

Análise Espacial Aplicada ao Ordenamento do Território

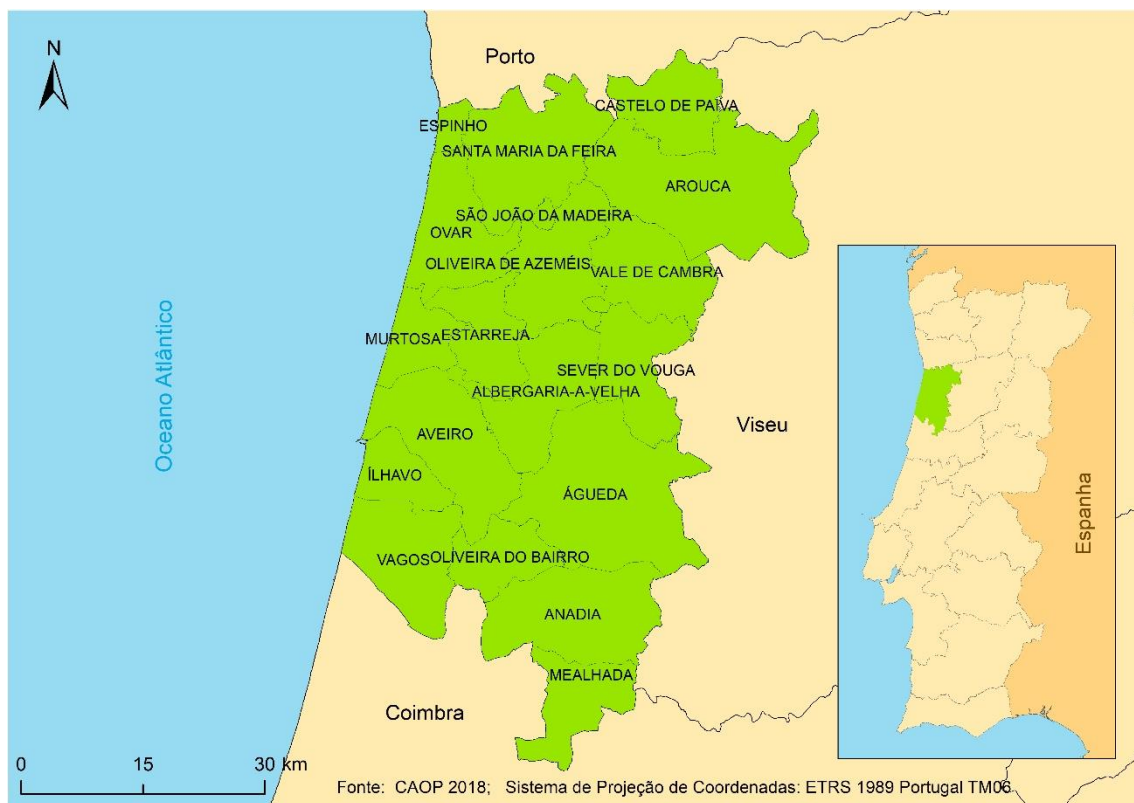
Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica – FLUP

Ano Letivo 2019/2020

Docente: Miguel Saraiva; **Discente:** Edgar Figueira

Aplicação do Processo de Análise Multicritério na produção de Cartografia de Risco de Incêndios no Distrito de Aveiro

No âmbito da unidade curricular de Análise Espacial Aplicada ao Ordenamento do Território, e aliando o objetivo do presente relatório de análise, selecionou-se o Distrito de Aveiro. Ponderando variáveis devidamente justificadas e calculadas gerou-se a Carta de Risco de Incêndio da área administrativa supramencionada. A mesma caracteriza-se por possuir uma vasta quilometragem de área florestal, onde os traços urbanos tendem a densificar à medida que nos aproximamos do corpo de água lagunar mais conhecido por Ria de Aveiro. Os grandes canais a Oeste, ao longo do litoral, são acompanhados pelo traçado urbano reentrando pelo distrito em direção a Este. Neste sentido, justifica-se a pertinência na seleção deste distrito para análise e geoprocessamento de Informação Geográfica relacionada com a produção de cartografia de risco de Incêndio.



Mapa 1 – Enquadramento da área de estudo

De forma a que se realizasse a devida análise multicritério aquando a ponderação das diferentes variáveis, procedeu-se à recolha de dados para efeitos Administrativos (Carta Administrativa Oficial Portuguesa) (Território, 2018); Tipologias Uso do Solo (Carta de Ocupação do Solo); Estatísticos (Base Geográfica de Referenciação de Informação); recolha dos registos vetoriais das Redes Viárias (Vários, 2020), dos dados Orográficos, tais como pontos cotados e curvas de nível, de forma que fosse possível realizar análises qualitativas e quantitativas dos dados.

Índice

Introdução.....	pág. 1
Dados a considerar.....	pág. 3
Metodologia.....	pág. 3
Análise descritiva das variáveis a considerar.....	pág. 4
Mapas das variáveis a considerar no Processo de Análise Hierarquizada.....	pág. 12
Normalização das variáveis.....	pág. 13
Cálculo Multicritério.....	pág. 17
Interpretação de resultados.....	pág. 18
Conclusão.....	pág. 22
Bibliografia.....	pág. 22

Dados a considerar

De forma a analisar as variáveis essenciais no cálculo do Risco de Incêndio, considerou-se a Carta Administrativa Oficial Portuguesa, a Carta de Ocupação do Solo, Base Geográfica de Referenciação de Informação, Redes Viárias. Agregaram-se também os Pontos cotados e Curvas de Nível para o cálculo do TIN e, posteriormente, das respetivas camadas de Orientação de Vertentes, Declives e Sombreamento.

Relativamente à componente demográfica da área de estudo, ponderou-se, nomeadamente, o uso de dados sobre a população bem como os edifícios habitacionais, de forma a analisar a suscetibilidade ao risco de incêndio (nº de residentes, nº de alojamentos, nº de residentes com mais de 65 anos e nº de edifícios construídos entre 1919 e 1960) e área dos polígonos considerados na Base Geográfica de Referenciação de Informação (BGRI) de forma a calcular a densidade populacional em quilómetros quadrados.

Metodologia

Recorrendo a ferramentas disponíveis no *software* ArcMap 10.7.1®, utilizando o sistema de projeção de coordenadas ETRS 1989 TM06 Portugal, realizaram-se cálculos matemáticos relacionados com medições das distribuições geográficas dos elementos a considerar, tais como a média, a elipse do desvio padrão, a mediana e o elemento geográfico central de forma a compreender a distribuição das amostras bem como o uso de técnicas e métodos de geoprocessamento de imagem através de ferramentas de modulação de dados espaciais. Os limites administrativos considerados para a análise aplicam-se às subsecções consideradas na Base Geográfica de Referenciação de Informação. O *cellsize* selecionado para a produção de cartografia foi 20 metros, uma vez que os dados tabulares da BGRI acabariam por dificultar o uso da máquina se este fosse de 10 metros. Por razão desconhecida, após a importação da tabela excel da BGRI e a realização do *Join* com a respetiva *shapefile*, o município de Espinho ficou fora da análise uma vez que os campos estatísticos registam-se como nulos.

Análise Descritiva das variáveis a considerar

Densidade Populacional

De forma a considerar a variável que demonstra a distribuição da população na análise multicritério e tendo em conta a área dos polígonos considerados na BGRI por quilómetros quadrados, a densidade populacional no Distrito de Aveiro assume o valor máximo de 46.582 hab/km², valor este encontrado na freguesia de Esgueira. A média é de 1.515 hab/km². Sabendo que para ponderar corretamente a variável relativa à demografia do Distrito, a densidade populacional, executaram-se cálculos envolvendo ferramentas de análise de *clusters* e mapeamento de padrões a outros campos estatísticos disponíveis na BGRI nomeadamente, o nº de Residentes, campo genérico considerado para o cálculo da densidade populacional; nº de Residentes com mais de 65 anos para que fosse possível compreender a distribuição da população idosa que pela sua idade apresenta níveis de mobilidade inferiores que propiciam o incremento da vulnerabilidade da faixa etária enunciada em relação ao risco de incêndio; o nº de alojamentos e nº de edifícios construídos entre 1919 e 1960 foram campos considerados apenas para compreender que tipo de estruturas estão presentes no território, isto é, edifícios com datas de construção mais antiga, estarão recuperados ou abandonados dado o desgaste a que foram submetidos durante toda a sua “vida” e, por isso, representam estruturas vulneráveis ao risco de incêndio. A inclusão destes indicadores na análise da densidade populacional permite conjugar a própria densidade com as estruturas presentes no território e perceber quais são os pontos mais vulneráveis, não à ocorrência de um incêndio, mas à sua propagação.

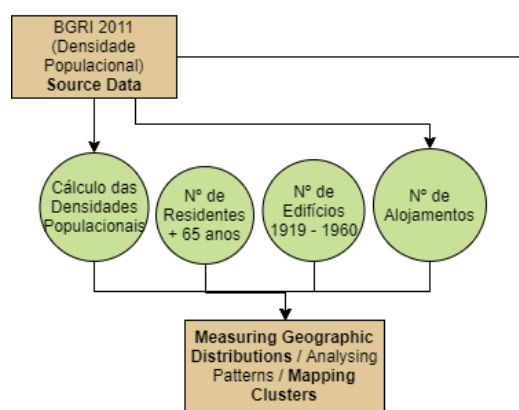
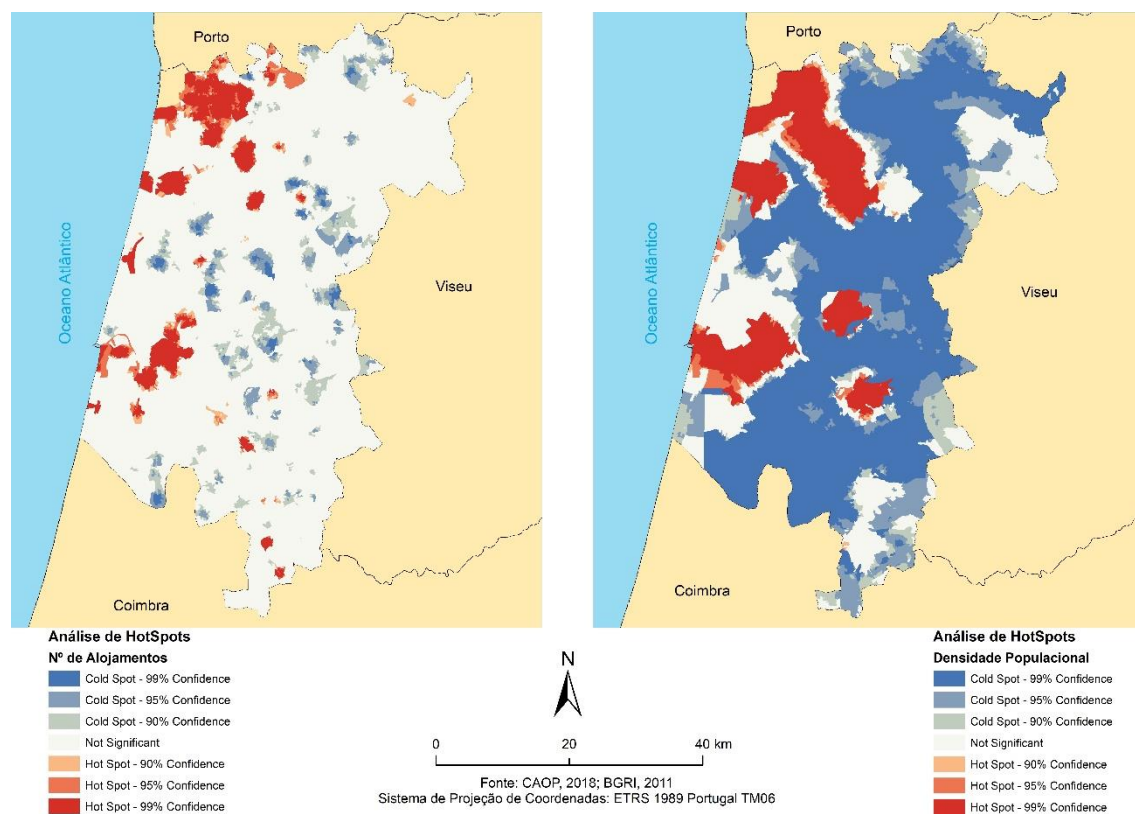


Fig. 1 – Modelo Lógico de tratamento de informação

Para que fosse possível compreender a distribuição espacial dos elementos estatísticos abrangidos pela BGRI, recorreu-se ao *Join* após preparar a tabela da BGRI com os dados de entrada. De seguida utilizaram-se ferramentas de *Spatial Statistics Tools* relacionadas com *Measuring Geographic Distributions (Mean Center)*, *Analyzing Patterns (Spatial Autocorrelation de Moran's, High/Low Clustering (Getis-Ord General G))* e *Mapping Clusters (Hotspots Analysis Getis-Ord Gi* e Optimized Hotspots Analysis, Grouping Analysis)*

Índice High/Low Clustering	P-Value	Z-Score	Neighborhood Search Threshold	Padrão
Densidade Populacional	0,0	212,9	3083,4518 m	High Clustering
População residente (+) 65 anos	0,0	76,8	3083,4518 m	High Clustering

Tabela 1 – Estatísticas da Análise de Padrões;

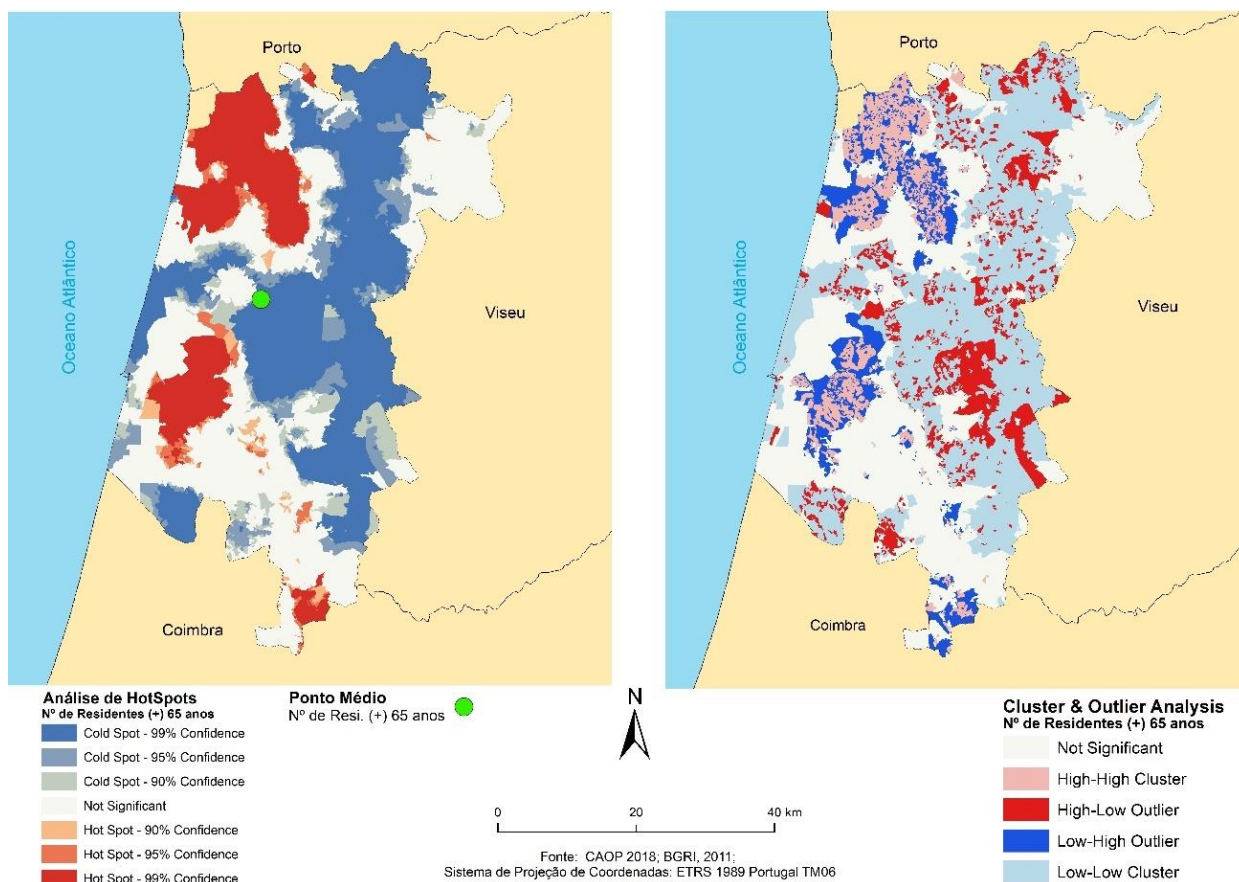


Mapa 2 – Análise Descritiva Nº de Alojamentos; Densidade Populacional;

No mapa apresentado é possível identificar, do lado esquerdo, através da ferramenta *Optimized Hotspots Analysis*, onde se localizam os focos de maior número de alojamentos bem como onde se localizam os focos de menor número de alojamentos. Os principais focos de elevado nº de alojamentos encontram-se mais junto ao litoral do distrito como é o caso de Ílhavo, Aveiro, Murtosa e Ovar. Do lado direito usou-se a ferramenta *Hotspots Analysis Getis-Ord Gi**, aplicando a mesma lógica de leitura do mapa, mas orientada à densidade populacional. Constatou-se que os focos de densidades populacionais sobrepõem-se aos focos de alojamento permitindo concluir que existe coerência tanto dos dados como da distribuição da população em todo o distrito.

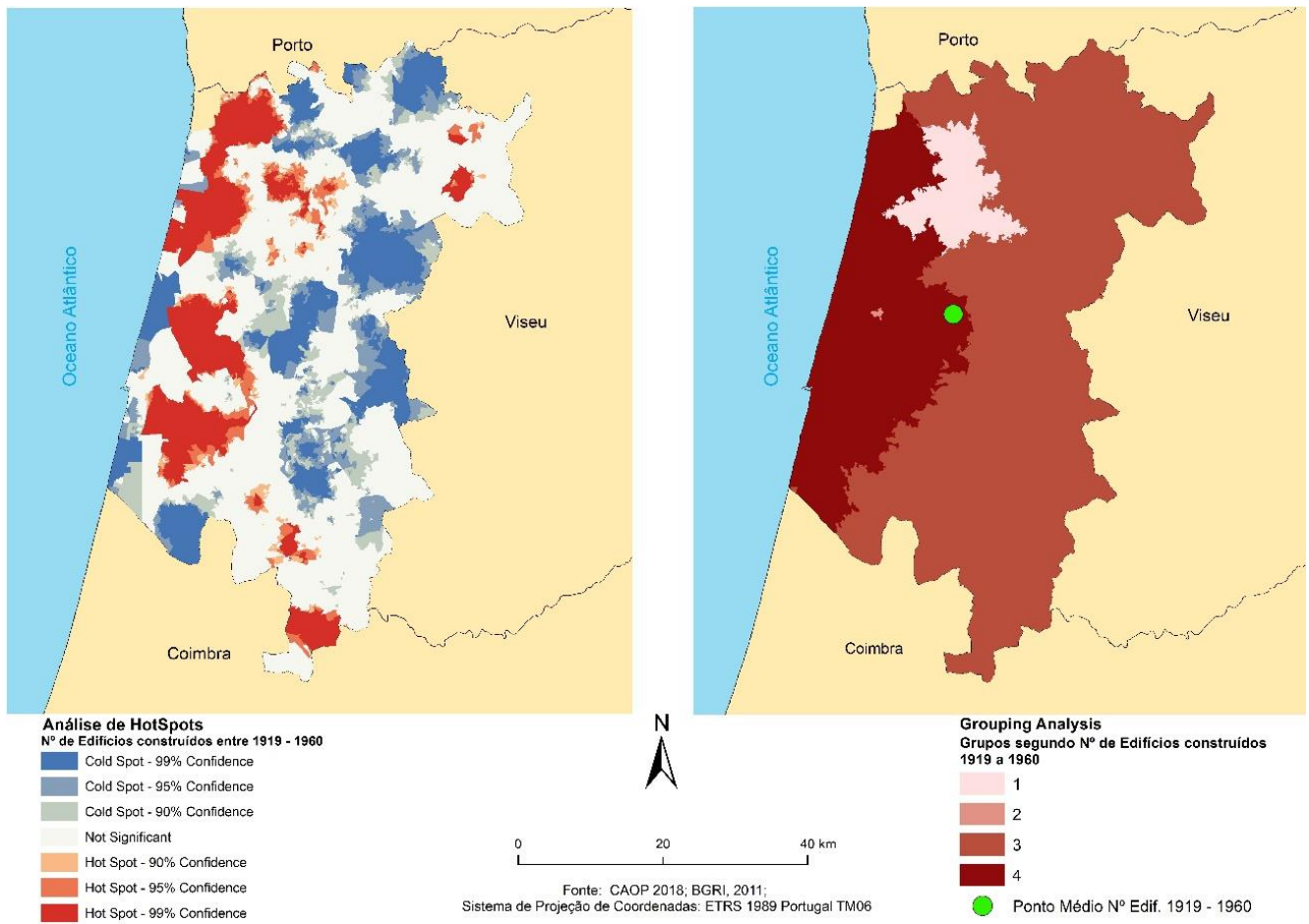
A acrescentar à análise de ambos os mapas, concluiu-se a necessidade de procurar fragilidades no território, neste caso, orientadas para a vertente social.

Ao ponderar o uso de campos da tabela de estatística da BGRI, selecionou-se o Número de Residentes com mais de 65 anos e o Número de Edifícios construídos entre 1919 e 1960 (mapas 3 e 4).



Mapa 3 – Análise estatística do nº de residentes com mais de 65 anos;

Os dois primeiros mapas tratam apenas do número de residentes com mais de 65 anos. Do lado esquerdo, através da ferramenta *Hotspots Analysis (Getis-Ord Gi*)* conclui-se que à tendência para que os focos de população e habitações sejam os mesmos. Aveiro, Ovar e Mealhada são os Municípios tidos como *Hotspots*. Já do lado direito, através do comando *Cluster & Outlier Analysis* que permite identificar, dentro dos *Hot* ou *Cold Spots*, se existem valores que se desviam do *Cluster* em que estão inseridos. Ou seja, no caso do município de Aveiro é possível identificar que no centro do mesmo há uma maior concentração de população residente com mais de 65 anos, no entanto, ocorre uma miscelânea de valores baixos registados num padrão tendencialmente concretizado por valores altos, o mesmo é possível constatar no município de Ovar. Já no interior do distrito os Municípios de Sever do Vouga, Albergaria - À - Velha e Águeda registam focos de população residente com mais de 65 anos num padrão de baixos valores, no entanto, no meio desses valores mais baixos, possuem amostras que, tendo em conta o *Cluster* de valores baixo, se desviam desse padrão, registando valores o suficientemente altos para se destacarem dentro do padrão estabelecido.



Mapa 4 – Análise Estatística do somatório de Edifícios construídos entre 1919 e 1960;

Índice Grouping Analysis	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Somatório do Nº de Alojamentos (1919-1960)	Média: 3,2 Desv. P: 4,5 Min: 0,0 Máx: 53	Média: 5,9 Desv. P: 4,7 Min: 0,0 Máx: 17	Média: 2,4 Desv. P: 3,3 Min: 0,0 Máx: 37	Média: 2,9 Desv. P: 4,3 Min: 0,0 Máx: 45

Tabela 2 – Estatísticas do comando Grouping Analysis;

Nos últimos dois mapas, e fragmentando a análise do Nº de Alojamentos, realizou-se o somatório do número de edifícios construídos entre 1919/1945 e entre 1945/1960 de forma a expor as vulnerabilidades das habitações ao risco de incêndio. Mais uma vez, através das ferramentas de *Mapping Clusters* nomeadamente *Hotspots Analysis (Getis_Ord Gi*)* e *Grouping Analysis* realizaram-se ambos os mapas. Do lado esquerdo observa-se a predominância de hotspots nas áreas litorais do distrito nomeadamente no município de Santa Maria da Feira, Ovar, Estarreja e Aveiro; em direção ao interior surgem os municípios de Arouca, São João da Madeira, Oliveira do Bairro e Mealhada. No mapa correspondente ao lado direito identificam-se 4 grupos que agregam a distribuição do somatório do número de edifícios construídos entre 1919 e 1960. A partir da repartição observada, é possível identificar os grupos com valores mais elevados (grupo 1 e 4), ambos coincidentes como o mapa de Análise de Hotspots. A inclusão destes parâmetros na análise descritiva permite identificar áreas com elevada suscetibilidade de propagação de incêndio.

Hidrografia

Relativamente à componente hídrica do Distrito, seleccionou-se a Rede Hidrográfica do distrito recorrendo à plataforma OpenStreetMaps de forma a captar informação geográfica relativa à variável. O facto de a área considerada possuir características únicas em todo o território nacional, nomeadamente no âmbito faunístico e florístico pelo que deve o facto da inserção da Ria de Aveiro como Zona Especial Protegida conduziu o interesse para que esta fosse acrescentada no processo de análise multicritério.

Tendo em conta a área estudo, por se encontrar extremamente perto de um corpo de água singular, com características únicas como é o caso da Ria de Aveiro, considerou-se, como função global, o uso do *Cost Distance* ao invés do *Euclidean Distance* uma vez que este último não depende de uma terceira variável que lhe confira critério no agrupamento de células; as distâncias que são calculadas por esta ferramenta não dependem de barreiras naturais e características da superfície terrestre como por exemplo o declive enquanto que o resultado da ferramenta *Cost Distance* permite relacionar uma superfície de custo na qual se associa um determinado valor a cada variável que gera uma soma ponderada do resultado. Essa ponderação resulta dos diferentes pesos atribuídos a cada variável permitindo gerar um resultado mais aproximado à realidade tendo em contas as variáveis introduzidas.

Com o intuito de introduzir a variável na análise, realizou-se o cálculo do *Cost Distance* onde se usaram os *rasters* da COS em 9 classes e o *raster* de Declives para executar a soma ponderada dos mesmos onde se atribuíram pesos na ordem dos 0,65 e 0,35 respetivamente de forma a gerar a Superfície de Custo. Uma vez gerada a superfície de custo, realizou-se o *Cost Distance* tendo como fonte a *shapefile* da Rede Hidrográfica. O cálculo gerado posteriormente sob forma de *raster* permite concluir, de forma não linear, as distâncias que a hidrografia alberga, tendo em conta o Declive e a Ocupação do Solo como agentes que moldam a distribuição das mesmas.

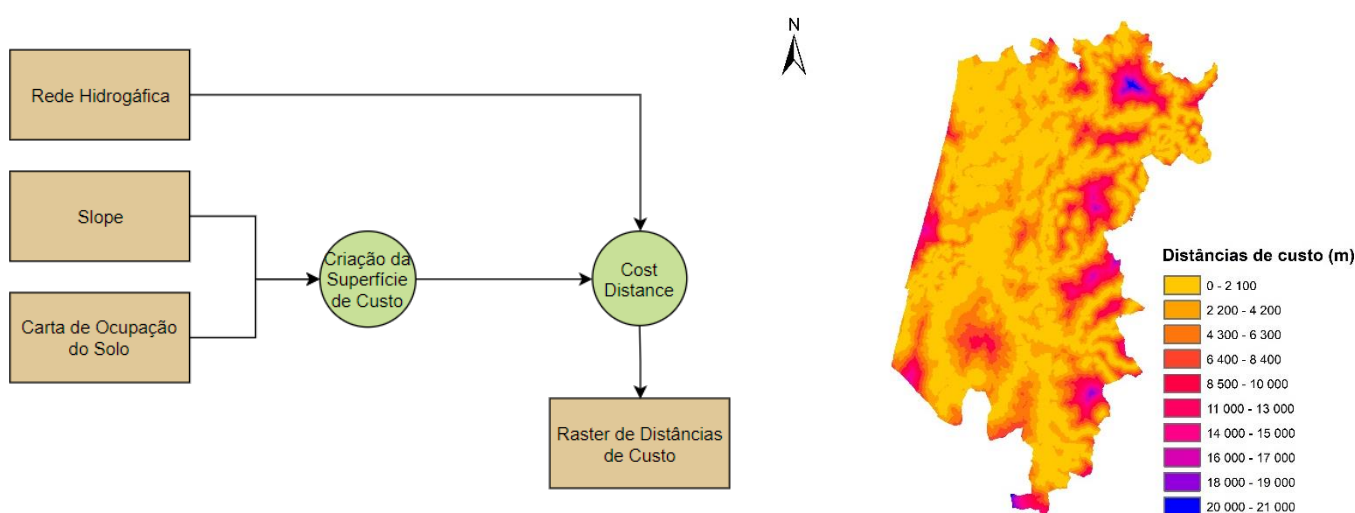


Fig. 2 – Modelo lógico do tratamento de informação;

Mapa 5 – Raster de Distâncias de Custo;

Orografia

A composição de uma Carta de Risco de incêndio reflete o carácter obrigatório do uso de elementos orográficos na sua análise pelo que se procedeu à recolha de dados relacionados com a altimetria do Distrito de Aveiro facultados pelo professor Miguel Saraiva, nomeadamente os Pontos Cotados e Curvas de Nível. Fazendo uso dos comandos providenciados pelo ArcMap 10.7.1® calculou-se o *TIN*, que posteriormente convertido de *TIN* para *Raster* foi possível calcular *rasters* de Declives em graus e a Orientação de Vertentes. O *raster* de Sombreamento apenas foi gerado proactivamente sem qualquer efeito para a análise.

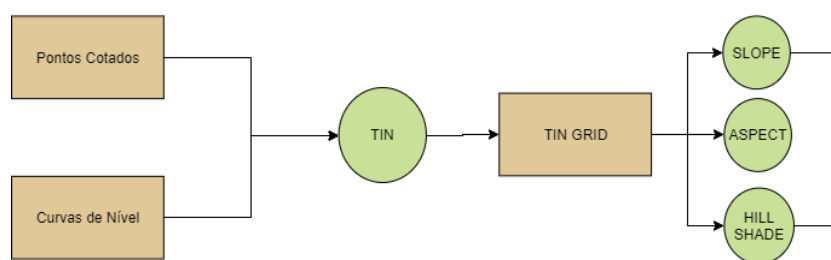


Fig. 3 – Modelo lógico do tratamento de Informação;

Os modelos *raster* permitem concluir qual a tendência morfológica do território, nomeadamente onde se localizam as maiores e menores altitudes, de que forma se distribuem pelo plano; e qual a orientação das cadeias rochosas, respetivamente. Ambos os modelos constituem elevada importância no cálculo do risco de incêndio uma vez a área que este poderá “galgar” é influenciada pelo carácter morfológico do Distrito. De notar que o valor máximo, em graus, do declive é de 37.

Rede Viária

Aquando a ocorrência de um incêndio, é sabido que este não se propagará por qualquer superfície, isto é, uma superfície com características combustíveis para a propagação de um incêndio como é o caso de uma área florestal ou agroflorestal, conduzirão à facilitação de propagação de um incêndio enquanto que superfícies desprovidas de qualquer tipo de material combustível que alavanque a propagação do mesmo como é o caso das estradas onde não haveria, teoricamente, propagação do fogo. Estas funcionam como barreira que aliadas ao distanciamento florestal e limpeza das beiras até 10 metros, impedem que o fogo se propague de copa em copa das árvores apesar de não ser totalmente eficaz, identifica-se como medida de prevenção.

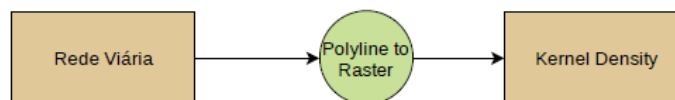


Fig. 4 – Modelo lógico do tratamento de Informação;

Tipologias de Ocupação do Solo

A inserção da seguinte variável para análise reflete a necessidade de compreender espacial e quantitativamente a dispersão dos diferentes tipos de uso do solo. A classificação atribuída ao uso do solo resume-se em 9 classes sendo representadas por Territórios Artificializados, Agricultura, Pastagens Superfícies Agroflorestais, Florestas, Matos Espaços Descobertos ou com pouca Vegetação, Zonas Húmidas e Massas de Água Superficiais.

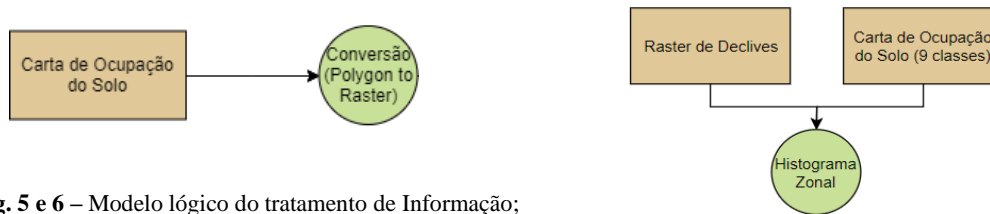


Fig. 5 e 6 – Modelo lógico do tratamento de Informação;

Os seguintes gráficos permitem realizar uma correta análise não só da percentagem que cada tipologia do solo ocupa em relação à área total do distrito bem como a proporção de células que cada tipologia ocupa segundo 10 classes de altitude em metros podendo concluir que mais de 50% do território é composto por Massas de Água Superficiais e Pastagens enquanto que o Território Artificializado ronda os 5%. A verdade é que a área considerada artificial pode não ser a que mais espaço ocupa, no entanto pode estar pouco distribuída espacialmente, como é possível identificar no Gráfico 2 que nos primeiros 56 metros identificam-se a maioria das tipologias de ocupação do solo, e nos restantes intervalos ocorre uma quebra em relação a essa tendência. Ou seja, há maior diversidade de uso do solo em altitudes mais baixas. À medida que vamos aumentando de altitude, o número de classes, bem como o espaço que estas ocupam, diminui.

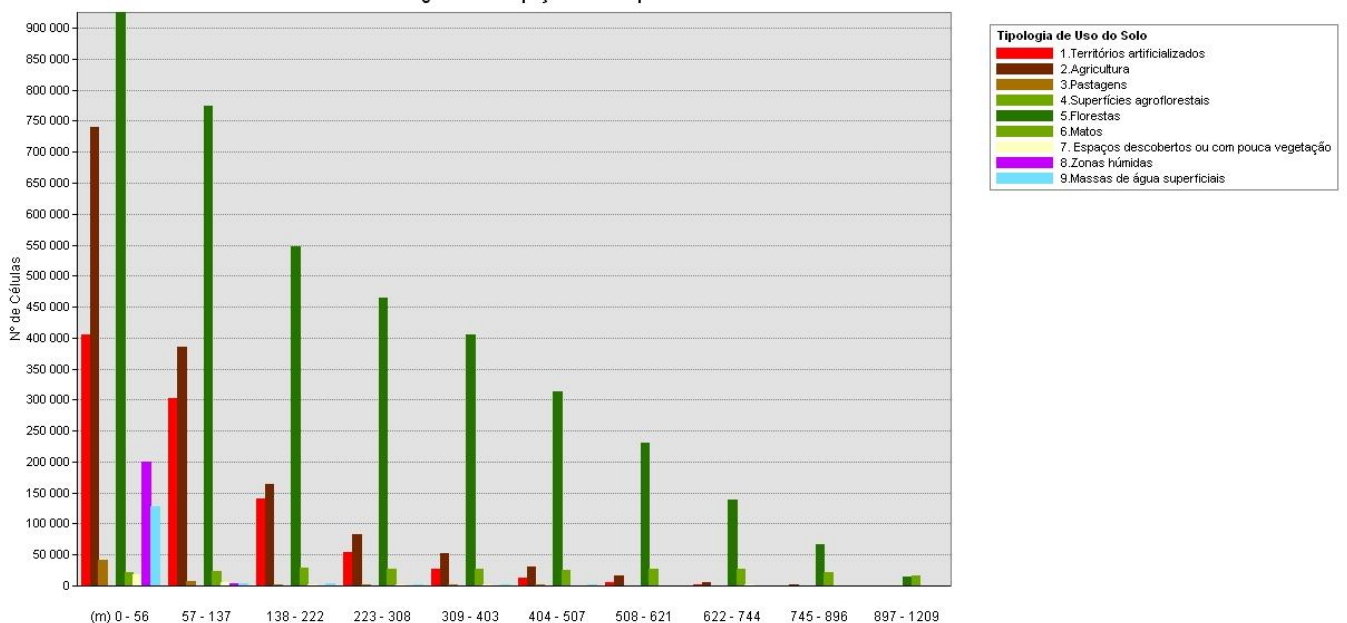
Percentagens de Ocupação do Solo



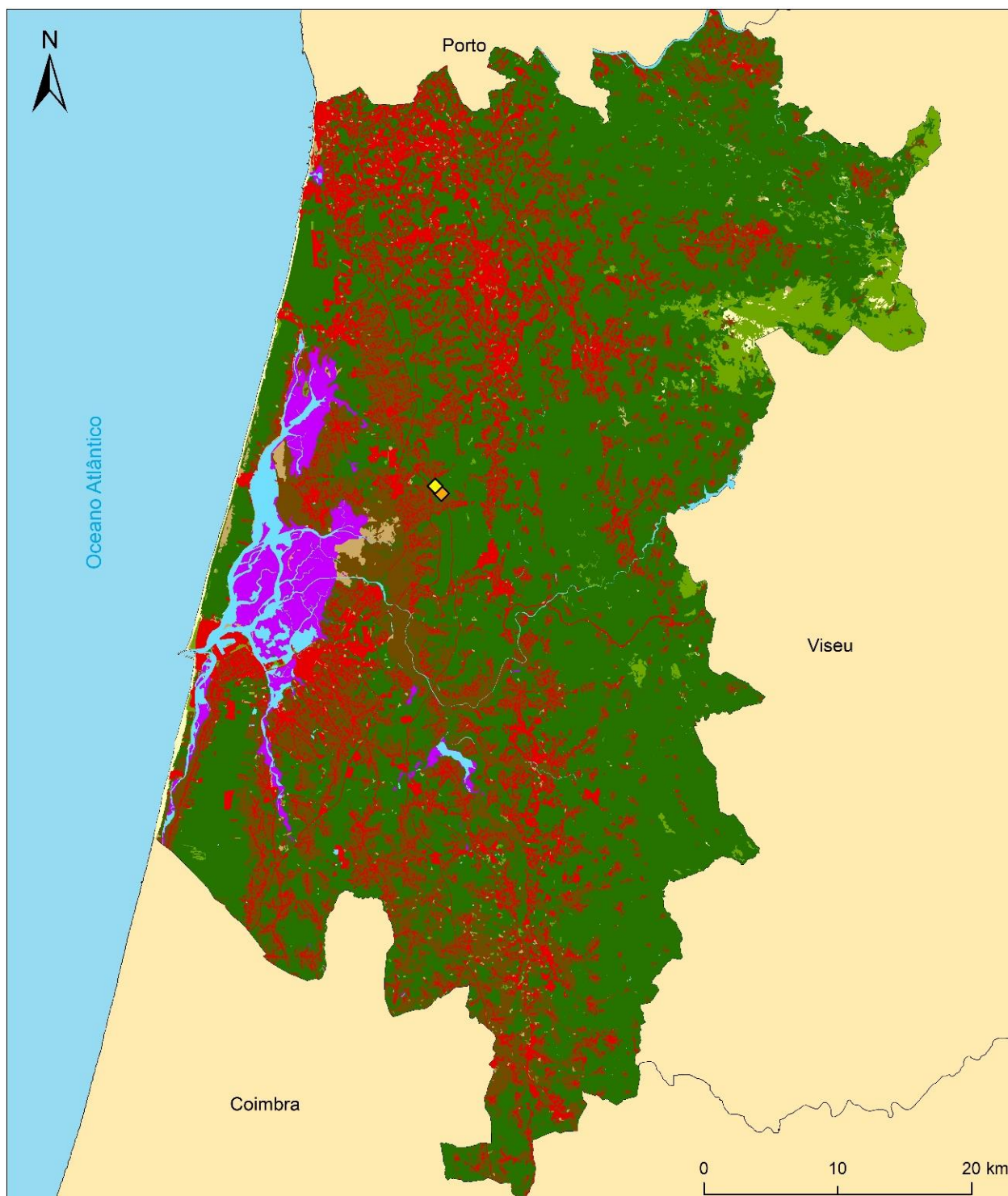
Gráfico 1 - Análise Estatística da Ocupação do Solo (em cima);

Gráfico 2 - Histograma da Ocupação do Solo por Altitude (em baixo);

Somatório de Células segundo a Ocupação do Solo por altitude





Carta de Ocupação do Solo do Distrito de Aveiro



Tipologia de Uso do Solo

 Territórios artificializados	 Matos
 Agricultura	 Espaços descobertos ou com pouca vegetação
 Pastagens	 Zonas húmidas
 Superfícies agroflorestais	 Massas de água superficiais
 Florestas	

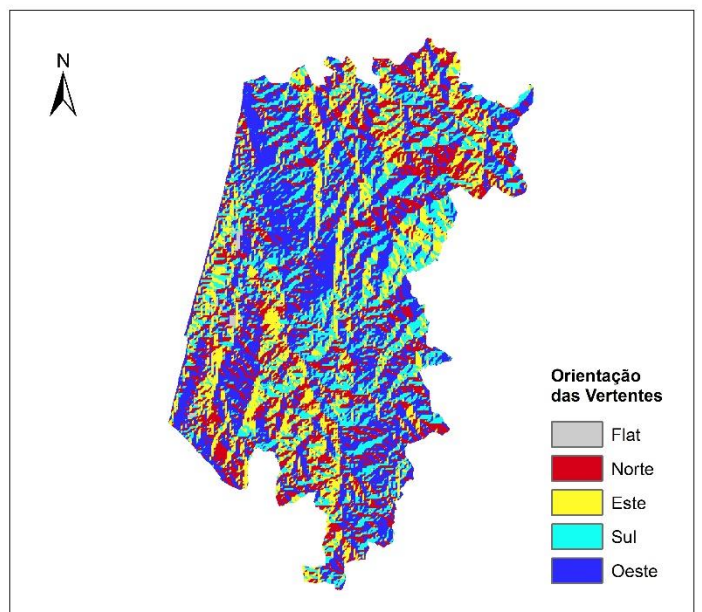
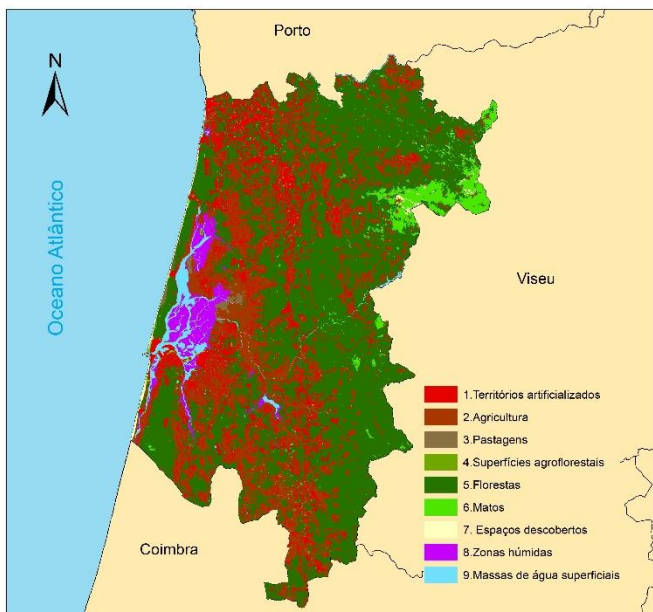
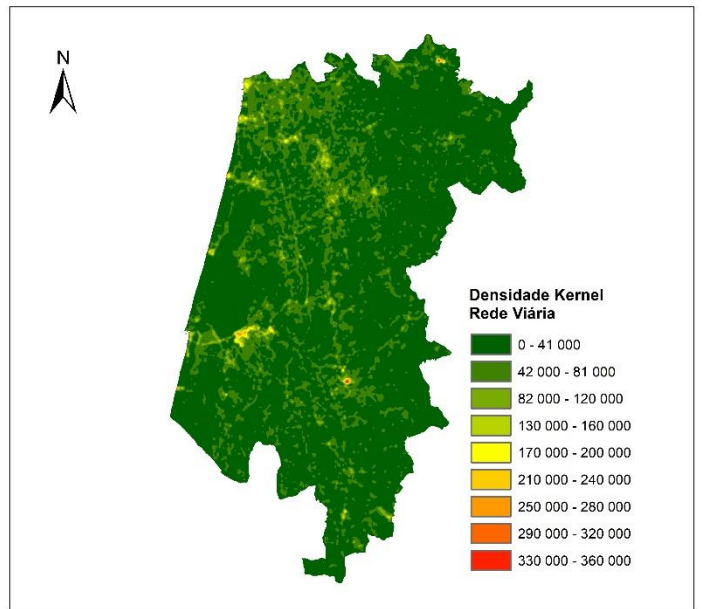
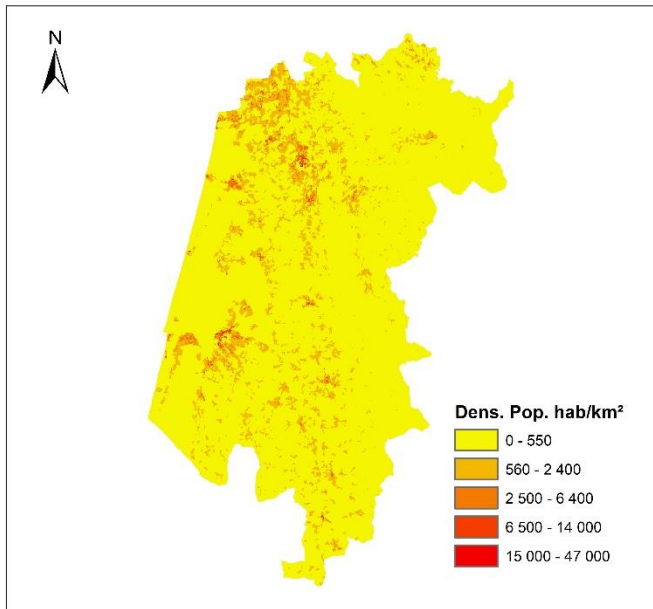
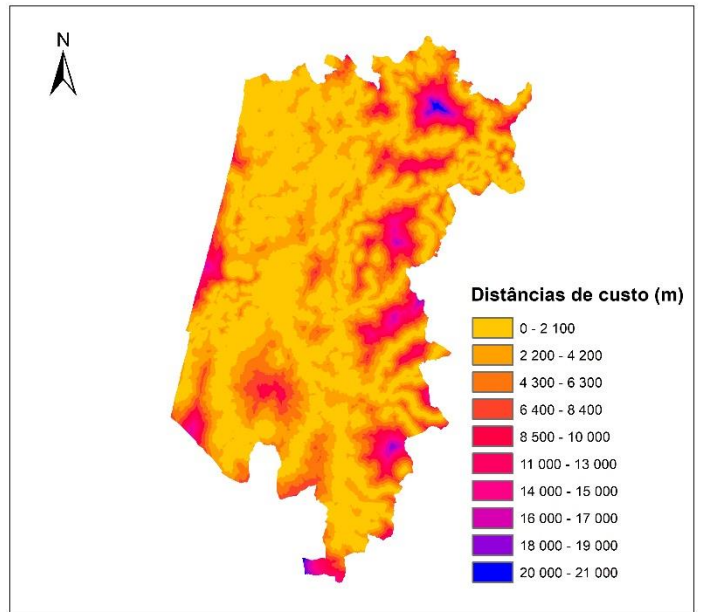
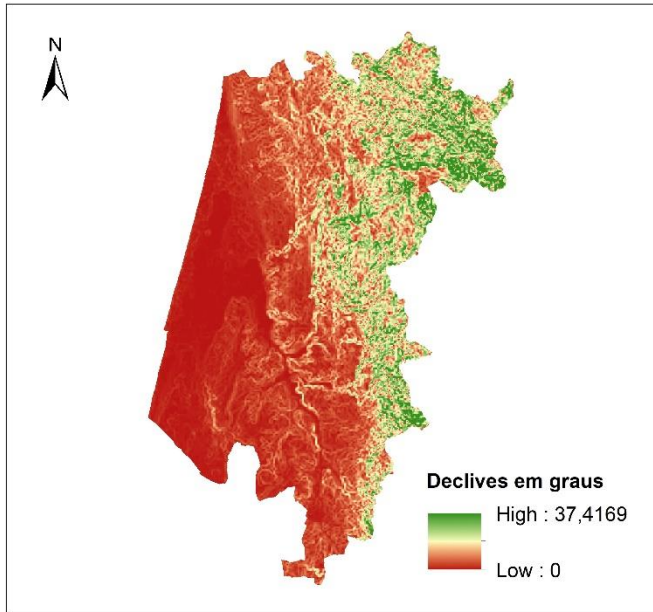
Medição de Variáveis

 Média da Densidade Populacional
 Média do Número Alojamentos

Fonte: DGT, CAOP/COS 2018; BGRI, 2011; Sistema de Projeção de Coordenadas: ETRS 1989 Portugal TM06

Mapa 6 – Carta de Ocupação do Solo, Aveiro, 2018;

Mapas das variáveis a considerar para a realização do Processo de Análise Hierarquizada



0 30 60 km

Método de Normalização das Variáveis

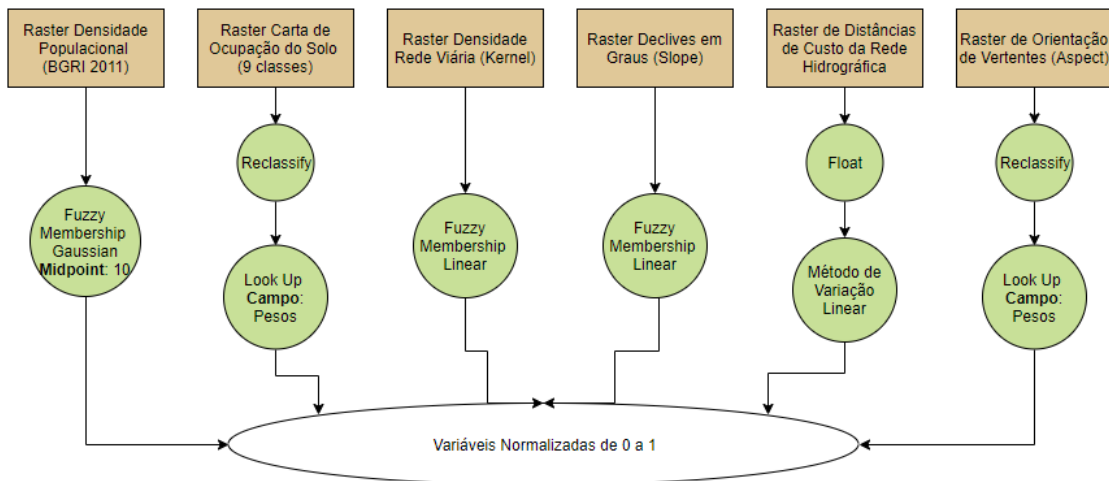


Fig. 7 – Modelo lógico do tratamento de informação;

Uma vez que as variáveis se encontram devidamente calculadas através de comandos de geoprocessamento e modelação de informação geográfica em formato *raster*, é necessário que se reduzam os parâmetros à mesma unidade de medida para que o resultado seja coerente. De forma esquemática é possível compreender quais as ferramentas usadas para a normalização das variáveis.

Variável Densidade Populacional Extraída através das *Conversion Tools* onde se converteu do formato *shapefile* para o formato *raster* por meio do campo criado na tabela de atributos da BGRI associado à densidade populacional que por sua vez foi normalizada com os comandos *Fuzzy Membership* com a função Gaussiana uma vez que a variável a ponderar não é linear; o *midpoint* considerado por defeito é 23291,396484375 hab/km² no entanto com o valor apresentado, o *raster* gerado não representaria corretamente a realidade pelo que se adaptou o *midpoint* a 10 hab/km².

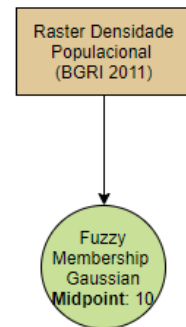


Fig. 8 – Modelo lógico do tratamento de Informação;

Variável Hidrográfica

O seguinte critério a ser usado na Análise Multicritério, por se encontrar ponderado através de uma superfície de custo da qual se gerou o *raster* de Distâncias de Custo foi necessário normalizar a variável por meio do comando *Float* que transforma os valores de cada pixel em número decimal e posteriormente procedeu-se ao Método de Variação Linear, cálculo matemático que efetua a normalização de *rasters* de distâncias:

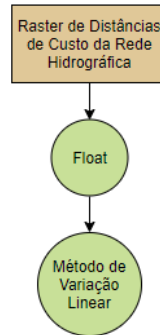


Fig. 9 – Modelo lógico do tratamento de Informação;

$$x_i = \frac{R_i - R_{\min}}{R_{\max} - R_{\min}}$$

Fig. 10 – Fórmula do Método de Variação Linear;

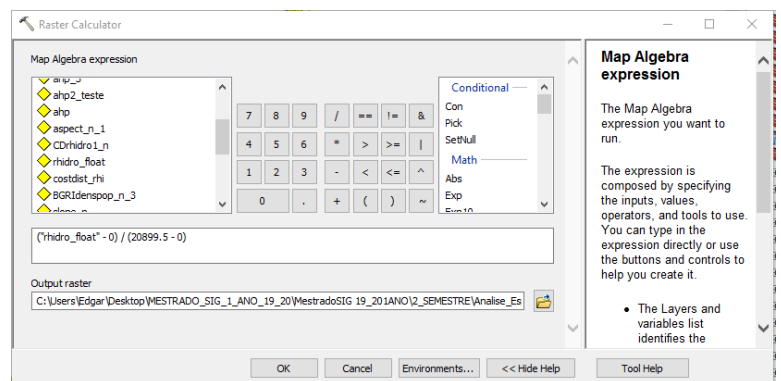


Fig. 11 – Aplicação do Método de Variação Linear (ArcMap 10.7.1@);

Onde:

xi → Raster Normalizado;

Ri → Variável de Input (Raster de Distância de Custo *Float*);

Rmin → Valor Mínimo do Raster de Distância de Custo;

Rmax → Valor máximo do Raster de Distância de Custo.

Variáveis Orográficas

Declives

De forma a incluir na Análise Multicritério o declive do Distrito de Aveiro calculado em graus recorreu-se à ferramenta *Fuzzy Membership* com a função *Linear* uma vez que a variável é constante e a variação dos seus valores é proporcional, neste caso, ao risco de incêndio. Com isto é possível concluir que quanto maior for o declive, maior é o risco de incêndio.

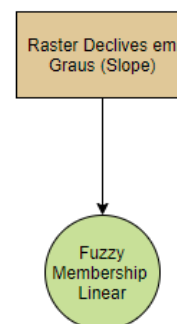


Fig. 12 – Modelo lógico do tratamento de Informação;

Orientação de Vertentes

No caso do critério Orientação de Vertentes recorreu-se ao *Reclassify* de forma a ajustar as orientações das vertentes de 10 classes, onde duas são o Norte e uma é valor *Flat* que corresponde a áreas sem qualquer tipo de orientação que normalmente estão associadas planícies, grandes extensões agrícolas ou, no caso da área litoral do distrito que se caracteriza por ser aplanada e lagunar, para 5 classes onde, de -1 a -.00000001 graus de inclinação os valores correspondem a 1, entre 0 e 45 graus e 315 a 360 graus correspondem a 2, de 45 a 135 graus equivale a 3, de 135 a 225 graus corresponde o número 4 e de 225 a 315 corresponde o 5. Ao 1 equivale a superfície plana ou *Flat*, a 2 o Norte, a 3 vertentes orientadas a Este, ao 4 o Sul e a 5 vertentes orientadas a Oeste. Após reclassificar a *raster* em questão, atribuíram-se pesos às diferentes orientações de forma a concluir, aquando a conjugação da variável na AMC que as orientações das vertentes influenciam na propagação de um Incêndio. Os pesos atribuídos foram selecionados a partir do princípio de que vertentes orientadas mais a Norte tem maior risco de propagação de incêndio ao invés de vertentes orientadas a Sul onde o risco de incêndio é menor.

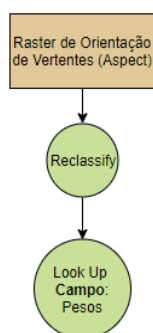


Fig. 13 – Modelo lógico do tratamento de Informação;

Rowid	VALUE	COUNT	PESOS
0	1	25077	0
1	2	1558641	1
2	3	1418880	0,4
3	4	1486970	0,2
4	5	2494789	0,8

Fig. 14 – Tabela de atributos – Orientação de Vertentes;

Propagação inexistente	Fácil propagação
0	1

Tabela 3 – Escala de Pesos atribuída – Orientação de Vertentes;

Posteriormente, através da ferramenta *Lookup* normalizou-se o *raster* segundo o campo adicionado ao qual correspondem os diferentes pesos atribuídos às Orientações das Vertentes.

Variável da Densidade da Rede Viária

Normalizada através do comando de cálculo *Fuzzy Membership* onde se selecionou a função *Linear*.

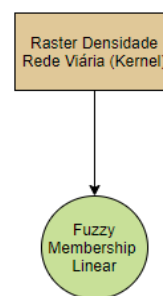


Fig. 15 – Modelo lógico do tratamento de Informação;

Variável da Ocupação do Solo

Normalizada após a criação do campo “pesos” com os valores devidamente atribuídos às diferentes classes:

COS_RECLASS					
	OBJECTID *	Value	Count	COS2018 n1	pesos
	1	1	949168	1.Territórios artificializados	0,1
	2	2	1480089	2.Agricultura	0,2
	3	3	54849	3.Pastagens	0,2
	4	4	336	4.Superfícies agroflorestais	0,5
	5	5	3889784	5.Florestas	0,8
	6	6	244515	6.Matos	0,5
	7	7	35598	7. Espaços descobertos ou com pouca vegetação	0,1
	8	8	203460	8.Zonas húmidas	0
	9	9	144559	9.Massas de água superficiais	0

Fig. 16– Tabela de atributos - COS;

Onde:

Propagação Inexistente	Propagação Muito Fraca	Fraca Propagação	Propagação Moderada	Propagação Elevada	Propagação Muito Elevada
0	0.2	0.4	0.6	0.8	1

Tabela 4 – Escala de atribuição de pesos – COS;

Seguindo a normalização da variável, utilizou-se a ferramenta *Lookup* de forma a que fosse possível realizar posteriormente operações matemáticas relacionadas com Álgebra de Mapas, ao campo “pesos” uma vez que os valores atribuídos encontram-se em décimas. Posteriormente gerou-se o *raster* normalizado da COS.

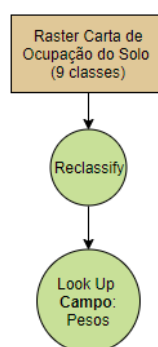


Fig. 17– Modelo lógico do tratamento de Informação;

Cálculo da Análise Multicritério

“A Análise Multicritério (AMC) é uma ferramenta de avaliação de alternativas (...)” (Costa, 2009). A vantagem do uso de metodologias como a AMC reside na possibilidade de somar um determinado de critérios devidamente normalizados - reduzir as unidades de medida de cada uma de forma a que a soma ponderada das variáveis sob a forma de *raster* não gere um resultado que possa não corresponder à realidade. Este modelo de análise permite, através de uma soma ponderada, agregar variáveis com pesos devidamente atribuídos em concordância com os interesses da entidade que propõe o projeto contribuindo em vários níveis para a tomada de decisão. Pelo facto de o processo supramencionado possuir uma infinidade de hipóteses de combinação de fatores/variáveis, aufero ao operador um leque de decisões que permite modular a informação *raster* de acordo com o objetivo do projeto em causa, equacionando diferentes cenários suscetíveis a avaliação. (Costa, 2009)

O processo utilizado na execução da Análise Multicritério para o cálculo do Risco de Incêndio no Distrito de Aveiro foi a Análise Hierárquica de Processos (AHP) no entanto são conhecidos outros métodos de análise como a Combinação Linear Ponderada (CLP) e o Método do Ponto Ideal e Análise de Concordância. Normalmente os modelos de análise supramencionados excedem as suas normais potencialidades quando inseridos em ambientes SIG conferindo ao operador, como descrito anteriormente, um leque de decisões associadas aos diferentes critérios considerados.

Variáveis normalizadas	Pesos
Carta de Ocupação do Solo	0.39
Densidade Populacional	0.04
Distância à Rede Hidrográfica	0.06
Densidade da Rede Viária	0.05
Declives	0.24
Orientação de Vertentes	0.23

Tabela 5 – Pesos normalizados através da Matriz de Comparação;

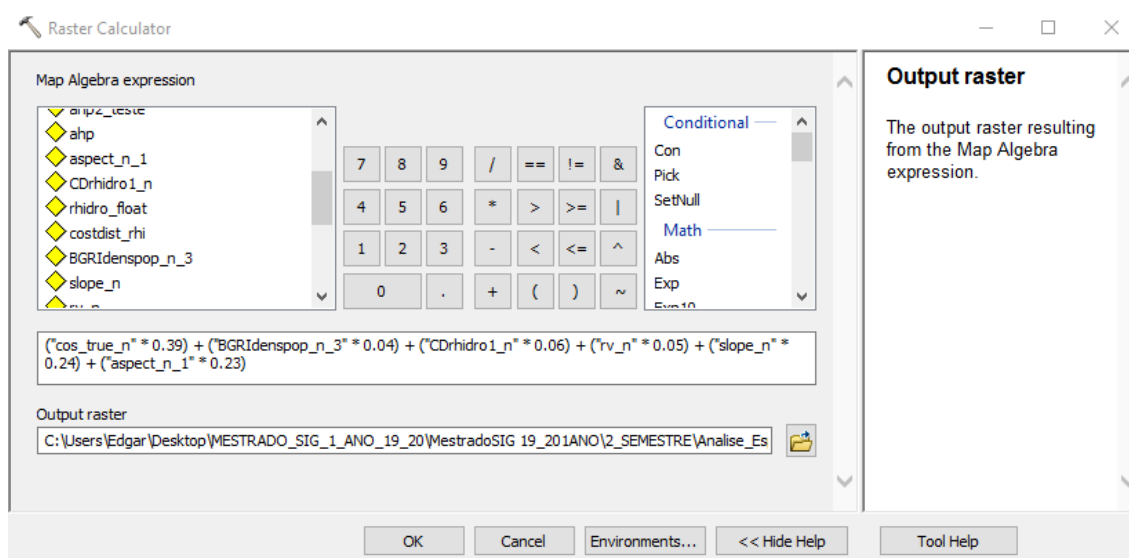
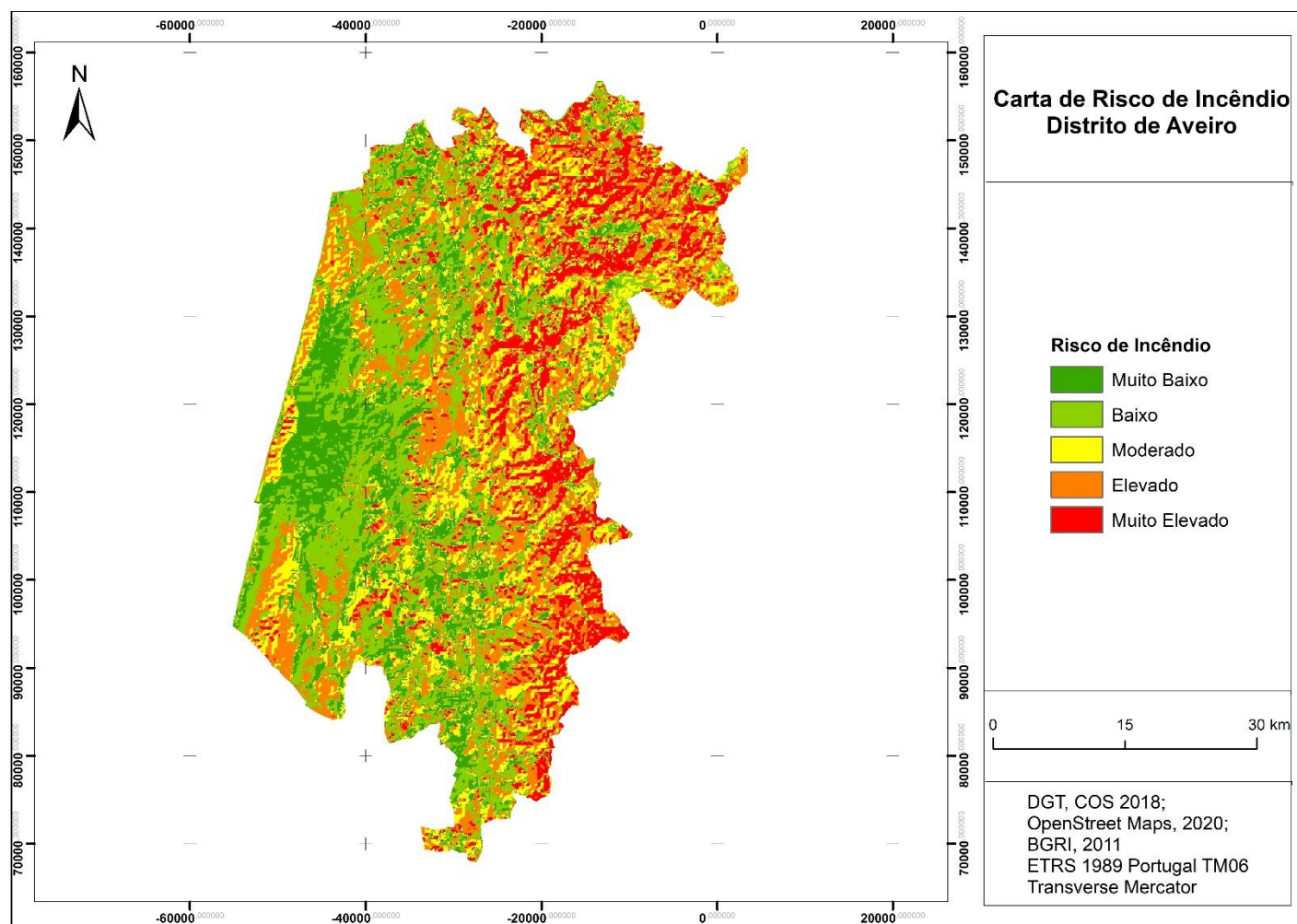


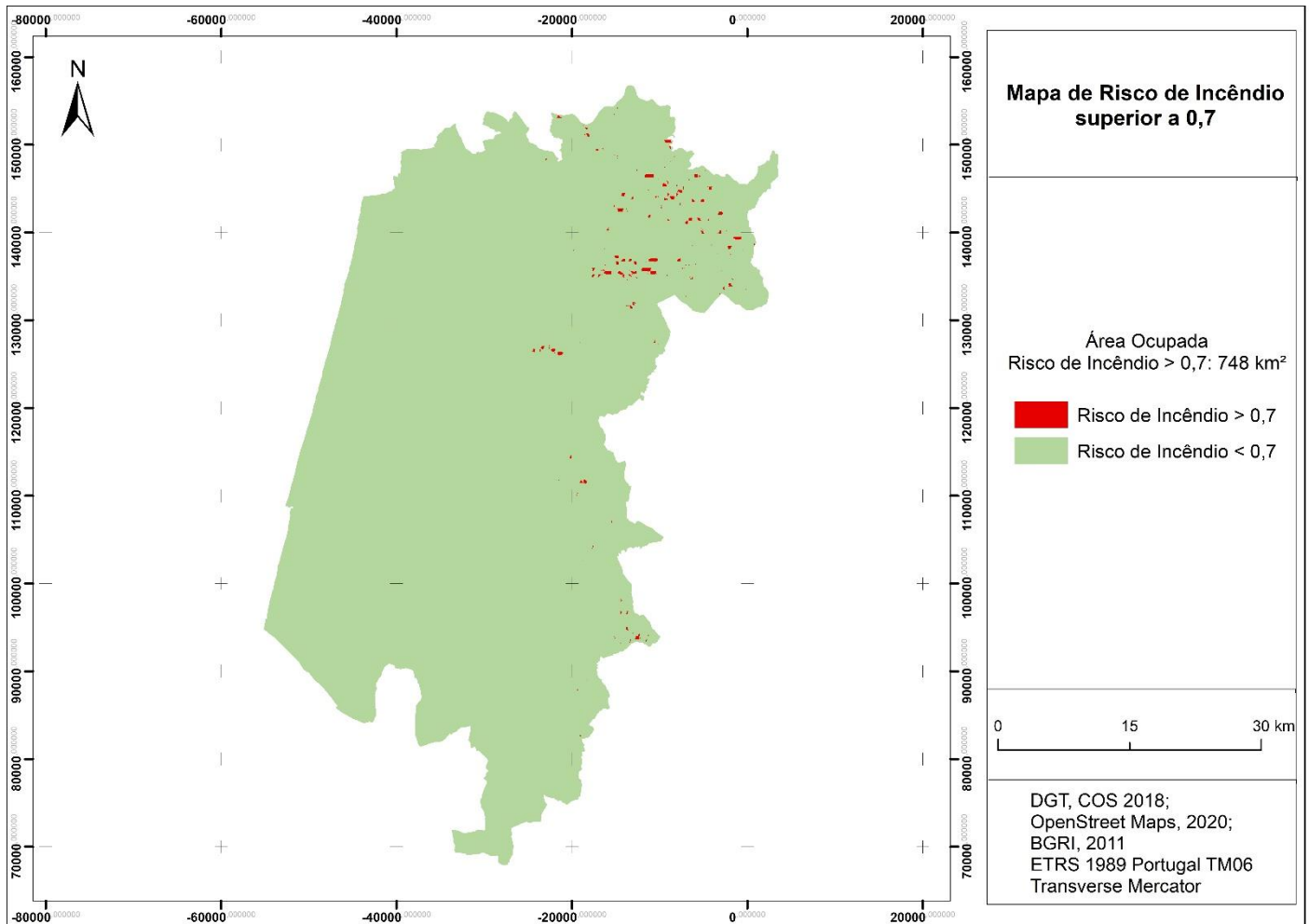
Fig. 18 – Aplicação da soma ponderada das variáveis consideradas;

Interpretação dos Resultados da Análise Multicritério



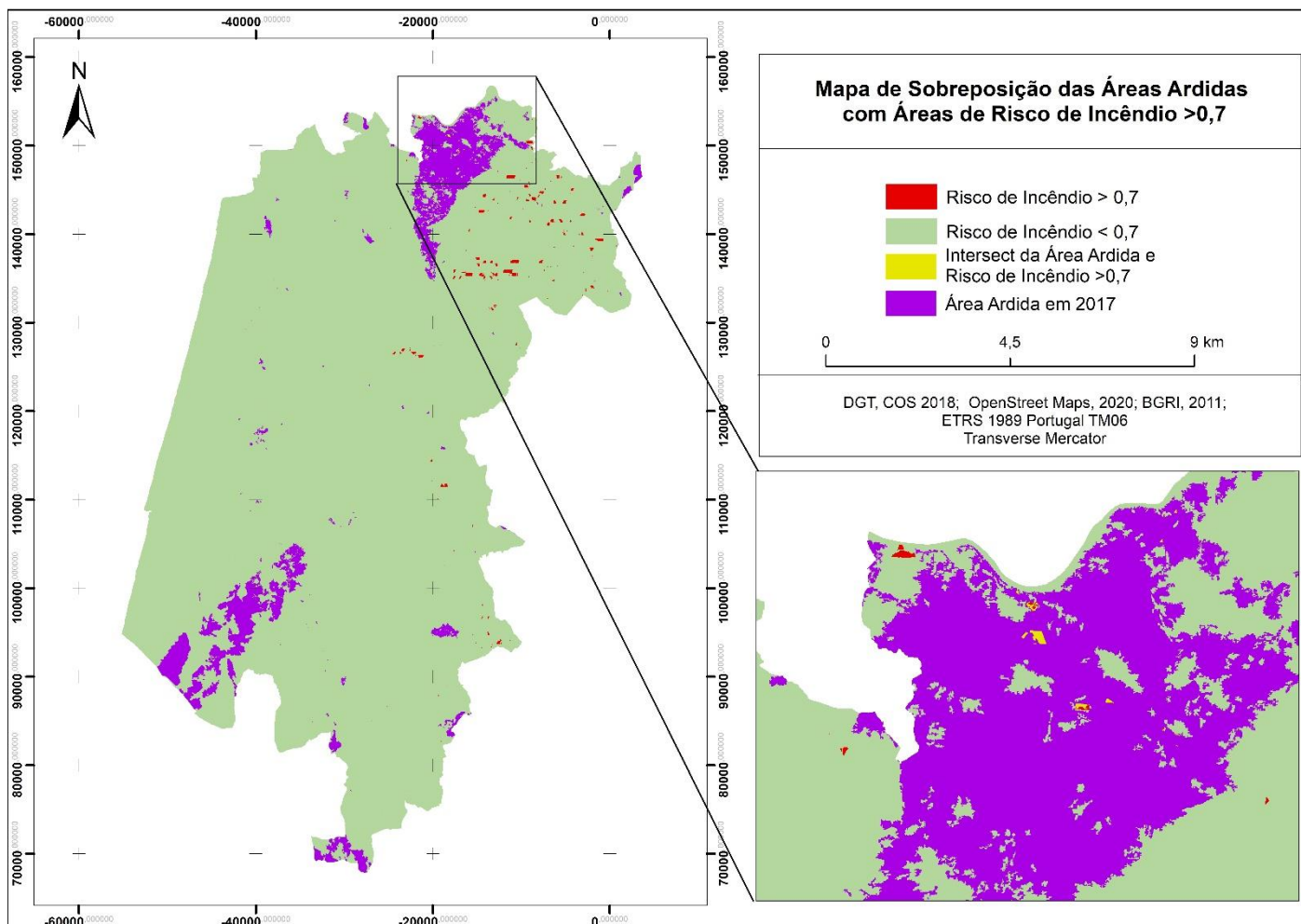
Mapa 7 – Resultado da Análise Multicritério;

Após a soma ponderada dos 6 critérios devidamente normalizados, gerou-se o Mapa de Risco de Incêndio ao qual se atribuíram 5 classes com a simbologia visível no mapa 7 desde Risco de Incêndio Muito Baixo a Muito Elevado. Os valores compreendidos nos 5 intervalos variam entre 0,000001816 e 0,765907347. De notar a influência do *raster* de Distâncias de Custo da Rede Hidrográfica que permite concluir exatamente que as áreas com corpos de água não terão um Risco de Incêndio além de Baixo enquanto que as áreas florestais demarcadas pela Carta de Ocupação do solo estarão expostas ao Risco de Incêndio, classificando-se como Risco Muito Elevado. Por influência da Ria de Aveiro, o litoral do distrito mostra-se bem menos submetido a Risco de Incêndio, mas à medida que nos deslocamos para o interior do mesmo, observamos um aumento desse mesmo risco nomeadamente nos Municípios de Castelo de Paiva, Arouca, Oliveira de Azeméis, Vale de Cambra, Sever do Vouga, parte do Município de Albergaria -A – Velha (Este), Águeda, Anadia e Mealhada.



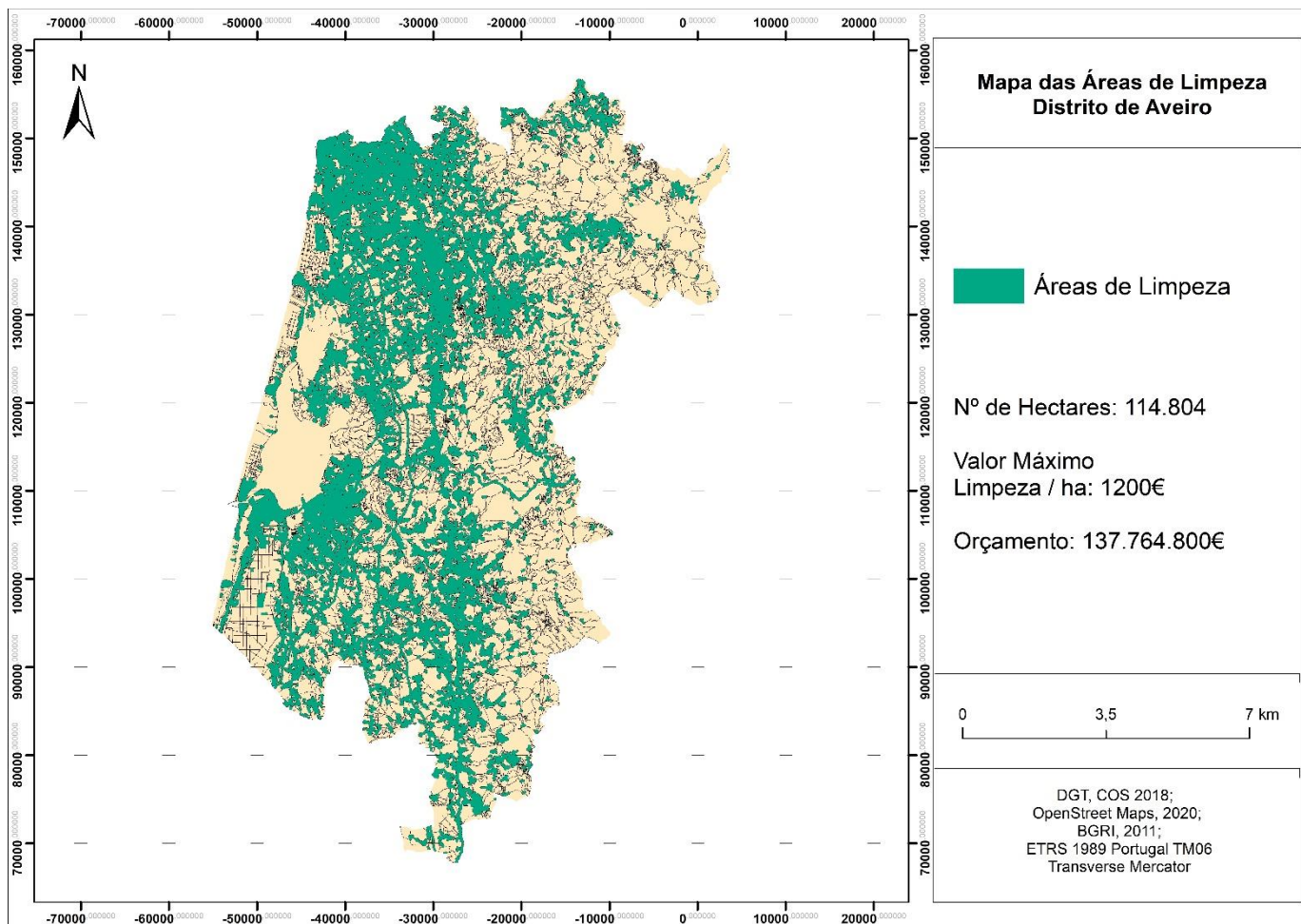
Mapa 8 – Mapa de Risco de Incêndio Elevado;

De forma a identificar as áreas do território Aveirense com Risco de Incêndio Muito Elevado realizou-se a extração do *raster* com valores superiores a 0,7 através do *Raster Calculator* e posteriormente convertido de *raster* para *polygon*. Criou-se um campo na tabela de atributos e calculou-se a área abrangida pelo Risco de Incêndio superior a 0,7. A realização do *intersect* da área extraída com a BGRI permitiu identificar, através do campo de nº de residentes, a população exposta a Risco de Incêndio superior a 0,7 resultando em 2751 habitantes.



Mapa 9 – Mapa comparativo sobre o Risco de Incêndio e Áreas Ardidas 2017;

Por meio da informação geográfica disponibilizada pelo Instituto da Conservação da Natureza e Florestas (ICNF) relativa às Áreas Ardidas em 2017, executou-se o *Intersect* com o Risco de Incêndio superior a 0,7 de forma a identificar, em comparação com a análise realizada, quais das áreas que arderam em 2017 se sobrepõem às áreas de maior risco, resultando em 0,11%. A percentagem obtida é extremamente baixa, no entanto, este resultado reside no facto de aquando a realização da ponderação dos pesos, estes não foram devidamente exagerados, limitando a análise, tendo em conta que o valor máximo de Risco de Incêndio atinge 0,765907347.



Mapa 10 – Orçamento previsto para limpeza;

Tendo em conta toda a área florestal no Distrito de Aveiro e a proximidade de aglomerados urbanos às mesmas, procedeu-se ao cálculo do orçamento para a limpeza das florestas tendo em conta que o valor máximo de limpeza por hectare são 1200€. A partir da ferramenta de seleção, extraiu-se a área correspondente a territórios artificializados e realizou-se um *buffer* de 100 metros; para a rede viária, uma vez que necessitam também que haja limpeza das valas e área envolvente para reduzir a quantidade de materiais combustíveis e como forma de prevenção da propagação de incêndio, o *buffer* gerado foi de 10 metros. Posteriormente executou-se a ferramenta *merge* para ambos os *buffers* gerados e concluiu-se com o *Union* entre as duas *shapefiles*. Após a realização do *Union* adicionou-se um campo à tabela de atributos de forma a obter a área dada em hectares resultando em 114804 hectares. Sabendo o valor máximo de limpeza por hectare realizou-se a multiplicação entre os dois valores mostrando que o custo total da limpeza das áreas extraídas seria de 137.764.800€.

Conclusão

Em suma, torna-se interessante e ao mesmo tempo exigente o rigor necessário para operar ferramentas relacionadas com geoprocessamento e modelação de informação seja em formato *raster* ou formato vetorial uma vez que o resultado final é facilmente influenciado pela decisão do operador. De notar que se torna possível compreender de que forma podemos prevenir e tornar o território resiliente face a riscos naturais, nomeadamente os Incêndios que têm vindo a dizimar hectares por todo o país.

A aplicação de ferramentas de Análise Espacial para o entendimento de todo panorama, seja ele social e/ou ambiental permite uma melhor análise das variáveis a considerar para o projeto em questão ainda que este processo de análise possa ser adaptado a inúmeros estudos que não se relacionem diretamente com a componente do Risco Natural.

No âmbito em questão, após a análise multicritério foi possível compreender o porquê de determinadas variáveis apresentarem certos e determinados comportamentos/tendências à medida que se foi avançando na investigação bem como o peso que cada critério viria a possuir.

Bibliografia

- Aveiro, C. M. (2018). *Plano Municipal de Defesa da Floresta contra Incêndios 2018 - 2027*. Aveiro: CMA.
- Cardona, O. D. (2007). *Indicators of Disaster Risk and Risk Management*. Washington, D.C.: Inter-American Development Bank.
- Catarina Carvalho Antunes, D. X. (2011). *Avaliação do Risco de Incêndio Florestal no Concelho de*. Coimbra: Universidade de Coimbra.
- Costa, R. P. (2009). *Determinação de Risco de Incêndio em Zonas Urbanas utilizando a Análise Multi-Critério*. Lisboa: Universidade de Lisboa - F. Ciências U.L - DEPT. Eng. Geográfica, Geofísica e Energia.
- Estatística, I. N. (25 de Março de 2011). *Base Geográfica de Referenciação de Informação*. Obtido de Censos: <http://mapas.ine.pt/download/index2011.phtml>
- Fernandes, P. A. (2002). *Desenvolvimento de relações preditivas para uso no planeamento de fogo controlado em povoamentos de Pinus Pinaster Ait*. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Território, D. g. (25 de Março de 2018). *Carta Administrativa Oficial Portuguesa*. Obtido de SNIT: http://www.dgterritorio.pt/sistemas_de_informacao/snit/igt_em_vigor__snit_/acesso_si mples/
- Vários. (16 de Março de 2020). *OpenStreet Map*. Obtido de Geofabrik: <https://www.openstreetmap.org/#map=9/41.1682/-7.0203>

