



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA MECÂNICA

Validação do Índice de Risco de Incêndio Florestal - ICRIF

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente na Especialidade de Tecnologia e Gestão do Ambiente

Autor

Carmen José Ferreira Rocha

Orientador

Professor Doutor Domingos Xavier Filomeno Carlos Viegas

Coorientador

Mestre Ricardo Filipe Silva Oliveira

Júri

Presidente	Professor Doutor José Manuel Baranda Ribeiro Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra
Vogais	Professor Doutor António Rui de Almeida Figueiredo Professor Associado com Agregação da Universidade de Coimbra Mestre Ricardo Filipe Silva Oliveira Investigador da ADAI, Universidade de Coimbra



Instituto Português do Mar e da Atmosfera



Associação para o Desenvolvimento da Aerodinâmica Industrial

Coimbra, Setembro, 2014

*Às vezes depreciamos a chama que nos aquece, ao alimenta-la com descuido,
tornando-a na labareda que tudo destrói.*

Carmen Silva Ferreira

Aos que perderam a vida ao combater incêndios florestais.

AGRADECIMENTOS

Ao longo de todo o percurso académico tive a oportunidade de conhecer, conviver e trabalhar com muitas pessoas, pessoas essas que tiveram um papel determinante para que hoje pudesse concluir esta tão importante etapa da minha vida. O trabalho que aqui se expõe é fruto da colaboração e apoio de algumas pessoas e instituições, às quais não posso deixar de transmitir o meu apreço e reconhecimento.

Agradeço portanto:

Ao Professor Doutor Domingos Xavier Viegas, pela oportunidade que me concedeu em ser sua aluna de mestrado, por toda a sua orientação, pelas palavras de incentivo nos momentos mais difíceis, por toda a compreensão e confiança que depositou em mim para a realização deste estudo e principalmente um muito obrigada por toda a transmissão do seu saber nesta área.

Ao Mestre Ricardo Oliveira que coorientou este trabalho, pela sua disponibilidade e colaboração.

Agradeço também à ADAI e a todos os membros que dela fazem parte, que de uma forma mais ou menos direta contribuíram também para a realização deste trabalho.

Ao IPMA pela colaboração, disponibilidade no fornecimento de dados e esclarecimento dos mesmos, sem eles, este trabalho não teria sido possível.

À minha família, em especial aos meus Pais e ao meu Mano pelo apoio incondicional, por todo esforço que fizeram para que eu pudesse ter sempre tudo o que precisava, por me transmitirem todos os ideais importantes, por serem os grandes alicerces da pessoa que sou hoje e por terem sempre acreditado nas minhas capacidades.

A Ti, que estiveste sempre comigo, agradeço pelo companheirismo, todo o esforço, compreensão e dedicação principalmente nesta fase final.

Aos que apesar da distância estiveram sempre presentes e tanto me confortaram nos piores momentos. Bem como aos amigos pela compreensão e paciência que sempre tiveram.

Um sincero obrigada a todos!

RESUMO

A meteorologia tem um papel fundamental na deflagração e comportamento de um incêndio florestal, é contudo sabido que na sua maioria resulte da intervenção e ação do homem. Hoje em dia existem vários modelos de avaliação do risco de incêndio florestal, eles são de extrema importância no âmbito de ações de prevenção e combate a incêndios. Tendo como base parâmetros ditos dinâmicos e estruturais, é viável tomar decisões a fim de minimizar o risco potencial dos incêndios.

Desde dois mil e nove que o Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA) calcula e divulga um índice de risco de incêndio florestal, baseado em dados meteorológicos e em imagens de satélite, que representa a probabilidade de ocorrência de incêndios em cada concelho de Portugal e o seu potencial risco. Este índice designa-se por Índice Combinado de Risco de Incêndio Florestal (ICRIF) embora esteja a ser utilizado operacionalmente, tanto quanto é do nosso conhecimento, não se encontra validado por meio de uma calibração, ou seja o seu desempenho não foi ainda testado com dados reais. O índice ICRIF tem por base um índice já validado a nível distrital, o sistema canadiano, *Fire Weather Index* (FWI).

No âmbito de uma colaboração entre a ADAI e o IPMA propõe-se com este trabalho verificar o desempenho do ICRIF, assim como o do FWI, perante as mesmas situações de ocorrências de incêndios e área ardida e sobretudo fazer a sua validação.

O FWI carece ainda de uma validação a nível concelhio, portanto pretende-se efetuar uma validação deste índice a esse nível para três distritos distintos de Portugal. Posteriormente procede-se à sua revalidação a nível distrital.

Foi feito um estudo dos dados de cada estação meteorológica disponíveis em todo o território português, a fim de ser possível utilizar esses mesmos dados para fazer uma interpolação com vista em obter dados meteorológicos para os concelhos que não possuem uma estação. Foram obtidos valores diários de FWI para um período compreendido entre quinze de maio e dezasseis de outubro nos últimos doze anos. Desta forma foi possível fazer a validação deste índice com dados reais para os concelhos estipulados. Foi ainda possível fazer de forma análoga a nível de cálculo, a validação a nível distrital e comparar a mesma com a validação que havia já sido feita em dois mil e oito.

De forma semelhante foram calculados valores diários para o ICRIF, o que permitiu não só a sua validação a nível concelhio mas também uma comparação com o FWI.

Os resultados obtidos foram bastante satisfatórios, podendo tirar-se deles várias conclusões, como por exemplo ambos os índices terem um desempenho muito semelhante. Conclui-se também que o estudo efetuado a nível distrital e concelhio compreende inúmeras diferenças, sendo que quanto mais se desce na hierarquia das divisões do país mais complexa se torna uma avaliação deste tipo. Uma conclusão não menos importante

que as anteriores é a necessidade de cada distrito/concelho possuir a sua própria escala de risco e não ser usada uma escala única.

Palavras-chave: risco de incêndio, incêndios florestais, validação, ICRIF, FWI

ABSTRACT

The meteorology plays a key role in the beginning and the conduct of a forest fire, it is however known that the majority, result from the intervention and action of man. Nowadays there are several models to evaluate the risk of forest fire, they are extremely important in the context of prevention and fire fighting. Based on structural and dynamic parameters, it is feasible to take decisions in order to minimize the potential risk of fire.

Since two thousand and nine the Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA) calculates and publishes an index of forest fire risk, based on meteorological data and satellite images, which represents the probability of fire occurrence in each county of Portugal and its risk potential. This index is called Índice Combinado de Risco de Incêndio Florestal (ICRIF) although it is to be used operationally, to the best of our knowledge, has not been validated by a calibration, its performance was not tested with real data. The ICRIF index is based on an index already validated at a district level, the Canadian system, *Fire Weather Index* (FWI).

The scope of this collaboration with the ADAI and IPMA proposed with this work is to verify the performance of ICRIF, as well as the FWI, faced the same situations of fires and burned area and above all do its validation.

The FWI still lacks a validation at a county level, so we intend to perform a validation of this index at that level for three different districts of Portugal. Then proceeds to the revalidation at the district level.

A study of data from each weather station available throughout the Portuguese territory was made in order to be possible to use that data to make an interpolation to obtain meteorological data for counties that do not have a station. Daily FWI values for the period between May fifteen and October sixteen in the last twelve years have been obtained. This made it possible to validate this index with real data for the indicated counties. It was also possible to make at a similar level the calculation of the validation at the district level and compare the same with the validation that had already been made in two thousand and eight.

Similarly daily values for ICRIF, which allowed not only their validation at the county level but also a comparison with the FWI were calculated.

The results were a lot satisfactory, and it is possible to take several conclusions from them, such as the indexes have a very similar performance. We also conclude that the study conducted at district and county level comprises numerous differences, and the more we move down the hierarchy of divisions of the country more complex become an evaluation of this caliber. Another important conclusion is the need for each district / county owning its own risk scale and not a only scale being used.

Keywords: fire risk, forest fire, validation, ICRIF, FWI

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	ii
Abstract	iv
Índice de Figuras	vii
Índice de Gráficos	viii
Índice de Tabelas	ix
Siglas	x
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Motivação e objetivos	1
1.2. Revisão bibliográfica	2
1.3. Problemática dos incêndios florestais	5
1.4. Metodologia	9
2. Índices em estudo	10
2.1.1. FWI	10
2.1.2. ICRIF	12
3. Enquadramento geográfico e temporal do estudo	14
3.1. Enquadramento Geográfico	14
3.2. Enquadramento do período do estudo	19
4. Validação dos índices em estudo	20
4.1. Modelos para interpolação de dados meteorológicos	20
4.2. Processamento de dados meteorológicos	22
4.3. Ocorrência de incêndios florestais	24
5. Discussão dos resultados	27
5.1. Resultados obtidos para os índices em estudo	27
5.2. Comparação da evolução do ICRIF em função do FWI	31
5.3. Comparação dos resultados obtidos para os dois índices com as áreas ardidas e as ocorrências de IF	33
6. Conclusões	35
6.1. Considerações finais	35
6.2. Trabalho futuro	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	39
ANEXOS	40
Anexo I	41
Anexo II	43

Anexo III	44
Anexo IV	45
Anexo V	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Representação simplificada das causas de incêndios florestais de acordo com a classificação da AFN	6
Figura 2 - Triângulo do fogo.	7
Figura 3 - Quadrado do fogo.	8
Figura 4 - Estrutura do sistema canadiano de indexação de perigo de incêndio (FWI). (adaptado de Viegas et al., 2004, p. 81)	11
Figura 5 - Modelo de ICRIF (adaptado de Bugalho e Pessanha 2004).....	13
Figura 6 - Portugal Continental subdividido por distritos.....	14
Figura 7- Mapa com a localização das regiões de clima mediterrâneo.	15
Figura 8 – Mapa de Portugal Continental, com destaque aos distritos de Coimbra Évora e Porto.	16
Figura 9 - Distrito do Porto, com representação dos seus municípios bem como as suas EMA'S.	17
Figura 10- Distrito de Coimbra, com representação dos seus municípios bem como as suas EMA'S	18
Figura 11- Distrito de Évora, com representação dos seus municípios bem como as suas EMA'S	18
Figura 12-Mapa representativo de toda a área ardida nos últimos treze anos em todo o País, os dados utilizados para a elaboração do mapa foram retirados do ICNF.	26

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Comparação da evolução do ICRIF em função do FWI para os concelhos do distrito de Coimbra.	32
Gráfico 2- Comparação da evolução do ICRIF em função do FWI para os concelhos do distrito de Coimbra.	32
Gráfico 3- Comparação da evolução do ICRIF em função do FWI para os concelhos do distrito de Coimbra.	33
Gráfico 4-Média de N° de IF e área ardida em função do ICRIF.	34
Gráfico 5- Média de N° de IF e área ardida em função do FWI.	34
Gráfico 6- Comparação do desempenho dos dois índices para os concelhos do distrito de Évora.	55
Gráfico 7 - Comparação do desempenho dos dois índices para os concelhos do distrito de Évora.	55
Gráfico 8 -	56
Gráfico 9 - Comparação do desempenho dos dois índices para os concelhos do distrito do Porto.	56
Gráfico 10-Comparação do desempenho dos dois índices para os concelhos do distrito do Porto.	57
Gráfico 11-Comparação do desempenho dos dois índices para os concelhos do distrito do Porto.	57
Gráfico 12-Comparação do desempenho dos dois índices para os concelhos do distrito do Porto.	58

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Níveis de risco e códigos de cores (Adaptado de Viegas D.X., 2011).....	12
Tabela 2- Períodos de risco de incêndio florestal (adaptado de Diretiva Operacional nº2 DECIF – Dispositivo Especial de Combate a Incêndios Florestais, Março 2014).	19
Tabela 3 - Estações Meteorológicas utilizadas para o cálculo das interpolações.....	22
Tabela 4- Estações Meteorológicas que não possuem dados.	23
Tabela 5- Estações Meteorológicas não consideradas.	23
Tabela 6-Ocorrências de IF num período de 10 anos para os municípios do distrito de Coimbra.	24
Tabela 7- Ocorrências de IF e num período de 10 anos para os municípios do distrito de Évora.....	25
Tabela 8- Ocorrências de IF num período de 10 anos para os municípios do distrito do Porto.	25
Tabela 9-Classes de risco de Incêndio Florestal para os concelhos do distrito de Coimbra.	27
Tabela 10- Classes de risco de Incêndio Florestal para os concelhos do distrito de Évora.	28
Tabela 11- Classes de risco de Incêndio Florestal, para os concelhos do distrito do Porto.	28
Tabela 12- Classes de risco de Incêndio Florestal para os concelhos do distrito de Coimbra.	29
Tabela 13- Classes de risco de Incêndio Florestal para os concelhos do distrito de Évora.	30
Tabela 14- Classes de risco de Incêndio Florestal, para os concelhos do distrito do Porto.	30
Tabela 15- Classes de risco a nível distrital.	31
Tabela 16 – Média de FWI, IF e área ardida em cada concelho do distrito de Coimbra para cada classe estipulada.	45
Tabela 17- Média de FWI, IF e área ardida em cada concelho do distrito de Évora para cada classe estipulada.	46
Tabela 18 - Média de FWI, IF e área ardida em cada concelho do distrito do Porto para cada classe estipulada.	47
Tabela 19 - Média de ICRIF, IF e área ardida em cada concelho do distrito de Coimbra para cada classe estipulada.	49
Tabela 20 -Média de ICRIF, IF e área ardida em cada concelho do distrito de Évora para cada classe estipulada.	50
Tabela 21 - Média de ICRIF, IF e área ardida em cada concelho do distrito do Porto para cada classe estipulada.	51
Tabela 22- Média de FWI, IF e área ardida em cada distrito de Portugal continental para cada classe estipulada.	53

SIGLAS

ADAI- Associação para o Desenvolvimento de Aerodinâmica Industrial
AFN- Autoridade Florestal Nacional
CRIF- Cartografia de Risco de Incêndio Florestal
DC-*Drought Code* (Código de Seca)
DMC-*Duff Moisture Code* (Código de Humidade dos Combustíveis Compactos)
EMA- Estação Meteorológica Automática
FFMC-*Fuel Moisture Content* (Código da Humidade dos Combustíveis Finos)
FWI-*Fire Weather Index* (Sistema de Indexação Canadiano)
ICRIF-Índice Combinado de Risco de Incêndio Florestal
IF- Incêndio Florestal
IGP- Instituto Geográfico Português
IPMA-Instituto Português do Mar e da Atmosfera
NDVI -*Normalized Difference Vegetation Index*
SIG- Sistemas de Informação Geográfica

1. INTRODUÇÃO

Os incêndios florestais são a causa de elevados impactes sociais, económicos e sobretudo ambientais, que afetam todos os anos Portugal. No que concerne aos impactes ambientais é de salientar que os incêndios florestais levam a um empobrecimento progressivo dos solos, bem como a diminuição de infiltração da água que leva por sua vez a uma descida do nível das toalhas freáticas. Ainda na vertente ambiental como é já do conhecimento geral os incêndios florestais levam à depleção da qualidade do ar, devido há excessiva carga de dióxido de carbono, entre outros gases, que libertam.

Neste contexto há então a necessidade de aperfeiçoamento e desenvolvimento de várias metodologias no âmbito do risco de incêndio florestal. Atualmente, são já utilizadas em diversos países algumas metodologias que permitem fazer uma estimativa da perigo de incêndio florestal, que se fundamentam essencialmente em parâmetros dinâmicos e/ou estruturais, como tipo de coberto de solo e o estado da vegetação.

No decorrer deste estudo, os índices de avaliação de risco de incêndio florestal que vão ser abordados são o Sistema de Indexação Canadiano (*Fire Weather Index – FWI*) e o Índice Combinado de Risco de Incêndio Florestal (ICRIF).

A correta utilização de um determinado índice para uma determinada área, passa pela consideração de fatores meteorológicos e fatores biofísicos como a topografia e ocupação do solo, mas também pela atividade humana.

1.1. Motivação e objetivos

Todos os anos, com mais frequência na época estival, de uma forma ou de outra todos se habituaram a assistir à destruição de milhares de hectares de floresta, que são consumidos pelo fogo, que por conseguinte levam à destruição e alteração de vários ecossistemas florestais.

No que concerne a Portugal continental, os incêndios florestais têm maior predominância no norte e centro do país. Isto deve-se, ao facto de serem áreas com maior concentração populacional. A ação antrópica está quase na sua totalidade associada à ocorrência de IF, contudo a incidência dos mesmos está também fortemente relacionada com causas naturais. Também a deficiente gestão e conservação florestal e o aumento da utilização dos espaços florestais para fins recreativos contribuem para um elevado número de IF.

A correta utilização de um determinado índice de risco de incêndio para uma determinada área, passa pela consideração de fatores meteorológicos e fatores biofísicos como a topografia e ocupação do solo, mas também pela atividade humana.

O objetivo principal deste trabalho prende-se com a necessidade de avaliar um índice de risco de incêndio florestal já existente FWI, fazer a sua validação a nível concelhio e uma revalidação a nível distrital e posteriormente fazer a validação de um índice mais recente, ICRIF, apenas a nível concelhio. Este estudo foi feito com recurso a dados de IF ocorridos no período de dois mil e um a dois mil e doze, fornecidos pelo IPMA, privilegiando as ferramentas ligadas aos SIG. O estudo foi feito tendo em linha de conta que existem oitenta e cinco EMA's e duzentos e setenta e oito municípios para estudar.

Apesar de os IF serem uma problemática a nível nacional, a validação a nível concelhio de ambos os índices foi feita apenas para três distritos de Portugal continental.

1.2. Revisão bibliográfica

Há muito que, em Portugal continental, se atribuem as principais causas de incêndios florestais aos fatores de natureza cultural e também sócio económica (Cravidão, F., 1990). Contudo, as condicionantes mais graves dos incêndios florestais são de natureza meteorológica (Rebelo, F., 1980), uma vez que em maior ou menor grau, estas condicionam todas as outras variáveis físicas, em especial o estado de combustíveis.

“Em Portugal, foi essencialmente depois do 25 de Abril de 1974 que os incêndios florestais passaram a constituir um flagelo nacional”, (Lourenço, L., *et al* 1994 p.44). Ainda segundo os mesmos autores, “as profundas modificações que se vinham introduzindo na estrutura sócio económica da sociedade portuguesa e que se acentuaram significativamente a partir dessa data, contribuíram, directa¹ e indirectamente, para um substancial aumento, tanto do número, como da dimensão dos incêndios florestais.”

“Portugal na Europa é o país mais afectado pelos incêndios florestais. Os valores dos últimos anos relativamente às áreas ardidas e ao número de ignições, são avassaladores. Comparando com os restantes países da bacia mediterrânica, Espanha, França, Itália e Grécia, Portugal é o único país em que a média da área ardida tem aumentado desde 1980. Igualmente a média anual do número de incêndios entre 1980 e 2003 ultrapassa as 16.500 enquanto nos outros países os valores encontram-se todos abaixo da fasquia” (European Commission, 2004, citado por Colaço, C. 2006.)

“Portugal perde anualmente uma vasta área florestal devido a incêndios que ocorrem principalmente no quente e seco verão. Sabe-se que este é um fenómeno

¹ O texto foi editado num determinado ano, anterior ao da aplicação do Novo Acordo Ortográfico, portanto ao longo desta redação, as transcrições foram feitas tal como se encontravam registadas na fonte e respeitando a grafia original da mesma.

essencialmente relacionado com as condições climáticas e meteorológicas e por isso pode acontecer em qualquer época do ano, dependendo da ocorrência de condições meteorológicas favoráveis a incêndios.” (Viegas, D.X., *et al* 2008),

“Os fogos florestais são um dos mais devastadores desastres naturais que ocorrem em Portugal, especialmente durante o Verão. O Instituto de Meteorologia de Portugal (IM) calcula um Índice de Risco de Incêndio Florestal, o ICRIF, que combina condições meteorológicas com o estado da vegetação e risco natural. O reprocessamento de 10 anos deste índice permitiu a sua análise e validação, comparando-o com áreas ardidas e viabilizando a sua utilização operacional.” (Bugalho, L., Pessanha, L. 2007a).

Ainda de acordo com os mesmos autores “a validação do índice ICRIF pretende aferir a capacidade da sua utilização operacional, contribuindo com ganhos de eficiência na prevenção e combate de incêndios florestais, bem como aferir da introdução de correcções caso se venham a verificar como essenciais.” E ainda “ A validação estatística do risco de incêndio ICRIF, depende muito da caracterização estatística dos incêndios florestais, o que torna necessário conhecer a forma como se distribui ao longo do ano o número e a área dos incêndios florestais.”

“O valor ICRIF, que varia de 0 a 100, é calculado ponderando o valor de FWI com um fator ligado a um índice de consumo de combustível, e o índice de vegetação NDVI”. (Bugalho, L., e Pessanha, L., 2007b)

A importância de fatores meteorológicos na atividade de incêndio florestal é bem reconhecida e a capacidade de antecipar o seu impacto na ocorrência diária de incêndios bem como o seu comportamento tem sido um dos principais objetivos para os investigadores desde o início da ciência do fogo. (Viegas et al., 1999).

Os mesmos autores afirmam que: dado o número de índices e métodos já existentes, no momento de escolher ou propor um em particular, para ser usado numa determinada área geográfica, pergunta-se se existe um sistema ideal ou se é vantajoso para o desenvolvimento de um novo método e para que propósito. A tarefa de comparar vários índices é algo difícil quando é tido em conta não apenas o empírico da natureza da sua formulação, mas também devido aos diferentes níveis de complexidade dos índices já existentes com vários conjuntos de parâmetros de entrada e saída. Na opinião dos autores, o melhor teste é o de submeter cada índice ao mesmo conjunto de dados meteorológicos e dados sobre a ocorrência de incêndio.

“Hoje em dia a informação geográfica é imprescindível a um leque bastante diversificado de actividades, de que a segurança e a protecção civil não são, naturalmente, excepção.” (Santos, C. R. 2008).

A mesma autora refere ainda que “Em termos da actividade do IGP (Instituto Geográfico Português), são inúmeros os produtos e serviços de cartografia topográfica ou temática de base topográfica disponibilizados por este organismo.”

Na década de 90 foram dados os primeiros passos com vista a criar uma CRIF – Cartografia de Risco de Incêndio Florestal, foi então que foi produzida uma CRIF para o

distrito de Viseu. “os resultados positivos registados na validação da metodologia adoptada na CRIF Viseu através, designadamente, da confrontação das zonas caracterizadas com maiores índices de risco com as áreas efectivamente ardidas dos anos 2004 e 2005, impulsionaram o desenvolvimento do projecto tendo em vista dotar todo o território de Portugal Continental com idênticos instrumentos de apoio ao planeamento.” (Santos, C. R. 2008).

A autora acima citada, expõe ainda no mesmo artigo que “a produção da cartografia de risco de incêndio florestal baseou-se na utilização de uma metodologia de análise multi-critério, procurando-se que os factores considerados fossem representativos dos vários aspectos susceptíveis de contribuir para o aumento do risco de incêndio florestal, salvaguardando simultaneamente a total independência entre factores por forma a reduzir o efeito de enviesamento dos resultados por força da auto correlação entre variáveis.”

De acordo com Chandler *et al.* (1983), “o desenvolvimento da avaliação de perigo de incêndio, no entanto, teve origem principalmente na América do Norte e Austrália”. A investigação foi levada a cabo pelo Serviço Florestal com a finalidade de desenvolver um sistema de classificação de perigo de incêndio para proporcionar informação e orientação no combate contra os incêndios florestais (Davis 1959, Gisborne 1933, 1936, 1942, Hayes 1944, Jemison 1944, Nelson 1964, Show 1919, citado por Marzano *et al.*, 2002).

Desde o segundo quarto do século XX, alguns países, como o Canadá, Estados Unidos da América, Austrália e Nova Zelândia, preocuparam-se com a problemática dos incêndios florestais e efetuaram os primeiros estudos sobre a determinação do perigo de incêndio, os quais estiveram na origem dos sistemas canadiano (FWI) e americano.

“O sistema Canadiano é muito fácil de utilizar, porque apenas requer dados que se encontram disponíveis na larga maioria das estações meteorológicas.” O *Canadian Forest Fire Weather Index System* (CFFWIS) é o resultado de anos de investigação aplicada realizada naquele País, a partir de 1968, que culminou com a apresentação do sistema num documento coligido por VAN WAGNER (1987).”, “... a base em que assenta o CFFWIS é a estimativa do teor de humidade de diferentes componentes dos complexos combustíveis típicos das florestas daquele País, feita a partir de um conjunto de equações físicas, que foram aferidas com dados obtidos experimentalmente.” (Viegas, D.X., *et al* 2004),

Os índices de risco de incêndio florestal são “números que refletem antecipadamente a possibilidade de ocorrência de um incêndio, assim como a facilidade de se propagar, de acordo com as condições meteorológicas” (Vélez, 2000).

Cheney, 1968, citado por Nunes (2005, p.26), os índices de incêndio florestal fornecem uma resposta em 80% dos casos, o que é satisfatório para um planeamento eficaz do controlo dos incêndios.

O desenvolvimento de índices no sector da avaliação de risco de incêndio “constitui a melhor possibilidade para a salvaguarda de vidas humanas, de propriedades e de recursos naturais” (Chuvieco *et al.*, 1997).

Os diversos índices de risco de IF são expressos numa escala de risco, elaborada de acordo com variáveis e fatores considerados na deflagração e propagação do fogo. “Por questões práticas, um índice apresenta classes de perigo definindo-se uma classe de perigo como uma porção da escala numérica de perigo de incêndios florestais” (Soares, 1984, Citado por Parizotto, 2006, p.16).

1.3. Problemática dos incêndios florestais

Quando estamos perante o conceito incêndio florestal, este é facilmente confundido com o conceito de fogo florestal, há então a necessidade de fazer uma abordagem de diferenciação dos dois conceitos, fogo e incêndio.

O primeiro conceito aplica-se à “presença controlada e desejada da combustão nos espaços naturais” (Viegas *et al.*, 2011, p.2), enquanto o segundo se refere “a essa mesma presença, mas de uma forma descontrolada e não desejada” (id., *ib.*).

De acordo com o Decreto-Lei nº254/2009, de 24 de setembro, um incêndio florestal refere-se a “qualquer incêndio que decorra em espaços florestais, não planeado e não controlado e que, independentemente da fonte de ignição requer acções de supressão”.

Segundo a Agência para a Prevenção de Incêndios Florestais (APIF) (2005), o incêndio florestal pode ser definido como “um incêndio que deflagra e se estende por espaços com aptidão florestal (arborizados ou não arborizados) ou que, tendo início noutros terrenos, se propaga por espaços florestais. Excluem-se os fogos controlados, geralmente destinados a diminuir ou eliminar o material combustível acumulado no terreno”.

Há ainda a necessidade de clarificar a noção e o uso de termos como risco e perigo de incêndio, pois na maioria das vezes são confundidas e usadas como sinónimos apesar de não significarem a mesma coisa.

Relativamente ao risco de incêndio, é sabido que este é a probabilidade de ocorrência de um incêndio numa determinada área, por sua vez o perigo advém do risco. No entanto, para que o risco se transforme em perigo, há a necessidade de ocorrência de ignição do material combustível.

Nas últimas décadas o nosso país tem sido devastado pelos incêndios florestais sobretudo na época estival, incitando consequências sociais, económicas e sobretudo ambientais. O fogo é considerado um fenómeno que pode surgir naturalmente, como por exemplo, através de uma trovoada, contudo, na maior parte das vezes, é provocado pelo homem.

Ramos, C., (1992), refere que embora a maior parte dos incêndios resulte de causas antrópicas, a variação do número de incêndios, quer ao longo dos meses de verão, quer durante o ano, reflete a importância de outros fatores na extensão da área ardida. Destes

destaca-se a sucessão e persistência de tipos de tempo responsáveis por longas sequências de dias sem chuva, aos quais se seguem outros dias quentes e secos e, conseqüentemente, favoráveis ao aparecimento de focos de incêndio.

De acordo com a classificação das causas dos incêndios florestais utilizada em Portugal, pela Autoridade Florestal Nacional (AFN, entidade designada atualmente por Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas), as causas dos incêndios florestais encontram-se agrupadas em seis categorias como se pode ver na figura 1.

Só é possível definir métodos ou medidas preventivas, aquando do conhecimento das causas que estão por detrás das ignições dos incêndios, com a finalidade de combater os mesmos.

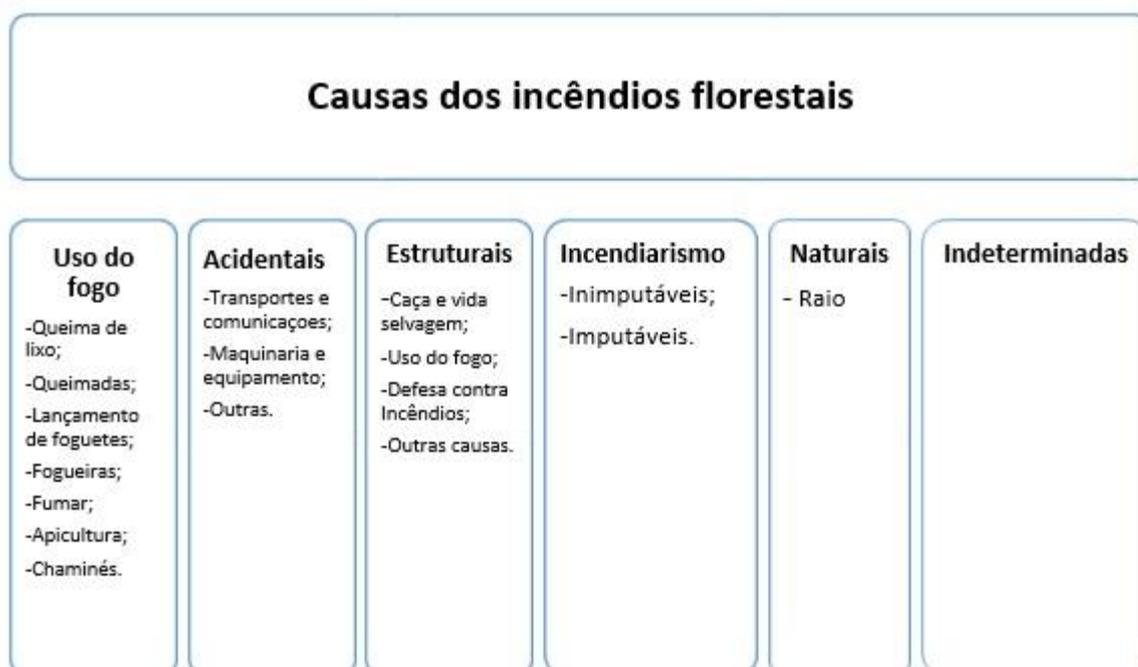


Figura 1 - Representação simplificada das causas de incêndios florestais de acordo com a classificação da AFN².

Um dos modelos mais antigos destinados a explicar a formação do fogo é denominado “triângulo do fogo”, como se mostra na figura 2. Este triângulo representa os três elementos fundamentais para que se inicie um incêndio, ou seja, é necessária a presença simultânea de material combustível, comburente e energia de ativação. Contudo, a presença destes três elementos não inicia obrigatoriamente um fogo pois é necessário que a quantidade de energia de ativação fornecida seja suficiente para iniciar a ignição.

O que está na origem de um incêndio é a incidência de calor num material que provoca a sua decomposição – pirólise – a qual gera gases combustíveis que vão reagir com o oxigénio produzindo calor, gases e partículas sólidas. O calor produzido na reação de combustão volta a incidir sobre os materiais do meio envolvente, o que realimenta a reação química.

² Adaptado de <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/6508/5/Anexo%20III.pdf>.



Figura 2 - Triângulo do fogo.

Como é referido acima os três elementos fundamentais para que ocorra o fogo são o oxigénio, o combustível e a energia de ativação, contudo, devem ser tidos em linha de conta aspetos como as características dos combustíveis, o relevo e as condições meteorológicas.

O combustível florestal é um dos fatores mais importantes na propagação do fogo, uma vez que “determina se um fogo se inicia, a dificuldade de controlá-lo e a probabilidade deste exibir um comportamento extremo ou regular. (...) Podem ser divididos em combustíveis mortos (folhas caídas ou secas, ervas, ramos caídos) ou vivos (ervas, arbustos, árvores), consoante o seu estado vegetativo” (Viegas *et al.*, 2011, pp. 29 e 30).

Ainda segundo os mesmos autores, “a classificação dos combustíveis por estratos está estritamente ligada ao processo de propagação dos incêndios florestais, visto que cada um está associado a um determinado tipo de propagação do fogo”. São portanto considerados três estratos: combustíveis do solo, combustíveis superficiais e combustíveis aéreos. Os combustíveis do solo são aqueles que se encontram logo por baixo da manta morta e compreendem raízes, troncos e ramos enterrados e matéria orgânica em decomposição. Relativamente aos combustíveis superficiais, estes comportam combustíveis vivos e mortos, como folhas ou ramos mortos no chão, bem como troncos caídos ou arbustos. Por sua vez, os combustíveis aéreos englobam as copas das árvores e arbustos elevados.

No que concerne à meteorologia, esta tem um papel importante na ignição e propagação dos incêndios florestais, bem como nos seus efeitos. Enquanto elemento principal que regula o início da época de incêndios, determina os períodos mais favoráveis à ocorrência dos mesmos, conjugando as condições meteorológicas com o estado da vegetação.

De acordo com Viegas *et al.* (2011), os fatores meteorológicos classificam-se em dois grupos: os fatores condicionantes e fatores determinantes.

Fatores condicionantes:

- precipitação,
- temperatura do ar
- humidade relativa do ar
- nebulosidade
- trovoadas

Fatores determinantes:

- velocidade do vento
- rumo do vento
- intensidade de turbulência
- estabilidade atmosférica.

No que aos fatores condicionantes diz respeito, estes determinam a ocorrência dos incêndios florestais, bem como o desenvolvimento da vegetação e o processo de secura dos combustíveis.

Relativamente ao segundo grupo este afeta principalmente o transporte de oxidantes, oxigénio, a combustão e os processos de transmissão de energia e da temperatura no incêndio, tendo influência nas condições de propagação do fogo.

No que alude à topografia, esta quando combinada com os fatores combustível e meteorologia, tem um papel basilar, pois a morfologia do local de incêndio florestal, nomeadamente o declive e a altitude influenciam o comportamento do fogo.

Viegas *et al.* (2011, p. 101) “consideram fundamental para a descrição do comportamento do fogo” o fator tempo. De acordo com os mesmos autores, o tempo “intervém de uma forma explícita no comportamento de um incêndio. (...) O comportamento do fogo é dinâmico, isto é, mesmo com condições fronteiras permanentes – não variáveis com o tempo – as características de propagação vão-se alterando ao longo do tempo”. Esta dependência “resulta da interação entre o fogo e o meio ambiente, por meio das correntes de convecção, geradas pelo próprio fogo, que vão modificar o ambiente, em torno dele e podem mesmo sobrepor-se aos restantes fatores condicionantes” (*id. ib*, p. 124).

Deste modo, fazendo a conjugação destes quatro importantes fatores o triângulo do fogo é possivelmente substituído pelo quadrado do fogo como mostra a Figura 3.

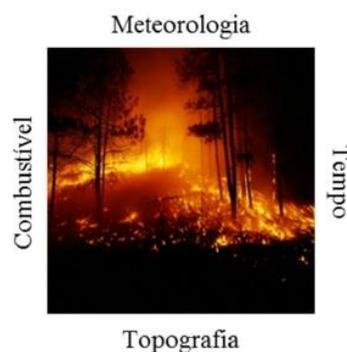


Figura 3 - Quadrado do fogo.

1.4. Metodologia

Para a elaboração do presente estudo, a metodologia de trabalho adotada para poder alcançar os objetivos propostos, será aqui descrita de forma concisa e perceptível.

Numa fase inicial a primeira tarefa foi fazer a análise das estações meteorológicas existentes no País, por forma a saber quais as estações que se encontraram em funcionamento no período em análise. Desta análise resultou a anulação de algumas estações uma vez que não possuíam dados ou eram portadoras de dados anómalos. Os dados das estações meteorológicas foram fornecidos pelo IPMA.

Posteriormente fez-se a interpolação de dados, a fim de serem obtidos valores de FWI diários. A interpolação a nível concelhio é feita usando os dados das duas EMA's mais próximas desse concelho. O modelo utilizado para a interpolação de dados foi um modelo que resultou da junção do método do Inverso do Quadrado da Distância com o método de Thiessen, que serão abordados e explicados no capítulo 3.

O passo seguinte foi fazer uma análise dos valores diários de FWI obtidos para que seja feito um tratamento de dados tendo em conta o valor de FWI em cada dia bem como a área ardida e o número de IF nesse mesmo dia.

Foram então elaborados gráficos que mostram a relação que existe entre o FWI observado num determinado dia, com as ocorrências de IF e área ardida para esse dia, podendo desta forma atribuir-se a classe de risco que está associada a essa gama de valores. Seguiu-se a elaboração de tabelas que mostrem de forma resumida a escala de risco para cada região estudada.

Relativamente ao ICRIF, foram facultados os valores dos pixels por cada classe estabelecida pelo IPMA, bem como a percentagem de cada pixel para cada escala. Desta forma foi necessário efetuar o cálculo do valor final do ICRIF para cada dia. Imediatamente depois deste cálculo, todo o processo elaborado no FWI foi repetido para o ICRIF.

Uma vez conseguidos todos os valores e ilustrações gráficas, a fase final passa pela análise dos dados de ambos os índices e comparação da evolução entre os mesmos.

Esta comparação tem como objetivo essencial, verificar a evolução de um índice em função do outro no mesmo dia e mediante o mesmo número de IF e área ardida. Deste modo poderá verificar-se qual dos dois é mais fiável ou mais rigoroso mediante a mesma situação de risco. É ainda importante verificar o que é que o ICRIF contém de novo que o FWI não contém, isto é quais serão as suas mais-valias relativamente aos modelos já utilizados no País, neste caso particular o FWI.

2. ÍNDICES EM ESTUDO

No decorrer deste estudo os índices de avaliação de risco de incêndio florestal que vão ser abordados são o Sistema de Indexação Canadano (*Fire Weather Index* – FWI) e o Índice Combinado de Risco de Incêndio Florestal (ICRIF).

2.1.1. FWI

Desenvolvido pelo Serviço das Florestas Canadano, o sistema de indexação canadano *Fire Weather Index* (FWI), permite determinar a perigosidade de incêndio a partir do estado dos diferentes combustíveis existentes no solo. O objetivo do FWI é agregar os efeitos da meteorologia nos combustíveis florestais e, por conseguinte, no comportamento do fogo. Este índice é diariamente calculado com base num combinado de parâmetros meteorológicos observados às 12 UTC, designadamente a:

- Temperatura do ar;
- Humidade relativa do ar;
- Velocidade do vento, medida a 10m de altura;
- Precipitação ocorrida nas últimas 24 horas.

O FWI tem dois grupos integrantes que são os três códigos de humidade dos combustíveis e os três índices de comportamento do fogo.

Ao primeiro grupo pertencem:

- Código de Humidade dos Combustíveis Finos (FFMC)
- Código de Humidade dos Combustíveis Compactos (DMC)
- Código de Secura (DC)

Já o segundo contém dois sub-índices intermédios que mostram o comportamento ou a propagação do fogo e um índice de risco de incêndio (FWI):

- Índice de Evolução Inicial (ISI)
- Índice de Evolução Não Inicial (BUI)
- Índice Meteorológico do Fogo (FWI)

Na Figura 5 está presente um esquema representativo das várias componentes dos FWI.

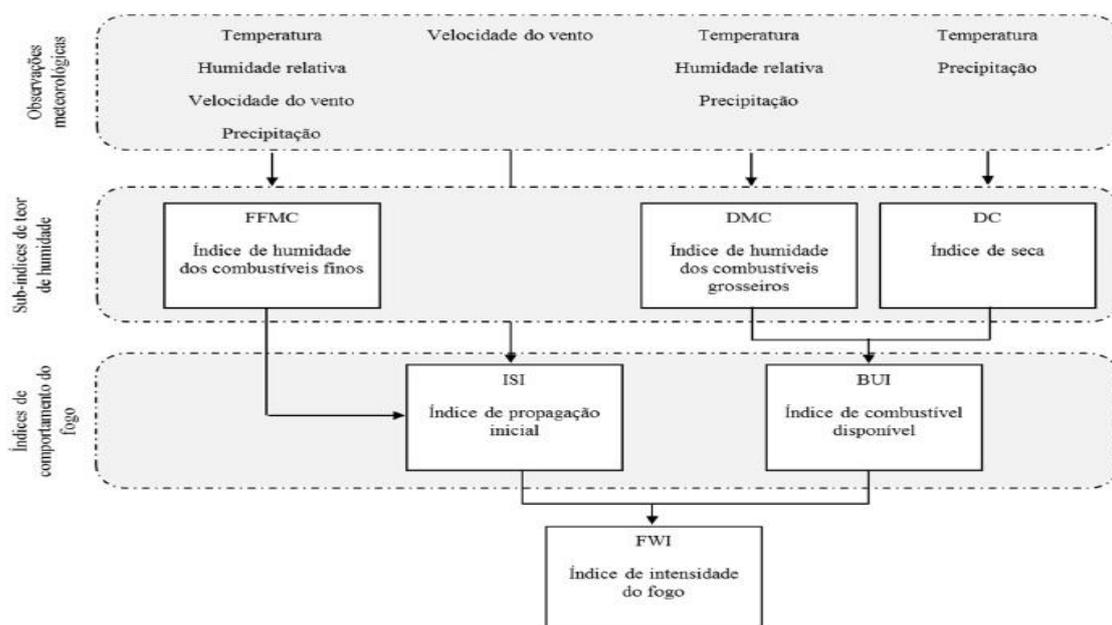


Figura 4 - Estrutura do sistema canadiano de indexação de perigo de incêndio (FWI). (adaptado de Viegas et al., 2004, p. 81)

Os três códigos de humidade dos combustíveis incluem:

- *Fine Fuel Moisture Code* (FFMC): “Índice do teor de humidade de combustíveis finos mortos situados na camada superior da manta morta (folhada)” (Viegas et al., 2011, p. 81).
- *Duff Moisture Code* (DMC): “Índice de teor de humidade da camada orgânica, de manta morta de profundidade moderada (5 a 10 cm) e pouco compacta” (id., ib.);
- *Drought Code* (DC): “Índice de teor de humidade das camadas de combustível compactas e/ou profundas; com uma profundidade entre 10 a 20 cm” (id., ib.);

Os dois índices de comportamento do fogo compreendem:

- *Initial Spread Index* (ISI): Índice de Propagação Inicial, que “incorpora o índice de teor de humidade dos combustíveis finos e o valor da velocidade do vento para produzir uma medida da velocidade de propagação do fogo em terreno plano” (id., ib.);
- *Build Up Index* (BUI): Índice de Combustível Disponível. “É uma combinação dos sub-índices restantes, DMC e DC, para obter uma estimativa da proporção da vegetação disponível, que irá participar efectivamente na propagação” (id., ib.).

O resultado final do sistema canadiano é o *Fire Weather Index* (FWI) (Índice de Perigo Meteorológico), calculado em função dos seus sub-índices ISI e BUI. Esta combinação “constitui o parâmetro de saída que mais directamente se relaciona com possibilidade de ocorrência de incêndios e com a respectiva perigosidade” (Viegas et al., 2004).

O FWI é calculado de acordo com a seguinte classificação, segundo o Decreto Lei nº 156/2004, de 30 de Junho:

- Reduzido

- Moderado
- Elevado
- Muito Elevado
- Máximo

Porém, “os sistemas de indexação do risco processam os valores dos parâmetros meteorológicos e traduzem o resultado final do nível de risco numa escala em geral de quatro ou cinco níveis (Viegas, D. X., 2011), como se pode ver na tabela 1.

Tabela 1 - Níveis de risco e códigos de cores (Adaptado de Viegas D.X., 2011).

Nível	Designação	Cor
1	Baixo	Azul
2	Normal	Verde
3	Elevado	Amarelo
4	Muito Elevado	Laranja
5	Extremo	Vermelho

As designações e as cores apresentadas nesta tabela são apenas indicativas, uma vez que em alguns países se utilizam cores e designações diferentes.

Esta classificação corresponde a uma escala utilizada durante a época de verão, entre 15 de Maio e 16 de Outubro.

Abrantes, T., (2005), afirma que desde 2003, o FWI é calculado diariamente, sem interrupções, ao longo do ano. Assim passou a usar-se uma nova escala, distrital, para a época de inverno, que se reduz a três níveis:

- Baixo
- Médio
- Alto

2.1.2. ICRIF

O Índice Combinado de Risco de Incêndio Florestal (ICRIF) integra diferentes indicadores, como ilustra a Figura 7:

- um índice meteorológico FWI;
- um mapa de risco estrutural, indicativo da facilidade de deflagração e propagação de incêndios florestais, frequentemente denominado mapa de combustível, baseado na ocupação do solo CORINE 2000;
- o índice de vegetação NDVI, indicador do estado de *stress* em que a vegetação se encontra.

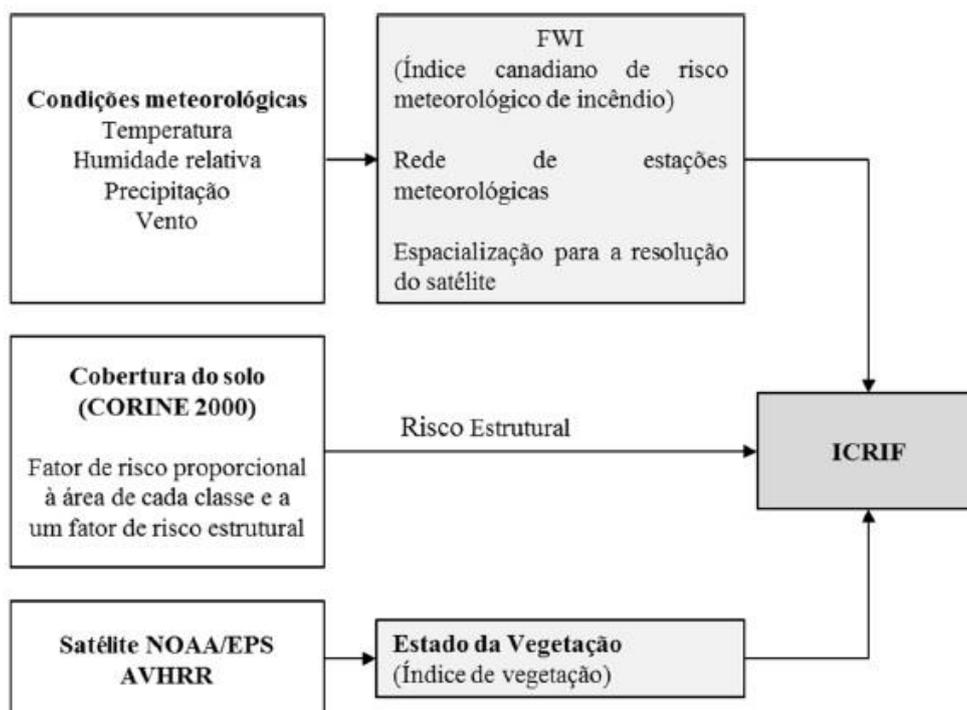


Figura 5 - Modelo de ICRIF (adaptado de Bugalho e Pessanha 2004).

No primeiro caso, o índice é processado diariamente pelo Instituto de Meteorologia, a partir dos dados climáticos provenientes de 85 estações do continente. Numa fase posterior, os valores são espacializados, calculando-se um valor para cada um dos pixels, para a resolução de 2 km correspondente à resolução das imagens de NOAA.

Relativamente ao índice de risco estrutural, é obtido para cada pixel a percentagem da área coberta por cada uma das classes de ocupação do solo da *CORINE* 2006 (A_k). No caso da classe de ocupação do solo, foi estabelecido empiricamente um valor de risco relacionado com a facilidade de deflagração e propagação (R_k). No final, resulta um risco estrutural denominado (FUELRISK).

$$\text{FUELRISK} = A_k \times R_k$$

Assim, o ICRIF representa um risco conjuntural, calculado através da combinação ponderada dos parâmetros anteriormente mencionados.

“Os pesos correspondentes a estes indicadores são valores seleccionados e compreendidos entre 0 e 100, para que o valor final do ICRIF esteja compreendido também entre 0 e 100. Note-se, no entanto, que, sendo a escala do FWI uma escala aberta, a do ICRIF também é. Existem, assim, vários valores pontuais de ICRIF superiores a 100” (Bugalho e Pessanha, 2007).

3. ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO E TEMPORAL DO ESTUDO

3.1. Enquadramento Geográfico

Este estudo foi realizado apenas para Portugal Continental, neste subcapítulo será feito um breve enquadramento geográfico do País.

Portugal está localizado no Sudoeste da Europa, mais concretamente na zona ocidental da Península Ibérica. Faz fronteira a Norte e Este com Espanha e a Oeste e Sul é delimitado pelo Oceano Atlântico. O território continental tem uma área de aproximadamente 92 100 km².

As suas principais divisões são os seus dezoito distritos, que se subdividem ainda em duzentos e setenta e oito concelhos.

Na figura 6 pode ver-se a distribuição desses distritos ao longo de todo o território continental.



Figura 6 - Portugal Continental subdividido por distritos.

No Anexo I encontram-se as tabelas nas quais se podem verificar ainda as subdivisões dos distritos, isto é, os duzentos e setenta e oito concelhos que constituem Portugal Continental.

De acordo com a classificação de koppen Geiger, Portugal tem um clima típico da Europa meridional, ou seja um clima mediterrâneo Csa (verão quente) no norte e Csb (verões brandos) no sul. Este é um clima que se traduz em verões quentes e secos e invernos frios e húmidos. Ainda segundo esta classificação, Portugal é um dos países da Europa com clima mais ameno.

Na figura 7 apresenta-se um mapa onde se pode ver a localização das áreas que usufruem de um clima mediterrâneo.

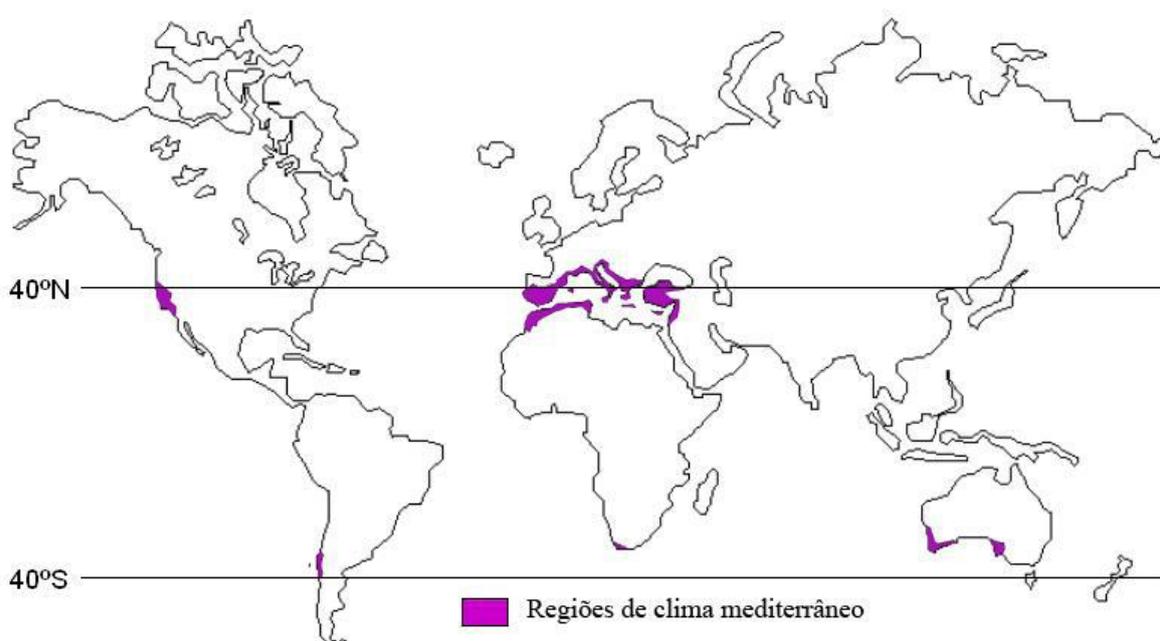


Figura 7- Mapa com a localização das regiões de clima mediterrâneo.

O clima mediterrâneo proporciona assim um ambiente favorável à ignição dos incêndios florestais, uma vez que após um período de inverno com elevada precipitação vem um período de seca.

No período de inverno com a precipitação a vegetação tende a crescer, o que se torna perigoso quando de seguida se apresenta uma época que proporciona a seca dessa mesma vegetação, sendo assim fácil o início de um incêndio florestal. Daí advém o elevado número de IF registados no País.

Devido ao curto período de tempo que foi proposto para a realização da presente dissertação, o estudo vai ser efetuado a nível concelhio para os distritos de Coimbra, Évora e Porto, e a nível distrital para os restantes distritos.

Na figura 8, é mostrado um mapa de Portugal continental, evidenciando os três distritos em questão, já subdivididos nos respetivos concelhos.



Figura 8 – Mapa de Portugal Continental, com destaque aos distritos de Coimbra Évora e Porto.

O distrito do Porto faz fronteira a Norte com o distrito de Braga, a Oeste com o oceano Atlântico e a Sul com Aveiro e Viseu. É um distrito da região Norte do País e ocupa uma área de sensivelmente 2 400 km². Está subdividido em dezoito concelhos e contém duas EMA's, como ilustra a figura 9.

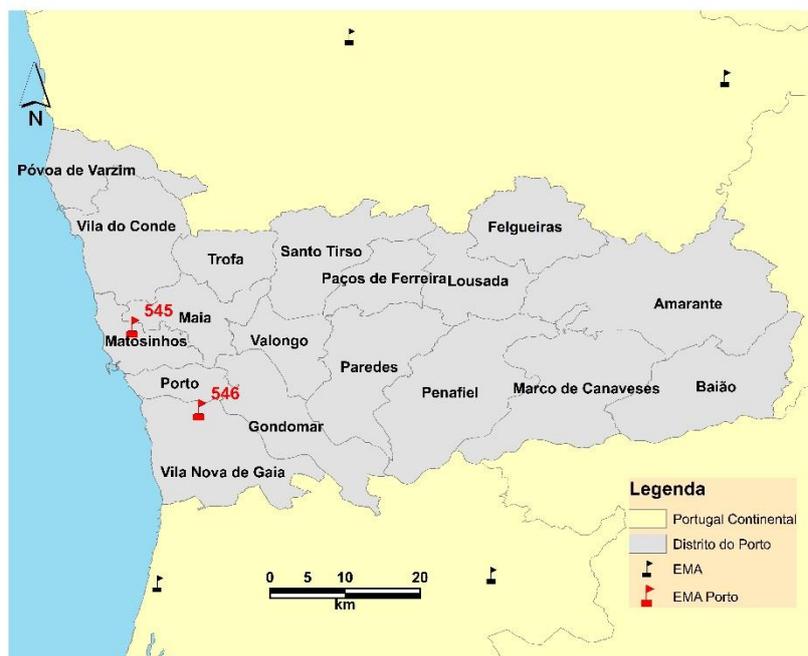


Figura 9 - Distrito do Porto, com representação dos seus municípios bem como as suas EMA'S.

Coimbra, localiza-se na região Centro litoral de Portugal Continental, ocupando aproximadamente uma área de 3 400km². O distrito de Coimbra é limitado a Norte pelos distritos de Aveiro e Viseu, a Este pelos distritos da Guarda e Castelo Branco, a Sul faz fronteira com o distrito de Leiria e por fim a Oeste é limitado pelo Oceano Atlântico. Este distrito é formado por 17 municípios e possui três EMA's, a ilustração do distrito de Coimbra pode ser observada na figura 10.

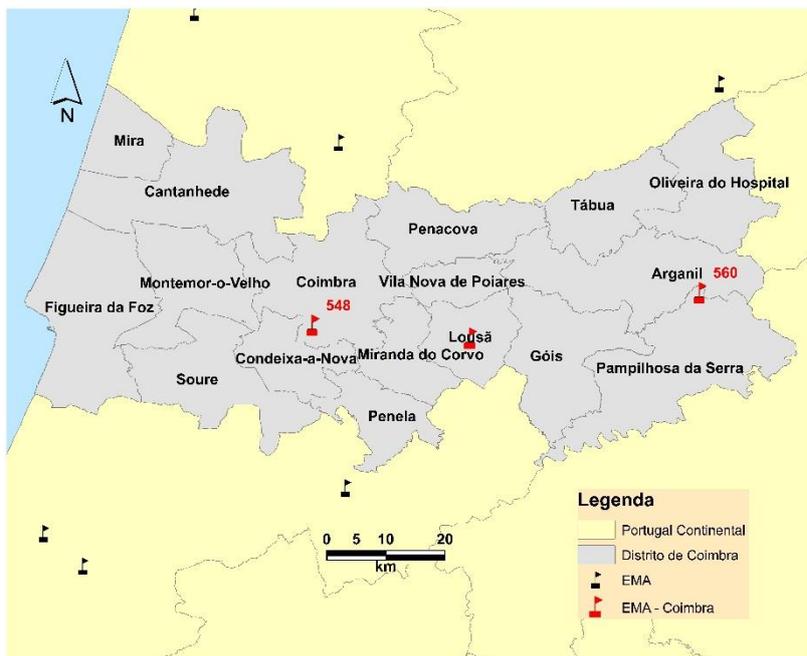


Figura 10- Distrito de Coimbra, com representação dos seus municípios bem como as suas EMA'S

Relativamente ao distrito de Évora, este é limitado a Norte pelos distritos de Portalegre e Santarém, a Este faz fronteira com Espanha, a Oeste com Setúbal e por fim a Sul limitado pelo distrito de Beja, tem uma área de quase 7 400 km². Encontra-se subdividido em catorze municípios e possui também duas EMA's, como é indicado na figura 11.

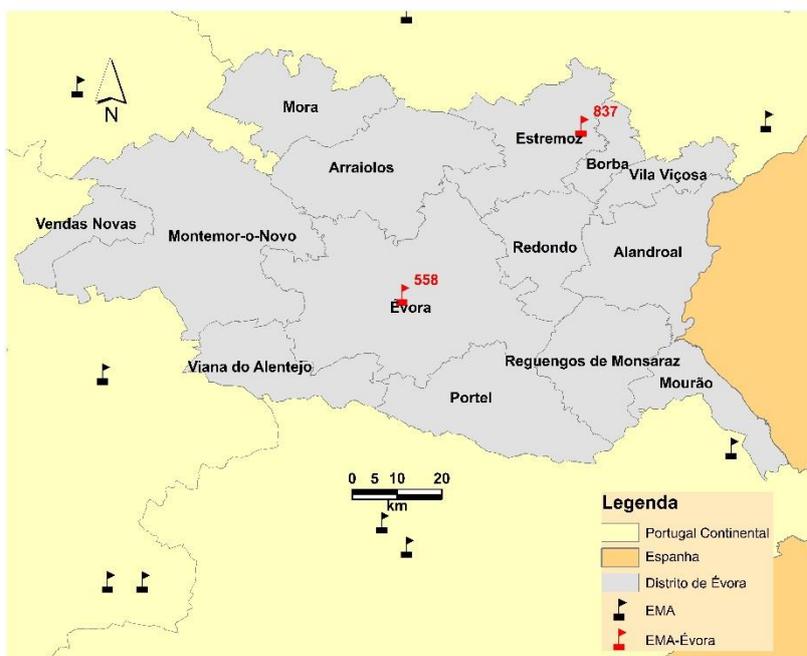


Figura 11- Distrito de Évora, com representação dos seus municípios bem como as suas EMA'S

3.2. Enquadramento do período do estudo

De acordo com o clima que se faz sentir em Portugal, as fases de risco de incêndio são bem distintas. Isto é, é sabido que a época estival é uma fase crítica relativamente a esse risco uma vez que as temperaturas da época assim o permitem.

As fases de risco de IF compreendem então níveis diferenciados de organização e funcionamento, considerando parâmetros previsíveis da evolução do risco e das vulnerabilidades do território, por consequência são definidos os seguintes períodos que se podem analisar na tabela 2.

Tabela 2- Períodos de risco de incêndio florestal (adaptado de Diretiva Operacional nº2 DECIF – Dispositivo Especial de Combate a Incêndios Florestais, Março 2014).

Fase ALFA	De 01 de Janeiro a 14 de Maio
Fase BRAVO	De 15 de Maio a 30 de Junho
Fase CHARLIE	De 01 de Julho a 30 de Setembro
Fase DELTA	De 01 de Outubro a 31 de Outubro
Fase ECHO	De 01 de Novembro a 31 de Dezembro

Tendo em conta as fases acima referidas, a validação do FWI e do ICRIF foi efetuada, tendo em conta apenas algumas das fases.

Até ao ano de dois mil e quatro, o IPMA registava nas suas EMA's os parâmetros como a temperatura, a humidade relativa do ar, a precipitação e a velocidade do vento, apenas para o período de quinze de Maio até ao dia dezasseis de Outubro, período que compreende a fase BRAVO, a fase CHARLIE dita como crítica, e parte da fase DELTA.

Desde dois mil e quatro a esta parte, as EMA's registam estes parâmetros diariamente, ou seja, existem dados para todos os dias do ano. Contudo este estudo foi realizado tendo em conta apenas os valores registados no período de quinze de Maio a dezasseis de Outubro.

A validação só faria sentido se realizada para um período de tempo considerável, por forma a haver comparações de vários anos, que como é sabido não é um comportamento constante, isto é cada ano tem um comportamento a nível de IF diferente.

Portanto foi considerado que o período em análise seria desde o ano de dois mil e um até ao ano de dois mil e dez, para o ICRIF, e desde o ano dois mil e um até ao ano de dois mil e doze para o FWI. Permitindo assim comparar o comportamento dos dois índices num período de dez anos.

4. VALIDAÇÃO DOS ÍNDICES EM ESTUDO

Como referido anteriormente este estudo consiste em fazer a validação de dois índices o FWI e o ICRIF. Em dois mil e oito havia já sido feita uma validação do FWI em Portugal, a nível distrital, onde foram estipulados limites/escalas de FWI diferentes para cada distrito.

Neste estudo à semelhança do estudo de dois mil e oito vão ser estabelecidos limites de FWI mas para cada concelho, e posteriormente vai proceder-se à revalidação do mesmo índice a nível distrital. Proceder-se da mesma forma para o ICRIF.

Como a presente dissertação tem um limite de tempo reduzido, foram escolhidos apenas três distritos de Portugal para ser feito o processamento de dados a nível concelhio. Os restantes quinze distritos foram analisados apenas a nível concelhio.

4.1. Modelos para interpolação de dados meteorológicos

Para que fosse efetuada a interpolação dos dados meteorológicos, era necessário utilizar um modelo de interpolação. Neste caso foi feito um estudo e a melhor forma de realizar a interpolação era a junção de dois modelos.

Um dos modelos foi o dos Polígonos de Thiessen e o outro modelo foi o modelo do Inverso do quadrado da distância.

O método dos Polígonos de Thiessen é muitas vezes utilizado para obter valores médios de precipitação para uma determinada rede hidrográfica. Para tal, é delimitada a rede e são sobre ela construídos polígonos, abrangendo cada um deles uma estação que contém os dados da precipitação no local. Feito isto é aplicada uma fórmula para que seja então obtido o valor da precipitação no local.

A fórmula antes citada para este cálculo pode ser expressa por:

$$P = \frac{P_{med}}{n} \left(\frac{P_1}{d} + \frac{P_2}{d} + \frac{P_2}{d} + \dots + \frac{P_n}{d} \right)$$

Onde:

P_{med} – Precipitação média;

n- Número de pontos/polígonos utilizados;

P_1, P_2, P_3, P_n – precipitação registada em cada polígono;

d- distância de cada polígono ao ponto no qual não há registo de precipitação.

A função do inverso do quadrado da distância (IDW) “estima os valores de um atributo em pontos não amostrados usando uma combinação linear dos valores aos pontos amostrados ponderados por uma função inversa da distância desde o ponto de interesse para os pontos amostrados. Pressupõe que os pontos da amostra que estão mais próximos uns dos outros são mais parecidos do que os mais afastados” (Li & Heap, 2008, p. 7). De acordo com Santos (2009, p. 102), “o método do inverso da distância de uma potência (...) pode ser exato ou aproximado dependendo da configuração dada pelo autor”.

O principal fator que influencia a precisão do IDW é o valor do parâmetro de potência. Os pesos diminuem à medida que a distância aumenta, especialmente quando o valor do parâmetro aumenta o poder, de modo que as amostras mais próximas têm um peso maior e mais influência na estimativa e o resultado da interpolação espacial é local (Isaaks e Srivastava, 1989, citado por Li & Heap, 2008, p. 7). A fórmula é expressa da seguinte forma:

$$\hat{Z}(S_0) = \sum_{i=1}^N \frac{1}{d^2} Z(S_i)$$

Onde:

$\hat{Z}(S_0)$ - Valor que se pretende obter;

N – Número de pontos utilizados para o cálculo;

$\frac{1}{d^2}$ – Inverso do quadrado da distância;

$Z(S_i)$ – Valor observado no local S_i .

Neste caso era necessário fazer uma interpolação de valores uma vez que nem todos os municípios possuíam uma EMA. Portanto, para cada município foram utilizadas as duas EMA's mais próximas.

Uma vez que o método dos Polígonos de Thiessen são utilizados maioritariamente para o cálculo de precipitações e que a interpolação realizada apenas com a fórmula do inverso do quadrado da distância não apresentava resultados coerentes, optou-se então por desenvolver uma fórmula que abrangesse os mesmos parâmetros que ambos os modelos.

Após algumas tentativas de cálculo a fórmula que melhor mostrou resultados mais coerentes e próximos dos que eram espectáveis, foi a seguinte:

$$Y_0 = \left(\frac{Y_1}{d_1^2} + \frac{Y_2}{d_2^2} \right) \left(\frac{d_1^2 + d_2^2}{4} \right)$$

Onde:

Y_0 - representa neste caso o valor de FWI que se pretende calcular;

Y_1 e Y_2 – Valores de FWI registados nas duas estações mais próximas do município em questão;

d_1 e d_2 – distância das estações ao município em estudo.

4.2. Processamento de dados meteorológicos

Existem em Portugal continental oitenta e cinco EMA's, destas apenas sessenta e uma possuem dados meteorológicos.

Dos dados fornecidos pelo IPMA relativos a estas EMA's, depois de analisados, verificaram-se algumas irregularidades relativamente a algumas delas, pois nos últimos anos algumas tiveram problemas de funcionamento e os dados que apresentavam poderiam induzir em erro. Portanto para efeito de cálculo não foram consideradas algumas estações.

Nas tabelas seguintes encontram-se respetivamente, as estações utilizadas para o cálculo das interpolações, as estações que não possuem dados e ainda as estações que não foram consideradas, pelas razões acima já referidas.

Tabela 3 - Estações Meteorológicas utilizadas para o cálculo das interpolações.

Nº	Nome	Distrito	Nº	Nome	Distrito
551	Viana do Castelo	Viana do Castelo	718	Leiria A	Leiria
605	Monção	Viana do Castelo	716	Ansião	Leiria
604	Vila Nova de Cerveira	Viana do Castelo	726	Alcobaça	Leiria
606	Melgaço	Viana do Castelo	570	Castelo Branco	Castelo Branco
615	Ponte de Lima	Viana do Castelo	806	Proença-a-Nova	Castelo Branco
622	Braga	Braga	803	Idanha-a-Nova	Castelo Branco
630	Cabeceiras de Basto	Braga	687	Covilhã	Castelo Branco
545	Matosinhos	Porto	532	Sintra BA	Lisboa
546	Vila Nova de Gaia	Porto	739	Torres Vedras	Lisboa
567	Vila Real	Vila Real	734	Alpiarça	Santarém
616	Chaves	Vila Real	729	Rio Maior	Santarém
611	Montalegre	Vila Real	744	Coruche	Santarém
575	Bragança	Bragança	724	Tomar	Santarém
632	Mirandela	Bragança	812	Abrantes	Santarém
635	Miranda do Douro	Bragança	571	Portalegre	Portalegre
637	Mogadouro	Bragança	835	Elvas	Portalegre
800	Torre de Moncorvo	Bragança	558	Évora	Évora
702	Aveiro	Aveiro	837	Estremoz	Évora
544	Ovar	Aveiro	770	Setúbal	Setúbal
705	Anadia	Aveiro	766	Barreiro	Setúbal
685	Nelas	Viseu	776	Alcácer do Sal	Setúbal
568	Manteigas	Guarda	541	Santiago do Cacém	Setúbal
671	Almeida	Guarda	562	Beja	Beja
666	Trancoso	Guarda	863	Mértola VF	Beja
683	Guarda	Guarda	864	Castro Verde	Beja
560	Pampilhosa da Serra	Coimbra	850	Amareleja	Beja
548	Coimbra CE	Coimbra	554	Faro	Faro

697	Lousã	Coimbra	533	Vila do Bispo	Faro
			867	Castro Marim	Faro

Tabela 4- Estações Meteorológicas que não possuem dados.

Nº	Nome	Distrito	Nº	Nome	Distrito
656	Penafiel	Porto	824	Avis	Portalegre
633	Macedo de Cavaleiros	Bragança	848	Portel	Évora
644	Carrazeda de Ansiães	Bragança	534	Montijo/BA	Setúbal
668	Arouca	Aveiro	773	Almada/PR	Setúbal
663	Moimenta da Beira	Viseu	561	Beja/BA	Beja
713	Figueira da Foz	Coimbra	577	Odemira	Beja
540	Monte Real	Leiria	850	Amareleja	Beja
531	Cabo Carvoeiro	Leiria	868	Almodôvar	Beja
535	Lisboa/GEO	Lisboa	789	Aljezur	Faro
537	Alverca/BA	Lisboa	865	Alcoutim	Faro
765	Cabo Raso	Lisboa	869	Alportel	Faro
552	Tancos/BA	Santarém	878	Portimão	Faro

Tabela 5- Estações Meteorológicas não consideradas.

Nº	Nome	Distrito
619	Cabril	Vila Real
579	Almada	Setúbal
783	Alvalade	Setúbal

No Anexo II pode ainda encontrar-se um mapa ilustrativo da localização das estações meteorológicas que foram utilizadas.

Ao contrário do que foi realizado para obter valores de FWI, para obter valores de ICRIF o processo não foi de todo semelhante.

Como foi mencionado na secção 2.1.2., o ICRIF é calculado com base nos dados de FWI, esperando-se assim que os resultados e comportamentos sejam semelhantes.

Neste caso, o cálculo dos valores de ICRIF havia já sido realizado pelo IPMA, que forneceu esses mesmos resultados. Os dados fornecidos foram tabelas onde se podiam encontrar os valores dos pixels para cada classe já estipulada pelo IPMA. Por fim foi também disponibilizado um documento que continha a percentagem diária desses mesmos pixels também para cada classe.

O que foi efetuado foi obter um valor final de ICRIF para cada dia à semelhança do que foi efetuado para o FWI.

Para tal foi multiplicado o valor de ICRIF de cada classe, pelo limite dessa mesma classe, obtendo assim um valor final de ICRIF para cada dia em estudo. Esta foi a forma mais adequada que foi encontrada para que se alcançasse um valor final.

4.3. Ocorrência de incêndios florestais

Num período tão alargado como o que foi estudado, dez anos, foram muitas as ocorrências de IF e a área por eles consumida. Com as tabelas 6, 7 e 8, pretende-se mostrar o número de ocorrências durante esse período.

Para os distritos de Coimbra, Évora e Porto o número de ocorrências e área ardida será mostrado a nível concelhio, ao invés dos restantes distritos que só serão mostrados valores unicamente para o distrito.

Tabela 6-Ocorrências de IF num período de 10 anos para os municípios do distrito de Coimbra.

		Número de ocorrências de IF									
Distrito de Coimbra	Concelhos	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
		Arganil	45	43	19	8	25	48	34	9	30
	Cantanhede	15	31	36	34	65	143	31	43	51	75
	Coimbra	82	65	95	43	130	144	134	120	104	158
	Condeixa-a-Nova	8	13	17	3	13	52	29	24	10	24
	Figueira da Foz	67	68	64	72	134	156	97	85	75	95
	Góis	9	19	16	12	28	28	11	18	24	13
	Lousã	38	48	18	9	65	74	31	66	50	56
	Mira	21	11	9	12	28	25	8	21	12	17
	Miranda do Corvo	46	48	37	28	68	65	22	36	67	65
	Montemor-o-Velho	21	37	20	21	41	106	28	35	40	48
	Oliveira do Hospital	98	104	53	41	96	90	45	48	73	154
	Pampilhosa da Serra	33	29	22	19	35	19	9	19	13	14
	Penacova	32	29	22	12	99	85	20	29	31	69
	Penela	23	7	16	9	20	39	24	18	22	23
	Soure	22	46	39	72	92	65	44	51	35	43
	Tábua	68	88	47	49	94	95	32	32	31	69
	Vila Nova de Poiares	14	33	11	14	37	32	12	14	11	36
	Total de Ocorrências	642	719	541	458	1070	1266	611	668	679	991

Tabela 7- Ocorrências de IF e num período de 10 anos para os municípios do distrito de Évora.

	Concelhos	Número de ocorrências de IF									
		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Distrito de Évora	Alandroal	4	4	3	28	10	25	29	18	21	27
	Arraiolos	2	4	2	32	10	39	19	25	19	25
	Borba	0	0	0	9	9	36	17	18	8	19
	Estremoz	1	2	6	50	29	70	72	41	37	60
	Évora	15	12	15	107	73	192	112	108	109	163
	Montemor-o-Novo	6	7	23	29	23	58	49	50	24	35
	Mora	3	5	1	20	8	21	22	11	14	15
	Mourão	1	1	5	8	7	11	10	5	10	9
	Portel	9	7	1	18	33	57	23	25	17	20
	Redondo	1	6	0	25	11	26	22	15	16	22
	Reguengos de Monsaraz	2	5	0	33	15	48	29	21	20	24
	Vendas Novas	5	9	4	30	14	37	29	8	22	26
	Viana do Alentejo	1	2	2	18	8	27	12	16	13	21
	Vila Viçosa	1	2	3	13	16	32	13	9	4	8
Total de Ocorrências	51	66	65	420	266	679	458	370	334	474	

Tabela 8- Ocorrências de IF num período de 10 anos para os municípios do distrito do Porto.

	Concelhos	Número de ocorrências de IF									
		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Distrito do Porto	Amarante	407	442	476	370	437	265	134	107	535	452
	Baião	206	187	380	168	277	143	97	90	197	224
	Felgueiras	388	302	432	352	438	318	121	132	438	558
	Gondomar	544	655	593	374	583	485	306	310	496	666
	Lousada	270	233	421	208	365	218	121	159	437	311
	Maia	236	289	384	338	430	343	181	104	226	246
	Marco de Canaveses	356	612	582	406	571	266	210	159	625	546
	Matosinhos	165	167	162	174	230	184	81	61	77	148
	Paços de Ferreira	462	352	590	274	357	276	100	118	476	295
	Paredes	740	827	1027	458	980	606	226	192	615	831
	Penafiel	636	664	661	426	791	406	247	214	655	662
	Porto	1	0	0	6	0	2	1	0	0	3
	Póvoa de Varzim	59	79	104	112	214	119	36	32	45	153
	Santo Tirso	505	501	488	369	668	485	177	131	455	496
	Trofa	74	108	126	128	243	112	38	70	243	152
	Valongo	174	261	252	207	316	128	90	125	166	281
	Vila do Conde	124	215	287	243	380	149	102	72	199	255
	Vila Nova de Gaia	515	762	629	576	1263	689	320	207	468	653
Total de Ocorrências	5862	6656	7594	5189	8543	5194	2588	2283	6353	6932	

Fazendo uma análise das três tabelas acima apresentadas, pode facilmente verificar-se que foi no distrito do Porto que se registou o maior número de ocorrências de IF perfazendo um total de cinquenta e sete mil cento e noventa e quatro ocorrências. Por sua vez, Évora foi o distrito com menor número de ocorrências com três mil cento e oitenta e três ocorrências.

No Anexo III podem ser consultadas em pormenor as ocorrências de IF e área ardida para cada ano em cada distrito.

Na figura 12, pode ser observado um mapa representativo de toda área ardida ao longo dos últimos treze anos.

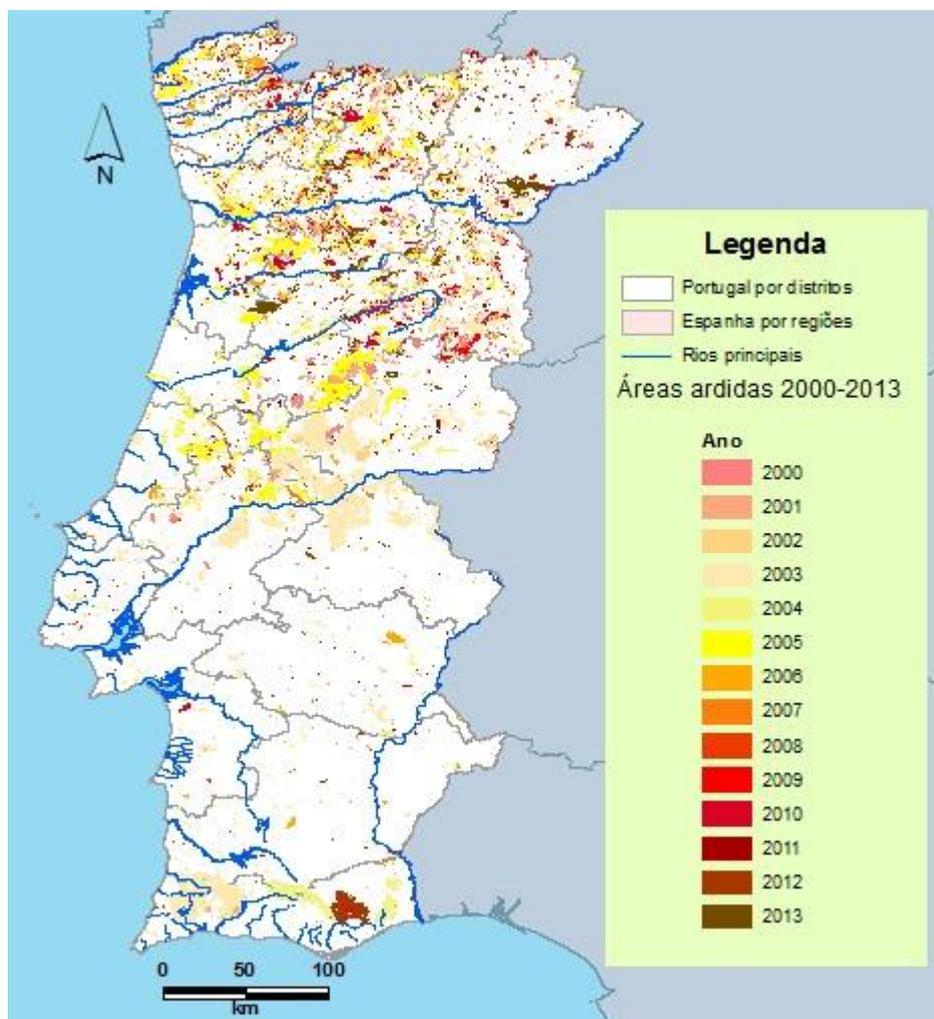


Figura 12-Mapa representativo de toda a área ardida nos últimos treze anos em todo o País, os dados utilizados para a elaboração do mapa foram retirados do ICNF.

Pela análise da Figura 12 pode verificar-se que as regiões Norte e Centro de Portugal continental são as mais afetadas pelos IF e as que registam maior área ardida. Isto deve-se não só ao facto de serem zonas onde ocorre muita precipitação durante a época de inverno, mas também ao facto de serem regiões que comportam muita população. Pois não se pode desprezar a atividade antrópica em inúmeras ocorrências de IF nos últimos anos.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1. Resultados obtidos para os índices em estudo

Após efetuada a interpolação de dados meteorológicos, foram então obtidos valores de FWI para todos os municípios dos distritos de Coimbra, Porto e Évora. Desta forma, foi possível fazer uma análise do valor de FWI obtido para cada dia, relacionando-o com o número de ocorrências de IF nesse mesmo dia, bem como a área ardida.

Até à data, o IPMA apresenta todos os dias o risco de IF, contudo apresenta uma escala a nível nacional, isto é, a mesma escala de risco serve para todos os municípios do País. Como foi descrito na secção 3.1., Portugal tem um clima que varia de norte para sul, portanto cada município é diferente do outro ainda que se encontrem relativamente próximos. Ou seja cada município poderá ter uma escala de risco diferente.

Com a análise dos valores de FWI, as ocorrências de IF diárias e a área ardida, foi então possível estabelecer uma escala de risco para cada município. As escalas de risco estabelecidas encontram-se nas tabelas 9, 10 e 11 de forma sintética.

Tabela 9-Classes de risco de Incêndio Florestal para os concelhos do distrito de Coimbra.

Concelhos do distrito de Coimbra	Classes de Risco - FWI				
	Baixo	Moderado	Elevado	Muito Elevado	Extremo
Arganil	<22	49	60	68	>68
Cantanhede	<16	30	38	44	>44
Coimbra	<14	28	33	39	>39
Condeixa-a-Nova	<52	104	127	149	>149
Figueira da Foz	<18	35	43	49	>49
Góis	<20	40	50	57	>57
Lousã	<16	31	39	45	>45
Mira	<13	24	30	35	>35
Miranda do Corvo	<17	35	43	50	>50
Montemor-o-Velho	<18	36	44	52	>52
Oliveira do Hospital	<14	33	40	47	>47
Pampilhosa da Serra	<14	34	43	49	>49
Penacova	<15	31	38	44	>44
Penela	<17	36	43	49	>49
Soure	<18	36	44	52	>52
Tábua	<14	33	40	47	>47
Vila Nova de Poiares	<24	48	59	69	>69

Tabela 10- Classes de risco de Incêndio Florestal para os concelhos do distrito de Évora.

Concelhos do distrito de Évora	Classes de Risco - FWI				
	Baixo	Moderado	Elevado	Muito Elevado	Extremo
Alandroal	<44	54	59	63	>60
Arraiolos	<45	56	61	66	>66
Borba	<182	230	259	281	>281
Estremoz	<41	52	58	64	>64
Évora	<46	57	64	69	>69
Montemor-o-Novo	<41	51	56	60	>60
Mora	<43	53	58	62	>62
Mourão	<267	328	362	386	>386
Portel	<52	63	70	74	>74
Redondo	<44	54	60	65	>65
Reguengos de Monsaraz	<48	59	64	68	>68
Vendas Novas	<38	46	51	55	>55
Viana do Alentejo	<43	53	58	62	>62
Vila Viçosa	<44	54	60	63	>63

Tabela 11- Classes de risco de Incêndio Florestal, para os concelhos do distrito do Porto.

Concelhos do distrito do Porto	Classes de Risco -FWI				
	Baixo	Moderado	Elevado	Muito Elevado	Extremo
Amarante	<16	31	36	40	>40
Baião	<23	44	51	56	>56
Felgueiras	<15	29	35	39	>39
Gondomar	<17	39	50	59	>59
Lousada	<11	25	32	37	>37
Maia	<16	35	46	53	>53
Marco de Canaveses	<11	25	33	38	>38
Matosinhos	<11	24	32	37	>37
Paços de Ferreira	<11	25	32	37	>37
Paredes de Coura	<12	27	35	40	>40
Penafiel	<12	26	34	39	>39
Porto	<18	42	53	63	>63
Póvoa do Varzim	<13	27	35	40	>40
Santo Tirso	<11	25	32	37	>37
Valongo	<11	26	33	39	>39
Vila do Conde	<18	39	52	59	>59
Vila Nova de aia	<11	25	33	38	>38
Trofa	<13	28	37	42	>42

Como se pode averiguar a partir da análise das tabelas anteriores, encontram-se três municípios, Condeixa-a-Nova do distrito de Coimbra, Borba e Mourão do distrito de Évora, que detêm valores limite para as suas classes bastante diferentes dos restantes concelhos. Esta disparidade de valores destes três municípios para com os restantes, pode dever-se ao facto de as suas distâncias às EMA's mais próximas serem distâncias muito significativas.

O processo de análise e cálculo para as classes de risco relativos ao ICRIF, foram análogos ao FWI. Portanto, procedendo da mesma forma foram convencionadas classes de risco de IF para o segundo índice em estudo, obtendo assim uma classe distinta para cada concelho.

Os resultados das classes de risco para o ICRIF, são apresentados nas tabelas 12, 13 e 14.

Tabela 12- Classes de risco de Incêndio Florestal para os concelhos do distrito de Coimbra.

Concelhos do distrito de Coimbra	Classes de Risco - ICRIF				
	Baixo	Moderado	Elevado	Muito Elevado	Extremo
Arganil	<23	28	31	34	>34
Cantanhede	<16	19	22	24	>24
Coimbra	<12	14	15	17	>17
Condeixa-a-Nova	<14	18	20	22	>22
Figueira da Foz	<15	18	20	22	>22
Góis	<23	28	32	36	>36
Lousã	<19	24	28	32	>32
Mira	<19	22	26	28	>28
Miranda do Corvo	<17	20	22	26	>26
Montemor-o-Velho	<11	13	15	16	>16
Oliveira do Hospital	<20	24	27	30	>30
Pampilhosa da Serra	<28	34	40	44	>44
Penacova	<15	17	18	19	>19
Penela	<18	22	24	27	>27
Soure	<14	17	19	21	>21
Tábua	<19	22	25	28	>28
Vila Nova de Poiares	<17	20	22	24	>24

Tabela 13- Classes de risco de Incêndio Florestal para os concelhos do distrito de Évora.

Concelhos do distrito de Évora	Classes de Risco - ICRIF				
	Baixo	Moderado	Elevado	Muito Elevado	Extremo
Alandroal	<15	17	18	19	>19
Arraiolos	<12	15	16	18	>18
Borba	<9	12	14	15	>15
Estremoz	<13	16	17	18	>18
Évora	<10	13	15	16	>16
Montemor-o-Novo	<14	15	16	17	>17
Mora	<14	16	18	19	>19
Mourão	<12	15	16	17	>17
Portel	<15	17	19	20	>20
Redondo	<12	15	15	16	>16
Reguengos de Monsaraz	<11	14	15	16	>16
Vendas Novas	<16	17	19	20	>20
Viana do Alentejo	<11	13	15	16	>16
Vila Viçosa	<13	15	16	17	>17

Tabela 14- Classes de risco de Incêndio Florestal, para os concelhos do distrito do Porto.

Concelhos do distrito do Porto	Classes de Risco - ICRIF				
	Baixo	Moderado	Elevado	Muito Elevado	Extremo
Amarante	<13	20	22	24	>24
Baião	<13	20	21	23	>23
Felgueiras	<9	13	15	16	>16
Gondomar	<10	15	17	18	>18
Lousada	<10	15	17	18	>18
Maia	<8	11	13	15	>15
Marco de Canaveses	<12	19	20	22	>22
Matosinhos	<5	6	8	11	>11
Paços de Ferreira	<10	15	18	19	>19
Paredes de Coura	<11	17	20	22	>22
Penafiel	<12	18	20	22	>22
Porto	<5	5	5	7	>7
Póvoa do Varzim	<6	10	10	11	>11
Santo Tirso	<10	19	19	20	>20
Valongo	<10	19	19	21	>21
Vila do Conde	<5	12	12	13	>13
Vila Nova de Gaia	<7	12	12	14	>14
Trofa	<10	19	19	20	>20

No Anexo IV estão disponíveis as tabelas onde se pode analisar as médias de FWI, ocorrências de IF e área ardida, dentro de cada classe estipulada.

No que ao FWI diz respeito, foi ainda feita uma revalidação, isto é, para os restantes quinze distritos foram estabelecidas novas classes de risco. Adotando sempre o mesmo processo de cálculo e análise já mencionados.

Na Tabela 15 são apresentadas as novas classes de risco para cada um dos distritos de Portugal Continental.

Tabela 15- Classes de risco a nível distrital.

Distritos	Classes de Risco - FWI				
	Baixo	Moderado	Elevado	Muito Elevado	Extremo
Aveiro	<5	10	20	35	>35
Beja	<20	50	60	90	>90
Braga	<5	20	30	40	>40
Bragança	<25	30	40	45	>45
Castelo Branco	<30	35	45	60	>60
Faro	<15	45	80	95	>95
Guarda	<10	25	45	60	>60
Leiria	<5	20	35	55	>55
Lisboa	<25	40	50	60	>60
Portalegre	<40	65	70	85	>85
Santarém	<25	40	60	70	>70
Setúbal	<20	30	40	45	>45
Viana do Castelo	<15	20	30	40	>40
Vila Real	<25	40	50	65	>65
Viseu	<20	30	47	55	>55

Estão apresentas também no Anexo IV as médias de FWI, ocorrências de IF e área ardida, respeitantes às classes a nível distrital.

5.2. Comparação da evolução do ICRIF em função do FWI

Neste subcapítulo será feita uma comparação da evolução do índice ICRIF em função do FWI perante o mesmo número de ocorrências de IF e de área ardida. Deste modo poderá ser analisado se o seu comportamento é semelhante ou claramente distinto.

Esta comparação será feita apenas num período de dez anos, de dois mil e um até dois mil e dez, apenas para os distritos que foram estudados a nível concelhio.

Os gráficos 1, 2 e 3 mostram o desempenho de ambos os índices para os concelhos do distrito de Coimbra.

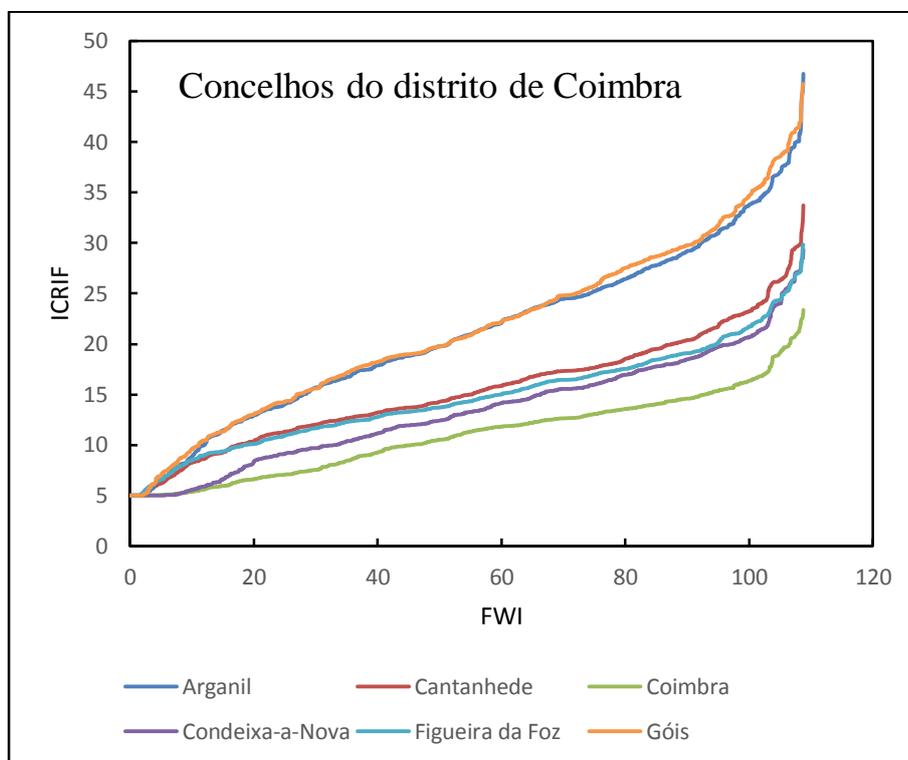


Gráfico 1- Comparação da evolução do ICRIF em função do FWI para os concelhos do distrito de Coimbra.

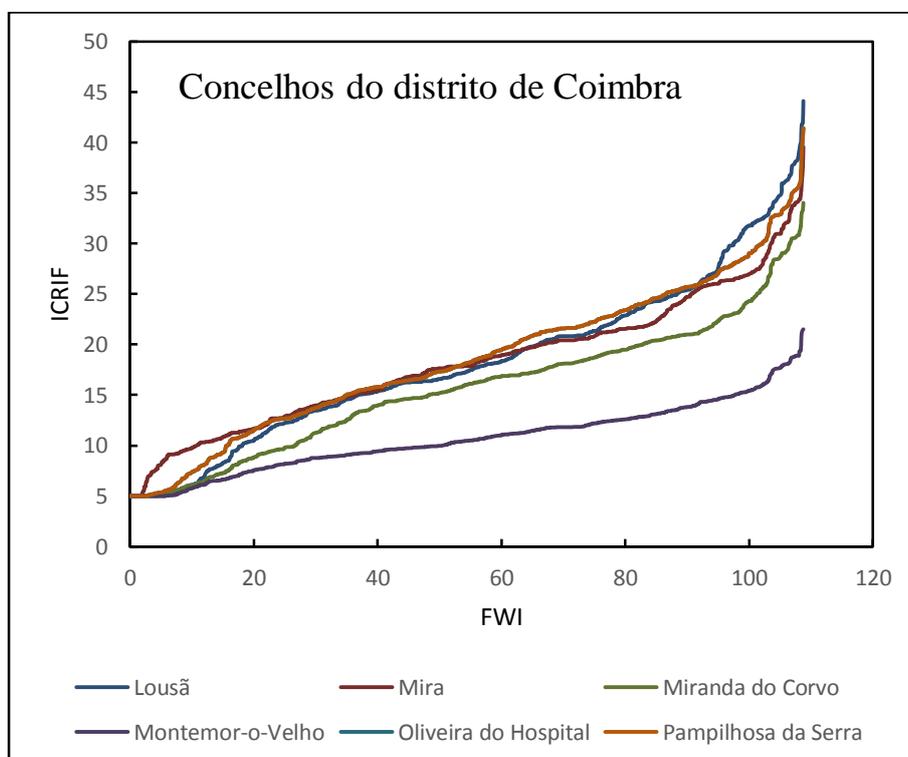


Gráfico 2- Comparação da evolução do ICRIF em função do FWI para os concelhos do distrito de Coimbra.

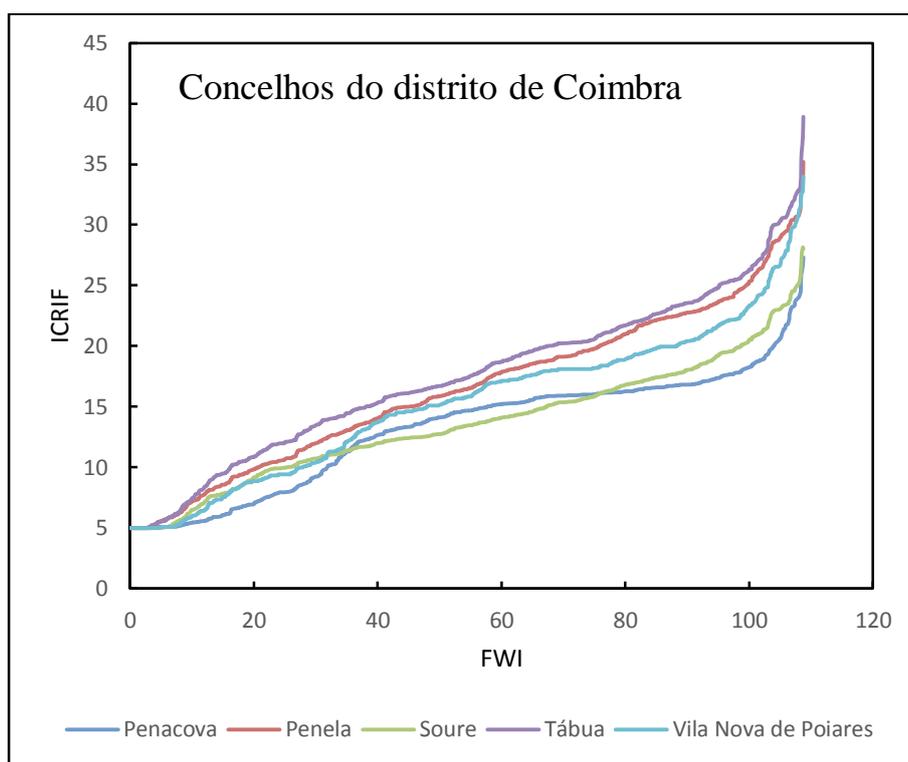


Gráfico 3- Comparação da evolução do ICRIF em função do FWI para os concelhos do distrito de Coimbra.

Nos gráficos acima são apresentados os valores de ICRIF em função dos valores de FWI, por forma a ser possível a sua comparação. Uma comparação análoga seria os valores de FWI em função dos valores de ICRIF.

Perante os gráficos acima expostos pode concluir-se a evolução dos dois índices é algo muito semelhante. Os dois índices comportam-se da mesma forma em todos os concelhos do distrito em questão. Perante tais resultados pode afirmar-se que ambos respondem da mesma forma perante a mesma situação, ou seja não há disparidade entre os dois, o que era de certa forma espetável.

Este foi um comportamento que se verificou em todos os municípios estudados para os três distritos, como pode ser confirmado perante os restantes gráficos comparativos que se apresentam no Anexo V.

5.3. Comparação dos resultados obtidos para os dois índices com as áreas ardidadas e as ocorrências de IF

Nesta secção serão apenas colocados os gráficos que permitem a comparação dos dois índices, com as ocorrências de IF e a área ardidada, apenas para o município de Pampilhosa da Serra, pertencente ao distrito de Coimbra, por forma a não tornar a leitura entediante, e uma vez que os gráficos relativos aos restantes concelhos são idênticos podendo ser retiradas deles as mesmas conclusões.

O gráfico 4, ilustra a média de número de ocorrências e de área ardida em função do ICRIF. Relativamente ao Gráfico 5 este apresenta a média de número de ocorrências e de área ardida mas em função do FWI.

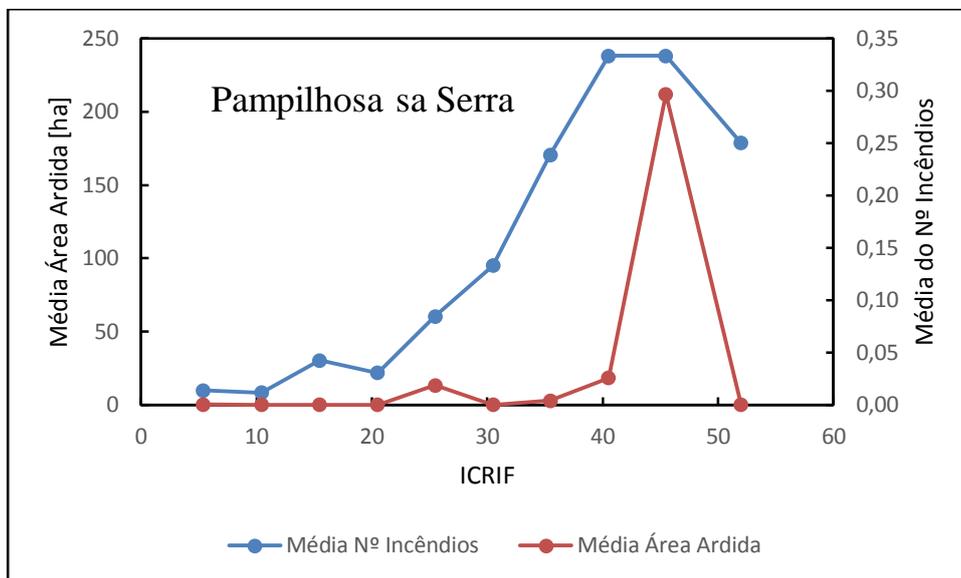


Gráfico 4-Média de Nº de IF e área ardida em função do ICRIF.

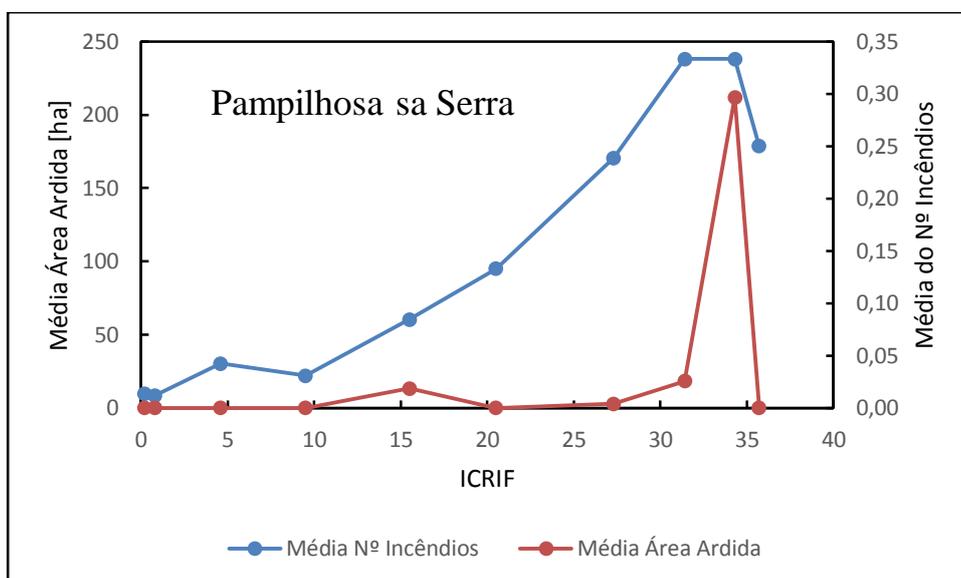


Gráfico 5- Média de Nº de IF e área ardida em função do FWI.

À semelhança do que acontecia com a comparação dos dois índices, quando se relaciona qualquer um dos dois com a média do número de IF assim como com a área ardida, o seu comportamento volta a ser idêntico, como se pode facilmente compreender fazendo a leitura dos dois últimos gráficos.

6. CONCLUSÕES

6.1. Considerações finais

Com a elaboração desta dissertação é agora possível tirar algumas conclusões do trabalho que aqui apresento.

Para começar pode concluir-se que até à data o FWI tem dado uma boa resposta às necessidades que lhe são exigidas. Isto é, é um índice no qual a comunidade pode ter confiança, sobretudo a população que necessita da leitura do risco de incêndio diariamente para a tomada de decisões.

Deve contudo ter-se em atenção que nem sempre um dia que regista um valor de FWI elevado regista um número elevado ou significativo de ocorrências de IF. Ter em atenção também que a maior área ardida pode também não coincidir com o dia de mais ocorrências de IF. Havendo portanto dias com registo de FWI na escala de baixo ou moderado que acabam por ser devastadores quando se verificam as ocorrências e a área ardida.

Os resultados obtidos para a revalidação do FWI a nível distrital são satisfatórios, uma vez que vão de encontro à validação feita em dois mil e oito, sendo a variação entre as classes definidas anteriormente muito pequena relativamente às classes agora estipuladas.

O ICRIF é um índice bem mais recente, que após ter sido aqui estudado facilmente se compreende que é muito semelhante ao FWI, como era já espectável, uma vez que tem que se ter em conta que o tem como base de cálculo.

Perante os resultados obtidos pode afirmar-se que até à data, o ICRIF, não traz nada de extraordinário relativamente ao que o FWI já facultava, uma vez que tem uma distribuição muito semelhante diferindo muito pouco de concelho para concelho, podendo contudo ter um melhor desempenho numa situação pontual, mas nada de muito relevante.

Há ainda que referir que quanto ao cálculo do valor diário de ICRIF aqui efetuado, não é tida plena segurança, podendo existir um outro método para o cálculo que dessa forma forneça resultados que permitam tirar conclusões distintas as que aqui se encontram.

Uma relação que se pode retirar deste estudo, é a importância de que cada município deve conter a sua própria escala de risco de IF, pois todas as regiões embora que semelhantes relativamente ao clima, tendem sempre a apresentar as suas diferenças, diferenças essas que se podem tornar cruciais quando envolvemos parâmetros como temperaturas ou precipitação.

É de igual forma importante que a escala de risco para os distritos não seja uma escala única, mas sim uma escala distinta para cada distrito que se adequa às condições meteorológicas, de ocorrências de IF e área ardida de cada distrito.

Deve salientar-se que para além dos parâmetros que são utilizados para o cálculo do FWI, deveria ter sido utilizada também a altitude a que encontra a região que se está a estudar, pois é um critério que tem muita influência por exemplo na temperatura que se faz sentir num determinado local.

É importante destacar que um estudo desta dimensão tem diferenças muito distintas quando se trata de distrito ou concelho, pois como é sabido o distrito abrange vários concelhos e com isso tudo o que eles comportam. É portanto mais fácil fazer o estudo a nível distrital ao invés de concelhio, embora ambos tenham a sua importância.

Sugere-se que no futuro seja feita um novo reposicionamento das EMA's, pois existem alguns distritos onde estas distam escassos metros uma da outra, ficando assim a restante área do distrito sem ser abrangida por nenhuma EMA. É ainda sugerido que seja feita uma atualização dos dados registados nas EMA's para que se possa ter total segurança quando se trabalha com os mesmos.

6.2. Trabalho futuro

O estudo do índice ICRIF não está ainda concluído. A sua validação e testes com valores reais não são ainda dispensáveis, pelo menos a nível distrital. Na minha opinião relativamente ao estudo que aqui se apresenta, há muito trabalho ainda que carece de realização.

É sugerido por exemplo que seja utilizada também a altimetria como parâmetro de cálculo do FWI, pois é um critério de muita relevância.

É importante testar outros métodos de cálculo do valor diário de ICRIF, pois podem trazer mais-valias aos resultados obtidos e para que haja mais confiança nos mesmos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abrantes, T., (2005). Breve Descrição do Índice Meteorológico de Perigo de Incêndio do Sistema Canadano, Instituto de Meteorologia.
- Agência para a Prevenção de Incêndios Florestais. (2005). Plano Nacional de Defesa da Floresta contra os Incêndios - Estudo Técnico I - Diagnóstico, Visão e Objectivos Estratégicos (pp. 1-11).
- Autoridade Florestal Nacional (2011). Relatório Provisório de Incêndios Florestais. Fases Alfa, Bravo, Charlie e Delta (pp. 1-13). Lisboa: Ministério da Agricultura, Ambiente e Ordenamento do Território.
- Bugalho, L., Pessanha, L. (2007a). Análise dos incêndios florestais em Portugal e avaliação do ICRIF (índice combinado de risco de incêndios florestais). *Territorium*, pp. 155-163.
- Bugalho, L., Pessanha, L. (2007b). *The Forest Fire Risk Index (ICRIF) operational processing and validation*. Comunicação apresentada no Wildfire 2007, Sevilha - Espanha.
- Chuvieco, E., Salas, F., and Vega, C. (1997). Remote Sensing and G.I.S. for Long-Term Fire Risk Mapping. Pp 91 – 108.
- Cravidão, F. Delgado (1989). A população da área do incêndio de Arganil (1987) – Análise Geográfica. Grupo de Mecânica dos Fluidos, Coimbra.
- Li, J., Heap, Andrew D. (2008) *A review of Spatial Interpolation Methods for Environmental Scientists*. Canberra
- Lourenço, L. (1994). Risco de incêndio florestal em Portugal Continental. *Riscos Naturais e Protecção do Ambiente*, 43-66.
- Marzano, R., Bovio, G., Guglielmet, E., Jappiot, M., Lampin, C., Dauriac, F., Deshayes, M., Salas, J., Aguado, I., Martínez, J., Molina, D., Martinez, E., Carrega, P., Fox, D., Berolo, W., Martín, P., Gómez, I., Conese, C., Bonora, L., Karteris, M., Gitas, I., Mallinis, G., Giannakopoulos, V.. (2002). EUFIRELAB: Euro- Mediterranean Wildland Fire Laboratory, a “wall-less” Laboratory for Wildland Fire Sciences and Technologies in the Euro Mediterranean Region. In EUFIRELAB (Ed.), *Common methods for mapping the wildland fire danger* (pp. 1-91).

-
- Nunes, J. R. S. (2005). FMA + - Um novo índice de perigo de incêndios florestais para o estado do Paraná – Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Parizotto, W. (2006). O controle dos incêndios florestais pelo corpo de bombeiros de Santa Catarina: diagnóstico e sugestões para o seu aprimoramento. Mestrado em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Ramos, C., e Ventura, J.E., (1992) Finisterra (p.79-93) - Um índice climático de perigo de incêndio aplicado aos fogos florestais em Portugal.
- Rebello, F. (1980). “Condições de tempo favoráveis à ocorrência de incêndios florestais”. *Biblos*, LVI, Coimbra.
- Santos, C. R. (2008). A Cartografia de Risco de Incêndio Florestal do Instituto Geográfico Português. *Segurança em Protecção Civil*, pp. 29-32.
- Santos, M. (2009). *Precipitações extremas na área de Arcos de Valdevez: Análise estatística e contrastes espaciais*. Dissertação de Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e Ordenamento do Território, Universidade do Porto - Faculdade de Letras, Porto.
- Vélez, R. (2000) *La Defense Contra Incendios Florestales – Fundamentos y experiencias*. Madrid: McGrawHill
- Viegas, D. X., Reis, Raul M., Cruz, Miguel, G., Viegas, Maria T. (2004). Calibração do Sistema Canadano de Perigo de Incêndio para Aplicação em Portugal. *Silva Lusitana* (12), pp. 77-94.
- Viegas, D. X., Rossa Carlos, Ribeiro, Luís Mário (2011). *Incêndios Florestais*.
- Viegas, D.X., T. Abrantes, L. M. Ribeiro, F. E. Santo, M. T. Viegas, J. Silva (2008).-Fire weather from 2003 to 2007 fire seasons in Portugal.
- Viegas, X., Bovio, G., Ferreira, A., Nosenzo, A. & Sol, B. (1999). Comparative study of various methods of fire danger evaluation in Southern Europe. *International Journal of Wildland Fire*, 9, pp. 235-246.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- Carrega, P. (2010). *Le risque d'incendies de forêt en région méditerranéenne: compréhension et évolution*. France.
- Ferreira, A. R. R. (2010). *Sistema de informação geográfica e susceptibilidade a incêndio florestal - Análise de metodologias em ambiente SIG*. Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e Ordenamento do Território, Universidade do Porto. Porto.
- Freire, S., Carrão, H., Caetano, M. R. (2002). Produção de Cartografia de Risco de Incêndio Florestal com Recurso a Imagens de Satélite e Dados Auxiliares. pp. 1-15.
- Jakob, A. A. E., Young, A. Ferraz (2006). *O uso de métodos de interpolação espacial de dados nas análises sociodemográficas*. Comunicação apresentada no XV Encontro Nacional de Estudos Populacionais, Caxambu.
- Lourenço, L. (1991). *Uma fórmula expedita para determinar o índice meteorológico de risco de eclosão de fogos florestais em Portugal Continental*. Comunicação apresentada nos Cadernos Científicos sobre Incêndios Florestais, Coimbra.
- Lourenço, L. (1996). *Tendência do índice de risco de incêndio florestal para o dia seguinte - um precioso auxiliar no trabalho do bombeiro*. Comunicação apresentada nas V Jornadas de Prevenção e Segurança na Floresta de Betão, Lisboa.
- Lourenço, L., Gonçalves, António Bento (1998). Índice de risco histórico-geográfico de fogo florestal - Uma proposta para Portugal Continental. ENB, Revista Técnica e Formativa da Escola Nacional de Bombeiros, 6, 177-201.
- Lourenço, L., Gonçalves, António Bento, Loureiro, João. (1997). Sistema de informação de risco de incêndio florestal. *Riscos Naturais e Protecção do Ambiente - Revista Técnica e Formativa da Escola Nacional de Bombeiros* (3/4), pp. 16-25.
- Manta, M. L., Viegas, D. X. (2002). Reliability of the fire weather index from meteorological station in the central region of Portugal. *Forest fire research and wildland fire safety*.
- Nicolau, M. R. R. C. (2002). *Modelação e mapeamento da distribuição espacial de precipitação: uma aplicação a Portugal Continental*. Universidade Nova de Lisboa.
- Rebelo, F. (2003). *Riscos Naturais e Acção Antrópica - Estudos e reflexões*. Coimbra.

ANEXOS

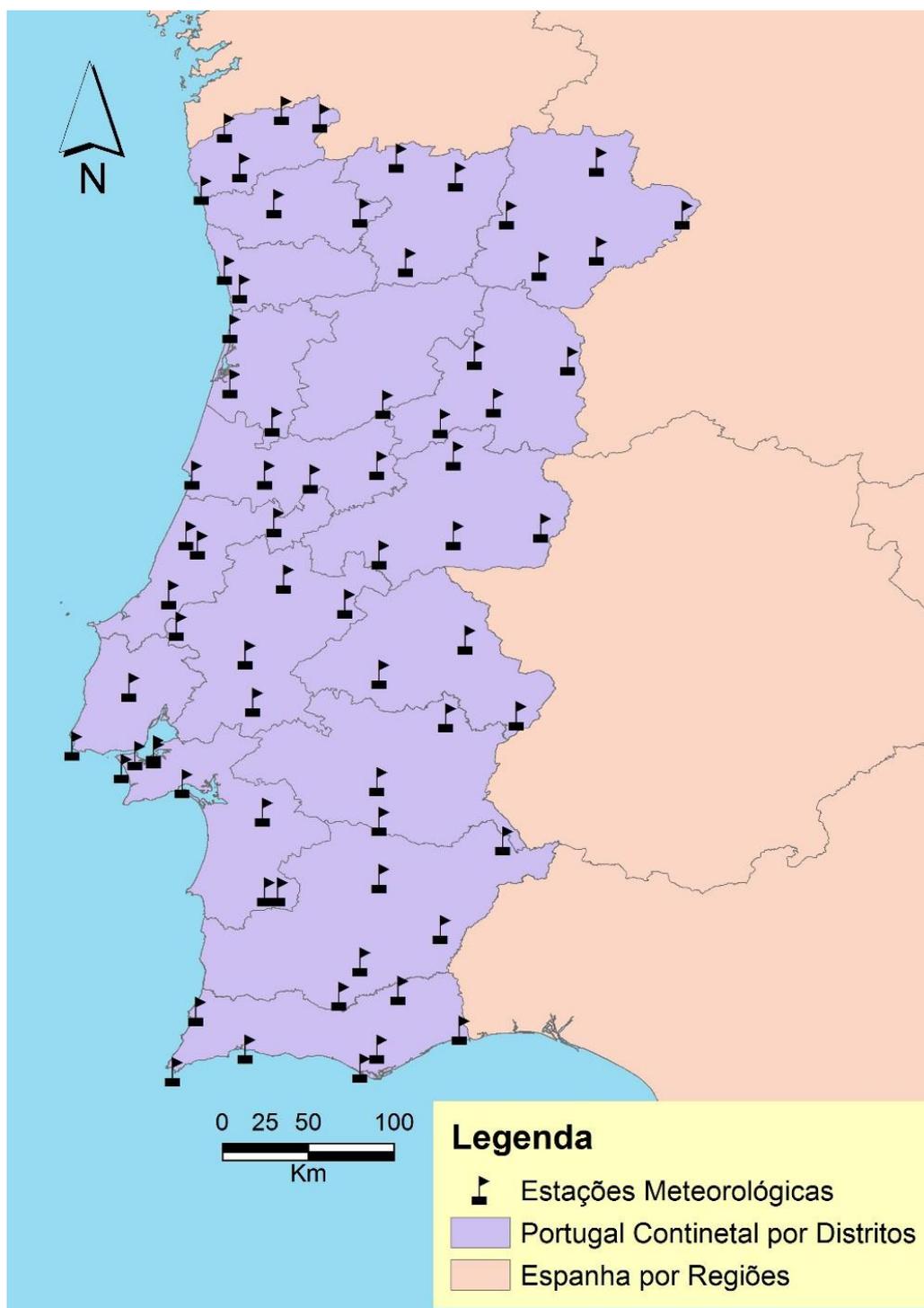
Anexo I

Aveiro	Beja	Braga	Bragança	Castelo Branco	Coimbra	Évora	Faro	Guarda
Águeda	Aljustrel	Amares	Alfândega da Fé	Belmonte	Arganil	Alandroal	Albufeira	Aguiar da Beira
Albergaria-a-Velha	Almodôvar	Barcelos	Bragança	Castelo Branco	Cantanhede	Arraiolos	Alcoutim	Almeida
Anadia	Alvito	Braga	Carrazeda de Ansiães	Covilhã	Coimbra	Borba	Aljezur	Celorico da Beira
Arouca	Barrancos	Cabeceiras de Basto	Freixo de Espada a Cinta	Fundão	Condeixa-a-Nova	Estremoz	Castro Marim	Figueira de Castelo Rodrigo
Aveiro	Beja	Celorico de Basto	Macedo de Cavaleiros	Idanha-a-Nova	Figueira da Foz	Évora	Faro	Fornos de Agodres
Castelo de Paiva	Castro Verde	Esposende	Miranda do Douro	Oleiros	Góis	Montemor-o-Novo	Lagoa	Gouveia
Espinho	Cuba	Fafe	Mirandela	Penamacor	Lousã	Mora	Lagos	Guarda
Estarreja	Ferreira do Alentejo	Guimarães	Mogadouro	Proença-a-Nova	Mira	Mourão	Loulé	Manteigas
Santa Maria da Feira	Mértola	Póvoa de Lanhoso	Torre de Moncorvo	Sertã	Miranda do Corvo	Portel	Monchique	Meda
Ílhavo	Moura	Terras de Douro	Vila Flor	Vila de Rei	Montemor-o-Velho	Redondo	Olhão da Restauração	Pinhel
Mealhada	Odemira	Vieira Do Minho	Vimioso	Vila Velha de Rodão	Oliveira do Hospital	Reguengos de Monsaraz	Portimão	Sabugal
Murtosa	Ourique	Vila Nova de Famalicão	Vinhais		Pampilhosa da serra	Vendas Novas	São Brás de Alportel	Seia
Oliveira de Azeméis	Serpa	Vila Verde			Penacova	Viana do Alentejo	Silves	Trancoso
Oliveira do Bairro	Vidigueira	Vizela			Penela	Vila Viçosa	Tavira	Vila Nova de Foz Coa
Ovar					Soure	Olivença	Vila do Bispo	
São João da Madeira					Tábua		Vila Real de Santo António	
Sever do Vouga					Vila Nova de Poiares			
Vagos								
Vale de Cambra								

Leiria	Lisboa	Portalegre	Porto	Santarém	Setúbal	Viana do Castelo	Vila Real	Viseu
Alcobaça	Alenquer	Alter do Chão	Amarante	Abrantes	Alcácer do Sal	Arcos de Valdevez	Alijó	Armamar
Alvaiázere	Arruda dos Vinhos	Arronches	Baião	Alcanena	Alcochete	Caminha	Boticas	Carregal do Sal
Ansião	Azambuja	Avis	Felgueiras	Almeirim	Almada	Melgaço	Chaves	Castro Daire
Batalha	Cadaval	Campo Maior	Gondomar	Alpiarça	Barreiro	Monção	Mesão Frio	Cinfães
Bombarral	Cascais	Castelo de Vide	Lousada	Benavente	Grandola	Paredes de Coura	Mondim de Basto	Lamego
Caldas da Rainha	Lisboa	Crato	Maia	Cartaxo	Moita	Ponte da Barca	Montalegre	Mangualde
Castanheira de Pera	Loures	Elvas	Marco de Canaveses	Chamusca	Montijo	Ponte de Lima	Murça	Moimenta da Beira
Figueiró dos Vinhos	Lourinhã	Fronteira	Matosinhos	Constancia	Palmela	Valença	Peso da Régua	Mortágua
Leiria	Mafra	Gavião	Paços de Ferreira	Coruche	Santiago do Cacém	Viana do Castelo	Ribeira da Pena	Nelas
Marinha Grande	Oeiras	Marvão	Paredes	Entroncamento	Seixal	Vila Nova de Cerveira	Sabrosa	Oliveira de Frades
Nazaré	Sintra	Monforte	Penafiel	Ferreira do Zêzere	Sesimbra		Santa Marta de Penaguião	Penalva do Castelo
Óbidos	Sobral de Monte Agraço	Nisa,	Porto	Golegã	Setúbal		Valpaços	Penedono
Pedrogão Grande	Torres Vedras	Ponte de Sor	Póvoa de Varzim	Mação	Sines		Vila Pouca de Aguiar	Resende
Peniche	Vila Franca de Xira	Portalegre	Santo Tirso	Rio Maior			Vila Real	Santa Comba Dão
Pombal	Amadora	Sousel	Valongo	Salvaterr				São João da Pesqueira
Porto de Mós	Odivelas		Vila do Conde	de Magos				São Pedro do Sul
			Vila Nova de Gaia	Santarém				Sátão
			Trofa	Sardoal				Sernancelhe
				Tomar				Tabuaço
				Torres Novas				Tarouca
				Vila Nova da Barquinha				Tondela
				Ourém				Vila Nova de Paiva
								Viseu
								Vouzela

Anexo II

Mapa de Portugal continental com a representação das suas estações meteorológicas ao longo do território.



Anexo III

Neste anexo encontram-se o número de ocorrências de incêndios florestais, denominado por IF, bem como a área ardida, denominada por AA (em [ha]). Estes valores estão distribuídos por cada distrito e por cada ano.

	2001		2002		2003		2004		2005		2006		2007		2008		2009		2010		2011		2012	
	IF	AA	IF	AA	IF	AA	IF	AA	IF	AA	IF	AA	IF	AA										
Aveiro	1570	1084	2119	1724	1473	620	1930	785	4098	21603	2261	2324	1419	260	1179	123	2049	969	3480	8102	3041	2292	1695	1826
Beja	108	2184	87	2144	99	17440	201	15799	58	1289	532	4700	410	2971	404	688	365	1334	417	752	362	822	302	1149
Braga	3696	4612	4327	4926	5197	3427	3516	2889	4624	16619	3148	10105	1209	842	625	235	2247	8461	2293	13860	2730	5720	963	1005
Bragança	1545	14627	957	11935	918	16164	990	9656	787	11922	539	2573	400	872	507	1403	702	4798	489	4741	855	10541	525	9203
Castelo Branco	487	12201	759	18372	753	98407	590	8835	920	20813	832	2873	542	469	703	1908	576	624	518	1377	436	3685	384	1575
Coimbra	642	5972	719	6108	541	2881	458	484	1070	48308	1266	937	611	146	668	569	679	318	991	1512	912	539	853	3584
Évora	51	2303	66	4103	65	11420	420	5906	266	1589	679	7071	458	1119	370	231	334	247	474	1030	381	761	402	557
Faro	190	3281	242	1821	224	61657	236	40177	263	1707	817	189	538	259	500	293	610	1770	474	177	493	152	512	25552
Guarda	1618	24657	1297	14016	1326	53899	1047	14428	1075	24591	904	5771	689	3485	833	2919	967	20247	745	30055	1020	10241	614	7412
Leiria	679	1327	773	2545	836	9563	991	1454	1151	27832	1304	4387	880	2650	610	206	613	140	808	1249	981	1815	1009	2378
Lisboa	2286	1475	2269	1738	2301	9788	3925	1899	3459	1996	2544	712	2206	852	2025	1117	1979	720	2300	868	2725	1482	2115	1578
Portalegre	83	2918	59	688	104	84946	287	834	453	1987	513	2919	384	1849	274	160	247	114	323	465	276	403	225	1248
Porto	5862	5131	6656	4680	7594	7521	5189	6265	8543	24742	5194	6961	2588	534	2283	417	6353	7877	6932	8489	6069	4062	3242	1622
Santarém	841	2030	880	7506	953	70927	1800	7747	2033	31372	1503	3176	992	3420	758	927	757	218	951	1337	798	610	873	10507
Setúbal	548	1385	686	1623	595	8739	1713	2826	1277	843	1549	1541	1248	1100	1131	340	898	396	1118	2336	877	279	904	349
Viana do Castelo	1524	3492	2315	9556	1013	1160	1316	2728	2139	25082	1271	15301	547	585	461	341	1442	3114	2241	23093	2039	3616	514	155
Vila Real	2626	11472	2516	19466	1718	4815	1676	13673	2305	34106	1268	3737	754	751	744	814	1760	13545	1418	18423	1611	12422	903	2688
Viseu	2061	10766	1896	14172	1980	6056	1970	9249	3028	37659	1806	6257	1238	595	1087	626	2337	7601	2407	18873	2037	6331	1225	10771

Anexo IV

Tabela 16 – Média de FWI, IF e área ardida em cada concelho do distrito de Coimbra para cada classe estipulada.

		Probabilidade	0,40	0,80	0,90	0,95	1,00
Concelhos do Distrito de Coimbra	Arganil	Média FWI	8	34	53	64	79
		Média Incêndio	0,1	0,22	0,4	0,5	1
		Média Área	1,7	0,4	25,2	0,4	12,1
	Cantanhede	Média FWI	7	22	33	41	51
		Média Incêndio	0,1	0,4	0,6	0,6	1,5
		Média Área	0,0	0,1	2,4	0,3	6,6
	Coimbra	Média FWI	5	20	29	35	45
		Média Incêndio	0,3	0,8	1,1	1,4	1,9
		Média Área	0,1	0,2	1,6	0,3	47,9
	Condeixa-a-Nova	Média FWI	21	76	113	136	173
		Média Incêndio	0,1	0,1	0,2	0,1	0,4
		Média Área	0,00	0,02	0,03	0,01	3,9
	Figueira da Foz	Média FWI	7	26	38	45	56
		Média Incêndio	0,3	0,7	0,8	1,3	1,6
		Média Área	0,1	1,1	0,3	13,3	6,2
Góis	Média FWI	8	29	44	53	65	
	Média Incêndio	0,0	0,1	0,3	0,2	0,4	
	Média Área	0,002	0,9	1,6	0,2	0,9	
Lousã	Média FWI	6	23	34	41	52	
	Média Incêndio	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	
	Média Área	0,1	0,4	1,3	1,3	12,2	
Mira	Média FWI	7	19	26	32	41	
	Média Incêndio	0,1	0,1	0,2	0,1	0,3	
	Média Área	0,004	0,02	0,03	0,003	9,4	
Miranda do Corvo	Média FWI	7	26	38	46	57	
	Média Incêndio	0,1	0,3	0,6	0,8	0,8	
	Média Área	0,3	0,5	0,6	3,4	46,0	
Montemor-o-Velho	Média FWI	8	26	39	47	60	
	Média Incêndio	0,1	0,3	0,4	0,5	1,1	
	Média Área	0,01	0,2	0,2	0,7	1,9	
Oliveira do Hospital	Média FWI	6	23	36	42	53	
	Média Incêndio	0,2	0,5	0,9	1,0	2,2	
	Média Área	0,0	0,3	6,2	17,8	11,4	
Pampilhosa da Serra	Média FWI	5	23	38	45	57	

		Média Incêndio	0,05	0,1	0,3	0,4	0,3
		Média Área	0,05	6,6	5,4	194,6	11,7
	Penacova	Média FWI	7	23	33	40	50
		Média Incêndio	0,1	0,3	0,5	0,7	1,2
		Média Área	0,1	0,3	0,1	0,1	25,7
		Penela	Média FWI	7	26	39	45
	Média Incêndio		0,1	0,1	0,2	0,3	0,5
	Média Área		0,02	0,1	0,1	20,9	1,9
	Soure	Média FWI	7	27	39	47	58
		Média Incêndio	0,01	0,01	0,02	0,01	0
		Média Área	0,0003	0,01	0,002	0,0000	0
	Tábua	Média FWI	5	23	36	42	53
		Média Incêndio	0,1	0,4	0,7	1,0	1,5
		Média Área	0,0	0,2	2,0	4,0	17,5
	Vila Nova de Poiães	Média FWI	10	35	52	63	79
Média Incêndio		0,04	0,1	0,2	0,3	0,5	
Média Área		0,004	0,3	8,6	0,1	21,5	

Tabela 17- Média de FWI, IF e área ardida em cada concelho do distrito de Évora para cada classe estipulada.

		Probabilidade	0,70	0,90	0,95	0,97	1,00
Concelhos do Distrito de Évora	Alandroal	Média FWI	22	49	57	61	69
		Média Incêndio	0,09	0,15	0,18	0,26	0,27
		Média Área	0,70	1,72	1,37	29,24	0,49
	Arraiolos	Média FWI	27	49	58	64	74
		Média Incêndio	0,09	0,16	0,25	0,16	0,22
		Média Área	0,17	0,72	19,86	0,00	14,02
	Estremoz	Média FWI	24	45	54	60	71
		Média Incêndio	0,19	0,31	0,41	0,34	0,73
		Média Área	0,10	0,39	51,57	0,49	5,61
	Évora	Média FWI	28	51	60	66	79
		Média Incêndio	0,48	0,90	1,14	1,53	1,49
		Média Área	0,49	3,87	7,19	1,26	34,02
	Montemor-o-Novo	Média FWI	26	45	53	57	66
		Média Incêndio	0,16	0,24	0,35	0,42	0,56
		Média Área	0,18	3,85	0,58	4,56	64,55
	Mora	Média FWI	27	47	55	60	68
		Média Incêndio	0,06	0,10	0,10	0,11	0,18
		Média Área	0,14	0,89	0,67	0	1,48
Mourão	Média FWI	164	295	342	371	431	

		Média Incêndio	0,04	0,07	0,08	0,03	0,05	
		Média Área	0,07	0,15	7,59	0,05	1,63	
	Portel	Média FWI	32	57	66	71	84	
		Média Incêndio	0,11	0,18	0,24	0,16	0,24	
		Média Área	1,98	1,81	49,84	0,10	0,80	
		Redondo	Média FWI	26	48	57	62	72
			Média Incêndio	0,08	0,11	0,12	0,11	0,18
		Média Área	0,04	0,28	5,73	25,71	0,48	
		Reguengos de Monsaraz	Média FWI	30	53	61	66	76
			Média Incêndio	0,12	0,16	0,16	0,18	0,18
		Média Área	0,43	1,41	0,11	1,58	2,02	
		Vendas Novas	Média FWI	24	42	48	53	60
			Média Incêndio	0,09	0,13	0,17	0,18	0,31
		Média Área	0,04	0,63	0,04	0,01	0,36	
		Viana do Alentejo	Média FWI	27	47	55	60	70
			Média Incêndio	0,06	0,10	0,15	0,08	0,29
		Média Área	0,83	0,11	3,49	0,05	0,02	
		Vila Viçosa	Média FWI	27	49	57	61	69
			Média Incêndio	0,05	0,08	0,16	0,16	0,11
		Média Área	0,31	0,10	0,20	2,76	0,05	

Tabela 18 - Média de FWI, IF e área ardida em cada concelho do distrito do Porto para cada classe estipulada.

		Probabilidade	0,4	0,80	0,90	0,95	1,00
Concelhos do Distrito do Porto	Amarante	Média FWI	8,0	24	33	38	44
		Média Incêndio	0,3	2	5	6	7
		Média Área	0,1	1,7	8,2	27,7	31,6
	Baião	Média FWI	8,0	34	47	53	63
		Média Incêndio	0,2	1	3	3	4
		Média Área	0,1	2,4	7,2	28,7	52,4
	Felgueiras	Média FWI	6	22	32	37	44
		Média Incêndio	0,3	2	4	6	8
		Média Área	0,1	0,8	2,2	4,6	7,4
	Gondomar	Média FWI	7,0	27	44	54	76
		Média Incêndio	1	4	5	7	9
		Média Área	0,2	1,4	6,6	4,6	34,9
	Lousada	Média FWI	7,0	17	28	34	47
		Média Incêndio	0,3	2	3	4	5
		Média Área	0,1	0,9	1,8	3,2	6,5
	Maia	Média FWI	6,0	24	39	49	64

	Média Incêndio	1	2	3	3	5
	Média Área	0,1	0,4	0,9	3,7	3,7
Marco de Canaveses	Média FWI	8,0	18	29	35	48
	Média Incêndio	0,4	3	5	6	7
Matosinhos	Média Área	0,1	4,0	9,9	9,1	61,3
	Média FWI	5,0	17	27	34	45
	Média Incêndio	1	1	1	2	3
Paços de Ferreira	Média Área	0,1	0,1	0,2	0,6	0,7
	Média FWI	7,0	17	28	34	46
	Média Incêndio	0,4	2	3	4	5
Paredes de Coura	Média Área	0,03	0,6	0,7	3,1	6,5
	Média FWI	7,0	18	30	37	51
	Média Incêndio	0,1	0	1	1	2
Penafiel	Média Área	0,02	0,6	5,6	8,9	28,8
	Média FWI	8,0	18	29	36	50
	Média Incêndio	1	4	6	9	10
Porto	Média Área	0,1	2,8	7,7	57,7	35,2
	Média FWI	5,0	29	47	57	81
	Média Incêndio	0	0	0	0	0
Póvoa do Varzim	Média Área	0,0002	0,0	0,0	0,0	0,0
	Média FWI	5,0	19	31	38	48
	Média Incêndio	0,2	0,7	1,2	1,7	2,6
Santo Tirso	Média Área	0,02	0,1	0,4	0,6	6,0
	Média FWI	7,0	17,1	27,9	34,5	46,4
	Média Incêndio	0,6	3	4	6	9
Valongo	Média Área	0,2	1,4	4,5	14,8	22,9
	Média FWI	7,0	17,8	29,1	35,8	48,9
	Média Incêndio	0,4	2	2	2	3
Vila do Conde	Média Área	0,1	1,1	3,6	6,1	17,0
	Média FWI	5,0	26,9	44,1	54,9	72,1
	Média Incêndio	0,3	2	2	3	4
Vila Nova de Gaia	Média Área	0,05	0,4	1,1	0,4	2,7
	Média FWI	5,0	17,3	28,3	34,9	49,9
	Média Incêndio	1,0	4	7	8	12
Trofa	Média Área	0,1	0,7	2,3	1,5	7,6
	Média FWI	7,0	19,5	31,9	39,5	52,3
	Média Incêndio	0,2	1	2	2	2
	Média Área	0,04	1,3	1,5	3,4	3,7

Tabela 19 - Média de ICRIF, IF e área ardida em cada concelho do distrito de Coimbra para cada classe estipulada.

		Probabilidade	0,40	0,60	0,80	0,90	0,95	1,00			
				Média ICRIF	12	14	25	29	33	37	
				Média Incêndio	0	0	0	0	0	1	
				Média Área	1,7	1,4	0,7	0,2	58	1,4	
Concelhos do Distrito de Coimbra	Arganil			Média ICRIF	10	11	18	20	23	27	
					Média Incêndio	0	0	0	1	1	2
							Média Área	0,03	0,06	0,13	2,50
	Cantanhede		Média ICRIF	7			8	13	15	16	19
					Média Incêndio	0	0	1	1	1	2
							Média Área	0,0	0	0,2	0,2
	Condeixa-a-Nova		Média ICRIF	8			9	16	18	20	24
					Média Incêndio	0	0	0	0	0	0
							Média Área	0,004	0,005	0,03	0,01
	Figueira da Foz		Média ICRIF	10			11	17	19	21	25
					Média Incêndio	0	0	1	1	1	2
							Média Área	0,01	0,02	2,79	0,25
	Góis		Média ICRIF	12			14	26	30	34	39
					Média Incêndio	0	0	0	0	0	0
							Média Área	0,002	0,01	2,85	0,53
	Lousã		Média ICRIF	10			12	21	26	30	35
					Média Incêndio	0	0	0	1	1	1
							Média Área	0,05	0,06	0,1	1,5
	Mira		Média ICRIF	11,3			13	21	24	27	31
					Média Incêndio	0	0	0	0	0	0
							Média Área	0,01	0,01	0,03	0,01
	Miranda do Corvo		Média ICRIF	9			11	19	21	23	29
					Média Incêndio	0	0	0	1	1	1
							Média Área	0,3	0,5	0,6	0,5
	Montemor-o-Velho		Média ICRIF	7			8	12	14	15	18
					Média Incêndio	0,1	0	0	0	0	1
							Média Área	0,02	0,04	0,2	0,1
Oliveira do Hospital		Média ICRIF	11	12			22	26	28	33	
				Média Incêndio	0,2	0	1	1	1	2	
						Média Área	0,05	0,09	0,2	8,0	18
Pampilhosa da Serra		Média ICRIF	15			17	31	37	41	46	
				Média Incêndio	0,0	0	0	0	0	0	
						Média Área	0,1	3	1,3	12,8	199
Penacova		Média ICRIF	8			9	16	17	18	21	

		Média Incêndio	0	0	0	1	1	1
		Média Área	0,01	0,01	0,6	0,2	0,1	31,0
	Penela	Média ICRIF	10	11	20	23	25	29
		Média Incêndio	0	0	0	0	0	0
		Média Área	0,02	0,02	0,2	0,1	25	2,0
		Soure	Média ICRIF	9	10	16	18	20
	Média Incêndio		0	0	0	0	0	0
	Média Área		0,001	0,001	0,014	0,002	0	0
	Tábua	Média ICRIF	10	12	21	24	26	30
		Média Incêndio	0	0	0	1	1	2
		Média Área	0,020	0,024	0,3	3,5	2	16,5
	Vila Nova de Poiares	Média ICRIF	9	10	18	20	23	27
Média Incêndio		0	0	0	0	0	1	
Média Área		0,004	0,01	0,6	10,4	0,02	26,0	

Tabela 20 - Média de ICRIF, IF e área ardida em cada concelho do distrito de Évora para cada classe estipulada.

		Probabilidade	0,70	0,90	0,95	0,97	1,00
Concelhos do Distrito de Évora	Alandroal	Média ICRIF	11	16	17	18	19
		Média Nº Incêndios	0	0	0	0	0
		Média Área Ardida	1,02	0,7	17,0	0,3	2
	Arraiolos	Média ICRIF	10	13	15	17	19
		Média Nº Incêndios	0	0	0	0	0
		Média Área Ardida	0,19	0,8	24,0	4,8	12
	Borba	Média ICRIF	7	10	13	15	16
		Média Nº Incêndios	0	0	0	0	0
		Média Área Ardida	0,07	0,03	0,01	0,003	0,06
	Estremoz	Média ICRIF	10	14	16	18	19
		Média Nº Incêndios	0	0	0	1	0
		Média Área Ardida	0,15	0,3	62,7	0,8	1
	Évora	Média ICRIF	8	11	14	15	16
		Média Nº Incêndios	0	1	1	1	2
		Média Área Ardida	0,93	4,9	0,9	0,3	11
	Montemor-o-Novo	Média ICRIF	10	14	15	16	18
		Média Nº Incêndios	0	0	0	0	1
		Média Área Ardida	0,20	4,3	2,7	1,0	75
	Mora	Média ICRIF	11	15	17	19	20
		Média Nº Incêndios	0	0	0	0	0
		Média Área Ardida	0,15	1,1	1,9	0,0	0
Mourão	Média ICRIF	9	13	15	16	17	

		Média Nº Incêndios	0	0	0	0	0	
		Média Área Ardida	0,10	0,02	10,6	0	0	
	Portel	Média ICRIF	11	16	18	20	21	
		Média Nº Incêndios	0	0	0	0	0	
		Média Área Ardida	0,44	1,8	19,3	15,3	0	
		Redondo	Média ICRIF	9	13	15	16	17
			Média Nº Incêndios	0	0	0	0	0
	Média Área Ardida		0,08	1,8	0,3	32,2	0	
	Reguengos de Monsaraz	Média ICRIF	9	12	14	15	17	
		Média Nº Incêndios	0	0	0	0	0	
		Média Área Ardida	0,50	1,3	0,8	0,0	2	
	Vendas Novas	Média ICRIF	12	16	18	19	21	
		Média Nº Incêndios	0	0	0	0	0	
		Média Área Ardida	0,03	0,1	0,2	0,0	5	
	Viana do Alentejo	Média ICRIF	8	12	14	15	16	
		Média Nº Incêndios	0	0	0	0	0	
		Média Área Ardida	0,09	3,1	0,6	0,0	0	

Tabela 21 - Média de ICRIF, IF e área ardida em cada concelho do distrito do Porto para cada classe estipulada.

		Probabilidade	0,4	0,80	0,90	0,95	1,00
Concelhos do Distrito do Porto	Amarante	Média ICRIF	8	17	21	23	27
		Média Nº Incêndios	0,0	3	5	6	8
		Média Área Ardida	0,1	2	7	13	65
	Baião	Média ICRIF	8	16	21	22	25
		Média Nº Incêndios	0,0	1	2	3	4
		Média Área Ardida	0,1	3	6	13	79
	Felgueiras	Média ICRIF	6	11	14	16	18
		Média Nº Incêndios	0,0	2	5	6	8
		Média Área Ardida	0,1	1	3	4	7
	Gondomar	Média ICRIF	7	13	15	17	21
		Média Nº Incêndios	0,0	4	5	7	9
		Média Área Ardida	0,2	3	2	15	31
	Lousada	Média ICRIF	7	13	16	18	21
		Média Nº Incêndios	0,0	2	3	4	6
		Média Área Ardida	0,1	1	2	4	7
	Maia	Média ICRIF	6	9	12	14	17
		Média Nº Incêndios	0,0	2	3	2	5
		Média Área Ardida	0,1	0	1	3	3
Marco de Canaveses	Média ICRIF	8	15	19	21	25	

	Média Nº Incêndios	0,0	3	6	7	9
	Média Área Ardida	0,1	3	10	29	68
Matosinhos	Média ICRIF	5	5	7	9	13
	Média Nº Incêndios	0,7	1	2	2	1
	Média Área Ardida	0,1	0	0	1	0
Paços de Ferreira	Média ICRIF	7	13	16	18	22
	Média Nº Incêndios	0,0	3	3	6	6
	Média Área Ardida	0,0	1	1	5	7
Paredes de Coura	Média ICRIF	7	14	19	21	25
	Média Nº Incêndios	0,1	0	1	1	3
	Média Área Ardida	0,02	1	6	2	43
Penafiel	Média ICRIF	8	15	19	21	25
	Média Nº Incêndios	0,0	4	7	9	12
	Média Área Ardida	0,1	2	7	53	65
Porto	Média ICRIF	5	5	5	6	10
	Média Nº Incêndios	0	0	0	0	0
	Média Área Ardida	0,0002	0	0	0	0
Póvoa do Varzim	Média ICRIF	5	8	10	10	13
	Média Nº Incêndios	0	1	1	2	2
	Média Área Ardida	0,02	0	0	1	6
Santo Tirso	Média ICRIF	7	13	17	19	23
	Média Nº Incêndios	0	3	5	7	10
	Média Área Ardida	0,2	1	5	9	36
Valongo	Média ICRIF	7	13	18	20	24
	Média Nº Incêndios	0	2	2	2	4
	Média Área Ardida	0,07	1	4	6	23
Vila do Conde	Média ICRIF	5	7	11	13	15
	Média Nº Incêndios	0	2	2	3	3
	Média Área Ardida	0,05	0	1	2	1
Vila Nova de Gaia	Média ICRIF	5	8	11	13	15
	Média Nº Incêndios	1,0	5	7	8	9
	Média Área Ardida	0,08	1	2	5	5
Trofa	Média ICRIF	7	13	18	19	23
	Média Nº Incêndios	0	1	2	2	2
	Média Área Ardida	0,04	1	2	4	5

Tabela 22- Média de FWI, IF e área ardida em cada distrito de Portugal continental para cada classe estipulada.

	Probabilidade	0,1	0,2	0,45	0,75	1
Aveiro	Média FWI	2	5	8	15	27
	Média Nº Incêndios	0	1	3	9	76
	Média Área Ardida	1	8	17	28	46
Beja	Probabilidade	0,1	0,4	0,6	0,95	1
	Média FWI	9	39	57	72	97
	Média Nº Incêndios	1	2	2	2	3
	Média Área Ardida	0,8	3	9	20	353
Braga	Probabilidade	0,2	0,4	0,6	0,8	1
	Média FWI	2	12	22	31	45
	Média Nº Incêndios	1	5	12	27	49
	Média Área Ardida	0,2	2	6	28	159
Bragança	Probabilidade	0,4	0,5	0,65	0,8	1
	Média FWI	13	29	35	41	52
	Média Nº Incêndios	5	5	5	5	5
	Média Área Ardida	39,0	77	52	53	68
Castelo Branco	Probabilidade	0,35	0,5	0,75	0,95	1
	Média FWI	13	31	40	51	65
	Média Nº Incêndios	1	3	5	7	9
	Média Área Ardida	1,4	5,2	46	221	698
Faro	Probabilidade	0,05	0,2	0,7	0,85	1
	Média FWI	6	32	64	86	106
	Média Nº Incêndios	0	2	3	3	5
	Média Área Ardida	0,06	0,4	8	49	415
Guarda	Probabilidade	0,2	0,4	0,7	0,9	1
	Média FWI	4	19	36	51	67
	Média Nº Incêndios	2	4	7	10	12
	Média Área Ardida	3	15	48	163	628
Leiria	Probabilidade	0,1	0,3	0,6	0,95	1
	Média FWI	3	12	26	41	45
	Média Nº Incêndios	1	2	5	8	10
	Média Área Ardida	0,10	0,5	3	30	82
Lisboa	Probabilidade	0,3	0,6	0,8	0,9	1
	Média FWI	13	34	47	55	67
	Média Nº Incêndios	8	15	20	22	27
	Média Área Ardida	3	5	10	18	55
Portalegre	Probabilidade	0,3	0,75	0,85	0,95	1
	Média FWI	18	52	68	77	90
	Média Nº Incêndios	1	2	2	3	4

	Média Área Ardida	0,6	5	10	107	776
Santarém	Probabilidade	0,25	0,5	0,9	0,95	1
	Média FWI	13	34	50	64	74
	Média Nº Incêndios	2	5	9	14	19
	Média Área Ardida	0,9	4	30	139	1101
Setúbal	Probabilidade	0,2	0,5	0,8	0,9	1
	Média FWI	10	26	35	42	51
	Média Nº Incêndios	3	6	8	10	12
	Média Área Ardida	0,5	3	4	20	77
Viana do Castelo	Probabilidade	0,4	0,6	0,85	0,95	1
	Média FWI	6	17	24	33	43
	Média Nº Incêndios	1	6	13	23	36
	Média Área Ardida	0,7	5	26	98	599
Vila Real	Probabilidade	0,3	0,5	0,65	0,85	1
	Média FWI	9	32	45	56	74
	Média Nº Incêndios	2	7	11	18	22
	Média Área Ardida	1,6	11	31	98	308
Viseu	Probabilidade	0,4	0,6	0,9	0,95	1
	Média FWI	9	26	38	49	58
	Média Nº Incêndios	4	11	19	27	33
	Média Área Ardida	3	33	111	269	294

Anexo V

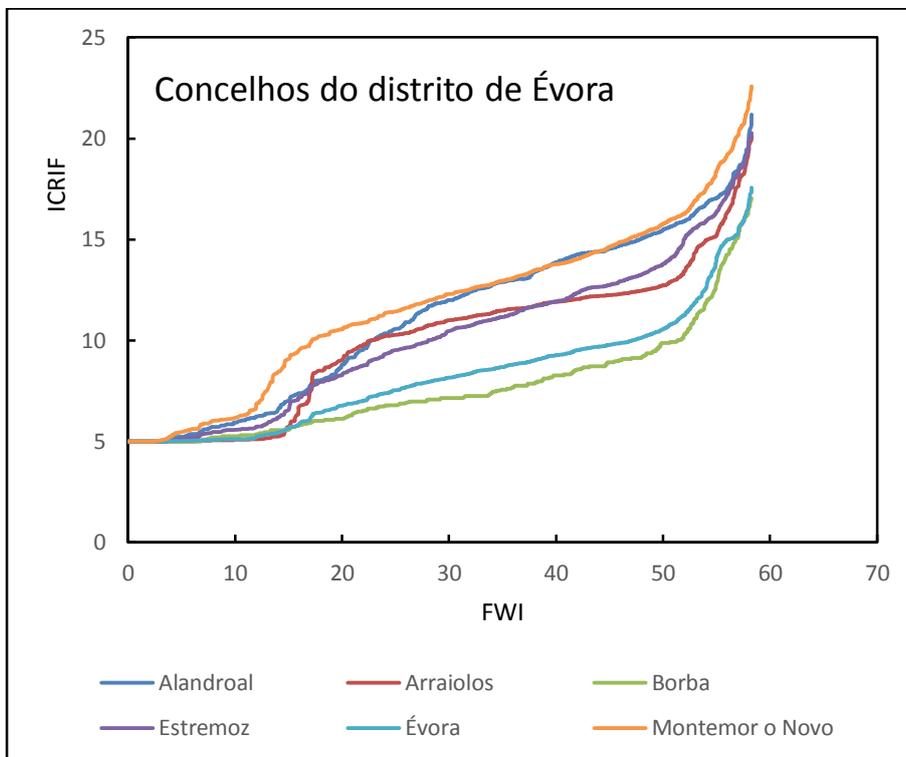


Gráfico 6- Comparação do desempenho dos dois índices para os concelhos do distrito de Évora.

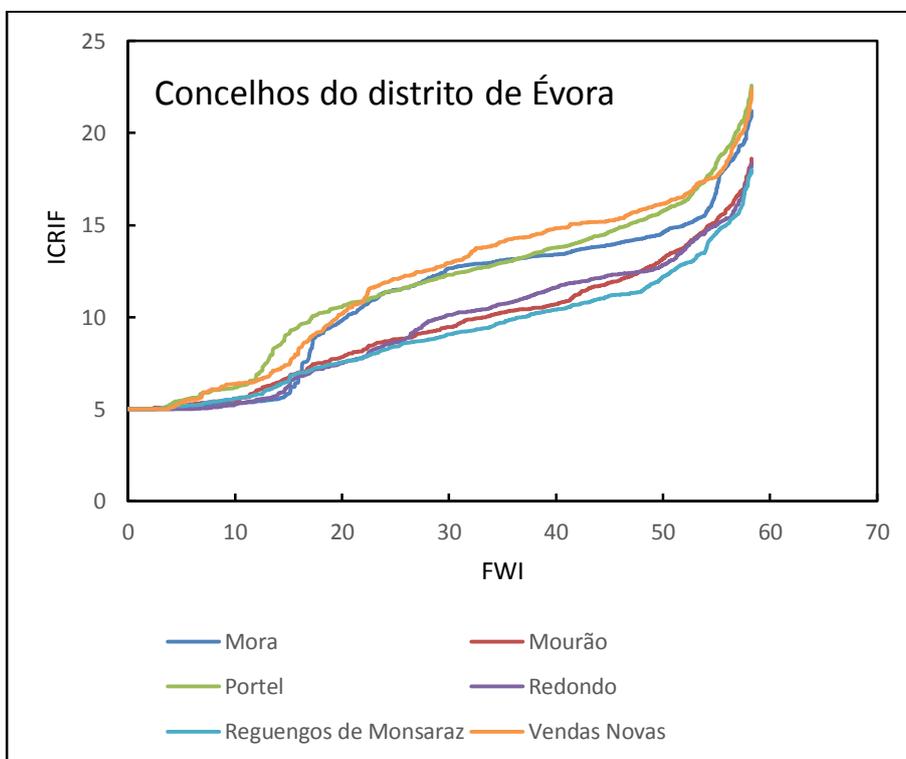


Gráfico 7 - Comparação do desempenho dos dois índices para os concelhos do distrito de Évora.

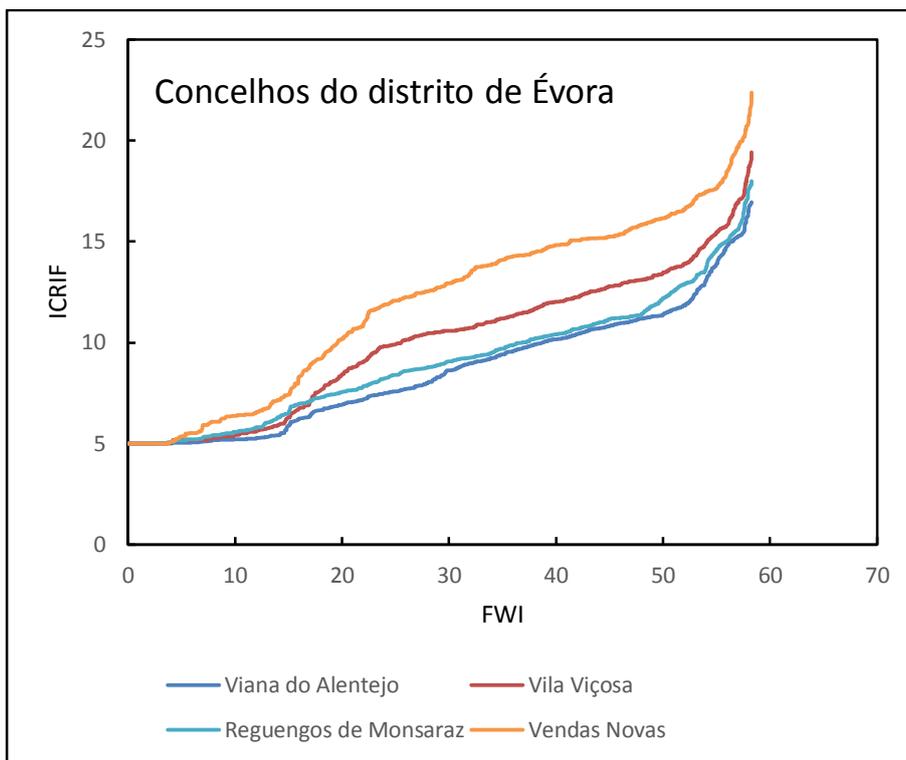


Gráfico 8 -

Comparação do desempenho dos dois índices para os concelhos do distrito de Évora.

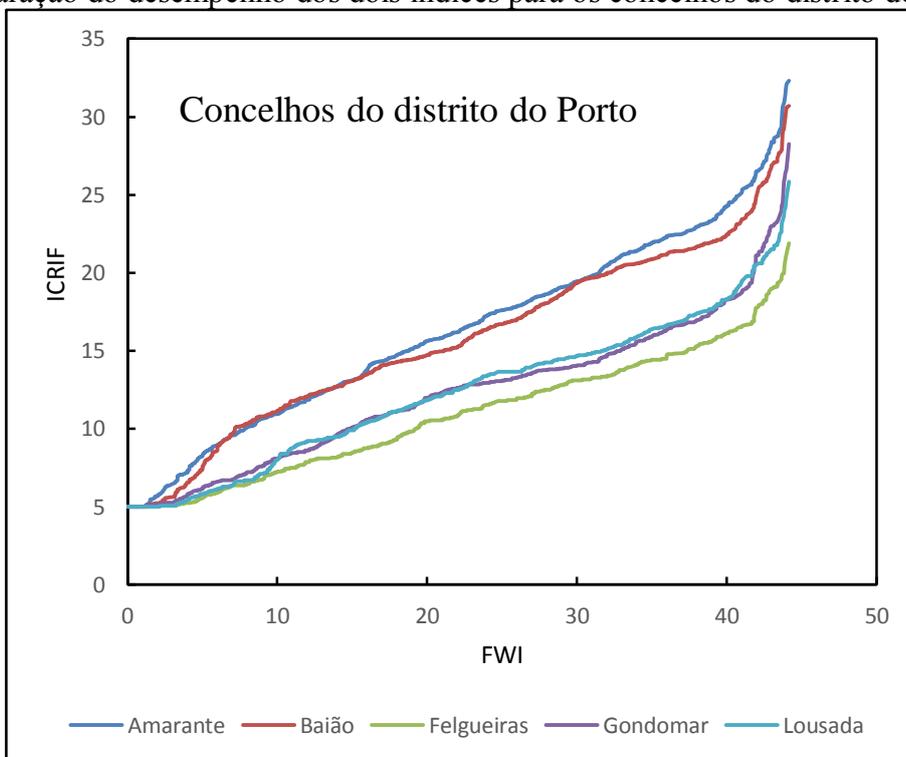


Gráfico 9 - Comparação do desempenho dos dois índices para os concelhos do distrito do Porto.

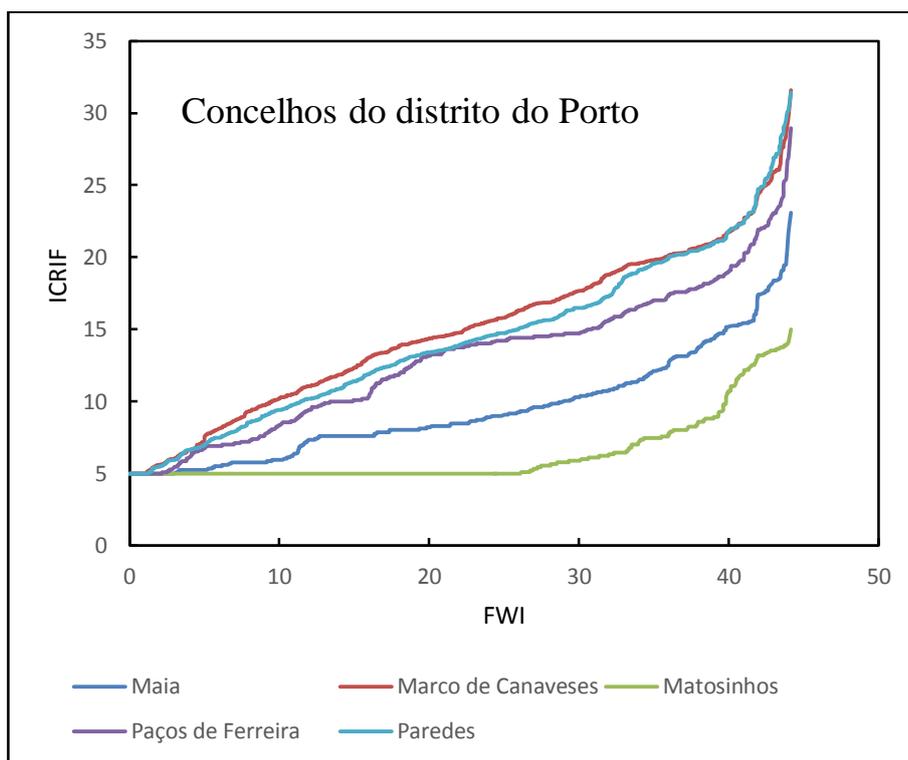


Gráfico 10-Comparação do desempenho dos dois índices para os concelhos do distrito do Porto.

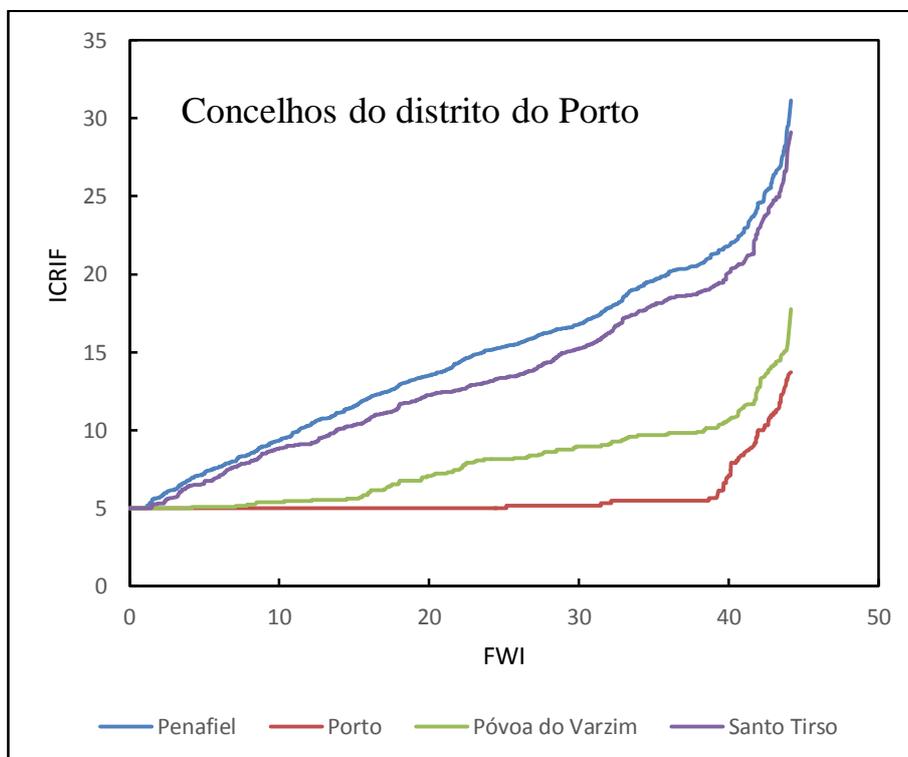


Gráfico 11-Comparação do desempenho dos dois índices para os concelhos do distrito do Porto.

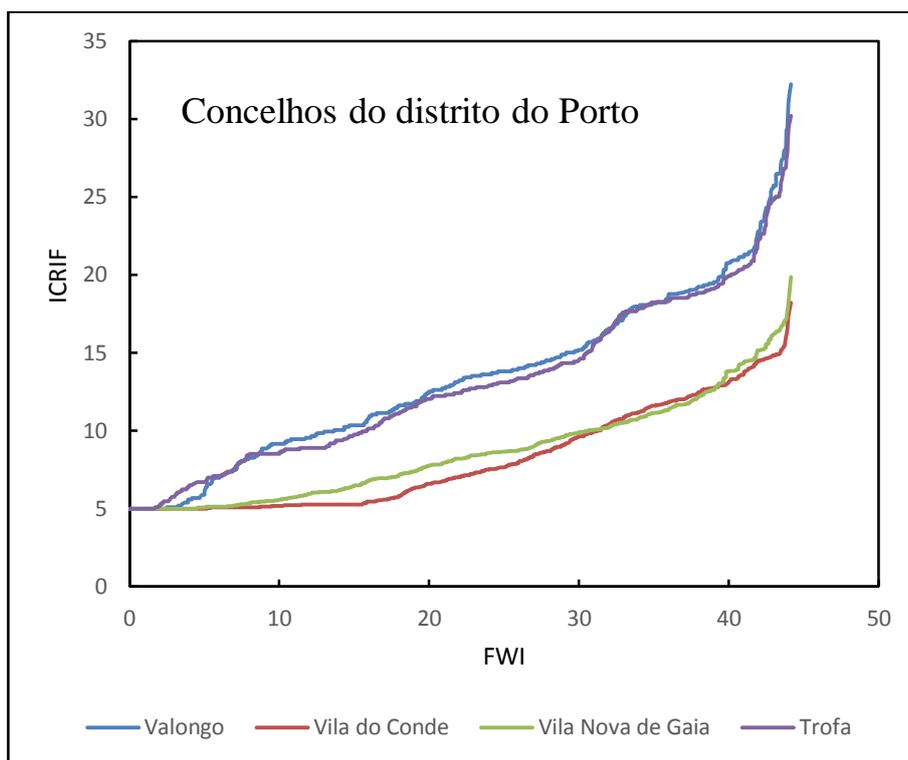


Gráfico 12-Comparação do desempenho dos dois índices para os concelhos do distrito do Porto.