

# Carta de Risco de Incêndio no Distrito de Évora

**Ano letivo 2019/2020** – Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e Ordenamento de Território

**Unidade curricular:** Análise Espacial aplicada ao Ordenamento do Território

**Docente:** Miguel Marinho Saraiva

**Discente:** Rui Pedro Maia Andrade

## Resumo

Os incêndios florestais constituem uma das maiores preocupações em Portugal, em particular durante o Verão. Por isso, a suscetibilidade de incêndios florestais é um processo muito importante na definição de estratégias para a prevenção e mitigação dos incêndios.

O presente trabalho pretende elaborar o modelo de suscetibilidade assente na Análise Multicritério, baseado num método de ponderação de variáveis de carácter físico e humano (ocupação do solo, declive, exposição de vertentes, densidade populacional, proximidade à rede viária e proximidade à rede hidrográfica) que fundamenta a probabilidade de encontrar áreas suscetíveis a arder. Com base neste procedimento, as 3 primeiras variáveis foram definidas como as mais importantes na explicação da distribuição espacial dos incêndios.

Como informação representativa do fenómeno estudado, foram utilizadas as áreas aridas registadas em 2017 para sobrepor com as áreas de suscetibilidade de modo a saber se coincidia e saber o orçamento para uma limpeza dos terrenos.

Palavras-chave: incêndios florestais, suscetibilidade, Distrito de Évora, SIG, variáveis

## Abstract

Forest fires are a major concern in Portugal, particularly during the summer. For this reason, the susceptibility of forest fires is a very important process in the definition of strategies for the prevention and mitigation of fires.

This work intends to elaborate the susceptibility model based on Multicriteria Analysis, based on a method of weighting variables of physical and human character (land occupation, slope, slope exposure, population density, proximity to the road network and proximity to the hydrographic network) which substantiates the probability of finding areas susceptible to burning. Based on this procedure, the first 3 variables were defined as the most important in explaining the spatial distribution of fires.

As representative information of the studied phenomenon, the burnt areas recorded in 2017 were used to overlap with the areas of susceptibility in order to know if it coincided and to know the budget for cleaning the land.

Keyword: forest fires, susceptibility, Évora District, GIS, variable

## Índice geral

1. Introdução .....	5
2. Enquadramento geográfico no Distrito de Évora.....	6
2.1. Acessibilidades .....	7
2.2. Relevo .....	8
2.3. Uso do Solo.....	10
2.4. População.....	10
3. Variáveis que poderão potenciar o risco de ignição, de propagação e de controlo ao fogo 11	
3.1. Mapa dos declives.....	12
3.2. Exposição de vertentes .....	13
3.3. Ocupação do solo .....	14
3.4. Densidade demográfica .....	15
3.5. Rede viária.....	17
3.6. Rede Hidrográfica.....	18
4. Análise multicritério .....	19
4.1. Normalização das variáveis .....	22
4.2. Mapa de risco de incendio .....	24
5.Perguntas à base de dados: .....	25
6. Conclusão .....	28
7. Bibliografia .....	29
8.Anexos .....	30

## Índice de Figuras:

Figura 1: Localização Geográfica do Distrito de Évora .....	6
Figura 2: Acessibilidades do Distrito de Évora .....	7
Figura 3: Relevo e Perfil Topográfico, no Distrito de Évora .....	8
Figura 4: Ocupação do solo, no Distrito de Évora .....	10
Figura 5: População Residente por concelho, no Distrito de Évora.....	11
Figura 6: Declives em Graus, no Distrito de Évora .....	12
Figura 7: Exposição das Vertentes – Octantes, no Distrito de Évora .....	14
Figura 8: Vegetação resinosa, na Área de Estudo.....	15
Figura 9: Densidade Populacional, na Área de Estudo.....	16
Figura 10: Densidade Populacional à subsecção.....	17
Figura 11: Rede viária no Distrito de Évora.....	18
Figura 12: Rede Hidrográfica com um buffer de 30 m.....	19
Figura 13: Modelo Cartográfico para o distrito .....	22
Figura 14: Susceptibilidade de Incêndio no Distrito de Évora .....	25
Figura 15: Área com risco de Incêndio superior a 0,7.....	26
Figura 16: Estatísticas da População ponderada pela área.....	27
Figura 17: Área ardida em 2017 com sobreposição com nível de risco superior a 0,7 .....	27

## Índice de tabela:

Tabela 1: Área e Percentagem de cada Concelho do Distrito.....	7
Tabela 2: Parâmetros da construção do Tin .....	9
Tabela 3: Parâmetros da Construção do TinGrid .....	9
Tabela 4: Escala Numérica qualitativa .....	19
Tabela 5: Primeira etapa para Análise Multicritério .....	20
Tabela 6: Segunda etapa para Análise Multicritério .....	21
Tabela 7: Última etapa para Análise Multicritério .....	21
Tabela 8: Orçamento para a limpeza dos terrenos.....	28

## 1. Introdução

Ao longo dos últimos anos, Portugal não tem conseguido travar os incêndios florestais, tanto no que diz respeito ao número de ocorrências como à dimensão das áreas ardidas, sobretudo durante a estação seca. Pois temperaturas elevadas e a dessecação dos combustíveis gera um ambiente propício à propagação dos incêndios, mas mais de 90% dos casos, a ignição tem origem em atos humanos, negligentes e intencionais. (Lourenço et al, 2012). Só em 2017, arderam cerca de 557496,7 hectares em todo o território português, sendo que, mais de 75% das ocorrências aconteceram nas florestas e maioritariamente de maneira intencional e negligente.

O motivo para a escolha desta área de estudo deve-se a curiosidade pessoal, uma vez que, nunca tinha trabalhado na mesma.

No distrito de Évora, arderam 1663,3 hectares o que equivale a 0.30% da área ardida no País, sendo que, mais de 70% ocorreram em áreas agrícolas. Neste sentido, o meu objetivo principal será elaborar uma carta de suscetibilidade de incêndios florestais segundo várias variáveis que poderão potenciar ou diminuir a propagação dos incêndios.

O presente relatório, será dividido em quatro partes fundamentais, de modo a que seja organizado e funcional para os diversos processos que realizarei ao longo do trabalho.

Neste sentido, na primeira parte, dirá respeito à descrição do distrito de modo a conhecer, a dimensão da população residente e acessibilidades, o relevo e o tipo de ocupação de superfície terrestre.

Na segunda parte, como já referido anteriormente explicarei a razão da escolha de certas Variáveis que poderão potenciar o risco de ignição e de propagação no distrito em causa, que pode ser de cariz física (declives e exposição de vertentes etc.) ou humana (densidade populacional etc.).

Já na terceira parte, irei explicar a metodologia usada para realizar a análise do multicritério através do método analítico hierárquico, e a elaboração do mapa da suscetibilidade de incendio florestal.

Por último, a quarta parte, dirá respeito às respostas das perguntas propostas pelo docente referente aos habitantes abrangidos pelas áreas de risco muito elevado, à sobreposição das áreas ardidas em 2017 com as áreas de maior risco identificadas na suscetibilidade, e por fim, ao custo de limpeza numa faixa de proteção.

## 2. Enquadramento geográfico no Distrito de Évora

O distrito de Évora situado na e na sub-região do Pinhal Litoral (NUTS III), está limitado a norte pelo distrito de Portalegre, a este por Espanha, a sul por Beja, a oeste por Setúbal e a Noroeste por Santarém (Fig. 1).

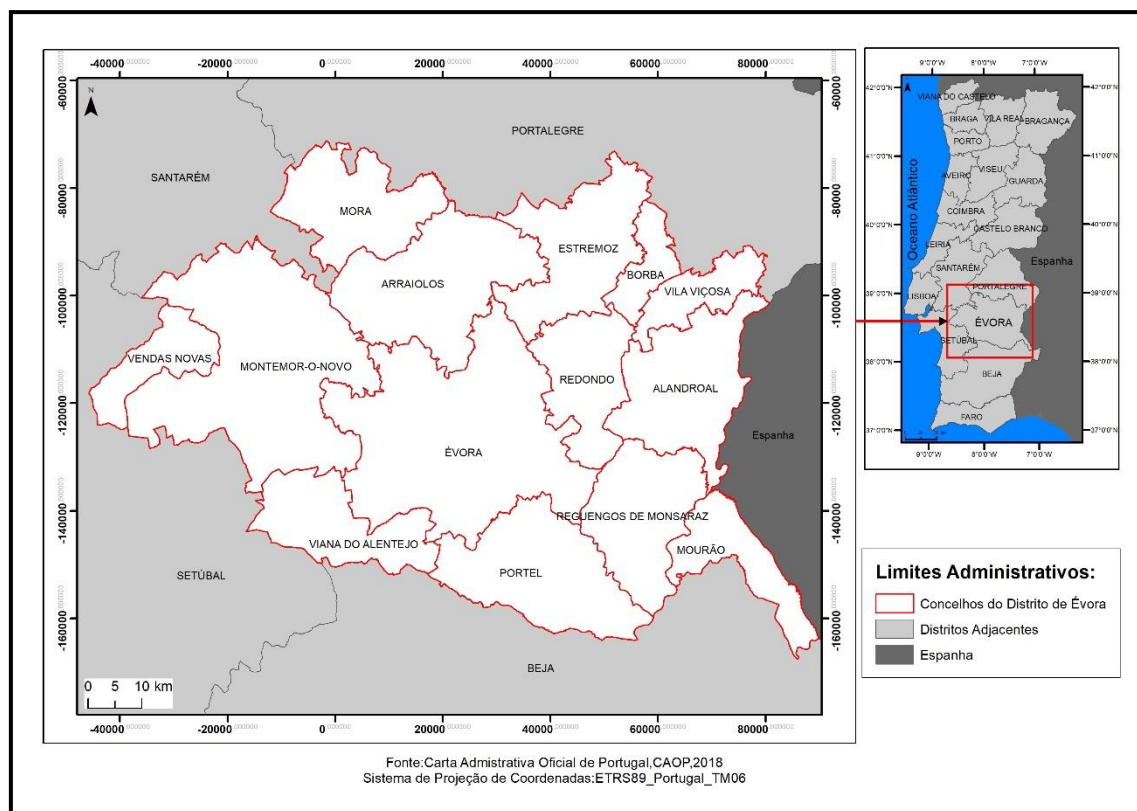


Figura 1: Localização Geográfica do Distrito de Évora

Possui uma área aproximada de 7393 km<sup>2</sup>, distribuída por 14 concelhos. O maior Concelho é Évora que representa 17,1% da área do Distrito, seguido do concelho de Montemor-o-Novo, com cerca de 16,2%. Os concelhos de menor dimensão são Borba, Vila Viçosa, Vendas Novas e Mourão, que representam cada uma menos de 4% da área do Distrito. Os restantes concelhos representam cada um, entre 5% a 9% da área de estudo (Tabela.1)

Concelho	Área m2	Percentagem
Borba	145186546,7	2
Vila Viçosa	194858863,5	2,6
Vendas Novas	222388841,7	3
Mourão	278629814,3	3,8
Redondo	369508717,6	5

Viana do Alentejo	393672862,2	5,3
Mora	443950194,6	6
Reguengos de Monsaraz	463997151,7	6,3
Estremoz	513799459,5	6,9
Alandroal	542678057,4	7,3
Portel	601005720,8	8,1
Arraiolos	683745540,2	9,2
Montemor-o-Novo	1232966549	16,7
Évora	1307075771	17,7
Total	7393464089,691999	100

Tabela 1: Área e Percentagem de cada Concelho do Distrito

## 2.1. Acessibilidades

É um distrito com boas infraestruturas, conseguimos ver (Fig.2) que possui autoestrada, rede ferroviária, e uma basta densidade de rede viária. A rede viária, quase sempre é bem mais intensa ao redor do nosso centroide (centro medio de cada Concelho).

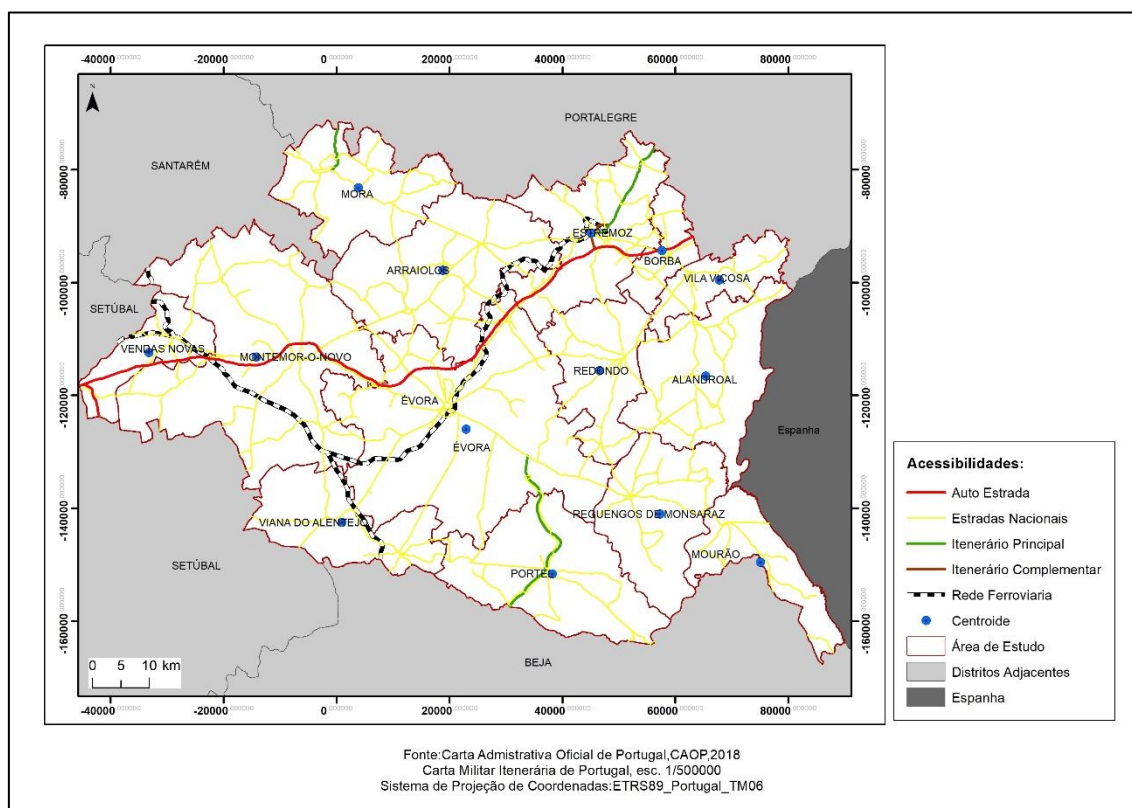


Figura 2: Acessibilidades do Distrito de Évora

## 2.2. Relevo

O relevo começa a subir de Oeste para Este do distrito, onde os valores mais altos se concentram a Nordeste do território. Os valores mais baixos rondam os 14 metros de altitude e os valores mais altos rondam os 653 metros de altitude. Grande parte da área de estudo concentra-se nos 200 a 300 metros de altitude.

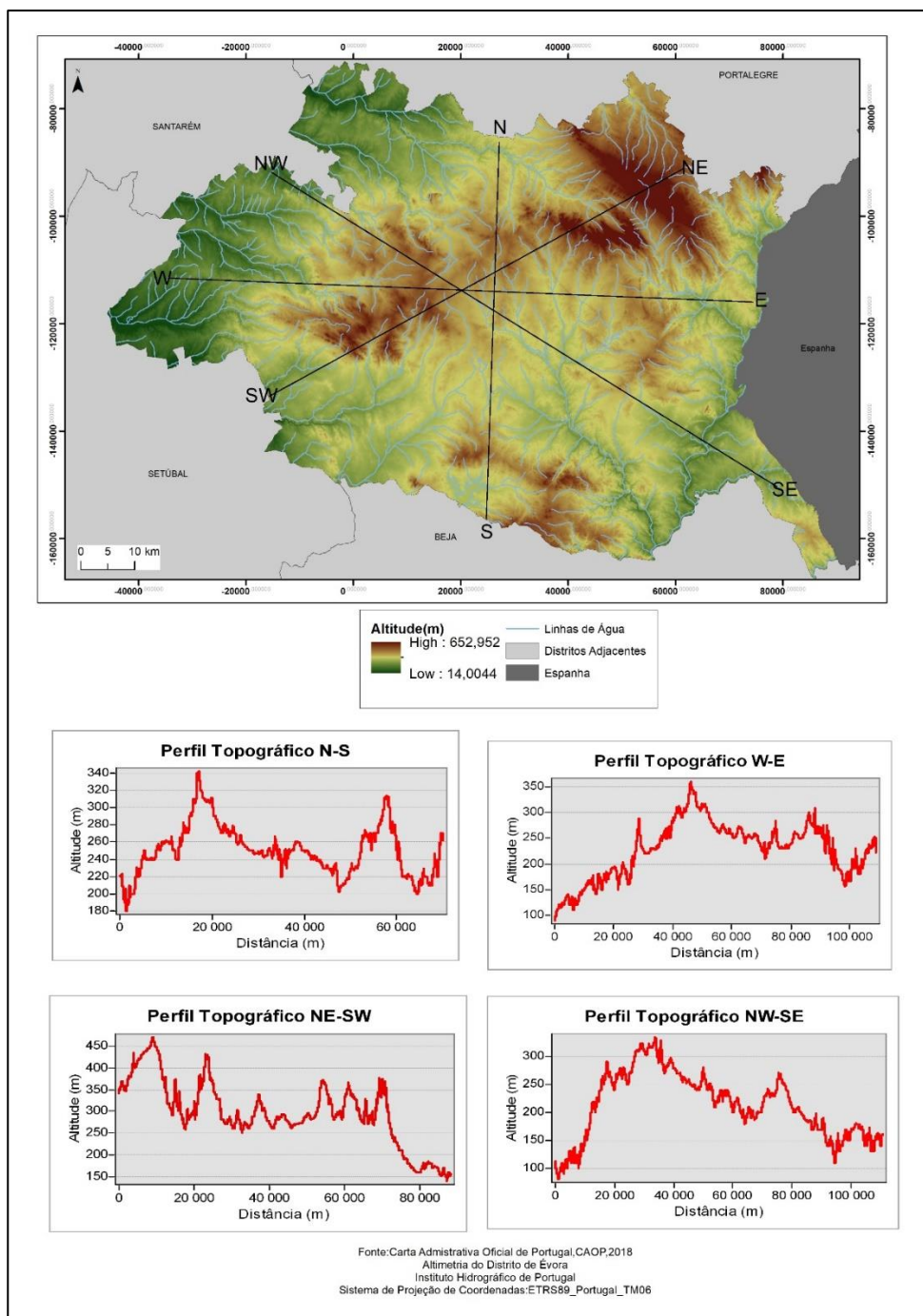


Figura 3: Relevo e Perfil Topográfico, no Distrito de Évora



O Perfil Topográfico dá-nos uma melhor ideia de como a topografia se distribui ao longo de uma determinada área, fornecendo informações como a direção do corte do perfil, altitudes e distância do perfil. Para a sua realização, usamos o *3D Analyst > Interpolate Line > Profile Graph*, e podemos constatar que as áreas com maior altitude se encontram a NE, e as áreas com menor altitude fica a W.

Quanto à rede hidrográfica, os rios e seus afluentes pertencem à rede do rio Guadiana, do Tejo e do Sado e Mira. Sendo que, o Rio de Guadiana passa a este e a sul do distrito, na fronteira com Espanha (Fig.3)

Para conseguir obter estes dados foi necessário, juntamente com as curvas de nível e os pontos cotados criar o *Tin* (Anexo 1) e o *TinGrid* (Fig.3)

O *Tin* consiste no modelo topológico dos dados vetoriais no qual pontos de coordenadas tridimensionais (X, Y (localização geográfica) e Z (elevação)) são ligados por linhas, formando uma “Rede irregular de triângulos”, não sobrepostos. Para o procedemos da criação do *Tin*, usamos a ferramenta *ArcToolbox > 3D Analyst Tool > Data Managment > Tin > Create Tin*, e definimos alguns elementos identificados como podemos observar na tabela 2.

<b>Input Feature Class</b>	<b>Height Field</b>	<b>SF_Type</b>
Pontos cotados	Elevation	Mass Point
Curvas nível	Elevation	Softline
Área de Estudo	Nome	Softclip

*Tabela 2:Parâmetros da construção do Tin*

Depois, convertemos o *tin* para *raster*, conhecido como modelo *TinGrid*, através da ferramenta *ArcToolbox*, extensão *3D Analyst Tools > Conversion > From Tin > From to Raster*, definindo 10 m tamanho do pixel (*cellsize*), pois quanto mais pequeno for o tamanho do *pixel* maior será o pormenor, sendo portanto mais rigoroso, e também é o mais recomendado para este tipo de trabalhos(Julião, R. et al, 2009). Na criação do *TinGrid*, usamos os parâmetros da tabela 3.

<b>Input Tin</b>	<b>Output Data</b>	<b>Method</b>	<b>Sampling Distance</b>
“Tin”	Float	Linear	10

*Tabela 3:Parâmetros da Construção do TinGrid*

### 2.3. Uso do Solo

De acordo com a Carta de Ocupação do Solo de 2018, elaborada pelo IGP (Fig. 3), no distrito de Évora, as áreas agrícolas e agroflorestais correspondem cerca de 59% do território, seguido das áreas florestas que ocupam cerca de 21% do distrito, sendo que 14% da área é ocupada por pastagens. Os territórios artificializados ocupam menos de 2% do distrito.

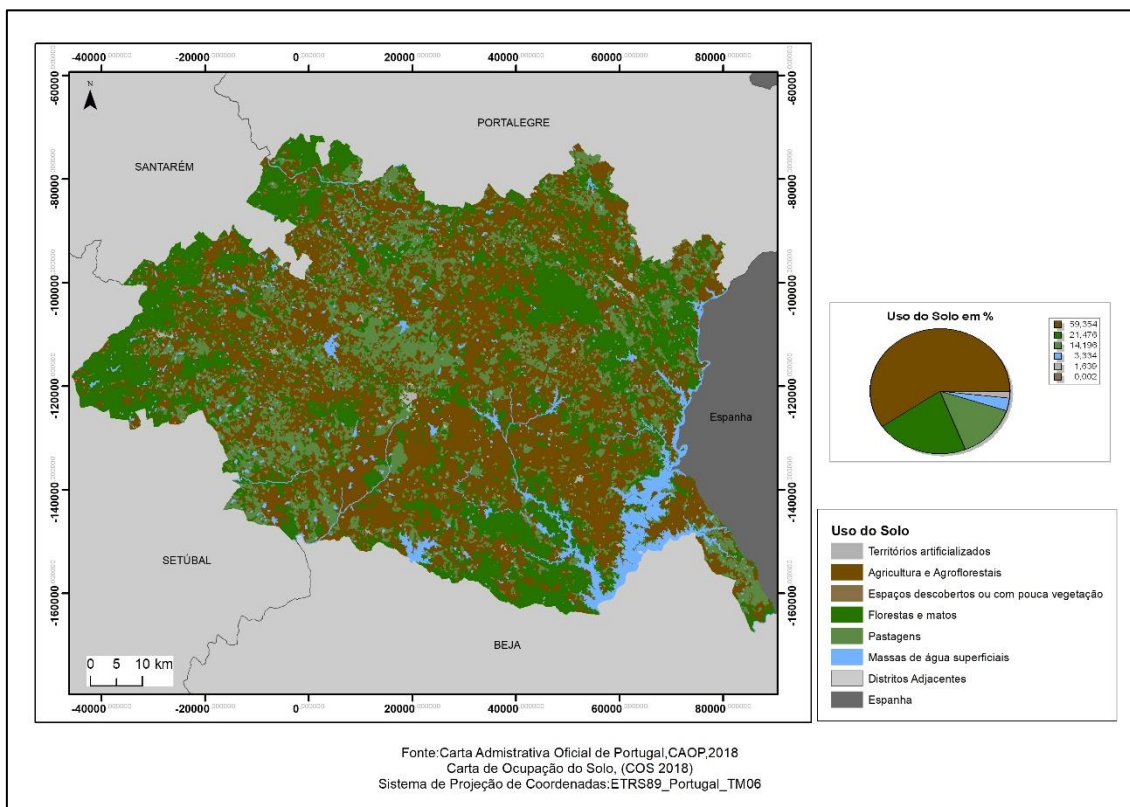


Figura 4 Ocupação do solo, no Distrito de Évora

### 2.4. População

De acordo com os dados do INE, em 2017, a população residente no distrito é de 154536 habitantes, sendo que o concelho de Évora tem aproximadamente 34% da população residente no distrito. Montemor-o-Novo, Vendas Novas, Estremoz e Reguengos de Monsaraz, tem cada um cerca de 5% a 10% da população. Mora e Mourão tem cerca de 1% a 2% dos residentes, e os restantes concelhos tem cerca de 2% a 5% dos habitantes.

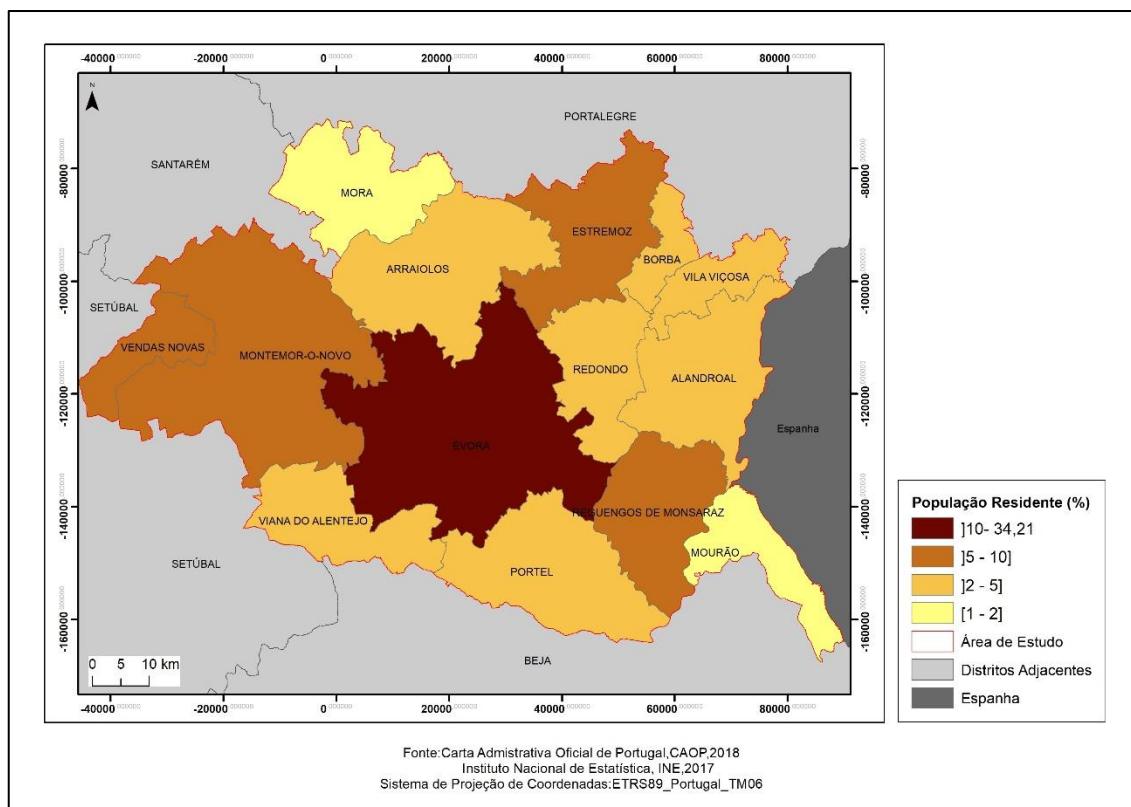


Figura 5::População Residente por concelho, no Distrito de Évora

### 3. Variáveis que poderão potenciar o risco de ignição, de propagação e de controlo ao fogo

O comportamento do fogo é o principal condicionador de tudo o que envolve um incêndio, desde a prevenção até ao combate às chamas, pelo que a compreensão do mesmo é de extrema importância. Apesar dos esforços desenvolvidos nesse sentido, a verdade é que os incêndios ainda são considerados fenómenos de difícil previsão e análise, sendo ainda parcial o conhecimento acerca dos mesmos. Visto que, um incêndio florestal é um fenómeno bastante complexo e que depende de diversas variáveis. (Rodrigues, Diogo, 2016)

A Suscetibilidade é definido como sendo a “probabilidade espacial de ocorrência de um determinado fenómeno numa dada área com base nos fatores condicionantes do terreno, independentemente do seu período de recorrência.” (Zêzere, 2005, p.81). Deve ser entendida como a probabilidade da ocorrência de um movimento em função de determinadas condições no terreno, ou seja, é avaliada pela correlação espacial que se estabelece entre os fatores de predisposição (e.g. declive, geologia, uso do solo) e a distribuição dos movimentos de vertentes observados no território.

### 3.1. Mapa dos declives

A topografia tem influência no incêndio através do ângulo de inclinação média do terreno e da curvatura do mesmo. Assim, quanto maior for o ângulo de inclinação, maior será a velocidade de propagação de uma frente de fogo que se propaga encosta acima, sendo que essa velocidade é praticamente independente da inclinação se o fogo se propagar encosta abaixo. (Rodrigues, Diogo, 2016)

Neste sentido, elaborei o mapa dos declives que consiste na relação entre duas medidas: a distância na horizontal e a distância na vertical, no qual vai mostrar as partes planas e de relevo do meu distrito.

Neste sentido, verifica-se que os declives nesta área de estudo (Fig.6), possuem em média 3,6 de inclinação, e observando a tabela pode-se constatar que a classe com mais percentagem é 0-2, com 44,8%, e a que tem menor percentagem na frequência relativa é a classe 18-57, com 1,6%.

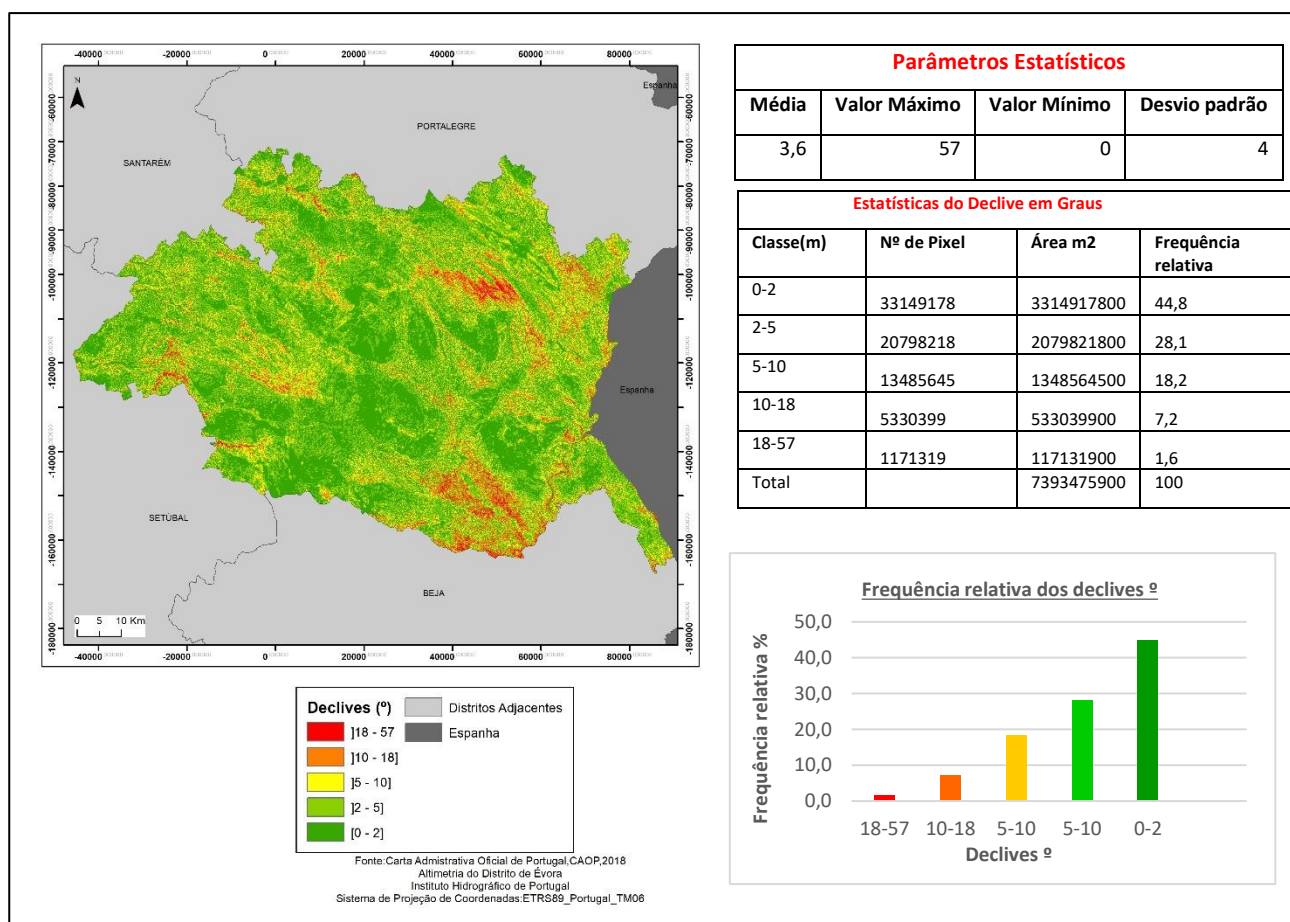


Figura 6: Declives em Graus, no Distrito de Évora

Para criar o mapa de declives de vertentes usamos o Modelo Digital do Terreno *Raster* (“*TinGrid*”) para usufruir deste como *Input* através da ferramenta *Slope* que está no *ArcToolbox* > *Spatial Analyst Tools* > *Surface*. Optei por realizar o mapa de declives em *Degrees* (graus).

De seguida fui ao *ArcToolbox* > *Spatial Analyst Tools* > *Reclass* > *Reclassify*, para reclassificar o mapa de modo a ter acesso aos números dos *pixéis* que compõe cada classe, que me permitir calcular a área em m<sup>2</sup> e a frequência relativa. No qual realizei estes cálculos numa folha de Excel, em que a área corresponde ao tamanho do pixel x o tamanho do pixel x número do pixel. Já a frequência relativa dividi a área com a soma da área total x 100.

A partir da classe e da frequência relativa criamos o nosso histograma.

Para adquirir os parâmetros estatísticos simples, fui às propriedades na simbologia e no *Classification Statistics* apresentava a informação estatística relativa á média, desvio-padrão, valor mínima e máxima.

### 3.2. Exposição de vertentes

O mapa de exposição de vertentes permite visualizar as condições de insolação e determina a quantidade de energia solar que chega à vegetação. Assim sendo, as vertentes expostas a Norte revelam-se mais frias e podem estar sujeitas a humidade, ao contrário do que acontece a Sul, pois são áreas mais secas, logo com maior exposição solar, daí a serem mais propícias a incêndios. Pois, menor teor de humidade dos combustíveis vegetais, vivos ou mortos, especialmente na época mais seca, e a uma temperatura máxima diurna do solo e do ar adjacente consideravelmente mais elevada (Rodrigues, Diogo, 2016).

Para a elaboração do mapa de exposição de vertentes em octantes, foi necessário ir a ferramenta *ArcToolbox* > *Spatial Analyst Tools* > *Surface* > *Aspect*. Uma vez que, no mapa existe “dois” Nortes, com o propósito de tornar o Norte uma única classe, foi necessário reclassificar. Para finalizar atribuí as cores que achei mais corretas, visto que a Norte são atribuídas as cores mais frias (exemplo azul) e as cores mais quentes a Sul (exemplo vermelho).

Na área de estudo (Fig.7) verificamos que a vertente com maior frequência relativa é o plano, com 20.6%, e em todas as outras não existe grande variação variando apenas entre 8.6% a 11.9%. Mas os valores superiores a 10% concentram-se nas vertentes viradas para a parte sul, ou seja, áreas mais secas, logo mais propícias a incêndios.

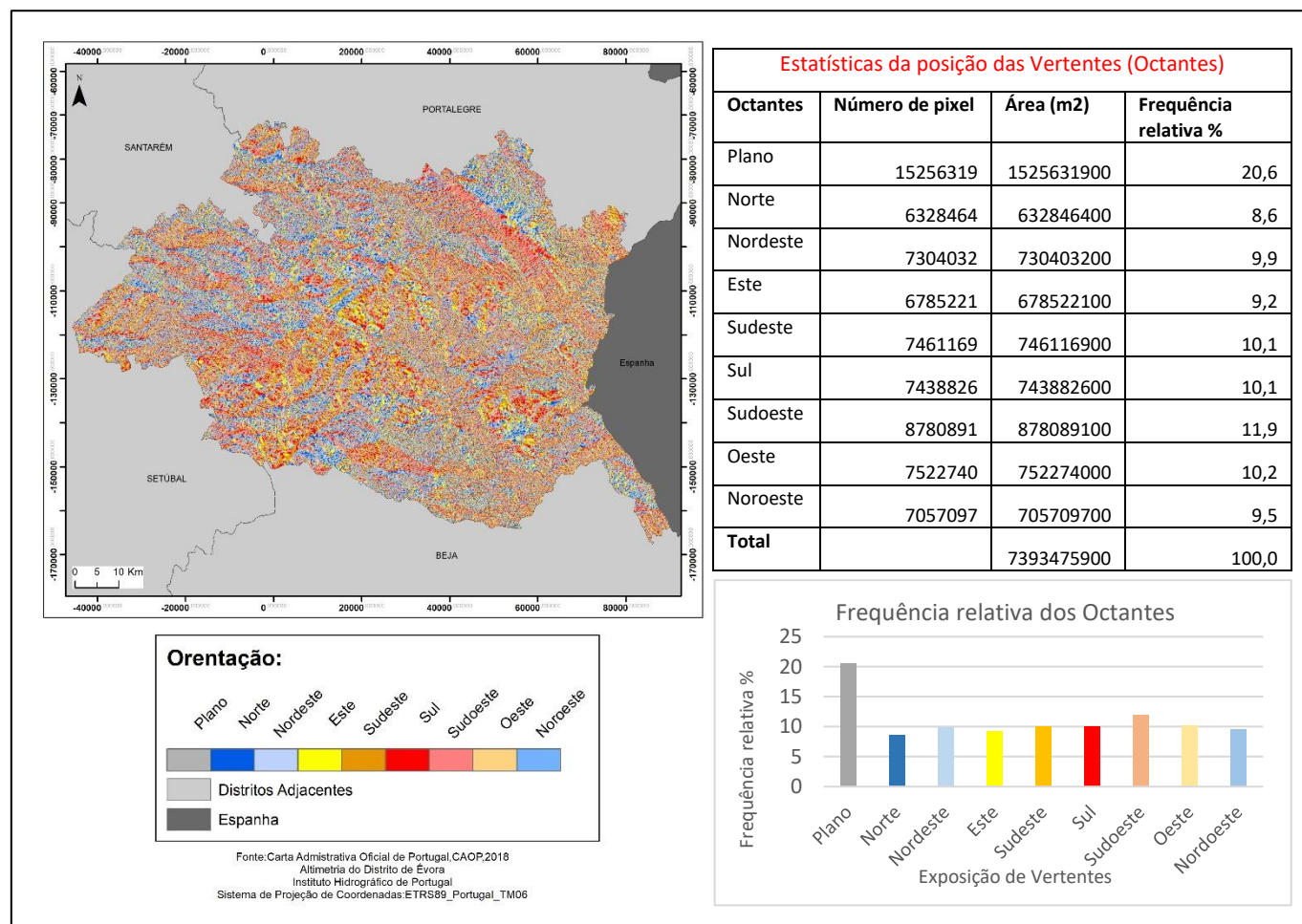


Figura 7:Exposição das Vertentes – Octantes, no Distrito de Évora

### 3.3. Ocupação do solo

Quanto mais baixo for o teor de humidade e mais alta a temperatura do ar, pode-se atingir níveis para os quais a probabilidade de ocorrência de um incêndio é perigosamente alta. Pois, as propriedades do combustível (pode ser vivo ou morto), como a composição química, a inflamabilidade e o teor de humidade, influenciam o processo de combustão, com repercussões, por exemplo, na velocidade de propagação do fogo e na intensidade de energia libertada.

Assim, os combustíveis florestais representam a matéria orgânica disponível para ignição e combustão, e representam o único fator que pode ser controlado ao nível da gestão e planeamento do território, e podem ser definidos pelas características das partículas de biomassa viva e/ou morta, que contribui para a propagação, intensidade e severidade dos fogos



florestais. Enquanto nas áreas dos corpos de água ou na área urbana a probabilidade de ocorrência de um incêndio é quase nula. (Vasconceles, 2013)

Já sabendo o tipo de uso na superfície (Fig.4), tive a curiosidade de analisar que tipo de vegetação de média a elevada inflamabilidade e combustibilidade tem a área em causa. Neste sentido (Fig8.) verificamos que 81% da área florestal é constituída por sobreiro, azinheira, eucalipto e pinheiro bravo. E 55% da área agrícola ou agroflorestal é constituído por sobreiros e/ou azinheira. Tipo de vegetação muito resinosa (segundo ICFN)

Contudo, como variável para o cálculo multicritério, vou usar a informação produzida na Fig.4, que diz respeito ao uso do solo.

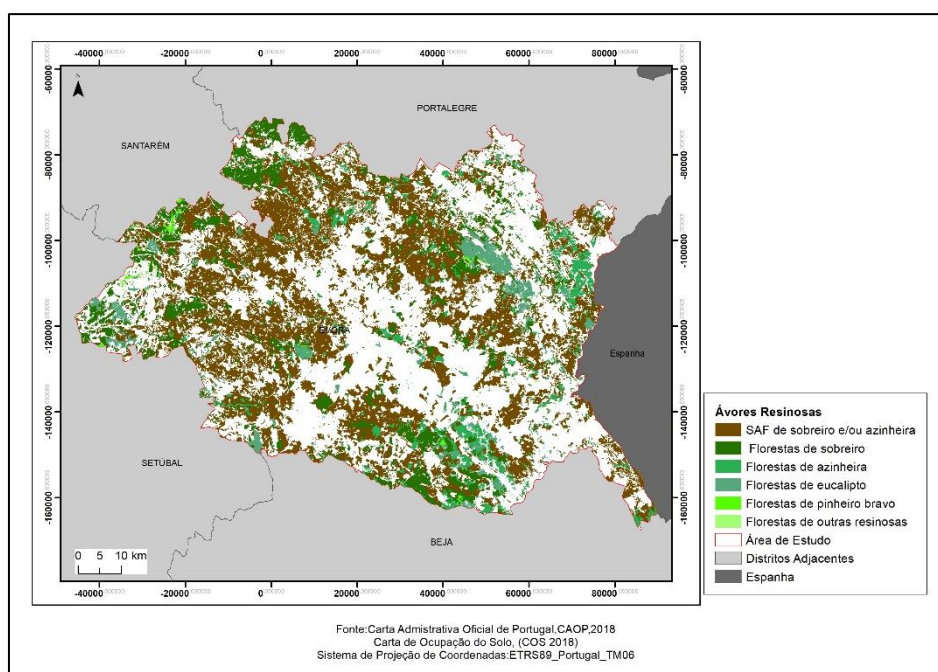


Figura 8: Vegetação resinosa, na Área de Estudo

### 3.4. Densidade demográfica

As atividades desenvolvidas pelo homem no mundo rural tem sido a principal causa dos incêndios florestais ao longo dos últimos anos, pois a proporção de incêndios com origem em fenómenos naturais é pequena quando comparada com a dos incêndios originados por acidente, descuido ou mesmo intencionais (segundo o ICFN).

Assim sendo, a densidade populacional no meio rural pode ser relacionada com a suscetibilidade de incêndio, pois a forte presença humana na floresta aumenta o risco de ignição, logo maior a suscetibilidade. Por outro lado, a baixa densidade populacional, também pode ser desfavorável, na medida em que conduz a um certo abandono da floresta, e à

consequente acumulação de combustíveis, bem como diminui a vigilância sobre a mesma, reduzindo assim a probabilidade de um fogo poder ser detetado e combatido na fase inicial. (Vasconceles, 2013).

A densidade populacional é população residente em cada concelho a dividir pela área ocupada por cada concelho, em que se calcula no botão *Field calculator*. Depois da equação realizada, conseguimos perceber (Fig.9) que o concelho de Évora, Borba, Vila Viçosa e Vendas Novas, tem entre 26 a 51 habitantes por km<sup>2</sup>. Enquanto Mora, Mourão, Portel, Alandroal e Arraiolos, são os que possuem menos densidade populacional, com apenas 9 a 10 hab/km<sup>2</sup>.

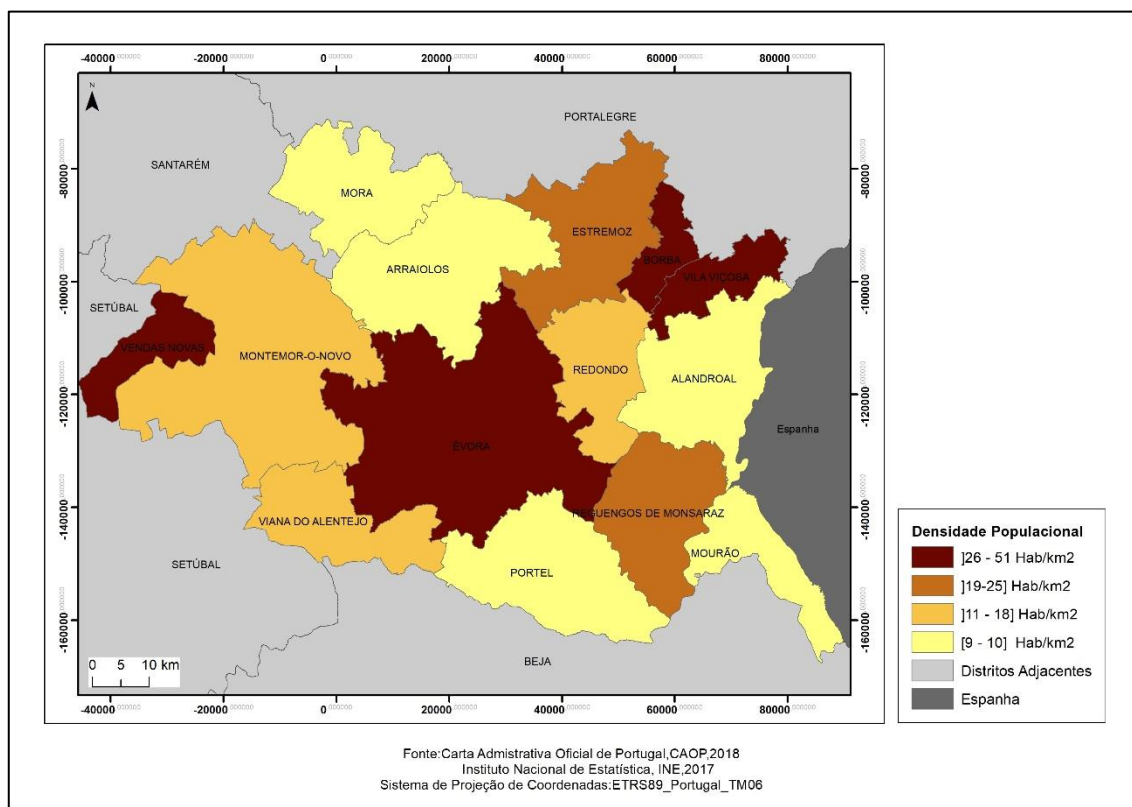


Figura 9: Densidade Populacional, na Área de Estudo

Contudo, para o trabalho da suscetibilidade de incêndio não faz sentido usar estes dados, porque não nos dão uma precisão correta do território, daí ter usado os dados da BGRI (Base Geográfica de Referência de Informação) à subsecção como variável para o meu cálculo. Como a pasta fornecida pelo INE, vem com a informação geográfica e a tabela de atributos separadas, tive que fazer um *join* com o campo comum das duas.

E como podemos ver na Figura abaixo, há grande diferença de representação da densidade.



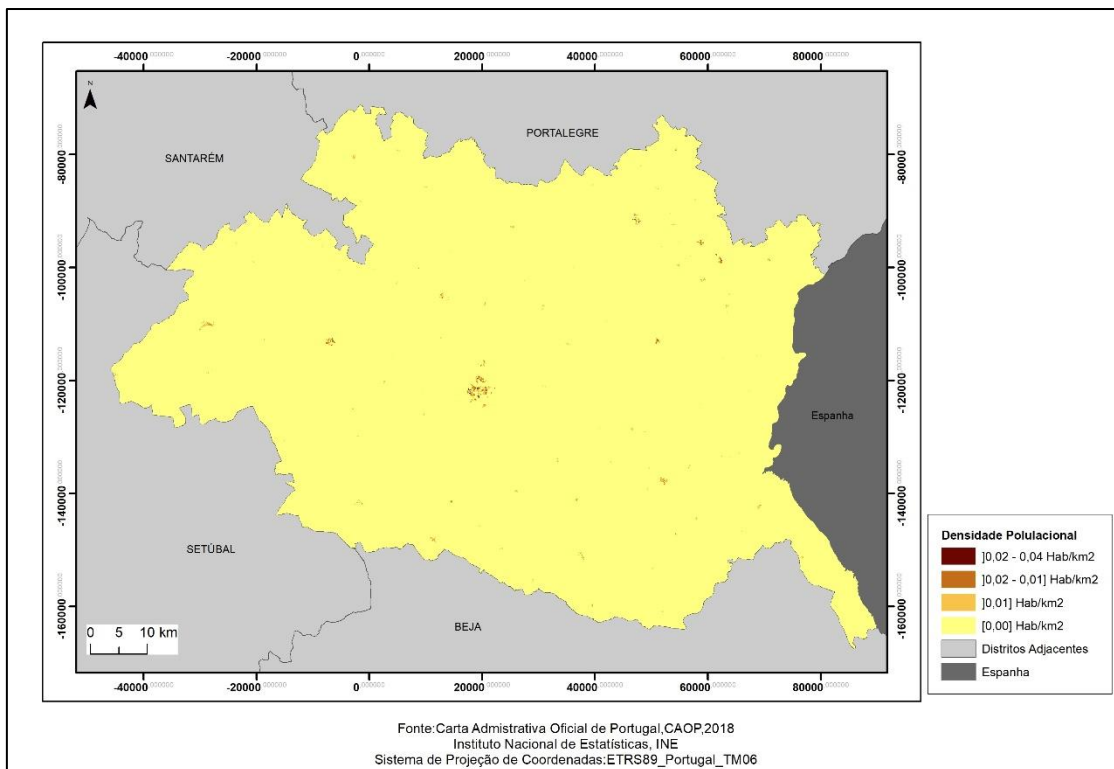


Figura 10: Densidade Populacional à subsecção

### 3.5. Rede viária

A proximidade às estradas principais e a densidade de caminhos agrícolas e florestais são dois fatores que interferem com a suscetibilidade de incêndio florestal. Anualmente, grande número de ocorrência de incêndios inicia-se ao longo das vias de comunicação, deste modo a proximidade a uma estrada poderá implicar aumento do perigo de ignição.

A densidade de caminhos florestais e rurais interfere na suscetibilidade de incêndios florestais, uma floresta fragmentada por diversos caminhos, poderá facilitar o acesso dos meios de combate aos espaços que lhe estão diretamente associados, no entanto também permite o acesso à população em geral, tal como tudo o que lhe está associado. (Vasconceles, 2013)

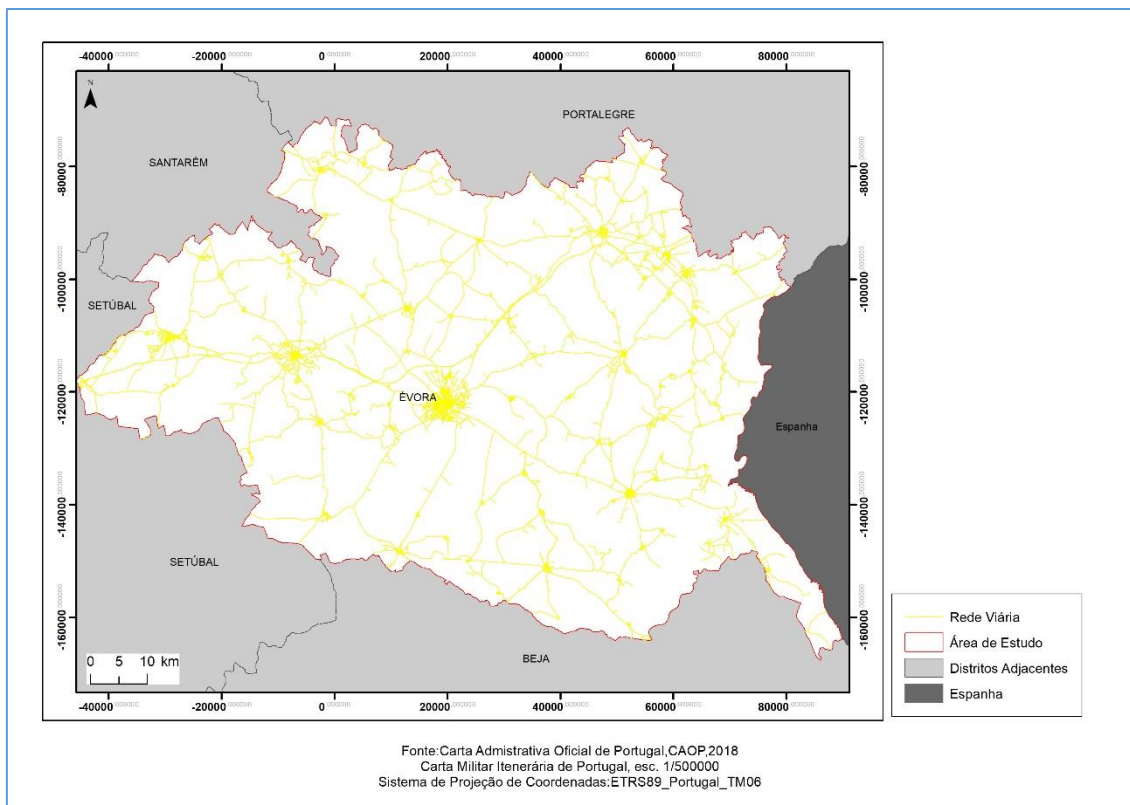


Figura 11: Rede viária no Distrito de Évora

### 3.6. Rede Hidrográfica

A rede hidrográfica, ou seja, o conjunto dos rios, ribeiras, riachos, lagoas, albufeiras, etc. que correm em determinada região, apresentam uma certa estabilidade no espaço e no tempo. Os cursos de água permanente determinam a existência de "corredores verdes", isto é, faixas de vegetação ripícola, com elevado teor de humidade, que se mantêm devido ao microclima local proporcionado pela presença de água todo o ano.

Assim, o efeito da rede hidrográfica sobre a suscetibilidade de incêndio é avaliado considerando os cursos de água e superfícies com água como locais incombustíveis, e a vegetação circundante numa faixa de 30 metros (que pelas razões expostas apresenta reduzida inflamabilidade sendo suscetível de barrar ou reter temporariamente a progressão de um incêndio) como áreas de menor suscetibilidade de incêndio (IGP, 2011). A utilização desta variável espacial, quando já é usada a ocupação do solo, prende-se com o facto de, nesta última, na maior parte dos troços não ser possível detetar esses corredores potenciais de vegetação ripícola. Por outro lado, considera-se que a partir do limite definido de 30 m, a distância às linhas de água torna-se irrelevante, pelo que foi considerada apenas a presença e ausência daquela faixa, e não uma classificação das várias distâncias a essas linhas de água. (Vasconceles, 2013)

Neste sentido, achei que fazia todo o sentido fazer um *buffer* de 30 metros da minha rede hidrográfica e considerar como variável.

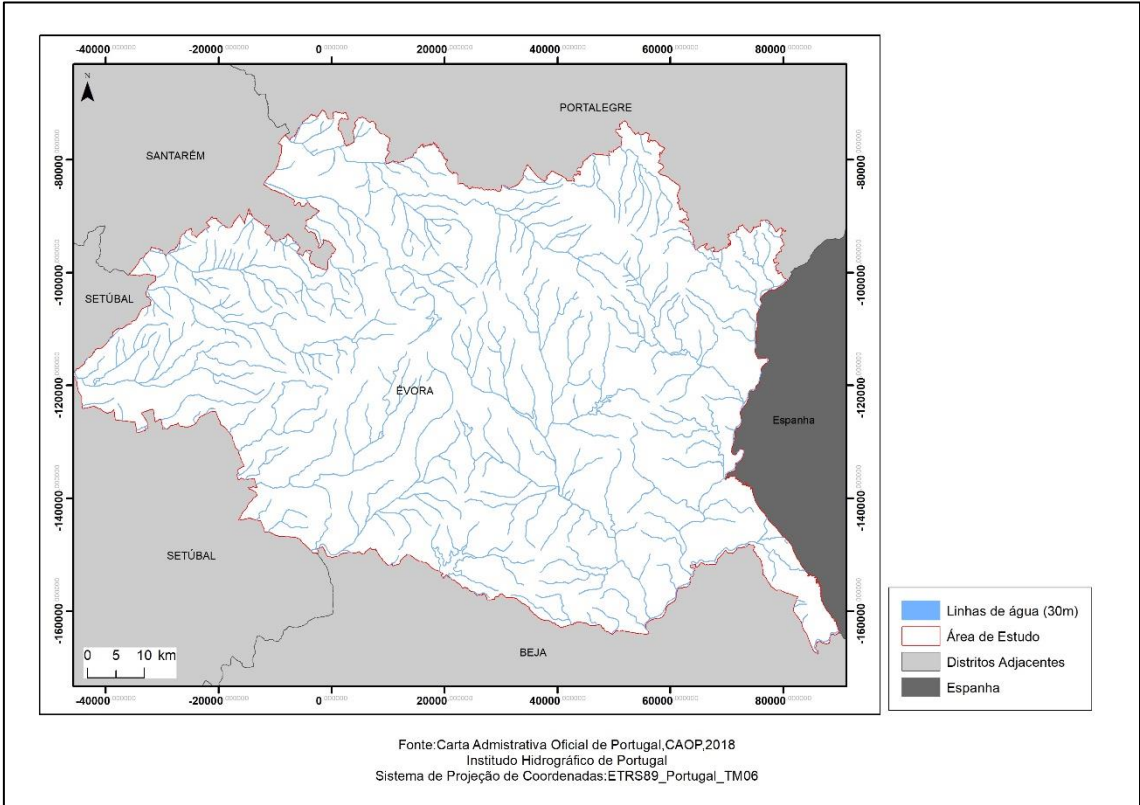


Figura 12: Rede Hidrográfica com um buffer de 30 m

#### 4. Análise multicritério

O Processo Analítico Hierárquico (AHP - *Analytic Hierarchy Process*) é uma ferramenta de apoio à tomada de decisão que permite identificar a melhor alternativa, tendo em vista critérios pré-definidos de seleção.

Assim, após a definição das variáveis a considerar deve-se realizar uma comparação de pares dos critérios, de acordo com uma escala numérica qualitativa (tabela 4) que é uma matriz recíproca. Isso implica que apenas a metade triangular superior direita da matriz necessita de ser avaliada, já que a outra metade deriva desta e a diagonal principal assume valores unitários. O desenvolvimento das comparações par a par de critérios exige a adoção de uma escala que expresse e possibilite a normalização dos julgamentos efetuados, e assim vou atribuir os valores consoante a importância de uma variável em comparação com outra.

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Extremamente menos importante	Bastante menos importante	Muito menos importante	Pouco menos importante	Igual importância	Pouco mais importante	Muito importante	Bastante mais importante	Extremamente mais importante

Tabela 4: Escala Numérica qualitativa

Isto obrigou-me a fazer antecipadamente uma análise de todas as variáveis, em que chego à conclusão:

- Distintas ocupações do solo geram suscetibilidades diferentes, pelo que as áreas florestais representam uma maior suscetibilidade; Podemos dizer que é a variável mais importante neste tema;
- Um maior declive representa uma maior suscetibilidade de incêndio florestal;
- As vertentes viradas a Norte representam uma menor suscetibilidade de incêndio florestal, devido à menor quantidade de insolação, tendo assim maior quantidade de humidade presente no solo e vegetação. Enquanto as vertentes viradas para sul é o oposto;
- Áreas urbanas e superfícies de água apresentam suscetibilidades de incêndio (florestal) nula, ou seja, vai ter um peso muito baixo na análise.

Depois de saber a importância de cada variável no risco de incêndios, atribui os pesos, na tabela abaixo.

<b>Matriz</b>	Declives	Uso do Solo	Rede Viária	Exposição de vertentes	Rede hidrográfica	Densidade populacional
Declives	1	1/3	5	5	9	9
Uso do Solo	3	1	3	3	9	9
Rede Viária	1/5	1/3	1	3	9	9
Exposição de vertentes	1/5	1/3	1/3	1	9	9
Rede hidrográfica	1/9	1/9	1/9	1/9	1	1/9
Densidade Populacional	1/9	1/9	1/9	1/9	9	1

*Tabela 5: Primeira etapa para Análise Multicritério*

Em seguida realizei as operações e somei os totais por coluna

<b>Matriz</b>	Declives	Uso do Solo	Rede Viária	Exposição de vertentes	Rede hidrográfica	Densidade populacional
Declives	1,00	0,33	5,00	5,00	9,00	9,00
Uso do Solo	3,00	1,00	3,00	3,00	9,00	9,00
Rede Viária	0,20	0,33	1,00	3,00	9,00	9,00
Exposição de vertentes	0,20	0,33	0,33	1,00	9,00	9,00
Rede hidrográfica	0,11	0,11	0,11	0,11	1,00	0,11
Densidade Populacional	0,11	0,11	0,11	0,11	9,00	1
<b>Total</b>	<b>4,62</b>	<b>2,21</b>	<b>9,55</b>	<b>12,22</b>	<b>46,00</b>	<b>37,11</b>

*Tabela 6:Segunda etapa para Analise Multicritério*

Por último, dividi cada entrada pelo valor do somatório da sua coluna (passo anterior) e calculei a média da linha de modo a obter o peso final até 1 valor, sendo que o peso mais elevado atribuí ao uso do solo (0,35), seguido dos declives (0,29), a rede viária de 0,12, a densidade populacional de 0,05, e a rede hidrográfica de apenas 0,02. (tabela 7)

<b>Matriz</b>	Declives	Uso do Solo	Rede Viária	Exposição de vertentes	Rede hidrográfica	Densidade populacional	<b>Peso final do critério</b>
Declives	0,22	0,15	0,52	0,41	0,20	0,24	0,29
Uso do Solo	0,65	0,45	0,31	0,25	0,20	0,24	0,35
Rede Viária	0,04	0,15	0,10	0,25	0,20	0,24	0,16
Exposição de vertentes	0,04	0,15	0,03	0,08	0,20	0,24	0,12
Rede hidrográfica	0,02	0,05	0,01	0,01	0,02	0,00	0,02
Densidade Populacional	0,02	0,05	0,01	0,01	0,20	0,03	0,05
<b>Total</b>							<b>1,00</b>

*Tabela 7:última etapa para Analise Multicritério*

#### 4.1. Normalização das variáveis

Nas opções do *Geoprocessing > Environment Settings > Raster Analysis*, defini a minha máscara de modo que todos os novos *raster* ficassem dentro deste limite, não correndo o risco de criar um *raster* “quadrado”.

Em seguida e depois dos pesos atribuídos para todas as variáveis, tive que as normalizar, sendo que, para cada variável usei a operação/ metodologia mais aconselhável para atingir os meus objetivos e neste caso seria passar as variáveis para uma escala de 0 a 1. Sendo que os valores elevados significam maior suscetibilidade e valores baixos significam menor.

A conceção do modelo foi feita no *Model Builder*, que permite de forma mais rápida efetuar etapas e inserir dados numa logica sequencial, ou seja, ele consiste em unir variáveis pretendidas para chegar ao produto final, neste caso para a criação do mapa de suscetibilidade de incêndios. A produção segue uma lógica sequencial de Inputs, utilização de ferramentas de análise espacial e posteriores Outputs decorrentes como podemos visualizar o exemplo na figura 13.

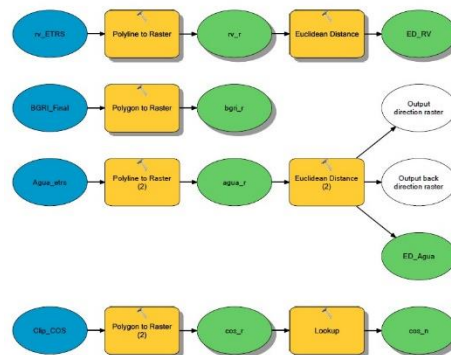


Figura 13:Modelo Cartográfico para o distrito

##### ➤ Declives

Esta variável reclassifiquei através do *Reclassify* que está no *ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Reclass* para ficar com uma tabela com os números de *pixéis*, atribuindo o nome de *decli\_rec*.

E para uniformizar, optei pela ferramenta *Fuzzy membership*, que está no *Spatial analyst tools > overlay*. Nesta ferramenta, no botão *Membership type* coloquei a opção *linear* (recorrendo ao valor mínimo e máximo da variável) guardando com o nome de *decli\_n*.

##### ➤ Uso do Solo

O uso do solo criei um campo com o nome de peso, e como a variável estava em vetorial, foi necessário passar para *raster* através do *Polygon to Raster* que está na ferramenta *Conversion Tools > To Raster*, em que dei o nome de Cos\_R. Fui à tabela de atributos do *raster* e atribui o peso ao tipo de solo, em que à área florestal e matos foi de 0,5, área agrícola e agroflorestal de 0,4, às pastagens e Espaços descobertos ou com pouca vegetação de 0,05, por fim, às águas de massa superficiais atribui de 0.

Depois usei o *lookup* que está no *Reclass > Spatial Analyst tool*, de modo a ter duas classes, e na opção *lookup field*, usei o campo “peso”, guardei como “cos\_n”.

#### ➤ Rede Viária

Na rede viária fizemos um *merge* para haver só uma entrada, de modo a que consiga fazer direito a normalização. Em seguida tive que converter para *raster* através do *Polyline to Raster* que está na ferramenta *Conversion Tools > To Raster* (atribui o nome rv\_r)

Em seguida, usei o *Euclidean Distance (Spatial Analyst tool > Distance)* que calcula para cada célula, a distância para a fonte mais próxima, onde coloquei o número de célula a usar (10m), e guardei o novo *raster* como ed\_rv. Depois normalizei os valores através *Raster Calculator*:

$(\text{"Euclidean Distance Rede Viária"} - 0) / (8041.74 - 0)$ , e guardado como ED\_RV\_N.

Como resultado, os valores baixos (0) estava na rede, e os valores altos (1) fora da rede, mas não era esse o meu propósito. Por isso, fiz a inversão dos valores no *Raster Calculator*:

$\text{Abs}(\text{"Distância à Rede\_viaria Normalizada"} - 1)$ , foi guardado com o nome de ED\_RV\_N2.

#### ➤ Exposição de vertentes

Primeiro reclassifiquei as vertentes ( *ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Reclass > Reclassify*) para ficar com uma tabela com os números de pixéis, e atribuí o nome de vert\_rec.

E para uniformizar, optei pela ferramenta *Fuzzy membership*, que está no *Spatial analyst tools*, *overlay*. Nesta ferramenta, no botão *Membership type* coloquei a opção linear (recorrendo ao valor mínimo e máximo da variável) dei o nome de vert\_n.

#### ➤ Rede hidrográfica

Na rede viária fiz um *merge* para haver só uma entrada, de modo a que consiga fazer direito a normalização. Em seguida tive que converter para *raster* através do *Polyline to Raster* que está na ferramenta *Conversion Tools > To Raster*, em que dei o nome de *Água\_r*

Voltei a usar o *Euclidean Distance (Spatial Analyst tool > Distance)* e coloquei o número de célula a usar (10m), guardei como “*ed\_agua*”.

Por último, como queria que as linhas de água até 30 metros de distância ficassem com os valores baixo, ou seja 0, reclassifiquei-as (*ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Reclass > Reclassify*), atribuindo às linhas de água com menos de 30 metros 0 e às linhas de água superior a 30 metros de 1, dei o nome de *Ed\_agua\_n*.

#### ➤ Densidade Populacional

A densidade populacional, converti para *raster* através do *Polygon to Raster* que está na ferramenta *Conversion Tools > To Raster*, em que dei o nome de *bgri\_pop*.

Para uniformizar, optei pela ferramenta *Fuzzy membership*, que está no *Spatial analyst tools > overlay*. Nesta ferramenta, no botão *Membership type* coloquei a opção *Linear* (guardei com o nome *bgri\_n\_li*)

## 4.2. Mapa de risco de incendio

Depois da normalização das variáveis fui ao *Raster Calculator*, de modo a fazer a operação para suscetibilidade de risco de incêndio, com os pesos que atribui na tabela 7 :

$$("decl\_n" * 0.29) + ("vertentes\_n" * 0.12) + ("cos\_n" * 0.35) + ("ed\_rv\_n2" * 0.16) + ("ED\_Agua\_N" * 0.02) + ("bgri\_n\_li" * 0.05)$$

Em suma, o modelo de suscetibilidade auxilia o processo de decisão e prepara melhor o território para os piores cenários, o que não significa que vá ocorrer 100% de absoluta um incendio naquela área. Como podemos ver na figura 13, a frequência relativa da nossa área concentra-se no nível baixo, com aproximadamente 30%, tendo um decréscimo para as classes mais altas do risco de incêndio. A área com um risco muito elevado está nos 10% da frequência relativa.



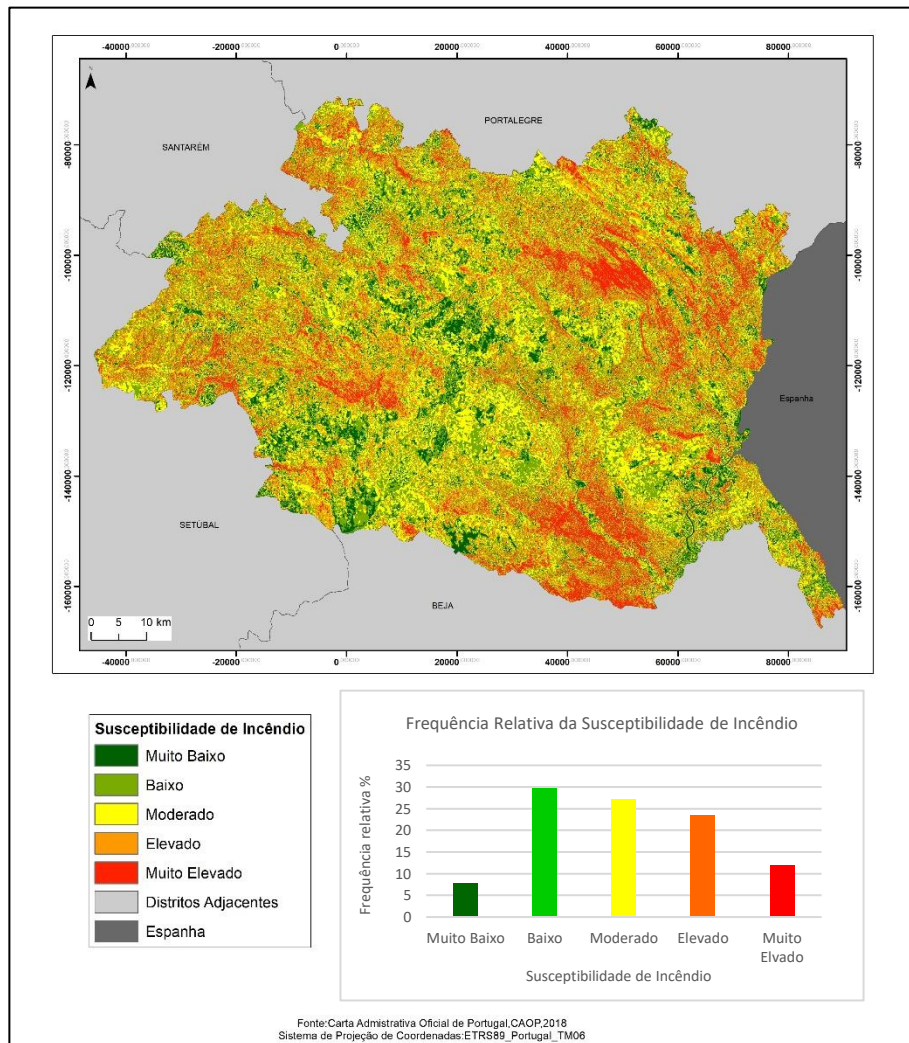


Figura 14: Susceptibilidade de Incêndio no Distrito de Évora

## 5. Perguntas à base de dados:

- A. Calcular a área total do distrito classificada com um nível de risco de incêndio elevado (> 0,7)

Para conseguir saber a área superior a 0,7 de risco de incêndio, fui ao *raster calculator* seleccionei a área superior a 0,70. E nesse no novo *raster*, criei uma coluna com o nome de área, e multipliquei o tamanho do pixel x o tamanho do pixel x número do pixel da área com maior de 0,7. O resultado é de 25468.3 km<sup>2</sup>.

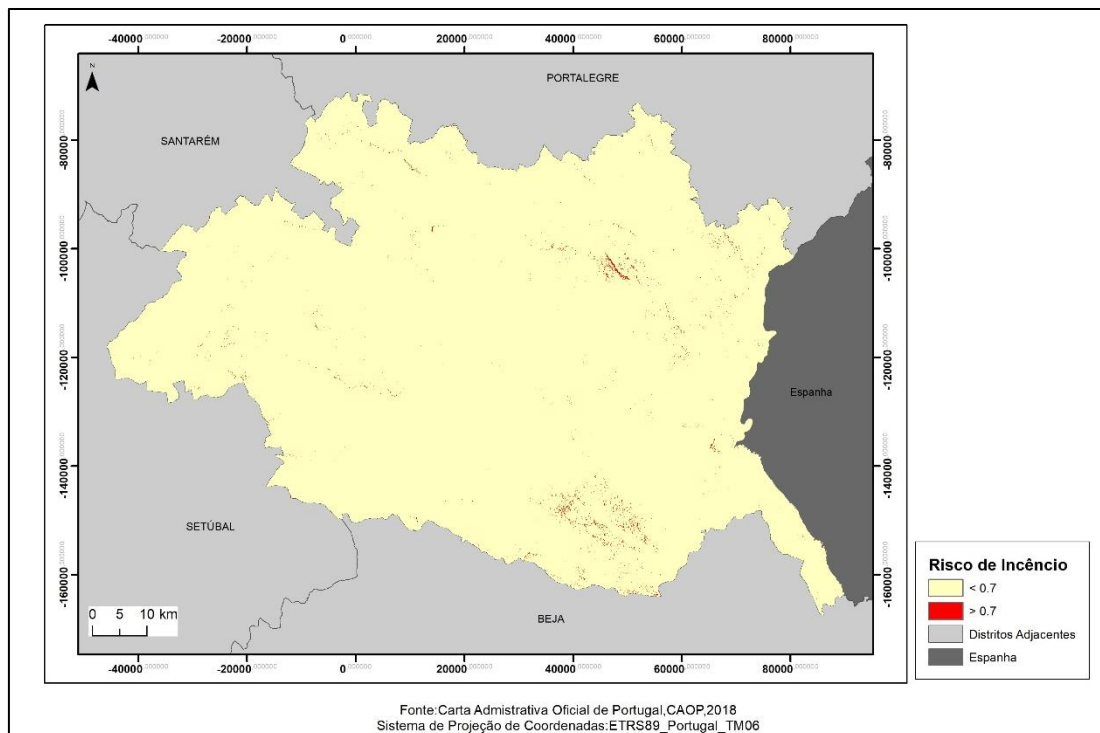


Figura 15: Área com risco de Incêndio superior a 0,7

- B. Calcular o número total de habitantes abrangidos por estas áreas. Proceda ao cálculo recorrendo ao valor ponderado pela área.

Para saber o número total de habitantes pelas áreas com nível de incêndio superior a 0,70, converti as áreas de risco de incêndio para polígono, através do *Raster to Polygon*, e exportei as áreas com um risco elevado de incêndio (guardado com o nome “export\_07”)

Posteriormente intersectei a BGRI pelas áreas de risco através do *Intersect > Geoprocessing* (guardei com o nome “intersect”). Nessa *shapefile* criamos dois campos novos com o nome de “área\_nova” e “pop\_ponder”. Quanto ao campo da nova área, calculamos a área em km<sup>2</sup>, e no campo da “pop\_ponder” realizei o cálculo da população pela área ponderada:

$$(pop\_ponder * área\_nova) / área\_km$$

Como podemos ver na imagem abaixo, o número total de habitantes é de 66.587216.

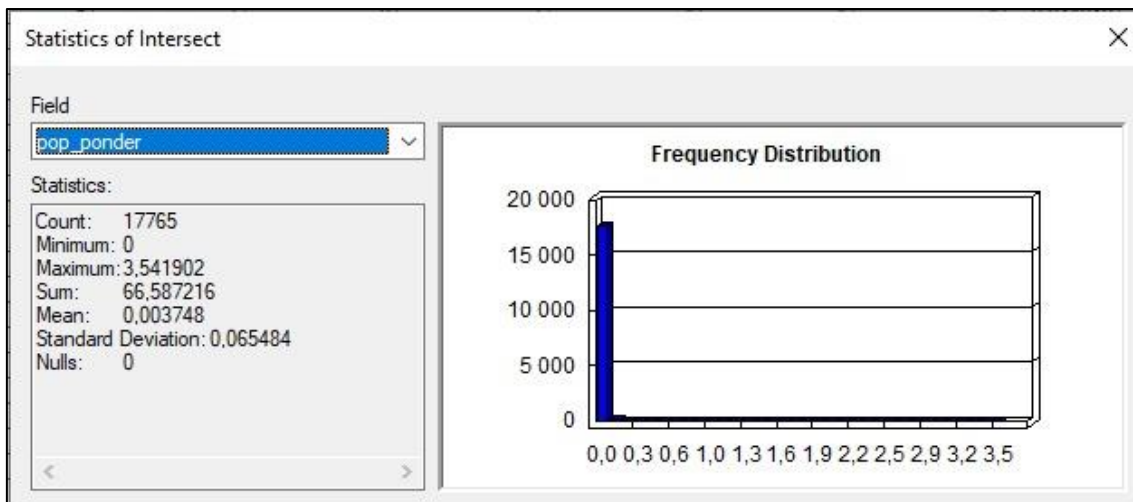


Figura 16: Estatísticas da População ponderada pela área

- C. Recorrendo à cartografia nacional de áreas ardidas do ano de 2017 (disponível em <http://www2.icnf.pt/portal/florestas/dpci/inc/mapas>), calcule a percentagem de área ardida que se sobrepõe às áreas de maior risco identificadas no ponto (v). O que se pode concluir?

Para esta pergunta usei o “export\_07” (criado na resposta anterior) e intersectei com as “A\_ardidas\_clip”, através do *Select by Location*, em que escolhi a opção *are within the source layer feature* (anexo2), função que seleciona somente as áreas que sobrepõem à outra.

Extrai a seleção feita no passo anterior com o nome de “area\_ardida”, e criei dois campos para calcular a área e a percentagem desta.

Como podemos ver na Figura abaixo, área é muito pequena, é de apenas 0,000023 %.

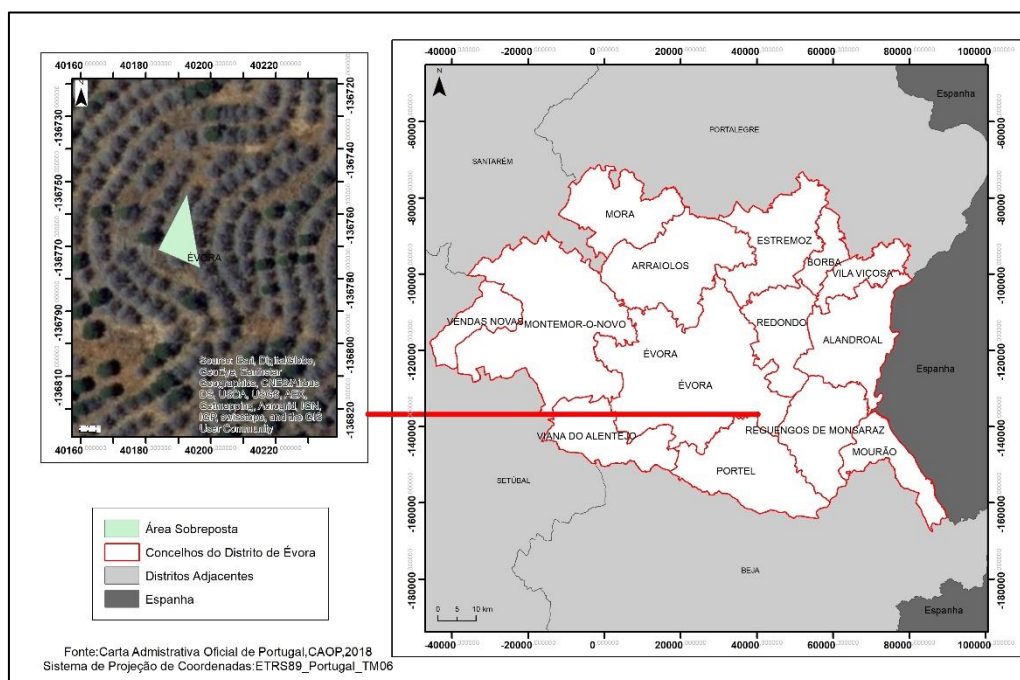


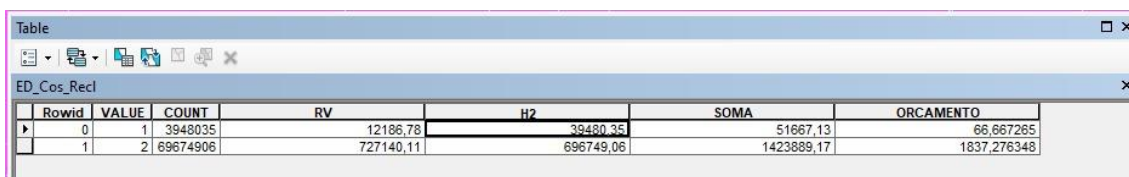
Figura 17: Área ardida em 2017 com sobreposição com nível de risco superior a 0,7

- D. Assumindo uma faixa de proteção de até 100 metros aos aglomerados urbanos e 10 metros às estradas, e que o preço da limpeza dos terrenos varia entre os 350 e os 1.200 euros/ha, calcule o orçamento necessário para a limpeza dos terrenos do distrito que selecionou.

Na criação da faixa de proteção da rede viária usei o *Euclidean Distance (Spatial Analyst tool > Distance)* que dá a distância, em seguida reclassifiquei (*ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Reclass > Reclassify*) para com duas classes, em que o valor 1 representa os 10 metros (*ed\_rv\_10*). E no novo *raster* criei uma nova coluna para calcular a área em hectares.

Para os aglomerados, recorri ao *raster calculator* de modo a selecionar somente as áreas artificializadas (*cos\_urban*). De seguida usei o *Euclidean distance* para a distancia dos aglomerados (dei nome de *ed\_cos\_urban*) e reclassifiquei (*ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Reclass > Reclassify*) para com duas classes, em que o valor 1 representa os 100 metros dos aglomerados. No novo *raster* (tabela 8) criei um campo para calcular a área em hectares e outro campo para fazer a soma dos hectares da *cos* e da rede viária, que deu 51667,13 euros.

Como o custo de limpeza varia entre os 350 e os 1200 euros por hectares, fiz a média desse valor, e depois dividi a soma que me deu anteriormente pela média do custo de limpeza. Como resultado obtive um orçamento de 66,67 euros por hectare.



Rowid	VALUE	COUNT	RV	H2	SOMA	ORCAMENTO
0	1	3948035	12186,78	39480,35	51667,13	66,667265
1	2	69674906	727140,11	696749,06	1423889,17	1837,276348

Tabela 8:Orçamento para a limpeza dos terrenos

## 6. Conclusão

O modelo usado para avaliar a suscetibilidade à ocorrência de incêndios florestais no distrito de Évora não difere muito da área ardida em 2017, o que me leva a acreditar que apliquei as variáveis mais adequadas para esta análise.

A razão pela qual este distrito não ter grandes ocorrências de incêndios em comparação com outros distritos, é devido às suas características físicas e ação antropológica, isso leva a baixos níveis de risco ao longo do distrito.

Neste sentido, apesar de 70% do território ser formado por florestas e agricultura altamente resinosa que funciona como possíveis combustíveis para a ignição dos incêndios e de ter encostas expostas para o sol que leva a vegetação muito seca, a vasta rede hidrográfica ajuda

para a inibição dos incêndios. Por outro lado, mesmo que haja um incêndio a baixa altitude que ronda os 200 a 300 metros e os declives relativamente suaves, faz com que o incêndio não se propague pelo território, que está também aliado a uma boa rede viária que possibilita o combate a fogos. Contudo, podemos perceber que a baixa densidade populacional, faz com que o alerta rápida para um incendio seja pequena, porque os territórios artificializados ocupam somente 2 % do distrito.

A execução deste trabalho permitiu colocar em prática o que aprendi durante as aulas de Análise Espacial e Ordenamento do Território, assim como consolidar conhecimentos adquiridos e obter informação até então desconhecida. Foi interessante perceber como não existe um único método para atingir um objetivo, e isso ajudou-me a ultrapassar barreiras propícias que às vezes o *ArcGis* tende a fazer. Para além disso aperfeiçoei a capacidade crítica dos mapas criados, assim como, todas as ferramentas utilizadas em todo o processo de elaboração, sendo uma mais-valia para a base de “peças” cartográficas.

## 7. Bibliografia

Lourenço, L., Fernandes, S., Bento-Gonçalves, A., Castro, A., Nunes, A., & Vieira, A. (2012). ***Causas de incêndios florestais em Portugal continental. Análise estatística da investigação efetuada no último quinquénio (1996 a 2010)***. Cadernos de Geografia, (30-31), 61-80.

Julião, Rui Pedro... [et al.] (2009). **Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica (SIG) de base municipal**. [S.l.] : Autoridade Nacional de Protecção Civil, 2009. ISBN 978-989-96121-4-3

Oliveira, Carla (2006). ***Suscetibilidades de Incêndio Florestal no concelho de Valongo. Implicações no Planeamento de Áreas Periurbanas***. Faculdade de Letras da Universidade do Porto. Porto

Rodrigues, D. L. (2016). **O efeito do vento e do declive em fogos de junção** (Master's thesis).

Vasconcelos, A. F. C. G. N. (2013). ***Avaliação da suscetibilidades à ocorrência de incêndios florestais no concelho de Leiria (Doctoral dissertation)***.

### **WEBLINKS**

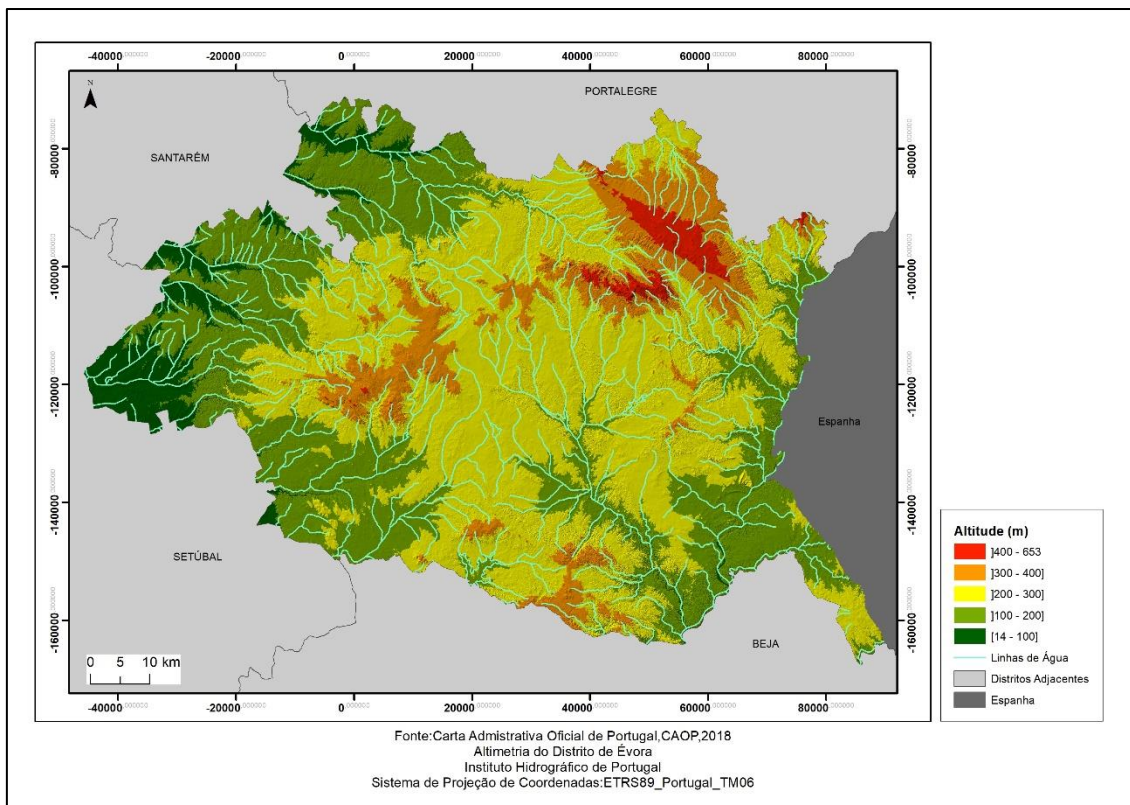
Instituto Português do Mar e Atmosfera (2012) – **Normais climatológicas de Évora.**  
[www.ipma.pt](http://www.ipma.pt).

Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF). [www.icnf.pt](http://www.icnf.pt)

## 8.Anexos

### Anexo 1





## Anexo 2

Select By Location

Select features from one or more target layers based on their location in relation to the features in the source layer.

Selection method:  
select features from

Target layer(s):

- ☒ export\_07
- ☐ area\_ardida
- ☐ v\_poly
- ☐ acma\_de\_07
- ☐ BGR1\_Final
- ☐ Aardidas\_Clip
- ☐ evora\_distrito

☐ Only show selectable layers in this list

Source layer:  
area\_ardida  
☐ Use selected features (0 features selected)

Spatial selection method for target layer feature(s):  
are within the source layer feature

☐ Apply a search distance  
10000,000000 Meters

[About select by location](#)

## Anexo3

Table							
ED_Cos_Recl							
Rowid	VALUE	COUNT	RV	H2	SOMA	ORCAMENTO	
0	1	3948035	12186,78	39480,35	51867,13	66,667265	
1	2	69674906	727140,11	696749,06	1423889,17	1837,276348	