

Universidade de Lisboa  
Instituto de Geografia e Ordenamento do Território



**Influência Do Fumo Dos Incêndios Florestais Na Saúde Respiratória Da  
População Na Região de Viseu**

**Ana Rita Gonçalves Fernandes**

Dissertação Orientada Pelo Professor Doutor António Saraiva Lopes e  
Coorientada pela Doutora Sandra Oliveira

Mestrado em Geografia Física e Ordenamento do Território

2021

Universidade de Lisboa  
Instituto de Geografia e Ordenamento do Território



**Influência Do Fumo Dos Incêndios Florestais Na Saúde Respiratória Da  
População Na Região de Viseu**

**Ana Rita Gonçalves Fernandes**

Dissertação Orientada Pelo Professor Doutor António Saraiva Lopes e  
Coorientada pela Doutora Sandra Oliveira

Júri:

Presidente: Professora Doutora Carla Andreia da Silva Mora do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa

Vogais:

- Professor Doutor João Viljoen de Vasconcelos da Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar do Instituto Politécnico de Leiria
- Doutora Sandra Isabel Santos de Oliveira do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa

2021



## Agradecimentos

Para a concretização desta tese foi necessário muito esforço e força não só meu como daqueles que me rodeiam e nunca me deixaram desistir.

Inicio estes agradecimentos por mostrar o quão grata estou ao professor Doutor António Lopes e à Doutora Sandra Oliveira pelo apoio incondicional, por nunca me deixarem desistir deste tema, pela paciência, por estarem presentes e serem críticos em todas as etapas desta dissertação.

Devo agradecer à Administração Central Do Sistema de Saúde em particular à Comunidade Intermunicipal Viseu Dão Lafões pela cedência dos dados que tão fundamentais foram para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Professor Doutor Jorge Rocha e à professora Doutora Ana Ramos Pereira que sempre me deram força e me incentivaram ao longo deste processo.

Ao Marcelo Fernandes, pelos conselhos, por ser sempre prático e por sempre me encaminhar no rumo certo e à Ana Gonçalves por todos os opiniões, quer a nível científico, quer ao nível pessoal.

Quero agradecer aos meus pais, sem eles nada era possível e sem o apoio deles não estaria onde estou hoje, nem seria o que sou. Obrigada por me apoiarem em qualquer circunstância, até nas ideias menos originais, por estarem sempre à distância de uma chamada cada dia bom, ou menos bom, que ia surgindo. Estarei eternamente grata!

Às minhas amigas de sempre Anabela Pereira, Christelle Oliveira que mesmo longe estiveram presentes em todas as situações. O meu maior e mais sincero obrigado. Que continuemos a festejar todas as vitórias juntas porque serão sempre imprescindíveis.

Aos meus amigos, que fizeram parte do meu percurso académico, e que de alguma forma marcaram a minha vida e o meu percurso, em especial à minha família académica que foi das melhores coisas que já consegui e à querida “TURMA” que foi a

melhor a que já pertenci e guardarei para sempre, com todo o carinho, um obrigado por todo o apoio que me deram ao longo destes anos.

Ao André Magalhães, ao André Ribeiro e à Maria Martins por nos momentos mais difíceis da quarentena e alguns momentos desta dissertação, estarem presentes e por me incentivarem sempre.

Não menos importante, agradeço aos meus amigos de sempre, que o IGOT juntou desde o início. Ao Daniel Almeida e ao Pedro David Soares por serem um incrível apoio na minha vida e por terem sempre as melhores palavras nos momentos certos.

À Inês Costa, à Letícia Fernandez e à Marta Ferreira, os obrigados todos não são suficientes para vos agradecer tudo o que fazem por mim e o quanto foram importantes ao longo destes anos e deste percurso.

Devo destacar ainda, sem dúvida, as duas pessoas fundamentais durante o meu percurso académico, o Mário Rui Santos por ser o melhor amigo e conselheiro, por me incentivar sempre a ir mais além e por ser um apoio fulcral e o João Miguel Rêgo, o meu eterno companheiro neste mundo da Geografia Física, o meu amigo de sempre e o que foi sempre o meu braço direito em todos os momentos e decisões mais ou menos importantes. Sem vocês não seria a mesma coisa. Muito obrigada do fundo do coração. Prometo que não vos vou chatear com plumas durante os próximos tempos.

Por fim, quero agradecer a uma das pessoas mais especiais que fez parte da minha vida, o meu avô. Estejas onde estiveres, que tenhas orgulho de tudo o que fiz até ao momento. Esta dissertação é inteiramente dedicada a ti .

Muito Obrigada a todos 😊

## Resumo

Os incêndios florestais são fenómenos frequentes em Portugal e a sua grande incidência a partir de 2003 tem levado a uma maior consciencialização pública devido, principalmente, aos impactos que causam, entre os quais as consequências que podem ter na saúde da população, através dos poluentes presentes nas plumas de fumo.

Viseu é um distrito fortemente fustigado pelos incêndios, destacando-se os anos de 2005 e 2013 pelo elevado número de incêndios registados, e consequentemente, de plumas de fumo, estando as freguesias mais afetadas localizadas a Oeste do distrito.

A partir da análise de imagens de satélite MODIS foram identificadas 55 plumas de fumos que afetaram o distrito de Viseu, no período de 2005 e 2015, assim como as massas de ar que influenciam a dispersão do fumo através de trajetórias HySplit. Foi analisada a qualidade do ar em dias quando ocorreram plumas tendo em conta os limiares definidos na diretiva 120/2010, comparando com dias sem incêndios. Para além disso, foi avaliado o nível de risco de inalação de fumo nas freguesias de Viseu, através da análise da população exposta, da frequência de plumas e da análise da vulnerabilidade social.

Os poluentes libertados no fumo dos incêndios possuem prazos de vida curtos a médios e podem espalhar-se por muitos quilómetros, afetando não só os locais de origem dos incêndios, mas também as áreas circundantes. Através da comparação dos limiares de poluentes, nomeadamente material particulado (PM), Ozono(O<sub>3</sub>) e Óxidos de Azoto (NO<sub>x</sub>), verifica-se que na região de Viseu Dão Lafões, entre os anos de 2005 até 2015, os limites de qualidade do ar pré-estabelecidos pela Comissão Europeia foram ultrapassados, na maioria das situações, devido a incêndios.

A libertação destes poluentes com tanta regularidade, devido à ocorrência de incêndios com emissão de plumas, provocam efeitos nocivos na saúde respiratória da população. Viseu não é exceção, levando ao aumento dos internamentos e afetando a população mais vulnerável, como os idosos (com idades superior a 65 anos) e as crianças

(idade inferior a 4 anos), nomeadamente nos homens, provocando patologias como bronquites, doenças do aparelho respiratório e com maior frequência pneumonias.

A partir da frequência de plumas observadas através de imagens de satélite, e tendo em consideração o número de residentes por freguesia, constata-se que em Viseu a exposição da população à inalação de fumo é elevada, uma vez que todas as freguesias foram afetadas várias vezes entre os anos 2005 e 2015, no mínimo 8 vezes ao longo destes 10 anos em estudo.

**Palavras-chave:** plumas de fumo, qualidade do ar, internamentos hospitalares; doenças respiratórias; exposição da população.

## Abstract

Wildfires are a quite frequent phenomenon in Portugal and the increased incidence since 2003 is leading to a greater public awareness, partly because of the impacts they can have on public health due to the pollutants that are present in the smoke plumes.

Viseu district has been heavily affected by wildfires, especially in the years of 2005 and 2013 that stand out as the ones with the highest number of wildfires and, consequently, of smoke plumes. The parishes located west of the district were the most affected.

Upon examining MODIS satellite images, 55 smoke plumes were identified in the district of Viseu between the years of 2005 and 2015, and the air masses that influence smoke dispersion were defined through HySplit trajectories. The air quality was analyzed for the days with smoke plumes, according to the thresholds established on directive 120/2010, and compared to days without the occurrence of plumes. In addition, the level of risk of smoke inhalation in the parishes of Viseu was assessed, through the analysis of the exposed population, the frequency of smoke plumes and the analysis of the population's vulnerability.

The pollutants in wildfire smoke have a short to medium life span and can spread across many kilometers, affecting not only the area where the fire originated but also its surroundings. Taking into account the pollutant thresholds, namely particulate matter (PM), Ozone (O<sub>3</sub>) and Nitrogen Oxides (NO<sub>x</sub>), from 2005 to 2015 the region of Viseu Dão Lafões exceeded the air quality limits pre-established by the European Commission in several occasions, mostly due to wildfires.

The regular release of these pollutants, due to wildfires with smoke plumes, can have harmful effects on the population's respiratory health. The district of Viseu is no exception, leading to an increase in hospitalizations and affecting the most vulnerable population, such as the elderly (aged over 65) and children (aged under 4), affecting

more the male population, causing pathologies such as bronchitis and more frequently pneumonia.

Having in consideration the frequency with which smoke plumes are detected and the number of residents per parish, it is concluded that the population's exposure to smoke inhalation is high, since every parish was affected at least 8 times between the years of 2005 and 2015.

**Keywords:** smoke plumes; air quality; respiratory diseases; hospitalizations; respiratory diseases; population exposure.

# Índice

Agradecimentos.....	4
Resumo .....	6
Índice .....	10
Índice de figuras .....	13
I-Introdução .....	18
II- Objetivos.....	20
III- Estado da arte.....	22
1-Os incêndios florestais em Portugal.....	22
2- As plumas de fumo com origem nos incêndios florestais.....	24
3- Influência do fumo dos incêndios florestais na qualidade do ar .....	31
4 –Os sintomas e as consequências do fumo na saúde respiratória da população.....	34
5- O Risco de inalação de fumo nas faixas etárias mais vulneráveis (<4 e > 65 anos)...	38
IV- Metodologia.....	40
1 - As áreas ardidas no período de 2005 a 2015 .....	42
2- A informação de satélite para a delimitação das plumas de fumo .....	43
2.1-As trajetórias das massas de ar avaliadas pelo modelo HYSPLIT .....	45
2.2- Avaliação da velocidade e direção do vento nos episódios de plumas de fumo....	46
3- Análise da qualidade do ar durante os eventos de plumas de fumo identificadas ...	46
3.1-Inventários da qualidade do ar .....	46
3.2-Definição dos eventos de plumas de fumo e períodos de controlo .....	48
3.3 Valores das excedências dos poluentes nos dias em que ocorrem plumas de fumo .....	50
3.4- Comparação das séries de dias com plumas e os internamentos hospitalares por patologias respiratórias.....	51

4- Os internamentos Hospitalares.....	52
4.1 – Análise dos internamentos nos hospitais da região Viseu Dão- Lafões e seleção dos dias correspondentes aos eventos de plumas de fumo.....	52
4.2- As doenças derivadas da inalação do fumo .....	54
5- Análise de Risco de inalação de fumo pela população .....	55
5.1- Frequência de plumas (análise da perigosidade).....	55
5.2-Elementos Expostos e Exposição normalizada .....	57
5.3- Análise da vulnerabilidade .....	58
5.4- Avaliação do Risco .....	62
V- Resultados e Discussão .....	64
1- As áreas ardidadas no período de 2005 a 2015 .....	64
2- A informação de satélite para a delineação das plumas de fumo .....	65
2.1- As trajetórias das massas de ar- trajetórias avaliadas pelo modelo HYSPLIT .....	68
2.2- Avaliação da velocidade e direção do vento nos eventos de plumas de fumo .....	72
3- Análise da qualidade do ar durante os eventos de plumas de fumo identificadas ...	74
3.1 Valores das excedências dos poluentes nos dias em que ocorreram plumas .....	74
3.2- Comparação das séries de dias com plumas e os internamentos hospitalares devido a patologias respiratórias .....	81
4-Internamentos.....	86
4.1 – Análise dos internamentos da região de Viseu Dão-Lafões.....	86
4.2- Eventos com plumas .....	89
4.3- Internamentos nos períodos de controlo .....	94
4.4- Comparação entre os 12 eventos e os períodos de controlo-população vulnerável .....	98
5- Análise de Risco de inalação de fumo pela População .....	103
5.1- Ocorrências de Plumadas de fumo identificadas por Deteção Remota .....	103

5.2- Elementos Expostos e Exposição normalizada.....	106
5.3- Vulnerabilidade .....	110
5.4- Risco.....	112
VI- Conclusões .....	115
2-Anexos .....	116
VIII-Anexos.....	116

## Índice de figuras

Figura 1-Total de incêndios no período de 2005 a 2015 superiores a 100 ha em Viseu	19
Figura 2- Área ardida em hectares no período de 2005 a 2015 em Viseu.....	20
Figura 3- Exemplo de uma Pluma de fumo observada pelo satélite MODIS do dia 30/08/2013.....	26
Figura 4- Emissão de gases dos incêndios florestais, transporte e impactos na saúde.	28
Figura 5- Deposição das partículas no sistema respiratório e circulatório .....	36
Figura 6- Área de Estudo- Distrito de Viseu .....	41
Figura 7- Esquema introdutório das metodologias aplicadas na dissertação.....	42
Figura 8- Localização das estações de qualidade do ar usadas.....	47
Figura 9- Localização dos hospitais na região de Viseu Dão Lafões .....	54
Figura 10- Modelo Conceptual de Risco.....	55
Figura 11- Incêndios superiores a 100 ha no período de 2005 a 2015, entre junho e outubro, no distrito de Viseu .....	65
Figura 12- Plumas de fumo detetadas no período de 2005 a 2015, entre junho e outubro .....	66
Figura 13- Incêndios com mais de 100 ha e plumas de fumo detetadas por ano no período de 2005 a 2015 no distrito de Viseu .....	66
Figura 14-Sobreposição das 55 plumas de fumo no distrito de Viseu, obtidas por Detecção Remota no período de 2005 a 2015 .....	68
Figura 15-Direção das retrotrajetórias HYSPLIT- Origem e entrada em Portugal- dias com registo de plumas .....	70
Figura 16-Direção das retrotrajetórias HYSPLIT- Origem e entrada em Portugal- Período de controlo .....	71
Figura 17- Direção do Vento (total de dias de eventos) na região de Viseu.....	73
Figura 18- PM10- Período de referência (2005 a 2015) sem incêndios e total dos eventos (28) com ocorrência de plumas de fumo no período de 2005 a 2015.....	79
Figura 19- Eventos (12) e Período de controlo PM10 .....	81
Figura 20-Máximo diário de Partículas PM10 e Ozono registado na estação de Fornelo do Monte e os internamentos ocorridos de Junho a Outubro no ano de 2005 .....	83

Figura 21- Direção e velocidade do vento – Evento 07 (06/10/2005 a 16/10/2005) ....	83
Figura 22-Retrotrajetória HYSPLIT – 06 de outubro de 2005.....	83
Figura 23-Máximo diário de Partículas PM10 e Ozono registado na estação de Fornelo do Monte e os internamentos ocorridos de Maio a Outubro no ano de 2013 .....	85
Figura 24-Retrotrajetória HYSPLIT – 30 de agosto de 2013 .....	85
Figura 25- Direção e velocidade do vento - Evento 23 (23/08/2013 a 09/09/2013).....	85
Figura 26- Internamentos totais por doenças respiratórias no período de maio a outubro dos anos de 2005 a 2015 na sub-região Viseu Dão Lafões no Período de 2005 a 2015 por género.....	88
Figura 27-Número de Internamentos por causa respiratória nos eventos (toda a população) na região de Viseu no período de 2005 a 2015 de junho a outubro (%) ....	90
Figura 28-Número de internamentos por causa respiratória na população com menos de 4 anos e mais de 65 na região de Viseu no período de 2005 a 2015 de junho a outubro (%).....	91
Figura 29-Comparação da % de internamentos nos eventos entre a população total (todas as idades) e população mais vulnerável (<4 e +65 anos) - período 2005 a 2015 de junho a outubro em Viseu .....	92
Figura 30- Patologias respiratórias registadas nos 28 eventos na População total- todas as idades (%).....	93
Figura 31-Patologias respiratórias registadas nos 28 eventos na.....	93
Figura 32-Internamentos por patologia respiratória na população total (de todas as idades) no período 2005 a 2015 de junho a outubro em Viseu- período de controlo (%) .....	94
Figura 33-Internamentos por patologia respiratória no período de controlo período 2005 a 2015 de junho a outubro em Viseu (%) - Idade Vulnerável.....	95
Figura 34- Comparação da % de internamentos no períodos de controlo- comparação da população geral com a idade Vulnerável (<4 e +65) no período 2005 a 2015 de junho a outubro em Viseu .....	96
Figura 35- Patologias respiratórias registadas no período de Controlo - População de todas as idades (%) .....	97
Figura 36- Patologias respiratórias registadas no período de Controlo- .....	97

Figura 37-Internamentos registados na população com idade superior a 65 anos nos 12 eventos e no período de controlo no período 2005 a 2015 de junho a outubro em Viseu .....	99
Figura 38-Internamentos registados na população igual ou inferior a 4 anos nos eventos e período de controlo, no período 2005 a 2015 e de junho a outubro, em Viseu .....	99
Figura 39-Internamentos registados nos 12 Eventos de pessoas com idade superior a 65 anos, por género no período 2005 a 2015 de junho a outubro em Viseu .....	100
Figura 40-Internamentos registados no períodos de controlo com idades <4 anos por género no período 2005 a 2015 de junho a outubro em Viseu .....	101
Figura 41-Classes da frequência de plumas nas freguesias do distrito de Viseu, calculado pelo número de plumas de fumo registadas entre 2005 e 2015 .....	105
Figura 42-Elementos expostos - classes de número de residentes nas freguesias no distrito de Viseu.....	108
Figura 43-Exposição normalizada das plumas de fumo- Freguesias com maior exposição no distrito de Viseu.....	109
Figura 44-Vulnerabilidade - Freguesias com maior vulnerabilidade na região de Viseu .....	112
Figura 45 - Risco de inalação de fumos nas freguesias da região de Viseu .....	114

## Índice de quadros

Quadro 1- Datas das plumas observadas no período de 2005 a 2015 .....	43
Quadro 2-Número de plumas existentes por ano e número de eventos criados a partir dos períodos de plumas selecionadas através de imagens MODIS .....	48
Quadro 3- Datas das plumas registadas no período de 2005 a 2015 e período de controlo e respetivos Eventos.....	49
Quadro 4-Limite de poluentes para a qualidade do ar .....	50
Quadro 5-Classes Frequências das Plumas .....	56
Quadro 6-Classes de Exposição normalizada .....	58
Quadro 7-Descrição das variáveis utilizadas no cálculo da vulnerabilidade na região de Viseu .....	59
Quadro 8-Classes de Vulnerabilidade e características dos grupos de vulnerabilidade	60
Quadro 9- Matriz de Risco de exposição ao fumo .....	63
Quadro 10- Classes de Risco das freguesias afetadas pelo fumo dos incêndios florestais .....	63
Quadro 11- Média da velocidade do vento km/h - 28 eventos .....	73
Quadro 12-Qualidade do ar em estações da região centro de Portugal, no período de 2005 a 2015 em dias de incêndios e onde foram identificadas plumas de fumo (valores anuais) .....	75
Quadro 13- Qualidade do ar em estações da região centro de Portugal, no período de 2005 a 2015, considerando dias sem registo de incêndios (valores anuais) .....	77
Quadro 14- Número de dias de eventos de plumas onde os valores limite foram ultrapassados (335 dias correspondentes aos 28 eventos) .....	77
Quadro 15-Número de dias do período de controlo (sem incêndios) em que os limites foram ultrapassados (335 dias correspondentes aos 28 eventos) .....	78
Quadro 16— Internamentos por Hospital em Viseu no Período de 2005 a 2015 .....	87
Quadro 17- Frequência de plumas e número de freguesias afetadas na região de Viseu .....	104
Quadro 18- Análise do número de residentes por freguesia e número de freguesias por classe – Região de Viseu .....	106

Quadro 19-Classes da Exposição às plumas de fumo e número de freguesias por classe – Região de Viseu.....	108
Quadro 20- Classes da Vulnerabilidade e Número de freguesias por classe – Região de Viseu .....	110
Quadro 21-Classes de Risco e número de freguesias por classe – Região de Viseu....	113

## I-Introdução

Os incêndios florestais não são um fenómeno recente, no entanto, os eventos climáticos extremos como as temperaturas elevadas e as secas prolongadas, conjugados com as alterações na ocupação do solo e a acumulação de materiais combustíveis, têm contribuído para uma maior incidência de incêndios florestais, ocorrendo estes com maior frequência e com tamanhos assoladores (Moreira et al., 2020; Liu et al., 2015).

O aumento destes fenómenos extremos levou a um aumento crescente da consciencialização pública e política pelos impactos que detêm, afetando fortemente os seres humanos, habitats naturais e a saúde pública em todo o mundo, no entanto, poucos estudos relatam os efeitos dos incêndios na saúde (Youssef et al., 2014).

As plumas de fumo provocadas pelos incêndios originam problemas que são uma ameaça à saúde pública, porque na sua constituição apresentam gases e partículas nocivos para o sistema respiratório (Cisneros et al., 2007), sendo este o principal foco do estudo desenvolvido.

De acordo com Hanninen et al., (2008), os poluentes libertados nos fumos originários dos incêndios florestais possuem um curto período de duração, mas podem ser transportados centenas de quilómetros na atmosfera. Desde a origem, os poluentes atmosféricos lançados pelos incêndios florestais passam por vários processos, resultando disto consequências nefastas, em particular nos grupos mais vulneráveis, como é o caso das crianças e dos idosos (Martins, 2007).

A dispersão dos materiais presentes nas plumas de fumo, segundo Kahn et al., (2008), é influenciada pela altitude a que são projetados, afetando a qualidade do ar da região onde as plumas ocorrem.

De todos os poluentes presentes nas plumas de fumo, os mais nocivos para a saúde são as partículas de pequena dimensão, nomeadamente as *Particulate Matter*-Matéria particulada (PM) PM2.5 e as PM10 (Deflorio-barker et al., 2019; Youssef et al., 2014), provocando patologias como asma, doenças pulmonares crónicas, pneumonias e bronquites, entre outras. O aumento das concentrações de poluentes leva ao aumento do número de hospitalizações (Hanninen; et al., 2008). Conhecendo quantas pessoas habitam num determinado local, é possível realizar uma análise de risco, tendo em conta

a exposição da população a potenciais plumas de fumo causadas por incêndios, e a vulnerabilidade social desta população. Nos grupos mais vulneráveis, destacam-se as crianças e a população com idade superior a 65 anos (Elliott, 2015; Delfino et al., 2009).

Portugal, distingue-se dos restantes países do sul da Europa não só pelo número elevado de incêndios florestais, mas também pela sua proporção de área ardida, mais concretamente nas regiões Norte e Centro do país (Nunes et al., 2013). O exemplo mais flagrante foi o que ocorreu em 2017, em Pedrogão Grande. De acordo com o JRC-Technical Report (San-Miguel-Ayanz et al., 2020) até 2019, Portugal possui uma média de área ardida na última década que ronda os 143 088 hectares (ha).

A área de Viseu Dão Lafões foi selecionada porque na maior parte dos anos em análise (período de 2005-2015) regista valores substanciais de área ardida (ICNF, 2013) e pela disponibilidade de dados dos internamentos cedidos para esta região pela Administração Central Do Sistema de Saúde (Grupo De Diagnósticos Homogéneos (GDH))-Comunidade Intermunicipal de Viseu Dão- Lafões. Este distrito faz parte do grupo que regista maior área queimada (Nunes et al., 2014), visível na figura 1. Esta região ao longo do período de 2005 a 2015 regista uma área ardida anual de 114249 ha (Figura 2) e 188 incêndios superiores a 100 hectares no mesmo período (Figura 1).

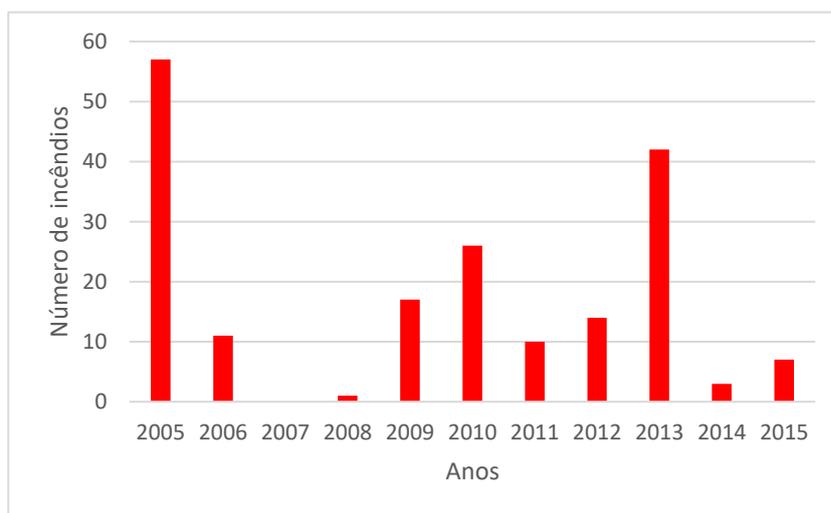


Figura 1-Total de incêndios no período de 2005 a 2015 superiores a 100 ha em Viseu

Fonte : Instituto da Floresta e Conservação da Natureza

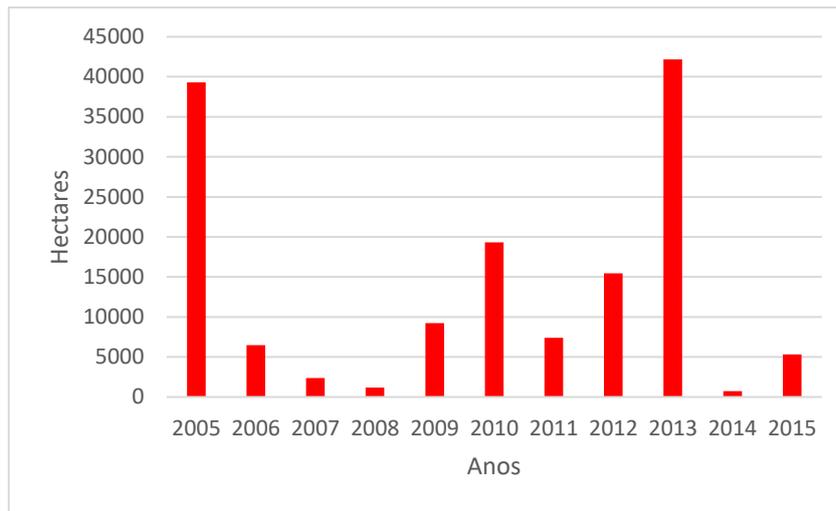


Figura 2- Área ardida em hectares no período de 2005 a 2015 em Viseu.

Fonte: Instituto da Floresta e Conservação da Natureza

## II- Objetivos

Este estudo tem como objetivo principal avaliar a influência das plumas de fumo na saúde da população, aplicando-o ao distrito de Viseu, no período de 2005 a 2015, considerando a morbilidade associada a perturbações de cariz respiratório.

Para ajudar a complementar este objetivo, foram definidos 5 questões de investigação que norteiam objetivos específicos:

- Quais os eventos que originam as plumas de fumo mais intensas?
- Quais as freguesias mais afetadas pelas plumas no período de 2005 a 2015?
- De que forma as plumas de fumo afetam a qualidade do ar, considerando os poluentes disseminados?
- Qual a influencia dos poluentes das plumas de fumo na saúde da população atingida e no nível de internamentos hospitalares por patologias de foro respiratório?
- Tendo em conta os fatores de exposição e vulnerabilidade da população, quais as áreas em maior risco de serem afetadas pelas partículas das plumas de fumo ao longo do período considerado?

Decorrentes destes objetivos, formularam-se as seguintes hipóteses:

1. O número de internamentos por patologias respiratórias é influenciado pelas plumas de fumo dos incêndios florestais;
2. A população dos grupos mais vulneráveis é a que sofre mais quando está exposta às plumas de fumo, de acordo com os registos de internamentos.

O desenvolvimento de investigação ligada à morbilidade relativa a doenças respiratórias devido a incêndios florestais, mesmo que em áreas remotas, é necessário (Alonso-Blanco et al., 2018). Diversos autores tentaram identificar as principais variáveis que condicionam estes eventos de plumas de fumo, no entanto poucos relacionaram estes eventos com a saúde respiratória, tratando-se assim de um tema relevante para Portugal.

Esta dissertação está estruturada em seis capítulos. O primeiro capítulo enquadra o tema e explica a sua relevância e pertinência, descreve o trabalho desenvolvido que é apresentado nesta dissertação e no segundo capítulo são descritos o objetivo principal, complementares e hipóteses. O terceiro capítulo apresenta o estado da arte, onde é apresentada uma revisão bibliográfica e um enquadramento teórico da temática da dissertação, neste caso, as plumas de fumo derivadas de incêndios florestais e os seus efeitos na saúde respiratória da população. O quarto capítulo apresenta a metodologia utilizada ao longo deste trabalho, em relação à recolha e tratamento dos dados; descrição dos métodos e técnicas aplicados relativamente à análise estatística, espacial e de análise do risco. No quinto capítulo, estão presentes os resultados obtidos após aplicação dos diferentes métodos e técnicas para a região de Viseu Dão-Lafões e a análise e discussão crítica dos resultados. Por fim, no sexto capítulo, apresentam-se as principais conclusões obtidas em relação ao tema explorado nesta dissertação, bem como sugestões para desenvolvimento de trabalhos futuros. A bibliografia utilizada e os anexos são apresentados no final desta dissertação.

### III- Estado da arte

#### 1-Os incêndios florestais em Portugal

Os incêndios florestais são um dos principal fatores para a perturbação do mundo rural e são um dos grandes problemas que afetam a floresta portuguesa (Verde, 2008). No entanto, as áreas urbanas também podem ser afetadas, devido ao alcance do fumo produzido pelos incêndios, e dependendo da direção e velocidade do vento e da estabilidade atmosférica, podem afetar a saúde da população.

Um incêndio é um fenómeno físico, natural e com processos químicos que emerge da reação do oxigénio com uma substância combustível como a biomassa, causando este processo reações exotérmicas, resultando deste processo do fogo com libertação de calor, luz e habitualmente chamas, com consequências, algumas delas nefastas, para os ecossistemas florestais (Lourenço et al., 2011; Liu et al., 2010; Vera Martins, 2007). Esta combustão pode-se desenvolver em qualquer tipo de vegetação e pode ser originada por causas humanas ou naturais (Carvalho, 2006).

Os incêndios florestais são considerados um risco misto (resultam de uma combinação de fatores entre as condições naturais e a ação antrópica) de acordo com o decreto de lei n.º 124/2006 - Sistema de Defesa da Floresta contra Incêndios, e causam impactes a várias escalas, entre os quais o risco de intoxicação devido ao fumo (Benmarhnia, Mathlouth Fatma, & Smargiass, 2014).

A combinação do combustível do incêndio, do carburante (que normalmente é o oxigénio) e das fontes de ignição ou energia, compõem o triângulo do fogo (Marcelino, 2015; Stefanidou et al., 2008; Vera Martins, 2007).

De acordo com Carvalho (2006) e Mira et al. (2019) há vários fatores que influenciam a progressão de incêndios, como por exemplo, a existência de combustíveis florestais, tendo em conta a quantidade, as dimensões, o estado da vegetação existente e a humidade; o relevo, onde a altitude, a exposição de vertentes e o declive influenciam a trajetória das chamas, a temperatura do ar e a velocidade de propagação, e por último,

os fatores meteorológicos como a temperatura, humidade e a velocidade do vento que influenciam a ignição e a velocidade de propagação.

Os incêndios florestais são fenómenos regeneradores no mundo mediterrânico e pelas características de sazonalidade, como a coincidência da estação seca com a mais quente, procedida de uma estação chuvosa, que promove o crescimento da vegetação (Lourenço et al., 2011), Portugal é, na atualidade, o país europeu com maior número de ocorrências registadas devido aos incêndios florestais, assim como uma área ardida muito elevada em termos anuais, especialmente quando as condições meteorológicas o favorecem, como o caso de 2005 e mais recentemente de 2017 (Mira et al., 2019). Portugal registou, uma média de 136234 ha de área ardida em 2020, no entanto no período entre 2005 e 2015, o período em estudo neste trabalho devido às ocorrências registadas ao longo destes anos, a média registada foi de 101337 ha, destacando-se o ano de 2005 com uma área ardida total de 338593 ha (ICNF, 2005) e o ano de 2013 com 149687 ha (ICNF, 2013).

O ano de 2005 foi marcado pela colossal destruição de centenas de hectares de área florestal (Verde, 2008), registando o número mais elevado de ignições desde 1980, detendo assim, um total de 338259 ha de área ardida e 35386 ignições (Lourenço et al., 2011; Martins et al., 2009). Neste ano, de destacar ainda que existiram condições favoráveis à ocorrência de incêndios devido à seca extrema que se registou (Lourenço et al., 2011). Em 2013, Portugal também foi alvo de grandes incêndios, nomeadamente no Norte e na serra do Caramulo (ICNF, 2013). No extremo oposto, com menos área ardida foi o ano de 2008 que se destacou (Ferreira-leite et al., 2013).

Devido ao número de ocorrências registadas, o distrito de Viseu é considerado por Ferreira-leite et al., (2013) um dos distritos que regista valores mais preocupantes na década de 2000. À semelhança do registado no panorama nacional, neste distrito destaca-se o ano de 2005, sendo neste ano o segundo distrito com maior área ardida a nível nacional, com 37837 ha consumidos pelo fogo (ICNF, 2005) e o ano de 2013 com uma área ardida florestal de 42009 ha, correspondendo 23% dessa área ardida aos grandes incêndios registados no Caramulo, entre 20 de agosto e 02 de setembro, que consumiram uma área de 9709 ha (ICNF, 2013).

## 2- As plumas de fumo com origem nos incêndios florestais

De acordo com Nunes et al., (2013) os incêndios “fazem parte integrante dos ecossistemas mediterrâneos, mas também representam, na atualidade, um dos seus principais fatores de degradação”. Em Portugal, estes constituem um dos problemas ambientais mais significativos e considerados dos principais motivos associados à destruição da camada edáfica superficial (Nunes et al., 2013).

Os incêndios, quando ocorrem em grandes escalas, geram grandes quantidades de poluição atmosférica (Martins, 2007), com consequências altamente nefastas para a saúde devido aos gases e aerossóis emitidos pelo fumo. No entanto, estes efeitos ainda não estão bem quantificados, devido à falta de avaliações das emissões provenientes dos incêndios e à sua evolução química durante os períodos de transporte (Yousouf et al., 2014).

As condições meteorológicas e climáticas afetam o comportamento dos incêndios, interferindo no seu tamanho, intensidade, frequência, tamanho das plumas e distribuição e tempo que as populações estão expostas ao fumo (Reisen, Duran, Flannigan, & Elliott, 2015).

Pode-se definir uma pluma de fumo como o resultado do “movimento gerado por uma fonte dinâmica de flutuabilidade do ar e que existe devido à combustão e que pode incorporar impulso externo” (Heskestad, 1998). Esta flutuabilidade pode ser devida à combustão de elementos sólidos ou líquidos, sem impulso externo, ou devido a gases, líquidos ou descargas de aerossóis que levam a várias combinações de fluxos em massa (figura 3).

A combustão da biomassa pelo fogo possui várias fases que estão normalmente interligadas e ocorrem em simultâneo, destacando-se: a degradação térmica, oxidação de voláteis em chama, queima de combustão, a oxidação do carvão em combustão latente. De cada uma destas fases advêm diferentes emissões, em resultado dos diferentes processos químicos que ocorrem (Reisen et al., 2015).

As plumas de fumo acontecem na generalidade em espaço aberto com liberdade de expansão, criando um ambiente tóxico (Stefanidou et al., 2008), dissipando combustíveis, fundamentalmente compostos lenhosos como matos, arbustos e árvores, levando a uma distribuição de poluentes nos locais onde ocorrem e nas áreas circundantes, independentemente da sua origem e agente de ignição (Martins, 2007). Existem outros fatores como a temperatura, condições do vento e a humidade relativa do ar que contribuem para a progressão das chamas (Marcelino, 2015; Youssouf et al., 2014; Mazzoleni et al., 2007).

A combustão de biomassa leva a que sejam para a atmosfera partículas no estado líquido, sólido e gasoso numa complexa conjugação de poluentes formada por compostos orgânicos voláteis, persistentes e também devido aos componentes vegetais que são consumidos pelo fogo e transformados noutras partículas como por exemplo nas PM, os óxidos de azoto (NOX) e o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), sendo estes os que mais degradam a qualidade do ar (Stefanidou et al., 2008).

Além das emissões resultantes da combustão da biomassa nas florestas dependerem das trajetórias das chamas, são libertados outros materiais durante os incêndios (como o metano, enxofre, entre outros) que se misturam na atmosfera (Stefanidou et al., 2008). Se o incêndio afetar locais perto de uma área urbana podem-se originar diferentes gases orgânicos que aumentam o perigo para a saúde devido a sua composição (Elliott, 2015; Youssouf et al., 2014).

No entanto, além da biomassa ter grande influência no fumo, as emissões dependem bastante dos processos de combustão, que variam durante as estações do ano e também de acordo com as condições meteorológicas (Korontzi et al., 2003) que em casos extremos, podem levar ao aumento das temporadas de incêndios e aumentar os períodos de queima (Reisen et al., 2015).

Os critérios para determinar as características gerais das plumas são numerosos e a utilização de diferentes métodos leva a conclusões diversas sobre este tema (Pokorny, 2017).

Na secção seguinte, apresentam-se as características mais relevantes das plumas de fumo no âmbito deste estudo.



Figura 3- Exemplo de uma Pluma de fumo observada pelo satélite MODIS do dia 30/08/2013

Fonte: Satélite MODIS - <https://worldview.earthdata.nasa.gov/>

- As características das plumas de fumo na atmosfera

As principais características das plumas, de acordo com Pokorny, (2017) são a geometria, a temperatura, a velocidade do fluxo de ar e o volume de gases resultante do fumo dos incêndios e presentes na pluma. Esta coluna vertical de fumo nem sempre é definida com precisão. Segundo (Heskestad, 1998) as plumas de fumo podem ter movimentos distintos, sendo na maioria os movimentos turbulentos muito predominantes ao longo das situações de incêndio.

A pluma de fumo normalmente é dividida em 3 zonas de acordo com Dinunno et al, (2008); a zona da chama, que se trata da área localizada acima da superfície em

chamas; a zona de transição, que liga a zona das chamas à zona do fumo da pluma, podendo ter chamas ocasionalmente e por último, e mais importante, a zona do fumo, correspondente ao setor final e geralmente a mais extensa, formada por uma coluna de elevada concentração de gases tóxicos e material sólido.

-Fatores que influenciam a ocorrência de plumas de fumo

A altitude a que o fumo é injetado diretamente para a atmosfera é um importante indicador de medição e previsão de quanto tempo este continuará presente no ar (Martin et al. 2018), estando dependente dos processos de transporte, de dispersão e remoção (Figura 4), podendo variar entre segundos e várias horas (Martins, 2007) ou até mesmo dias (Reisen et al., 2015).

Devido aos períodos de meia-vida<sup>1</sup> que possuem os poluentes, estes podem ser transportados ao longo de quilómetros na atmosfera (Miller et al., 2017; Weinhold, 2011; Hanninen; et al., 2009) e deslocar-se com maior ou menor rapidez. Dependendo da direção e velocidade do vento, poderão causar grande impacto na saúde e igualmente a nível ambiental (Hanninen; et al., 2009; Martin et al., 2018; Reisen et al., 2015).

Esta injeção do fumo pode ser dentro da camada limite atmosférica ou para as camadas que se localizam acima desta, na troposfera (Martin et al., 2018). Se as plumas permanecerem dentro da camada limite atmosférica, o fumo pode ter influência diretamente na população, interferindo e colocando em risco a saúde das comunidades (F. H. Johnston et al., 2012).

---

<sup>1</sup> tempo que um poluente demora a reduzir-se em 50% do seu tamanho original

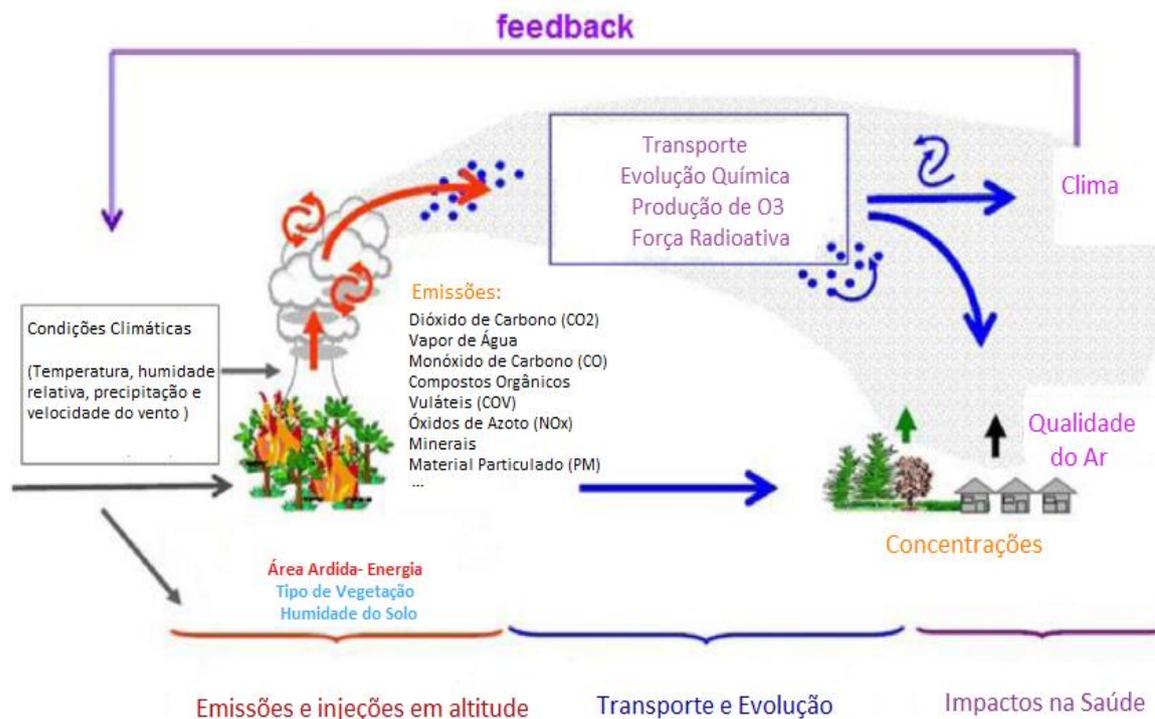


Figura 4- Emissão de gases dos incêndios florestais, transporte e impactos na saúde

Fonte: Youssouf et al. (2014)

A topografia pode também afetar a acumulação de fumo e a distribuição das plumas, pois se a origem do fumo se localizar entre encostas e montanhas, com o ar aquecido leva a que haja dispersão do fumo, no entanto, à medida que o ar vai arrefecendo, (normalmente durante a noite), o fumo vai-se acumulando nas camadas mais baixas e não se espalha (Achtemeier 2005; Heskestad, 1998; Reisen et al., 2015).

De acordo com (Martin et al., 2018), a maioria das plumas de fumo ocorre de julho a setembro e mantém-se dentro da camada limite, mas alguns incêndios com maiores dimensões, produzem grandes quantidades de partículas derivadas da queima de biomassa e são mais propensos a que exista uma maior probabilidade de injeções de fumo maiores e para zonas mais elevadas na atmosfera, variando estas com a localização, tipo de vegetação e estação do ano. No entanto Robock (1991), realizou outra análise e mostrou que até mesmo os incêndios em locais com menor biomassa podem ter a probabilidade de colocar o fumo além da troposfera, e em caso extremos, o fumo também é transportado para a estratosfera (4% e 12%) (Kahn et al., 2008).

Embora seja fundamental obter com precisão a altura a que o fumo das plumas é injetado, quer para análises climáticas ou até índices de qualidade do ar, este cálculo mostrou-se difícil de averiguar, uma vez que a injeção do fumo depende dos fluxos de calor originados pelo fogo, da estabilidade atmosférica do ambiente em que o incêndio está a ocorrer e das características do ar que podem ou não facilitar a ascensão da pluma (Martin et al., 2018).

Para se compreender as alterações na composição química do fumo e nas concentrações atmosféricas, é necessária uma abordagem integrada onde estejam incluídos as seguintes componentes: emissões e progressão do fumo, dispersão e situação atmosférica, bem como a deposição dos poluentes (Martins, 2007).

Esta situação atmosférica, mais concretamente a sua estabilidade ou instabilidade, é um dos principais fatores que condicionam a acumulação e direção do fumo.

A estabilidade atmosférica consiste na resistência da atmosfera ao movimento vertical do ar, ou seja, baseia-se no grau em que o movimento vertical da atmosfera é intensificado ou suprimido (*University Corporation for Atmospheric Research, 2010*). Existem 3 tipos de situações atmosféricas: estável, quando os movimentos do ar são anulados e a atmosfera resiste aos movimentos (reduzem o crescimento e intensidade do fogo e evitam que exista uma dispersão do fumo dos incêndios); instável, quando os movimentos do ar vertical se intensificam (fogos intensos com a propagação do fumo ao longo da área, associados aos incêndios florestais de natureza extrema); e neutra, quando os movimentos do ar não aumentam nem são suprimidos (ocorre normalmente num estado de transição entre o estável e instável e tem pouca duração UCAR, (2010).

Existe inversão atmosférica quando as camadas superiores atmosféricas são mais frias que a camada inferior, no entanto, por vezes a temperatura de uma camada de ar estável aumenta com o aumento da altitude, dando-se a inversão térmica, manifestando-se como uma espécie de cápsula que limita o movimento ascendente do ar. A inversão que ocorre com maior frequência é a noturna (baixa a intensidade dos fogos) UCAR, (2010).

Existem vários estudos que através de imagens de satélite, provenientes por exemplo do sensor MODIS<sup>2</sup> (Chu et al., 2003), realizaram medições para quantificar os aerossóis ao nível do solo e avaliar a qualidade do ar após a ocorrência de plumas de fumo derivadas de incêndios. Delfino et al.,(2009) avaliaram os níveis estimados de partículas PM2.5 através de uma interpolação espacial baseada na extração da luz, nas condições meteorológicas e nas imagens relativas ao fumo obtidas pelo sensor MODIS, que foram transformadas em polígonos representativos das áreas cobertas de fumo, possuindo cada um valores de concentração de PM2.5 diferentes, através dos valores médios estimados. Rappold et al.,(2011) usaram uma nova técnica baseada na espessura ótica de uma coluna atmosférica, e através do satélite (GEOS<sup>3</sup>) tentou avaliar a exposição de um conjunto de municípios a uma extensa pluma de fumo durante 3 dias. Outros dos exemplos destes estudos é o de Henderson et al., (2011), que optou pela utilização de 3 métodos para avaliar a exposição do fumo dos incêndios e a sua influência nas vias respiratórias, que consistiam na monitorização da qualidade do ar através de sensores “TEOM<sup>4</sup>”, relacionaram a qualidade do ar com a dispersão do fumo e ainda analisaram a exposição aos fumo através das plumas visíveis nas imagens de satélite. Para além disto, Holstius et al., (2012) avaliaram o impacto das emissões de fumo dos incêndios florestais em mulheres grávidas, tendo concluído que os recém nascidos também seriam afetados nascendo normalmente com menos peso.

Todos estes estudos usaram como base o número de incêndios florestais, a monitorização da qualidade do ar, modelos de transporte químicos e dados de satélite, para avaliarem o nível de exposição às emissões do fumo dos incêndios florestais (Youssef et al., 2014). Porém, todos estes mostraram algumas limitações no que toca aos dados das partículas fornecidos pelos satélites que são superiores aos das estações de monitorização (Delfino, et al., 2009), em particular: erros nas resoluções ao nível do solo devido à nebulosidade e ao reflexo dos corpos de água (Al-Saadi, et al., 2005); falta de correspondência em alguns locais entre o satélite MODIS e as partículas quando os

---

<sup>2</sup> Sensor dos satélites TERRA e AQUA denominado Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer.

<sup>3</sup> GEOS- Geostationary Scientific Satellite- ESA

<sup>4</sup> TEOM- Tapered Element Oscillating Microbalance

aerossóis se localizam acima da camada limite, não medindo assim a qualidade do ar à superfície (Youssef et al., 2014).

Esforços recentes têm vindo a ser feitos utilizando um modelo que tem como base a medição da altura da injeção de plumas através do sensor MIRS<sup>5</sup>. Este, possui, como intuito principal, a avaliação dos impactos que a dispersão do fumo acarreta quando se encontra a favor do vento (Vernon et al., 2018). No mesmo estudo, são validados os modelos de ascendência das plumas utilizando o modelo HYSPLIT em conjunto com as imagens das plumas MIRS, obtendo assim melhores simulações (Martin et al., 2018).

### 3- Influência do fumo dos incêndios florestais na qualidade do ar

O tipo de biomassa e as condições meteorológicas durante um incêndio, devido à quantidade de emissões gasosas e de partículas, afetam a qualidade do ar (Marcelino, 2015; Youssef et al., 2014).

As PM do fumo dos incêndios florestais destacam-se das restantes originárias da poluição do ar urbano porque são mais finas (Elliott, 2015).

Durante a combustão e ocorrência de chamas, os principais poluentes emitidos para a atmosfera são sobretudo o Dióxido de Carbono e o Vapor de Água, e em menor quantidade, Matéria Particulada PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub> e Dióxidos de Azoto (NO<sub>x</sub>) com elevado teor de carbono, (Mazzoleni & Zielinska, 2007; Miller et al., 2017; Reisen et al., 2015; Vera Martins, 2007; Youssef et al., 2014). Destacam-se também os Compostos Orgânicos Voláteis (Elliott, 2015) e semi-voláteis, como é o caso dos Hidrocarbonetos, Ácidos Carboxílicos, Benzeno (referente ao 1º) e o Sódio (Na), Magnésio (Mg), Níquel (Ni), Chumbo (Pb) e Ferro (Fe) associados aos semi-voláteis (Statheropoulos et al., 2005; Stefanidou et al., 2008). Estes poluentes representam um risco para a saúde,

---

<sup>5</sup> Multi- Angle Imaging Spectro Radiometer; mede a altura das plumas derivadas do sensor, baseando-se no espaço multi-ângulo de uma imagem de satélite estéreo (Martin et al., 2018).

especialmente nos locais próximos e expostos a fumo dos incêndios florestais (Benmarhnia; et al., 2014; Bowman & Johnston, 2005).

As bases legais da Qualidade do Ar, associado a limiares de poluentes, estão presentes na Diretiva conjunta 2016/2284 para todos os estados-membros da União Europeia, de 14 de dezembro de 2016, tendo em vista as reduções de poluentes atmosféricos.

Sendo o fumo libertado pelos incêndios florestais a origem das PM, estas são consideradas as mais preocupantes para a saúde pública (Liu et al., 2015; McCoy et al., 2020) ao nível respiratório (Franco et al., 2020; Henderson et al., 2011). Estas partículas possuem vários teores de toxicidade dependendo do seu tamanho, sendo geralmente classificadas de acordo com o seu diâmetro conforme possuam dimensões de 2.5 (PM 2.5) ou 10 micrómetros (PM10) (Liu et al., 2015). As PM2.5 possuem um diâmetro aerodinâmico inferior a 2.5 micrometros e são as mais letais para a saúde respiratória, porque penetram profundamente nos bronquíolos e alvéolos (Benmarhnia et al., 2014; Fowler, 2003).

As PM10 têm um diâmetro inferior a 10 micrometros, mas também podem entrar em contacto com as vias respiratórias, neste caso, superiores (Benmarhnia; et al., 2014; Fowler, 2003; Youssouf et al., 2014). De acordo com Liu et al. (2015), os níveis de PM10 aumentam duas a dez vezes durante um incêndio florestal e correspondem a cerca de 90% das partículas libertadas (Fowler, 2003).

Por outro lado, Reid et al. (2005) defende que, durante o processo de queima de biomassa, o principal material particulado libertado possui menos de 2.5 micrometros de diâmetro, detendo tamanhos entre os 0.15 e 0.3 micrómetros. De acordo com Miller et al. (2017), durante os dias de fumo as partículas PM2.5 aumentam em cerca de três vezes em relação à media diária registada, repercutindo-se este efeito ao longo dos 3 dias seguintes.

O Ozono é um composto químico e fotoquímico (Jaffe & Wigder, 2012) que se forma a partir da exposição de Compostos Orgânicos Voláteis (COV), Monóxido de Carbono e Óxidos de Azoto a radiação solar de baixo comprimento de onda. Este é causador de danos na saúde da população, associado à exacerbação de doenças respiratórias (Johnston & Bowman, 2014). Com esta conjugação de gases e devido à ação

do vento, os níveis de Ozono podem subir consideravelmente, afetando não só a área onde está a ocorrer o incêndio, mas também áreas que se encontram mais distantes (Schwela et al., 1999), onde as concentrações podem já ser elevadas (Bein et al., 2008).

O azoto libertado para a atmosfera durante a combustão das chamas depende da quantidade existente nos combustíveis (Reisen et al., 2015), e devido a reações químicas é depois transformado nos restantes óxidos (Melo, 2018).

As inovações são frequentes e nesta área não são exceção. Além das novas tecnologias de medição da poluição atmosférica baseada em sistemas de obtenção de dados voltados para uma melhor resolução, as redes de monitorização apresentam ainda algumas restrições, existindo várias áreas povoadas que não possuem uma avaliação correta da qualidade do ar (Marcelino, 2015).

De acordo com os limites estabelecidos pelas organizações oficiais de proteção de saúde pública (Schwela et al., 1999) e com o movimento das partículas (influenciadas pelo vento), as populações locais não são as únicas afetadas, atingindo também as populações onde as partículas se depositam, podendo estas estar localizadas a grande distância da fonte de combustão (Benmarhnia et al., 2014).

Felizmente, a exposição é normalmente esporádica, de curta duração e muito pouco habitual em áreas com elevada densidade populacional (Henderson et al., 2011), aumentando apenas quando se registam mais incêndios ou quando as suas dimensões são substancialmente maiores.

## 4 – Os sintomas e as consequências do fumo na saúde respiratória da população

Dependendo da concentração de poluentes, duração da exposição e a sua própria composição, o fumo dos incêndios florestais pode ter efeitos diferentes na saúde (Elliott, 2015). A OMS tem em consideração vários parâmetros (aerossóis, visibilidade e espessura) para a monitorização dos impactos das emissões resultantes do fumo dos incêndios na saúde humana (Reisen et al., 2015; Schwela et al., 1999). Nas últimas décadas, este tema tem ganho bastante interesse no panorama da saúde, pois a exposição ao fumo que advém dos incêndios tem efeitos nefastos na saúde pública (Marcelino, 2015; Youssouf et al., 2014).

Com o aumento dos poluentes no ar registado nos dias de ocorrência do fumo, existe uma tendência para que os internamentos hospitalares também aumentem (Benmarhnia; et al., 2014; Henderson et al., 2011; Miller et al., 2017), comparativamente aos dias sem fumo (Deflorio-barker et al., 2019). Devido à influência destes poluentes na população, são desencadeadas respostas fortes e agudas em termos respiratórios nos dias em que a carga de poluentes é maior, em comparação com os dias sem fumo, onde o número de respostas desencadeadas pelos poluentes é menor (Deflorio-barker et al., 2019).

A exposição à poluição atmosférica aumenta a morbilidade e a mortalidade derivadas de doenças respiratórias (Liu et al., 2015). Os riscos para a saúde humana são causados pela degradação da qualidade do ar e a diminuição da visibilidade, levando as populações expostas nas áreas afetadas a ficar menos protegidas (Martins, 2007). Segundo o mesmo autor, existem estimativas da Organização Mundial de Saúde que comprovam que anualmente se registam cerca de 400 000 internamentos só na Europa, associadas à exposição a poluentes (TCE, 2018).

Alguns estudos documentam o impacto das emissões de incêndios ao nível da população, mas poucos atribuem as emissões de fumo à saúde durante o período em que o incêndio ocorre, uma vez que existe incerteza no que toca à origem dos poluentes emitidos pelos incêndios florestais, podendo estes ser emitidos também por outras

fontes de poluição (Miller et al., 2017; Youssouf et al., 2014). Isto motiva a utilização de novos métodos como a monitorização da qualidade do ar (Morgan et al., 2010) e imagens de satélite (Rappold et al., 2011; Reisen et al., 2015) para avaliar o impacto das emissões dos incêndios na concentração de poluentes e o seu impacto na saúde. Sendo assim, poucos estudos toxicológicos e epidemiológicos investigaram concretamente os impactos das partículas do fumo dos incêndios florestais (Benmarhnia et al., 2014).

Dentro dos estudos epidemiológicos sobre as partículas existentes no fumo dos incêndios, destacam-se dois tipos: os que estudam as associações entre os níveis das partículas presentes no fumo e a mortalidade, e os que comparam os impactos observados na saúde durante os eventos dos incêndios e os esperados num determinado período, testados numa comunidade de controlo (Benmarhnia et al., 2014).

A maioria destes estudos destaca a relação que os níveis de partículas PM<sub>2.5</sub> têm no aumento das admissões nos hospitais por problemas respiratórios, principalmente na faixa etária acima dos 65 anos (Delfino; et al., 2009; Morgan et al., 2010), e a interligação das PM<sub>10</sub> com os internamentos por patologias respiratórias, destacando-se a asma e a doença pulmonar crónica obstrutiva como as principais (Hanigan et al., 2008).

A absorção dérmica é a primeira e a via mais comum e rápida para a absorção dos contaminantes presentes no fumo (Marcelino, 2015). A absorção dérmica pode levar ao aparecimento de dermatite e a absorção através da ingestão pode ocorrer através da ingestão de alimentos e água contaminados, trazendo consequências como sintomas cardiopulmonares e irritação nos olhos, nariz e garganta (Fowler, 2003), e nalguns casos, dores de cabeça, tonturas e náuseas (Souza et al., 2012).

Outros estudos evidenciam o aumento da morbidade durante a ocorrência de incêndios com mais internamentos (ou emergências) de cariz respiratório durante essas ocorrências (Mott et al., 2005). Além disso, ainda destacam os sintomas associados à exposição a incêndios florestais, e também o uso de medicamentos para o tratamento de doenças (como congestão nasal e bronquite), derivados da exposição ao fumo dos incêndios florestais e níveis de PM<sub>10</sub> (Kunzli et al., 2006). Os principais sintomas

manifestados a curto prazo são: a irritação das vias respiratórias - nasal e da garganta-, tosse e expetoração, respiração ofegante, aperto no peito, dor associada a uma respiração mais profunda e até mesmo falta de ar (Benmarhnia; et al., 2014). Estes sintomas podem-se fazer sentir imediatamente a seguir ou horas e até vários dias depois da exposição às partículas derivadas do fumo (Benmarhnia; et al., 2014), alterando os mecanismos de defesa imunológica nos pulmões (figura 5) (Naeher et al., 2007) e a diminuição de resistência a infeções originadas pelas reações de stress dos pulmões (Park et al., 2004).

Estas partículas podem causar alterações na função pulmonar levando ao aumento da morbidade respiratória (Deflorio-Barker et al., 2019) provocando assim doenças pulmonares crónicas como enfisemas (Youssef et al., 2014), pneumonias, doenças pulmonares obstrutivas crónicas, asma e bronquites (Benmarhnia et al., 2014; Deflorio-barker et al., 2019; Elliott, 2015). Noutros casos, estas partículas podem ainda provocar irritações na pele e dos olhos, sonolência e tosse (Youssef et al., 2014).

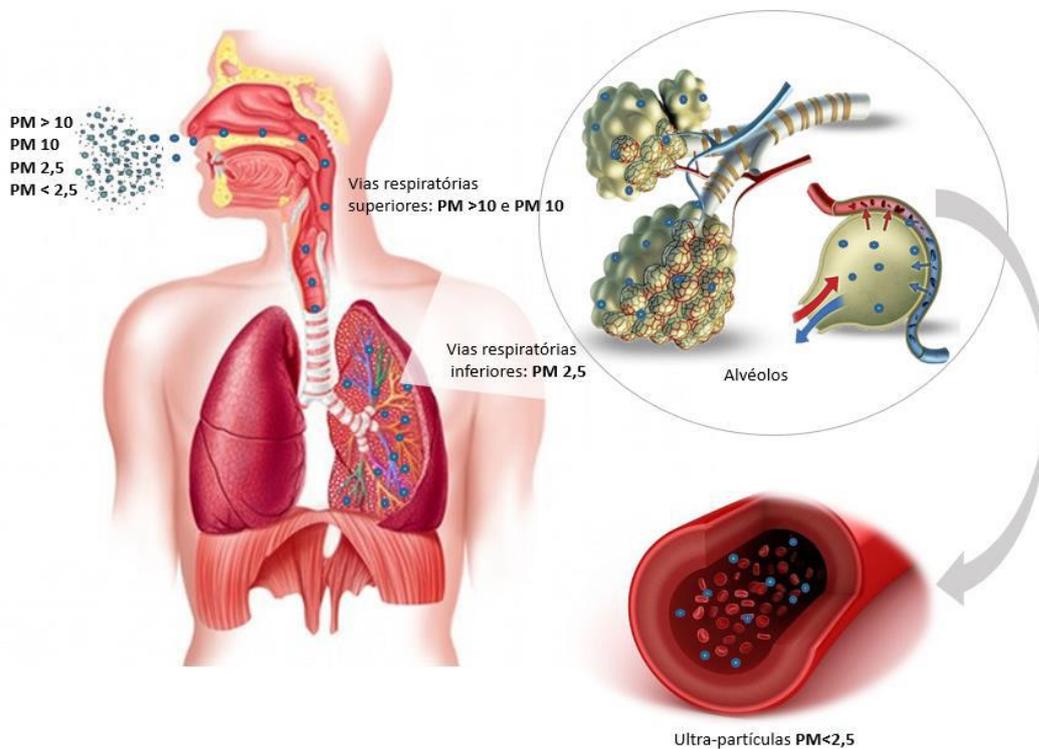


Figura 5- Deposição das partículas no sistema respiratório e circulatório

Fonte: Marcelino, (2015)

Em Portugal, Martins et al., (2009) desenvolveram um estudo para o período entre 2003-2005 para Portugal onde mostrou um conjunto de doenças respiratórias relacionadas com os efeitos do fumo dos incêndios florestais na qualidade do ar e destacou um conjunto de doenças do aparelho respiratório e que podem ser agravadas. A média diária mais elevada de internamentos esteve relacionada com a gripe e pneumonia, representando cerca de 50% dos internamentos. Em segundo lugar, encontravam-se as doenças crónicas nas vias aéreas inferiores, como por exemplo, bronquites crónicas, bronquites agudas, enfisemas pulmonares, asma e o estado de mal asmático e bronquectasias. Seguiam-se, em terceiro lugar, os internamentos relacionados com vias aéreas superiores, assim como, a rinite alérgica, rinites, nasofaringe, faringite crónica, sinusite e o aparecimento de pólipos nasais, entre outras patologias associadas ao nariz, doenças crónicas nas amígdalas e adenoides e vários tipos de laringites, e ainda e mais importante, destacavam-se as infeções agudas nas vias aéreas inferiores, exemplo da bronquite aguda e a bronquiolite. Por último, ainda se destacaram patologias respiratórias como as infeções agudas nas vias aéreas superiores, mais concretamente nasofaringe agudas, sinusite e faringites. As demais doenças respiratórias também foram tidas em consideração, mas não se manifestaram com tanta frequência. Esta relação, de acordo com o mesmo autor, vem realçar a importância que as emissões dos gases tóxicos, provocando o aumento das doenças respiratórias, têm para a saúde humana. Ou seja, quanto maior for a incidência de incêndio, mais altos serão os níveis de concentração de poluentes, e por sua vez, maior será a probabilidade de se registarem doenças respiratórias (Martins et al., 2009).

## 5- O Risco de inalação de fumo nas faixas etárias mais vulneráveis (<4 e > 65 anos)

O risco de inalação de fumo de um incêndio florestal resulta da combinação da probabilidade de ocorrência de um incêndio e o grau de vulnerabilidade da população que está exposta à ocorrência de plumas de fumo (Nunes et al., 2015).

No estudo de (Martins et al., 2009) é destacada também uma análise bastante importante em relação à população vulnerável a doenças do foro respiratório, destacando as crianças dos 0 aos 4 anos (Bakonyi et al., 2004) e a população com idade superior a 65 anos (Deflorio-barker et al., 2019; Elliott, 2015; Wettstein et al., 2018).

As crianças são mais vulneráveis porque não apresentam defesas suficientemente desenvolvidas, possuem um metabolismo mais acelerado (Elliott, 2015) e um sistema imunológico imaturo, aumentando a probabilidade de infeções nas vias aéreas superiores e a doenças potencialmente mais graves (Frauches et al., 2017).

Os efeitos da exposição ao fumo dependem do contexto familiar e o nível das suas condições (Pereira et al., 2000) e também devido às suas características anatómicas e ao seu sistema fisiológico e imunitário (Frauches et al., 2017). A exposição ao fumo dos incêndios pode criar complicações no nascimento (Elliott, 2015) e pode ocorrer um aumento da probabilidade dos bebés nascerem com menos peso (Mccoy & Zhao, 2020) e de possuírem maior risco de morbilidade nos primeiros anos de vida (Martins et al., 2009). As doenças respiratórias que mais associações manifestaram neste grupo vulnerável são a tosse, a asma, a bronquites e a pneumonias (Elliott, 2015; Frauches et al., 2017; Pereira et al., 2000).

Os idosos com idade igual ou superior a 65 anos também são considerados mais suscetíveis aos efeitos da qualidade do ar, não só devido à idade, mas sim também um conjunto de fatores pré-existentes que podem facilitar a sua exposição (Sacks et al., 2011). Esta faixa etária, nos dias em que as PM 2.5 registam valores mais elevados, têm maior probabilidade de desencadear respostas agudas no trato respiratório (Black

et al., 2017), em doenças como a asma (Henderson et al., 2011), bronquite e respiração ofegante, do que em dias sem fumo (Deflorio-barker et al., 2019).

As partículas podem ser um gatilho para este grupo vulnerável, levando a que recorram ao hospital e nalguns casos em situação de urgência (Haikerwal et al., 2016), sendo o risco de asma e de doença pulmonar obstrutiva crónica maior nesta faixa etária durante a ocorrência de incêndios florestais (Gan et al., 2017).

No entanto, outros fatores relacionados com os hábitos sociais (como o tabagismo) também são importantes. Cerca de 20,9% da população portuguesa é fumadora (Machado et al., 2009). O tabaco é uma fonte de poluição ambiental, juntamente com gases como o dióxido de carbono, o dióxido de azoto e o monóxido de carbono (Correia, 1997). Este é uma das principais causas diretas de cancro no pulmão (Fraga et al., 2005) e torna mais suscetível a população que tem estes hábitos a ser afetada, quando exposta às partículas presentes no fumo dos incêndios florestais. Portugal é um país com bastantes fumadores, tornando-se difícil por vezes distinguir as doenças respiratórias originadas pelo fumo dos incêndios das que são provocadas pelo consumo de tabaco.

A exposição ao fumo dos incêndios pode também agravar as condições de pessoas potencialmente vulneráveis que possuam problemas de saúde prévios, como diabetes, doenças crónicas como as cardiovasculares, levando-as também a recorrer aos hospitais e, em casos extremos, à morte (Benmarhnia et al., 2014; Elliott, 2015).

A população mais vulnerável, deve manter-se vigilante durante a ocorrência de incêndios e tentar salvaguardar-se, minimizando a sua exposição ao fumo/poluentes e às possíveis consequências que daí advêm para a sua saúde (Benmarhnia et al., 2014).

## IV- Metodologia

### Enquadramento da área estudo

Sendo as plumas de fumo e os dados disponibilizados pela Administração Central Do Sistema de Saúde (GDH)- Comunidade Intermunicipal Viseu Dão-Lafões referentes aos internamentos a base desta dissertação, a área selecionada foi o centro de Portugal, que nas últimas décadas tem sido bastante fustigada por incêndios florestais (Ferreira et al., 2005), em especial a área de Viseu.

Viseu é um distrito português situado na Região Centro (NUT II) e na região Viseu Dão Lafões NUT III (Figura 7). A nível geomorfológico, está envolvido num sistema montanhoso, destacando-se a serra do Caramulo como o principal relevo, que em termos climáticos atenua as influências de massas de ar de oeste.

O distrito de Viseu localiza-se, de acordo com a Carta Geológica de Portugal, no Maciço Antigo, zona predominantemente granítica. Em termos topográficos, o distrito possui altitudes que variam entre os 400 e os 1100 metros e um intervalo de declives entre 15% e 30%, acentuando-se na zona Sudoeste do distrito, onde se inicia a Serra do Caramulo. Esta, destaca-se nesta região, não só por ser o ponto mais alto, mas também porque ocupa parte dos concelhos de Oliveira de Frades, Mortágua, Tondela e Vouzela, no sudoeste do distrito, e influenciando as massas de ar que afetam a área, podendo interferir na direção e dispersão do fumo.

Este distrito possui invernos frios e verões muito quentes (PIAAC,2017) facilitando a ocorrência de incêndios florestais na estação mais quente, com temperaturas médias máximas de 6,9°C no inverno e 29,2°C no verão, e com temperaturas médias mínimas de 6,9°C e 13,2°C, respetivamente. A humidade relativa média é de 85% em janeiro e 64% em julho e o vento sopra com uma intensidade média de 4,8 km/h no verão e 5,5 km/h no inverno (IPMA, 2010).

Na região de Viseu Dão-Lafões existem 274 freguesias (anexo 1) e, de acordo com os Censos 2011 uma população de 251 628 habitantes, destacando-se como mais importantes para este trabalho, as faixas etárias dos 0-4 (8615 habitantes, ou seja, 3,5%

da população) e as idades iguais ou superiores a 65 anos (63408 habitantes, que correspondem a 25,2% da população).

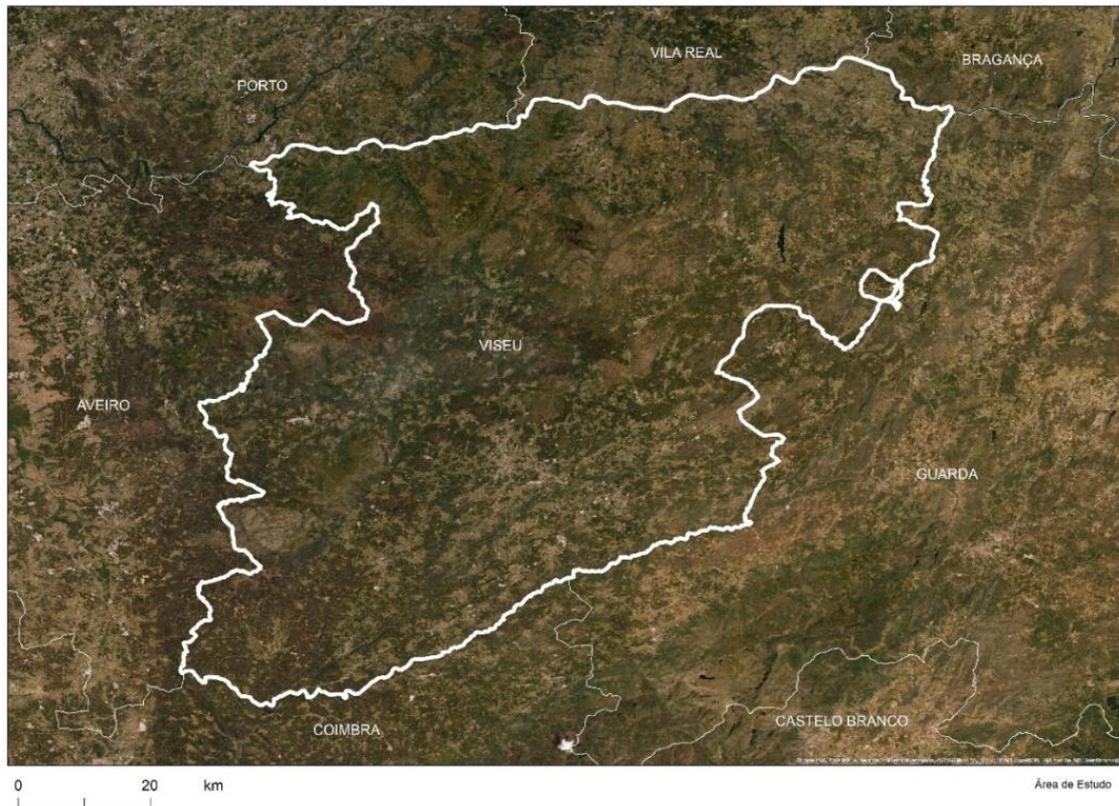


Figura 6- Área de Estudo- Distrito de Viseu

Fonte: CAOP 2018- Direção Geral do Território

Nesta investigação, foram utilizados diversos métodos de análise, com o intuito de perceber como é que a população é afetada pelas plumas de fumo e como estas se dispersam ao nível espacial, estando esquematizado na figura 6 as diferentes metodologias aplicadas e a sua associação aos objetivos e aos resultados.

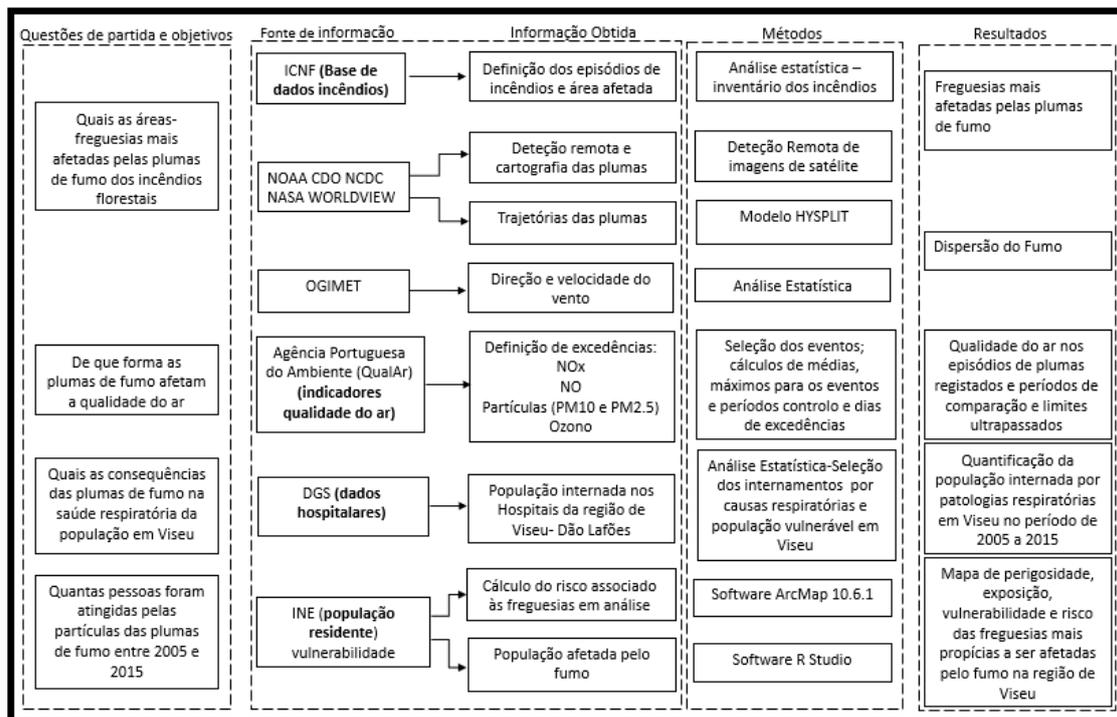


Figura 7- Esquema introdutório das metodologias aplicadas na dissertação

## 1 - As áreas ardidas no período de 2005 a 2015

A seleção dos incêndios teve em consideração os relatórios e dados anuais do Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF).

Tendo em consideração o período de análise compreendido entre 2005 e 2015, foram recolhidas as bases de dados referentes às áreas ardidas ocorridas neste período, no total 27357 ocorrências apenas para a região de Viseu. Estes dados foram obtidos em formato vetorial (polígonos). Depois de devidamente tratados, apenas se utilizaram os incêndios com área ardida superior a 100 ha pela sua dimensão, maior emissão de poluentes e número de plumas visíveis, nos meses de junho a outubro (época oficial mais crítica de incêndios). Após a filtragem dessa informação, restaram apenas 188 incêndios para análise, destacando-se neste grupo os anos de 2005 e 2013 devido à elevada área ardida que registaram (ver figura 1).

## 2- A informação de satélite para a delineação das plumas de fumo

Nesta fase procedeu-se à recolha das imagens de satélite, disponíveis no site NASA WorldView (<https://worldview.earthdata.nasa.gov>), captadas através dos satélites AQUA e TERRA, sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) que cobre a superfície da terra, através de 36 bandas espectrais (Cisneros; et al., 2007; Martin et al., 2018). Estas imagens, em composição visível, têm como objetivo principal identificar as plumas de fumo no período de 2005 a 2015.

Através da utilização da camada *“Corrected Reflectance TRUE COLOR”*, e o produto *“Smoke Plumes-fire and thermal Anomalies”*, que consiste na deteção das anomalias térmicas dos incêndios, representadas originalmente por pontos vermelhos que correspondem ao centroide aproximado de células de 1 km, para a presente investigação foram assinalados 54 dias e foram detetadas 55 plumas, nos meses de maio a outubro entre 2005 e 2015 (quadro 1).

Quadro 1- Datas das plumas observadas no período de 2005 a 2015

Fonte: NOAA (WORLDVIEW)- <http://worldview.earthdata.nasa.gov/>

Data de início	Data do fim
2005	
11/07/2005	-
20/07/2005	22/07/2005
05/08/2005	06/08/2005
15/08/2005	17/08/2005
20/08/2005	23/08/2005
02/10/2005	03/10/2005
06/10/2005	-
2006	
06/08/2006	-
08/08/2006	-
12/08/2006	14/08/2006

2009	
05/09/2009	05/09/2009
2010	
29/07/2010	-
06/08/2010	07/08/2010
11/08/2010	14/08/2010
16/08/2010	-
2011	
28/07/2011	-
14/09/2011	15/09/2011
14/10/2011	15/10/2011
2012	
31/08/2012	
03/09/2012	05/09/2012
2013	
13/08/2013	-
21/08/2013	-
23/08/2013	30/08/2013
03/09/2013	-
12/09/2013	-
2015	
30/06/2015	-
09/07/2015	-
10/08/2015	11/08/2015

Para o tratamento das imagens foi necessária a realização de um inventário e depois a cartografia da distribuição espacial das plumas que nelas constam. Para a realização desta cartografia, recorreu-se ao software ARCGIS 10.6 e foram as 55 plumas respetivamente delimitadas desde a sua origem, na zona centro, até ao seu prolongamento quer para o oceano (oeste), quer para as outras direções.

Aplicando o método de Cisneros et al. (2007) que se baseia na georreferenciação das imagens de satélite MODIS onde são detetadas plumas de fumos, transformando-as em polígonos com o intuito de averiguar qual a sua intensidade e frequência no estado da Califórnia em 2002. As plumas de fumo selecionadas para a região de Viseu assumiram então a forma de polígonos, sendo-lhes atribuída a cor cinzenta a 70% e com uma transparência de 90%, com o objetivo de perceber onde elas se concentram com maior frequência, tornando-se assim possível determinar quais foram as freguesias mais afetadas pelas plumas de fumo na região de Viseu e, através da sua extensão, perceber qual é a direção que predominantemente assumem, tendo em conta a direção do vento dominante nos dias das ocorrências.

## 2.1-As trajetórias das massas de ar avaliadas pelo modelo HYSPLIT

De acordo com *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), o modelo *Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectories* (HYSPLIT) é um modelo bastante completo representativo das trajetórias simples e simulações complexas de transporte e dispersão. A sua aplicação mais comum recai sobre a análise de trajetórias que determinam a origem das massas de ar posteriores e cria relações entre a origem e o recetor (Alonso-Blanco et al., 2018).

O modelo HYSPLIT foi utilizado para determinar a direção do transporte do fumo que atinge a região de Viseu e para onde se dirigem quando a sua origem é neste distrito.

Para a realização deste modelo recorreu-se à plataforma *HYSPLIT Trajectory Model* (<http://www.ready.noaa.gov/HYSPLIT.php>) da NOAA, onde se selecionou primeiramente qual o local onde ocorreu o incêndio (no caso em estudo foram utilizadas as coordenadas “40,6° N” e “7,9°W” referentes a Viseu).

Os dados atmosféricos necessários para correr este modelo foram as reanálises NCEP/NCAR e uma trajetória inversa<sup>6</sup> (*backward trajectory*). A seleção dos dias de

---

<sup>6</sup> Trajetória Inversa – calculada em função do passado (dos dias anteriores ao selecionado)

análise e a altitude que estas retro-trajetórias alcançam, foram o passo seguinte deste processo, sendo selecionados os 20, 50 e 250 metros acima do nível do solo.

Este modelo foi aplicado aos 54 dias onde se registaram plumas tendo como ponto de referência a região de Viseu. Foram calculadas 3 trajetórias, para os níveis de altitude já referidos e com 120 horas de análise, ou seja, até 5 dias antes da ocorrência de cada evento.

## 2.2- Avaliação da velocidade e direção do vento nos episódios de plumas de fumo

Com recurso à base de dados OGIMET (<http://www.ogimet.com>), foi selecionada a única estação disponível para a área de estudo (Viseu). Foram recolhidos dados para todos os dias que fazem parte dos eventos para o período previamente referido, e os 10 dias seguintes a cada evento, ou seja, um total de 335 dias<sup>7</sup>, tendo sido selecionados, como indicadores principais, a direção e a velocidade do vento. A partir destes, realizaram-se gráficos que mostram a predominância do vento nos eventos em análise.

## 3- Análise da qualidade do ar durante os eventos de plumas de fumo identificadas

### 3.1-Inventários da qualidade do ar

Os dados destes indicadores foram obtidos através da plataforma web da Agência Portuguesa do Ambiente “QUALAR”, tendo-se recolhido os valores horários referentes às PM10, Ozono (O3), Dióxido de Azoto NO2, Óxidos de azoto (NOX) e PM 2.5 para todos os dias, no período em análise, de junho a outubro, pois foi ao longo destes meses que ocorreram as plumas. As estações de fundo escolhidas (fora da influência direta de locais de tráfego ou de qualquer outro tipo de fonte de poluição)

---

<sup>7</sup> 335 dias- correspondem aos dias em que as plumas ocorreram e aos 10 dias seguintes

estão todas localizadas na zona centro, tendo sido selecionadas de acordo com os locais onde as plumas tiveram maior incidência.

Tendo em conta estas condições, destacam-se as estações de: Fornelo do Monte, sendo a única que se localiza no distrito de Viseu; Ílhavo e Estarreja no distrito de Aveiro, e por fim, a do Centro Geofísico de Coimbra (Figura 8).

Depois de efetuada a recolha dos dados, estes foram devidamente filtrados, onde se selecionou para cada dia o máximo diário registado. Para estes dados foram ainda calculadas as médias, medianas, desvio padrão e valores máximos anuais registados ao longo do período de 2005 a 2015, assim como os respetivos gráficos representativos de cada poluente para cada ano em análise.

Esta análise estatística é de extrema relevância, porque através dela será possível compreender a variação anual dos poluentes e como é que eles podem influenciar a saúde da população.

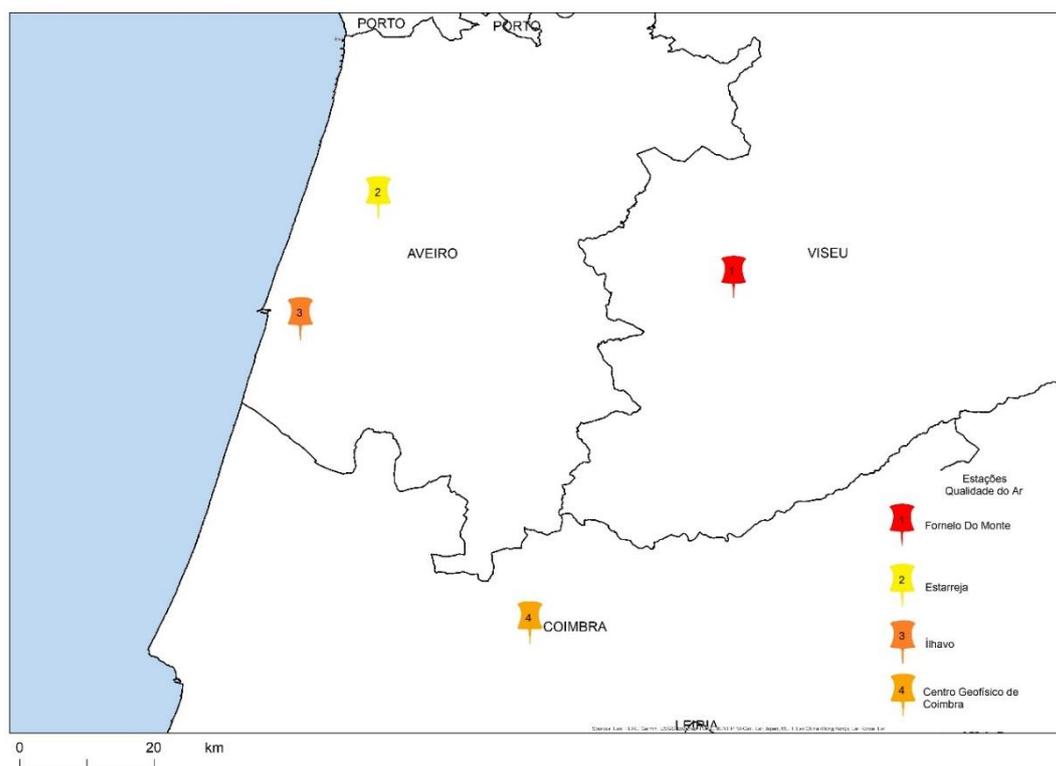


Figura 8- Localização das estações de qualidade do ar usadas

Fonte: QualAR (<http://qualar.apambiente.pt/>)

### 3.2-Definição dos eventos de plumas de fumo e períodos de controlo

Com o intuito de relacionar a qualidade do ar durante a ocorrência de plumas de fumo registadas e adaptando o método de Deflorio-barker et al. (2019) para esta recolha, optou-se pela criação de eventos<sup>8</sup> com os 4 poluentes recolhidos na plataforma QUALAR, obtendo-se dados tendo sempre em conta, os dias em que as plumas se registam e os 10 dias seguintes. Foram também selecionados períodos de controlo em dias em que não foram registadas plumas (Quadro 2). Estes eventos foram calculados para as 4 estações definidas, nos mesmos dias em que ocorreram as plumas, calculando-se as médias, medianas, desvio padrão e valores máximos em todos os casos.

Quadro 2-Número de plumas existentes por ano e número de eventos criados a partir dos períodos de plumas selecionadas através de imagens MODIS

	Total de dias com plumas de fumo	Número de eventos
2005	17	7
2006	5	3
2009	1	1
2010	8	4
2011	5	3
2012	4	2
2013	12	5
2015	4	3
Total	55	28

De acordo com a metodologia de Deflorio-Barker et al., (2019), estabeleceram-se períodos de controlo, aplicando-se o mesmo procedimento realizado anteriormente, tendo em consideração não só os dias dos eventos mas também os 10 dias seguintes, tentando sempre que possível selecionar períodos de igual duração dos eventos. Esta

---

<sup>8</sup>Evento- Cada evento é uma sequência de dias que correspondem a um incêndio.

seleção foi feita de acordo com os seguintes critérios: em primeiro lugar, são selecionados períodos iguais, sempre no mesmo mês, ou no final do mês anterior antecedendo a data de início do evento com plumas. Devido à densidade de plumas e incêndios que ocorriam ao longo dos meses em análise de 2005 a 2015, nalguns casos não foi possível selecionar os períodos de controlo iguais aos dias dos eventos, sendo assim apenas possível selecionar períodos de controlo em 12 dos 28 eventos em análise (Quadro 3).

Quadro 3- Datas das plumas registadas no período de 2005 a 2015 e período de controlo e respetivos Eventos

Eventos	Datas Pluma de fumo	Análise 10 dias seguintes	Período de controlo	Análise 10 dias seguintes
Evento 1	11/07/2005	21/07/2005	28/06/2005	08/07/2005
Evento 2	20/07/2005	01/08/2005		
Evento 3	05/05/2005 a 06/08/2005	16//08/2005		
Evento 4	15/08/2005 a 17/08/2005	27/08/2005		
Evento 5	20/08/2005 a 23/08/2005	02/09/2005		
Evento 6	02/10/2005 a 03/10/2005	13/10/2005	14/09/2005 a 15-09/2005	25 /09/2005
Evento 7	06/10/2005	16/10/2005		
Evento 8	06/08/2006	16/08/2006	18/07/2006	28/07/2006
Evento 9	08/08/2006	18/08/2006		
Evento 10	12/08/2006 a 14/08/2006	24/08/2006		
Evento 11	05/09/2009	15/09/2009	15/08/2009	25/08/2009
Evento 12	29/07/2010	08/08/2010	16/07/2010	26/07/20
Evento 13	06/08/2010	17/08/2010		
Evento 14	11/08/2010 a 14/08/2010	24/08/2010		
Evento 15	16/08/2010	26/08/2010		
Evento 16	28/07/2011	07/08/2011	08/07/2011	18/07/2011
Evento 17	14/09/2011 a 15/09/2011	25/09/2011	01/09/2011 a 02/09/2011	12/09/2011
Evento 18	14/10/2011 a 15/10/2011	25/10/2011	01/10/2011 a 02/10/2011	12/10/2011
Evento 19	31/08/2012	10/09/2012	15/08/2012	25/08/2012
Evento 20	03/09/2012 a 05/09/2012	15/09/2012		
Evento 21	13/08/2013	23/08/2013	28/07/2013	07/08/2013
Evento 22	21/08/2013	31/08/2013		
Evento 23	23/08/2013 a 30/08/2013	09/09/2013		
Evento 24	03/09/2013	13/09/2013		
Evento 25	13/09/2013	22/09/2013		
Evento 26	30/06/2015	10/07/2015	15/06/2015	25/06/2015
Evento 27	09/07/2015	19/07/2015		

Evento 28	10/08/2015 a 11/08/2015	21/08/2015	26/07/2015 a 27/07/2015	06/08/2015
-----------	----------------------------	------------	----------------------------	------------

De realçar que a escolha destes períodos foi difícil, como foi referido anteriormente, devido ao excesso de plumas e de incêndios registados ao longo do mesmo mês, ou seja, em todos os eventos, quando analisados os 10 dias seguintes às plumas de fumo ocorrerem, este conjunto de dias por vezes ia coincidir com dias em que já se tinha iniciado um novo evento. Sendo assim, no total foram tidos em consideração 335 dias e no caso do período de controlo, o número de dias é menor, contando apenas com 136 dias.

### 3.3 Valores das excedências dos poluentes nos dias em que ocorrem plumas de fumo

Após a análise estatística realizada foi possível identificar quais os valores que se situam acima dos limites presentes na Diretiva 2008/50/CE e Decreto-Lei nº 102/2010 da qualidade do ar. Esta tem como principal objetivo a redução da poluição atmosférica, melhorar a monitorização da qualidade do ar e mais importante minimizar os efeitos nefastos da poluição na saúde humana, tendo em consideração os grupos mais vulneráveis da população. Esta diretiva tenta combater a emissão em excesso de poluentes e promove a implementação de medidas mais eficazes para as reduções dos poluentes a nível local, nacional e comunitário.

Esta análise foi realizada nas 4 estações já referidas anteriormente e para todos os poluentes. Os limiares máximos que não devem ser ultrapassados, segundo a diretiva 2008/50/CE e Decreto-Lei nº 102/2010, são apresentados no quadro 4.

Quadro 4-Limite de poluentes para a qualidade do ar

Fonte: Diretiva 2008/50/CE e Decreto-Lei nº 102/2010

Poluentes	Valores limites diários ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Valores limites anuais ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
PM10	50 Microgramas	40 Microgramas
PM2.5	25 Microgramas	25 Microgramas

Dióxido de Azoto	200 Microgramas	40 Microgramas
Óxidos de Azoto	200 Microgramas	30 Microgramas
Ozono	120 Microgramas	120 Microgramas

Tendo em conta estes valores de referência presentes nas leis, foram aplicados aos 28 eventos e aos períodos de controlo/comparação, com o objetivo de perceber quantos dias em cada estação ultrapassavam os limites estabelecidos, transformados depois em percentagem com o intuito de identificar quais os poluentes mais libertados e os que afetam e condicionam de forma mais nociva a saúde da população e a qualidade do ar.

Para aprofundar esta análise, foi realizada uma outra comparação entre o período de referência total (Junho a Outubro, de 2005 a 2015) e os 28 eventos registados de plumas de fumo para a estação de Fornelo do Monte, a única localizada dentro da área de estudo, para averiguar quais os dias que registaram valores acima da média e dos limiares estabelecidos, e para analisar a variação da qualidade do ar. Em sequência disto, foram também comparados os eventos que possuíam o respetivo período de controlo.

### 3.4- Comparação das séries de dias com plumas e os internamentos hospitalares por patologias respiratórias

A média móvel é bastante utilizada para suavizar irregularidades, facilitando o reconhecimento de tendências de crescimento ou decréscimo numa série de dados. Esta tem como base o cálculo de intervalos fixos num determinado período de tempo, neste caso, 10 dias, aplicados aos internamentos, pois os efeitos das plumas podem não ser imediatos, prolongando-se no tempo, tornando-se assim mais evidentes as relações existentes entre os internamentos e as plumas.

Recorrendo aos dados dos gases da qualidade do ar, com a seleção do máximo diário registado para as 4 estações, e aos internamentos filtrados apenas com as doenças respiratórias numa primeira análise preliminar, fez-se uma comparação de forma a obter uma melhor perceção da variação dos gases e dos internamentos ao longo do período de análise completo entre os meses de junho e outubro nos anos de 2005 a

2015. Esta análise tem como objetivo principal perceber se os internamentos aumentavam nos 10 dias seguintes, aquando da ocorrência de um evento.

Sendo assim, realizaram-se 2 tipos de gráficos, onde se estabelece uma comparação entre as partículas PM10, Ozono, os internamentos e a sua média móvel de 10 dias para o período em análise, na estação de Fornelo do Monte.

## 4- Os internamentos Hospitalares

4.1 – Análise dos internamentos nos hospitais da região Viseu Dão-Lafões e seleção dos dias correspondentes aos eventos de plumas de fumo

Os dados referentes aos internamentos nas unidades hospitalares de Viseu foram cedidos pela Administração Central Do Sistema de Saúde (GDH)-Comunidade Intermunicipal Viseu Dão Lafões, com o objetivo de relacionar o fumo dos incêndios com os internamentos que ocorreram nesta região nos períodos de ocorrência selecionados.

Os dados referentes aos internamentos foram sujeitos a uma análise estatística prévia e também serviram como base à avaliação do nível de risco calculado para as freguesias de Viseu, tendo em conta a influência dos fumos dos incêndios.

Devido à informação sensível presente na base de dados, foram respeitadas todas as regras éticas de utilização de dados sensíveis, cumprindo-se a lei da proteção de dados Nº58/2019; para que o número de registos de internamentos fosse mais reduzido do que os valores iniciais (cerca de 700 000 registos), procedeu-se também a uma filtragem dos dados, seguindo os seguintes passos:

- Limpeza da informação desnecessária para a análise (transferências dentro da unidade hospitalar, etc.).
- Seleção dos anos em análise (2005 a 2015);
- Seleção dos hospitais que se situam dentro de área em análise destacando-se o Hospital Distrital de Lamego (LAME), o Cândido de Figueiredo de Tondela (TOND) e por último o Hospital de S. Teotónio de Viseu (VISE), que

até 2012 teve outra denominação: Centro Hospital Tondela- Viseu (CHTV), (figura 9);

- Seleção apenas de todos os internamentos exclusivos dos hospitais da região de Viseu (os registos de transferências para e de outros hospitais que não eram relevantes para a região foram retirados);
- Seleção dos internamentos que dão entrada nos hospitais em estado urgente, não sendo considerada para a análise os outros tipos de internamentos;
- Seleção do conjunto de doenças respiratórias de acordo com a bibliografia recolhida (Deflorio-barker et al., 2019; Elliott, 2015; Marcelino, 2015; Youssouf et al., 2014);
- Filtragem da população vulnerável com o objetivo de perceber se existe grande variação entre esta e a população total exposta ao fumo. Foi considerada população vulnerável, crianças até aos 4 anos de idade e os idosos com mais de 65 anos (Deflorio-barker et al., 2019).

No final, foram selecionados 1285 casos relativos a toda a população e 1117 casos relativos à população vulnerável (crianças e idosos). Foi efetuado o mesmo procedimento para os períodos de controlo definidos anteriormente sem fumo, registando-se neste caso um total de 670 internamentos. Estes foram selecionados para permitir uma confrontação mais clara entre os dias em que ocorrem plumas de fumo e os dias em que não ocorreram incêndios, de acordo com Mott et al., (2005) e Benmarhnia et al., (2014).

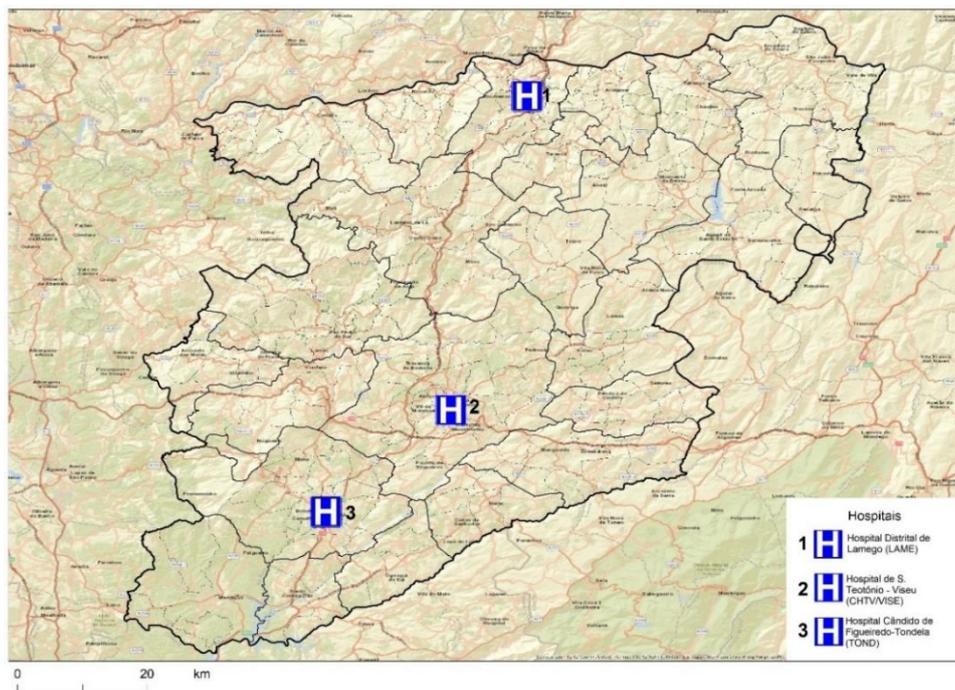


Figura 9- Localização dos hospitais na região de Viseu Dão Lafões

Fonte: Administração Central Do Sistema de Saúde (GDH)

#### 4.2- As doenças derivadas da inalação do fumo

As doenças consideradas neste trabalho foram as do foro respiratório, estando identificadas de acordo com o sistema oficial do *International Classification of Diseases, 9th Revision, Clinical Modification (ICD-9-CM)*, da Organização Mundial de Saúde.

Neste sistema do *National Center for Health Statistics* consta uma lista numérica referente aos códigos das doenças e um índice alfabético, onde as doenças estão agrupadas pelas diferentes partes e sistemas do corpo humano.

Neste caso em específico, foram selecionados primeiramente todos os internamentos relativos às doenças respiratórias presentes na coluna “D1” que identifica o diagnóstico principal do episódio que levou o utente às instalações de saúde. Após este procedimento, selecionaram-se as datas dos eventos (dias em que se registaram as plumas e os 10 dias seguintes), registando-se nestes períodos um conjunto total de 48 doenças. A lista detalhada destas doenças respiratórias mais frequentes registadas neste estudo, estão presentes no Anexo 3.

## 5- Análise de Risco de inalação de fumo pela população

A avaliação de risco desenvolvida nesta dissertação tem como base o modelo conceptual de risco adaptado de UNDRO (1959); Varnes, (1984) e Pinniza, (1990), e que inclui: os processos e ações perigosas que podem ser de cariz natural ou ambiental, onde se enquadram os incêndios florestais, e de onde resulta a perigosidade; os elementos expostos, onde se inclui a população, e que podem sofrer impactos com a manifestação de processos perigosos; a vulnerabilidade, derivada das características intrínsecas dos elementos expostos que influenciam o grau de perda ou danos que estes podem sofrer. O risco resulta do cálculo combinado destes componentes, e pode incluir, quando existem dados disponíveis, o valor económico dos elementos expostos.

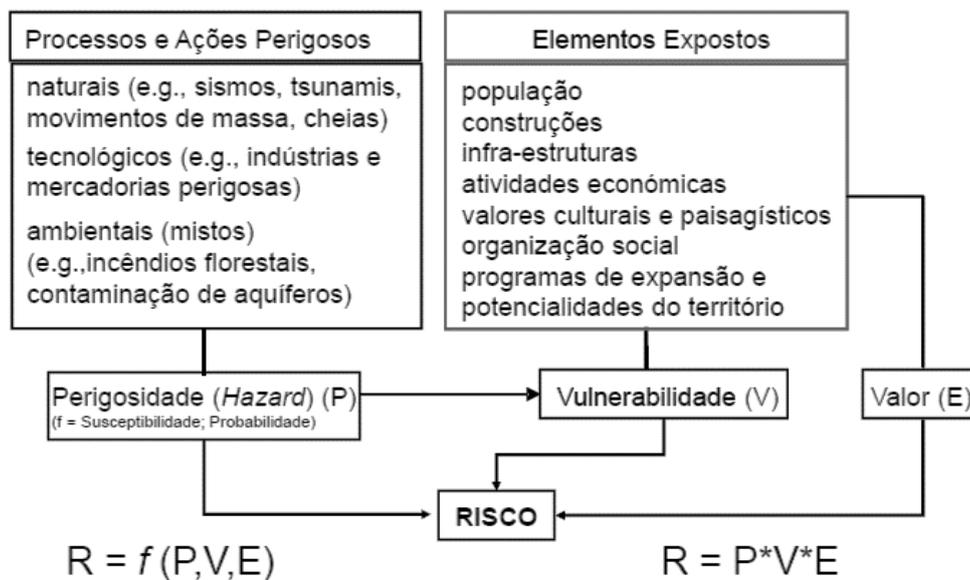


Figura 10- Modelo Conceptual de Risco

Fonte: Varnes (1984) in Gonçalves, (2018)

### 5.1- Frequência de plumas (análise da perigosidade)

De acordo com o modelo conceptual apresentado na figura 10, o cálculo da perigosidade resulta da combinação da probabilidade com a suscetibilidade, e define-se como a probabilidade de ocorrência de um fenómeno natural potencialmente danoso, neste caso os incêndios florestais (pela sua libertação do fumo) com determinada

intensidade e magnitude, que está associado ao potencial de destruição num período específico (probabilidade) e numa determinada área (susctibilidade) (Pereira J., et al. 2019). Para a análise de risco associado às plumas de fumo, a suscetibilidade (a vertente espacial da perigosidade) foi considerada igual para todas as freguesias do distrito de Viseu, assumindo que a propensão para a ocorrência de plumas não varia com as suas características territoriais. Por outro lado, a probabilidade de ocorrência de plumas (a vertente temporal da perigosidade) é variável na área de estudo, e foi avaliada para o período em análise (2005-2015).

A frequência de plumas foi calculada com recurso ao software Arcmap 10.6, cruzando a localização e expansão das plumas de fumo com a distribuição das freguesias no distrito de Viseu, para perceber quais as freguesias mais afetadas. Para este procedimento, foram traçadas as 55 plumas cartografadas no período em estudo, e recorrendo a várias ferramentas: procedeu-se à junção de todos os polígonos correspondentes às plumas; agruparam-se as plumas correspondentes às freguesias da região de Viseu; uniram-se as freguesias e as plumas, e ainda, intersetaram-se as mesmas variáveis, a fim de perceber quantas vezes as várias plumas afetavam cada uma das freguesias do distrito de Viseu. Após a intersecção, os valores de frequência de plumas foram classificados em cinco níveis (quadro 5), através de uma divisão em intervalos equivalentes, com cada classe a incluir 5 valores, ou 6 valores no caso da primeira e da última classe. As cores foram atribuídas de acordo com as adotadas pela Proteção Civil.

Quadro 5-Classes Frequências das Plumias

Fonte: NOAA/WORLDVIEW

Classes	Nº de Plumias por freguesia
1	8-13
2	14-18
3	19-23
4	24-28
5	29-34

## 5.2-Elementos Expostos e Exposição normalizada

De acordo com UNISDR, (2009) a exposição mede-se pela existência de elementos que podem ser potencialmente atingidos por um determinado processo perigoso natural, tecnológico ou ambiental, num determinado território.

A exposição é representada pela distribuição da densidade de elementos expostos, ou as pessoas, os bens e atividades, que estão em áreas propícias a serem afetadas por eventos perigosos com potencial para causar danos (Nunes et al., 2015), neste caso em específico, as plumas de fumo que resultam dos incêndios florestais.

Nesta dissertação, os elementos expostos considerados são a população, tendo em conta o foco do trabalho nas consequências das plumas para a saúde humana. O cálculo da exposição resulta da combinação dos elementos expostos com a perigosidade, neste caso representada pela frequência de plumas nas freguesias, conforme descrito no ponto anterior. Desta forma, o valor de exposição resulta do número de habitantes por freguesia (elementos expostos), multiplicado pelo número de plumas (probabilidade de ocorrência) que afetou cada freguesia no período 2005-2015 [1].

$$\textit{Exposição} = \textit{n}^{\circ} \textit{ de eventos de plumas} \times \textit{residentes} \quad [1]$$

Após este cálculo, os valores de exposição foram normalizados para o intervalo [0-100], de forma a permitir a sua integração com outros componentes da avaliação de risco, a partir da fórmula dos mínimos e máximos:

$$\frac{\textit{Valor exposição-Minimo}}{\textit{Máximo-Minimo}} * 100 \quad [2]$$

Neste caso, o valor máximo obtido de elementos expostos é de 230553, e o valor mínimo 1425, uma vez que todas as freguesias são afetadas por plumas. No entanto, foi utilizado o 0 como mínimo, porque se o valor mínimo fosse usado haveria uma freguesia com exposição 0 ou nula, o que não corresponde à realidade. Posteriormente, tendo em conta a distribuição e frequência dos valores normalizados de exposição, foram obtidas 5 classes, apresentadas no quadro 6.

Quadro 6-Classes de Exposição normalizada

Fonte: INE

<b>Classes</b>	<b>Intervalo normalizado</b>
1	0-10
2	10-25
3	25-50
4	50-75
5	75-100

Por último, de ressaltar a relação existente entre população residente e população afetada, onde o número de plumas até pode ser reduzido, mas existiu um elevado número de pessoas afetadas em relação à população residente. As primeiras classes de exposição possuem, por isso, intervalos mais curtos, para se conseguir uma distinção mais clara das classes obtidas para as freguesias do distrito de Viseu.

### 5.3- Análise da vulnerabilidade

A vulnerabilidade avalia o potencial de perda dos elementos expostos; no caso da população, baseia-se nas suas características e nas suas condições de vida, que influenciam o tipo e magnitude de perdas e danos que estas podem sofrer, assim como a sua autonomia, capacidade de adaptação, proteção e recuperação após serem atingidas pelo evento (Oliveira S., et al. 2020). De acordo com (Buckle, 2000), a vulnerabilidade é o grau de perda a que um elemento ou conjunto de elementos expostos estão sujeitos devido à ocorrência de um fenómeno natural com uma determinada magnitude e apresentado numa escala de 0 (sem perda) a 1 (perda total).

Sendo assim, e com recurso aos dados dos censos 2011 do Instituto Nacional de Estatística, as variáveis recolhidas estão relacionadas com a estrutura etária da população, o seu nível de escolaridade e capacidade económica, mais concretamente as características presentes no quadro 7.

Quadro 7-Descrição das variáveis utilizadas no cálculo da vulnerabilidade na região de Viseu

Fonte: INE (2011)

Caraterísticas	Variáveis	Descrição
Educação	Escolaridade Básica	% de pessoas com nível básico de escolaridade e analfabetos
	Educação Universitária	% de pessoas que completaram o ensino universitário
Estrutura etária	Idosos	% de população com mais de 65 anos
	Mulheres	% de mulheres
	Deficiência	% de pessoas com algum tipo de dificuldade ou deficiência física
	Índice de dependência	Relação estabelecida entre a população jovem e a idosa em função da população em idade ativa. Designa-se pelo quociente entre o número de pessoas com idade entre os 0 e os 14, conjuntamente com a superior a 65 , em função da população com idade entre os 15 e os 65 anos.
	Índice de longevidade	Baseia-se no quociente entre o número de pessoas com idade superior a 75 anos e a população com idade maior que 65 anos
	Famílias numerosas	Número médio de pessoas por família
Estrangeiros	Estrangeiros	% de pessoas que possuem nacionalidade diferente da portuguesa
Cariz Económico	Desemprego	% de desempregados em relação à população ativa
	Rendas	Media mensal do valor de renda, em euros, de cada município. Valores de cada município atribuídos às freguesias que o compõem
	Poder de compra	Proporção do poder de compra em relação à média registada no país. OS valores baseiam-se no Índice de Preços de Consumidor, ponderado pela população existente num município. Valores de cada município atribuídos às freguesias que o compõem
	Salário	Salário médio mensal relativo a um município, em euros. Valores de cada município atribuídos às freguesias que o compõem

Após a obtenção destas variáveis, recorreu-se ao Software R, onde se efetuou uma análise de clusters para definir grupos que possuem características semelhantes, através do método de Ward, de acordo com Oliveira et al., (2020) e Gonçalves, (2018).

No método de Ward, segundo Hair et al., (2005), é considerado um agrupamento hierarquizado de dados onde são medidas as similaridades existentes entre variáveis, calculado através da soma dos desvios quadrados existentes entre os grupos, considerando todas as variáveis.

Este método tem como objetivo principal a criação de grupos com elementos aproximadamente iguais devido à minimização da variação interna (Hair et al., 2005),

ou seja, quanto menor for a variação dos desvios dentro de um cluster, maior será a semelhança dos elementos que o compõem. Neste método, os grupos são formados por etapas: inicialmente cada freguesia é considerada um grupo em separado, sendo o desvio padrão para cada grupo nulo, pois cada componente possui o seu próprio valor médio; depois, as freguesias são agrupadas sucessivamente e, em cada junção adicional ao cluster original, procede-se à soma dos desvios quadrados em relação à média do cluster, recalculando-se os valores até se formarem grupos homogêneos com a menor variância possível, onde cada freguesia (nos valores das suas variáveis) apresenta a maior semelhança com o cluster onde pertence, (Gonçalves, 2018; Dutra et al., 2015).

Deste procedimento resultou um conjunto de 5 clusters, tendo sido depois analisados os máximos e as médias das variáveis em cada cluster, de forma a atribuir o nível de vulnerabilidade associado aos valores de cada grupo. Atribuiu-se uma classe de vulnerabilidade específica a cada cluster, de acordo com as características que os grupos possuíam e que influenciavam a vulnerabilidade da população, quer aumentando quer diminuindo o potencial grau de perda (Gonçalves, 2018), como se apresenta no quadro 8 e no anexo 5. Esta avaliação foi feita considerando em parte os valores absolutos das variáveis integradas, mas dando maior importância à posição relativa de cada cluster em relação aos restantes, e deve ser analisada tendo em conta a situação específica das freguesias do distrito de Viseu, podendo esta avaliação ser diferente para outras áreas.

Quadro 8-Classes de Vulnerabilidade e características dos grupos de vulnerabilidade

Fonte: INE

Níveis Vulnerabilidade	Análise das variáveis socioeconómicas	Características
<b>Classe 1</b> <b>Muito Baixa</b>	<b>Baixo</b> -Educação básica; - Idosos; - Dependentes; - Longevidade; <b>Intermédio</b> -Estrangeiros; - Elementos femininos; -Pessoas com dificuldades; -Salário;	O Cluster 1 possui em termos de Vulnerabilidade os valores mais baixos que tornam a vulnerabilidade também muito baixa. Possui os melhores valores no que toca à educação, possui também população pouco envelhecida e tem um número intermédio de elementos femininos. O número de dependentes regista valores baixos e o número de membros por família também é elevado. Isto é reforçado ainda pelo poder económico onde o poder de compra e as rendas são altas e os salários são intermédios.

	<p><b>Alto</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-2º mais alto de Desemprego;</li> <li>-Ensino universitário;</li> <li>- Número de membros por família;</li> <li>-Renda de casa;</li> <li>-Poder de compra;</li> </ul>	<p>Tem apenas uma pequena desvantagem assumindo um valor alto de desemprego.</p>
<p><b>Classe 2</b> <b>Baixa</b></p>	<p><b>Baixa</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ensino Universitário;</li> <li>-Estrangeiros;</li> <li>-Elementos Femininos;</li> <li>-2º mais baixo de Idosos;</li> </ul> <p><b>Intermédio</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Pessoas com dificuldades;</li> <li>-Dependentes;</li> <li>-Longevidade;</li> <li>-Poder de compra;</li> </ul> <p><b>Alto</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-2º mais alto de educação básica;</li> <li>-2º mais alto de Número e membros por família;</li> <li>-2º mais alto de renda de casa;</li> <li>-Desemprego;</li> <li>-Salário</li> </ul>	<p>Corresponde ao Cluster 3 e possui valores pouco favoráveis no que toca à educação. No entanto, relativamente aos idosos e número de elementos femininos os valores são baixos, por isso, pontos a favor. Possui valores altos no que toca a pessoas com dificuldades e valores muito baixos relativamente aos estrangeiros, mas para contrabalançar isto as variáveis económicas são bastante positivas à exceção do desemprego, possuindo um poder de compra, rendas de casa e salários consideravelmente altos.</p>
<p><b>Classe 3</b> <b>Moderada</b></p>	<p><b>Baixa</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-2º mais baixo de elementos Femininos;</li> <li>-2º mais baixo de pessoas com dificuldades;</li> <li>-2º mais baixo de Número de membros por família;</li> <li>-2º mais baixo de desemprego;</li> <li>-2º mais baixo de renda de casa;</li> <li>-2º mais baixo de poder de compra;</li> </ul> <p><b>Intermédio</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Educação básica;</li> <li>-Ensino Universitário;</li> </ul> <p><b>Alto</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-2º mais alto de Estrangeiros;</li> <li>-2º mais alto de Dependentes;</li> <li>-2º mais alto de longevidade;</li> <li>-2º mais alto de idosos;</li> <li>-2º mais alto de salário;</li> </ul>	<p>Corresponde a Cluster 4 onde a educação ao nível básico e superior assume valores, no entanto possui valores altos no que toca ao número de idosos e de dependentes. A variável elementos femininos e o número de pessoas com dificuldades são baixas.</p> <p>Nesta classe destaca-se assim o valor de dependentes alto, não sendo isto positivo e no número de membros por família o mesmo ocorre.</p> <p>Quanto às variáveis económicas estas são baixas, a exceção do desemprego e dos salários que tem valores positivos.</p> <p>Esta classe é a que mostra mais discrepâncias entre valores altos e baixos daí ser considerada a intermédia.</p>
<p><b>Classe 4</b> <b>Alta</b></p>	<p><b>Baixa</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Rendas de casa;</li> <li>-Poder de compra;</li> <li>-Salário;</li> <li>-2º mais baixo de educação básica;</li> <li>-2º mais baixo de e. Universitário;</li> </ul> <p><b>Intermédio</b></p>	<p>Corresponde ao cluster 5 onde o nível de educação é baixo, o número de idosos e o número de elementos femininos e de pessoas com dificuldades também é elevado, tornando assim as freguesias que se enquadram nesta classe com uma vulnerabilidade elevada.</p> <p>Possui ainda valores altos no que toca aos dependentes e os índices de longevidade.</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Idosos;</li> <li>-Desemprego;</li> <li>-Número de membros por família;</li> </ul> <p><b>Alto</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-2º mais alto de Elementos Femininos;</li> <li>-2º mais alto de pessoas com dificuldades;</li> <li>-2º mais baixo de Estrangeiros;</li> <li>- Longevidade;</li> <li>- Dependentes;</li> </ul>	<p>Quanto as variáveis económicas estas também são baixas, possuindo esta classe as freguesias que têm menor salário e menor poder de compra e rendas baixas.</p>
<p>Classe 5 Muito Alta</p>	<p><b>Baixa</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Famílias numerosas;</li> <li>-Desemprego;</li> <li>-Pessoas com dificuldades;</li> <li>-2º mais baixo de salário;</li> <li>-2º mais baixo de dependentes;</li> <li>-2º mais baixo de longevidade;</li> </ul> <p><b>Intermédio</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Rendas de casa;</li> <li>-Mais alto de estrangeiros;</li> </ul> <p><b>Alto</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-2º mais alto de ensino Universitário;</li> <li>-2º mais alto de poder de compra;</li> <li>-Educação básica;</li> <li>- Idosos;</li> <li>- Elementos Femininos;</li> </ul>	<p>Corresponde ao Cluster 2 sendo este o que tem uma vulnerabilidade mais elevada.</p> <p>Tem um número elevado de no que toca à educação básica, ao número de idosos e de elementos femininos.</p> <p>Relativamente ao do número de estrangeiro este é mais alto e os valores de longevidade são baixos assim como o número de membros por família, sendo isto negativo.</p> <p>Ao nível económico, o desemprego é baixo, mas as outras variáveis registam valores ligeiramente altos como por exemplo o poder de compra e as rendas intermédias, tendo em conta os salários baixos que apresenta este grupo.</p>

#### 5.4- Avaliação do Risco

O nível de risco obtém-se pela conjunção das componentes da perigosidade, exposição e vulnerabilidade (Figura 10). Como a perigosidade (neste caso a frequência de plumas), já está integrada na análise de exposição, o nível de risco resulta da agregação das classes de exposição (normalizada) com as classes de vulnerabilidade, obtidas dos grupos derivados da análise de clusters. Em ambos os casos, as classes (numeradas de 1 a 5) representam níveis progressivos e mais elevados de exposição e vulnerabilidade. Sendo assim, o risco resulta da multiplicação destas 5 classes de exposição com as 5 classes de vulnerabilidade, sendo os resultados enquadrados nos valores apresentados na matriz do Quadro 9:

Quadro 9- Matriz de Risco de exposição ao fumo

Vulnerabilidade →	1	2	3	4	5
Exposição ↓					
1	1	2	3	4	5
2	2	4	6	8	10
3	3	6	9	12	15
4	4	8	12	16	20
5	5	10	15	20	25

Tendo em conta os resultados, os valores multiplicados são transformados em 5 Classes de Risco presentes no quadro 10, classificando assim as freguesias pela maior ou menor probabilidade de serem afetadas e sofrerem perdas ou danos, devido à ocorrência de plumas de fumo dos incêndios florestais.

Quadro 10- Classes de Risco das freguesias afetadas pelo fumo dos incêndios florestais

Classes de Risco	
1-2	Muito Baixo
3-4	Baixo
5-9	Moderado
10-15	Alto
>16	Muito Alto

## V- Resultados e Discussão

### 1- As áreas ardidas no período de 2005 a 2015

Foram obtidos 188 registos de área ardida em Viseu e, através de imagens de satélite MODIS, foram detetadas 54 plumas nos meses de junho a outubro, no período de 2005 a 2015.

No que respeita aos incêndios, destacam-se os anos de 2005 e 2013 com a maior área ardida, de 32771,5 ha e 37660,9 ha, respetivamente. Isto pode ser comprovado através dos relatórios do ICNF referentes a estes dois anos, que mostram que Viseu é a zona que registou uma área ardida florestal bastante superior aos outros distritos da região Centro, como Guarda e Aveiro, e do restante país como por exemplo Braga, Vila Real e Leiria. No caso de 2013, a área ardida resulta essencialmente dos incêndios que afetaram a Serra do Caramulo.

Destacam-se ainda 2009, 2010, e 2012, com um número de incêndios entre os 10 e os 20, e uma área ardida entre 4705,1 ha e 16045,5 ha. Os anos de 2007 e 2008 possuem pouca representatividade, pois na zona de Viseu a área ardida registada foi bastante baixa, não havendo incêndios superiores a 100 hectares no primeiro caso e apenas um incêndio de 131, 1 ha no segundo.

A figura 11 mostra a frequência mensal dos incêndios no distrito de Viseu. Destaca-se o mês de agosto com o maior número de incêndios, com 107 ocorrências, o que corresponde a 58,5% dos incêndios selecionados.

Em segundo lugar, surge o mês de setembro, com 31 incêndios registados, correspondendo a 16,9% do total. O mês de julho ocupa o terceiro lugar com 29 incêndios e 15,8% do total de incêndios estudados. Os meses de outubro e de junho foram os menos afetados, correspondendo, em conjunto, a 8,7% do total dos meses em análise.

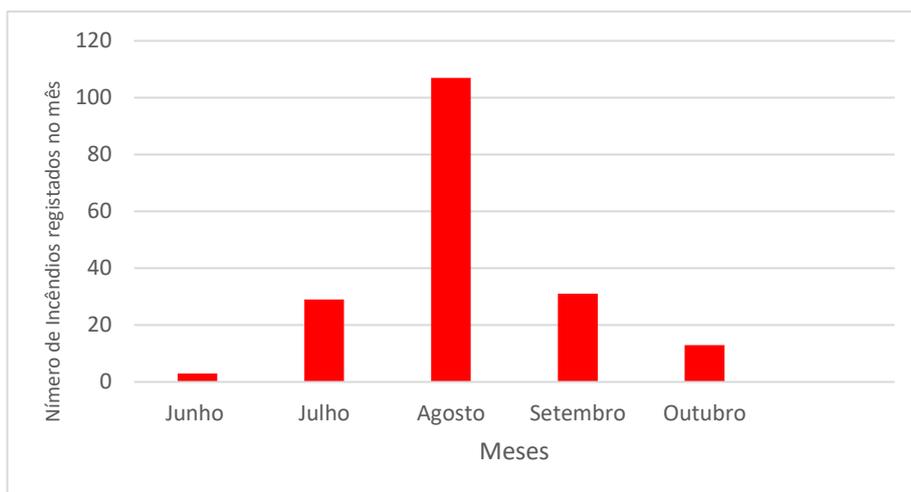


Figura 11- Incêndios superiores a 100 ha no período de 2005 a 2015, entre junho e outubro, no distrito de Viseu

Fonte: ICNF

## 2- A informação de satélite para a delineação das plumas de fumo

No que se refere às plumas de fumo, destacam-se os meses de agosto, quando ocorreu a maior parte de incêndios e plumas de fumo, mais concretamente cerca de 63%; e setembro como o segundo mês com mais plumas de fumo, mas com muito menor representatividade, cerca de 14%; seguindo-se-lhes o mês de julho, com 12,5% da distribuição das plumas registadas (Figura 12). Os meses de outubro e junho possuem apenas um total de 6 plumas registadas ao longo do período em análise.

À semelhança dos incêndios, foram registadas mais plumas de fumo nos anos de 2005 e 2013, destacando-se com um valor mais elevado 2005, com 17 plumas. Já em 2013, foram observadas 12 plumas, 10 das quais ocorridas no período entre 20 de agosto e 3 de setembro (evento com maior número de plumas registadas), como também é referido no relatório do ICNF. Na figura 13 mostra-se a distribuição do número de incêndios e de plumas ao longo do período em análise.

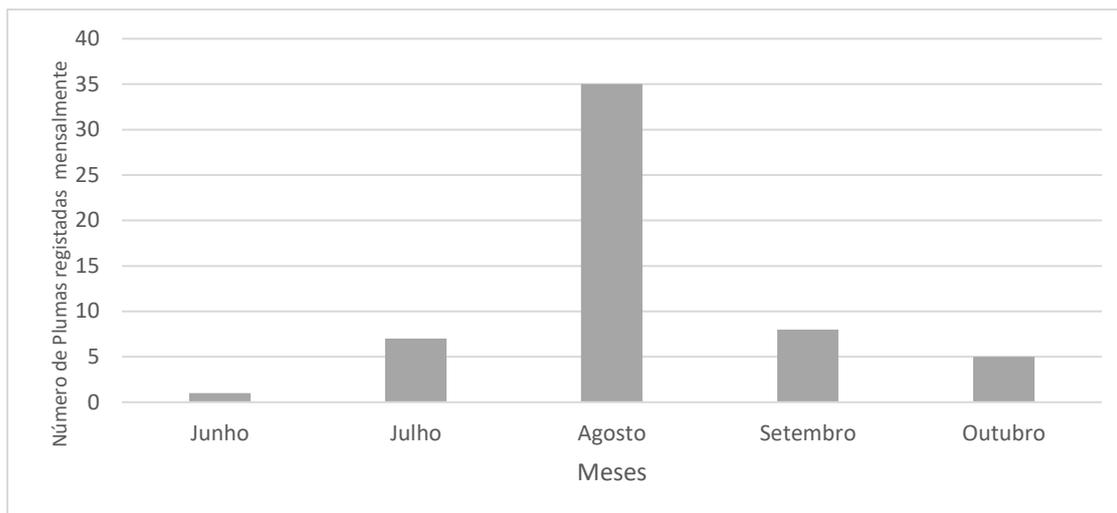


Figura 12- Plumas de fumo detetadas no período de 2005 a 2015, entre junho e outubro

Fonte: NASA WorldView

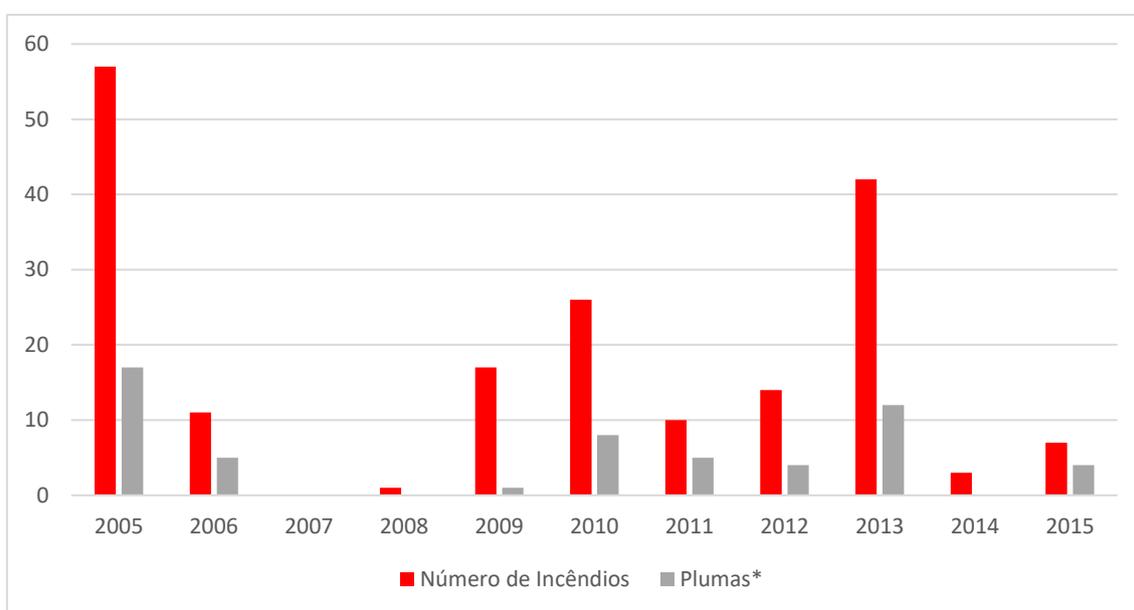


Figura 13- Incêndios com mais de 100 ha e plumas de fumo detetadas por ano no período de 2005 a 2015 no distrito de Viseu

Fonte: Incêndios - ICNF; Plumas – Sensor MODIS/WorldView

NOTA: \*Frequência de plumas detetadas através das imagens de satélite em incêndios superiores a 100 ha

No período em estudo, a região centro foi abundantemente afetada pelo fumo dos incêndios florestais, sendo todos os distritos da região atingidos. A figura 14 mostra a sobreposição de plumas de fumo obtidas entre 2005 e 2015, verificando-se que estão presentes em todo o distrito de Viseu.

A frequência de plumas é variável nas freguesias de Viseu, embora todas sejam afetadas, o que pode ser visualizado através das diferentes intensidades de cinzento na figura: quanto mais escuro, maior a frequência de plumas. No conjunto total das plumas a maioria tem origem em Viseu, mas existe um pequeno grupo cuja fonte, não é neste distrito, surgindo o fumo de várias direções provenientes dos distritos envolventes.

As freguesias mais afetadas (figura 14 e Anexo 1) localizam-se na zona Oeste de Viseu, estando na sua maioria situadas perto dos limites do distrito de Aveiro, destacando-se as que pertencem aos concelhos de Castro Daire, São Pedro do Sul, Vouzela e Oliveira de Frades. A Sul destacam-se as freguesias no limite do distrito pertencentes aos concelhos de Viseu e Coimbra, verificando-se que a sobreposição de plumas é maior em Mortágua, Santa Comba Dão, Carregal do Sal e Nelas; junto aos limites do distrito da Guarda, destacam-se as freguesias dos concelhos de Mangualde e Penalva do Castelo. Na zona mais ao centro, destacam-se as que pertencem aos concelhos de Viseu e Tondela. E por fim, mais a Norte, destacam-se as freguesias dos concelhos de Resende, Lamego e Armamar.

Nalguns casos, as freguesias localizadas no Norte e Nordeste do distrito não foram afetadas com tanta frequência pelas plumas de fumo no período em análise, destacando-se neste sentido as freguesias dos concelhos de São João da Pesqueira, Penedono e Sernancelhe. Estas diferenças no número de plumas observadas nas freguesias são influenciadas pelas massas de ar representadas nas retrotrajetórias HySplit e pela direção e velocidade do vento.

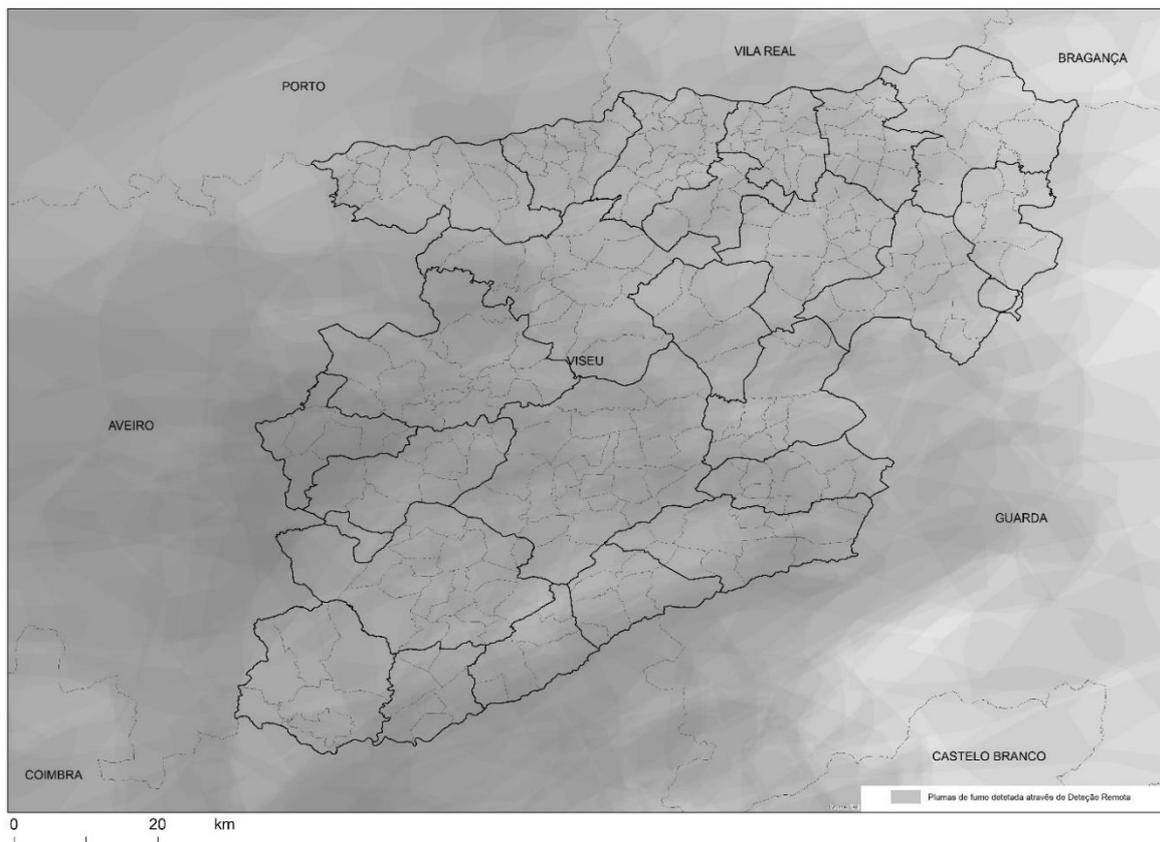


Figura 14-Sobreposição das 55 plumas de fumo no distrito de Viseu, obtidas por Deteção Remota no período de 2005 a 2015

Fonte: NASA sensor MODIS/WORLDVIEW

## 2.1- As trajetórias das massas de ar- trajetórias avaliadas pelo modelo HYSPLIT

As trajetórias das massas de ar (identificadas pelo modelo HYSPLIT), desempenham um papel importante no movimento do fumo, determinando a origem das massas de ar e a sua relação com as zonas em análise, denominadas recetoras. Estas são importantes para analisar a dispersão das plumas, uma vez que influenciam o movimento do fumo, tal como a direção e a velocidade do vento. Estas trajetórias também são mencionadas noutro estudo (Martin & Kahn, 2018), com o mesmo objetivo desta análise, na tentativa de obter melhores simulações dos movimentos do ar.

As análises realizadas às 55 retrotrajetórias mostram que 50,9% das principais massas de ar, à partida provinham de Noroeste (NO), 29,1% de Norte, e de Oeste apenas 10,9% (figura 15).

Estas trajetórias assumem vários rumos ao longo do seu percurso, e quando entram no território nacional podem influenciar as direções que as plumas de fumo seguem e, em função disso, os locais que estas podem afetar. Estas trajetórias, quando entram em Portugal Continental, direcionam-se maioritariamente de Nordeste (38,2%), de Norte (29,1%) e (27,3%) de Este (figura 15).

Relativamente ao período de controlo (quando não se registaram incêndios), a maioria das trajetórias analisadas para este período possuem, à semelhança do que se regista nos dias com plumas, como origem e principal direção Noroeste, com cerca de 37,5% dos dias em análise, seguindo-se a direção Este com 18,8%; ainda com alguma relevância, destacou-se também a origem das massas de ar a Norte e a Oeste, ambas com uma percentagem de 12,5%, como se mostra na figura 16. Destacam-se ainda, para o período de controlo, trajetórias com origem em Nordeste, Sudoeste e Sul que apenas aparecem em 6,3% das observações cada uma, sendo pouco representativas da direção das massas nestes dias.

Quando se dá a entrada em Portugal, nalguns casos estas direções alteram-se, como também se verifica nos dias em análise. A partir da figura 16, é possível perceber que as trajetórias quando chegam a Viseu, vêm maioritariamente de Oeste (31,3%), seguindo-se de Norte (18,8%) e depois de Este, Sudoeste, Sul e Sudeste, todas estas com 12,5% dos registos.

## Origem das massas de ar- Dias com registo de Plumas

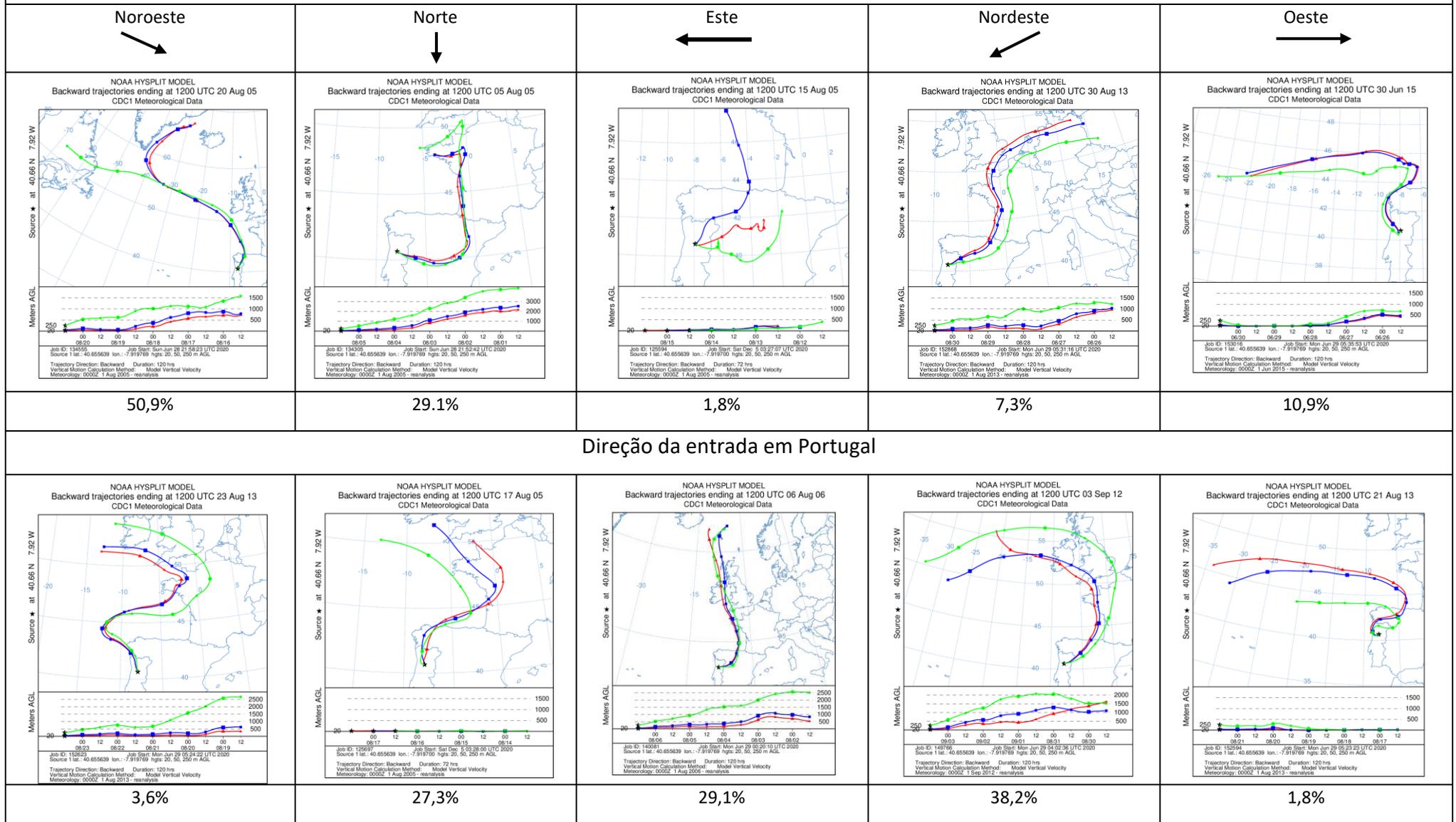
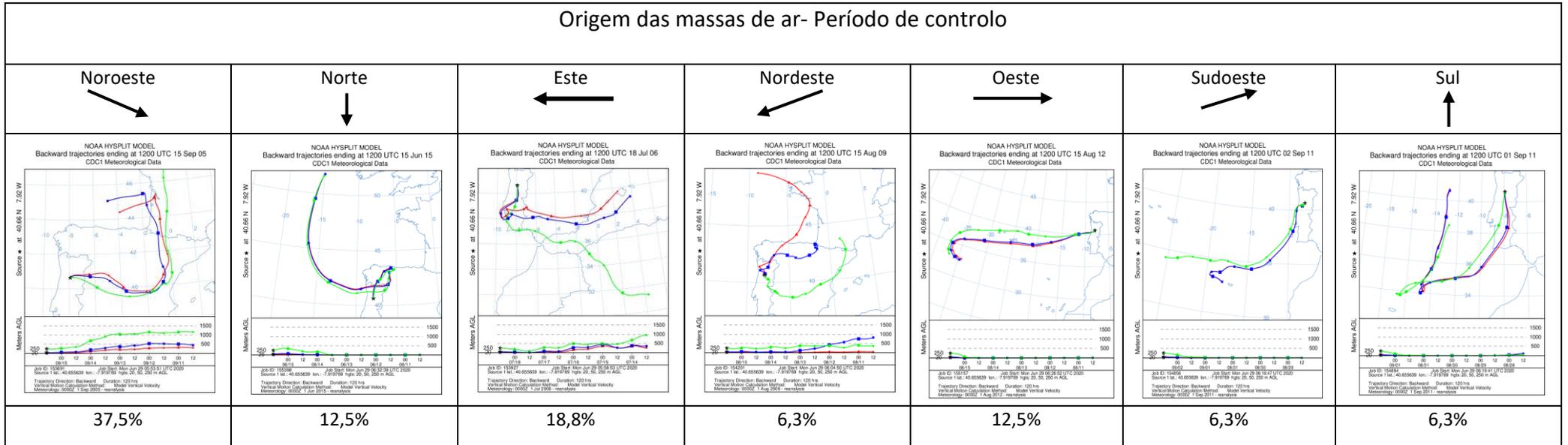


Figura 15-Direção das retrotrajetórias HYSPLIT- Origem e entrada em Portugal- dias com registo de plumas

### Origem das massas de ar- Período de controlo



### Direção da entrada em Portugal

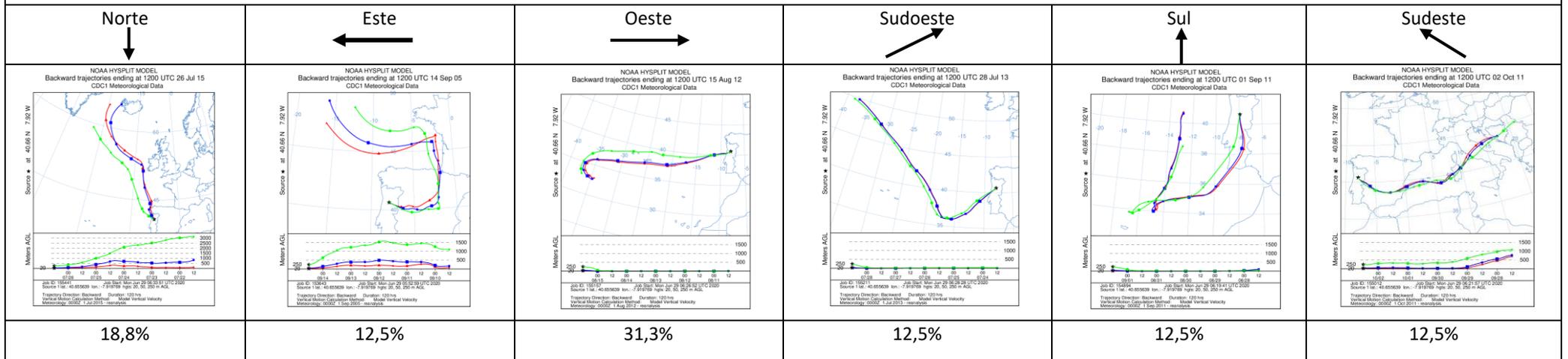


Figura 16-Direção das retrotrajetórias HYSPLIT- Origem e entrada em Portugal- Período de controlo

Fonte: NOAA – HYSPLIT

## 2.2- Avaliação da velocidade e direção do vento nos eventos de plumas de fumo

Além da topografia, a altura a que as plumas são injetadas podem definir a sua trajetória (Martin et al., 2018). Mas um dos principais fatores que influencia o movimento do fumo e o transporte dos poluentes que lhe estão associados, é o vento (Vernon et al., 2018). Salienta-se por isso a importância desta variável, assim como a forma como as massas de ar facilitam este processo devido à sua intensidade e dependendo da sua direção, levando o fumo ao longo de todo o território de Viseu e atingindo os distritos envolventes.

Quanto à direção do vento (figura 17), a maior frequência registada na estação de Viseu é Nordeste, ocorrendo em 29% dos dias dos eventos, coincidindo por isso com a direção maioritária manifestada na entrada das massas de ar em Portugal (figura 15). Em seguida, o vento de Noroeste, ocorrendo em 17,6% dos dias, seguindo-se Oeste com 16,7%. Sendo Norte e Este as direções que se destacaram relativamente à entrada das massas de ar em território português, em Viseu, estas duas direções voltam a ser relevantes, ocorrendo nos dias com plumas em 11,3% dos dias no caso da primeira, e em 8,4% no caso da segunda direção.

Quanto à velocidade, os ventos registados ao longo dos 28 eventos (quadro 3), o valor máximo registado não vai além dos 32,2 km/h (evento 6- dia 02/10/2005) sendo assim, moderados.

A média dos valores de velocidades nos eventos também possuem valores baixos, registando apenas uma média 13,6 km/h. No quadro 11 encontram-se todos os valores referentes às velocidades médias do vento nos 28 eventos.

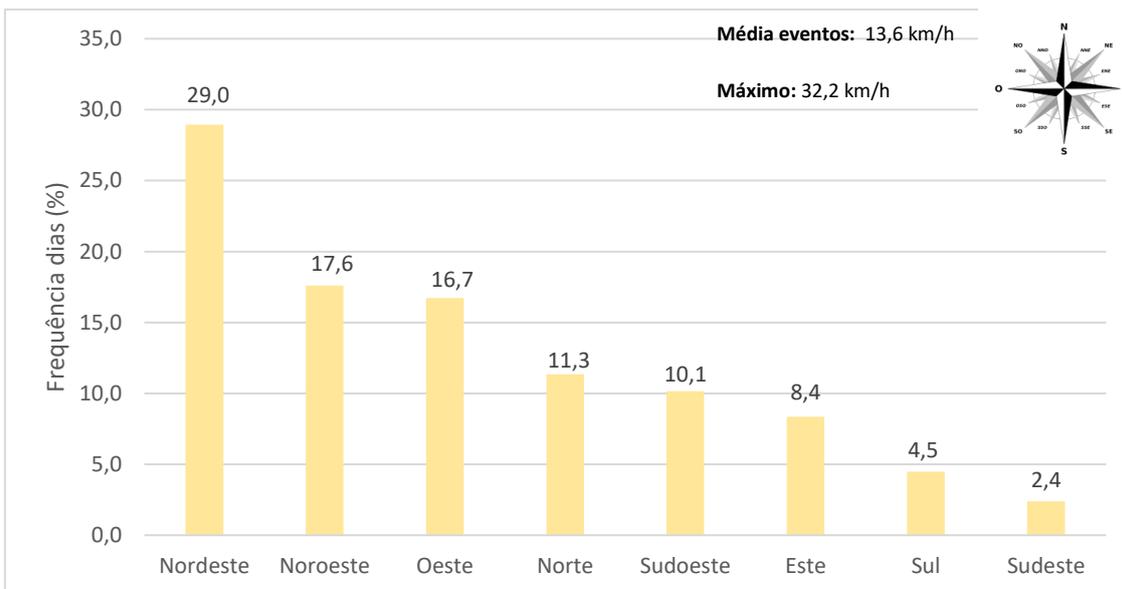


Figura 17- Direção do Vento (total de dias de eventos) na região de Viseu

Fonte: OGIMET- <https://www.ogimet.com>

Quadro 11- Média da velocidade do vento km/h - 28 eventos

Fonte: OGIMET- <https://www.ogimet.com>

Eventos	Média velocidade do vento (km/h)	Eventos	Média velocidade do vento (km/h)
1	13,9	15	10,4
2	12,5	16	9,9
3	13,1	17	9,7
4	14,3	18	12,9
5	12,9	19	16,8
6	15,2	20	14,6
7	9,9	21	12,7
8	18,8	22	18,5
9	16,8	23	17,1
10	13	24	14,8
11	11	25	16,8
12	12,6	26	12,1
13	13,5	27	11,8
14	12,1	28	13,3

Nota: os eventos e os dias que os compõem encontram-se no quadro 3

Martin et al. (2018), estudou entre 2008 e 2010, a injeção em altura de 23000 plumas detetadas por imagens de satélite em várias regiões geográficas, como por exemplo no Norte da América, Europa e África do Norte, com o objetivo de perceber se permaneciam dentro da camada limite troposférica, concluindo que nestas regiões, devido aos biomas florestais que apresentam, tendem a produzir plumas com altura média e altas, mantem-se com mais frequência entre a superfície e os 2 quilómetros, à exceção da América do Norte onde a altura das injeções, ainda que com menor regularidade, pode chegar aos 5 quilómetros. Este autor conclui ainda que a maioria das plumas (40%) ocorre de julho a setembro, tal como nesta avaliação para a região de Viseu.

A utilização de imagens de satélite apresenta algumas limitações no que toca à delimitação das plumas porque a cobertura nebulosa pode dificultar a sua identificação.

### 3- Análise da qualidade do ar durante os eventos de plumas de fumo identificadas

#### 3.1 Valores das excedências dos poluentes nos dias em que ocorreram plumas

Os limites dos excedentes presentes no decreto de lei 102/2010 (PM10, PM2,5, Ozono, Óxidos e Dióxidos de Azoto), têm valores geralmente baixos, tanto diariamente, como a nível anual, sendo por isso, facilmente ultrapassados quando ocorrem eventos de plumas. No geral, a substância poluente com valores mais elevados acima do limiar permitido pela diretiva de 2008 e a legislação 102/2010 são as PM10, seguidas pelos Óxidos de Azoto e do Ozono.

Em termos anuais, a estação de Estarreja é a que regista valores mais elevados, (Quadro 12): no que diz respeito às PM10, em 11 anos, 7 excederam os valores acima

dos limites permitidos pela lei (sendo o limiar máximo anual de  $40 \mu\text{m}/\text{m}^3$ ); o Dióxido de Azoto registou 6 anos com valores bastante acima dos limiares ( $40 \mu\text{m}/\text{m}^3$ ), os Óxidos de Azoto apresentam todos os anos valores acima dos limites ( $30 \mu\text{m}/\text{m}^3$ ) e por último as PM2.5, tendo em conta o período de referência, existiram 4 anos que registam médias anuais superiores a  $25 \mu\text{m}/\text{m}^3$ .

Quadro 12-Qualidade do ar em estações da região centro de Portugal, no período de 2005 a 2015 em dias de incêndios e onde foram identificadas plumas de fumo (valores anuais)

Fonte: QUALAR

Número de anos em que o valor médio anual excedeu o valor limite (DL102/2008)					
Estações	PM < 10	Ozono	Dióxido de Azoto	Óxidos de Azoto	PM < 2.5 $\mu\text{m}$
Estarreja	7	0	6	11	4
CGCoimbra	5	0	2	9	-
Ílhavo	2	0	0	2	-
Fornelo do Monte	2	2	0	0	-

A estação do Centro Geofísico da Universidade de Coimbra ocupa o segundo lugar no que toca aos níveis de qualidade do ar acima dos valores limite estabelecidos, estando as partículas PM10, em 5 anos com valores médios anuais acima das  $40 \mu\text{m}/\text{m}^3$ , no Ozono não se registou nenhum ano onde fossem ultrapassados os valores limite, o dióxido de azoto com um número de anos reduzido e os óxidos de azoto possuem 9 dos 11 anos com valores a ultrapassarem os  $30 \mu\text{m}/\text{m}^3$ .

Ílhavo, situado no distrito de Aveiro, apresenta melhores resultados que Estarreja, contendo apenas 2 anos em 11 com valores acima dos limites referidos no DL 102/2010 para as partículas PM10. Os limites máximos anuais de Ozono ( $120 \mu\text{m}/\text{m}^3$ ) não são ultrapassados em nenhum dos anos, assim como os de dióxidos de azoto. Por fim, os óxidos de azoto apenas possuem 2 anos com médias anuais superiores a  $30 \mu\text{m}/\text{m}^3$ .

Por último, Fornelo do Monte destaca-se de todas as outras estações, sendo a única que regista valores acima dos limites estabelecidos para todos os poluentes incluindo o Ozono, estando neste caso em 2 dos 11 anos acima das  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Quanto

às PM10, apenas possuíram 2 anos superiores aos limites estabelecidos no decreto de lei 102/2010. Os Óxidos e Dióxidos de Azoto estão ambos dentro dos limiares nos 11 anos em análise.

Quanto à análise anual em dias sem incêndios e de plumas de fumo associadas (quadro 13), verificou-se uma melhor qualidade do ar.

A estação de Estarreja continua a ser a que mais se destaca, registando novamente 7 dos 11 anos acima dos valores limites no que concerne às PM10. O ozono continua abaixo dos limites todos os anos, o dióxido de azoto possui 5 anos acima do estabelecido e os óxidos de azoto, mantêm-se os 11 anos acima dos limites (ver quadro 4). As partículas PM2.5, comparativamente com a análise dos eventos de plumas, foram as únicas que decresceram, destacando-se apenas 2 anos acima dos valores limite.

A estação do Centro Geofísico de Universidade de Coimbra é a que regista valores mais elevados a seguir a Estarreja, possuindo 4 anos, em 11 com PM10 acima dos  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; para além disso, os níveis do dióxido de azoto destacam-se acima dos limiares máximos em 2 dos anos e os óxidos de azoto são os que apresentam mais anos acima dos valores limite, com 9 anos a registar mais do que  $30 \mu\text{m}/\text{m}^3$ .

Ílhavo, além de registar valores mais baixos, só possui 1 ano em que os níveis das partículas PM10 foram ultrapassados e 2 anos em 11 que registam valores superiores aos estabelecidos relativamente ao óxido de Azoto; esta estação apresenta uma boa qualidade do ar na maioria dos anos.

Por fim, neste período de controlo sem incêndios, Fornelo do Monte não apresentou nenhum dos poluentes acima dos limites estabelecidos na DL102/2010 ao longo dos 11 anos, demonstrando níveis superiores de qualidade do ar quando não está exposta a plumas de fumo dos incêndios florestais.

O facto de os poluentes ultrapassarem os limiares quando não há incêndios, pode dever-se às atividades industriais existentes na Zona Centro, nomeadamente em Estarreja, onde o aumento destas atividades contribuem para a deterioração da qualidade do ar, não só neste concelho como nos adjacentes (Figueiredo, 2011).

Quadro 13- Qualidade do ar em estações da região centro de Portugal, no período de 2005 a 2015, considerando dias sem registo de incêndios (valores anuais)

Fonte: QUALAR

Número de anos em que o valor médio anual excedeu o valor limite (DL102/2008)					
Estações	PM < 10 µm	Ozono	Dióxido de Azoto	Óxidos de Azoto	PM < 2.5 µm
Estarreja	7	0	5	11	2
CGCoimbra	4	0	2	9	-
Ílhavo	1	0	0	2	-
Fornelo do Monte	0	0	0	0	-

Relativamente aos 335 dias que resultam da soma de todos os dias em análise nos 28 eventos de plumas entre 2005 e 2015 (quadro 3), os valores médios mostram que a variação do nível de poluentes nas estações afetadas não difere muito dos valores das médias registados anualmente, com a exceção do ozono que apresenta uma maior proporção de dias com valores acima dos limiares estabelecidos, (quadro 14).

Quadro 14- Número de dias de eventos de plumas onde os valores limite foram ultrapassados (335 dias correspondentes aos 28 eventos)

Fonte: QUALAR

Número de dias em que o valor médio anual excedeu o valor limite (DL102/2008)					
Estações	PM < 10 µm	Ozono	Dióxido de Azoto	Óxidos de Azoto	PM < 2.5 µm
Estarreja	176	125	0	5	176
CGCoimbra	172	120	0	2	-
Fornelo do Monte	101	139	0	0	-
Ílhavo	89	109	0	0	-

A Estação de Estarreja registou novamente a maior proporção de dias com má qualidade do ar, com 176 dias que ultrapassam os valores limite das partículas PM10 e PM2.5, 125 dias em que o ozono foi superior aos 120. Os outros poluentes registam

valores mínimos ou nulos. A estação do Centro Geofísico de Coimbra voltou a assumir o segundo lugar, manifestando também valores elevados relativos as PM10, com 172 dias acima dos valores limite assim como o Ozono (120 dias). À semelhança de Estarreja, o dióxido e óxidos de azoto registaram valores reduzidos ou nulos.

Fornelo do Monte, a estação mais importante desta análise, seguiu a tendência registada nas outras estações, destacando-se pelo Ozono, sendo este poluente o que regista mais dias (139) em que os valores limites foram ultrapassados, seguido das PM10 com 101 dias. Por último, surge Ílhavo, que se destaca também com 109 dias onde o Ozono excedeu os valores limites e as PM10 com 89 dias acima do permitido.

Quanto aos períodos de controlo (Quadro 15), destaca-se mais uma vez a estação de Estarreja com mais dias que ultrapassam os limites estabelecidos presentes no quadro 4, principalmente nas PM 2.5 e as PM10. A Estação do Centro Geofísico de Coimbra e de Ílhavo assinalam valores consideravelmente mais baixos, destacando-se apenas as PM10 e o Ozono. Por último e mais relevante, a Estação de Fornelo do Monte que registou apenas 6 dias com excedências de PM10 e 19 dias no Ozono.

Quadro 15-Número de dias do período de controlo (sem incêndios) em que os limites foram ultrapassados (335 dias correspondentes aos 28 eventos)

Fonte: QUALAR

Número de dias em que o valor médio anual excedeu o valor limite (DL102/2008)					
	PM < 10 µm	Ozono	Dióxido de Azoto	Óxidos de Azoto	PM < 2.5 µm
Estarreja	41	18	0	5	53
CGCoimbra	37	23	0	1	-
Ílhavo	17	19	0	0	-
Fornelo do Monte	6	19	0	0	-

Após esta análise, foi possível perceber que o poluente que mais influencia a qualidade do ar são as PM10, pois estas frequentemente ultrapassam os limiares do Decreto Lei 102/2010. Estes resultados estão de acordo com Marcelino, (2015) num estudo realizado na Covilhã, com o intuito de avaliar a influência dos incêndios florestais

para a libertação atmosférica de poluentes e como estes afetam a saúde respiratória da população. Também Liu et al. (2015), considera que as PM10 e as PM2.5 são as que têm uma maior toxicidade. Os resultados deste estudo mostram que as PM10 aumentam consideravelmente durante a ocorrência de incêndios, diminuindo a qualidade do ar. Comparou-se ainda o período total dos 28 eventos escolhidos (quadro 3) com um período de referência, quando não ocorreram incêndios.

O valor limite diário estabelecido na legislação nacional DL 102/2010 para salvaguarda da saúde é de  $50 \mu\text{m}/\text{m}^3$  de PM10. O período de referência, que corresponde ao período total recolhido para a estação Fornelo do Monte em Viseu de Junho a Outubro (entre 2005 e 2015), apresenta um valor médio de  $28,6 \mu\text{m}/\text{m}^3$  (Figura 18), enquanto que os eventos com fumo apresentam uma média de  $58,7 \mu\text{m}/\text{m}^3$  estando assim acima dos limites estabelecidos. Estes valores mais altos para os eventos de incêndios e plumas mostram que estas contribuem para a libertação de poluentes que diminuem consideravelmente a qualidade do ar.

Além de superior aos limiares estabelecidos, com uma média global de  $58,7 \mu\text{m}/\text{m}^3$ , verifica-se que dos 28 eventos, 39,3% encontram-se com valores superiores a  $50 \mu\text{m}/\text{m}^3$ , enquanto os outros dias 60,7% se encontram abaixo dos limites estabelecidos.

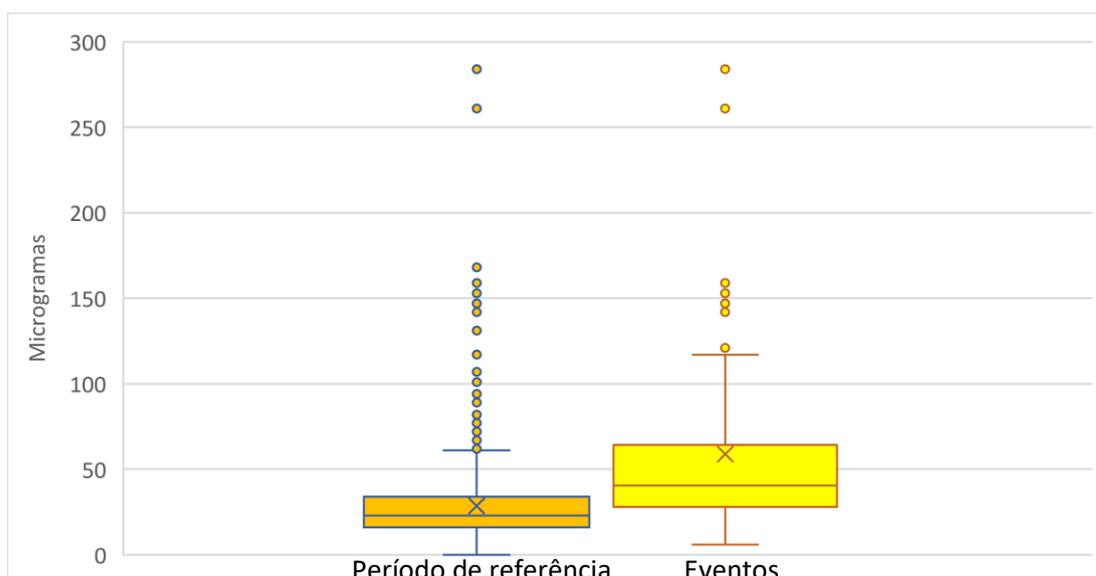


Figura 18- PM10- Período de referência (2005 a 2015) sem incêndios e total dos eventos (28) com ocorrência de plumas de fumo no período de 2005 a 2015

Fonte: QUALAR

Para aprofundar mais as comparações, reduziu-se o número de eventos a fim de obter uma confrontação mais exata com os períodos de controlo. Este critério foi aplicado devido à falta de dados e também à elevada frequência de incêndios e plumas ao longo dos meses em análise. Sendo assim, e utilizando apenas os eventos que possuíssem o respetivo período de controlo (ver quadro 3), com o intuito de perceber o estado da qualidade de ar e de como o número de partículas PM10 influenciava esta situação.

Na figura 19, e comparando os 12 eventos em análise, apresentam uma média de  $53 \mu\text{m}/\text{m}^3$ , estando assim acima dos valores limites estabelecidos no DL 102/2010 de  $50 \mu\text{m}/\text{m}^3$  diários. Este resultado deve-se ao facto de no conjunto dos 136 dias, 37 ultrapassam consideravelmente as excedências limite estabelecidas, como por exemplo: o Evento 12 que regista todos os dias de 29/07/2010 a 08/08/2010 uma libertação de partículas acima dos valores limite, sendo o valor máximo registado de  $284 \mu\text{m}/\text{m}^3$  em 29/07/2010; o evento 19 de 31/08/2012 a 08/09/12 onde o valor máximo registado foi de  $153 \mu\text{m}/\text{m}^3$  no dia 04/09/2012 e ainda o evento 21 que de 21/08/2013 a 23/08/2013 registou todos os dias valores acima de  $300 \mu\text{m}/\text{m}^3$ , sendo o valor máximo assinalado de  $337 \mu\text{m}/\text{m}^3$  no dia 23/08/2013.

No período de controlo, além das médias serem baixas ( $26,7 \mu\text{m}/\text{m}^3$ ), nenhum dos 12 eventos que o constitui apresenta valores que ultrapassem os valores limite. No entanto, ao nível individual, constam neste grupo apenas 5 dias que ultrapassam os limites, embora com valores mais baixos: 18/07/2006 com  $52,0 \mu\text{m}/\text{m}^3$  (PC8), 26/07/2010 com  $60,0 \mu\text{m}/\text{m}^3$  (PC12) e por fim de dia 03/10/2011 a 05/10/2011 onde se registam entre  $60,0$  a  $63,0 \mu\text{m}/\text{m}^3$  (PC18).

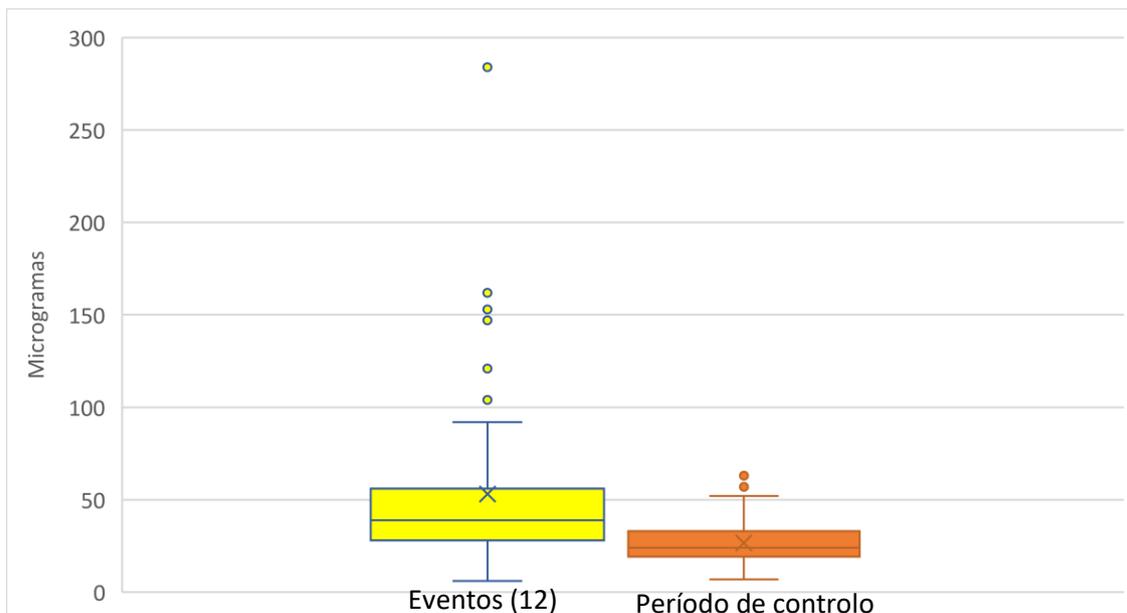


Figura 19- Eventos (12) e Período de controlo PM10

Fonte: QUALAR

Ao longo da recolha destes dados surgiram algumas limitações na recolha de informação, porque existem algumas estações com falta de dados e em alguns casos, em períodos considerados importantes no que diz respeito aos eventos de plumas, (anexo 2).

### 3.2- Comparação das séries de dias com plumas e os internamentos hospitalares devido a patologias respiratórias

Com o intuito de relacionar a qualidade do ar da estação de Fornelo do Monte com os internamentos registados na região de Viseu Dão Lafões por doenças de cariz respiratório, recorreu-se à média móvel dos internamentos, porque o efeito dos fumos não são imediatos e podem-se prolongar no tempo, tendo-se selecionado para cada evento os 10 dias a seguir ao dia em que se registou a ocorrência de pluma.

Tendo os anos de 2005 e 2013 uma importância fundamental nesta análise, fruto da sua elevada área ardida, da quantidade de plumas registadas e do número de

internamentos de cariz respiratório, foram destacados 2 exemplos, dos anos de 2005 e de 2013 respetivamente, para relacionar o aumento das partículas PM10 e do Ozono com os internamentos registados em Viseu. Para reforçar esta análise, foram utilizadas também as retrotrajetórias HYSPLIT que determinam qual a origem da massa de ar, influenciando a direção do fumo e a velocidade e direção do vento.

Em 2005, além da extensa falta de dados relativamente às partículas na estação de Fornelo do Monte (de junho a setembro), estas são o poluente mais importante porque registam valores mais elevados e acima dos limiares da qualidade do ar, correspondendo aos que mais influenciam a saúde respiratória da população. Destacou-se o evento 7, correspondente ao dia 6 de Outubro, tendo a duração de apenas um dia. Este evento é importante porque agrega 3 acontecimentos fundamentais: aumento das partículas PM10, aumento do Ozono, que conseqüentemente conduzem ao aumento acentuado dos internamentos. Neste dia, é possível observar que existe um aumento das partículas PM10 para  $83 \mu\text{m}/\text{m}^3$  e os valores do Ozono subiram para  $192,5 \mu\text{m}/\text{m}^3$ , registando-se assim o pico máximo assinalado ao longo do ano no caso do segundo (Figura 20). Verifica-se que os internamentos aumentam abruptamente nos 10 dias seguintes ao evento, tendência demonstrada através da média móvel. De facto, a média de internamentos é mais baixa no dia em que ocorre a pluma de fumo, mas aumenta gradualmente até ao dia 14 de Outubro. Através das trajetórias HYSPLIT, apresentadas na figura 21, evidencia-se que o incêndio ocorrido em Castro Daire, mais concretamente na freguesia de São Joaninho, provinha de nordeste (figura 22) e verifica-se que a pluma é maioritariamente oriunda de Este e Sudeste. No entanto, no dia 6 de outubro predominava a orientação Nordeste, o que conduziu a que a pluma de fumo afetasse não só a sua área de origem, mas também a zona centro e Sul do distrito, progredindo depois para outros distritos, como é o caso de Coimbra.

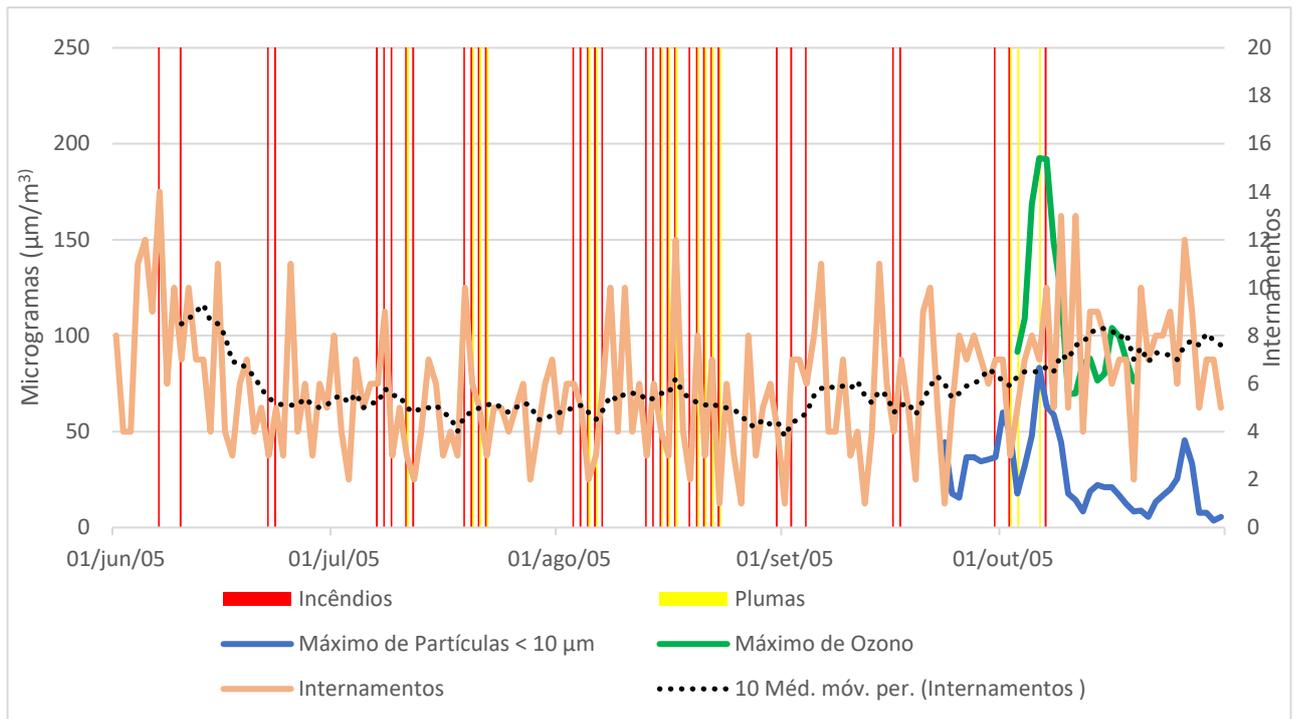


Figura 20-Máximo diário de Partículas PM10 e Ozono registado na estação de Fornelo do Monte e os internamentos ocorridos de Junho a Outubro no ano de 2005

Fonte: QUALAR Administração Central Do Sistema de Saúde (GDH)

NOAA HYSPLIT MODEL  
Backward trajectories ending at 1200 UTC 06 Oct 05  
CDC1 Meteorological Data

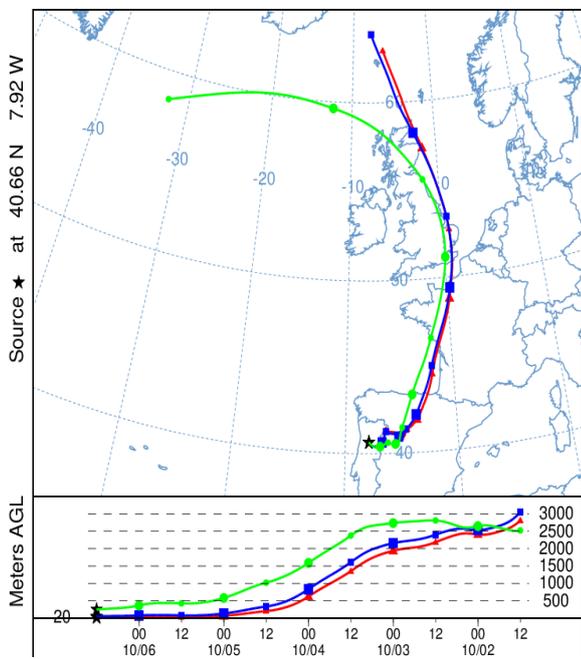


Figura 22-Retrotrajetória HYSPLIT – 06 de outubro de 2005

Fonte: HySplit

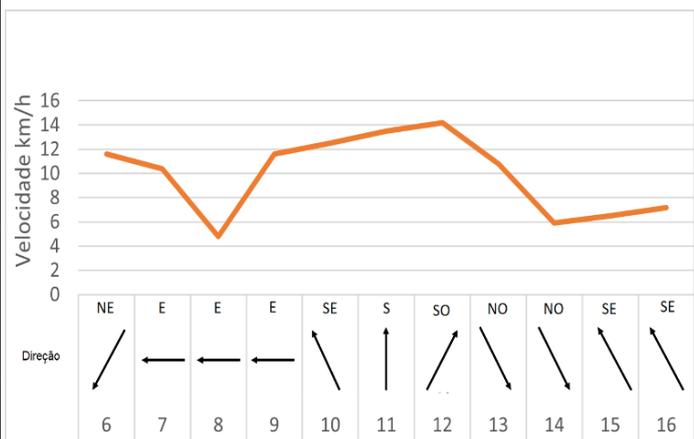


Figura 21- Direção e velocidade do vento – Evento 07 (06/10/2005 a 16/10/2005)

Fonte: OGIMET

O ano de 2013 não é o que regista os valores mais altos de internamentos, mas foi selecionado devido ao seu extenso período sob presença de fumo nos meses de Agosto e Setembro, provenientes do grande incêndio na Serra do Caramulo (evento 23), que ocorre de 23 a 30 de agosto; com a seleção dos 10 dias, o evento apenas termina no dia 09/09/2013. Este é o evento mais longo dos 28 em análise, porque todos os dias compreendidos entre 23 e 30 de agosto registam plumas de fumo. De referir que existem incêndios superiores a 100 ha até ao dia 03 de setembro, mas as plumas de fumo não são facilmente detetáveis, como por exemplo no dia 31.

Relativamente a este evento, no dia 23 de agosto as partículas PM<sub>10</sub> subiram para 337  $\mu\text{m}/\text{m}^3$ , decrescendo ao longo dos dias, mas no dia 30, voltaram novamente a subir para 261  $\mu\text{m}/\text{m}^3$ . Além destas, o Ozono também registou valores acima dos valores limite começando no dia 23 e atingindo o seu auge a 30 de Agosto (188  $\mu\text{m}/\text{m}^3$ ) (figura 23).

Quanto aos internamentos, estes manifestam uma subida, mas não de uma forma tão abrupta como o que se verifica nos poluentes. É, no entanto, perceptível que os internamentos aumentaram entre os dias 23 e 28 agosto. Este cenário repetiu-se depois dentro do mesmo evento, do dia 31 de agosto a 8 de setembro. Sendo assim, parece haver uma evidência que as partículas influenciam o número de internamentos, levando a aumentos após a ocorrência de um evento com emissão de plumas de fumo, com um desfasamento temporal que pode ser de alguns dias. Este resultado vai ao encontro do que foi defendido por (Miller & Zou, 2018), no estudo realizado nos Estados Unidos da América, onde os autores mencionam que o efeito das partículas se pode manter e repercutir ao longo dos 3 dias que se seguem ao dia de libertação do fumo, aumentando as hospitalizações neste período.

Devido às grandes dimensões destes incêndios, e tendo em conta as retrotrajetórias das massas de ar (figura 24), a sua direção varia ao longo deste período, entre Noroeste (23/08) e Nordeste (27/08 a 30/08). Também a direção e velocidade do vento variam, de Oeste (apenas no dia 23/08) para Nordeste (24-08 a 03/09) (figura 25). A partir destas trajetórias, entende-se que o fumo libertado no dia 23 de Agosto foi transportado para Sul e para Oeste, com as plumas a afetarem grande parte da região

de Viseu. No restante período, o fumo foi transportado para Nordeste, afetando não só as freguesias originárias, como a parte Oeste do distrito de Viseu, e estendendo-se também para os distritos circundantes, como é o caso de Coimbra e Aveiro.

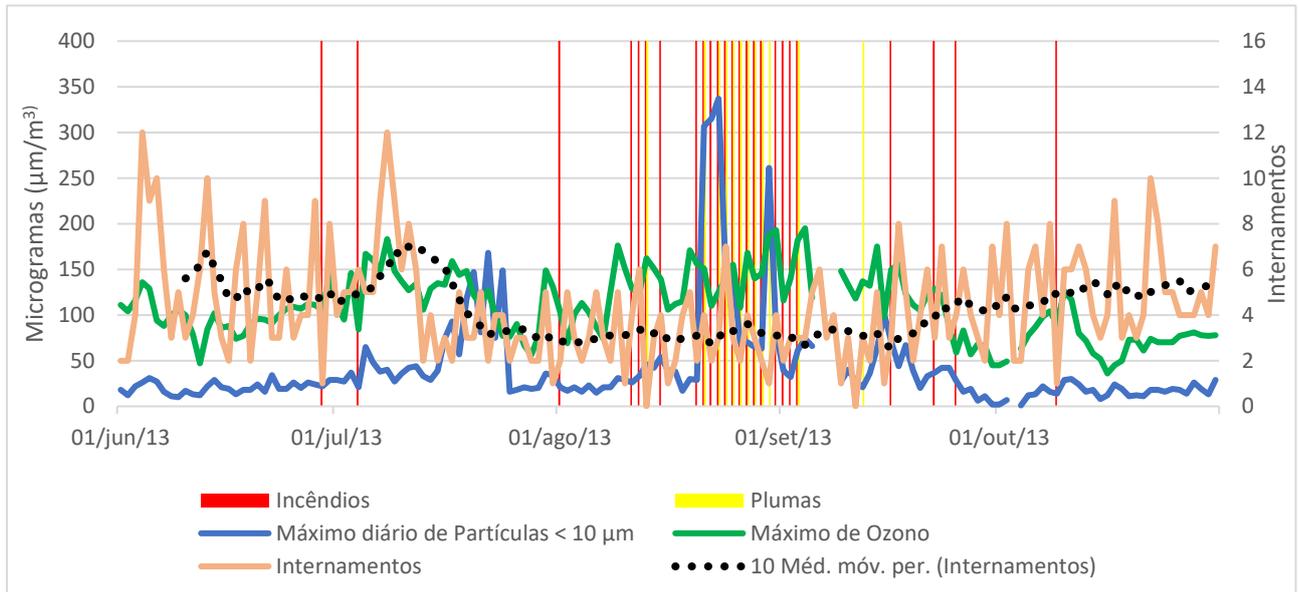


Figura 23-Máximo diário de Partículas PM10 e Ozono registado na estação de Fornelo do Monte e os internamentos ocorridos de Maio a Outubro no ano de 2013

Fonte: QUALAR e Administração Central Do Sistema de Saúde (GDH)

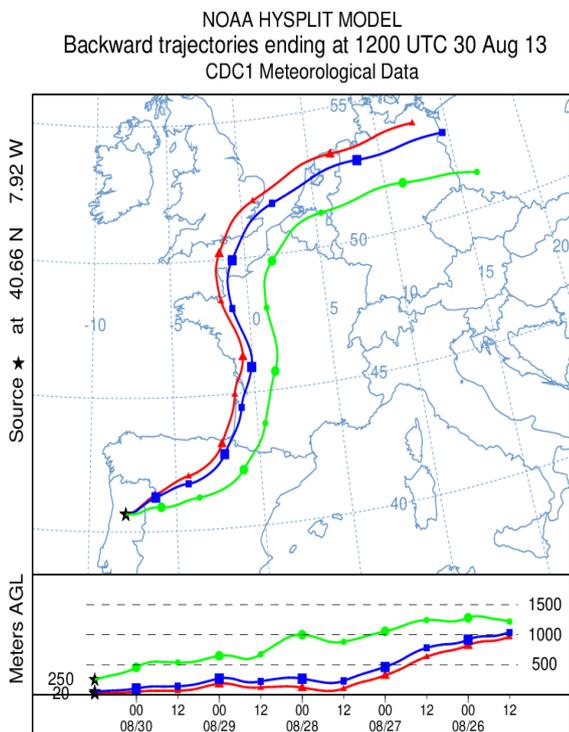


Figura 24-Retrotrajetória HYSPLIT – 30 de agosto de 2013

Fonte: HySpilt

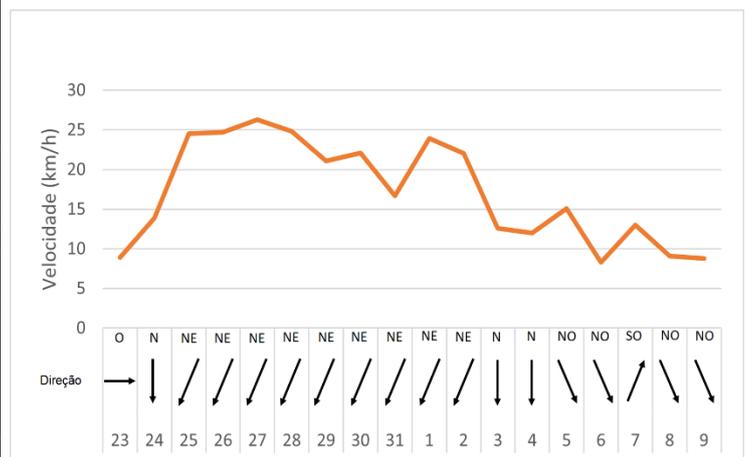


Figura 25- Direção e velocidade do vento - Evento 23 (23/08/2013 a 09/09/2013)

Fonte: OGIMET

As PM10 são o poluente que mais aumenta em dias de plumas de fumo, nas quatro estações em análise, uma tendência que foi também verificada por outros autores (Fowler, 2003; Liu et al. 2015; Youssouf et al., 2014). Estas partículas provocam alterações e patologias no sistema respiratório, levando ao aumento dos internamentos. A comparação com os períodos de controlo foi importante, tendo sido utilizados também por (Deflorio-barker et al., (2019), de forma a compreender os efeitos específicos de eventos como os incêndios na qualidade do ar, comparando o nível de poluentes antes e depois dos eventos.

No entanto, é preciso ter em conta que os poluentes analisados, nomeadamente os óxidos e dióxidos de azoto, derivam também de outras atividades para além de incêndios, nomeadamente de origem antrópica, como a utilização do automóvel e a atividade industrial (Lisboa & Rodrigues, 2013). Por essa razão, nos dias sem plumas também se ultrapassam os limiares estabelecido no DL 102/2010, como se verificou na estação de Estarreja, onde dos 136 dias em análise 41 estavam acima dos limites, na estação de Ílhavo, 17, na estação do Centro Geofísico de Coimbra, 37 e na de Fornelo do Monte, 6 dias. No entanto, existe uma maior facilidade de ultrapassar os limites estabelecidos quando estes poluentes de origem antrópica se juntam com os presentes nas plumas de fumo, derivadas de incêndios. Contudo, a análise específica feita com os dados da estação de Fornelo, e considerando períodos de referência sem plumas, mostra que a ocorrência de incêndios tem uma influência substancial na qualidade do ar, em particular no que respeita às partículas (PM10).

## 4-Internamentos

### 4.1 – Análise dos internamentos da região de Viseu Dão-Lafões

A libertação de partículas derivadas do fumo dos incêndios florestais levam ao aumento da morbidade, dos internamentos de cariz respiratório e das urgências

hospitalares com patologias respiratórias da população exposta, ameaçando assim a saúde pública (Liu et al 2015; Marcelino, 2015; Reisen et al. 2015).

Apesar da falta de dados existente para as PM2.5, existem inúmeros estudos como os de Alonso-Blanco et al., (2018); Marcelino, (2015); Reisen et al., (2015); Youssouf et al., (2014); Souza et al., (2012), que realçam que as partículas ultrafinas (PM2.5), apresentam igualmente um elevado risco para a saúde, justifica-se devido ao seu tamanho, podendo penetrar na corrente sanguínea. A inalação de partículas e a sua acumulação no sistema respiratório levam à criação de uma inflamação local que depois afeta a circulação sanguínea. Nesta, os mediadores celulares promovem stresse oxidativo e a inflamação acaba por afetar o coração (Marcelino, 2015).

Os internamentos assumem um papel importante na análise da influência das plumas de fumo na saúde respiratória da população de Viseu e podem ser provenientes de 3 hospitais distintos: Hospital Distrital de Lamego no concelho de Lamego, Hospital Cândido Figueiredo em Tondela e o principal, Hospital de São Teotónio, em Viseu, que recebe a maioria da população, registando 91,4% dos internamentos por doenças respiratórias nos eventos e nos períodos de controlo (93, 2%) (quadro 16).

Quadro 16— Internamentos por Hospital em Viseu no Período de 2005 a 2015

Fonte: Administração Central Do Sistema de Saúde (GDH)

Eventos de plumas de fumos decorrentes dos incêndios					População Vulnerável Mais de 65 anos				População Vulnerável Até 4 anos			
Hospital	Eventos	%	Período de controlo	%	Eventos	%	Período de controlo	%	Eventos	%	Período de controlo	%
Lamego	61	4,6	34	5,1	40	3,7	22	4,1	10	21,7	7	25
Tondela	49	3,8	18	2,7	45	4,2	18	3,3	-	-	-	-
Viseu	1175	91,4	618	93,2	988	92,1	502	92,6	36	78,3	21	75

Analisando os dados para todo o período em estudo, sem seleção prévia dos dias dos eventos, entre os 700000 internamentos disponibilizados, foram utilizados 218434, Após seleção do período de referência de junho a outubro de 2005 a 2015, apenas 8771 dos internamentos eram de origem respiratória, 54% destes eram relativos a pessoas do género masculino e 46% do género feminino.

Nesta análise mais geral, evidenciaram-se que todos os anos registam números bastante elevados de internamentos, destacando-se os anos de 2005, 2006, 2009 e 2010 com valores mais altos. Os últimos anos do período em estudo registam uma tendência decrescente, manifestada principalmente a partir do ano de 2012 até 2015 (figura 26).

Na figura 26 verifica-se uma distribuição bastante regular por género, existindo 6 anos onde se destaca o género feminino e os restantes 5 onde o género masculino predomina, principalmente nos anos de 2005 e 2006.

Apesar dos homens possuírem uma maior percentagem de internamentos no período de referência, as mulheres acabam por se destacar em anos específicos, registando percentagens mais elevadas nos anos de 2009, 2010 e a partir de 2012, podendo isto ser explicado pela vulnerabilidade que acarretam e pela potencialidade de serem mais afetadas por doenças respiratórias, podendo estar mais expostas aos poluentes e às plumas de fumo.

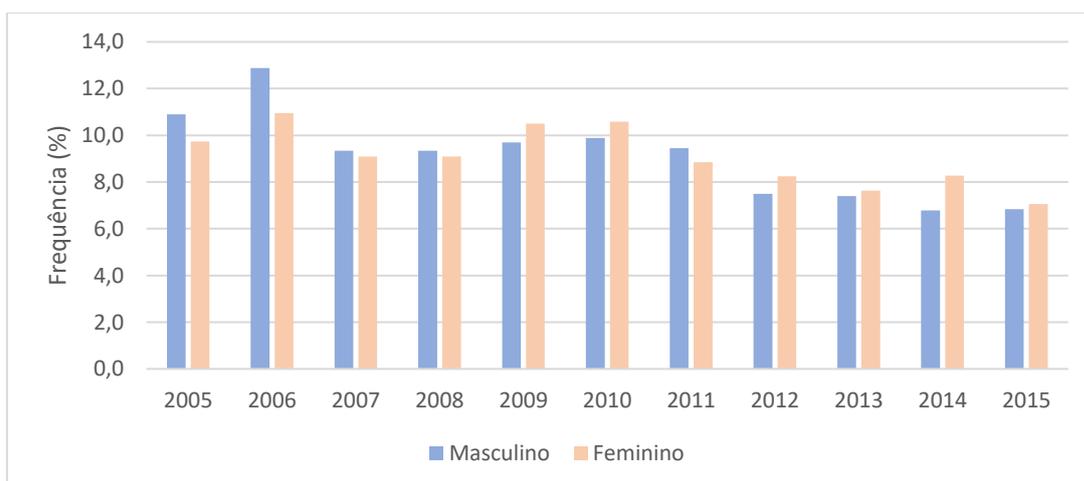


Figura 26- Internamentos totais por doenças respiratórias no período de maio a outubro dos anos de 2005 a 2015 na sub-região Viseu Dão Lafões no Período de 2005 a 2015 por género

Fonte: Administração Central Do Sistema de Saúde (GDH)

## 4.2- Eventos com plumas

Após a seleção dos hospitais e dos dias em que ocorreram as plumas e os respetivos eventos (10 dias seguintes), os internamentos correspondem a 1285 casos para a população geral e cerca de 1117 casos para a população vulnerável (crianças e idosos- 86,9%). Para o período de controlo, o procedimento foi semelhante, obtendo um total de 670 hospitalizações por causas respiratórias.

Dos 1285 casos registados ao longo dos eventos selecionados, existe uma variação por género. Como mostra a figura 26, ao longo do período de 2005 a 2015, as hospitalizações devido a doenças respiratórias, durante os eventos, manifestam-se numa maior percentagem nos homens do que nas mulheres, registando novamente para os eventos, os primeiros uma percentagem de 55% enquanto elas registaram uma percentagem de 45%.

Os eventos (figura 27) possuem várias discrepâncias quanto à sua distribuição anual. Os anos que registam uma maior percentagem de internamentos por causas respiratórias são os anos de 2005, com 29% do total e 375 internamentos assinalados, e o ano de 2011 com 16% e 201 internamentos contabilizados; segue-se 2010 com 15% dos internamentos devidos a causas respiratórias, com 186 registos, e ainda de realçar, o ano de 2013 com apenas 10% do total (134 internamentos), apesar de ser um dos anos mais importantes para esta análise e ter registado eventos com emissão de plumas de fumo na região de Viseu. O ano de 2009 é o que possui o menor número de internamentos, representando apenas 4% dos internamentos totais relativos a eventos de cariz respiratório. Os anos de 2007, 2008 e 2014 foram retirados desta análise, pela impossibilidade de detetar plumas visíveis e por terem uma área ardida reduzida e um baixo número de internamentos.

Quanto à população vulnerável, o cenário não é muito diferente do que acontece com a população no geral. A população vulnerável foi selecionada dentro da população total, nos dias dos eventos tendo em conta as crianças até 4 anos e a população com mais de 65. Nesta análise, 53% da população hospitalizada é do género masculino, enquanto os restantes 47% são do género feminino.

Os eventos de fumo associados aos incêndios registam assim, como se mostra na figura 28, no seu total cerca de 1117 casos em Viseu, destacando-se novamente o ano de 2005 com 28% das hospitalizações e com 317 internamentos registados. Segue-se 2011 com 15% e 171 internamentos e 2010 com a mesma percentagem; à semelhança da população geral, os anos que se seguem são o de 2013, com 117 entradas e com 10% dos internamentos totais selecionados. Os anos que continuam a manter menos entradas no hospital motivados por doenças de cariz respiratório foram 2009 e 2015, com apenas 49 e 97 entradas respetivamente, relativas à população vulnerável.

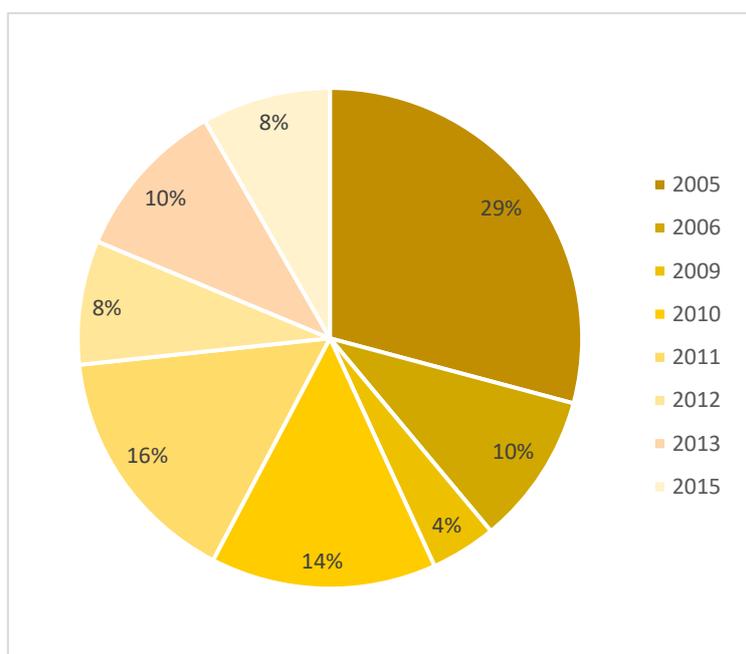


Figura 27-Número de Internamentos por causa respiratória nos eventos (toda a população) na região de Viseu no período de 2005 a 2015 de junho a outubro (%)

Fonte: Administração Central Do Sistema de Saúde (GDH)

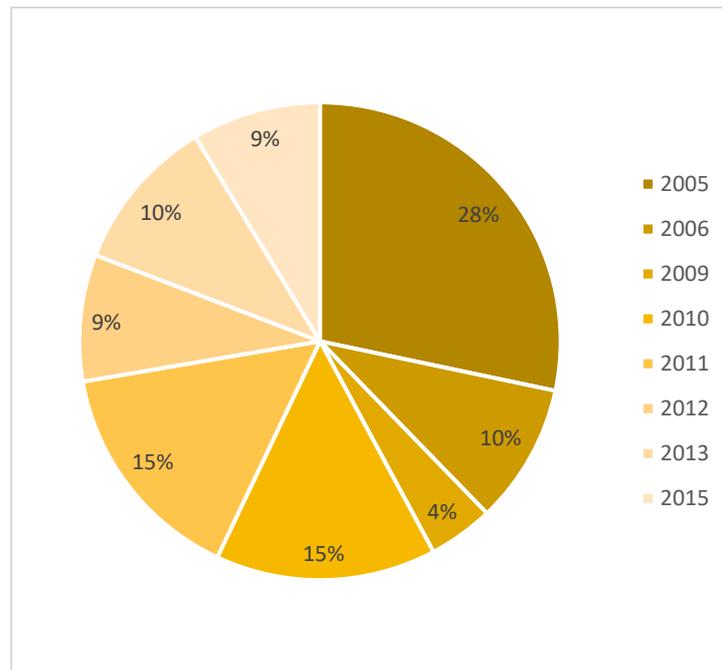


Figura 28-Número de internamentos por causa respiratória na população com menos de 4 anos e mais de 65 na região de Viseu no período de 2005 a 2015 de junho a outubro (%)

Fonte: Administração Central Do Sistema de Saúde (GDH)

Comparando as duas situações dos eventos (população geral e população vulnerável), é possível observar na figura 29 que existe uma variação muito reduzida entre a população no geral e a população vulnerável em relação aos internamentos na região de Viseu. Em todos os anos, no período de 2005 a 2015, a população geral apresenta valores ligeiramente mais altos, mas na maior parte dos anos, a população vulnerável atinge percentagens muito próximas e por vezes superiores aos registados na população geral, como é o caso de 2012 e 2015.

Ou seja, com a exceção do ano de 2005 onde existe uma maior diferença, todos os outros anos manifestam diferenças muito pequena entre a percentagem de internamentos registados em ambos os casos, sendo assim possível inferir que, além de os eventos levarem ao aumento dos internamentos, a maior parte dos internamentos registados são referentes a população vulnerável, possuindo o resto da população uma menor proporção de pessoas afetadas.

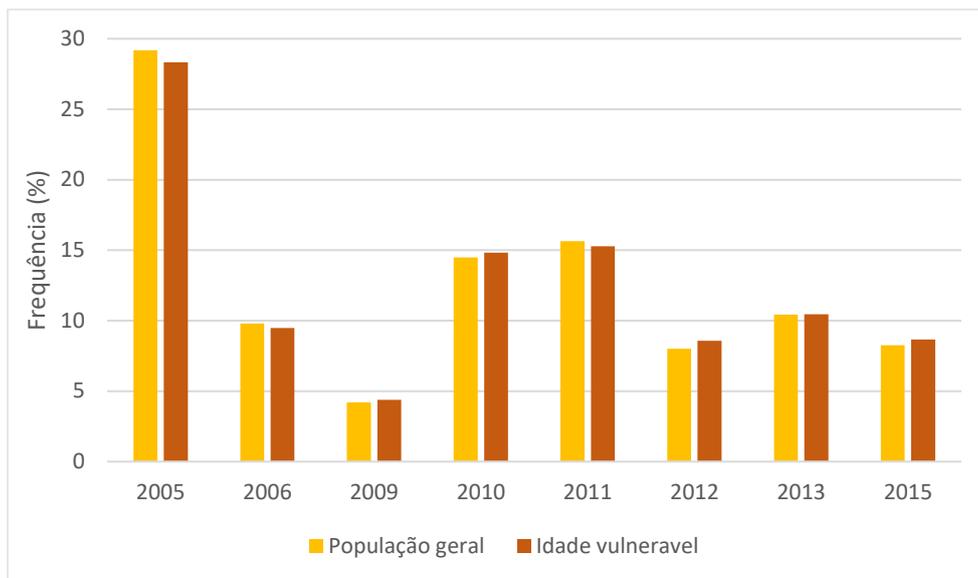


Figura 29-Comparação da % de internamentos nos eventos entre a população total (todas as idades) e população mais vulnerável (<4 e +65 anos) - período 2005 a 2015 de junho a outubro em Viseu

Fonte: Administração Central Do Sistema de Saúde (GDH)

As doenças de cariz respiratório que afetam a população em Viseu nos 28 eventos (ver quadro 3), são diversas, não se verificando diferenças no tipo de doenças que afetam a população total e a população vulnerável (figuras 30 e 31). À semelhança dos resultados obtidos por outros autores como Deflorio-barker et al. (2019) Marcelino, (2015); Youssouf et al., (2014) e Martins et al (2009) relativamente às doenças respiratórias, para Viseu destacam-se com maior regularidade as seguintes doenças:

- as pneumonias devido a organismos não especificados (1), representando no caso da população total 36,5% e para a vulnerável 37%;
- a Bronquite Aguda (2) com 22,4% para a população geral e de 24% para a população vulnerável;
- as doenças do aparelho respiratório (3), não classificado em outra parte, com 16,8% na população geral e 17,9% na população vulnerável;
- e as Bronquite várias (4,5,9) que representam 11,1% das doenças na população geral e 11,5 na população vulnerável;

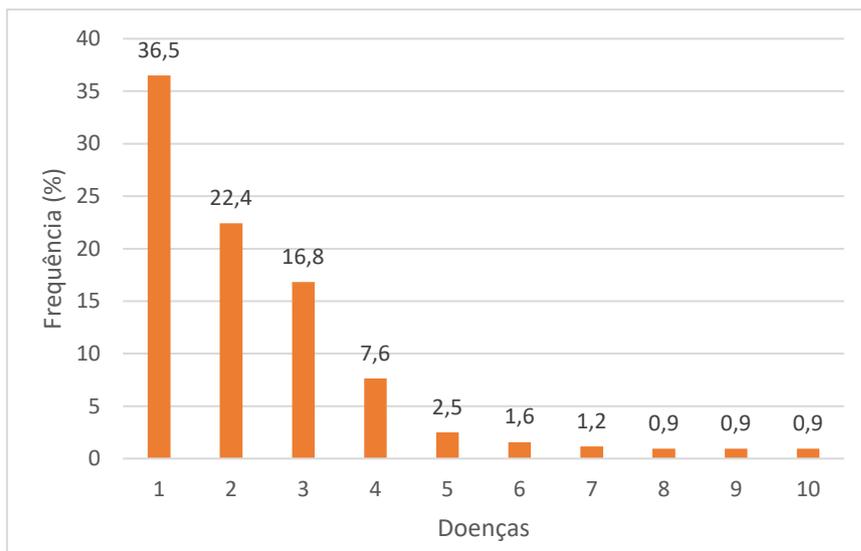


Figura 30- Patologias respiratórias registadas nos 28 eventos na População total- todas as idades (%)

Fonte: Administração Central Do Sistema de Saúde (GDH)

- 1-Pneumonia Devida A Microrganismo Não Especificado
- 2- Bronquite Aguda
- 3-Doenças Do Aparelho Respiratório, Ncop
- 4-Bronquite Cronica Obstrutiva, Com Exacerbação (Aguda)
- 5-Bronquite Cronica Obstrutiva, Com Bronquite Aguda
- 6-Infecoes Agudas Das Vias Respiratórias Superiores De Local Não Especificado
- 7-Asma Não Especificada, Com Exacerbação (Aguda)
- 8-Bronquite, Não Especificada Como Aguda Ou Cronica
- 9-Asma Não Especificada, Com Estado Asmático
- 10-Derrame Pleural Específico

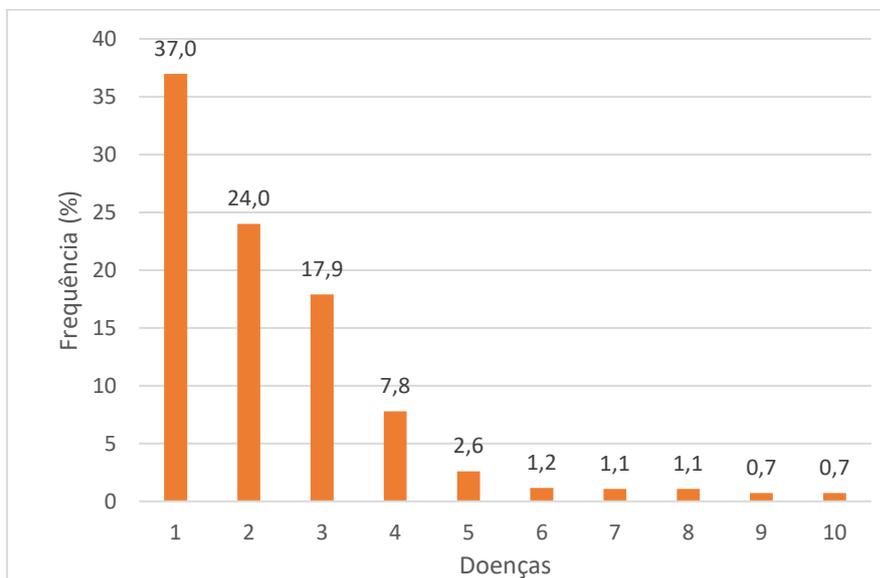


Figura 31-Patologias respiratórias registadas nos 28 eventos na População Vulnerável ( <4 e + 65 anos) (%)

Fonte: Administração Central Do Sistema de Saúde (GDH)

- 1-Pneumonia Devida A Microrganismo Não Especificado
- 2-Bronquite Aguda
- 3-Doenças Do Aparelho Respiratório, NCOP
- 4-Bronquite Cronica Obstrutiva, Com Exacerbação (Aguda)
- 5-Bronquite Cronica Obstrutiva, Com Bronquite Aguda
- 6-Asma Não Especificada, Com Exacerbação (Aguda)
- 7-Infecoes Agudas Das Vias Respiratórias Superiores De Local Não Especificado
- 8-Asma Não Especificada, Com Estado Asmático
- 9-Bronquite Não Especificada Como Aguda Ou Cronica
- 10-Derrame Pleural Específico

### 4.3- Internamentos nos períodos de controlo

Os internamentos para o período de controlo foram recolhidos de acordo com as datas estabelecidas anteriormente (quadro 3) e foram registados no total 670 hospitalizações devido a doenças respiratórias, sendo 52% homens e 48% mulheres. Ao nível da população geral, de acordo com a figura 32, os anos que mais se destacam neste período são 2005, com 20% dos internamentos, 2011 onde se destacam 25% das hospitalizações e o ano de 2015 com uma percentagem de 13%. No extremo oposto destaca-se o ano de 2013 com 5% dos internamentos.

Comparativamente, a população vulnerável não regista tendências muito diferentes das analisadas anteriormente, sendo esta quase tão elevada como a população geral nos períodos de controlo. Possui uma distribuição idêntica por género (50%), destacando-se novamente 2011 com 26% das hospitalizações e 2013 com valores inferiores, como é possível observar na figura 33.

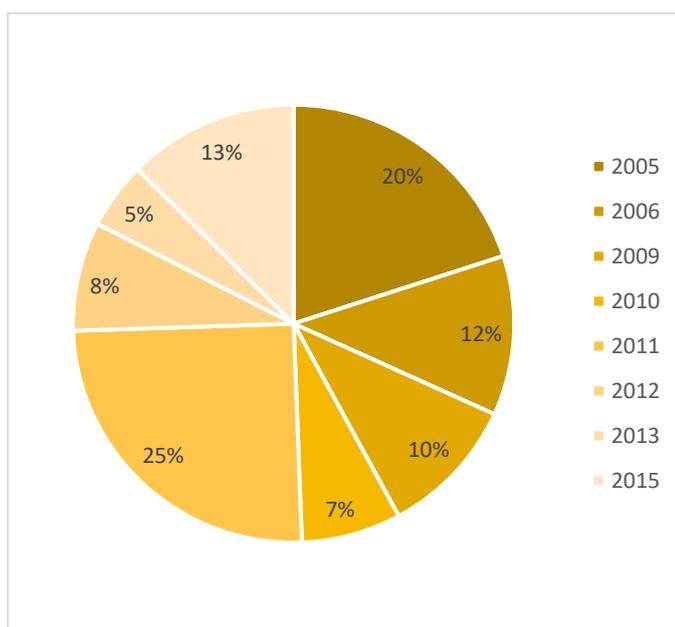


Figura 32-Internamentos por patologia respiratória na população total (de todas as idades) no período 2005 a 2015 de junho a outubro em Viséu- período de controlo (%)

Fonte: Administração Central Do Sistema de Saúde (GDH)

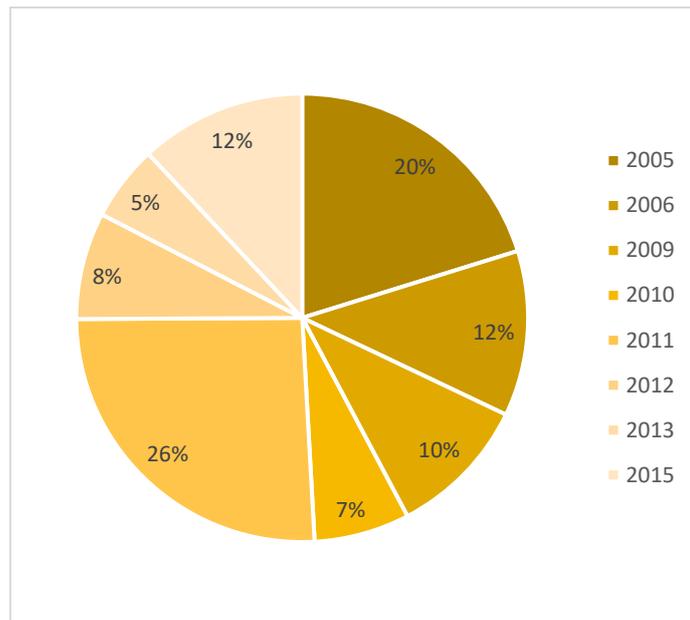


Figura 33-Internamentos por patologia respiratória no período de controlo período 2005 a 2015 de junho a outubro em Visu (%) - Idade Vulnerável

Fonte: Administração Central Do Sistema de Saúde (GDH)

Como é possível ver na figura 34, no período de controlo, a população total e a população vulnerável seguem a mesma tendência registada nos eventos. Verificando-se que a população vulnerável tem valores muito próximos e por vezes superiores aos registados nos internamentos referentes à população de todas as idades. As diferenças entre as percentagens da população total e a vulnerável são muito reduzidas, possuindo a maioria dos anos percentagens muito semelhantes (exemplo de 2006 e 2009), destacando-se deste conjunto apenas 2011 pela elevada percentagem nas duas situações e por a população vulnerável se destacar visivelmente da geral.

Tendo em conta estes resultados, nota-se que a população vulnerável (crianças e idosos) é a mais afetada por doenças respiratórias, em relação a população jovem e adulta, mesmo nos períodos de controlo. Estes resultados vão de encontro ao referido por outros autores (Deflorio-barker et al., 2019; Marcelino, 2015; Youssef et al., 2014; Martins et al., 2009). À semelhança do que se apresenta nas figuras 27 e 28, nos períodos com plumas de fumo, as diferenças são mais acentuadas entre a população geral e a mais vulnerável nos anos com mais internamentos.

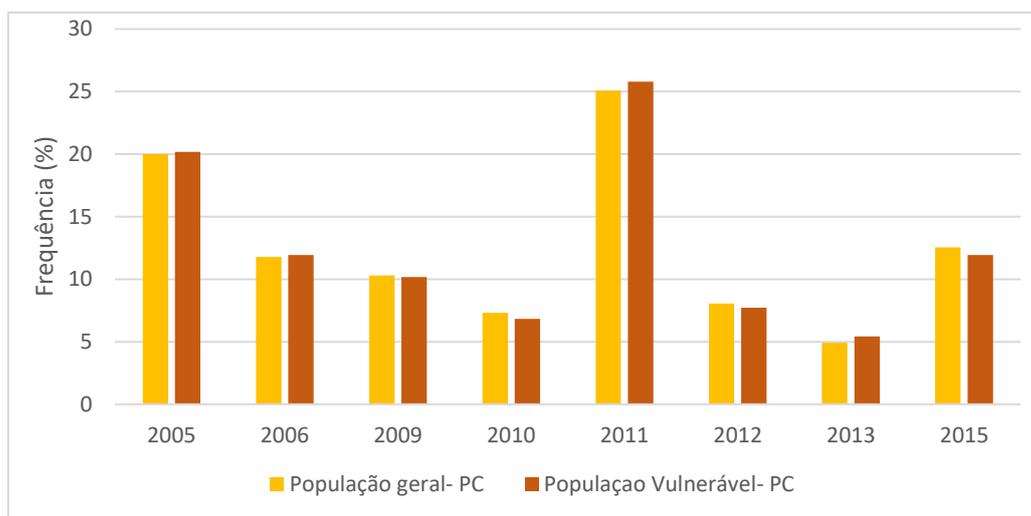
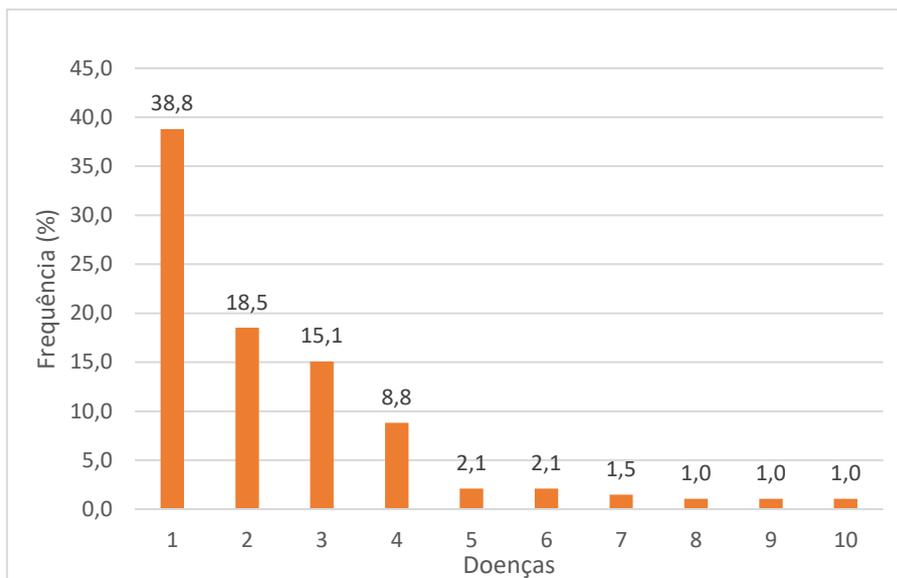


Figura 34- Comparação da % de internamentos nos períodos de controlo- comparação da população geral com a idade Vulnerável (<4 e +65) no período 2005 a 2015 de junho a outubro em Viseu

Fonte: Administração Central Do Sistema de Saúde (GDH)

As doenças que mais se manifestam são, na sua maioria, semelhantes às realçadas anteriormente, como mostram as figuras 35 e 36. As pneumonias (1) continuam a afetar mais, 38,8% na população geral e 38,1% na população vulnerável; a bronquite aguda (2), prejudica 18,5% na população geral e 20,2% na população vulnerável e as doenças do aparelho respiratório, NCOP (3), continuam com valores elevados, afetando 15,1% referente a toda a população e 16,1% para a população vulnerável.

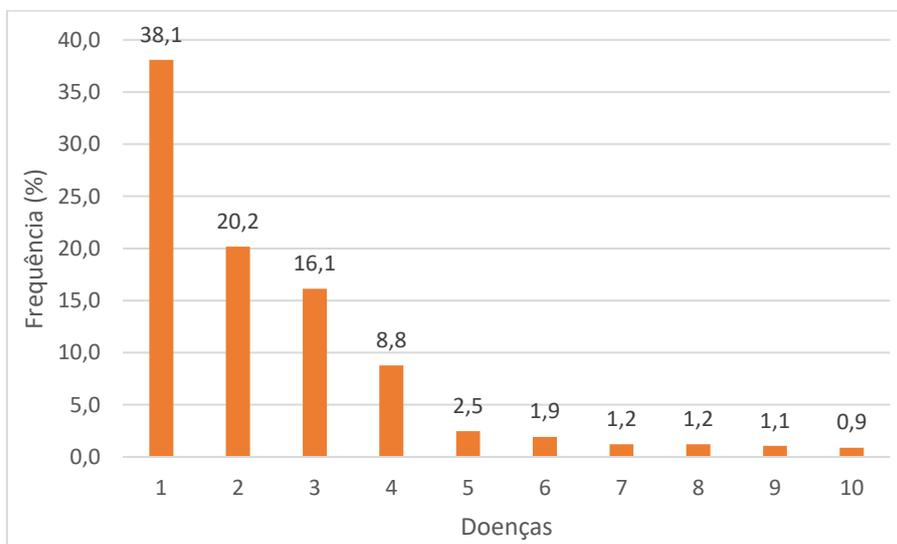
Neste conjunto de doenças existem diferenças entre as doenças que afetam a população geral e a população vulnerável, destacando-se nas figuras 32 e 33, mas possuem percentagens muito baixas que variam entre 0,9 e 1,0%.



- 1-Pneumonia Devida A Microrganismo Não Especificado
- 2-Bronquite Aguda
- 3- Doenças Do Aparelho Respiratório, Ncop
- 4- Bronquite Cronica Obstrutiva, Com Exacerbação (Aguda)
- 5-Bronquite Cronica Obstrutiva, Com Bronquite Aguda
- 6- Doenças Do Pulmão, Ncop
- 7- Derrame Pleural Não Especificado
- 8-Asma Não Especificada, Com Exacerbação (Aguda)
- 9- Falência Respiratória Aguda
- 10- Falência Respiratória Aguda E Cronica

Figura 35- Patologias respiratórias registadas no período de Controlo - População de todas as idades (%)

Fonte: Administração Central Do Sistema de Saúde (GDH)



- 1-Pneumonia Devida A Microrganismo Não Especificado
- 2-Bronquite Aguda
- 3-Doenças Do Aparelho Respiratório, Ncop
- 4-Bronquite Cronica Obstrutiva, Com Exacerbação (Aguda)
- 5-Bronquite Cronica Obstrutiva, Com Bronquite Aguda
- 6-Doenças Do Pulmão, Ncop
- 7-Derrame Pleural Não Especificado
- 8-Falencia Respiratória Aguda E Cronica
- 9- Insuficiência Pulmonar, Não Classificável Em Outra Parte
- 10-Bronquiolite Aguda Devida A Organismo Infecioso N/Classificável Em Outra Parte

Figura 36- Patologias respiratórias registadas no período de Controlo-

População Vulnerável (%)

Fonte: Administração Central Do Sistema de Saúde (GDH)

#### 4.4- Comparação entre os 12 eventos e os períodos de controlo-população vulnerável

Para realizar uma comparação mais aprofundada dos internamentos, recorreu-se aos eventos que possuíam período de controlo (12 eventos) e analisou-se apenas a população vulnerável: por ser a que apresentou mais relevância nesta análise, pela sua predominância nos internamentos relativos a doenças respiratórias e também porque é potencialmente mais afetada pelo fumo dos incêndios florestais. Esta comparação foi elaborada para obter uma relação mais direta entre os eventos e o período de controlo, à semelhança do realizado por Benmarhnia et al., (2014) nas comunidades de controlo.<sup>9</sup>

A população com mais de 65 anos apresenta uma maior número de internamentos, sendo assim a mais afetada de acordo com Deflorio-barker et al., (2019). Na região de Viseu, verifica-se que o número de internamentos associados aos eventos com plumas de fumo para a população com idade superior a 65 anos, nem sempre é superior aos números registados nos períodos de controlo (figura 37), como acontecia nas análises anteriores.

No outro extremo destacam-se as crianças dos 0 aos 4 anos, que devido ao sistema imunológico fraco, também podem ser mais afetadas pelas plumas de fumo, como defende no seu estudo (Elliott, 2015) realizado em Vancouver ligado aos incêndios e à saúde pública da população da região da *British Columbia*.

É observável que as percentagens dos internamentos registados nos 12 eventos selecionados são superiores às observadas no período de controlo sem plumas de fumo apenas em 3 dos 8 anos. Estas ocorrências podem ser explicadas pela elevada área ardida existente nestes anos. Nos outros anos, além dos valores obtidos no período de controlo serem superiores aos registados nos eventos, a diferença entre os períodos é notória, variando entre 2 a 4%, como no caso de 2006 e 2009.

---

<sup>9</sup> Cidades/ locais observados antes e depois dos incêndios com o objetivo de avaliar as alterações existentes.

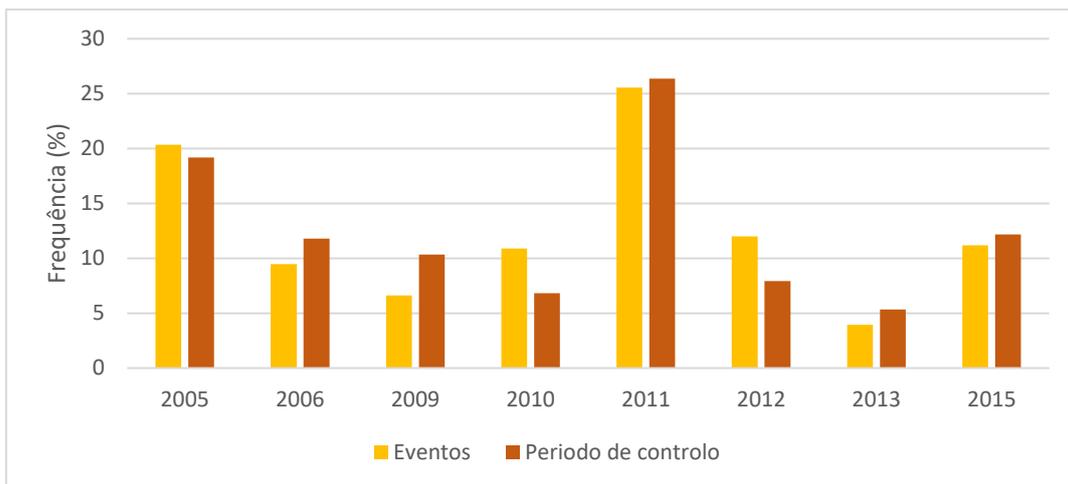


Figura 37-Internamentos registados na população com idade superior a 65 anos nos 12 eventos e no período de controlo no período 2005 a 2015 de junho a outubro em Viseu

Fonte: Administração Central Do Sistema de Saúde (GDH)

Quanto às crianças, o cenário é diferente do anterior. Os eventos possuem uma maior percentagem de internamentos na maioria dos anos, em comparação como períodos de controlo, destacando-se o ano de 2011 com um valor mais alto.

Quanto aos anos em que os períodos de controlo se destacam, não existem diferenças muito significativas à exceção de 2005, que se distancia em cerca de 20% dos valores registados nos eventos.

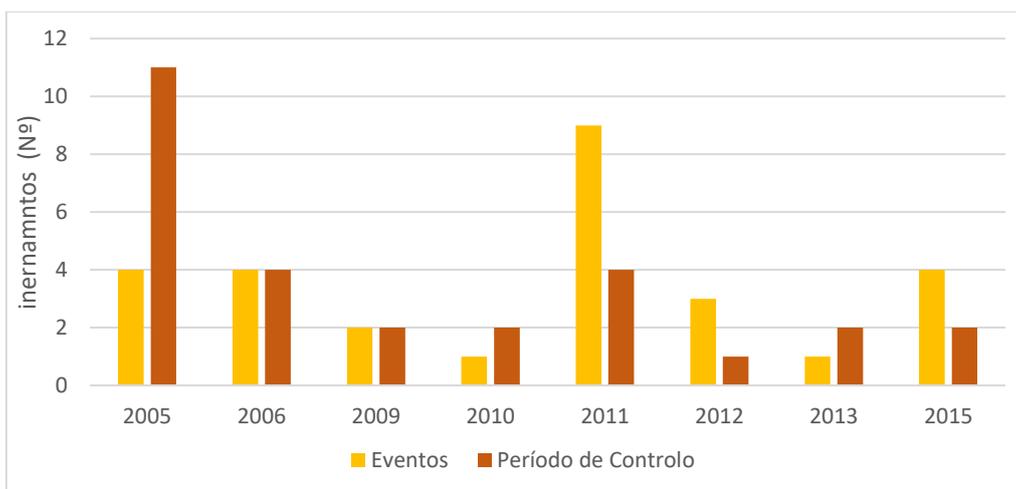


Figura 38-Internamentos registados na população igual ou inferior a 4 anos nos eventos e período de controlo, no período 2005 a 2015 e de junho a outubro, em Viseu

Fonte: Administração Central Do Sistema de Saúde (GDH)

Quanto ao género da população internada, verifica-se que na população superior a 65 anos é notória a continua tendência onde o género masculino é mais afetado e o que regista mais internamentos, quer nos eventos (52,5% que corresponde a 333 internamentos) (figura 39) quer no período de controlo (50,7% que dizem respeito a 275 internamentos).

Nas crianças, os valores registados são semelhantes nos eventos, destacando-se novamente o género masculino com 60,7% dos internamentos. No entanto, no período de comparação, o género feminino apresenta uma percentagem de 65,5%, além de terem um maior número de anos com valores superiores aos masculinos (figura 40).

Posto isto, é possível perceber que a ocorrência de eventos leva ao aumento dos internamentos na população vulnerável, no entanto, as diferenças registadas entre os eventos e os períodos de controlo em alguns casos são muito reduzidas e por vezes os valores até são superiores nos períodos de controlo, embora a população vulnerável seja sempre afetada.

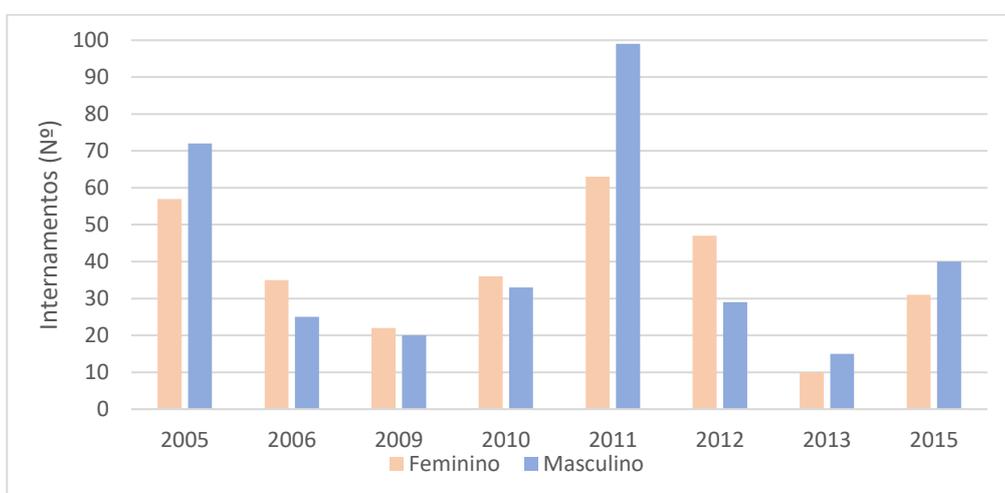


Figura 39-Internamentos registados nos 12 Eventos de pessoas com idade superior a 65 anos, por género no período 2005 a 2015 de junho a outubro em Viseu

Fonte: Administração Central Do Sistema de Saúde (GDH)

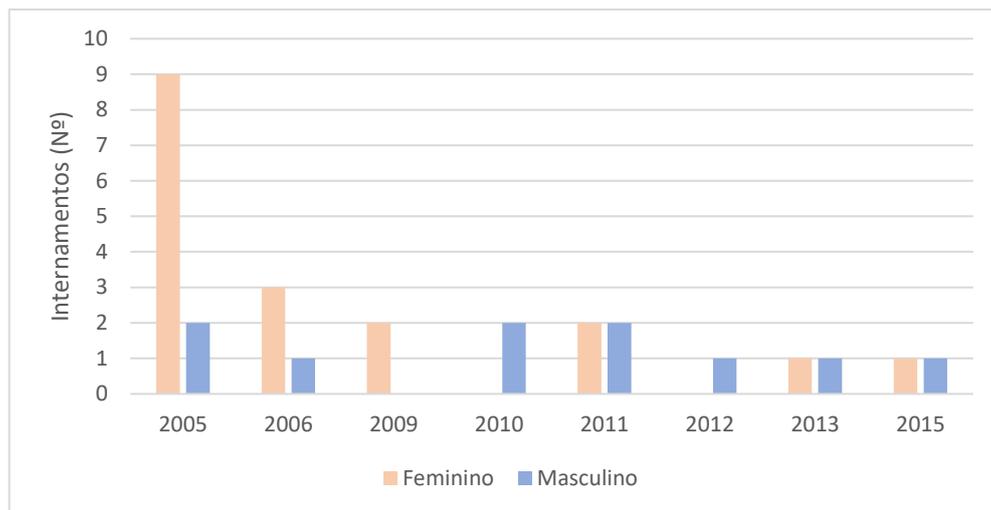


Figura 40-Internamentos registados nos períodos de controlo com idades <4 anos por género no período 2005 a 2015 de junho a outubro em Viseu

Fonte: Administração Central Do Sistema de Saúde (GDH)

Quanto às doenças registadas para a população vulnerável com idade superior a 65 na região de Viseu (anexo 3), as principais doenças manifestadas continuam a ser registadas no período total dos eventos e no período de controlo analisados anteriormente, destacando-se novamente: a pneumonia devida a microrganismo não especificado com 38,2% nos eventos e no período de controlo 38,9%; a bronquite aguda que assinala nos eventos 23,3% e no período de controlo 21,2% e as doenças do aparelho respiratório, que detêm nos eventos selecionados uma percentagem de 16,4% e o período de controlo têm uma percentagem de 16,7% (anexo 4).

Quanto às crianças, estas são afetadas na maioria por patologias diferentes das analisadas anteriormente, e vão ao encontro de Frauches et al., (2017) que refere um aumento das infeções nas vias aéreas superiores e doenças mais graves, destacando-se no caso de Viseu e presentes no anexo 3: a asma não especificada, com exacerbação (aguda), afetando nos eventos 25% das crianças, enquanto no período de controlo representa apenas 3,8%; a bronquiolite aguda devida a organismo infeccioso não classificável em outra parte, possui nos eventos uma percentagem de 21,4% e no período de controlo não vai além dos 7,1% e as doenças do aparelho respiratório, NCOP que apresentam uma percentagem de 10,7% nos eventos em análise e no período de

controlo 7,1%. A pneumonia devida a microrganismo não especificado além de ser a mais frequente, como analisado anteriormente, nas crianças só é relevante nos períodos de controlo registando uma percentagem de 17,9%.

A maior divergência registada na comparação destes dois períodos recai sobre a bronquiolite aguda devida a vírus sincicial respiratório que afeta 14,3% das crianças durante os eventos e nos períodos de comparação não se manifesta.

Todos estes registos relativamente às doenças na população com idade superior a 65 anos, está de acordo com os resultados de Deflorio-Bbarker et al., (2019), Redeout ,(2016); Youssouf et al., (2014) e Benmarhnia et al. (2014) ), que mostram que as pneumonias, as bronquites e os enfisemas são as que mais afetam a população.

No estudo realizado nos Estados Unidos da América por Deflorio-barker et al., (2019), com dados de 2008 a 2010, são relacionadas as doenças cardiorespiratórias com a libertação de partículas durante os incêndios, comprovando que as PM10 libertadas aumentam o risco de hospitalizações, verificando-se a mesma situação na região de Viseu, pois a libertação de PM10 verificada nas estações em análise em elevadas quantidades e excedendo os limites estabelecidos, promovem a ocorrência de internamentos.

Em suma, o ano de 2005 registou uma área ardida mais elevada que os restantes anos (28,97% acima da média de 2005-2015), e conseqüentemente a emissão de plumas foi também muito elevada, o que se repercute num aumento dos internamentos por doenças respiratórias nos dias sucessivos aos eventos. O ano de 2011 teve uma área ardida 3,38% superior à média do período em análise, refletindo-se também nos internamentos, assumindo este ano, percentagens consideravelmente altas quer nos eventos, quer nos períodos de controlo.

Pelo contrário, nos anos com menor área ardida e menor emissão de plumas, o número de internamentos mantém-se próximo entre os dois períodos (com e sem plumas de fumo), sendo por vezes superior nos períodos de controlo. Esta tendência mostra que a influência das plumas de fumo derivadas dos incêndios florestais é visível nos anos em que a área ardida é mais elevada; noutros anos, apesar de ocorrerem

incêndios, as emissões de poluentes por parte de outras atividades podem ultrapassar as plumas, resultados corroborados por (Naeher et al., 2007; ) e (Reisen et al., 2015), que desenvolveram o seu estudo voltado para a revisão das características dos incêndios florestais, a sua influência na saúde pública e os fatores que os condicionavam, mencionando que a junção do fumo com poluentes nas áreas urbanas, no caso de cidades muito poluídas, os efeitos podem ser mais acentuados.

De ressaltar também que, além de nos internamentos referentes aos eventos e períodos de controlo se manifestarem mais doenças respiratórias nos homens, tendo em conta o período total de 2005 a 2015 de junho a outubro, os homens possuem uma percentagem maior, no entanto as mulheres registam percentagens superiores em vários anos. Este facto pode dever-se ao número de residentes de mulheres em Viseu ser superior ao dos homens, segundo o INE.

## 5- Análise de Risco de inalação de fumo pela População

A análise de risco aqui realizada tem como intuito analisar de que forma os residentes nas freguesias de Viseu podem ser afetados pelo fumo dos incêndios florestais, e quais as freguesias que, tendo em conta as plumas de fumo cartografadas entre 2005 e 2015 e a análise da vulnerabilidade social da população residente, possuem maior grau de Risco à inalação de fumo.

### 5.1- Ocorrências de Plumias de fumo identificadas por Deteção Remota

Através da sobreposição das 55 plumas de fumo cartografadas para a região de Viseu foi possível perceber quantas delas se sobrepunham, quantas freguesias afetavam e a quantidade de vezes que cada freguesia foi afetada. Foi feito um cálculo de probabilidade baseado em registos históricos recentes: neste caso, a probabilidade representa a frequência com que as plumas de fumo afetaram uma freguesia no período

de 2005 a 2015 (quadro 17). Estes valores foram determinados pela frequência de plumas de fumo que afetavam as 274 freguesias de Viseu, através da sua delimitação por deteção remota, sendo o valor mínimo de 8 plumas e o valor máximo de 34, como mencionado na metodologia.

Quadro 17- Frequência de plumas e número de freguesias afetadas na região de Viseu

Classes	Frequência de plumas	Freguesias Afetadas	Área afetada (%)
8 a 13	Muito baixa	30	11
14 a 18	Baixa	108	39,4
19 a 23	Moderada	75	27,4
23 a 28	Alta	44	16,1
29 a 34	Muito Alta	17	6,2

Tendo em consideração as classes definidas através da divisão dos valores em intervalos iguais, foi possível observar a que classe cada freguesia pertence, assim como a proporção de área e população que pertence a uma determinada classe.

A figura 41 apresenta as freguesias do distrito de Viseu que foram afetadas pelas plumas de fumo, (quadro 17). Nesta classe constam as 30 freguesias que representam 11% do total da área afetada, na sua maioria, localizada no nordeste de Viseu, próxima dos limites do distrito (figura 41 a verde-escuro).

Na segunda classe, com uma perigosidade baixa destaca-se 39,4% da área afetada pelas plumas de fumo. Esta localiza-se na sua maioria a Norte de Viseu, estendendo-se para Este. Destacam-se ainda 29 freguesias, com números próximos do limiar mais alto desta classe.

Quanto à área pertencente à classe moderada das freguesias afetadas pelas plumas de fumo corresponde a 27,4% e é composta por um grupo de 75 freguesias (figura 45 a amarelo). Está distribuída ao longo de todo o distrito de Viseu, mas localiza-

se sobretudo no centro e Este da região. Neste grupo destacam-se também freguesias cercadas por outras de classes mais altas, como por exemplo a Sudoeste (junto aos limites do distrito com Coimbra e Aveiro).

A classe alta (laranja) é composta por 44 freguesias que correspondem a uma área de 16,1%. Esta área encontra-se mais no Centro e Sul de Viseu, com algumas freguesias muito próximas dos limites do distrito com Coimbra, Guarda e Aveiro.

Por último, as freguesias com classe de perigosidade muito alta, possuem 6,2% da área total, (figura 44 a vermelho). A este grupo pertencem 17 freguesias, localizando-se na sua maioria, na zona Sul, e no Oeste do distrito de Viseu, junto ao distrito de Aveiro.

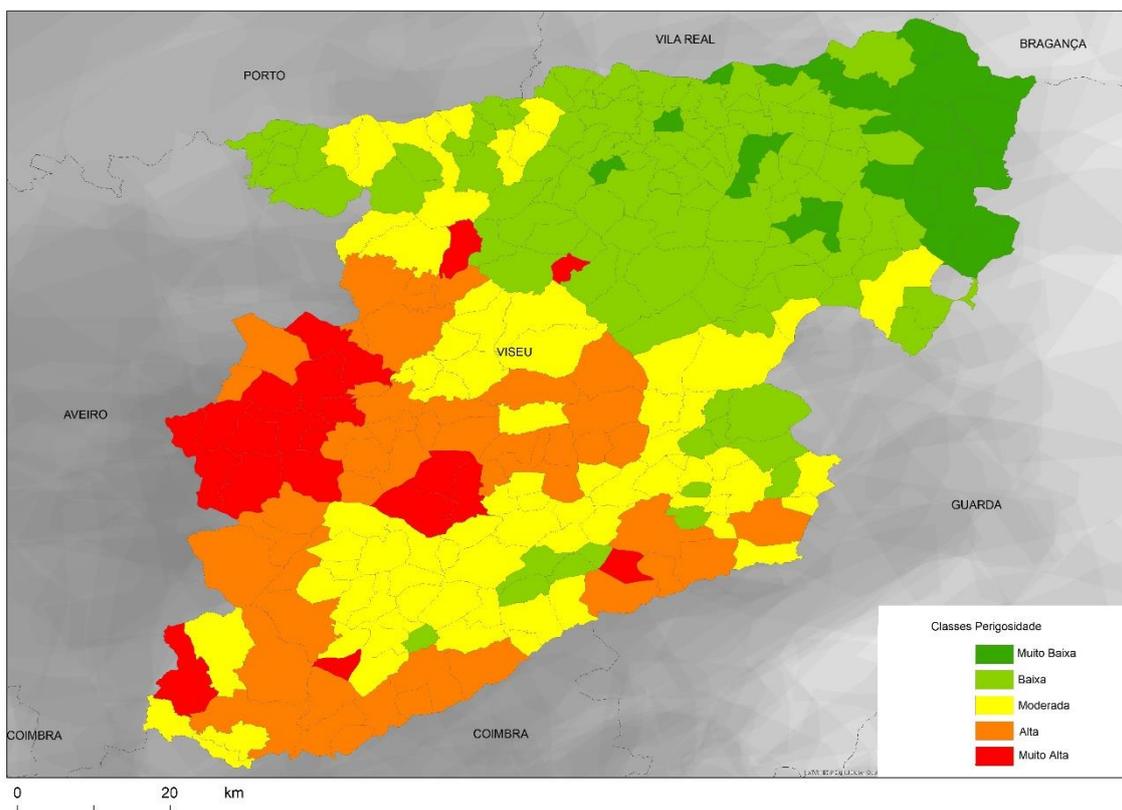


Figura 41-Classes da frequência de plumas nas freguesias do distrito de Viseu, calculado pelo número de plumas de fumo registadas entre 2005 e 2015

## 5.2- Elementos Expostos e Exposição normalizada

Esta componente tem em conta a população residente por freguesia, ou seja, quanto mais população, maior será o número de elementos expostos. Esta normalização em quantis foi realizada através de uma classificação manual que tem em consideração 5 classes tendo em conta o valor máximo e mínimo de plumas, calculando-se de acordo com a diferença e cada classe incluindo 5 valores diferentes, à exceção da primeira e última classe. O nível de população que se considera em cada variação entre os intervalos de 1145 (0,6- classe 1) e 230553 (100- Classe 5).

Quadro 18- Análise do número de residentes por freguesia e número de freguesias por classe – Região de Viseu

Classe	Elementos expostos	Freguesias	Área elementos expostos(%)	Residentes
1	Muito Baixa	185	67,5%	97287
2	Baixa	67	24,5%	102873
3	Moderada	17	6,2%	63110
4	Alta	2	0,7%	12283
5	Muito Alta	3	1,1%	25186

A distribuição das freguesias por classe de elementos expostos é muito diversa, porque o número de residentes é muito variável no distrito (máximo e mínimo).

A classe de elementos expostos mais baixa é constituída por 185 freguesias, correspondendo a 67,5% da área total. A área desta classe localiza-se na maior parte no Norte e Oeste de Viseu, embora algumas freguesias também se encontrem espalhadas pelo resto da região (figura 42 a azul-escuro e quadro 18).

Quanto à classe baixa de elementos expostos baixa, esta representa 67 freguesias e 24,5 % da área que se concentra sobretudo na zona centro, Este e Oeste de Viseu. (figura 42 a azul-claro).

A classe moderada de elementos expostos agrupa 17 freguesias que representam 6,2% da área total. Esta encontra-se essencialmente na parte central do distrito (figura 42 a amarelo).

Apenas duas freguesias pertencem à classe de elementos expostos alta, correspondendo assim a 0,7% da área com um número de residentes substancialmente elevado (12283). Esta localizada no centro do distrito e correspondente às freguesias de Viseu e Campo (figura 42 a laranja e anexo 1).

Por fim, a última classe regista valores muito elevados de elementos expostos devido ao seu número mais elevado de residentes (25186). Posto isto, nestas o nível de exposição é muito alta e possui apenas por 1,1 % da área total, abrangendo as freguesias de Abraveses, Rio da Loba e a União das freguesias de Mangualde, Mesquitela e Cunha Alta (ver anexo 1). Estas estão localizadas no centro de Viseu, à exceção da última (figura 42 a vermelho).

Os elementos expostos e a frequência de plumas têm uma distribuição bastante semelhante no que diz respeito à localização das áreas com uma classe mais baixa, localizando-se em ambos os casos a Norte do distrito. Na zona central, encontram-se as áreas correspondentes às classes de perigosidade moderada e alta, ocorrendo o mesmo na maioria nas áreas correspondentes a estas classes de elementos expostos, encontrando-se algumas destas freguesias dispersas pelo distrito. Todavia, as classes mais altas da perigosidade estão maioritariamente localizadas no Oeste, enquanto o maior nível de elementos expostos se encontra no **sudeste** do distrito de Viseu, devido ao número mais alto de residentes nas freguesias deste setor.

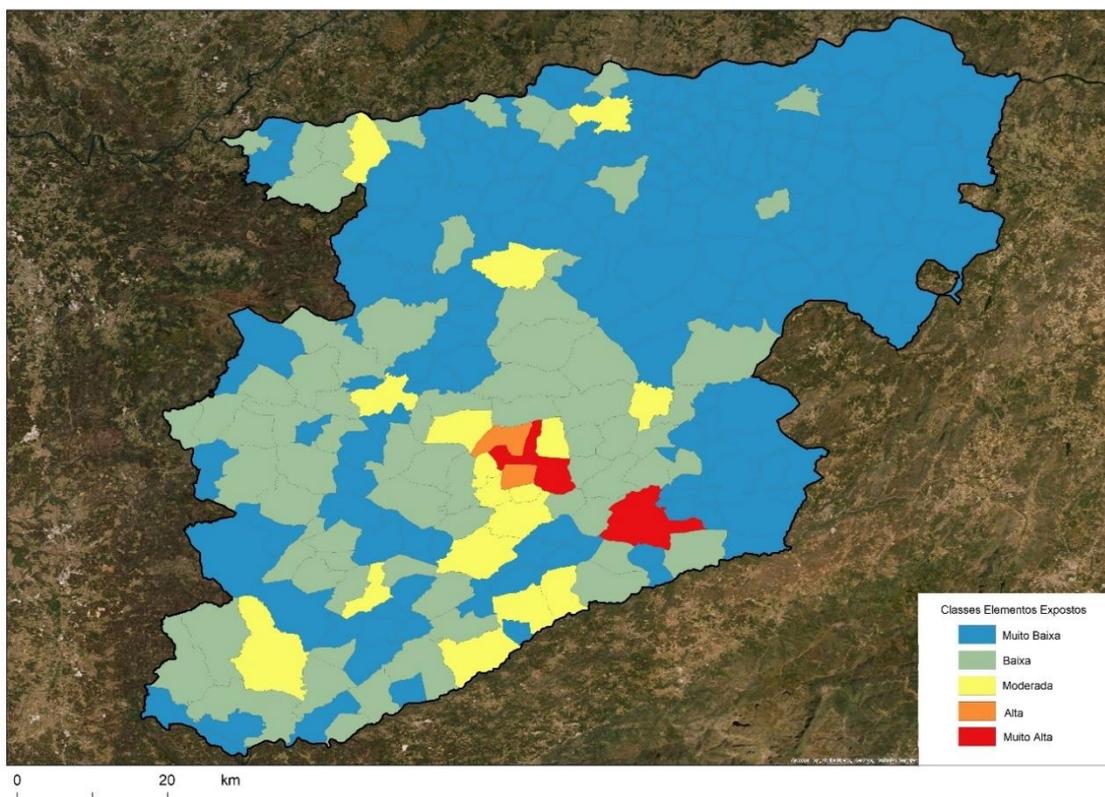


Figura 42-Elementos expostos - classes de número de residentes nas freguesias no distrito de Viseu

Posteriormente foi calculada a exposição, que está relacionada com a perigosidade (frequência de plumas) (quadro 19).

Quadro 19-Classes da Exposição às plumas de fumo e número de freguesias por classe – Região de Viseu

Classe	Níveis de exposição normalizada	Freguesias	Áreas com exposição (%)	Residentes
1	Muito Baixa	85	31,0%	53677
2	Baixa	112	40,9%	160168
3	Moderada	64	23,4%	75255
4	Alta	11	4,0%	10482
5	Muito Alta	2	0,7%	1157

Tendo isto em consideração, a classe muito baixa encontra-se em 85 freguesias que correspondem a 31,0% da área total, localizada na maioria no Norte e no Noroeste do distrito.

A Classe de exposição baixa é a que possui uma maior representatividade com 40,9% da área total, agrupando 112 freguesias. Esta classe está bem distribuída ao longo de todo o distrito de Viseu (figura 43 a azul-esverdeado).

A Classe 3 representa a exposição moderada e fazem parte destas 64 freguesias, corresponde a uma área exposta de 23,4%. À semelhança da anterior também está bem dispersa ao longo de todo o distrito de Viseu (figura 43 a amarelo).

Quanto à classe alta, a sua exposição é elevada, representando apenas 4,0% da área, ou seja, 11 freguesias. Estas situam-se na maioria no centro do distrito de Viseu e registam uma exposição alta devido ao número elevado de plumas em relação à população residente (figura 43 a laranja).

Quanto à classe de exposição muito alta, as freguesias que a compõem são União das freguesias de Boa Aldeia, Farminhão e Torredeita e União das freguesias de Paradela e Granjinha (anexo 1), representando apenas 0,7 % da área exposta.

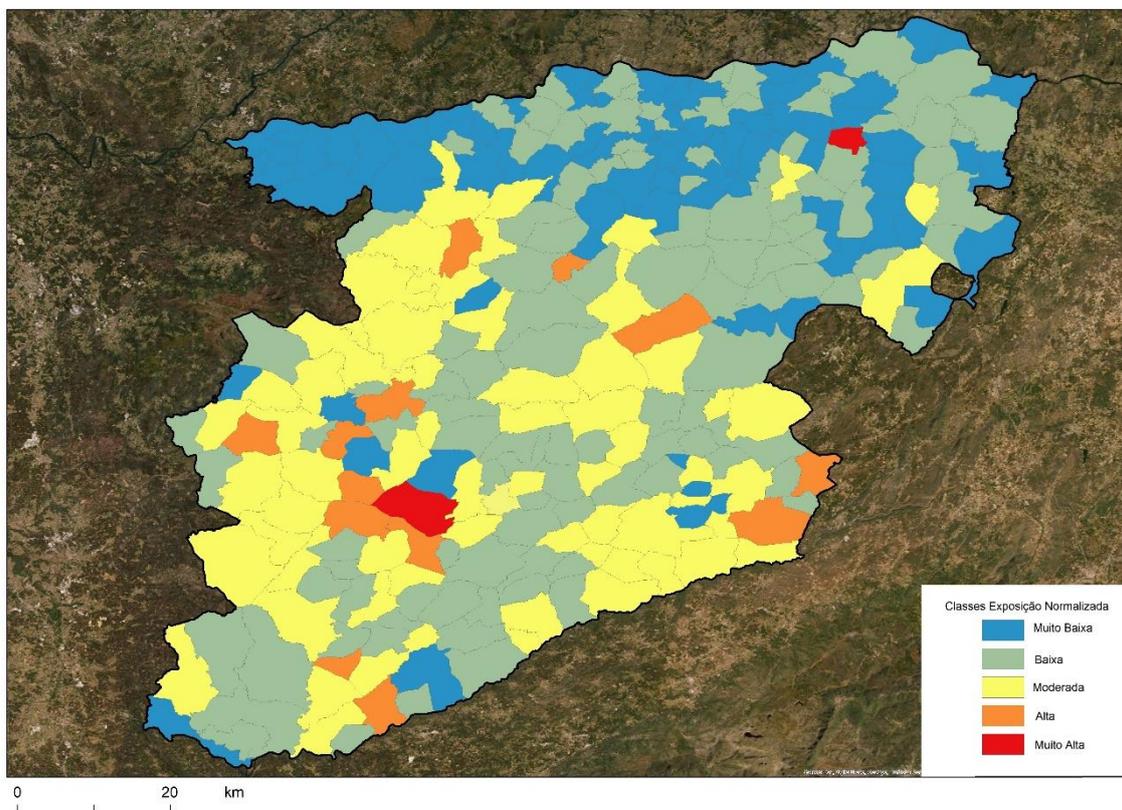


Figura 43-Exposição normalizada das plumas de fumo- Freguesias com maior exposição no distrito de Viseu

### 5.3- Vulnerabilidade

A vulnerabilidade tem em consideração variáveis ligadas às características demográficas, sociais e económicas da população e, que podem influenciar o impacto que esta sofre pela ocorrência de um evento (incêndio com plumas de fumo).

Quadro 20- Classes da Vulnerabilidade e Número de freguesias por classe – Região de Viseu

Classe	Níveis de Vulnerabilidade	Freguesias	Áreas vulneráveis
1	Muito Baixa	78	28,8%
2	Baixa	66	24,1%
3	Moderada	53	19,3%
4	Alta	36	13,1%
5	Muito Alta	41	15%

Assim sendo, a Classe 1 de vulnerabilidade muito baixa, corresponde a uma área de 28,5% e agrupa 78 freguesias tendo em conta as características sociais e demográficas (quadro 8). Estas freguesias localizam-se na zona centro e Norte do distrito de Viseu. (figura 44 a azul)

A segunda classe, ainda com uma vulnerabilidade baixa, agrupa 66 freguesias, correspondendo a 24,1% da área total em análise na região de Viseu. Esta área localiza-se na maioria no Norte de Viseu, à exceção de um pequeno grupo a Sul e da freguesia de Pinheiro (ver anexo 1) que é a única isolada do grupo (figura 44 a azul-esverdeado).

A terceira classe possui vulnerabilidade moderada, consta nesta classe 19,3 % da área, mais concretamente 53 freguesias de acordo com o quadro 20, devido as suas características demográficas e sociais moderadas (quadro 8 ). Esta classe localiza-se em vários áreas do distrito de Viseu, como por exemplo a Este, a Oeste e a Sul ( figura 44 a amarelo).

A quarta classe representa a vulnerabilidade alta possuindo as características que a representam 13,1% da área total de Viseu, ou seja, 23 freguesias. Tendo em

atenção a figura 44 onde está representada a laranja, esta área com alto nível de vulnerabilidade esta distribuída em grupos, ao longo de todo o distrito, isolando-se deste grupo de freguesias a União de freguesias de Arca e Varzielas.

Por fim, na classe de vulnerabilidade muito alta devido as características sociais que apresentam maior vulnerabilidade (quadro 8), estão presentes 41 freguesias que correspondem a uma área de 15%. De acordo com a figura 44, esta área localiza-se sobretudo a norte, a sul e a sudeste, entre os limites de Coimbra e Viseu (destacada a vermelho).

A vulnerabilidade distingue-se bastante da exposição e da perigosidade porque possui uma distribuição mais equilibrada das áreas, estando a distribuição por classe mais organizada. A distribuição das áreas vulneráveis diferem das análises da perigosidade e exposição, pois as freguesias pertencentes às classes mais baixas (Classes 1 e 2) estão localizadas em grande parte no Norte de Viseu, enquanto que na vulnerabilidade estas áreas situam-se maioritariamente entre as classes 3 e 5, corresponde assim às que têm maior vulnerabilidade .

A zona Centro do distrito, quer na perigosidade quer na exposição é assumida como a área onde se localizam as freguesias que pertencem às classes mais altas (classe 4 e 5) diferendo do registada na figura 44, que mostra que ao centro, existe uma vulnerabilidade baixa. Contudo, de realçar a parte mais a Sul e a Este, onde a vulnerabilidade coincide com os valores registados na perigosidade e também com uma das duas freguesias que possui uma exposição muito alta (União das freguesias de Mangualde, Mesquitela e Cunha Alta).

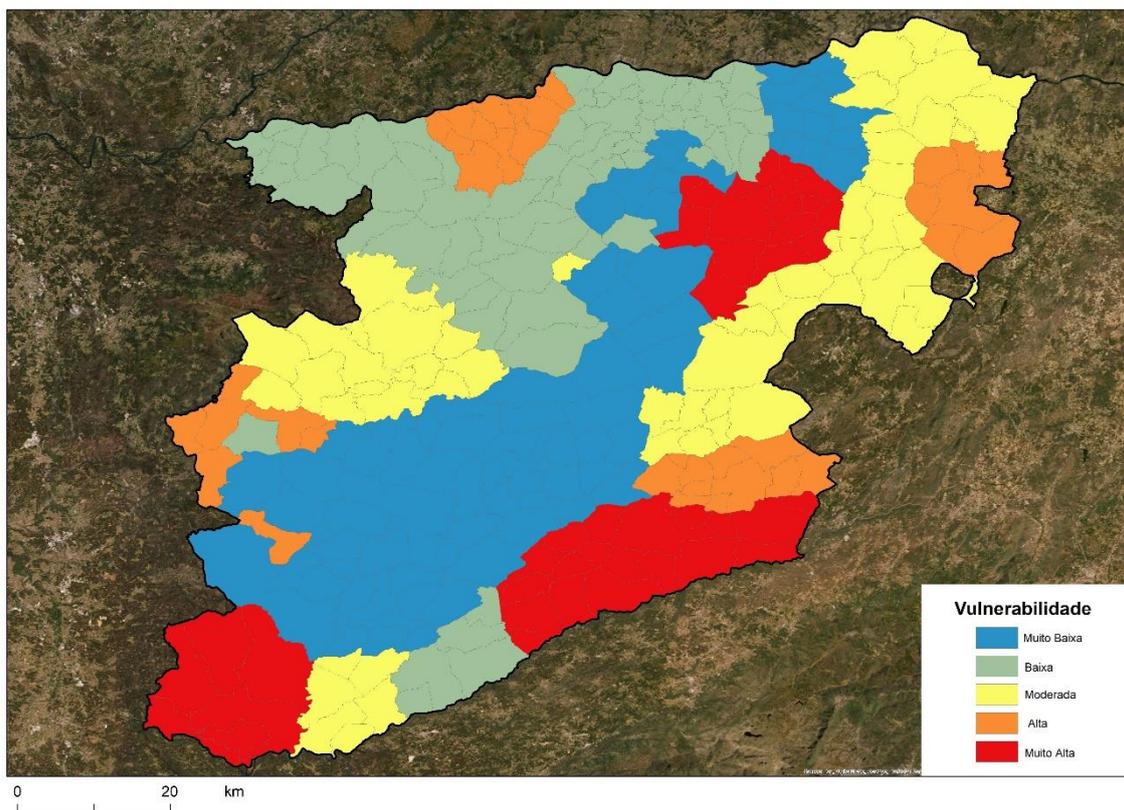


Figura 44-Vulnerabilidade - Freguesias com maior vulnerabilidade na região de Viseu

#### 5.4- Risco

Como foi salientado no ponto 5.4 da metodologia, o risco de inalação de fumos com implicações na saúde respiratória foi calculado em função da população exposta e vulnerável e da afetação pelas plumas de fumo, que se obteve pela multiplicação das classes da exposição (nº de residentes e plumas) e da vulnerabilidade da população. Na figura 48 e no Quadro 21 é apresentam-se as freguesias com um grau de risco maior. As classes foram calculadas de acordo com a metodologia (página 62).

Quadro 21-Classes de Risco e número de freguesias por classe – Região de Viseu

Classe	Níveis de Risco	Freguesias	Áreas de Risco
1-2	Muito Baixo	116	42,4%
3-4	Baixo	90	32,8%
5-9	Moderado	57	20,8%
10-15	Alto	10	3,7%
>16	Muito Alto	1	0,4%

As freguesias pertencentes à Classe 1 possuem um grau de Risco muito baixo, correspondendo a uma área de 42,4% da total e distribui-se ao longo de todo o distrito, mais no centro, pois contam nesta 116 freguesias das 274 que existem no distrito de Viseu (figura 45-verde escuro).

A classe 2 possui um nível de risco baixo e varia entre o 3 e o 4 de acordo com a matriz de risco. Esta classe é baixa porque constam nela as freguesias pouco expostas e as que possuem uma vulnerabilidade não muito elevada. Nesta estão representadas 90 freguesias que correspondem a 32,8% da área em análise. A semelhança da classe anterior está dispersa ao longo de todo o distrito de Viseu, destacando-se apenas um grupo maior a Nordeste.

Na classe 3, constam as multiplicações entre as classes de exposição e de vulnerabilidade que registaram valores intermédios, fazendo parte 20.8% da área em análise, mais concretamente 57 freguesias. Como as anteriores, este grupo de freguesias é bastante dispenso pelo distrito, apenas se destacando a zona Oeste, uma pequena parte a Este e a que está próxima dos limites de distrito com Coimbra.

A classe 4 é a que corresponde ao risco alto após multiplicação das variáveis. Estes valores são elevados porque combinam a vulnerabilidade e exposição elevada.

Esta classe dispõe de uma área de 3,7%, agrupando as freguesias de Nelas; Canas de Senhorim; Sobral; União das freguesias de Mortágua, Vale de Remígio, Cortegaça e

Almaça; Moimenta da Beira; Espinho; Fornos de Maceira Dão; Senhorim, União das Freguesias de Santiago de Cassurrães e Póvoa de Cervães e Pala (ver anexo 1).

Na classe 5 é a que tem um grau de risco muito elevado. Após o cálculo das variáveis, apenas 0,4% da área total se enquadrava nesta classe, tratando-se apenas da freguesia de União das freguesias de Mangualde, Mesquitela e Cunha Alta, localizada na zona mais a Este do distrito de Viseu e destacada a vermelho na figura 45. De realçar que esta freguesia tem um elevado grau de risco porque conjuga uma elevada frequência de plumas com vulnerabilidade e exposição elevadas (anexo 5). Nos outros casos, quando uma destas componentes é mais baixa, o grau de risco também diminui. As freguesias que apresentam um risco alto são aquelas que têm uma classe de vulnerabilidade muito alta mas exposição moderada a baixa.

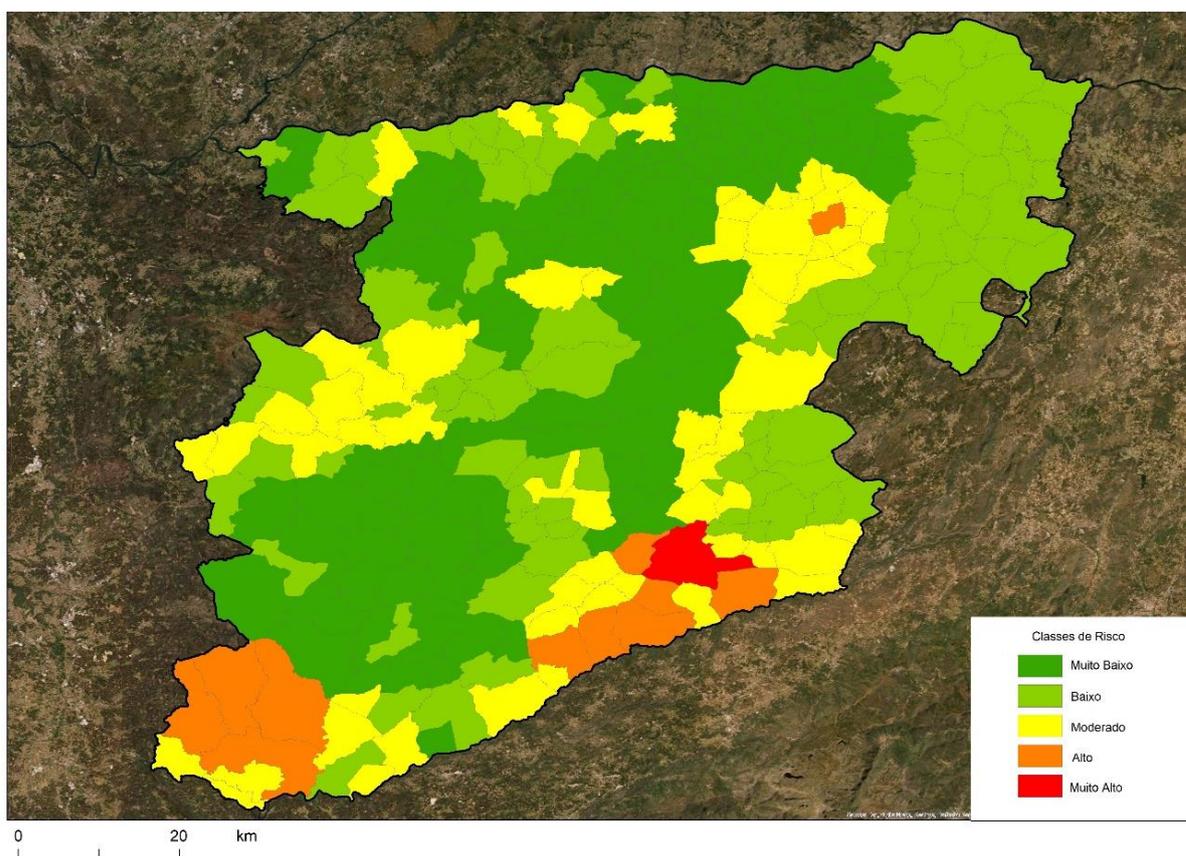


Figura 45 - Risco de inalação de fumos nas freguesias da região de Viseu

## VI- Conclusões

Os incêndios fustigam com bastante regularidade a região de Viseu. Os maiores incêndios ocorreram nos anos de 2005 e 2013, altura em que a ocorrência de plumas também foi maior. Nestes anos, os meses que registaram cenários mais preocupantes foram Agosto e Setembro, quando se verificaram grande parte dos eventos analisados.

De acordo com a análise do total dos registos históricos de plumas no período de 2005 a 2015, as freguesias mais afetadas estão localizadas na parte ocidental da região de Viseu, no limite com Aveiro (freguesias do concelho de Castro Daire, S. Pedro do Sul, Oliveira de Frades); a sul da região, perto dos limites de Coimbra (Santa Comba Dão, Carregal do Sal e Nelas); perto do limite com a Guarda e no centro do distrito de Viseu, nos municípios de Viseu e Tondela. A norte, as freguesias dos concelhos de Resende, Lamego e Armamar foram as áreas que menos sofreram a influência das plumas de fumo.

O fumo ao longo dos eventos assumiu várias direções, afetando não só o distrito de Viseu, como os distritos contíguos. A maior parte das trajetórias analisadas possuíam uma direção maioritariamente de Noroeste (50,9%) e de Norte (29,1%). Quando entram em Portugal, direccionam-se sobretudo de Nordeste (38,2%), de Este (29,1%) e de Norte (27,3%), coincidindo com a direção do vento. Nos períodos de controlo (quando não ocorreram incêndios), a maioria das massas de ar provém também de Noroeste (37,5%) e Este (18,8%). No entanto, na sua entrada em Portugal, surgiam de Oeste (31,3%) e de Norte (18,8%) nos dias analisados.

Todo o território do distrito de Viseu é afetado pelas plumas de fumo, devendo-se o seu alcance às trajetórias das massas de ar e a direção do vento. Além disso, nem sempre a origem das plumas é no distrito de Viseu, podendo derivar de distritos contíguos, como Aveiro. Devido ao facto de o movimento do vento ser influenciado por estas condições, as plumas de fumo vão atingir também os distritos de Aveiro, Coimbra e, com menos regularidade, o distrito da Guarda.

O fumo libertado pelos incêndios contém uma grande quantidade de poluentes. Nas quatro estações consideradas para a análise da qualidade do ar na região centro, todas ultrapassam os limites estabelecidos na Diretiva 2008/50/CE e DL 102/2010 quer ao nível anual, quer ao nível diário ao longo do período entre 2005 e 2015. A estação de Estarreja é a que assume os piores resultados devido às suas altas concentrações de poluentes, seguindo-se o centro Geofísico de Coimbra, Ílhavo e por último Fornelo do Monte, a única estação localizada dentro da área de estudo.

Comparativamente com as outras estações, Fornelo, apesar de registar eventos acima da média, é a estação que revela melhor qualidade do ar, destacando-se das restantes porque regista valores mais elevados de Ozono quer a nível anual, quer na análise diária dos eventos entre 2005 e 2015.

Os poluentes libertados com maior frequência e que mais influenciam a saúde da população são as partículas PM<sub>10</sub>, que, no caso de Fornelo do Monte, quer nos períodos de referência analisados, quer nos eventos estabelecidos, demonstram que os valores médios registados nunca ultrapassam os limiares de uma forma excessiva, variando entre 3 e 8 µg/m<sup>3</sup> acima do limite de 50 µg/m<sup>3</sup>.

Relativamente à relação entre a ocorrência de plumas de fumo e internamentos por doenças respiratórias, e tendo em consideração os anos de 2005 e 2013, é possível concluir que o aumento dos poluentes conduz a um aumento dos internamentos, essencialmente nos 3 dias seguintes à ocorrência da pluma de fumo.

Durante os eventos, tendem a ser internados mais homens que mulheres. Os anos que registaram maiores internamentos por patologias respiratórias foram os de 2005, 2010, 2011 e 2013, destacando-se a população vulnerável, crianças e idosos, como a que dá entrada de urgência no hospital com maior frequência. As doenças que mais se manifestam são as pneumonias, bronquites, infeções agudas das vias respiratórias e derrames plurais, repetindo-se este cenário, na população vulnerável e nos períodos de controlo. Nestes internamentos por patologia respiratória podem estar implicados outros fatores não relacionados com o fumo, como por exemplo, o tabagismo ou

doenças crónicas pré-existentes coincidentes com as detetadas, não sendo assim possível distingui-lhas.

Devido aos eventos com plumas de fumo, a população vulnerável ainda é mais afetada do que em períodos sem eventos, em relação à restante população. As patologias que afetam a população com idade superior a 65 anos são semelhantes às registadas para a população total, contudo, as crianças, além das doenças já enumeradas, sofrem com maior frequência de laringotraqueíte, infeções agudas nas vias respiratórias superiores e insuficiência pulmonar.

No âmbito da análise de risco, verificou-se que a maioria das freguesias tem uma perigosidade (frequência de plumas) baixa e apenas 16,1% destas possuem uma perigosidade mais alta, localizadas onde existiu uma maior frequência de plumas de fumo entre 2005 e 2015; quanto à exposição, a maioria das freguesias regista uma exposição baixa, existindo apenas 4,8% das freguesias com classes alta e muito alta, destacando-se as freguesias com maior número de residentes. No caso da vulnerabilidade, 13,1% das freguesias apresentam vulnerabilidade alta e 15% vulnerabilidade muito alta devido às suas características económicas e sociais, tais como o nível de escolaridade, número de idosos e mulheres, índice de dependência e longevidade, salários e poder de compra. Nas várias componentes do risco, as freguesias nas classes mais altas variam, com exceção da União das freguesias de Mangualde, Mesquitela e Cunha Alta, que se encontra sempre nas classes mais altas, tendo por isso o maior nível de risco, enquanto apenas 4 % das outras freguesias possuem grau de risco elevado.

Devem ser feitas algumas considerações finais quanto às limitações encontradas no desenvolvimento deste trabalho, que se devem sobretudo à falta de alguns dados relativos à qualidade do ar, em particular para as partículas PM2.5, e à identificação das plumas através das imagens de satélite, que nem sempre é possível devido à cobertura de nuvens.

Tendo em consideração a relevância que este tema e análises semelhantes possuem para a saúde pública, deixa-se como sugestão para trabalhos futuros, o estudo

dos impactos das plumas de fumo na saúde da população, utilizando a mesma metodologia aplicada, para o distrito de Coimbra ou Aveiro, visto que são também bastante afetados pelo fumo dos incêndios, assim como Viseu. Em termos de patologias, Wettstein et al. (2018) expõem os efeitos que as partículas presentes no fumo (sobretudo as mais finas – PM2.5) podem causar ao nível cardiovascular, e no aumento de casos de Alzheimer e Parkinson (Jiménez-Guerrero et al., 2021; Shou et al., 2019) sendo também uma boa via de investigação futura.

## 1- Bibliografia

- Achtemeier, G.L. (2005). Planned Burn- Piedmont. A Local Operational Numerical Meteorological Model for Tracking Smoke on the Ground at Night: Model Development And Sensitivity Tests. *International Journal of Wildland Fire* 14(1), 85–98. DOI:10.1071/WF0404
- Al-Saadi, J., Szykman, J., Pierce, R. B., Kittaka, C., Neil, D., Chu, D. A., ... Lewis Weinstock, Clinton Macdonald, Richard Wayland, Fred Dimmick, A. J. F. (2005). Improving National Air Quality Forecasts With Satellite Aerosol Observations. *American Meteorological Society September, (March), 1249–1261.* [Http://DOI.Org/10.1175/Bams-86-9-1249](http://DOI.Org/10.1175/Bams-86-9-1249)
- Alonso-Blanco, E., Castro, A., Calvo, A. I., Pont, V., Mallet, M., & Fraile, R. (2018). Science Of The Total Environment Wild Fire Smoke Plumes Transport Under A Subsidence Inversion : Climate And Health Implications In A Distant Urban Area. *Science Of The Total Environment, 619–620, 988–1002.* [Http://DOI.Org/10.1016/J.Scitotenv.2017.11.142](http://DOI.Org/10.1016/J.Scitotenv.2017.11.142)
- Bakonyi, M. S. C., Danni-Oliveira, Moresco, I., & Conceição, L. (2004). Poluição Atmosférica E Doenças Respiratórias Em Crianças Na Cidade De Curitiba , PR Air Pollution And Respiratory Diseases Among Children In The City Of Curitiba , Brazil. *Revista Saúde Pública* 2004, 38(5), 695–700.
- Bein, K. J., Zhao, Y., Johnston, M. V, & Wexler, A. S. (2008). Interactions Between Boreal Wildfire And Urban Emissions. *Journal Of Geophysical Research, 113(May 2007), 1–17.* [Http://DOI.Org/10.1029/2007jd008910](http://DOI.Org/10.1029/2007jd008910)
- Benmarhnia, T., Mathlouth Fatma, & Smargiass, A. (2014). Health Impacts Of Particles From Forest Fires. *Government Of Quebec's 2006–2012 Climate Change Action Plan - Publication 1793.*
- Bowman, D. M. J. S., & Johnston, F. H. (2005). Short Communications Wildfire Smoke , Fire Management, And Human Health. *ECO HEALTH, (1998), 76–80.*

[Http://DOI.Org/10.1007/S10393-004-0149-8](http://DOI.Org/10.1007/S10393-004-0149-8)

- Chu, D. A., Kaufman, Y. J., Zibordi, G., Chern, J. D., Mao, J., Li, C., & Holben, B. N. (2003). Global Monitoring Of Air Pollution Over Land From The Earth Observing System-Terra Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer ( MODIS ). *Journal Of Geophysical Research*, 108, 1–18. [Http://DOI.Org/10.1029/2002JD003179](http://DOI.Org/10.1029/2002JD003179)
- Cisneros, R., Bytnerowicz, A., Quayle, B., & Procter, T. (2007). Detecting Smoke Plumes And Analyzing Smoke Impacts Using Remote Sensing And GIS For The McNally Fire Incident. *REMOTE SENSING, GIS, AND SMOKE IMPACT ANALYSIS*.
- Correia, I. (1997). Prevenção Das Doenças Respiratórias Em Ambiente De Risco. *Rev Port Pneumol III (%) : 501-512*, (5). [Http://DOI.Org/10.1016/S0873-2159\(15\)31130-2](http://DOI.Org/10.1016/S0873-2159(15)31130-2)
- Deflorio-Barker, S., Crooks, J., Reyes, J., & Rappold, A. G. (2019a). Cardiopulmonary Effects Of Fine Particulate Matter Exposure Among Older Adults , During Wildfire And Non-Wildfire Periods , In The United States 2008 – 2010, 127(March), 1–9.
- Deflorio-Barker, S., Crooks, J., Reyes, J., & Rappold, A. G. (2019b). Cardiopulmonary Effects Of Fine Particulate Matter Exposure Among Older Adults , During Wildfire And Non-Wildfire Periods , In The United States 2008 – 2010. *Environmental Health Perspectives*, 127(March), 1–9. [Http://DOI.Org/Http://DOI.Org/10.1289/EHP3860](http://DOI.Org/Http://DOI.Org/10.1289/EHP3860)
- Delfino, J., Brummel, S., Wu, J., Stern, H., M, B. O., M, L., ... Gillen, D. L. (2009). The Relationship Of Respiratory And Cardiovascular Hospital Admissions To The Southern California Wildfires Of 2003 R. *Nacional Institute Of Health*, 66(3), 189–197. [Http://DOI.Org/10.1136/Oem.2008.041376](http://DOI.Org/10.1136/Oem.2008.041376).
- Decreto-Lei Nº 102/2010 De 23 De Setembro Do Ministério Do Ambiente E Do Ordenamento Do Território. Diário Da República: Série I, Nº102/2010. Acedida A 12 De Março De 2021 Em [Http://Dre.Pt/](http://Dre.Pt/).
- Dutra, R. M. O., Sperandio, M., & Coelho, J. (2015). O Método Ward De Agrupamento De Dados E Sua Aplicação Em Associação Com Os Mapas Auto-Organizáveis De Kohonen, (March).

- Elliott, C. T. (2015). Guidance For BC Public Health Decision Makers During Wildfire Smoke Events September 2014. *Environmental Health Services*.
- Europeu, T. D. C. (2018). Relatório Especial- Poluição Atmosférica: A Nossa Saúde Ainda Não Está Suficientemente Protegida.
- Ferreira-Leite, F., & Bento-Gonçalves, A. (2013). Grandes Incêndios Florestais Em Portugal Continental Como Resultado Das Perturbações Nos Regimes De Fogo No Mundo Mediterrâneo, 127–142.
- Ferreira, S., Viana, H., & Barracosa, P. (2005). V Congresso Florestal Nacional. A Floresta E As Gentes. 16 A 19 De Maio De 2005. Instituto Politécnico De Viseu, Portugal., 1–13.
- Figueiredo, L. (2011). *Contributo Para A Gestão Da Qualidade Do Ar Em Estarreja*. Universidade De Aveiro.
- Fowler, C. T. (2003). Human Health Impacts Of Forest Fires In The Southern United States : A Literature Review Human Health Impacts Of Forest Fires In The Southern United, 7(1), 39–63.
- Fraga, S., Sousa, S., Santos, A., & Lunet, N. (2005). Tabagismo Em Portugal. *Arquivos De Medicina*, 80(2), 207–229.
- Franco, P., Gordo, C., & Marques, E. (2020). Applied Sciences Air Pollution And Emergency Hospital Admissions — Evidences From Lisbon Metropolitan.
- Frauches, D. D. O., Bittencourt, I., Lopes, C., Ton, H., & Giacomini, A. (2017). Doenças Respiratórias Em Crianças E Adolescentes : Um Perfil Dos Atendimentos Na Atenção Primária Em Vitória, 12(May). [Http://DOI.Org/10.5712/Rbmfc12\(39\)1450](http://DOI.Org/10.5712/Rbmfc12(39)1450)
- Gan, R. W., Liu, J., Ford, B., Dell, K. O., Vaidyanathan, A., Wilson, A., ... Sheryl, R. P. (2020). The Association Between Wild Fire Smoke Exposure And Asthma- Specific Medical Care Utilization In Oregon During The 2013 Wild Fire Season. [Http://DOI.Org/10.1038/S41370-020-0210-X](http://DOI.Org/10.1038/S41370-020-0210-X)

- Gonçalves, (2018). Avaliação da Exposição das Comunidades Locais a Incêndios Florestais- O caso de Alvares, Góis. *Instituto de Geografia e Ordenamento do Território*. Lisboa. Portugal.
- Haikerwal, A. N., Akram, M. U., Sim, M. A. R., Meyer, M. I. C. K., Abramson, M. I. J., & Dennekamp, M. A. (2016). Fine Particulate Matter ( PM 2 . 5 ) Exposure During A Prolonged Wildfire Period And Emergency Department Visits For Asthma. *Official Journal Of The Asian Pacific Society Of Respiratory*, 2015(April 2015). [Http://DOI.Org/10.1111/Resp.12613](http://DOI.Org/10.1111/Resp.12613)
- Hanigan, I. C., Johnston, F. H., & Morgan, G. G. (2008). Vegetation Fire Smoke, Indigenous Status And Cardio-Respiratory Hospital Admissions In Darwin, Australia, 1996–2005: A Time-Series Study. *Environmental Health* 2008, 7:42, 12, 1–12. [Http://DOI.Org/10.1186/1476-069X-7-42](http://DOI.Org/10.1186/1476-069X-7-42)
- Hanninen;, O., Salonen;, R. O., Koistinen;, K., Lanki;, T., Barregard, L., & Jantunen, M. (2009). Population Exposure To Fine Particles And Estimated Excess Mortality In Finland From An East European Wildfire Episode. *Journal Of Expousure Science And Environmental Epidemiology*, 3, 414–422. [Http://DOI.Org/10.1038/Jes.2008.31](http://DOI.Org/10.1038/Jes.2008.31)
- Henderson, S. B., Brauer, M., Macnab, Y. C., & Kennedy, S. M. (2011). Three Measures Of Forest Fire Smoke Exposure And Their Associations With Respiratory And Cardiovascular Health Outcomes In A Population-Based Cohort, (9).
- Heskestad, G. (1998). Dynamics Of The Fire Plume. *The Royal Society*, 2815–2833.
- Holstius, D. M., Reid, C. E., Jesdale, B. M., & Morello-Frosch, R. (2012). Research | Children ' S Health Birth Weight Following Pregnancy During The 2003 Southern California Wildfires. *Environmental Health Perspectives*, (9), 1340–1345.
- ICNF (2005). Relatório De 2005-Incêndios Florestais. Direção Geral Dos Recursos Florestais. Acedido Em 30 De Outubro De 2020 Em [Http://Www.Icnf.Pt/](http://Www.Icnf.Pt/)
- ICNF (2006). Relatório Final De 2006- Incêndios Florestais. Direção Geral Dos Recursos Florestais. Acedido Em 30 De Outubro De 2020 Em [Http://Www.Icnf.Pt/](http://Www.Icnf.Pt/)

ICNF (2007). Relatório 2007-Incêndios Florestais. Direção Geral Dos Recursos Florestais. Acedido Em 30 De Outubro De 2020 Em [Http://Www.lcnf.Pt/](http://www.lcnf.pt/)

ICNF (2008). Relatório Áreas Ardidias E Ocorrências Em 2008. Autoridade Florestal Nacional Da Defesa Da Floresta. Acedido Em 30 De Outubro De 2020 Em [Http://Www.lcnf.Pt/](http://www.lcnf.pt/)

ICNF (2009). Relatório Anual De Áreas Ardidias E Ocorrências Em 2009. Autoridade Florestal Nacional Da Defesa Da Floresta. Acedido Em 30 De Outubro De 2020 Em [Http://Www.lcnf.Pt/](http://www.lcnf.pt/)

ICNF (2010). Relatório Anual De Áreas Ardidias E Ocorrências Em 2010. Direção De Unidade De Defesa Da Floresta. Acedido Em 30 De Outubro De 2020 Em [Http://Www.lcnf.Pt/](http://www.lcnf.pt/)

ICNF (2011). Relatório Anual De Áreas Ardidias E Ocorrências Em 2011. Direção De Unidade De Defesa Da Floresta. Acedido Em 30 De Outubro De 2020 Em [Http://Www.lcnf.Pt/](http://www.lcnf.pt/)

ICNF (2012). Relatório Anual De Áreas Ardidias E Incêndios Florestais Em Portugal Continental. Direção De Unidade De Defesa Da Floresta. Acedido Em 30 De Outubro De 2020 Em [Http://Www.lcnf.Pt/](http://www.lcnf.pt/)

ICNF (2013). Relatório Anual De Áreas Ardidias E Incêndios Florestais Em Portugal Continental. Direção De Unidade De Defesa Da Floresta. Acedido Em 30 De Outubro De 2020 Em [Http://Www.lcnf.Pt/](http://www.lcnf.pt/)

ICNF (2014). Relatório Anual De Áreas Ardidias E Incêndios Florestais Em Portugal Continental. Direção De Unidade De Defesa Da Floresta. Acedido Em 30 De Outubro De 2020 Em [http://Www.lcnf.Pt/](http://www.lcnf.pt/)

ICNF (2015). Relatório Anual De Áreas Ardidias E Incêndios Florestais Em Portugal Continental. Direção De Unidade De Defesa Da Floresta. Acedido Em 30 De Outubro De 2020 Em [Http://Www.lcnf.Pt/](http://www.lcnf.pt/)

INE (2011). Censos- Resulta1dos Definitivos. Portugal. Acedido Em 29 De Março De 2021

Em [Http://Censos.Ine.Pt/](http://Censos.Ine.Pt/)

INE. Sistema Integrado De Metainformação- Conceitos. Acedido A 20 De Novembro De 2020 Em [Http://Smi.Ine.Pt/Conceitoportema](http://Smi.Ine.Pt/Conceitoportema).

IPMA (2010). Normais Climatologicas 1990-2010. Acedido Em 04 De Dezembro De 2020 Em [Http://Www.Ipma.Pt/](http://Www.Ipma.Pt/)

Jaffe, D. A., & Wigder, N. L. (2012). Ozone Production From Wildfires : A Critical Review  
Ozone Production From Wild Fi Res : A Critical Review. *Atmospheric Environment*,  
51(January 2019), 1–10. [Http://DOI.Org/10.1016/J.Atmosenv.2011.11.063](http://DOI.Org/10.1016/J.Atmosenv.2011.11.063)

Jiménez-guerrero, P., Guzmán, P., Tarín-carrasco, P., & Morales-suarez-, M. (2021).  
Effects of air pollution on neurodegenerative diseases ( Alzheimer ' s disease and  
vascular dementia ) over Europe for present and future climate change scenarios,  
14494.

João Verde. (2008). *Avaliação Da Perigosidade De Incêndio Florestal*. Departamento de  
Geografia. Faculdade de Letras da Universidade De Lisboa.

Johnston, F. A. Y., & Bowman, D. (2014). Bushfire Smoke : An Exemplar Of Coupled  
Human And Natural Systems. *Geographic Research*, 45–54.  
[Http://DOI.org/10.1111/1745-5871.12028](http://DOI.org/10.1111/1745-5871.12028)

Johnston, F. H., Henderson, S. B., Chen, Y., Randerson, J. T., Marlier, M., Defries, R. S., ...  
Brauer, M. (2012). Estimated Global Mortality Attributable To Smoke From  
Landscape Fires. *Environmental Health Perspectives*, 120(5), 695–701.

Kahn, R. A., Chen, Y., Nelson, D. L., Leung, F., Li, Q., Diner, D. J., & Logan, J. A. (2008).  
Wildfire Smoke Injection Heights : Two Perspectives From Space. *Geophysical  
Research Letters*, 35(September 2007), 18–21.  
[Http://DOI.Org/10.1029/2007GL032165](http://DOI.Org/10.1029/2007GL032165)

Korontzi, S., Justice, C. O., & Scholes, R. J. (2003). Influence Of Timing And Spatial Extent  
Of Savanna Fires In Southern Africa On Atmospheric Emissions. *Journal Of Arid  
Environments* (2003) 54, 395–404. [Http://DOI.Org/10.1006/Jare.2002.1098](http://DOI.Org/10.1006/Jare.2002.1098)

- Kunzli, N., Avol, E., Wu, J., Gauderman, W. J., Rappaport, E., Millstein, J., ... Peters, J. M. (2006). Health Effects Of The 2003 Southern California Wildfires On Children. *American Journal Of Respiratory And Critical Care Medicine*. [Http://DOI.Org/10.1164/Rccm.200604-519OC](http://doi.org/10.1164/Rccm.200604-519OC)
- Lisboa, I., & Rodrigues, P. (2013, October). Poluição Atmosférica E Efeitos Na Saúde Humana. *Egitania- Sciencia*, 5–38.
- Liu, J. C., Pereira, G., Uhl, S. A., Bravo, M. A., & Bel, M. L. (2015). A Systematic Review Of The Physical Health Impacts From Non- Occupational Exposure To Wildfire Smoke. *Nacional Institute Of Health*, 1(203), 120–132. [Http://DOI.Org/10.1016/J.Envres.2014.10.015.A](http://doi.org/10.1016/J.Envres.2014.10.015.A)
- Liu, Y., Goodrick, S., Stanturf, J., & Goodrick, S. (2010). Trends In Global Wildfire Potential In A Changing Climate. *Forest Ecology And Management*, (February). [Http://DOI.Org/10.1016/J.Foreco.2009.09.002](http://doi.org/10.1016/J.Foreco.2009.09.002)
- Lourenço, L., Fernandes, S., & Castro, A. (2011). Causas De Incêndios Florestais Em Portugal Continental. Análise Estatística Da Investigação Efetuada No Último Quindénio (1996 A 2010), 61–80.
- Machado, A., Nicolau, R., & Dias, C. M. (2009). Consumo De Tabaco Na População Portuguesa Retratado Pelo Inquérito Nacional De Saúde (2005/2006) Tobacco. *Departamento De Epidemiologia Do Instituto Nacional De Saúde Dr. Ricardo Jorge*, XV, 1005–1027.
- Marcelino, M. (2015). Efeito Dos Incêndios Florestais Nas Doenças Respiratórias. *Universidade Da Beira Interior*.
- Martin, M., & Kahn, R. A. (2018). A Global Analysis Of Wildfire Smoke Injection Heights Derived From Space-Based Multi-Angle Imaging. [Http://DOI.Org/10.3390/Rs10101609](http://doi.org/10.3390/Rs10101609)
- Martin, M., Kahn, R. A., & Tosca, M. G. (2018). A Global Analysis Of Wildfire Smoke Injection Heights Derived From Space-Based Multi-Angle Imaging.

- Martins, V., Miranda, A. I., Carvalho, A., & Schaap, M. (2009). Impacto Dos Incêndios Florestais Na Qualidade Do Ar Em Portugal No Período 2003-2005, *17(2)*, 219–239.
- Mazzoleni, L. R., & Zielinska, B. (2007). Emissions Of Levoglucosan , Methoxy Phenols , And Organic Acids From Combustion Of Wildland Fuels , And Residential Wood Combustion, 2115–2122.
- Mccooy, S. J., & Zhao, X. (2020). Wildfire And Infant Health : A Geospatial Approach To Estimating The Health Impacts Of Wildfire Smoke Exposure. *Applied Economics Letters*, *00(00)*, 1–6. [Http://DOI.Org/10.1080/13504851.2020.1730747](http://DOI.Org/10.1080/13504851.2020.1730747)
- Melo, R. C. S. De. (2018). *Modelo De Emissões De Nox Na Combustão Do Bagaço Da Cana-De-Açuçar A Partir Do Mecanismos Do Nitrogênio Do Combustível*. Universidade Federal Da Paraíba.
- Miller, N., Molitor, D., & Zou, E. (2017). Blowing Smoke : Health Impacts Of Wildfire Plume Dynamics 1. *Environmental And Resource Economics At The University Of Illinois*.
- Mira, M., & Lourenço, L. (2019). Grandes Incêndios Florestais De 17 De Junho De 2017 Em Portugal E Exemplos Da Determinação Das Respetivas Causas\*, *26(June 2017)*, 49–60.
- Morgan, G., Sheppeard, V., Khalaj, B., Ayyar, A., Lincoln, D., Jalaludin, B., ... Lumley, T. (2010). Effects Of Bushfire Smoke On Daily Mortality And Hospital Admissions In Sydney, Australia. *Epidemiology*, *21(1)*, 16–20. [Http://DOI.Org/10.1097/EDE.0b013e3181c15d5a](http://DOI.Org/10.1097/EDE.0b013e3181c15d5a)
- Moreira, F., Ascoli, D., Safford, H., Adams, M.A., Moreno, J.M., Pereira, J.M., Catry, F.X., Armesto, J., Bond, W., González, M.E. and Curt, T., 2020. Wildfire management in Mediterranean-type regions: paradigm change needed. *Environmental Research Letters*, *15(1)*, p.011001.
- Mott, J., Mannino, D. M., Alverson, C. J., Kiyu, A., Hashim, J., Lee, T., ... Redd, S. C. (2005). Cardiorespiratory Hospitalizations Associated With Smoke Exposure During The

- 1997 Southeast Asian Forest Fires. *EL SEVIER- Environmental Health*, 208, 75–85.  
[Http://DOI.Org/10.1016/J.Ijheh.2005.01.018](http://DOI.Org/10.1016/J.Ijheh.2005.01.018)
- Naeher, L. P., Brauer, M., Zelikoff, J. T., Simpson, C. D., Koenig, J. Q., & Smith, K. R. (2007). Woodsmoke Health Effects: A Review. *INFORMA- Healthcare*, 67–106.  
[Http://DOI.Org/10.1080/08958370600985875](http://DOI.Org/10.1080/08958370600985875)
- Nunes;, A., Lourenço;, L., Gonçalves;, A. B.-, & Vieira;, A. (2014). Incidência Regional Dos Incêndios Florestais Em Portugal: Tendências De Evolução No Período De 1980-2012. *Cadernos De Geografia Nº 33 - 2014*, 83–90.
- Nunes;, A., Lourenço, L., Gonçalves;, A. B.-, & Vieira;, A. (2013). Três Décadas De Incêndios Florestais Em Portugal: Incidência Regional E Principais Fatores Responsáveis. *Cadernos De Geografia Nº 32, 32*, 133–143.
- Nunes;, A., Oliveira;, S., Lourenço;, L., Gonçalves;, A. B., Vieira;, A., & Félix, F. (2015). Vulnerabilidade A Incêndios Na Europa Mediterrânea : Abordagem Conceptual E A Utilização De Dados De Satélite Author ( S: Published By : Imprensa Da Universidade De Coimbra Persistent URL : URI : [Http://hdl.handle.net/10316.2/37071](http://hdl.handle.net/10316.2/37071) DOI : Accessed : DOI : *Imprensa Da Universidade De Coimbra*. [Http://DOI.Org/Http://Dx.DOI.Org/10.14195/978-989-26-0983-6\\_18](http://DOI.Org/Http://Dx.DOI.Org/10.14195/978-989-26-0983-6_18)
- Oliveira;, S., Zezere;, J. L., Queiros;, M., & Pereira;, J. M. (2017). Assessing The Social Context Of Wild Fi Re-Affected Areas . The Case Of Mainland Portugal. *Applied Geography*, 88, 104–117. [Http://DOI.Org/10.1016/J.Apgeog.2017.09.004](http://DOI.Org/10.1016/J.Apgeog.2017.09.004)
- Oliveira, S., Gonçalves, A., Benali, A., Ana, S., & Pereira, M. (2020). Assessing Risk And Prioritizing Safety Interventions In Human Settlements A Ff Ected By Large Wildfires.
- Park, M. S., Cancio, L. C., Jordan, B. S., Brinkley, W. W., Rivera, V. R., & Dubick, M. A. (2004). Assessment Of Oxidative Stress In Lungs From Sheep After Inhalation Of Wood Smoke. *El Sevier- Environmental Health*, 195, 97–112.  
[Http://DOI.Org/10.1016/J.Tox.2003.09.005](http://DOI.Org/10.1016/J.Tox.2003.09.005)

- Pereira,, E. D., Torres,, L., Macêdo,, J., & Medeiros,, M. (2000). Efeitos Do Fumo Ambiental No Trato Respiratório Inferior De Crianças Com Até 5 Anos De Idade. *Revista De Saúde Pública Journal Of Public Health*, 34(1), 39–43.
- Philip Buckle. (2000). New Approaches To Assessing Vulnerability And Resilience. *Australian Journal Of Emergency Management*.
- Plano Intermunicipal de Adaptação às Alterações Climáticas de Viseu Dão- Lafões (2017). Comunidade Intermunicipal Viseu Dão- Lafões. Acedido em 20 de Maio de 2021 em <https://www.cimvdl.pt/>
- Pokorny, J. (2017). Fire Plume Characteristics And Their Application In Assessment Of A Local Fire, (December).
- Proteção Civil. Plataforma Nacional Para A Redução do Risco de Catastrofes (INFORISCOS). Acedido em 20 de Maio de 2021 em <http://www.pnrrc.pt/index.php/geo/>
- Rappold, A. G., Stone, S. L., Cascio, W. E., Neas, L. M., Kilaru, V. J., Carraway, M. S., ... Devlin, R. B. (2011). Peat Bog Wildfire Smoke Exposure In Rural North Carolina Is Associated With Cardiopulmonary Emergency Department Visits Assessed Through Syndromic Surveillance. *Environmental Public Health Division, National Health And Environmental Effects Research Laboratory*, 119(10), 1415–1420.
- Reid, J. S., Koppmann, R., Eck, T. F., & Eleuterio, D. P. (2005). A Review Of Biomass Burning Emissions Part II: Intensive Physical Properties Of Biomass Burning Particles. *Atmospheric Chemistry And Physics*, 799–825.
- Reisen, F., Duran, S. M., Flannigan, M., & Elliott, C. (2015). Wildfire Smoke And Public Health Risk Wildfire Smoke And Public Health Risk. *CSIRO PUBLISHING*, (January 2016). [Http://DOI.Org/10.1071/WF15034](http://DOI.Org/10.1071/WF15034)
- Robock, A. (1991). Surface Cooling Due To Forest Fire Smoke. *Journal Of Geophysical Research*, 96(DII).
- San-Miguel-Ayanz, J., Durrant, T., Boca, R., Maianti, P., Liberta`, G., Artes Vivancos, T.,

Jacome Felix Oom, D., Branco, A., De Rigo, D., Ferrari, D., Pfeiffer, H., Grecchi, R., Nuijten, D. and Leray, T., Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2019, EUR 30402 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2020, ISBN 978-92-76-23208-7, doi:10.2760/893, JRC122115.

Schwela, D. H., Goldammer, J. G., Morawska, L. H., & Simpson, O. (1999). Health Guidelines For Vegetation Fire Events.

Shou, Y., Huang, Y., Zhu, X., Liu, C., Hu, Y., & Wang, H. (2019). Ecotoxicology and Environmental Safety A review of the possible associations between ambient PM<sub>2.5</sub> exposures and the development of Alzheimer ' s disease, *174*(February), 344–352. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.02.086>

Souza, A. De, Fernandes, W. A., Pavão, H. G., & Lastoria, G. (2012). Doenças Respiratórias E Risco De Incêndio, Uma Análise Espacial, *7*, 46–70.

Statheropoulos, M., Karma, S., & Koutoula, G. (2005). Florest Fire NET. *European Center For Forest Fire (ECFF)*.

Stefanidou, M., Athanaselis, S., & Spiliopoulou, C. (2008). Health Impacts Of Fire Smoke Inhalation. *INFORMA- Healthcare*. [Http://DOI.Org/10.1080/08958370801975311](http://DOI.Org/10.1080/08958370801975311)

University Corporation for Atmospheric Research. (2010). Atmospheric Stability. Disponível em: <https://www.met.ed.ucar.edu/index.php>. Acedido em 23 de março de 2021

Vera Mónica Da Silva Martins. (2007a). *Impacto Dos Incêndios Florestais Na Qualidade Do Ar*. Universidade De Aveiro.

Vera Mónica Da Silva Martins. (2007b). Vera Mónica Da Silva Impacto Dos Incêndios Florestais Na Qualidade Do Ar Vera Mónica Da Silva Impacto Dos Incêndios Florestais Na Qualidade Do Ar, 124.

Vernon, C. J., Bolt, R., Canty, T., & Kahn, R. A. (2018). The Impact Of MISR-Derived Injection Height Initialization On Wildfire And Volcanic Plume Dispersion In The HYSPLIT Model. *Atmospheric Measurement Techniques*, (May), 1–41.

Weinhold, B. (2011). Fields And Forests In Flames- Vegetation Smoke & Human Health. *Environmental Health Perspectives, 119*(9).

Wettstein, Z. S., Hoshiko, S., Fahimi, J., Harrison, R. J., Cascio, W. E., & Rappold, A. G. (2018). Cardiovascular And Cerebrovascular Emergency Department Visits Associated With Wild Fire Smoke Exposure In California In 2015. [Http://DOI.Org/10.1161/JAHA.117.007492](http://DOI.Org/10.1161/JAHA.117.007492)

Youssef, H., Lioussé, C., Roblou, L., Assamoi, E. M., Salonen, R. O., & Maesano, C. (2014). Quantifying Wild Fire Exposure For Investigating Health-Related Effects. *Atmospheric Environment, 97*, 239–251. <http://DOI.Org/10.1016/J.Atmosenv.2014.07.041>

# 2-Anexos

## Anexo 1- Freguesias de Viseu

Fonte: CAOP 2018



- FDA- Ferreiros de Avões
- GDT-Granja do Têdo
- SJD- São João de Fontoura
- UDF- União Das Freguesias
- UDFDMD- União das freguesias de Moimenta de Maceira Dão e Lobeibe do Mato
- UDFDVE- União das freguesias de Carvalhal Redondo e Agueira
- UDFDVE- União das freguesias de Vouzela e Paços de Vilharigues
- UDFDFE- União das freguesias de Fatações e Figueiredo das Donas
- UDFDA- União das freguesias de Anreade e São Romão de Aregos
- UDFDRE- União das freguesias de Felgueiras e Feirão
- UDFDC- União das freguesias de Cepões, Meijinhos e Melções
- UDFDNE- União das freguesias de Granja Nova e Vila Chã da Beira
- UDFDPE- União das freguesias de Parada do Bispo e Valdigem
- UDFDSE- União das freguesias de São Romão e Santiago
- UDFDVA- União das freguesias de Paradinha e Nagosa
- VDA- Valongo dos Azeites
- UFDSD- Vila Nova de Souto d'El-Rei

Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community



Anexo 2 -Dados não disponíveis na rede qual ar recolha de dados - eventos

Fonte- QUALAR

Estações	PM10	PM2.5	NO2	NOX	Ozono
Estarreja	-	Evento 24 ( 03-09 a 08-09 de 2013)	-	-	-
Fornelo do Monte	-Eventos 1, 2, 3, 4, 5  -Evento 16 (28-07-2011 a 03-08-2011)  -Evento 23 e 24 ( 06-09-2013 a 08-09-2013)	Todos os anos	-Eventos 1, 2, 3, 4, 5  -Evento 9 (14-08-2006 a 16-08-2006)  -Evento 16 (28-07-2011 a 03-08-2011)  -Evento 19 e 20  -Evento 23 e 24 ( 06-09-2013 a 08-09-2013)	-Eventos 1, 2, 3, 4, 5  -Evento 6, 7  -Evento 9 (14-08-2006 a 16-08-2006)  -Evento 16 (28-07-2011 a 03-08-2011)  -Evento 19 e 20  -Evento 23 e 24 ( 06-09-2013 a 08-09-2013)	-Eventos 1, 2, 3, 4, 5  -Evento 16 (28-07-2011 a 03-08-2011)  -Evento 23 e 24 ( 06-09-2013 a 08-09-2013)
Ílhavo	Evento 12( 29-07-2010 a 02-08-2010)	Todos os anos	Evento 12,13, 14 e 15	Evento 12,13, 14 e 15	-
Centro Geofísico Coimbra	Evento 2 (28-07-2005 a 31-07-2005)	Todos os anos	Evento 2 (28-07-2005 a 01-08-2005 )	Evento 2 (28-07-2005 a 01-08-2005)	Evento 2 (28-07-2005 a 31-07-2005)

Anexo 3- Doenças respiratórias mais frequentes nos eventos/dias em análise

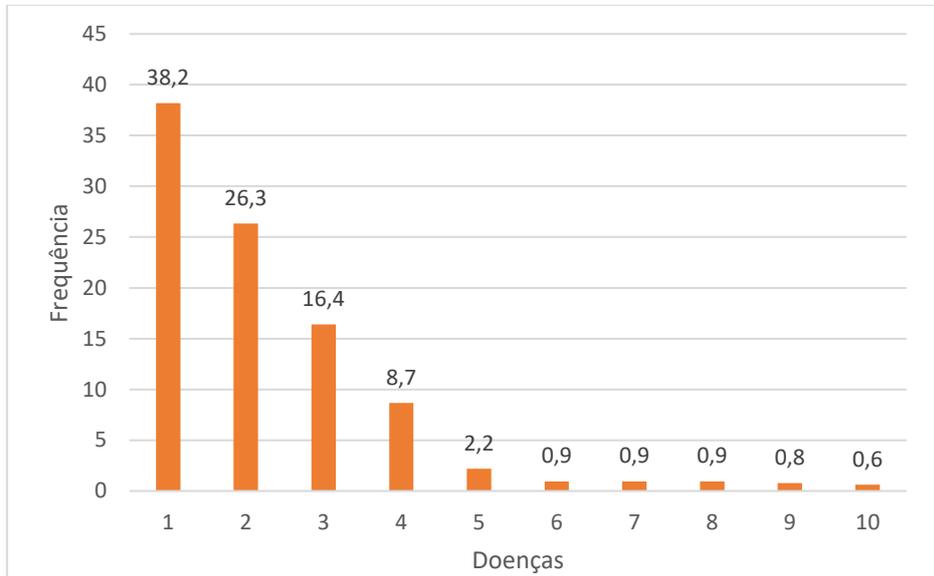
Fonte: Administração Central Do Sistema de Saúde (GDH)

Código	Descrição
5130	Abcesso Do Pulmão
47822	Abcesso Parafaríngeo
49302	Asma Extrínseca, Com Exacerbação (Aguda)
49311	Asma Intrínseca, Com Estado Asmático
49391	Asma Não Especificada, Com Estado Asmático
49392	Asma Não Especificada, Com Exacerbação (Aguda)
49390	Asma Não Especificada, Estado Não Especificado
4941	Bronquiectasias Com Exacerbação Aguda
46619	Bronquiolite Aguda Devida A Organismo Infecioso Não Classificável Em Outra Parte
46611	Bronquiolite Aguda Devida A Vírus Sincicial Respiratório
4660	Bronquite Aguda
49122	Bronquite Cronica Obstrutiva, Com Bronquite Aguda
49121	Bronquite Cronica Obstrutiva, Com Exacerbação (Aguda)
49120	Bronquite Cronica Obstrutiva, Sem Exacerbação
490	Bronquite, Não Especificada Como Aguda Ou Cronica
5119	Derrame Pleural Não Especificado
47829	Doenças Da Faringe Ou Nasofaringe NCOP
5198	Doenças Do Aparelho Respiratório, NCOP
51889	Doenças Do Pulmão, NCOP
5184	Edema Agudo Do Pulmão, SOE
4786	Edema Da Laringe
5100	Empiema [Aparelho Respiratório] Com Fistula
5109	Empiema [Aparelho Respiratório] Sem Menção De Fistula
4928	Enfisema Não Classificável Em Outra Parte
46430	Epiglotite Aguda Sem Menção De Obstrução
47875	Espasmo Da Laringe

51881	Falência Respiratória Aguda
51884	Falência Respiratória Aguda E Crônica
462	Faringite Aguda
515	Fibrose Pulmonar Pós-Inflamatória
4780	Hipertrofia Dos Cornetos Nasais
4659	Infeções Agudas Das Vias Respiratórias Superiores De Local Não Especificado
4658	Infeções Agudas Das Vias Respiratórias Superiores De Localizações Múltiplas
51882	Insuficiência Pulmonar, Não Classificável Em Outra Parte
4640	Laringite Aguda
46421	Laringotraqueite Aguda Com Obstrução
46420	Laringotraqueite Aguda Sem Menção De Obstrução
496	Obstrução Crônica De Vias Respiratórias NCOP
7991	Paragem Respiratória [Falência Respiratória]
486	Pneumonia Devida A Microrganismo Não Especificado
5168	Pneumopatas Alveolares E Parieto-Alveolares Não Classificadas Em Outra Parte
4719	Pólipos Nasais SOE
4618	Sinusite Aguda NCOP
4733	Sinusite Crônica Esfenoidal
4730	Sinusite Crônica Maxilar
4738	Sinusite Crônica NCOP

Anexo 4- Análise dos internamentos da população vulnerável (mais de 65 anos e menor que 4 anos)-  
População geral e período de controlo -12 eventos

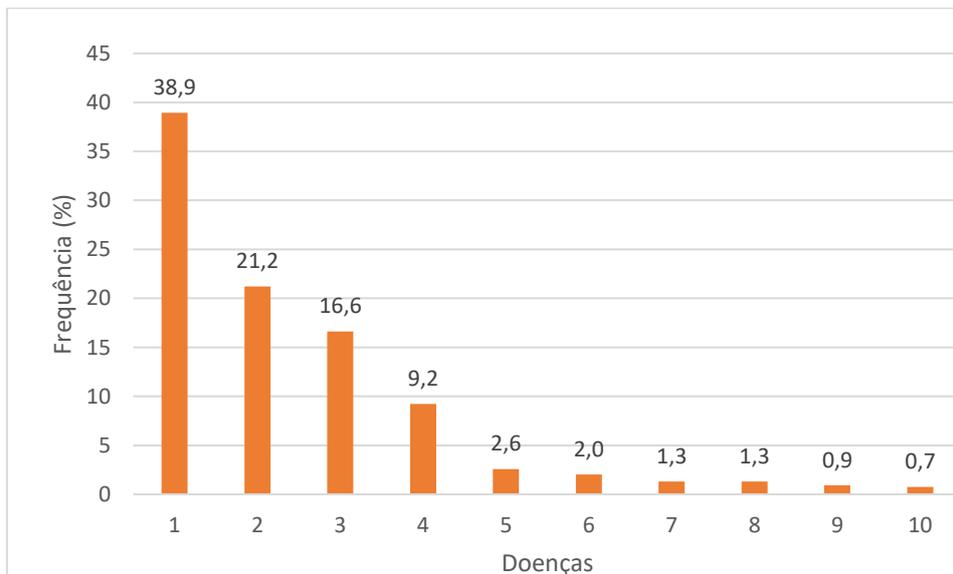
**População vulnerável -mais de 65 anos**



Doenças- População geral com idade superior a 65 anos (%)

Fonte: Administração Central Do Sistema de Saúde (GDH)

- 1-Pneumonia Devida A Microorganismo Não Especificado
- 2-Bronquite Aguda
- 3-Doenças Do Aparelho Respiratório, NCOP
- 4-Bronquite Crónica Obstrutiva, Com Exacerbação (Aguda)
- 5-Bronquite Crónica Obstrutiva, Com Bronquite Aguda
- 6-Asma Não Especificada, Com Estado Asmático
- 7-Asma Não Especificada, Com Exacerbação (Aguda)
- 8-Derrame Pleural Específico
- 9-Bronquiectasias Com Exacerbação Aguda
- 10-Bronquite, Não Especificada Como Aguda Ou Crónica

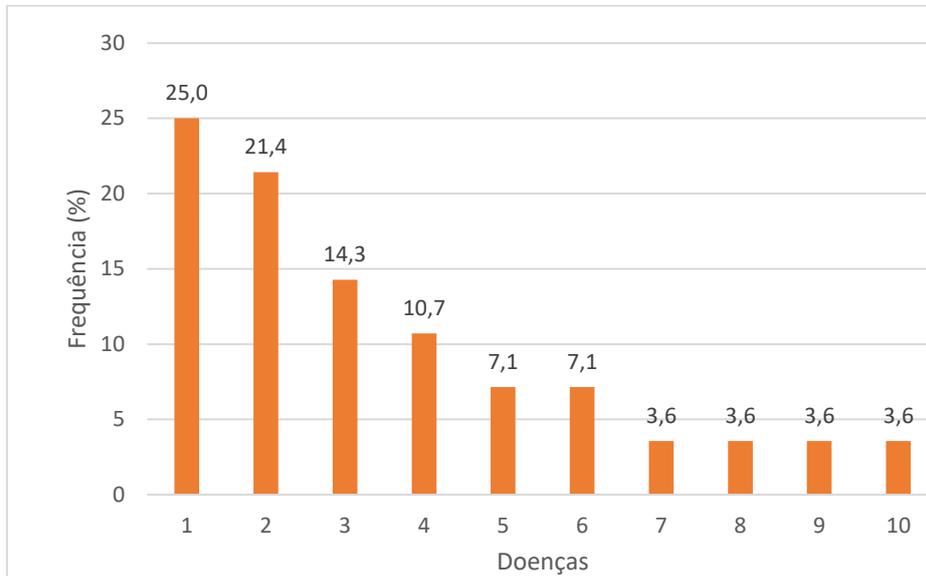


Doenças-Período de controlo com idade superior a 65 anos (%)

Fonte: Administração Central Do Sistema de Saúde (GDH)

- 1-Pneumonia Devida A Microorganismo Não Especificado
- 2-Bronquite Aguda
- 3-Doenças Do Aparelho Respiratório, NCOP
- 4-Bronquite Crónica Obstrutiva, Com Exacerbação (Aguda)
- 5-Bronquite Crónica Obstrutiva, Com Bronquite Aguda
- 6-Doenças Do Pulmão, NCOP
- 7-Derrame Pleural Não Especificado
- 8-Falência Respiratória Aguda E Crónica
- 9-Falência Respiratória Aguda
- 10-Bronquiectasias Com Exacerbação Aguda

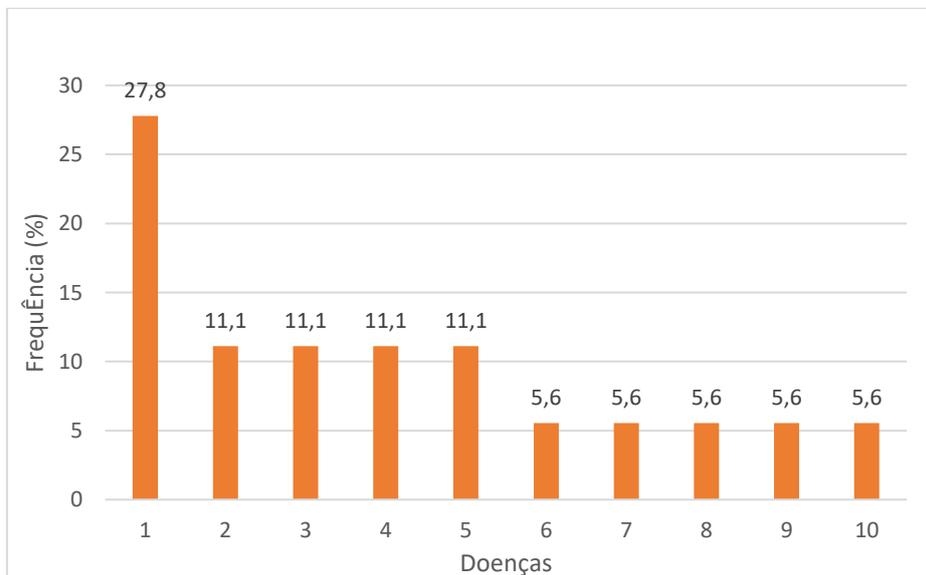
## População Vulnerável – menos de 4 anos



Doenças- Crianças menos de 4 anos – Eventos (%)

Fonte: Administração Central Do Sistema de Saúde (GDH)

- 1-Asma Não Especificada, Com exacerbação (Aguda)
- 2-Bronquiolite Aguda Devida A Organismo Infecioso N/Classificável Em Outra Parte
- 3-Bronquiolite Aguda Devida A Vírus Sincicial Respiratório
- 4-Doenças Do Aparelho Respiratório, NCOP
- 5-Infecções Agudas Das Vias Respiratórias Superiores De Local Não Especificado
- 6-Infecções Agudas Das Vias Respiratórias Superiores De Localizações Múltiplas
- 7 -Insuficiência Pulmonar, Não Classificável Em Outra Parte
- 8-Laringotraqueite Aguda Com Obstrução
- 9-Laringotraqueite Aguda Sem Menção De Obstrução
- 10-Pneumonia Devida A Microrganismo Não Especificado



Doenças- Crianças menos de 4 anos- Período de controlo (%)

Fonte: Administração Central Do Sistema de Saúde (GDH)

- 1-Pneumonia Devida A Microrganismo Não Especificado
- 2-Infecções Agudas Das Vias Respiratórias Superiores De Local Não Especificado
- 3-Laringotraqueite Aguda Com Obstrução
- 4-Doenças Do Aparelho Respiratório, NCOP
- 5-Bronquiolite Aguda Devida A Organismo Infecioso N/Classificável Em Outra Parte
- 6-Asma Não Especificada, Estado Não Especificado
- 7-Espasmo Da Laringe
- 8-Laringite Aguda
- 9-Laringotraqueite Aguda Sem Menção De Obstrução
- 10-Amigdalite Aguda

Anexo 5- Grau de elementos expostos, vulnerabilidade e risco – freguesias VISEU

Fonte: Adaptado de Gonçalves, A. (2018)

Freguesias	Elementos Expostos	Vulnerabilidade	Risco
Abraveses	Muito Alta	Muito Baixa	Moderado
Abrunhosa-a-Velha	Muito Baixa	Muito Alta	Moderado
Adorigo	Muito Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
Alcafache	Muito Baixa	Muito Alta	Moderado
Alcofra	Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
Aldeias	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
Almofala	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
Alvite	Muito Baixa	Muito Alta	Moderado
Arcos	Muito Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
Arcozelo das Maias	Baixa	Alta	Moderado
Arcozelos	Muito Baixa	Muito Alta	Moderado
Armamar	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
Arnas	Muito Baixa	Moderada	Baixo
Avelal	Muito Baixa	Moderada	Baixo
Avões	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
Baldos	Muito Baixa	Muito Alta	Moderado
Barrô	Muito Baixa	Alta	Baixo
Beijós	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
Beselga	Muito Baixa	Alta	Baixo
Bodiosa	Moderada	Muito Baixa	Baixo
Bordonhos	Muito Baixa	Moderada	Baixo
Britiande	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
Cabaços	Muito Baixa	Muito Alta	Moderado
Cabanas de Viriato	Baixa	Baixa	Baixo
Cabril	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
Calde	Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo

Cambres	Baixa	Baixa	Baixo
Campia	Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
Campo	Alta	Muito Baixa	Baixo
Campo de Besteiros	Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
Canas de Santa Maria	Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
Canas de Senhorim	Moderada	Muito Alta	Alto
Caria	Muito Baixa	Muito Alta	Moderado
Cárquere	Muito Baixa	Alta	Baixo
Carregal	Muito Baixa	Moderada	Baixo
Carregal do Sal	Baixa	Baixa	Baixo
Castainço	Muito Baixa	Alta	Baixo
Castanheiro do Sul	Muito Baixa	Moderada	Baixo
Castelo	Muito Baixa	Muito Alta	Moderado
Castelo de Penalva	Muito Baixa	Alta	Baixo
Castelões	Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
Castro Daire	Moderada	Baixa	Moderado
Cavernães	Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
Cercosa	Muito Baixa	Muito Alta	Moderado
Chavães	Muito Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
Chosendo	Muito Baixa	Moderada	Baixo
Cimbres	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
Cinfães	Moderada	Baixa	Moderado
Cota	Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
Coutos de Viseu	Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
Cujó	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
Cunha	Muito Baixa	Moderada	Baixo
Cunha Baixa	Muito Baixa	Muito Alta	Moderado
Dardavaz	Muito Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
Desejosa	Muito Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo

Ervedosa do Douro	Muito Baixa	Moderada	Baixo
Esmolfe	Muito Baixa	Alta	Baixo
Espadanedo	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
Espinho	Baixa	Muito Alta	Alto
Faia	Muito Baixa	Moderada	Baixo
Ferreira de Aves	Baixa	Moderada	Moderado
Ferreirim	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
Ferreiros de Avões	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
Ferreiros de Tendais	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
Ferreirós do Dão	Muito Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
Figueira	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
Figueiredo de Alva	Muito Baixa	Moderada	Baixo
Folgosa	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
Fontelo	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
Fornelo do Monte	Muito Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
Fornelos	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
Fornos de Maceira Dão	Baixa	Muito Alta	Alto
Fragosela	Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
Freixiosa	Muito Baixa	Muito Alta	Moderado
Germil	Muito Baixa	Alta	Baixo
Gosende	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
Granja do Tedo	Muito Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
Granjal	Muito Baixa	Moderada	Baixo
Guardão	Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
Ínsua	Baixa	Alta	Moderado
Lajeosa do Dão	Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
Lalim	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
Lamego (Almacave e Sé)	Moderada	Baixa	Moderado
Lamosa	Muito Baixa	Moderada	Baixo
Lapa do Lobo	Muito Baixa	Muito Alta	Moderado

Lazarim	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
Leomil	Muito Baixa	Muito Alta	Moderado
Lobão da Beira	Muito Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
Longa	Muito Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
Lordosa	Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
Lusinde	Muito Baixa	Alta	Baixo
Manhouce	Muito Baixa	Moderada	Baixo
Marmeleira	Muito Baixa	Muito Alta	Moderado
Mioma	Baixa	Moderada	Moderado
Mões	Baixa	Baixa	Baixo
Moimenta	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
Moimenta da Beira	Baixa	Muito Alta	Alto
Moledo	Baixa	Baixa	Baixo
Molelos	Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
Mondim da Beira	Muito Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
Monteiras	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
Mundão	Moderada	Muito Baixa	Baixo
Nagozelo do Douro	Muito Baixa	Moderada	Baixo
Nelas	Moderada	Muito Alta	Alto
Nespereira	Baixa	Baixa	Baixo
Oliveira do Conde	Moderada	Baixa	Moderado
Oliveira do Douro	Baixa	Baixa	Baixo
Orgens	Moderada	Muito Baixa	Baixo
Pala	Baixa	Muito Alta	Alto
Parada	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
Parada de Gonta	Muito Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
Paredes da Beira	Muito Baixa	Moderada	Baixo
Passô	Muito Baixa	Muito Alta	Moderado
Paus	Muito Baixa	Alta	Baixo
Penajóia	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo

Pendilhe	Muito Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
Penela da Beira	Muito Baixa	Alta	Baixo
Penude	Baixa	Baixa	Baixo
Pepim	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
Pindelo dos Milagres	Muito Baixa	Moderada	Baixo
Pindo	Baixa	Alta	Moderado
Pinheiro	Baixa	Baixa	Baixo
Pinheiro de Ázere	Baixa	Moderada	Moderado
Pinho	Muito Baixa	Moderada	Baixo
Póvoa de Penela	Muito Baixa	Alta	Baixo
Povolide	Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
Queimada	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
Queimadela	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
Queirã	Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
Queiriga	Muito Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
Quintela	Muito Baixa	Moderada	Baixo
Quintela de Azurara	Muito Baixa	Muito Alta	Moderado
Ranhados	Moderada	Muito Baixa	Baixo
Real	Muito Baixa	Alta	Baixo
Repeses e São Salvador	Moderada	Muito Baixa	Baixo
Resende	Baixa	Alta	Moderado
Ribafeita	Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
Ribeiradio	Baixa	Alta	Moderado
Rio de Loba	Muito Alta	Muito Baixa	Moderado
Rio de Moinhos	Muito Baixa	Moderada	Baixo
Riodades	Muito Baixa	Moderada	Baixo
Salzedas	Muito Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
Samodães	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
Sande	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
Santa Cruz	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo

Santiago de Besteiros	Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
Santiago de Piães	Baixa	Baixa	Baixo
Santos Evos	Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
São Cipriano	Muito Baixa	Alta	Baixo
São Cipriano e Vil de Souto	Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
São Cosmado	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
São Cristóvão de Nogueira	Baixa	Baixa	Baixo
São Félix	Muito Baixa	Moderada	Baixo
São Joaninho	Baixa	Moderada	Moderado
São João da Fresta	Muito Baixa	Muito Alta	Moderado
São João da Serra	Muito Baixa	Alta	Baixo
São João de Areias	Baixa	Moderada	Moderado
São João de Fontoura	Muito Baixa	Alta	Baixo
São João de Lourosa	Moderada	Muito Baixa	Baixo
São João de Tarouca	Muito Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
São Martinho das Chãs	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
São Martinho de Mouros	Baixa	Alta	Moderado
São Miguel de Vila Boa	Baixa	Moderada	Moderado
São Miguel do Mato	Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
São Pedro de France	Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
São Vicente de Lafões	Muito Baixa	Alta	Baixo
Sarzedo	Muito Baixa	Muito Alta	Moderado
Sátão	Moderada	Moderada	Moderado
Sendim	Muito Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
Senhorim	Baixa	Muito Alta	Alto
Serrazes	Baixa	Moderada	Moderado
Sever	Muito Baixa	Muito Alta	Moderado
Sezures	Muito Baixa	Alta	Baixo
Silgueiros	Moderada	Muito Baixa	Baixo
Silvã de Cima	Muito Baixa	Moderada	Baixo

Sobral	Moderada	Muito Alta	Alto
Souselo	Baixa	Baixa	Baixo
Soutelo do Douro	Muito Baixa	Moderada	Baixo
Souto	Muito Baixa	Alta	Baixo
Sul	Baixa	Moderada	Moderado
Tabuaço	Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
Tarouquela	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
Tendais	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
Tonda	Muito Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
Touro	Muito Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
Trancozelos	Muito Baixa	Alta	Baixo
Travanca	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
Trezói	Muito Baixa	Muito Alta	Moderado
União das freguesias de Águas Boas e Forles	Muito Baixa	Moderada	Baixo
União das freguesias de Alhões, Bustelo, Gralheira e Ramires	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
União das freguesias de Anreade e São Romão de Aregos	Muito Baixa	Alta	Baixo
União das freguesias de Antas e Matela	Muito Baixa	Alta	Baixo
União das freguesias de Antas e Ourozinho	Muito Baixa	Alta	Baixo
União das freguesias de Arca e Varzielas	Muito Baixa	Alta	Baixo
União das freguesias de Aricera e Goujoim	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
União das freguesias de Barcos e Santa Leocádia	Muito Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
União das freguesias de Barreiro de Besteiros e Tourigo	Muito Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
União das freguesias de Barreiros e Cepões	Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo

União das freguesias de Bigorne, Magueija e Pretarouca	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
União das freguesias de Boa Aldeia, Farminhão e Torredeita	Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
União das freguesias de Cambra e Carvalhal de Vermilhas	Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
União das freguesias de Caparrosa e Silvares	Muito Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
União das freguesias de Carvalhais e Candal	Baixa	Moderada	Moderado
União das freguesias de Carvalhal Redondo e Agueira	Muito Baixa	Muito Alta	Moderado
União das freguesias de Cepões, Meijinhos e Melcões	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
União das freguesias de Destriz e Reigoso	Muito Baixa	Alta	Baixo
União das freguesias de Faíl e Vila Chã de Sá	Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
União das freguesias de Fataunços e Figueiredo das Donas	Muito Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
União das freguesias de Felgueiras e Feirão	Muito Baixa	Alta	Baixo
União das freguesias de Ferreirim e Macieira	Muito Baixa	Moderada	Baixo
União das freguesias de Fonte Arcada e Escurquela	Muito Baixa	Moderada	Baixo
União das freguesias de Freigil e Miomães	Muito Baixa	Alta	Baixo
União das freguesias de Gouviães e Ucanha	Muito Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
União das freguesias de Granja Nova e Vila Chã da	Muito Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
União das freguesias de Mamouros, Alva e Ribolhos	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo

União das freguesias de Mangualde, Mesquitela e Cunha Alta	Muito Alta	Muito Alta	Muito Alto
União das freguesias de Mezio e Moura Morta	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
União das freguesias de Moimenta de Maceira Dão e Lobelhe do Mato	Muito Baixa	Muito Alta	Moderado
União das freguesias de Mortágua, Vale de Remígio, Cortegaça e Almaça	Baixa	Muito Alta	Alto
União das freguesias de Mouraz e Vila Nova da Rainha	Muito Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
União das freguesias de Oliveira de Frades, Souto de Lafões e Sejães	Baixa	Alta	Moderado
União das freguesias de Ovadas e Panchorra	Muito Baixa	Alta	Baixo
União das freguesias de Ova e Vimieiro	Muito Baixa	Moderada	Baixo
União das freguesias de Parada de Ester e Ester	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
União das freguesias de Parada do Bispo e Valdigem	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
União das freguesias de Paradela e Granjinha	Muito Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
União das freguesias de Paradinha e Nagosa	Muito Baixa	Muito Alta	Moderado
União das freguesias de Penedono e Granja	Muito Baixa	Alta	Baixo
União das freguesias de Penso e Freixinho	Muito Baixa	Moderada	Baixo
União das freguesias de Pêra Velha, Aldeia de Nacomba e Ariz	Muito Baixa	Muito Alta	Moderado
União das freguesias de Peva e Segões	Muito Baixa	Muito Alta	Moderado

União das freguesias de Picão e Ermida	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
União das freguesias de Pinheiros e Vale de Figueira	Muito Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
União das freguesias de Reriz e Gafanhão	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
União das freguesias de Romãs, Decermilo e Vila Longa	Muito Baixa	Moderada	Baixo
União das freguesias de Santa Comba Dão e Couto do Mosteiro	Baixa	Moderada	Moderado
União das freguesias de Santa Cruz da Trapa e São Cristóvão de Lafões	Baixa	Moderada	Moderado
União das freguesias de Santar e Moreira	Muito Baixa	Muito Alta	Moderado
União das freguesias de Santiago de Cassurrães e Póvoa de Cervães	Baixa	Muito Alta	Alto
União das freguesias de São João da Pesqueira e Várzea de Trevões	Muito Baixa	Moderada	Baixo
União das freguesias de São João do Monte e Mosteirinho	Muito Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
União das freguesias de São Martinho das Moitas e Covas do Rio	Muito Baixa	Moderada	Baixo
União das freguesias de São Miguel do Outeiro e Sabugosa	Muito Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
União das freguesias de São Pedro do Sul, Várzea e Baiões	Moderada	Moderada	Moderado
União das freguesias de São Romão e Santiago	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
União das freguesias de Sernancelhe e Sarzeda	Muito Baixa	Moderada	Baixo
União das freguesias de Tarouca e Dálvares	Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo

União das freguesias de Tavares (Chãs, Várzea e Travanca)	Muito Baixa	Muito Alta	Moderado
União das freguesias de Távora e Pereiro	Muito Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
União das freguesias de Tondela e Nandufe	Moderada	Muito Baixa	Baixo
União das freguesias de Treixedo e Nagozela	Muito Baixa	Moderada	Baixo
União das freguesias de Trevões e Espinhosa	Muito Baixa	Moderada	Baixo
União das freguesias de Vila Cova do Covelo/Mareco	Muito Baixa	Alta	Baixo
União das freguesias de Vila Nova de Paiva, Alhais e Fráguas	Muito Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
União das freguesias de Vila Seca e Santo Adrião	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
União das freguesias de Vilar de Besteiros e Mosteiro de Fráguas	Muito Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
União das freguesias de Vilarouco e Pereiros	Muito Baixa	Moderada	Baixo
União das freguesias de Vouzela e Paços de Vilharigues	Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
Vacalar	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
Valadares	Baixa	Moderada	Moderado
Vale de Figueira	Muito Baixa	Moderada	Baixo
Valença do Douro	Muito Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
Valongo dos Azeites	Muito Baixa	Moderada	Baixo
Várzea da Serra	Muito Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
Várzea de Abrunhais	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
Ventosa	Muito Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
Vila Cova à Coelheira	Muito Baixa	Muito Baixa	Muito Baixo
Vila da Ponte	Muito Baixa	Moderada	Baixo

Vila da Rua	Muito Baixa	Muito Alta	Moderado
Vila Maior	Muito Baixa	Moderada	Baixo
Vila Nova de Souto d'El-Rei	Muito Baixa	Baixa	Muito Baixo
Vilar	Muito Baixa	Muito Alta	Moderado
Vilar Seco	Muito Baixa	Muito Alta	Moderado
Viseu	Alta	Muito Baixa	Baixo