organic matter, available phosphorus and total nitrogen in soils and a change in the *A. longifolia* bacteriome with *Bradyrhizobium sp.* as the main mutualistic partner. Less diversity was found, with a higher specificity for nitrogen-fixing bacteria. These modifications could trigger an uncontrolled invasion by *A. longifolia* after fire.

**Keywords:** Invasive species, *Acacia longifolia*, *Bradyrhizobium*, ecosystem disturbance, nodulation.

\* O texto deste artigo foi submetido em 04-04-2022, sujeito a revisão por pares a 19-05-2022 e aceite para publicação em 21-09-2022.

Este artigo é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 30 (II), 2023, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

## Introdução

Os fogos representam um grave problema nas regiões de clima mediterrânico, nas quais se incluem Portugal e a zona envolvente do mar Mediterrâneo, bem como outras regiões do globo, como o sul da Califórnia, centro do Chile e sudoeste da África do Sul e da Austrália. Esta propensão para os fogos resulta de verões secos e quentes (Gams *et al.*, 1993) e da presença de uma vegetação adaptada, detentora de propriedades que a tornam altamente inflamável. Dentro dessas propriedades destacam-se a retenção de material morto e a presença de compostos secundários inflamáveis, incluindo uma grande quantidade de resinas e substâncias voláteis (Correia e Ascensão, 2017). A extensão da área florestal no nosso país com ecossistemas constituídos por florestas com espécies altamente inflamáveis como pinheiros e eucaliptos, frequentemente em plantações mal geridas (ICNF, 2019), traduz-se numa grande suscetibilidade ao fogo. Em verões secos, ou como ocorreu em 2017, a ocorrência de um mês de outubro excepcionalmente quente após um verão muito seco (Turco *et al.*, 2019), criou condições em que as plantas apresentavam um conteúdo hídrico muito baixo, criando uma matriz “combustível-ar” facilitadora do arejamento e da propagação do fogo, desencadeando os fogos catastróficos que afetaram uma área de cerca de 190.000 hectares (ICNF, 2017).

Associados aos fogos florestais, existem problemas além das perdas humanas e materiais, como alterações dos ecossistemas *a posteriori*, resultando na erosão dos solos (Faria *et al.*, 2015), perda de biodiversidade e o crescimento de espécies invasoras que encontram oportunidades na ausência de cobertura vegetal (i.e., competição interespecífica) (Silva e Marchante, 2012). Apesar das espécies vegetais mediterrânicas persistirem após o fogo, o seu crescimento é, na maioria das vezes, mais lento do que o de outras espécies exóticas, e pensa-se que fogos mais frequentes e intensos tenham efeitos graves nas populações de plantas nativas nas regiões mediterrânicas (Bellan, 2016).

*Acacia longifolia* (Andrews) Willd., também conhecida como acácia-de-espigas, é uma planta nativa da Austrália, tendo sido trazida para Portugal no final do século XIX, para controlo da erosão das dunas costeiras (Yelenik *et al.*, 2007). Trata-se de uma espécie leguminosa de rápido crescimento, capaz de sobreviver em solos muito pobres e que tem ainda a vantagem de enriquecer os solos em azoto que fica disponível para ser absorvido e utilizado por outras espécies vegetais (Ulm *et al.*, 2017), acabando por alterar a dinâmica do ciclo de nutrientes (Marchante *et al.*, 2003). A fixação de azoto atmosférico é feita através de bactérias que se encontram nos nódulos das raízes da planta (hospedeiro), coletivamente designadas de rizóbios (simbiontes). As simbioses que as plantas estabelecem com alguns micro-organismos, como é o

caso das associações acácias-rizóbios, são muitas das vezes tão próximas e dependentes, que se considera a existência de meta-organismos (plantas + micro-organismos), de forma semelhante ao que ocorre com o microbioma coabitante dos nossos intestinos e pele (East, 2013). Nas plantas, o bacterioma tem um papel muito relevante sendo coletivamente designado de PGPB (do inglês *Plant Growth Promoting Bacteria* ou Bactérias Promotoras do Crescimento de Plantas).

Inicialmente, as acácias foram muito apreciadas pelo seu papel no controlo da erosão bem como pelas suas qualidades ornamentais, resultado da explosão de um amarelo intenso nas copas destas árvores ou arbustos, no período de floração. No entanto, devido à dispersão descontrolada e à colonização de novas áreas, atualmente algumas acácias têm o estatuto de espécies invasoras em diferentes locais do globo, sendo de destacar em Portugal, *A. dealbata*, *A. longifolia* e *A. saligna* (Marchante *et al.*, 2014). Na altura da floração, o grande número de flores produzido origina uma enorme quantidade de semente, que se acumula na folhada e vagens no solo, constituindo um coberto orgânico. Estas sementes podem também ficar enterradas, permanecendo viáveis por vários anos, constituindo um banco de sementes no solo. A quantidade de semente total (enterrada no solo ou presente no coberto orgânico) que *A. longifolia* produz foi avaliada numa média de 1017 sementes.m<sup>-2</sup>, conforme reportado por Strydom *et al.* (2017), na África do Sul. Os esforços mecânicos e biológicos para controlar a invasão têm-se revelado infrutíferos devido, sobretudo, à dificuldade de remover de forma efetiva o banco de sementes e à grande viabilidade das mesmas, que podem persistir viáveis até 50 ou mais anos (Milton e Hall, 1981). Esta viabilidade persistente deve-se à existência de um tegumento impermeável que mantém a dormência até que haja um dano mecânico (ex. escarificação) ou um choque térmico, tal como ocorre durante um fogo. O fogo é assim um promotor da germinação das sementes destas espécies (Richardson e Kluge, 2008), levando simultaneamente à perda de viabilidade de sementes de outros *taxa*. Este efeito antagónico do fogo favorece assim duplamente a expansão das acácias após a sua ocorrência. Além disso, a dispersão das sementes é feita maioritariamente por aves ou formigas, havendo evidência que na ausência de fogo, as espécies cujas sementes são dispersas por formigas, como é o caso de *A. longifolia*, acumulam um banco de sementes mais persistente, dada a maior dormência e menor percentagem de germinação e decomposição quando comparadas com as dispersas pelas aves. Assim, após o fogo, ocorre um rápido restabelecimento das populações sem necessidade de intervenção humana. Por último, é importante realçar que o fogo provoca alterações físicas, químicas e biológicas nos solos, dependendo da duração e da intensidade do mesmo (Bento-Gonçalves *et al.*, 2012), tais como i) diminuição no teor de matéria

orgânica, ii) alterações nos ciclos bioquímicos do azoto e do fósforo com o enriquecimento em formas inorgânicas (p.e., amónia e nitratos) e formas disponíveis de fósforo utilizáveis pelas plantas e iii) mudanças na composição e diversidade microbiana do solo (ver Certini, 2005 e referências incluídas). Assim, a rápida e eficaz colonização dos solos por acácias invasoras associada ao seu desenvolvimento acelerado tem um efeito devastador sobre outras plantas, impedindo o estabelecimento e crescimento de outras espécies.

A escolha deste tema prende-se com a emergente presença de espécies exóticas e/ou invasoras altamente adaptadas à regeneração e adaptação pós-fogo, uma perturbação muito frequente no nosso país. As estratégias utilizadas pelas plantas perante estas perturbações são cruciais para melhor compreender os mecanismos de adaptação, a fim de contribuir com conhecimento para uma melhor gestão e implementação de medidas de controlo.

Assim, neste contexto, pretende-se estudar o impacto da ocorrência de fogos florestais no bacterioma de *A. longifolia*, incluindo o impacto do fogo i) nas propriedades químicas do solo e ii) na diversidade e composição bacterianas no interior de nódulos, incluindo os rizóbios e outros géneros bacterianos envolvidos noutros processos. Desta alteração no bacterioma e da presença da acácia, podem resultar também mudanças no ambiente envolvente que pode impactar outras espécies coexistentes.

## Metodologia

### Descrição dos locais de estudo

A recolha de dados foi realizada em Mira, Aveiro, Portugal (40.52451° N, 8.67253° W; 15 m de altitude), um ano após a ocorrência do fogo de outubro de 2017. Foram selecionadas duas áreas florestais mistas com *Eucalyptus globulus* e *Pinus* spp. invadidas por *A. longifolia*, sendo esta última a espécie dominante e em cada uma delas foram implementadas três parcelas (5x5 m) não ardidas e três ardidas (fot. 1). A região de Mira caracteriza-se pelo

clima mediterrânico com influência atlântica, registando temperaturas médias mínima e máxima de 10,1°C e 20,2°C, respetivamente, e uma precipitação média anual de 904 mm. Nesta zona, os solos têm uma textura maioritariamente arenosa, sendo descritos como regossolos (FAO, 2015). Para estudar a nodulação em *A. longifolia*, foram selecionadas aleatoriamente oito acácias jovens com tamanhos entre 20-60 cm provenientes dos seis locais de amostragem (três ardidos e três não ardidos), escavando-se a zona próxima das plantas jovens para localizar as raízes com os nódulos; estes nódulos foram removidos e armazenados em sílica gel para contagem e caracterização morfológica, tendo sido mantidos no laboratório à temperatura ambiente até posterior utilização.

### Análise de solos e análises isotópicas

As amostras para as análises de solos foram recolhidas em profundidade até cerca de 20 cm (i.e., zona envolvente dos nódulos radiculares), constituindo-se uma amostra composta da recolha em três pontos em cada área estudada. Em laboratório, as amostras foram crivadas a 2mm e só a fração inferior foi utilizada. As análises foram realizadas no Laboratório de Análises de solos e Plantas da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), onde foram analisados o teor em matéria orgânica (MO), o fósforo disponível ( $P_2O_5$ ) e azoto total (N). Considerando que *A. longifolia* é uma espécie leguminosa, aumentando o teor de MO e alterando a dinâmica dos ciclos de fósforo e azoto (Marchante *et al.*, 2003), estes parâmetros foram incluídos nas análises para melhor compreensão das alterações que decorrem após o fogo.

Para as análises isotópicas nas amostras de *A. longifolia*, procedeu-se à secagem em estufa dos nódulos e dos filódios durante 48h a 60°C, sendo depois moídos num pó fino para análise da razão  $^{13}C/^{12}C$  e  $^{15}N/^{14}N$ , esta última determinada para inferir a fixação do azoto. As análises foram realizadas no Laboratório de Isótopos Estáveis (LIE-SIIAF) na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa de acordo com procedimento descrito em Jesus *et al.* (2020).



Fot. 1 - Áreas de amostragem não ardidas (a) e ardidas (b e c) estudadas incluídas em florestas mistas com *Acacia longifolia* como espécie dominante (Fotografias de Joana Jesus, tiradas a 1 de outubro de 2018).

*Photo 1 - Study areas: unburnt (a) and burnt (b and c); areas sampled were in mixed forest with Acacia longifolia as dominant species (Photos by Joana Jesus, taken on 1 of October 2018).*

### Análise do bacterioma: procedimentos laboratoriais

Os nódulos recolhidos no campo foram reidratados em laboratório para posterior desinfecção e isolamento das bactérias envolvidas na simbiose. Após obtenção de culturas puras, o DNA foi extraído e amplificado por PCR (do inglês *Polymerase Chain Reaction*), a fim de ser sequenciado para identificação dos géneros isolados (fig. 1). Estes procedimentos serão descritos em detalhe.

### Isolamento, cultivo in vitro e caracterização fenotípica de bactérias dos nódulos

Previamente à inoculação em meio de cultura, os nódulos foram reidratados em água destilada durante 12 h, seguindo-se a desinfecção do exterior dos mesmos, para garantir que as bactérias isoladas provinham do interior, de acordo com a metodologia descrita em Jesus *et al.* (2020). Os crescimentos bacterianos foram obtidos em meio YMA (do inglês *Yeast Mannitol Agar*) com cicloheximida 0,01 %, após esmagamento dos nódulos, seguido da inoculação das diluições seriadas ( $10^0$  a  $10^{-3}$ ) e incubação a 28 °C durante 12 dias. Após obtenção das culturas puras, foi feita a caracterização fenotípica e bioquímica das mesmas por métodos de microbiologia clássica, incluindo a coloração de Gram, teste do hidróxido de potássio (KOH) e testes da catalase e oxidase, permitindo o agrupamento das colónias de acordo com os resultados obtidos (Cappuccino e Sherman, 1998).

### Fingerprinting genético e identificação dos isolados bacterianos por sequenciação da região 16S

O protocolo de extração do DNA genómico baseou-se no protocolo GES modificado (do inglês *Guanidium thiocyanate, EDTA and Sarkosyl*) a partir de colónias com crescimento recente (24 h), conforme descrito por Pitcher (1989). No caso das colónias muito mucosas, foram feitas lavagens prévias em água destilada, seguidas de centrifugação, de modo a remover o excesso de mucilagem, permitindo um rendimento adequado do processo, que se traduz na recuperação de DNA em quantidade suficiente. O DNA foi resuspenso em tampão

TE (Tris-EDTA) e mantido a 4 °C, sendo preparadas soluções de trabalho a 10 ng/ $\mu$ L. O *fingerprinting* molecular foi obtido após amplificação por PCR (do inglês *Polymerase Chain Reaction*), utilizando-se o *primer* (iniciador) csM13 (5' GAGGGTGGCGGTCT 3') e as condições de amplificação descritas em Jesus *et al.* (2020), seguindo-se a migração das bandas amplificadas em gel de agarose a 1 %.

A identificação das estirpes bacterianas obtidas baseou-se na amplificação de regiões do gene 16S rRNA, a partir dos pares de *primers* PA(8f)-907r e 104f-1392r (Marchesi *et al.*, 1998). As sequenciações foram feitas nos laboratórios StabVida (Costa da Caparica, Portugal) pelo método Sanger.

### Análise de Dados

A análise comparativa do teor de MO, fósforo disponível e azoto total entre as áreas florestais mistas com acácia como espécie dominante não ardidadas e ardidadas (A - F e A + F, respetivamente) foi feita através do teste de Wilcoxon-Mann-Whitney ( $\alpha < 0.05$ ), utilizando a *package* stats do *software* R studio (v3.6.1).

Os perfis de bandas dos isolados foram comparados recorrendo ao *software* BioNumerics (Applied Maths, Sint-Martens-Latern, Bélgica), cuja análise resultou num dendrograma composto por *clusters* agrupados por similaridade dos diferentes perfis, permitindo o cálculo dos índices de diversidade Shannon-Wiener e de equitabilidade de Pielou para as comunidades bacterianas obtidas a partir das zonas não ardidadas e ardidadas.

As sequências das diferentes estirpes bacterianas foram analisadas com o recurso ao *software* Geneious (v5.3, 2010), por alinhamentos entre si e recorrendo à informação disponível na base de dados *GenBank* através da realização do BLAST (do inglês *Basic Local Sequence Alignment Tool*).

### Resultados e Discussão

Neste estudo, apesar de não terem sido encontradas diferenças significativas, foi verificada uma tendência para alterações ao nível das propriedades químicas

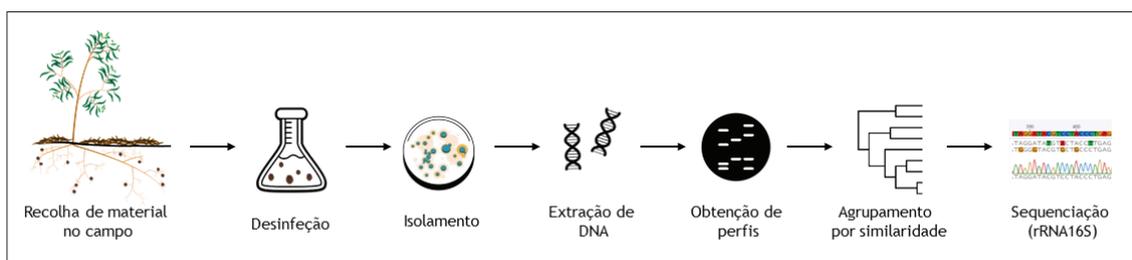


Fig. 1 - Esquema ilustrativo do processo laboratorial após a recolha de material nas áreas de estudo.

Fig. 1 - Schematic figure of the laboratory procedure after samples collection in the field.

do solo nas áreas florestais estudadas, comparando condições não ardidas e ardidas, um ano após o fogo, bem como composição e diversidade da comunidade bacteriana encontrada nos nódulos de *A. longifolia*.

Relativamente às análises de solo, verificou-se que o teor de MO, a quantidade de fósforo disponível ( $P_2O_5$ ) e o azoto total são superiores nos solos após a ocorrência de fogo, havendo uma tendência para uma maior quantidade de fósforo e de azoto comparativamente à matéria orgânica (fig. 2). De facto, todo o coberto vegetal arde, e mesmo que o ecossistema perturbado inclua espécies adaptadas aos fogos na sua diversidade específica, estas vão apresentar um crescimento mais lento comparativamente às acácias. Há estudos que mostram que as sementes de acácia, acumuladas no solo, germinam rapidamente e em grande quantidade após o fogo (Strydom *et al.*, 2017). Nestas condições, ocorrendo a ausência de competição interespecífica e havendo esta estimulação da germinação, o estabelecimento e a expansão da acácia são facilitados, potenciando assim a invasão. Além disto, apesar das diferenças não serem significativas, observou-se um maior teor de MO na zona ardida. Considerando que a amostragem foi feita um ano após o fogo, e sabendo que a presença de espécies fixadoras de azoto (como é o caso de *A. longifolia*) aumentam significativamente o sequestro de carbono no solo (Johnson e Curtis, 2001), o aumento no teor de MO observado pode ser resultado da rápida colonização e presença desta espécie. Simultaneamente, as plantas jovens resultantes deste *boom* de germinação poderão beneficiar do aumento das formas inorgânicas de azoto e fósforo disponíveis (como descrito em Certini (2005), potenciando o seu desenvolvimento.

De facto, *A. longifolia* é uma espécie exótica invasora e este estatuto pode prender-se com a capacidade que a acácia tem de estabelecer relações de simbiose que tiram partido da comunidade bacteriana da rizosfera. A grande vantagem destas relações mutualistas é o *timing* de restabelecimento que ocorre após o fogo, já que a nodulação parece ser um processo mais rápido, estando presente nas raízes de acácias muito jovens (observadas no campo em plantas com 5-10 cm); estes processos parecem ter um papel determinante na regeneração pós-fogo, já que um dos efeitos desta perturbação é a quebra das interações planta-solo-microbiota (Kulmatiski e Kardol, 2008).

O estabelecimento destas relações mutualistas permite ultrapassar condições adversas, potenciando o sucesso pós-fogo, uma vez que as mesmas parecem ser promotoras de uma *fitness* aumentada nestas condições. Além disso, apesar de, como referido anteriormente, no ambiente pós-fogo ocorrer uma expansão massiva de acácias potenciando a invasão, o seu sucesso regenerativo e o sucesso no restabelecimento de simbioses, permitem o enriquecimento do solo em fontes de azoto utilizáveis por outras plantas (como já observado por Ulm *et al.*, 2017), o que poderá facilitar o desenvolvimento e aumentar o vigor vegetativo de outras espécies. Desta forma, a disponibilização de azoto em ecossistemas mais pobres por estas leguminosas e que levou à sua introdução em muitas partes do mundo, poderia ser um fator facilitador da regeneração de um ecossistema perturbado (i.e., ardido); no entanto, a abundância do banco de sementes parece dificultar o estabelecimento das outras espécies de crescimento mais lento, comprometendo a biodiversidade local.

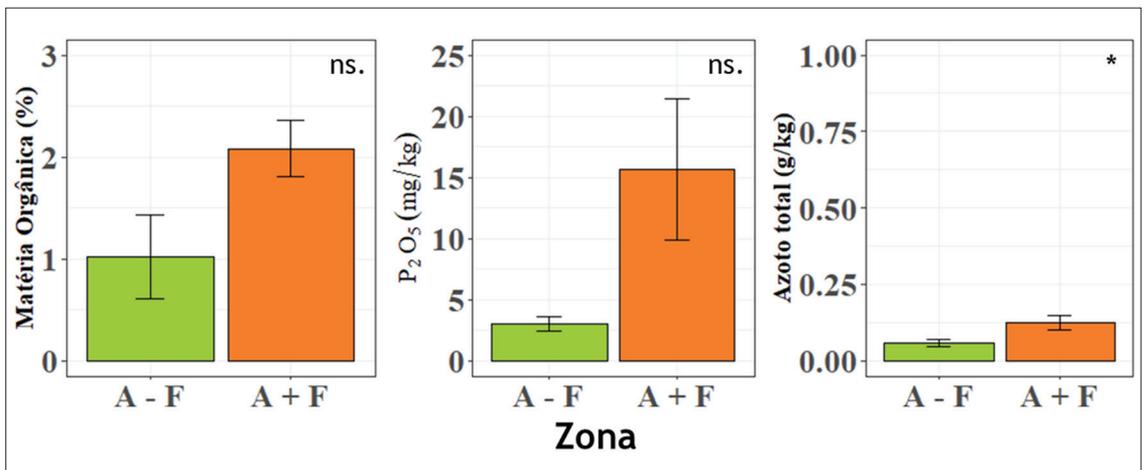


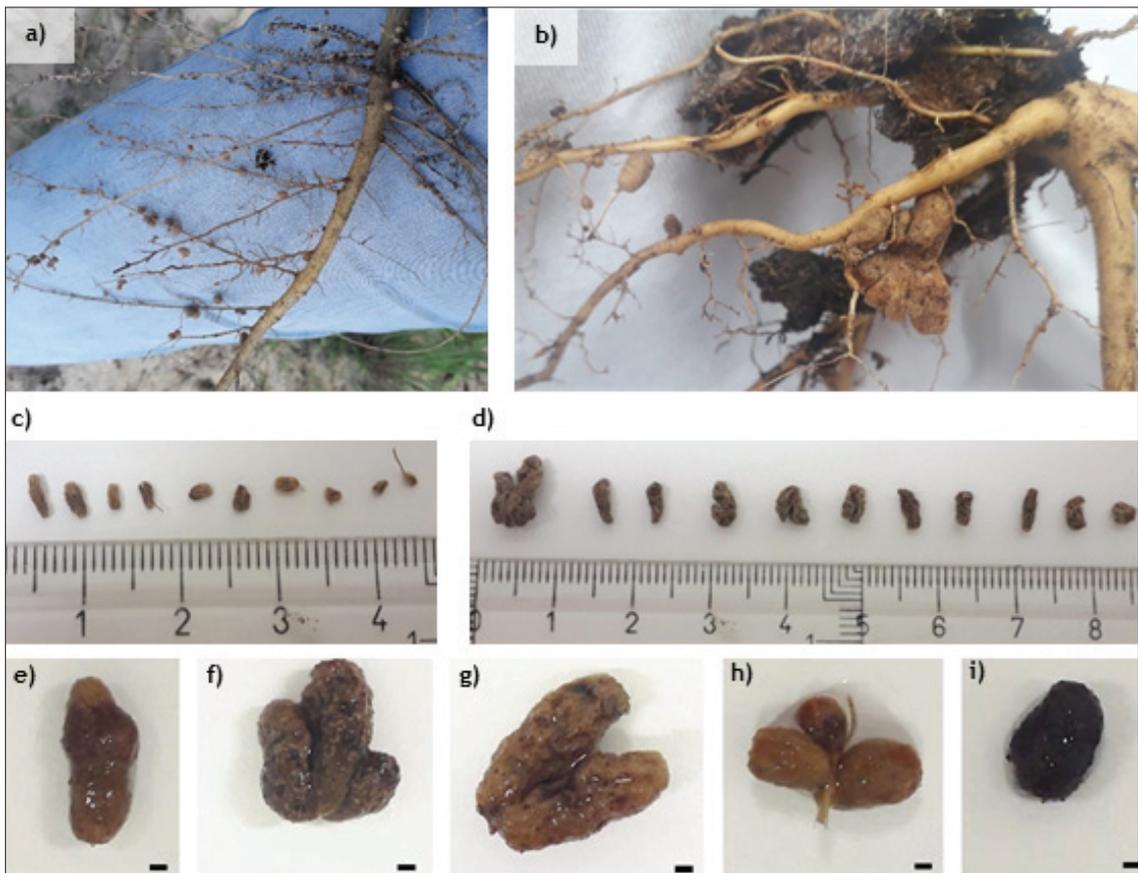
Fig. 2 - Comparação da matéria orgânica (%), fósforo disponível (mg/kg) e azoto total (g/kg) (média  $\pm$  se) em florestas mistas com *Acacia longifolia* como espécie dominante não ardidas (A - F) e ardidas (A + F). A ausência e presença de diferenças significativas está representada por "ns." e "\*" respetivamente testada através do teste de Wilcoxon-Mann-Whitney ( $\alpha < 0,05$ ).

Fig. 2 - Comparison of soil organic matter (%), available phosphorus (mg/kg) and total nitrogen (g/kg) (mean  $\pm$  se) in mixed forests with *Acacia longifolia* as dominant species unburnt (A - F) and burnt (A + F). Absence and presence of statistically significant differences are identified with "ns." and "\*" tested through Wilcoxon-Mann-Whitney test ( $\alpha < 0,05$ ).

Relativamente à nodulação, neste estudo, não foram observadas diferenças na morfologia e tamanho dos 579 nódulos recolhidos de ambas as zonas estudadas (fot. 2). Observou-se um maior número de nódulos por planta na zona ardida comparativamente com a zona não ardida (14,0 e 10,1 nódulos em média por planta, respetivamente), apesar destas diferenças não serem estatisticamente significativas. Esta observação parece indicar uma maior nodulação em ambiente pós-fogo a fim de facilitar o estabelecimento e desenvolvimento das plantas de acácias jovens, o que permitirá, por consequência, uma maior disponibilidade de azoto fixado no solo, o que é corroborado pelos resultados de solo apresentados (ver fig. 2).

A funcionalidade dos nódulos pode ser inferida através da assinatura isotópica do azoto nos filódios, conforme descrito em trabalhos prévios com outras leguminosas, *Stauracanthus spectabilis*, *Ulex europaeus* and *Cytisus grandiflorus* (Rodríguez-Echeverría *et al.*, 2009; Hellmann *et al.*, 2011; Rascher *et al.*, 2012). Os valores próximos de 0 ‰ da assinatura isotópica de

azoto nos filódios ( $\delta^{15}\text{N}$ ) em ambas as zonas (-1,0 ‰ para as zonas não ardidas e 0,8 ‰ para as zonas ardidas) corroboram a ocorrência de fixação de azoto atmosférico através da presença de rizóbios (ou Bactérias Fixadoras de Azoto) presentes nos nódulos e estão também de acordo com os estudos de Godfrey e Glass (2011) que referem que valores de  $\delta^{15}\text{N}$  em folhas entre -2 ‰ e 2 ‰ evidenciam a ocorrência de fixação biológica de azoto. No entanto, apesar deste processo de fixação de azoto ocorrer nos nódulos, a assinatura isotópica determinada para estas estruturas variou entre 7,4 ‰ e 7,9 ‰, para as zonas ardidas e não ardidas, respetivamente (como mostrado em Jesus *et al.*, 2020). Estes valores muito positivos parecem corroborar a hipótese de que o azoto fixado não é acumulado nos nódulos, mas sim mobilizado para as componentes aéreas da planta (*viz* filódios) como esperado. De facto, durante o crescimento da parte aérea, há naturalmente um grande aumento do número de filódios, com concomitante aumento do número de células, proteínas e ácidos nucleicos totais, moléculas estas com um elevado conteúdo azotado, beneficiando



Fot. 2 - Nódulos recolhidos de raízes de *Acacia longifolia* (a e b) de plantas jovens crescidas em zonas não ardidas (c) e ardidas (d) e diferentes morfologias encontradas em ambas as zonas (e-i). A barra de escala das alíneas e) a i) corresponde a 1 mm (Fotografias de Joana Jesus, tiradas a 8 de outubro de 2018).

Photo 2 - Nodules collected from *Acacia longifolia* roots (a and b) from young plants collected in unburnt (c) and burnt (d) zones and the different morphologies found in both zones (e-i). Scale bar from e) to i) corresponds to 1 mm (Photos by Joana Jesus, taken on 8 October 2018).

deste azoto fixado disponibilizado pela simbiose. Já os nódulos, são estruturas diferenciadas nas raízes, que servem de “abrigo” para as bactérias, contudo não se observa um crescimento ativo dos mesmos associado ao desenvolvimento das plantas. Ainda relativamente à análise isotópica realizada para o carbono, a análise do  $\delta^{13}\text{C}$  revelou valores semelhantes para os filódios de plantas jovens crescidas nas zonas não ardidas e ardidas, variando entre  $-28,8\%$  e  $-30,2\%$ , o que está de acordo com os estudos de Ehleringer (1988) e Boutton (1991), estando estes valores relacionados com o fracionamento que ocorre durante a fotossíntese, devido à presença da RUBISCO (ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase oxigenase).

No que diz respeito à diversidade dos isolados bacterianos obtidos, o índice de Shannon-Wiener mostrou que existe maior diversidade correspondendo a  $H' = 1,0$  nas zonas não ardidas comparativamente a  $H' = 0,74$  para as zonas ardidas, o que pode indicar uma menor diversidade bacteriana após o fogo. No entanto, a grande diversidade observada (fig. 3) confirma que as acácias são espécies promíscuas no que diz respeito ao recrutamento dos seus parceiros de simbiose (Thrall *et al.*, 2005), estando presentes os mesmos grupos bacterianos nas duas zonas. Estes valores revelam que, apesar da menor diversidade bacteriana após os fogos florestais, a capacidade de recuperação de *A. longifolia* não parece ser impactada negativamente. De notar que o índice de equabilidade de Pielou revelou que em ambas as zonas existem isolados dominantes ( $J' = 0,75$  para a zona não ardida e

$J' = 0,67$  para a zona ardida). De facto, nas nossas áreas amostradas, o género *Bradyrhizobium* foi o grupo de isolados mais comum na regeneração sem fogo e pós-fogo (Jesus *et al.*, 2020), sendo também o género de simbiontes mais comum tanto em zonas nativas como não nativas (Rodríguez-Echeverría, 2010). As espécies deste género são fixadoras de azoto, e a sua presença como género dominante pode potenciar a melhor *fitness* das acácias.

Em ambas as zonas, o bacterioma cultivável incluiu bactérias das classes  $\alpha$ -Proteobacteria,  $\beta$ -Proteobacteria,  $\gamma$ -Proteobacteria, Bacilli e Actinobacteria, corroborando que *A. longifolia* é uma espécie mutualista generalista. Nas zonas ardidas, dentro das  $\alpha$ -Proteobacteria, apenas se identificou o género *Bradyrhizobium*, não se identificando *Althererythrobacter* sp., *Paracoccus* sp. e *Rhizobium* sp., sugerindo uma maior especificidade da simbiose após o fogo, para este parceiro preferencial. De facto, embora seja difícil fazer previsões sobre a produtividade vegetal associada à diversidade de rizóbios presentes, Barrett *et al.* (2015) refere que a presença de múltiplos rizóbios na rizosfera das acácias pode contribuir para o decréscimo na produtividade em comparação com situações em que o parceiro simbiote é de uma única espécie. Esta hipótese pode dever-se ao facto de alguns rizóbios fixarem o azoto a níveis sub-ótimos ou terem mesmo perdido a capacidade de fixação de azoto. Desta forma, a diversidade aumentada de mutualistas pode não refletir um efeito positivo no

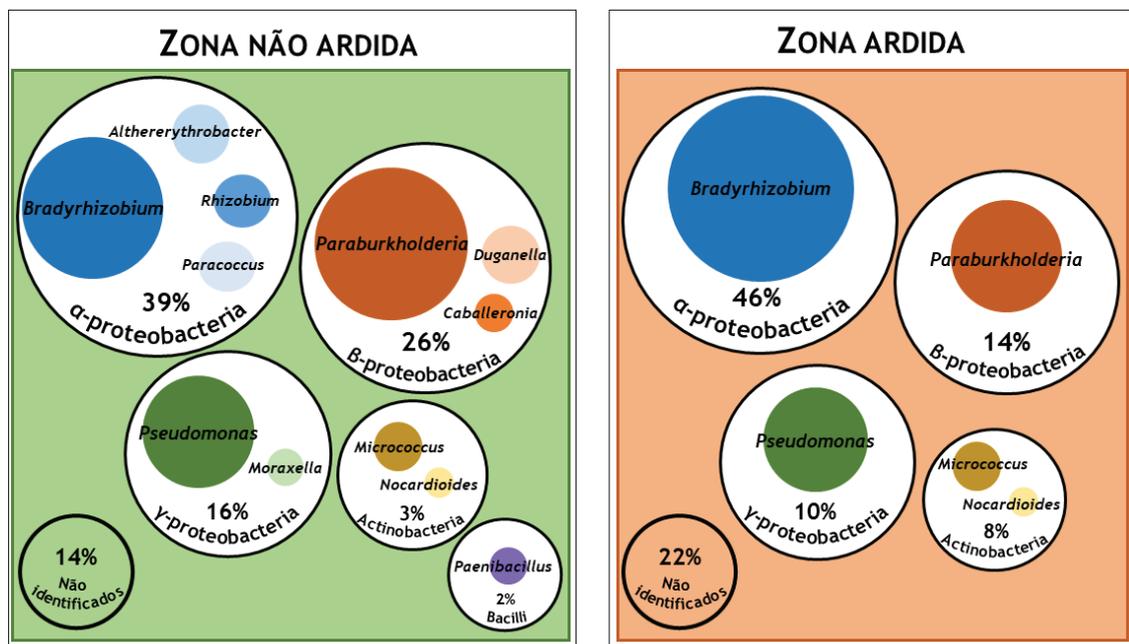


Fig. 3 - Diversidade de géneros bacterianos presente no interior de nódulos de *Acacia longifolia* crescidas em zonas não ardidas e ardidas amostradas. As diferentes cores representam as diferentes classes e os respetivos géneros isolados e foi considerada a sua representatividade (%).

Fig. 3 - Diversity of bacterial genera present inside *Acacia longifolia* root nodules from unburnt and burnt zones. Different colours represent different classes and genera isolated, considering their representativeness (%).

crescimento das plantas. Por outro lado, a diversidade funcional no interior dos nódulos pode transpor a fixação de azoto, uma vez que *Paraburkholderia* spp. e *Pseudomonas* spp., identificados nesta simbiose, já foram descritos como PGPB, induzindo a nodulação, apresentando assim semelhanças com os rizóbios (Shiraishi *et al.*, 2010) e estando presentes em ambas as condições estudadas. Adicionalmente, Saïdi *et al.* (2013) mostraram ainda que *Pseudomonas* spp. podem facilitar a solubilização do fósforo e a produção de sideróforos, facilitando a captação de ferro ou de outros metais. O género *Micrococcus*, também presente de entre os isolados em ambas as zonas estudadas, foi identificado como um micro-organismo promotor do desenvolvimento das plantas (Martínez-Hidalgo e Hirsch, 2017). A complexidade dos mecanismos ecológicos juntamente com a diversidade funcional associada à nodulação dificulta a interpretação destas interações planta-bacterioma e corrobora a necessidade de desenvolver estudos focados nesta multifuncionalidade no interior dos nódulos.

O facto de *Bradyrhizobium* sp. ser o género dominante nas zonas não ardida e ardida indica que *A. longifolia* beneficia do processo de fixação de azoto, tendo uma vantagem acrescida sobre as restantes espécies vegetais. Isto parece corroborar então que, mesmo após o fogo, a capacidade de fixar azoto e de consequentemente enriquecer o solo com este nutriente tão importante para as plantas, pode ser facilitador do desenvolvimento de outras espécies. No entanto, o rápido crescimento de *A. longifolia* impossibilita o desenvolvimento de outras plantas, sendo este uma das principais ameaças à biodiversidade local dos ecossistemas invadidos e a razão que despoleta a necessidade de encontrar medidas de controlo eficazes.

### Conclusão

O fogo parece ter um papel determinante no comportamento de *A. longifolia*, uma espécie exótica invasora, nas áreas estudadas. As alterações no solo resultantes do fogo e da presença desta espécie parecem criar condições mais favoráveis ao seu estabelecimento e desenvolvimento. O bacterioma presente nos nódulos de acácia parece ser influenciado pelo fogo, havendo uma maior especificidade para a fixação de azoto em áreas áridas, podendo estes fixadores ser caracterizados como os primeiros colonizadores no restabelecimento da simbiose. Assim, a acácia é uma espécie mutualista generalista, apresentando uma grande promiscuidade em ecossistemas invadidos, sendo capaz de tirar partido da diversidade funcional da rizosfera dos solos. Considerando a problemática das espécies exóticas invasoras, o maior conhecimento do seu comportamento, especialmente após o fogo que potencia a sua dispersão, é crucial para a tomada de decisão mais

informada de implementação de medidas de gestão e controlo. Estudos futuros poderão focar-se, por um lado, na multifuncionalidade do bacterioma dos nódulos para melhor compreender esta rápida capacidade de adaptação e dispersão e, por outro lado, na transformação dos solos resultante da presença desta espécie a longo prazo, a fim de compreender a dinâmica de interação planta-solo, contribuindo para a reabilitação dos ecossistemas.

### Agradecimentos

Este trabalho de Investigação foi financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT, Portugal), FCT/MCTES, através do apoio financeiro ao Centro de Ecologia, Evolução e Alterações Ambientais (cE3c) da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FC-UL), Bolsa de Unidade de Investigação número UIDB/00329/2020 e também do Projeto R3forest - Using exotic biomass for post-fire recovery: reuse, regenerate and reforest (PCIF/GVB/0202/2017).

Agradecemos cordialmente à colega Andreia Anjos pela ajuda imprescindível no trabalho de campo e na revisão deste artigo.

### Referências bibliográficas

- Barrett, L. G., Bever, J. D., Bissett, A. & Thrall, P.H. (2015). Partner diversity and identity impacts on plant productivity in Acacia-rhizobial interactions. *Journal of Ecology*, 103: 130-142.  
DOI: <http://www.jstor.org/stable/24542192>
- Bellan, E. (2016). *JRC Annual Report*, EUR 28435 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2017, ISBN 978-92-79-65348-3.  
DOI: <https://doi.org/10.2760/094558>
- Bento-Gonçalves, A., Vieira, A., Úbeda, X. Martin, D. (2012). Fire and soils. Key concepts and recent advances. *Geoderma*, 191: 3-13.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2012.01.004>
- Boutton, T. W. (1991). Stable carbon isotope ratios of natural materials. II. In: Coleman, D.C. & Fry, B. (eds) *Carbon isotope techniques*. Academic Press: San Diego, 173-185. Disponível em: [http://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig\\_q=RN:24010391](http://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:24010391)
- Cappuccino, J. & Sherman, N. (1998). *Microbiology, A Laboratory Manual*, 5<sup>th</sup> Edition, Experiment 2, Techniques for Isolation of Pure Cultures, p. 16.
- Certini, G. (2005). Effects of fire on properties of forest soils: a review. *Oecologia*, 143: 1-10.  
DOI: <https://doi.org/10.1007/s00442-004-1788-8>
- Correia, O. & Ascensão, L. (2017). Summer semi-deciduous species of the Mediterranean landscape:

- a winning strategy of *Cistus* species to face the predicted changes of the Mediterranean climate. In: Ansari, A. A., Gill, S. S., Abbas, Z. K. & Naeem, M. CAB International, *Plant Biodiversity: Monitoring, Assessment and Conservation*. DOI: <https://doi.org/10.1079/9781780646947.0195>
- East, R. (2013). Soil science comes to life. *Nature* 501(7468): 518-9. DOI: <https://doi.org/10.1038/501518a>
- Ehleringer, J. R. (1988). Carbon isotope ratios and physiological processes in aridland plants. In: Rundel, P. W., Ehleringer, J. R. & Nagy, K.A. (eds) *Stable isotopes in ecological research*. Springer, Berlin, New York, 41-54. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3498-2\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3498-2_3)
- FAO (2015) Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO Soils Portal - World Reference Base. Consultado em setembro de 2022.
- Faria, S. R., De la Rosa, J. M., Knicker, H., González-Pérez, J. A. & Keizer, J. J. (2015). Molecular characterization of wildfire impacts on organic matter in eroded sediments and top soil in Mediterranean eucalypt stands. *Catena*, 135: 29-37; DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.07.007>
- Gams, I., Nicod, J., Julian, M., Anthony, E. & Sauro, U. (1993). Environmental Change and Human Impacts on the Mediterranean Karsts of France, Italy and the Dinaric Region. *Catena Supplement*, 25: 59-58. DOI: <http://geoprodig.cnrs.fr/items/show/85514>
- Geneious v5.3. (2010). Available online: <http://www.geneious.com> (accessed on 3 April 2019).
- Godfrey, L. & Glass, J. (2011). The geochemical record of the ancient nitrogen cycle, nitrogen isotopes, and metal cofactors (chapter two), *Parts on Nitrification and Related Processes in Methods in Enzymology*, 486: 483-506. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-381294-0.00022-5>
- Hellmann, C., Sutter, R., Rascher, K. G., Máguas, C., Correia, O. & Werner, C. (2011) Impact of an exotic N<sub>2</sub>-fixing Acacia on composition and N status of a native Mediterranean community. *Acta Oecologica*, 37:43-50. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actao.2010.11.005>
- ICNF - INSTITUTO DA CONSERVAÇÃO DA NATUREZA E DAS FLORESTAS (2017). 10º Relatório Provisório de Incêndios Florestais. Departamento de Gestão de Áreas Públicas e de Proteção Florestal, RIF102017.
- ICNF - INSTITUTO DA CONSERVAÇÃO DA NATUREZA E DAS FLORESTAS (2019). Inventário Florestal Nacional 6 (IFN6-ICNF).
- Jesus, J. G., Tenreiro, R., Máguas, C. & Trindade, H. (2020). *Acacia longifolia*: A Host of Many Guests Even after Fire. *Diversity*, 12: 250. DOI: <https://doi.org/10.3390/d12060250>
- Johnson, D. W. & Curtis, P. S. (2001). Effects of forest management on soil C and N storage: meta-analysis. *Forest Ecology and Management*, 140: 227-238. DOI: [http://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00282-6](http://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00282-6)
- Kulmatiski, A. & Kardol, P. (2008). Getting plant-soil feedbacks out of the greenhouse: experimental and conceptual approaches. *Progress in Botany*, 69: 449-472. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-540-72954-9\\_18](https://doi.org/10.1007/978-3-540-72954-9_18)
- Marchante, H., Marchante, E. & Freitas, H. (2003). Invasion of the Portuguese dune ecosystems by the exotic species *Acacia longifolia* (Andrews) Willd.: effects at the community level. *Plant invasions: ecological threats and management solutions*, 75-85.
- Marchante, H., Morais, M., Freitas, H. & Marchante, E. (2014) *Guia prático para a identificação de Plantas Invasoras em Portugal*. Imprensa da Universidade de Coimbra, Coimbra. DOI: <http://dx.doi.org/10.14195/978-989-26-0786-3>
- Marchesi, J., Sato, T., Weightman, A., Martin, T., Fry, J., Him, S. & Wade, W. (1998). Design and evaluation of useful bacterium-specific PCR primers that amplify genes coding for bacterial 16S rRNA. *Applied and Environmental Microbiology*, 64: 795-799. DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.64.2.795-799.1998>
- Martinez-Hidalgo, P. & Hirsch, A. (2017). The nodule microbiome: N<sub>2</sub>-fixing rhizobia do not live alone. *Phytobiomes*, 1: 70-82. DOI: <https://doi.org/10.1094/PBIOMES-12-16-0019-RVV>
- Milton, S. J. & Hall, A. V. (1981). Reproductive biology of Australian acacias in the south-western Cape Province, South Africa. *Transactions of the Royal Society of South Africa*, 44: 465-485. DOI: <https://doi.org/10.1080/00359198109520589>
- Pitcher, D., Saunders, N. & Owen, R. (1989). Rapid extraction of bacterial genomic DNA with guanidium thiocyanate. *Letters in Applied Microbiology*, 8: 151-156. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.1989.tb00262.x>
- Rascher, K., Hellman, C., Máguas, C. & Werner, C. (2012). Community scale <sup>15</sup>N isoscapes: Tracing the spatial impact of an exotic N<sub>2</sub>-fixing. *Ecology Letters*, 15: 484-491. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2012.01761.x>
- Richardson, D. M. & Kluge, R. L. (2008). Seed banks of invasive Australian Acacia species in South Africa: Roles in invasiveness and options for management. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematic*, 10: 161-177. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2008.03.001>
- Rodríguez-Echeverría, S., Crisóstomo, J. A., Nabais, C. & Freitas, H. (2009). Belowground mutualists and the

- invasive ability of *Acacia longifolia* in coastal dunes of Portugal. *Biological Invasions*, 11:651-661.  
DOI: <https://doi.org/10.1007/s10530-008-9280-8>
- Rodríguez-Echeverría, S. (2010). Rhizobial hitchhikers from Down Under: invasional meltdown in a plant-bacteria mutualism? *Journal of Biogeography*, 37: 1611-1622.  
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2010.02284.x>
- Saïdi, S., Chebil, S., Gtari, M. & Mhamdi, R. (2013) Characterization of root-nodule bacteria isolated from *Vicia faba* and selection of plant growth promoting isolates. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 29: 1099-1106.  
DOI: <https://doi.org/10.1007/s11274-013-1278-4>
- Shiraishi, A., Matsushita, N. & Hougetsu, T. (2010) Nodulation in black locust by the  $\gamma$ -proteobacteria *Pseudomonas* sp. and the  $\beta$ -proteobacteria *Burkholderia* sp. *Systematic and Applied Microbiology*, 33: 269-274.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.syapm.2010.04.005>
- Silva, J. S. & Marchante, H. (2012). Post-fire management of exotic forests. In: Moreira, F., Heras, J., Corona, P. & Arianoutsou, M. (Eds.), *Post-Fire Management and Restoration of Southern European Forests*. Springer, Dordrecht, 223-255.  
DOI: [https://doi.org/10.1007/978-94-007-2208-8\\_10](https://doi.org/10.1007/978-94-007-2208-8_10)
- Strydom, M., Veldtman, R., Ngwenya, M. Z. & Esler, K. J. (2017). Invasive Australian *Acacia* seed banks: Size and relationship with stem diameter in the presence of gall-forming biological control agents. *PLoS ONE*, 12: e0181763.  
DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181763>
- Thrall, P. H., Millsom, D. A., Jeavons, A. C., Waayers, M., Harvey, G. R., Bagnall, D. J. & Brockwell, J. (2005). Seed inoculation with effective root-nodule bacteria enhances revegetation success. *Journal of Applied Ecology*, 42: 740-751.  
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01058.x>
- Turco, M., Jerez, S., Augusto, S., Tarín-Carrasco, P., Ratola, N., Jiménez-Guerrero, P. & Trigo, R. M. (2019). Climate drivers of the 2017 devastating fires in Portugal. *Scientific Reports*, 9: 13886.  
DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-50281-2>
- Ulm, F., Gouveia, C., Dias, T. & Cruz, C. (2017). N fertilization in a Mediterranean ecosystem alters N and P turnover in soil roots and the ectomycorrhizal community. *Soil Biology and Biochemistry*, 11: 60-70.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.05.028>
- Yelenik, S., Stock, W. & Richardson, D. (2007). Functional group identity does not predict invader impacts: differential effects of nitrogen-fixing exotic plants on ecosystem function. *Biological Invasions*, 9: 117-125.  
DOI: <https://doi.org/10.1007/s10530-006-0008-3>



RISCOS



PERCEÇÃO DO RISCO DE INCÊNDIO EM ESPAÇOS RURAIS ASSOCIADO À UTILIZAÇÃO DE ARTIGOS PIROTÉCNICOS\*

PERCEPTION OF THE RISK OF FIRE IN RURAL AREAS LINKED TO THE USE OF PYROTECHNIC ARTICLES

25

André Bazenga

Universidade de Coimbra  
Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Mecânica (Portugal)  
ORCID 0000-0003-1305-3809 [amfmb@hotmail.com](mailto:amfmb@hotmail.com)

José Góis

Universidade de Coimbra, Associação para o Desenvolvimento da Aerodinâmica Industrial  
Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Mecânica (Portugal)  
ORCID 0000-0002-7087-8041 [jose.gois@dem.uc.pt](mailto:jose.gois@dem.uc.pt)

RESUMO

Afim de reduzir o risco de incêndio está estabelecido por lei, em Portugal, que durante o período crítico é proibido utilizar balões de mecha acesa e quaisquer tipos de foguetes, e que em todos os espaços rurais a utilização de fogo de artifício e outros artefactos pirotécnicos está sujeita a autorização prévia da respetiva câmara municipal. Desta forma passou-se a utilizar outras tipologias de artigos pirotécnicos nos espetáculos de fogo de artifício. Porém, muitos espetáculos não têm sido autorizados devido à percepção que os responsáveis por algumas câmaras municipais têm sobre o risco de incêndio atribuído à utilização de artigos pirotécnicos. Este trabalho teve por objetivo perceber qual a percepção que as principais entidades envolvidas na autorização e licenciamento de espetáculos de fogo de artifício têm sobre o risco de incêndio durante o período crítico associado à utilização de artigos pirotécnicos. Foi analisada a legislação relevante e os estudos realizados pela ADAI, fizeram-se questionários às diferentes entidades e analisou-se a envolvente de diversos locais de lançamento, tendo-se concluído ser necessária formação e interação entre entidades.

**Palavras-chave:** Artigos pirotécnicos, risco de incêndio, período crítico, restrições e parecer.

ABSTRACT

To reduce the risk of fire during the critical period the law in Portugal forbids the use of sky lantern balloons and any type of rockets, and in all rural areas the use of fireworks and other pyrotechnic articles requires prior authorisation from the respective municipality. Therefore, other types of articles started to be used in fireworks displays to mitigate this risk. However, many shows were not authorised due to the perception that the chief executives of some local authorities have about the fire risk related to the use of pyrotechnic articles. This work aimed to understand the perception held by the main organizations involved in permitting and licensing fireworks displays regarding the fire risk attributable to using pyrotechnic articles during the critical period. The most relevant legislation and the studies carried out by the Associação para o Desenvolvimento da Aerodinâmica Industrial (ADAI) were analysed, questionnaires were applied to the different organizations, and the surroundings of several firework launching sites were studied. It was concluded that there was a need for training and interaction between organizations.

**Keywords:** Pyrotechnic articles, fire risk, critical period, restrictions and report.

\* O texto deste artigo corresponde a uma comunicação apresentada no II Seminário da Rede Incêndios-Solo, tendo sido submetido em 05-01-2022, sujeito a revisão por pares a 05-01-2022 e aceite para publicação em 18-02-2022. Este artigo é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 30 (II), 2023, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

## Introdução

Nas últimas décadas Portugal sofreu imensos prejuízos resultantes de incêndios florestais, que provocaram traumas nas populações que habitam próximo de espaços florestais e levaram à publicação de diplomas legais com medidas preventivas direcionadas para a limpeza dos espaços rurais e o uso mais restrito do fogo. A atribuição da origem de alguns incêndios florestais ao lançamento de artigos pirotécnicos resultou na publicação de legislação que veio proibir o lançamento de balões de mecha acesa e quaisquer tipos de foguetes durante o período crítico (1 de julho a 30 de setembro), e impor que em todos os espaços rurais a utilização de fogo de artifício e outros artefactos pirotécnicos está sujeita a autorização prévia da respetiva câmara municipal (Decreto-lei n.º 124/2006). Devido ao aumento do risco de incêndio durante o período crítico, as entidades incumbidas pela autorização de fogo de artifício refugiam-se nos alertas da proteção civil para proibir a realização de quaisquer espetáculos de pirotecnia durante o período crítico (Diário de Notícias, 2018). Esta situação tem levado à realização de cada vez menor número de espetáculos de pirotecnia em eventos festivos, fazendo com que se perca a grandiosidade transmitida pelo fogo de artifício, se quebre a tradição, e desta forma haja uma diminuição na afluência de público e se perca receita associada ao turismo. Igualmente tem vindo a provocar o estrangulamento da atividade económica do sector da pirotecnia em Portugal, cujo o período de maior procura coincide com o verão, levando nos últimos anos à redução do número de empresas e profissionais pirotécnicos em atividade (Público, 2019).

Para fazer face às restrições impostas pela legislação e às dificuldades em obter autorização por parte dos municípios durante o período crítico, as empresas de pirotécnica passaram a utilizar dispositivos de lançamento de artigos pirotécnicos em forma de tubo, que garantem uma baixa dispersão de partículas potencialmente incandescentes. Complementarmente a Polícia de Segurança Pública (PSP) produziu normas técnicas dirigidas aos utilizadores de artigos pirotécnicos com regras sobre os locais de utilização, montagem dos dispositivos, dimensão das áreas de segurança e plano de segurança e emergência (Ministério da Administração Interna, 2018).

Apesar destas medidas, nos últimos anos algumas comunidades intermunicipais (CIM) deliberaram por unanimidade não autorizar a utilização de fogo de artifício ou outros artefactos pirotécnicos em espaços rurais durante o período crítico (Notícias de Viseu, 2020; Bairrada informação, 2021), menosprezando as condições técnicas, tipologia dos artigos pirotécnicos, grau de limpeza da envolvente do local de lançamento, meios de prevenção e combate ao incêndio presentes.

Estas proibições são específicas de Portugal Continental e ocorrem habitualmente em muitos locais, o que leva a questionar a fundamentação das decisões, quando por exemplo se trata de praias, rios, lagos ou zonas com muito pouca ou nenhuma vegetação em redor da área de segurança requerida.

Quando apenas existem materiais de muito baixa inflamabilidade na envolvente do local de lançamento ou os resíduos dos artigos pirotécnicos são de muito baixa dispersão, é aceitável assumir que o risco de incêndio (RI) atribuído ao lançamento de artigos pirotécnicos é muito baixo (Reis *et al.*, 2019). Com o propósito de demonstrar que o lançamento de artigos pirotécnicos pode ser efetuado sem RI, desde que sejam salvaguardadas as distâncias de segurança recomendadas, a Associação para o Desenvolvimento da Aerodinâmica (ADAI) efetuou em 2019 um estudo com finalidade de determinar a ignição no solo gerada pelos resíduos do lançamento de artigos pirotécnicos (Reis *et al.*, 2019). No referido estudo foram analisados dados estatísticos de incêndios florestais registados na base de dados do Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF) no período compreendido entre 2003 e 2018, identificando o número de ocorrências e área ardida atribuídos ao emprego de artigos pirotécnicos, tendo sido concluído que desde 2006 o número de ocorrências foi inferior a 1 % do total, situando em média em 0,5 % e o de área ardida, no mesmo período, foi inferior a 0,5 % do total ardido, à exceção do ano de 2015. O estudo incluiu a medição do raio do círculo gerado pela dispersão dos resíduos do lançamento de artigos pirotécnicos, tendo mostrado para a maioria dos artigos pirotécnicos ensaiados não haver dispersão para além da distância mínima de segurança definida no rótulo e que esses resíduos não tinham relevância térmica quando atingiam o solo. Dos 28 tipos de artigos pirotécnicos ensaiados, para 25 deles a dispersão máxima de resíduos em relação ao ponto de lançamento situou-se entre 10 e 60 metros.

Pese embora a utilização de artigos pirotécnicos esteja regulamentada por um conjunto de diplomas legais e instruções técnicas, as tomadas de decisões sobre o licenciamento de espetáculos de fogo de artifício durante o período crítico, nem sempre seguem critérios lógicos, condicionando dessa forma esta atividade económica e a tradição de espetáculos de pirotecnia em diversas festividades. Este artigo tem como o objetivo avaliar a perceção que os profissionais e as diferentes entidades envolvidas para a autorização e licenciamento de espetáculos de fogo de artifício têm sobre o risco de incêndio em espaços rurais atribuído à utilização de artigos pirotécnicos. De modo a permitir compreender qual o envolvimento das diversas entidades na tomada de decisão é feita uma análise da legislação aplicável ao emprego de artigos pirotécnicos, assim como a relativa

à defesa da floresta contra incêndios e à gestão na prevenção, autoproteção de pessoas e infraestruturas e mecanismos de apoio à decisão no dispositivo de combate aos incêndios rurais. Para avaliar a percepção das diferentes entidades oficiais e empresas de pirotecnia sobre o risco de incêndio em espaços rurais atribuído à utilização de artigos pirotécnicos foram realizados questionários. Para analisar a envolvente de locais de lançamento de artigos de pirotecnia e perceber o risco de incêndio pela utilização de artigos foram analisados 57 pontos de lançamento indicados por empresas de pirotecnia.

### Enquadramento legal

O decreto-lei (DL) n.º 135/2015, de 28 de julho é dos mais importantes na utilização de artigos pirotécnicos, assim como as normas técnicas (NT) definidas pela Direção Nacional da Polícia de Segurança Pública (DNPSP): NT n.º 3/2018 e NT n.º 4/2018 que derivam do mesmo DL. De acordo com este DL, entendem-se por artigos pirotécnicos todos os artigos que contêm substâncias explosivas e ou misturas explosivas que têm como finalidade produzir uma combinação de um ou mais dos efeitos sonoros, luminosos, caloríficos, gasosos e fumígenos, através de reações químicas exotérmicas. Este diploma legal define as regras de livre circulação de artigos pirotécnicos, bem como requisitos essenciais de segurança que os mesmos devem satisfazer para poderem ser comercializados no espaço da União Europeia. Os fabricantes devem garantir que os artigos pirotécnicos, com exclusão dos artigos pirotécnicos para veículos, são devidamente rotulados de modo visível, legível e indelével em língua portuguesa, devendo essa rotulagem ser clara, compreensível, inteligível e incluir, entre outros pontos, o teor líquido de explosivo, a designação e tipo do artigo, a categoria, limites mínimos de idade para disponibilização a consumidores, instruções de utilização, distância mínima de segurança.

Em função da categoria do artigo pirotécnico são estabelecidas distâncias mínimas de segurança, de acordo com o tipo de utilização, finalidade, nível sonoro e de risco, havendo artigos (designados por F1) de muito baixo risco que podem ser utilizados no interior de edifícios residenciais, de risco baixo (F2) que podem ser utilizados em áreas confinadas, de risco médio (F3) que se destinam a ser utilizados em áreas exteriores abertas e de risco elevado (F4) que se destinam a ser utilizados exclusivamente por pessoas com conhecimentos especializados, sendo conhecidos por fogo de artifício para utilização profissional. A categoria do artigo pirotécnico é definida por organismos notificados reconhecidos pelos Estados-Membros da União Europeia e pelos países da Associação Europeia de Comércio Livre (EFTA). Os artigos pirotécnicos das categorias F1, F2, F3 são de livre circulação e podem ser disponibilizados no

mercado se satisfizerem os requisitos referidos no DL n.º 135/2015. Os artigos das categorias F1, F2 e F3 devem estar protegidos contra a ignição inadvertida por meio de uma capa protetora, por meio de embalagem ou pelo tipo de construção do artigo. Os artigos da categoria F4 devem estar protegidos contra ignição inadvertida por métodos especificados pelo fabricante.

A norma técnica (NT) n.º 3/2018 da DNPSP, elaborada ao abrigo do artigo 39º de DL n.º 135/2015, ajuda a entender as regras a cumprir na utilização de artigos pirotécnicos e na realização de espetáculos de fogo de artifício por empresas de pirotecnia, através de pessoas com conhecimentos especializados. O ponto 4 do artigo 6º desta norma técnica estabelece que: *“É proibida a utilização de artigos de pirotecnia nas proximidades de substâncias suscetíveis de arder e, independentemente de tal, quando seja de prever a existência de risco de incêndio, exceto quando os artigos de pirotecnia em causa se destinem ao combate aos incêndios”*. O ponto 2, alínea f do artigo 8º refere que: *“O requerimento para a emissão de licença para a realização de espetáculos pirotécnicos, [...], deve ser acompanhado dos seguintes documentos: Declaração da corporação de bombeiros local sobre as medidas indispensáveis de prevenção contra incêndios que irão ser tomadas pelos bombeiros ou por outras entidades no âmbito da proteção civil”*. O ponto 3 do artigo 12º estabelece que: *“A entidade organizadora e a empresa pirotécnica, munidas da documentação necessária, podem requerer junto das autoridades competentes a reapreciação no sentido de reduzir o raio de segurança mínimo, para licenciar o lançamento”*. O ponto 6 do artigo 12º refere que: *“O raio de segurança a observar a espaços florestais só se aplica durante o período crítico ou desde que se verifique que o risco de incêndio é muito elevado ou máximo para o dia e local do espetáculo”*. No ponto 1, alínea c do artigo 14º é referido que: *“A entidade organizadora do espetáculo deve ter um plano de segurança e de emergência, com o objetivo de prevenir a possibilidade de acidentes e minimizar os riscos, no mínimo, com as seguintes medidas: equipamentos de prevenção e combate a incêndios designados pela corporação de bombeiros local”*. No ponto 2 do artigo 15º são referidas as pessoas encarregadas de exercer as medidas de segurança do espetáculo, as quais são: operador pirotécnico indicado pela empresa pirotécnica e credenciado pelo DNPSP, responsável indicado pela entidade organizadora, agentes fiscalizadores da autoridade policial, agentes das autoridades municipais e responsável designado pela corporação de bombeiros. No anexo D, TABELA III da NT são referidas as distâncias recomendadas em relação a espaços florestais em função do calibre e tipologia do artigo pirotécnico.

Para a realização de espetáculos de fogo de artifício por empresas pirotécnicas é obrigatório o licenciamento e está a cargo da entidade organizadora do evento, que deverá seguir o processo descrito na NT n.º 3/2018. O processo de licenciamento é conduzido com antecedência junto da força de segurança local: GNR ou PSP, dependendo da localidade. Na documentação a entregar para o processo de licenciamento, entre outras coisas, é necessário indicar o local de lançamento, tipo e calibre dos artigos e os operadores pirotécnicos credenciados, apresentar seguro de responsabilidade civil e comprovativo de que a corporação de bombeiros local foi devidamente informada. Durante o período crítico é ainda necessária a autorização prévia do município do local onde se pretende realizar o espetáculo de fogo de artifício. Em função da localização prevista pode ser necessário pedir autorização a mais entidades para obter o licenciamento (fig. 1).

Em defesa da floresta contra incêndios vigorou em Portugal durante vários anos o DL n.º 124/2006 de 28 de junho, tendo sofrido várias alterações, a última em 2017, com o DL n.º 76/2017 de 17 de agosto. O DL 124/2006 estabeleceu o período crítico, como sendo aquele que, devido a forças meteorológicas excecionais, como ondas de calor, secas, entre outros, vigoraram medidas e ações especiais de prevenção contra incêndios florestais, tendo sido estabelecido o seu início a 1 de julho e *terminus* a 30 de setembro, com possibilidade de alteração devido a situações extraordinárias. O artigo 4.º do referido diploma definiu uma escala de risco de incêndio rural em cinco níveis; «reduzido», «moderado», «elevado», «muito elevado» e «máximo» e atribuiu competência à autoridade nacional meteorológica para diariamente anunciar o índice de risco de incêndio de cada região. Estabeleceu-se ainda que dentro ou perto de espaços florestais era proibido qualquer tipo de uso do fogo, quer seja para acender cigarros ou fogueiras. Mesmo fora do período crítico, se as condições atmosféricas fossem suscetíveis de gerar índices de risco de incêndio rural de nível «muito elevado» ou «máximo» as restrições anteriormente referidas manter-se-iam em vigor até dito o contrário. Era neste quadro de período crítico que estava proibido o lançamento de quaisquer tipos de foguetes, e a utilização de fogo de artifício ou outros artefactos pirotécnicos em espaços rurais estava sujeita a autorização prévia da câmara municipal. As entidades encarregadas de exercer este decreto-lei com recurso a fiscalizações eram a GNR, PSP, Polícia Marítima, ICNF, ANEPC, câmaras municipais, polícia municipal e os vigilantes da natureza, tendo a maioria delas também intervenção no processo de licenciamento de espetáculos de fogo de artifício, conforme atrás referido.

Do ponto de vista legal, verifica-se que a utilização de artigos pirotécnicos por empresas do sector está, desde 2006, claramente regulamentada, estando definida a

documentação necessária para as diferentes entidades se pronunciarem sobre o licenciamento e definirem as medidas de mitigação a adotar, se necessárias. A interpretação que vários municípios têm feito da legislação, tem levado a que, durante o período crítico, muitos se tenham recusado a conceder a autorização prévia exigida para o licenciamento, alegando risco de incêndio, mesmo quando os espetáculos de fogo de artifício se realizam em espaços limpos e com área de segurança, como feiras, rios ou lagoas, e fazendo aplicar essa medida durante todo o período crítico (Diário de Notícias, 2018).

Com a publicação recente do DL n.º 82/2021, de 13 de outubro, foi revogado o DL 124/2006. Este diploma vem estabelecer um sistema de gestão integrada de fogos rurais no território nacional, atribuindo à Agência para a Gestão Integrada de Fogos Rurais (AGIF) e ao ICNF a missão de apoiar a análise de risco de incêndio, tendo este último ainda a incumbência de definir as regras de identificação e definição de risco e perigosidade de incêndio rural, elaborando a respetiva cartografia. O perigo de incêndio rural em Portugal Continental mantém-se descrito em cinco níveis: «reduzido», «moderado», «elevado», «muito elevado» e «máximo», podendo ser distinto por concelho, sendo a metodologia de cálculo do perigo de incêndio rural e respetivas classes estabelecidas com base em manual de processos elaborado conjuntamente pelo IPMA, ICNF, AGIF e ANEPC. A determinação e divulgação do perigo de incêndio rural é competência do IPMA e do ICNF.

Com este novo diploma deixou de haver um período crítico de risco de incêndio rural passando as restrições a serem aplicadas aos concelhos em que o perigo de incêndio rural seja «muito elevado» ou «máximo». Desta forma nos concelhos em que se verifique algum dos níveis de perigo de incêndio rural atrás referidos não é permitido o lançamento de balões com mecha acesa, nem de qualquer tipo de foguetes e a utilização de artigos pirotécnicos, com exceção das categorias F1, P1 e P2 previstas no artigo 6.º do DL n.º 135/2015, de 28 de julho, na sua redação atual, está sujeita a licença do município ou da freguesia, sem prejuízo da autorização da autoridade policial relativa ao uso de artigos pirotécnicos prevista na lei. Esta licença precisa ser obtida com uma antecedência mínima de 15 dias relativamente à utilização do fogo, e está sujeita a confirmação nas 48 horas anteriores.

Este novo diploma continua a impor as restrições à utilização de artigos pirotécnicos, com base no nível de perigo de incêndio rural, fazendo tábua rasa das condições do local de lançamento, área de segurança e tipologia dos artigos pirotécnicos, desprezando qualquer esforço de mitigação por parte dos organizadores de eventos para reduzir o risco de incêndio rural.

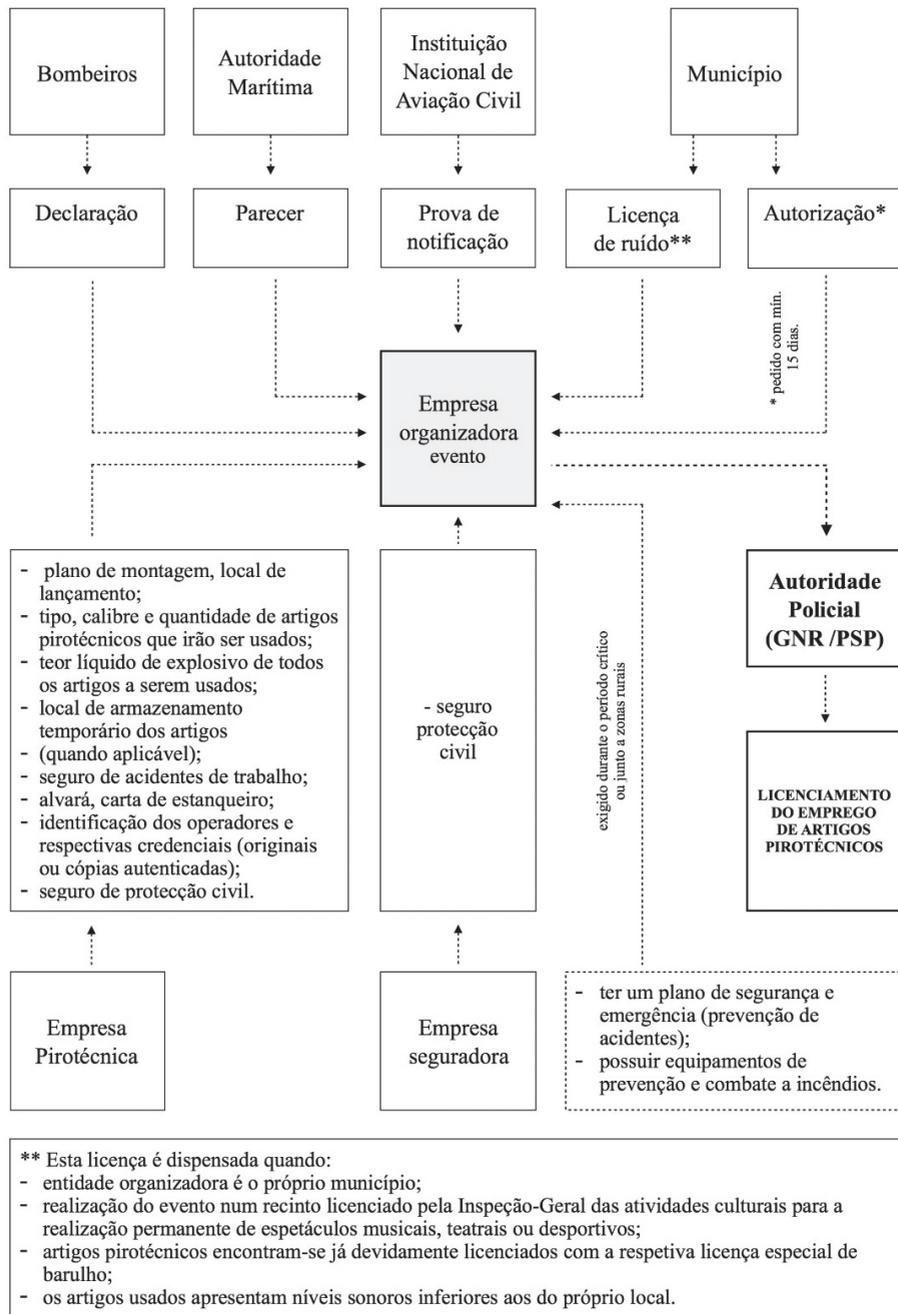


Fig. 1 - Fluxograma do processo de licenciamento de espetáculo de fogo de artifício por empresa pirotécnica (Fonte: elaborado com base na Norma Técnica n.º 3/2018).

Fig. 1 - Flowchart of the licensing process for a fireworks display by pyrotechnic company (Source: drafted based on Technical Norm number 3/2018).

## Materiais e métodos

Para perceber qual a perceção que os profissionais de pirotecnia e as diversas entidades envolvidas no processo de licenciamento têm sobre o risco de incêndio na utilização de artigos pirotécnicos foram realizados questionários, com perguntas de resposta fechada e aberta. A elaboração dos questionários foi precedida de uma etapa de teste, junto de dois profissionais

pirotécnicos, para avaliar a pertinência de algumas das questões, tendo em conta os diferentes destinatários. Serviu igualmente para avaliar a clareza das perguntas e das opções de resposta.

Foram elaborados seis questionários dirigidos às seguintes entidades: GNR, PSP, ICNF, ANEPC, municípios e empresas de pirotecnia. Tendo em conta a missão de cada uma das entidades intervenientes no processo de licenciamento e

os elementos considerados necessários para a tomada de decisão, as questões de cada um dos questionários foram ajustadas nesse sentido, mas algumas perguntas foram iguais, pois interessava perceber a opinião dos diversos intervenientes sobre assuntos comuns. Os questionários foram elaborados com o auxílio da ferramenta *Google Forms*<sup>®</sup>, a qual permitiu a realização de perguntas com diversas possibilidades de resposta, a inserção de imagens e outras funcionalidades, bem com a recolha e tratamento automático das respostas, em tempo real, numa base de dados criada para o efeito.

Dos 278 municípios existentes em Portugal Continental enviaram-se questionários para 23 deles, o que corresponde a 8,3 % do universo. A escolha desses municípios teve por base a localização de 57 pontos georreferenciados pelos profissionais da pirotecnia como locais de realização de espetáculos de fogo de artifício na região centro de Portugal Continental, onde o risco de incêndio durante o período crítico costuma ser «muito elevado» ou «máximo» e que na última década teve a maior extensão de área ardida por incêndios rurais (APA, 2021).

A seleção das empresas de pirotecnia teve por base a informação disponível nos portais das diferentes associações representativas do setor e a informação recolhida junto do Departamento de Armas e Explosivos da PSP, tendo-se chegado a um universo de 50 empresas. Em relação a cada uma das entidades oficiais foi enviado apenas um único questionário: ao Director do Departamento de Armas e Explosivos da PSP, ao responsável pelo SEPNA-Serviço de Proteção da Natureza e Ambiente da GNR, ao Presidente da ANEPC e ao Presidente do Conselho Diretivo do ICNF.

Os questionários foram enviados por correio eletrónico, tendo os endereços das empresas de pirotecnia sido obtidas através da colaboração das associações do sector. Em relação aos municípios e às restantes entidades oficiais os endereços de correio eletrónico foram obtidos através da informação disponível em portais na internet, tendo sido efetuados contactos prévios com cada entidade no sentido de explicar o objetivo do estudo e identificar o interlocutor certo para direccionar o envio do questionário, de modo a dar resposta ao pedido. O período para envio dos questionários e validação das respostas recebidas decorreu entre 28 de setembro e 30 de outubro de 2020.

Para analisar a envolvente de locais de lançamento de artigos pirotécnicos em espetáculos de fogo de artifício foi feito o levantamento das coordenadas de georreferenciação de diferentes pontos, através de informação recolhida juntos dos profissionais pirotécnicos, tendo por amostra a região centro, conforme é definida na NUT II de divisão do território. Com base nessa informação foi feita a busca de imagens satélite, através do *Google Earth Pro*<sup>®</sup>, mantendo sensivelmente

o mesmo período temporal. As imagens recolhidas foram tratadas de forma semelhante, impondo círculos com os mesmos raios a todas as imagens para caracterização da ocupação do solo na envolvente. Os círculos foram centrados nas coordenadas do local de lançamento e definida a mesma escala 1/600 para todas as imagens. Foram traçados círculos com raio de 20, 50, 100 e 500 m. As distâncias foram fixadas tendo em conta as respostas dos profissionais de pirotecnia aos questionários e os resultados do estudo da ADAI relativo a dispersão dos resíduos do lançamento de artigos pirotécnicos.

Para uma análise comparativa das imagens nos diferentes círculos definiu-se os seguintes modelos de ocupações do solo:

- Zona de cultivo - Zona onde predominam solos agrícolas;
- Zona industrial - Zona onde predominam edifícios industriais;
- Zona florestal - Zona onde predomina vegetação média ou alta, característica de floresta e parques;
- Zona habitacional - Zona onde predominam aglomerados habitacionais;
- Zona aquática - Zona onde existem corpos de água: mar, rios, lagoas, zonas húmidas de cultivo, e outras;
- Zona desportiva ou de feira ao ar livre - Zonas com campo de futebol, parque estacionamento, feira ao ar livre ou descampado limpo.

## Resultados e discussão

Do universo de questionários enviados, obteve-se 36 % de respostas das empresas de pirotecnia, 30,4 % dos municípios e da PSP e GNR. O ICNF e a ANEPC não responderam, apesar dos vários pedidos feitos.

Todos os questionários incluíram duas perguntas comuns: uma para saber se tiveram conhecimento do estudo realizado pela ADAI sobre o emprego de artigos pirotécnicos e outra que, em termos comparativos (escala de 1 a 5), apontava cinco fatores para o risco de incêndio rural na utilização de artigos pirotécnicos durante o período crítico: fator humano, condições atmosféricas (temperatura, humidade, vento), calibre e tipo de artigo, limpeza do local de lançamento, distância de segurança. Enquanto todas as empresas de pirotecnia referiram ter tido conhecimento do estudo realizado pela ADAI, por parte dos municípios todos manifestaram desconhecimento. Importa referir que em 2019 a ADAI fez a apresentação do estudo numa sessão pública, aberta à comunicação social, tendo o relatório do estudo sido enviado à Associação Nacional de Municípios e a outras entidades oficiais. Para a outra pergunta sobre a comparação dos fatores de risco não foram obtidas respostas válidas por parte das empresas, dos municípios e da PSP. Para a GNR, o fator que mais influencia o risco de incêndio rural são as condições atmosféricas, seguido

do fator humano e depois a distância de segurança. O calibre e tipo de artigo é considerado o menos relevante.

No questionário dirigido às empresas de pirotecnia, a primeira parte das questões visava perceber que distâncias de segurança adotam, em geral; que tipos de artigos apresentam maior perigo de ignição na envolvente; quais os locais de maior risco; quais as razões evocadas pelos municípios para a não autorização do licenciamento de espetáculos de fogo de artifício durante o período crítico; quais os distritos onde é mais comum a não autorização ou cancelamento de espetáculos de pirotecnia. A segunda parte do questionário teve por objetivo conhecer as condições dos locais propostos pelas organizações para a realização de espetáculos de pirotecnia, e perceber a opinião que os profissionais de pirotecnia têm sobre as competências dos técnicos de proteção civil que assessoram os municípios para as questões relacionados com os pedidos de autorização prévia durante o período crítico, e ainda saber se a formação dos profissionais de pirotecnia é essencial para a redução do risco de incêndio rural atribuído à utilização de pirotecnia.

As distâncias mínimas de segurança adotadas pelas empresas de pirotecnia (TABELA I) estão em linha com os valores obtidos no estudo realizado pela ADAI (Reis et

al., 2019), que mostraram para os 28 artigos pirotécnicos objeto de estudo, que 71,4 % deles tem dispersão de resíduos abaixo de 60 m, em 14,3 % os resíduos podem atingir entre 60 e 80 m, e 14,3 % podem atingir entre 100 e 160 m, sendo estes as balonas de calibre 75 mm. Os foguetes e os espaços rurais são considerados um fator multiplicador do risco de incêndio, sendo consensual a decisão de interditar os foguetes durante o período crítico e de reserva quanto à utilização de artigos pirotécnicos em espaço rural. Muito embora, de um modo geral, os locais propostos para a realização de espetáculos de pirotecnia ofereçam as condições requeridas em termos de distância de segurança, nas regiões interiores centro e norte de Portugal Continental tem havido fortes restrições à utilização de artigos pirotécnicos, em virtude dos avisos de alerta laranja e/ou vermelho. A formação, quer dos profissionais da pirotecnia, quer dos técnicos que assessoram os municípios, é essencial para que possam decidir e atuar com critério, que contemple a aplicação de medidas de mitigação, que permitam restaurar quanto possível a tradição da pirotecnia em Portugal.

Nos questionários às entidades oficiais, as perguntas visavam perceber qual o grau de preparação dos técnicos na análise dos elementos para a tomada de decisão

TABELA I - Resultados dos questionários às empresas de pirotecnia.

TABLE I - Results of Questionnaire applied to fireworks companies.

Assunto da pergunta	Opções de resposta	[%]
Distância mínima de segurança	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 20 m</li> <li>• 60 m</li> <li>• 80 m</li> <li>• 100 m</li> <li>• Outros valores</li> </ul>	5,6 33,3 16,7 11,1 33,3
Artigo pirotécnico mais perigoso para incêndio rural	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Foguetes</li> <li>• Balonas</li> <li>• Candela de tiro</li> </ul>	81,2 12,5 6,3
Local de maior risco de incêndio na utilização de artigos pirotécnicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zona rural</li> <li>• Zona industrial</li> <li>• Espaço de feiras</li> </ul>	73,3 20,0 6,7
Razões para recusa licenciamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alerta laranja ou vermelho</li> <li>• Não especificada</li> </ul>	93,8 6,3
Distritos que mais negam autorizações ou cancelam espetáculos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guarda</li> <li>• Castelo Branco / Vila Real</li> <li>• Bragança / Coimbra</li> <li>• Viana Castelo</li> <li>• Braga / Porto</li> <li>• Aveiro / Leiria</li> <li>• Évora / Beja / Portalegre</li> <li>• Faro / Lisboa / Santarém / Setúbal</li> </ul>	23,7 21,1 15,8 13,2 10,5 7,9 5,3 2,6
Condições dos locais propostos pela organização para a realização do espetáculo de fogo de artifício	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muito boas</li> <li>• Boas</li> <li>• Suficientes</li> <li>• Fracas</li> <li>• Muito fracas</li> </ul>	33,3 38,9 22,2 0 5,6
Competência dos técnicos que assessoram os municípios em matéria de segurança contra incêndio rural na utilização pirotecnia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muito boa</li> <li>• Conjunto das outras 3 opções</li> <li>• Muito fraca</li> </ul>	22,2 16,7 61,1
Formação profissional na utilização de artigos de pirotecnia é essencial para a redução do risco de incêndio rural	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Total concordância</li> <li>• ± concordância</li> <li>• Não concordância, nem discordância</li> <li>• ± discordância</li> <li>• Total discordância</li> </ul>	44,4 27,8 11,1 5,6 11,1

quanto ao licenciamento e grau de acompanhamento dos espetáculos de pirotecnia, e o nível de sensibilização da população para o perigo de incêndio na utilização de artigos pirotécnicos. Foram também incluídas perguntas quanto à pertinência do modelo de classificação de incêndios atribuídos à utilização de artigos pirotécnicos e quanto ao risco de incêndio em espaços rurais pela utilização de artigos pirotécnicos de venda livre, por consumidores sem conhecimentos especializados.

Para a tomada de decisão de autorização prévia para a utilização de artigos pirotécnicos durante o período crítico, os municípios consideram-se, de um modo geral, habilitados e acham importante dispor da planta de localização, o valor do índice de risco de incêndio diário (FWI), o parecer dos bombeiros, o estado de limpeza do local de lançamento e a quantidade e tipologia do fogo de artifício. Durante o período crítico, a maioria dos municípios considera fundamental a presença de bombeiros durante a realização do espetáculo de fogo de artifício. As forças de segurança (GNR e PSP) atribuem a maioria dos incêndios causados por artigos pirotécnicos à negligência dos utilizadores e consideram que a população não está devidamente informada e consciente dos riscos de incêndios rurais decorrente do uso inadvertido de artigos pirotécnicos. No entanto, admitem que a utilização de artigos pirotécnicos de venda livre por consumidores sem conhecimentos especializados não provocará um aumento do risco de incêndios rurais. A revisão do modelo de classificação de incêndios atribuídos à utilização de artigos pirotécnicos é considerada necessária, assim com a formação dos técnicos que acompanham os processos, quer de licenciamento, quer de investigação de incêndios rurais atribuídos à pirotecnia.

Os resultados obtidos mostram que, por parte das entidades oficiais existe uma razoável perceção dos riscos de incêndios rurais na utilização de artigos pirotécnicos, mas há necessidade de sensibilização da população para esses riscos. Dada a evolução constante da tecnologia é essencial promover a formação dos técnicos para o exercício das atividades de licenciamento, fiscalização e investigação.

Os resultados da análise das imagens de satélite (fig. 2) da envolvente de 57 pontos de lançamento de artigos de pirotecnia estão agrupados em 6 diferentes tipologias de ocupação do solo, estando os resultados percentuais definidos em função do raio de círculo, para raios de 20, 50, 100 e 500 m (fig. 3).

No círculo de 20 m de raio predominam zonas de cultivo ou espaços de feiras e/ou de atividades desportivas, mantendo-se essa tendência em círculos com raio de 50 m. Nos círculos de 20 m de raio, as zonas aquáticas e habitacionais aparecem sensivelmente em igual percentagem. As zonas de floresta ou de indústria



**Fig. 2** - Imagem satélite da envolvente de local de lançamento de artigos de pirotecnia na localidade de Troviscal, no concelho de Oliveira do Bairro (Fonte: elaborado a partir do Google Earth®). Círculos de raio: 20, 50, 100, 500 m. Coordenadas do ponto de lançamento: 40° 29' 57,30"N; 8° 33' 45,81"W. Ocupação do solo em relação do ponto de lançamento: círculo de raio 20 m - zona com relva e arbustos de pequena dimensão e terra batida; coroa circular entre os raios 20 e 50 m - continuação da zona de relva e arbustos de pequena dimensão, zona de calçada e uma casa a 30 m à este; coroa circular entre os raios 50 e 100 m - a 60 m a sudoeste localiza-se o edifício da Escola Básica do Troviscal e à mesma distância a sul localiza-se o edifício do Conservatório de Música da Bairrada, havendo em redor destes dois edifícios passeios em calçada e terreno limpo, próximo dos 100 m entre nordeste e sudeste começam a surgir habitações e existe uma igreja; coroa circular entre os raios 100 e 500 m - predominam terrenos de cultivo com algumas árvores de fruto e oliveiras, habitações dispersas ao longo das ruas e algumas pequenas manchas de pinhal e de choupal a oeste e a nordeste.

**Fig. 2** - Satellite image of area surrounding fireworks launch sites in Troviscal, Oliveira do Bairro municipality (Source: drafted based on Google Earth®). Radius circles: 20, 50, 100, 500 m. Launching site coordinates: 40° 29' 57.30"N; 8° 33' 45.81"W. Land cover in relation to the launching site: circle with 20 m radius - area with grass and small shrubs and soil compaction; circular crown between the 20 and 50 m radius - continuation of grass area and small shrubs, cobbled area and a house 30 m to the east; circular crown between the 50 and 100 m radius - Troviscal Elementary School is located at 60 m to the southwest, and at the same distance to the south is the Bairrada Music Conservatory; around the two buildings there are pavements and cleared land; near the 100 m radius within the northeast and the southeast directions houses start to appear, and a church; circular crown between the 100 and 500 m radius - most of the area is cultivated land with a few olive trees and fruit trees; houses scattered along the streets, and a few small clusters of pine trees and poplar trees to the west and northeast.

são praticamente inexistentes. Nas áreas delimitadas pelos círculos de raio de 50 metros cresce o número de habitações, chegando a 21,8 %, o espaço de floresta representa 14,1 %. Nos círculos formados por raio de 100 m a tipologia predominante são as habitações com uma percentagem de 31,4 %, seguida por zona de cultivo com 23,8 %. A floresta atinge 17,1 %. Nos círculos com 500 m de raio mantém-se a predominância das zonas habitacionais, com 31,5 %, logo seguida pelas zonas

florestais e de cultivo, com sensivelmente o mesmo valor de 25,5 %. A zona de floresta só se torna relevante para raio acima de 100 m do ponto de lançamento.

De acordo com o estudo realizado pela ADAI, nos 50 m em que é exetável poderem cair resíduos potencialmente incandescentes, suscetíveis de provocar a ignição de materiais combustíveis que possam existir nessa zona, verifica-se pela análise das imagens de satélite que a zona florestal representa apenas 14,1 % da ocupação do solo na envolvente de locais de lançamento de artigos pirotécnicos em espetáculos de fogo de artifício, pelo que se afigura relativamente fácil implementar medidas de mitigação e de prevenção, sem necessidade de grandes meios. Nos círculos compreendidos entre os 50 e 100 m de raio, o surgimento de zonas industriais, pode justificar medidas de prevenção complementares, dependendo do tipo de atividade dessas empresas. Nos incêndios ocorridos em outubro de 2017 em Portugal Continental, várias zonas industriais foram atingidas por incêndios devido a projeção de partículas incandescentes, como foi o caso das zonas industriais de Oliveira de Frades e da Adiça, em Tondela (Jornal de Notícias, 2017).

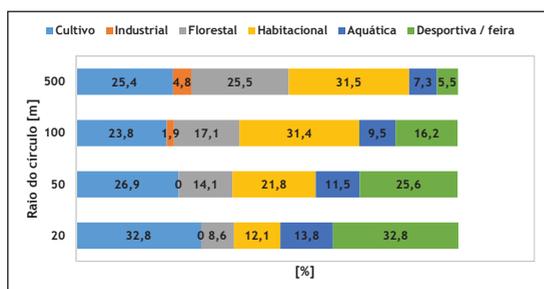


Fig. 3 - Resultados da análise da ocupação do solo na envolvente de 57 locais de lançamento de artigos pirotécnicos na região centro de Portugal Continental.

Fig. 3 - Results of the analysis of land occupation in the areas surrounding the 57 fireworks launch sites located in the Central Region of Mainland Portugal.

Pese embora os esforços para obter resultados mais representativos por parte dos municípios e por parte de duas entidades oficiais, com um peso muito grande na prevenção (ICNF) e no combate e socorro (ANEPC), que não responderam, ficou evidente que é preciso promover a interação e discussão entre os diferentes parceiros para que a tradição do fogo de artifício em festividades não se perca em Portugal, por incapacidade em obter soluções que assegurem um baixo risco de incêndio rural na utilização de artigos pirotécnicos.

## Conclusão

A percepção que os profissionais e as diferentes entidades oficiais envolvidas no licenciamento e na segurança de um espetáculo de pirotecnia têm sobre a perigosidade do uso de artigos pirotécnicos é um fator essencial para

identificar os riscos de incêndio em espaços rurais na realização de espetáculos de fogo de artifício durante o período crítico, em que os avisos de alerta laranja ou vermelho são frequentes em Portugal Continental.

A legislação relativa ao licenciamento e segurança no emprego de artigos pirotécnicos encontra-se dispersa por diversos decretos-lei e normas técnicas. Esses diplomas descrevem as diferentes categorias e tipos de artigos pirotécnicos e os perigos associados. Especificam também o modo de certificação dos artigos para poderem ser comercializados no mercado europeu, e as entidades oficiais que devem ser consultadas para autorizar o licenciamento e certificação dos profissionais pirotécnicos para a utilização de artigos de venda livre ou de fabrico próprio.

Por força dos incêndios florestais, que nas últimas décadas ocorreram em Portugal Continental, o ICNF tem assumido a responsabilidade por acompanhar e assegurar a execução das políticas de conservação da natureza e das florestas, sendo responsável pela classificação das causas de incêndio, verificando-se atualmente alguma ambiguidade na classificação dos incêndios atribuídos à utilização de artigos pirotécnicos. A decisão sobre os alertas de risco de incêndio é tomada pelo Ministério da Administração Interna, com base nas informações do IPMA e da ANEPC, os quais são usados pelos municípios como suporte para a tomada de decisão para a autorização de realização de espetáculos de fogo de artifício durante o período crítico. Devido aos traumas provocados nas populações pelos incêndios rurais recentes, tem-se verificado um aumento das restrições no licenciamento e no cancelamento de espetáculos de fogo de artifício. As regiões mais sensíveis são as do interior norte e centro do país, em que o histórico de ocorrência de incêndios rurais é maior. Desde 2006, em foi decretado a proibição do lançamento de foguetes durante o período crítico, a percentagem de ocorrências e de área ardida por incêndios com origem em artigos pirotécnicos é inferior a 1 %, desprezável quando comparando às restantes causas de ocorrências de incêndios e as suas respetivas áreas ardidas. As autoridades de segurança acreditam que a maior parte dos incêndios com origem no lançamento de artigos pirotécnicos, durante o período crítico, é devido a negligência ou atitudes dolosas.

Pela análise da envolvente dos locais de lançamento de artigos pirotécnicos concluiu-se que a generalidade desses locais cumpre os requisitos definidos nas tabela da norma técnica n.º 3/2018 elaborada pela PSP, e a tipologia de ocupação do solo num raio de 50 m não é favorável a produzir ignição e desenvolvimento de incêndio, mostrando-se assim salvaguardada a possível queda de resíduos do lançamento dos artigos.

A possibilidade da entidade organizadora, em conjunto com a empresa de pirotecnia, poder ajustar o calibre ou o tipo de artigos a utilizar em função das condições da

envolvente do local de lançamento, ou cada município ou freguesia poder definir antecipadamente quais as áreas previstas para a realização de espetáculos de fogo de artifício, poderá ajudar a salvaguardar uma tradição e atividade económica em Portugal e impedir o encerramento de mais empresas do setor, ao mesmo tempo que valoriza eventos, atraindo mais público e onsequentemente favorecendo o turismo.

### Referências bibliográficas

- APA - AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE (2021). *Relatório do Estado do Ambiente: Riscos Ambientais - Incêndios rurais*. Disponível em: <https://rea.apambiente.pt/content/inc%C3%AAndios-rurais>
- Bairrada informação (2021). Região de Coimbra recomenda proibição do uso do fogo durante período crítico. Notícia da edição online de 5 de junho 2021. Disponível em: <https://www.bairradainformacao.pt/2021/06/05/regiao-de-coimbra-recomenda-proibicao-do-uso-do-fogo-durante-periodo-critico/> (Consultado em 29/09/2021).
- Decreto-lei n.º 124/2006, de 28 de junho. Medidas de ação a desenvolver no âmbito do Sistema Nacional de Defesa da Floresta contra Incêndios. Diário da República - I Série -A, N. 123. Disponível em: <https://dre.pt/application/dir/pdf1sdip/2006/06/123A00/45864599.pdf> (Consultado a 30/10/2020).
- Diário de Notícias (2018). Associação de pirotecnia contra a proibição de fogo-de-artifício. Notícia da edição online de 2 de agosto de 2018. Disponível em: <https://www.dn.pt/pais/calor-associacao-de-pirotecnia-repudia-proibicao-de-fogo-de-artificio-pelo-governo-9670249.html> (Consultado a 30/10/2020).
- Jornal de Notícias (2017). O que perdeu cada concelho atingido pelas chamas. Notícia online na edição de 20 outubro 2017. Disponível em: <https://www.jn.pt/nacional/o-que-perdeu-cada-concelho-atingido-pelas-chamas-8861067.html>
- Ministério da Administração Interna (2018). Norma técnica n.º 3/2018 sobre a Utilização de Artigos de Pirotecnia. Direção Nacional da PSP, Unidade Orgânica de Operações e Segurança Departamento de Armas e Explosivos. Disponível em: <http://www.apipe.org/docs/Norma%20t%C3%A9cnica%203-2018.pdf> (Consultado a 30/10/2020).
- Notícias de Viseu (2020). Municípios da região de Coimbra proíbem queimas, queimadas e fogo-de-artifício. Notícia da edição online de 8 de julho 2020. Disponível em: <https://www.noticiasdeviseu.com/municipios-da-regiao-de-coimbra-proibem-queimas-queimadas-e-fogo-de-artificio/> (Consultado a 30/10/2020).
- Público (2019). Por todo o país se proibiu o fogo-de-artifício mas Lisboa pôde fazê-lo. Notícia da edição online de 9 de Setembro de 2019. Disponível em: <https://www.publico.pt/2019/09/09/local/noticia/empresas-denunciam-onda-indignacao-proibicao-fogodeartificio-1886025> (Consultado a 30/10/2020).
- Reis, L., Raposo, J., Viegas, D. X., Ribeiro, L. e Góis, J. (2019). *Estudo sobre o emprego de artigos de pirotecnia e sua relação com a ignição de incêndios florestais*. Centro de estudos sobre incêndio florestais. Associação para o desenvolvimento de aerodinâmica industrial. Laboratório associado de energia, transportes e aeronáutica.



RISCOS



A FOREST FIRE HAZARD MODEL AND MAP FOR A WILDLAND URBAN INTERFACE  
NOT METEOROLOGICALLY PRONE TO FOREST FIRES\*

35

UM MODELO E MAPA DE PERIGO DE INCÊNDIO FLORESTAL PARA UMA INTERFACE URBANA SELVAGEM  
NÃO METEOROLÓGICAMENTE PROPENSADA A INCÊNDIOS FLORESTAIS

Esperanza Amezketa

Tracasa Global, Departamento de Ingeniería Territorial y Espacial (Spain)  
ORCID 0000-0003-0512-4531 [eamezketa@tracasa.es](mailto:eamezketa@tracasa.es)

Raquel Ciriza

Tracasa Global, Departamento de Ingeniería Territorial y Espacial (Spain)  
ORCID 0000-0002-2908-8216 [rciriza@tracasa.es](mailto:rciriza@tracasa.es)

Mikel Viñuales

Tracasa Global, Departamento de Ingeniería Territorial y Espacial (Spain)  
ORCID 0009-0002-5881-320X [mvinuales@tracasa.es](mailto:mvinuales@tracasa.es)

ABSTRACT

Fire Hazard (FH) modelling is a relevant fire prevention/assessment tool. This work proposes a FH model and generates a FH map for a wildland urban interface area in Germany that is not prone to extreme fires. The main input data include weather, topography, fuel, and anthropic-related potential ignition points. The main steps include (1) identification/description of weather scenarios, and for each scenario (2) analysis of potential fire ignition through simulation of Fire Probability (FP), (3) modelling the potential fire behaviour through simulation of Fireline Intensity (FLI), (4) generation of a FH map by combining FP and FLI maps, and (5) integration of all maps into a final FH map. Extreme ignition and propagation conditions were considered: (1) a fuel model that describes the fire performance in an extreme drought scenario, (2) the human influence through mechanistic ignitions, and (3) the worst case of all scenarios. As results, four weather scenarios were identified and described. FP maps, FLI maps, and FH maps were created for each of them, and finally an integrated FH map (IFHM) was derived.

**Keywords:** Fire, hazard, modelling, ignition, propagation.

RESUMO

A modelagem de Risco de Incêndio (FH) é uma ferramenta relevante para prevenção/avaliação de incêndio. Este trabalho propõe um modelo FH e gera um mapa FH para uma área de Interface Urbana Selvagem na Alemanha que não é propensa a incêndios extremos. Os principais dados de entrada incluem condições meteorológicas, topografia, combustível e pontos de ignição potenciais relacionados a antrópicos. As etapas principais incluem (1) identificação/descrição de cenários climáticos e, para cada cenário, (2) análise de potencial de ignição de incêndio por meio de simulação de probabilidade de incêndio (FP), (3) modelagem do comportamento potencial de incêndio por meio de simulação de intensidade da linha de fogo (FLI), (4) geração de um mapa FH combinando mapas FP e FLI e (5) integração de todos os mapas em um mapa FH final. Foram consideradas condições extremas de ignição e propagação: (1) um modelo de combustível que descreve o desempenho do fogo em um cenário de seca extrema, (2) a influência humana através de ignições mecanísticas e (3) o pior caso de todos os cenários. Como resultados, quatro cenários climáticos foram identificados e descritos. Para cada um deles foram criados mapas FP, mapas FLI e mapas FH e, por fim, derivou-se um mapa FH Integrado.

**Palavras-chave:** Incêndio, perigo, modelagem, ignição, propagação.

\* O texto deste artigo corresponde a uma comunicação apresentada no IV Simpósio Ibero-Afro-Americano de Riscos, tendo sido submetido em 09-12-2022, sujeito a revisão por pares a 27-01-2023 e aceite para publicação em 27-04-2023.

Este artigo é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 30 (II), 2023, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

## Introduction

Forest fires have negative global impacts, such as burning forested areas, increasing soil erosion and degradation, releasing greenhouse gas emissions, decreasing biodiversity, destroying infrastructures, and even losing of human and animal lives. Forest fires' frequency and intensity are significantly increasing in the last years in some areas due to, among other factors, climate change and societal factors. The 2021 year was the second-worst wildfire season in the European Union since 2000 (European Commission, 2022).

Forest Fire Hazard (FH) modelling is a relevant fire prevention and assessment tool. Fire hazard refers to the likely frequency of occurrence of different intensity fires for several areas, as determined from historical data or scientific analysis.

The goals of this paper are to (1) propose a FH model that considers the combination of ignition sources, fuel availability, and conditions for fire ignition and spread, including the prevailing meteorological conditions, and (2) generate a FH map using that model for a Wildland Urban Interface (WUI) area that is not historically prone to extreme forest fires.

## Study area

The area under study (Area Of Interest, AOI) is a 431 km<sup>2</sup> territory located in Arnsberg city, in Hochsauerland County, State North Rhine-Westphalia (Germany) (fig. 1). It includes a vast extension of the Arnsberger Wald Nature Park (482 km<sup>2</sup>), representing a natural asset of

great importance for the regional economy for forestry and tourism. Arnsberg city (with a population of 73,437 inhabitants in 2015, Arnsberg, N.d.) is entirely encircled by forest, implying zones of transition between wildland and human development named as Wildland Urban Interface (WUI). This area is not considered by the European Forest Fire Information System (EFFIS) as a very prone area to fires according to their meteorological data at global scale.

## Material and Methods

### Input data

The main input variables required in the model are (1) historical data about meteorological variables ( $T^a$ , RH, Wd, and Ws), (2) historical data about Fire Weather Index (FWI) and Drought Code (DC) provided by the European Forest Fire Information System (EFFIS), (3) road networks and buildings vector information, (4) topography data (slope, aspect, elevation), (5) land cover data (Land Use/Land Cover, LULC) and (6) the Canopy Height Model (CHM).

LULC data are required for deriving the vegetation type and the canopy coverage data. The vegetation type joined to the vegetation height (CHM) is required for obtaining the surface fuel model.

Note that to gather the local variability and trends of the main driving factors of any area, both spatially and temporally, the input data must have a detailed spatial resolution and a representative temporal resolution.

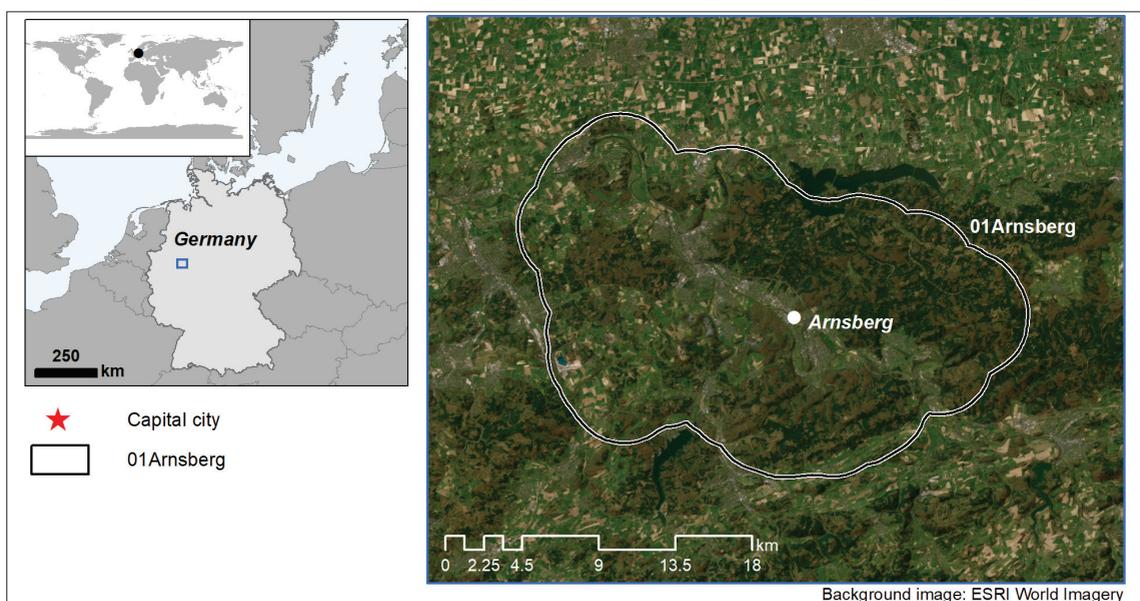


Fig. 1 - Area under study in Germany.

Fig. 1 - Área em estudo na Alemanha.

### Preparation of input data

Given the characteristics of the proposed model, based on simulation and high computing requirements, a compromise resolution of 30m was adopted to facilitate the fine-tuning of the model in an agile way. This cell size is fine enough to discriminate the relevant driving factors of fire hazard. It is coarse sufficient to ensure a reasonable computation time and to simulate thousands of potential fire outbreaks.

*Meteorological data* for the 2009-2019 period were gathered from two weather stations of the German Meteorological Service (Deutscher Wetterdienst, DWD) through its Climate Data Centre (CDC) (DWD, N.d.). Daily data related to temperature ( $T_{max}$ ), and relative humidity (RH) were obtained from station 7330-Arnberg-Neheim, and hourly data related to wind ( $W_s$ ,  $W_d$ ) were obtained from 13952 - Arnsberg-Müschede.

The historical *fire danger* (daily FWI) and *DC* indices were downloaded for the 2009-2019 period from the Climate Data Store (CDS) of Copernicus (Copernicus Climate Change Service, N.d), which implies 4363 rasters of each index. The maximum of FWI (FWI<sub>max</sub>) and DC (DC<sub>max</sub>) of the pixels included in a tangential rectangle to the study area were calculated and recorded in an Excel file using ArcPy. Note that the Canadian FWI was adopted by EFFIS in 2007 as the method to assess the fire danger level in a harmonized way throughout Europe.

The *road network* and the *building footprints* were downloaded from OSM (OpenStreetMap contributors, 2021). Tracks and paths were excluded from the original road network dataset, keeping only high driving frequency roads.

Elevation (m), slope (%) and aspect (o) information (*topographical data*), LULC, and canopy height model (CHM) already available for the AOI were used (Copernicus Emergency Management Service, 2020). The mentioned source (Copernicus Emergency Management Service, 2020) indicated that CHM was created as the difference between Digital Surface Model (DSM) and Digital Terrain Model (DTM) (CHM=DSM-DTM) derived from LiDAR datasets available from Cologne Government Regional Office. According to the source, a 1m CHM was created and then, resampled to 5m. Finally, we resampled the data to 30m to have all input data at this spatial resolution to run the model, as mentioned before, to ensure a reasonable computation time and to simulate thousands of potential fire outbreaks. *Vegetation types* were extracted from the available LULC map. Fig. 2 shows the topographical and vegetation-related maps for the AOI. Note that the grey surface within the study area in the maps of Fig. 2D and Fig. 2E corresponds to the urban surface. This note is also valid for the rest of the maps shown in the paper having grey surface within the study area.

The *surface forest fuel model* was created by assigning a fuel type to the combination of the vegetation type and the vegetation height data. Thus, the different combinations of vegetation type and the vegetation height were reclassified into two fuel model types (TABLE I). This reclassification was based on the simplified catalogue of 13 standard fuel models as proposed by Anderson (1982) (see Annex 1, TABLE I) following TABLES II and III of Annex 1. Fuel Model II (extreme) was selected to simulate the fire ignition and propagation considering the vegetation status in an extreme drought scenario. Thus, this fuel model describes the fire performance in a scenario of extreme drought.

TABLE I - Types of surface forest fuels models, depending on the vegetation type and height.

TABELA I - Tipos de modelos de combustíveis florestais de superfície dependendo do tipo de vegetação e altura.

LULC CODE	VEGETATION TYPE	HEIGHT RANGE (m)	FUEL MODEL I ADVERSE	FUEL MODEL II EXTREME
2111 3211	Non irrigated arable lands Managed grasslands	All	1	1
3111 3112 3113 3114	Riparian and fluvial broadleaved forest Broadleaved evergreen forest Other natural and semi-natural broadleaved forest Highly artificial broadleaved plantations	0.5-2 2-4 4-10 >10	6 4 6 9	6 4 6 6
3123 3122 3131	Highly artificial coniferous plantations Other natural and semi-natural coniferous forest Other natural and semi-natural mixed forest	0.5-2 2-4 4-10 >10	7 4 7 8	7 4 7 4
3212 3241	Semi-natural grassland with trees TDC $\geq$ 30% Transitional woodland and shrub	< 0.5 0.5-2 >2	5 7 4	5 7 4

Source: Personal communication from David Caballero (Spain), expert in fire hazard and risk assessment.

Fonte: Comunicação pessoal de David Caballero (Espanha), especialista em risco de incêndio e avaliação de risco.

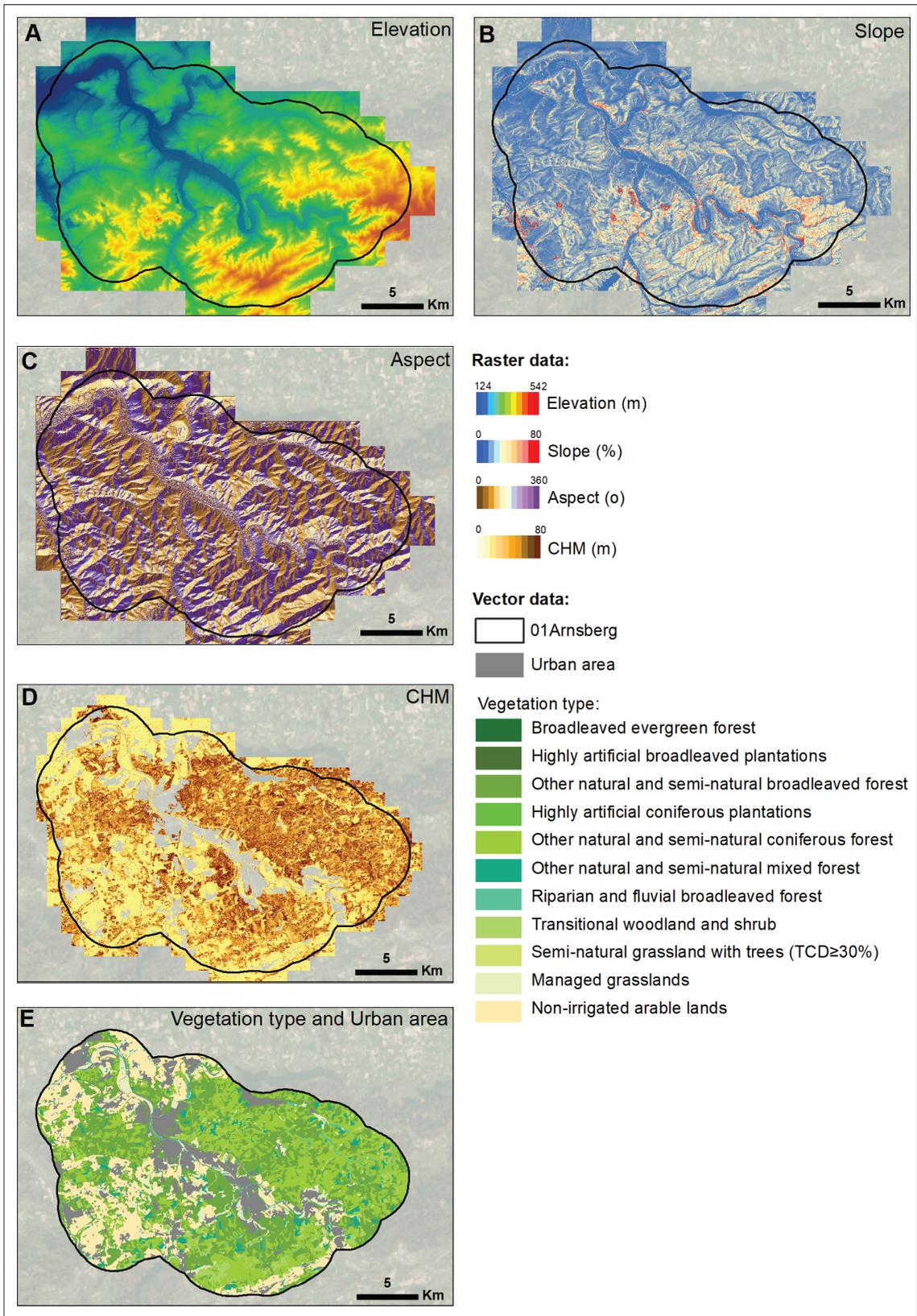


Fig. 2 - Topographical and vegetation related data for the study area:  
 (A) Elevation, (B) Slope, (C) Aspect, (D) Canopy Height Model (CHM), and (E) Vegetation type.

Fig. 2 - Dados topográficos e relacionados à vegetação para a área de estudo:  
 (A) Elevação, (B) Declividade, (C) Aspecto, (D) CHM e (E) Tipo de vegetação.

The Fuel Model II is an adaptation of Fuel Model I where fuel types 8 (Compact Timber Litter) and 9 (Hardwood Litter) are assigned to the highest sector of the forest, *i.e.*, assuming that the fire does not travel through the forest canopy but through the pine-needle and leaf litter of the understory of forest stands. This fuel model assumes that the pine forests behave like a highly energetic surface fuel type (Fuel type 4: Chaparral, tall flammable shrubs) in which the propagation occurs through the crowns. Making this assumption, the propagation and the intensity of fires that occur under very extreme circumstances like severe droughts can be simulated. Fig. 3A shows the map of Fuel model II for the study area.

Canopy coverage data was created to differentiate the areas of fine dead fuel exposed (<50% coverage) and covered (≥ 50%). This layer assumes as covered, vegetation areas with vegetation height higher than 4m (CHM>4m) in forest LULC (extracted from the LULC map). Fig. 3B shows the canopy cover map for the study area.

*Proposed Forest Fire Hazard Model*

A fire hazard model is proposed based on the results of a literature review previously performed (out of the scope of this paper), after comparing the reviewed models regarding their usefulness, applicability, robustness, simplicity, etc., and also considering the AOI's characteristics. The performed literature review showed the use of very different terms to refer to fire hazard

(e.g., fire danger, fire intensity, fireline intensity, fire severity, fire behaviour, fuel property, burn probability + fire intensity, likelihood and intensity), which adds much confusion. In this paper, we have adopted the hazard terminology established by the United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR, 2009), "Hazard is a dangerous phenomenon, substance, human activity or condition that may cause loss of life, injury or other health impacts, property damage, loss of livelihoods and services, social and economic disruption, or environmental damage. In technical settings, hazards are described quantitatively by the likely frequency of occurrence of different intensities for different areas, as determined from historical data or scientific analysis".

Additionally, in the performed literature review, different types of fire hazard models were analyzed, such as statistical models, multi-criteria/linear weighting evaluation models, national operational fire danger rating systems, etc. Finally, a fire hazard model incorporating scientific principles about fire behaviour and providing meaningful physical maps has been selected for a local scale fire hazard map's development, such as the required in the Arnsberg AOI. The selected model is more demanding than other models in terms of computing sources and execution time, but is worth it for its most realistic and meaningful results. The proposed model is based on models such as those of Chuvieco *et al.* (2010, 2012), Keane *et al.* (2010), Scott *et al.* (2013), Loeks *et al.* (2020), etc., and also uses

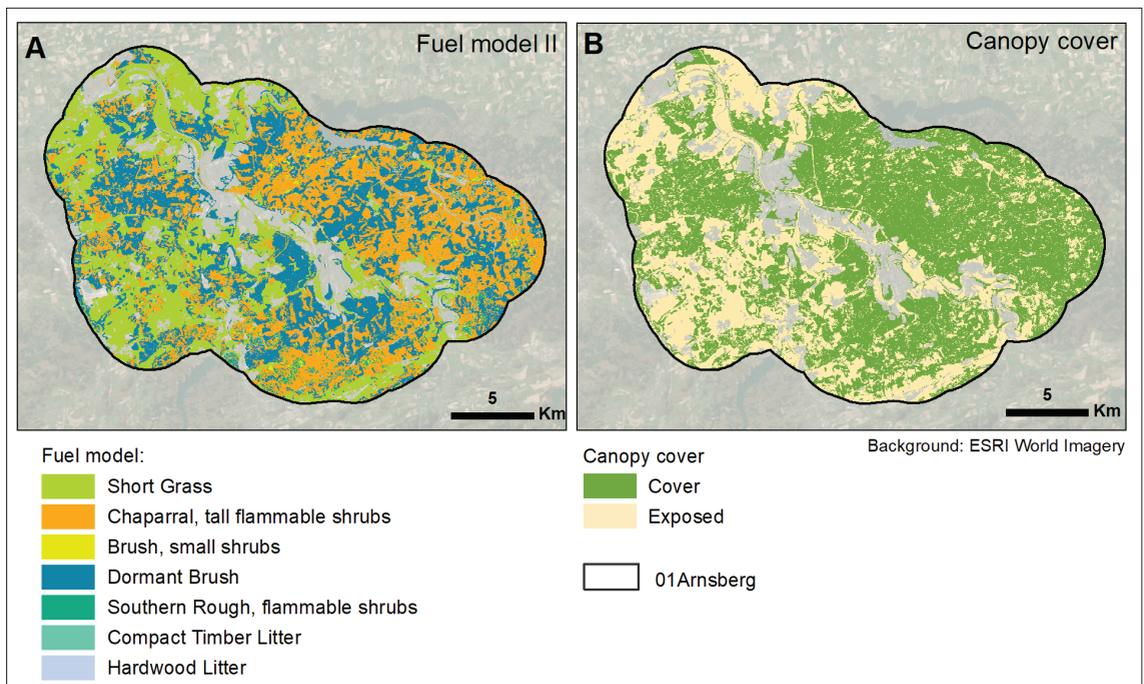


Fig. 3 - Fuel Model II (A) and canopy cover (B) for the study area.  
 Fig. 3 - Modelo de combustível II (A) e cobertura do dossel (B) para a área de estudo.

as input data information derived from the short-term meteorological models, such as those of EFFIS (N.d.) and of the Government of Canada (N.d.).

The proposed model allows generating fire hazard maps considering the fire ignition and propagation factors and using simulation techniques for different meteorological/ weather scenarios. It consists of the following five main steps:

- I. Identification and description of *meteorological scenarios*, based on (1) the evolution of the Fire Weather Index (FWI) over a long period, and (2) the analysis of meteorological variables such as air temperature ( $T^a$ ), air relative humidity (RH), wind direction (Wd), and wind speed (Ws). Final weather scenarios (*i*) are, then, selected and characterised, particularly their fuel moisture content and meteorological data, mainly the wind patterns (Wd, Ws).
- II. Analysis of potential *fire ignition* for each weather scenario through the estimation of **fire probability**, later rescaled (*rescaled conditional fire probability, RCFP*), which is the probability of fire outbreak in each point of the territory ( $x, y$ ). The RCFP is obtained for each scenario, based on three probabilities that will be presented later;

III. Modelling the *potential fire behaviour (fire propagation)* for each weather scenario. The potential fire behaviour is described using the fireline intensity (FLI, kW/m), an objective and measurable fire hazard index. Fireline intensity is estimated by simulation;

IV. Generation of the *Fire Hazard Map (FHM)* for each weather scenario. Every FHM is generated by incorporating the information about (1) fire ignition, *i.e.*, the calculated RCFP data, and (2) fire propagation, *i.e.*, the calculated FLI of the advancing fire front;

V. Generation of a final *Integrated Fire Hazard Map (IFHM)* by the combination of the FHM from all scenarios, taking from them the highest fire hazard value in each pixel. The resulting map represents the worst case in each cell.

Steps II and III are performed with the *FlamMap* free software developed by the US Forest Service, USDA (Weinstein, and Woodbury, N.d.). The software includes a set of algorithms assembled by the US Forest Service and is free of use and worldwide applied for forest fire behaviour assessment. The general approach of the proposed method improvement is synthesised (fig. 4), and the input data and the methodological procedures are presented below.

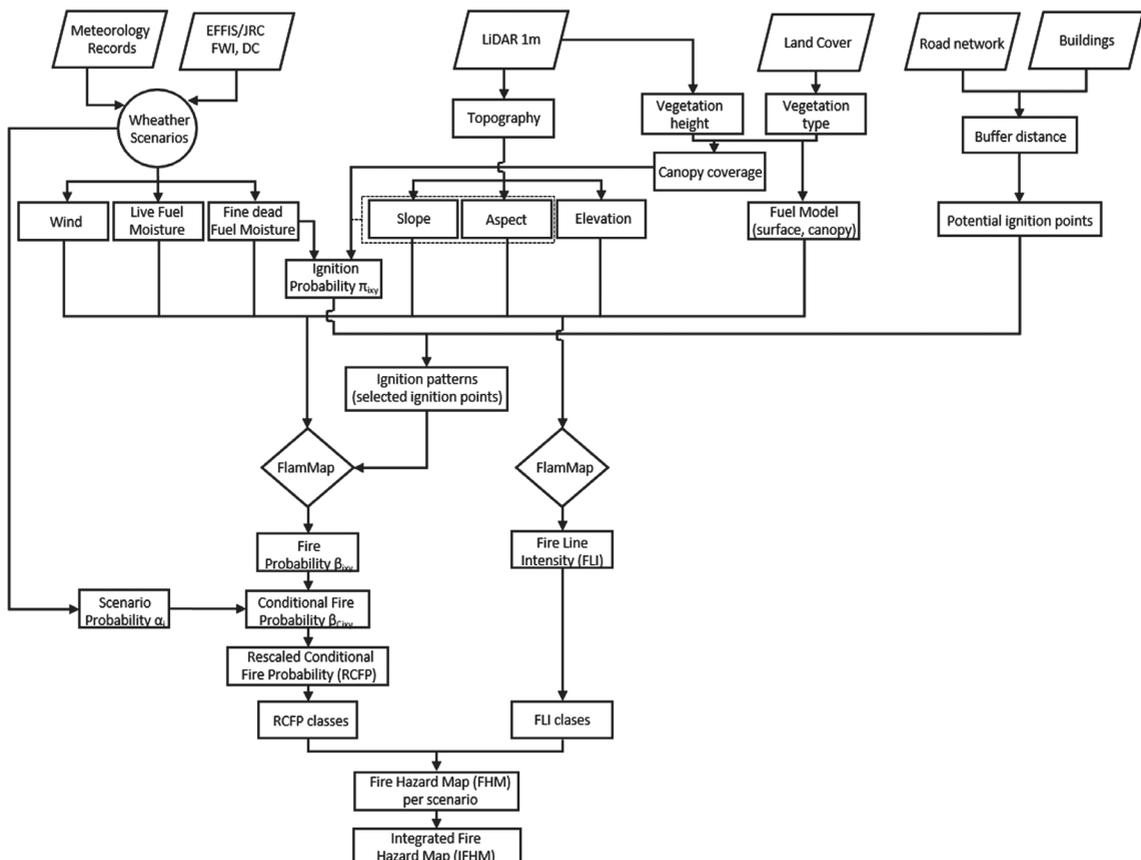


Fig. 4 - Scheme/workflow of the proposed fire hazard model.

Fig. 4 - Esquema/fluxo de trabalho do modelo de risco de incêndio proposto.

The five main **methodological steps** of the proposed Forest Fire Hazard Model are presented below.

### I. Identification and description of meteorological scenarios

It includes three main tasks:

(1) *Identification of fire weather scenarios*: It tries to identify, over a long period (several years), the days presenting adverse meteorological conditions, or even the worst ones, *i.e.*, the days very prone to fire based on the spatially averaged FWI data provided by EFFIS (EFFIS. N.d.). As an example, the days within several years that present  $\text{FWI} \geq 25$  (high fire danger according to EFFIS) can be identified and meteorologically characterised (maximum air  $T^a$ , minimum air RH, wind direction and wind speed). In this work, the identification of extreme fire weather days was performed based on the historical daily FWI data for the period 2009-2019, considering the days having  $\text{FWI} \geq 25$ . The frequency of each of the eight main possible wind directions (N, NE, E, SE, S, SW, W, and NW) in the identified days, as well as the wind speed ranges are summarised;

(2) *Selection of final weather scenarios*: The most frequent adverse conditions (prone to fires) are selected; *i.e.*, the adverse conditions that are the most frequently repeated within those extracted days are selected as weather scenarios; and

(3) *Description of final selected weather scenarios*: It includes (a) meteorological description (mean values of maximum  $T^a$ , average or minimum RH, wind direction and speed), (b) estimation of live fuel moisture content (LFMC) from the DC, according to bibliography (Viegas *et al.*, 2001) (TABLE IV of Annex 1), and (C) calculation of fine dead fuel moisture content (FDFMC); this was initially estimated from tables considering meteorological data ( $T^a$ , RH) (see TABLES V, VI of Annex 1). Note that in the following step, this initial FDFMC will be spatially corrected (final FDFMC = FFDFMC<sub>xy</sub>) considering information about canopy cover, slope, aspect and bibliographic tables that relate those mentioned variables (National Wildfire Coordinating Group, N.d.) (see TABLES VII, VIII, IX of Annex 1), thus providing an estimation of spatial variability.

### II: Analysis of potential fire ignition for each weather scenario through simulation of fire probability

The proposed model considers the calculation of the conditional fire probability (BC<sub>ixy</sub>), based on three probabilities, and its ulterior rescaling (*rescaled conditional fire probability, NCFB*). The conditional fire probability refers to the likelihood of a forest fire visiting each point (x, y) in the territory for each weather scenario, also considering the probability of occurrence

of each scenario (ai). It is based on: (1) the *probability of fire ignition* derived from the fuel moisture content spatially corrected, *i.e.*, from FFDFMC<sub>xy</sub> ( $\pi_{ixy}$ , %) (see below for more details for the spatial correction), (2) the *fire probability* related to the *human pressure* (B<sub>ixy</sub>, %), *i.e.*, the likelihood of the fire potentially visiting each point in the territory as a consequence of the human activity, and (3) the *probability of occurrence* of each *weather scenario* (ai, %). The calculation of all probabilities is presented below:

- *Calculation of Ignition Probability based on the fuel moisture content spatially corrected ( $\pi_{ixy}$ , %)*: The ignition probability is interpreted as a measurement of the likelihood of a fire to start over dry fine fuels when a source of heat is applied, *e.g.*, a match, or more specifically, the number of positive ignitions when a source of heat is applied 100 times, or the number of fires that actually should initiate and propagate for a total number of 100 potential fires in a specific area. It is calculated for each point (x, y) of the territory and for each scenario based on the FFDFMC<sub>xy</sub>, also considering the cloud coverage and the  $T^a$  (see TABLES X and XI of Annex 1 for its calculation).

Thus, *Ignition Probability* ( $\pi_{ixy}$ , %) was calculated for each point (x, y) of the territory and for each scenario based on the basic fine dead fuel moisture content (BDFMC). For each scenario, this scalar value was spatially corrected according to the aspect, slope and canopy coverage found in each point to obtain a final fine dead fuel moisture content (FFDFMC<sub>xy</sub>) that provides an estimation of its spatial variability. To this aim, a canopy cover mask that indicates the areas of exposed fine dead fine fuel (<50% coverage) and covered ( $\geq 50\%$ ) was used. For this, the forest LULC higher than 4m was assumed as covered vegetation. This vegetation mask, together with the aspect and the slope, was used to correct the moisture of the fine dead fuel by applying the rules set in some bibliographic tables (National Wildfire Coordinating Group, N.d.) (see TABLES VII, VIII, and IX of Annex 1). The integrated correction values were added to the BDFMC values, thus obtaining variability throughout the territory.

Ignition probability for the worst-case conditions was obtained from FFDFMC, cloud coverage and  $T^a$  after applying the rules set in Annex 1, TABLES X and XI, and after considering as the worst-case conditions, a maximum exposure to the solar radiant heat (*i.e.*, percentage of 0% of cloudiness, exposition type 1).

- *Calculation of Fire Probability based on human pressure (B<sub>ixy</sub>, %)*: Its calculation considers the potential ignition derived from human activity. Most of the fires are human-related, *i.e.*, caused by negligence or arson. The calculation of fire

probability is based on the simulation of multiple fires starting from previously defined ignition points. Three main sub-tasks include:

- *Identification of potential points of ignition:* The network of main roads and streets and the buildings are places prone to human activity and, consequently, considered potential sources of fire. The AOI's *road network* and the *building footprints*, already downloaded from OSM, were used after excluding tracks and paths, *i.e.*, just keeping only high driving frequency roads. A buffer of 50m around each building and road (FAO, N.d.) was considered as area of influence. In it, just the points in the territory classified as burnable, *i.e.*, with fuel model greater than 0, can be selected. A very high number (tens of thousands) of potential ignition points are located in the burnable area within the area of human influence.
- *Extraction of ignition patterns (selection of ignition points):* For practical purposes (a compromise between significance and computational time), from the full set of potential ignition points, a random selection of significant but smaller number of representative ignition points was performed. Thus, 10,000 representative ignition points (ignition patterns) were randomly selected considering the ignition probability ( $\pi_{ixy}$ ) in each point of the territory, selecting points with high ignition probability. Knowing the ignition probability, which indicates how many ignition attempts would there have to be at each point to obtain an effective ignition, the number of ignition attempts required to generate 10,000 ignition points can be calculated. For example, having an ignition probability of 80%, 1.25 ignition attempts would be necessary to obtain one effective ignition ( $1.25 = 1/0.8$ ). Obviously, the total number of ignition attempts is greater than 10,000 (target number of ignition points), and somewhat indicates the required ignition pressure in each scenario to achieve such ignition pattern.
- *Calculation of fire probability (Bixy):* The *Fire Probability* was estimated by simulation of a free-spreading fire (no suppression efforts) for each of the 10,000 selected ignition points using the Minimum Travel Time (MTT) module included in FlamMap. This module limits the number of fires that could reasonably be simulated. It searches for the fastest path of fire spread along straight-line transects connected by the cell corners (nodes). The time for simulating the fire spread was set in 180 minutes. The main input data used for the simulation include (1) fuel model, (2) topography data (slope, aspect, elevation), (3) wind data,

(4) fuel moisture content, and (5) the ignition points. This process accounts the number of times the fire reaches each point in the territory and divides the result by the number of ignitions, and the result is interpreted as the fire probability, also named "burn probability".

- *Calculation of probability of occurrence of each weather scenario (scenario probability,  $a_i$ , %):* It was obtained as the percentage of the number of days corresponding to each selected scenario with respect to the total number of the most adverse days (*i.e.*, total number of days with  $FWI \geq 25$ ).
- *Calculation of the conditional fire probability (BCixy, %) and its rescaling:* Considering that each weather scenario has an associated fire probability value, the conditional fire probability was obtained (BCixy) by multiplying, for each point, the fire probability value (Bixy) by the probability associated to the corresponding weather scenario ( $BCixy = Bixy * a_i$ ). The result was, then, rescaled (multiplied) by the number of ignitions, to have larger quantities and, thus, facilitate classification, obtaining a *rescaled conditional fire probability map* (RCFP). Subsequently, the RCFP values were reclassified into five classes according to the maximum RCFP value observed.

### III. Modelling the potential fire behaviour for each weather scenario through estimation of fireline intensity

This process simulates the potential fire behaviour (fire propagation) over the landscape through the estimation of a meaningful fire behaviour component, the fireline intensity, using FlamMap. The fireline intensity (kW/m) is a measure of the energy released by an advancing fire front (Loeks *et al.*, 2020) and it encompasses the rate of spread and the heat release rate of the advancing fire front.

Considering (1) the fuel model data, (2) the topography data (slope, aspect, elevation), (3) the wind data (speed, direction), and (4) the fuel moisture content, the fireline intensity was simulated per each weather scenario. Thus, a set of fireline intensity (FLI) maps was obtained. Each FLI map is an indicator of potential fire behaviour for each weather scenario.

The fireline intensity maps were then classified into five classes according to the implications for wildfire suppression extracted from (Loeks *et al.*, 2020). Higher fireline intensity classes represent greater problems for fire controlling and suppression, *i.e.*, more uncontrollable fires, higher fire hazard.

### IV. Generation of a Fire Hazard Map for each weather scenario

A Fire Hazard Map (FHM) was generated for each scenario, combining the above derived classified fireline intensity map (indicator of fire behaviour/fire propagation) with

the calculated likelihood of fire occurrence in each point over the territory, represented by the classified rescaled conditional fire probability map (indicator of fire ignition). Five fire hazard classes (values 1 to 5) are proposed to be established based on the combination of the RCFP and FLI classes.

Each point in the territory (raster cell, pixel), for each scenario  $i$ , has an associated likelihood of fire occurrence (RCFP class) and a FLI class. The combination of both values results in a fire hazard class (values 1 to 5). Low FLI classes combined with a low probability of occurrence represent a low fire hazard, whereas high FLI classes combined with a high probability of occurrence lead to a high fire hazard. Values 1 to 5 correspond, respectively, to Very low, Low, Medium, High and Very high fire hazard.

#### V. Generation of the Integrated Fire Hazard Map (IFHM)

This map was created by combining all the individual FH maps created for each weather scenario. The Integrated Fire Hazard map (IFHM) was generated by selecting, for each pixel, the highest fire hazard category observed in the previously created FH maps (for all weather scenarios). The resulting map will represent the worst case in each cell, regardless of the likelihood of occurrence of the scenarios. Again, values 1 to 5 correspond, respectively, to Very low, Low, Medium, High and Very high fire hazard. In order to present the IFHM with a continuous legend, an interpolation can be made.

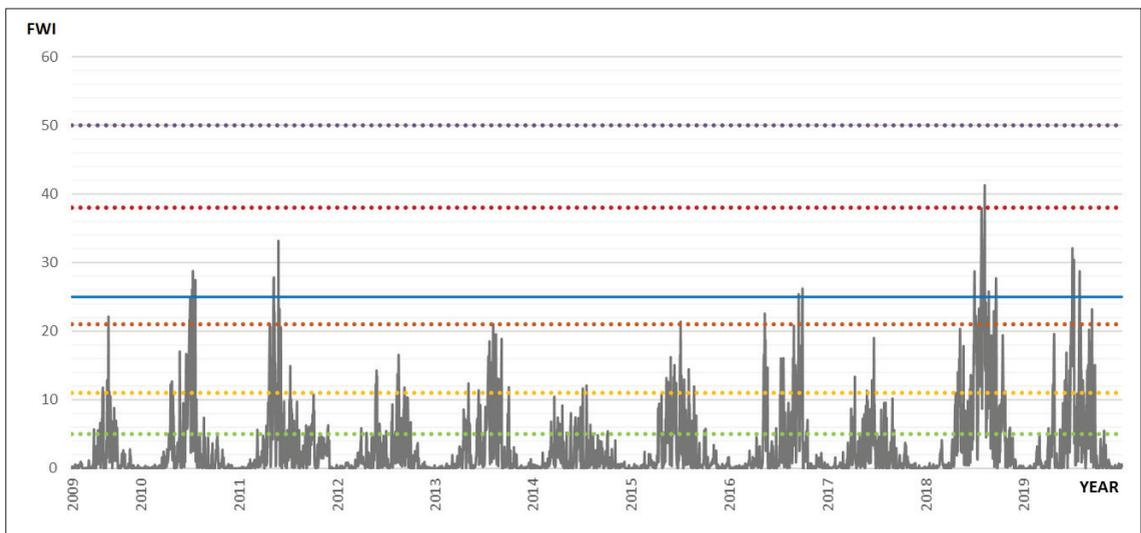
## Results

Below, the results of the application of the proposed forest Fire Hazard model to the study area are presented.

### I. Identification and description of meteorological scenarios

The identification of extreme fire weather days (days having  $\text{FWI} \geq 25$ ), based on the historical daily FWI data for the period 2009-2019, resulted in 36 days. Those 36 days were initially extracted, 8 of them did not have valid weather data; therefore, finally, the remaining 28 days were considered for the study (fig. 5). For those days, an averaged value of the daily maximum temperature, daily average air relative humidity and the average wind direction and speed were obtained from the DWD meteorological centre. The frequency of the eight main wind directions (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW) was calculated according to the average daily wind direction. The most frequent adverse conditions correspond to the days when winds are blowing from SW (8 days) and W (7 days), followed by winds from SE (4 days) and S (2 days), overall in July (13 days) and August (8 days) with wind speed about 5m/s, except for the S scenario where has almost 3m/s. Consequently, 4 weather scenarios (SE, S, SW and W cases) were selected. The DC values corresponding to those days were also considered.

The selected weather scenarios were characterized in terms of fuel moisture content and weather parameters, see TABLE II. The Basic Fine Dead Fuel Moisture Content



**Fig. 5** - Daily fire weather index (FWI) trend calculated in the study area for the period 2009-2019. Dotted lines represent the FWI threshold set by EFFIS (EFFIS, N.d.) to categorise the fire danger as Extreme (purple), Very High (red), High (orange), Moderate (yellow), and Low (green). The blue line indicates the FWI threshold used to select the extreme local fire weather days,  $\text{FWI} \geq 25$ .

**Fig. 5** - Evolução do FWI diário calculado na área de estudo para o período 2009-2019. As linhas pontilhadas representam o limite FWI definido pelo EFFIS (EFFIS, N.d.) para categorizar o perigo de incêndio como Extremo (roxo), Muito Alto (vermelho), Alto (laranja), Moderado (amarelo) e Baixo (verde). A linha azul indica o limite de FWI usado para selecionar os dias de clima de incêndio local extremo,  $\text{FWI} \geq 25$ .

(BDFMFC, %) was estimated for each weather scenario from the average Tmax and HR (as indicated in TABLE V, VI of Annex 1). Average Live Fuel Moisture Content (LFMC, %) was estimated from the average DC observed in each of the identified fire weather scenarios, taking as reference the experience and measurements in some publications (Viegas *et al.*, 2001) (see TABLE IV of Annex 1).

TABLE II - Characterisation of the selected weather scenarios in terms of the weather parameters and the fuel moisture content.

TABELA II - Caracterização dos cenários climáticos selecionados em termos de parâmetros climáticos e teor de umidade do combustível.

Selected scenarios (Wind dir.)	Ws m/s	Wd °	Tmax°	RH %	BDFMFC %	LFMC %
SE	4.5	136	29.3	52	7	140
S	2.7	182	33.3	68	8	105
SW	5.0	220	30.8	60	8	113
W	5.2	268	29.3	62	8	116

## II. Analysis of potential fire ignition for each weather scenario through simulation of fire probability

### Ignition Probability based on the fuel moisture content ( $\pi_{ixy}$ , %)

The Ignition Probability is strongly related to the fine dead fuel moisture content. Thus, *Ignition Probability* ( $\pi_{ixy}$ , %) was calculated for each point (x, y) of the territory and

each scenario based on the basic fine dead fuel moisture content (BDFMFC) shown in TABLE II. For each scenario, this scalar value was spatially corrected according to the aspect, slope and canopy coverage found in each point to obtain a final fine dead fuel moisture content (FFDFMFC<sub>xy</sub>) that provides an estimation of its spatial variability. The integrated correction values were added to the BDFMFC values, thus obtaining variability throughout the territory. Given that scenarios S, SW, and W show the same BDFMFC values, only two FFDFMFC<sub>xy</sub> were computed, one for those scenarios and one for the SE scenario. Fig. 6A shows, as an example, FFDFMFC<sub>xy</sub> data for SE scenario. Ignition probability for the worst-case conditions was obtained from FFDFMFC, cloud coverage and T<sup>a</sup> after considering a maximum exposure to the solar radiant heat (*i.e.*, percentage of 0% of cloudiness, exposition type 1). As an example, Fig. 6B shows the Ignition Probability ( $\pi_{ixy}$ ) for the scenario SE.

### Fire Probability based on human pressure ( $B_{ixy}$ , %):

Previously to the calculation of Fire Probability for each scenario, 10,000 representative *ignition points* were randomly selected in the burnable area within the area of human influence. Fig. 6B shows the representative ignition points selected for the SE scenario.

*Fire Probability* based on human pressure ( $B_{ixy}$ ) was calculated based on the simulation of multiple fires starting from the previously defined 10,000 ignition points in the area of human influence. The simulation was performed for each scenario using as input data the slope, aspect, elevation, fuel model II, wind speed,

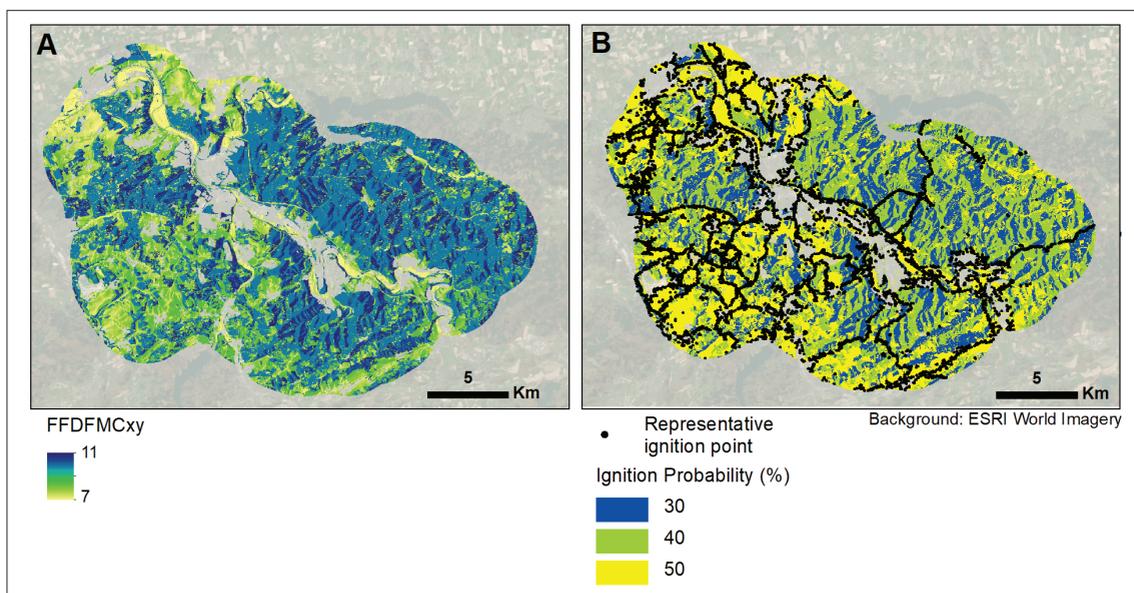


Fig. 6 - FFDFMFC<sub>xy</sub> map for scenario SE (wind direction) (A) and Ignition Probability ( $\pi_{ixy}$ , %) map and representative ignition points for SE scenario (B).

Fig. 6 - Mapa FFDFMFC<sub>xy</sub> para o cenário SE (A) e mapa de probabilidade de ignição ( $\pi_{ixy}$ , %) e pontos de ignição representativos para o cenário SE (B).

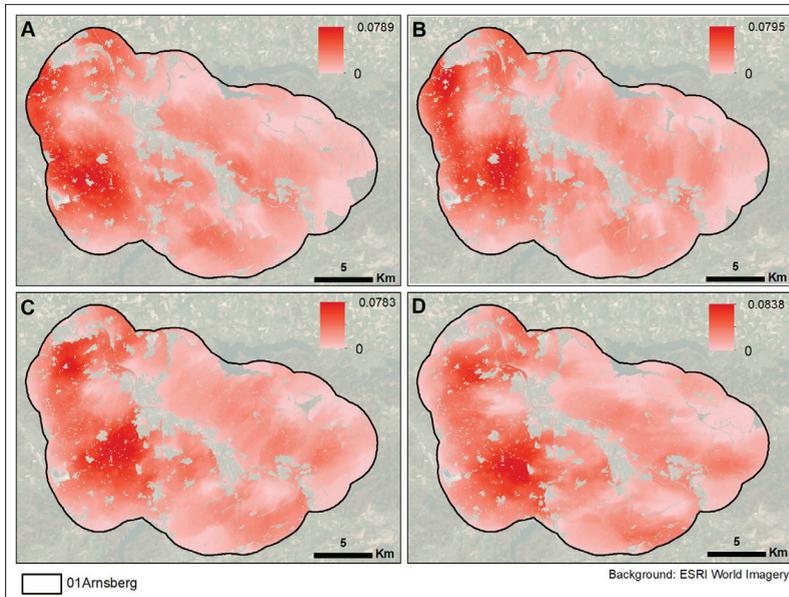
wind direction, fuel moisture content and the ignition patterns/ignition points. Fig. 7 shows the fire probability maps obtained for the four scenarios.

*Probability of occurrence of each weather scenario (scenario probability, ai, %)*

The *Scenario Probability* ( $a_i$ ), derived as the percentage of the number of days corresponding to each selected scenario with respect to the total number of the most adverse days (total number of days with  $FWI \geq 25$ ), had values of 0.14, 0.07, 0.28, and 0.25 for the SE, S, SW and W scenarios, respectively.

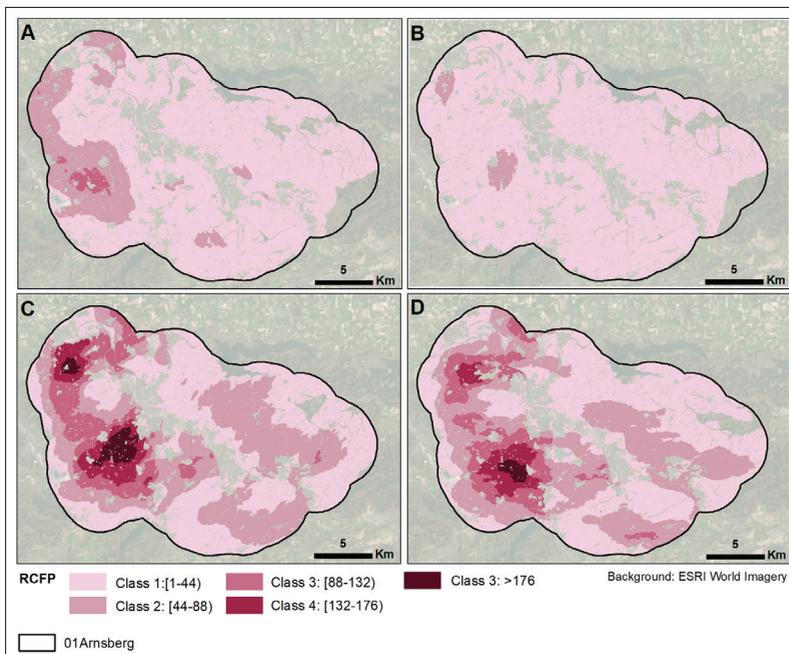
*Conditional fire probability (BCixy, %)*

The *Conditional Fire Probability* ( $BC_{ixy}$ ), obtained by multiplying, for each point, the fire probability value ( $B_{ixy}$ ) by the probability associated with the corresponding weather scenario ( $a_i$ ), was then, rescaled it by multiplying it by the number of ignitions, to have larger quantities and facilitate classification. The final result is the *rescaled conditional fire probability map* (RCFP). Subsequently, the RCFP values were reclassified into five classes (TABLE III). Fig. 8 shows the classified rescaled conditional fire probability (RCFP) maps obtained for the four scenarios.



**Fig. 7** - Fire Probability ( $B_{ixy}$ ) estimated for the scenario (A) SE, (B) S, (C) SW, and (D) W. Fire Probability theoretically ranges from 0 to 1.

**Fig. 7** - Probabilidade de Incêndio ( $B_{ixy}$ ) estimada para o cenário (A) SE, (B) S, (C) SW e (D) W. A probabilidade de incêndio teoricamente varia de 0 a 1.



**Fig. 8** - Classified Rescaled Conditional Fire Probability (RCFP) for the scenario (A) SE, (B) S, (C) SW, and (D) W.

**Fig. 8** - Probabilidade de incêndio condicional redimensionada classificada (RCFP) para o cenário (A) SE, (B) S, (C) SW e (D) W.

TABLE III - Rescaled Conditional Fire Probability (RCFP) classes.

TABELA III - Classes de probabilidade de incêndio condicional redimensionadas (RCFP).

ID class	Name class	RCFP
1	Low	1-44
2	Average	44-88
3	High	88-132
4	Very high	132-176
5	Extreme	176-220

### III. Modelling the potential fire behaviour for each weather scenario through estimation of fireline intensity

Fireline intensity (FLI) maps represent the potential fire behaviour (fire propagation) over the landscape. FLI maps were obtained for the four scenarios, through simulation in FlamMap, using the following input data: slope, aspect, elevation, fuel model II, wind speed, wind direction, and fuel moisture content. The obtained values were classified into five classes according to the implications for wildfire suppression (TABLE IV). As an example, FLI values > 2,000 kW/m entail that the fire control is very difficult. Fig. 9 presents the four FLI maps for the four scenarios, showing the FLI values already classified into the five classes. These FLI maps

(fig. 9) are useful *per se*, as they provide a measure for evaluating fire suppression effectiveness (Loeks *et al.*, 2020). The greater the class, the greater the problems for controlling and suppressing the fire.

Fig. 9 shows the classified Fireline Intensity (FLI) maps obtained for the SE, S, SW, and W scenarios.

### IV. Generation of a Fire Hazard Map (FHM) for each weather scenario

Fire hazard maps were obtained as the result of combining propagation and ignition information. Five fire hazard classes (values 1 to 5) were proposed based on the combination of the RCFP classes and FLI classes, following TABLE V. FH values 1 to 5 correspond, respectively, to Very low, Low, Medium, High and Very high fire hazard. Low FLI classes combined with a low probability of occurrence represent a low fire hazard, whereas high FLI classes combined with a high probability of occurrence lead to a high fire hazard.

For each scenario, the reclassified RCFP maps (fig. 8) and FLI maps (fig. 9) were combined using the categorization presented in TABLE V to generate the corresponding FHMs, see Fig. 10. These maps synthesize both fire ignition and propagation factors into a single fire hazard index. The highest fire hazard values were found in the SW and

TABLE IV - Fireline intensity (FLI) data classified according to the implications for wildfire suppression.

TABELA IV - Dados de intensidade da linha de fogo (FLI) classificados de acordo com as implicações para a supressão de incêndios florestais.

FLI class	Intensity (kW/m)	Description
1	<10	Mop-up or complete extinguishment of fires that are already burning may still be required provided there is sufficient fuel and it is dry enough to support smouldering combustion.
	10-500	Fire activity is limited to creeping of gentle surface burning with maximum flame heights of less than 1.3m. Control of these fires is fairly easy but can become troublesome as adverse fire impacts can still result, and fires become costly to suppress if not attended to immediately. Direct manual attack around the entire fire perimeter by fire fighters with only hand tools and water from back-pack pumps is possible; a "light" helicopter(s) with bucket is also very effective. Fireguard constructed with hand tools should hold.
2	500-2,000	Both moderately and highly vigorous surface fires with flames up to just over 1.5m high or intermittent crowning (i.e. torching) can occur. As a result, fires can be moderately difficult to control. Hand-constructed fire guards are likely to be challenged and the opportunity to "hotspot" the perimeter gradually diminishes. Water under pressure (e.g., fire bulldozers, "intermediate" helicopter with bucket) are generally required for effective action at the fire's head.
3	2,000-4,000	Burning conditions have become critical as intermittent crowning and short-range spotting is commonplace and as a result control is very difficult. Direct attack on the head of the fire by ground forces is feasible for only the first few minutes after ignition has occurred. Otherwise, any attempt to attack the fire's head should be limited to "medium" or "heavy" helicopters with buckets or fixed-wing aircraft, preferably dropping long-term chemical fire retardants; control efforts may fail. Until the fire weather severity abates, resulting in the subsidence of a fire run, the uncertainty of successful control exists.
4	4,000-10,000	Intermittent crown fires are prevalent and continuous crowning is also possible as well in the lower end of the spectrum. Control is extremely difficult and all efforts at direct control are likely to fail. Direct attack is rarely possible given the fire's probable ferocity except immediately after ignition and should only be attempted with the utmost caution. Otherwise, any suppression action must be restricted to the flanks and back of the fire.
5	>10,000	The situation is considered as explosive or super critical in the upper portion of the class. The characteristics commonly associated with extreme fire behaviour (e.g., rapid 10 spread rates, continuous crown fire development, medium to long-range spotting, fire whirls, massive convection columns, great walls of flame) is a certainty. Fires present serious control problems as they are virtually impossible to contain until burning ameliorate. Direct attack is rarely possible given the fire's probable ferocity except immediately after ignition and should only be attempted with the utmost caution; and escaped fire should in most cases, be considered a very real possibility. The only effective and safe control action that can be taken until the fire run expires is at the back and up along the flanks.

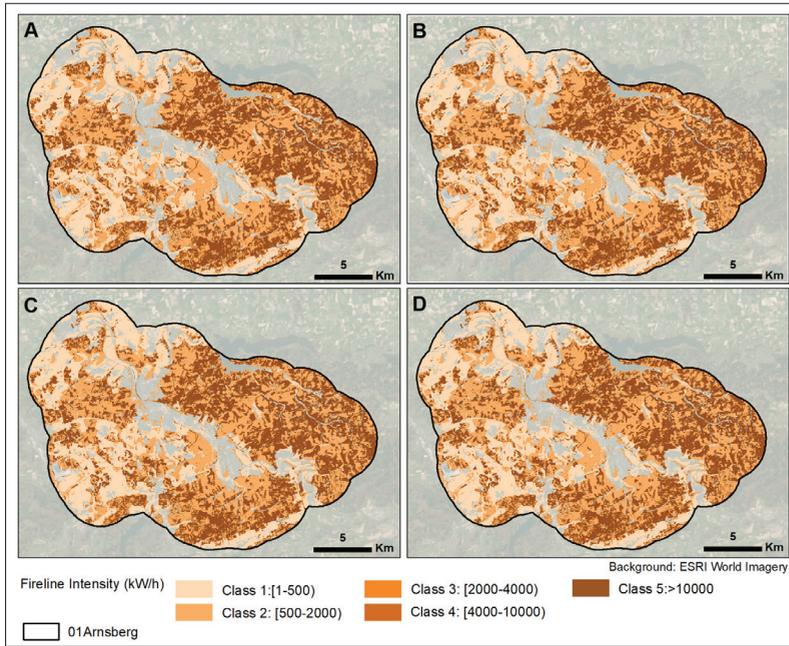


Fig. 9 - Classified Fireline Intensity (FLI, KW/h) maps for the scenarios (A) SE, (B) S, (C) SW, and (D) W.

Fig. 9 - Mapas de intensidade de linha de fogo classificados (FLI, KW/h) para os cenários (A) SE, (B) S, (C) SW e (D) W.

TABLE V - Fire hazard classes based on the combination of classified RCFP and classified FLI.

TABELA V - Classes de risco de incêndio com base na combinação de RCFP classificado e FLI classificado.

FLI classes	RCFP Classes				
	1	2	3	4	5
1	1	1	1	2	3
2	1	2	2	3	3
3	2	3	3	4	4
4	3	3	4	5	5
5	3	4	4	5	5

Source: Personal communication from David Caballero (Spain), expert in fire hazard and risk assessment.

Fonte: Comunicação pessoal de David Caballero (Espanha), especialista em risco de incêndio e avaliação de risco

W scenarios (fig. 10C and D). A combination between wind characteristics, topography and fuel types could explain the different fire hazard values in the scenarios, considering also that the fire develops in the direction of the wind. The worst case is in the SW scenario (SW-NE wind direction). In this case, the SW-NE valleys in the south of the study area (fig. 3C), seem to be channelling the SW-NE winds, accelerating them, and making them more dangerous.

The interpretation of the FHM will be more complete if they are analysed jointly with FLI and RCFP maps. Pink and blue frames highlight areas with low and high fire hazard values, respectively. The blue framed area is characterized by being assigned a fuel type 4 (Chaparral, tall flammable shrubs), which produces, as observed in the FLI map (fig. 9C), very energetic fires.

It is an area of high human activity and, therefore, a high density of ignition points is observed. The high density of ignition points was translated into a low fire probability (Class 2, fig. 7). This seems to indicate that, although the number of started fires in the simulations is high, the number of times that the fire reaches each point of the territory is low, which would imply that the developed fires are not very extensible. It can be interpreted that it is an area of high human activity where very energetic, not very extensible fires could be developed.

The pink framed area is characterized by a fuel type 1 (short grass) that produces low energetic fires. It is an area of high human activity and, therefore, with a high density of ignition points. The probability of fire is high (Class 5, fig. 7), indicating that the number of times that the fire could reach each point of the territory is high, and it would indicate that it could be developed extensive fires. Thus, it could be interpreted that it is an area of high human activity where low energetic but extensible fires could be developed.

#### V. Generation of the Integrated Fire Hazard map (IFHM)

The previously created fire hazard maps for the four scenarios were combined into an Integrated Fire Hazard Map (IFHM) (fig. 11), by selecting, for each pixel, the highest fire hazard category observed in the four maps (worst case of all scenarios). The final IFHM shows relatively large areas with medium and high fire hazard values. This final fire hazard map is of interest to the users (firefighters, local administrations, etc.) for planning forest fire prevention.

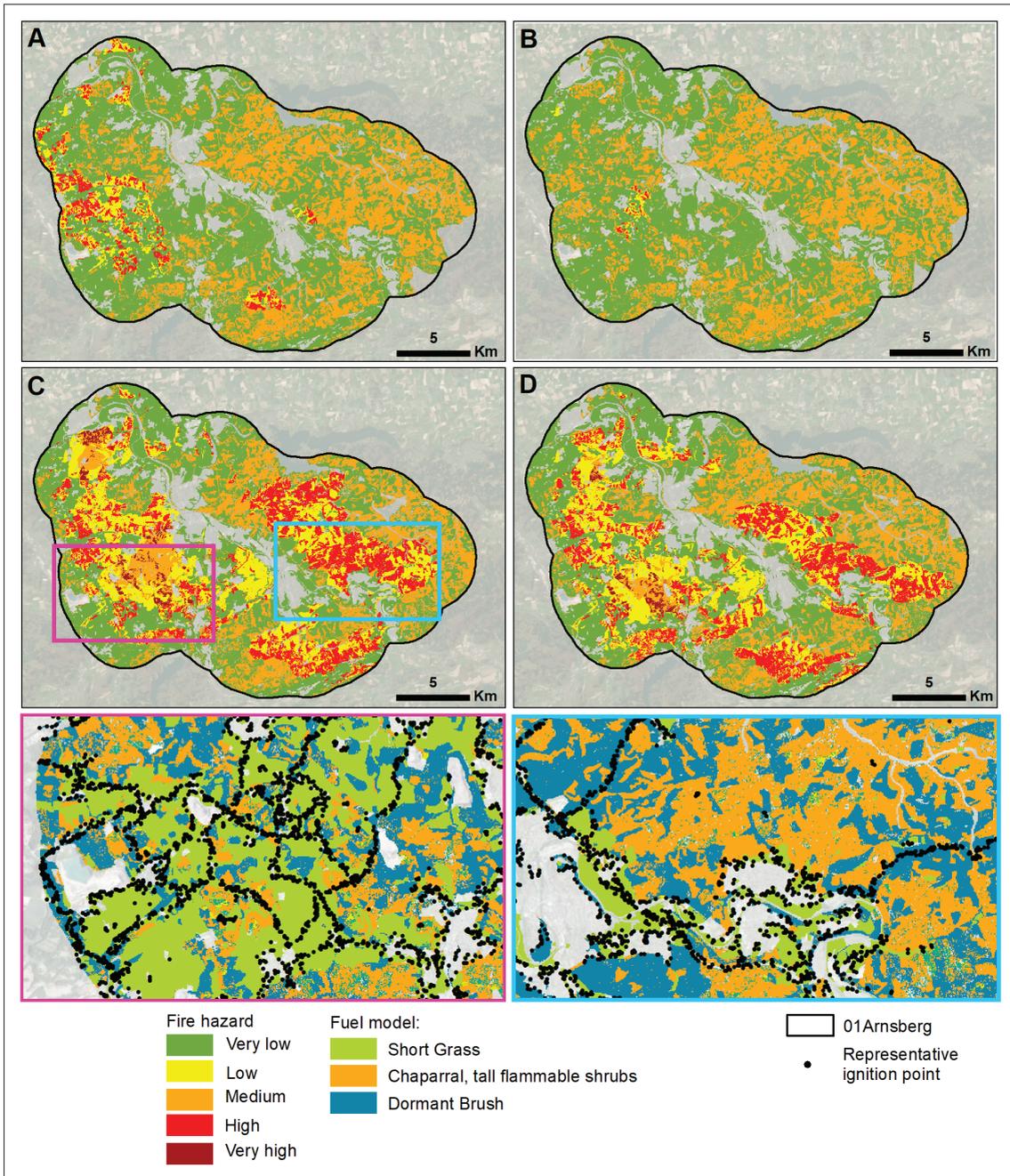


Fig. 10 - Fire hazard maps obtained for the scenarios (A) SE, (B) S, (C) SW, and (D) W. Pink and blue frames present the areas for which detailed information about their fuel model II and ignition points are shown below.

Fig. 10 - Mapas de risco de incêndio obtidos para os cenários (A) SE, (B) S, (C) SW e (D) W. Os quadros rosa e azul apresentam as áreas onde abaixo informações detalhadas sobre seu modelo de combustível II e pontos de ignição são mostrados.

## Conclusions

A fire hazard model has been proposed that consists of (1) identifying and describing meteorological scenarios, (2) analyzing the potential ignition, for each scenario, by simulating the fire probability, (3) modelling the potential spread of the fire, for each scenario, by simulating the

fireline intensity, (4) creating a fire hazard map for each scenario considering the fire probability and the fireline intensity, and (5) creating a final integrated fire hazard map by combining the fire hazard maps for all scenarios.

This model has been applied to a wildland urban interface area that is not historically prone to large

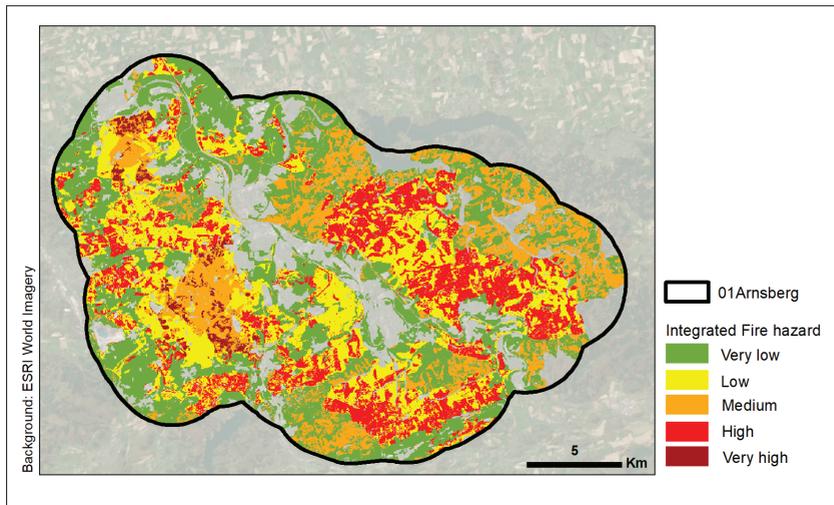


Fig. 11 - Final Integrated Fire Hazard map (IFHM).

Fig. 11 - Mapa Final Integrado de Risco de Incêndio (IFHM).

wildfires. Knowing the area is not very prone to forest fires, extreme ignition and propagation conditions (the worst conditions) were considered to identify, for the worst conditions, which would be the areas with the highest fire hazard values. Thus, to generate the final map, it was considered: (1) a fuel model that describes the fire performance in a scenario of extreme drought, (2) the possible human influence on the ignition of the fire, and (3) the worst case of all scenarios.

The final fire hazard map created shows relatively large areas with medium and high fire hazard values.

In addition to the final fire hazard map, the fireline intensity and fire probability maps provide additional useful information on fire behaviour that may be of interest to users (firefighters, local administrations, etc.) when developing fire prevention plans, etc.

### Acknowledgement

This research was funded by European Commission Copernicus Emergency Management Service (CEMS) Framework Contract No. 938956 awarded to TRACASA GLOBAL. Thanks to David Caballero, International Freelance Fire Risk Consultant, for the support during the development of the model.

### Bibliography

Anderson, H. E. (1982). *Aids to Determining Fuel Models for Estimating Fire Behavior*. USDA FS General Technical Report NT-122.

Arnsberg (N.d.) Arnsberg. Available at: <https://www.city-facts.com/arnsberg/population>

Chuvieco, E., Aguado, I., Yebra, M., Nieto, H., Salas, J., Martín, M.P., Vilar, L., Martínez, J., Martín, S., Ibarra, P., De la Riva, J., Baeza, J., Rodríguez, F., Molina, J.R., Herrera, M. A., and Zamora, R. (2010). Development of a

framework for fire risk assessment using remote sensing and geographic information system technologies. *Ecological Modelling*, 221(1), 46-58.

Chuvieco, E., Aguado, I., Jurdao, S., Pettinari, M. L., Yebra, M., Salas, J., Hantson, S., de la Riva, J., Ibarra, P., Rodrigues, M., Echeverría, M., Azqueta, D., Román, M.V., Bastarrika, A., Martínez, S., Recondo, C., Zapico, E., and Martínez-Vega, F. J. (2012). Integrating geospatial information into fire risk assessment. *International Journal of Wildland Fire* 23, 606-619.

DOI: <https://doi.org/10.1071/WF12052>

COPERNICUS CLIMATE CHANGE SERVICE (© EUROPEAN UNION). (N.d.). *Fire danger indices historical data from the Copernicus Emergency Management Service*. ECMWF. Available at: <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/cems-fire-historical?tab=form> [Last access 20/09/2022].

COPERNICUS EMERGENCY MANAGEMENT SERVICE (© 2020 EUROPEAN UNION), EMSN071 (2020). *Final report, Fact sheet, geodeliverables, raster and vector data, etc.* Available at: <https://emergency.copernicus.eu/mapping/list-of-components/EMSN071> [Last access 20/09/2022].

EUROPEAN COMMISSION (2022). *EU 2021 wildfire season was the second worst on record, finds new Commission report*. Available at: [https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news/eu-2021-wildfire-season-was-second-worst-record-finds-new-commission-report-2022-03-21\\_en](https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news/eu-2021-wildfire-season-was-second-worst-record-finds-new-commission-report-2022-03-21_en) [Last access 20/09/2022].

EUROPEAN FOREST FIRE INFORMATION SYSTEMS (EFFIS) (N.d.). *Fire Danger Forecast*. Available at: <https://effis.jrc.ec.europa.eu/about-effis/technical-background/fire-danger-forecast> EFFIS [Web Map Viewer]. Available at: [https://effis.jrc.ec.europa.eu/apps/effis\\_current\\_situation/index.html](https://effis.jrc.ec.europa.eu/apps/effis_current_situation/index.html) [Last access 20/09/2022].

- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO) (N.d.). *International handbook on forest fire protection technical guide for the countries of the Mediterranean basin*. Ministère de L'aménagement du Territoire et de L'environnement (France). FAO. Available at: <http://www.fao.org/forestry/27221-06293a5348df37bc8b14e24472df64810.pdf> [Last access 20/09/2022].
- GEOportal.NRW. (N.d.). Geoportal of Norway. Available at: <https://www.geoportal.nrw/> [Last access 20/09/2022].
- GERMAN WEATHER SERVICE (Deutscher Wetterdienst, DWD). (N.d.). CDC - Climate Data Center. Available at: <https://cdc.dwd.de/portal/> [Last access 22/04/2021].
- GOVERNMENT OF CANADA (N.d.) Natural resources Canada. Background Information. Canadian Forest Fire Weather Index (FWI) System. Available at: <https://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/background/summary/fwi>
- Keane, R. E., Drury, S. A., Karau, E. C., Hessburg, P. F., and Reynolds, K. M. (2010). A method for mapping fire hazard and risk across multiple scales and its application in fire management. *Ecological Modelling*, 221(1), 2-18.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2008.10.022>
- Loeks, D., Beaver, A., and Armitage, B. (2020). *City of Whitehorse recommended wildfire risk reduction strategy. Final report*, July, 110 p.
- NATIONAL WILDFIRE COORDINATING GROUP (NWCG). (N.d.). *Dead Fuel Moisture Content*. Available at: <https://www.nwcg.gov/publications/pms437/fuel-moisture/dead-fuel-moisture-content> [Last access 22/04/2021].
- OpenStreetMap contributors. (2021). Map viewer. Data derived from OpenStreetMap for download (02/03/2021). Available at: <https://www.openstreetmap.org/#map=5/44.840/9.976> [Last access: 21/09/2022].
- Scott, J. H., Thompson, M. P., and Calkin, D. E. (2013). A wildfire risk assessment framework for land and resource management. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-315. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 83 p. Scot, Available at: [https://www.researchgate.net/publication/286186231\\_A\\_Wildfire\\_Risk\\_Assessment\\_Framework\\_for\\_Land\\_and\\_Resource\\_Management](https://www.researchgate.net/publication/286186231_A_Wildfire_Risk_Assessment_Framework_for_Land_and_Resource_Management)
- THE UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION (UNISDR) (2009). UNISDR terminology on disaster risk reduction. United Nations. Geneva, Switzerland. Available at: [https://www.unisdr.org/files/7817\\_UNISDRTerminologyEnglish.pdf](https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologyEnglish.pdf)
- Viegas, D. X., Piñol, J., Viegas, M. T., and Ogaya, R. (2001). Estimating live fine fuels moisture content using meteorologically-based indices. *International Journal of Wildland Fire*, 2001, 10, 223-240.
- Weinstein, D. A., and Woodbury, P. B. (N.d.) Review of methods for developing probabilistic risk assessments. Part 1: Modeling Fire. *Advances in Threat Assessment and Their Application to Forest and Rangeland Management. General Technical Report PNW-GTR-802*. Available at: <https://www.firelab.org/project/flammap> [https://www.fs.usda.gov/pnw/pubs/gtr802/Vol2/pnw\\_gtr802vol2\\_weinstein.pdf](https://www.fs.usda.gov/pnw/pubs/gtr802/Vol2/pnw_gtr802vol2_weinstein.pdf) [Last access 20/09/2022].

## Annex 1

This annex presents the generation of relevant data to be used in the proposed fire hazard model, such as the extraction of surface forest fuels (section 1.1.), estimation of live and dead fuel moisture content (sections 1.2 and 1.3, respectively), and estimation of ignition probability (section 1.4).

## 1.1 Definition of Surface Forest Fuels

Fuel models are parameterised idealisations of certain vegetation structures that render specific fire behaviour under wind and topography combinations. Including vegetation structure adds much more variability over the landscape than just obtaining general estimations of fuel loads from vegetation types.

The generation of the surface forest fuel models requires the following actions: (1) Extraction of the vegetation types. The use of local/detailed data with 1m resolution is encouraged, but CORINE Land Cover could be used in case of inexistence; (2) Extraction of the vegetation height. It can be derived from the difference between the Digital Surface Model (DSM) and the Digital Terrain Model (DTM). The use of a resolution of 1m is encouraged to avoid errors due to the misinterpretation of relative heights. Once obtained, a reclassification of 5m resolution using averaged values can be performed; and (3) Association of fuel models to each pair vegetation type-vegetation height. According to the vegetation type and the calculated vegetation height, a reclassification into fuel model types must be done. It is suggested to use, as a first stage, the simplified catalogue of 13 fuel models as proposed by Anderson (1982) (TABLE I of Annex 1).

TABLE I - Simplified catalogue of 13 fuel models as proposed by Anderson (1982).

TABELA I - Catálogo simplificado de 13 modelos de combustível propostos por Anderson (1982).

Nº	Description
1	Short Grass
2	Timber Grass and Understory
3	Tall Grass
4	Chaparral, tall flammable shrubs
5	Brush, small shrubs
6	Dormant Brush
7	Southern Rough, flammable shrubs
8	Compact Timber Litter
9	Hardwood Litter
10	Timber Understory
11	Light Slash
12	Medium Slash
13	Heavy Slash

Source/Fonte: Anderson, 1982.

The standard parameters describing these models are used in the computer programs (e.g., Flammap) for the estimation of fire behaviour. They also serve a proper

association to the existing local fuel structures. The vegetation height is classified following the intervals shown in TABLE II of Annex 1.

TABLE II - Vegetation height classes.

TABELA II - Classes de altura de vegetação.

Height Class	Height Range (m)
1	0-0.5
2	0.5-2
3	2-4
4	4-10
5	10-20
6	>20

Source: Personal communication from David Caballero (Spain), expert in fire hazard and risk assessment.

Fonte: Comunicação pessoal de David Caballero (Espanha), especialista em risco de incêndio e avaliação de risco.

Two vegetation-fuel model associations are suggested in TABLE III of Annex 1. The first one (Fuel Model I) classifies the vegetation in the understory of forest stands and the second one (Fuel Model II) interprets the forest stands as surface forest fuels.

TABLE III - Fuel models derived from the combination of vegetation type and vegetation height: (I) Fuel Model for adverse conditions and (II) Fuel Model for extreme conditions.

TABELA III - Modelos de combustível derivados da combinação do tipo de vegetação e altura da vegetação: (I) Modelo de combustível para condições adversas e (II) Modelo de combustível para condições extremas.

Vegetation type	Vegetation height (m)	Fuel Model (I) Adverse	Fuel Model (II) Extreme
Urban	-	0	0
Grasslands	-	1 (considered all cured)	1 (considered all cured)
Scrub transitional forest	<0.5	5	5
	0.5-2	7	7
	>2	4	4
Broadleaved forests	0.5-2	6	6
	2-4	4	4
	4-10	6	6
	>10	9 (litter), 10 (slash)	6
Conifer forest	0.5-2	7	7
	2-4	4	4
	4-10	7 (understory)	7
	>10	8 (litter), 10 (slash)	4

Source: Personal communication from David Caballero (Spain), expert in fire hazard and risk assessment.

Fonte: Comunicação pessoal de David Caballero (Espanha), especialista em risco de incêndio e avaliação de risco.

## 1.2 Estimation of average Live Fuel Moisture Content

Real live fuel moisture content (from field surveys) is related to some meteorologically-based indices, such as the Drought Code (DC). TABLE IV of Annex 1 presents some

indicative LFMC values derived from the DC, taking as reference the experience and measurements in existing publications, such as Viegas *et al.* (2021). For mixed conifer-broadleaved forests, an average value was considered.

TABLE IV - Live Fuel Moisture Content (LFMC, %) values derived from DC (drought code) for (1) broadleaves (B) and (2) coniferous (C) taking as reference the experience and measurements in existing publications.

TABELA IV - Live Fuel Moisture Content (LFMC, %) valores derivados de DC para (1) folhas largas e (2) coníferas tomando como referência a experiência e medições em publicações existentes.

Broadleaved (B)		Coniferous (C)	
DC	LFMC (%)	DC	LFMC (%)
0-50	210	0-50	180
50-70	180	50-100	150
70-100	130	100-200	120
100-200	110	200-300	110
200-300	100	>300	100
>300	90		

Source/Fonte: Viegas *et al.*, 2001.

### 1.3 Estimation of Fine Dead Fuel Moisture Content

The Basic Fine Dead Fuel Moisture Content (BDFMFC) is initially estimated based upon meteorological data, using the dry bulb thermometer temperature and the relative air humidity. BDFMFC represents the amount of water expressed in percentage with respect to the oven dry weight of the same fuel component, and it is closely related to the micro-conditions of air surrounding the vegetation. The estimation must be adapted to the reality of the local response of the vegetation structures to the weather conditions. When no field measurements are available, BDFMFC can be calculated using the data shown in TABLE V (for daytime hours) and TABLE VI (for late evening and night), both of Annex 1.

The obtained initial value (BDFMFC) should be corrected depending on other factors such as exposition, slope and aspect of the terrain where the fuel is located to obtain the Final Fine Dead Fuel Moisture Content (FFDFMFC).

TABLE VII to TABLE IX of Annex 1 (National Fire Danger

TABLE V - Estimation of basic fine dead fuel moisture content (BDFMFC) (%) based on meteorological data for daytime hours (08:00 to 20:00).

TABELA V - Estimativa de BDFMFC (%) com base em dados meteorológicos para o horário diurno (08:00 às 20:00).

Air Relative Humidity (%)	BASIC FINE DEAD FUEL MOISTURE CONTENT (BDFMFC, %) (08:00 to 20:00)					
	Dry Thermometer Temperature °C					
	<0	0-9	10-20	21-31	32-42	>42
0-4	1	1	1	1	1	1
5-9	2	2	2	1	1	1
10-14	2	2	2	2	2	2
15-19	3	3	3	2	2	2
20-24	4	4	4	3	3	3
25-29	5	5	5	4	4	4
30-34	5	5	5	5	4	4
35-39	6	6	6	5	5	5
40-44	7	7	6	6	6	6
45-49	8	7	7	7	7	7
50-54	8	7	7	7	7	7
55-59	8	8	8	8	8	8
60-64	9	9	8	8	8	8
65-69	9	9	8	8	8	8
70-74	10	10	9	9	9	9
75-79	11	10	10	10	10	10
80-84	12	11	11	10	10	10
85-89	12	12	12	11	11	11
90-94	13	13	12	12	12	12
95-99	13	13	12	12	12	12
100	14	13	13	13	13	12

Source: Personal communication from David Caballero (Spain), expert in fire hazard and risk assessment.

Fonte: Comunicação pessoal de David Caballero (Espanha), especialista em risco de incêndio e avaliação de risco.

TABLE VI - Estimation of basic fine dead fuel moisture content BDFMFC (%) based on meteorological data for late evening and night (20:00 to 08:00).

TABELA VI - Estimativa de BDFMFC (%) com base em dados meteorológicos para final de tarde e noite (20:00 às 08:00).

Air Relative Humidity (%)	BASIC FINE DEAD FUEL MOISTURE CONTENT (20:00 to 08:00)					
	Dry Thermometer Temperature °C					
		0-9	10-20	21-31	32-42	>42
0-4		1	1	1	1	1
5-9		2	2	2	2	2
10-14		3	3	3	3	3
15-19		4	4	4	3	3
20-24		5	5	4	4	4
25-29		6	6	5	5	5
30-34		7	6	6	6	6
35-39		8	8	7	7	6
40-44		9	8	8	8	9
45-49		9	9	9	9	9
50-54		11	10	10	9	9
55-59		11	11	10	10	9
60-64		12	11	11	10	10
65-69		13	12	12	11	11
70-74		14	14	13	13	12
75-79		16	16	15	14	14
80-84		18	17	17	16	16
85-89		21	20	20	19	19
90-94		24	23	23	22	21
95-99		25	25	25	25	24
100		25	25	25	25	25

Source: Personal communication from David Caballero (Spain), expert in fire hazard and risk assessment.

Fonte: Comunicação pessoal de David Caballero (Espanha), especialista em risco de incêndio e avaliação de risco.

Rating System, NFRDS N.d.) present the corrections of fine dead fuel moisture content based on the time of the day and the month of the study, and the shading factor, the slope, and the aspect of the terrain where the fuel is located. In case of the worst scenario, the correction factor is calculated for the middle of the day (14:00). Regarding the shading factor, the tree stand

canopy coverage in percentage must be considered as reference. By default, the column L that corresponds to the area within 300m altitude difference is considered. Finally, the obtained values in the mentioned three tables are added to the basic fine dead fuel moisture content (BDFMFC) to obtain the final fine dead fuel moisture content (FFDFMFC).

TABLE VII - Values for correcting the basic fine dead fuel moisture content (BDFMFC) for May, June and July.

TABELA VII - Valores para correção do teor de umidade do combustível morto fino básico (BDFMFC) para os meses de maio, junho e julho.

MAY, JUNE, JULY																			
Exposed - Less than 50% Shading of Surface Fuels																			
Aspect	% Slope	08:00 >			10:00 >			12:00 >			14:00 >			16:00 >			18:00 >		
		B	L	A	B	L	A	B	L	A	B	L	A	B	L	A	B	L	A
N	0-30%	2	3	4	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	2	3	4
	≥ 31%	3	4	4	1	2	2	1	1	2	1	1	2	1	2	2	3	4	4
E	0-30%	2	2	3	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	2	3	4	4
	≥ 31%	1	2	2	0	0	1	0	0	1	1	1	2	2	3	4	4	4	6
S	0-30%	2	3	3	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	2	3	3
	≥ 31%	2	3	3	1	1	2	0	1	1	0	0	1	1	1	1	2	3	3
W	0-30%	2	3	4	1	1	2	0	0	1	0	0	1	0	1	1	2	3	3
	≥ 31%	4	5	6	2	3	4	1	1	2	0	0	1	0	0	1	1	2	2
MAY, JUNE, JULY																			
Shaded - Greater than or equal to 50% Shading of Surface Fuels																			
N	> 0%	4	5	5	3	4	5	3	3	4	3	3	4	3	4	5	4	5	5
E	> 0%	4	4	5	3	4	5	3	3	4	3	4	4	3	4	5	4	5	6
S	> 0%	4	4	5	3	4	5	3	3	4	3	3	4	3	4	5	4	5	5
W	> 0%	4	5	6	3	4	5	3	3	4	3	3	4	3	4	5	4	4	5
B		Area of concern 1000'-2000' (304.8m-609.6m) below weather site location																	
L		Area of concern within ± 1000' (304.8m) of weather site location																	
A		Area of concern 1000'-2000' (304.8m-609.6m) above weather site location																	

Source/Fonte: NFRDS (N.d.).

TABLE VIII - Values for correcting the basic fine dead fuel moisture content (BDFMFC) for the months of February, March, April, August, September, and October.

TABELA VIII - Valores para correção do teor de umidade do combustível morto fino básico (BDFMFC) para os meses de fevereiro, março, abril, agosto, setembro e outubro.

FEBRUARY, MARCH, APRIL, AUGUST, SEPTEMBER, OCTOBER																			
Exposed - Less than 50% Shading of Surface Fuels																			
Aspect	% Slope	08:00 >			10:00 >			12:00 >			14:00 >			16:00 >			18:00 >		
		B	L	A	B	L	A	B	L	A	B	L	A	B	L	A	B	L	A
N	0-30%	3	4	5	1	2	3	1	1	2	1	1	2	1	2	3	3	4	5
	≥ 31%	3	4	5	3	3	4	2	3	4	2	3	4	3	3	4	3	4	5
E	0-30%	3	4	5	1	2	3	1	1	1	1	2	1	2	3	4	3	4	5
	≥ 31%	3	3	4	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	4	5	4	5	6
S	0-30%	3	4	5	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	4	5
	≥ 31%	3	4	5	1	2	2	0	1	1	0	1	1	1	2	2	3	4	5
W	0-30%	3	4	5	1	2	3	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	4	5
	≥ 31%	4	5	6	3	4	5	1	2	3	1	1	1	1	1	1	3	3	4
Shaded - Greater than or equal to 50% Shading of Surface Fuels																			
N	> 0%	4	5	6	4	5	5	3	4	5	3	4	5	4	5	5	4	5	6
E	> 0%	4	5	6	3	4	5	3	4	5	3	4	5	4	5	6	4	5	6
S	> 0%	4	5	6	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5	4	5	6
W	> 0%	4	5	6	4	5	6	3	4	5	3	4	5	3	4	5	4	5	6
B = Area of concern 1000'-2000' (304.8m-609.6m) below weather site location																			
L = Area of concern within ± 1000' (304.8m) of weather site location																			
A = Area of concern 1000'-2000' (304.8m-609.6m) above weather site location																			

Source/Fonte: NFRDS (N.d.).

TABLE IX - Values for correcting the basic fine dead fuel moisture content (BDFMFC) for November, December, and January.

TABELA IX - Valores para correção do teor de umidade do combustível morto fino básico (BDFMFC) para os meses de novembro, dezembro e janeiro.

NOVEMBER, DECEMBER, JANUARY																			
Exposed - Less than 50% Shading of Surface Fuels																			
Aspect	% Slope	08:00 >			10:00 >			12:00 >			14:00 >			16:00 >			18:00 >		
		B	L	A	B	L	A	B	L	A	B	L	A	B	L	A	B	L	A
N	0-30%	4	5	6	3	4	5	2	3	4	2	3	4	3	4	5	4	5	6
	≥ 31%	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6
E	0-30%	4	5	6	3	4	4	2	3	3	2	3	3	3	4	5	4	5	6
	≥ 31%	4	5	6	2	3	4	2	2	3	3	4	4	4	4	5	6	4	5
S	0-30%	4	5	6	3	4	5	2	3	3	2	2	3	3	4	4	4	5	6
	≥ 31%	4	5	6	2	3	3	1	1	2	1	1	2	2	3	3	4	5	6
W	0-30%	4	5	6	3	4	5	2	3	3	2	3	3	3	4	4	4	5	6
	≥ 31%	4	5	6	4	5	6	3	4	4	2	2	3	2	3	4	4	5	6
Shaded - Greater than or equal to 50% Shading of Surface Fuels																			
N	> 0%	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6
E	> 0%	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6
S	> 0%	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6
W	> 0%	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6	4	5	6
B = Area of concern 1000'-2000' (304.8m-609.6m) below weather site location																			
L = Area of concern within ± 1000' (304.8m) of weather site location																			
A = Area of concern 1000'-2000' (304.8m-609.6m) above weather site location																			

Source/Fonte: NFRDS (N.d.).

#### 1.4 Estimation of Ignition Probability based upon the Fine Dead Fuel Moisture Content

The ignition probability (mixy, %) is interpreted as a measurement of the likelihood of a fire to start over dry fine fuels when a source of heat is applied, or more specifically, as the number of positive ignitions when a source of heat is applied 100 times. Thus, it depends on the fine dead fuel moisture content, which also depends on the exposure to solar radiant heat and the air temperature. A value of cloudiness (in percentage) is considered an estimate of the exposure to solar radiant heat. TABLE X of Annex 1 shows the

relationship between the percentage of cloudiness and the solar exposition type.

The ignition probability is, then, calculated considering those mentioned variables. TABLE XI of Annex 1 shows the estimation of the ignition probability depending on the values of the (1) final fine dead fuel moisture content (FFDFMFC), (2) air temperature (T<sup>a</sup>), and (3) type of exposition to the solar radiant heat. For the worst case conditions for fires, a percentage of 0% of cloud coverage is applied (maximum exposure, type 1). In other cases, the exposition type to be used in TABLE XI for estimating the ignition probability is extracted from TABLE X of Annex 1.

TABLE X - Relationship between the cloudiness (%) and the type of exposure to the solar radiant heat.

TABELA X - Relação entre a nebulosidade (%) e o tipo de exposição ao calor radiante solar.

Cloudiness %	Exposition type
0-10	1 (complete)
10-50	2 (average)
50-90	3 (poor)
90-100	4 (none)

Source: Personal communication from David Caballero (Spain), expert in fire hazard and risk assessment.

Fonte: Comunicação pessoal de David Caballero (Espanha), especialista em risco de incêndio e avaliação de risco.

TABLE XI - Ignition probability estimation based on FFDFMC and air T<sup>a</sup> for (A) Type 1 exposure, (B) Type 2 exposure, (C) Type 3 exposure, and (D) Type 4 exposure.

TABELA XI - Estimativa de probabilidade de ignição baseada em FFDFMC e T<sup>a</sup> do ar para (A) Exposição Tipo 1, (B) Exposição Tipo 2, (C) Exposição Tipo 3 e (D) Exposição Tipo 4.

Probability of Ignition (Exposition Type 1)																
Final Fine Dead Fuel Moisture Content (FFDFMC, %)																
T <sup>a</sup> (°C)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
>40	100	100	90	80	70	60	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10
35-40	100	90	80	70	60	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10
30-35	100	90	80	70	60	50	50	40	30	30	30	20	20	20	10	10
25-30	100	90	80	70	60	50	40	40	30	30	20	20	20	20	10	10
20-25	100	80	70	60	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10
15-20	90	80	70	60	50	50	40	30	30	30	20	20	20	10	10	10
10-15	90	80	70	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10	10
5-10	90	80	70	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10	10
0-5	90	70	60	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10	10
Probability of Ignition (Exposition Type 2)																
Final Fine Dead Fuel Moisture Content (FFDFMC, %)																
T <sup>a</sup> (°C)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
>40	100	100	80	70	60	60	50	40	40	30	30	20	20	20	20	10
35-40	100	90	80	70	60	50	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10
30-35	100	90	80	70	60	50	40	40	30	30	30	20	20	20	10	10
25-30	100	90	80	70	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10
20-25	100	80	70	60	50	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10
15-20	90	80	70	60	50	50	40	30	30	20	20	20	20	10	10	10
10-15	90	80	70	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10	10
5-10	90	80	70	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10	10
0-5	80	70	60	50	50	40	30	30	20	20	20	10	10	10	10	10
Probability of Ignition (Exposition Type 3)																
Final Fine Dead Fuel Moisture Content (FFDFMC, %)																
T <sup>a</sup> (°C)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
>40	100	90	80	70	60	50	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10
35-40	100	90	80	70	60	50	50	40	30	30	30	20	20	20	10	10
30-35	100	90	80	70	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10
25-30	100	80	70	60	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10
20-25	90	80	70	60	50	50	40	30	30	30	20	20	20	10	10	10
15-20	90	80	70	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10	10
10-15	90	80	70	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10	10
5-10	90	70	60	50	50	40	30	30	30	20	20	20	10	10	10	10
0-5	80	70	60	50	50	40	30	30	20	20	20	10	10	10	10	10
Probability of Ignition (Exposition Type 4)																
Final Fine Dead Fuel Moisture Content (FFDFMC, %)																
T <sup>a</sup> (°C)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
>40	100	90	80	70	60	50	50	40	30	30	30	20	20	20	10	10
35-40	100	90	70	70	60	50	40	40	30	30	20	20	20	20	10	10
30-35	100	80	70	60	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10
25-30	90	90	70	60	50	50	40	30	30	30	20	20	20	10	10	10
20-25	90	80	70	60	50	40	40	30	30	30	20	20	10	10	10	10
15-20	90	80	70	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10	10
10-15	90	70	60	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10	10
5-10	80	70	60	50	50	40	30	30	20	20	20	10	10	10	10	10
0-5	80	70	60	50	40	40	30	30	20	20	20	10	10	10	10	10

Source: Personal communication from David Caballero (Spain), expert in fire hazard and risk assessment.

Fonte: Comunicação pessoal de David Caballero (Espanha), especialista em risco de incêndio e avaliação de risco.

(Página deixada propositadamente em branco)



RISCOS

territorium 30 (II), 2023, 57-68

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

DOI: [https://doi.org/10.14195/1647-7723\\_30-2\\_5](https://doi.org/10.14195/1647-7723_30-2_5)

Artigo científico / Scientific article



## MINIMIZAR O RISCO DE FOGO EM AMONTOADOS DE SOBRANTES FLORESTAIS, ATRAVÉS DA EDUCAÇÃO ESCOLAR\*

### HOW TO REDUCE THE RISK OF WILDFIRES THROUGH EDUCATION IN SCHOOL

57

Mário Talaia

Universidade de Aveiro

Centro de Investigação em Didática e Tecnologia na Formação de Formadores (Portugal)

ORCID 0000-0003-4311-6209 [mart@ua.pt](mailto:mart@ua.pt)

#### RESUMO

O abandono da limpeza de campos florestais favoreceu o aumento do risco de incêndio. No passado, o tipo de vida nas aldeias levava ao uso de mato florestal o que permitia a limpeza de terrenos rurais. Este trabalho apresenta vetores para o risco de fogo em amontoados de sobranes florestais. É apresentado um algoritmo construído para compreender se no local se regista a formação da condensação de vapor de água. Foram realizadas entrevistas com base num questionário elaborado para uma comunidade de residentes de aldeia para conhecer a experiência de fazerem fogo de queima de amontoados. É sugerida uma proposta para a formação de cidadania e para a educação escolar, na área da formação no que respeita aos itens que condicionam a preparação e a prevenção para a queima de amontoados.

**Palavras-chave:** Queima de sobranes florestais, condições atmosféricas, ponto de orvalho, educação escolar, formação cidadania.

#### ABSTRACT

Neglecting to clean up forest areas has favoured an increased risk of fire. In the past, village life involved using woodland undergrowth, which allowed the clearing of rural land. This work presents drivers for the risk of fire in piles of forest litter. An algorithm is presented that was constructed to understand whether the formation of water vapour condensation is recorded on site. Interviews were conducted based on a questionnaire prepared for a community of village residents to learn about the experience of making fires by burning forest litter. A proposal is suggested for citizenship training and education in schools, in the context of training regarding issues that influence the preparation and prevention for burning forest litter.

**Keywords:** Burning forest litter, weather conditions, dew point, school education, citizenship training.

\* O texto deste artigo corresponde a uma comunicação apresentada no II Seminário da Rede Incêndios-Solo, tendo sido submetido em 12-04-2022, sujeito a revisão por pares a 19-05-2022 e aceite para publicação em 14-07-2022. Este artigo é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 30 (II), 2023, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

## Introdução

A descoberta do fogo pelo ser humano tornou a vida mais agradável, e deste modo, tornou algumas noites frias em ambientes térmicos mais confortáveis através do uso de fogueiras. O fogo passou, também, a ser usado para cozer alimentos, afastar animais selvagens (se fosse o caso) e iluminar locais. No entanto, desde muito cedo, o ser humano aprendeu a respeitar o fogo pois, sem controlo, pode provocar irreparáveis danos económicos, políticos, sociais e quebra de ecossistemas.

Falar de fogo ou de incêndio tem diferença científica, em termos de conceito. No fogo tem-se uma combustão controlada segundo o interesse do ser humano. A combustão é uma reação química particular acompanhada pela libertação de energia sob a forma de calor, isto é, uma reação exotérmica. Este fenómeno de elevada complexidade apresenta, por vezes, dificuldades no estabelecimento de regras de aplicação universal. A matéria combustível, na natureza, apresenta-se nas mais diversas formas e variações, aparentemente insignificantes, que podem influenciar por completo a forma como uma combustão decorre, assim como o procedimento mais correto para a sua extinção (Guerra *et al.*, 2006). No incêndio tem-se uma combustão fora de controle e com resultados imprevistos, ou seja, um incêndio é uma combustão (fogo) sem controlo no espaço e no tempo. De uma forma simples, um incêndio, abandonado a si mesmo, depois da sua fase inicial, entra em combustão livre até se verificar o decaimento das chamas até à sua extinção (Guerra *et al.*, 2006).

O abandono da limpeza de campos florestais favoreceu o aumento do risco de incêndio, o qual está condicionado pela densidade da carga de combustível (vivos e/ou mortos), dimensão dos combustíveis, combustibilidade, humidade do combustível, condições termohigrométricas do ar, intensidade do vento e relevo, podendo suscitar o aumento da probabilidade de se desenvolverem incêndios de grandes proporções. No passado, o tipo de vida nas aldeias levava ao uso constante de mato nas chamadas “camas” de animais e esta prática contribuía para que os campos florestais estivessem limpos. Atualmente há regras legais para a limpeza de campos e matos que estão próximos de estradas, de casas e de aldeias.

O fogo resulta quando há presença de três elementos, nomeadamente o combustível, o comburente e a energia de ativação, que constituem o triângulo do fogo. Adiciona-se um quarto elemento denominado reação em cadeia que faz a manutenção e o desenvolvimento da combustão com presença de chamas (Guerra *et al.*, 2006). Nestes termos, equivale a afirmar que a existência de fogo está ligada ao triângulo do fogo, ou seja, quando há ligação entre o calor (ou fonte ignição), o combustível e o comburente (oxigénio). A ausência de um destes elementos bloqueia

o fogo, o que sugere que a extinção de fogo consiste na neutralização de um dos elementos do triângulo de fogo (Guerra *et al.*, 2006). O Tetraedro do Fogo é representado pelo combustível, comburente, calor e reação em cadeia. O isolamento dos elementos do tetraedro do fogo pode ser realizado por abafamento, arrefecimento, afastamento ou subtração do combustível, extinção por uso de substância química, e outros.

Assim, um fogo florestal é definido através da combustão controlada de materiais combustíveis existentes nas áreas florestais, nomeadamente os chamados fogos controlados e as queimadas rurais de materiais combustíveis existentes nas áreas florestais. Há orientações legais para a queima de amontoados nas quais a sua permissão é função da Classe de Risco de Incêndio Florestal (<https://fogos.icnf.pt/InfoQueimasQueimadas/>).

Os combustíveis vivos registam uma quantidade de água alta e os combustíveis mortos uma menor quantidade de água. Durante a noite, se houver condições atmosféricas favoráveis à formação de orvalho, o combustível ganha água face à massa do material estar seca, ou seja, desidratada. Esta situação pode dificultar a ignição e o desenvolvimento do fogo. A experiência mostra que, em geral, não basta misturar o combustível com o comburente para que se verifique a combustão, pois há necessidade de uma fonte de energia que possa ativar o processo, isto é, há necessidade de uma energia de ativação. Só pela presença destes três fatores se dá origem à combustão.

Neste trabalho são apresentados vetores para o risco de fogo em amontoados de sobrantes florestais e, com base na experiência do autor caracteriza-se o ambiente térmico e as condições atmosféricas capazes de indiciar riscos de incêndio. É apresentado um algoritmo de fácil utilização para se conhecer se há, no dia queima, previsão para a formação de orvalho a partir dos dados disponíveis na Internet do IPMA (Instituto Português do Mar e da Atmosfera) para a temperatura do ar, a humidade relativa do ar e a temperatura mínima do ar.

São apresentados os resultados de entrevistas registadas com base num questionário elaborado para uma comunidade de pessoas que residem em aldeia e com experiência de fazerem fogo de queima de amontoados. O objetivo da entrevista foi detetar o conhecimento prático de uma população ativa de uma aldeia que é cercada por floresta dominada pela presença de eucalipto e familiarizada com presenças de fogos e incêndios, a cada ano, e com experiência na queima de amontoados de sobrantes florestais e agrícolas.

Com base nos resultados obtidos a partir do questionário é apresentada uma estratégia para a preparação do local para a queima de amontoados de sobrantes florestais e agrícolas com segurança evitando o risco de incêndio e que pode ser indicada como uma proposta para a

educação escolar, na área da formação cívica para a cidadania no que respeita aos itens que condicionam a preparação e a prevenção para a queima de amontoados.

### Fundamentos teóricos

#### *Queima de amontoados*

De acordo com o Decreto-Lei n.º 124/2006 de 28 de junho, na sua redação atual, há regras definidas para a queima de amontoados. No geral, pode-se afirmar, que o interessado ou requerente a fazer a queima de amontoados deve-se identificar com o NIF, número de contacto telefónico, email e deve indicar a data e o motivo da queima, o local (incluindo distrito, município, freguesia e coordenadas geográficas) onde pretende a realização de queima de amontoados, usando fogo para a eliminação de sobranes de exploração florestal ou agrícola, como por exemplo podas de vinhas, de oliveiras, entre outros, cortados e amontoados. Deve, posteriormente, aguardar autorização por via SMS ou email.

Há várias práticas que usam o fogo como método de limpeza em cenários agrícolas e florestais, nomeadamente mondar eucaliptos, eliminar sobranes de árvores e agrícola. No entanto, durante tais práticas deve haver o cuidado de manter o fogo controlado e originar incêndio com consequências alteração de ecossistemas e socioeconómicas. O Decreto-Lei n.º 82/2021, de 13 de outubro, cria o Sistema de Gestão Integrada de Fogos Rurais e estabelece as suas regras de funcionamento. Na alínea l) do artigo 3.º, altera a definição de “queima de amontoados” para: “o uso do fogo para eliminar sobranes de exploração ou de gestão de vegetação, florestais ou agrícolas, totalmente cortados e depois de amontoados num espaço limitado que não ultrapasse 4 m<sup>2</sup> e uma altura de 1,3 m”.

Normalmente, e em locais rurais, há necessidade de, em quintais ou terrenos florestais, fazer limpeza de corte de amontoados. Esta prática deve ser realizada com segurança. Não basta garantir a experiência de quem faz queima de amontoados, pois podem surgir situações abruptas que não se conseguem dominar e o pânico facilita a propagação de um incêndio que se pode tornar avassalador. Normalmente, o tipo e a carga do combustível, assim como o vento, são os grandes facilitadores.

Há disponibilidade de informação para fazer uma queima de amontoados em segurança. Antes de dar conhecimento e solicitar aprovação, de acordo com a lei, para a queima de amontoados, deve-se preparar o local, isto é, escolher a zona que alimentará o fogo e ter os sobranes a queimar a alguma distância de segurança.

De acordo com a informação da página da internet de <https://fogos.icnf.pt/InfoQueimasQueimadas/> é

possível retirar informação para a queima de amontoados com segurança. O responsável ou requerente ou interessado pelo pedido de autorização da queima deve reunir condições adequadas para realizar a queima com segurança. Antes de proceder à queima deve comunicar aos bombeiros que a vai realizar. É da responsabilidade do requerente: abrir uma faixa limpa de vegetação à volta dos sobranes a queimar; não abandonar a queima de sobranes antes de estar terminada; apagar a queima de sobranes com terra ou água. É aconselhável que faça a queima acompanhado e deve ter um telemóvel para dar o alerta em caso de necessidade. A queima de sobranes deve ser realizada pouco a pouco e em montes de pequenas dimensões, em vez de amontoados muito grandes (sem exceder o 1,50m de altura).

O requerente ou responsável pela queima, deve consultar as páginas da internet <http://www2.icnf.pt/portal/florestas/dpci/risco-temporal-de-incendio> e deve verificar se as condições meteorológicas alteraram o risco de fogo para o dia e hora registada (a falsa declaração constitui crime previsto e punido pelo art.º 359 do código penal) e autorizada.

Na prática, o requerente assume a responsabilidade por danos que possam advir da queima e das autorizações adicionais e licenças que tenham de ser emitidas (<https://www.ipma.pt/pt/riscoincendio/rcm.pt/>).

Para uma queimada extensiva o fogo pode ser usado para renovação de pastagens ou eliminação de restolhos e de sobranes de exploração florestal ou agrícola, cortados e não amontoados. É proibido fazer queimadas durante o Período Crítico e fora do Período Crítico nos dias de risco de incêndio Elevado a Máximo. Para fazer uma queimada é obrigatório a autorização da respetiva Câmara Municipal ou Junta de Freguesia. Se a queimada extensiva for realizada sem acompanhamento técnico adequado, ou seja, um técnico credenciado em fogo controlado, equipa de sapadores florestais ou bombeiros, será considerada como uso de fogo intencional e condicionada por coima associada. É apresentada informação para a queima de amontoados de sobranes florestais, onde há informação que esclarecem alguma tramitação sobre a queima no sítio da Web <https://fogos.icnf.pt/InfoQueimasQueimadas/>.

#### *O ar húmido e a queima de amontoados*

O ar húmido, para efeitos de cálculo, é constituído apenas por dois gases perfeitos ou ideais, ou seja, pelo ar seco e pelo vapor de água. A equação de estado aplicada ao ar seco permite escrever

$$p_a = \rho_a R_a T \quad (1)$$

e aplicada ao vapor de água

$$e_s(T_d) = \rho_w R_w T_d \quad (2)$$

em que  $p_a$  representa a pressão parcial do ar seco (que é substituída por  $p (= p_a + e_s)$  por ser  $p = p_a$  dado ser  $p_a \gg e_s$ ),  $p$  a pressão atmosférica,  $e_s(T_d)$  a pressão parcial de saturação do vapor de água à temperatura do ponto de orvalho,  $\rho_w$  a massa volúmica do vapor de água,  $T$  a temperatura do ar,  $\rho_a$  a massa volúmica do ar seco,  $R_a$  a constante particular do ar seco,  $R_w$  a constante particular do vapor de água e  $T_d$  a temperatura do ponto de orvalho.

A pressão parcial de saturação do vapor de água e a temperatura estão relacionadas através da equação de Clausius Clapeyron (Eskinazi, 1975). O calor de transformação ou variação de entalpia ou calor latente de vaporização depende da temperatura. No entanto, para as temperaturas registadas na Troposfera, o valor típico aceite para o calor de transformação é de  $2,5 \times 10^6 \text{ J.kg}^{-1}$  (Ahrens, 2012; Ahrens e Henson, 2019; Iribarne e Cho, 1980).

A expressão definida por Clausius Clapeyron e dada por

$$\ln(e_s/e_{s0}) = (L/R_w)(1/T_0 - 1/T) \quad (3)$$

não descreve exatamente a dependência de pressão parcial de saturação do vapor de água em relação a temperatura, pois o calor de transformação depende da temperatura. Na expressão,  $e_s$  representa a pressão parcial de saturação à temperatura  $T$ ,  $e_{s0}$  a pressão de saturação do vapor de água à temperatura  $T_0$  e  $L$  o calor de transformação. Na falta de dados, pode-se usar um estado termodinâmico de referência definido por  $e_{s0} = 6,106 \text{ hPa}$  para uma temperatura experimental de  $T_0 = 273,15 \text{ K}$  (Eskinazi, 1975; Iribarne e Godson, 1981).

A expressão (2) permite determinar a quantidade de água presente em determinado volume de ar húmido. Nestas circunstâncias uma massa de ar pode apresentar um diferente poder secante que depende da diferença entre a temperatura do ar e da temperatura do ponto de orvalho. O ser humano, face a um ambiente térmico com um alto poder secante, sente desidratação e necessita de beber água. Não se pode falar no ar que respiramos ou que nos rodeia de ser ar seco, pois está sempre presente vapor de água.

A humidade relativa do ar, para um local com determinada pressão atmosférica, pode ser assumida como o cociente entre a pressão parcial de saturação do vapor de água à temperatura do ponto de orvalho e a pressão parcial de saturação máxima de vapor de água à temperatura do ar, como se indica

$$U = 100e_s(T_d)/e_s(T) \quad (4)$$

em que  $U$  representa a humidade relativa do ar (%),  $e_s(T_d)$  pressão parcial de saturação do vapor de água à temperatura do ponto de orvalho  $T_d$  e  $e_s(T)$  pressão parcial de saturação do vapor de água à temperatura do ar  $T$ .

A temperatura mínima do ar é indicada por um instrumento de medida denominado termómetro de temperatura mínima e registada antes do “nascer do Sol”. Se a temperatura mínima do ar for inferior à temperatura do ponto de orvalho do ar húmido ocorre condensação de vapor de água. Esta quantidade de água é tanto maior quanto maior for a diferença entre as duas temperaturas e é, também, condicionada pela diferença entre a temperatura de uma superfície e a temperatura do ponto de orvalho. A quantidade de água é avaliada através de manipulação matemáticas e usando as expressões (1) à (4).

#### *Fatores que potenciam a eclosão de um fogo florestal e a termorregulação do equilíbrio de água*

As condições termohigrométricas do ar húmido, a agitação do ar, a humidade do combustível, o relevo, o combustível, o tamanho da carga ou do combustível, a carga térmica existente, a morfologia do terreno, a altitude, o relevo, a exposição, a meteorologia sinóptica, a temperatura, a humidade e o vento (intensidade e direção) são fatores a considerar, dado que podem suscitar o aumento da probabilidade de se desenvolverem fogos descontrolados de grandes proporções - incêndios em mata florestal. A regra dos “três trinta” indicia um ambiente térmico com elevado poder secante e considera o cruzamento de uma temperatura do ar de pelo menos  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ , uma humidade relativa do ar inferior a 30 %, uma intensidade da velocidade do ar de pelo menos  $30 \text{ km/h}$  e um período de dias sem precipitação. A capacidade de extinção de incêndio nestas condições é reduzida, embora dependa dos meios operacionais disponíveis, da intensidade e largura da frente de fogo (<http://www.prociiv.pt/pt-pt/Paginas/default.aspx>).

Para um incêndio florestal é importante conhecer as características do terreno, a carga térmica, o evoluir das condições meteorológicas, ou seja, é importante avaliar os fatores que condicionam o seu desenvolvimento no terreno.

As coordenadas geográficas de Portugal (aproximadamente uma latitude de  $40^\circ\text{N}$  e uma longitude de  $8^\circ\text{W}$ ) permitem usar um método de diagnóstico para avaliar a intensidade e rumo do vento, designado de vento geostrofico. A partir das cartas meteorológicas à superfície será possível, de uma maneira simples e rápida, conhecer a orientação do vento, a sua origem, o seu sentido e a sua intensidade usando os centros de baixa (ciclones) e de alta pressão (anticiclones), as linhas que indicam uma mesma pressão (linhas isobáricas), a distância entre linhas isobáricas, a massa volúmica do ar, a temperatura do ar e a pressão do local. Nestes termos, para se prever o estado do tempo é fundamental saber como se comporta e circula o ar à escala sinóptica (McIntosh e Thom, 1981; Holton, 2004). Na meteorologia sinóptica, procura-se por um processo de comparação, análise e síntese do resultado

das observações, executadas numa rede de estações meteorológicas, identificar e caracterizar as principais “entidades” meteorológicas e prever a sua evolução. O método sinóptico é “*sui generis*” no domínio das ciências, porque consiste fundamentalmente, na recolha dos resultados das observações executadas nas diferentes estações no mesmo momento (horas sinópticas).

É sabido que a pressão atmosférica diminui com a altitude, mas à superfície também se registam variações de pressão atmosférica em torno de um valor médio de cerca de 1013mbar ou 1013hPa. Estas variações de pressão à superfície ocorrem devido ao aquecimento desigual da superfície terrestre (McIntosh e Thom, 1981; Salby, 1995).

Um anticiclone é um sistema de isóbaras fechadas em que a pressão atmosférica diminui do centro para a periferia, em todas as direções e é representado pela letra A (de alta) ou H (de High). Uma depressão é um sistema de isóbaras fechadas em que a pressão atmosférica aumenta do centro para a periferia, em todas as direções e é representada pela letra B (de baixa) ou L (de Low). A atmosfera tentará repor valores de pressão iguais quando ocorrem diferenças de pressão. Como consequência haverá movimento de ar proveniente de um anticiclone em direção a um ciclone (fig. 1).

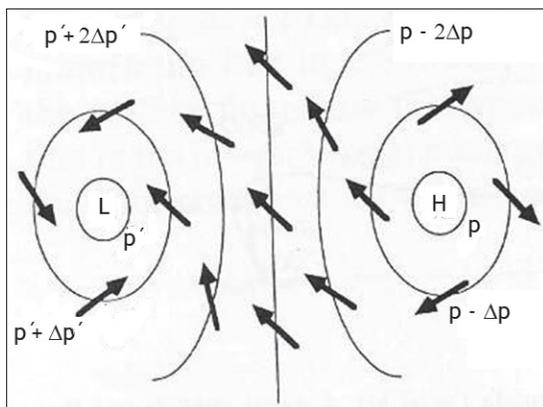


Fig. 1 - Movimento do ar das altas para as baixas pressões (Fonte: adaptado de Holton, 2004).

Fig.1 - Air movement from high to low pressures (Source: adapted from Holton, 2004).

Conforme indica e se mostra na fig. 1 num centro de baixa pressão ocorre convergência no movimento do ar (é o exemplo da queima de amontoados de sobranes florestais, a fonte quente devido ao fogo que se regista à superfície provoca ascensão do ar e conseqüente convergência do ar ao nível da queima, devido ao desigual aquecimento gerar diferenças massas volúmicas para diferentes temperaturas do ar). À medida que o ar aquecido ascende e devido ao seu arrefecimento ocorre divergência para os centros de alta pressão. Consultar

as cartas meteorológicas e prever a intensidade, direção e sentido do vento para o local são importantes para se fazer a prevenção da orientação de lançamento de projéteis incendiários.

Um exemplo real da convergência do ar junto a uma queima e a ascensão devido à diferença de valores do gradiente de pressão gerado e ao gradiente de temperaturas é mostrado na fig. 2. Na figura são indicadas as correntes de ar na convergência.



Fig. 2 - Exemplo de queima descontrolada mostrando correntes convergentes do ar.

Fig. 2 - Example of uncontrolled burning showing converging air currents.

A aproximação geostrófica é válida para escalas sinóptica nas latitudes extratropicais. Dado na expressão (5) da aproximação geostrófica não aparecer a variável tempo, esta não permite prever a evolução do campo da velocidade. Assim, a distribuição do vento geostrófico depende essencialmente da distribuição da pressão ao longo da horizontal (o parâmetro de Coriolis varia com a latitude e a massa volúmica varia muito pouco ao longo da horizontal). O modelo simplificado para a aproximação geostrófica é uma boa aproximação do movimento horizontal real do ar e permite escrever

$$v_g \approx \Delta p / (pf\Delta n) \quad (5)$$

em que  $v_g$  representa a intensidade do vento,  $\Delta n$  o afastamento entre duas isobáricas correspondentes à variação  $\Delta p$  da pressão (entre duas isobáricas contíguas),  $f$  o parâmetro de Coriolis, que é determinado por  $f = 2\Omega \sin(\varphi)$ , com  $\Omega$  a representar a velocidade angular da Terra e  $\varphi$  a latitude do local. O parâmetro de Coriolis é superior a zero (positivo) no Hemisfério Norte e para estudar a intensidade ou módulo do vento geostrófico pode admitir-se, com boa aproximação, que localmente a massa volúmica e o parâmetro de Coriolis pouco variam (Holton, 2004).

Podem ser retiradas algumas conclusões que estão em concordância com as regras enunciadas pela lei de Buys

Ballot: o vento geostrófico é inversamente proporcional ao afastamento das isóbaras; para a mesma razão ( $\Delta p/\Delta n$ ) o vento geostrófico é mais forte nas latitudes baixas do que nas latitudes altas; para a mesma latitude e com o mesmo valor de  $\Delta p/\Delta n$ , o vento geostrófico será inversamente proporcional à massa volúmica do ar, ou seja, diretamente proporcional à temperatura.

O vento real pode estar exatamente em movimento geostrófico, somente se os contornos de altura forem paralelos aos círculos de latitude. O vento geostrófico é, geralmente, uma boa aproximação do vento real nos distúrbios extratropicais de escala sinóptica. No entanto, é ressaltar que em cada caso de estudo deve-se avaliar esta afirmação.

O rumo do vento pode ser facilmente identificado e a fig.3 sugere a direção e sentido para o exemplo considerado.

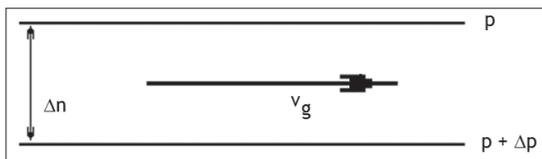


Fig. 3 - Vento geostrófico: entre duas isobáricas contíguas numa carta meteorológica.

Fig. 3 - Geostrophic wind: between two contiguous isobars on a weather chart.

A fig. 3 mostra que o rumo do vento acompanha a linha de maior pressão. No entanto, salienta-se que, devido à presença indubitável da força de atrito e da força de Coriolis, a direção e sentido do vetor rodam ligeiramente para a linha isobárica de menor pressão, como mostra a fig. 1.

Um operacional no combate a incêndio, usando meios sapadores (é o exemplo típico na queima de sobranes florestais e agrícolas), deve dar atenção à propagação da frente das chamas tendo por alicerce a direção e o sentido do vento (Talaia, 2018). É a diferente potência calorimétrica da vegetação e a sua densidade na cobertura do solo que originam os centros de baixa pressão originando fortes correntes de ar imprevistas, cuja intensidade depende do gradiente de temperaturas gerado no cenário do incêndio (Holton, 2004).

Quando a temperatura do meio circundante ao ser humano regista um valor superior à temperatura da pele, o corpo humano ganha energia sob a forma de calor, sendo o processo de evaporação o único meio de diminuir a temperatura corporal, através da termorregulação através da sudação (Vogelaere e Pereira, 2005). Esta problemática é importante conhecer de modo que o corpo humano tenha termorregulação na taxa de sudação preventiva face a água ingerida.

O corpo humano absorve parte da energia que é intersetada pela sua superfície exposta que é condicionada pelo albedo (fração de energia refletida pela superfície intersetada). A energia que é absorvida pela superfície externa corporal provoca um aumento da temperatura interna do corpo, por aplicação direta da lei de Stefan-Boltzmann (McIntosh e Thom, 1981; Salby, 1995; IQBal, 1983). O corpo humano é maioritariamente constituído por água e a água funciona como um reservatório de calor, pois demora muito tempo a aumentar a temperatura, mas também demora muito tempo a arrefecer.

Se for assumido que a percentagem de água é de 70 % para um ser humano com 75 kg de massa, facilmente se prevê que a capacidade térmica mássica ponderada do corpo humano é de  $1400 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$  (Talaia e Ventura, 2010). Assim, a quantidade de energia sob a forma de calor é avaliada através da expressão

$$Q/\Delta T = \sum m_i c_i \quad Q/\Delta T = m_{\text{H}_2\text{O}} c_{\text{H}_2\text{O}} + m_{\text{tecidos}} c_{\text{tecidos}} \quad (6)$$

em que  $Q$  representa o calor envolvido (J),  $\Delta T$  a diferença de temperaturas envolvidas ( $^\circ\text{C}$ ),  $m_i$  a massa do elemento  $i$  (kg) e  $c_i$  a capacidade térmica do elemento  $i$  ( $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ ).

Nas condições indicadas, o valor para  $Q/\Delta T$  é de cerca de  $251 \text{ kJ} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ . Para uma pessoa adulta que tenha problemas de transpiração, o significado físico deste valor, é de que um aumento da temperatura interna do corpo humano de  $1^\circ \text{C}$  gera 251 kJ de energia que deve ser dissipada [pode-se considerar golpe de calor, se houver uma diferença de temperatura significativa como mostraram Talaia e Ferreira (2010)]. Estes autores mostraram, ainda, que é possível concluir que num intervalo de tempo de cerca de 42s é registado um aumento da temperatura interior do corpo humano de cerca de  $1^\circ \text{C}$ .

As roupas devem ser confeccionadas com alguma “folga” de modo a permitirem a formação de correntes de convecção e estas serem capazes de acelerar a taxa de evaporação (devida à transpiração) e o consequente arrefecimento (Eskinazi, 1975; Moran *et al.*, 2020).

A necessidade de água presente no organismo do ser humano para compensar a taxa de evaporação pode ser avaliada através de dois fatores: devido à frente de fogo que afeta o metabolismo e devido às características do meio envolvente que definem a potência envolvida de energia. Talaia e Ferreira (2010) mostraram que é possível determinar a necessidade de água por hora para a termorregulação de equilíbrio do ser humano face a condições de stress térmico quente, a partir da expressão:

$$V/\Delta t = P/(\rho L) \quad (7)$$

resultando numa necessidade de 0,96L de água por hora para equilibrar a perda de água.

Quer para uma queima de amontoados de sobranes florestais quer para incêndio florestal é determinante

avaliar a quantidade de água necessária para o operacional, adotar estratégias de combate e defesa para o corpo físico evitando riscos imprevisíveis de insolação e de desidratação.

### Metodologia

Foram realizados questionários através de entrevista a uma amostra de residentes em aldeia e que têm vivenciado não só experiências de queima de amontoados de sobrantes florestais e agrícola e de incêndios florestais. Neste estudo procede-se à extração de uma amostra da população da aldeia, ou seja, um conjunto de unidades, numa porção do total, que represente a conduta da população no seu conjunto (Pardal e Lopes, 2011). Assim, a população é o conjunto de todos os indivíduos que tem uma ou mais características comuns, e que se encontram num espaço ou território conhecido.

A amostra é, considerada, não-probabilística, uma vez que, e segundo Carmo e Ferreira (1988) e Huot (2002), nas amostras não-probabilísticas os vários elementos da população não possuem a mesma probabilidade de fazer parte da amostra e, por isso, o investigador não tem uma ideia do erro que pode estar a introduzir nas suas apreciações. É um método de carácter pragmático ou intuitivo e largamente utilizado, pois possibilita um estudo mais rápido e menos dispendioso. Um claro inconveniente deste método é o facto da inclusão de um elemento da população na amostra ser determinada por um critério subjetivo, normalmente uma opinião pessoal. Um outro inconveniente é que existem elementos da população que não têm possibilidade de ser escolhido.

A entrevista, do ponto de vista do método, é uma forma específica de interação que tem como objetivo recolher dados para uma investigação. A vantagem essencial da entrevista reside no facto de serem os próprios atores quem proporcionam os dados relativos às suas condutas, opiniões, desejos, atitudes e expectativas. Por existir total liberdade para formular as perguntas, está-se perante uma entrevista não estruturada ou não formalizada, ou seja não se orientam, por nenhum questionário ou guião, apenas se discutem os assuntos com um certo grau de espontaneidade (Carmo e Ferreira, 1988; Cohen *et al.*, 2010). Pelo contrário, as entrevistas estruturadas desenrolam-se com base numa lista fixa de perguntas, cuja ordem e redação permanece orientada. A sua maior desvantagem é limitar a entrada de dados que podiam surgir da lista de perguntas. As entrevistas semiestruturadas têm uma grande vantagem, pois reúnem características dos dois tipos de entrevistas anteriores. São orientadas por uma lista de perguntas ou itens a abordar na entrevista, mas que deixa abertura para outras perguntas que se considerem pertinentes consoante o desenrolar da entrevista. Tendo por base o que se acaba de relatar optou-se, neste estudo por escolher a entrevistas semiestruturada.

A partir de um exemplo de queima de amontoados de sobrantes florestais, de parâmetros meteorológicos, de cartas meteorológicas, de informação de risco de incêndio pelo IPMA-Instituto Português do Mar e da Atmosfera (<https://www.ipma.pt/pt/index.html>), foi construído um algoritmo para prever, no início do “nascido do Sol”, a existência de vapor de água condensado nas superfícies (ramos, folhas e ervas). É também apresentada uma necessidade de água a ingerir pelos operacionais da queima, e é apresentada uma proposta de melhoria a ser sugerida para a formação de cidadania e para a educação escolar, na área da formação no que respeita aos itens que condicionam a preparação e a prevenção para a queima de amontoados.

### Resultados obtidos e sua discussão

#### *Análise quantitativa e qualitativa do resultado dos questionários e entrevistas*

O questionário / entrevista incluía algumas questões para avaliar que estratégias eram usadas, por um público residente em aldeia, para a queima de amontoados de sobrantes florestais, em quintais e zona florestal. Algumas questões colocadas são enumeradas: (A) Sabe o que é a queima de amontoados de sobrantes florestais; (B) Já realizou alguma queima; (C) Que cuidados tem adotado; (D) Tem conhecimento que há um enquadramento legal; (E) Tendo por base a aldeia ser rodeada por eucaliptos o que aconselha como estratégia de proteção.

No geral, os 15 entrevistados, 53,3 % do género feminino, com uma média de idades de 63,4±13,1 anos têm algum conhecimento acerca da queima e cuidados a ter, a título pessoal, pois possuem quintais ou terras com floresta de eucaliptos.

Mostram-se as respostas, em percentagem, às questões fechadas (A), (B) e (D). As colunas a cor verde significam o conhecimento dos entrevistados face à questão colocada. No geral pode-se afirmar que mais de 50 % dos entrevistados tem conhecimentos na queima de amontoados (fig. 4).

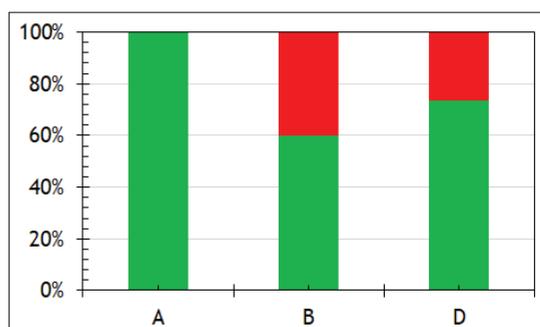


Fig. 4 - Questões (A), (B) e (D) do questionário/entrevistas.

Fig. 4 - Questions (A), (B) and (D) from the questionnaire/interviews.

Mostram-se também as respostas, em percentagem, à questão aberta (C). As colunas a cor amarela significam a informação dada pelos entrevistados (fig. 5).

No geral, pode-se afirmar, sem generalizar, que apenas houve registos superiores a 50 % em 5 itens, o que sugere uma falta de conhecimentos para uma queima de amontoados sem riscos.

Indicamos os registos, coluna de cor verde, para a questão (E), em que os entrevistados mostram preocupações para uma segurança preventiva, sugerem soluções e, inequivocamente, consideram que devia ser importante, a cada ano, assistirem à uma formação, de como fazer uma queimada, pela proteção civil na e para a aldeia (fig. 6).

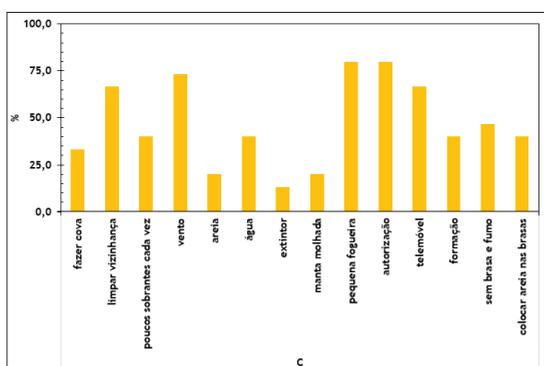


Fig. 5 - Questão (C) do questionário/entrevistas.

Fig. 5 - Question (C) from the questionnaire/interviews.

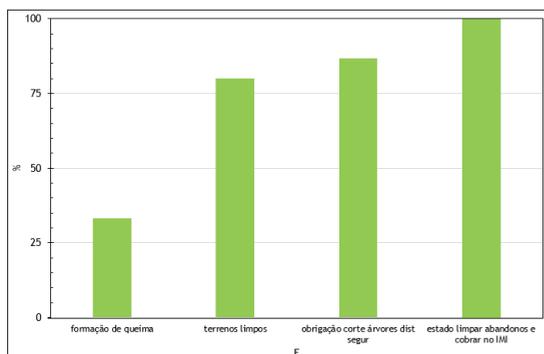


Fig. 6 - Questão (E) do questionário/entrevistas.

Fig. 6 - Question (E) from the questionnaire/interviews.

Resumindo, no geral, são indicadas as seguintes recomendações: importante fazer uma cova ou desnível na terra e proteger com uma zona limpa de vegetação à volta de cerca de 2m de segurança; ter em atenção que devem ser usados poucos sobranes de cada vez de modo a evitar lançamento de projeteis incendiados; dar atenção à intensidade do vento; ter um balde de areia e de água; ter um extintor; usando extintor ter em atenção que gera corrente de ar capaz de ativar

mais o fogo por gerar corrente do ar; ter uma manta de pano molhada para abafamento; fazer sempre pequenas fogueiras; dar atenção às condições atmosféricas; fazer limpeza duas vezes ao ano; acautelar eventuais riscos pois não é suficiente ter autorização via documento; ter telemóvel com todos os contactos de emergência; seria oportuno haver demonstração real, como formação, da metodologia para a queima em segurança de amontoados pela proteção civil e na aldeia, uma vez por ano; dar atenção que o local deve ser abandonado sem brasas e fumo, colocando a areia sobre a cama da queima.

As sugestões dos entrevistados permitiram complementar e dar alicerce mais cuidado à informação da queima de amontoados de sobranes florestais (<https://fogos.icnf.pt/queimasqueimadas/>).

*Condições atmosféricas para um dia de queima de amontoados de sobranes florestais - exemplo:*

Decidido o dia para a queima de amontoados de sobranes florestais, deve haver cuidado de consultar sítios que indicam a previsão do estado do tempo atmosférico para o local da queimada (<https://www.ipma.pt/pt/index.html>) na pasta do tempo e na pasta fogos rurais e <https://www.tempo.pt/>). A hora do “nascer do Sol” é importante para conhecer a temperatura mínima do dia assim como conhecer a hora da primeira luz. Nestes sítios da internet podem ser descarregadas figuras informativas das condições atmosféricas para análise e conhecimento do estado do tempo previsto.

Registou-se para o dia escolhido para a tarefa da queima de amontoados de sobranes florestais a hora do “nascer do Sol” de 6h27 e a temperatura do ar nas primeiras horas prevista, ou seja, 14 °C às 7h00, 15 °C às 8h00 e 18 °C às 9h00 (fig. 7).



Fig. 7 - Previsão temperaturas do ar para o local (Fonte: adaptado de <https://www.accuweather.com/>).

Fig. 7 - Air temperatures forecast for the locality (Source: adapted from <https://www.accuweather.com/>).

No local, com coordenadas geográficas aproximadas de latitude 40° 40' 26" N e de longitude 8° 27' 11" W, para a queima já estavam preparados os amontoados

para um fogo controlado (de pequena dimensão). As informações do IPMA (Instituto Português do Mar e da Atmosfera) e do sítio <https://www.tempo.pt/> permitem registar informação importante para tomada de decisão e melhorar estratégia para uma queima em segurança.

Mostramos as classes de risco de incêndio florestal para a queima de amontoados para o dia escolhido (fig. 8).

Restrições FORA do PERÍODO CRÍTICO associadas à Classe de Risco de Incêndio Florestal	Reduzido	Moderado	Elevado	Muito Elevado	Máximo
Não pode fazer queimadas extensivas.					
Pode fazer queimadas extensivas. Obrigatório obter autorização da Câmara Municipal ou Junta de Freguesia.					
Não pode fazer queimas de amontoados.					
Pode fazer queimas de amontoados.					
O uso de fogareiros e grelhadores é proibido em todo o espaço rural, salvo se usados fora das zonas críticas e nos locais devidamente autorizados para o efeito.					
É permitido o uso de fogareiros e grelhadores em locais devidamente autorizados para o efeito					
É proibido fumar ou desinfectar em apiários exceto se os fumigadores tiverem dispositivos de retenção de fálulas.					
É proibido o lançamento de balões de mecha acesa e de foguetes. O uso de fogo-de-artifício só é permitido com autorização da Câmara Municipal.					

Fig. 8 - Classes de risco de incêndio para a queima de amontoados (Fonte: <https://www.ipma.pt/pt/>).

Fig. 8 - Fire risk classes for burning forest litter (Source: <https://www.ipma.pt/pt/>).

A complementar a informação para as condições meteorológicas retirou-se outra imagem onde se mostra a previsão para o local do risco de incêndio florestal, como reduzido (fig. 9).

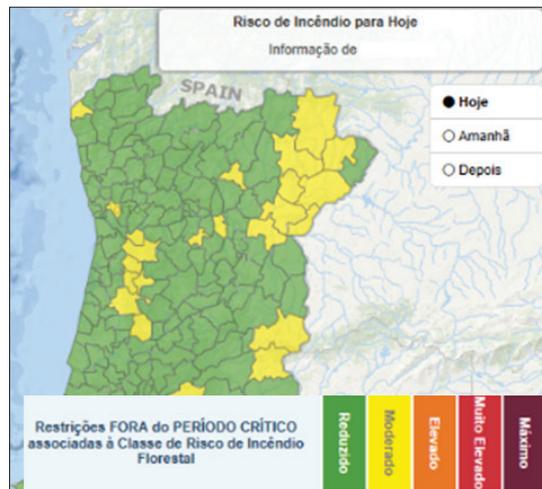


Fig. 9 - Previsão para o local do risco de incêndio florestal (Fonte: adaptado de <https://www.ipma.pt/pt/otempo/>).

Fig. 9 - Forecast for localities at risk of forest fires (Source: adapted from <https://www.ipma.pt/pt/otempo/>).

A informação do IPMA para o dia da queima indicava que era permitido fazer queima de amontoados (no que concerne ao risco reduzido, moderado e elevado). A carta meteorológica do IPMA para o dia da tarefa e para as 12h00 indicava que não se esperava registo de vento intenso dada a zona estar sob a influência do Anticiclone dos Açores (fig. 10).

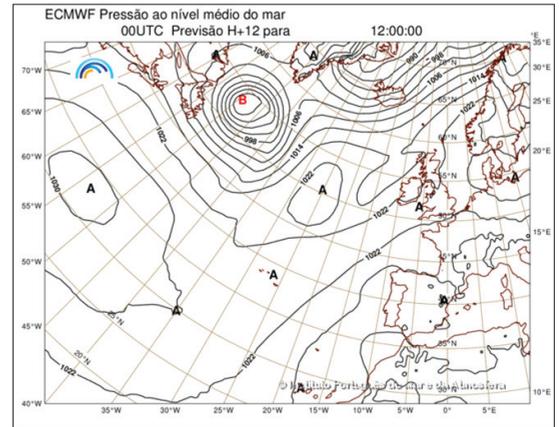


Fig. 10 - Carta meteorológica

(Fonte: <https://www.ipma.pt/pt/otempo/prev.numerica/>).

Fig.10 - Weather chart

(Source: <https://www.ipma.pt/pt/otempo/prev.numerica/>).

A partir das expressões de (1) à (4) e através de manipulações matemáticas que dependem dos parâmetros meteorológicos registados, foi desenvolvido um algoritmo para prever se há presença nas superfícies de vapor de água condensado. A fig. 11 mostra, nas condições atmosféricas para cerca das 7h00, os valores previstos para o local.

Ta	U	Tmin
14,5	75,0	7,9
°C	%	°C
<b>Vapor de água condensado</b>		
1,30 g/m3		

Fig. 11 - Algoritmo para cálculo da massa de água se houver condições atmosféricas.

Fig. 11 - Algorithm for calculating the mass of water if there are appropriate atmospheric conditions.

Dado o valor determinado e previsto ser positivo, sugere a formação de orvalho nas superfícies, com 1,30g/m<sup>3</sup> de vapor de água condensado por cada m<sup>3</sup> de ar húmido o que torna a vegetação húmida. A observação no local mostrou essa situação do combustível estar húmido e reconheceu-se estarem criadas as condições para fazer a queima de amontoados de sobranes florestais a partir das 6h30.

Neste trabalho a queima foi alimentada durante cerca de uma hora e fez-se, a seguir, o controlo da queima até ficar sem chama, sem fumo e em cinza. A intensidade do vento era cerca de 5 km/h [valor avaliado a partir das linhas isobáricas indicadas na fig. 10 e da aplicação da expressão (5)]. As brasas existentes foram controladas e colocadas na zona central da fogueira resguardando um perímetro de segurança da zona com cinzas numa faixa mínima de 3m em toda volta da zona de queima.

A necessidade de água para hidratar cada operacional foi baseada no valor determinado pela aplicação da expressão (7).

*Proposta de formação na educação escolar para a queima de amontoados de sobranes florestais:*

Face a algumas notícias que são comunicadas pelos meios de comunicação (imprensa, TV e rádio) acerca de riscos e consequências dramáticas que se originam na queima de amontoados, considerou-se importante descrever como preparar um local, decidir o dia e a hora (sempre muito próxima do “nascer do sol”) para a queima de amontoados de sobranes florestais ou agrícolas.

As entrevistas realizadas mostraram a importância de haver uma clarificação mais detalhada de como fazer uma queima com mais segurança para evitar riscos imprevistos. Ter uma estratégia adequada e defensiva é um alicerce para evitar riscos imprevistos.

Nestas circunstâncias apresenta-se uma proposta que pode ser implementada uma vez por ano civil, por exemplo pela proteção civil, como formação de pessoas, em aldeia, que possuem terrenos florestais ou agrícolas e como formação da cidadania através de uma educação escolar, em que alunos de escola podiam assistir como formação escolar e familiar pois, no geral, a maioria dos jovens têm contacto com as zonas rurais.

Os itens a ter em consideração para uma queima com segurança e defensiva são a seguir propostos e mencionados:

- Fazer a queima de amontoados de sobranes de sobranes florestais no “nascer do sol” de modo a ser realizada próxima ao registo da temperatura mínima do ar e as condições atmosféricas de uma massa de ar mais fresca;
- Estudar as condições termohigrométricas e existência de vento para o local da queima (um algoritmo desenvolvido permite conhecer a quantidade de vapor de água condensado, em grama de vapor de água condensado por cada m<sup>3</sup> de ar, a partir da introdução na folha de cálculo dos valores previstos para a temperatura do ar, a humidade relativa do ar e a temperatura mínima do ar. Valor positivo para a densidade absoluta indicado, na folha de cálculo, sugere a formação de orvalho nas superfícies.

- Verificar os Riscos de Incêndio na página de internet do ICNF, do IPMA (<http://www2.icnf.pt/portal/florestas/dfci/risco-temporal-de-incendio>) se há previsão de autorização;
- Marcar presencialmente ou via internet nas entidades oficiais, o local, dia e horas para a o uso de fogo para eliminação de sobranes florestais ou agrícola como podas de vinhas, de oliveiras, entre outros, cortados e amontoados de sobranes florestais;
- Verificar no dia marcado se o nível de risco se mantém através da Internet (<http://www2.icnf.pt/portal/florestas/dfci/risco-temporal-de-incendio>);
- Assumir a hora do “nascer do Sol” para o início para a queima devido ao menor o risco de incêndio;
- Verificar se a previsão que considerou mostra a zona envolvente húmida (do local) devido à condensação do vapor de água (determinado pela diferença da temperatura mínima e da temperatura do ponto de orvalho). Esta situação impede que haja ignições com risco de incêndio;
- Criar as condições necessárias no local para a realização da queima, ou seja, materiais devidamente posicionados;
- Preparar, se possível, a zona da queima com desnível de cerca de 10 cm de profundidade, e colocar a terra retirada resguardada para possível utilização de emergência;
- Com motoroçadora ou enxada fazer um corte de vegetação à volta do recinto para a queima (tipicamente será um retângulo de acordo com o tamanho dos sobranes) com faixa de pelo menos 10m de limpeza à toda a volta;
- Preparar os sobranes de modo a ser levados facilmente para a zona de fogo, em pequenas cargas;
- Manter atenção de não colocar mais sobranes do que a destreza motora da pessoa que vai alimentar a queima pois pode elevar a altura da chama do fogo com a possibilidade de gerar intensas correntes de ar que podem começar a lançar projeteis incandescentes e incendiados;
- Considerar não ultrapassar uma altura na queima de amontoados superior ao nível da cintura da pessoa que vai alimentar a queima;
- Dispor de extintor e baldes com água para controlar qualquer imprevisto;
- Levar meios sapadores como por exemplo enxadas, encinhos, machados e outros;
- Levar por cada interveniente pelo menos 1,5L de água potável, para cada uma queima de aproximadamente uma hora;
- Gravar no telemóvel os contactos de urgência e verificar antes da queima se há rede de comunicações no local;

- Ter no local um mínimo de três pessoas, contando com o requerente;
- Levar luvas apropriadas e três toalhas molhadas;
- Levar duas mantas molhadas para serem usadas em caso imprevisto para abafamento;
- Ter atenção que a queima deve ser controlada por uma pessoa e as outras duas dispostas no terreno a alguma distância para fazerem abafamento imediato de qualquer projétil incendiado que possa facilitar novas ignições;
- Comunicar aos bombeiros que vai realizar a queima de amontoados e informar do pedido e do local;
- Ter no local o documento de autorização legal;
- Realizar a queima de amontoados durante apenas uma hora usando as duas próximas horas para assegurar que o local fica sem perigo de reacendimento, numa extensão à volta da zona de queima, de 3 m;
- Deixar o local apenas quando não houver fumo ou chama, reorganizando algumas brasas para o centro do recinto de queima;
- Lançar no final da tarefa a água e a terra sobre o local da queima para assegurar que não surgirá reacendimento;
- Deixar o local sem fumo, sem nada a arder, com cinzas e um perímetro de segurança;

Esta realização deverá ser demonstrada para uma melhor aprendizagem e para uma cidadania para evitar risco imprevisto de incêndio. Se eventualmente e posteriormente, na zona da queima, ocorrer um incêndio pode indiciar que poderá ter sido fogo posto.

### Considerações finais

Este trabalho mostra que a queima de amontoados de sobranes florestais é uma tarefa de grande responsabilidade que requer conhecimentos de meteorologia e que condicione estratégia de segurança.

Foram apresentados vetores para o risco de fogo em amontoados de sobranes florestais e um algoritmo foi desenvolvido para prever a formação de orvalho a partir dos dados disponíveis na Internet do IPMA. O estudo mostra diferentes imagens capazes de complementar a ajuda para minimizar riscos imprevistos, como por exemplo previsão da temperatura do ar para o local da queima; classes de risco de incêndio para a queima de amontoados; previsão para o local do risco de incêndio florestal; carta meteorológica para avaliar a intensidade do vento e seu rumo.

Entrevistas realizadas a uma pequena amostra de residentes de aldeia mostrou que a adoção da metodologia apresentada, neste estudo, é relevante para a formação de fazer queima de amontoados de sobranes florestais.

Uma proposta é apresentada como estratégia para a preparação do local para a queima de amontoados de sobranes florestais, com segurança, evitando o risco de incêndio, quer para residentes de aldeia que mostrem ter esta necessidade em terrenos urbanos, quer para a formação de cidadãos em contexto escolar e na área da cidadania na educação escolar.

### Agradecimentos

O autor agradece as sugestões dos revisores na melhoria do artigo científico e por ser trabalho financiado por Fundos Nacionais através da FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito do projeto UIDB/00194/2020 (CIDTFF).

### Referências bibliográficas

- Ahrens, C. D. (2012). *Essentials of Meteorology: An Invitation to the Atmosphere*. Sixth Edition Brooks/Cole, Cengage Learning, Belmont, USA.
- Ahrens, C. D. e Henson, R. (2019). *Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment*, 13 Edition Brooks/Cole, Cengage Learning, Belmont, USA.
- Cohen, L., Manion, L. e Morrison, K. (2010). *Research Methods in Education* (6a edição). New York: Routledge.
- Carmo, H. e Ferreira, M. M. (1988). *Metodologias de investigação*. Lisboa: Universidade Aberta.
- Eskinazi, S. (1975). *Fluid Mechanics and Thermodynamics of our environment*. Academic Press Inc, New York.
- Guerra, A. M., Coelho, J. A. E Leitão, R. E. (2006). *Fenomenologia da combustão e extintores. Coleção Manual de Formação Inicial do Bombeiro*, vol. VII. Edição Escola Nacional de Bombeiros. Gráfica Europam, Lda, Sintra.
- Holton, J. R. (2004). *An Introduction to dynamic meteorology*. International Geophysics Series, vol. 88. Elsevier Academic Press, Fourth Edition. San Diego - California, USA.
- Huot, R. (2002). *Métodos Quantitativos para Ciências Humanas*. Lisboa: Instituto Piaget, Col. Epistemologia e Sociedade.
- Iribarne, J. V. e Cho, H. R. (1980). *Atmospheric physics*. R. Reidel Publishing Company, Dordrecht.
- Iribarne, J. V. e Godson, W. L. (1981). *Atmospheric thermodynamics, Geophysics and Astrophysics Monographs*, vol 6, R. Reidel Publishing Company, London.
- IQBal, M. (1983). *An introduction to solar radiation*, Academic Press, Ontario.

- McIntosh, D. H. e Thom, A. S. (1981). *Essentials of meteorology*, the Wykeham Sciences Series, Taylor and Francis, Ltd, London.
- Moran, M. J., Shapiro, H. N., Boettner, D. D. e Bailey, M. B. (2020). *Fundamentals of Engineering Thermodynamics*. Editor John Wiley & Sons, Inc.
- Pardal, L., e Lopes, E. S. (2011). *Métodos e Técnicas de Investigação Social*. Porto: Areal Editores.
- Salby, M. L. (1995). *Fundamentals of atmospheric physics*, vol 61 in the International Geophysics Series, Edited by Renata Dmowska and James R. Holton, Academic Press, Inc., London.
- Talaia, M. e Ferreira, V. (2010). Stress Térmico na Frente de Fogo no Combate a Incêndio Florestal: Avaliação de Risco. *Territorium - Revista da Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança*, n.º 17
- "Riscos, Sociedade(s) e Segurança" ISSN: 0872-8941, Coimbra, 85-93.  
DOI: [https://doi.org/10.14195/1647-7723\\_17\\_8](https://doi.org/10.14195/1647-7723_17_8)
- Talaia, M. (2018). *Metabolismo e consumo de oxigénio numa perspetiva da educação para o risco. Educação para a Redução dos Riscos*. Estudos Cindínicos. Editor: RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança, Coords. Luciano Lourenço e Fátima Castro, ISBN 978-989-54295-0-9 e ISBN Digital 978-989-54295-1-6, 177-193.  
DOI: [https://doi.org/10.34037/978-989-54295-1-6\\_2\\_9](https://doi.org/10.34037/978-989-54295-1-6_2_9)
- Vilelas, J. (2009). *Investigação: O processo de construção do conhecimento*. Lisboa: Edições Sílabo.
- Vogelaere, P. e Pereira, C. (2005). Termorregulação e Envelhecimento. *Revista Portuguesa Cardiologia*, 24 (5):747-761.



RISCOS



ANÁLISE DA EXPOSIÇÃO DOS PARTICIPANTES EM EVENTOS *TRAIL-RUNNING* AO RISCO DE INCÊNDIO RURAL:  
CONTRIBUTOS PARA O PLANEAMENTO DE SEGURANÇA\*

ANALYSING THE EXPOSURE OF PARTICIPANTS IN *TRAIL-RUNNING* EVENTS TO WILDFIRE RISK:  
CONTRIBUTIONS FOR SAFETY PLANNING

José António Gonçalves

Universidade Lusófona do Porto

Faculdade de Ciências Naturais, Engenharias e Tecnologias, Proteção Civil (Portugal)

ORCID [0000-0001-7470-9571](https://orcid.org/0000-0001-7470-9571) [gyngco@gmail.com](mailto:gyngco@gmail.com)

Xavier Romão

Universidade Lusófona do Porto

Faculdade de Engenharia, Departamento de Engenharia Civil (Portugal)

ORCID [0000-0002-2372-6440](https://orcid.org/0000-0002-2372-6440) [xnr@fe.up.pt](mailto:xnr@fe.up.pt)

RESUMO

A caducidade do modelo económico rural, o conseqüente abandono das atividades a ele associadas e a migração das correspondentes populações, levaram ao crescente acumular de carga combustível favorável ao desenvolvimento de incêndios rurais (IR). Adicionalmente, estudos recentes sobre as possíveis conseqüências das alterações climáticas mostram existir uma tendência para o aumento da intensidade e dos impactos decorrentes dos incêndios rurais. Estes fatores, conjugados com o aumento da prática de atividades *outdoor* onde ele é mais crítico, resultam num aumento da exposição de pessoas ao risco de incêndio em ambiente rural. Neste contexto, propõe-se um indicador associado a uma matriz que avalia o Contexto de Exposição ao Risco (CER) de incêndio rural a que os praticantes de *Trail-Running* (TR) estão sujeitos. A metodologia proposta é aplicada a várias provas realizadas em Portugal continental de modo a ilustrar as suas potencialidades. Com base nas conseqüências previstas para um determinado nível de CER, são sugeridas medidas para mitigar os impactos da eventual ocorrência de um incêndio rural durante uma prova de TR. Atendendo à sua simplicidade, o indicador proposto é uma ferramenta útil para a gestão do risco de incêndio rural em provas de TR e é compatível com os condicionamentos legais recentemente vertidos em diploma legal.

**Palavras-chave:** Desporto, natureza, exposição ao risco, incêndio rural.

ABSTRACT

The end of the rural economic model, the consequent abandonment of its related activities and the migration of the corresponding population, led to a growing accumulation of fuel load that favours the development of rural fires. Furthermore, recent studies about the possible consequences of climate change show there is a tendency for the intensity and the impacts of rural fires to increase. These factors, combined with the rise in the practice of outdoor activities where fire hazard is more critical, have led to many more people being exposed to fire risk in rural environments. In this context, an indicator is proposed which is associated with a matrix that assesses the rural fire risk exposure context (CER) to which trail-running (TR) practitioners are subjected. The proposed methodology is applied to several TR events that took place in mainland Portugal to illustrate its potential. Based on the predicted consequences for a given level of CER, measures to mitigate the impacts of a possible rural fire during a TR event are also suggested. Given its simplicity, the proposed indicator is a useful tool to manage the risk of rural fires in TR events and is compatible with the legal constraints recently published in a piece of legislation.

**Keywords:** Sports, nature, risk exposure, rural fire.

\* O texto desta nota foi submetido em 02-10-2022, sujeito a revisão por pares a 03-10-2022 e aceite para publicação em 19-01-2023.

Este nota é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 30 (II), 2023, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

## Introdução

A prática de atividades *outdoor*, desenvolvidas em espaços florestais, rurais, ou na natureza, tem aumentado ao longo dos últimos anos atendendo aos vários benefícios que daí decorrem (Carvalhinho *et al.*, 2010; Morgado, 2015; Eigenschenk *et al.*, 2019). Por todo o mundo, as décadas mais recentes têm vindo a registar um crescimento exponencial da prática destas atividades, de e na natureza, inclusive ultrapassando o aumento da prática de outros desportos mais tradicionais (Melo *et al.*, 2020; Navarro, 2020). Contudo, o emergente surgimento destes desportos da natureza não parece ter sido objeto de estudos de avaliação do risco para os praticantes destes desportos, considerando a sua potencial exposição a perigos naturais que podem ter impactos significativos na sua segurança. Tradicionalmente, a preocupação com os riscos a que os participantes de atividades na natureza podem estar expostos tem sido centrada na possibilidade de ocorrerem riscos pessoais (e.g. ferimentos ou morte). Com base nas ocorrências registadas no período temporal de 2006-2015 Eiras *et al.* (2020), conduziram um processo de avaliação de risco, com respetivos mapas de suscetibilidade de queda e dos utilizadores se perderem nos trilhos do Parque Nacional Peneda-Gerês (PNPG). Outro há para os casos em que a atividade em si é vista como “extrema” (Monasterio e Mei-Dan 2008; Yupin (2012); Collins e Collins (2013); Brymer e Schweitzer 2017) e não pelo facto do ambiente em que ela ocorre poder ser a fonte desses riscos, designadamente e em concreto, os incêndios rurais (IR).

Do ponto de vista da regulamentação, também não existem referências claras à necessidade de atender a riscos causados pela ocorrência de perigos naturais (Fulbrook, 2005; Sontag e Roux, 2013; Keiter, 2021). Numa perspetiva mais assente no reconhecimento que a exposição destas atividades aos riscos naturais é uma realidade, Moyle *et al.* (2014) analisam a perceção dos participantes às medidas de contingência tomadas pelas organizações. Em virtude do exponencial aumento do turismo de aventura na natureza, dos riscos que lhe estão globalmente associados e da conseqüente segurança que deve ser garantida, Pereira (2019) aponta para a necessidade de haver uma certificação das atividades *outdoor*. Neste mesmo contexto, Fulbrook, J. (2005) analisa os riscos em geral e a negligência que, em termos legais, pode estar associada às atividades *outdoor*. Neves (2013) também trata o tema sob a perspetiva do turismo na natureza, focando a importância da gestão dos diversos riscos (decorrentes das próprias atividades ou externos) e os impactos potenciais para a segurança (*Safety* e *Security*), à semelhança de Neves e Zêzere (2014) que realçam a importância da comunicação para o risco e a necessidade de regulamentar as atividades. No caso português, a legislação associada aos desportos

de natureza é limitada. Vem referida nos diplomas legais dedicados ao turismo de natureza e está, em grande medida, desatualizada (Valente, 2019). No entanto, em 2021, no âmbito da segurança aos IRs, a publicação do Decreto-lei n.º 82/2021 estabeleceu um instrumento legal que permite proibir a realização destas atividades nalgumas situações mais críticas. Numa primeira análise, para o enquadramento legislativo destas atividades em Portugal, devemos ter em consideração, por um lado, a Lei de Bases da Atividade Física e do Desporto (Lei n.º 5/2007) e, por outro, a Lei de Bases de Proteção Civil. A primeira atribui toda a responsabilidade às federações desportivas, mas apenas e só em relação a provas ou manifestações desportivas que organizam (número 2 do Artigo 32º, Lei n.º 5/2007). A segunda permite enquadrar todas as restantes atividades *outdoor*, que são uma parte considerável, e que estão integradas no turismo de ar livre/turismo de natureza e aventura. Estas atividades são reguladas pelo Decreto-Lei n.º 108/2009 que estabelece as condições de exercício da atividade das empresas de animação turística e operadores marítimo-turísticos e do seu acesso à Rede Nacional de Áreas Protegidas (RNAP). Salienta-se, no entanto, que a atividade destas empresas em áreas fora da RNAP não se encontra regulada.

Por conseguinte, e face à ausência de enquadramento legal mais específico, é através da Lei de Bases de Proteção Civil, conjugada com o decreto-lei n.º 82/2021, que devemos enquadrar a proteção dos praticantes das atividades *outdoor*. O primeiro diploma atribui ao Estado e entidades particulares o objetivo de prevenir os riscos coletivos e a ocorrência de acidente grave ou de catástrofe deles resultante. O segundo, que estabelece o Sistema de Gestão Integrada de Fogos Rurais, no seu Artigo 68.º, condiciona as atividades em áreas prioritárias de prevenção e segurança, proibindo atividades quando o perigo de incêndio rural apresenta níveis muito elevado ou máximo.

A severidade dos IR é bem conhecida (Moreira *et al.*, 2010; OTI, 2019), em particular em Portugal (Colaço *et al.*, 2018; Castro Rego *et al.*, 2020; IPCC, 2021), cuja intensidade e frequência vêm aumentando, devido à acumulação de combustível que resulta do abandono rural que se regista há décadas (Ferreira, 2017). As alterações climáticas agravam ainda mais este fenómeno, que assume uma importância emergente na medida em que resulta num aumento do risco para as atividades que são realizadas na natureza, nomeadamente na época do ano mais crítica. Neste contexto, salienta-se que as projeções do Joint Research Centre da União Europeia estimam tendências amplamente crescentes de área ardida em cenários de alterações climáticas, com conseqüências catastróficas e fortes probabilidades de causar mais dano no futuro (Costa *et al.*, 2020). Simultaneamente, o sexto relatório do Painel

Intergovernamental para as Alterações Climáticas (sigla inglesa, IPPC) (Masson-Delmotte *et al.*, 2021) prevê, com alguma confiança, que as condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento de IRs se tornem mais prováveis no sul da Europa. Nos ecossistemas mediterrânicos, o relatório prevê ainda um aumento da severidade destes fenómenos e o alargamento da época em que ocorrem. Mais recentemente, um relatório do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (ONU, 2022) aponta igualmente para um aumento global da gravidade e do impacto dos IRs, referindo um aumento gradual de 50 % no número de IRs até ao final do século. Com base nestes documentos, verifica-se que existe uma tendência clara para um aumento do perigo meteorológico/climático associado aos IRs e para um aumento da exposição das pessoas a esse perigo, por desenvolverem atividades onde ele é mais crítico. Esta crescente conjuntura de aumento do risco merece ser avaliada no domínio da Proteção Civil, desde o nível nacional ao local, com a necessária incorporação dos seus princípios fundamentais no planeamento prévio da organização dos eventos que decorrem na natureza. Neste contexto, a própria Agência para a Gestão Integrada de Fogos Rurais (AGIF), ciente deste problema, tem promovido ações, subordinadas ao tema da preparação, autoproteção e segurança face a IRs, para operadores de turismo na natureza (AGIF, 2021).

De entre as atividades desenvolvidas na natureza, o *Trail-Running* (TR) é particularmente relevante no que diz respeito à vulnerabilidade dos seus praticantes, considerando a grande quantidade de pessoas envolvidas na condição de apeadas, as longas distâncias percorridas, o número elevado de competições organizadas anualmente e o considerável desgaste físico a que estão submetidos os praticantes. Atendendo ao número limitado de estudos que analisam os riscos naturais decorrentes de atividades na natureza, tal como referido anteriormente, apenas o estudo de Silva (2021) aborda o contexto específico da vulnerabilidade dos atletas de TR em áreas com potencial risco de incêndio. Este estudo analisa um caso de estudo específico, o Elite Trail Serra da Freita 100 km, mas, apesar de considerar fatores como a vulnerabilidade dos atletas, o grau de dificuldade e a suscetibilidade aos IRs, não apresenta uma metodologia para sustentar a análise e a avaliação da exposição ao risco dos praticantes de TR aplicável a qualquer trilha.

Neste contexto, o presente artigo apresenta uma metodologia que permite avaliar os níveis de exposição ao risco de IR a que estão sujeitos os praticantes de TR. A metodologia estabelece um índice que, combinado com um índice existente que representa o impacto das condições meteorológicas, conduz à construção de uma matriz que permite avaliar os referidos níveis de exposição ao risco. A aplicação da metodologia proposta

a um determinado trilha permite, assim, avaliar se os instrumentos de mitigação atualmente existentes se adequam ao risco potencial e avaliar que medidas devem ser previstas no planeamento de eventuais operações de evacuação e segurança. De modo a ilustrar o potencial da metodologia proposta, apresenta-se a sua aplicação às provas do Circuito Nacional TR que se desenrolaram em Portugal continental entre 2016 e 2020.

### Metodologia

A metodologia desenvolvida estabelece um Índice de Exposição ao Risco (IER) que combina três indicadores: um indicador (A) que reflete a perigosidade média do trilha; um indicador (B) que estabelece a exposição ao perigo dos participantes; e um indicador (C) que define a dificuldade do trilha.

Dado que o risco de IR só é uma realidade se no dia da prova de TR se verificarem condições meteorológicas favoráveis ao desenvolvimento de um IR, o IER calculado para um determinado trilha deve ser combinado com um índice meteorológico de perigo de incêndio previsto para o (ou observado no) dia da prova. No contexto da presente metodologia, o *Fire Weather Index* (FWI) (Wagner, 1987) foi o índice escolhido para representar essa componente. De modo a combinar estes dois fatores, foi criada uma matriz que combina diferentes classes de IER com as diferentes classes de FWI e que define o Contexto de Exposição ao Risco (CER). Para cada um dos níveis de CER estabelecidos na matriz, a metodologia apresenta ainda uma descrição que contextualiza o tipo ação que deve ser tomada para melhorar a segurança dos participantes de uma determinada prova. Estas descrições permitem que o CER seja uma ferramenta útil para a gestão do risco de IR em provas de TR, inclusivamente compatível com os condicionamentos definidos no decreto-lei n.º 82/2021. Os detalhes da formulação do IER, do CER e correspondente matriz são descritos nas subsecções seguintes.

### Perigosidade Estrutural

De modo a identificar a perigosidade estrutural associada a um determinado trilha de uma prova de TR, foi necessário utilizar cartografia existente que identifica os territórios onde os incêndios são mais prováveis e podem ser mais severos. Essa cartografia foi elaborada de acordo com metodologia definida pelo Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF) (PahlConsulting Lda e IGOT, 2020), em articulação com a Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil (ANEPC), a Direção Geral do Território (DGT) e a AGIF, conforme determina o n.º 5 do artigo 41º do Decreto-Lei 82/2021. A cartografia que estabelece a perigosidade estrutural tem um período de vigência de 10 anos (2020-2030) e pode ser descarregada no sítio do ICNF. A versão considerada desta cartografia

para Portugal continental, a Carta de Perigosidade Estrutural 2020-2030 (ICNF, 2020a), está representada na fig. 1. Com base nesta cartografia, é possível interseitar o traçado de um determinado trilho de modo a obter os diferentes níveis de perigosidade estrutural dos troços do trilho. Para ilustrar o tipo de resultado obtido a partir desta interseção, a fig. 2. apresenta a distribuição das várias classes de perigosidade estrutural pelos vários troços de diferentes edições do Vouga Trail.

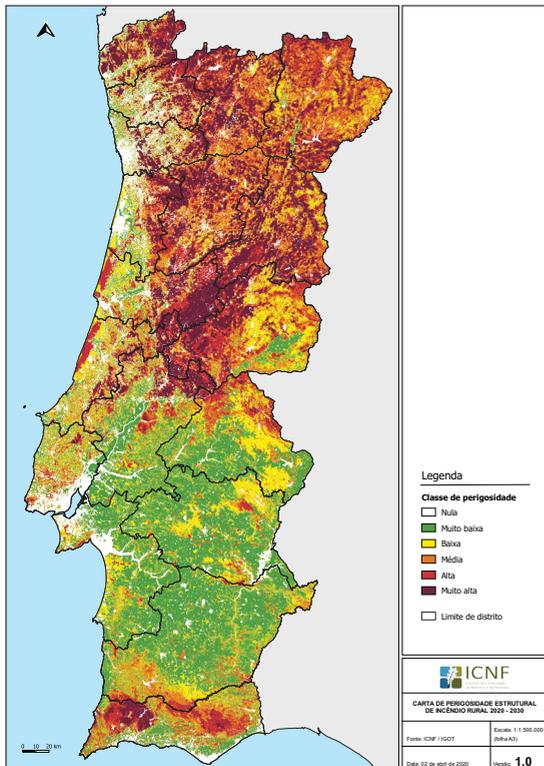


Fig. 1 - Cartografia de perigosidade estrutural 2020-2030 (ICNF, 2020).  
 Fig. 1 - Structural Hazard Cartography 2020-2030 (ICNF, 2020).

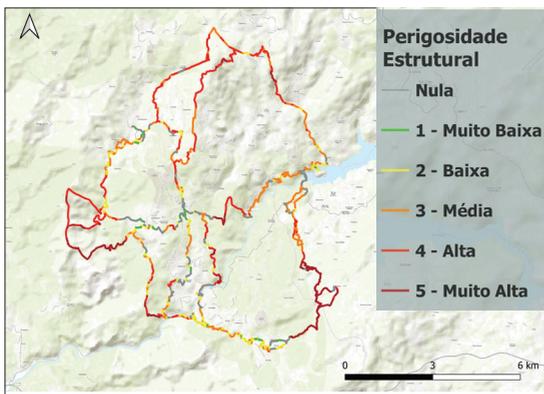


Fig. 2 - Exemplo de um mapa com interseção dos trilhos de diferentes edições do Vouga Trail com a cartografia de perigosidade.  
 Fig. 2 - Example of a map showing the intersection of the hazard levels map with the trails of different editions of the Vouga Trail.

*Aferição dos Níveis de Exposição dos Trilhos ao Perigo de IR*

Apesar da identificação dos diferentes níveis de perigosidade a que estão expostos os troços de um determinado trilho constituir uma informação essencial, é necessário estabelecer critérios simples e objetivos que permitam comparar e distinguir de uma forma global os níveis de exposição de diferentes trilhos ao perigo de IR. Neste contexto, a metodologia desenvolvida propõe três indicadores (A, B e C) que refletem a importância de diferentes fatores como a proporção de troços de um trilho em cada nível de perigosidade, a continuidade e a quantidade de troços de um trilho em perigosidade Alta e Muito Alta, e uma medida da dificuldade do trilho que reflete o esforço físico dos participantes na prova de TR.

O indicador A define a perigosidade média do trilho utilizando uma média pesada da perigosidade dos vários troços de um determinado trilho recorrendo à seguinte expressão:

$$A = \sum_{j=1}^p \frac{L_j}{L} \times w_j \quad (\text{Eq. 1})$$

onde  $L_j$  representa o comprimento total dos troços do trilho com uma classe de perigosidade  $j$ ,  $L$  representa o comprimento total do trilho,  $w_j$  representa o peso atribuído à classe de perigosidade  $j$ , e  $p$  representa o número de classes de perigosidade (i.e. 5 no caso presente). Os pesos atribuídos a cada classe de perigosidade são definidos com base nos valores de perigosidade calculados para estabelecer a cartografia de perigosidade (PahlConsulting Lda e IGOT, 2020) e, para a classe de perigosidade  $j$ , refletem a relação entre o valor médio da perigosidade estrutural dessa classe e o valor médio da perigosidade estrutural da classe de perigosidade Muito Baixa. Com base nesta análise, obtêm-se os pesos apresentados na TABELA I que apresenta igualmente a gama de valores de perigosidade definidos em (PahlConsulting Lda e IGOT, 2020) para cada classe de perigosidade, a qual foi utilizada para determinar o referido valor médio da perigosidade estrutural de cada classe.

TABELA I - Peso de cada classe de perigosidade e respetivos valores de perigosidade.

TABLE I - Weight of each hazard class and the corresponding hazard values.

Peso da classe de perigosidade (w)	Valores de perigosidade	Classe de perigosidade
135,6	0,142 - 2,841	5 - Muito Alta
8,7	0,050 - 0,142	4 - Alta
3,5	0,028 - 0,050	3 - Média
2	0,015 - 0,028	2 - Baixa
1	0,007 - 0,015	1 - Muito baixa

O indicador B define a exposição ao perigo e reflete a relação entre a soma do comprimento dos troços de um trilho com classes de perigosidade Alta ( $L_{Alta}$ ) e Muito Alta ( $L_{Mto Alta}$ ), o comprimento total do trilho ( $L_{total}$ ) e um comprimento de referência ( $L_{ref}$ ), de acordo com:

$$B = \left( \frac{L_{Alta} + L_{Mto Alta}}{L_{total}} \right) \times \frac{L_{total}}{L_{ref}} \quad (\text{Eq. 2})$$

O comprimento referência  $L_{ref}$  tem o valor fixo de 5 km, partindo do pressuposto que esta é a distância máxima admissível que um troço do trilho deverá ter para permitir a um atleta alcançar uma zona segura ou uma rota de escape, voltando para trás ou seguindo em frente, fazendo metade do percurso, em menos de 30 mins (fig. 3). Em última análise, o valor deste indicador traduz o número médio de rotas de escape e/ou desvios de emergência necessários para garantir a evacuação dos atletas na eventualidade de ocorrer um IR, admitindo que tal apenas será necessário nos troços com perigosidade Alta e Muito Alta do trilho.

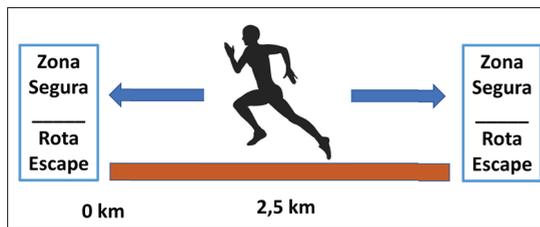


Fig. 3 - Esquema de escape num troço de 5 km.

Fig. 3 - Escape route scheme over a 5 km stretch.

O indicador C define a dificuldade ou o índice de esforço do trilho. Este indicador é obtido através da expressão (3) que define a relação direta entre o desnível positivo acumulado ( $D^+$ ) e o comprimento total do trilho ( $L$ ), cujo rácio sustenta o estabelecimento de 7 categorias (de 1 a 7) utilizadas pela Associação de *Trail-Running* de Portugal, associação sem fins lucrativos que em Portugal lidera a promoção desta atividade, cuja delegação da competência organizativa lhes foi atribuída pela Federação Portuguesa de Atletismo (ATRP, 2020a).

$$C = \frac{D^+}{L} \times 100 \quad (\text{Eq. 3})$$

Com base nos três indicadores descritos, a presente metodologia estabelece o índice de exposição ao risco (IER) de um atleta de determinado trilho através da expressão:

$$IER = A \times B \times C \quad (\text{Eq. 4})$$

O IER permite desde logo hierarquizar o nível de exposição dos praticantes de TR ao risco de IR. Para facilitar esse processo de hierarquização, foram definidas 3 classes

de exposição, cujos limites foram estabelecidos com base nos possíveis valores de cada um dos indicadores e estão definidos na TABELA II. As 3 classes de exposição e os respetivos limites do IER foram definidos de acordo com as seguintes características:

- Classe I ( $IER \leq 10,5$ ) - Classe de exposição ao risco que envolve um valor da perigosidade média do trilho (A) até a um máximo 3,5 (que corresponde a um cenário de referência em que a totalidade do trilho de TR tem uma classe de perigosidade média), um valor da exposição ao perigo (B) até um máximo de 1 (que corresponde a um cenário de referência em que apenas é necessário garantir a existência de uma rota de escape e/ou desvio de emergência para a evacuação dos atletas) e uma dificuldade do trilho (C) de 3 (correspondente a uma prova de grau 1 segundo o índice de esforço da ATRP). Um trilho desta classe envolve um risco de exposição a IR residual.
- Classe II ( $10,5 < IER \leq 61$ ) - Classe de exposição ao risco cujo limite superior envolve um valor da perigosidade média do trilho (A) que está entre 3,5 e 6,1 (que corresponde a um cenário de referência em que 50 % do comprimento do trilho de TR tem uma classe de perigosidade média e 50 % tem uma classe de perigosidade alta), um valor da exposição ao perigo (B) até um máximo de 2 (que corresponde a um cenário de referência em que é necessário garantir a existência de duas rotas de escape e/ou desvios de emergência para a evacuação dos atletas) e uma dificuldade do trilho (C) igual a 5 (correspondente a uma prova de grau 2 segundo o índice de esforço da ATRP). Um trilho a que esteja associado um IER desta classe merece uma análise um pouco mais cuidada.
- Classe III ( $IER > 61$ ) - Classe de exposição ao risco em que é expectável que a perigosidade média do trilho (A) evidencie a existência de uma proporção significativa do comprimento da prova com uma classe de perigosidade Alta e Muito Alta, que o valor da exposição ao perigo seja maior que 2, e que a dificuldade da prova (C) seja superior a 5, (correspondente a uma prova de grau 3 ou superior segundo o índice de esforço da ATRP). Um trilho a que esteja associado um IER nesta gama de valores merece atenção redobrada e deverão ser consideradas as condições pirometeorológicas na data do evento.

*Matriz para Avaliação do Contexto de Exposição ao Risco de IR*

Atendendo à importância das condições meteorológicas na análise do nível de risco de IR, a metodologia proposta combina as classes de IER definidas na secção anterior com um índice meteorológico de perigo de incêndio,

TABELA II - Limites do índice de exposição ao risco (IER).

TABLE II - Limits of the risk exposure index (IER).

IER		PERIGOSIDADE MÉDIA DO TRILHO (A)	EXPOSIÇÃO AO PERIGO (B)	DIFICULDADE (C)
Valores	Classe			
<10,5	I	$A_I \leq 3,5$	1	$C_I \leq 3$
10,5 < IER < 61	II	$3,5 < A_{II} \leq 6,1$	2	$C_{II} \leq 5$
>61	III	$A_{III} > 6,1$	>2	$C_{III} > 5$

que reflete as condições previstas para o dia da prova. Tal como referido anteriormente, o índice meteorológico escolhido corresponde ao FWI e a sua combinação com o IER é estabelecida através da definição de uma matriz que combina as diferentes classes de IER e de FWI para estabelecer o Contexto de Exposição ao Risco (CER) de IR.

A adaptação para Portugal do Sistema canadiano de Indexação do Perigo de Incêndio (FWI) estabelece 5 classes e correspondente descrição da dificuldade de controlo das frentes de fogo (Fernandes, 2005), de acordo com o ilustrado na TABELA III.

Os níveis de exposição ao risco (TABELA IV), resultantes da eventualidade de ocorrer um IR que conjugam os valores

de IER com as classes de FWI, podem ser apresentados em 4 categorias, de acordo com a TABELA II: BAIXO, MODERADO, ALTO e CRÍTICO.

Simplificando a TABELA IV, que define as categorias do Contexto de Exposição ao Risco (CER) de IR, podemos finalmente elaborar uma matriz (fig. 4), que resulta da metodologia definida e que poderá constituir-se como um instrumento útil para a gestão do risco de IR em provas de TR.

Para cada um dos níveis definidos na Matriz do CER, foram definidas as descrições apresentadas na TABELA V que definem eventuais medidas necessárias tomar em função do risco latente.

TABELA III - Classes de perigo de incêndio FWI para Portugal (Fernandes, 2005).

TABLE III - Fire Weather Index classes for Portugal (Fernandes, 2005).

Classe de Perigo	FWI	Descrição e dificuldade de controlo da cabeça do fogo
Reduzido	0 - 9,4	Fogo de superfície, controlável direta ou indiretamente com material de sapador.
Moderado	9,5 - 18,2	Fogo de superfície. Os meios terrestres (água sob pressão, bulldozers) são efetivos em toda a extensão do perímetro do incêndio.
Elevado	18,3 - 25,2	Fogo de superfície, eventualmente com períodos de fogo de copas. Podem ocorrer situações de perigo para as brigadas terrestres. O sucesso do ataque exigirá provavelmente meios aéreos.
Muito Elevado	25,3 - 38,9	Fogo passivo de copas, ocorrência de fenómeno de saltos. O ataque direto é possível apenas com meios aéreos pesados, mas o seu sucesso não é garantido. A segurança e a efetividade das operações aconselham que os esforços de controlo com meios terrestres incidam apenas nos flancos e retaguarda do fogo.
Máximo (Extremo)	$\geq 39$	Fogo de copas, fenómenos de saltos e velocidade de propagação muito elevada, torna extrema a probabilidade do fogo transpor obstáculos. O ataque direto não é possível. A ação dos meios terrestres deve-se limitar à retaguarda e flancos do fogo.

TABELA IV - Conjugação dos valores de IER e das classes de FWI para definição de categorias de níveis de exposição ao risco.

TABLE IV - Risk exposure classes combining IER (risk exposure index) values and FWI classes.

NÍVEL EXPOSIÇÃO AO RISCO	FWI	IER	
		Valores	Classe
BAIXO	$\leq$ Elevado	< 10,5	I
	$\leq$ Moderado	10,5 a 61	II
	Reduzido	> 61	III
MODERADO	$\geq$ Mt. Elevado	< 10,5	I
	Elevado	10,5 a 61	II
	Moderado	> 61	III
ALTO	$\geq$ Mt. Elevado	10,5 a 61	II
	Elevado	> 61	III
CRÍTICO	$\geq$ Mt Elevado	> 61	III

IER \ FWI	0-9,4	9,5-18,2	18,3-25,2	25,3-38,9	≥ 39
< 10,5	----- BAIXO -----			----- MODERADO -----	
10,5 a 61	----- BAIXO -----		MODERADO	----- ALTO -----	
> 61	BAIXO	MODERADO	ALTO	----- CRÍTICO ----- (Proibido - Art68º, DL82/2021)	

Fig. 4 - Matriz do CER a IR dos eventos TR - IER/FWI.

Fig. 4 - Wildfire Risk Exposure Context (CER) matrix for TR events - IER/FWI.

TABELA V - Descrição dos níveis de CER que compõem a matriz de risco.

TABLE V - Description of the CER levels in the risk matrix.

NÍVEL	DESCRIÇÃO
BAIXO	Está excluída a necessidade de, preventivamente, incluir qualquer medida operacional de apoio ao evento, considerando a reduzida exposição ao perigo estrutural e/ou meteorológico de IR.
MODERADO	(Medidas mínimas) Dependendo da extensão do trilho e do seu índice de perigosidade média (A), poderá haver necessidade de identificar desvios de emergência/rotas de escape. A afetação de meio de combate a IR no local pode justificar-se, ainda que sem necessidade de o pré-posicionar. As medidas previstas visam, especialmente, a imprevisibilidade do comportamento dos participantes perante a eventualidade da ocorrência de um IR em condições globalmente moderadas, com expectável desordem provocada no desenrolar da prova e pânico associado.
ALTO	(Medidas preventivas) Deverá haver um planeamento de evacuação eficiente, com respetivos locais críticos, desvios de emergência/rotas de escape, pontos de encontro/zonas de segurança, devidamente identificados e complementados com necessária garantia de um ou mais meios operacionais de combate a IR. O pré-posicionamento dos meios deve ser definido em função da necessária avaliação dos níveis de cada parâmetro e zonas críticas identificadas.
CRÍTICO	Sob estas condições, o evento não deve ser realizado. Conjugam-se índices máximos de ambos os indicadores (FWI e IER), pelo que, independentemente das medidas preventivas adotadas, dificilmente poderão ser asseguradas medidas que garantam a segurança dos atletas na eventualidade de ocorrer um IR. A legislação em vigor a partir de 2022 prevê a proibição de eventos na natureza sob estas condições críticas de perigo estrutural e meteorológico.

### Aplicação

De modo a ilustrar a aplicabilidade da metodologia proposta, apresenta-se em seguida a sua aplicação aos trilhos de provas do Circuito Nacional de TR realizadas em Portugal continental entre 2016 e 2020. O levantamento dos trilhos de todas as provas de TR realizadas no território continental durante este período envolveu diversas fontes ligadas à organização de provas, entre outras, Recorde Pessoal (2021), Trilho Perdido (2021), ULTRA-ENDURANCE.PT (2021), lap2go (2021), STOPANDGO -CRONOMETRAGEM DE EVENTOS DESPORTIVOS (2021), a ATRP (2020b), Lima (2021). Foram obtidos cerca de 150 trilhos (em diversos formatos, e.g. GPX, KML ou SHP) correspondentes a 128 eventos. Contudo, e ainda que a média anual de provas realizadas no período considerado rondasse as 250 provas, para efeitos do presente estudo, apenas foram consideradas as provas certificadas pela ATRP, num total de 99. Os traçados das provas, uma vez distribuídos pelo território (fig. 5), resultaram numa distribuição mais acentuada no centro do país (55 %), seguindo-se a zona norte (30%) e a zona sul (15 %). Juntamente com o traçado de cada prova, foi igualmente obtido o seu nível de dificuldade de modo a poder determinar o indicador C do IER.

A interseção dos trilhos recolhidos com a Carta de Perigosidade Estrutural 2020-2030 (ICNF, 2020a) permitiu identificar as várias classes de perigosidade estrutural dos troços de cada um dos trilhos (fig. 6). Com base nesta

informação foi possível determinar os indicadores A e B do índice IER. Dos 99 trilhos estudados, 80 apresentam um IER cujo valor pertence à Classe I (ver TABELA II), 9 apresentam um IER cujo valor pertence à Classe II e 10 apresentam um IER cujo valor pertence à Classe III. De acordo com a metodologia proposta, para avaliar em termos conjunturais os fatores que podem ter exposto os praticantes de um determinado evento TR ao risco de IR, foi analisado o impacto das condições meteorológicas através do FWI na data em que ocorreram os eventos TR. Para esse efeito, recorreu-se aos dados registados diariamente, por concelho, durante o período de 2016 a 2020, disponibilizados pela equipa CeaseFire (Nunes e Pinto, 2021) do Instituto Dom Luiz a partir de informação disseminada pela *Satellite Application Facility on Land Surface Analysis* (Trigo et al., 2011). Com base nestes dados, foi atribuído a cada prova um valor do FWI correspondente ao valor máximo que ocorreu nas suas várias edições durante o período 2016-2020. Com base nos valores de IER e de FWI dos 99 eventos analisados, e recorrendo à matriz do CER (fig. 4), foram identificados 17 eventos com um nível de CER ALTO e 20 com um nível CRÍTICO, tendo assim exposto os seus praticantes a índices muito elevados de FWI e de perigosidade estrutural cujas consequências, em caso de IR, seriam potencialmente catastróficas. Dos restantes eventos, 36 apresentaram um nível de CER BAIXO e 26 um nível MODERADO. A discussão destes resultados é apresentada na secção seguinte, que inclui uma análise mais detalhada de alguns eventos.

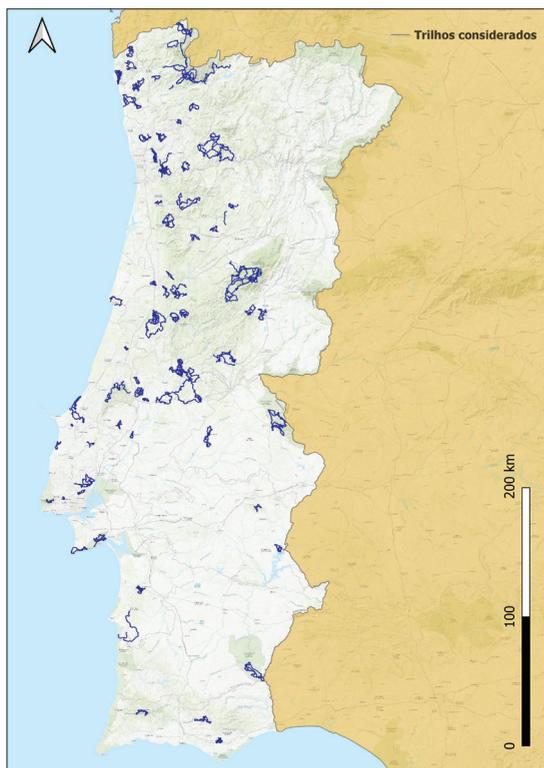


Fig. 5 - Trilhos dos 99 eventos de TR considerados para o território de Portugal Continental.

Fig. 5 - Trails of the selected TR events in mainland Portugal.

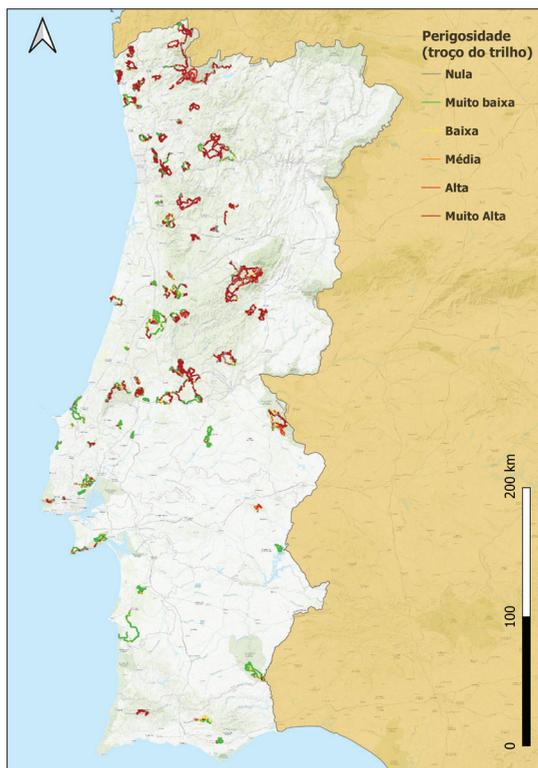


Fig. 6 - Níveis de perigosidade dos trilhos dos 99 eventos TR para o território de Portugal Continental.

Fig. 6 - Trails hazard levels of the 99 selected TR events in mainland Portugal.

## Resultados e Discussão

### Resultados globais

De modo a analisar mais detalhadamente os resultados obtidos com a aplicação da metodologia proposta, a fig. 7 representa, para cada trilho, o IER do trilho, o correspondente FWI e o respetivo nível de CER. Como se pode observar pelos resultados, existe um número significativo de eventos com um valor de IER elevado e, desses eventos, uma parte considerável ocorreu em condições meteorológicas compatíveis com níveis de FWI Muito Elevado ou superior. Salienta-se igualmente que existem também vários eventos para os quais, independentemente do FWI registado nas datas em que ocorreram, o CER não assume classes críticas na medida em que o IER apresenta valores baixos. Por último, e de modo inverso, o CER de certos eventos manteve-se moderado ou inferior, mesmo em casos que o IER apresenta os valores máximos da escala estudada, dado que o FWI não atingiu valores superiores a elevado. Desta forma, observa-se que o FWI é um fator essencial na classificação do CER. Para complementar esta discussão, a TABELA VI da secção seguinte identifica ainda alguns eventos que são aí analisados com mais detalhe, por

corresponderem àqueles que se encontram nos limites dos vários níveis de CER possíveis.

### Análise de eventos TR com condições limite de CER

Apresenta-se em seguida a discussão de alguns eventos TR cujos níveis de CER os colocam na fronteira dos vários níveis possíveis. A análise apresentada contextualiza as condições a que estiveram expostos os praticantes desses eventos TR e discute possíveis medidas de prevenção e/ou planeamento de emergência que poderiam ter sido consideradas, caso a presente metodologia fosse aplicada nesses cenários. Os eventos considerados estão identificados na TABELA VI pelos seus códigos (ID) e, para cada um deles, são apresentados os vários indicadores e índices que intervêm na definição do CER. Mediante os resultados obtidos para cada um dos trilhos, que refletem o nível de risco em que cada trilho coloca os seus praticantes, foram estabelecidas as respetivas medidas que deveriam ser consideradas com a aplicação da metodologia proposta, tendo por base a descrição da TABELA V que resulta da matriz do CER. Para os vários eventos TR identificados na TABELA VI, as TABELAS VII a X apresentam uma breve discussão dos valores dos indicadores que levaram ao correspondente CER.

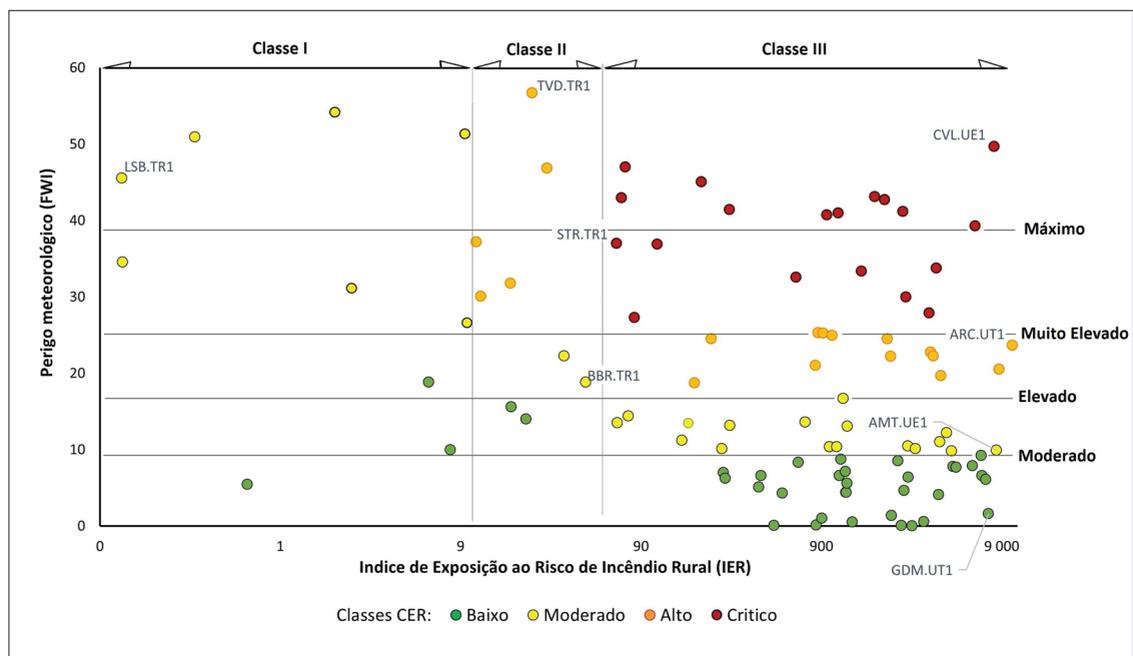


Fig. 7 - IER e FWI verificados nos eventos do Circuito Nacional da ATRP entre 2016 e 2020.

Fig. 7 - IER and FWI found for the ATRP [Portuguese Trail-Running Association] National Circuit events between 2016 and 2020.

TABELA VI - Eventos TR selecionados e respetivos indicadores e índices que intervêm na definição do CER.

TABLE VI - Selected events and the respective indicators and indices that define the CER.

Código (ID)	CER	FWI (classe)	IER		Indicadores do IER		
			Índice	Classe	A	B	C
GDM.UT1	BAIXO	Reduzido	7 619	III	103,4	14,0	5,3
BBR.TR1		Elevado	6,0	I	3,5	0,5	3,3
LSB.TR1	MODERADO	Máximo	0,1	I	2,1	0,02	2,5
AMT.UE1		Moderado	8 448	III	69,3	20,0	6,1
TVD.TR1	ALTO	Máximo	22,4	II	3,58	1,57	4,7
ARC.UT1		Elevado	10 345	III	78,4	20,0	6,6
STR.TR1	CRÍTICO	Mt.Elevado	66,0	III	5,1	2,5	5,2
CVL.UE1		Máximo	8 154	III	80,5	20,0	5,1

Com base nesta análise, verifica-se importante que se tenha em consideração as observações resumidas na TABELA XI de modo a obter uma correta interpretação dos indicadores que intervêm no IER e para uma previsão mais eficiente das medidas de segurança necessárias.

Análise do evento TR Trail de Santa Justa (Valongo)

O desenvolvimento de metodologias de análise de risco, como aquela que é aqui proposta, pode assumir uma importância relevante no planeamento de eventos na

natureza. Contudo, a utilidade de um instrumento deste tipo, depende diretamente da fiabilidade dos dados de entrada - meteorológicos e de perigo de incêndio. Em última análise, estes dados de base, uma vez recolhidos e aplicados na metodologia, resultarão na informação final para apoio à decisão, pelo que é imprescindível garantir que foram corretamente determinados. Em seguida, apresenta-se um exemplo detalhado de 5 edições do evento TR de Santa Justa (Valongo), onde, à luz da metodologia proposta, esse aspeto é explorado e se demonstra, em particular, a importância da fiabilidade da informação para determinar o CER.

## RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança

TABELA VII - Descrição do CER dos trilhos GDM.UT1 e BBR.TR1.

TABLE VII - CER description for trails GDM.UT1 and BBR.TR1.

BAIXA EXPOSIÇÃO AO RISCO
<p>GDM.UT1 - Trail de Santa Iria (Gondomar) - Uma parte considerável dos trilhos associados a este evento desenrolam-se em território com perigosidade estrutural Alta ou Muito Alta, o que explica em grande medida o elevado valor da perigosidade média do trilho (A) e consequente valor do índice de exposição (IER). Todos os sub-índices ultrapassam os limites superiores e seria crítico realizar estas provas quando o FWI atinge níveis acima de Elevado, pois teriam de ser adotadas muitas medidas compensatórias. Contudo, conjuntamente, acaba por ter um baixo nível de exposição ao risco (CER), uma vez que as provas foram sempre realizadas em períodos de FWI Baixo - final do mês de janeiro ou início de fevereiro.</p>
<p>BBR.TR1 - Columbeira Trail Run (Bombarral) - A perigosidade média do trilho (A) está dentro dos limites intermédios, assim como a dificuldade da prova (C). O facto de a exposição ao perigo apresentar um valor em níveis inferiores acaba por resultar num índice de exposição (IER) inferior. Consequentemente e mesmo com FWI elevado, globalmente, a exposição ao risco (CER) é Baixa.</p>

78

TABELA VIII - Descrição do CER dos trilhos LSB.TR1 e AMT.UE1.

TABLE VIII - CER description for trails LSB.TR1 and AMT.UE1.

MODERADA EXPOSIÇÃO AO RISCO
<p>LSB.TR1 - Lx Trail Monsanto (Lisboa) - O único fator que conduz a que este evento seja considerado globalmente com exposição moderada ao risco é o facto de, pelo menos uma vez, se ter desenrolado sob condições meteorológicas com níveis máximos de FWI. Todos os restantes índices se apresentam nos limites inferiores. A implementação de medidas mínimas, como a garantia de um meio de combate a incêndios, sem necessidade de o pré-posicionar seria suficiente.</p>
<p>AMT.UE1 - Ultra-Trail do Marão - O facto de se tratar de um evento Ultra (+100 km) e de se desenrolar em território com uma percentagem elevada de perigosidade estrutural Alta ou Muito Alta, acaba por se refletir em todos os sub-índices e conduzir a limites superiores do Índice de Exposição (IER). Por conseguinte, o que ditou conjuntamente o nível de exposição (CER) não ser mais elevado foi a meteorologia, cuja classe máxima de FWI a que os participantes tiveram expostos foi Moderada. Neste contexto e atendendo aos índices máximos de exposição ao perigo atingidos (B = 20), o planeamento de desvios de emergência associados à existência de uma viatura de combate a incêndios, acrescentaria a segurança necessária à conjuntura verificada.</p>

TABELA IX - Descrição do CER dos trilhos TVD.TR1 e ARC.UT1.

TABLE IX - CER description for trails TVD.TR1 and ARC.UT1.

ALTA EXPOSIÇÃO AO RISCO
<p>TVD.TR1 - Vimeiro Trial Run (Lourinhã) - Todos os sub-índices apresentaram valores intermédios e, consequentemente, o limite do índice de exposição (IER) também. Subordinada a estas condições, uma prova realizada com FWI Máximo - o que se verificou em pelo menos uma vez no período em estudo - resultou conjuntamente em altos níveis de exposição ao risco (CER). Deveria ter sido planeada a eventual necessidade de evacuação durante a prova, com respetivos locais críticos, desvios de emergência/rotas de escape e zonas de segurança devidamente identificados. Assegurar pelo menos um meio operacional de combate a IR, eventualmente repositado em zona crítica, traria mais garantias de segurança.</p>
<p>ARC.UT1 - Ultra-Trail Serra da Freita - Este trilho compreende o IER mais elevado de todos os eventos estudados, em resultado dos valores superiores de sub-índices exibidos. Nas condições de FWI elevado em que foi realizado, pelo menos uma vez no período em estudo, deveriam ter sido previstos meios de combate a IR, sem prejuízo da garantia de diversos desvios de emergência para rápida evacuação. A estes fatores acresce a maior vulnerabilidade dos atletas face à dificuldade do trilho. No futuro e na impossibilidade de garantir estas medidas, deveria ser equacionada a sua realização em condições meteorológicas que resultassem em valores inferiores de FWI. O final do mês de junho, fim-de-semana habitualmente escolhido para o efeito, não é seguramente a altura mais indicada.</p>

TABELA X - Descrição do CER dos trilhos LSB.TR1 e AMT.UE1.

TABLE X - CER description for trails LSB.TR1 and AMT.UE1 trails.

CRÍTICA EXPOSIÇÃO AO RISCO
<p>STR.TR1 - Trilho das Dores   Abitureiras (Santarém) - O IER, ainda que esteja já incluído nos limites superiores, está entre os mais baixos desta categoria. Considerando os valores dos sub-índices que o constituem, 3 desvios de emergência, um meio de combate a IR e uma boa monitorização da localização dos atletas poderiam oferecer garantias suficientes de controlo da segurança dos atletas deste evento, desde que realizado sob condições de FWI inferiores às registadas nos anos 2016/2020. De acordo com o decreto-lei 82/2021, se as condições aqui exibidas se verificarem no futuro, este evento não poderá realizar-se.</p>
<p>CVL.UE1 - EstrelaAçor Ultra-Trail (Seia) - Toda a conjuntura de risco a que esteve exposto este trilho - FWI e IER - desaconselhavam a sua realização. Todos os valores dos sub-índices IER apontam para a necessidade de reforço de medidas de segurança independentemente dos valores de FWI registados, tais como: meios de combate a IR, um exigente sistema de rotas de evacuação e monitorização da localização dos atletas para facilmente responder a qualquer eventualidade. Contudo, no contexto em que se realizou pelo menos uma das provas no período estudado, e à semelhança do evento STR.TR1, não se deveria ter realizado e de futuro, à luz do decreto-lei 82/2021, estará proibida a sua realização.</p>

TABELA XI - Informação adicional para a interpretação dos indicadores que intervêm no IER.

TABLE XI - Additional information for interpreting the values of the indicators that are part of IER.

SUB-ÍNDICE	OBSERVAÇÕES/RECOMENDAÇÕES
PERIGOSIDADE MÉDIA DO TRILHO (A)	Quanto maior for este indicador mais altos serão os níveis de perigosidade associados ao trilho e, conseqüentemente, a crescente necessidade de prever medidas compensatórias: meios de combate e seu pré-posicionamento em locais mais críticos.
EXPOSIÇÃO AO PERIGO (B)	Uma vez que este indicador está diretamente relacionado com a exposição dos troços a níveis de perigosidade Alta e Muito Alta em contínuo, remete a atenção para as necessidades em termos de desvios de emergência, que serão tantos mais quanto maior for o seu valor até um máximo de 20 (admitindo eventos TR com uma dimensão máxima de 100 km). Este indicador pode e deve ser conjugado com indicador anterior em termos de planeamento de evacuação e pré-posicionamento de meios.
DIFICULDADE (C)	Quanto maior for este indicador, mais provável é o progressivo aumento da vulnerabilidade dos atletas ao longo do percurso. Com base no valor deste indicador, a atenção deverá estar mais focada nos atletas, monitorizando a sua posição no percurso, em particular, considerando o provável desgaste, no último terço das provas, com eventual necessidade de reforçar as medidas previstas em função dos indicadores A e B.

Com base no estudo apresentado por Gonçalves (2022) sobre várias edições deste evento TR, foram observadas discrepâncias na determinação do FWI, que induziram uma subavaliação do risco, cujas conseqüências, na eventualidade de um IR durante o desenrolar da prova, se poderiam revelar trágicas. Essas discrepâncias têm origem na metodologia de recolha da informação de base, realizada pelas entidades oficiais.

A análise sumariamente apresentada em seguida diz respeito às edições do evento TR Trail de Santa Justa (Valongo) que ocorreram entre 2016 e 2020.

Para cada uma destas edições, foram obtidos os registos do índice FWI nas datas em que ocorreram, os quais se apresentam na TABELA XII. Para este evento TR, a TABELA XIII apresenta ainda o correspondente valor de IER e os respetivos indicadores. Com base nestes resultados, pode verificar-se que todos os indicadores são elevados, conduzindo a um nível igualmente elevado de exposição ao risco. Através destes resultados e dos índices FWI obtidos, foram determinados os níveis de CER e foram definidos procedimentos que deveriam ter sido adotados nas várias edições deste evento mediante os diferentes contextos de risco (TABELA XIV).

TABELA XII - Classes do índice FWI registadas em Valongo nos dias em que se realizou o TR de Santa Justa entre 2016 e 2020.

TABLE XII - Categories of FWI recorded in Valongo on the days the Santa Justa TR took place between 2016 and 2020.

DATA	FWI	CLASSE DE PERIGO
2016-07-31	26,4	MUITO ELEVADO
2017-07-30	20,4	ELEVADO
2018-07-29	16,0	MODERADO
2019-07-28	7,9	REDUZIDO
2020-07-25 (adiado devido à pandemia da COVID-19)	41,0	MÁXIMO

TABELA XIII - Índice de Exposição ao Risco e respetivos indicadores para o Trail de Santa Justa (Valongo).

TABLE XIII - Risk Exposure Index and its corresponding indicators for the Santa Justa TR (Valongo).

INDICADORES e ÍNDICE	Valores
Perigosidade Média do Trilho (A)	85,7
Exposição ao Perigo (B)	5,0
Dificuldade do Trilho (C)	5,4
Índice de Exposição ao Risco (IER)	2301,3

TABELA XIV - Medidas a providenciar para mitigação de risco, considerando os diferentes contextos de exposição ao risco.

TABLE XIV - Risk mitigation measures to be taken, considering the different risk exposure contexts.

DATA	FWI	IER	CER	Indicadores do IER		
				A - 85,7	B - 5,0	C - 5,4
2016-07-31	MT ELEV. 26,4	2.301 (Superior)	CRÍTICO	Evento não devia ser realizado		
2017-07-30	ELEV. 20,4		ALTO	1 meio de combate a IR, pré-posicionado.	5 desvios de emergência	Eventual posicionamento do meio de combate próximo do último terço da prova
2018-07-29	MOD. 16,0		MODER.	Um meio de combate a IR, sem necessidade de pré-posicionamento.	2 ou 3 desvios emergência nos locais mais críticos.	
2019-07-28	RED. 7,9		BAIXO	Sem necessidade de medidas adicionais		
2020-07-25	MÁX. 41,0		CRÍTICO	Evento não devia ser realizado		

Preconizadas as medidas para as condições em que o FWI seria elevado (2017-07-30) (fig. 8) e sobreposto um IR que se desenvolveu nas mesmas condições de FWI (IR da Queiva em 2015) (fig. 9), sobressaiu que, independentemente das medidas de segurança adotadas, a probabilidade de ocorrer uma tragédia seria praticamente inevitável. Os testemunhos e registos obtidos junto dos responsáveis e operacionais da AFOCELCA (Agrupamento complementar de empresas do grupo *Navigator Company* e do grupo ALTRI com uma estrutura profissional própria para apoiar o combate a IR, em estreita coordenação com a ANEPC) que combateram aquele IR, confirmam um padrão de comportamento do fogo, com fenómenos de saltos e fogo de copas logo desde o início, que dificilmente encaixava nos índices meteorológicos obtidos a partir da estação meteorológica de Pedras Rubras (Aeroporto Francisco Sá Carneiro, Pedra Rubras, Porto), que alimenta a base de dados do SGIF - Sistema de Gestão de Informação de Incêndios Florestais. A informação recolhida pela AFOCELCA (Anexo X), com base nos dados recolhidos no anemómetro do chefe da brigada no local, registou uma velocidade do vento, no início do incêndio, de 35 km/h. Por si só, a alteração deste parâmetro, com forte influência no índice de propagação inicial (ISI) leva a um aumento do FWI para valores em que a legislação atual proíbe a realização de eventos deste tipo. Na TABELA XII são exibidos os valores oficiais do SGIF e a extrapolação para valores mais próximos das condições que na realidade se verificaram naquele dia e hora, em resultado do ajustamento de apenas um dos dados - a velocidade do vento registada pela AFOCELCA.

Ora, conforme se pode verificar na TABELA XII, o ajuste à realidade das condições meteorológicas daquele dia, levou o ISI para valores bastante mais elevados - 19 - e o FWI foi mesmo para valores considerados máximos de classe de perigo - 45. Os valores agora obtidos ajustam-se mais apropriadamente ao comportamento de fogo relatado pelos operacionais que estiveram naquela ocorrência, onde se registaram fogos de copas, fenómenos de saltos e uma velocidade de propagação

muito elevada - 3 km/h. Nestas condições extremas, o fogo acabou por transpor obstáculos, por diversas vezes, transpondo rio, caminhos e mesmo parcelas anteriormente queimadas.

O facto da recolha dos dados meteorológicos oficiais ter sido realizada a partir da estação meteorológica de Pedras Rubras, muito influenciada pela proximidade do mar, pode explicar parte da discrepância dos valores dos índices ISI e FWI. À medida que se avança para o interior, tendencialmente mais seco e com maiores amplitudes térmicas, no período estival da tarde, as temperaturas são também mais elevadas. A esta circunstância acresce que às 12 UTC, hora da recolha dos dados, as condições de vento e temperatura são habitualmente mais amenas. Aliás, os padrões sinópticos que conduzem a alterações meteorológicas, diárias e cíclicas, na faixa litoral do distrito do Porto, foram identificados em estudo para respetiva Comissão Distrital de Defesa da Floresta (J. Gonçalves *et al.*, 2013) e para o ICNF (Borges, 2017). Estas variações não se refletem nos registos meteorológicos que sustentam a determinação dos índices de FWI, aspetos que acabam por vir ao encontro do subdesenvolvimento do apoio à decisão baseado na informação pirometeorológica, já referido pela então “Comissão Técnica Independente” (Guerreiro *et al.*, 2018).

Perante os resultados apurados, mais ajustados ao contexto em que se terá desenvolvido aquele IR de 16 de setembro de 2015, constatamos que um evento realizado sob aquelas condições ultrapassaria os limites estabelecidos no indicador da matriz aqui proposta, pelo que não deveria realizar-se. Por outro lado, a discrepância aqui encontrada constitui um importante aviso para todas as entidades que integram o Sistema de Gestão Integrada de Fogos Rurais (SGIFR), relativamente aos dados de base que sustentam a determinação do FWI. Nos termos em que ocorre atualmente, podem induzir num erro de avaliação do risco cujas consequências se podem revelar trágicas!

TABELA XV - Dados meteorológicos do IR de 6 de setembro de 2015, com base nos dados do SGIF e extrapolação do ISI e FWI, com base nos valores de velocidade do vento da AFOCELCA.

TABLE XV - Meteorological data from 6 September 2015 wildfire, based on SGIF data, and ISI and FWI extrapolation based on AFOCELCA (Private organization for protection against wildfires) recorded wind speed values.

IR - Queiva	Data		Meteorologia (Estação - Aeroporto)								Área ardida (ha)	
	6 Set	7 Set	Temp (°C)	Vel. (km/h)	HR	DC	FFMC	BUI	ISI	FWI		
Entidade	Alerta	Fim										
SGIF	14h27	00h24	23,3	13	45%	615	88,8	88	6,9	23		
AFOCELCA	14h23	-	-	35	-	-	-	-	19	45		

HR - Humidade relativa;

DC - Índice de seca (Drought Code);

FFMC - Índice de humidade dos combustíveis finos (Fine Fuel Moisture Code);

BUI - Índice de combustível disponível (Buildup Index);

ISI - Índice de propagação inicial (Initial Spread Index);

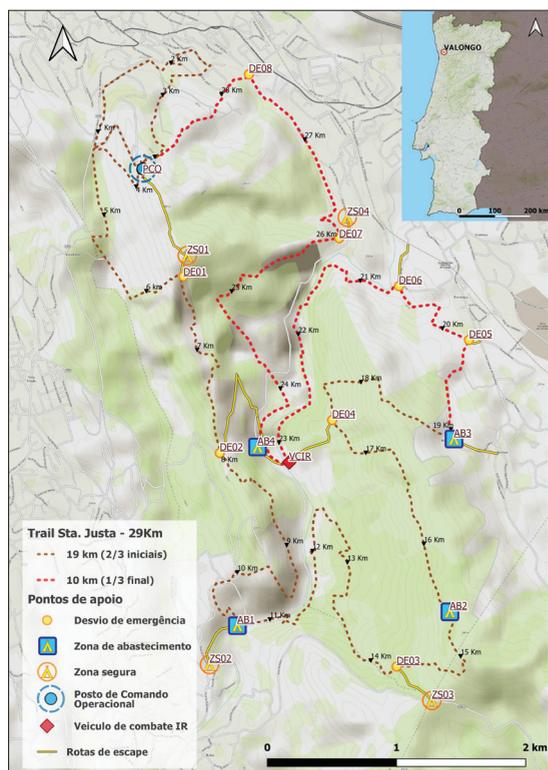


Fig. 8 - Planeamento dos desvios de emergência para sustentar eventuais operações de evacuação ao Trail de Santa Justa.

Fig. 8 - Emergency escape route planning to support potential need for evacuation operations on the Santa Justa Trail.

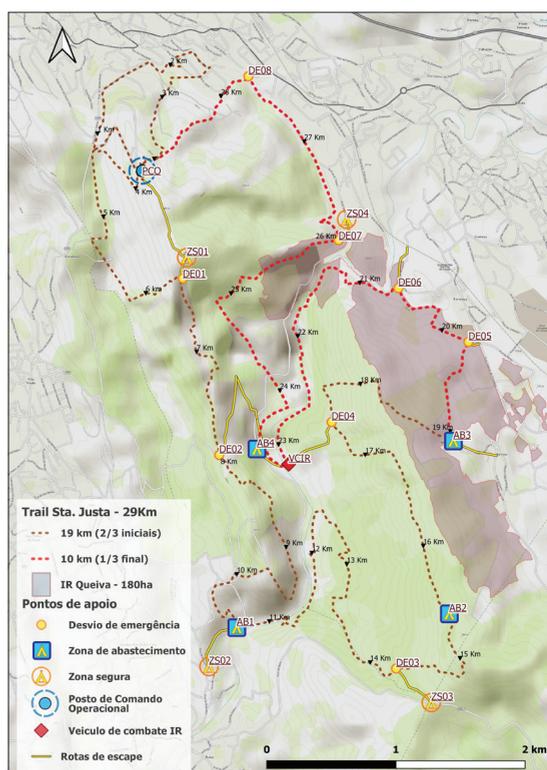


Fig. 9 - Traçado do Trail de Santa Justa e sobreposição de área arcida em 2015.

Fig. 9 - Santa Justa Trail and the overlapping 2015 burnt area.

## Conclusão

O estudo elaborado propõe uma metodologia para avaliar o nível de exposição ao risco de IR dos atletas de provas em TR. A pertinência do desenvolvimento desta metodologia assenta no crescente aumento do perigo de IR (e dos seus impactos) devido ao progressivo acumular de combustível, precisamente nos territórios onde a prática de atividades *outdoor* é mais desenvolvida. Este facto assume contornos mais graves, atualmente, por vivermos um contexto de alterações climáticas.

A metodologia proposta estabelece um indicador que avalia o Contexto de Exposição ao Risco (CER) que, para uma determinada prova de TR, combina informação acerca da perigosidade estrutural do trilho, da dificuldade da prova e das condições meteorológicas previstas para o (ou observadas no) dia da prova.

A aplicabilidade da metodologia proposta foi ilustrada para 99 provas do Circuito Nacional de TR realizadas em Portugal continental entre 2016 e 2020. O exemplo de aplicação permitiu identificar 20 provas que se desenrolaram globalmente sob condições mais críticas do CER e que poderiam resultar em consequências graves em caso de IR.

O indicador proposto pode ser utilizado para medir o CER de provas futuras e, devido à sua simplicidade, é uma ferramenta útil para a gestão do risco de IR em provas de TR. Inclusivamente, é compatível com os condicionamentos definidos no decreto-lei n.º 82/2021, de 13 de outubro de 2021, no âmbito do Sistema de Gestão Integrada de Fogos Rurais (SGIFR), que resultam da preocupação assumida pelo Estado Português e vertida pela primeira vez em diploma legal. Este diploma prevê a proibição das atividades na natureza, em locais e períodos de maior perigo de IR. Na sua redação mais recente (que resulta da publicação do Decreto-Lei 56/2023 de 14 de julho), deposita na autoridade municipal de proteção civil a responsabilidade de autorizar a realização destes eventos na natureza, depois de garantir que estão reunidas condições de segurança e tomadas as medidas necessárias para mitigação dos riscos. Nestes termos, assume-se ainda mais pertinente perceber e demonstrar, através de um exercício esclarecedor, o risco presente nestes contextos e qual a dimensão que assumem no território continental nacional. Por outro lado, e em função dos resultados obtidos, procurou-se apontar soluções de mitigação, com base em diversos instrumentos disponíveis, sistemas de alerta e legislação, mais recente, e outros propostos, planos de segurança (operações), evacuação, etc.

Não obstante a robustez da metodologia proposta, os resultados da sua aplicação estarão sempre dependentes da qualidade dos dados de entrada, em particular da fiabilidade com que o FWI e a perigosidade estrutural são determinados. Em relação ao primeiro, um erro na aferição do FWI, se sobrestimado, pode condicionar a realização de uma prova, indevidamente. Se subestimado, pode validar a realização de uma prova em condições em que não deveria realizar-se, colocando em risco os participantes em caso de IR. Isso ficou demonstrado no estudo de caso apresentado na dissertação sobre a Análise do Risco de Incêndio Rural para Atividades ao Ar Livre - Contributos para o Planeamento Prévio da Segurança (J. A. Gonçalves, 2022). Por outro lado, no que concerne à metodologia que sustenta a nova cartografia de perigosidade (ICNF, 2020b), diversas dúvidas têm vindo a ser levantadas. Recentemente, (Oliveira, 2022) numa análise realizada a esta cartografia identifica 7 pontos a merecer reflexão. Desde logo, entre outras, merecem destaque as apreciações relativas ao cálculo da suscetibilidade, por utilizar a variável ocupação e uso do solo em vez da combustibilidade do território ou a não utilização da variável orográfica exposição - fator determinante na propagação do fogo.

#### Agradecimentos

O 2º autor agradece o apoio do Financiamento Base: UIDB/04708/2020 do CONSTRUCT - Instituto de I&D em Estruturas e Construções, financiado por fundos nacionais através da FCT/MCTES (PIDDAC).

#### Bibliografia

- AGIF - AGÊNCIA PARA A GESTÃO INTEGRADA DE FOGOS RURAIS, I.P. (2021). *Incêndios e turismo em territórios rurais - autoproteção e segurança. Agência para a Gestão Integrada de Fogos Rurais*. Disponível em: [https://www.agif.pt/app/uploads/2020/10/Apresentacao\\_Incendios\\_Turismo\\_Sesoes-Norte\\_Centro\\_Sul\\_menor-compactado.pdf](https://www.agif.pt/app/uploads/2020/10/Apresentacao_Incendios_Turismo_Sesoes-Norte_Centro_Sul_menor-compactado.pdf) [15 de janeiro 2023].
- ATRP - ASSOCIAÇÃO DE TRAIL RUNNING DE PORTUGAL (2020a). ATRP - Eventos. Associação de Trail Running de Portugal. Disponível em: <https://my.atrp.pt/eventos> [15 de janeiro 2023].
- ATRP - ASSOCIAÇÃO DE TRAIL RUNNING DE PORTUGAL (2020b). Categorização por Dificuldade. Associação de Trail Running de Portugal. Disponível em: <https://atrp.pt/categorizacao-por-dificuldade/> [15 de janeiro 2023].
- Borges, A. (2017). Tipologia de incêndios florestais - documento de apoio à elaboração do PDDFCI. ICNF, IP, 1-14.
- Castro Rego F., Fernandes P., Sande Silva J., Azevedo J., Moura J.M., Oliveira E., Cortes R., Viegas D.X., Caldeira

D., e Duarte Santos F. (Coords.) (2019) *A valorização da primeira intervenção no combate a incêndios rurais*. Observatório Técnico Independente, Assembleia da República, Lisboa. Disponível em: [https://www.parlamento.pt/Documents/2019/novembro/Versao\\_Final\\_ESTUDO\\_OTI.pdf](https://www.parlamento.pt/Documents/2019/novembro/Versao_Final_ESTUDO_OTI.pdf) [15 de janeiro 2023].

- Castro Rego F., Fernandes P., Sande Silva J., Azevedo J., Moura J.M., Oliveira E., Cortes R., Viegas D.X., Caldeira D., e Duarte Santos F. (Coords.) (2020) *Análise de indicadores de desempenho do Sistema de Defesa da Floresta contra Incêndios na transição (2018-2020) para o Sistema de Gestão Integrada de Fogos Rurais*. Observatório Técnico Independente, Assembleia da República, Lisboa. Disponível em: <https://www.parlamento.pt/Parlamento/Documents/oti/Estudotecnico-dez2020.pdf> [15 de janeiro 2023].
- Eiras, J., Costa, A., & Santos, M. (2020). Avaliação da Suscetibilidade Associada a Atividades de Montanha no Parque Nacional da Peneda-Gerês. Contribuições para a elaboração de um plano prévio de intervenção. *Territorium - Revista Internacional de Riscos*, 27(II) "Apropriação do espaço e territórios em risco". Editores: RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança; IUC - Imprensa da Universidade de Coimbra, ISSN: 0872-8941, 115-123. DOI: [https://doi.org/10.14195/1647-7723\\_27-2\\_10](https://doi.org/10.14195/1647-7723_27-2_10)
- Ferreira, P. C. (Coord.) (2017). *Economia da Floresta e Ordenamento do Território. Conselho Económico e Social*. Disponível em: <https://ces.pt/2018/07/03/livro-economia-da-floresta-e-ordenamento-do-territorio/> [15 de janeiro 2023].
- Fernandes, P. (2005). *Estudo de adaptação para Portugal do Sistema Canadano de Indexação do Perigo de Incêndio. Relatório para a Agência de Prevenção de Incêndios Florestais*. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/232092259\\_Estudo\\_de\\_adaptacao\\_para\\_Portugal\\_do\\_Sistema\\_canadano\\_de\\_Indexacao\\_do\\_Perigo\\_de\\_Incendio](https://www.researchgate.net/publication/232092259_Estudo_de_adaptacao_para_Portugal_do_Sistema_canadano_de_Indexacao_do_Perigo_de_Incendio) [15 de janeiro 2023].
- Fulbrook, J. (2016). *Outdoor Activities, Negligence and the Law*. Routledge.
- Gonçalves, J. A. (2022). *Análise do Risco de Incêndio Rural para Atividades ao Ar Livre - Contributos para o Planeamento Prévio da Segurança (Dissertação de Mestrado em Proteção Civil)*. Universidade Lusófona do Porto.
- Gonçalves, J., Neves, T., Rodrigues, M. & Bessa, P. (2013). *Proposta de Rede Primária para os Concelhos de Valongo, Gondomar, Paredes e Penafiel*. Comissão Distrital de Defesa da Floresta Contra Incêndios.

- Guerreiro, J., Fonseca, C., Salgueiro, A., Fernandes, P., Lopez Iglésias, E., de Neufville, R., Mateus, F., Castellnou Ribau, M., Sande Silva, J., Moura, J. M., Castro Rego, F. e Caldeira, D. N. (Coords.) (2018). *Avaliação dos incêndios ocorridos entre 14 e 16 de outubro de 2017 em Portugal Continental. Relatório Final*. Comissão Técnica Independente, Assembleia da República, Lisboa. Disponível em: <https://www.portugal.gov.pt/pt/gc21/comunicacao/documento?i=avaliacao-dos-incendios-ocorridos-entre-14-e-16-de-outubro-de-2017-em-portugal-continental> [15 de janeiro 2023].
- ICNF - INSTITUTO DA CONSERVAÇÃO DA NATUREZA E DAS FLORESTAS (2020a). *Carta de Perigosidade Estrutural de Incêndio Rural 2020 - 2030*. Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas Disponível em: <http://www2.icnf.pt/portal/florestas/dfci/inc/cartografia/resource/doc/perigosidade-estrutural/PerigosidadeEstrutural-2020-2030-A3.pdf> [15 de janeiro 2023].
- ICNF - INSTITUTO DA CONSERVAÇÃO DA NATUREZA E DAS FLORESTAS (2020b) *Análise da suscetibilidade de incêndio rural em Portugal continental - Metodologia para a produção de carta de perigosidade de incêndio rural de cariz estrutural. Relatório Preliminar*. Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas Disponível em: <https://www.icnf.pt/api/file/doc/345455bfff6eec0ea> [15 de janeiro 2023].
- IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2021). *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/chapter/summary-for-policymakers/> [15 de janeiro 2023].
- lap2go (2021). Lista de Eventos. lap2go - Timing Solution. Disponível em: <https://lap2go.com/pt/event/list> [15 de janeiro 2023].
- Lima, J. (2021). Página de João Lima - Atletismo. Histórico de Resultados Das Provas Portuguesas. Disponível em: <https://www.joaolima.net/Provas.htm> [15/01/2023].
- Moreira, F., Catry, F. X., Silva, J. S. & Rego, F. (2010). *Ecologia do fogo e gestão de áreas ardidas*. Isapress, Lisboa.
- Moyle, B., Kennelly, M. & Lamont, M. (2014). Risk management and contingency planning in events: Participants' reactions to the cancellation of Ironman New Zealand 2012. *International Journal of Event Management Research*, 8(1), 94-106.
- Neves, D. M. F. & Zêzere, J. L. (2014). Importância da comunicação do risco em destinos turísticos com perigosidade natural elevada: o caso da ilha da Madeira. *Multidimensão e Territórios de Risco*, 47-52. [https://doi.org/10.14195/978-989-96253-3-4\\_7](https://doi.org/10.14195/978-989-96253-3-4_7)
- Nunes, S. & Pinto, M. (2021). *CeaseFire*. Disponível em: <https://www.ceasefire.pt/> [15 de janeiro 2023].
- ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (2022). *Aumento dos incêndios florestais em 50% até o fim do século*. Programa da ONU para o Meio Ambiente, Organização das Nações Unidas. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2022/02/1780682> [15 de janeiro 2023].
- Oliveira, E. (2022). *Análise comparativa da cartografia de perigosidade estrutural 2020-2030 e da perigosidade espacial do plano municipal de defesa da floresta contra incêndios*. Relatório submetido à câmara municipal de Paredes de Coura.
- Pereira, J. (2019). A Certificação das atividades Outdoor: Desporto seguro, Montanha segura. *Seminário Paisagem e Desenvolvimento Sustentável: Novos Desafio e Experiências*.
- Recorde Pessoal. (2021). Resultados/Eventos. Recorde Pessoal. Disponível em: <https://www.recordepessoal.pt/resultados> [15 de janeiro 2023].
- Silva, Â. C. (2021). *Vulnerabilidade dos atletas de trail running em áreas de risco de incêndio: o caso do Elite Trail Serra da Freita 100 km (Dissertação de Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e Ordenamento do Território)*. Faculdade de Letras da Universidade do Porto. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/135043/2/484281.pdf> [15 de janeiro 2023].
- STOPANDGO (2021). Eventos. STOPANDGO cronometragem de eventos desportivos. Disponível em: <https://stopandgo.com.pt/events> [15 de janeiro 2023].
- Trilho Perdido. (2021). Eventos. Trilho Perdido. Disponível em: <https://www.trilhoperdido.com/eventos> [15 de janeiro 2023].
- Ultra-Endurance (2021). Eventos Passados Ultra-Endurance. Disponível em: <https://ultra-endurance.pt/eventos-passados/> [15 de janeiro 2023].
- Wagner, V. (1987). Development and Structure of the Canadian Forest Fire Weather Index System. *Forestry Technical Report 35*, Canadian Forestry Service, Ottawa. Disponível em: <https://cfs.nrcan.gc.ca/publications?id=19927> [15 de janeiro 2023].

(Página deixada propositadamente em branco)



RISCOS



NECESSIDADES NA GESTÃO DO RISCO DE CATÁSTROFE EM GRANDES EVENTOS NO ALTO MINHO:  
A PERSPETIVA DAS CORPORAÇÕES DE BOMBEIROS\*

85

MANAGEMENT NEEDS FOR DISASTER RISK IN MAJOR EVENTS IN ALTO MINHO:  
THE ASSESSMENT OF FIRE DEPARTMENTS

Paulo Barreiro

Instituto Politécnico de Viana do Castelo  
Escola Superior de Saúde (Portugal)

ORCID 0009-0007-0666-1167 [paulobarreiro@gmail.com](mailto:paulobarreiro@gmail.com)

Albertina Marques

Instituto Politécnico de Viana do Castelo  
Escola Superior de Saúde, UICISA:E (Portugal)

ORCID 0000-0002-1797-8748 [albertinamarques@ess.ipv.pt](mailto:albertinamarques@ess.ipv.pt)

RESUMO

O estudo pretendeu conhecer as necessidades existentes na gestão de catástrofe associadas a grandes eventos realizados no Alto Minho, na perspetiva das Corporações de Bombeiros. Trata-se de um estudo qualitativo, exploratório-descritivo, tendo sido realizadas entrevistas aos responsáveis das Corporações de Bombeiros e efetuado tratamento dos dados com recurso a análise de conteúdo e estatística descritiva. Os resultados evidenciaram a existência de grandes eventos geograficamente dispersos; a intervenção das Corporações de Bombeiros a nível do planeamento do socorro nem sempre se verifica; são percecionados constrangimentos na prestação de socorro relacionados com o grande número de ocorrências a efetuar em datas de eventos, trânsito e acessos difíceis e corredores de emergência pouco viáveis; Os aspetos influenciadores da resposta das unidades de saúde de evacuação são a distância entre o local do acidente e a unidade de saúde, a retenção dos meios de socorro, a lotação e dotação dos serviços de urgência. Concluindo, urge a necessidade de uma gestão de risco eficaz.

**Palavras-chave:** Eventos de massa, socorro, gestão de risco de catástrofe.

ABSTRACT

The study aimed to identify existing needs in disaster management associated with major events held in Alto Minho, as perceived by the fire brigades. This is a qualitative, exploratory-descriptive study, for which interviews were conducted with the heads of the fire brigades and data were processed using content analysis and descriptive statistics. The results showed that events are large and geographically dispersed; the intervention of fire brigades in terms of rescue planning does not always occur and constraints are perceived in the provision of aid. These are related to the large number of occurrences happening on event dates, the amount of traffic, and difficult access. Unfeasible emergency corridors add to the difficulties. The aspects influencing the response of the evacuation health units are the distance between the incident site and the health unit, the means of assistance remaining available, the capacity and ability of the emergency services. In conclusion, there is an urgent need for an effective risk management.

**Keywords:** Mass events, relief, disaster risk management.

\* O texto desta nota foi submetido em 15-09-2022, sujeito a revisão por pares a 27-09-2022 e aceite para publicação em 18-11-2022

Esta nota é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 30 (II), 2023, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

## Introdução

Ao longo da sua existência, o homem sempre se confrontou com variados tipos de catástrofes, umas naturais, outras de origem humana. Num planeta em constante mudança, as situações inusitadas relacionadas com catástrofes tais como incêndios florestais, inundações, derrocadas, ondas de calor e de frio, entre outras, têm abalado as comunidades a nível internacional (CRED, 2021). A Organização das Nações Unidas (ONU) aponta que, no mundo nos últimos 20 anos, as catástrofes naturais, mataram mais de 1,2 milhões de pessoas (Handoko, 2020).

No entanto, as catástrofes não têm apenas origem natural, elas podem advir de atividades do homem. Segundo The Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (2021), os acidentes tecnológicos resultantes de acidentes de transportes, acidentes industriais, colapso de estruturas, ruturas de barragens, emergências radiológicas entre outros, também têm a sua expressão em todo o mundo e, nos últimos 20 anos registaram mais de 5000 acidentes, dos quais resultaram mais de 162 mil vítimas mortais e mais de 9,5 milhões de afetados, num total de danos superior a 62 biliões de dólares.

Também em Portugal, nos confrontamos frequentemente com catástrofes relacionadas com fenómenos extremos, quer de origem natural quer de origem humana, onde se salientam as tempestades, cheias e os incêndios florestais, causando vítimas e danos materiais elevados. Poderíamos citar vários acontecimentos, mas pela sua gravidade a todos os níveis, especialmente pelas perdas humanas, destacamos alguns dos mais recentes: o aluvião da Madeira, em 2010, que registou 47 mortes, 250 feridos e ainda 600 desalojados; os incêndios florestais no Continente, em 2013, em que registaram 9 vítimas mortais designadamente Bombeiros durante as operações de combate e perdas financeiras em mais de 208 milhões de euros; os incêndios florestais na Madeira, em 2016, provocando 3 mortes e 151 feridos, dos quais 2 em estado grave e danos materiais que ascenderam aos 157 milhões de euros; e o incêndio de Pedrógão Grande, em 2017, que registou 66 vítimas mortais em menos de 24 horas e 45.000 hectares consumidos pelas chamas (Santos e Gomes, 2022).

De facto, aos riscos naturais que sempre aconteceram ao longo dos tempos, juntam-se hoje os induzidos pela ação do homem sobre os ecossistemas (ANPC, 2008), os denominados riscos humanos. Destes, poderíamos enunciar vários, mas referiremos apenas aqueles que estão associados a grandes aglomerados de pessoas, que é o foco do nosso estudo. A título de exemplo destacamos o acidente no Arraial da Senhora do Monte na ilha da Madeira em 2017, em que a queda de uma árvore resultou na morte de 13 pessoas e mais 49 pessoas ficaram feridas (Observador, 2017), e em 2018 uma bancada em risco de ruir obrigou à suspensão de um jogo de futebol

Estoril/Porto, levando à evacuação da zona (Observador, 2018). Estes dois casos com características e contornos diferentes mostram, na realidade, a diversidade de situações possíveis que podem resultar em catástrofe.

O impacto das catástrofes por norma é terrível, pois pode acarretar morte, lesões, doenças e outros efeitos negativos sobre o bem-estar físico, mental, social e humano.

As catástrofes apresentam por definição contextos complexos caracterizados por múltiplas ocorrências, perdas humanas, cenários de horror e sofrimento, mas também dificuldades de acesso aos locais dos eventos, dificultando as operações de socorro, exigindo grande capacidade de gestão de logística, gestão de recursos, gestão de catástrofe.

Assim, torna-se cada vez mais necessário ter uma real perceção do risco que enfrentamos, partilhar os conhecimentos e mobilizar os *stakeholders* imprescindíveis a incorporar o conhecimento e as ações necessárias na redução do risco da forma mais eficaz (Building risk knowledge, s.d.).

Diversos são os contextos que se constituem de base para grandes aglomerações de pessoas, designadamente eventos públicos tais como grandes festas, encontros desportivos, religiosos, entre outros.

Um pouco por todo o lado a aposta em eventos como atração turística e marketing territorial para promoção das regiões são bastante exploradas pelas autoridades municipais. São uma forma de valorizar os seus territórios, as suas populações, a sua cultura e os seus produtos. O Alto Minho não é exceção a esta dinâmica e, dessa forma, temos nas últimas décadas assistido ao desenvolvimento de iniciativas já existentes assim como ao surgimento de novos eventos, que se têm traduzido em êxitos de adesão de grande número de pessoas (Getz, 2008).

A realização de eventos terá sempre implícito o risco de ocorrência de acidentes. O facto de estarmos perante a presença de multidões gera a necessidade de um cuidado aumentado no sentido da segurança e do socorro. Felizmente, os eventos existentes no Alto Minho têm decorrido sem intercorrências graves, no entanto, o risco é algo sempre presente o que implica procurar incessantemente formas de melhorar os processos e desempenhos de prevenção e intervenção. É fundamental caminharmos no sentido de encarar os grandes eventos de massas como contextos de risco de catástrofe. Assim, acompanhando aquilo que é a tendência internacional desde a 3ª Conferência Mundial para a Redução do Risco de Catástrofes realizada no Japão, em Sendai entre 14 a 18 de março 2015, deve-se tentar fazer, à escala global, a transição da gestão de catástrofe para a gestão do risco de catástrofe (UNISDR, 2015), configurando-se na grande mudança de paradigma face ao seu antecessor designado como Quadro de Ação Hyogo.

Viver diariamente a realidade de um determinado contexto induz a uma certa visão seletiva sobre as coisas, o que condiciona uma observação detalhada e aprofundada do todo. Conscientes desta realidade, consideramos que sair da posição de conforto sustentada num olhar exclusivo, e por isso limitado, procurando o olhar de outras pessoas, necessariamente com outras perspetivas, foi fundamental para a descoberta e atenção dos aspetos desajustados da nossa ação, inicialmente imperceptíveis, de forma a evoluirmos na nossa forma de pensar, de planear e de atuar, e assim sermos capazes de introduzir melhorias nas nossas organizações.

À luz do exposto, urge encontrar ou selecionar novas formas de gestão do risco para maior controle e melhor resposta para segurança das populações. Para que tal seja também possível, é fundamental conhecer bem a realidade no terreno, isto é, as lacunas, as necessidades, os constrangimentos, que permita a elaboração de um bom diagnóstico de situação e partir deste se possam desenhar planos de intervenção mais adequados e verdadeiramente ajustados.

Assim, tendo em conta o ritmo da sociedade atual, a evolução das metodologias de gestão das organizações, em particular das instituições de saúde, preocupados com a problemática apresentada, colocámos a seguinte questão de investigação: Quais as necessidades na gestão do risco de catástrofe associado a grandes eventos no Alto Minho?

Tendo como ponto de partida a questão de investigação e os pressupostos apresentados, delineámos como objetivo geral para o estudo: conhecer as necessidades existentes na gestão de catástrofe associadas a grandes eventos realizados no Alto Minho, na perspetiva das Corporações de Bombeiros, com a finalidade de proporcionar uma conduta profissional mais esclarecida e por inerência contribuir para a elaboração de planos de gestão de risco mais ajustados de forma a otimizar o desempenho das equipas/corporações/estruturas de socorro.

Para dar resposta ao objetivo definido, na tentativa de perceber as necessidades existentes na gestão de catástrofe associadas a grandes eventos realizados no Alto Minho, realizámos um estudo valorizando os testemunhos na primeira pessoa dos responsáveis das Corporações de Bombeiros.

### Metodologia

Com o propósito de conhecer as necessidades existentes na gestão de catástrofe associadas a grandes eventos realizados no Alto Minho, na perspetiva das Corporações de Bombeiros, clarificamos o objetivo geral, definindo os seguintes objetivos específicos: Identificar o conceito de grandes eventos; Identificar os grandes eventos realizados em cada município do Alto Minho; Identificar

a existência de intervenção no processo de planeamento realizados nos municípios do Alto Minho; Identificar a existência de dispositivo (recursos) de socorro existentes nos municípios do Alto Minho; Identificar dificuldades percecionadas; Identificar os constrangimentos e preocupações percecionados; Analisar a opinião relativa à resposta das unidades de saúde de evacuação.

Com o intuito de atingir os objetivos propostos e assim obter a resposta para a problemática em estudo realizámos um estudo exploratório-descritivo inscrito no paradigma qualitativo.

Para recolha de dados utilizou-se a entrevista semiestruturada. As entrevistas foram realizadas em 2021, individualmente, a todos os responsáveis dos Corpos de Bombeiros do Alto Minho contabilizando um total de 12. Os bombeiros prestam socorro forma ininterrupta nos municípios onde estão sediados e nos eventos ao nível municipal, o que lhes confere uma perceção muito real do evento em si e da resposta das unidades de saúde.

O tratamento dos dados relativos à caracterização dos participantes foi efetuado com recurso à estatística descritiva, o tratamento relativo aos testemunhos dos participantes foi efetuado com recurso à técnica de análise de conteúdo segundo o referencial teórico de Bardin (2018). O procedimento de análise de conteúdo foi efetuado de forma rigorosa e sistemática, cumprindo todas etapas do processo: as entrevistas foram transcritas e atribuído um código alfanumérico a cada uma delas, iniciando assim o processo de codificação; realizadas leituras das transcrições, anotadas e analisadas as frases significativas, dando assim origem às unidades de registo (ur); Depois seguiu-se a constituição de áreas temáticas, das categorias e subcategorias de modo a agrupar as unidades de registo; após processo de análise cuidada foram efetuados ajustes no reagrupamento das unidades de registo e recodificações nas categorias, inúmeras vezes permitindo refinar a interpretação dos dados extraíndo-lhe os verdadeiros significados e validar a identificação das áreas temáticas, dando-lhe assim um cunho de maior credibilidade e validade aos resultados alcançados.

O estudo realizou-se na região do Alto-Minho com uma área aproximada de 2255 km<sup>2</sup>, dividida em 10 concelhos e 208 freguesias, com uma população residente de 231 488 habitantes (INE, 2021). É cada vez mais um destino turístico nacional e internacional durante grande parte do ano, mas, com maior incidência nos meses de verão. É também nesta época estival que numerosos emigrantes portugueses que um pouco por todo o mundo estão radicados, regressam para visitar os seus familiares e amigos. Apesar de não haver dados concretos oficiais é perceptível o aumento considerável do número de pessoas no Alto Minho com especial incidência nos meses de Verão atingindo o auge no mês de agosto. O Alto Minho é uma

região festiva, onde as romarias e festas fazem parte do cotidiano das gentes, onde se realizam inúmeros eventos de índole religiosa, social, desportiva e cultural, ao longo de todo ano, com maior expressividade na época de Verão, iniciativas estas que aglomeram multidões.

A resposta em unidades de saúde para o socorro no Alto Minho dispõe de um serviço de urgência médico-cirúrgico em Viana do Castelo e dois serviços de urgência básica, um sediado em Monção e outro em Ponte de Lima. Dispõe ainda de vários tipos de meios do Instituto Nacional de Emergência Médica (INEM) dimensionada para a habitual população existente, sediados em Viana do Castelo, Ponte de Lima, Valença e Melgaço. Todos os municípios dispõem de pelo menos 1 corporação de Bombeiros perfazendo um total de 12, cobrindo em proximidade todo o distrito.

Foram salvaguardas as questões éticas de anonimato e confidencialidade e confirmação da autorização para a realização das entrevistas através consentimento informado.

### Apresentação e discussão de resultados

Após a realização da análise de conteúdo das entrevistas obtidas dos participantes, emergiram áreas temáticas, e respetivas categorias e subcategorias, as quais nos parecem mostrar os aspetos mais relevantes do fenómeno em estudo (TABELA I).

### Conceito de grandes eventos

São inúmeros e muito diversificados os eventos sociais que podem ser considerados grandes eventos. Para uma gestão eficaz de multidões e de catástrofe, é fundamental perceber e definir o que se entende por grandes eventos, pois esse será o mote de partida para um planeamento sustentado e adequado.

Grandes eventos, são atividades coletivas que por motivo desportivo, religioso, lúdico ou laboral, entre outras motivações, atraem um elevado número de pessoas. A dimensão da concentração de pessoas e o próprio conceito de evento com multidões tem variado na literatura. Há autores que o consideram um aglomerado de mais do que 1000 pessoas, outros entendem que é necessário um aglomerado superior a 25000 pessoas para se poder utilizar essa denominação (Oliveira, 2007). De facto, a disparidade numérica é grande, no entanto existem outros conceitos que colocam a tónica não no número, mas na concentração de pessoas como é caso da Organização Mundial de Saúde que define eventos de massas, aqueles que concentram um determinado número de pessoas num local específico para uma finalidade específica, por um período definido de tempo (WHO, 2015).

Com base nestes pressupostos, quisemos conhecer qual a perceção dos participantes do que consideravam ser um

TABELA I - Áreas temáticas, categorias e subcategorias.

TABLE I - Thematic areas, categories and subcategories.

Áreas Temáticas, Categorias e Subcategorias		
Área temática	Categoria	Subcategoria
Conceito de grandes eventos	Concentração de pessoas por área	
	Comemorações /iniciativas	
Intervenção mobilizada pelas corporações de bombeiros no processo de planeamento de socorro	Planeamento	Existe
		Inexistente
	Reforço de meios	Existe parcialmente
Constrangimentos das corporações de bombeiros na prestação de socorro	Número de socorros	
	Acessos e Corredores de Emergência	
	Trânsito	
Preocupações das corporações de bombeiros na prestação de socorro	Desequilíbrio entre as necessidades e as respostas	
	Iliteracia da população civil	
	Dimensão do acidente	
	Inacessibilidade do local acidente	
	Risco de catástrofe	
	Demora média do serviço	
Aspetos influenciadores das respostas das unidades de saúde de evacuação percecionada pelas corporações de bombeiros	Distância	
	Aumento do tráfego	
	Tipo de rede viária	
	Tipologia das unidades de saúde	
	Lotação do serviço de urgência	
	Retenção dos meios de socorro nas unidades de saúde	
	Dotação dos serviços	
	Planeamento inadequado	
	Falta de reforço de equipas das unidades de saúde	

grande evento, tendo emergido a área temática “Conceito de grandes eventos” com 2 categorias: “Concentração de pessoas por área” e “Comemorações/iniciativas”. Neste estudo considerámos grandes eventos, os discursos que fazem referência quer à aglomeração de grande número de pessoas quer à concentração de pessoas por área.

Dos resultados apresentados constatamos que todos os entrevistados, possuem um conceito próprio e interiorizado daquilo que consideram ser grandes eventos. Verificamos que a menção a um grande número de pessoas é comum na maioria dos depoimentos, como referiu um participante “São eventos que têm o potencial de aglomerar muitas pessoas” E4. Quanto ao número concreto de pessoas apenas foi mencionado por 3 participantes, ilustrado no trecho “Podemos considerar acima de 1000 pessoas, um evento de massas” E1.

Emergiu também a ideia de grande número de pessoas concentradas num determinado local, visível no seguinte testemunho “Ter muita gente concentrada num espaço, isso para mim já é movimento de massas” E3, onde se percebe a importância dada à relação do número de pessoas por área, ao afastamento desta e a dificuldade em aceder a ela. Foram ainda mencionados adjetivos como anormal e potencial, que nos parece trazer a ideia de imprevisibilidade e incerteza ao conceito.

Relativamente às comemorações/iniciativas realizados no Alto Minho, verificamos a existência de inúmeros, realizados em todos os municípios e durante todo o ano, mas visivelmente concentrados na época de verão.

Constatamos ainda que os eventos referidos são provenientes de áreas distintas, tais como festas religiosas, desportivas, eventos musicais ou gastronómicos entre outros.

Foram apurados um total de 29 eventos que decorrem anualmente em todo o distrito (fig. 1), referenciados como sendo grandes eventos, 19 deles realizam-se nos meses de junho, julho, agosto e setembro. Desses 19, importa referir que 11 realizam-se durante o mês de agosto.

A cartografia representada na figura 1, ilustra a dispersão geográfica dos eventos de massas elencados pelo grupo de entrevistados. Salientamos a atenção para os eventos de cariz desportivo, cuja referenciação é a dos locais de partida habituais, mas que normalmente apresentam percursos longos, podendo estes serem alterados de umas edições para as outras, o que por si só já acresce dificuldade em qualquer planeamento de gestão do risco, porque nestas circunstâncias é impossível prever com precisão o local do acontecimento de um hipotético acidente.

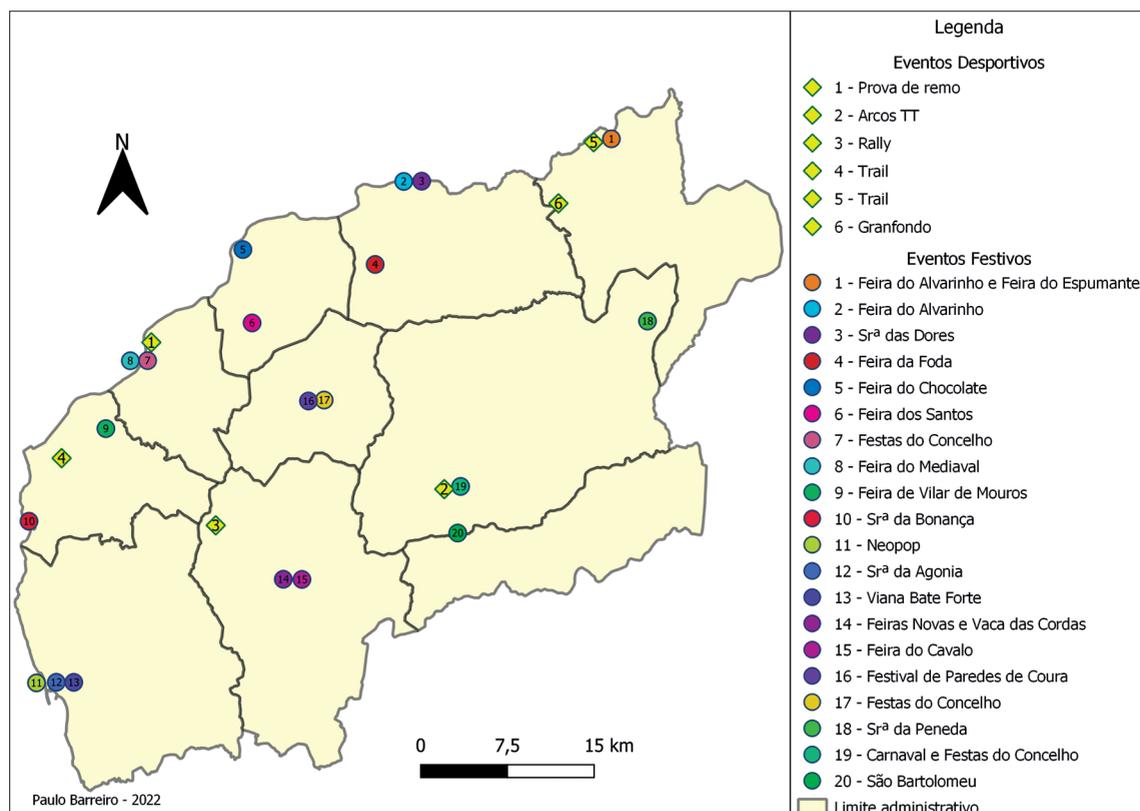


Fig. 1 - Eventos de massas identificados no distrito de Viana do Castelo.

Fig. 1 - Mass events identified in Viana do Castelo district.

Qualquer planeamento de socorro para grandes eventos que tenha a pretensão de ser eficaz e adequado, exige o conhecimento cabal e minucioso do evento, destacando-se desde logo conhecer o tamanho do contingente de pessoas previsto, pois este terá implicação direta na quantidade de meios materiais e humanos a definir. No nosso estudo, o conceito de grandes eventos foi, sem exceção, associado à grande concentração de pessoas por área geográfica. No entanto, parece que não há efetivamente um consenso global quanto ao número de participantes a partir do qual se consideram eventos de massas pois, tal como supramencionado, existe grande variedade de opinião sobre o aspeto numérico. Também, no nosso estudo, verificámos essa disparidade pois, de fato, o número de pessoas referido pelos responsáveis das corporações variou entre um a vários milhares. Porém, corroboramos a opinião da Organização Mundial da Saúde quando afirma que, embora o número de pessoas de um evento tenha influência na avaliação de riscos associados, este dado não é introduzido no conceito de grande evento porque cada comunidade tem uma capacidade diferente para gerir multidões de pessoas, por exemplo, aeroportos ou mercados, gerem mais de 100 mil pessoas por dia com o mínimo de dificuldades. Assim, os eventos de massa são caracterizados não pela sua dimensão, mas pela concentração de pessoas em determinado local com potencial para sobrecarregar o planeamento e recursos de resposta do país ou comunidade (WHO, 2015).

Ainda relativamente à grandeza do contingente de pessoas, importa ressaltar que nem sempre é possível obter uma contabilização ou estimativa precisa, uma vez que grande parte dos eventos poderá ser de difícil análise pois são recintos para espetáculos ao ar livre ou mesmo em espaço aberto não delimitado, inseridos na Categoria II relativa a eventos em que os espetadores se movimentam em determinada área geográfica e duração superior a 1 dia tal como vem descrita no PDEPCVC (Plano Distrital de Emergência de Proteção Civil de Viana do Castelo, 2016). Em eventos tais como os festivais de música ou eventos desportivos com inscrição ou bilheteira já será mais fácil totalizar os participantes. Ainda assim, os números apresentados, apesar de alguns deles não serem precisos, são elucidativos das multidões que por vezes circulam nas localidades do Alto Minho, constituindo-se, no nosso entender, um alerta a valorizar pelas entidades responsáveis pela segurança.

Still (2000 e 2015) propõe para o cálculo da lotação de um local, ou infraestrutura, a aplicação da seguinte fórmula: lotação do espaço igual à área multiplicado por 4, sabendo que o espaço ocupado por uma pessoa em repouso é menor do que o espaço necessário para uma pessoa em movimento, o que implica que o espaço necessário para uma multidão em movimento é maior do que uma simples concentração estática de pessoas. Abordando a questão da densidade perigosa, estudada pelo mesmo

autor, percebemos rapidamente a diferença existente entre estarem 100, 300 ou 600 pessoas em 100 m<sup>2</sup>. Esta diferença acentua-se quando as multidões estão em movimento, aumentando os riscos em função dos rácios e outras variáveis como velocidade, percurso a realizar, obstáculos, entre outros. Efetivamente, percebemos, mais uma vez que a concentração de pessoas por área, assim como o seu comportamento, o local do evento e os obstáculos são fatores que devemos considerar na caracterização de grandes eventos.

Curiosamente, devemos ressaltar que alguns dos eventos mencionados apesar de terem um número de pessoas pouco expressivo, foram catalogados como eventos de massa devido ao facto de serem realizados em local remoto (de montanha), distante e/ou com estradas sinuosas, onde os meios de socorro são escassos e/ou demorados, ou, por exemplo, o facto de serem em espaços confinados algumas vezes com dificuldades de acessibilidades onde um excesso de participantes, em função da área disponível ou a dificuldade de acesso aos meios de socorro, o poderá transformar-se num evento onde a aglomeração de pessoas possa ser preocupante para o local. Segundo Castro *et al.*, (2014), o conceito de eventos de massa não se resume apenas à quantidade de pessoas aglomeradas, mas também às condições climáticas, duração do evento, idade e comportamento das pessoas, perigos específicos, uso de álcool e drogas, origem e número de participantes, distribuição espacial e atenção dos serviços públicos dispensada aos mesmos.

Neste sentido, também conhecer o tipo e as características do evento é importante pois, de certa forma, este pode ser indicativo do comportamento das multidões, as horas de maior aglomeração, a época do ano em que são realizadas, etc. Assim, constatámos a existência de 29 eventos de massas dispersos por todos os municípios do Alto Minho e de tipologia bastante diversificada desde cariz religioso, festas, feiras, romarias, festivais, eventos desportivos, cada um deles repleto de especificidades que geram preocupação no que concerne às questões de socorro.

Constatámos que a época de verão é aquela onde a incidência é maior, sendo agosto o mês que mais se destaca, contabilizando 11 iniciativas. Salientamos ainda que, durante a época de verão a população no Alto Minho aumenta consideravelmente, para isso contribuem também os emigrantes portugueses que espalhados pelo mundo regressam em férias, assim como, um turismo cada vez mais expressivo. Os eventos também colaboram para essa escalada de pessoas no território pois existem eventos que pela sua dimensão atraem muitos visitantes como é o exemplo das Festas em Honra da Nossa Senhora da Agonia em Viana do Castelo pois estima-se que esta Romaria atrai anualmente cerca de 1 milhão de visitantes (Camara Municipal de Viana do Castelo, 2019).

Outro aspeto relevante é a duração dos eventos. No Alto Minho percebemos que para além dos grandes eventos se concentrarem no mês de agosto têm a duração de vários dias, sendo no mínimo 3 dias cada um. Assim, as festividades prologam-se por muitos dias, com sobreposição, ou seja, existem iniciativas em simultâneo em distintos municípios.

Desde logo percebe-se a necessidade imediata de uma articulação e ação conjunta entre as cúpulas e o terreno, pois de imediato se denota uma necessidade acrescida, que se prende com a criação de um calendário intermunicipal de eventos podendo assim ser percecionado os eventos em si, mas também a sua distribuição no calendário atendendo às sobreposições pois estas poderão desenvolver alguma forma de pressão sobre diversas entidades que concorrem para o socorro sob pena de criar constrangimento na sua forma de normal desempenho levando a situações muito críticas em situação de catástrofe.

Outro aspeto que importa ressaltar é que apesar das situações complexas apresentadas, o facto é que, os grandes eventos são necessários à comunidade, por aquilo que representam para a economia local. Em 2020, devido à Pandemia (COVID-19), foram anulados todo o tipo de eventos e concretamente *“o cancelamento das principais romarias do Alto Minho que representou uma perda de receitas na economia local na ordem dos 30 milhões de euros”* (Sapo, 2020).

Atendendo ao impacto económico que estas iniciativas representam para a manutenção ou desenvolvimento de alguns setores da economia local, para que se evitem acidentes, garantindo a segurança máxima das populações, será de todo importante uma análise profunda por parte de todas as entidades responsáveis no sentido de criar planos de prevenção e de resposta a situações de catástrofe ou emergência multivítimas adequados tornando os grandes eventos mais seguros.

#### *Intervenção mobilizada pelas Corporações de Bombeiros no processo de planeamento de socorro*

Gerir um cenário de acidente grave ou catástrofe requer sempre uma fase de preparação, a qual, inclui a elaboração de planos, desenvolvimento de acordos e ministração de formação. No entanto, em qualquer planeamento de intervenção é importante o envolvimento de todas partes as interessadas ou intervenientes. Neste contexto, pareceu-nos pertinente conhecer a intervenção das Corporações de Bombeiros no planeamento de socorro no Alto Minho. Da análise efetuada aos discursos dos participantes emergiu a área temática *“Intervenção mobilizada pelas Corporações de Bombeiros no processo de planeamento de socorro”*, da qual sobressaíram 2 categorias *“Planeamento”* e *“Reforço de meios”*.

A categoria *“Planeamento”*, refere-se à participação das Corporações de Bombeiros no planeamento de eventos propriamente dito, e a categoria *“Reforço de meios”* é referente aos recursos mobilizados pelas Corporações de Bombeiros para o socorro os eventos referenciados.

A existência de planeamento de socorro tem o desígnio de integrar as diversas organizações num alinhamento comum a diversos níveis. Assim, tendo em conta os Corpos de Bombeiros como um dos possíveis parceiros na área do socorro, tentámos percecionar qual a intervenção destes no planeamento dos eventos referidos.

Pela análise das unidades de registo desta área temática, podemos constatar que a intervenção das Corporações de Bombeiros no processo de planeamento é existente em 4 municípios, no entanto, verificámos que apenas existe parcialmente ou é inexistente nos restantes 6. Quando a intervenção existe ou existe parcialmente ela operacionaliza-se na participação em reuniões prévias com as entidades envolvidas (a título de exemplo, a GNR, Entidades de Segurança Privadas, Corpos de Bombeiros), para uma observação atenta das condições, conjuntamente com outras entidades locais. Por outro lado, percebemos que existem, contudo, 4 municípios em que a intervenção é inexistente, em que as Corporações de Bombeiros não são incluídas no processo de planeamento, não fazendo parte nem sendo auscultados.

Por vezes pode ser complexo o processo de planeamento dentro de um município, e a nível do distrito a situação piora com as sobreposições de eventos, como refere um dos participantes *“Em cada Município não se faz qualquer tipo de planeamento com os municípios restantes, e, portanto, significa que pode, e vai acontecendo, em que há eventos com grandes aglomerados de pessoas em simultâneo, no Alto Minho. Agosto é exemplo disso”* E11, o que na prática significa a possibilidade de existirem vários grandes eventos a decorrer simultaneamente no distrito, como é o caso da Festa da Sr.<sup>a</sup> das Dores em Monção e a Romaria da Sr.<sup>a</sup> da Agonia em Viana do Castelo que decorrem no mesmo período e ambas concentram milhares de pessoas.

Dos depoimentos obtidos, foi possível perceber que todas as Corporações de Bombeiros mencionaram que independentemente de fazerem ou não parte do planeamento nos municípios, reforçam os seus meios para tentar fazer face aos eventos de massas mencionados. Neste estudo entendemos como reforço de meios o aumento do número de Bombeiros de serviço face aquilo que está estabelecido e planeado para dias normais em que não há eventos. Aumentando os recursos humanos será possível guarnecer as viaturas necessárias e dispor de efetivo humano para dotar as equipas, minimizando a necessidade de recorrer a alertas de emergência como por exemplo o envio de SMS ou toque de sirene.

O facto de a totalidade das corporações aludirem a esta realidade poderá deixar aqui uma tônica importante sobre o modo de funcionamento destas organizações, por vezes atuando sob grande esforço, como é possível perceber no seguinte testemunho, “*Tem de ser o efetivo quase todo disponível para conseguir fazer face*” (E10). Aqui temos a percepção do esforço realizado pelas corporações para conseguirem ter operacionais suficientes para tentar dar resposta às solicitações. Depreende-se a existência de recursos materiais e humanos limitados que terão de ser geridos com muita eficiência para dar resposta às necessidades muitas vezes acima do que seria de esperar. Perante esta realidade de constantes solicitações, estamos convictos de que para um processo de planeamento para socorro adequado será obrigatório um bom diagnóstico de situação, onde à partida, todas as partes envolvidas devem ter uma intervenção efetiva de forma a identificar todas as necessidades e realizar a gestão estratégica dos recursos humanos possíveis e disponíveis, condicionada por algumas variáveis, mas necessitando de ser contingentes (Esteves, 2008). Salientamos ainda, que vários participantes referiram existir nas corporações uma preparação interna e um reforço voluntário. Tais evidências transparecem a ideia de que há um planeamento individual para a gestão de risco de catástrofe realizado por iniciativa própria. Podemos também depreender, através dos depoimentos que o reforço de meios ocorre com base nas lições aprendidas, no conhecimento adquirido, de experiências anteriores no terreno relativa a grandes eventos, o que coloca antecipadamente os responsáveis das corporações alerta para os riscos inerentes.

A manutenção de eventos antigos e com tradição onde participam grande número de pessoas, assim como a criação de outros novos que no futuro se desenvolvam ao ponto de serem considerados eventos de massas, é sem dúvida, considerado pelos municípios sinal de prosperidade. No entanto, cada vez mais a organização destes eventos será revestida de grande complexidade e responsabilidade, talvez a carecer cada vez mais de um planeamento pormenorizado. Para tal, será de todo conveniente que os *stakeholders* sejam envolvidos e tenham parte nesse processo de planeamento. A área do socorro deverá ser sempre uma das partes integrantes desse planeamento, pois as questões de segurança são uma exigência fundamental e legal. Tal como refere (Castro *et al.*, 2014) “*plano de preparação e resposta para acidentes com múltiplas vítimas deve estar em concordância com as legislações e regulamentações vigentes*”.

Neste estudo pudemos perceber que no Alto Minho esta realidade ainda não é totalmente posta em prática. De facto, verificámos que de um modo geral a intervenção das corporações de bombeiros no processo de planeamento de socorro é bastante limitada, em várias situações é até inexistente. Neste contexto, na nossa

opinião seria de todo prudente a inclusão e auscultação dos parceiros locais de forma antecipada para realizar nomeadamente o diagnóstico de situação que, como qualquer gestor sabe, é a primeira fase de qualquer planeamento. Para isso, é fundamental a identificação das oportunidades, ameaças, forças e fraquezas, e neste sentido destacam-se os Bombeiros, como forças de proximidade da comunidade que conhecem de perto as populações, os eventos, as localidades, as distâncias entre eventos e unidades de saúde, etc. O ciclo de gestão de catástrofe de Stefan Olsson (2009) aponta para a prevenção, preparação, resposta e recuperação. Efetivamente, acreditamos que a maior aposta deverá ser na antecipação, ou seja, na prevenção e preparação, fase que inclui, “*a elaboração de planos, o desenvolvimento de acordos e formação de como gerir uma situação de acidente grave ou catástrofe. Esta fase envolve a elaboração de planos de contingência que incluem estratégias e ações de como gerir uma situação de catástrofe bem como recuperar de tal situação de emergência no menor tempo e custo possível. A fase de prevenção e preparação não devem ser vistas como fases isoladas visto que devem ocorrer nos mesmos momentos. O processo de identificar e reduzir riscos e preparar planos para lidar com essas situações, é algo que pode ser feito simultaneamente. Isto porque não é possível fazer planos de contingência planear para ameaças que ainda não foram identificadas*” (Paiva, 2017). Nesta ótica estamos convictos que o envolvimento dos corpos de bombeiros no planeamento é imprescindível para o sucesso das ações.

Apesar da participação limitada no planeamento do socorro, as corporações dos bombeiros mobilizam a sua intervenção no socorro por outras vias, em que reforçam os seus meios para tentar fazer face aos eventos de massas.

A existência ou a criação de dispositivos, também conhecidos como pedidos de apoio ou colaboração, dedicados a uma determinada iniciativa, por vezes tem por detrás todo um processo de planeamento e organização estrutural onde a implementação do socorro está determinada de forma muito precisa, podendo apenas necessitar de prestador de serviço capaz de operacionalizar. Mas, o oposto também é suscetível de poder acontecer.

Revisitando Sanders *et al.* (1986), onde segundo ele os organizadores dos eventos têm a responsabilidade de garantir serviços de emergência aos participantes do evento. Cruzando com a opinião de Oliveira (2007) um dispositivo de emergência médica dedicado a um evento deverá estar interligado com o existente e não diminuir de forma alguma a capacidade de resposta do dispositivo habitual de resposta de emergência médica local, poderemos ter no Alto Minho a necessidade de impulsionar de forma sustentada os dispositivos ou pedidos de apoio e de colaboração.

No entanto, observando toda esta dinâmica de uma forma integrada, colocando numa mesma equação a necessidade de apoios e/ou dispositivos para eventos, o aumento muito significativo da população na região, o socorro habitual à população nas mais variadas vertentes (fogos urbanos, industriais, desencarceramento, emergência pré-hospitalar, compromissos assumidos com os transportes de doentes não urgentes para tratamento) realça a necessidade de recursos humanos em número elevado, capazes de sustentar as solicitações.

Outra forma de fazer face a tantas solicitações poderá ser através do desenvolvimento de ações compensatórias estruturadas e bem planeadas de outros *stakeholders* por forma a mitigar o impacto sobre uma estrutura ou organização, e dessa forma, por exemplo, descentralizando e aproximando a unidade de saúde do evento, encurtando distâncias e tempos de socorro, triando e tratando, evitando o aumento substancial na afluência ao serviço de urgência mais diferenciado como é o caso do Serviço de Urgência Médico Cirúrgica de Viana do Castelo, de uma forma constante tentando ser um meio de potenciar e adestrar equipas de forma constante, antecipando assim uma reposta a situações complexas e não apenas em situação de reação à catástrofe.

Uma parte considerável dos apoios solicitados aos Bombeiros são na área da emergência médica, portanto, pareceu-nos importante analisar o número máximo de meios possível nos Corpos de Bombeiros do Alto Minho para fazer face ao apoio a eventos de massas e alguma situação de emergência que se possa verificar. Assim, foi apurada a existência de 53 viaturas, sendo que, consideramos, do conhecimento que detemos do terreno, que possivelmente cerca 10% destas poderão estar inoperacionais, devido a avarias, manutenções ou mesmo acidentes. Porém, convém referenciar que este volume de viaturas se enquadra no normal funcionamento diário das localidades. Efetivamente, as Associações Humanitárias de Bombeiros Voluntários e a Autarquia que detém uma Companhia de Bombeiros Sapadores, possuem os meios tendo em linha de conta as suas necessidades de socorro efetivo diário. Significando isto, que o volume de viaturas só existe porque independentemente de há alguns anos esta parte a entidade com responsabilidade máxima na prestação do socorro pré-hospitalar além de um papel de regulador e coordenador se ter assumido também como prestador de serviços, os Corpos de Bombeiros continuam a ter a necessidade de aumentar ou renovar a sua frota para poderem socorrer as populações diariamente. Não devemos talvez, equacionar esta existência à margem desta solicitação diária, ou, como sendo uma reserva estratégica de viaturas que existe disponível para situações de acidente grave ou catástrofe, pois estes meios fazem falta real e efetiva todos os dias do ano.

Outro aspeto a salientar é que a existência de recursos técnicos, materiais ou equipamentos só fazem sentido se forem acompanhados de recursos humanos capazes de os guarnecer ou operar. A par do número de viaturas que são necessárias para o desenrolar das ações, é fundamental a existência de Bombeiros capacitados e em número suficiente, pois como podemos perceber nos números apresentados para o Alto Minho, é um sector onde se vive a realidade da perda de operacionais. O Alto Minho viu reduzir nas últimas duas décadas o seu número de elementos para quase metade, o que é no mínimo preocupante, pois de 1077 elementos existentes em 2001 (Pordata, 2020) nos quadros das 12 corporações, nos dias de hoje, em 2022, este número é de 672 (RNBP, 2022). Destes uma parte é profissional, desempenhando a sua atividade regida pela legislação vigente, mas, uma grande parte é voluntária, e isto significa, que tem outra atividade profissional e daquele que efetivamente é seu tempo, disponibilizam-no para apoiar a sua comunidade. É desta forma paradoxal onde a simplicidade aparente da existência de recursos humanos contrasta com uma dificuldade extrema em gerir o socorro 24 horas por dia, todos os dias do ano. E, obviamente, quando precisamos de socorro, todos desejamos rapidez, eventualmente sem nunca termos parado para pensar se existem recursos humanos suficientes para socorrer atempada e eficazmente.

Sublinhamos ainda que, todos os Corpos de Bombeiros do distrito de Viana do Castelo, perante a existência de eventos de massas, reforçam internamente a capacidade de resposta para fazer face a um aumento significativo de incidentes, independentemente das dificuldades que cada uma das corporações apresenta. Esta medida de antecipação espontânea, emerge como tentativa de melhor servir e estar preparado para situações de exceção, independente de terem dispositivo dedicado. Os Corpos de Bombeiros estão muito ligados e enquadrados com a criação de dispositivos com áreas distintas ou específicas, quer seja para os fogos rurais (DECIR - Dispositivo Especial de Combate a Incêndios Rurais) ou prevenção rodoviária (DIPIR - Dispositivo Preventivo de Intervenção Rodoviária), com planeamento atempado, enquadrados naquilo que são as lições aprendidas de anos transatos e cruzando com previsões assentes em informações emanadas pelas organizações responsáveis, tentando antecipar de modo a poderem reagir o mais precocemente possível. Nem sempre esta forma de planeamento é assim tão linear, pois se grande parte das organizações têm as suas dificuldades, obviamente, os Corpos de Bombeiros não são exceção. Além destes dispositivos existem muitas situações que os Corpos de Bombeiros se ajustam, até mesmo dentro de dispositivos já abordados ou outras situações como a previsão de intempéries, robustecendo-se num curto hiato de tempo (por vezes escassas horas) com a finalidade de capacitar as respostas.

Grande parte do processo de planeamento não é visível, é, portanto, apenas alvo de apreciação e escrutínio quando algo possa correr menos bem. No entanto, o planeamento poderá carecer de ser impulsionado ou simplesmente repensado com a premissa de que poderemos sempre melhorar, e isto, não é sinónimo de que, aquilo que existe esteja mal elaborado.

#### *Constrangimentos das Corporações de Bombeiros na prestação de socorro*

As Corporações de Bombeiros, devido à natureza de imprevisibilidade da sua intervenção, estão expostas a vários constrangimentos, os quais podem dificultar uma ação de socorro adequada e eficaz. Assim, neste pressuposto pareceu-nos pertinente conhecer os constrangimentos na prestação de socorro na perspetiva dos responsáveis das corporações, dando origem à área temática “Constrangimentos das corporações de bombeiros na prestação de socorro”, donde sobressaíram 3 categorias: “Número de socorros”; “Acesso e Corredores de Emergência” e “Trânsito”.

No que diz respeito ao “Número de socorros” como constrangimento, considerámos para este estudo as unidades de registo referentes ao constrangimento provocado devido à quantidade de socorros ser superior à média diária habitual, sendo 6 os participantes a mencionar esta situação.

De uma forma geral parece existir um aumento de socorros coincidente com a realização dos eventos podendo estar ou não diretamente relacionados. Denota-se, em alguns eventos, a presença de ambulâncias de socorro no recinto de forma contínua. Verificámos assim disparidades de atuação, para a qual existirão diversas razões para o facto, desde logo a insuficiência de recursos, a insuficiência de planeamento, metodologias de gestão de risco diferentes, etc. Foram relatadas também algumas vivências relativas a eventos passados que ficaram na memória dos entrevistados, protagonizando grandes constrangimentos e como conseguiram ultrapassá-los. Uma delas relacionadas com uma situação inusitada em que foram assistidas simultaneamente mais de meia centena de pessoas. Assim como um relato específico em que após ter sido criado um hospital de campanha a situação melhorou com a redução substancial dos transportes realizados. Percebemos nitidamente tratar-se de uma metodologia de intervenção.

Relativamente aos “Acessos e Corredores de Emergência” como constrangimento ao socorro são consideradas neste estudo as unidades de registo referentes à sua inexistência, ou insuficiência. Da totalidade dos participantes, 6 mencionaram a inexistência de acessos e corredores devido: não estarem implementados, como se observada no depoimento. “*um caso de peso que é*

*estrutural são os chamados corredores de emergência que não existem [...] podem estar planeados no papel, na prática eles não existem”* E2; a uma possível falta de formação/sensibilização da população, visível no depoimento “[...] *as tendas da feira e feirantes que impedem por vezes a circulação dos meios de socorro, e depois temos as pessoas na rua que não há qualquer forma de a ambulância se deslocar [...]*” E3; Acessos difíceis tal como evidência a seguinte unidade de registo “[...] *torna praticamente intransitável na Vila, os veículos de socorro”* E10.

Na categoria “Trânsito”, como constrangimento, é neste estudo considerado o grande número de viaturas em circulação nas vias de acesso ou saída dos eventos, cujo fluxo normal fica comprometido, congestionando de forma comprometedora o escoamento e circulação fluida nas vias.

O grande fluxo de massas humanas, também é acompanhado de grande número de viaturas que se movimentam na ida e regresso dos eventos, tudo isto aparenta gerar problemas no acesso às vítimas a necessitar de socorro, na deslocação às unidades de saúde e obviamente, no regresso da unidade de saúde. Efetivamente, o trânsito é reportado como sendo um elemento muito influenciador no desempenho do socorro em grandes eventos, disso temos perfeita consciência com o depoimento “[...] *portanto, fica tudo condicionado e o trânsito processa-se muito lentamente, até quando falamos da distância de [...] aproximadamente 11 km, e isso, é recorrente”* E11. No entanto, nem só de grande número de carros e pouca fluidez nas vias se caracteriza esta categoria, pois também o mal estacionamento de veículos pode ser um obstáculo à circulação viária, sendo também necessário a intervenção de distintas equipas de socorro para ser possível socorrer as vítimas como mostra o seguinte depoimento “[...] *quando há eventos de massas há muito desrespeito daquilo que são as regras de trânsito, estacionamentos e já tivemos situações [...] em que [Bombeiros] tiveram de andar a arrastar carros para a ambulância poder circular”* E4.

Numa análise agregadora, aquilo que mais constrangimentos gera, curiosamente não são a falta de recursos humanos e/ou técnicos em si mesmo, mas sim o conjunto de dinâmicas ou realidades presentes no Alto Minho, relacionadas especificamente com o aumento do número de socorros prestados, com o aumento de trânsito e com as dificuldades nos acessos e corredores de emergência, que não sendo estáveis, podem com discreta facilidade desequilibrar a harmonia, a paz e o bom decorrer dos eventos que atraem muitos visitantes e participantes. Desta forma, vejamos a título de exemplo algumas situações que explicam alguns dos constrangimentos: o aumento da população no período de verão por todo o território do Alto Minho, que direta

ou indiretamente poderão estar ligados com o aumento do número de serviços de emergência médica nos Corpos de Bombeiros; o aumento dos incêndios rurais, facto que não pode ser excluído, pois segundo os relatórios anuais elaborados pelo Instituto de Conservação da Natureza e Florestas, o Alto Minho é sistematicamente (há cerca de 40 anos) uma das regiões de Portugal com mais ignições e incêndios, e que consome muitos recursos e por muito tempo. Este é o cenário envolvente e habitual daquilo que são os eventos de massas no Alto Minho especialmente os que se realizam durante o verão, pois estes não acontecem de forma isolada da sociedade que os rodeia, mas sim em simultâneo. As organizações como os Corpos de Bombeiros que são a resposta, ou parte dela, em todos os municípios do Alto Minho são na realidade os primeiros guardiões das comunidades.

Após a reorganização da rede de urgências em Portugal, a resposta da Unidades de Saúde no Alto Minho ficou na maioria dos casos mais distantes das situações de emergência, dado que de uma forma geral todas as situações de socorro convergem para 3 pontos que são o Serviço de Urgência Médico Cirúrgica de Viana do Castelo e os 2 Serviços de Urgência Básica de Ponte de Lima e de Monção. Esta situação exige um número de carros e de equipas em constante viagem nas estradas e acaba por ser um dispêndio de meios e de tempo significativo para as entidades de socorro, aspeto que tem a sua tradução e possível impacto nos Serviços de Urgência como teremos oportunidade de observar mais adiante.

Por outro lado, e em paralelo, os Serviços de Urgência de evacuação podem estar mais longe do que estavam. Poderá isto significar que, as viaturas em serviço estão constantemente envolvidas em filas de trânsito, algumas delas com expressão apreciável, nestas condições torna-se complexo manter a capacidade de socorro pensando somente na sua forma normal, equacionando situação de exceção ou catástrofe poderá ser expectável de piorar consideravelmente.

As insuficientes ou inexistentes acessibilidades aos locais dos eventos e corredores de emergência nos recintos são constrangimentos que devem ser minimizados. As acessibilidades são consideradas necessidades basilares, antecipando até situações de exceção que possam ocorrer. A existência de estruturas, designadas corredores de emergência, implementadas no terreno, como forma de socorrer nas mais diversas e variadas formas, inclusive pelas forças de segurança, permitindo assim a partilha dos canais de emergência. Acreditamos ser complexo e de difícil a sua implementação em alguns locais, porém não em todos. Ultrapassar estas dificuldades poderá passar, em primeira instância, por planear e depois implementar, mas com a sensibilização de todos (promotores, forças de segurança e socorro, demais entidades e o cidadão), para a real necessidade de efetuar uma adequada gestão do risco.

O aumento do trânsito, explicado pelo aumento substancial de pessoas e das respetivas viaturas durante os eventos, é considerado um sério problema que se torna mais comprometedor quanto maiores são os percursos a realizar para participar nesses eventos. Como podemos observar nos dias de hoje, as viaturas dos populares circulam para os eventos em média com 2 pessoas, ao contrário daquilo que se verificava nos anos 80 e 90, onde as viaturas frequentemente circulavam no mínimo com 5 pessoas, onde se utilizavam mais veículos motorizados de 2 rodas, verificando-se que os problemas de estacionamento e de arrumação eram muito menores face à realidade atual. Deste modo, e com uma alteração social fruto dos tempos, presentemente, são necessários espaços cada vez maiores para estacionamento do grande número de viaturas, o que muitas vezes é extremamente difícil. Em algumas localidades foram criados parques e locais de estacionamento que muito tem contribuído em termos organizacionais, no entanto, essa dinâmica não é ainda generalizada e ou possível estruturalmente. E mesmo com a existência de parques é recorrente a grande dificuldade de circulação resultante do grande fluxo de veículos ou do seu estacionamento.

Por outro lado, alertamos que se existirem parques de estacionamento, também será necessário garantir a segurança minimizando riscos, porque é sabido que já existiram incidentes em locais semelhantes. Assim, mesmo considerando a existência de locais suficientes para todas as viaturas estarem bem estacionadas e em segurança, no entanto interrogamo-nos, será que vão estar efetivamente? Os responsáveis pelo evento e pela segurança do mesmo devem colocar na equação de gestão do risco todas estas variáveis.

Resumindo, os constrangimentos na prestação de socorro são diversos, estando relacionados com o número de socorros a efetuar, como a existência de obstáculos vários no acesso e transporte da vítima, ou mesmo o trânsito existente, onde pode emergir uma necessidade premente de formação cívica das populações sobre a temática, pois uma população culta, informada ou sensibilizada será também uma população, mais segura.

Tendo em conta os constrangimentos apresentados, e as edições dos eventos que se sucedem de uma forma regular nos mesmos locais e em datas semelhantes, e sendo eles planeados, deveria ser expectável que tudo o possível de ser melhorado fosse incrementado nas edições seguintes. Efetivamente, percebemos que na atualidade o socorro reveste-se de uma dimensão puramente emergencial e humanitária, no entanto, acreditamos que esta metodologia deverá progressivamente evoluir para um paradigma de antecipação de gestão do risco. Nitidamente inspirada numa metodologia de prevenção *versus* intervenção.

### *Preocupações das Corporações de Bombeiros na prestação de socorro*

O modo como as situações de emergência pode ocorrer, coloca todos aqueles que têm responsabilidades na sua gestão sobre uma amálgama de preocupações. A forma inusitada e imprevisível como elas acontecem, preocupa aqueles que estão no setor, conscientes dos riscos, pois existem situações que se tornam complexas no entanto outras já nascem complexas.

Assim, surge a área temática “Preocupações das corporações de Bombeiros na prestação de socorro”, e nela edificámos as seguintes categorias: Desequilíbrio entre as necessidades e as respostas; Iliteracia da população civil; Dimensão do acidente; Inacessibilidade do local acidente; Risco de catástrofe; Demora média do serviço.

As preocupações das Corporações de Bombeiros na prestação de socorro, são várias e diversificadas sendo possível perceber que o apoio na segurança dos eventos de massas são apenas uma parte daquilo que diariamente as corporações dos bombeiros fazem. Neste sentido, emerge a categoria “Desequilíbrio entre as necessidades e as respostas” mencionado por 2 participantes aludindo à preocupação gerada pelo facto de que os recursos existentes têm de ser distribuídos pelas múltiplas solicitações e tarefas que estão a cargo das corporações e que, por vezes, poderão não ser suficientes, como demonstra o seguinte testemunho “[...] *há ansiedade porque temos que pensar no efetivo para fazer combate aos incêndios, temos de assegurar a emergência pré-hospitalar ao concelho, principalmente por causa das festas [...] e temos de estar a contar que a qualquer momento pode haver uma situação de exceção [...]*” E10.

A categoria “Iliteracia da população civil”, enquanto preocupação mencionada por 2 participantes, está relacionada com a falta de comportamentos seguros por parte da população, que denota falta de conhecimento e compreensão relativa às medidas de segurança a adotar em circunstâncias de risco, tal como mostra este testemunho “*Por mais organização que haja, as pessoas circulam pela estrada, pelos passeios, e há sempre preocupações [...] não há planeamento que resista quando temos mais de 1 milhão de pessoas*” E1.

A “Dimensão do acidente” emergiu também como uma preocupação mencionada por 2 participantes, um deles refere “[...] *eu recordo-me [...] do festival [...] em que por alguma coisa que aconteceu e que alastrou aos restantes e viu-se o que aconteceu, 400 carros arderam [...]*” E11, neste depoimento está implícita uma preocupação velada com os acidentes de grande dimensão.

A categoria “Inacessibilidade do local acidente” surge como preocupação mencionada por 2 participantes, relacionada com os eventos em que o acesso ao local

onde se encontra a vítima ou é inexistente ou é muito difícil, como mostra o seguinte testemunho “[...] *aqui tem a ver com eventos de âmbito desportivo ou de natureza em que são praticados no meio da floresta e que muitas vezes os meios não conseguem aceder à totalidade dos locais ou do percurso do evento [...]*” E5.

O “Risco de catástrofe” é uma das preocupações relatada por um dos participantes em que refere “[...] *era impensável garantir o socorro no evento apenas com uma ambulância [...]. Felizmente não tem havido nada de mais. Mas, contudo, as preocupações são muitas. As catástrofes podem aparecer*” E8. De facto, a possibilidade de que a qualquer momento poder acontecer uma catástrofe é algo que gera preocupações, nomeadamente aos responsáveis das corporações.

A “Demora média do serviço”, categoria mencionada por 1 participante, revela a preocupação gerada pelo tempo despendido na realização de um serviço, como podemos verificar no seguinte testemunho, “*Um dos grandes constrangimentos e stress pode nem ser o número de serviços, mas o tempo do serviço*” E9.

Ter conhecimento da realidade, exercendo funções e responsabilidades na área do socorro, vivendo em proximidade e tendo sensibilidade com as situações que podem provocar acidentes graves ou catástrofes, acaba por gerar um conjunto de sentimentos e sensações em que a manifestação individual e indivisa, preenche cada um dos entrevistados sempre e em cada grande evento, no antes, no durante e até que tudo termine, e, inevitavelmente, no próximo ano ou evento, novamente envolvidos numa amálgama de preocupações que se prendem todas elas com as situações de risco potencial, identificadas no estudo.

Com a preocupação constante do risco de catástrofe, potenciada pela complexidade inerente aos grandes eventos no Alto Minho, relaciona múltiplas variáveis, condicionadas pelas especificidades e singularidades relativas ao enquadramento territorial, cultural e social, podemos de facto, de uma forma geral e objetiva, estar perante uma realidade em que:

- Diminui o número de Bombeiros;
- Aumenta o número de eventos;
- Aumenta o número de serviços e/ou solicitações;
- Aumenta a distância de acesso à saúde;
- Aumenta o tempo despendido no trânsito;
- Grande número de incêndios rurais, consumindo muitos recursos e durante muito tempo.

De facto, podemos perceber que as preocupações dos responsáveis das corporações dos bombeiros estão relacionadas não só com as situações de risco ou potenciadores deste, ou seja, com a dimensão do acidente, inacessibilidade do local acidente, risco de catástrofe, Iliteracia da população civil, mas também,

os preocupa o desajuste dos meios e infraestruturas de resposta às eventuais necessidades, nitidamente perceptível quando referem a demora média do serviço e o desequilíbrio entre as necessidades e as respostas.

O desequilíbrio entre as necessidades e as respostas, onde o aumento generalizado de solicitações e necessidades contrasta com a diminuição acentuada de recursos, por exemplo humanos, que, tem vindo a ser excessivamente reduzida no distrito de Viana do Castelo, assim como as medidas compensatórias, e que na nossa opinião, não se vislumbra grande capacidade de reversão da tendência dos últimos 20 anos. No entanto, acreditamos que é neste setor onde entidades responsáveis podem intervir, ajustar e melhorar a resposta integrada numa visão integrada de gestão de risco de catástrofe.

Percecionamos a preocupação efetiva com os comportamentos da sociedade civil, numa sociedade onde a informação e a formação estão cada vez mais disponíveis, de facto continuamos a ser espectadores de erros grosseiros sobre o respeito, as regras e regulamentações daquilo que é a vivência em sociedade organizada, os quais esperávamos ver reduzidos, mas que, em algumas situações verificamos estar na presença de uma regressão comportamental e cívica de relevo, o que, não facilita de todo ações de prevenção ou mitigação de risco.

O risco de catástrofe e a dimensão do acidente, dimensões que muito preocupam as organizações envolvidas no socorro, mostram a consciência da situação e da forma articulada como tudo se desenvolve e acontece no mundo real, tornando-se de difícil abstração. Efetivamente, num olhar atento verificamos que uma possível desordem gerada pelos grandes eventos poderá implicar uma reação em cadeia e assim, aumentar os tempos de resposta no socorro às vítimas e à sua libertação para voltarem a ficarem disponíveis. Quem tem recursos limitados e compromissos para cumprir, a gestão de emergência torna-se extremamente complexa quando os eventos possam tender a serem suportados nos dispositivos normais, negligenciando a necessidade de efetuar planos dirigidos e específicos para cada grande evento.

A percepção constante de que algo poderá sempre correr mal, contrapondo a dificuldade na gestão dos recursos humanos é cada vez maior, numa sociedade com muito maior solicitação e num universo de ativos cada vez menor, a análise das dinâmicas dos eventos, conhecer o histórico de acidentes, a segurança e os recursos disponíveis será fundamental para a preparação de uma resposta adequada.

#### *Aspetos influenciadores da resposta das unidades de saúde na evacuação na perspetiva dos Corpos de Bombeiros*

As unidades de saúde são um dos elos da estrutura do sistema de socorro e emergência. Neste sentido,

quisemos perceber qual é a percepção sobre a resposta das unidades de saúde enquadrada na gestão de risco de catástrofe na ótica de organizações externas, neste caso em concreto as Corporações de Bombeiros, as quais constantemente acedem a estes serviços de urgência que segundo informação dos corpos de bombeiros do Alto Minho só no ano de 2021, no Alto Minho, realizaram mais de 23000 serviços/intervenções/prestações na área do pré hospitalar, o que permite uma grande percepção do desempenho destes serviços e por isso possibilitou uma vasta recolha de informação. Assim, emergiu a área temática “Aspetos influenciadores das respostas das unidades de saúde de evacuação percecionada pelas corporações de bombeiros” e identificadas 9 categorias de forma a melhor explicar o conteúdo significativo do manancial recolhido, que designamos: distância; aumento do tráfego; tipo de rede viária; tipologia das unidades de saúde; lotação do serviço de urgência; retenção dos meios de socorro nas unidades de saúde; reforço de equipas; dotação dos serviços; planeamento inadequado.

Na percepção dos participantes, são vários os aspetos influenciadores das respostas das unidades de saúde de evacuação. A “distância” é referida por 5 dos 12 Corpos de Bombeiros, diz respeito ao espaço que medeia o percurso entre o local do incidente e os Serviços de Urgência, neste caso, o Serviço de Urgência Médico Cirúrgico em Viana do Castelo, ou os Serviços de Urgência Básicos em Ponte de Lima e Monção. Grande parte das unidades de registo têm a sua génese a grandes distâncias, as quais se podem traduzir em graves obstáculos no socorro em tempo oportuno, prestado às vítimas.

Para 5 dos participantes outro dos aspetos que influencia a resposta das unidades de saúde de evacuação é o “aumento do tráfego”. Que revela maior consumo de tempo na transposição das distâncias durante os eventos e/ou verão quando comparados com o restante período do ano, atribuindo ao facto da existência de maior tráfego nas estradas, como nos revela o seguinte relato “[...] são 30 minutos ida e volta mais socorro, [...] no pico do verão entre trânsito e com a afluência do Hospital isso pode-se traduzir em 3 horas” E5.

Relativamente às condições das estradas portuguesas o “tipo de rede viária”, também influencia a resposta das unidades de saúde de evacuação, categoria referida por um 1 entrevistado.

No que diz respeito à percepção dos participantes face à resposta das unidades de saúde de evacuação, 2 participantes referiram que tipologia das unidades de saúde”, como aspetos que influenciam, quer seja a referência da evacuação para um Serviço de Urgência Médico Cirúrgico ou para um Serviço de Urgência Básico, e que em muito tem a ver com o movimento da unidade de saúde que implica muitas vezes o aumento da demora de atendimento, como se constata no seguinte relato

*“[Um Serviço ao SUB] entre a deslocação, mais o tempo que temos de aguardar pela triagem, mais o tempo para passar o utente ou vítima é, à vontade, 2 horas [...] [Um serviço ao SUMC Viana] é mais, mas também tem muito mais movimento. Demoramos muito mais tempo na triagem, são 3 horas à vontade[...]” E10.*

Os participantes percecionaram que a “lotação SU”. Também é um aspeto influenciador da resposta das unidades de saúde de evacuação. Nesta categoria verificámos que todos os entrevistados aportaram informação sobre a lotação do Serviço de Urgência relacionada com maior procura da unidade de saúde em momentos de eventos e verão excedendo desta forma a sua lotação, como mostram os seguintes depoimentos *“Com os eventos, tudo altera, desde o atendimento à triagem, começa a haver um fluxo muito maior [...] e começa a condicionar” E3* e *“[...] tem sempre muita gente nessas épocas, os Hospitais estão cheios” E10.*

Foi possível aferir que a perceção dos entrevistados sobre o tempo de atendimento que sendo um tempo médio que não acarreta problemas para as entidades de socorro. Não obstante, têm consciência que se está a abordar um aspeto que tem um elevado grau de sensibilidade à variação do número de utentes pois as situações podem rapidamente alterar para pior. Concomitantemente também percecionam que no período de Verão a situação tende a complicar.

O aumento da afluência aos serviços de Urgência deixa os profissionais de saúde assoberbados de trabalho, e dessa forma a fluidez do serviço abranda. Estando as organizações e estruturas projetadas para o atendimento de determinados números de utentes, se estes subirem consideravelmente o tempo de demora média de atendimento tende a aumentar substancialmente.

Uma outra categoria emergente relativa aos aspetos influenciadores da resposta das unidades de saúde de evacuação percecionada pelas Corporações de Bombeiros é a “retenção dos meios de socorro nas unidades de saúde”, onde 7 dos 12 participantes fazem referência a esta situação, e, embora percebendo o limite de funcionamento das unidades de saúde, esta, tem impacto direto na resposta atempada do socorro ao nível dos municípios, que, de uma forma geral atrasa a sua prestação, tal como podemos perceber pelos seguintes relatos *“Muitas vezes espera-se demasiado tempo para a libertação do meio porque estamos à espera de fazer triagem, ou estamos à espera de macam ou à espera de outra coisa qualquer e o meio está INOP” E2;* *“[...] uma ambulância estar parada num Hospital meia hora a uma hora à espera de uma maca às vezes ou à espera de triagem” E9.* Como as situações são desconhecidas e inusitadas, nunca se sabe bem o que está a necessitar de socorro até lá chegar, podemos inferir que o constrangimento poderá não ser tanto a quantidade de

serviços, mas o tempo de demora desses serviços, que se for elevado acaba por hipotecar os meios disponíveis.

A “dotação dos serviços”, também foi mencionada como sendo influenciadora da resposta das unidades de saúde de evacuação. De facto, é importante perceber que uma das perspetivas relativas à situação habitual poderá dar algum ânimo, sabendo que não consideram desde logo uma situação caótica tal como demonstra este depoimento *“O normal, [...] não vejo aqui grandes problemas nos serviços de urgências” E3.* No entanto, a referência de que a dotação se degrada nos dias dos eventos e no período de verão serão efetivamente um dado a ressaltar, como se percebe neste testemunho *“Às vezes estão cheios de macas, às vezes superlotados, queremos macas e não conseguimos ter” E7.* Existindo quem considere os serviços de urgência quase sempre lotados, nos dias dos eventos a situação tende a agravar acentuadamente.

Relativamente à categoria “planeamento inadequado”, em que o depoimento do participante é bastante forte e explícito, dizendo que *“[...] acho que não há uma preparação, não há um trabalho prévio” E3,* dando a imagem daquilo que transparece destes serviços cujo labor diário é imprescindível, mas por vezes dantesco e caótico.

No sentido de indagar sobre a implementação de medidas de antecipação mitigadoras na gestão de fluxo dos Serviços de Urgência, de forma a tentar minimizar o impacto que os grandes eventos no Alto Minho têm no normal funcionamento, os participantes quando questionados revelaram ter a perceção que não existiam reforços, tendo surgido a categoria “falta reforço das equipas”. Assim, ao nível dos Serviços de Urgência embora os entrevistados não afirmem cabalmente não existir esse reforço, os mesmos referem não ter essa perceção, ou não ser notório essa presença mais musculada que evidencie reforços, tal como se constata neste depoimento *“[...] não se nota qualquer reforço da parte deles [serviços de urgência], as equipas são as mesmas [...]” E8.* Na verdade, de todos os entrevistados nenhum afirma ter plena perceção do reforço das equipas de profissionais em funções aquando dos dias de grandes eventos no Alto Minho.

As unidades de saúde de evacuação dão a sua resposta ao socorro, através dos Serviços de Urgência. Estes foram inicialmente configurados para dar resposta aos casos graves, de forma rápida e eficaz, proporcionando assistência em situações de urgência/emergência. No entanto, a possibilidade de atendimento sem marcação prévia durante as 24 horas, poderá estar na origem de acessos indevidos a estes serviços por quem necessita de cuidados de saúde, e não vislumbra outra solução (Xu e Berk, 2009), o que resulta frequentemente em sobrelotação destas unidades.

Num olhar breve às publicações do “Público” (órgão de comunicação social) no mês de março de 2022, podemos ver algumas notícias a nível nacional que nos alertam para uma reflexão profunda, os quais enumeramos de seguida:

- (27 março) Saúde: Cansado de “trabalhar sem condições”, médico veterano abandona SNS (Público, 2022);
- (27 março) Exclusiva entrevista: “As urgências têm de deixar de estar de portas escancaradas” (Público, 2022);
- (31 março) Exclusivo sociedade: “Avalanches” nas urgências pediátricas, com gripe fora de época. Os “velhos” vírus estão de volta (Público, 2022);
- (1 abril) “Governo promete remodelar urgências e deixa cair meta de dar médico de família a todos os utentes do SNS” (Público, 2022).

Mas, não é o único órgão de comunicação a noticiar o assunto. Também a televisão designadamente “SIC Notícias” onde podemos ver:

- (1 abril) País: Urgências sob pressão: má resposta dos centros de saúde é uma das causas. Março foi o mês com maior afluência (SIC Notícias, 2022).

As notícias e entrevistas na comunicação social sobre esta temática têm sido uma constante. Para quem tem responsabilidades ao nível da gestão dos cuidados de saúde, a análise das causas que estão na base desta realidade será possivelmente uma grande preocupação. Autores como Säterhed defendem que “a Gestão de Multidão não trata apenas de controlar a multidão, tem de se conhecer o público do evento e prever possíveis comportamentos inesperados do público que poderão vir a originar uma catástrofe” (Säterhed et al., 2011). Interessante e vasta a temática da gestão das multidões, se tivermos em linha de conta o motivo que poderá explicar as deslocações das massas para os Serviços de Urgência.

A centralidade das unidades de saúde, ou, o atendimento resultante da reorganização da rede de urgências dimensionada segundo o histórico de ocorrências atendidas, trabalhada com as distâncias, sua distribuição geográfica e população existente no distrito resultou na existência de 3 Serviços de Urgência. Aquele que disponibiliza cuidados de saúde mais diferenciados está localizado em Viana do Castelo, denominado de Serviço de Urgência Médico-Cirúrgico, e que, segundo (Diário da República, 2022) trata-se de um serviço de “segundo nível de acolhimento das situações de urgência, devendo existir em rede, localizando-se como forma primordial de apoio diferenciado à rede de Serviço de Urgência Básica e referenciando para Serviço de Urgência Polivalente situações que necessitem de cuidados mais diferenciados ou apoio de especialidades não existentes no SUMC, definidas nas respetivas redes de referência” pelo que deve estar preparado para dar resposta à população da sua área. Em Ponte de Lima e em Monção localizam-se 2 Serviços de Urgência Básico,

que “são o primeiro nível de acolhimento a situações de urgência, de maior proximidade das populações, e constituem um nível de abordagem e resolução das situações mais simples e mais comuns de urgência” (Diário da República, 2022). Esta é a rede de Serviços de Urgência existente para este território de 2255 km<sup>2</sup> e pouco mais de 230 mil habitantes (INE, 2021). Aquela que era a resposta de proximidade existente em todos os municípios desapareceu, exceto nos supramencionados. Assim, e se durante grande parte do ano os Corpos de Bombeiros fazem a sua parte no socorro, nos eventos de massas a inexistência de uma resposta em proximidade tem os seus reflexos. A distância a percorrer quer em tempo quer em quilómetros para recorrer às unidades de saúde de evacuação aumentou face ao modelo anterior. Embora no dia a dia seja uma situação em que os bombeiros estão perfeitamente habituados e conseguem dar resposta atempada, nos dias de eventos de massas, o tempo despendido nos percursos e acessos aos serviços torna-se imenso, gerando a retenção de meios nas unidades de saúde e por inerência dificulta uma resposta célere, pois a simultaneidade de serviços e as necessidades são grandes. Muitas vezes o grande esforço realizado pelas corporações no reforço de equipas perde-se em esperas, demoras e viagens “*O que me traz mais dificuldade é o tempo que tenho entre serviços [...] E9, quando o que se espera e necessita é a prestação de um socorro efetivo e atempado. E, a resposta dos Serviços de Urgência nos dias de grandes eventos aparenta ser semelhante aos outros dias, o que na prática “chama para si” as situações, no entanto, depois a resposta de saúde poderá não ser suficiente para o volume de entradas, resultando no colapso das equipas e dos serviços.*

O atendimento e a lotação nos Serviços de Urgência fruto da sua especificidade e imprevisibilidade são, e talvez sejam, sempre imprevisíveis. No entanto, a Direção-Geral de Saúde, que refere:

*“Tendo em conta a realidade atual das Unidades de Saúde, nomeadamente o funcionamento quotidiano já no máximo das suas capacidades ou perto deste, a elaboração de um Plano de Emergência torna-se essencial, como ferramenta que reforça a avaliação dos meios de reacção da Unidade de Saúde face a uma situação de crise, definindo regras ou normas gerais de actuação nesse contexto”* (Direção-Geral da Saúde, 2010).

O quotidiano das unidades de saúde do Alto Minho, com muitíssimas virtudes, também terão as suas fraquezas. A incidência sobre estas seria importante, numa tentativa de reduzi-las e assim dar um passo na melhoria do processo. Assim, nos Serviços de Urgência do Alto Minho poderão estar a acompanhar aquilo que parece ser do conhecimento da Direção Geral de Saúde

desde 2010. E, as notícias sobre o assunto que em março e abril veicularam nos órgãos de comunicação social, poderão dizer respeito não apenas a uma situação anómala numa determinada região ou unidade de saúde, mas pensamos que é apenas uma amostra daquilo que poderá estar a acontecer por todo o país. Referirmo-nos, concretamente, a serviços que acolhem bastantes utentes, com estrutura física, regra geral pequena, face às necessidades, e equipas multidisciplinares de saúde que se encontram assoberbadas de trabalho que nunca termina e raramente diminui. Portanto, serão sempre sinónimo de serviços lotados ou tendencialmente lotados. Para o cidadão que recorre aos serviços de urgência, a espera pelo atendimento poderá ser sempre considerada imensa e os serviços completamente lotados. No entanto, e como já referido, o somatório dos serviços de emergência médica realizados pelos 12 Corpos de Bombeiros do distrito de Viana do Castelo ultrapassam os 23 mil no ano de 2021. Isto significa que, todos os anos, são muitos milhares os serviços realizados que culminam com a passagem das vítimas, e utentes nos serviços da rede de urgências no distrito.

O atendimento e a lotação dos serviços de urgência, são na perceção dos responsáveis das corporações, algo que varia também em função da existência ou não de grandes eventos. Em dias normais os serviços poderão estar fluídos, mas nos dias de eventos de massas o constrangimento na gestão do fluxo de entradas de utentes/vítimas pode gerar lentidão, “[...] *é um Hospital que está preparado para o distrito de Viana, que andarà nos 240 a 250 mil pessoas [...] só naqueles [...] dias tem 1 milhão. Portanto, não há milagres*” E1. Realmente, este depoimento é deveras elucidativo, quanto ao impacto do excesso de lotação. Este impacto vai-se traduzir no aumento de demora média de resposta, que por sua vez implica a retenção de meios, que por sua vez provoca atraso na recuperação das equipas no terreno e consequentemente atrasa o socorro, mesmo que para o local sejam projetadas equipas externas.

Percebemos que a retenção de meios de socorro nas unidades de saúde acaba por ser o culminar de um processo que se inicia com possível debilidade e acaba por se arrastar e reter outros, comprometendo-os também no seu desempenho de socorro. Enquadrando esta situação com a existência de recursos de socorro que são finitos, a situação complica-se se pensarmos que por vezes as equipas disponíveis estão no terreno ocupadas nas múltiplas ações a que dão resposta. Na prática, isto pode significar que, sem ser uma situação de exceção, os recursos de socorro da localidade poderão estar todos ocupados e a recuperação para a resposta pode tardar.

Num contexto real o que acontece é um conjunto de consequências em cascata, visível nos seguintes testemunhos “*O Hospital também tem as suas limitações*

*e os Bombeiros acabarem por ficar lá porque os pacientes estão nas macas, porque o hospital não tem capacidade de absorver e as equipas acabam por ficar lá retidas*” E11. Muitas vezes, é necessário quantificarmos para percecionarmos que “[...] *uma ambulância estar parada num Hospital meia hora a uma hora, à espera de uma maca ou à espera de triagem*” E9, tem obviamente a sua tradução no contexto global, na medida em que “*Há alturas que estamos lá 8 a 9 ambulâncias de socorro presas [...]*” E10 numa mesma unidade de urgência. Isto representa quase 16% da capacidade total de ambulâncias de todas as corporações de Bombeiros do Alto Minho, se todas estiverem operacionais, e excluindo aquelas que já andam em trânsito.

Perante estes resultados, parece-nos poder dizer que, poderão existir necessidades de implementação de medidas de antecipação antes e durante a realização dos eventos de massas no Alto Minho. Salientamos, contudo, que isto não quer, de maneira alguma, afirmar que não existem medidas instauradas ou planeadas, e muito menos afirmamos que as unidades de saúde não se preocupam. Mas, se na realidade existe a implementação de medidas de antecipação, consideramos que as mesmas deverão ser alvo de avaliação interna a fim de perceber se estão a ser eficazes ou não, e objeto de reestruturação se necessário. Na realidade, o estudo evidenciou de forma clara, que não são percecionadas nos serviços de urgência de forma evidente e objetiva, nem medidas antecipatórias, nem reforço de pessoal de saúde nos dias dos grandes eventos comparativamente aos dias normais.

Obviamente, encontrar soluções a melhoria da qualidade de resposta por parte das unidades de saúde de evacuação requer uma análise aprofundada da situação atual por parte dos seus gestores. No entanto, consideramos que algumas estratégias poderão passar por medidas de antecipação, a título de exemplo, o reforço de equipas nos diversos Serviços de Urgência do Alto Minho, dotando as equipas multidisciplinares de maior número de profissionais para que possam cuidar do maior número de utentes possível, de modo a possibilitar a fluidez de processamento do atendimento e assistência, melhorar a gestão de espaço e equipamentos no mesmo edificado e com isto libertar antecipadamente os Serviços. De forma a se encontrarem mais libertos e dotados de equipamentos como camas ou macas (entre outros), possibilitando a receção das vítimas/ utentes com mais celeridade. Por fim, descentralizando o atendimento, com a ativação de espaços devidamente equipados para o efeito, próximos de alguns eventos, com recurso a equipas locais e/ou projetando equipas diferenciadas com o intuito de dar assistência clínica, triar e tratar localmente ou evacuar, se assim for necessário. Alertamos, contudo, que esta ação, tem em última instância necessidade inerente de formação e preparação de equipas diferenciadas para situação de catástrofe, instaurando programas de treino e trabalhando com

outros elementos locais que desta forma estarão também constantemente a desenvolver competências na área de assistência a multidões e inerentes riscos.

Consideramos que resposta das unidades de saúde de evacuação é um elo fundamental na gestão do risco de catástrofe e por isso é fundamental pensar na construção de um dispositivo que permita a resposta eficaz a qualquer risco bem como a recuperação dos seus efeitos.

### Conclusões

O conceito de grandes eventos é definido como um ajuntamento de grande número de pessoas. No Alto Minho realizam-se inúmeros grandes eventos das áreas cultural, lúdica, musical, religiosa e desportiva, com acentuada dispersão geográfica, mais concentrados na época de verão.

A intervenção mobilizada pelas Corporações de Bombeiros no processo de planeamento de socorro nem sempre se verifica. A intervenção mobilizada pelas Corporações de Bombeiros no processo de planeamento de socorro nem sempre se verifica, existindo apenas em alguns municípios. A intervenção mobilizada restringe-se ao reforço de meios nos dias de grandes eventos, através no aumento do número de Bombeiros de serviço para garantir as viaturas necessárias e dispor de efetivo humano para dotar as equipas, num evidente esforço realizado pelas corporações para conseguirem ter operacionais suficientes para tentar dar resposta às solicitações.

Os constrangimentos das Corporações de Bombeiros na prestação de socorro são vários: o aumento do número de socorros a efetuar relacionado com o aumento substancial de pessoas; existência de obstáculos vários no acesso e transporte da vítima, verificada no trânsito dificultoso devido a grande número de viaturas em circulação nas vias de acesso ou saída dos eventos; acessos difíceis e corredores de emergência pouco viáveis, considerados como necessidades basilares no processo de socorro.

Os responsáveis das Corporações dos Bombeiros preocupam-se com as situações de risco inerente aos grandes eventos no Alto Minho ou potenciadores deste, ou seja, com a dimensão do acidente, a inacessibilidade do local acidente, o risco de catástrofe e com a illiteracia da população civil plasmada nos comportamentos anárquicos de não cumprimento de regras cívicas e regulamentações de uma sociedade organizada os quais podem por em causa ações de prevenção ou mitigação de risco.

Os responsáveis das Corporações dos Bombeiros preocupam-se ainda com o desequilíbrio entre as necessidades e as respostas, onde o aumento generalizado de solicitações e necessidades contrasta com a diminuição acentuada de recursos.

Foram identificados vários os aspetos influenciadores das respostas das unidades de saúde de evacuação percecionado pelos responsáveis das Corporações dos Bombeiros, tais como: a distância que medeia o percurso entre o local do acidente e os Serviços de Urgência; o excesso de lotação dos serviços de urgência relacionada com maior procura da unidade de saúde em momentos coincidentes com os eventos e verão; dotação dos serviços de urgência e planeamento que poderão estar desajustados para fazer face ao aumento do número de pessoas; retenção de meios devido ao aumento da demora média de atendimento; falta reforço das equipas de saúde nos grandes eventos e no verão.

Perante estes resultados, percebemos determinadas fragilidades e debilidades que possivelmente se tornarão mais exacerbadas aquando da resposta a uma situação crítica ou catastrófica, cuja gestão se tornará mais difícil.

Concluindo, as necessidades existentes na gestão de catástrofe associadas a grandes eventos realizados no Alto Minho, na perspetiva das Corporações dos Bombeiros, marcadas por constrangimentos e preocupações, uma intervenção pouco evidente e resposta das unidades de saúde marcada devido à influência de inúmeros aspetos. Com base na realidade percecionada percebemos a necessidade urgente de uma gestão de risco estruturada, eficaz e adequada.

### Referências Bibliográficas

- ANPC - AUTORIDADE NACIONAL DE PROTEÇÃO CIVIL (2008). Obtido de Autoridade Nacional de Proteção Civil. URL: <http://www.prociiv.pt>
- Bardin, L. (2018). *Análise de conteúdo*.
- CAMARA MUNICIPAL DE VIANA DO CASTELO (2019). Romaria de Nossa Senhora da Agonia. *Agenda cultural*. URL: <http://www.cm-viana-castelo.pt/pt/agenda-cultural/romaria-da-sr-dagonia-2019>
- Castro, C. F., Simões, D. C., Delamarque, E. V. & Pepe, V. L. (09 de 2014). *Eventos de massa, desastres e Saúde Pública*.
- CRED - CENTRE FOR RESEARCH ON THE EPIDEMIOLOGY OF DISASTERS (2021). <https://www.cred.be/>
- DIÁRIO DA REPUBLICA (2022). *Despacho n.º 10319/2014, de 11 de agosto*. Governo.
- DIRECÇÃO-GERAL DA SAÚDE (2010). Departamento da Qualidade na Saúde Divisão da Qualidade Clínica e Organizacional. *Guia geral para a Elaboração de um plano de emergência das unidades de saúde.*, p. 1.
- Esteves, M. (2008). *Práticas de Gestão de Recursos Humanos e atitudes e comportamentos de trabalho: estudo de caso no setor bancário português (Tese de doutoramento em gestão)*. Lisboa: ISCTE.

- EM-DAT - THE INTERNATIONAL DISASTER DATABASE (s.d.). Emergency events database. URL: <https://www.emdat.be/>
- Getz, D. (2008). Event tourism: Definition, evolution and research. *Tourism Management*, Vol. 29, 403-428.
- Handoko, D. T. (12 de outubro de 2020). Catástrofes naturais quase duplicaram em 20 anos. E a culpa é das alterações climáticas, diz ONU. *Público*. URL: <https://www.publico.pt/2020/10/12/p3/noticia/catastrofes-naturais-quase-duplicaram-20-anos-culpa-alteracoes-climaticas-onu-1934888>
- INE - INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA (2021). Censos da população. URL: <https://censos.ine.pt/>
- OBSERVADOR (15 de 08 de 2017). Queda de árvore provocou 13 mortos no Funchal. *Observador*. URL: <https://observador.pt/2017/08/15/queda-de-arvore-mata-duas-pessoas-no-funchal-junto-a-procissao/>
- OBSERVADOR (15 de 01 de 2018). Estoril-Porto: bancada em risco de ruir leva a suspensão do jogo. *Observador*. URL: <https://observador.pt/2018/01/15/estoril-porto-bancada-em-risco-de-ruir-leva-a-paragem-no-jogo/>
- Oliveira, M. R. (2007). *A emergência médica em eventos com multidões. Experiência do EURO 2004. (Dissertação para a obtenção do grau de mestre)*. p. 6.
- Olsson, S. (2009). *Crisis Management in the European Union: Cooperation in the Face of Emergencies*. Springer-Verlag Berlin and Heidelberg Gm.
- Paiva, M. A. (2017). *Sistema de Socorro e Emergência: Planos de Emergência de Proteção Civil e O Papel da Sala de Operações e Gestão de Emergências*. Coimbra: Universidade de Coimbra.
- PLANO DISTRITAL DE EMERGÊNCIA DE PROTEÇÃO CIVIL DE VIANA DO CASTELO (2016). Obtido de <http://planos.prociiv.pt/Documents/131220399501912397.pdf>
- Pordata (2020). *estatistica bombeiros por municipio*. URL: <https://www.pordata.pt/Municipios/Bombeiros-39>
- Público (27 de março de 2022). Obtido de “As urgências têm de deixar de estar de portas escancaradas”: <https://www.publico.pt/2022/03/27/sociedade/entrevista/urgencias-deixar-estar-portas-escancaradas-2000294>
- Público (31 de março de 2022). Obtido de “Avalanches” nas urgências pediátricas, com gripe fora de época. Os “velhos” vírus estão de volta, URL: <https://www.publico.pt/2022/03/31/sociedade/noticia/avalanches-urgencias-pediatricas-gripe-epoca-velhos-virus-estao-volta-2000786>
- Público (1 de abril de 2022). Obtido de Governo promete remodelar urgências e deixa cair meta de dar médico de família a todos os utentes do SNS: Governo promete remodelar urgências e deixa cair meta de dar médico de família a todos os utentes do SNS. *Público* (04 de março de 2022). *Jornal Público* Cansado de “trabalhar sem condições”, médico veterano abandona SNS. Obtido de *Jornal Público*: <https://www.publico.pt/2022/03/27/sociedade/noticia/cansado-trabalhar-condicoes-medico-veterano-abandona-sns-2000316>
- RNBP - RECENTEAMENTO NACIONAL DOS BOMBEIROS PORTUGUESES (janeiro de 2022). *Recenseamento Nacional dos Bombeiros Portugueses*. URL: <https://rnbp.prociiv.pt/rnbp/>
- Sanders, A. B., Criss, E., Steckl, P., Meislin, H. W., Reife, J. & Douglas, A. (1986). *Annals of Emergency Medicine*.
- Santos, M. L. & Gomes, N. T. (2022). *TOP 5: Catástrofes em Portugal (2010-2019)*. URL: <https://www.getsafety.pt/noticias/top-5-catastrofes-em-portugal-2010-2019>
- SAPÓ (18 de junho de 2020). *30 milhões de euros. É quanto o Alto Minho vai perder este ano sem festas e romarias* 30 milhões de euros. É quanto o Alto Minho vai perder este ano sem festas e romarias. Obtido de Sapó. URL: <https://24.sapo.pt/actualidade/artigos/30-milhoes-de-euros-e-quanto-o-alto-minho-vai-perder-este-ano-sem-festas-e-romarias>
- Säterhed, P., Hansson, M., Strandlund, J., Nilsson, T., Locken, M. & Meimermond, A. (2011). *Swedish Civil Contingencies Agency*. Sweden: Advant Produktionsbyrå AB.
- SIC NOTÍCIAS (1 de abril de 2022). Obtido de Urgências sob pressão: má resposta dos centros de saúde é uma das causas. URL: <https://sicnoticias.pt/pais/urgencias-sob-pressao-ma-resposta-dos-centros-de-saude-e-uma-das-causas/>
- Still, G. K. (2000). *Crowd Dynamics. Warwick Tese de (Doutoramento não publicada)*. University of Warwick.
- Still, G. K. (2015). *Crowd Safety and Risk Analysis*. URL: <http://www.gkstill.com/Support/WhyModel/index.html>
- UNDRR - UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTERS RISK REDUCTION (s.d.). *Building risk knowledge*. URL: <https://www.undrr.org/building-risk-knowledge>
- UNISDR - UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION (2015). *Sendai Declaration*. URL: [https://www.preventionweb.net/files/43300\\_sendaideclaration.pdf](https://www.preventionweb.net/files/43300_sendaideclaration.pdf)
- Xu, K., Nelson, B. K. & Berk, S. (dezembro de 2009). *Annals of Emergency Vol 54. The changing profile of patients who used emergency department services in the United States: 1996 to 2005*, 805-810.
- WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION (2015). *Public health for mass gatherings: key considerations*. Edited by Endericks, T. [et al]. URL: <https://apps.who.int/iris/rest/bitstreams/717805/retrieve>



RISCOS



VI CONGRESSO INTERNACIONAL DE RISCOS.  
RISCOS E CONFLITOS TERRITORIAIS. DAS CATÁSTROFES NATURAIS ÀS TENSÕES GEOPOLÍTICAS

103

Fernando Félix

Universidade de Coimbra  
Núcleo de Investigação Científica de Incêndios Florestais (Portugal)  
ORCID 0000-0001-8509-6010 [ffelix@fl.uc.pt](mailto:ffelix@fl.uc.pt)

João Luís Fernandes

Universidade de Coimbra, CEIS20 e RISCOS  
Faculdade de Letras, Departamento de Geografia e Turismo (Portugal)  
ORCID 0000-0002-9419-631X [jfernandes@fl.uc.pt](mailto:jfernandes@fl.uc.pt)

A RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança, promoveu, com o Departamento de Geografia e Turismo, da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra (FLUC), e demais parceiros institucionais, mais um Congresso Internacional de Riscos, com o duplo objetivo de estimular um amplo debate sobre conflitos e tensões geopolíticas, em múltiplas escalas geográficas, e da diversidade de riscos e gestão de crises, por outro lado, de divulgar os trabalhos desenvolvidos nos últimos anos, em Portugal e no estrangeiro, sobre esta temática.

Esta sexta edição decorreu nos dias 23 a 26 de maio de 2023, na FLUC, Coimbra, Portugal, e manteve o seu cariz presencial, com uma boa adesão de participantes, cerca de 240 participantes presentes ao longo dos 3 dias de atividades do congresso (fot. 1), em que o primeiro dia foi dedicado à sessão e conferência de abertura, o segundo dia a sessões de comunicações orais, conferência temática e jantar social, o terceiro dia a mais sessões de comunicações orais, 2 workshops e à conferência e sessão de encerramento. O quarto dia foi dedicado às duas visitas técnicas.

O carácter cada vez mais internacional do congresso está bem visível na origem dos 283 trabalhos submetidos, num total de 587 autores, provenientes de 30 nacionalidades diferentes, em que foram aceites e apresentadas 162 comunicações orais e 63 poster, e com diferentes formações académicas, reforçando a ideia de que este Congresso não se dirigia apenas a especialistas e estudantes desta temática, mas também a técnicos, operacionais e a todos aqueles que, por com eles terem de lidar nas suas rotinas, se preocupam com os riscos e as catástrofes, quer seja em termos de prevenção, quer seja após a sua manifestação, quando se envolvem no socorro e na mitigação dos seus efeitos, ou, ulteriormente, na reabilitação das áreas e pessoas por eles afetados.

Foram aceites e apresentadas 162 comunicações orais ao longo de dois dias do congresso, através de 24 sessões paralelas e sessões temáticas, em decorrem em packs de 5, cada um dedicada a um temas específica e em que um dessas sessões foi composta por sessões em inglês.



Fot. 1 - Vista geral da chegada dos participantes ao VI Congresso Internacional de Riscos.

Photo 1 - General view of the arrival of the participants at the VI International Congress on Risks.

A sessão de posters contou com a exposição de 63 posters e em que 11 estavam a concurso ao " Prémio Melhor Poster do Jovem.

O dia 23 de maio de 2023, decorreu só da parte de tarde, no sistema online, e estava dedicado à sessão de abertura, apresentada pela Prof.<sup>a</sup> Doutora Fátima Velez de Castro, Presidente da Direção da RISCOS, e que contou com a participação da Sr.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Cortez Vaz, Vereadora da Câmara Municipal de Coimbra em representação do Exmo. Senhor Doutor José Manuel Silva, Presidente da Câmara Municipal de Coimbra; do Sr. Coronel António Nunes, Presidente do Conselho Diretivo do Serviço Regional de Proteção Civil, IP-RAM - Região Autónoma da Madeira (vídeo); do Sr. Diretor Nacional Eng.º Carlos Mendes, Direção Nacional de Prevenção e Gestão de Riscos, em representação do Brigadeiro-General José Manuel Duarte da Costa, Presidente da Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil; da Sr.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Patricia Gaspar, Secretária de Estado da Proteção Civil, Ministério da Administração Interna e pelo Prof. Doutor João Luis Fernandes, Subdiretor da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, em representação do Sr. Diretor da FLUC (Prof. Doutor Albano Figueiredo) e do Sr. Reitor da Universidade de Coimbra (Prof. Doutor Amílcar Falcão).

A conferência de abertura, intitulada "Os riscos do risco: desposseções e direito à cidade", foi proferida pela Professora Doutora Raquel Rolnik (em modo online) e integrou a Sessão de Abertura que foi moderada pelo Professor Doutor João Luís Fernandes (fot. 2).



Fot. 2 - Conferência de Abertura *online* proferida pela Prof.<sup>a</sup> Doutora Raquel Rolnik, com a moderação do Prof. Doutor João Luís Fernandes.

*Photo 2 - Online Opening Conference by Professor Raquel Rolnik, moderated by Professor João Luís Fernandes.*

O dia 24 de maio de 2023, na parte de manhã, foi constituída por 10 sessões paralelas de painéis temáticos, apresentadas de forma presencial, dedicada a temas específicos, nomeadamente:

- Sessão 1, Riscos climáticos e meteorológicos;
- Sessão 2, Grupo Rede Incêndios-Solo;
- Sessão 3, Grupo de Investigação em Educação para os Riscos;
- Sessão 4, Riscos para a Saúde e Medicina de Catástrofe;
- Sessão 5, Vulnerabilidades Socioambientais;
- Sessão 6, Adaptação face às Alterações Climáticas;
- Sessão 7, Grupo Rede Incêndios-Solo;
- Sessão 8, Grupo de Investigação em Educação para os Riscos;
- Sessão 9, Riscos biológicos;
- Sessão 10, Identidades territoriais e conflitos.

A parte da tarde, iniciou-se com a sessão de entrega dos Prémios instituídos pela RISCOS, que foi apresentada pela Prof.<sup>a</sup> Doutora Adélia Nunes (fot. 3a) e cujos prémios foram entregues pelo Almirante Henrique Gouveia e Melo, Chefe do Estado-Maior da Armada e Autoridade Marítima Nacional, nomeadamente: "Ciência 2021" à Prof. Doutora Isabel Pedroso de Lima (fot. 3b), primeira autora do capítulo "Remote sensing based tools to assess risk in rice agriculture"; Ciência 2022" à Prof.<sup>a</sup> Doutora Cristina Queirós (fot. 3c), primeira autora do artigo "Hipertermia na redução de sintomas traumáticos e depressivos em profissionais envolvidos em acidentes"; e "Dedicação à RISCOS - na componente operacionalidade", em que foi distinguido o Professor Doutor Luciano Lourenço, associado n.º 2 da RISCOS (fot. 3d).



Fot. 3 - Pormenores da sessão de entrega dos prémios: "Ciência 2021", "Ciência 2022" e Dedicção À Riscos, moderada pela Prof.<sup>a</sup> Doutora Adélia Nunes.

*Photo 3 - Details of the awards ceremony: "Science 2021", "Science 2022" and Dedication to Risks, moderated by Professor Adélia Nunes.*

De seguida decorreu a conferência temática, intitulada “Geopolítica do mar português - riscos estratégicos num futuro difuso”, proferida pelo Almirante Henrique Gouveia e Melo, Chefe do Estado-Maior da Armada e Autoridade Marítima Nacional (fot. 4b), que foi moderada pela Professora Doutora Fatima Velez de Castro (fot. 4a).



Fot. 4 - Conferência de Temática proferida pelo Almirante Henrique Gouveia e Melo (b), com a moderação da Prof.ª Doutora Fátima Velez de Castro (a).

*Photo 4 - Thematic Conference by Admiral Henrique Gouveia e Melo (B), moderated by Professor Fátima Velez de Castro (A).*

A tarde terminou com mais 5 sessões paralelas de painéis temáticos, apresentadas de forma presencial, dedicada a temas específicos, nomeadamente:

- Sessão 11, Riscos geofísicos e hidro-geomorfológicos;
- Sessão 12, Grupo Rede Incêndios-Solo;
- Sessão 13, Grupo de Investigação em Educação para os Riscos;
- Sessão 14, Riscos hidro-geomorfológicos;
- Sessão 15, Riscos climáticos e meteorológico;

O dia encerrou com o jantar social do evento (fot. 5).



Fot. 5 - Aspeto geral do Jantar social do evento.

*Photo 5 - General view of the event's Social Dinner.*

O dia 25 de maio de 2023, iniciou-se com 5 sessões paralelas de painéis temáticos, apresentadas de forma presencial, dedicada a temas específicos, nomeadamente:

- Sessão 16, Riscos hidro-geomorfológicos;
- Sessão 17, Grupo Rede Incêndios-Solo;
- Sessão 18, Riscos geomorfológicos - movimentos em massa;
- Sessão 19, Conflitos, riscos tecnológicos e infraestruturas;
- Sessão 20, Riscos de inundação e seca.

De seguida, a meio da manhã decorreu em paralelo dois workshops abertos a todos os participantes, um com o tema “Como se candidatar a uma bolsa do Conselho Europeu de Pesquisa (não apenas) no painel SH7 de mobilidade humana, meio ambiente e espaço”, promovido pela Jana Šifita (fot. 6a), do European Research Council; e o outro com intitulado “Gestão de riscos: do mapeamento à regularização fundiária dos municípios”, desenvolvido pela Alessandra Cristina Corsi e pelo Eduardo Soares de Macedo (fot. 6b), do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) do Estado de São Paulo, que visavam não só incentivar os participantes a se candidatarem a uma bolsa de pesquisa do Conselho Europeu de Pesquisa (ERC), mas também de capacitar os presentes, e em particular os técnicos municipais, dos itens exigidos pela regularização fundiária de áreas em situação de risco e metodologias de apoio.



Fot. 6 - Vista Geral dos workshops promovido pelo Conselho Europeu de Pesquisa (a); e pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (b).

*Photo 6 - Overview of workshops promoted by the European Research Council (A); and by the Technological Research Institute (B).*

A parte da tarde, iniciou-se com a sessão de Posters, em que se encontravam expostos, alternando durante o evento, um diverso leque de posters acerca da diversidade de riscos naturais, antrópico e mistos (fot. 7).



Fot. 7 - Aspetto geral da sessão de posters.

Photo 7 - General view of the poster session.

Com efeito, a associação RISCIS decidira promover um concurso que designou “melhor poster científico de jovem investigador”, para promover a realização de estudos científicos no âmbito das ciências cindinicas e, também, como forma de incentivar a investigação junto dos mais jovens, em que os três melhores posters submetidos ao concurso seriam premiados.

De entre as regras estabelecidas, além da idade do investigador candidato, até 35 anos, destaca-se a qualidade do trabalho e a apresentação oral do trabalho (um momento especial para divulgação, pela visibilidade de que se revestiu) a um júri que foi constituído por três associados da RISCOS: o Prof. Doutor António Vieira (representante nacional e em representação da comissão organizadora), a Prof.<sup>a</sup> Doutora Teresa da Silva Rosa (representante estrangeira (Brasil) e membro da Comissão Científica), e a Prof.<sup>a</sup> Doutora Yolanda Hernandez Peña (representante estrangeira (Colômbia) e membro da Comissão Científica), que de forma muito empenhada, questionaram os participantes e classificando cada trabalho de acordo com uma série de parâmetros pré-estabelecidos, procederam à respetiva avaliação. Dos 63 posters expostos, foram submetidos a concurso 11. Os vencedores foram revelados durante a sessão de encerramento e, para além desse momento que ficará marcado na memória de cada um, levaram para casa uma pequena lembrança, de valor mais simbólico do que material, para mais tarde recordarem esse momento marcante na iniciação de uma carreira que desejamos brilhante.

Os jovens investigadores vencedores do concurso foram, respetivamente:

- 1.º lugar - Renata Feher, com o poster “*The spatio-temporal reconstruction of rockfall activity in outer western Carpathians using dendrogeomorphology*” (fot. 8a);
- 2.º lugar - Vitória Ferreira, com o poster “*Apresentação do projeto “Facing the Heat: Familias e comunidades resilientes na adaptação aos incêndios florestais e às alterações climáticas”*” (fot. 8b);
- 3.º lugar - Laryssa Freitas, com o poster “*Exploratory analysis of ERA5-Land data to characterize extreme warm events in the region of Lisbon, Portugal*” (fot. 8c).



Fot. 8 - Vencedores do concurso “Prémio Melhor Poster do Jovem Investigador”.

Photo 8 - Winners of the contest “Young Researcher Best Poster Award”.

A tarde do dia 25 de maio de 2023, foi ainda constituída por 4 sessões paralelas de painéis temáticos, apresentadas de forma presencial, dedicada a temas específicos, nomeadamente:

- Sessão 21, Identidades territoriais e conflito,
- Sessão 22, Riscos climáticos e meteorológicos - riscos de seca;
- Sessão 23, Riscos mistos de componente geodinâmica;
- Sessão 24, Políticas públicas e análise do risco.

O dia terminou com a conferência de encerramento, intitulada “*Risks and Territorial conflicts in Rif mountains in northern Morocco*”, proferida pelo Professor Doutor Mohammed El-Fengour, que foi moderada pelo Professor Doutor António Vieira (fot. 9).



Fot. 9 - Conferência de Encerramento proferida pelo Prof. Doutor Mohammed El-Fengour, com a moderação do Prof. Doutor António Vieira.

Photo 9 - Closing Conference delivered by Professor Mohammed El-Fengour, moderated by Prof. Doctressor Antonio Vieira.

O congresso terminou com a sessão de encerramento, cuja mesa foi constituída pela Prof.<sup>a</sup> Doutora Fátima Velez de Castro, Prof.<sup>a</sup> Doutora Adélia Nunes e Prof. Doutor João Luís Fernandes, este último que procedeu à leitura das conclusões do referido evento (fot. 10).



Fot. 10 - Composição da Mesa da Sessão de Encerramento.

*Photo 10 - Members of the Board of the Closing Session.*

O Congresso contou com vários especialistas das ciências cindinicas, aberto a toda a comunidade científica e sociedade civil, com uma temática pertinente, atual e agregadora, em que se deu voz a todos os envolvidos, neste grande desafio, na procura de soluções de compromisso entre as dinâmicas naturais e os processos de apropriação antrópica do espaço, ditados por premissas e interesses socioeconómicos, muitas vezes, antropocéntricos, que agravam o riscos e as suas consequências.

Os inúmeros contributos apresentados, desde discussão terminológica e de metodologias, evolução e frequência de catástrofes, a casos de estudos, demonstraram a necessidade de planear e (re)construir cidades que valorizem as condições e capacidades endógenas dos territórios em que se inserem, salvaguardando as identidades locais. Conhecendo as suas fragilidades e reduzindo a exposição ao risco, mitigando as consequências das suas manifestações, promovendo a segurança dos seus habitantes, com qualidade de vida e em equilíbrio ecológico.

Desta forma, o Ordenamento do Território desempenha um papel crucial enquanto instrumento de prevenção do risco, potenciando uma maior coerência entre as atividades antrópicas e o normal funcionamento dos sistemas naturais, que deverá ser alicerçado pela Educação para o Riscos, para a construção de novos conceitos, na mudança de hábitos e no diálogo intergeracional, bem como na consciencialização do risco e a perceção do perigo.

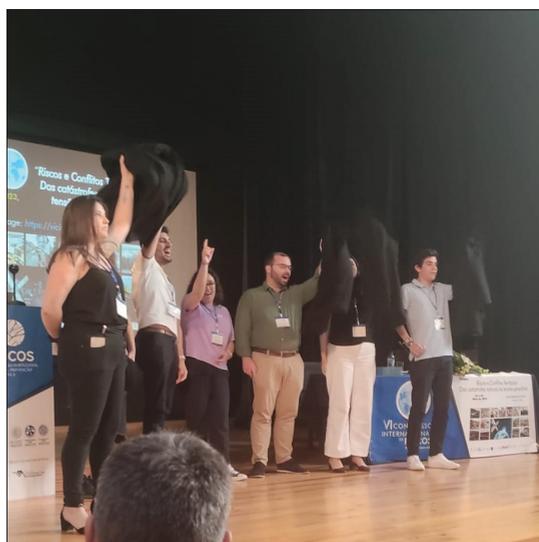
O Congresso visou a compreensão e estratégias para a diminuição dos “Riscos e Conflitos Territoriais”, agravados pelas “catástrofes naturais às tensões geopolíticas”, com foco nas comunidades vulneráveis, através da construção de “sociedades resilientes”, que estejam em consonância com a gestão ambiental, que visem a diminuição dos riscos e facilitem a gestão de crises.

No pós-congresso, dia 26 de maio, realizaram-se duas visitas de estudo, intituladas: “Riscos, Sociedade e Território: percursos urbanos na AML; (fot. 11a) e “Os Riscos Tecnológicos nos territórios da energia: Percurso na Região Centro” (fot. 11b), que permitiram a observação *in situ* de manifestações de riscos, bem como outros aspetos relacionados com a paisagem em que eles se manifestaram.



Fot. 11 - Vista geral dos participantes nas visitas de estudo.

*Photo 11 - Overview of participants in study visits.*



XVI ENCONTRO NACIONAL DE RISCOS

Fernando Félix

Universidade de Coimbra

NICIF - Núcleo de Investigação Científica de Incêndios Florestais (Portugal)

ORCID 0000-0001-8509-6010 [ffelix@fl.uc.pt](mailto:ffelix@fl.uc.pt)

Fátima Velez de Castro

Universidade de Coimbra, NICIF, CEIS20 e RISCOS

Faculdade de Letras, Departamento de Geografia e Turismo (Portugal)

ORCID 0000-0003-3927-0748 [velezcastro@fl.uc.pt](mailto:velezcastro@fl.uc.pt)

A Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança (RISCOS), em colaboração com o Departamento de Geografia e Turismo, da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra (FLUC), e demais parceiros Institucionais, está a organizar o XVI Encontro Nacional de Riscos, subordinado ao tema “Educação para o Risco: Práticas e Projetos”, que decorrerá presencialmente no dia 11 de novembro de 2023, na Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, que tem como mote assinalar os “30 anos desde o início do PROSEPE: Projeto de Sensibilização e Educação da População Escolar”, o maior e mais longo Projeto de Educação (ambiental, florestal e para a cidadania) de Portugal.

O XVI Encontro Nacional de Riscos visa colocar os professores dos ensinos básico e secundário, bem como a comunidade científica, os agentes de proteção civil, os órgãos de soberania regionais/locais e a população em geral, a refletir sobre o papel da escola portuguesa no domínio da educação para o risco, promovendo um diálogo entre os vários agentes educativos que representem perspetivas educativas diferenciadas, dando a conhecer práticas educativas a várias escalas (sala de aula, grupo disciplinar, escola) sobre a temática da educação para o risco, e desta forma fazer um balanço das três décadas de funcionamento do projeto PROSEPE e projetar o futuro da educação para o risco a partir das aprendizagens realizadas com o PROSEPE.

Convidam-se à participação neste evento: Professores Investigadores de Instituições de Ensino Superior; Agentes de Proteção Civil (Bombeiros, Forças de Segurança, Forças Armadas, ...); Técnicos e Profissionais dos diversos organismos, públicos e privados, ligados à Educação para a Redução do Risco; Estudantes de doutoramento, mestrado e licenciatura; Membros das comunidades civil e de associações e/ou organizações não-governamentais, interessados na promoção de uma cultura de segurança, através da consciencialização do risco e a perceção do perigo, e desta forma a construção de sociedades mais resilientes.



Fig. 1 - Reprodução do cartaz de divulgação do XVI Encontro Nacional de Riscos.

Fig. 1 - Reproduction of the poster of the XVI National Meeting of Risks.

A participação pode ser através da apresentação de comunicações em posters, integradas nos 5 painéis temáticos, ou como participante na discussão sobre o papel da educação na construção de novos conceitos, na mudança de hábitos e no diálogo intergeracional, para a formação de cidadãos melhores preparados e sociedades mais resilientes.

A informação atualizada acerca do Encontro pode ser consultada a página web oficial: <https://xvien.riscos.pt>.

Contamos consigo no XVI Encontro Nacional de Riscos!

SOCIÉTÉ EUROPÉENNE DE MEDICINE DE SAPEURS-POMPIERS (SEMSP)

109

Romero Bandeira

Sociedade Europeia de Medicina dos Bombeiros, Presidente do Bureau Português  
Coordenador do Grupo de Medicina de Catástrofe da RISCOS (Portugal)  
ORCID 0000-0001-5444-4297 [romero.bandeira@uc.pt](mailto:romero.bandeira@uc.pt)

A SEMSP (Sociedade Europeia de Medicina dos Bombeiros) é uma Associação científica fundada em 2009, com duração ilimitada e constituída por pessoas físicas ou morais que aderem aos estatutos em vigor, da mesma. Encontra-se sedeadada na “Maison des sapeurs-pompiers de France, 32 rue Breguet 75011 Paris”.

Foi criada pelos Dr. Sérgio Albarello, General Médico presentemente integrado no Ministério de Saúde Francês e Dr. Patrick Hertgen, Coronel Médico actualmente a exercer funções na Brigada de Sapadores Bombeiros de Paris.

A Associação tem por objecto a promoção, o desenvolvimento e o ensino dos conhecimentos científicos em todos os domínios do exercício da medicina nos Bombeiros.

As actividades da Associação permitem-lhe por todos os meios que ela escolha de responder ao seu objectivo social, consistem nomeadamente na organização de trabalhos, congressos e reuniões científicas; a publicação de periódicos e outras obras em todos os tipos de suporte editorial; a elaboração de recomendações científicas ou profissionais; criação de um site na internet; outorga de prémios; organização de projectos de pesquisa e eventualmente a procura do seu financiamento; a representação francesa no seio de sociedades científicas, internacionais e nomeadamente europeias, com evidência para a medicina dos bombeiros.

A Associação compõe-se de membros fundadores, titulares, de direito, qualificados, benfeitores ou honorários.

O Conselho de Administração pode constituir sempre que necessário grupos de trabalho *ad hoc*.

Ao Bureau Português foi confirmada a aprovação do seu regulamento interno bem como a composição do mesmo, em 17 de julho de 2023, tendo sido outorgada a direcção do mesmo ao signatário, face ao vários anos de colaboração com a SEMSP e evidenciando a necessidade do desenvolvimento da mesma em Portugal e nos países lusófonos.

Os Bureaux Nacionais podem receber as adesões e organizar o funcionamento da Associação nos países onde ela desenvolve as suas actividades. São criados por decisão



## Sociedade Europeia de Medicina dos Bombeiros

do Conselho de Administração, ratificada em Assembleia Geral. Estes *Bureaux* dispõem de uma autonomia de gestão concedida por convenção. Tem direito ao uso do título e do logótipo da Sociedade.

A Sociedade está dotada de 5 comissões técnicas: Médicos, Enfermeiros, Veterinários, Farmacêuticos e Psicólogos.

Possui ainda um Conselho Científico que se compõe de membros designados pelo Conselho de Administração, de entre os membros qualificados que fizeram acto de candidatura por escrito.

O Bureau Português integra o Presidente, um Secretário-Geral, Coronel Médico Dr. Paulo Campos, uma Secretária Técnica, Enf.<sup>a</sup> Mestre Gisélia Braga, um Secretário Administrativo, Comandante Mário Ferreira (BVSPCova).

As Comissões Técnicas são respetivamente coordenadas:

- Médicos: Dr. António Marques e Comandante Dr. Ricardo Santos (BV Carvalhos);
- Enfermeiros: Enf.<sup>a</sup> Mestre Sara Gandra e Enf.<sup>a</sup> Mestre Isabel Miranda;
- Farmacêuticos: Prof Doutor Franklim Marques e Comandante Dr. Beleza Ferraz (BV Barcelinhos);
- Veterinários: Dr Américo Moreira e Dr.<sup>a</sup> Helena Frias (CROAG);
- Psicólogos: Doutor Miguel Arriaga (Bv Portalegre).

Neste momento o Bureau Português está a elaborar um trabalho no âmbito do Serviço de Saúde nos Bombeiros, designadamente na Vigilância Médica dos mesmos, com base em trabalhos de investigação Nacionais e Europeus e também a colaborar ativamente, juntamente com a RISCOS na tradução para Português do *VADEMECUM da Medicina de Catástrofe* (2<sup>a</sup> Ed) editado pela *Société Française de Medicine de Catastrophe* (SFMC).

DA IMPORTÂNCIA DOS ESTUDOS METEOROLÓGICOS PARA A MEDICINA E ESPECIALMENTE DE SUAS APPLICAÇÕES AO RAMO OPERATÓRIO

Romero Bandeira

Coordenador do Grupo de Medicina de Catástrofe da RISCOS (Portugal)  
ORCID 0000-0001-5444-4297 [romero.bandeira@uc.pt](mailto:romero.bandeira@uc.pt)

*Tese de Licenciatura de Júlio Dinis*

Joaquim Guilherme Gomes Coelho

Edição primorosa fac-similada editada pela Universidade do Porto em 2005 (fig. 1a), que viu o prelo sob a égide do então Director da Faculdade de Medicina do Porto (FMP), Prof. Doutor José Manuel Amarante que com clarividente visão, sob proposta do Prof. Doutor J. Pedro Nunes, ao tempo professor bibliotecário da FMP, entendeu, por bem, que a obra deveria ser publicada.

Do Prefácio extratamos:

“A publicação desta obra, *da importância dos estudos meteorológicos para a Medicina e especialmente de suas aplicações ao ramo operatório* - representa uma singela homenagem ao seu autor, Joaquim Guilherme Gomes Coelho, lente da Eschola Medico-Cirúrgica do Porto, por parte da Escola que serviu, designada, a partir de 1911, por Faculdade de Medicina da Universidade do Porto.

A *These*, ou *Dissertação Inaugural*, defendida em 27 de Julho de 1861 (fig. 1b), foi apresentada, como era então norma, em duas versões, uma manuscrita e

outra dactilografada. Com esta edição especial, *fac-simile*, pretende divulgar-se esse documento original e contribuir para o aprofundamento do conhecimento sobre o autor, mais conhecido pelo seu pseudónimo literário: Júlio Dinis.

A *Dissertação Inaugural*, cujo tema era da escolha do candidato, era parte das provas do *Acto Grande*, a que se seguiam seis *Proposições* médicas ou cirúrgicas, também seleccionadas pelo candidato. O *Acto Grande* era presidido pelo Cirurgião-Mor do Reino e tinha como arguentes os Lentes da Escola.

Completavam o rol de provas o exame de Cirurgia Clínica e o exame prático de Medicina.

Joaquim Guilherme Gomes Coelho, nascido no Porto, em 14 de Novembro de 1839, e falecido na mesma cidade, em 1871 com 31 anos de idade, foi demonstrador da Escola Médico-Cirúrgica do Porto desde 1865 e Lente desde 1867”.

A publicação fac-similada contém uma Biografia e uma lista de obras, que reproduzimos:

“Júlio Diniz, pseudónimo de Joaquim Guilherme Gomes Coelho (1839-1871), nasceu no Porto e foi

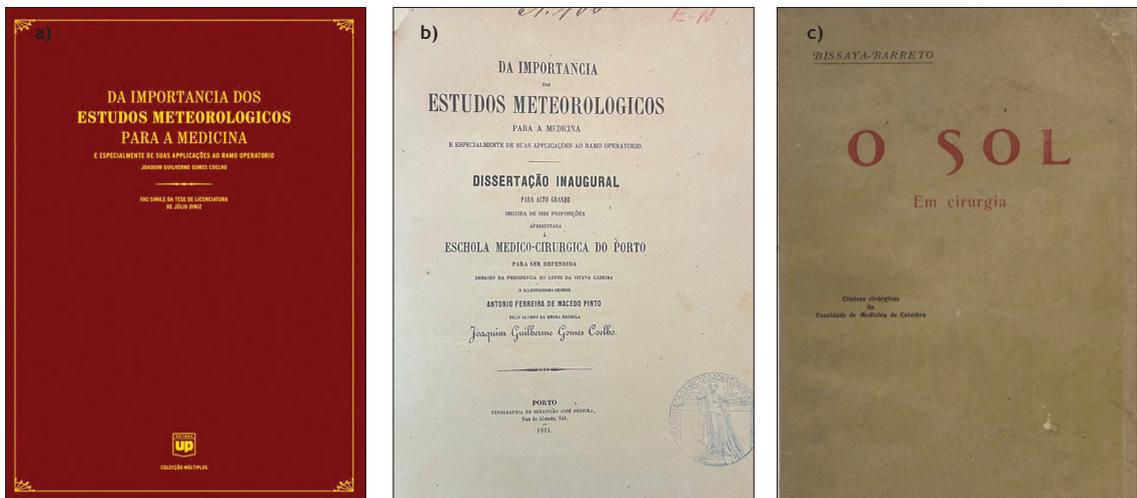


Fig. 1 - Frontispícios das obras “Da importância dos estudos meteorológicos para a medicina e especialmente de suas aplicações ao ramo operatório” (a), “Estudos Meteorológicos” (b) de Júlio Dinis e “O Sol em Cirurgia” (c) de Bissaya Barreto”.

Fig. 1 - Frontispieces of the book “The importance of meteorological studies for medicine and especially their applications to the surgical field” (a), “Meteorological Studies” (b) by Júlio Dinis and “The Sun in Surgery” (c) by Bissaya Barreto”.

entre esta cidade, Ovar e o Douro que passou grande parte da sua vida. Licenciou-se em medicina na Escola Médica do Porto em 1861, e durante a sua vida aliou a profissão de médico e académico à de escritor. Quatro anos mais tarde foi nomeado “demonstrador” e, posteriormente, “lente substituto”, mas a actividade literária ocupou-lhe os melhores anos de vida. Os seus primeiros textos foram publicados em *A Grinalda e em O jornal do Porto*.

De uma família de tuberculosos (a mãe e os irmãos morreram com essa doença), Júlio Diniz contrai tuberculose e parte numa cura para a Madeira, cura esta que de pouco lhe valeu, falecendo ainda muito novo.

Foi autor de Obras de poesia e de teatro mas destacou-se sobretudo como romancista;

- As Pupilas do Senhor Reitor, 1867;
- Uma Família Inglesa, 1868;
- A Morgadinha dos Canaviais, 1870;
- Os Serões da Província, 1º Volume, 1870;
- Os Fidalgos da Casa Mourisca, 1872;
- Poesias, 1873;
- Inéditos e Esparsos, 2 volumes, 1910;
- Serões da Província 2º volume, 1946;
- Teatro Inédito, 3 Volumes, 1946, 1947”.

O corpo do trabalho consta de 67 páginas escritas num português primoroso, aliás, apanágio do insigne escritor e um dos nossos mais conhecidos literatos e, que em boa verdade, nos penaliza ter que introduzir “prosa da nossa lavra” para o apresentar.

A influência das condições climatéricas na saúde é sabida e consabida ao longo dos séculos. Todos sabemos que em várias regiões do globo há doenças prevalentes e outras praticamente inexistentes.

E, se o diagnóstico das várias entidades nosológicas, sempre se colocou como um desafio, não é menos verdade que a etiologia das mesmas e os fenómenos fisiopatológicos que por elas são induzidos, acabam sempre na tentativa da sua cura, ou pelo mesmo na instituição de terapêuticas que, pelo menos, minimizem os seus efeitos deletérios.

A panóplia de terapêuticas equacionadas levaram ao estabelecimento dum leque terapêutico vastíssimo, que ao longo dos séculos, oscilou dos aspectos ortodoxos, aos heterodoxos, como ainda hoje é notório, devida e extensamente relatados em suporte de papel, digital, comunicação oral, etc.

No entanto, este afan de encontrar a cura para as doenças que nos causticam, vislumbra-se ao longo dos séculos, e, a procura da melhoria das condições de saúde por parte da humanidade tornam-nas polifacetadas, no sentido de terminar com uma situação perene, que a atormenta: a doença.

A fim de podermos aquilatar do pensamento do seu autor e meramente a título de exemplo, resolvemos extrair alguns trechos da obra:

### INTRODUÇÃO

*“Porém a meteorologia, que serviu de fundamento a Hippocrates para a confecção de suas obras monumentaes, o que ha d’ esta sciencia no Tratado dos ares, das aguas e dos logares, “uma das mais bellas heranças que a medicina moderna recebeu da antiga,” nos livros das Epidemias dos Aphorismos e n’ outros, não é propriamente a meteorologia dos philosophos, a meteorologia theorica, mas a meteorologia popular [...]”* (pág. 13)

### PRIMEIRA PARTE

#### *Provas da Influencia da atmosfera sobre os seres organizados*

*“Se animaes de sangue frio ainda por muito tempo vivem n’ um espaço, mais ou menos completamente privado d’ ar, as aves e os mamíferos cáem, como fulminados, em circumstancias eguaes; se insectos, arachnides e até batrachios sofrem uma abstinência completa de alimentos, durante um tempo consideravel, o homem e os animaes superiores morrem no fim de poucos dias”* (pág. 16),

### SEGUNDA PARTE

#### *Influencia physiologica da atmosfera e de suas variações*

*“A atmosfera mantem connexões mais ou menos directas com a nutrição, a enervação, a circulação, as secreções, os movimentos, &c. &c., e são estas que principalmente nos dão razão dos phenómenos pathologicos que as variações meteorológicas originam”* (pág. 24).

*“Na questão das influencias meteorologicas a luz solar deve ser também atendida como um importante modificador”* (pag. 36).

Lavoisier chamava a este agente “[...] a origem de toda a organização do sentimento e do movimento(1); Humboldt “ a principal condição de toda a vitalidade orgânica”(2).

(1) *Trat. Elem. de Chimic.* | (2) *Cosmos, T1:*”

### TERCEIRA PARTE

#### *Influencia pathogenica da atmosfera e de suas variações*

*“A privação da luz determina no organismo efeitos debilitantes incontestáveis; d’ ella muitas vezes dependem em grande parte o rachitismo nas crianças, depauperação do sangue, chloroses, anasarcas, ascites, hemorragias passivas, escróphulas &c. &c. Seu excesso exerce uma acção*

*especial sobre o aparelho da visão e varias affecções ophthalmicas, taes como: conjunctivites, cataractas, amauroses &c. &c. não reconhecem em muitos casos outras razões de existência” (pág. 43).*

*“A maior parte das endemias tem épocas e estações em que de preferencia se desenvolvem, consideração esta de maxima importância.*

*Como prova citarei um só exemplo, porém dos mais concludentes; o das febres paludinosas.*

*Acaso não são ellas tão consideravelmente modificadas pelas condições do ambiente? Uma lagôa n’um clima quente é um fóco terrível e constante de infecção, taes são as Pontinas na Itália; n’um clima temperado tornam-se principalmente nocivas durante o estio e outomno; n’um clima frio quasi não exercem acção prejudicial; sobre as margens das lagôas da Sibéria vive e multiplica-se uma robusta população. O calor é, pois, uma condição favorável á produção e acção dos effluvios” (pág. 54).*

#### QUARTA PARTE

##### *Aplicações á medicina operatória*

*“Porque uma doença é cirúrgica, já pela séde em que se manifesta, já pelo tratamento que reclama, não se segue que seja dependente de uma ordem de causas distinctas das que produzem as doenças consideradas medicas; umas e outras podem ter etiologia comum, e n’esta se incluem as influencias meteorológicas” (pág. 58).*

*“Julgo haver observado, até onde m’o permittam minhas forças, o programma estabelecido no principio d’este trabalho. Esforcei-me por mostrar como a meteorologia, já registando os fenómenos atmosphéricos, já tentando descobrir suas leis, concorria para a solução de muitos dos grandes problemas que em todos os tempos attrahiram as atenções de médicos e de philosophos” (pág. 67).*

Henri Ey (1981), na sua obra “Naissance de la Médecine” cita duas obras fundamentais de Hipocrates uma delas intitulada “Dos Ares das Águas e dos Lugares” e “Dos Ventos”. Julio Diniz ao longo da sua tese refere-se a Hipócrates, encomiasticamente, até porque sendo um espírito culto, aquele vulto da medicina para ele é incontornável.

Publica a sua tese em 1860; em 1861 Gouveia Osório lente da Escola Médico-Cirúrgica do Porto, pronuncia uma notável oração de sapiência acerca da importância da História da Medicina, particularmente em Portugal. Doutorado em Medicina pela Universidade de Edimburgo era um professor muito bem preparado. Patrick Berche (2013) na sua obra “Le Savoir Vagabond - Histoire de

L’enseignement de la Médecine” transmite-nos que a educação médica na Escócia era, na época superior à dispensada na Inglaterra.

Portanto, infere-se que o espírito científico que ao tempo imperava na velha Escola Médico-Cirúrgica do Porto era tendente ao aparecimento de obras originais a pretenderem marcar indelevelmente o ultimo quartel do século XX.

Não nos devemos, pois, admirar que estes conceitos científicos tenham continuado a desenvolver-se de um modo translacional e que em 1915, Bissaya Barreto que se relevou um espírito excepcional como médico, cirurgião e com uma amplíssima acção na prática no domínio da Higiene e Medicina Social, tenha defendido uma Tese intitulada “O Sol em Cirurgia” (fig. c).

Espírito controverso, que obviamente na sua vida teve que abalroar vários espíritos circunspectos e mediócras, foi recentemente objecto de um trabalho exaustivo expresso numa Tese de Doutoramento (2023), intitulada “A atividade do Médico e Cirurgião Bissaya-Barreto nos hospitais da Universidade de Coimbra, 1911-1956: Contributos para a História da Medicina e Cirurgia em Portugal” levada a cabo por João Carlos Santos Pinho (2023), orientada pelos Professores Doutores João Rui Pita e Ana Leonor Pereira.

Espíritos pioneiros, como Julio Diniz e Bissaya Barreto devem ser considerados como verdadeiros investigadores para o progresso prático das Ciências Médicas, até porque procuram investigar e explorar áreas científicas não habitualmente objecto de estudo e de análise.

Encerramos esta despreziosa recensão com as palavras assertivas e profundamente esclarecedoras de Philippe Lazar (1989) na sua obra “Les Explorateurs da la Santé - Voyage au centre de la recherche Médicale”:

*“La science chemine à petits pas: patience et longueur de temps y font plus que force ni que rage. L’information, ele court, vole et parfois se venge. Restons calmes! La science et l’information trouveront l’une et l’autre leur compte à respecter leurs rythmes propres et l’essence de leur fonctions sociales respectives”.*

A concluir este nosso bosquejo de apresentação não podemos deixar de enfatizar que se trata de uma obra, que ainda hoje merece ser lida e meditada, fruto da linha de investigação médico científica e filosófica com que o seu autor inteligentemente a impregnou.

#### Agradecimento

Ao Comandante Mário Ferreira dos BV S. Pedro da Cova pela colaboração prestada na elaboração do manuscrito digital.



RISCOS



## GRANDES INCÊNDIOS NA AMÉRICA DO NORTE

113

António Vieira

Universidade do Minho, CECS e RISCOS  
Instituto de Ciências Sociais, Departamento de Geografia (Portugal)  
ORCID 0000-0001-6807-1153 [vieira@geografia.uminho.pt](mailto:vieira@geografia.uminho.pt)

O ano de 2023 ficou marcado, no contexto mundial, e uma vez mais, pela catastrófica sequência de grandes incêndios florestais, que reduziram a cinzas vastas áreas na América do Norte, na Europa e mesmo no arquipélago do Havai.

Particularmente preocupante foram os incêndios florestais que atingiram o Canadá e que tiveram o seu período mais intenso a partir de junho de 2023. Apesar de terem causado um reduzido número de vítimas mortais, foram responsáveis por uma área queimada de cerca de 18,5 milhões de hectares, um pouco por todas as províncias e territórios canadianos (CIFFC, 2023), obrigando à deslocação de vários milhares de pessoas que habitavam nas áreas afetadas e tendo sido responsáveis por impactes ambientais extremamente gravosos, dos quais se destaca o volume de emissão de CO<sup>2</sup> emitidos por estes incêndios.

Também o território dos Estados Unidos voltou a ser alvo de significativos incêndios (embora significativamente inferiores à média), ainda que aquele que se destaca neste ano é o que atingiu a ilha de Maui (Havai, EUA), a 8 de agosto, particularmente pelo elevado número de vítimas mortais, num total de 95 fatalidades, e ainda 31 desaparecidos e vários milhares de deslocados (CDP, 2023). Também impactante foi o nível de destruição provocado, especialmente nas áreas urbanas afetadas.

Ainda assim, a parte norte do continente americano continua a ser, por motivos variados, um dos “hotspots” globais no que diz respeito aos incêndios florestais e mormente aos de maiores dimensões.

Neste contexto, considerámos pertinente trazer dois livros, com perspetivas diferenciadas da problemática em causa, mas trazendo à memória não os incêndios de 2023, mas outros também recentes, que vêm confirmar a tendência que se tem vindo a assistir do aumento da dimensão dos incêndios, maiores no seu poder destrutivo, nas áreas afetadas e nos impactes que imprimem, quer na paisagem, quer na sociedade.

O primeiro livro, intitulado *Fire Weather: A True Story From a Hotter World*, é da autoria de John Vaillant (Vaillant, 2023), um escritor e jornalista que traça a

evolução do grande incêndio de Fort McMurray e nos transmite, numa escrita menos científica e de certa forma romanceada, um evento catastrófico numa linguagem mais próxima para o leitor não especializado (fig. 1).

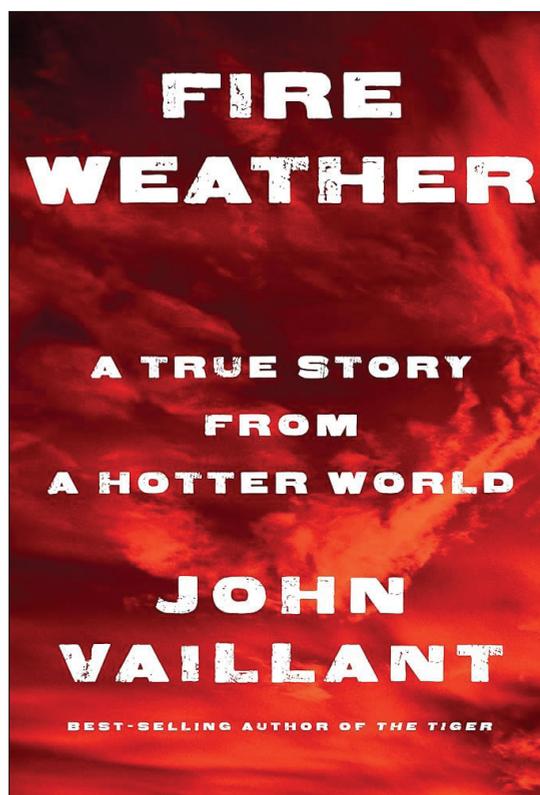


Fig. 1 - Frontispício da obra *Fire Weather: A True Story From a Hotter World*, da autoria de John Vaillant.

Fig. 1 - Frontispiece of the book *Fire Weather: A True Story From a Hotter World*, by John Vaillant.

Ainda que coincidentemente publicado quando os incêndios de 2023 no Canadá estavam a ocorrer, este livro não se debruça diretamente sobre eles, mas sim sobre o grande incêndio de Fort McMurray, que se iniciou em maio de 2016 e ardeu durante meses, tendo sido responsável pela evacuação de mais de 100.000 pessoas num único

dia e por ter queimado mais de 2.500 estruturas e mais de 595.000 hectares de floresta. A designação deste incêndio deve-se ao facto de ter atingido a cidade de Fort McMurray, uma cidade localizada no estado de Alberta, com uma população de cerca de 68.000 habitantes, e que cresceu rapidamente graças à indústria petrolífera que se foi instalando a partir de 1967. Fort McMurray situa-se no meio das areias betuminosas de Athabasca, um vasto reservatório natural de betume, de exploração bastante dispendiosa, só compensada pelos elevados preços do petróleo no mercado internacional.

A dimensão da catástrofe que se abateu sobre este território é escalpelizada por Vaillant neste seu livro, que se inicia, na parte um, pelo enquadramento e descrição do crescimento da cidade de Fort McMurray e do desenvolvimento da indústria petrolífera local, factos intrinsecamente ligados e que constituem, também eles, fatores explicativos para a ocorrência desta catástrofe e suas dimensões.

A parte dois é dedicada à descrição da evolução do incêndio, procurando analisar as condições meteorológicas responsáveis pelo seu avanço, o enquadramento climático que favoreceu este evento (o mês de maio mais seco alguma vez registado, na sequência de dois anos de seca), as estratégias definidas e implementadas para o seu combate, incluindo aqui e ali, detalhes e intervenções dos atores reais deste “filme”, como Sandra Hickey, Paul Ayearst ou Emma Elliott, habitantes locais, de quem captou sentimentos, expressões ou ações que expressavam as emoções do momento.

Importante referência é feita, também, à problemática das interfaces urbano-florestais. Como refere o autor, *“Today, more than a third of American homes and more than half of Canadian homes are located in the WUI. It is a beautiful place to live, until it goes feral. When a wildfire enters a residential community, the result—for the fire—is a smorgasbord of kiln-dried fuel topped with tar shingles, garnished with rubber tires and gas tanks. [...] As homeowners in these regions are learning every summer now, when the WUI burns, it does not burn like a forest fire or a house fire, it burns like Hell”*.

Na terceira e última parte o autor enquadra o incêndio de Fort McMurray no contexto da crise climática em curso, relacionando o aquecimento climático com as alterações no comportamento climático do globo e com o aumento da ocorrência de relâmpagos, uma das principais causas naturais de inúmeros fogos no norte da América. Aborda também a tendência para a ocorrência de climas mais secos e quentes, resultando em incêndios mais intensos e, conseqüentemente, mais difíceis de controlar, com poder suficiente para gerar condições de clima próprios. Nos vários exemplos que utiliza para ilustrar esta nova realidade refere também os casos das inúmeras perdas humanas na sequência dos incêndios

de 2017 em Portugal. Nas palavras do autor, *“This is not planet Earth as we found it. This is a new place—a fire planet we have made, with an atmosphere more conducive to combustion than at any time in the past 3 million years.”*

O segundo livro intitula-se *“Introduction to Fire in California”* (2ª edição) e é da autoria de David Carle (Carle, 2021), que faz uma abordagem à problemática dos incêndios florestais no Estado da Califórnia, estado frequentemente fustigado por grandes incêndios florestais, analisando os aspetos genéricos desta problemática, mas focando-se essencialmente nos condicionalismos (naturais e histórico-políticos) e realidades do território em questão (fig. 2). Numa escrita simples, pouco complexa mas correta e cientificamente apoiada, David Carle aborda no primeiro capítulo do livro, *“The nature of fire”*, os conceitos e fatores fundamentais para a compreensão do fogo: o que é o fogo, o triângulo do fogo e o comportamento do fogo, referindo-se ao uso do fogo pelos povos indígenas californianos e aos próprios condicionalismos meteorológicos ou topográficos.

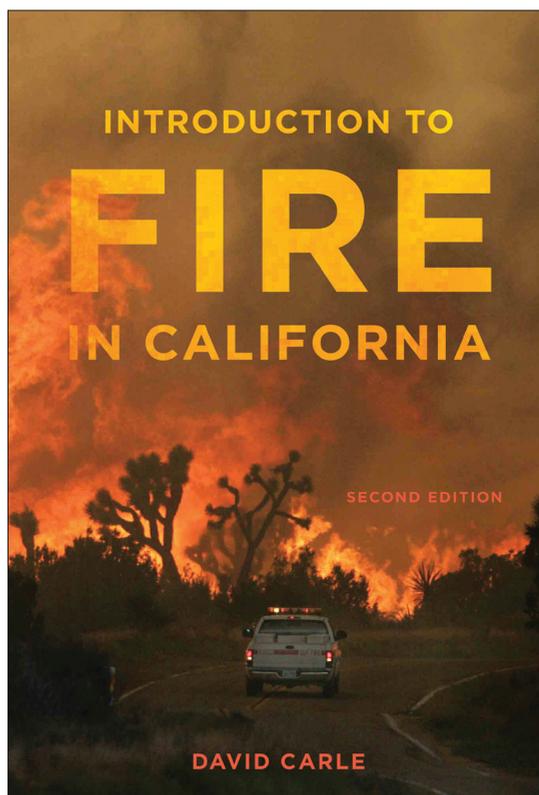


Fig. 1 - Frontispício da obra *“Introduction to Fire in California”* (2ª edição), da autoria de David Carle.

Fig. 1 - Frontispiece of the book *“Introduction to Fire in California”* (2ª edição), by David Carle.

No segundo capítulo (*Fire and life across California*) o autor debruça-se sobre a relação do fogo com os elementos vivos na Califórnia, analisando os regimes de

fogo existentes nos ambientes naturais que caracterizam a Califórnia e a forma como afetam o tipo de vegetação, vida selvagem, solo, água ou o ar, focando, também, a inevitável relação da crise climática que atravessamos com estes fatores.

Uma breve história dos incêndios na Califórnia é apresentada no capítulo seguinte, destacando os grandes incêndios florestais que afetaram este território e os incêndios extremos que ocorreram após 2010. Como refere o autor na introdução, *“California’s eternal wildfire challenges intensified from 2010 through 2020, when the deadliest and most destructive wildfires in the state’s history ignited. [...] a few massive holocausts, particularly in 2017, 2018, and 2020, began racing across the landscape, driven by extremely high winds, and in those years, wildfire killed far too many people”*.

Assim, fazendo uma breve retrospectiva dos maiores incêndios florestais que afetaram a Califórnia ao longo do século XX, detém-se nos incêndios mais devastadores que ocorreram em 2013, 2017, 2018 e 2020.

Numa perspectiva histórica, refere também o debate ocorrido nas primeiras décadas do século XX, relativas ao uso do fogo controlado (o então chamado *“light burning”*).

Segue-se um capítulo intitulado *“Burning Issues”*, onde o autor aborda algumas das estratégias implementadas para fazer face ao fogo na Califórnia, referindo-se nomeadamente à forma de gestão do combate aos incêndios e o papel do CAL FIRE e sua interação com demais instituições, de âmbito federal a local. Também são referidas as táticas de combate empregues pelas equipas do CAL FIRE. Outras estratégias, distintas das de combate direto ao fogo, são também aqui abordadas, como o uso do fogo controlado, bem como discutidas realidades particulares, como as que ocorrem

relativamente ao fogo em domínio de chaparral. Outras temáticas relacionadas com o fogo são tratadas neste capítulo: a controvérsia entre a produção florestal intensiva e a redução da densidade florestal ou a remoção da vegetação ardida após incêndios. Também abordada é a relação entre a rede de distribuição de eletricidade e a ignição de incêndios, e as medidas preventivas implementadas que promoveram cortes de energia em áreas de maior risco de incêndio, com impactes significativos e disrupção da vida e atividades dos habitantes dessas áreas.

A penúltima parte deste livro (*Getting ready: life on the edge*) é dedicada às estratégias de prevenção para os incêndios florestais, apresentando medidas a implementar antes da ocorrência dos incêndios (ao nível da construção de habitações e seu enquadramento defensivo na paisagem, por exemplo), durante o fogo (fora e dentro da residência) e após o fogo.

Na parte final é feita uma referência às dificuldades enfrentadas também ao nível da gestão e do combate aos incêndios durante o período da pandemia da COVID-19, terminando com uma chamada de atenção para a necessidade de se promoverem estratégias que permitam que as mudanças ambientais, ainda que inevitáveis, se processem de forma o mais lenta possível, deixando também uma mensagem de esperança baseada nos esforços dos profissionais que estão no terreno.

O autor termina o livro com uma frase que, ainda que aplicada ao caso Californiano, facilmente se extrapola para outras áreas do globo onde o fogo é um elemento da paisagem há milénios: *“Fire is a transforming “artist,” a creative force that forges growth and recovery by, paradoxically, first breaking things apart. Life in California must adapt to fire. And that includes us”*.

(Página deixada propositadamente em branco)

## NOTA DE ABERTURA

António Vieira .....	3
----------------------	---

## ARTIGOS

<b>António Fidalgo e Ana Sá Fernandes</b> Efeito dos incêndios florestais no ecossistema: revisão integrativa .....	5	117
<b>Joana Jesus, Cristina Máguas e Helena Trindade</b> O impacto dos fogos florestais nos solos e no bacterioma de <i>acacia longifolia</i> : um caso de estudo em Mira, Aveiro .....	15	
<b>André Bazenga e José Góis</b> Perceção do risco de incêndio em espaços rurais associado à utilização de artigos pirotécnicos .....	25	
<b>Esperanza Amezketa, Raquel Ciriza and Mikel Viñuales</b> A forest fire hazard model and map for a wildland urban interface not meteorologically prone to forest fires ....	35	
<b>Mário Talaia</b> Minimizar o risco de fogo em amontoados de sobrantes florestais, através da educação escolar .....	57	

## NOTAS

<b>José António Gonçalves e Xavier Romão</b> Análise da exposição dos participantes em eventos <i>trail-running</i> ao risco de incêndio rural: contributos para o planeamento de segurança .....	69
<b>Paulo Barreiro e Albertina Marques</b> Necessidades na gestão do risco de catástrofe em grandes eventos no Alto Minho: a perspetiva das corporações de bombeiros .....	85

## NOTÍCIAS

<b>Fernando Félix e Fátima Velez de Castro</b> VI Congresso Internacional de Riscos: Riscos e Conflitos Territoriais. Das catástrofes naturais às tensões geopolíticas .....	103
<b>Fernando Félix e João Luís Fernandes</b> XVI Encontro Nacional de Riscos .....	108
<b>Romero Bandeira</b> Société Européenne de Medicine de Sapeurs-Pompiers (SEMSP) .....	109

## RECENSÕES

<b>Romero Bandeira</b> Da Importância dos Estudos Meteorológicos para a Medicina e especialmente de suas Aplicações ao Ramo Operatório .....	110
<b>António Vieira</b> Grandes incêndios na América do Norte .....	113



# RISCOS

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA  
DE RISCOS, PREVENÇÃO  
E SEGURANÇA

1 2



9 0



IMPRENSA DA  
UNIVERSIDADE  
DE COIMBRA  
COIMBRA UNIVERSITY PRESS