

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOGRÁFICA, GEOFÍSICA E ENERGIA



**Análise espacial multicritério na avaliação do risco
sísmico: caso de estudo da região do Algarve, Portugal**

Diogo da Silva Mourão

Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica – Tecnologias e Aplicações

Dissertação orientada por:
Prof.^a Doutora Cristina Catita

“A educação é a arma mais poderosa que você pode usar para mudar o mundo.”

Nelson Mandela

AGRADECIMENTOS

Com a conclusão deste trabalho de projeto, finaliza-se mais uma etapa da vida académica. Por isso, considero pertinente neste momento dirigir alguns agradecimentos especiais.

Em primeiro lugar, a todos os professores e professoras que se cruzaram no meu trajeto académico e que foram fundamentais para chegar a esta fase de formação.

Em segundo lugar, agradecer à Professora Doutora Cristina Catita, por ter aceite desde o primeiro momento ser a orientadora deste trabalho de projeto. Com a pandemia que infelizmente assolou todo o Mundo e que obrigou ao trabalho à distância, nem sempre foi fácil avançar, mas por todas as horas de discussão do projeto e por todo o apoio, dicas, propostas, e críticas, o meu sincero agradecimento.

Depois, a todos os amigos e amigas por toda a força e apoio, e por, ao longo dos anos, sempre me incentivarem nas minhas escolhas. Agradecer ainda à minha namorada, que acompanhou todo o meu percurso universitário e se tornou numa peça fundamental para que tudo fizesse sentido, mesmo quando parecia ser mais difícil desistir do que continuar.

Por último, mas não menos importante, a toda a minha família e principalmente aos meus pais, pelo apoio dado em tudo ao longo de toda a vida e por me terem deixado sempre ser livre nas minhas escolhas.

RESUMO

A região do Algarve, devido ao seu enquadramento geográfico e geotectónico, localizado a norte da fronteira entre as placas eurasiática e africana, tem sido muito fustigada por diversos eventos sísmicos, que num cenário mais extremo, podem trazer graves prejuízos em termos materiais e humanos. O sismo de 1755, seguido de um maremoto, é o maior exemplo até aos dias de hoje, da devastação causada por um sismo em Portugal. Os eventos sísmicos são considerados desastres naturais inevitáveis, sendo impossível saber quando, onde e com que magnitude vão ocorrer, no entanto, é possível tentar minimizar e mitigar os efeitos adversos destes eventos através de um planeamento mais rigoroso, maior informação junto das populações mais vulneráveis e avanço de novas formas na construção do edificado, mais resistente a sismos. Para além dos imprevisíveis fatores naturais, existem fatores sociodemográficos, físicos, estruturais que contribuem para o risco sísmico.

Assim, este trabalho tem como objetivo criar um índice de vulnerabilidade sísmica baseado em fatores sociodemográficos, físicos e do edificado, que será espacializado para cada subsecção estatística da área teste. Escolheu-se para o efeito a região do Algarve, em particular, os concelhos de Loulé, Portimão e Albufeira. A metodologia usada para a definição da componente social foi baseada no método análise em componentes principais para selecionar as variáveis de caracterização sociodemográfica, numa adaptação do método de Mendes *et al.* (2011), baseado em Cutter *et al.* (2003). Para a definir a vulnerabilidade do edificado, adaptaram-se os métodos definidos em Sousa (2006) e no projeto europeu *Risk-EU*, aplicado em Vilas-Boas (2016). Na componente física, foi utilizada a base de dados presente em Teves-Costa *et al.* (2019) com todas as intensidades sísmicas máximas para a área de estudo. A combinação das três componentes, através do método AHP, permitiu gerar o índice de vulnerabilidade sísmica ao nível da subsecção estatística. Para a espacialização deste índice de vulnerabilidade urbana ao risco sísmico, recorreu-se aos Sistemas de Informação Geográfica, os quais permitiram a produção de alguns mapas que podem constituir uma ferramenta de elevada importância para a gestão e planeamento do risco ao nível municipal através da elaboração de planos e/ou medidas mitigadoras.

Como principais resultados identificaram-se diferenças importantes entre as componentes social, estrutural e física. Destacam-se os territórios mais interiores de cada concelho, caracterizados por uma população mais idosa, edificado antigo e menos resistente e afastada das infraestruturas de apoio; e os centros urbanos, que apresentam um misto nas componentes sociodemográficas e do edificado, mas muito mais perto de todos os serviços. Na componente física, embora com valores elevados, a vulnerabilidade diminui à medida que nos afastamos da costa. Deste estudo, após ponderação pelo método AHP, resultaram maioritariamente subsecções de vulnerabilidade média, sendo que os valores qualitativos extremos, tanto o mais positivo como o mais negativo, tiveram pouca expressão no território. Embora estes territórios tenham uma perigosidade sísmica elevada, quando combinada com outras componentes, resulta numa vulnerabilidade mais atenuada.

PALAVRAS CHAVE: Análise Multicritério, Risco Sísmico, SIG, Vulnerabilidade, Algarve, AHP.

ABSTRACT

The region of the Algarve, due to its geographic and geotectonic framework, located north of the border between the Eurasian and African plates, has been heavily hit by several seismic events which, in a more extreme scenario, could bring significant human and material damage. The 1755 earthquake, followed by a tidal wave, is the greatest example to date of the devastation caused by an earthquake in Portugal. Seismic events are effectively considered inevitable natural disasters, as it is impossible to know when, where and with what magnitude they will occur, however, it is possible to try to minimize and mitigate the adverse effects of these events through more rigorous planning, with more information for the most vulnerable populations and even with the advance of new methods in construction, making buildings more resistant to earthquakes. In addition to the unpredictable natural factors, there are sociodemographic and physical structural factors that contribute to seismic risk.

Thus, this work aims to create an index of seismic vulnerability based on sociodemographic, physical and construction factors, which will be spatialized for each statistical subsection of the test area. The Algarve region was chosen for this purpose, in particular the municipalities of Loulé, Portimão and Albufeira. The methodology used to define the social component was based on the principal component analysis method to select the socio-demographic characterization variables, in an adaptation of the method of Mendes et al. (2011), based on Cutter et al. (2003). To define the vulnerability of the construction, methods were adapted as defined in Sousa (2006) and in the European project Risk-EU, applied in Vilas-Boas (2016). In the physical component, the database present in Teves-Costa et al. (2019) was used, with all the maximum seismic intensities for the study area. The combination of the three components, through the AHP method, allowed the generation of the seismic vulnerability index at the level of the statistical subsection. For the spatialization of this urban vulnerability index to seismic risk, Geographic Information Systems were used, which allowed the production of some maps that can constitute a highly important tool for risk management and planning at the municipal level through the elaboration of plans and/or mitigating measures.

As main results, important differences were identified in each component between the social, infrastructural and physical components. The most inland territories of each municipality stand out, characterized by an older population, old building and less resistant and away from the support infrastructures; and urban centers, which present a mix of sociodemographic and built components, but much closer to all services and facilities. In the physical component, although with high values, vulnerability decreases as we move away from the coast. From this study, after weighting by the AHP method, mostly sub-sections of medium vulnerability resulted, and the extreme qualitative values, both the most positive and the most negative, had little expression in the territory. Although these territories have a high seismic hazard, when combined with other components, results in a more mitigated vulnerability.

KEYWORDS: Multicriteria Analysis, Seismic Risk, GIS, resilience, Algarve, AHP

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	iii
RESUMO	iv
ABSTRACT	iv
ÍNDICE	vi
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	x
ACRÓNIMOS	xii
Capítulo 1	1
INTRODUÇÃO	1
1.1. ENQUADRAMENTO DO TEMA	1
1.2. MOTIVAÇÃO	3
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.4. RESUMO DA METODOLOGIA	4
1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO DE PROJETO.....	5
Capítulo 2	6
ESTADO DA ARTE	6
2.1. SISMICIDADE	6
2.2. PERIGOSIDADE, SUSCETIBILIDADE, VULNERABILIDADE E RISCO.....	10
2.3. RESILIÊNCIA E GESTÃO DE RISCO	13
2.4. OS SIG APLICADOS AO RISCO SISMICO	16
2.5. ANÁLISE MULTICRITÉRIO: ACP e AHP	17
2.5.1 Análise Multicritério	17
2.5.2 O método Analytic Hierarchy Process (AHP).....	18
2.5.3 O método de Análise de Componentes Principais (ACP)	20
2.6. POLÍTICAS EUROPEIAS, NACIONAIS E MUNICIPAIS PARA GESTÃO DE RISCO..	21
Capítulo 3	24
METODOLOGIA E DADOS	24
3.1. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	26
3.3.1 Enquadramento geotectónico e sismicidade histórica e instrumental	32

3.2. DADOS E VARIÁVEIS EM ESTUDO	36
3.2.1 Componente Social	37
3.2.2 Componente Edificado	50
3.2.3 Componente Física	54
3.2.4 Análise Multicritério	55
Capítulo 4	57
RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
4.1. COMPONENTE SOCIAL	57
4.1.1 Criticidade	57
4.1.2 Capacidade de Suporte	66
4.1.3 Vulnerabilidade Social	72
4.2. COMPONENTE DO EDIFICADO	75
4.3. COMPONENTE FÍSICA	77
4.4. INDICADOR DE VULNERABILIDADE SÍSMICA COMPOSTO	78
4.5. DISCUSSÃO	82
Capítulo 5	84
CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS	84
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
ANEXOS	97
A. Estatísticas, variáveis e lugares da componente social	97
B. Mapas de cada concelho para cada FAC da criticidade	101
C. Mapas de cada concelho para cada FAC da capacidade de suporte	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 Índice de consistência aleatória (RI) proposto por Saaty (1987).....	19
Tabela 3.1 Variação da população residente (%) nas regiões de Portugal e concelhos em estudo. Fonte: INE	27
Tabela 3.2 Saldos natural, migratório e efetivo nos concelhos em estudo (2011). Fonte: INE	29
Tabela 3.3 Ganho médio mensal e poder de compra per capita em Portugal, região do Algarve e concelhos em estudo (2011). Fonte: Portal Pordata	30
Tabela 3.4 Alguns dos principais sismos que afetaram Portugal continental. Fonte: Oliveira & Estevão (2015)	35
Tabela 3.5 Lista de variáveis utilizadas para o cálculo das três componentes em análise.	36
Tabela 3.6 Matriz de correlações (Pearson) para a criticidade depois de eliminadas as variáveis com correlação superior a 0,7, no software SPSS	39
Tabela 3.7 Matriz de correlações (Pearson) para a capacidade de suporte depois de eliminadas as variáveis com correlação superior a 0,7, no software SPSS.....	39
Tabela 3.8 Matriz anti-imagem para a criticidade depois de eliminadas as variáveis com valores de covariância inferiores a 0,5, no software SPSS	40
Tabela 3.9 Matriz anti-imagem para a capacidade de suporte depois de eliminadas as variáveis com valores de covariância inferiores a 0,5, no software SPSS.....	41
Tabela 3.10 Comunalidades da criticidade após a eliminação das variáveis com comunalidade inferior a 0,5, no software SPSS.....	42
Tabela 3.11 Comunalidades da capacidade de suporte após a eliminação das variáveis com comunalidade inferior a 0,5, no software SPSS	42
Tabela 3.12 Teste KMO e Bartlett para a criticidade e capacidade de suporte, no software SPSS	42
Tabela 3.13 Grau de ajuste à análise fatorial através do valor KMO, segundo alguma literatura	43
Tabela 3.14 Variância total explicada para a extração de componentes principais da criticidade, através dos autovalores iniciais superiores a 1, no software SPSS.....	44
Tabela 3.15 Variância total explicada para a extração de componentes principais da capacidade de suporte, através dos autovalores iniciais superiores a 1, no software SPSS.....	44
Tabela 3.16 Matriz de componente rotativa (método varimax) para a criticidade, no software SPSS ..	45
Tabela 3.17 Matriz de componente rotativa (método varimax) para a capacidade de suporte, no software SPSS	45
Tabela 3.18 Componentes principais extraídas pela ACP e respetivas variáveis explicativas da criticidade, no software SPSS	46
Tabela 3.19 Componentes principais extraídas pela ACP e respetivas variáveis explicativas da capacidade de suporte, no software SPSS	46
Tabela 3.20 Matriz de transformação de componente para a criticidade, no software SPSS.....	47

Tabela 3.21 Matriz de transformação de componente para a capacidade de suporte, no software SPSS	47
Tabela 3.22 Somas ponderadas para o cálculo de cada fator da criticidade. Adaptado de Dias (2013).	48
Tabela 3.23 Somas ponderadas para o cálculo de cada fator da capacidade de suporte. Adaptado de Dias (2013).....	48
Tabela 3.24 Fórmula para o cálculo de equalização para a obtenção dos fatores finais da criticidade. Adaptado de Dias (2013).....	48
Tabela 3.25 Fórmula para o cálculo de equalização para a obtenção dos fatores finais da capacidade de suporte. Adaptado de Dias (2013).....	49
Tabela 3.26 Vulnerabilidade sísmica de cada par “tipologia construtiva – época de construção”. Adaptado de Sousa (2006) e Vilas-Boas (2016)	52
Tabela 3.27 Fatores de vulnerabilidade dos modificadores de comportamento (ΔV_m) para edifícios de alvenaria. Adaptado de Sousa (2006) e Vilas-Boas (2016).....	53
Tabela 3.28 Fatores de vulnerabilidade dos modificadores de comportamento (ΔV_m) para edifícios de betão armado. Adaptado de Sousa (2006) e Vilas-Boas (2016).....	53
Tabela 3.29 Escala de importâncias (adaptado de Saaty, 1987).....	56
Tabela 3.30 Matriz de comparação par a par das componentes utilizadas no indicador de vulnerabilidade sísmica composto.....	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 1) Enquadramento tectónico de Portugal. Fonte: Lança (2016); 2) Carta geológica de Portugal. Fonte: LNEG (2020).....	8
Figura 2.2 Distribuição de epicentros de sismos históricos e instrumentos, de 33 a.C. a 1991. Adaptado de L. Matias, in J. Cabral (1993).....	9
Figura 2.3 Mapa de Intensidades Máximas (MIM) de Portugal continental: a) mapa do IPMA até Janeiro 2018 (Teves-Costa <i>et al.</i> , 2019); b) mapa do estudo de Teves-Costa <i>et al.</i> (2019)....	8
Figura 2.4 Diagrama das características de cada conceito e enquadramento nas componentes em estudo. Baseado em Panizza (1990), Cardona (1999) e Birkmann (2004; 2008)	16
Figura 2.5 Dois exemplos de aplicação de SIG ao estudo de risco sísmico: 1) mapa de intensidades máximas (EMS-98) para o sismo de 1755 (LNEC); 2) sobreposição dos sismos onshore ao mapa geológico de Portugal (LNEG, 2020) em Catita <i>et al.</i> (2019).....	17
Figura 3.1 Workflow metodológico do projeto.....	26
Figura 3.2 Mapa da região do Algarve – Municípios e freguesias (2011)	27
Figura 3.3 Mapa de densidade populacional, por freguesias, nos concelhos em estudo (2011)	28
Figura 3.4 Mapa do índice de dependência de idosos, por freguesias, nos concelhos em estudo (2011).	29
Figura 3.5 Gráfico dos setores de atividade nos concelhos em estudo (2011). Fonte: INE	30
Figura 3.6 Mapa da taxa de analfabetismo, por freguesias, nos concelhos em estudo (2011).....	31
Figura 3.7 Mapa dos equipamentos de segurança e socorro nos concelhos em estudo (2011).....	32
Figura 3.8 Rede viária nos concelhos em estudo. Fonte: OpenStreetMap	33
Figura 3.9 Proporção de ocupação do solo por espaços artificializados e agrícolas nos concelhos em estudo (COS 2018).....	33
Figura 3.10 Mapa da distribuição de epicentros de sismos instrumentais, na região do Algarve e áreas adjacentes, no período 1961-2003 (Carrilho, 2005) e das principais falhas ativas atualmente identificadas na região do Algarve (zona emersa e imersa). Área imersa: vermelho, falhas ativas no Holocénico; castanho, falhas ativas cegas; azul, componente extensional mesozóica; castanho tracejado, falhas ativas no Pliocénico ou inferidas. Área emersa: cheio, falhas reconhecidas no campo; tracejado, inferidas. Fonte: ERSTA, 2010.....	34
Figura 3.11 Mapa de Intensidades Sísmicas Máximas (MIM) de Portugal continental. Fonte: Plataforma nacional para a redução do risco de catástrofe.....	35
Figura 3.12 Classificação dos scores da vulnerabilidade através do desvio-padrão. Adaptado de Mendes <i>et al.</i> (2019).....	50
Figura 3.13 Percentagem (%) de edifícios por época de construção nos concelhos em estudo. Fonte: (INE)	51
Figura 3.14 Avaliação do efeito de sítio na propagação de ondas sísmicas através de fatores físicos (ERSTA, 2010).....	55

Figura 3.15 Mapa de declives da região do Algarve	55
Figura 4.1 Mapa para a FAC1 – Estudantes e trabalhadores no município, indivíduos analfabetos e população com 65 ou mais anos.....	57
Figura 4.2 Mapa para a FAC2 – Características dos Alojamentos.....	58
Figura 4.3 Mapa para a FAC3 – Agregado familiar.....	60
Figura 4.4 Mapa para a FAC4 – Densidade populacional e do edificado	61
Figura 4.5 Mapa para a FAC5 – População empregada nos setores primário (baixo poder de compra) e terciário (alto poder de compra).....	62
Figura 4.6 Criticidade final para o concelho de Albufeira	64
Figura 4.7 Criticidade final para o concelho de Loulé	65
Figura 4.8 Criticidade final para o concelho de Portimão.....	66
Figura 4.9 Mapa para a FAC1 – Cobertura de equipamentos e infraestruturas de apoio à população...67	
Figura 4.10 Mapa para a FAC2 – Contraste urbano/rural	68
Figura 4.11 Mapa para a FAC3 – Distância a unidades hoteleiras, forças de segurança e de socorro...69	
Figura 4.12 Capacidade de suporte final para o concelho de Albufeira.....	70
Figura 4.13 Capacidade de suporte final para o concelho de Loulé.....	71
Figura 4.14 Capacidade de suporte final para o concelho de Portimão	72
Figura 4.15 Vulnerabilidade social para o concelho de Albufeira	73
Figura 4.16 Vulnerabilidade social para o concelho de Loulé	74
Figura 4.17 Exemplo das vantagens da utilização das subsecções estatísticas no lugar de Loulé.....	74
Figura 4.18 Vulnerabilidade social para o concelho de Portimão	75
Figura 4.19 Vulnerabilidade do edificado para o concelho de Albufeira.....	75
Figura 4.20 Vulnerabilidade do edificado para o concelho de Loulé.....	76
Figura 4.21 Vulnerabilidade do edificado para o concelho de Portimão	77
Figura 4.22 Mapa de intensidades sísmicas máximas nos concelhos em estudo. Fonte: Teves-Costa <i>et al.</i> (2019).....	78
Figura 4.23 Indicador final de vulnerabilidade sísmica composto para o concelho de Albufeira	79
Figura 4.24 Indicador final de vulnerabilidade sísmica composto para o concelho de Loulé	80
Figura 4.25 Indicador final de vulnerabilidade sísmica composto para o concelho de Portimão	81
Figura 4.26 Percentagem (%) qualitativa das subsecções de cada concelho em estudo e totais.....	81
Figura 4.27 Estatísticas finais do indicador de vulnerabilidade sísmica composto para os concelhos em estudo	82

ACRÓNIMOS

ACP	Análise de Componentes Principais
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
BGRI	Base Geográfica de Referenciação e Informação
CSV	<i>Comma Separated Values</i>
DGT	Direção Geral do Território
EEWS	<i>Earthquake Early Warning System</i>
FAC	<i>Factor Analysis Component</i>
IGT	Instrumentos de Gestão Territorial
INE	Instituto Nacional de Estatística
INI	<i>Own-initiative Procedure</i>
IPMA	Instituto Português do Mar e da Atmosfera
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
LNEG	Laboratório Nacional de Energia e Geologia
ONU	Organização das Nações Unidas
PDM	Plano Diretor Municipal
PEERST	Plano Especial de Emergência para o Risco Sísmico e de Tsunamis
PME	Plano Municipal de Emergência
PROT	Plano Regional de Ordenamento do Território
REGI	Comissão de Desenvolvimento Regional
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
SoVI	<i>Social Vulnerability Index</i>
UNDRO	<i>United Nations Disaster Relief Organization</i>
UNESCO	<i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i>
UNISDR	<i>United Nations Office for Disaster Risk Reduction</i>
USGS	<i>United States Geological Survey</i>
ZCAP	Zonas de Concentração e Apoio à População

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO DO TEMA

Os sismos são fenómenos naturais com origem no interior da crosta terrestre que, pela sua imprevisibilidade no espaço e tempo, libertação de energia e rapidez, são capazes de causar enormes prejuízos quer materiais quer humanos. Através de registos históricos, é possível concluir que grande parte dos sismos ocorre ao longo de falhas geológicas e nas áreas de contato entre as placas tectónicas. No que diz respeito à capacidade destrutiva de um sismo, esta depende do hipocentro, da magnitude, das características geológicas e topográficas, da distância epicentral, em terra (*onshore*) ou no mar (*offshore*), sendo que sismos *offshore*, podem originar *tsunamis*, causando muita destruição.

No presente estudo é utilizada a escala de *Mercalli* modificada (Wood & Neumann, 1931) para quantificar o grau de intensidade sísmica. Esta escala possui valores entre I e XII e associado a cada grau de intensidade existe uma descrição dos danos provocados pelo evento sísmico. A escala de *Mercalli* modificada é mais pormenorizada na medida em que descreve os efeitos sobre cada território, dependendo das características físicas do solo, do tipo de povoamento e das características das construções. Não é por isso invulgar, quando se traçam as linhas isossistas do sismo, que áreas relativamente próximas tenham diferentes graus de intensidade.

No caso de Portugal, historicamente, a ocorrência de sismos de maior intensidade atinge as regiões do Algarve, de Lisboa e Vale do Tejo e o Arquipélago dos Açores, tendo na maioria dos casos epicentros no mar. A ocorrência de sismos de baixa magnitude em Portugal ou ao largo da costa é frequente, sendo raros os casos onde esses abalos causam danos materiais ou humanos. Nos estudos dedicados ao país, está sempre presente a referência ao grande sismo de 1755, que atingiu intensidade X nas regiões do Algarve e Lisboa, bem como a preocupação com os centros históricos, tipicamente com um edificado mais antigo e pouco sismo-resistente.

A maioria dos estudos sobre a sismicidade focam-se essencialmente na modelação do fenómeno natural e nas suas especificidades. A caracterização do fenómeno sísmico desempenha um papel importante na aquisição, processamento, interpretação, caracterização e desenvolvimento da base de dados, tornando os estudos e resultados mais eficazes e completos (Sayers & Chopra, 2009). Estes estudos revelam-se essenciais para a elaboração de planos de emergência e estratégias de planeamento urbano.

Os estudos realizados nas áreas que envolvem o risco devem ser complementados ou aproveitados por parte das entidades competentes. Este apoio da ciência constitui atualmente uma grande mais-valia na gestão municipal do risco. Por exemplo, relativamente às estruturas urbanas, o conhecimento do risco a que estão sujeitas, permitirá tomadas de decisão dos organismos governamentais a aplicar em cada território, assim como a definir normas de construção ou de restrição à construção em áreas de vulnerabilidade elevada.

Para além destas questões infraestruturais, nos últimos anos, embora com pouca regularidade, tem também havido uma aposta na disseminação de informação e na realização de simulacros, por forma a instruir o cidadão para os comportamentos a adotar e como agir em caso de sismo. Desde a década de 1980, por imposição da União Europeia, os municípios portugueses tiveram de preparar Planos Diretores Municipais (PDM). Os PDM são os principais Instrumentos de Gestão Territorial (IGT) e versam sobre as mais variadas matérias com incidência no território, especialmente a gestão do uso do solo urbano. Em 2005, no âmbito da Legislação de Proteção Civil, começaram a ser elaborados Planos Municipais de Emergência (PME). Nestes planos, são identificados os riscos que afetam o município e produzidos e apresentados mapas de suscetibilidade (Carvalho *et al.*, 2016).

Ao nível da informação geográfica de apoio à gestão municipal, é importante definir a escala de trabalho e o detalhe espacial requerido para cada aplicação. Em Portugal, os censos 2001 (INE, 2001), através da Base Geográfica de Referenciação de Informação (BGRI), permitiram melhorar a escala de análise, que se revelou um instrumento essencial no planeamento e controlo da recolha de dados, referenciando geograficamente a informação estatística dos censos e sendo um exemplo de sucesso da utilização dos sistemas de informação geográfica para gestão de informação estatística (Oliveira, 2008). Pese embora esta evolução na recolha e tratamento de dados, muitos dos trabalhos desenvolvidos ao nível municipal optam por utilizar escalas menos detalhadas de trabalho, como as secções estatísticas ou as freguesias. Entre os argumentos mais utilizados para justificar essas opções de escala de trabalho são frequentemente mencionados a ausência de dados em subsecções específicas ou elevado volume de informação a ser tratada (Mendes *et al.*, 2011). Embora estes sejam argumentos válidos, a verdade é que a análise ao nível da subsecção permite perceber a localização exata dos territórios mais e menos vulneráveis, permitindo a alocação de recursos apenas nas zonas mais necessitadas.

A análise espacial e temporal histórica dos eventos sísmicos, bem como a sua classificação por nível de intensidades sísmicas, permite identificar quais as áreas mais afetadas caso estes fenómenos se repitam. Assim, aliados aos fatores sociais, demográficos, estruturais e físicos, existe a necessidade de se compreender a sua distribuição no espaço e no tempo de forma a encontrar as melhores soluções de comunicação com a população. Este planeamento e as possíveis ações de prevenção que dele derivam, podem ter uma influência muito significativa na minimização dos efeitos sobre as populações em caso de sismo.

O presente trabalho, pretende assim abordar a sismicidade como o fenómeno que desencadeia a resposta e testa o nível de preparação de determinado lugar face ao pior cenário já registado em cada território. Desta forma, a contribuição científica deste estudo, centra-se no desenvolvimento de uma metodologia que permita avaliar a vulnerabilidade sísmica de cada território, correlacionando espacialmente fatores sociodemográficos, infraestruturas existentes e intensidades sísmicas máximas de forma a compreender quais os locais mais vulneráveis caracterizando assim o território quanto à sua capacidade de resposta a este tipo de fenómeno natural. Esta avaliação é concretizada através do desenvolvimento de um indicador de vulnerabilidade à sismicidade que contemple a capacidade de suporte e os aspetos críticos, ao nível da subsecção estatística, combinando os fatores relativos à caracterização sociodemográfica, edificado e suscetibilidade sísmica de cada local. Para testar a metodologia definiu-se como área de estudo os concelhos de Portimão, Loulé e Albufeira, do distrito de Faro, os quais apresentam já Planos Municipais de Emergência. Entre todos os riscos identificados nestes planos, o risco sísmico é talvez o mais relevante, tendo em consideração a sismicidade histórica e instrumental de Portugal continental (Moreira 1991).

1.2. MOTIVAÇÃO

A vulnerabilidade sísmica representa um risco diário para a vida humana, devido à sua incerteza e aos efeitos devastadores que pode provocar. Os estudos habitualmente realizados de análise sísmica estão segmentados em áreas específicas de investigação. Assim, a grande motivação para este trabalho deveu-se à escassez de trabalhos que combinem as componentes: caracterização sociodemográfica, estruturas de edifícios, intensidades máximas observadas numa metodologia que espacialize com algum detalhe espacial a vulnerabilidade sísmica, numa das regiões historicamente mais afetada por sismos em Portugal, a região do Algarve. Do ponto de vista científico, a criação de um indicador de vulnerabilidade ao nível da subsecção estatística, constitui um complemento aos estudos existentes focados ou só na componente vulnerabilidade social ou só na componente estrutural. Por outro lado, o recurso à tecnologia SIG para o mapeamento do indicador de vulnerabilidade sísmica suporta a criação de uma ferramenta de apoio à gestão municipal, que pode posteriormente ser adequada a qualquer parte do território nacional.

1.3. OBJETIVOS

O principal objetivo do presente trabalho de projeto é definir uma metodologia que permita avaliar a vulnerabilidade sísmica, através de um indicador passível de ser mapeado ao nível da subsecção estatística, e que se baseie nos fatores sociodemográficos, infraestruturas existentes e intensidades sísmicas máximas sentidas de cada local, modelando assim geograficamente os locais quanto à sua vulnerabilidade sísmica. Assim podem-se sintetizar-se os objetivos deste projeto em:

Objetivos gerais:

- Desenvolver de uma metodologia que combine as três componentes em análise: sociodemográfica, estrutura de edificado e física. Cada componente é analisada com uma metodologia própria, resultando numa solução na qual a vulnerabilidade de cada local será classificada numa escala de valores que varia de 0 (perda nula) e 1 (perda total);
- Definir uma metodologia para implementar o indicador de vulnerabilidade;
- Gerar a cartografia de vulnerabilidade sísmica através da espacialização do indicador definido anteriormente.

Objetivos específicos:

- Explorar metodologias de análise espacial de modo a definir devidamente o indicador de vulnerabilidade;
- Explorar quais as variáveis sociais (económicas e demográficas), mais relevantes para a caracterização da vulnerabilidade social dos concelhos em estudo, através de análise de componentes principais;
- Avaliar a possibilidade de replicar a metodologia utilizada para outras zonas do país;
- Avaliar a viabilidade de automatização da metodologia, com a utilização de dados disponibilizados pelas instituições nacionais e outras fontes de informação totalmente gratuitas;
- Identificar as zonas mais afetadas por eventos sísmicos (intensidades) e onde a população seja mais vulnerável, quer seja por fatores sociodemográficos ou por fatores estruturais;

- Avaliar da situação existente em termos de prevenção e propostas de melhorias na forma ou conteúdo da comunicação com a população, que resultem desta avaliação.
- Analisar Instrumentos de Gestão Territorial (IGT) da região do Algarve, como o Plano Municipal de Emergência de cada município, Planos Diretor Municipais, Plano Especial de Emergência de Proteção Civil para o Risco Sísmico e de Tsunamis na Região do Algarve e Plano Regional de Ordenamento do Território do Algarve;

1.4. RESUMO DA METODOLOGIA

A metodologia apresentada neste estudo comporta a aplicação de métodos adaptados de estudos revistos pelo autor em cada uma das componentes analisadas: sociodemográfica, estrutural (edificado) e físico. Na componente social, foi seguida a metodologia de Mendes *et al.* (2011), baseada em Cutter *et al.* (2003), com algumas alterações presentes em Dias (2013), Rezende (2016) e Dutra Júnior (2016). Este método consiste na análise da vulnerabilidade social tendo em conta a criticidade e a capacidade de suporte. As variáveis selecionadas para o presente estudo foram retiradas de Tavares & Santos (2015), num trabalho realizado para o município de Câmara de Lobos, onde foi aplicada a mesma metodologia. Após a recolha das variáveis, a fase do tratamento culminou na normalização dos dados através de uma transformação linear quadrática, com os valores a variar entre 0 e 1. Devido ao elevado número de variáveis, 49 para a criticidade e 17 para a capacidade de suporte, foi realizada uma análise de componentes principais (ACP), que permitiu excluir variáveis com pouca capacidade explicativa. As variáveis foram organizadas em componentes principais e os valores dos loadings foram calculados através de uma média ponderada, sendo por fim multiplicados pela sua carga fatorial.

Na componente do edificado, a metodologia aplicada baseou-se no estudo de Vilas-Boas (2016), que utilizou a metodologia *Risk-UE* (Milutinovic & Trendafiloski, 2003) desenvolvida no projeto europeu com o mesmo nome, para o cálculo dos fatores de vulnerabilidade das diferentes tipologias construtivas definidas em Sousa (2006). Além do material de construção foram também considerados o número de pisos, posição do edifício, estado de conservação e época de construção. Os valores dos fatores de vulnerabilidade foram calculados consoante o número de edifícios com tais características em cada subsecção estatística, garantindo assim um cálculo pormenorizado, edifício a edifício. Pelo facto de os valores dos fatores de vulnerabilidade variarem entre 0 e 1, não existiu a necessidade de normalização.

Na componente física, optou-se pela utilização das intensidades sísmicas máximas, informação proveniente do estudo de Teves-Costa *et al.* (2019). É importante notar que as intensidades sísmicas agregam ao seu valor outras características físicas do território, para além dos estragos que provoca em determinado território. A normalização desta componente fez-se atribuindo o valor mínimo (0) à intensidade sísmica máxima mais baixa em Portugal (V) e o valor mais alto (1) à intensidade sísmica máxima mais alta em Portugal (X).

Com a vulnerabilidade calculada para cada componente, procedeu-se à criação de um indicador de vulnerabilidade final que combinasse as três componentes, através de uma análise multicritério. Aplicou-se o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP), que permitiu construir uma hierarquia, consoante a priorização dada a cada componente. Neste caso, optou-se por dar maior relevância à componente física, devido ao histórico de sismos na região e às características inerentes à escala de intensidades sísmicas. Assim, juntando o mapa final de vulnerabilidade de cada componente, aplicou-

se uma média ponderada com as percentagens extraídas do método AHP, que resultou no mapa de vulnerabilidade final.

Desta forma, foi possível o desenvolvimento de um processo mais simples, eficaz e abrangente de identificação dos perigos e das áreas com maior vulnerabilidade a perdas e danos, exequível para a revisão dos PDM e dos PME.

1.5. ESTRUTURA DO RELATÓRIO DE PROJETO

Este documento encontra-se estruturado em cinco capítulos. No capítulo um fez-se um breve enquadramento do tema do trabalho, tal como as motivações e os objetivos pretendidos. No capítulo dois é apresentado o estado da arte no qual é exposta a realidade do conhecimento atual através da revisão bibliográfica do tema do trabalho de projeto, bem como alguns conceitos relacionados com a sismicidade, vulnerabilidade social e estrutural. Em termos conceituais, é imperioso perceber de que forma se articulam no presente estudo e por que motivo são empregues alguns conceitos ao invés de outros. Ao longo do trabalho, será possível entender como se relacionam os conceitos fundamentais em todo o processo de avaliação de riscos, que pretende orientar o trabalho de identificação e caracterização dos perigos e a sua incidência espacial, salientando os principais conceitos: sismicidade, suscetibilidade, vulnerabilidade, resiliência, risco, ação sísmica, magnitude sísmica, intensidade sísmica, elementos expostos e análise multicritério. A descrição destes conceitos é relevante na medida em que são fundamentais para o estudo dos fenómenos sísmicos e da produção de cartografia de risco. No terceiro capítulo é caracterizada a área de estudo, apresentados os dados e a metodologia usados em cada componente, para a concretização do trabalho. Apresenta-se também a análise multicritério que leva à ponderação do indicador de vulnerabilidade sísmica composto. No capítulo quatro são apresentados os resultados obtidos e a análise feita aos mesmos. Finalmente, no último capítulo, são apresentadas as conclusões relativamente aos resultados obtidos, apresentando ainda algumas perspetivas de desenvolvimento de trabalho neste âmbito no futuro.

Capítulo 2

ESTADO DA ARTE

O presente capítulo tem o intuito de interligar a definição de alguns conceitos essenciais para o presente estudo – sismicidade, ação sísmica, perigosidade, elementos expostos, suscetibilidades, risco sísmico, vulnerabilidade sísmica, magnitude sísmica, intensidade sísmica, resiliência e análise multicritério (ACP e AHP) - com diversos estudos realizados até ao momento, pela comunidade científica, de âmbito internacional, nacional e local.

2.1 SISMICIDADE

Grande parte dos estudos sobre sismos focam-se na modelação do fenómeno sísmico. O facto de estes eventos serem imprevisíveis no espaço e no tempo, leva os cientistas a optarem pelo estudo da sismicidade a partir dos registos históricos, ou seja, um grande conjunto de sismos ou os mais extremos que ocorreram em cada zona como são exemplo os estudos de Batlló *et al.* (2008, 2010), Omira *et al.* (2010), Comerci *et al.* (2015), Liu *et al.* (2013, 2016), Deligiannakis *et al.* (2016), Armas *et al.* (2016), Amaro-Mellado *et al.* (2017) e Mavroulis *et al.* (2019). Segundo o REGI do Parlamento Europeu (INI, 2007), os sismos são dos fenómenos naturais mais mortíferos e destruidores do mundo, sendo responsáveis por, “ (...) ao longo do século vinte, a morte de um milhão e meio de pessoas em todo o mundo e prejuízos avaliados, só nos últimos 25 anos, em 75 mil milhões de euros.” Desta forma, a investigação e a ciência demonstraram desde sempre grande interesse pela sismologia e por todas as temáticas relacionadas direta ou indiretamente com a mesma.

Nos últimos anos, um número crescente de estudos envolveu uma abordagem à sismicidade com base na ciência de sistemas complexos. A sismicidade é composta por sistemas complexos (Sornette, 2000; Chelidze & Matcharashvili, 2015). Omori (1894) revelou, através de uma lei empírica, a complexidade sísmica, mas foram Gutenberg & Richter (1941) que cunharam a palavra sismicidade de forma a abranger ocorrências de terremotos, os seus mecanismos, magnitudes e especialmente sua distribuição geográfica (Stacey & Davis, 2008). Sismicidade está assim associada à frequência e distribuição dos sismos (atividade sísmica) numa determinada região. É possível calcular a sismicidade de um local, dividindo a região de estudo em áreas. A Lei de Gutenberg-Richter (1956) é um modelo probabilístico que descreve a relação entre a magnitude e o número total de sismos com magnitude igual ou maior que ocorre em determinada região num determinado período de tempo. Na fórmula usual para calcular a sismicidade, N serão todos os eventos com magnitude igual ou maior que a pretendida (M), enquanto que a e b são as constantes determinadas para cada região (Gutenberg & Richter, 1956):

$$\log_{10}N = a - bM \quad (2.1)$$

Embora na grande maioria dos casos os investigadores utilizem as magnitudes para os seus estudos, as intensidades sísmicas ganham maior preponderância nas investigações realizadas para o risco e vulnerabilidade, pois à sua escala está associada a destruição material e humana provocada, consoante as características de cada território, a precisão da observação e relatos da população (Musson & Cecić, 2002).

A magnitude é uma medida quantitativa, expressa numa escala logarítmica, que se baseia em medições precisas da amplitude das ondas sísmicas e da energia libertada por esse evento sísmico (Bormann & Di Giacomo, 2011). A distância entre o hipocentro e o sismógrafo permite atribuir um único valor de magnitude para um sismo, independentemente da dispersão de efeitos e danos pelo território. A primeira escala quantitativa de magnitudes sísmicas foi criada entre 1928 e 1931 pelo sismólogo japonês Wadati, e aperfeiçoada em 1935 pelo sismólogo americano Charles Francis Richter, que definiu a magnitude local, também conhecida por magnitude de Richter (Ribeiro & Cabral, 2000; Le Goff, 2013). Richter confirmou que as ondas sísmicas emitidas por um sismo podem fornecer boas estimativas da energia libertada. A escala de Richter é uma escala aberta uma vez que a magnitude de um sismo é diretamente proporcional à quantidade de energia libertada no foco ou hipocentro (Moreira, 2011). O valor da magnitude, para cada sismo, pode ser diferente. Tal ocorre porque existem diferentes métodos para estimar a magnitude e a escolha de cada um depende da grandeza do sismo, da sua natureza e da localização (Dias, 2000b). A magnitude é expressa através da fórmula matemática estabelecida em por Richter (1935), onde: E é a energia liberada (em ergs) e M a magnitude do terremoto.

$$\log_{10} E = 11,4 + 1,5 M \quad (2.2)$$

Ao longo dos anos, foram definidas várias escalas de magnitude, onde as mais usadas são: magnitude local (mais conhecida como "magnitude Richter"), magnitude da onda superficial, magnitude da onda volumica e magnitude do momento. Todas as escalas de magnitude devem produzir aproximadamente o mesmo valor para qualquer sismo (USGS, 2020).

Através do conceito de magnitude, é possível afirmar que num evento sísmico existe uma magnitude e uma distribuição de intensidades, isto porque a intensidade sísmica é uma medida qualitativa que descreve os efeitos produzidos pelos sismos na superfície terrestre, traduzindo-se assim numa escala, de *Mercalli* Modificada (Wood & Neumann, 1931) ou Macrossísmica Europeia (Grünthal, 1998), que varia de I a XII. É um parâmetro que acompanha a evolução tecnológica e as melhorias da qualidade de vida da população, ou seja, um sismo que no passado foi classificado com uma intensidade máxima moderada ou alta, a ocorrer hoje em dia, a sua intensidade máxima poderia ser diferente. Não existe correlação direta entre magnitude e intensidade de um sismo, isto é, um sismo de grande magnitude pode produzir intensidade baixa e vice-versa, porque existem fatores como a profundidade do foco, distância epicentral, tipo e uso do solo e qualidade das construções que acabam por influenciar muito o grau de intensidade do sismo (Moreira, 2011).

A estimativa da intensidade de um sismo tem a particularidade de ser feita *in loco*. Podem ser entregues questionários à população residente para descrever aquilo que viu e sentiu durante o sismo, para além da observação dos técnicos dos danos nas infraestruturas, edifícios ou meio ambiente e ainda o número de óbitos, feridos e desalojados. Registos históricos indicam que Marquês de Pombal, aquando do sismo de 1755, para avaliar os danos em todo o território português, elaborou um questionário bastante minucioso para a época, com treze perguntas, para distribuir por todos os párocos do país. Os resultados destes inquéritos nunca chegaram a ser totalmente conhecidos, uma vez que a obra de Luís Pereira de Sousa, publicada entre 1919 e 1928, ficou inacabada porque o autor faleceu (Dias, 2000a).

Para a compreensão do fenómeno sísmico, há que ter em conta que a sua ocorrência relaciona-se com o contexto tectónico do país. Em termos geotectónicos, Portugal continental situa-se no interior da placa euroasiática, mas próximo da zona de fronteira entre a placa euroasiática e a placa africana, zona designada por fronteira de placas Açores-Gibraltar. Esta região de transição interplacas é responsável por grande parte da atividade sísmica, sendo a região sul de Portugal mais afetada por sismos de elevada magnitude do que a região norte. Apesar de a maioria dos sismos provir desta zona de contacto entre placas situada nas profundezas do Oceano Atlântico, o território português possui um conjunto de falhas geológicas responsáveis por eventos sísmicos, embora tenham tipicamente menor densidade relativamente aos ocorridos *offshore*. Na parte continental do território são identificadas falhas ativas, algumas com extensão para o mar, correspondendo a zonas de geração sísmica importantes, nomeadamente a falha do Vale Inferior do Tejo, a falha de Portimão, a falha de Loulé, a falha de Nazaré e a falha da Vilarica (Senos & Carrilho, 2003). A região do Algarve, em particular, tem sido afetada ao longo dos anos por sismos de maior magnitude, dos quais se destacam os sismos *offshore*, desde logo, o sismo ocorrido em 1755 (Zitellini *et al.*, 1999), provenientes da área do banco de Gorringe e da zona de subducção oeste-ibérica (Figura 2.1).

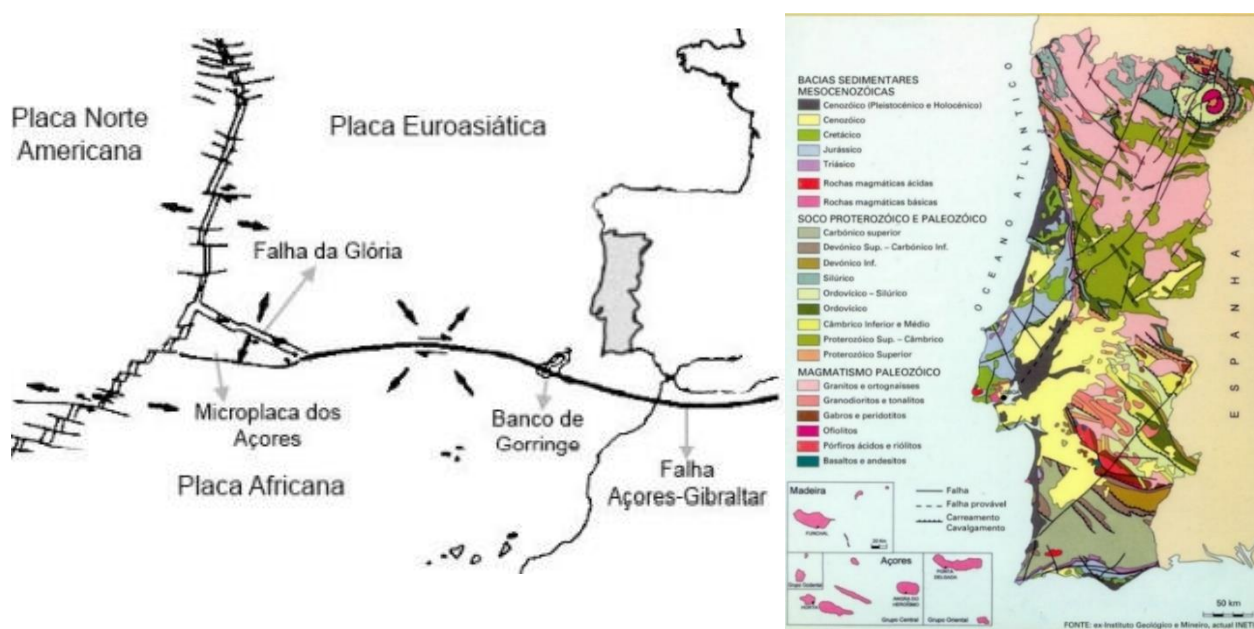


Figura 2.1 1) Enquadramento tectónico de Portugal. Fonte: Lança (2016); 2) Carta geológica de Portugal. Fonte: LNEG (2020)

Pese embora a localização de Portugal ser propícia à ocorrência de sismos, as informações sobre sismicidade histórica de Portugal continental eram muito escassas até meados do século XIV (Moreira, 1991). Apenas mais tarde, através de estudos aprofundados como Sousa *et al* (1992), Cabral (1993) e Mendes Victor & Martins (2001) foi possível fazer uma compilação histórica dos sismos (Figura 2.3). Também vários investigadores como Dias (2000a), Baptista *et al* (1999) e Oliveira & Estevão (2015), bem como o IPMA, compilaram os registos históricos relacionados com a atividade sísmica num catálogo sísmico, que reporta eventos desde antes de Cristo até aos nossos dias, embora existam algumas dúvidas em descrever com clareza os epicentros e as intensidades máximas.

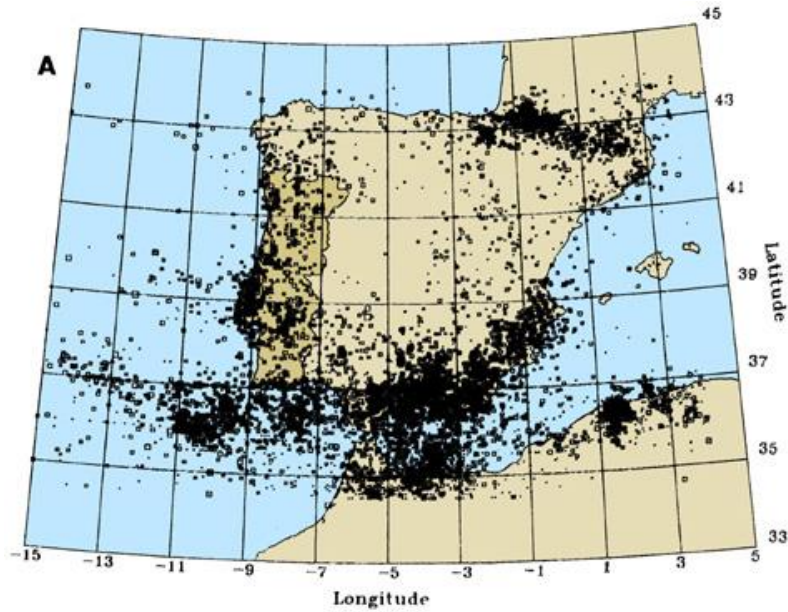


Figura 2.2 Distribuição de epicentros de sismos históricos e instrumentais, de 33 a.C. a 1991. Adaptado de L. Matias, in J. Cabral (1993).

O resultado final do apuramento e determinação das intensidades sísmicas numa região é, normalmente, o traçar num mapa das linhas isossistas, linhas que delimitam as zonas de igual intensidade sísmica, obtendo-se assim as cartas de isossistas (Dias *et al.*, 2011). Também para Portugal continental, a desatualização das informações macrossísmicas levou Teves-Costa *et al.* (2019) a realizar um novo mapa de intensidades máximas observadas, usando uma base de dados de pontos com intensidades relativas a 5444 eventos, ocorridos entre 1344 e 2015. Foi esse mapa de intensidades (Figura 2.3), que serviu de suporte para a componente física no presente trabalho.

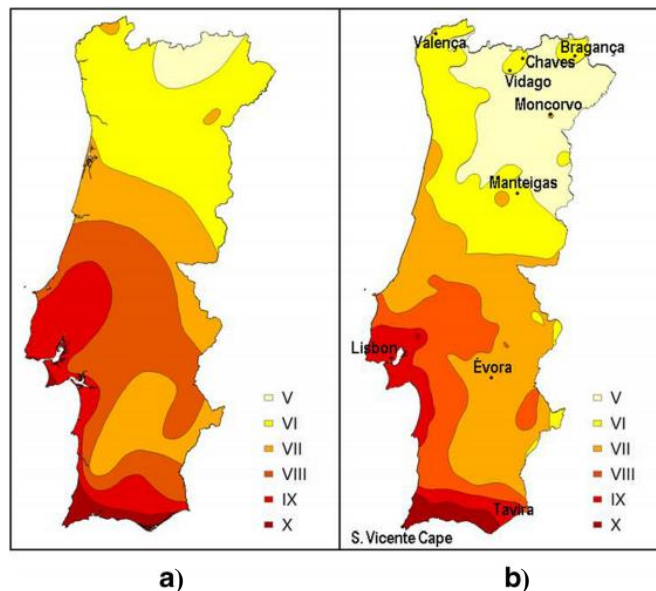


Figura 2.3 Mapa de Intensidades Máximas (MIM) de Portugal Continental: a) mapa do IPMA até Janeiro 2018 (Teves-Costa *et al.* 2019); b) Mapa do estudo de Teves-Costa *et al.* (2019).

Como se observa na Figura 2.3, a região do Algarve é a região de Portugal continental afetada por sismos mais fortes, devido ao facto de ser o território mais próximo da fronteira entre as placas Euro-

asiática e Africana, um ambiente tectónico responsável por uma significativa atividade neotectónica e sísmica (Cabral, 1993).

Por último, convém referir que a zona de contacto entre as placas euro-asiática e africana tende a convergir 2mm/ano, sendo a principal fonte de tensão que influencia a sismicidade no território de Portugal continental, localizado a norte da referida zona (Senos & Carrilho, 2003). A placa núbica está a deslocar-se para norte, entrando assim em conflito com a microplaca ibérica, situada na placa euro-asiática. A parte oriental da zona de fratura Açores-Gibraltar, entre o banco de Gorringe e o arco orogénico de Gibraltar, que corresponde ao limite de placas acima referido, permaneceu uma incógnita durante décadas até que a comunidade científica uniu forças em busca de uma caracterização tectónica deste limite de placas, o que permitiu o mapeamento das estruturas tectónicas da região e novas propostas sobre a natureza deste limite (Oliveira, 2017).

2.2 PERIGOSIDADE, SUSCETIBILIDADE, VULNERABILIDADE E RISCO

As três componentes em estudo abordam conceitos importantes e indissociáveis da modelação do fenómeno sísmico que, embora semelhantes, convém distinguir: perigosidade, suscetibilidade, vulnerabilidade e risco. Os esforços para reduzir a suscetibilidade a perigos e riscos, para criar comunidades resilientes a desastres, requerem interseções entre esses conceitos, uma vez que a atividade humana não pode ser vista independentemente do cenário ambiental (Fuchs, 2009).

A suscetibilidade, utilizada muitas vezes como sinónimo de vulnerabilidade e risco, é um conceito frequentemente aplicado à componente física e geomorfológica, como em Castaldini *et al.* (2002), Cuesta (2003) e Carvalho *et al.* (2016), significa o estado de ser suscetível ou facilmente afetado. Em termos de desastres naturais, como é o caso, a suscetibilidade está relacionada aos aspetos espaciais, como a tendência de uma área sofrer os efeitos de um desastre natural, como sismos, sem ter em conta o momento da ocorrência e potenciais perdas económicas e humanas (Bobrowsky, 2013). Representa a propensão para uma área ser afetada por um determinado processo perigoso, em tempo indeterminado, sendo avaliada através dos fatores de predisposição para a ocorrência dos processos ou ações, não contemplando o seu período de retorno ou a probabilidade de ocorrência (Julião *et al.*, 2009).

A perigosidade corresponde à avaliação probabilística de ocorrência de um processo ou ação com potencial destruidor (ou para provocar danos) com uma determinada severidade, numa dada área e num dado período de tempo (Julião *et al.*, 2009). Pode ser definida como sendo uma medida do potencial de perigo relacionado com consequências dos fenómenos sísmicos como, por exemplo, movimentos do solo, (intensidade macrossísmica, movimento do solo, falhas do solo, liquefação e tsunami) e os seus efeitos em estruturas construídas e sistemas socioeconómicos que têm o potencial de produzir perdas. As abordagens adotadas na análise da perigosidade sísmica são realizadas em três grupos principais: as abordagens determinísticas, as abordagens probabilísticas e as abordagens híbridas (Oliveira & Campos-Costa, 2006). O objetivo final dos estudos de perigosidade sísmica visa fornecer os valores máximos prováveis de um parâmetro representativo do movimento do solo, em diferentes lugares de uma região, de modo a que sejam úteis no planeamento urbano e no desenho sísmo-resistente das construções (Oliveira, 2017).

O conceito de vulnerabilidade é um conceito-chave na análise de risco e desastres naturais. É usado para descrever o potencial de dano ou perda de um sistema físico, a resistência do ambiente construído e das infraestruturas e a suscetibilidade a danos nos sistemas sociais e económicos. Também pode ser agregado a nível social, para estudar a vulnerabilidade de populações de baixos rendimentos,

estabelecimentos comerciais e sistemas infraestruturais, como redes viárias. A vulnerabilidade sociodemográfica, física ou estrutural, parte vulgarmente de uma análise multidimensional que permite caracterizar e entender o nível de exposição individual e da comunidade a riscos, tentando antecipar respostas e a recuperação após um desastre (Wisner *et al.*, 2004; Cutter, 2003; Birkmann, 2006). A vulnerabilidade também pode ser aplicada espacialmente, com foco em lugares específicos, como comunidades e regiões. Desse ponto de vista espacial, a vulnerabilidade examina o potencial de dano no local como uma função da interseção entre o ambiente construído, sistemas sociais e económicos e sistemas físicos (Cutter, 2011). É geralmente expressa em termos percentuais ou com valores entre 0 (sem dano) e 1 (perda total). O marco conceptual da vulnerabilidade surgiu da experiência humana em situações em que a própria vida quotidiana era difícil de distinguir de um desastre (Cardona, 2001). A *UNDRO* e a *UNESCO* promoveram uma definição que sintetiza as anteriores a partir de Sandi (1983): vulnerabilidade significa o grau de perda de um determinado elemento em risco ou conjunto de tais elementos, resultante da ocorrência de um fenómeno natural de uma determinada magnitude. O conceito vulnerabilidade sísmica abrange uma variedade grande de características da comunidade e pode ser definida como uma propriedade intrínseca das estruturas, uma característica do seu próprio comportamento que está sujeita à ação sísmica, descrita através de uma lei causa-efeito em que a causa é a ação sísmica e o efeito é o dano. (Sandi & Floricel, 1994). A análise de vulnerabilidade sísmica realiza-se através de funções de vulnerabilidade ou fragilidade, que relacionam probabilisticamente uma medida de intensidade sísmica com uma medida de danos no edificado. Mas outros autores, como Blaikie *et al.* (1994), Cutter *et al.* (2000), Cutter & Finch (2008), Martins *et al.* (2012), Mendes *et al.* (2019), utilizaram a vulnerabilidade noutro sentido, onde efetivamente, em muitos casos as funções de vulnerabilidade incorporam as consequências do dano em termos de perdas humanas e materiais. Isto advém do facto de que, no quotidiano, a população estar permanentemente vulnerável a qualquer tipo de perigo.

O risco constitui um campo de pesquisa multidisciplinar, sendo definido como o resultado da interação de um perigo e a vulnerabilidade do sistema ou elemento exposto (UNDRO, 1980; Cardona, 1990). O risco é estimado combinando a probabilidade de ocorrência de um desastre, como um sismo (com uma magnitude ou intensidade específica) e as potenciais consequências (por exemplo, número de mortes, feridos e edifícios destruídos) que surgiriam se o evento ocorresse. A análise das consequências potenciais não se baseia apenas na avaliação do desastre. A definição de risco sísmico não é consensual e tem sido alvo de diversos estudos e investigações, porque existem várias variáveis correlacionadas com os fatores naturais.

A avaliação do risco sísmico e a previsão sísmica são dois conceitos multidisciplinares, resultantes da ação sísmica. Segundo Oliveira, *et al.* (2000), a ação sísmica é representada por espectros de resposta em função da densidade espectral de potência, duração do movimento e por um conjunto de histórias de temporais de aceleração. A definição da ação sísmica está assim dependente da zona sísmica, do tipo de solo e da fonte sismogénica.

Assim, a avaliação do risco sísmico necessita da interação entre sismologia e engenharia, de forma a agregar ao conhecimento do perigo sísmico, a vulnerabilidade social, estrutural e física. Nesta consideração, o estudo dos elementos expostos ao movimento do solo produzido por terremotos é um dos problemas fundamentais. Quanto à previsão sísmica, muitos dos elementos precursores usados não são estritamente sismológicos, no entanto, todos eles são relevantes no estudo dos meios possíveis para estudar esta problemática. Sem uma abordagem multidisciplinar, a previsão de terremotos nunca será resolvida (Udías, 1997).

Os elementos expostos dizem respeito aos elementos em risco de sofrerem danos derivados de uma catástrofe natural. Incluem-se assim os humanos, edifícios, infraestruturas e atividades económicas. Os elementos expostos representam o valor material e humano da ação sísmica. Para Sousa (2006) as entidades que poderão ser afetadas em caso de sismo podem ser designadas como elementos em risco e a definição dos elementos em risco irá condicionar a forma como é avaliado o risco e terá implicações nas variáveis que o quantificam.

Ao longo dos anos, o conceito de risco foi sofrendo alterações. Apesar de ainda ser usual serem utilizados apenas fatores físicos e naturais no cálculo de riscos, como por exemplo em Ahmad *et al.* (2017), muitos investigadores creem que o conceito de risco tornou-se cada vez mais complexo nos últimos anos e tem sido utilizado não apenas em relação às características físicas e naturais de uma região, mas também ao seu contexto socioeconómico pois estes afetam a capacidade da comunidade de lidar, recuperar e de se adaptar aos riscos naturais (Giovene di Girasole & Cannatella., 2017).

É, no entanto, unânime que o risco sísmico é quantificável, embora existam diferentes metodologias consoante as diferentes perspetivas e áreas em estudo (Cardona & Hurtado 2000; Masure, 2003). O reconhecimento do cálculo do risco sísmico e a sua abrangência efetiva no processo de redução de perdas tem desencadeado um grande número de estudos a diferentes escalas por todo o mundo (Serra, 2015; Oliveira, 2017). Para Wang (2009), a quantificação do risco sísmico é muito complicada e um pouco subjetiva, porque não depende apenas da medida física, mas também de como o risco e a vulnerabilidade interagem no tempo e no espaço. No caso concreto deste estudo, serve de exemplo o modelo de risco sísmico desenvolvido por Cardona (2001) onde considera, para Bogotá (Colômbia), variáveis de risco físicas e de contexto, onde se incluem a exposição, as características socioeconómicas, capacidade de lidar com desastres e grau de resiliência. O modelo foi elaborado para orientar a tomada de decisão na gestão de riscos, ajudando a identificar as zonas críticas da cidade e sua vulnerabilidade de diferentes disciplinas profissionais (Carreño, *et al.*, 2005).

Também Portugal é alvo de alguns estudos, principalmente porque até hoje possui um dos sismos com maior magnitude do Mundo (1755), devido à enorme destruição e mortalidade que causou (Baptista *et al.*, 1998; Chester, 2001). A certeza que um sismo deste tipo irá novamente ocorrer, levou os investigadores a procurarem prever e a calcular os riscos, como é exemplo o estudo de Freire & Aubrecht (2012), onde se avaliou o risco de terramoto nas áreas urbanas da Área Metropolitana de Lisboa, tendo em consideração a variação da distribuição da população em escalas espaciais e temporais. Essas densidades populacionais específicas (noturnas e diurnas) foram classificadas e combinadas com níveis de intensidade sísmica para derivar mapas compostos por quatro classes espacialmente explícitos da exposição humana. Já em Silva *et al.* (2014), foi realizada uma avaliação ao risco sísmico para Portugal continental.

O risco sísmico representa uma medida das perdas esperadas para determinados elementos expostos ao risco, como resultado de sismos futuros e a probabilidade das mesmas ocorrerem para um certo período de tempo de exposição (LNEC, 2005). O risco sísmico permite assim estimar as consequências económicas, sociais, demográficas e até físicas de um evento sísmico numa determinada área. O risco sísmico resulta das três componentes seguintes, anteriormente definidas: ameaça ou perigosidade sísmica (H), vulnerabilidade sísmica (V) e elementos em risco/expostos (E). Através da interação das três componentes, o risco sísmico pode ser definido quantitativamente através da seguinte expressão:

$$RS = H \times V \times E \quad (2.3)$$

Desta forma, a estimativa do risco sísmico torna-se essencial para que sejam adotadas medidas de mitigação, planeamento e prevenção. Existem diversas ações tendo em vista a redução quantitativa do risco sísmico, onde talvez as mais importantes sejam o reforço sísmico dos edifícios através de códigos de construção mais rigorosos e evitar a construção em locais de grande atividade sísmica e alta vulnerabilidade, possibilitando a diminuição da exposição ao risco. Através do cálculo do risco sísmico, é possível que uma região, sujeita a sismos intensos, tenha um risco sísmico reduzido, caso os elementos expostos sejam escassos ou tenham uma boa resistência aos sismos. Pelo contrário, uma outra região sujeita à mesma intensidade sísmica, terá um risco sísmico tanto mais elevado quanto mais vulneráveis forem os elementos expostos e quanto maior for o impacto na sociedade aos vários níveis (Ravara *et al.*, 2001; LNEC, 2005).

As repercussões do fenómeno sísmico são estudadas noutras vertentes (Houston, 2015). Na engenharia civil, apesar do desenvolvimento nos últimos 100 anos ao nível de novos materiais, novos métodos de construção antissísmicos e de um *design* sísmo-resistente, dificilmente se pode evitar os danos provocados por um forte terremoto (Takagi & Wada, 2019). Conforme descrito em Banica *et al.* (2017), para avaliar a vulnerabilidade física devido à ação sísmica das estruturas de uma área urbana, podem ser utilizadas diferentes ferramentas, como variáveis qualitativas, índices de vulnerabilidade física e curvas de capacidade (Barbat *et al.*, 2010). Em Portugal, na área da engenharia civil, destaca-se o estudo de Sousa (2006), de avaliação do risco sísmico, utilizando o modelo de risco sísmico de Sousa (1996) e o estudo desenvolvido no âmbito do projeto europeu *Risk-EU*. Este estudo suportou outros trabalhos como é o caso de Teves-Costa & Barreira (2012) e Vilas-Boas (2016). Segundo Sousa (2006), através de três fatores (exposição dos elementos, vulnerabilidade dos elementos expostos e intensidade da ação sísmica calculada através da energia libertada, local da fonte e características do solo) é possível estimar quanto um edifício, um bairro ou uma cidade estão sujeitos aos efeitos da ação sísmica.

Para Wang (2009), o perigo e o risco sísmico são fundamentalmente diferentes. O perigo sísmico é um fenómeno natural, como o movimento do solo, rutura por falha ou liquefação do solo, gerado por um sismo, enquanto o risco sísmico é a probabilidade de que os humanos incorram em perdas ou danos ao ambiente construído se forem expostos a um perigo sísmico.

2.3 RESILIÊNCIA E GESTÃO DE RISCO

Como descrito por Nunes *et al.* (2019), o termo resiliência foi aplicado a diversas áreas de estudo. A resiliência é cada vez mais usada como uma abordagem para compreender a dinâmica dos sistemas de desastres naturais (Zhou *et al.*, 2010). Em estudos que abordam desastres, resiliência é definida como a capacidade de um sistema, comunidade ou sociedade exposta a perigos para reduzir, prevenir, antecipar, absorver e adaptar, ou recuperar dos efeitos de um evento perigoso, de forma atempada e eficiente, de maneira a assegurar a preservação, restauração, ou melhoria dos sistemas e funções básicas ou essenciais (Paton & Johnston, 2017; UNISDR, 2009). No presente estudo é pertinente o foco no termo de resiliência social e urbana face a desastres naturais. Estes conceitos, que acabam por se complementar, ganharam relevância após desastres naturais extremamente destrutivos, como o tsunami da Indonésia (2004) ou o furacão Katrina (2005), nos EUA (Cariolet *et al.*, 2019).

Em relação à resiliência urbana, emergiu como um novo paradigma de gestão de riscos e mitigação de desastres (Landau & Diab, 2016). Meerow *et al.* (2016) afirma que esta “refere-se à capacidade de um

sistema urbano (...) de manter ou retomar rapidamente às funções desejadas perante um distúrbio, de se adaptar às mudanças e transformar rapidamente sistemas que limitam a capacidade adaptativa atual ou futura“. No que concerne ao conceito de resiliência social, esta é discutida em diversos estudos, tais como: Holling (1973, 1996), Adger *et al.* (2005), Cutter *et al.* (2008), entre outros. Alguns investigadores, como Comfort (1999), exploraram o conceito, mas apenas na resposta pós-desastre, mas em Paton & Johnston (2001) a resiliência foi definida como a capacidade de recuperar de danos causados por perigos e a capacidade de lidar com a exposição futura a riscos. Em Bruneau, *et al.* (2003), esta é definida como a capacidade das comunidades de mitigar perigos, conter os efeitos dos desastres e recuperar de maneira a minimizar as perturbações sociais. Para aumentar a resiliência sísmica, os grandes objetivos são minimizar a perdas económicas e de vidas. Em Norris *et al.* (2008) sugeriram que a resiliência pode ser entendida como uma “capacidade”, um “processo”, um “resultado” ou uma combinação desses três conceitos, para reduzir e melhorar a recuperação. A resiliência sísmica pode ser reforçada aprimorando a vertente estrutural, através de respostas e estratégias de emergência para uma recuperação que permita às comunidades retomar aos níveis de funcionamento pré-desastres o mais rápido possível.

Tal como em Mendes (2014), no presente estudo considera-se que a vulnerabilidade social resulta do nível de resiliência dos indivíduos e comunidades quando expostos a processos ou acontecimentos danosos e resulta da conjugação da criticidade e da capacidade de suporte (Mendes *et al.*, 2011). A vulnerabilidade social não se deve restringir às características dos indivíduos, expandindo o seu espectro às interações e relações com o ambiente envolvente, ambientes esses que por vezes podem ser muito mais importantes na avaliação e antecipação dos eventos extremos e nos processos de recuperação. A vulnerabilidade social está desde sempre interligada a eventos extremos que colocam em risco a população e o ambiente envolvente. A quantificação das perdas depende sempre de muitos fatores, sejam eles físicos, naturais ou humanos, desta forma é indissociável o vínculo entre o conceito de vulnerabilidade e as dimensões que a influenciam.

Para uma avaliação sólida da vulnerabilidade, são necessários dados consistentes sobre diversas áreas do ambiente social, por exemplo, a idade, o género, a escolaridade, a nacionalidade, o tipo e grau de incapacidade, as infraestruturas de saúde, a rede viária, entre outras, sendo que esta abordagem está também dependente da escala em que se pretende trabalhar (Tapsell *et al.*, 2010; Cutter, 2017). Os cálculos e índices de vulnerabilidade são importantes no contexto espacial, na maneira como resumem a complexidade de indicadores socioeconómicos, demográficos, culturais e institucionais (Kuhlicke *et al.*, 2011; Tate, 2013; Willis & Fitton, 2016). Os conjuntos de indicadores que tentem explicar a vulnerabilidade social de grupos e/ou indivíduos podem ser diferentes de território para território, como acontece por exemplo em Mendes *et al.* (2019).

Com base no índice de vulnerabilidade social que Cutter *et al.* (2003) desenvolveu para os Estados Unidos e no decurso de um projeto de pesquisa coordenado pelo Centro de Estudos Sociais da Universidade de Coimbra para região centro de Portugal, foi introduzida uma nova abordagem metodológica, na qual a avaliação da vulnerabilidade social considera duas dimensões: criticidade e capacidade de suporte (Mendes *et al.*, 2011). O método proposto na nova abordagem ao índice de vulnerabilidade social visa incorporar não apenas as características individuais da população e dos grupos de risco, mas também considera o contexto territorial em que são apoiados, ou seja, equipamentos públicos e privados, infraestruturas e serviços que podem desempenhar um papel na atenuação de perdas e melhoria da recuperação. Esta incorporação das relações e interdependências entre estruturas ambientais e sociais é relevante para a análise da vulnerabilidade social, sendo que o

cálculo final do índice de vulnerabilidade social deverá ser alcançado considerando as duas dimensões anteriormente referidas (Mendes *et al.*, 2011).

A aplicação deste tipo de índices de vulnerabilidade social em Portugal, semelhante ao apresentado por Cutter *et al.* (2003), foi já aplicado em diversos territórios e em várias escalas, a fim de melhor considerar as interdependências entre estruturas ambientais e sociais: Cascais e Lagos (Mendes *et al.*, 2019); municípios de Portugal continental (Mendes *et al.*, 2011; Tavares *et al.*, 2018); Câmara de Lobos (Tavares & Santos, 2015); Freguesias da Grande Lisboa (Guillard-Gonçalves *et al.*, 2014); Região Centro (Mendes, 2009). Pese embora estas abordagens, este tipo de cálculo de índices de vulnerabilidade social é ainda escasso no nosso território, podendo e devendo, pela sua importância, ser mais desenvolvidos, abordados e aplicados ao território.

No caso prático deste trabalho, a análise ao nível da subsecção estatística, acarreta mais desafios em termos de disponibilidade de dados e um nível de pormenor muito maior. Nestes casos, os últimos censos demográficos (2011) são os recursos disponíveis mais adequados, combinando um alto nível de desagregação geográfica com a diversidade de dimensões representadas de vulnerabilidade, tal como defendido por Armaş & Gavris (2016). Ainda sobre a escala, é importante referir as considerações de Schmidtlein *et al.* (2008) que num estudo realizado nos Estados Unidos, com o propósito de testar o impacto das mudanças no algoritmo de avaliação da vulnerabilidade social pelo *Social Vulnerability Index (SoVI)* em diferentes escalas geográficas, concluíram que embora as mudanças de escala afetem a o índice, o mesmo não se observa no que se refere às variáveis que determinam os níveis de vulnerabilidade social. Chen *et al.* (2014) e Zhou *et al.* (2014), também aplicaram o *SoVI* ao território chinês e concluíram que a seleção das variáveis não pode ser indiferente à escala de análise e ao contexto geográfico da área em estudo.

Pese embora a dúvida, mesmo entre os investigadores e comunidade científica, em empregar o conceito de vulnerabilidade ou de resiliência, o resultado final de ambos devem ser estratégias de planeamento que aprimorem a resposta e preparem a recuperação a um evento extremo, pelo que se pode afirmar que ambos os conceitos se complementam (Figura 2.4).

O conceito de criticidade é entendido como o conjunto de características e comportamentos intrínsecos dos indivíduos, famílias, grupos sociais e comunidades que podem contribuir para a rutura do sistema no contexto em que o indivíduo é colocado e os recursos das comunidades que lhes permitem lidar e responder a eventos prejudiciais, mas que ao mesmo tempo, contribui para uma resposta mais assertiva e eficaz na adoção de medidas de autoproteção durante e depois de cenários catastróficos (Tavares *et al.*, 2018).

Já a capacidade de suporte é definida como o conjunto de infraestruturas territoriais sejam elas privadas ou públicas, como sistemas, redes e equipamentos coletivos destinados a apoiar indivíduos, famílias, grupos sociais e comunidades em caso de desastre e que permitem ajudar numa recuperação mais rápida, tornando assim possível reforçar a capacidade de resiliência da comunidade (Mendes *et al.*, 2019; Tavares *et al.*, 2018).

Esta nova abordagem territorial e conceitual da vulnerabilidade social, caracterizada pela complexidade, abrangência e robustez das variáveis locais, ligadas às relações e interligações humanas com os ambientes construídos e naturais, permitem uma melhor operacionalização da vulnerabilidade

social como uma ferramenta de planeamento, apoiando a implementação de um modelo no qual a avaliação e a gestão de riscos são mais relevantes para uma tomada de decisão.

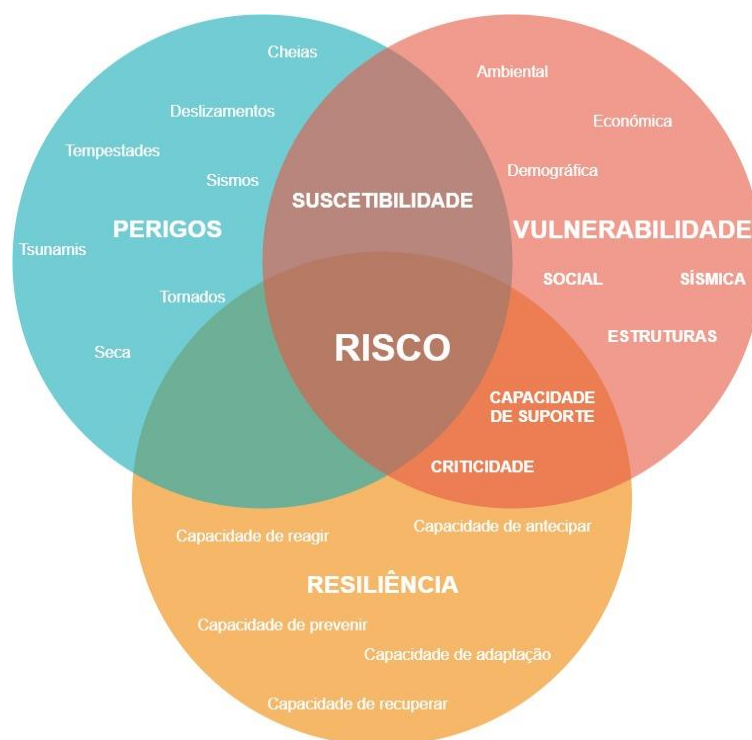


Figura 2.4 - Diagrama resumo das características de cada conceito e enquadramento nas componentes em estudo. Baseado em Panizza (1990), Cardona (1999) e Birkmann (2006; 2008).

2.4 OS SIG APLICADOS AO RISCO SÍSMICO

Os SIG são uma ferramenta fundamental que explora a dimensão espacial e as suas ligações com outras dimensões, permitindo modelar e representar processos do mundo em que vivemos. Os SIG são transversais a quase todas as áreas de estudo (Toma-Danila *et al.*, 2017). Os SIG, como ferramenta de estudo para eventos sísmicos, têm sido utilizados de forma recorrente em vários estudos. No entanto, existem cientistas que consideraram os SIG como uma ciência e não como uma ferramenta (Goodchild, 1991). Os SIG podem e devem ajudar na tomada de estratégias de planeamento urbano, na espacialização dos riscos, na criação de planos para mitigar problemas e na avaliação da destruição. As ferramentas de suporte à decisão baseadas em SIG melhoram a comunicação entre investigadores e responsáveis pelas tomadas de decisão e fornecem uma plataforma de estudo interdisciplinar, reduzindo o hiato entre a pesquisa e tomada de decisão (Ren *et al.*, 2013). Os SIG tornaram-se assim uma importante ferramenta de suporte à tomada de decisão e gestão de informações para muitos aspetos relacionados com desastres (Tomaszewski, 2015).

Em todo o mundo, mas principalmente em países historicamente mais vulneráveis a sismos, têm sido realizados vários estudos com recurso a SIG, como é o caso de Taiwan (Lee *et al.*, 2010), Itália (Grasso & Maugeri, 2014; Castelli *et al.*, 2016; Valensise *et al.*, 2019), da China (Liu *et al.*, 2016; Gao *et al.*, 2020), Grécia (Deligiannakis *et al.*, 2016; Papanikolaou & Melaki, 2017; Mavroulis *et al.*, 2019), do Irão (Karimzadeh *et al.*, 2014; 2017; Mesgar & Jalilvand, 2017) e do Japão (Fujiwara *et al.*, 2006; Ayalew *et al.*, 2011; Satake & Ishibe, 2020). Os SIG fornecem um poderoso conjunto de ferramentas para manipulação e análise de informações espaciais (Carver, 1991).

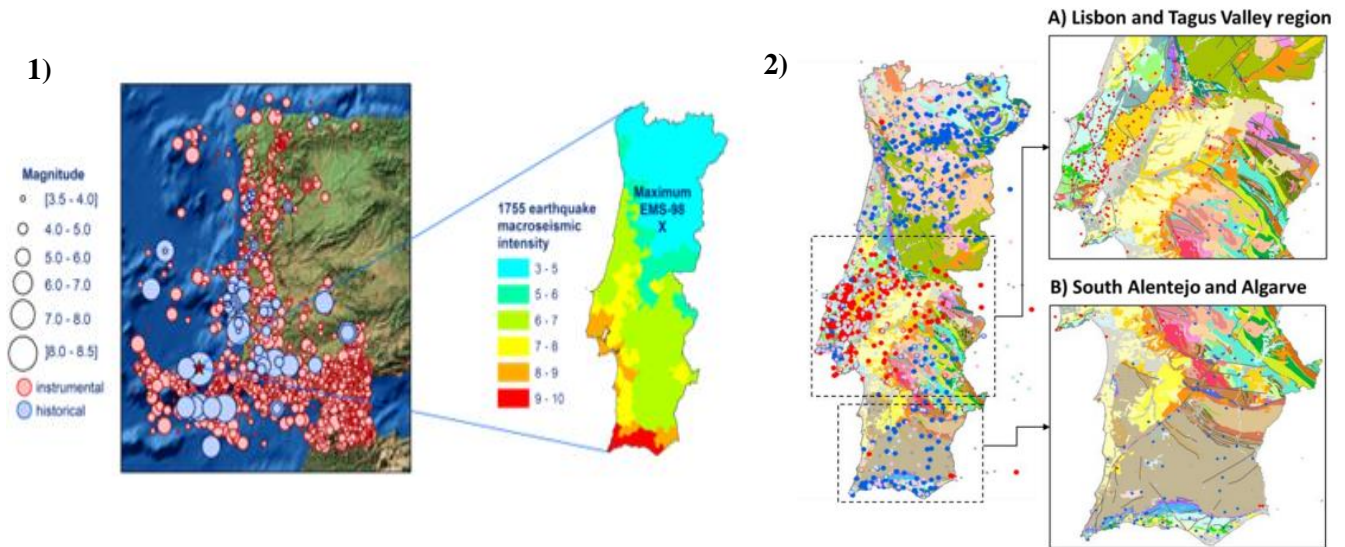


Figura 2.5 - Dois exemplos de aplicação de SIG ao estudo do risco sísmico. 1) Distribuição da sismicidade em Portugal continental, e mapa de intensidades macro sísmicas) para o sismo de 1 de novembro de 1755 (LNEC); 2) Sobreposição dos sismos onshore ao mapa geológico de Portugal (LNEG, 2020) (Catita et al., 2019).

A Figura 2.5 apresenta dois exemplos da aplicação de SIG ao estudo do risco sísmico: a espacialização da sismicidade histórica e instrumental *onshore* e *offshore* com particular ênfase para as intensidades sísmicas máximas registadas no território continental no sismo de 1755; e a sobreposição do mapa geológico de Portugal aos epicentros de sismos nas regiões de Lisboa e Vale do Tejo e Baixo Alentejo e Algarve que permite verificar a muitos dos sismos ocorrem ao longo de falhas geológicas.

2.5 MÉTODOS ANALÍTICOS DE SUPORTE À ANÁLISE EM SIG

2.5.1 Análise Multicritério

A análise multicritério como ferramenta de apoio à decisão é um processo de tomada de decisão para problemas que envolvem múltiplos critérios e cuja solução pode ser geográfica permitindo resolver problemas e apoiar decisões que integrem vários conjuntos de dados espaciais com base num conjunto de critérios predeterminados. Roy (1996) define análise multicritério como um auxílio à decisão e uma ferramenta matemática que permite a comparação de diferentes alternativas ou cenários de acordo com alguns critérios, muitas vezes conflituosos, a fim de guiar a uma escolha criteriosa. Tem sido aplicada a uma grande variedade de áreas de estudo com objetivos e pontos de vista distintos (Montibeller & Franco, 2010; 2011; Doumpos & Zopounidis, 2014; Dojutrek, et al., 2014). No caso deste estudo, como existem vários fatores que determinam a vulnerabilidade sísmica de um território e todos precisam ser estudados simultaneamente, a análise multicritério é usada para preencher essa lacuna, seguindo um conjunto de métodos para resolver tomadas de decisão complexas que cobrem uma ampla variedade de opções (Suárez-Vega et al., 2011; Tilio et al., 2011). Estudos recentes aplicaram a análise multicritério à pesquisa de riscos naturais, incluindo sismos (Rashed & Weeks, 2003; Anbazhagan et al., 2010; Martins et al., 2012; Armaş & Rădulian, 2014). Em SIG, esta técnica pode ser facilmente implementada (Malczewski, 1999), oferecendo a possibilidade de priorizar e combinar os critérios espaciais de diferentes pontos de vista de localização e descrição e tomar decisões abrangentes (Rezaie & Panahi, 2014). Aplicada aos SIG, a análise multicritério, facilita os estudos de vulnerabilidade e a análise de riscos naturais como uma ferramenta útil para gerir, controlar, processar e analisar os dados espaciais (Rashed & Weeks, 2003; Gamper et al., 2006; Almasri, 2008; Panahi et

al. 2014). No contexto da análise multicritério espacial, os critérios são avaliados e priorizados para a tomada de decisão e a distribuição espacial de um atributo que mede o grau em que o objetivo associado é alcançado (Malczewski, 1991). Quando os critérios têm uma dimensão espacial, os modelos tornam-se espaciais e podem beneficiar do uso de SIG (Chakhar & Mousseau, 2007; 2008).

Numa análise multicritério, cada vertente é avaliada individualmente e em relação ao todo, à medida que os *decision makers* trabalham sistematicamente no processo (Goodwin & Wright, 2005), ainda que durante o processo analítico existam prioridades e preferências, para que a lógica de cada decisão possa ser vista e justificada (Belton, 1990). Ao longo de uma análise multicritério, devem ser explicadas as preferências, prioridades, objetivos e valores. Isto permite desenvolver ideias sobre os resultados para o problema alvo de estudo (Belton & Stewart, 2002). Em resumo, a análise de decisão multicritério é um processo que visa determinar em que medida as alternativas atendem a um resultado desejado acordado (Kilgour *et al.*, 2010). Uma das técnicas de análise multicritério mais frequentemente usadas é o método *Analytic Hierarchy Process (AHP)*.

2.5.2 O Método *Analytic Hierarchy Process (AHP)*

O método *Analytic Hierarchy Process (AHP)* foi criado na década de 70 por Thomas Saaty e consiste na criação de um modelo que reflete a avaliação das alternativas, entre si, perante um problema complexo de decisão e na atribuição de priorização a cada componente em análise, perante as restantes componentes em estudo. O método *AHP* é concebido com base na estimativa de prioridades relativas (pesos) e alternativas nas quais são geradas matrizes de comparação par a par e matrizes de alternativas de comparação entre pares. As matrizes são normalizadas para calcular as ponderações de prioridade dos critérios e das alternativas com base em cada critério (Karleuša *et al.*, 2019). De acordo com Saaty (1990), o método *AHP* permite modelar o problema de decisão numa estrutura hierárquica e medir o impacto dos diferentes critérios considerados na decisão, em relação ao objetivo principal. É um dos métodos de hierárquicos de decisão mais conhecidos e utilizados.

Saaty (1990) propôs a utilização de uma matriz de comparações e cálculo do vetor próprio. Preenchida a matriz de comparação, calcula-se o autovalor e o seu autovetor correspondente. O autovetor dá a ordem de prioridade ou hierarquia das características estudadas. Os autovetores e autovalores podem ser utilizados para extração dos pesos (vetores de prioridades) a partir de uma matriz de comparação de critérios par a par. Este método, aplicado em diversos estudos (Ramos *et al.*, 2012; Rocha, 2016) apresenta os seguintes índices, a considerar:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (2.4)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2.5)$$

O índice de consistência (CI) é determinado através do autovalor máximo, sendo comparado com um valor de referência determinado (Tabela 2.1) através de (2.5). Razão de consistência (CR) é a razão entre o CI e um índice de consistência aleatória (RI). Considera-se aceitável uma CR menor que 0,10 (Rocha, 2016).

Tabela 2.1 Índice de consistência aleatória (RI) proposto por Saaty (1987).

CONSISTENCY INDEX (RI)	
<i>n</i>	<i>RI</i>
1	0
2	0
3	0,52
4	0,89
5	1,11
6	1,25
7	1,35
8	1,4
9	1,45
10	1,49
11	1,51
12	1,48

A forma de tratar os desastres e riscos naturais e as vulnerabilidades de natureza socioeconómica, estrutural e física estão interligados e por isso esta tomada de consciência torna-se de extrema importância no aumento da resiliência dos sistemas sociais, através de uma análise multicritério (Martins *et al.*, 2012; Vahdat *et al.*, 2014; Frigerio *et al.*, 2016; Mesgar & Jalilvand, 2017; Rus *et al.*, 2018).

A escolha dos critérios de avaliação diferiu desde que a análise multicritério foi adotada como uma ferramenta de resolução de problemas e apoio à decisão, com a maioria dos estudos focados em fatores geofísicos (Akgun e Türk, 2010; Anbazhagan *et al.*, 2010; Pourghasemi *et al.*, 2012; Feizizadeh & Blaschke, 2012; 2013), outros têm a vulnerabilidade social integrada (Scheuer *et al.*, 2011; Martins *et al.* 2012). Armaş & Rădulian (2014) apresentam uma análise multicritério de vulnerabilidade sísmica que inclui o risco geológico, vulnerabilidade social e condições estruturais. Em Walker *et al.*, (2014), para combinar os componentes de vulnerabilidade física, social na análise multicritério, cada componente foi redimensionada linearmente de 0 para 1 e somada para produzir uma pontuação de vulnerabilidade combinada ponderada para cada área. Em Kipp *et al.* (2017), o foco da análise multicritério centra-se na resiliência a desastres naturais, está bem situada entre esses problemas complexos, onde existem critérios conflituosos e incerteza sobre as condições atuais e os resultados futuros.

2.5.3 O Método de Análise de Componentes Principais (ACP)

O método de Análise de Componentes Principais (ACP) é uma técnica de análise multivariada, descrita inicialmente por Pearson (1901), que transforma linearmente um conjunto original de variáveis, inicialmente correlacionadas entre si, num conjunto substancialmente menor de variáveis não correlacionadas que contém a maior parte da informação do conjunto original. Mais tarde, Hotelling (1933, 1936), com o propósito determinado de analisar as estruturas de correlação, utilizou este tipo de análise. É a técnica mais conhecida e está associada à ideia de redução da quantidade de dados, com menor perda possível da informação (Hongyu *et al.*, 2016). A ACP transforma um conjunto de variáveis originais num outro conjunto de variáveis de mesma dimensão, denominadas de componentes principais. Os componentes principais apresentam propriedades importantes: cada componente principal é uma combinação linear de todas as variáveis originais, são independentes entre si e estimados com o propósito de reter o máximo de informação, em termos da variação total contida

nos dados (Hongyu, 2016). O método ACP sendo uma técnica de avaliação de interdependência, estuda as relações de um conjunto de variáveis entre si, através de matrizes que combinam linearmente variâncias e covariâncias, com a finalidade de proporcionar uma simplificação estrutural dos dados. Em primeiro lugar é fundamental a normalização do conjunto de dados, onde x é o valor da variável, μ é a média do conjunto de valores da variável e σ o desvio-padrão do conjunto de valores da variável:

$$Zscores = \frac{x-\mu}{\sigma} \quad (2.6)$$

Em seguida, calcular a matriz de covariância no conjunto de variáveis. Esta matriz calcula os valores normalizados entre todos os dados em cada variável (X_n) e dos autovalores e autovetores para a matriz de covariância (cov). λ é um autovalor para uma matriz (A), I é a matriz identidade da mesma dimensão que A, que é uma condição necessária para a subtração da matriz também neste caso e det é o determinante da matriz. Para cada autovalor (λ) existe um autovetor (v) correspondente, pode ser encontrado resolvendo:

$$Matrix (Cov) = \begin{bmatrix} Var[X_1] & Cov[X_1, X_2] \\ Cov[X_2, X_1] & Var[X_2] \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

$$det(A - \lambda I) = 0 \quad (2.8)$$

$$(\lambda I - A)v = 0 \quad (2.9)$$

No ACP, divide-se a matriz de covariância (ou correlação) pelos autovalores e autovetores. É assim possível dotar os autovetores com a escala: *loadings*. Assim, os *loadings* são as covariâncias (ou correlações) entre as variáveis originais e os componentes em escala unitária, interpretadas como o peso pelo qual cada variável normalizada original deve ser multiplicada para se obter o coeficiente da combinação linear das variáveis iniciais a partir das quais os componentes principais são construídos (UNESP, 2020). As comunalidades são quantidades das covariâncias (ou correlações) de cada variável explicada pelos fatores (Amaral, 2011). Quanto maior a comunalidade, maior será o poder de explicação daquela variável pelo fator. A matriz de correlações anti-imagem contém os valores negativos individuais das correlações e é possível apurar a necessidade de eliminação de determinada variável do modelo (Fávero *et al.*, 2009)

A classificação dos autovalores e dos seus autovetores, a escolha dos fatores pela variância total explicada através autovalores, a composição de matriz de autovetores e a transformação da matriz original, são realizados através de cálculos de álgebra linear e matricial Neste trabalho foi adotado o critério da rotação varimax (Kaiser, 1958), um método de rotação ortogonal que pretende, para cada componente principal, existam apenas alguns pesos significativos (acima de 0,5) e todos os outros sejam próximos de zero, maximizando a variação entre os pesos de cada componente principal (Geraldês, 2016; ESTGV, 2020).

Neste trabalho não se consideraram os sinais de positivo e negativo, somente o maior valor para compor cada fator (Dias, 2013; Rezende, 2016). De forma a reduzir o número de variáveis em análise, o método ACP antecede normalmente o método AHP.

No presente trabalho foram utilizados dois métodos que permitem efetuar uma análise multicritério: Análise de Componentes Principais (ACP) para reduzir o conjunto inicial de variáveis a analisar e

Analytic Hierarchy Process (AHP). para ponderar os vários factores que contribuem para a determinação do índice de vulnerabilidade sísmica composto.

2.6 POLÍTICAS EUROPEIAS, NACIONAIS E MUNICIPAIS PARA GESTÃO DE RISCO

A política de ordenamento do território tem por objeto a ponderação e harmonização dos distintos interesses que se exprimem no território e a organização espacial das atividades humanas, numa ótica de compatibilização de interesses e de proteção e valorização sustentável dos recursos territoriais a médio e longo prazo. A política de ordenamento do território, tal como se encontra regulada na respetiva Lei de Bases (Lei n.º 48/98, de 11 de agosto), assenta num sistema de gestão territorial organizado em três âmbitos: nacional, regional e municipal (Julião *et al.*, 2009).

Devido às características físicas, sociodemográficas, estruturais, económicas, ambientais, entre outras, específicas de cada país, região e concelho, tornou-se necessário atribuir maiores responsabilidades aos atores com maior proximidade e conhecimento do território, no que toca ao uso e transformação do solo e cartografia de risco. Até à adesão de Portugal à Comunidade Económica Europeia (CEE), em 1986, a maioria das normas respeitantes a fenómenos sísmicos focava-se na construção sismo-resistente, como é exemplo a primeira legislação antissísmica portuguesa dos tempos modernos, em 1958. Atualmente a legislação sobre construções sismo-resistentes está em constante melhoria e todos os projetos de construção seguem obrigatoriamente disposições regulamentares por forma a garantir a máxima segurança relativamente ao colapso e à perda de vidas humanas, em caso de ocorrência de sismos com intensidade significativa. Para Coelho (2003), existem vários fatores que condicionam e influenciam a vulnerabilidade sísmica do edificado: tipo de elementos resistentes; configuração dos sistemas estruturais (dimensões e forma em planta, número de pisos e disposição em altura, distribuição da massa); disposições de dimensionamento do projeto; qualidade da construção; materiais, os métodos construtivos e a tecnologia próprios da região onde se localizam as construções e da sua época de construção; estado global de conservação dos edifícios e da sua estrutura que, em particular, no caso das construções mais antigas, se sabe que condiciona a sua resposta à ação dos sismos. Hoje em dia, as normas de construção são ainda mais rígidas, como comprova o Eurocódigo 8: EN 1998-1 (regras gerais, ações sísmicas), EN 1998-3 (avaliação e reforço de edifícios), ENV 1998-4 (reservatório, tubos), EN 1998-5 (fundações, estruturas), EN 1998-6 (mastros, torres). O Eurocódigo 8 é uma norma europeia aplicada a cada estado membro, onde se inclui Portugal, e está dependente de um Documento Nacional de Aplicação (DNA) da responsabilidade de cada país.

Mesmo antes da adesão oficial à CEE, quando já decorria todo o processo, nasce a figura do Plano Diretor Municipal (PDM), através do Decreto-Lei n.º 208/82, de 26 de maio de 1982. A obrigatoriedade dos PDM a nível europeu serve para efeitos de aplicação de fundos comunitários (estruturais e de coesão), no entanto, a maioria dos municípios não estavam preparados para a elaboração de um documento desta importância. Apenas em 1990, através do Decreto-Lei n.º 69/90, de 2 de março, se procedeu à elaboração, aprovação e ratificação da maioria dos PDM de primeira geração. O Regime Jurídico dos Instrumentos de Gestão Territorial (RJIGT) determina que os PDM sejam obrigatoriamente revistos decorrido o prazo de 10 anos após a sua entrada em vigor ou da sua última revisão (Gonçalves, 2013). No entanto, para quem não cumprir esta revisão, não existem grandes agravantes, existindo mesmo municípios que nunca reviram os seus PDM, enquanto outros já preparam a terceira revisão.

A geografia, enquanto ciência social e humana, desempenha um papel importante nas tomadas de decisão. Os mapas são, na maioria dos casos, o resultado final dos estudos e permitem identificar e

entender problemas espaciais complexos (Klimešová & Brožová, 2012), ajudando assim a detetar problemas e encontrar soluções e, assim, a criar novos conhecimentos (Crampton 2014).

No que diz respeito à cartografia de risco ou suscetibilidade nos PDM, esta é representada através de mapas de zonamento, decorrentes dos processos naturais e mistos identificados e passíveis de ocorrer no território (Proteção Civil Cascais, 2015). A cartografia de risco é produzida com o objetivo de integrar um plano, sendo muito diversificada para vários tipos de risco: naturais, mistos e tecnológicos (Tavares *et al.*, 2011). Esta cartografia deve estar em sintonia com os instrumentos de planeamento e emergência previstos nos planos municipais, distritais e nacionais e permite a análise dos riscos presentes no território, bem como, cooperar na implementação de ações de prevenção.

O amplo debate em torno dos desastres naturais levou todos os estados-membro da União Europeia a criar mecanismos para a análise de risco, bem como a agilização de meios de socorro em caso de catástrofe. Segundo o relatório da Comissão Europeia (EC, 2010), é recomendado que seja adotada uma abordagem passo a passo nos estados-membros para desenvolver mapas de risco, considerando que as avaliações de risco quando realizadas a nível nacional, são essenciais para o planeamento e políticas em várias áreas da atividade pública e privada. Ao melhorar a consciência e a compreensão dos riscos que um estado-membro enfrenta, em melhor posição se está para chegar a um acordo sobre as medidas preventivas a serem tomadas. A ação da EU na gestão de risco foca-se essencialmente em quatro pilares: prevenção, preparação, resposta e recuperação.

Os estados-membros atribuíram esta responsabilidade aos seus serviços de Proteção Civil, sendo que o primeiro instrumento estruturante da Proteção Civil na Europa foi o programa de ação comunitário, que foi criado em 1997 e que vigorou até final de 1999 (Aragão, 2011). Posteriormente, a 23 de outubro de 2001, o Conselho Europeu estabelece um Mecanismo Comunitário destinado a facilitar uma cooperação reforçada no quadro das intervenções de socorro da Proteção Civil, cuja reformulação teve lugar em 2007, através da Decisão 2007/779/CE. Para além disso, foi instituído um Instrumento Financeiro de Proteção Civil (2007/162/CE, Euratom) (ANPC, 2009ab). Já em 2017, a Comissão Europeia reforçou a resposta coletiva a catástrofes, através do programa “rescEU”, que permite complementar as capacidades nacionais.

Com os processos de revisão dos PDM e dos PME, emergiu a necessidade da existência de uma metodologia para a elaboração da cartografia municipal de risco, com vista a uniformizar os procedimentos nomeadamente quanto aos conceitos a adotar e às regras de harmonização da cartografia a utilizar. O Despacho n.º 27660/2008, de 29 de outubro, constituiu o grupo de trabalho com a missão de elaboração de um guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação dos respetivos SIG de base municipal. Para a elaboração do guia metodológico foi também tida em consideração a Diretiva INSPIRE (Diretiva 2007/2/EC do Parlamento Europeu e do Conselho, de 14 de março de 2007) que entrou em vigor a 15 de Maio de 2007 e tem por objetivo estabelecer um quadro legal para a criação da Infraestrutura Europeia de Informação Geográfica. Esta Diretiva encontra-se transposta para o quadro jurídico nacional pelo Decreto-Lei n.º 180/2009, de 7 de agosto, que aprova o regime do Sistema Nacional de Informação Geográfica (Julião *et al.*, 2009).

Torna-se assim evidente que existe ainda um longo caminho a percorrer quanto à cartografia de risco. Segundo Pascoal (2012), há que experienciar novas perspetivas na avaliação de risco integrado, para que assim se contribua para um melhor planeamento e ordenamento, atendendo às categorias de risco consideradas, para que se formem zonas interditas à construção onde exista um risco extremo integrado. Há já alguns países que consideram a cartografia de risco integrado como instrumento para

a construção de planos diretores municipais, faltando avaliar e refinar as metodologias, tendo em consideração o contexto de cada país.

Os resultados dos estudos podem e devem ajudar os atores governamentais nas suas políticas e os planeadores a formular estratégias de resposta rápida a eventos sísmicos, para que uma área de desastre possa retomar rapidamente ao seu status normal ou aumentar a resiliência.

Capítulo 3

METODOLOGIA E DADOS

A metodologia de trabalho neste projeto tratou de forma diferenciada as componentes social, infraestrutural e física.

Assim, para a **componente social**, adotou-se uma metodologia semelhante à desenvolvida por Cutter *et al.* (2003), que calculou o *SoVI* para todas as unidades administrativas (*countries*) dos Estados Unidos da América. Essa metodologia aplicada por Cutter inclui uma enorme quantidade de variáveis, algumas delas que não são possíveis de calcular para o nosso país devido à falta de informação disponibilizada e outras que não fazem sentido para a realidade do nosso país, devido a factos históricos, sociais, estruturais ou até económicos. Segundo Mendes (2009), quando tentou replicar essa metodologia à região centro de Portugal, foram evidentes as limitações da mesma, devido ao baixo desempenho no planeamento e dimensões territoriais da vulnerabilidade social. A metodologia de avaliação da vulnerabilidade social replicada neste trabalho tem a designação de VS-CES-OSIRIS, embora com algumas alterações explicadas em Dias (2013) e Rezende (2016) e é suportada por referências científicas internacionais, tendo já sido validada e aplicada em Portugal, nomeadamente em projetos científicos do Centro de Estudos Sociais da Universidade de Coimbra (Mendes *et al.* 2014). Com base no índice de vulnerabilidade social para os Estados Unidos de Cutter (2003) e no decurso de um projeto de pesquisa coordenado pelo Centro de Estudos Sociais da Universidade de Coimbra para região centro de Portugal, foi introduzida uma nova abordagem metodológica, na qual a avaliação da vulnerabilidade social considera duas dimensões: criticidade e capacidade de suporte (Tavares *et al.*, 2018). O método proposto na nova abordagem ao índice de vulnerabilidade social visa incorporar não apenas as características individuais da população e dos grupos de risco, mas também considera o contexto territorial em que são apoiados, ou seja, equipamentos públicos e privados, infraestruturas e serviços que podem desempenhar um papel na atenuação de perdas e melhoria da recuperação (Mendes *et al.*, 2011). Esta incorporação das relações e interdependências entre estruturas ambientais e sociais é relevante para a análise da vulnerabilidade social, sendo que o cálculo final do índice de vulnerabilidade social deverá ser alcançado considerando as duas dimensões anteriormente referidas (Mendes, 2009). Convém referir que esta abordagem não pretende apenas replicar a metodologia VS-CES-OSIRIS, mas sim perceber de que forma a vulnerabilidade social pode ser incorporada nos planos de proteção civil municipais. O resultado final deve ser um mapa de vulnerabilidade social que identifique claramente e de forma pormenorizada que fatores mais contribuem para essa mesma vulnerabilidade. A metodologia VS-CES-OSIRIS, aplicada neste caso a uma grande escala geográfica (subsecção estatística) constitui uma inovação, uma vez que até aqui apenas tinha sido aplicada até ao nível da secção estatística. É um desafio adicional a vários níveis, uma vez que a variabilidade estatística poderá ser grande em subsecções adjacentes, a aquisição, preparação e cálculo dos dados relativos às variáveis definidas, bem como a interpretação dos resultados, são processos muito mais morosos. Para além disso, existem várias subsecções estatísticas de pequena dimensão e sem valores numéricos.

Para a **componente estrutural**, a avaliação da vulnerabilidade sísmica dos edifícios à escala urbana, neste caso ao nível da subsecção, é um exercício bastante complexo, uma vez que o diagnóstico das características destes edifícios deverão ser registados com o maior rigor possível por forma a detalhar

e espelhar a verdadeira realidade urbana. A metodologia utilizada nesta fase teve por base o cálculo de vulnerabilidade sísmica do edificado de Vilas-Boas (2016), que se baseia na proposta do projeto europeu *Risk-UE Level Method 1 (LMI)*, mas também em estudos, estimativas e metodologias de outros autores como Appleton (2005), Calvi *et al.* (2006), Sousa (2006) e Teves-Costa & Barreira (2012). O projeto *Risk-UE* (2001-2004) teve como principal objetivo avaliar as perdas diretas e indiretas de um sismo em sete cidades Europeias: Barcelona, Bitola, Bucareste, Catania, Nice, Sofia e Salónica (Mouroux *et al.*, 2004). Apesar de algumas alterações, o projeto *Risk-EU* baseia-se na metodologia implementada no *software HAZUS* e que consiste na classificação tipológica das estruturas, curvas de capacidade, pontos de desempenho e avaliar as probabilidades de atingir ou exceder os diversos estados de dano (Kaynia *et al.* 2013). Na metodologia proposta no projeto europeu *Risk-UE*, a análise dos danos observados após a ocorrência de um sismo resulta da correlação estatística entre a intensidade macrossísmica e o dano observado em sismos passados, na escala EMS98, que implicitamente já inclui um modelo de vulnerabilidade qualitativo (Vilas-Boas, 2016). Tal como em Teves-Costa & Barreira (2012), consideram-se como principais fatores de vulnerabilidade a tipologia construtiva associada a cada época de construção. Os critérios adotados na metodologia para estimar os danos provocados por um sismo (classificação *Federal Emergency Management Agency (FEMA) – National Institute of Building Sciences (NIBS)*) do *software HAZUS*, encontram-se aplicados em Sousa (2006), com as respetivas alterações para o parque habitacional de Portugal.

Para a **componente física**, que corresponde ao estudo das intensidades sísmicas máximas (ISM), foi usada a cartografia resultante do estudo de Teves-Costa *et al.* (2019). Esta cartografia de intensidades sísmicas máximas para Portugal Continental, resulta do trabalho sobre uma base de dados de 5444 eventos sísmicos no território. Adotando então a carta de intensidade máxima, normalizam-se os valores de ISM entre 0 e 1, atribuindo o valor mínimo (0) à intensidade sísmica máxima mais baixa em Portugal (IV) e (1) à intensidade sísmica máxima mais alta em Portugal (X), neste caso associada à região do Algarve devido ao sismo de 1755. Em termos metodológicos para a componente física, ponderou-se a utilização de outras variáveis, mas devido à incerteza fundamentada em artigos científicos como Varnes (1984), Hack *et al.* (2007) e Rodriguez-Peces *et al.* (2011), considerou-se que apenas com as intensidades sísmicas é possível abranger uma quantidade de fatores físicos importantes no cálculo do risco.

O cálculo final do **indicador de vulnerabilidade sísmica** foi realizado através do método AHP. Consiste na criação de um modelo que reflete a avaliação das alternativas, entre si, perante um problema complexo de decisão e na atribuição de priorização a cada componente em análise, perante as restantes componentes em estudo.

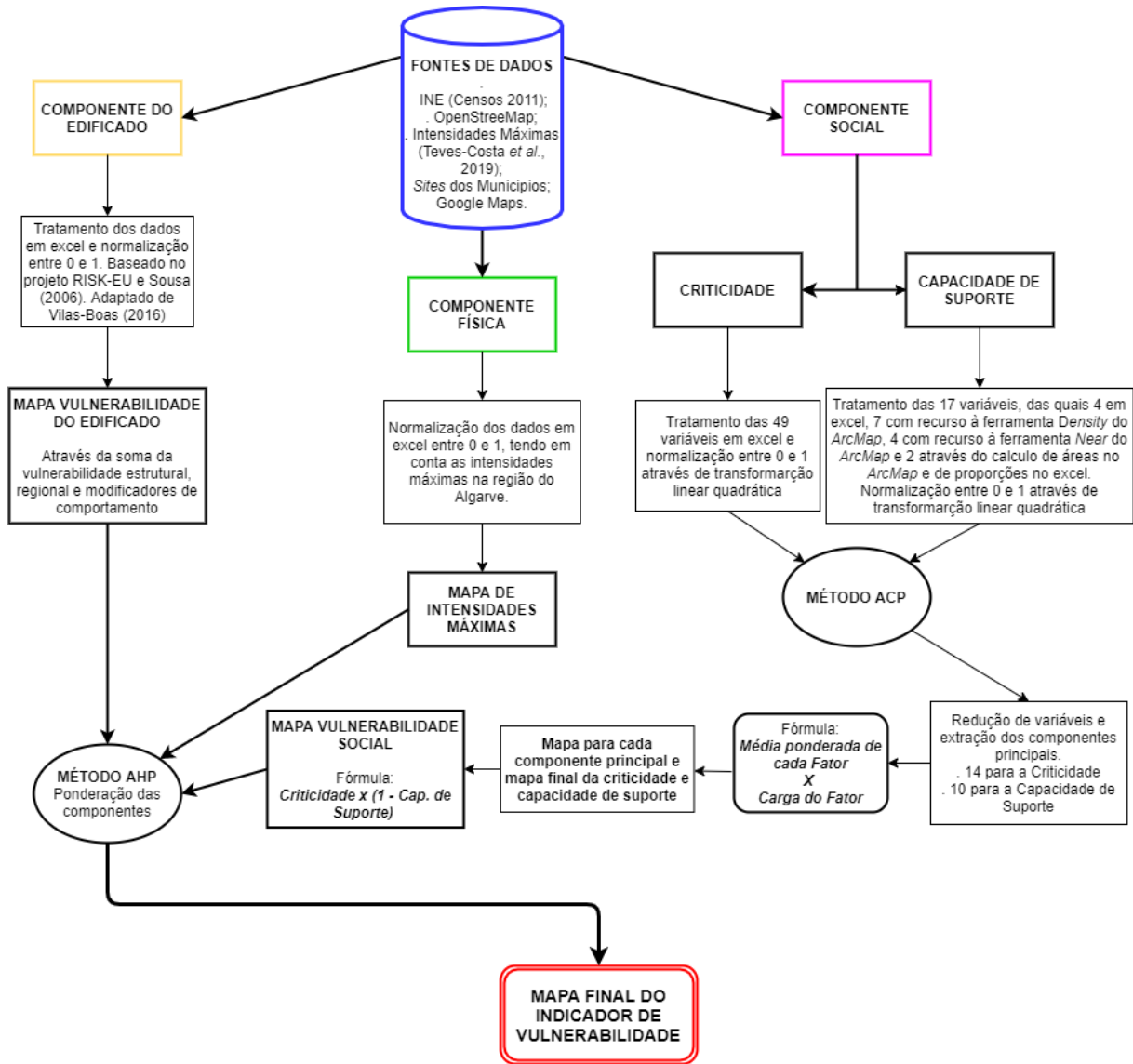


Figura 3.1 – Workflow metodológico do projeto.

3.1. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Este capítulo tem como objetivo descrever a área de estudo, enquadrando-a ao nível nacional e local, através de uma descrição social, demográfica, económica, física e ao nível dos serviços e infraestruturas de apoio à população. Para implementação da metodologia desenvolvida, escolheram-se três concelhos da região do Algarve: Portimão, Albufeira e Loulé.

A região do Algarve assume, no contexto de Portugal Continental, aspetos singulares. Para além de ser uma região muito virada para o turismo, principalmente de verão, mas também o de natureza, é a única região de Portugal Continental que é banhada a Oeste e a Sul pelo Oceano Atlântico.

Em 2011, a região do Algarve era constituída por 16 concelhos e um total de 84 freguesias (Figura 3.2). Com a reorganização administrativa de 2013, a região perdeu cerca de um quarto das freguesias (de 84 para 67). Para a presente análise, comparação e cálculo dos dados estatísticos de alguns indicadores, consideram-se as freguesias que existiam antes de 2013.



Figura 3.2. Mapa da Região do Algarve – Municípios e Freguesias (2011).

Em termos sociais, demográficos e económicos, de uma forma geral, a região do Algarve apresenta algumas diferenças no seu território principalmente entre os concelhos serranos e os concelhos do litoral. Seguem-se alguns indicadores calculados a partir de dados do INE (Censos, 2011) e que pretendem enquadrar e descrever os concelhos estudados.

A população da região do Algarve era, em 2011, de 451.006 habitantes, o que representa um aumento de 14,2% relativamente ao valor apurado nos Censos de 2001 (Tabela 3.1). Desta forma a região do Algarve assume-se como a zona de maior fluxo de população residente, nos últimos 20 anos. Entre 1991 e 2011, a população residente na região do Algarve cresceu perto de 32,1%, o que representa não só um aumento bastante significativo, como muito superior a todos os crescimentos verificados nas outras regiões do país neste período de tempo. No caso dos concelhos em estudo, Portimão, Albufeira e Loulé, apresentam variações superiores às da própria região do Algarve, num total de 167.064 habitantes e 19 freguesias.

Tabela 3.1. Variação da população residente (%) nas regiões de Portugal e concelhos em estudo. Fonte: INE

Variação da População Residente (%)		
Zona Geográfica	1991 - 2001	2001 - 2011
Portugal	5	1,99
Norte	6,2	0,06
Centro	3,5	-0,88
Lisboa	5,4	6,01
Alentejo	-2,5	-2,48
Algarve	15,8	14,12
Albufeira	50,57	29,44
Loulé	26,99	19,37
Portimão	15,41	24,09
R.A. Açores	1,7	2,07
R.A. Madeira	-3,3	9,3

Relativamente à densidade populacional, a região do Algarve apresentou em 2011, uma densidade populacional de 89,3 habitantes/km². Este valor é consideravelmente inferior ao total do país (114,3 habitantes/km²). Numa análise mais fina, é possível observar que nos concelhos em análise, as freguesias do litoral possuem maior densidade populacional, mas ao mesmo tempo também têm, de uma forma geral, menor área. Ao observar a densidade populacional por freguesias (Figura 3.3) verifica-se:

- 1) Uma concentração evidente da população nas freguesias da frente litoral, sem grande dispersão para o interior (exceção feita à freguesia de Portimão);
- 2) Loulé, como sede de concelho, embora dividida entre duas freguesias, é a sede de concelho com menor densidade populacional;
- 3) Uma densidade gradualmente menor à medida que se dá o afastamento do litoral e se aproxima o Algarve serrano;
- 4) Valores muito baixos nas freguesias mais interiores de cada concelho, também com maior área.

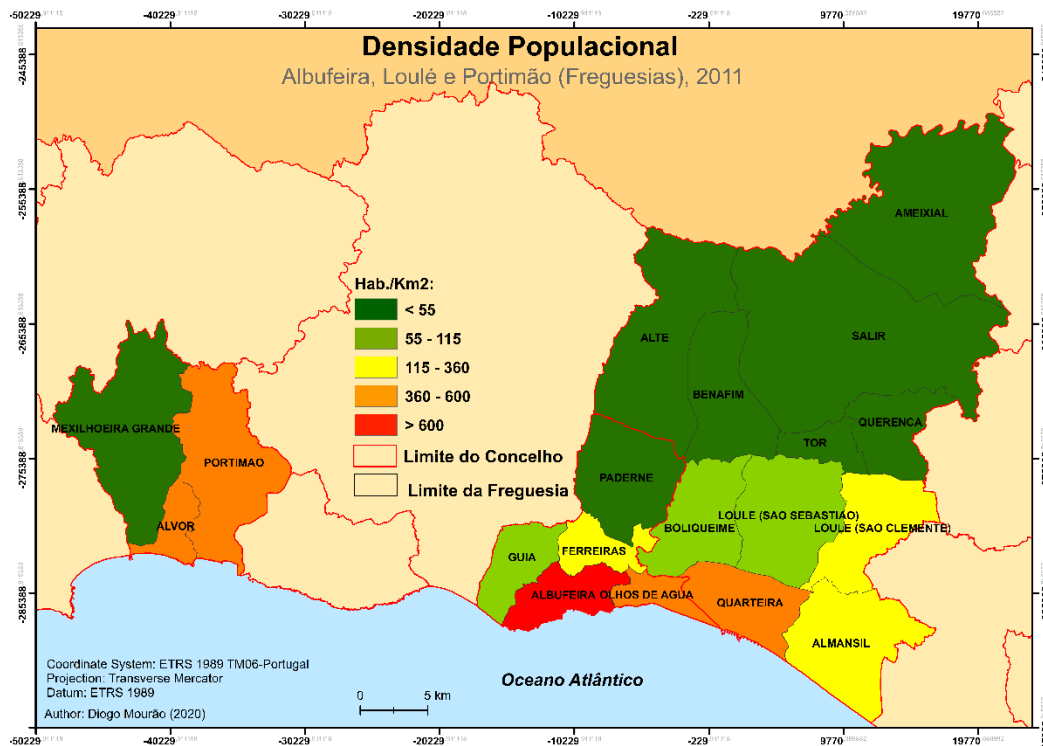


Figura 3.3 Mapa de densidade populacional, por freguesias, nos concelhos em estudo (2011).

Para um efetivo crescimento demográfico, existem dois conjuntos de dados: o crescimento natural – diferença entre os nascimentos (nados-vivos) e os óbitos; e o saldo migratório – diferença entre os imigrantes (entradas) e emigrantes (saídas). A soma destas diferenças apresenta como resultado o crescimento efetivo. Esta informação apenas se encontrava disponível com um nível de desagregação ao nível do município.

Antes de fazer a análise, é importante recordar que durante este período (3/4 anos, onde se inclui o ano de 2011), Portugal vivia uma forte recessão, que obrigou um elevado número de pessoas a emigrar. Estima-se que entre os anos de 2010 e 2015, tenham emigrado mais de 600 mil portugueses (INE), sendo que cerca de 345 mil o tenham feito de forma temporária, com perspetivas de regresso.

Tabela 3.2. Saldos natural, migratório e efetivo nos concelhos em estudo (2011). Fonte: INE

CONCELHOS	NADOS-VIVOS	ÓBITOS	SALDO NATURAL	IMIGRANTES	EMIGRANTES	SALDO MIGRATÓRIO	SALDO EFETIVO (2011)
ALBUFEIRA	445	275	170	654	1269	-615	-445
LOULÉ	694	679	15	954	1640	-686	-671
PORTIMÃO	658	545	113	551	1053	-502	-389

A Tabela 3.2 apresenta, relativamente ao saldo natural, valores positivos nos concelhos em análise, embora quase residuais, como é exemplo o concelho de Loulé. A região do Algarve foi também afetada por esta “fuga de cérebros” decorrente da crise, sendo que todos os concelhos apresentam um saldo migratório negativo. Loulé, mesmo sendo o concelho que mais imigrantes recebeu (954), foi também o que mais pessoas viu partir (1640) apresentando o pior resultado no saldo migratório (-686) e consequentemente no saldo efetivo (-671).

O índice de dependência de idosos (IDI) estabelece a relação entre o número de pessoas com 65 ou mais anos, consideradas estaticamente como não ativas, por cada 100 pessoas em idade ativa, ou seja, entre 15 a 64 anos. Um valor inferior a 100 significa que há menos idosos do que pessoas em idade ativa. Quanto mais perto do valor 0, menor é a dependência de idosos.

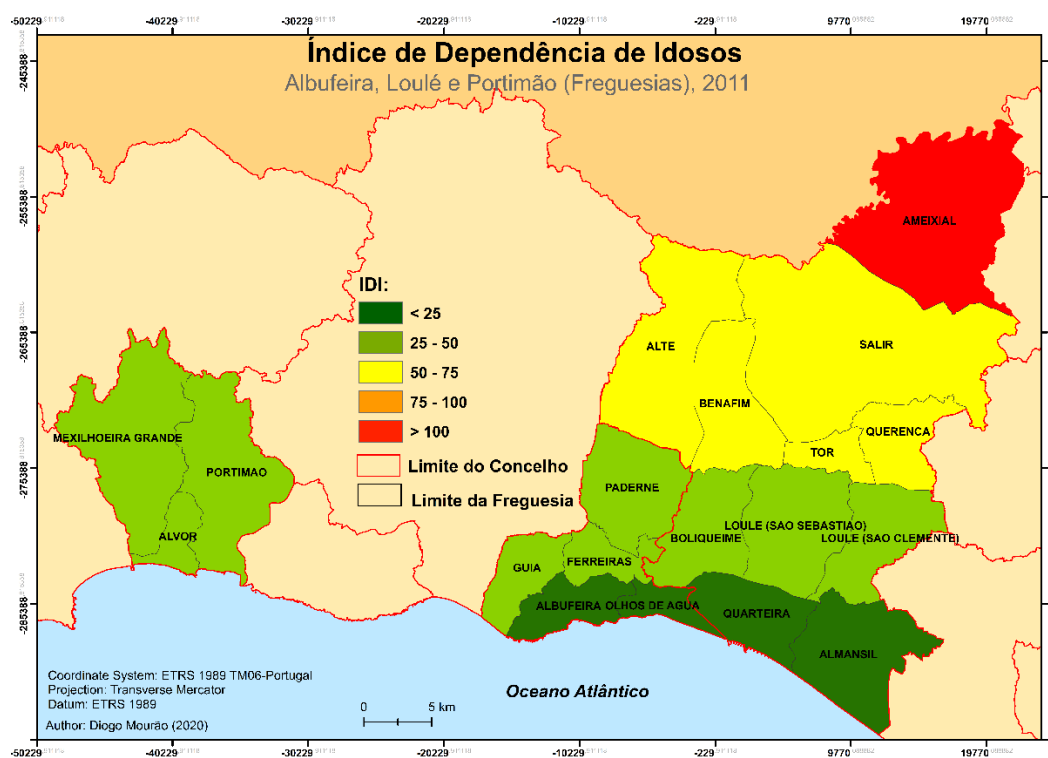


Figura 3.4. Mapa do índice de dependência de idosos, por freguesias, nos concelhos em estudo (2011).

Relativamente à distribuição geográfica das zonas com maior dependência de idosos nos concelhos em estudo, constata-se, a partir da Figura 3.4, em 2011, destacam-se as freguesias de Albufeira (15,74), Olhos de Água (19,75), Quarteira (19,85) e Almancil (22,48) como os concelhos com menor dependência de idosos. Sobressai, mais uma vez, o aumento do índice à medida que se dá o afastamento para as freguesias mais interiores, como freguesias com grande dependência de idosos, destacando-se pela negativa a freguesia do Ameixial (110,00).

Segundo o portal PORDATA (PORDATA, 2020), o ganho mensal é o montante que o empregado recebe de facto todos os meses. Para além da remuneração de base, inclui outras remunerações pagas pelo empregador, como horas extra, subsídio de férias ou prémios. Já o poder de compra *per capita* pretende traduzir o poder de compra médio por pessoa (*per capita*). É um número índice com valor 100 na média do país, que compara o poder de compra manifestado diariamente. Mais uma vez, apenas foi possível analisar dados desagregados ao nível do município.

Tabela 3.3. Ganho médio mensal e poder de compra *per capita* em Portugal, região do Algarve e concelhos em estudo (2011). Fonte: Portal Pordata.

Território	Ganho médio mensal	Poder de Compra <i>per capita</i>
Portugal Continental	1 084,6	100,8
Algarve	942,5	96,7
Albufeira	913,9	102,8
Loulé	963,1	100,2
Portimão	934,8	103,1

Analisando os dados de 2011 (Tabela 4.3), os concelhos em estudo um ganho médio mensal menor que o ganho médio mensal a nível nacional. O concelho de Loulé é o único concelho alvo de estudo que apresenta um ganho médio mensal (963,1€) superior à média da região do Algarve (942,5€). Em sentido contrário, é possível verificar que o poder de compra *per capita* nos concelhos analisados é superior à média da região do Algarve e até à média nacional, à exceção do concelho de Loulé.

Em relação aos setores de atividade económica é necessário notar que a população sem atividade económica refere-se a uma faixa da população que não pode ser considerada economicamente ativa, tais como: pessoas com menos de 15 anos, estudantes, domésticas/os, reformados e pessoas com uma incapacidade para trabalhar.

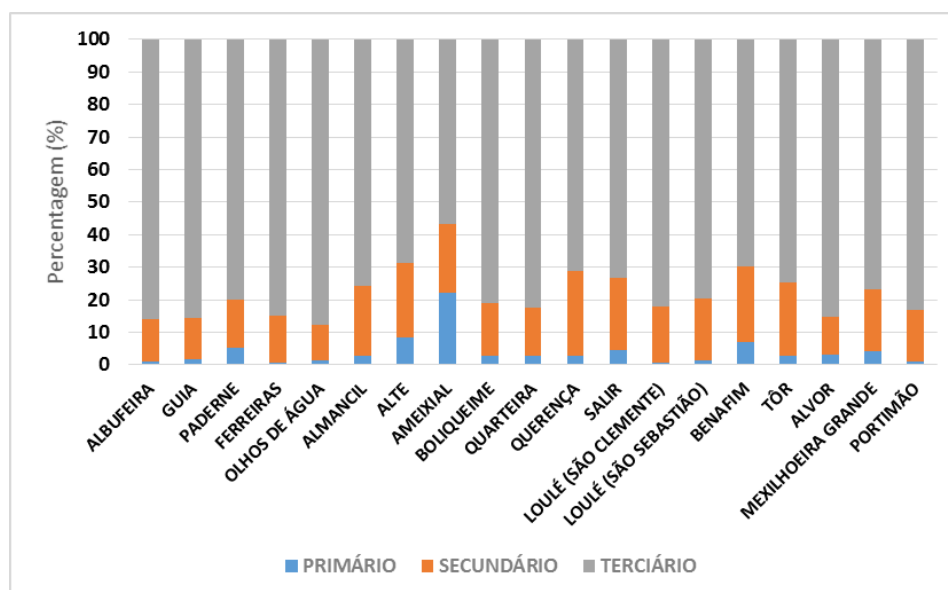


Figura 3.5. Gráfico dos setores de atividade nos concelhos em estudo. (2011). Fonte: INE.

Excluindo a percentagem da população sem atividade económica, é possível constatar (Figura 3.5) que o setor terciário domina em todos as freguesias dos concelhos alvos de estudo. Existem, no entanto, algumas freguesias como Alte, Ameixial, Querença, Salir e Benafim com alguma influência do setor primário, mas principalmente do setor secundário, que está relacionado com a agricultura, pecuária, floresta e pesca no setor primário e obras públicas, construção civil e indústria transformadora no setor secundário.

Noutras freguesias, como Albufeira, Guia Ferreiras, Olhos de Água, Quarteira, Loulé (São Clemente), Alvor e Portimão, o setor terciário representa mais de 80% da população ativa. Embora este setor, apelidado também de setor de serviços, tenha uma vasta abrangência, é possível que, em algumas freguesias, estes valores estejam relacionados com a forte influência do turismo.

Segundo o INE, a taxa de analfabetismo refere-se a todos os indivíduos com 10 ou mais anos que não sabem ler nem escrever, ou seja, incapazes de ler e compreender uma frase escrita ou escrever uma frase completa. No geral, Portugal tem percorrido um caminho muito satisfatório no âmbito da alfabetização da população. Nos anos 70, uma em cada quatro pessoas era analfabeta. Segundo os censos, em 2011 ainda existiam cerca de 5% de analfabetos no nosso país. Apesar de ser uma percentagem baixa, Portugal continua a ocupar um dos lugares mais altos da Europa na taxa de analfabetização. A região do Algarve tinha, em 2011, uma percentagem de analfabetos superior ao valor nacional (5,34%).

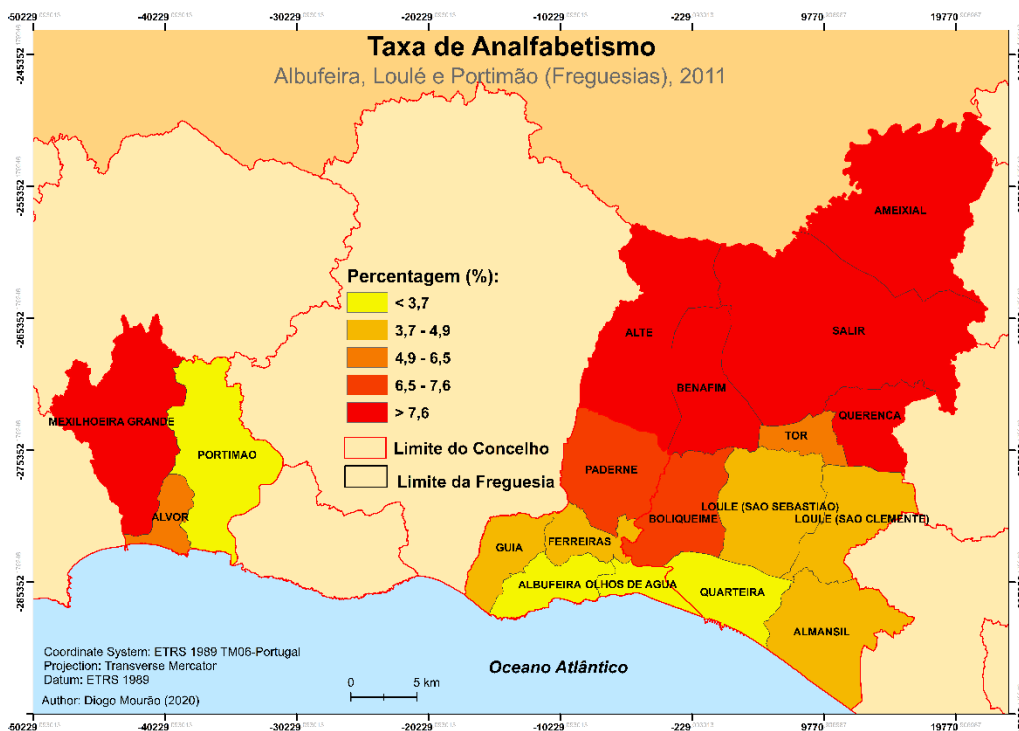


Figura 3.6 Mapa da taxa de analfabetismo, por freguesias, nos concelhos em estudo (2011).

Analisando a Figura 3.6, relativa às freguesias dos concelhos em estudo, constata-se que as freguesias mais afastadas da costa apresentam valores considerados elevados de população analfabeta. A título de exemplo, a freguesia do Ameixial apresentava em 2011 uma taxa de analfabetismo de 17,10%. Alte, Salir, Mexilhoeira Grande e Benafim são freguesias onde mais de 10% da população residente não sabe ler e escrever. Em sentido contrário, a freguesia de Quarteira é a que apresenta a menor taxa de

analfabetismo (3,02%), sendo acompanhada das freguesias de Portimão, Albufeira, Olhos de Água, Loulé (São Clemente) e Paderne que apresentam uma taxa inferior a 4%.

Os equipamentos de segurança e socorro à população, como corporações de bombeiros, hospitais, extensões de saúde e postos territoriais da Polícia de Segurança Pública (PSP) e Guarda Nacional Republicana (GNR), são serviços de apoio aos quais a população recorre frequentemente sempre que algo se afasta da normalidade. Analisando a Figura 3.7, é possível observar que nos concelhos em estudo existem 4 comandos territoriais da PSP/GNR, 4 corporações de bombeiros e 23 equipamentos de saúde (hospitais (públicos e privados), centros de saúde e extensões de saúde). Estes equipamentos estão, na sua maioria, implementados nas sedes de concelho e nas freguesias com maior densidade populacional, o que é compreensivo. Nas freguesias mais interiores, a maioria dos equipamentos de saúde são extensões dos centros de saúde ou unidades de saúde familiares, sem serviço de urgência.



Figura 3.7 Mapa dos equipamentos de segurança e socorro nos concelhos em estudo (2011).

Na Figura 3.8, está representada a rede viária nos concelhos em estudo. Uma boa rede viária pode ser um fator determinante no que diz respeito a catástrofes naturais. Para tal é necessário que existam planos de evacuação bem estudados e delineados. No caso dos concelhos em estudo, todos têm acesso às vias mais estruturais, consideradas como vias estruturais ou principais, como é o caso das autoestradas (AE), das Estradas Nacionais (EN), dos Itinerários Principais (IP) e dos Itinerários Complementares (IC). Estas vias conseguem abranger os territórios com maiores densidades populacionais e são complementadas por vias secundárias, como a rede viária urbana, estradas municipais, caminhos municipais e estradas regionais.

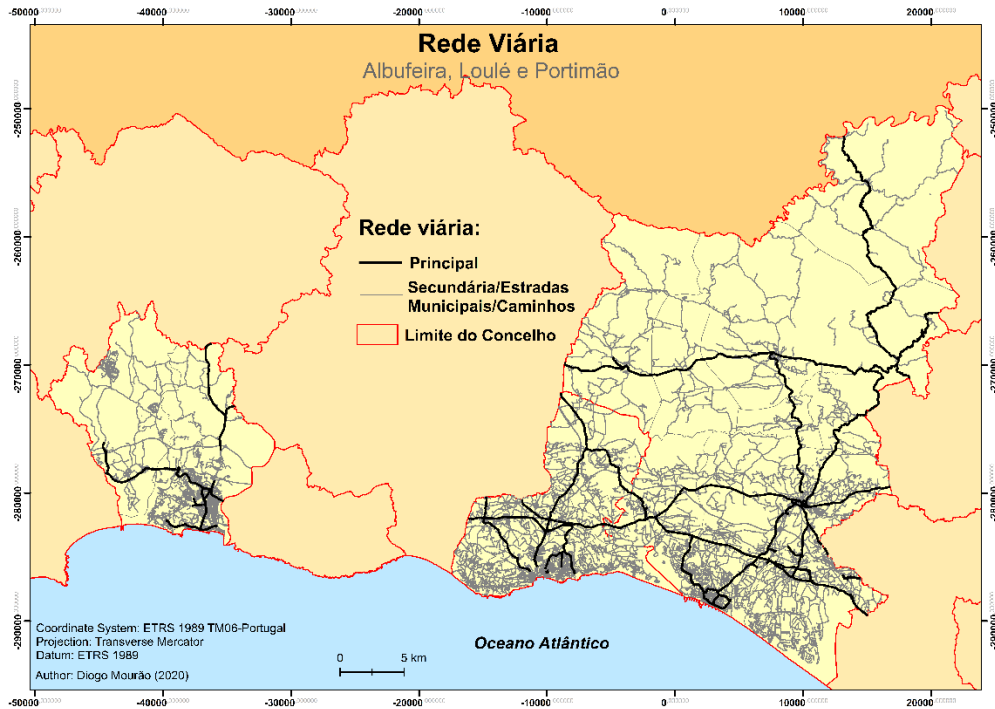


Figura 3.8 Rede viária nos concelhos em estudo. Fonte: OpenStreetMap

Na Figura 3.9 está representada a proporção de ocupação do solo. Através deste mapa, é possível observar as subsecções estatísticas onde existe maior percentagem de área (km²) ocupados por terrenos agrícolas ou artificializados (construídos). Nos concelhos em estudo, sobressaem as subsecções junto ao litoral, com uma ocupação de terrenos artificializados quase total, sendo que à medida que se avança para o interior, apenas nos centros urbanos das freguesias e em casos específicos, como parques industriais e empresariais, atrações turísticas e empreendimentos turísticos, a percentagem de ocupação de terrenos artificializados superam os agrícolas.

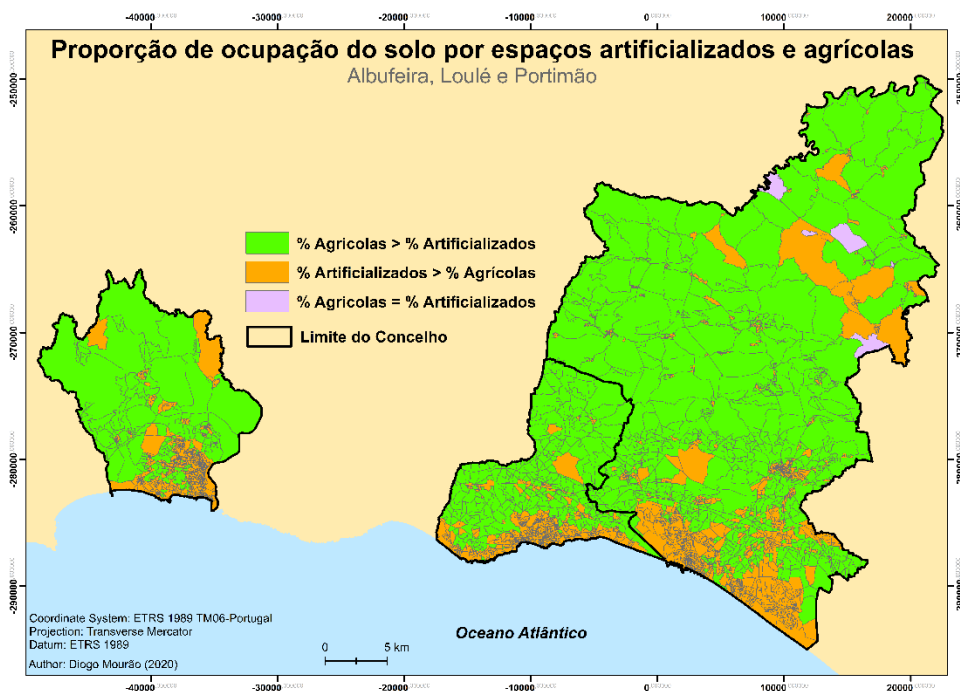


Figura 3.9 Proporção de ocupação do solo por espaços artificializados e agrícolas, nos concelhos em estudo (SNIG, 2020).

3.1.1 Enquadramento geotectónico e sismicidade histórica e instrumental

Para além do descrito anteriormente no subcapítulo 2.1, é possível aprofundar o enquadramento da região do Algarve em termos de estruturas sismotectónicas. Desde logo, e comparando com todo o território envolvente de Portugal, a Figura 3.10 evidencia uma sismicidade intensa localizada na área imersa ao largo da região do Algarve, a sul e sudoeste do território continental, numa faixa que se estende desde o Banco de Gorringe, a Oeste, até ao estreito de Gibraltar, a Este, bem como uma sismicidade histórica regional com sismos fortes que causaram danos avultados, dos quais se destacam sismos temporalmente distantes, como o sismo de 1755 que é o evento melhor caracterizado (Zitellini *et al.*, 1999; 2001; 2004; Dias & Cabral, 2000; Dias, 2001). Em termos de sismicidade instrumental *onshore*, existem três zonas de maior concentração, designadamente a área que se estende da Serra de Monchique até Portimão, a área entre Albufeira-Loulé-Faro, e a área de Tavira-Vila Real de S. António-Castro Marim (ANPC, 2010). Consta-se que a atividade sísmica não se propaga significativamente para o interior do território algarvio, correspondendo mesmo, a uma fronteira que limita a sul uma área de sismicidade muito fraca, correspondente ao baixo Alentejo e Alentejo litoral (Dias, 2001; Dias e Cabral, 2000).

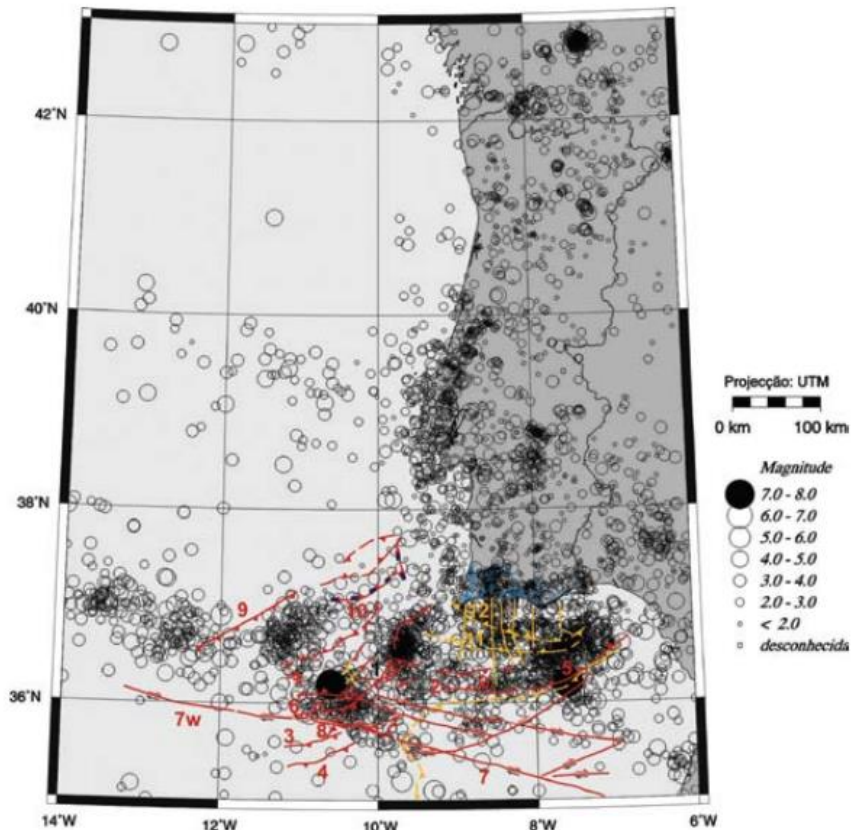


Figura 3.10 Mapa da distribuição de epicentros de sismos instrumentais, na região do Algarve e áreas adjacentes, no período 1961-2003 (Carrilho, 2005) e das principais falhas ativas atualmente identificadas na região do Algarve (zona emersa e imersa). Área imersa: vermelho, falhas ativas no Holocénico; castanho, falhas ativas cegas; azul, componente extensional mesozóica; castanho tracejado, falhas ativas no Pliocénico ou inferidas. Área emersa: cheio, falhas reconhecidas no campo; tracejado, inferidas. Fonte: ANPC, 2010

No estudo de Oliveira & Estevão (2005), foram descritos alguns dos sismos de maior intensidade que afetaram Portugal continental (Tabela 3.4), tornando evidente que a região do Algarve tem sido a mais fustigada por estes eventos. Importa ainda referir na região do Algarve, os sismos de Portimão (1719),

com intensidade máxima de IX, e Loulé (1856) com intensidade máxima de VIII (Carrilho, 2004; 2005), que não se encontram na tabela.

Tabela 3.4 Alguns dos principais sismos de Portugal continental, que afetaram a região do Algarve.
Fonte: Oliveira & Estevão (2015)

Data	Intensidade máxima	Zona mais afetada	Zona provável do epicentro	Observações
1969/02/28	VIII	Sagres	Falha da Ferradura	O último sismo a provocar colapsos em Portugal Continental
1909/04/23	IX	Benavente	Benavente	-
1858/11/11	IX	Setúbal	Sudoeste de Setúbal	-
1755/11/01	X	Algarve/Lisboa	Sudoeste/Oeste de Sagres	Tsunami
1722/12/27	X	Tavira	Tavira (imersa ou emersa)	Tsunami em Tavira
1531/01/26	IX	Vale do Tejo	Vale do Tejo	-
1356/08/24	IX	Algarve	Sudoeste de Sagres	-
382 DC	?	Costa de Portugal	Sudoeste/Oeste de Sagres	Tsunami e desaparecimento de ilhotas junto ao Cabo de S. Vicente
60 AC	?	Costa de Portugal	Sudoeste/Oeste de Sagres	Tsunami

Os registos históricos de sismos históricos e instrumentais ocorridos no território continental permitiram traçar uma carta de intensidades sísmicas, onde se exprimem os valores máximos das intensidades *Mercalli* Modificada (1956) observados em todo o território nacional. Os sismos de 1755 (*offshore*) e o de 1909 (*onshore*) refletem muito daquilo que é o mapa de intensidades máximas (Figura 3.11). Segundo Moreira (1991), o sismo de 1755 terá atingido a intensidade de X na escala *Mercalli* modificada (1956) em algumas localidades da costa Algarvia, Lisboa e Setúbal.

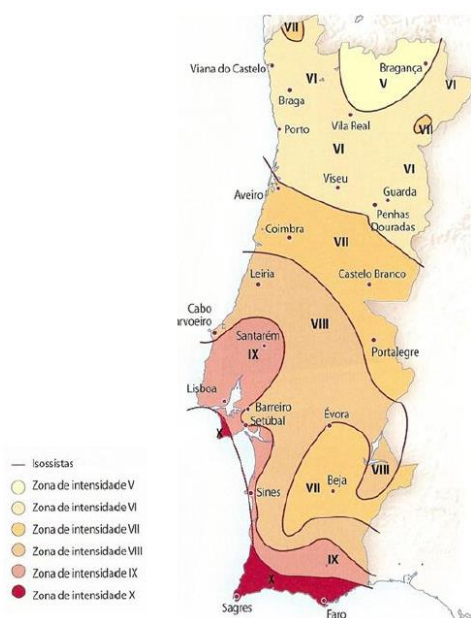


Figura 3.11. Mapa de Intensidades Sísmicas Máximas de Portugal Continental.
Fonte: Plataforma Nacional para a Redução do Risco de Catástrofes

Constata-se através das isossistas da Figura 3.11 que, historicamente, a intensidade sísmica no nosso país é mais elevada na faixa costeira entre Cabo Carvoeiro e a região do Algarve, diminuindo no interior e norte do território. A região do Algarve distingue-se do resto do país por apresentar uma

faixa considerável com intensidade máxima de X, associada a um risco sísmico elevado, principalmente em sismos com origem no mar. Estes fenómenos provocaram danos de diversa ordem e grandeza, tanto que até aos dias de hoje é possível observar reflexos diretos ou indiretos dos mesmos na sociedade, economia, demografia e principalmente no planeamento urbano (Estêvão, 2017). Desta forma, torna-se imperativo que se avalie a vulnerabilidade sísmica através de uma análise multicritério que considere várias variáveis inerentes a cada local, numa análise pormenorizada, onde em caso de sismo, pode ter um papel preponderante na gestão e antecipação da catástrofe.

3.2. DADOS E VARIÁVEIS EM ESTUDO

A Tabela 3.5 lista a totalidade das variáveis utilizadas no cálculo das três componentes em análise. Para a realização do presente trabalho, foram utilizadas um total de 73 variáveis: 5 na componente do edificado, 66 para a componente social (24 após a ACP) e 2 para a componente física (apenas foi utilizada uma no cálculo final). A informação estatística das BGRI para os concelhos em estudo, bem como a listagem de todas as variáveis da componente social encontram-se nos Anexos A.1, A.2 e A.3. Nos itens seguintes explica-se a escolha das variáveis em cada componente avaliada para este projeto.

Tabela.3.5 Lista de variáveis utilizadas para o cálculo das três componentes em análise.

COMPONENTE	CÓDIGO	DESCRIÇÃO DA VARIÁVEL	FONTE
Edificado	Ed_EpConst	Época de construção do edificado, por subsecção estatística	INE
	Ed_TipConst	Tipologia construtiva do edificado, por subsecção estatística	INE
	Ed_EstPreserva	Estado de Presevação do edificado, por subsecção estatística	INE
	Ed_NumPisos	Número de Pisos do edificado, por subsecção estatística	INE
	Pos_Ed	Posição do Edifício, por subsecção estatística	INE
Social (Criticidade)	Al_1_2div	Proporção de alojamentos familiares clássicos de residência habitual com 1 ou 2 divisões (%)	INE
	Al_5maisDi	Proporção de alojamentos familiares clássicos de residência habitual com 5 ou mais divisões (%)	INE
	Al_ate50m2	Proporção de alojamentos familiares clássicos de residência habitual com área até 50 m2 (%)	INE
	Ed_km2	N.º de edifícios por km2 (Edifícios/km2)	INE
	In_et_mun	Proporção de indivíduos residentes a estudar e trabalharem no município de residência (%)	INE
	In_nao_ler	Proporção de indivíduos residentes sem saber ler nem escrever (%)	INE
	Fa_c_1ou2p	Proporção de famílias clássicas com 1 ou 2 pessoas (%)	INE
	Fa_c_5mais	Proporção de famílias clássicas com 5 ou mais pessoas (%)	INE
	Pop_0_14	Proporção de indivíduos residentes com idade entre 0-14 anos (%)	INE
	Pop_65mais	Proporção de indivíduos residentes com 65 ou mais anos (%)	INE
	In_est_mun	Proporção de indivíduos residentes a estudar no município de residência (%)	INE
	In_emp_1ar	Proporção de população empregada no sector primário (%)	INE
	In_emp_3ar	Proporção de população empregada no sector terciário (%)	INE
	DensPop	Densidade populacional (hab./km2)	INE
Social (Capacidade de Suporte)	PerAgric	Proporção de superfície ocupada por espaços agrícolas ativos (%) (Código 2 da cartografia Corine Land Cover 2018)	COS
	PerArtif	Proporção de superfície ocupada por espaços artificializados ativos (%) (Código 1 da cartografia Corine Land Cover 2018)	COS
	NearEqSaud	Equipamentos de saúde (Cód.03:01 segundo Julião et al., 2009): menor distância (m) ao equipamento	Investigação Própria (Google Maps)
	NearBombei	Corporações de bombeiros (Cod.03:07:01 segundo Julião et al., 2009): menor distância (m) ao equipamento	Investigação Própria (Google Maps)
	NearSegPub	Esquadras da PSP e instalações das Forças Armadas: menor distância (m) ao equipamento	Open Street Map
	NearHotel	Unidades hoteleiras (Cod.99:03 segundo Julião et al., 2009): menor distância (m) ao equipamento	Open Street Map
	Pd_eri	Densidade de estruturas residenciais para idosos e população com necessidades especiais, centros de dia e noite (Cod.03:05 segundo Julião et al., 2009)	Investigação Própria (Google Maps)
	Pd_combust	Densidade de postos de abastecimento de combustíveis (Cod.09:09 segundo Julião et al., 2009)	maisgasolina.com
	DensRV	Densidade da rede viária (Grp.04 segundo Julião et al., 2009) (km/km2)	Open Street Map
Pd_ZCAP	Densidade de infraestruturas para ZCAP (auditórios, ginásios, igrejas, pavilhões, polidesportivos, estádios) (Cod. 03:03 segundo Julião et al., 2009)	Investigação Própria (Google Maps)	
Física	Imax	Intensidades Sísmicas Máximas em Portugal Continental	Maximum intensity maps (MIM) for Portugal mainland (Teves-Costa et al., 2019)
	MDT Portugal	Modelo Digital do Terreno (30m) de Portugal Continental	ArcGIS Online

3.2.1 Componente Social

A aquisição e integração dos dados de entrada é a fase mais exigente em termos de duração temporal e uma das mais importantes em toda a aplicação da metodologia. A avaliação da vulnerabilidade social requer a recolha de um leque alargado de informação, da qual apenas uma pequena parte integra o modelo final da vulnerabilidade social. Para a avaliação da criticidade recolheu-se um conjunto inicial de dados de 49 variáveis, das quais se utilizaram 14 depois de realizada a análise fatorial por ACP. Quanto à capacidade de suporte, consideraram-se inicialmente 17 variáveis, tendo a ACP sido executada com 10. É importante referir que às variáveis consideradas para a capacidade de suporte no estudo de Santos *et al.* (2016), foi adicionada uma nova variável que corresponde à densidade de Zonas de Concentração e Apoio População (ZCAP). As ZCAP são frequentemente referidas nos relatórios da Proteção Civil, como no Plano Especial de Emergência de Proteção Civil para o Risco Sísmico e de Tsunamis (PEERST) da região do Algarve e Programa Regional de Ordenamento do Território (PROT-Algarve, 2004). São zonas que devido à sua área e infraestruturas de apoio servem para concentrar a população em caso de catástrofe. Estas ZCAP podem ser recintos desportivos (estádios, pavilhões, autódromos), igrejas, centros culturais, cinemas, teatros, centros comerciais e parques aquáticos. A denominação de um local como ZCAP depende das condições estruturais desse local, da proximidade e de uma hierarquia definida pelas autoridades competentes.

Os dados de base das variáveis extraídas dos Censos 2011 (INE, 2011), ao nível da subsecção estatística, são disponibilizados no *site* do INE no formato CSV com um total de 128 campos referentes a edifícios, alojamentos, famílias, núcleos familiares e indivíduos. Os dados são extraídos originalmente na unidade estatística de análise adotada (subsecção), sendo extraídas apenas as que se referem aos concelhos em estudo, através do GEO_COD: Albufeira (801), Loulé (808) e Portimão (811). Apesar de maior parte das variáveis utilizadas na avaliação da vulnerabilidade social terem por fonte os dados provenientes dos Censos de 2011 devido à escala de detalhe em análise, existem também variáveis extraídas de outras fontes de informação geográfica, principalmente na avaliação da capacidade de suporte, isto porque nesta vertente trabalham-se outros conceitos mais relacionados com equipamentos e infraestruturas. Os dados obtidos por estas fontes consistem em informação pontual, linear e poligonal que foi previamente pesquisada. As informações provieram dos *sites* oficiais dos municípios em análise (escolas, lares de idosos, hospitais, corporações de bombeiros), por pesquisa autónoma (farmácias, postos de combustíveis, equipamentos do setor alimentar e ZCAP) e através do *site Open Street Map* (Open Street Map®) (rede viária, unidades hoteleiras e equipamentos de segurança pública), onde posteriormente se procedeu à eliminação da rede pedonal e de tipos de estradas com pouca relevância. Toda esta informação foi então integrada numa base de dados SIG, usando para o efeito o software *ArcMap* do *ArcGIS* (ESRI®). Para os dados com localização espacial e de acordo com o seu sistema de referência de origem, procedeu-se à reprojeção, sempre que necessário, para o sistema cartográfico oficial para Portugal Continental, ou seja ETRS89 PT-TM06 (DGT, 2020). Já as variáveis relativas ao uso do solo, cuja informação de base é a constante na cartografia *Corine Land Cover* de 2018 (CLC'18) (SNIG, 2020), foram definidas, em ambiente *ArcMap*, por sobreposição de alguns tipos de cobertura específicos (agrícola e artificial) com os polígonos da área de cada subsecção estatística, de modo a calcular a percentagem de área que está afeta ao tipo de cobertura do solo em questão.

Para a rede viária (informação linear), calcularam-se as áreas, em km², de cada subsecção, bem como o número de quilómetros de cada estrada (extensão de cada linha). Através da ferramenta *clip* foram extraídas as estradas dentro de cada subsecção e calculada a soma do número de quilómetros de rede

viária dentro de cada subsecção. Após este cálculo, foi dividido o total de quilómetros de rede viária pelos km² de cada subsecção.

No caso da capacidade de suporte, mais de metade das variáveis iniciais extraídas tem uma representação pontual - 10 em 17 variáveis. De acordo com o tipo de informação e a quantidade de elementos pontuais – postos de abastecimento de combustíveis, equipamentos de educação, segurança, hotéis, supermercados, quartéis de bombeiros, equipamentos de saúde, farmácias, corporações de bombeiros e ZCAP – foram utilizados dois métodos para a obtenção de um valor diferenciador entre as subsecções estatísticas (Mendes *et al.*, 2011; Santos *et al.*, 2016):

- Cálculo da distância mínima do centróide, de cada subsecção estatística, ao elemento pontual mais próximo;

- Cálculo, num dado perímetro, da densidade de determinado elemento pontual (farmácias, escolas, lares de idosos, unidades hoteleiras, equipamentos de segurança, postos de combustíveis e ZCAP).

Na presente componente, a ACP realizada depois do tratamento das variáveis, permite criar grupos de variáveis que aumentam ou diminuem o *score* do índice de vulnerabilidade social, como grupos etários vulneráveis, famílias de pequena dimensão, estudantes e trabalhadores no município, características dos alojamentos, densidade populacional e do edificado e a população empregada no setor primário e no setor terciário. Todo o processamento realizado para a aplicação do método ACP foi implementado no software SPSS (IBM®).

Após a recolha e integração dos dados mencionados anteriormente, seguiu-se uma sequência de procedimentos que inclui a seleção das variáveis a utilizar como dados de entrada na análise fatorial, e os procedimentos próprios da mesma. É pertinente referir que apesar de existirem certos valores de referência, sugeridos na bibliografia científica, para cada passo da análise fatorial, esta também depende do âmbito de análise. O objetivo primordial deverá ser sempre melhorar a análise. Principalmente no caso da capacidade de suporte tentou-se seguir todos os valores mínimos de exclusão de variáveis, mas devido a existir um número muito mais reduzido de variáveis, deve existir uma sensibilidade na hora de eliminar variáveis, de forma a não colocar em causa toda a análise. Assim, em certos casos específicos, valores de variáveis que se encontram na fronteira de exclusão (apenas e só) foram mantidos. A sequência de procedimentos é aplicada separadamente para a criticidade e para a capacidade de suporte, conforme as etapas abaixo discriminadas:

1. Normalização dos valores das variáveis aos *z-scores* (média = 0 e o $\sigma = 1$);
2. Teste de multicolineariedade através do cálculo e análise da matriz de correlação de Pearson, no sentido de excluir do universo em análise as variáveis que apresentam correlação superior a 0,7, entre os pares de variáveis. Optou-se por uma ou outra variável de acordo com os critérios de maior relevância e robustez de significado da vulnerabilidade social. Convém referir que por uma questão de coerência estatística, optou-se por não inserir neste cálculo estatístico cinco variáveis da criticidade que estão já ponderadas na componente do edificado (Tabela 3.5): ed_ate_1970, ed_12pisos, ed_5mai_pi, ed_pedra e ed_betao e uma variável da capacidade de suporte: ed_isolados. Assim, para a criticidade, das 49 variáveis iniciais, apenas foram consideradas 44 variáveis. Através da matriz de correlação, foram eliminadas 16 variáveis com correlação superior a 0,7 (Tabela 3.6). Já para a capacidade de suporte, através da matriz de correlação (Tabela 3.7), eliminaram-se três variáveis: Pd_farm, Pd_jieb1 e Pd_super. Apesar do valor de 0,70 para a correlação entre as variáveis Pd_eri e Pd_ZCAP, optou-se por manter ambas as variáveis.

Tabela 3.6 Matriz de correlações (Pearson) para a criticidade depois de eliminadas as variáveis com correlação superior a 0,7, no software SPSS.

Matriz de correlações ^a																															
	Alo_fa_vag	AlFamSagua	AlojArr	Al_1_2div	Al_5maisDi	Al_ate50m2	Almais200m	Ed_km2	In_freq_sec	In_est_mun	In_1bas_co	In_3bas_co	In_sec_co	In_sup_co	In_nao_ler	In_em_p_1ar	In_em_p_3ar	In_em_prega	In_et_mun	Fa_c_5mais	Fa_c_1ou2p	Fa_1desem	DensPop	Pop_0_4	Pop_0_14	Pop_65mais	Ind_p_aloj	Pop_femi			
Correlação	1,000	0,018	0,109	-0,014	-0,020	0,029	-0,028	0,101	-0,078	-0,064	0,057	-0,021	-0,042	-0,036	0,025	-0,007	-0,048	-0,053	-0,051	-0,025	0,091	0,006	-0,044	-0,007	-0,029	0,087	-0,117	-0,010			
	AlFamSagua	1,000	-0,092	0,113	-0,012	0,155	-0,048	-0,113	-0,070	-0,051	0,134	-0,102	-0,111	-0,116	0,185	0,160	-0,138	-0,075	-0,073	0,006	0,066	-0,045	-0,122	-0,028	-0,045	0,075	0,002	-0,112			
	AlojArr	0,109	-0,092	1,000	0,203	-0,437	0,323	-0,254	0,210	-0,013	0,050	-0,055	0,115	0,010	-0,090	-0,067	-0,088	-0,001	0,023	0,095	-0,034	0,134	0,153	0,263	0,103	0,078	-0,132	-0,062	0,023		
	Al_1_2div	-0,014	0,113	0,203	1,000	-0,323	0,574	-0,119	0,010	-0,047	-0,032	-0,008	-0,014	0,039	-0,031	0,015	0,037	-0,042	0,096	0,086	-0,027	0,136	0,038	-0,018	0,031	-0,005	-0,102	-0,054	-0,040		
	Al_5maisDi	-0,020	-0,012	-0,437	-0,323	1,000	-0,398	0,478	-0,145	0,039	-0,021	0,034	-0,092	-0,021	0,109	0,000	0,003	0,022	-0,095	-0,138	0,142	-0,246	-0,143	-0,210	-0,098	-0,035	0,130	0,064	0,002		
	Al_ate50m2	0,029	0,155	0,323	0,574	-0,398	1,000	-0,190	0,114	-0,093	-0,060	0,091	-0,026	-0,069	-0,143	0,140	0,080	-0,109	0,018	0,024	-0,059	0,175	0,047	0,009	-0,001	-0,050	-0,013	0,054	-0,054		
	Almais200m	-0,028	-0,048	-0,254	-0,119	0,478	-0,190	1,000	-0,173	0,029	0,015	-0,152	-0,053	0,098	0,267	-0,129	-0,025	0,055	0,054	-0,011	0,090	-0,182	-0,125	-0,251	-0,078	0,010	-0,036	-0,020	-0,034		
	Ed_km2	0,101	-0,113	0,210	0,010	-0,145	0,114	-0,173	1,000	-0,011	0,006	0,108	0,030	-0,075	-0,106	0,057	-0,029	0,048	-0,116	-0,047	0,098	0,082	0,512	-0,033	-0,040	0,108	-0,013	0,079			
	In_freq_sec	-0,078	-0,070	-0,013	-0,047	0,039	-0,093	0,029	-0,011	1,000	0,446	-0,176	0,393	0,015	0,007	-0,124	-0,063	0,093	-0,014	0,248	0,091	-0,180	0,010	0,057	-0,075	-0,002	-0,165	0,015	0,022		
	In_est_mun	-0,064	-0,051	0,050	-0,032	-0,021	-0,060	0,015	0,006	0,446	1,000	-0,274	0,162	0,000	-0,036	-0,201	-0,077	0,087	-0,059	0,565	0,198	-0,374	0,063	0,166	0,151	0,620	-0,370	0,080	0,049		
	In_1bas_co	0,057	0,134	-0,055	-0,008	0,034	0,091	-0,152	0,108	-0,176	-0,274	1,000	-0,280	-0,413	-0,427	0,218	0,170	-0,151	-0,243	-0,264	-0,012	0,169	-0,015	-0,023	-0,260	-0,304	0,453	0,096	-0,029		
	In_3bas_co	-0,021	-0,102	0,115	-0,014	-0,092	-0,026	-0,053	0,030	0,393	0,162	-0,280	1,000	-0,072	-0,192	-0,189	-0,117	0,040	0,081	0,190	0,010	-0,082	0,087	0,124	0,008	0,017	-0,233	0,001	0,004		
	In_sec_co	-0,042	-0,111	0,010	0,039	-0,021	-0,069	0,098	-0,075	0,015	0,000	-0,413	-0,072	1,000	0,005	-0,285	-0,111	0,117	0,194	0,126	-0,059	-0,053	0,042	-0,021	0,028	0,013	-0,248	-0,103	-0,011		
	In_sup_co	-0,036	-0,116	-0,090	-0,031	0,109	-0,143	0,267	-0,106	0,007	-0,036	-0,427	-0,192	0,005	1,000	-0,265	-0,105	0,185	0,319	0,087	-0,076	0,059	-0,123	-0,112	0,029	-0,020	-0,210	-0,148	0,027		
	In_nao_ler	0,025	0,185	-0,067	0,015	0,000	0,140	-0,129	0,057	-0,124	-0,201	0,218	-0,189	-0,285	-0,265	1,000	0,145	-0,165	-0,341	-0,347	0,003	0,128	-0,046	-0,050	-0,141	-0,216	0,457	0,119	0,010		
	Ed_km2	-0,007	-0,160	-0,088	0,037	0,003	0,080	-0,025	-0,029	-0,063	0,162	-0,280	-0,072	-0,192	-0,189	-0,117	1,000	-0,476	-0,064	-0,071	0,023	0,015	-0,028	-0,076	-0,043	-0,079	-0,108	0,002	-0,056		
	In_emp_3ar	-0,048	-0,138	-0,001	-0,042	0,022	-0,109	0,055	0,048	0,093	0,087	-0,151	0,040	0,117	0,185	-0,165	-0,476	1,000	0,092	0,094	0,005	-0,011	-0,002	0,039	0,025	0,054	-0,100	-0,022	0,108		
	In_em_prega	-0,053	-0,075	0,023	0,096	-0,095	0,018	0,054	-0,116	-0,014	-0,059	-0,243	0,081	0,194	0,319	-0,341	-0,064	0,092	1,000	0,644	-0,119	0,002	-0,158	-0,032	0,024	-0,055	-0,527	-0,108	-0,147		
	In_et_mun	-0,051	-0,073	0,095	0,086	-0,138	0,024	-0,011	-0,047	0,248	0,565	-0,264	0,190	0,126	0,087	-0,347	-0,071	0,094	0,644	1,000	0,030	-0,211	-0,053	0,103	0,097	0,325	-0,571	-0,019	-0,049		
	Fa_c_5mais	-0,025	0,006	-0,088	-0,027	0,142	-0,059	0,090	-0,021	0,091	0,198	-0,012	0,010	-0,059	-0,076	0,003	0,023	0,005	-0,119	0,030	1,000	-0,320	0,035	-0,021	0,151	1,000	0,081	0,120	-0,088	0,102	0,076
	Fa_c_1ou2p	0,091	0,066	0,134	0,136	-0,246	0,175	-0,182	0,098	-0,180	-0,374	0,169	-0,082	-0,053	0,059	0,128	0,015	-0,011	0,002	-0,211	-0,320	1,000	-0,119	-0,021	-0,239	-0,459	0,374	-0,148	0,021		
	Fa_1desem	0,006	-0,045	0,153	0,038	-0,143	0,047	-0,125	0,082	0,010	0,063	-0,015	0,087	0,042	-0,123	-0,046	-0,028	-0,002	-0,158	-0,053	0,035	-0,119	1,000	0,151	0,027	0,027	-0,179	0,043	0,030		
	DensPop	-0,044	-0,122	0,263	-0,018	-0,210	0,009	-0,251	0,512	0,057	0,166	-0,023	0,124	-0,021	-0,112	-0,050	-0,076	0,039	-0,032	0,103	0,003	-0,021	0,151	1,000	0,081	0,120	-0,088	0,102	0,076		
	Pop_0_4	-0,007	-0,028	0,103	0,031	-0,098	-0,001	-0,078	-0,033	-0,075	0,151	-0,260	0,008	0,028	0,029	-0,141	-0,043	0,025	0,024	0,097	0,092	-0,239	0,027	0,081	1,000	0,589	-0,293	0,014	0,049		
	Pop_0_14	-0,029	-0,045	0,078	-0,005	-0,035	-0,050	0,010	-0,040	-0,002	0,620	-0,304	0,017	0,013	-0,020	-0,216	-0,079	0,054	-0,055	0,325	0,233	-0,459	0,027	0,120	0,589	1,000	-0,449	0,051	0,056		
	Pop_65mais	0,087	0,075	-0,132	-0,102	0,130	-0,013	-0,036	0,108	-0,165	-0,370	0,453	-0,233	-0,248	-0,210	0,457	0,138	-0,100	-0,527	-0,571	-0,103	0,374	-0,179	-0,088	-0,293	-0,449	1,000	0,027	0,049		
	Ind_p_aloj	-0,117	0,002	-0,062	-0,054	0,064	0,054	-0,020	-0,013	0,015	0,080	0,096	0,001	-0,103	-0,148	0,119	0,002	-0,022	-0,108	-0,019	0,110	-0,148	0,043	0,102	0,014	0,051	0,027	1,000	0,011		
	Pop_femi	-0,010	-0,112	0,023	-0,040	0,002	-0,054	-0,034	0,079	0,022	0,049	-0,029	0,004	-0,011	0,027	0,010	-0,056	0,108	-0,147	-0,049	0,032	0,021	0,030	0,076	0,049	0,056	0,049	0,011	1,000		

a. Determinante = 8,686E-5

Tabela 3.7 Matriz de correlações (Pearson) para a capacidade de suporte depois de eliminadas as variáveis com correlação superior a 0,7, no software SPSS.

Matriz de correlações ^a														
	PerAgric	PerArtif	AlojColect	Al_s_estac	Ed_pr_n_re	NearEqSaud	NearBombei	Pd_eri	Post_combust	DensRV	Pd_ZCAP	NearSegPub	NearHotéis	
Correlação	1,000	-0,669	-0,058	-0,020	-0,039	0,034	0,123	-0,165	-0,151	-0,376	-0,169	0,119	0,081	
	PerAgric	1,000	-0,669	-0,058	-0,020	-0,039	0,034	0,123	-0,165	-0,376	-0,169	0,119	0,081	
	PerArtif	-0,669	1,000	0,011	0,062	0,011	-0,172	-0,144	0,256	0,224	0,632	0,286	-0,188	-0,091
	AlojColect	-0,058	0,011	1,000	0,036	0,187	-0,005	-0,021	0,028	-0,017	0,001	-0,005	-0,017	-0,086
	Al_s_estac	-0,020	0,062	0,036	1,000	0,011	-0,094	0,047	0,157	0,103	0,060	0,130	0,057	0,111
	Ed_pr_n_re	-0,039	0,011	0,187	0,011	1,000	-0,037	-0,003	0,022	0,092	-0,027	0,044	0,006	-0,051
	NearEqSaud	0,034	-0,172	-0,005	-0,094	-0,037	1,000	0,298	-0,411	-0,362	-0,148	-0,434	0,335	0,254
	NearBombei	0,123	-0,144	-0,021	0,047	-0,003	0,298	1,000	-0,280	-0,477	-0,090	-0,369	0,613	0,319
	Pd_eri	-0,165	0,256	0,028	0,157	0,022	-0,411	-0,280	1,000	0,528	0,220	0,702	-0,268	-0,065
	Post_combust	-0,151	0,224	-0,017	0,103	0,092	-0,362	-0,477	0,528	1,000	0,215	0,591	-0,411	-0,237
	DensRV	-0,376	0,632	0,001	0,060	-0,027	-0,148	-0,090	0,220	0,215	1,000	0,271	-0,161	-0,024
	Pd_ZCAP	-0,169	0,286	-0,005	0,130	0,044	-0,434	-0,369	0,702	0,591	0,271	1,000	-0,418	-0,093
	NearSegPub	0,119	-0,188	-0,017	0,057	0,006	0,335	0,613	-0,268	-0,411	-0,161	-0,418	1,000	0,420
	NearHotéis	0,081	-0,091	-0,086	0,111	-0,051	0,254	0,319	-0,065	-0,237	-0,024	-0,093	0,420	1,000

3. Execução da análise fatorial iterativamente, com recurso a matrizes anti-imagem e comunalidades. A análise destas iterações estatísticas permite melhorar a qualidade da amostra, eliminando as variáveis que diminuem a robustez dos dados. A matriz anti-imagem apresenta os valores da covariância (parte superior) e os valores de correlação (parte inferior), sendo que a eliminação dos valores mais baixos da parte inferior, ajuda a melhorar o teste de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), que se referem ao MSA (medida de adequação da amostra) e permite verificar se a análise fatorial se adequa. Valores acima de 0,5 revelam um bom uso da análise fatorial, sendo que, segundo Field (2009) a análise deve ser feita na parte inferior da tabela, pois é mais informativa. Numa primeira revisão através da matriz anti-imagem para a criticidade (Tabela 3.8), eliminaram-se os valores inferiores a 0,5: in_3bas_co (0,320), in_sup_co (0,363) e in_sec_co (0,293). Numa segunda revisão, eliminaram-se mais três variáveis com valores inferiores a 0,5: in_freq_sec (0,481), in_emprega (0,483) e fa_1desemp (0,441). Dado o ainda grande número de variáveis e o baixo valor do teste KMO (próximo do valor mínimo), reviram-se os valores da matriz anti-imagem e removeram-se também os valores inferiores a 0,6 para permitir que o valor do teste KMO melhore: alojarrrend (0,461), ind_p_aloj (0,512), alo_fa_vag (0,545) e pop_0_4 (0,580). Já para a capacidade de suporte (Tabela 3.9), a matriz anti-imagem ditou a eliminação de duas variáveis: aloj_colet (0,449) e ed_pr_n_re (0,476).

Tabela 3.8 Matriz anti-imagem da criticidade depois de eliminadas as variáveis com valores de covariância inferiores a 0,6, no software SPSS .

	AlFamS agua	AlojArr end	Al_1_2 div	Al_5m aisDi	Al_ate 50m2	Almais 200m	Ed_km 2	In_est _mun	In_1bas _co	In_ nao _ler	In_emp _1ar	In_emp _3ar	In_et _mun	Fa_c_ 5mais	Fa_c_1 ou2p	Dens Pop	Pop_0 _14	Pop_65 _mais	Pop_fe mi	
Correlação anti-imagem	AlFamSagua	,717^a	0,096	-0,038	-0,018	-0,099	0,036	0,087	-0,035	-0,088	-0,128	-0,079	0,031	0,039	-0,013	-0,066	0,032	-0,023	0,053	0,091
	AlojArrrend	0,096	,793^a	0,020	0,240	-0,198	0,043	-0,063	0,007	0,023	0,055	0,083	0,048	0,018	-0,039	-0,083	-0,128	-0,047	0,050	-0,007
	Al_1_2div	-0,038	0,020	,665^a	0,105	-0,495	-0,023	0,040	0,045	0,023	0,027	-0,009	-0,016	-0,040	-0,041	-0,063	0,016	-0,016	0,054	-0,001
	Al_5maisDi	-0,018	0,240	0,105	,741^a	0,179	-0,381	-0,009	-0,016	-0,057	0,011	0,031	0,011	0,056	-0,073	0,175	0,063	0,047	-0,085	-0,009
	Al_ate50m2	-0,099	-0,198	-0,495	0,179	,667^a	-0,025	-0,111	-0,006	-0,080	-0,132	-0,021	0,047	-0,007	0,016	-0,015	0,101	0,011	0,034	0,028
	Almais200m	0,036	0,043	-0,023	-0,381	-0,025	,707^a	0,004	-0,001	0,162	0,117	-0,004	-0,018	0,007	-0,026	0,058	0,147	0,040	-0,017	0,031
	Ed_km2	0,087	-0,063	0,040	-0,009	-0,111	0,004	,609^a	-0,014	-0,067	-0,016	-0,020	-0,063	0,025	-0,009	-0,031	-0,484	0,025	-0,072	-0,031
	In_est_mun	-0,035	0,007	0,045	-0,016	-0,006	-0,001	-0,014	,677^a	0,096	-0,018	0,011	-0,021	-0,506	-0,085	0,108	-0,088	-0,489	-0,173	-0,042
	In_1bas_co	-0,088	0,023	0,023	-0,057	-0,080	0,162	-0,067	0,096	,771^a	0,057	-0,057	0,058	-0,053	-0,069	0,066	0,005	0,080	-0,319	0,027
	In_ nao_ler	-0,128	0,055	0,027	0,011	-0,132	0,117	-0,016	-0,018	0,057	,773^a	-0,014	0,081	0,107	-0,049	0,084	0,012	0,045	-0,307	-0,013
	In_emp_1ar	-0,079	0,083	-0,009	0,031	-0,021	-0,004	-0,020	0,011	-0,057	-0,014	,616^a	0,447	-0,043	-0,035	0,028	0,036	0,012	-0,058	-0,008
	In_emp_3ar	0,031	0,048	-0,016	0,011	0,047	-0,018	-0,063	-0,021	0,058	0,081	0,447	,607^a	-0,034	-0,023	-0,025	0,028	0,022	-0,020	-0,085
	In_et_mun	0,039	0,018	-0,040	0,056	-0,007	0,007	0,025	-0,506	-0,053	0,107	-0,043	-0,034	,681^a	0,075	-0,053	0,003	0,176	0,414	0,057
	Fa_c_5mais	-0,013	-0,039	-0,041	-0,073	0,016	-0,026	-0,009	-0,085	-0,069	-0,049	-0,035	-0,023	0,075	,756^a	0,200	0,009	-0,072	0,035	-0,028
	Fa_c_1ou2p	-0,066	-0,083	-0,063	0,175	-0,015	0,058	-0,031	0,108	0,066	0,084	0,028	-0,025	-0,053	0,200	,777^a	0,037	0,232	-0,269	-0,045
	DensPop	0,032	-0,128	0,016	0,063	0,101	0,147	-0,484	-0,088	0,005	0,012	0,036	0,028	0,003	0,009	0,037	,638^a	-0,009	0,045	-0,025
	Pop_0_14	-0,023	-0,047	-0,016	0,047	0,011	0,040	0,025	-0,489	0,080	0,045	0,012	0,022	0,176	-0,072	0,232	-0,009	,745^a	0,200	-0,050
	Pop_65mais	0,053	0,050	0,054	-0,085	0,034	-0,017	-0,072	-0,173	-0,319	-0,307	-0,058	-0,020	0,414	0,035	-0,269	0,045	0,200	,712^a	-0,039
	Pop_femi	0,091	-0,007	-0,001	-0,009	0,028	0,031	-0,031	-0,042	0,027	-0,013	-0,008	-0,085	0,057	-0,028	-0,045	-0,025	-0,050	-0,039	,648^a

a. Medidas de adequação de amostragem (MSA)

Tabela 3.9 Matriz anti-imagem da capacidade de suporte depois de eliminadas as variáveis com valores de covariância inferiores a 0,5, no software SPSS.

Matrizes anti-imagem												
	PerAgric	PerArtif	Al_s_estac	NearEqSaud	NearBombei	Pd_eri	Post_combust	DensRV	Pd_ZCAP	NearSegPub	NearHoteis	
Correlação anti-imagem	PerAgric	,652^a	0,597	-0,016	0,119	-0,053	0,035	0,013	-0,076	-0,014	0,020	-0,037
	PerArtif	0,597	,638^a	-0,030	0,074	-0,002	-0,027	0,018	-0,535	-0,044	0,011	0,032
	Al_s_estac	-0,016	-0,030	,742^a	0,071	-0,059	-0,054	-0,066	0,004	-0,034	-0,053	-0,099
	NearEqSaud	0,119	0,074	0,071	,882^a	-0,042	0,158	0,035	0,005	0,140	-0,069	-0,177
	NearBombei	-0,053	-0,002	-0,059	-0,042	,781^a	0,002	0,262	-0,073	0,007	-0,459	-0,045
	Pd_eri	0,035	-0,027	-0,054	0,158	0,002	,788^a	-0,183	0,008	-0,516	-0,078	-0,042
	Post_combust	0,013	0,018	-0,066	0,035	0,262	-0,183	,870^a	-0,064	-0,264	0,007	0,127
	DensRV	-0,076	-0,535	0,004	0,005	-0,073	0,008	-0,064	,719^a	-0,060	0,063	-0,065
	Pd_ZCAP	-0,014	-0,044	-0,034	0,140	0,007	-0,516	-0,264	-0,060	,783^a	0,217	-0,139
	NearSegPub	0,020	0,011	-0,053	-0,069	-0,459	-0,078	0,007	0,063	0,217	,761^a	-0,295
	NearHoteis	-0,037	0,032	-0,099	-0,177	-0,045	-0,042	0,127	-0,065	-0,139	-0,295	,718^a

a. Medidas de adequação de amostragem (MSA)

Em seguida, serão analisados os valores de comunalidades. De acordo com Hair *et al.* (2009), as comunalidades representam a proporção da variância para cada variável incluída na análise que é explicada pelos componentes extraídos. Na coluna do lado esquerdo (Tabelas 3.10 e 3.11), os valores de 1 representam a contribuição inicial de cada variável para a análise fatorial, sendo que após a extração (coluna do lado direito), os valores variaram de 0 a 1 (Fávero, *et al.*, 2009). Valores próximos de zero significam que a variância não é explicada por todos os fatores e valores próximos de 1 significam que toda a variância é explicada por todos os fatores. Assim, considera-se que um valor de comunalidade superior a 0,5 é o desejável, mas não a regra. A análise aos valores de comunalidades não impede contudo que se volte posteriormente à matriz de anti-imagem, porque pode acontecer que retirando algumas variáveis, os valores anti-imagem baixem e consequentemente o teste KMO também. Numa primeira revisão às comunalidades da criticidade, removeram-se três variáveis: Pop_Femi (0,220), AlfamSagua (0,314), In_1bas_co (0,395) e Almais200m2 (0,422). Para a capacidade de suporte removeu-se apenas uma variável: Al_s_estac (0,379).

Tabela 3.10 Comunalidades da criticidade após a eliminação das variáveis com comunalidade inferior a 0,5, no software SPSS .

Comunalidades		
	Inicial	Extração
Al_1_2div	1,000	0,709
Al_5maisDi	1,000	0,568
Al_ate50m2	1,000	0,751
Ed_km2	1,000	0,734
In_est_mun	1,000	0,632
In_ao_ler	1,000	0,548
In_emp_1ar	1,000	0,727
In_emp_3ar	1,000	0,735
In_et_mun	1,000	0,656
Fa_c_5mais	1,000	0,601
Fa_c_1ou2p	1,000	0,619
DensPop	1,000	0,758
Pop_0_14	1,000	0,634
Pop_65mais	1,000	0,681

Método de Extração: análise de Componente Principal.

Tabela 3.11 Comunalidades da capacidade de suporte após a eliminação das variáveis com comunalidade inferior a 0,5, no software SPSS .

Comunalidades		
	Inicial	Extração
PerAgric	1,000	0,696
PerArtif	1,000	0,845
NearEqSaud	1,000	0,498
NearBombei	1,000	0,641
Pd_eri	1,000	0,774
Post_combust	1,000	0,645
DensRV	1,000	0,599
Pd_ZCAP	1,000	0,798
NearSegPub	1,000	0,710
NearHoteis	1,000	0,641

Método de Extração: análise de Componente Principal.

Nos resultados de comunalidades para a criticidade e capacidade de suporte (Tabela 3.10 e Tabela 3.11), a coluna “Extração” demonstra que as variáveis têm relação com os fatores retidos, pois apresentam valores acima de 0,5. Percebe-se que existe um equilíbrio entre os valores de comunalidades das variáveis, sendo a mais representativa a DensPop com 0,758 (76%) para a criticidade e a PerArtif para a capacidade de suporte com 0,845 (85%).

4. Finalmente, procedeu-se à análise fatorial com recurso à rotação varimax, com os valores normalizados e aferição da adequabilidade dos dados através da análise dos parâmetros taxa de variância (deve ser superior a 60%) e medida de adequação da amostra de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) que, segundo Comrey & Lee (1992), deve ser superior a 0,6, com exclusão de variáveis que reduzam a robustez do conjunto de dados ou sejam redundantes.

Tabela 3.12 Teste de KMO e Bartlett para a criticidade e capacidade de suporte, no software SPSS .

Teste de KMO e Bartlett			
		Criticidade	Capacidade de Suporte
Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem.		0,663	0,759
Teste de esfericidade de Bartlett	Aprox. Qui-quadrado	13908,752	6239,958
	gl	91	45
	Sig.	0,000	0,000

Analisando o teste KMO, a análise prévia permitiu um valor de 0,663 para a criticidade e um valor de 0,759 para a capacidade de suporte (Tabela 3.12), o que, segundo alguma literatura são valores considerados razoáveis, médios ou bons. Segundo Hair *et al.* (1987) consideram-se aceitáveis todos os valores acima de 0,5. De uma forma geral, os valores de KMO para criticidade e capacidade de suporte, apesar de não serem excelentes ou muito bons, são valores aceitáveis, permitindo assim a análise fatorial.

Tabela 3.13 Grau de ajuste à análise fatorial através do valor KMO segundo alguma literatura.

Grau de Ajuste à Análise Fatorial				
KMO	Comrey (1978)	Field (2009)	Hutchenson & Sofroniou (1999)	Kaiser & Rice (1974)
< 0,5	Inaceitável	Inaceitável	Inaceitável	Inaceitável
0,5 - 0,6	Má	Mediocre	Miserável	Mediocre
0,6 - 0,7	Razoável	Mediocre	Mediocre	Mediocre
0,7 - 0,8	Média	Bom	Bom	Razoável
0,8 - 0,9	Boa	Ótimo	Ótimo	Meritório
0,9 - 1	Muito Boa	Soberbo	Excelente	Maravilhoso

O resultado do teste de esfericidade de Bartlett permite verificar se na matriz de correlação há variáveis com correlação significativa (Hair *et al.*, 2009). Para Tabachnick & Fidell (2007), valores do teste de esfericidade de Bartlett com níveis de significância $p < 0,05$ indicam que a matriz é fatorável, rejeitando a hipótese nula de que a matriz de dados é similar a uma matriz-identidade. O resultado do teste de Bartlett para a criticidade e capacidade de suporte (Tabela 3.12) foi de 0,000, ou seja, $< 0,05$. Assim, rejeita-se a hipótese nula (H_0), concluindo que existe uma correlação significativa entre as variáveis, que permite continuar a análise fatorial.

5. Execução ACP e extração do número de componentes que representam a criticidade e a capacidade de suporte. Definiu-se o critério onde através da chamada raiz latente, as componentes principais selecionadas são as que apresentam um total de Autovalores Iniciais igual ou superior a 1, seguindo a normalização de Kaiser (1958);

Hair *et al.* (2009) consideram que os componentes principais extraídos através da normalização de Kaiser devem explicar pelo menos 60% do total da variância, o que acontece tanto para a criticidade como para a capacidade de suporte (Tabela 3.14 e Tabela 3.15) onde na criticidade cinco componentes principais explicam aproximadamente 66,80% da variância total explicada e na capacidade de suporte três componentes explicam 67,68%. Desta forma, extraem-se estas cinco componentes para a criticidade e as três componentes para a capacidade de suporte.

Tabela 3.14 Variância total explicada para a extração de componentes principais da criticidade através dos autovalores iniciais iguais ou superiores a 1, no software SPSS.

Variância total explicada									
Componente	Autovalores iniciais			Somadas de extração de carregamentos ao quadrado			Somadas de rotação de carregamentos ao quadrado		
	Total	% de variância	% cumulativa	Total	% de variância	% cumulativa	Total	% de variância	% cumulativa
1	3,098	22,127	22,127	3,098	22,127	22,127	2,527	18,051	18,051
2	2,090	14,931	37,059	2,090	14,931	37,059	1,921	13,720	31,771
3	1,603	11,451	48,510	1,603	11,451	48,510	1,819	12,992	44,763
4	1,450	10,358	58,868	1,450	10,358	58,868	1,595	11,391	56,154
5	1,110	7,930	66,799	1,110	7,930	66,799	1,490	10,645	66,799
6	0,813	5,810	72,609						
7	0,665	4,750	77,359						
8	0,647	4,619	81,978						
9	0,561	4,008	85,986						
10	0,516	3,689	89,675						
11	0,460	3,284	92,959						
12	0,385	2,753	95,712						
13	0,369	2,638	98,350						
14	0,231	1,650	100,000						

Método de Extração: análise de Componente Principal.

Tabela 3.15 Variância total explicada para a extração de componentes principais da capacidade de suporte através dos autovalores iniciais iguais ou superiores a 1, no software SPSS.

Variância total explicada									
Componente	Autovalores iniciais			Somadas de extração de carregamentos ao quadrado			Somadas de rotação de carregamentos ao quadrado		
	Total	% de variância	% cumulativa	Total	% de variância	% cumulativa	Total	% de variância	% cumulativa
1	3,718	37,177	37,177	3,718	37,177	37,177	2,696	26,961	26,961
2	1,785	17,851	55,028	1,785	17,851	55,028	2,117	21,172	48,133
3	1,265	12,649	67,677	1,265	12,649	67,677	1,954	19,545	67,677
4	0,767	7,665	75,343						
5	0,643	6,430	81,773						
6	0,563	5,628	87,401						
7	0,433	4,332	91,733						
8	0,330	3,300	95,033						
9	0,251	2,508	97,541						
10	0,246	2,459	100,000						

Método de Extração: análise de Componente Principal.

6. Matriz de Componente Rotativa (varimax). A matriz de componente rotativa para a criticidade (Tabela 3.16) e para a capacidade de suporte (Tabela 3.17) é utilizada neste processo de forma a facilitar a separação das variáveis que compõem cada fator, permitindo extrair a sua carga fatorial (Field, 2009).

Tabela 3.16 Matriz de componente rotativa (método varimax) para a criticidade, no software SPSS.

Matriz de componente rotativa ^a					
	Componente				
	1	2	3	4	5
In_et_mun	-0,797	0,106	0,096	0,038	-0,001
Pop_65mais	0,788	-0,107	-0,195	0,061	0,081
In_nao_ler	0,683	0,151	0,160	0,062	0,170
In_est_mun	-0,591	-0,012	0,504	0,170	-0,002
Al_ate50m2	0,085	0,858	-0,012	0,028	0,076
Al_1_2div	-0,026	0,835	0,004	-0,102	-0,012
Al_5maisDi	0,198	-0,619	0,250	-0,284	-0,028
Fa_c_5mais	0,130	-0,001	0,763	-0,029	-0,037
Fa_c_1ou2p	0,285	0,224	-0,694	0,071	-0,040
Pop_0_14	-0,511	0,019	0,603	0,090	-0,012
DensPop	-0,127	0,001	0,030	0,861	-0,024
Ed_km2	0,138	0,062	-0,026	0,841	-0,047
In_emp_3ar	-0,078	-0,049	0,011	0,026	-0,852
In_emp_1ar	0,089	0,020	-0,006	-0,041	0,847

Método de Extração: análise de Componente Principal.

Método de Rotação: Varimax com Normalização de Kaiser.

a. Rotação convergida em 6 iterações.

Tabela 3.17 Matriz de componente rotativa (método varimax) para a capacidade de suporte, no software SPSS.

Matriz de componente rotativa ^a			
	Componente		
	1	2	3
Pd_ZCAP	0,869	0,168	-0,119
Pd_eri	0,868	0,139	0,012
Post_combust	0,732	0,109	-0,313
NearEqSaud	-0,579	-0,025	0,287
PerArtif	0,146	0,904	-0,076
PerAgric	0,024	-0,826	0,114
DensRV	0,228	0,739	0,033
NearHoteis	0,043	-0,033	0,799
NearSegPub	-0,336	-0,087	0,768
NearBombeis	-0,357	-0,053	0,715

Método de Extração: análise de Componente Principal.

Método de Rotação: Varimax com Normalização

a. Rotação convergida em 5 iterações.

7. Com as variáveis definidas em cada fator através da rotação varimax e a partir das suas semelhanças, foram obtidas 5 componentes principais, num total de 14 variáveis (Tabela 3.18) para a criticidade, sendo que é possível observar que duas das variáveis também se poderiam encaixar noutra componente, sendo que neste caso prevalece sempre o valor mais alto. Para a capacidade de suporte, foram obtidas 3 componentes principais, num total de 10 variáveis (Tabela 3.19). Separados os fatores, é necessária a atribuição de uma designação, que associe as componentes com as respetivas variáveis explicativas. Hair *et al.* (2009) afirmam que as variáveis com cargas maiores influenciarão mais na definição do nome do fator ao qual pertencem, sugerindo que a designação seja atribuída através das cargas fatoriais mais significativas. Quando possível, foi seguido esse critério.

Tabela 3.18 Componentes principais extraídas pela ACP e respetivas variáveis explicativas da criticidade, no software SPSS

FAC	Nome (% variância explicada)	Nº de variáveis	Variáveis explicativas (loading)
1	Estudantes e trabalhadores no município, indivíduos analfabetos e população com 65 ou mais anos (18,05%)	4	In_et_mun (-0,797), Pop_65mais (0,788), In_ao_ler (0,683), In_est_mun (-0,591)
2	Características dos alojamentos (13,72%)	3	Al_ate50m2 (0,858), Al_1_2div (0,835), Al_5maisDi (-0,619)
3	Agregado familiar (12,99%)	3	Fa_c_5mais (0,763), Fa_c_1ou2p (-0,694), Pop_0_14 (0,603)
4	Densidade populacional e do edificado (11,39%)	2	DensPop (0,861), Ed_Km2 (0,841)
5	População empregada nos setores primário (baixo poder de compra) e setor terciário (alto poder de compra) (10,65%)	2	In_emp_3ar (-0,852), In_emp_1ar (0,847),

Tabela 3.19. Componentes principais extraídas pela ACP e respetivas variáveis explicativas da capacidade de suporte, no software SPSS.

FAC	Nome (% variância explicada)	Nº de variáveis	Variáveis explicativas (loading)
1	Cobertura de equipamentos e infraestruturas de apoio à população (26,96%)	4	Pd_ZCAP (0,869), Pd_eri (0,868), Pd_combust (0,732), NearEqSaude (-0,579)
2	Contraste urbano/rural (21,17%)	3	PerArtif (0,904), PerAgric (-0,826), DensRV (0,739)
3	Cobertura de unidades hoteleiras, forças de segurança e de socorro (19,55%)	3	NearHoteis (0,799), NearSegPub (0,768), NearBombeis (0,715)

Convém referir que na FAC3 da Tabela 3.19, por se tratar de variáveis de proximidade, os valores dos *loadings* devem ser calculados de forma inversa, isto é, com um sinal negativo. Isto acontece porque aquando do cálculo dos *Z Scores* os valores negativos são atribuídos aos valores abaixo da média. Assim, neste caso, quanto mais próximo de um equipamento ou infraestrutura, melhor, sendo que através das distâncias, as subsecções mais próximas às facilidades enquadram-se no desvio-padrão mais baixo, como tendo uma capacidade de suporte muito baixa, o que não corresponde à realidade. Desta forma, as variáveis que representam uma distância mínima apresentam *loadings* negativos, significando isso que uma menor distância ao equipamento se traduz em maior capacidade de suporte.

8. Matriz de transformação dos componentes. Através da matriz de transformação dos componentes (Tabela 3.20 e 3.21) analisa-se cada componente em relação a ele mesmo (Field, 2009). Os valores ortogonais dessa matriz serão utilizados posteriormente para equalizar os valores dos dados, multiplicando-os pela carga fatorial.

Tabela 3.20 Matriz de transformação de componente para a criticidade, no software SPSS.

Matriz de transformação de componente					
Componente	1	2	3	4	5
1	-0,825	-0,082	0,526	0,068	-0,177
2	-0,210	0,873	-0,228	0,374	0,040
3	0,032	-0,290	-0,302	0,587	-0,692
4	0,243	-0,153	0,429	0,705	0,486
5	0,464	0,350	0,629	-0,120	-0,502

Método de Extração: análise de Componente Principal.

Método de Rotação: Varimax com Normalização de Kaiser.

Tabela 3.21 Matriz de transformação de componente para a capacidade de suporte, no software SPSS.

Matriz de transformação de componente			
Componente	1	2	3
1	0,757	0,427	-0,495
2	-0,228	0,882	0,412
3	0,613	-0,199	0,765

Método de Extração: análise de Componente Principal.

Método de Rotação: Varimax com Normalização de Kaiser.

O cálculo das dimensões de criticidade e da capacidade de suporte pode ser realizado a partir de diferentes métodos, tendo em conta consideração os fatores identificados. Schmidlein *et al.* (2008) apresenta três técnicas diferentes para a realização desse procedimento: a soma simples, o primeiro fator e a média ponderada.

A técnica de soma simples multiplica os valores fatoriais individuais de cada subsecção pelos sinais de contribuição do fator, sendo posteriormente somados para que se obtenha o valor final da dimensão pretendida. A grande vantagem desta técnica é que tem em consideração todas as características dos fatores obtidos, atribuindo-lhes pesos iguais na determinação final da dimensão. Outra técnica é o primeiro fator, que tal como o nome indica, apenas o primeiro fator é considerado, pois este possui o maior valor de explicação da criticidade ou da capacidade de suporte. A grande vantagem desta técnica é que salvaguarda e dá importância às características principais da vulnerabilidade social. Por último, a técnica das somas ponderadas permite que a soma dos fatores seja multiplicada pelo valor percentual da variância de cada componente. A vantagem desta técnica está na valorização dos fatores mais explicativos sem perder a multiplicidade de aspetos dos fatores menos explicativos, valorizando tanto as características observadas como a sua diversidade.

Embora as três técnicas apresentem vantagens e desvantagens, a decisão terá de partir sempre do analista, tendo em conta a análise aos dados, escala de trabalho e resultados pretendidos. Neste trabalho optou-se por calcular as dimensões da criticidade e capacidade de suporte através da técnica das somas ponderadas, uma vez que, com este procedimento, são tidos em conta os diferentes aspetos dos fatores, bem como as suas particularidades e diversidades.

As variáveis de vulnerabilidade social, aqui denominadas como fatores, foram elaboradas com base na metodologia desenvolvida por Dias (2013). Foram assim realizados cálculos (Tabelas 3.22 e 3.23) para as 4678 subsecções da área de estudo, não tendo sido considerada a cardinalidade proveniente dos fatores.

Tabela 3.22 Somas ponderadas para o cálculo de cada fator da criticidade. Adaptado de Dias (2013).

Fatores	Fórmula
Fator 1	$((In_et_mun*0,797) + (Pop_65mais*0,788) + (In_nao_ler*0,683) + (In_est_mun*0,591))$ (0,797 + 0,788 + 0,683 + 0,591)
Fator 2	$((Al_ate50m2*0,858) + (Al_1_2div*0,835) + (Al_5maisDi*0,619))$ (0,858 + 0,680 + 0,835 + 0,619)
Fator 3	$((Fa_c_5mais*0,763) + (Fa_c_lou2p*0,694) + (Pop_0_14*0,603))$ (0,763 + 0,694 + 0,603)
Fator 4	$((DensPop*0,861) + (Ed_km2*0,841))$ (0,861 + 0,841)
Fator 5	$((In_emp_3ar*0,852) + (In_emp_1ar*0,847))$ (0,852+ 0,847)

Tabela 3.23 Somas ponderadas para o cálculo de cada fator da capacidade de suporte. Adaptado de Dias (2013).

Fatores	Fórmula
Fator 1	$((Pd_ZCAP*0,869) + (Pd_eri*0,868) + (Pd_combust*0,732) + (NearEqSaude*(-0,579)))$ (0,869 + 0,868 + 0,732 + (-0,579))
Fator 2	$((PerArtif*0,904) + (PerAgric*0,826) + (DensRV*0,739))$ (0,904 + 0,826 + 0,739)
Fator 3	$((NearHoteis*(-0,799)) + (NearSegPub*(-0,768)) + (NearBombeis*(-0,715)))$ ((-0,799) + (-0,768) + (-0,715))

Posteriormente, para que os resultados fossem equalizados, ou seja, que tivessem uma distribuição mais uniforme, utilizou-se o peso de cada componente da matriz de transformação dos componentes (Tabelas 3.20 e 3.21), células a amarelo, multiplicado pelo resultado da média ponderada (resultado da Tabelas 3.22 e 3.23). O procedimento pode ser visualizado nas Tabelas 3.24 e 3.25.

Tabela 3.24 Fórmula para o cálculo de equalização para obtenção dos fatores finais da criticidade. Adaptado de Dias (2013).

Cálculo	Fator final
Média ponderada do Fator 1 * Carga do fator (0,825)	Fator 1
Média ponderada do Fator 2 * Carga do fator (0,873)	Fator 2
Média ponderada do Fator 3 * Carga do fator (0,302)	Fator 3
Média ponderada do Fator 4 * Carga do fator (0,705)	Fator 4
Média ponderada do Fator 5 * Carga do fator (0,502)	Fator 5

Tabela 3.25 Fórmula para o cálculo de equalização para obtenção dos fatores finais da capacidade de suporte. Adaptado de Dias (2013).

Cálculo	Fator final
Média ponderada do Fator 1 * Carga do fator (0,757)	Fator 1
Média ponderada do Fator 2 * Carga do fator (0,882)	Fator 2
Média ponderada do Fator 3 * Carga do fator (0,765)	Fator 3

As duas etapas realizadas anteriormente, não configuram uma norma seguida por toda a comunidade científica e existem diversas formas de adicionar os *scores* fatoriais aos valores de cada subsecção. É possível afirmar que existe apenas um *score* correto para cada fator, mas várias maneiras de o estimar. Apesar de cada variável na matriz varimax poder ter coeficientes de correlação positivos ou negativos, Deschamps (2004) considera que as cargas fatoriais, quando a análise fatorial provém de uma matriz de correlação, como é o caso, são coeficientes de correlação entre variáveis e fatores, ou seja, o quanto uma variável observada está carregada num fator. Desta forma, a metodologia dos cálculos foi baseada nos estudos de Dias (2013), Rezende (2016) e Dutra Júnior (2016) e difere daquela utilizada por Mendes *et al.* (2011), baseada em Cutter *et al.* (2003), uma vez que os cálculos partem dos coeficientes da matriz varimax e das cargas fatoriais de cada fator, não se considerando a cardinalidade das cargas fatoriais para o cálculo das médias ponderadas para cada fator nem na multiplicação da média ponderada pela carga fatorial de cada fator que origina o score final dos fatores. A cardinalidade originada pela análise para cada variável pode ser discutível, pois em algumas componentes pode ser positiva e noutras componentes pode ser negativa. Há até que considerar que a rotação varimax é a maximização das cargas ao quadrado pelo que pode deixar de fazer sentido a utilização de sinais e o foco de centrar-se nas variáveis de cada componente e se estas incrementam ou diminuem a criticidade e capacidade de suporte. Apesar de discutível, esta metodologia pode ser aplicada a este caso, uma vez que a esmagadora maioria das variáveis extraídas através da análise de componentes principais incrementa o índice de vulnerabilidade social, não colocando em causa a fiabilidade dos dados e dos índices. A ponderação dos valores é defendida na medida em que todos os itens com cargas principais nos fatores produzem *scores* fatoriais muito precisos na amostra original (Gorsuch, 1983). Já a metodologia seguida por Mendes *et al.* (2011), Distefano *et al.* (2009) enquadra-a nos métodos não refinados, que incluem a soma não ponderada das variáveis, considerando apenas o sinal que carregam em cada fator. Os autores explicam que esse tipo de metodologia, apesar de simples de calcular e fácil de interpretar, é muito instável por depender fortemente da amostra em análise.

Após a equalização, procede-se à normalização dos resultados de cada fator. Essa transformação é necessária porque as variáveis estão normalizadas e o índice final de vulnerabilidade social apenas resultará se todas as variáveis possuírem a mesma escala numérica de representação.

8. Transformação linear quadrática dos *scores* para que a amplitude de valores varie entre 0 e 1. A equação utilizada para o efeito é (Mendes *et al.*, 2011):

$$0.5\left(\frac{X_i}{A}+1\right)^{\log_2/\log\left(\frac{B}{A}+1\right)} \quad (3.1)$$

Onde,

X_i = score de cada subsecção estatística

A = $-\min(X_i)$

B = $\max(X_i)$

Com esta última operação terminam os procedimentos aplicados separadamente para a criticidade e capacidade de suporte.

9. Por último, os *scores* obtidos em cada uma destas componentes são relacionados de acordo com a equação abaixo descrita, de modo a se obter o *score* da vulnerabilidade social para cada uma das 4678 subsecções estatísticas (Mendes *et al.*, 2011):

$$VS = Crit * (1 - CS) \quad (3.2)$$

Onde,

VS = Vulnerabilidade Social,

Crit = Criticidade,

CS = Capacidade de Suporte.

A subtração da capacidade de suporte ao valor de 1 deve-se ao facto de esta componente da vulnerabilidade social atuar como atenuante, ou seja, em sentido contrário à criticidade.

Posteriormente, o resultado de todo o cálculo realizado (*scores* calculados) foi espacializado em ambiente SIG recorrendo ao *software ArcMap* (ESRI®), realizando operações de JOIN às respetivas entidades geográficas, através do código da subsecção estatística (BGRI_COD).

Por fim, procede-se à representação cartográfica da vulnerabilidade social e das suas componentes de criticidade e capacidade de suporte (também em *software ArcMap*). Segundo a metodologia proposta para o índice *SoVI*, e preconizada em outros trabalhos, como Mendes, *et al.* (2011), a classificação dos *scores* é realizada de acordo com o desvio-padrão (Figura 3.12) (Anexo C):

DESVIO-PADRÃO	VULNERABILIDADE
$\geq 1,5$	Muito Elevada
$[0,5, 1,5[$	Elevada
$[-0,5, 0,5[$	Média
$[-1,5, -0,5[$	Baixa
$\leq -1,5$	Muito Baixa

Figura 3.12 Classificação dos scores da vulnerabilidade através do desvio-padrão. Adaptado de Mendes *et al.* (2019).

A aplicação dos procedimentos conduziu à seleção das variáveis que suportam a avaliação da vulnerabilidade social. De um conjunto inicial de variáveis, 49 para a criticidade e 17 para a capacidade de suporte, a metodologia aplicada através da análise de componentes principais apurou um subconjunto de 14 variáveis para a avaliação da criticidade e de 10 para a capacidade de suporte.

3.2.2 Componente do Edificado

É inegável que ao longo dos anos, as perdas humanas, sociais e económicas causadas por sismos intensos devem-se, na maioria dos casos, aos danos provocados nas construções e ao colapso de edifícios, pelo que a resistência sísmica dos edifícios desempenha um papel fundamental no contexto da resiliência das sociedades. Para além de se atribuir às construções novas a resistência sísmica adequada, deve-se procurar reduzir a vulnerabilidade das construções mais antigas, que são uma parte

significativa dos edifícios existentes que, pela sua idade, foram construídas sem a adequação à ação sísmica, apresentando assim deficiências importantes de comportamento e em muitos casos não possuindo a resistência suficiente. Esta questão torna-se ainda mais preocupante quando, através de levantamentos às escalas regional e nacional, uma parcela significativa, senão mesmo maioritária, do edificado existente em regiões de sismicidade elevada corresponde a edifícios sem qualquer tipo de dimensionamento sísmico (LNEC, 2005). No caso deste trabalho, é possível verificar através da Figura 3.13 que a situação nos concelhos em estudo não aparenta ser muito grave, uma vez que a maioria dos edifícios foram construídos após 1980, numa época em que havia sido legislada nova regulamentação sobre as construções sismo-resistentes (Decreto-Lei n.º 235/83) e o betão armado dominava a construção de edifícios: 68,95% em Albufeira, 57,38% em Loulé e 52,40% em Portimão.

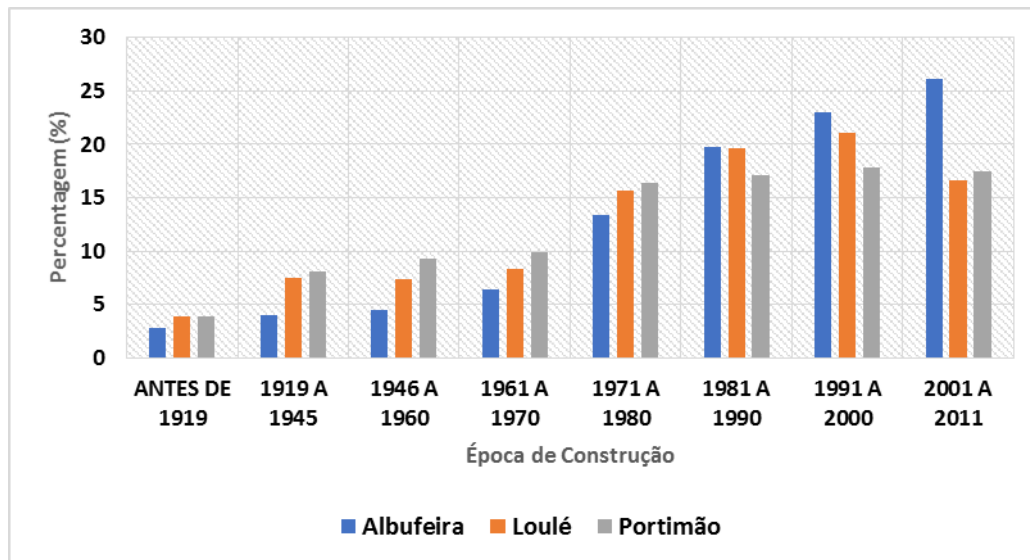


Figura 3.13 – Percentagem (%) de edifícios por época de construção nos concelhos em estudo. Fonte: INE.

No presente subcapítulo procurou-se caracterizar o parque habitacional dos concelhos em estudo, através de um índice de vulnerabilidade ao fenómeno sísmico que englobasse a multiplicidade de fatores descritos anteriormente. Para o cálculo de vulnerabilidade do edificado utilizaram-se dados previamente tratados e calculados para posterior implementação no *software ArcGIS* (ESRI ®):

- Tipologia construtiva e época de construção dos edifícios, por subsecção, nos concelhos de Albufeira, Loulé e Portimão, até 2011, fornecido pelo INE (censos 2011);
- Número de pisos, estado de conservação e posicionamento dos edifícios, por época de construção e tipologia construtiva, por subsecção, nos concelhos de Albufeira, Loulé e Portimão, fornecidos pelo INE (censos 2011);

Cada uma destas variáveis foi espacializada com a ajuda de um *software SIG (ArcGIS)*, os quais foram integrados na mesma base de dados geoespacial e devidamente georreferenciados no sistema de referência cartográfico ETRS89/PT-TM06.

Na tabela 3.26 encontram-se os índices de vulnerabilidade sísmica (V_i^*) para cada tipologia construtiva por época de construção de acordo com Sousa (2006) e com o projeto europeu *Risk-UE*. Além do índice de vulnerabilidade sísmica atribuído a cada edifício, existem outros fatores que

influenciam a vulnerabilidade, como o fator de vulnerabilidade regional (ΔV_R) e vulnerabilidade dos fatores modificadores de comportamento (ΔV_m). Em Vilas-Boas (2016), o ΔV_R corresponde ao da cidade de Lisboa, devido ao tipo de edifícios que nela predominam. Como o tipo de edifícios que predomina em Lisboa é não é muito distinto do que predomina na região do Algarve, este fator foi igualmente definido como 0,08 com base num parecer de especialista (“*expert opinion*”). As características do solo estão também relacionadas com a vulnerabilidade do edificado, mas essa vertente está implícita na escala de intensidades, na componente física.

Tabela 3.26 Vulnerabilidade sísmica de cada par “tipologia construtiva – época de construção”. Adaptado de Sousa (2006) e Vilas-Boas(2016)

Sousa (2006)			Projeto Europeu Risk-EU	
Época de construção	Tipologia construtiva	Classe	Designação	Índice Vulnerabilidade Sísmica (V_i^*)
	Adobe, Pedra	A	M2	0,840
	Outros (Metálicos)	E	S1	0,363
Antes 1919	Alvenaria sem Placa	B	M1.1	0,873
	Alvenaria com Placa	C	M3.4	0,616
1919 a 1945	Alvenaria sem Placa	B	M1.2	0,740
	Alvenaria com Placa	C	M3.4	0,616
	Betão Armado	C	RC1	0,442
1946 a 1960	Alvenaria sem Placa	B	M1.2	0,740
	Alvenaria com Placa	C	M3.4	0,616
	Betão Armado	C	RC1	0,442
1961 a 1970	Alvenaria sem Placa	B	M1.2	0,616
	Alvenaria com Placa	C	M3.4	0,616
	Betão Armado - de 8 pisos	C	RC1	0,442
	Betão Armado + de 8 pisos	D	RC2	0,386
1971 a 1980	Alvenaria sem Placa	B	M3.4	0,616
	Alvenaria com Placa	C	M3.4	0,616
	Betão Armado - de 8 pisos	C	RC1	0,442
	Betão Armado + de 8 pisos	D	RC2	0,386
1981 a 1990	Alvenaria sem Placa	D	M4	0,451
	Alvenaria com Placa	D	M4	0,451
	Betão Armado	D	RC2	0,386
1991 a 2000	Alvenaria sem Placa	D	M4	0,451
	Alvenaria com Placa	D	M4	0,451
	Betão Armado	D	RC2	0,386
2001 a 2011	Alvenaria sem Placa	D	M4	0,451
	Alvenaria com Placa	D	M4	0,451
	Betão Armado	D	RC2	0,386

Convém referir que, por falta de informação ao nível da subsecção e por se tratar de um valor residual, as classificações do código RC1 não foram aplicadas. A título de exemplo, nos três municípios em estudo, entre 1961 e 1980, apenas 1,61% dos edifícios possuíam mais de 6 pisos, sendo bastante provável que a percentagem de edifícios com mais de 8 pisos construídos neste intervalo de tempo seja inferior a 1%.

Para além da tipologia construtiva e época de construção, os edifícios têm outras características, que modificam ou alteram o seu comportamento sísmico. Essas características, como o estado de conservação, o número de pisos e a posição na rua, são contabilizadas através de fatores de vulnerabilidade, somados ao índice de vulnerabilidade sísmica inicial. Segundo a metodologia utilizada, os fatores de vulnerabilidade dos fatores modificadores de comportamento (ΔV_m) diferem consoante a tipologia. Nos modificadores de comportamento reside outra diferença face à metodologia inicial devido ao facto de neste trabalho não ser possível distinguir um edifício que esteja na ponta ou esquina de uma rua, já que a informação surge junta. Assim, havendo capacidade para distinguir os edifícios posicionados em esquinas e pontas dos edifícios isolados e seguindo a lógica dos incrementos, definiu-se o valor médio de 0,05 para o primeiro caso e adicionou-se os edifícios isolados com um incremento de 0,08. As Tabelas 3.27 e 3.28 refletem essa variação nos edifícios de alvenaria, que agrupam o adobe, a alvenaria sem placa e a alvenaria com placa, e os edifícios de betão armado. O betão armado é de resto a tipologia mais vulgar, sendo que as diversas normas sismo-resistentes, publicadas a partir de 1970 (Appleton, 2005), reforçam o seu nível de dimensionamento sísmico médio, aplicado neste estudo.

Tabela 3.27 Fatores de vulnerabilidade dos fatores modificadores de comportamento (ΔV_m) para edifícios de alvenaria. Adaptado de Vilas-Boas (2016)

Tipologia	Fatores de Vulnerabilidade	Parâmetros	Índice
Alvenaria	Estado de preservação	Boa manutenção	-0,04
		Má manutenção	+0,04
	Número de Pisos	Baixo (1 a 2)	-0,02
		Médio (3, 4 ou 5)	+0,02
		Alto (6 ou mais)	+0,06
	Posição do edifício	Meio	-0,04
		Esquina/Ponta	+0,05
		Isolado	+0,08

Tabela.3.28. Fatores de vulnerabilidade dos fatores modificadores de comportamento (ΔV_m) para edifícios de betão armado. Adaptado de Vilas-Boas (2016)

Tipologia	Fatores de Vulnerabilidade	Índice		
		Pré ou Baixo Nível	Nível Médio	
Betão Armado	Código do nível de dimensionamento sísmico	+0,16	0	
	Má manutenção	+0,04	+0,02	
	Número de Pisos	Baixo (1 a 2)	-0,04	-0,04
		Médio (3, 4 ou 5)	0	0
		Alto (6 ou mais)	+0,08	+0,06

De resto, haveria outros aspetos a considerar na vulnerabilidade do edificado, mas considera-se um retrato fiel, todas as características descritas anteriormente, sendo que o valor total da vulnerabilidade sísmica (\tilde{V}_I) de cada edifício será então a soma da seguinte fórmula (Vilas-Boas, 2016):

$$\tilde{V}_I = V_I^* + \Delta V_R + \Delta V_m \quad (3.3)$$

Onde:

- \tilde{V}_I é o valor total do índice de vulnerabilidade sísmica;
- V_I^* é índice de vulnerabilidade sísmica (estrutural);

- ΔV_R é o valor do fator de vulnerabilidade regional;
- ΔV_m é a soma dos fatores de vulnerabilidade dos modificadores de comportamento.

Por fim, os índices de vulnerabilidade sísmica total (\tilde{V}_I) são normalizados entre 0 e 1 (Calvi *et al.*, 2006) e agrupados em cinco categorias segundo os desvios-padrão (DP).

3.2.3 Componente Física

A componente física é complexa e envolve uma multiplicidade de fatores que podem ou não ocorrer após o evento sísmico. Neste caso em específico, encara-se o evento sísmico como o principal fator que desencadeia tudo o resto. Os abalos sísmicos provocam ondas que propagam energia em vários sentidos e muitas vezes a veemência e direção da propagação das ondas de choque dependem da litologia do terreno. Como referido anteriormente, também convém notar que na maioria das vezes é próximo a falhas geológicas e zonas de contacto entre placas tectónicas que ocorrem os hipocentros dos sismos, desta forma pode-se considerar que apesar de toda a incerteza em torno destes eventos, através de registos históricos e da evolução tecnológica, o estudo às estruturas do subsolo pode ajudar a minorar os danos materiais, económicos e humanos. A escala de intensidades macrossísmicas tem-se revelado uma importante fonte de informação para o planeamento das cidades, uma vez que os registos históricos permitem perceber as áreas mais afetadas. A escala de intensidades macrossísmicas é também capaz de acompanhar a evolução histórica das comunidades, ou seja, um sismo classificado com determinada intensidade há cem anos, atualmente poderia ter uma classificação de intensidade distinta, ficando assim a intensidade sísmica intrinsecamente ligada a determinado evento.

A intensidade macrossísmica, através da Escala de Mercalli Modificada (na União Europeia pretende-se substituir a Escala Mercalli pela Escala Macrossísmica Europeia (EMS-98), por ser menos subjetiva na avaliação e comunicação dos efeitos dos sismos), é considerada uma classificação da severidade dos sismos, com base nos efeitos observados numa determinada área (Grünthal, 1998), englobando os efeitos de diferentes fatores que caracterizam o potencial destrutivo. Segundo Teves-Costa *et al.* (2019), sendo Portugal Continental uma região de deformação lenta, o ciclo sísmico tem de se basear na sismicidade histórica. Desta forma, um procedimento habitual é converter as intensidades macrossísmicas no chamado pico de aceleração do solo. As intensidades macrossísmicas indicam ainda o nível de movimento do solo e do ponto de vista do cidadão comum o mais importante: o grau de danos observados. Também em estudos recentes, como Gomez-Capera *et al.* (2020) ou Masi *et al.* (2020), procuraram, com sucesso, correlacionar as intensidades sísmicas com os movimentos do solo.

Outro dos fatores enfatizados no cálculo do risco sísmico está relacionado com os deslizamentos/movimentos de vertentes, principalmente através dos declives existentes. Segundo Carrara *et al.* (1999), os eventos catastróficos estão interligados por relações causais, exemplificando com os terremotos, que geralmente originam movimentos de vertente de várias dimensões. Estas interligações implicam uma abordagem interdisciplinar e integrada na avaliação de perigos naturais e em termos de mitigação do risco a eles associado. Segundo Varnes (1984), os movimentos de vertente não causam tantos prejuízos quanto os sismos, mas ao longo do tempo podem vir a causar danos materiais muito consideráveis, sendo que a severidade dos impactos pode agravar-se com um desenvolvimento urbano desregulado e alteração do uso do solo. Em Hack *et al.* (2007) procurou-se observar a influência dos terremotos na estabilidade dos declives e os autores concluíram que embora o comportamento de uma encosta durante um terremoto pareça ser bem compreendido, na prática acaba por ser bastante complicado. As suposições simples não são suficientes para explicar o

comportamento real durante um evento sísmico, tendo surgido, nos exemplos estudados, resultados algumas vezes inesperados e estranhos. A conclusão idêntica chegaram Rodriguez-Peces *et al.* (2011), que para uma região geograficamente idêntica à do Algarve (Lorca, Espanha) estudaram as instabilidades nos declives desencadeadas pelo sismo de 11 de maio de 2011, cuja intensidade atribuída ao sismo de Lorca foi de VI. Os autores concluíram neste caso que algumas áreas onde a ocorrência de deslizamentos de terra desencadeados pelo terremoto era prevista não corresponderam com a localização das instabilidades reais conhecidas, desencadeadas pelo terremoto de 2011.

Por último, mas não menos importante, no capítulo do ERSTA (ANPC, 2010) dedicado à vertente física, foi avaliada a influência do efeito de sítio na propagação das ondas sísmicas através dos atributos do substrato rochoso que mais intervêm no efeito de agravamento, por ordem decrescente de importância. Os autores consideraram a litologia, espessura das camadas, grau de carsificação e, como atributo menos relevante, o declive da superfície topográfica. Os resultados deste estudo demonstram a fraca preponderância dos declives, uma vez que as zonas mais vulneráveis não correspondem às áreas de maiores declives (Figuras 3.14 e 3.15).

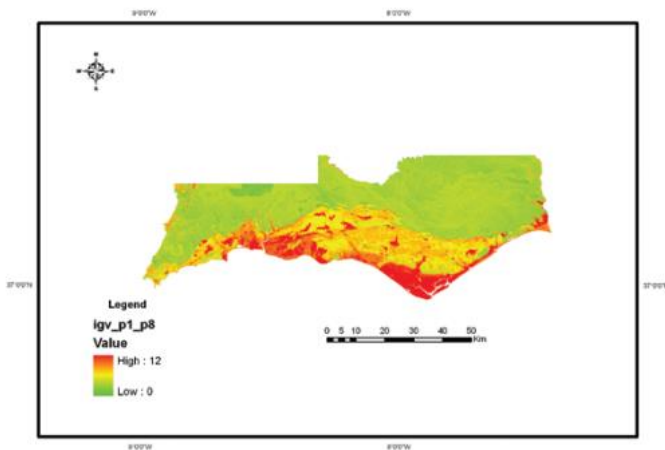


Figura 3.14 Avaliação do efeito de sítio na propagação de ondas sísmicas através de fatores físicos (ANPC, 2010)

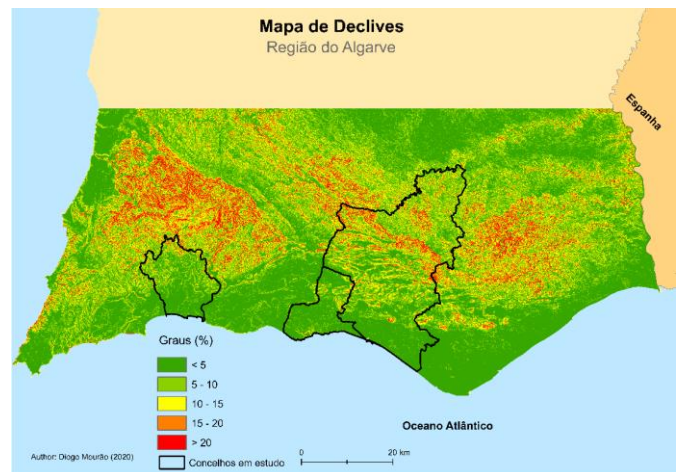


Figura 3.15 Mapa de declives da região do Algarve.

3.2.4 Análise Multicritério

A priorização entre componentes, de modo a constituir uma estrutura hierárquica, deve ter em conta as características de cada território, o tipo de estudo que se pretende efetuar e as variáveis em estudo. No caso específico deste trabalho, o elevado peso atribuído à componente física iria à partida fazer com que a maioria das subsecções apresentasse valores médios a elevados, mas justifica-se essa priorização porque esta região em particular tem sido afetado por uma sismicidade histórica e instrumental importante e severa. A diferença de pesos entre as componentes social e do edificado, justifica-se pelo facto de na componente social, nomeadamente na criticidade, estarem incluídas variáveis que versam sobre as características do edificado e alojamento, para além de variáveis que caracterizam a população e as infraestruturas e equipamentos existentes. No método AHP é usada uma escala de importância de nove níveis proposta por Saaty (1987) na comparação par a par (Tabela 3.29).

Tabela 3.29 Escala de importâncias (Saaty, 1987)

Intensidade da importância	Definição
1	Igual importância
3	Importância moderada de um sobre o outro
5	Importância essencial ou forte
7	Importância muito forte
9	Importância extrema
2,4,6,8	Valores interligados entre os dois julgamentos adjacentes
Recíprocos $\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1/2 & 1/3 & 1/4 & 1/5 & 1/6 & 1/7 & 1/8 & 1/9 \end{bmatrix}$	Se o parâmetro i tiver um dos números acima atribuídos a ele quando comparado com o parâmetro j , então j tem o valor recíproco quando comparado com i .

A ponderação das componentes em estudo consiste na atribuição de importância a cada uma das componentes face a outra. Assim, quanto maior o peso de uma componente, maior será a sua importância para o indicador de vulnerabilidade (Tabela 3.30). Com um índice de consistência de 6,8%, atribuiu-se a ponderação de 9% para a componente do edificado, 35,4% para a componente social e 55,6% para a componente física.

Tabela 3.30 Matriz de comparação par a par das componentes utilizadas no indicador de vulnerabilidade sísmica composto.

COMPONENTE	Edificado	Social	Física	PONDERAÇÃO
Edificado	1,00	1/5	1/5	9,0%
Social	5,00	1,00	1/2	35,4%
Física	5,00	2,00	1,00	55,6%

O modelo final para a composição do indicador de vulnerabilidade sísmica (IVS), considerando as componentes do edificado (CE), social (CS) e física (CF), consiste numa média ponderada:

$$IVS = \frac{CE \times 9\% + CS \times 35,4\% + CF \times 55,6\%}{100\%} \quad (3.4)$$

No capítulo seguinte são apresentados os resultados obtidos em cada componente analisada e na combinação das várias componentes para a cartografia do indicador final de vulnerabilidade sísmica.

Capítulo 4

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 COMPONENTE SOCIAL

Para uma análise mais pormenorizada às figuras seguintes, devem ser consultados os anexos A.4, A.5 e A.6 para os concelhos de Albufeira, Loulé e Portimão, respetivamente. Em complemento pode também ser consultada a figura 3.3 para a melhor contextualização geográfica das freguesias.

4.1.1 Criticidade

A FAC1 (Estudantes e trabalhadores no município, indivíduos analfabetos e população com 65 ou mais anos) explica 18,05% da variância total do modelo, tendo como variáveis principais a proporção de indivíduos a estudar e trabalhar no município, a proporção de população com 65 ou mais anos, a proporção de indivíduos residentes sem saber ler nem escrever (analfabetos) e a proporção de indivíduos que estudam no município. A variabilidade qualitativa, na FAC1, no total de subsecções (4678), 666 (14,24%) não apresentam dados. Das restantes 4012 subsecções, 5,33% (214) apresentam uma criticidade muito baixa, 15,98% (614) apresentam uma criticidade baixa, 54,59% (2190) apresentam uma criticidade média, 19,69% (790) apresentam uma criticidade elevada e 4,41% (177) apresentam uma criticidade elevada.

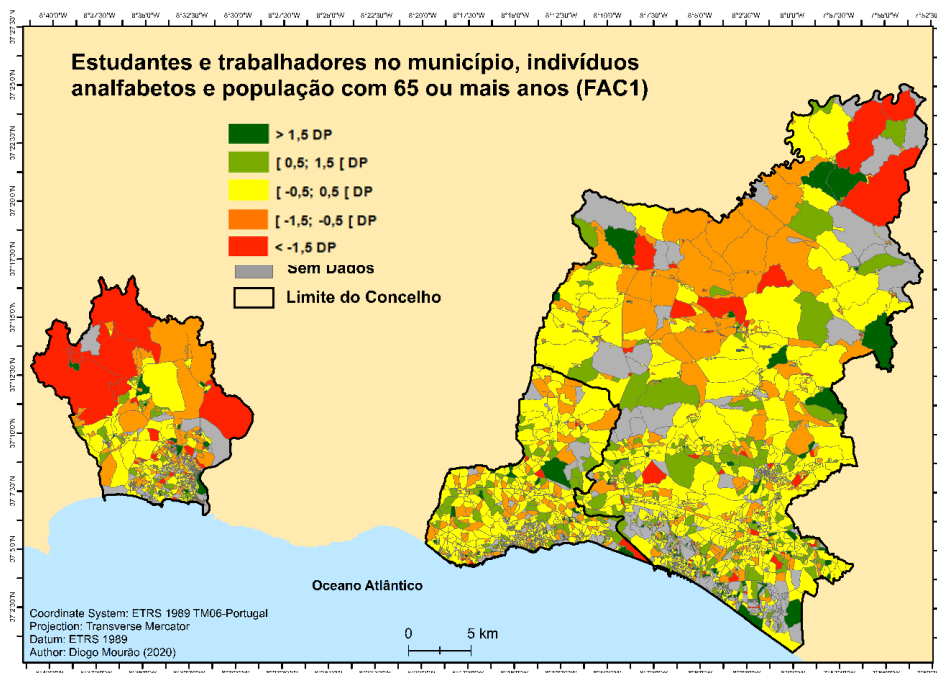


Figura 4.1. Mapa para a FAC1 – Estudantes e trabalhadores no município, indivíduos analfabetos e população com 65 ou mais anos.

Numa perspetiva mais pormenorizada e analisando a Figura 4.1, no concelho de Albufeira destacam-se pela positiva subsecções nos arredores das freguesias da Guia e Ferreiras. Em sentido contrário, nas subsecções mais centrais das freguesias de Albufeira, Olhos de Água e principalmente Paderne apresentam uma criticidade para a FAC1 predominantemente médio a elevado. É possível observar a FAC1 no concelho de Albufeira com maior pormenor no Anexo B.1

Quanto ao extenso município de Loulé, as subsecções mais próximas da costa atlântica apresentam uma grande mescla de níveis de criticidade, embora muitas dessas subsecções não apresentem dados, sendo que se destacam pela positiva algumas subsecções da zona de Vale do Lobo, onde existem inúmeros *resorts* e uma faixa importante entre as freguesias de Loulé e Boliqueime. A freguesia do Ameixal apresenta uma dicotomia, já que as duas subsecções a sul apresentam um índice muito baixo e as duas subsecções mais a norte um índice muito elevado. De resto, as subsecções de maior área entre as freguesias do Ameixal, Salir e Alte apresentam um índice elevado a muito elevado. É possível observar a FAC1 no concelho de Loulé com maior pormenor no Anexo B.2.

Por último, o concelho de Portimão sobressai desde logo pela negativa devido às subsecções de maior área junto aos concelhos vizinhos de Monchique e Lagos. É aquele que apresenta uma maior variação perto dos centros urbanos. A norte da freguesia de Portimão, nomeadamente perto dos lugares de Malheiro, Poço Seco, Torre, Cebolar e Caldeira do Moinho existem várias subsecções com criticidade elevada e muito elevada para a FAC1. Pela positiva, os lugares de Alcalar, Vale da Arrancada e perto dos centros urbanos de Alvor e Portimão, existem várias subsecções com um índice muito baixo e baixo, sendo claro o predomínio do índice médio. É possível observar a FAC1 no concelho de Portimão com maior pormenor no Anexo B.3.

A FAC2 (Características dos Alojamentos) explica 13,72% da variância total do modelo e diz respeito a variáveis relacionadas com as características dos alojamentos: alojamentos com 1 ou 2 divisões, alojamentos com 5 ou mais divisões e alojamentos com área até 50m². Das três variáveis que compõem esta FAC2, o modelo considera que alojamentos com 1 ou 2 divisões e com área até 50m², são variáveis que influenciam a criticidade de forma negativa, ou seja, aumentando-a. A distribuição qualitativa da criticidade para a FAC2, no total de subsecções (4678), 675 (14,43%) não apresentam dados. Das restantes 4003 subsecções, 4,40% (176) apresentam uma criticidade muito baixa, 16,94% (678) apresentam uma criticidade baixa, 58,43% (2339) apresentam uma criticidade média, 15,26% (611) apresentam uma criticidade elevada e 4,97% (199) apresentam uma criticidade elevada.

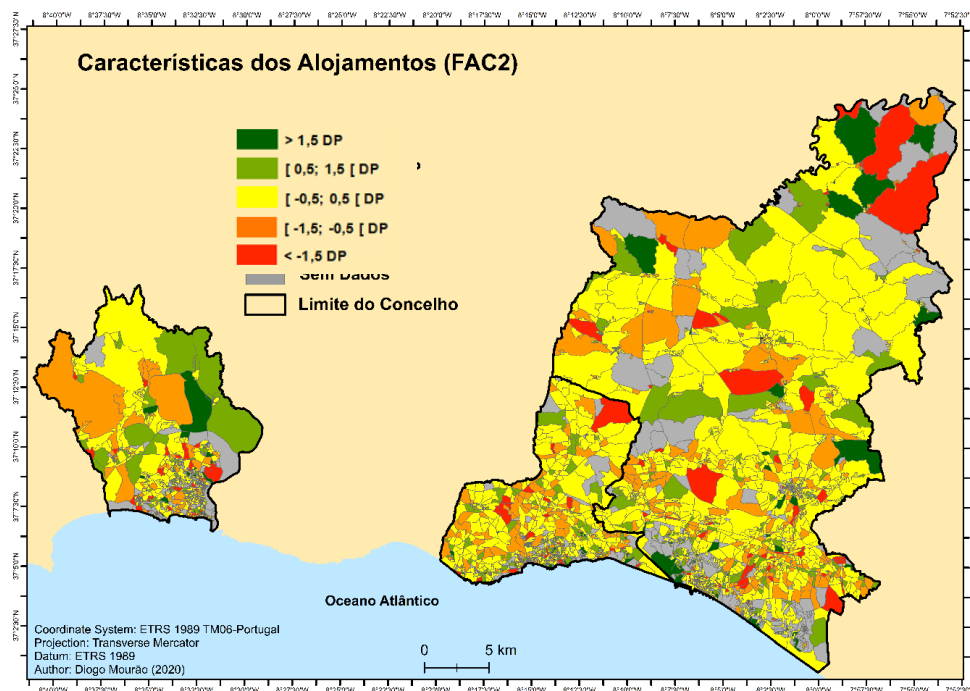


Figura 4.2. Mapa para a FAC2 – Características dos alojamentos.

Relativamente aos municípios em análise (Figura 4.2), no concelho de Albufeira, destacam-se pela positiva alguns lugares nos arredores da freguesia de Albufeira como Calijos e Vale Navio. No resto do concelho, os lugares de Eiras Brancas (Paderne) e Várzea de Quarteira (Olhos de Água) também apresentam uma criticidade baixa a muito baixa para a FAC2. Pela negativa, sobressai uma faixa de subsecções junto dos lugares de Ataboeira e Álamos (Guia) e que se estende para sul até ao lugar de Pátio, já nos arredores da freguesia de Albufeira. Na freguesia de Albufeira, os lugares de Brejos, Monte Choro e Oura apresentam uma criticidade elevada a muito elevada. Nas restantes freguesias do concelho de Albufeira, Alfa-Mar e Aldeia das Açoteias (Olhos de Água) e Lentisciais e Vale de Pêgas (Paderne) são lugares que carecem de uma maior atenção. Existem ainda lugares que apresentam um equilíbrio entre subsecções com vulnerabilidades baixas e elevadas, como é o caso dos lugares de Areias de São João, Santa Eulália e Correeira. Convém referir que algumas destas subsecções são compostas por empreendimentos turísticos e apartamentos de luxo, que tanto podem ter uma área útil pequena, com poucas divisões, como o oposto. É assim expectável que nas subsecções com criticidade elevada para a FAC2, onde existe este tipo de construções, sejam alojamentos condizentes com as variáveis aplicadas. É possível observar a FAC2 no concelho de Albufeira com maior pormenor no Anexo B.4.

No concelho de Loulé, regista-se um índice elevado a muito elevado entre as freguesias de Almancil e Quarteira, com destaque para os lugares de Pereiras, Escanxinhas, Ferrarias, Areias de Almancil, Torre, e para este São João da Venda, Vale da Venda e Arneiro. Mais disperso pelo território, igualmente com criticidade elevada e muito elevada, os lugares de Nave das Mealhas e Covões (Salir), Betunes (Loulé) e Corte do Bucho (Alte). Pela positiva no concelho de Loulé, destacam-se os lugares de Vilamoura, Bacelada e Semino. Existem ainda lugares que apresentam um equilíbrio entre subsecções com vulnerabilidades baixas e elevadas, como é o caso dos lugares de Quarteira e mais a norte, algumas subsecções que correspondem a bairros nos arredores da freguesia de Loulé e também o lugar de Espraguina e nas freguesias de Alte e Salir. É possível observar a FAC2 no concelho de Loulé com maior pormenor no Anexo B.5.

Por último, no município de Portimão e pela negativa, sobressai um aglomerado de subsecções de criticidade elevada a muito elevada a norte da freguesia de Portimão, nos lugares de Bom Retiro, Companheira, Poço Seco, Cebolar, Vale das Hortas e Aldeia das Sobreiras e a sul nos lugares de Três Castelos, Vale de França e Praia da Rocha. Perto da freguesia de Alvor, os lugares Quinta da Rocha e Praia de Alvor e algumas subsecções do Galo Loiro e centro histórico de Alvor destacam-se pela negativa. Já a norte da freguesia da Mexilhoeira Grande, os lugares de Senhora Verde, Morgado do Reguengo e Várzea do Farelo completam os lugares de maior criticidade. Pela positiva, curiosamente, apresentam-se algumas subsecções contíguas às de criticidade muito elevada nos lugares da Praia da Rocha e Três Castelos que se estendem até ao centro da freguesia de Portimão e nos lugares de Alto do Pacheco e São Sebastião. Ainda na freguesia de Portimão, mas mais a norte o destaque vai para os lugares de Boavista, Aldeia Nova da Boavista, Cardosas, Chão das Donas, Sesmarias e algumas subsecções consideradas residuais e que possuem um baixo número de alojamentos. Entre Portimão e Alvor, Bemposta, Delgadas e o restante do Galo Louro são os lugares com índice mais positivo. É possível observar a FAC2 no concelho de Portimão com maior pormenor no Anexo B.6.

A FAC3 (Agregado Familiar) explica 12,99% da variância total do modelo e diz respeito a variáveis relacionadas com o tamanho do agregado familiar: proporção de famílias com 1 ou 2 pessoas, proporção de famílias com 5 ou mais pessoas e proporção de indivíduos dos 0 aos 14 anos. Das três variáveis que compõem esta FAC3, o modelo considera que a proporção de famílias com 5 ou mais pessoas e de indivíduos dos 0 aos 14 anos de idade, são variáveis que influenciam a criticidade de

forma negativa, ou seja, aumentando-a. A distribuição qualitativa da criticidade para a FAC3, no total de subsecções (4678), 666 (14,24%) não apresentam dados. Das restantes 4012 subsecções, 3,56% (143) apresentam uma criticidade muito baixa, 18,94% (760) apresentam uma criticidade baixa, 55,61% (2231) apresentam uma criticidade média, 18,32% (735) apresentam uma criticidade elevada e 3,56% (143) apresentam uma criticidade elevada.

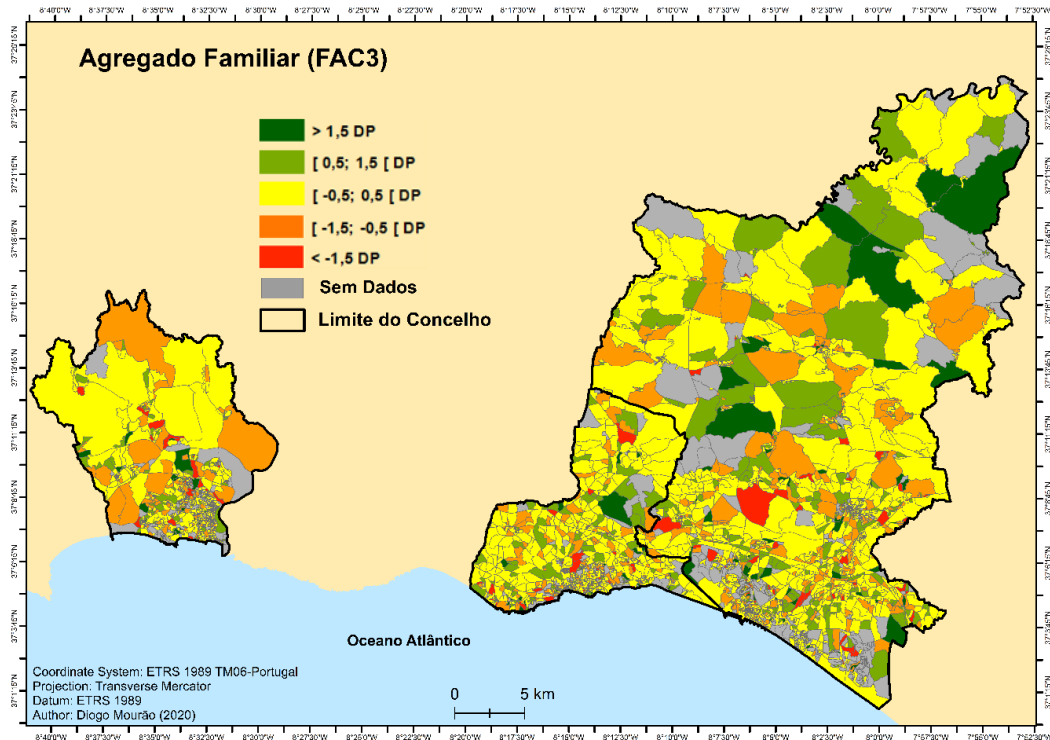


Figura 4.3 Mapa para a FAC3 – Agregado Familiar

Da análise aos municípios em estudo (Figura 4.3), em Albufeira destacam-se pela negativa os lugares de Vale da Ursa, Vale Rebelho, Brejos, Vale Paraíso, Valverde, Alcaria, Santa Eulália e pela positiva os lugares de Malhão, Malhadais, Galvana, Vale de Santa Maria, Amendoal, Assumadas, Centieira, Cotovio, Patã de Baixo, Pinhal do Concelho, Torre da Mosqueira, Alfarrobeiras. Existem ainda lugares que apresentam um equilíbrio entre subsecções com vulnerabilidades baixas e elevadas, como é o caso dos lugares de Concelho, Semino, Sesmarias, Albufeira e Travagueira. É possível observar a FAC3 no concelho de Albufeira com maior pormenor no Anexo B.7.

No que concerne ao concelho de Loulé, pela negativa o destaque vai para os lugares de Fonte Santa, Pereiras, Poço Amoreira, São Lourenço, Betunes, Piedade, Soalheira, Várzea da Mão, Varejota, Goldra, Barranco de Apra, Fonte de Apra, Morgado da Tôr, Tôr, Portela do Monte, Zimbral de Cima e Freixo Seco de Baixo. Pela positiva os lugares de Arzinha, Vale Judeu, Bacelada, Benfarras, Vale de Carro, Palmeiral, Sobradinho e Renda. Existem ainda lugares que apresentam um equilíbrio entre subsecções com vulnerabilidades baixas e elevadas, como é o caso dos lugares de Vilamoura, Concelho, Morgadinho, São João da Venda, Franqueada, Lagoa de Momprolé, Salir, Vale Formoso e Além. É possível observar a FAC3 no concelho de Loulé com maior pormenor no Anexo B.8.

Já no concelho de Portimão, Ladeira do Vau, Bom Retiro, Penina, Torre, Cabeça do Mocho, Cardosas, Esteveira, Caldeira do Moinho, Amoreiras, Cabeço Judeu, Alto do Poço, Montes de Alvor, Esteves, Pedra Mourinha, Vau da Rocha e algumas subsecções de Alcalar, Sesmarias, Vale da Arrancada, Três Castelos e Donalda/Alfarrobeiras, Maria Pires e Aldeia das Sobreiras são os lugares com uma situação

mais preocupante. Em sentido contrário, Várzea do Farelo, Arão, Mexilhoeira Grande, Delgadas, Facho, Quinta Nova, Biscainhas, Alagoas, Ladeira da Nora, Porto de Lagos, Companheira são os lugares que suscitam menos preocupação. Existem ainda lugares que apresentam um equilíbrio entre subsecções com vulnerabilidades baixas e elevadas, como é o caso dos lugares de Alcalar, Sesmarias, Vale da Arrancada, Três Castelos e Donalda/Alfarrobeiras, Maria Pires e Aldeia das Sobreiras. Uma nota positiva advém do facto de nos lugares de Portimão e Alvor, que correspondem aos centros históricos destas duas freguesias do concelho, existirem poucas subsecções com uma criticidade elevada e muito elevada para a FAC3. É possível observar a FAC3 no concelho de Portimão com maior pormenor no Anexo B.9.

A FAC4 (Densidade Populacional e do Edificado) explica 11,39% da variância total do modelo e diz respeito a variáveis relacionadas com densidades: densidade populacional e densidade do edificado. Ambas as variáveis da FAC4 influenciam o modelo de forma negativa, ou seja, aumentando a criticidade. A distribuição qualitativa da criticidade para a FAC4, no total de subsecções (4678), 320 (6,84%) não apresentam dados. Das restantes 4358 subsecções, 4,54% (198) apresentam uma criticidade muito baixa, 30,13% (1313) apresentam uma criticidade baixa, 36,26% (1580) apresentam uma criticidade média, 19,89% (867) apresentam uma criticidade elevada e 9,18% (400) apresentam uma criticidade elevada. A análise pormenorizada é relativamente simples de fazer e revela uma enorme dicotomia entre as zonas urbanas e não urbanas, uma vez que, dentro dos centros urbanos existem subsecções com área muito reduzida, mas com muitos edifícios e consequentemente muitos indivíduos, enquanto que, quanto mais longe dos centros urbanos, a área das subsecções aumenta e a densidade de edificado e indivíduos diminui. É assim normal sobressair na Figura 4.4 manchas de criticidade baixa e muito baixa fora dos centros urbanos dos concelhos em análise e criticidades médias, elevadas e muito elevadas à medida que se dá a aproximação aos centros de freguesias.

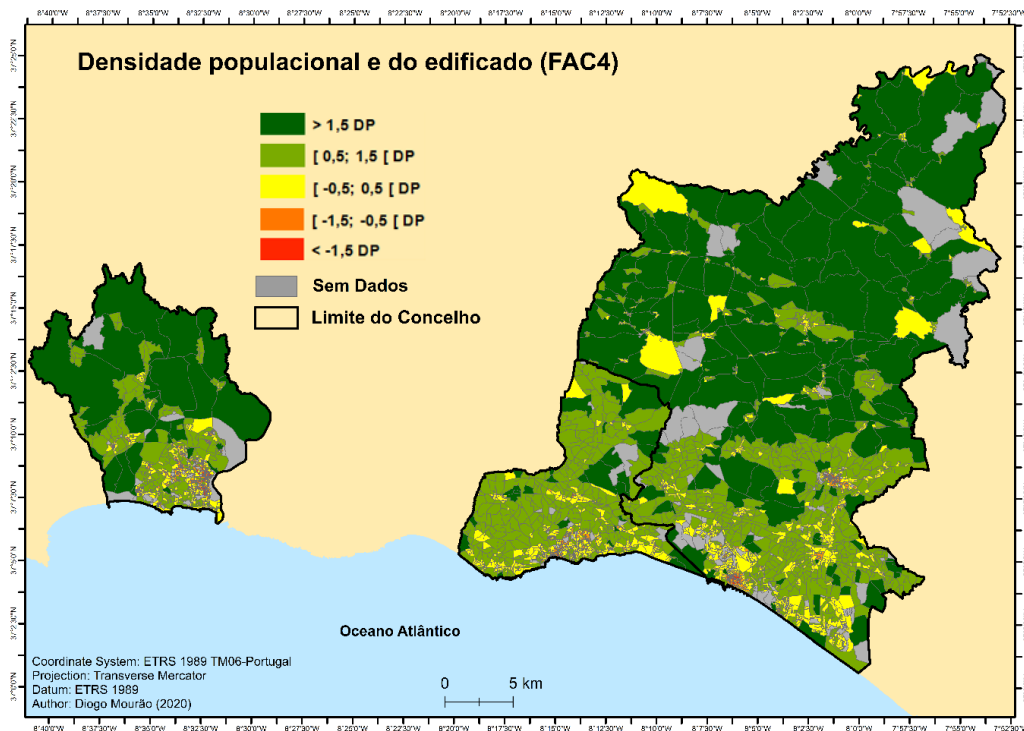


Figura 4.4 Mapa para a FAC4 – Densidade populacional e do edificado.

É possível observar a FAC4 nos concelhos de Albufeira, Loulé e Portimão com maior pormenor no Anexos B.10, B.11 e B.12.

A FAC5 (População empregada nos setores primário (baixo poder de compra) e terciário (alto poder de compra)) explica 10,65% da variância total do modelo e diz respeito a variáveis relacionadas com setores de emprego: proporção de população empregada no setor primário (tipicamente com baixo poder de compra) e proporção de população empregada no setor terciário (tipicamente com alto poder de compra). Como seria de esperar, as variáveis da FAC5 têm uma influência oposta uma à outra, ou seja, os indivíduos empregados no setor terciário diminuem a criticidade (menos vulneráveis) enquanto os indivíduos empregados no setor primário aumentam a criticidade (mais vulneráveis). A distribuição qualitativa da criticidade para a FAC5, no total de subsecções (4678), 874 (18,68%) não apresentam dados. Das restantes 3809 subsecções, 5,73% (218) apresentam uma criticidade muito baixa, 15,59% (593) apresentam uma criticidade baixa, 45,37% (1726) apresentam uma criticidade média, 30,91% (1176) apresentam uma criticidade elevada e 2,39% (91) apresentam uma criticidade elevada, sendo esta a FAC que apresenta uma criticidade maior, com cerca de 75% das subsecções a situarem-se nas criticidades médias e elevadas. Como os valores são normalizados e ponderados, por vezes basta existir um único indivíduo empregado num destes setores para o índice indicar criticidade muito elevada ou muito baixa. Assim, o foco deve centrar-se nas áreas mais urbanas, onde existe um maior número de população residente e a trabalhar num dos três setores de atividade.

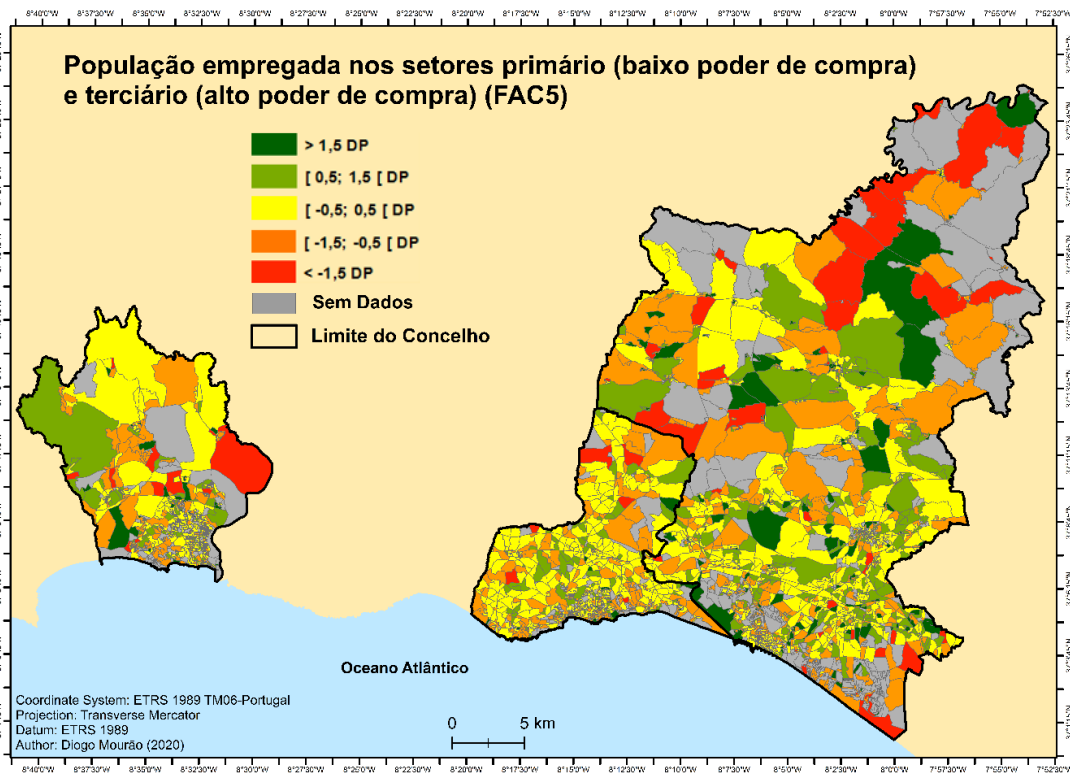


Figura 4.5 Mapa para a FAC5 – População empregada nos setores primário (baixo poder de compra) e terciário (alto poder de compra).

Analisando a Figura 4.5, no concelho de Albufeira, nomeadamente no centro da freguesia de Albufeira, existe uma grande variação de criticidade, mesmo em subsecções contíguas. Isto pode dever-se a existirem mais indivíduos empregados no setor primário ou mesmo um equilíbrio entre empregados no setor primário e terciário, uma vez que os valores dos *loadings*, sem a consideração da cardinalidade, são idênticos. Fora do centro da freguesia de Albufeira e expandindo a análise para oeste e norte do concelho, destacam-se pela negativa os lugares de Vale da Ursa, Vale Rebelho, Cerca Velha, Nem Moniz, Vale Navio, Vale da Ursa, Travagueira, Ilha da Madeira, Valverde, Montes Juntos, Várzeas de Quarteira, Lentiscais, Alcaria e Cotovio. Pela positiva surgem os lugares de

Amendoal, Alámos, Tominhal, Torre da Mosqueira, Texugueiras, Malhão, Almeijofras, Brejos e Branqueira. Existem ainda lugares que apresentam um equilíbrio entre subsecções com vulnerabilidades baixas e elevadas, como é o caso dos lugares de Purgatório, Aroal, Poço das Canas, Cerro do Ouro, Centieira, Ataboeira, Guia, Sesmarias, Paderne, Ferreiras, Olhos de Água, Vale de Carro e Galé. É possível observar a FAC5 no concelho de Albufeira com maior pormenor no Anexo B.13.

No concelho de Loulé, destacam-se algumas subsecções de maior área que apresentam vários níveis de criticidade para a FAC5, sendo que estas subsecções, algumas residuais, possuem muito pouca população residente como referido anteriormente. Nos lugares mais urbanos, Passis, Espraguina, Pedra de Água, Caliços, Areias de Almansil, Campina de Cima, Barranco do Velho, Alfeição, Lagoa de Momprolé, Cruz da Assumada destacam-se pela negativa, enquanto que, os lugares de Arneiro, Besteiros, Pedragosa, Sobradinho, Alto Relógio, Amendoeira, Poço Geraldo, Adegas, Mesquita, Andrezes, Soalheira, João Andrés, Casinha, Vale das Poças, Cerro, Penina, Vale Álamo, Besteiros, Arneiro e algumas subsecções dos lugares também referidos, destacam-se pela positiva. Existem ainda lugares que apresentam um equilíbrio entre subsecções com vulnerabilidades baixas e elevadas, como é o caso dos lugares de Fonte Santa, Monte da Charneca, Semino, Garrão, Quarteira, Loulé, Parrela, Alfarrobeira, Zimbral de Cima, Benafim Pequeno, Esteval, Espargal, Brotual, Vale Judeu, Arzinha, Almancil, São João da Venda, Poço Amoreira, Vilamoura, Renda, Salir, Barreiras Brancas, Corte Garcia, Querença, Paixanito, Tôr, Parragil e Goldra. É possível observar a FAC5 no concelho de Loulé com maior pormenor no Anexo B.14.

No concelho de Portimão, o cenário é pouco favorável nos lugares de Montes de Alvor, Amoreira, Delgadas, Prainha, Vale de França, Penina, Pedra Mourinha, Ladeira da Nora, Galo Loiro, Biscainhos, Bemposta, Várzea do Farelo, Cabeço Esteves, Pereira e Caldeira do Moinho. Pela positiva surgem os lugares de Marachique, Companheira, Cebolar, Aldeia do Carrasco, Aldeia Nova da Boavista, Quinta dos Arcos, Esteveira, Cortaventos, Vendas, Companheira e Bom Retiro. Existem ainda lugares que apresentam um equilíbrio entre subsecções com vulnerabilidades baixas e elevadas, como é o caso dos lugares de Vau da Rocha, Castelhanas, Donaldas, Alvor, Torre, Chão das Donas, Coca Maravilhas, Aldeia das Sobreiras, Maria Pires, Arão, Monte Judeu, Montes de Cima, Rasmalho, Porto de Lagos, Palheiros, Praia da Rocha, Três Castelos, Belmonte e Portimão. É possível observar a FAC5 no concelho de Portimão com maior pormenor no Anexo B.15.

Para a criticidade final, da operação de médias ponderadas dos *scores* das componentes principais para as 4678 subsecções estatísticas dos concelhos de Portimão, Albufeira e Loulé, resulta na cartografia da criticidade. A criticidade final resulta da soma dos scores das FAC 1 a 5, dividindo pelo número de fatores (5). Foi também testada a hipótese de fazer uma média ponderada, mas a diferença era pouco considerável (cerca de 0,01 na maioria das subsecções). Do total de subsecções (4678), 316 (6,76%) não apresentam dados. Das restantes (4362), 392 (8,99%) das apresentam uma criticidade muito baixa, 303 (6,95%) apresentam uma criticidade baixa, 2323 (53,26%) apresentam uma criticidade média, 1315 (30,15%) uma criticidade elevada e 29 (0,66%) uma criticidade muito elevada. Segundo Mendes *et al.* (2011), ao nível de Portugal Continental, os concelhos de Loulé e Albufeira apresentam uma criticidade muito baixa e o concelho de Portimão apresenta uma criticidade média.

No concelho de Albufeira (Figura 4.6) apresentam-se tendencialmente positivos, os lugares de Cotovio, Centieira, Malhão, Guiné, Lentiscais, Carrasqueiro, Valverde, Texugueiras, Assumadas, Alfarrobeiras, São Rafael, Vale da Parra, Santa Eulália, Quinta da Balaia e Semino. Tendencialmente

negativos, apresentam-se os lugares de Canais, Cerro do Ouro, Cortelhas, Fontainhas, Cortesões, Torre da Mosqueira, Mosqueira, Vale da Azinheira, Branqueira, Ataboeira e Vale da Ursa. Apresentando um certo equilíbrio entre subsecções com criticidade muito baixa/baixa e elevada/muito elevada, surgem os lugares de Paderne, Guia, Patã de Baixo, Albufeira, Sesmarias, Galé, Vale Rebelho, Mouraria, Ferreiras, Vale Navio, Pinhal do Concelho, Olhos de Água, Várzeas de Quarteira e Vale de Carro.

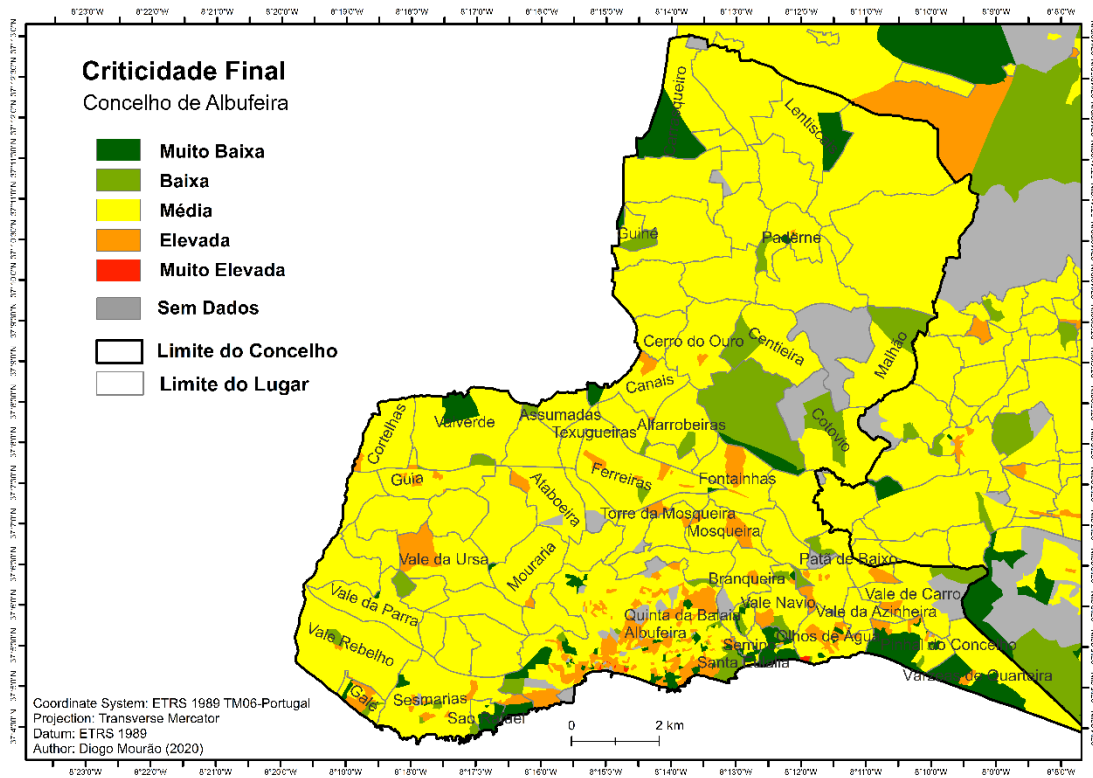


Figura 4.6 Criticidade final para o concelho de Albufeira

No concelho de Loulé (Figura 4.7) apresentam-se tendencialmente positivos, os lugares de Besteiros, Vale Luis Neto, Vale da Rosa, João Andrés, Conqueiros, Vale das Poças, Barrosas, Vale do Álamo, Espargal, Vale Rodrigo, Casas Leirias, Malhadais, Consequinte, Escanxinas, Semino, Vale do Lobo, Quinta do Lago, Ludo, Garrão, Areias de Almansil, São João da Venda, Poço Amoreira, Guerreiros Vermelhos, Pinheiro, Goldra, Pedragosa, Campina de Cima, Clareanes, Carvalhal, Monte Seco, Soalheira, Sobradinho, Varejota, Bancelada, Brotual, Vale Telheiro, Renda, Poço Geraldo, Várzea da Mão, São Lourenço, Além, Espraguina, Troto, Arroiteia e Corcitos. Tendencialmente negativos, apresentam-se os lugares de Azinhal dos Mouros, Ameixal, Corte do Ouro, Ximeno, Vermelhos, Figueirinha, Corte Bucho, Soalheira, Torre, Brazieira, Monte Charneca, Alte, Zimbral de Cima, Penina, Benafim, Birrão, Nave dos Cordeiros, Lombada, Monte João Preto, Caliços, Esteval, Areiro, Betunes, Barreiras Brancas, Andrezes, Ribeira de Algibre, Almancil, Maritenda, Cabeço da Câmara, Lombada e Almarginho. Apresentando um certo equilíbrio entre subsecções com criticidade muito baixa/baixa e elevada/muito elevada, surgem os lugares de Freixo Verde, Sarnadas, Santa Margarida, Boliqueime, Vilamoura, Quarteira, Morgadinho, Fonte Santa, Ferrarias, Vale Formoso, Goncinha, Loulé, Poço Novo, Concelho, Tôr, Parragal, Cruz da Assumada, Benfarras, Salir e Pirneu.

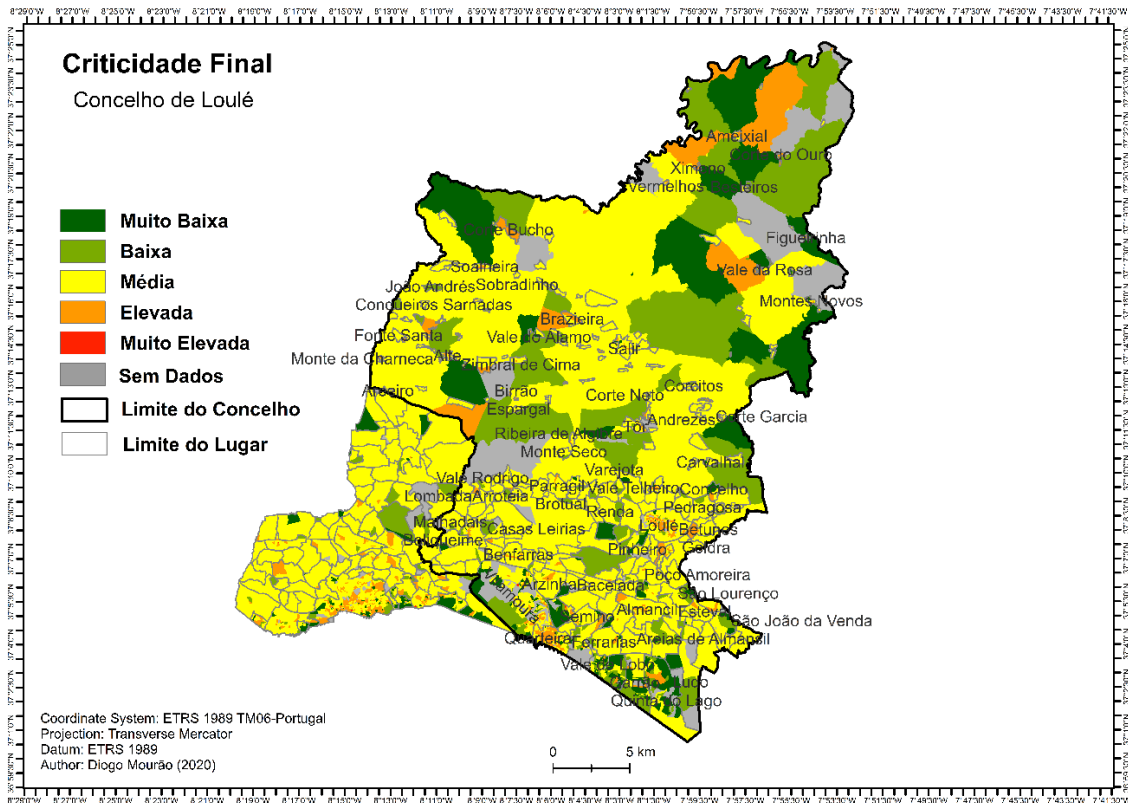


Figura 4.7 Criticidade final para o concelho de Loulé

No concelho de Portimão (Figura 4.8), apresentam-se tendencialmente positivos, os lugares de Montes de Cima, Arão, Cortaventos, Várzea do Farelo, Esteveira, Alto do Poço, Quinta da Rocha, Brava, Maria Pires, Facho, Delgadas, Quinta Nova, Morgado do Reguengo, Cabeço Esteves, Monte Judeu, Porto de Lagos e Donalda. Tendencialmente negativos, apresentam-se os lugares de Pereira, Alvor, Mexilhoeira Grande, Montes de Alvor, Ladeira da Nora, Amoreira, Má Partilha, Vale das Hortas, Sesmarias, Torre, Vidigal, Malheiros, Belmonte, Poço Seco, Caldeira do Moinho, Aldeia do Carrasco, Bemposta, Quinta do Pinheiro, Três Bicos, São Sebastião, Barranco do Rodrigo e Cabeço do Mocho. Apresentando um certo equilíbrio entre subsecções com criticidade muito baixa/baixa e elevada/muito elevada, surgem os lugares de Figueira, Galo Loiro, Praia de Alvor, Quatro Estradas, Prainha, Vau da Rocha, Praia da Rocha, Portimão, Três Castelos, Alto Pacheco, Vale França, Alcalar, Ladeira do Vau, Companheira, Bom Retiro, Vale da Arrancada, Cardosas, Boavista, Coca Maravilhas, Chão das Donas, Pedra Mourinha e Aldeia das Sobreiras.

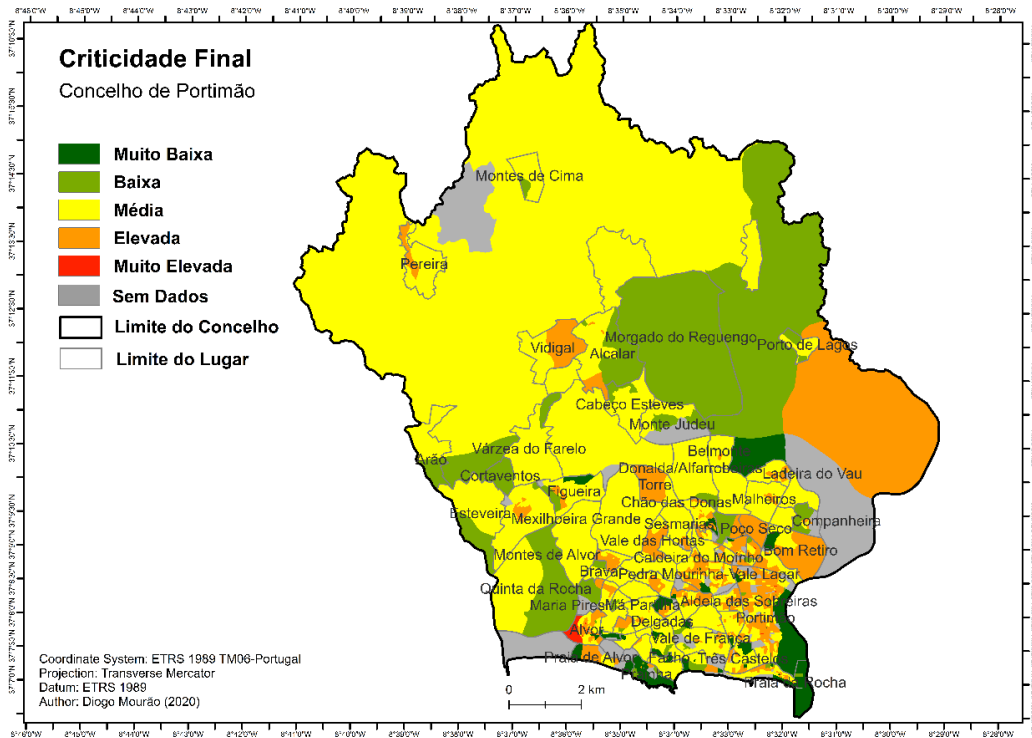


Figura 4.8 Criticidade final para o concelho de Portimão

4.1.2 Capacidade de Suporte

A FAC1 (Cobertura de equipamentos e infraestruturas de apoio à população) explica 26,96% da variância total do modelo, tendo como variáveis explicativas a densidade de ZCAP, de postos de combustível e de estruturas residenciais para idosos (centros de dia e noite) e a menor distância a equipamentos de saúde. A variabilidade qualitativa, na FAC1, no total de subsecções (4678), 1,52% (71) apresentam uma capacidade de suporte muito baixa, 39,5% (1848) apresentam uma capacidade de suporte baixa, 26,87% (1257) apresentam uma capacidade de suporte média, 23,62% (1105) apresentam uma capacidade de suporte elevada e 8,49% (397) apresentam uma capacidade de suporte muito elevada.

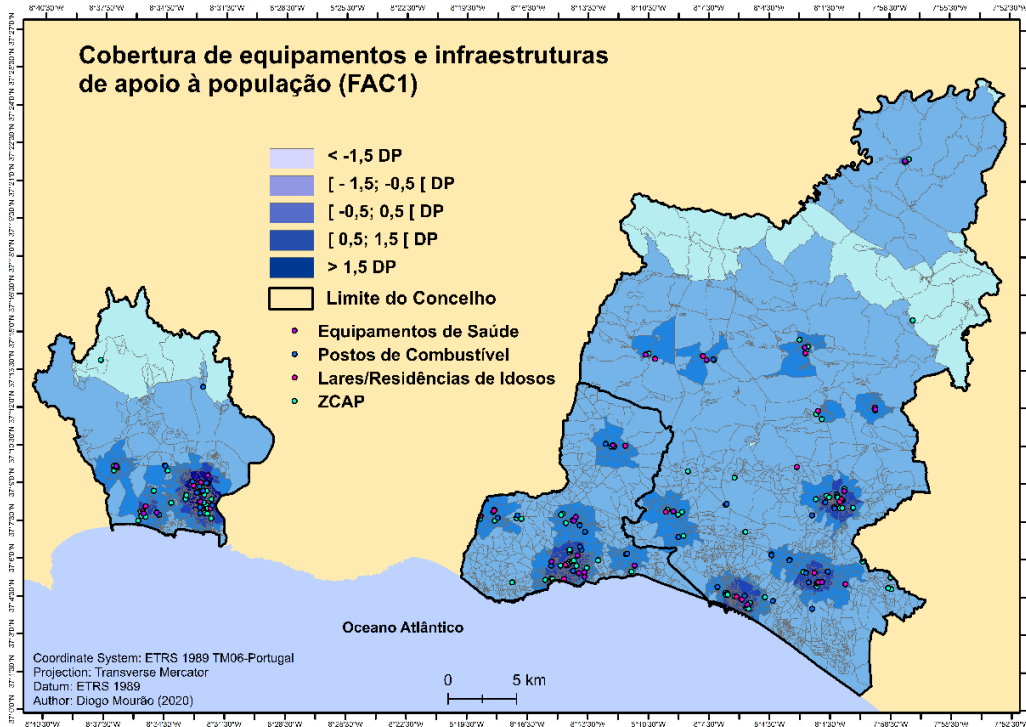


Figura 4.9 Mapa para a FAC1 – Cobertura de equipamentos e infraestruturas de apoio à população

Para a FAC1 da capacidade de suporte (Figura 4.9) destacam-se, como seria de esperar, os lugares que correspondem aos centros urbanos das freguesias dos concelhos em estudo, em particular as sedes de concelho (Albufeira, Loulé e Portimão). No entanto é possível observar que dada a concentração dos equipamentos e infraestruturas, embora no aspeto visual sobressaiam as subsecções de maiores dimensões que apresentam valores baixos ou muito baixos, a grande maioria das subsecções apresenta valores considerados médios a muito elevados, em resultado da divisão administrativa realizada nos concelhos em estudo. Apenas nos concelhos de Portimão e Loulé existem algumas faixas com valores muito baixos, nomeadamente nos lugares de Águas Frias, Corte Bucho, Malhão, Pé do Coelho, Vermelhos, Fornalha, Vale da Rosa, Montes Baixos, Vale Maria Dias e Barranco Velho (Loulé) e Pereira, Montes de Cima, Senhora Verde e Alcalar (Portimão). Convém ainda notar que apenas no concelho de Portimão existem subsecções com capacidade de suporte muito elevada para a FAC1, dada a concentração existente de equipamentos e infraestruturas que compõem este fator. É possível observar a FAC1 nos concelhos de Albufeira, Loulé e Portimão com maior pormenor no Anexo C.1, C.2 e C.3.

A FAC2 (Contraste urbano/rural) explica 21,17% da variância total do modelo, tendo como variáveis explicativas a proporção de superfície ocupada para fins agrícolas, a proporção de superfície ocupada por espaços artificializados e a densidade da rede viária. A variabilidade qualitativa, na FAC2, no total de subsecções (4678), 8,83% (413) apresentam uma capacidade de suporte muito baixa, 10,8% (505) apresentam uma capacidade de suporte baixa, 44,12% (2064) apresentam uma capacidade de suporte média, 35,59% (1665) apresentam uma capacidade de suporte elevada e 0,66% (31) apresentam uma capacidade de suporte muito elevada.

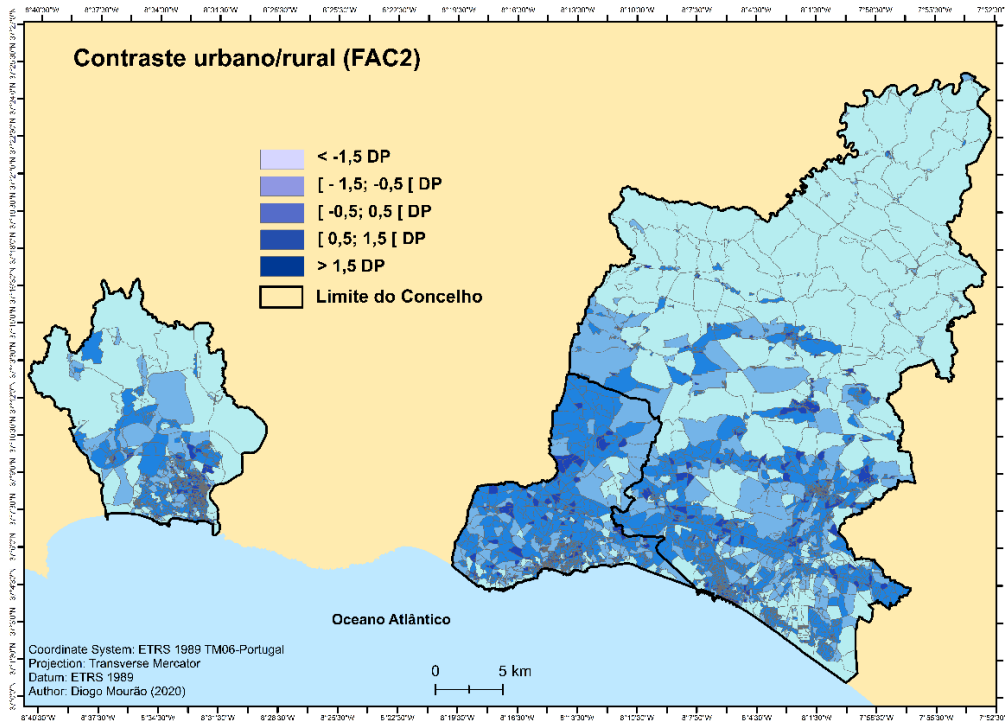


Figura 4.10 Mapa para a FAC2 – Contraste urbano/rural.

A capacidade de suporte da FAC2 (Figura 4.10) para os concelhos em análise, evidenciam alguma dificuldade em encontrar padrões. A região é marcada por mudanças no uso do solo em áreas relativamente próximas. O mapa da Figura 3.9 demonstra que nos centros urbanos predominam os espaços artificializados e à medida que se dá o afastamento para o interior predomina a ocupação agrícola nas subsecções, embora nas zonas de transição urbano/rural os resultados possam ser muito díspares entre si, dado o processo de expansão dos subúrbios. A densidade da rede viária permite alguma distinção nesta componente, nomeadamente nas vias de maior importância desde logo a Via do Infante (A22), os itinerários principais (IP), itinerários complementares (IC) e estradas municipais (EM) com muito maior densidade nos centros urbanos e na zona litoral dos concelhos em análise. A designação atribuída a esta componente deve-se ao contraste evidenciado entre o urbano (maior densidade de rede viária e predomínio de espaços artificializados) e o rural (fraca densidade de rede viária e predomínio de espaços agrícolas), sendo possível concluir que, de forma geral, em áreas rurais predominam valores muito baixos e baixos e em áreas urbanas predominam valores elevados e muito elevados. É possível observar a FAC2 nos concelhos de Albufeira, Loulé e Portimão com maior pormenor no Anexo C.4, C.5 e C.6.

A FAC3 (Distância a unidades hoteleiras, forças de segurança e socorro) explica 19,55% da variância total do modelo, tendo como variáveis explicativas a menor distância a unidades hoteleiras, forças de segurança e de socorro. A variabilidade qualitativa, na FAC3, no total de subsecções (4678), 9,26% (433) apresentam uma capacidade de suporte muito baixa, 15,11% (707) apresentam uma capacidade de suporte baixa, 30,25% (1415) apresentam uma capacidade de suporte média, 19,28% (902) apresentam uma capacidade de suporte elevada e 26,10% (1221) apresentam uma capacidade de suporte muito elevada.

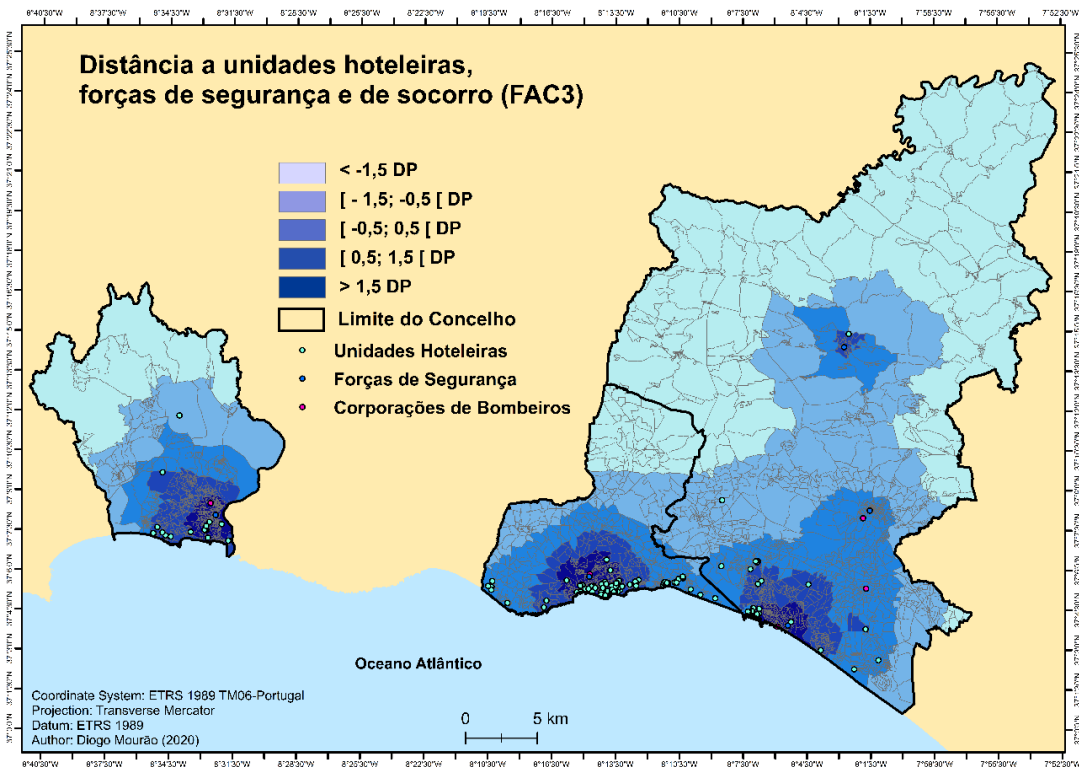


Figura 4.11 Mapa para a FAC3 - Distância a unidades hoteleiras, forças de segurança e de socorro.

Tal como ocorre na FAC1, a FAC3 apresenta os mesmos padrões de capacidade de suporte (Figura 4.11), no entanto, neste caso, é ainda mais vincada a diferença entre os centros urbanos do litoral e o restante território, devido à grande concentração de unidades hoteleiras e à localização das forças de segurança e de socorro nesses mesmos territórios. Apenas no concelho de Loulé existe um prolongamento para o interior do território que se estende até à freguesia de Salir. No concelho de Albufeira, apresentam valores muito elevados e elevados os lugares de Albufeira de Santa Eulália, Vale do Paraíso, Brejos, Torre da Mosqueira, Semino e Cerro da Águia. Guia, Barrancos, Travagueira, Cortelhas, Valverde, Ataboeira, Assumadas, Poço das Canas, Ferreiras, Texugueiras e todos os lugares a norte de Alfarrobeiras e Cotovio apresentam valores baixos a muito baixos. É possível observar a FAC3 no concelho de Albufeira com maior pormenor no Anexo C.7.

No concelho de Loulé, os lugares de Pereiras, Escanxinas, Corgo da Zorra, Ferrarias, Vale do Lobo, Vilamoura, Arzinha, Morgadinho, Bacedada, Quatro Estradas, Semino, Cascalheira, Fonte Santa, Passis, Quarteira, Coruja e Salir destacam-se pela positiva, enquanto os lugares de Caliços, São João da Venda, Esteval, Troto, Torre, Mata Lobos, Vale da Venda, Além, Ludo, Quinta do Lago, Águas Frias, Soalheira, Sarnadas, Santa Margarida, Alcaria do João, Alte, Monte da Charneca, Esteval de Mouros, Ameixial, Vermelhos, Besteiros, Estrela Montes, Boliqueime, Vale Covo, Benfarras, Malhadais, Maritenda, Patã de Cima, Corcitos, Corte Garcia, Malhão, Montes Novos, Barranco Velho, Pena, Campina de Cima, Pedragosa, Poço Novo, Barreiras Brancas, Parragil, Lagoa de Momprolé, Penina, Benafim, Espargal, Tôr e Alto Fica destacam-se pela negativa. É possível observar a FAC3 no concelho de Loulé com maior pormenor no Anexo C.8.

Por último, no concelho de Portimão, os lugares de Portimão, Vale Lagar, Bom Retiro, Vale Arrancada, Sesmarias, Vale das Hortas, Biscainhas, Ladeira da Nora, Alvor, Gaio Louro, Praia de Alvor, Facho, Três Castelos, Vale de França, Alto Pacheco, Pedra Mourinha, Barranco Rodrigo e São Sebastião apresentam valores elevados a muito elevados. Em sentido contrario, os lugares de Pereira,

Montes de Cima, Ramalho, Porto de Lagos, Morgado do Reguengo, Senhora Verde, Vidigal e Arão apresentam valores baixos a muito baixos. É possível observar a FAC3 no concelho de Loulé com maior pormenor no Anexo C.9.

Para a capacidade de suporte final, a operação que resulta na cartografia final para a capacidade de suporte é igual à realizada para a criticidade, apenas com a diferença que para a capacidade de suporte existem apenas três FAC. A variabilidade qualitativa da capacidade de suporte final, no total de subsecções (4678), 6,97% (326) apresentam uma capacidade de suporte muito baixa, 26,64% (1246) apresentam uma capacidade de suporte baixa, 32,30% (1511) apresentam uma capacidade de suporte média, 27,55% (1289) apresentam uma capacidade de suporte elevada e 6,54% (306) apresentam uma capacidade de suporte muito elevada. Segundo Mendes *et al.*, (2011), ao nível de Portugal Continental, os concelhos de Loulé e Albufeira apresentam uma capacidade de suporte muito elevada e o concelho de Portimão apresenta uma capacidade de suporte média.

No concelho de Albufeira (Figura 4.12) apresentaram-se tendencialmente elevados a muito elevados, os lugares de Albufeira, Brejos, Vale de Paraíso, Torre da Mosqueira. Tendencialmente baixos a muito baixos, apresentam-se os lugares de Carrasqueiro, Ribeira de Alte, Lentiscas, Cabanita, Alcária, Fornalhas, Purgatório, Casa dos Pires, Almejoafras, Cerca Velha, Guiné, Matos, Vale de Pegas, Nem Moniz, Cerro do Roque, Cerro do Ouro, Centieira, Cotovio, Pinhal, Fontainhas, Mosqueira, Monte Velho, Vale Navio, Semino, Olhos de Água, Ataboeira, Álamos, Vale da Ursa, Ilha da Madeira, Barrancos, Tavagueira, Montes Juntos, Patroves, Cortelhas, Assumadas e Canais. Apresentando um certo equilíbrio entre subsecções, com capacidade de suporte média, surgem os lugares de Paderne, Cerro da Águia, Sesmarias, Vale da Azinheira, Santa Eulália, Várzeas de Quarteira, Cortesões, Alpuvar, Branqueira e Galvana.

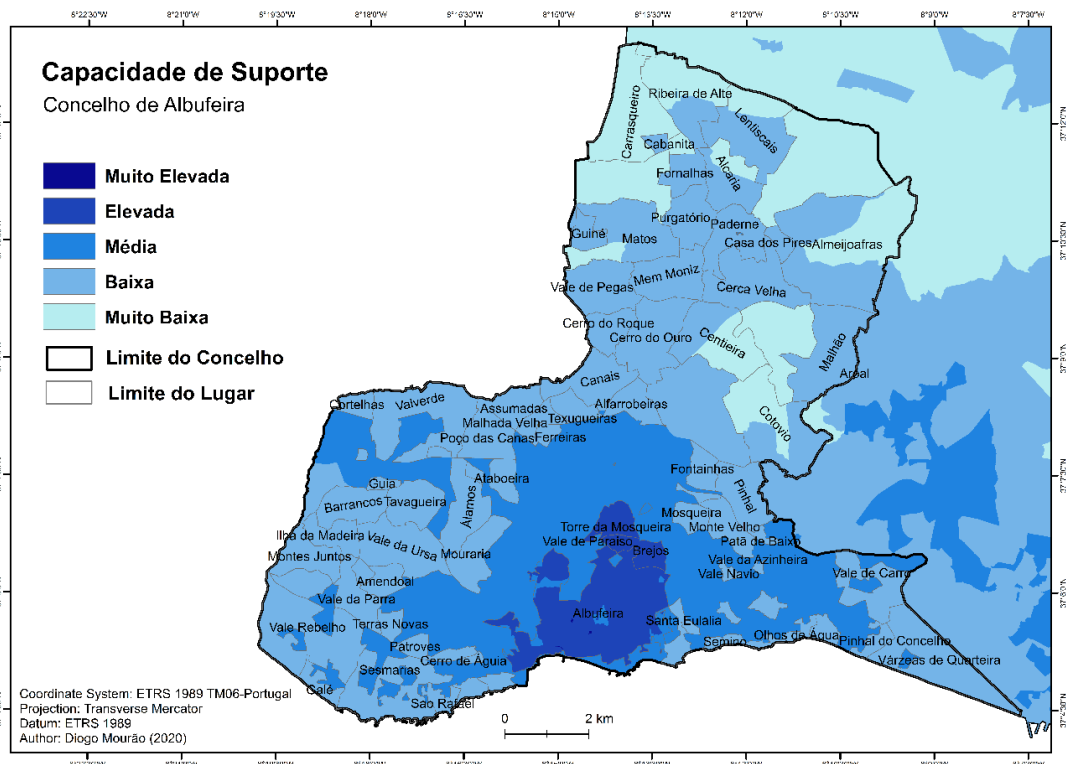


Figura 4.12 Capacidade de suporte final para o concelho de Albufeira.

Praia de Alvor, Três Castelos, Alvor, Maria Pires, Cortaventos, Vale das Hortas, Chão das Donas, Ladeira da Nora, Malheiros, Delgadas e Poço Seco.

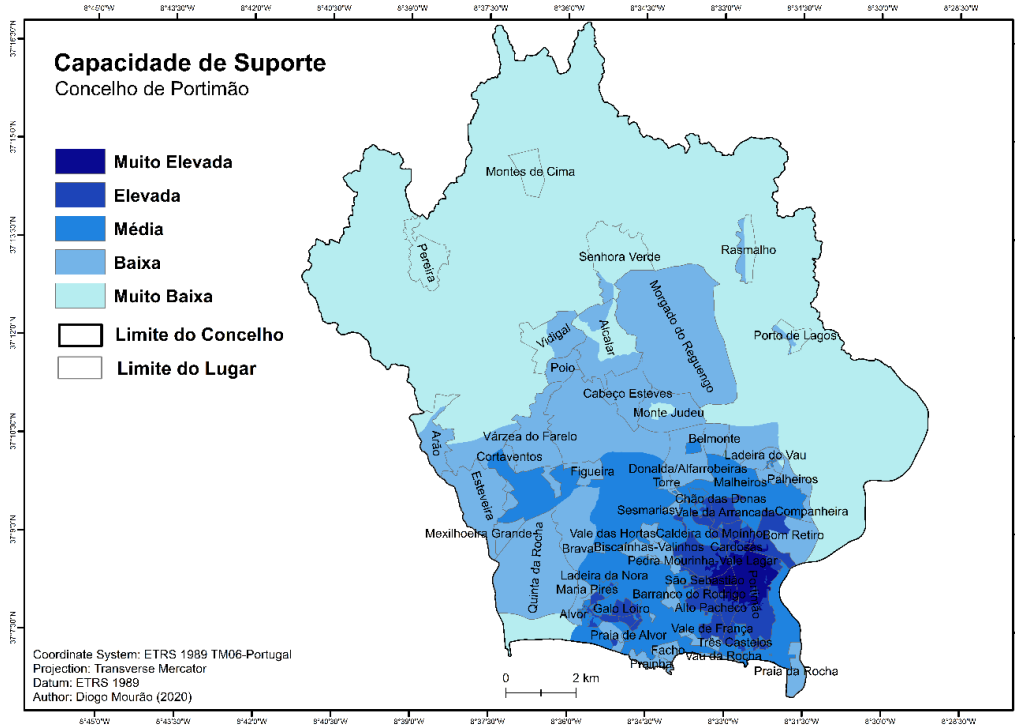


Figura 4.14 Capacidade de suporte final para o concelho de Portimão

4.1.3 Vulnerabilidade Social

O cálculo final da vulnerabilidade social foi realizado através da aplicação da fórmula 3.2 e tal como a criticidade e ao contrário da capacidade de suporte, apresenta uma avaliação qualitativa onde os valores muito baixos são os mais positivos e os valores muito elevados os mais negativos. A variabilidade qualitativa da capacidade de suporte final, no total de subsecções (4678), 316 (6,76%) não apresentam dados para a criticidade, ou seja, não tem edifícios nem pessoas, pelo que em caso de sismo não existiriam danos materiais e humanos. Cerca de 354 subsecções (7,57%) apresentam uma vulnerabilidade social muito baixa, 452 (9,66%) apresentam uma vulnerabilidade social baixa, 2045 (43,72%) apresentam uma vulnerabilidade social média, 1396 (29,84%) apresentam uma vulnerabilidade social elevada e 115 (2,46%) apresentam uma vulnerabilidade social muito elevada. Segundo Mendes *et al.*, (2011), ao nível de Portugal Continental, os concelhos de Loulé e Albufeira apresentam uma vulnerabilidade social muito baixa e o concelho de Portimão apresenta uma vulnerabilidade social média.

No concelho de Albufeira (Figura 4.15) apresentam-se com uma vulnerabilidade social maioritariamente baixa e muito baixa nas suas subsecções, os lugares de Albufeira, Torre da Mosqueira e Vale Serves. Com uma vulnerabilidade social maioritariamente elevada e muito elevada nas suas subsecções, apresentam-se os lugares de Patã de Baixo, Roja Pé, Monte Velho, Mosqueira, Vale de Carro, Cotovio, Cerro da Águia, Vale Rebelho, Vale da Parra, Vale da Ursa, Ilha da Madeira, Barrancos, Tavagueira, Assumadas, Cortelhas, Tominhoal, Galvana, Patroves, Terras Novas, Ataboeira, Poço das Canas, Ferreiras, Texugueiras, Malhada Velha, Pinhal, Alfarrobeiras, Fontainhas, Cotovio, Cerro do Ouro, Cerro do Roque, Vale de Pegas, Matos, Purgatório, Nem Moniz, Centieira, Malhão,

Aroal, Casa dos Pires, Almeijoafra, Fornalhas, Cabanita e Ribeira de Alte. Apresentando um certo equilíbrio entre subsecções com vulnerabilidade social média, baixa e elevada, surgem os lugares de Varzeas de Quarteira, Pinhal do Concelho, Olhos de Água, Semino, Vale da Azinheira, Vale de Paraíso, Vale Serves, Álamos, Sesmarias, Galé, Montes Juntos, Valverde, Guia, Alpouvar, Mouraria, Paderne, Guiné, Lentiscais e Carrasqueiro.

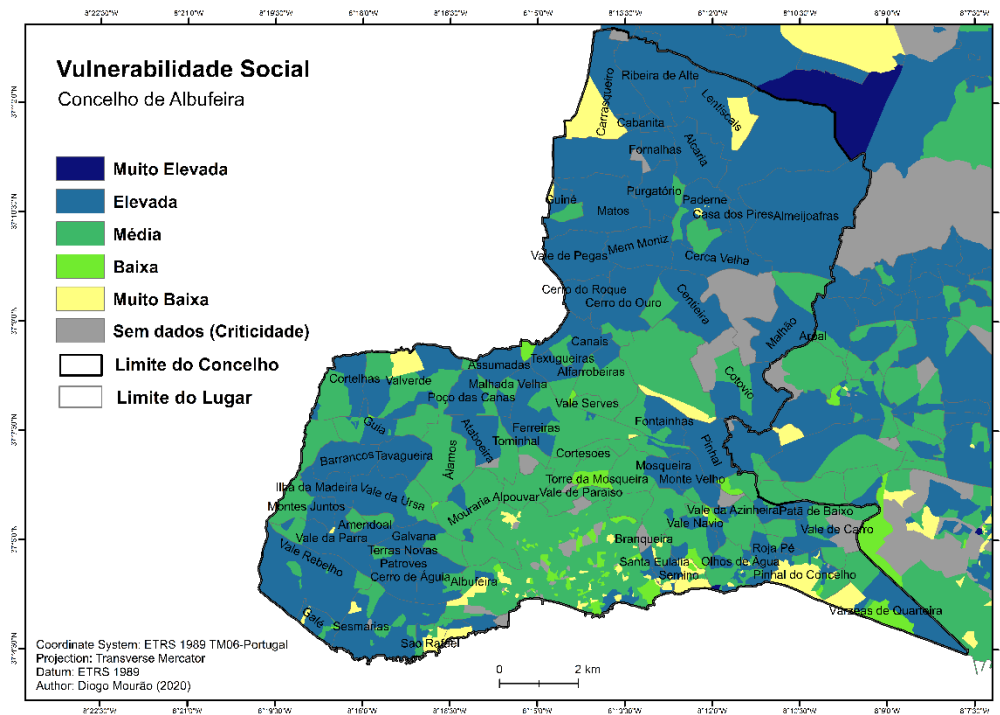


Figura 4.15 Vulnerabilidade social para o concelho de Albufeira.

No concelho de Loulé (Figura 4.16), apresentam-se com uma vulnerabilidade social maioritariamente baixa e muito baixa nas suas subsecções, os lugares de Morgadinho, Loulé, Carvalho, Quinta do Lago, Malhadais, Fonte Santa, Semino, Salir, Pero Ponto, Figueirinha e Barranco Velho. Um bom exemplo da pertinência da aplicação deste método ao nível da subsecção é demonstrado na Figura 4.17, onde apenas no lugar de Loulé, que engloba o centro histórico, é possível distinguir os locais concretos onde a vulnerabilidade é mais elevada ou mais baixa. Caso a análise fosse realizada ao nível da secção o resultado seria uma vulnerabilidade média para toda a secção, o que não corresponderia inteiramente à verdade. Com uma vulnerabilidade social maioritariamente elevada e muito elevada nas suas subsecções, apresentam-se os lugares de Esteval, Arneiro, Goldra, Betunes, Alfarrobeira, Areiro, Pedragosa, Barranco de Agra, Poço Amoreira, Barranco de Apra, Amendoeira, Tôr, Andrezes, Portela do Monte, Corcitos, Aroal, Alcaria, Campina, Brotual, Renda, Estrela Montes, Picota, Monte Seco, Charneca, Esteval de Mouros, Monte Brito, Alcaria do João, Torre, Cumeada, Congueiros, João Andrés, Monte Curral, Soalheira, Sarnadas, Vale das Poças, Sobradinho, Freixo, Barrosas, Malhão, Pé do Coelho, Vale Maria Dias, Cortelha, Seco de Baixo, Corte Bucho, Águas Frias, Vermelhos, Azinhal dos Mouros, Tavilhão, Corte João Marques, Corte do Ouro, Cavalos, Ameixial, Besteiros e Ximeno. Apresentando um certo equilíbrio entre subsecções com vulnerabilidade social média, baixa e elevada, surgem os lugares de Álamo, Zimbral de Cima, Santa Luzia, Retorda, Agostas, São Lourenço, Ludo, Vale do Lobo, Vale Judeu, Campina de Baixo, Ferrarias, Corgo da Zorra, Vale Formoso, Arzinha, Mata Lobos, São João da Venda, Caliços, Pinheiro, Alfeição, Vale Telheiro, Ribeira de Algibre, Querença, Benfarras, Boliqueime, Patã de Cima, Camacha, Piedade, Varejota, Alte, Vale da Rosa, Fornalha, Revezes, Quintã, Pena, Almarginho e Cortelha.

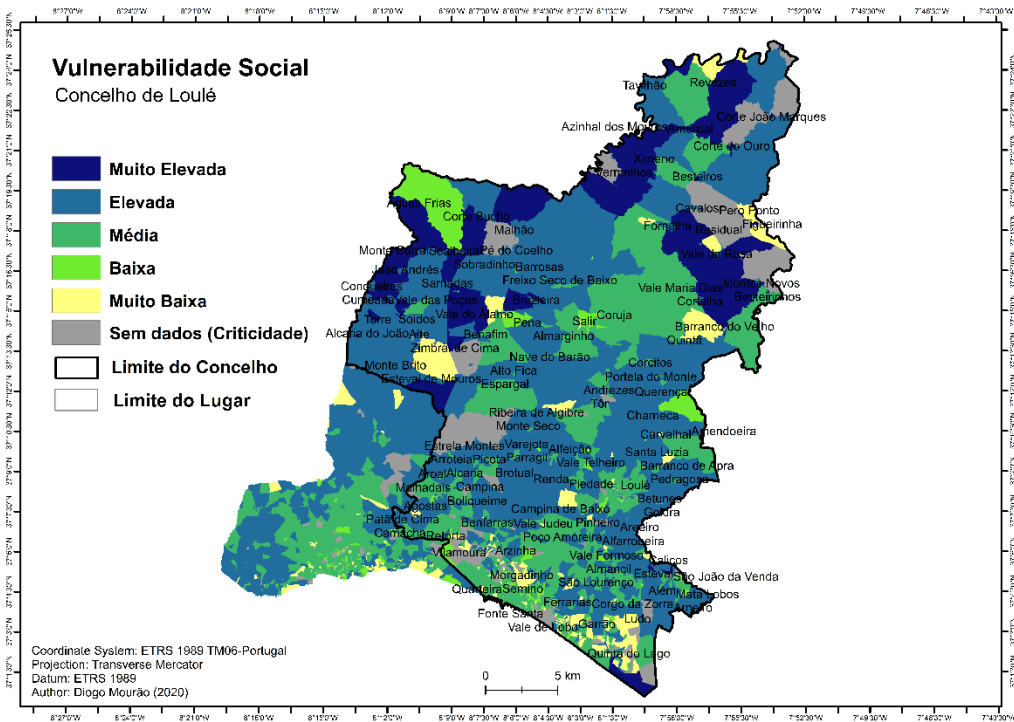


Figura 4.16 Vulnerabilidade social para o concelho de Loulé

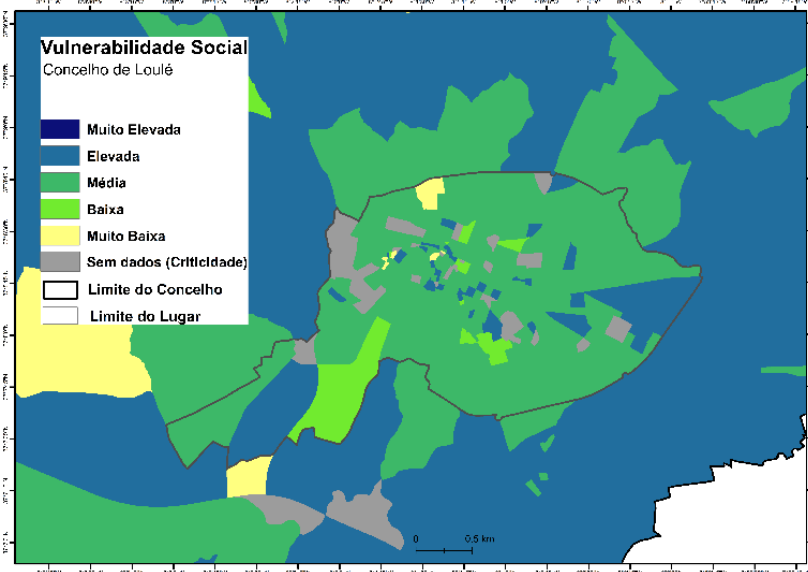


Figura 4.17 Exemplo das vantagens da utilização das subsecções estatísticas no lugar de Loulé.

No concelho de Portimão (Figura 4.18), apresentam-se tendencialmente elevados a muito elevados, os lugares de Companheira, Pedra Mourinha, São Sebastião, Alto Pacheco, Praia da Rocha, Três Bicos, Má Partilha, Três Castelos, Boavista, Esteveira, Vale Lagar, Quatro Estradas, Vale de França e Portimão. Tendencialmente baixos a muito baixos, apresentam-se os lugares de Montes de Cima, Rasmalho, Vidigal, Alcalar, Pereira, Bom Retiro, Vau da Rocha, Quinta da Rocha, Arão, Porto de Lagos, Poio, Várzea do Fareló, Torre, Monte Judeu, Cabeça Esteves, Cebolar, Bemposta, Vale das Hortas, Donalda, Palheiros, Biscainhas, Mexilhoeira Grande e Bemposta. Apresentando um certo equilíbrio entre subsecções, com capacidade de suporte média, surgem os lugares de Esteveira, Figueira, Alto do Poço, Facho, Maria Pires, Sesmarias, Má Partilha, Alvor, Montes de Alvor, Praia de Alvor, Vale da Arrancada, Brava e Delgadas.

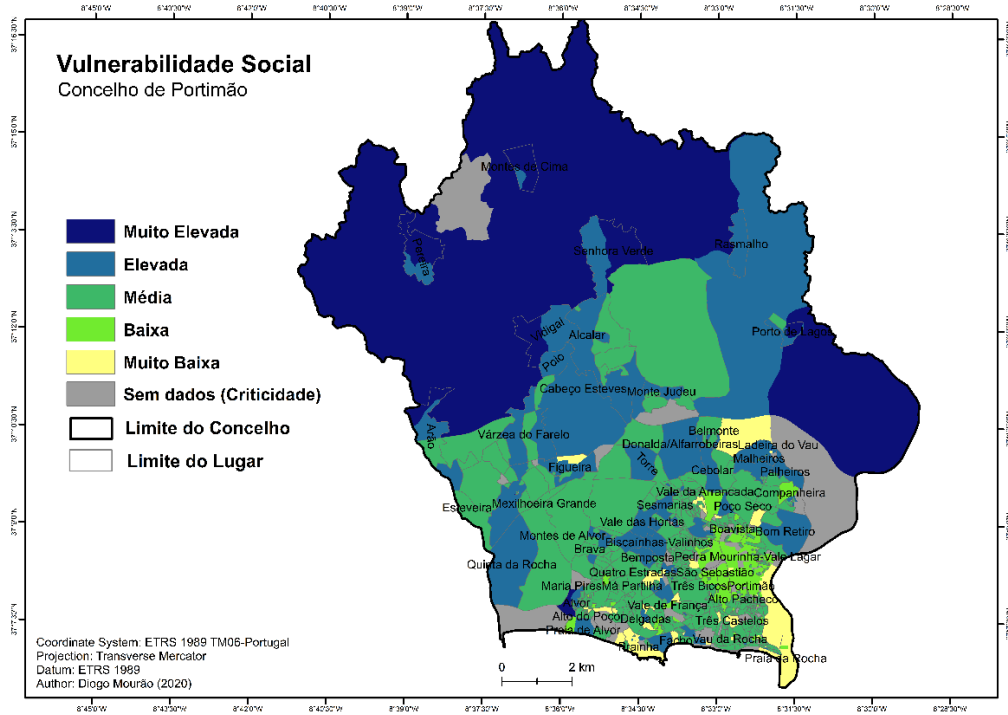


Figura 4.18 Vulnerabilidade social para o concelho de Portimão.

4.2 COMPONENTE DO EDIFICADO

Os cálculos realizados através da metodologia explicada anteriormente resultaram em três mapas de vulnerabilidade do edificado para cada concelho em estudo.

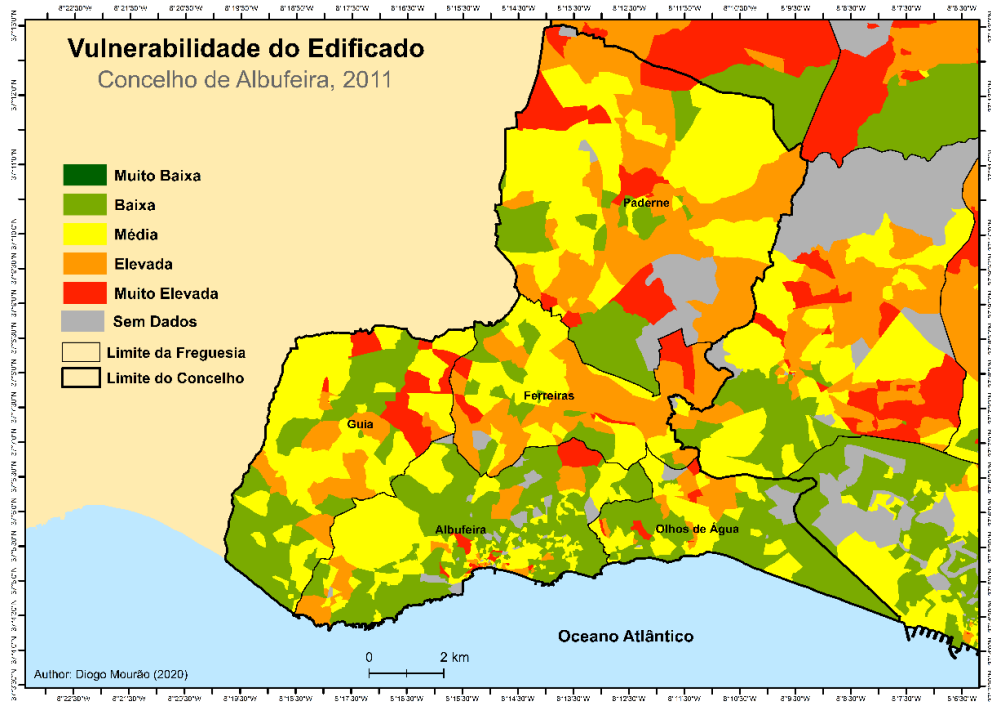


Figura 4.19 Vulnerabilidade do edificado para o concelho de Albufeira.

Analisando a Figura 4.19, o concelho de Albufeira, relativamente à vulnerabilidade do edificado, apresenta resultados satisfatórios na maioria das subsecções do litoral, com poucas subsecções (3) com

vulnerabilidade muito baixa, mas um número considerável de subsecções com vulnerabilidade baixa, nomeadamente nas freguesias da Guia, Albufeira e Olhos de Água. No entanto existem algumas subsecções, marcadas por um povoamento mais disperso ou centros históricos que agravam a situação nestas freguesias, esse é aliás o padrão existente à medida que se avança para o interior do concelho, onde nas freguesias de Ferreiras e Paderne dominam subsecções com maiores áreas com vulnerabilidade elevada a muito elevada.

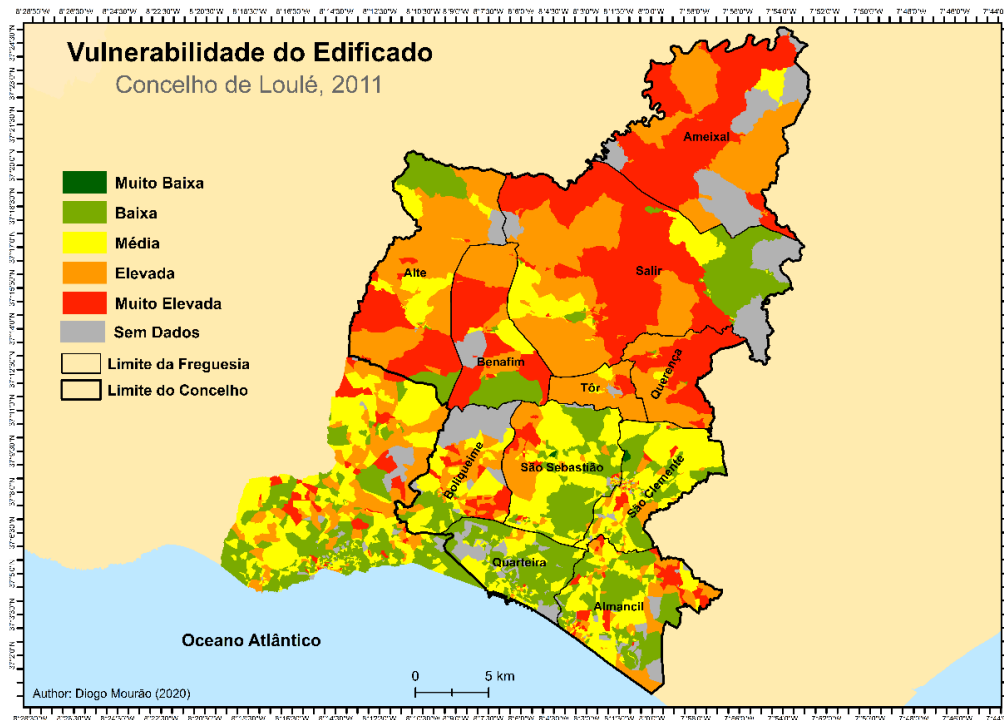


Figura 4.20 Vulnerabilidade do edificado para o concelho de Loulé

A vulnerabilidade do edificado no concelho de Loulé (Figura 4.20), apresenta uma tendência positiva nas freguesias de Quarteira (apenas com 2 subsecções com vulnerabilidade muito elevada), parte sul da freguesia de Boliqueime, parte este da freguesia de São Sebastião e um número considerável de subsecções nas freguesias de São Clemente e Almancil. É importante notar que o centro histórico de Loulé, que se localiza entre as freguesias de São Sebastião e São Clemente, apresenta uma situação preocupante, com a grande maioria das subsecções a apresentarem uma vulnerabilidade elevada ou muito elevada, no entanto na área envolvente a maioria das subsecções apresenta vulnerabilidade média ou baixa. Nas freguesias do interior do concelho, como Ameixal, Salir, Querença, Tôr, Benafim e Alte o cenário também não é animador, com a maioria das subsecções a apresentarem uma vulnerabilidade do edificado elevada ou muito elevada, mesmo nos centros urbanos das freguesias.

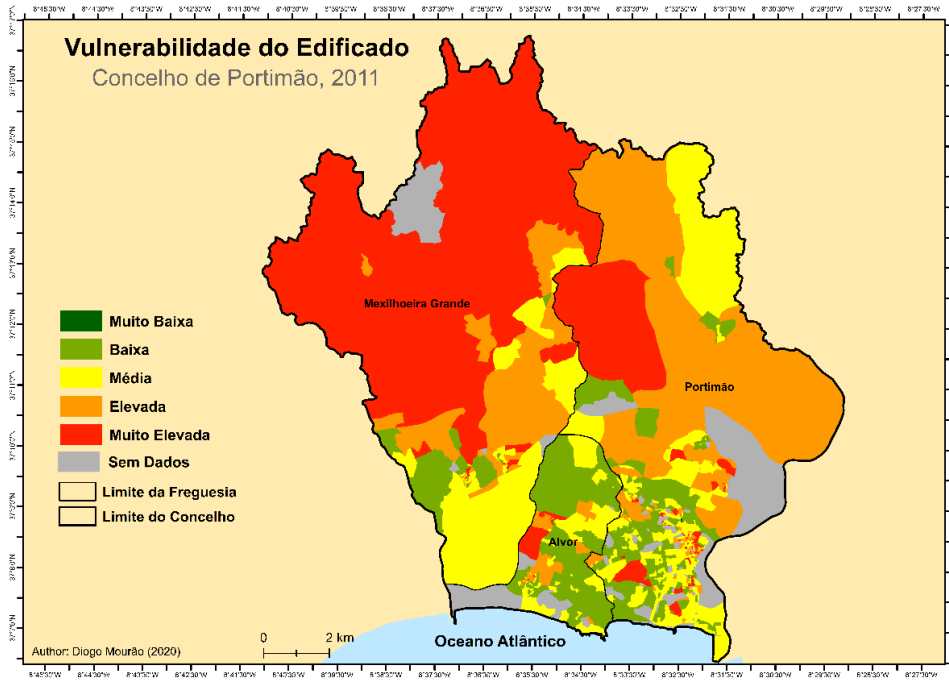


Figura 4.21 Vulnerabilidade do edificado para o concelho de Portimão.

Relativamente à vulnerabilidade do edificado no concelho de Portimão (Figura 4.21), é possível observar que os centros históricos das freguesias de Alvor e Portimão apresentam valores preocupantes com uma vulnerabilidade elevada e muito elevada na quase totalidade das subsecções, no entanto, nas áreas envolventes para onde se deu a expansão urbana os resultados melhoram, existindo maioritariamente uma vulnerabilidade média e baixa. A freguesia da Mexilhoeira Grande, tirando algumas subsecções na zona sul da freguesia, nomeadamente perto do lugar de Esteveira e do centro urbano da freguesia que apresentam uma vulnerabilidade baixa, toda a área norte da freguesia está numa situação extrema, apresentando vulnerabilidade muito elevadas. É pertinente referir que nesta área da freguesia as edificações estão muito dispersas pelo território, sendo que o cálculo foi realizado edifício a edifício, não será de excluir a hipótese de um reduzido número de construções antigas em cada subsecção nesta extensa área propiciarem este índice de vulnerabilidade muito elevado.

4.3 COMPONENTE FÍSICA

Pelo descrito no capítulo anterior relativamente à componente física, ficou explícito que através da utilização das intensidades sísmicas máximas no presente estudo se consegue abranger uma quantidade de fatores físicos importantes no cálculo do risco. Desta forma, decidiu-se pela não adição de qualquer outra variável física, considerando que as intensidades sísmicas representam uma parte importante de fatores físicos (Figura 4.22), sendo os valores normalizados entre 0 e 1, tendo em conta os valores mínimos (V) e máximos (X) das intensidades máximas registadas no território nacional. Como a intensidade sísmica máxima mais baixa registada nos territórios em estudo foi de VIII e a máxima de X, os valores variaram apenas entre 0,7 e 1. O panorama geral é preocupante, sendo a região do Algarve aquela que apresenta um maior risco sísmico. Grande parte dos concelhos em estudo, inclusivamente as áreas mais povoadas, estão dentro dos limites da intensidade máxima de X.



Figura 4.23 Indicador final de vulnerabilidade sísmica composto para o concelho de Albufeira.

No concelho de Loulé (Figura 4.24) os lugares com subsecções com vulnerabilidade muito baixa e baixa são Casas Leirias, Bacelada, Malhadais, Clareanes, Santa Margarida, Vale do Álamo, Vale Luís Neto, Várzea da Mão, Vale Telheiro, Montes Novos, Carvalhal, Varejota, Poço Geraldo e Corcitos. Os lugares com subsecções com vulnerabilidade elevada e muito elevada são Vale de Éguas, Maritenda, Arroteia, Arneiro, Cavalhas, Mata Lobos, Corgo da Zorra, Figueiral, Torre, Além, Esteval, Cascalheira, Pereiras, São Lourenço, Arzinha, Cabeço da Câmara, Consequinte, Poço Amoreira, Franqueada, Torrejão, Goncinha, Patã de Cima, Pedra de Água, Monte João Rato, Vale Covo, Parrela, Cabeço da Águia, Betunes, Barreiras Brancas, Lagoa de Momprolé, Renda, Parragil, Poço Novo, Brotual, Charneca, Aroal, Vale de Silves, Picota, Ribeira de Algibre, Carvalhas, Lombada, Paixanito, Palmeiral, Alcária, Pedragosa, Ribeiro, Vale Rodrigo, Amendoeira, Tôr, Benafim Pequeno, Areeiro, Andrezes, Alcária do João, Cerro das Casas, Alto Fica, Pena, Coruja, Rocha da Pena, João Andrés, Barrosas, Pirineu, Cumeada, Malhão, Júlia, Benafim, Esteval dos Mouros, Soalheira, Pé da Serra, Conqueiros, Cerro, Espargal, Vermelhos, Penina, Figueirinha, Birrão, Pero Ponto, Revezes, Palmeiros, Tavilhão, Barranco do Velho, Funcheira, Freixo Verde, Freixo Seco de Baixo, Ponte de Salir, Zimbral de Cima, Corte Neto, Nave dos Cordeiros, Cerro do Ouro, Brazieira, Ximeno, Esteveira e Besteiros. Por fim, os lugares que apresentam um misto de subsecções com vulnerabilidades baixas e elevadas são Loulé, Quinta do Lago, Morgadinho, Vilamoura, Vale do Lobo, São João da Venda, Garrão, Ludo, Ferrarias, Fonte Santa, Guerreiro Vermelhos, Vale Judeu, Pinheiro, Boliqueime, Alte, Sarnadas, Ameixial, Caliços, Vale Formoso, Benfarras, Concelho, Cruz da Assumada, Areias de Almansil, Semino, Almancil, Salir e Escanxinas.

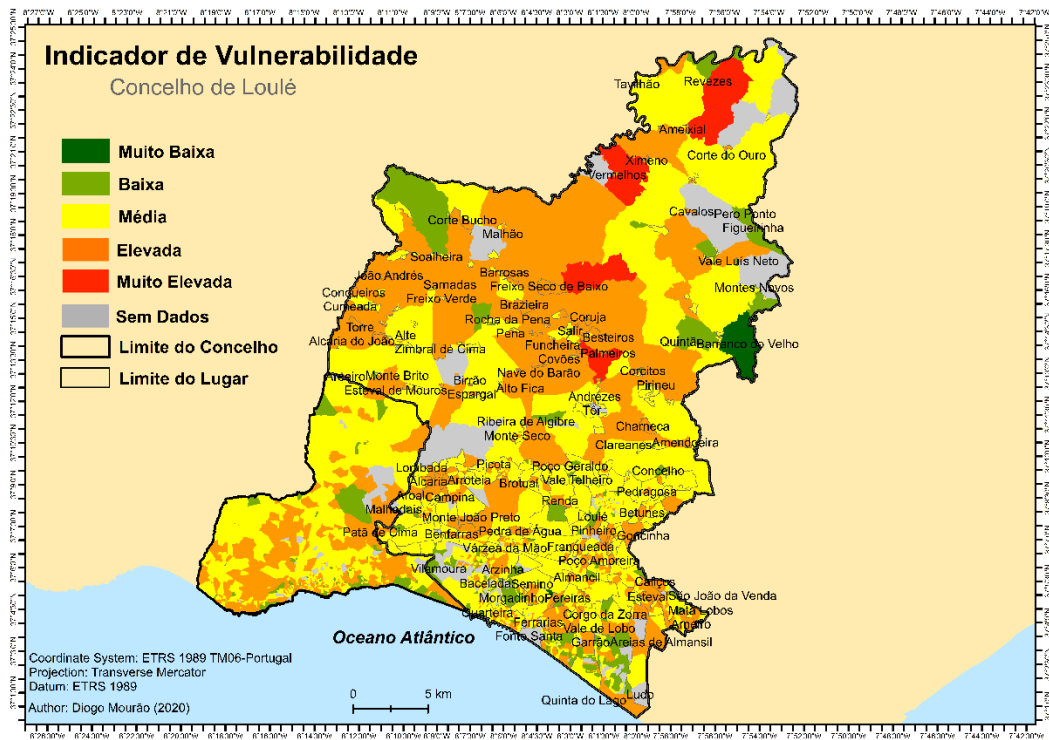


Figura 4.24 Indicador final de vulnerabilidade sísmica composto para o concelho de Loulé.

No concelho de Portimão (Figura 4.25) os lugares com subsecções com vulnerabilidade muito baixa e baixa são Vale Arrancada, Boavista, Pedra Mourinha, São Sebastião, Três Bicos, Quatro Estradas, Coca Maravilhas, Quinta do Pinheiro, Alto Pacheco, Barranco do Rodrigo, Galo Loiro, Vale de França, Vau da Rocha, Três Castelos, Bom Retiro, Caldeira do Moínho, Aldeia do Carrasco e Monte Judeu. Os lugares com subsecções com vulnerabilidade elevada e muito elevada são Má Partilha, Bemposta, Brava, Pedregais, Biscaínhas, Malheiros, Cebolar, Torre, Belmonte, Figueira, Quinta da Rocha, Montes de Alvor, Esteveira, Maria Pires, Palheiros, Várzea do Farelo, Vale das Hortas, Alcarar, Poio, Cabeço Esteves, Senhora Verde, Montes de Cima, Porto de Lagos, Rasmalho, Pereira, Praia da Rocha, Arão e Vidigal. Por fim, os lugares que apresentam um misto de subsecções com vulnerabilidades baixas e elevadas são Cardosas, Mexilhoeira Grande, Aldeia das Sobreiras, Portimão, Prainha, Alvor, Delgadas, Donalda, Chão das Donas, Aldeia Nova da Boavista, Facho, Ladeira do Vau, Praia de Alvor, Companheira e Sesmarias.



Figura 4.25 Indicador final de vulnerabilidade para o concelho de Portimão.

Em termos qualitativos (Figura 4.26), no concelho de Albufeira, das 1156 subsecções, 73 (6,31%) são subsecções sem resultado para a criticidade e edificado, ou seja, em caso de sismo não existiriam danos materiais ou humanos, sendo assim consideradas subsecções sem dados, apenas 1 (0,09%) apresentou uma vulnerabilidade muito baixa, 108 (9,34%) uma vulnerabilidade baixa, 610 (52,77%) uma vulnerabilidade média, 361 (31,23%) uma vulnerabilidade elevada e apenas 3 (0,26%) uma vulnerabilidade muito elevada. No concelho de Loulé, das 2253 subsecções, 159 (7,06%) são consideradas sem dados, 2 (0,09%) apresentaram uma vulnerabilidade muito baixa, 238 (10,56%) uma vulnerabilidade baixa, 1243 (55,17%) uma vulnerabilidade média, 606 (26,90%) uma vulnerabilidade elevada e 5 (0,22%) uma vulnerabilidade muito elevada. Por fim, no concelho de Portimão, das 1269 subsecções, 84 (6,62) não apresentam dados, 50 (3,94%) apresentaram uma vulnerabilidade muito baixa, 326 (25,69%) uma vulnerabilidade baixa, 630 (49,65%) uma vulnerabilidade média, 177 (13,95%) uma vulnerabilidade elevada e 2 (0,16%) uma vulnerabilidade muito elevada.

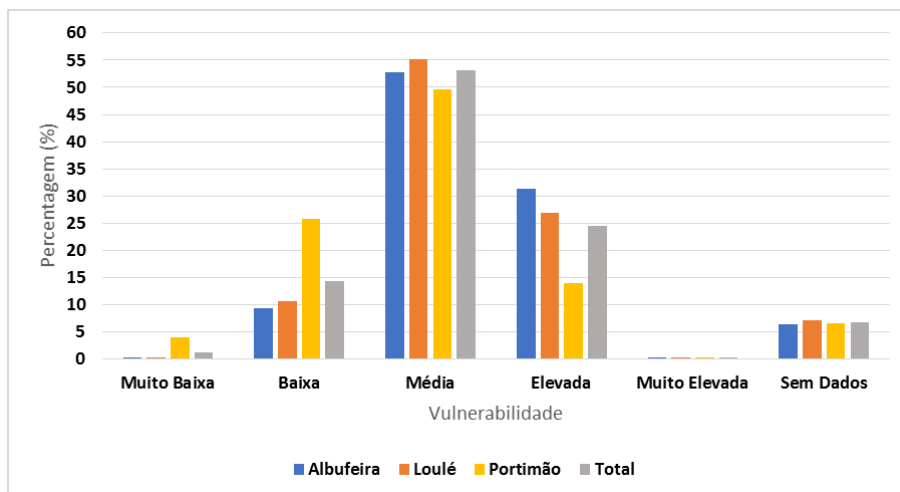


Figura 4.26 Percentagem (%) qualitativa das subsecções de cada concelho em estudo e totais.

As estatísticas finais deste estudo indicam que do total das subsecções que apresentam dados (4362), 725 (16,62%) apresentam uma vulnerabilidade muito baixa ou baixa, 2483 (56,92%) apresentam uma vulnerabilidade média e 1154 (26,46%) uma vulnerabilidade elevada ou muito elevada. No que diz respeito aos edifícios, dos 69001 existentes nos concelhos em estudo à data de 2011, 6824 (9,89%) estão implementados em subsecções com vulnerabilidade muito baixa ou baixa, 40329 (58,45%) em subsecções de vulnerabilidade média e 21848 (31,66%) em subsecções de vulnerabilidade elevada ou muito elevada. Relativamente aos alojamentos, em 2011 existia um total 156066 nos concelhos em estudo, dos quais 24740 (15,85%) se encontravam em subsecções de vulnerabilidade muito baixa ou baixa, 88034 (56,41%) em subsecções de vulnerabilidade média e 43292 (27,74%) em subsecções de vulnerabilidade elevada a muito elevada. Em 2011, nos concelhos em estudo, o número de famílias era de 67562, sendo que 7954 (11,77%) residiam em subsecções de vulnerabilidade muito baixa ou baixa, 41152 (60,91%) em subsecções de vulnerabilidade média e 18456 (27,32%) em subsecções de vulnerabilidade elevada ou muito elevada. Por último, em 2011 residiam nestes três concelhos, 167064 habitantes, dos quais 18547 (11,10%) em subsecções de vulnerabilidade muito baixa ou baixa, 103427 (61,91%) em subsecções de vulnerabilidade média e 45090 (26,99%) em subsecções de vulnerabilidade elevada a muito elevada.

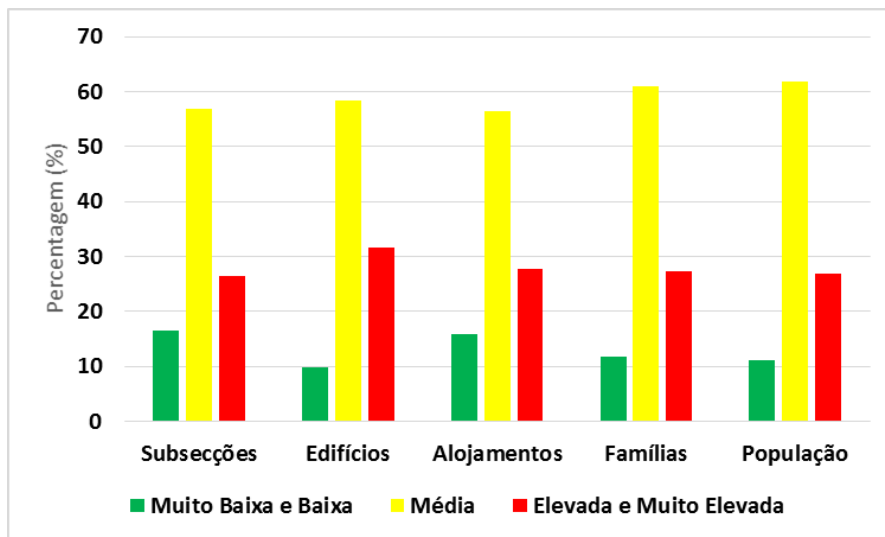


Figura 4.27 Estatísticas finais do indicador de vulnerabilidade para os concelhos em estudo.

4.5 DISCUSSÃO

A vulnerabilidade social, calculada através da criticidade e capacidade de suporte, revelou diferentes padrões no território. A criticidade, onde são englobadas as variáveis mais caracterizadoras da população, apresenta padrões pouco claros, com muitos casos onde subsecções vizinhas apresentam valores quase totalmente inversos. Este facto pode estar relacionado com as características da população residente em cada subsecção, o que poderá ajudar desde logo as entidades competentes em políticas que visem o aumento da resiliência face ao fenómeno sísmico.

Já para a capacidade de suporte, foram consideradas as principais infraestruturas e equipamentos de apoio à população em caso de catástrofe. Conclui-se que a esmagadora maioria das facilidades encontra-se nos maiores aglomerados urbanos, normalmente nas sedes de concelho, sendo que se evidencia nesta vertente uma dicotomia entre as zonas urbanas e rurais. Embora a concentração nos centros urbanos das principais infraestruturas, serviços, equipamentos e facilidades seja uma questão transversal a todo o território nacional, o que se entende, é preciso ter em conta que na região em

estudo onde existe uma vulnerabilidade social considerável nas subsecções fora dos grandes centros urbanos, nem sempre é fácil a deslocação das pessoas que aí residem. Por exemplo, num território como Loulé, que se estende bastante para o interior, o socorro à população pode estar comprometido pois todos os esforços seriam canalizados para os maiores centros urbanos. O resultado final do estudo de vulnerabilidade social, através das variáveis seleccionadas através da ACP e ao contrário do estudo de Mendes *et al.* (2011), indicou o concelho de Portimão como o de menor vulnerabilidade.

Em termos de vulnerabilidade do edificado, a metodologia aplicada demonstrou-se eficaz e revelou que a situação é algo preocupante nas zonas mais interiores dos concelhos em estudo, com a maioria das subsecções a apresentarem vulnerabilidades elevadas ou muito elevadas. Embora a maioria do edificado na área de estudo seja posterior a 1980 e construída em betão armado, há que ter em consideração que nas zonas mais interiores isso nem sempre acontece, sendo até comum encontrar edificado em alvenaria, adobe, pedra ou outros materiais comprovadamente menos resistente a eventos sísmicos.

A vulnerabilidade física salientou a muito elevada vulnerabilidade de risco sísmico neste território, face ao panorama nacional. Todo o território dos concelhos de Portimão e Albufeira e grande parte do concelho de Loulé registou uma intensidade sísmica máxima de X. Esta intensidade está relacionada diretamente com o sismo de 1755, evento extremamente destrutivo que felizmente até ao dia de hoje não se repetiu, mas pode repetir-se, sendo assim prudente na análise ao risco sísmico considerar sempre o pior cenário registado, complementado com os registos históricos e instrumentais existentes.

O território em estudo apresenta em geral pouca homogeneidade, isto é, as diferenças de valores de vulnerabilidade nas três componentes e no indicador final, entre subsecções próximas entre si, podem ser muito distintas. Neste aspeto, o facto de a região do Algarve ser reconhecidamente e marcadamente uma região turística, principalmente os territórios a sul, junto à costa, em freguesias como Portimão, Alvor, Quarteira, Vilamoura, Olhos de Água e Albufeira, não nos seus centros históricos mas sim nas zonas envolventes e mais periféricas, pode ter influência nos resultados. Em geral, lugares com vulnerabilidades mais elevadas correspondem, na maioria das vezes, a povoações dispersas ou áreas consideradas residuais, com pouca população residente, no entanto, tipicamente mais idosa e em alguns casos analfabeta. Em sentido contrário, os maiores aglomerados populacionais que correspondem às sedes de concelho e às freguesias dos concelhos, apresentam resultados satisfatórios de vulnerabilidade, sendo importante reforçar a informação e preparação a esta população. Pese embora a maioria da população residir em subsecções de vulnerabilidade média, convém notar que uma parte importante, cerca de 27% da população destes concelhos, reside em subsecções que apresentaram uma vulnerabilidade elevada ou muito elevada, facto que deve preocupar as entidades destes territórios. Pese embora estas abordagens, este tipo de cálculo de índices de vulnerabilidade sísmica é ainda escasso no nosso território, podendo e devendo, pela sua importância, serem mais desenvolvidos, abordados e aplicados ao território.

Capítulo 5

CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS

Com a conclusão deste trabalho, deve-se desde logo procurar responder aos objetivos inicialmente propostos. Em relação aos objetivos gerais, foi possível desenvolver uma metodologia combinando as três componentes em análise: sociodemográfica, estrutural e física para definir um indicador de vulnerabilidade sísmica composto. Embora cada componente tenha uma metodologia própria, foi possível combiná-los num modelo integrado, devido à normalização de valores em cada componente, classificada entre valores 0 (sem dados) e 1 (perda total). Outro grande desafio prendia-se com a definição de uma metodologia para criar um indicador de vulnerabilidade sísmica e gerar a cartografia de vulnerabilidade sísmica através da espacialização do indicador definido anteriormente. Este desafio foi cumprido, recorrendo a uma análise multicritério através do método AHP. A grande importância atribuída à componente física, considerada como a componente que desencadeia tudo o resto, poderia fazer resvalar os valores do indicador final de vulnerabilidade para um cenário bastante negativo, mas pela abordagem metodológica seguida verifica-se que os cenários não são tão catastróficos. A vulnerabilidade social e do edificado contribuem para atenuar a componente física.

Dos objetivos mais específicos, foi possível uma análise exaustiva aos dados existentes dos Censos (INE, 2011) de indicadores sociodemográficos e do edificado. Esta base de dados formada por cerca de 80 variáveis permitiu explorar quais as variáveis sociais (económicas e demográficas), mais relevantes para a caracterização da vulnerabilidade social dos concelhos em estudo, neste caso através da análise de componentes principais, bem como as variáveis do edificado e as intensidades sísmicas máximas (física). Esta metodologia pode ser replicada e automatizada de forma totalmente gratuita por instituições nacionais, uma vez que os dados são públicos. Deve-se ter em conta que os dados atuais dizem respeito ao ano de 2011, data dos últimos Censos, pelo que se pode perspetivar num futuro próximo a realização de um trabalho semelhante aproveitando os dados dos Censos de 2021 e até com a possibilidade de replicar a metodologia utilizada para outras zonas do país. A análise aos IGT da região do Algarve, como os PME e PDM de cada município, PEERST na Região do Algarve e PROT do Algarve permitiram perceber que os concelhos e entidades estatais da região do Algarve estão atentos à problemática do risco sísmico, complementando assim as diretivas europeias para este tipo de catástrofe. Para além da atualização sempre necessária neste tipo de planos torna-se também necessário a sensibilização e informação junto da população. O resultado final deste trabalho concretiza-se pela espacialização de um indicador de vulnerabilidade nos concelhos em estudo, identificando as zonas onde a população é mais vulnerável através da combinação ponderada das três componentes.

Apesar do trabalho realizado, é possível aprimorar os resultados. Em perspetivas futuras, devido ao facto de esta ser uma região turística, poder-se-á considerar um indicador de vulnerabilidade que contemple a sazonalidade da região, ou seja, poder-se-á replicar a mesma abordagem metodológica deste trabalho mas com base na população presente no verão e no inverno. Outro fator que poderá acrescentar valor ao estudo da sazonalidade, uma vez que o cálculo da vulnerabilidade estrutural se dá edifício a edifício, seria perceber a variação de alojamentos ocupados em cada estação, já que a região do Algarve possui muitos alojamentos de segunda habitação (férias), sendo possível interligar a vulnerabilidade do edificado à vulnerabilidade social, adicionando fatores de vulnerabilidade a

edifícios ocupados e vagos. Finalmente, e dada a extensão da região do Algarve, um estudo dos movimentos pendulares de modo a perceber onde existem mais pessoas de dia e de noite, tal como descrito no capítulo 2, para a Área Metropolitana de Lisboa, enriqueceria certamente o trabalho.

Concluindo, verifica-se que apesar da cartografia gerada em estudos similares ao do presente projeto, são necessárias propostas de melhorias na forma ou conteúdo da comunicação com a população, bem como nas políticas de ordenamento do território. Este é um processo que deve ser feito de forma integrada, em colaboração de grupos de cidadãos e sociedade civil, ajudando assim na disseminação da informação mais relevante. O investimento na prevenção é também muito importante, não se deve agir apenas depois do desastre acontecer, são necessários incentivos à comunidade e empresas para investirem na resposta, prevenção e mitigação de desastres sísmicos, por exemplo, através de palestras conjuntas entre as forças de segurança e socorro com a proteção civil e oferta de *kits* e *flyers* informativos. A fiscalização regular do estado de conservação de edifícios, equipamentos e infraestruturas, onde normalmente as pessoas estão no seu dia-a-dia, assume também um papel importante e devem obedecer aos regulamentos de construção sísmo-resistente em vigor. A criação de um sistema de alerta precoce a desastres, como já existe noutros países, seria uma importante ferramenta para a população, sendo necessário a definição e divulgação de pontos de encontro, zonas de maior altitude para onde fugir e um plano de evacuação. Caso o evento sísmico venha a surgir e cause danos consideráveis, deve-se assegurar a colocação das pessoas em ZCAP e ao mesmo tempo procurar retomar a vida normal, implementando respostas que incluam a reconstrução de casas e meios de subsistência. As conclusões e perspetivas futuras apresentadas, se implementadas, tornarão certamente os concelhos em estudo mais resilientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adger W, Hughes T, Folke C, Carpenter S, Rockström J (2005) Social-Ecological Resilience to Coastal Disasters. *Science (New York, N.Y.)*. Vol 309, pp 1036-1039.
- Ahmad R, Singh R, Adris A (2017) Seismic hazard assessment of Syria using seismicity, DEM, slope, active faults and GIS. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*. Vol 6, pp 59-70.
- Akgun A, Türk N (2010) Landslide susceptibility mapping for Ayvalik (Western Turkey) and its vicinity by multicriteria decision analysis. *Environmental Earth Sciences*. Vol 61, pp 595-611.
- Almasri M (2008) Assessment of Intrinsic Vulnerability to Contamination for Gaza Coastal Aquifer, Palestine. *Journal of environmental management*. Vol 88, pp 577-93.
- Amaral EFL (2011) Correlação e Análise Fatorial. Avaliação de Políticas Públicas (DCP 046) (Disponível em: <http://www.ernestoamaral.com/docs/dcp046-111/Aula28.pdf>)
- Amaro-Mellado JL, Morales-Esteban A, Cortés G, Martínez-Álvarez F (2017) Comparing seismic parameters for different source zone models in the Iberian Peninsula. Vol 717.
- Anbathagan P, Vinod JS, Sitharam TG (2010) Evaluation of seismic hazard parameters for Bangalore region in South India. *Disaster Advances*. Vol 3, pp 5-13.
- ANPC (2009a): Autoridade Nacional de Protecção Civil. Cadernos Técnicos ProCiv. *Guia para a Caracterização de Risco no Âmbito da Elaboração de Planos de Emergência de Protecção Civil*. Núcleo de Riscos e Alerta. Lisboa, Portugal. (Disponível em: http://www.prociv.pt/bk/Documents/CTP9_www.pdf)
- ANPC (2009b): Autoridade Nacional de Protecção Civil. Cadernos Técnicos ProCiv. *Organizações, Sistemas e Instrumentos Internacionais de Protecção Civil*. Gabinete de Relações Internacionais. Lisboa, Portugal. (Disponível em: http://www.prociv.pt/bk/Documents/CTP10_www.pdf)
- ANPC (2010). Estudo do Risco Sísmico e de tsunamis no Algarve. Edição: Autoridade Nacional de Protecção Civil (ANPC). (Disponível em: http://www.prociv.pt/bk/Documents/ERSTA_ANPC.pdf)
- Appleton JG (2005) Reabilitação de Edifícios Gaioleiros - Um quarteirão em Lisboa; Alfragide, Lisboa: Edições Orion.
- Aragão A, (2011) Prevenção de riscos na União Europeia: o dever de tomar em consideração a vulnerabilidade social para uma protecção civil eficaz e justa. *Revista Crítica de Ciências Sociais*. Vol 93, pp 71-93.
- Armaş I, & Gavriş A, (2016). Census-based Social Vulnerability Assessment for Bucharest. *Procedia Environmental Sciences*. Vol 32, pp 138-146.
- Armaş I, Ionescu R, Gavriş A, Toma-Danila D (2016). Identifying seismic vulnerability hotspots in Bucharest. *Applied Geography*. Vol 77.
- Armaş I, Rădulian M (2014) Spatial Multi-Criteria Risk Assessment of Earthquakes from Bucharest, Romania. In: Bostenaru Dan M., Armaş I, Goretti A (eds) *Earthquake Hazard Impact and Urban Planning*. Environmental Hazards. Springer, Dordrecht. pp 127-149.
- Ayalew L, Kasahara M, & Yamagishi H (2011). The spatial correlation between earthquakes and landslides in Hokkaido (Japan), a GIS-based analysis of the past and the future. *Landslides*. Vol 8.
- Banica A, Rosu L, & Muntele I, Grozavu A (2017). Towards Urban Resilience: A Multi-Criteria Analysis of Seismic Vulnerability in Iasi City (Romania). *Sustainability*. Vol 9, p 270.
- Baptista MA, Heitor SC, Miranda JM, Miranda P, Mendes-Victor L, (1998). The 1755 Lisbon Tsunami: evaluation of the tsunami parameters. *Journal of Geodynamics*. Vol 25, pp 143-157.
- Baptista MA, Lemos C, Miranda JM, (1999), The tsunami of 1722.12.27, Algarve, Portugal, *IUGG99 Abstracts*. Vol 133.
- Barbat A, Tibaduiza M, Beneit L, Lantada N, Cardona O, Marulanda M (2010). Seismic vulnerability and risk evaluation methods for urban areas. A review with application to a pilot area. *Structure and Infrastructure Engineering*. Vol 6, pp 17-38.

- Batló J, Stich D, Macia, R, Morales J (2010). Moment Tensor Inversion for the 5 July 1930 Montilla Earthquake (Southern Spain). *Seismological Research Letters*. Vol 81, pp 724-731.
- Batló, J, Stich D, Palombo B, Macia R, Morales J (2008). The 1951 Mw 5.2 and Mw 5.3 Jaen, Southern Spain, Earthquake Doublet Revisited. *Bulletin of the Seismological Society of America*. Vol 98, pp 1535-1545.
- Belton V (1990). *Multiple criteria decision analysis-practically the only way to choose*. (Ed 18). Birmingham: University of Strathclyde, Strathclyde Business School.
- Belton V, Stewart T (2002). *Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach*. (Ed 1). Berlin: Springer US.
- Birkmann J (2006). Measuring vulnerability to promote disaster-resilient societies: Conceptual frameworks and definitions. *Institute for Environment and Human Security Journal*. Vol 5, pp 7-54.
- Birkmann J (2008). Global environmental change, natural hazards, vulnerability and disaster resilience: Necessity of a widening of perspectives in spatial planning. *Raumforschung Und Raumordnung*. Vol 66, pp 5-22.
- Blaikie P, Cannon T, Davies I, Wisner B (1994). *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability, and Disasters*. (Ed 1). London: Routledge.
- Bobrowsky P (2013). *Encyclopedia of Natural Hazards*. (Ed 1). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Bormann P, Di Giacomo D (2011). The moment magnitude Mw and the energy magnitude Me: common roots and differences. *J. Seismology*. Vol 15, pp 411-427.
- Bruneau M, Chang S, Eguchi R, Lee G, O'Rourke T, Reinhorn A, Shinozuka M, Tierney K, Wallace W, Winterfeldt D (2003). A Framework to Quantitatively Assess and Enhance the Seismic Resilience of Communities. *Earthquake Spectra - EARTHQ SPECTRA*. Vol 19.
- Cabral J (1993) Neotectónica de Portugal continental. Tese de Doutoramento no ramo de Geologia, especialidade de Geodinâmica Interna. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Lisboa, Portugal
- Calvi GM, Pinho R, Magenes G, Bommer JJ, Restrepo-Velez L, Crowley H (2006) Development of seismic vulnerability assessment methodologies over the past 30 years. *ISET J Earthq Technol*. Vol 43, pp 75–104.
- Cardona OD (1990). Terminología de Uso Común en Manejo de Riesgos, *AGID Reporte*, Vol 13.
- Cardona OD (1999). Environmental management and disaster prevention: Holistic risk assessment and management, in Ingleton J (ed) *Natural Disaster Management*. London: Tudor Rose.
- Cardona OD (2001). Estimación Holística del Riesgo Sísmico utilizando Sistemas Dinámicos Complejos. Doctoral dissertation, Department of Terrain Engineering, Technical University of Catalonia. Catalonia, Spain.
- Cardona OD, Hurtado JE (2000). Modelación numérica para la estimación holística del riesgo sísmico urbano, considerando variables técnicas, sociales y económicas. In Oñate E, García-Sicilia F, Ramallo L. (eds.): *Métodos Numéricos en Ciencias Sociales*. Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería - Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, Spain.
- Cariolet JM, Vuillet M, Diab, Y (2019). Mapping urban resilience to disasters – A review. *Sustainable Cities and Society*. Vol 51.
- Carrara A, Guzzetti F, Cardinali M, Reichenbach P (1999). Use of GIS Technology in the Prediction and Monitoring of Landslide Hazard. *Natural Hazards*. Vol 20, pp 117–135.
- Carreño ML, Cardona OD, Barbat AH (2005). Sistema de indicadores para la evaluación de riesgos. *Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería Monografía CIMNE MIS52*. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.
- Carrilho F, Nunes J, Pena J (2004). *Catálogo sísmico de Portugal continental e região adjacente 1961–1969*. Lisboa: Instituto de Meteorologia.
- Carrilho, F. (2005) Estudo da Sismicidade da Zona Sudoeste de Portugal Continental. Dissertação de mestrado, Faculdade Ciências da Universidade de Lisboa, Portugal.
- Carvalho J, Teves-Costa P, Almeida L, Almeida I (2016). Seismic susceptibility map for Cascais County (Portugal) – A simple approach. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*. Vol 75, pp 1227-1249.
- Carver S (1991). Integrating Multi-Criteria Evaluation with Geographical Information Systems. *International Journal of Geographic Information System*. Vol 5, pp 321-339.

- Castaldini D, Barbieri M, Bettelli G, Capitani M, Panizza M (2002). A methodology for medium-scale seismic susceptibility maps: An example from the Modena Apennines (Northern Italy). *Vol 15*, pp 229-249.
- Castelli F, Cavallaro A, Grasso S, Lentini V (2016). Seismic microzoning from synthetic ground motion earthquake scenarios parameters: The case study of the city of Catania (Italy). *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*. Vol 88, pp 307-327.
- Catita C, Teves-Costa P, Matias L, Batlló, J (2019). SPATIAL DISTRIBUTION OF FELT INTENSITIES FOR PORTUGAL EARTHQUAKES. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. XLII-3/W8, pp 87-92.
- Chakhar S, Mousseau V (2007). *Multicriteria Decision Making, Spatial*. In: Shekhar S, Xiong H (eds) *Encyclopedia of GIS*, Boston, MA: Springer.
- Chakhar S, Mousseau V (2008). GIS-based multicriteria spatial modeling generic framework. *International Journal of Geographical Information Science*. Vol 22.
- Chelidze T, Matcharashvili T (2015). Dynamical Patterns in Seismology. *Understanding Complex Systems*, pp 291-334.
- Chen W, Cutter S, Emrich C, Shi P (2014). Measuring Social Vulnerability to Natural Hazards in the Yangtze River Delta Region, China. *International Journal of Disaster Risk Science*. Vol 4, pp 169–181.
- Chester D. (2001). The 1755 Lisbon Earthquake. *Progress in Physical Geography - PROG PHYS GEOG*. Vol 25, pp 363-383.
- Coelho, E. (2003). Reabilitação Sísmica de Estruturas de Edifícios. Em 3ºEnfore, Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC). Vol 2, pp 1119-1128.
- Comerci V, Vittori E, Blumetti A, Brustia E, Di Manna P, Guerrieri L, Lucarini M, Serva L (2015). Environmental effects of the December 28, 1908, Southern Calabria–Messina (Southern Italy) earthquake. *Natural Hazards*. Vol 76, pp 1849–1891.
- Comfort LK (1999) *Shared Risk: Complex Systems in Seismic Response*. (1st ed) Oxford: Elsevier Science Ltd.
- Comrey AL, Lee HB (1992). *A first course in factor analysis* (2nd ed). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Comrey, A. L. (1978). Common methodological problems in factor analytic studies. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*. Vol 46, pp 648–659
- Crampton, JW (2014). *The power of maps*. In Clocke P, Crang P, Goodwin M (Eds.). *Introducing human geographies* (3rd ed.). London: Hodder Education.
- Cuesta MJD (2003). Geomorfología e inestabilidad de laderas en la Cuenca Carbonífera Central (Valle del Nalón, Asturias). Análisis de la susceptibilidad ligada a los movimientos superficiales del terreno. Tesis Doctoral. Universidad de Oviedo. Departamento de Geología. Oviedo, España.
- Cutter S (2003). The vulnerability of science and the science of vulnerability. *Annals of the Association of American Geographers*. Vol. 93, pp 1-12, 2003.
- Cutter S (2017). The Perilous Nature of Food Supplies: Natural Hazards, Social Vulnerability, and Disaster Resilience. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*. Vol 59, pp 4-15.
- Cutter S, Barnes L, Berry M, Burton C, Evans E, Tate E, Webb J (2008): A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. *Global Environmental Change*, Vol 18, pp 598-606.
- Cutter S, Burton GC, Emrich TC (2010) Disaster resilience indicators for benchmarking baseline conditions. *J Homel Secur Emerg Manage*. Vol 7, pp 1–22.
- Cutter S, Finch C. (2008). Temporal and Spatial Changes in Social Vulnerability to Natural Hazards. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. Vol 105, pp 2301-2306.
- Cutter S. (2011). A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores. *Revista Crítica de Ciências Sociais*. Vol 93, pp 59-69.
- Cutter SL, Boruff BJ, Shirley WL (2003). Social Vulnerability to Environmental Hazards. *Social Science Quarterly*, Vol 84, pp 242–261.

- Deligiannakis G, Papanikolaou ID, Roberts G (2016). Fault specific GIS based seismic hazard maps for the Attica region, Greece. *Geomorphology*. Vol 306.
- Deschamps MV (2004) Vulnerabilidade socioambiental na Região Metropolitana de Curitiba. Tese (Doutorado em meio ambiente e desenvolvimento). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil.
- DGT (2020). Sistema de Referência PT-TM06/ETRS89. (Disponível em: <https://www.dgterritorio.gov.pt/geodesia/sistemas-referencia/portugal-continental/PT-TM06-ETRS89>). Consultado em 21/09/2020.
- Dias AG., Freitas C, Guedes F, Bastos C. (2011). Isossista. *WikiCiências*, 2(02):0283.
- Dias GH (2013) Identificação da vulnerabilidade socioambiental na área urbana de Mossoró-RN, a partir do uso de técnicas de análises espaciais. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais) Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais. Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. Mossoró, RN, Brasil.
- Dias JA (2000a). Sismos. Sismicidade de Portugal. Geologia Ambiental, Universidade do Algarve.
- Dias JA (2000b). Sismos. Ondas Sísmicas. Geologia Ambiental, Universidade do Algarve.
- Dias RP (2001) Neotectónica da Região do Algarve. Dissertação de doutoramento, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Lisboa, Portugal.
- Dias RP, Cabral J (2000) Evidências de Paleosismicidade na região do Algarve. *2ª Assembleia Luso Espanhola de Geodesia e Geofísica, Lagos*, 8-12 de Fevereiro, (S03-17), pp 143-144.
- Distefano C, Zhu M, Mindrila D (2009). Understanding and Using Factor Scores: Considerations for the Applied Researcher. *Pract. Assess. Res. Eval.*. Vol 14.
- Dojutrek M, Volovski M, Labi S (2014). Elemental Decomposition and Multicriteria Method for Valuing Transportation Infrastructure. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. Vol 2460, pp 137-145.
- Doumpos M, Zopounidis C (2014). *Multicriteria Analysis in Finance*. (1st ed) New York City: Springer international publishing.
- Dutra Júnior NPS (2016) Vulnerabilidade socioambiental em Ituiutaba-MG. Trabalho de Conclusão de Curso (Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Ituiutaba-MG, Brasil.
- EC (2010): European Commission. Risk Assessment and Mapping Guidelines for Disaster Management - *Commission Staff Working Paper*. Brussels, Belgium.
- Estêvão J (2017). Segurança sísmica em áreas de reabilitação urbana localizadas em zonas ribeirinhas do Algarve. *CREPAT 2017, Congresso da Reabilitação do Património*. Aveiro: Universidade de Aveiro, Portugal. p 323-331.
- ESTGV (2020) Análise de Componentes Principais e Análise Fatorial – Rotação e Interpretação das Componentes Principais. Instituto Politécnico de Viseu, Portugal. (Disponível em: <http://www.estgv.ipv.pt/PaginasPessoais/lucas/material/Acetatos%20ACP%20e%20AFC%202%C2%AAparte%20aluno.pdf>) Consultado em: 15/9/2020.
- Fávero LP, Belfiore P, Silva FL, Chan BL (2009) *Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Feizizadeh B, & Blaschke T. (2013). GIS-multicriteria decision analysis for landslide susceptibility mapping: comparing three methods for the Urmia Lake Basin, Iran. *Natural Hazards*. Vol 65, pp 2105 – 2128.
- Feizizadeh B, Blaschke T (2012). Land suitability analysis for Tabriz County, Iran: A multi-criteria evaluation approach using GIS. *Journal of Environmental Planning and Management*. Vol 2012.
- Field A (2009). *Discovering Statistics using SPSS*. London: SAGE Publications.
- Freire S, Aubrecht C (2012). Integrating population dynamics into mapping human exposure to seismic hazard. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. Vol 12, pp 3533-3543.
- Frigerio I, Ventura S, Daniele S, Mattavelli M, De Amicis M, Mugnano S, Boffi M (2016). A GIS-based approach to identify the spatial variability of social vulnerability to seismic hazard in Italy. *Applied Geography*. Vol 74, pp 12-22.
- Fuchs S (2009). Susceptibility versus resilience to mountain hazards in Austria - Paradigms of vulnerability revisited. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. Vol 9.

- Fujiwara H, Kawai S, Aoi S, Ishii T, Okumura T, Hayakawa Y, Morikawa N, Senna S, Kobayashi K, Xian K, Hao KX (2006). Japan Seismic Hazard Information Station, J-SHIS. (Disponível em: <https://www.j-shis.bosai.go.jp/en/>)
- Gamper C, Thoeni M, Weck-Hannemann H (2006). A conceptual approach to the use of Cost Benefit and Multi Criteria Analysis in natural hazard management. *Natural Hazards and Earth System Science*. Vol 6.
- Gao Z, Ding M, Huang T, Hu X (2020). Geohazard vulnerability assessment in Qiaojia seismic zones, SW China. *International Journal of Disaster*. Vol 51.
- Geraldes, JPF (2016). Análise Fatorial no Setor da Saúde. Dissertação de Mestrado em Econometria Aplicada e Previsão. Instituto Superior de Economia e Gestão da Universidade de Lisboa. Universidade de Lisboa, Portugal.
- Giovene di Girasole E, Cannatella D (2017). Social Vulnerability to Natural Hazards in Urban Systems. An Application in Santo Domingo (Dominican Republic). *Sustainability*. Vol 9, p 2043.
- Gomez-Capera AA, D'Amico M, Lanzano G, Locati M, Santulin M (2020). Relationships between ground motion parameters and macroseismic intensity for Italy. *Bulletin of Earthquake Engineering*. Vol 18.
- Gonçalves SFR (2013). A morosidade da revisão dos PDM : razões, problemas e soluções. Teses de mestrado. Mestrado em Planeamento Regional e Urbano. Universidade de Aveiro, Portugal.
- Goodchild MF (1991). Geographic information systems. *Progress in Human Geography*. Vol 15, pp 194–200.
- Goodwin P, Wright G (2005). A comparison of decision analysis and scenario thinking as alternative ways of dealing with uncertainty about the future. *Conference: Proceedings of Symposium on Transdisciplinary Case Study Research for Sustainable Development*. Helsinki, June 6-8 2005. Pp 102-116.
- Gorsuch RL (1983). *Factor analysis* (2nd Ed.). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Grasso S, Maugeri M (2014). Seismic microzonation studies for the city of Ragusa (Italy). *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, Vol 56, pp 86–97.
- Grünthal, G. (Ed.) (1998) European Macroseismic Scale 1998 (EMS-98) European Seismological Commission, sub commission on Engineering Seismology, Working Group Macroseismic Scales. Conseil de l'Europe, Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, Luxembourg, Vol. 15.
- Guillard-Gonçalves C, Cutter S, Emrich C, Zêzere J (2014). Application of Social Vulnerability Index (SoVI) and delineation of natural risk zones in Greater Lisbon, Portugal. *Journal of Risk Research*. Vol 18.
- Gutenberg B, Richter CF (1941). Seismicity of the Earth. *Geological Society of America Special Papers*, pp 1–126.
- Gutenberg B, Richter CF (1956) *Earthquake magnitude, intensity, energy, and acceleration*. *Bulletin of the Seismological Society of America*. Vol 46, pp 105-145.
- Hack H, Alkema D, Kruse G, Leenders N, Luzzi L (2007). Influence of earthquakes on the stability of slopes. *Engineering Geology*. Vol 91, pp 4-15.
- Hair JF, Anderson RE, Tatham RL (1987). *Cluster analysis in Multivariate Data Analysis*. New York: Macmillan. pp 293-348.
- Hair, JF, Black WC, Babin BJ, Anderson, RE (2009) *Multivariate Data Analysis: A Global Perspective*. (7th ed). New Jersey: Upper Saddle River (Prentice Hall).
- Holling CS (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual Reviews of Ecology and Systematics*. Vol 4, pp 1-23.
- Holling CS (1996). Engineering Resilience versus Ecological Resilience. In: Schulze PE: *Engineering within Ecological Constraints*. (1st ed) Washington DC: National Academy Press, pp 31-43.
- Hongyu K, Sandanielo V, Junior G (2016). Análise de Componentes Principais: Resumo Teórico, Aplicação e Interpretação. *E&S Engineering and Science*. Vol 5, pp 83-90.
- Hotelling H (1933). Analysis of a Complex of Statistical Variables Into Principal Components. *Journal of Educational Psychology*. Vol 24, pp 417-441 and 498-520.
- Hotelling H (1936). Simplified calculation of principal components. *Psychometrika*. Vol 1, pp 27–35.

- Houston H (2015). Deep Earthquakes, in *Treatise on Geophysics*, edited by G. Schubert. Vol. 4, pp. 329–354. Amsterdam: Elsevier.
- Hutcheson G, Sofroniou N (1999). *The Multivariate Social Scientist: Introductory Statistics Using Generalized Linear Models*. California: SAGE Publication.
- INE (2001): Instituto Nacional de Estatística - Censos 2001: XV Recenseamento Geral da População—V Recenseamento Geral da Habitação. Lisboa, Portugal
- INI (2007) REGI do Parlamento Europeu (2007/2151). Disponível em: <https://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?type=REPORT&reference=A6-2007-0388&language=EN#title2> (Consultado em 25/11/2020)
- Julião R, Nery F, Ribeiro JL, Branco M, Zêzere J (2009). *Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica de base municipal*. (1st ed) Lisboa: ANPC, DGOTDU, IGP.
- Kaiser HF (1958). The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. *Psychometrika* Vol 23, pp 187-200.
- Kaiser HF, Rice J (1974). Little Jiffy, Mark Iv. *Educational and Psychological Measurement*, Vol 34, pp 111–117.
- Karimzadeh S, Feizizadeh B, Matsuoka M (2017). From a GIS-based hybrid site condition map to an earthquake damage assessment in Iran: Methods and Trends. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. Vol 22.
- Karimzadeh S, Miyajima M, Hassanzadeh R, Amiraslanzadeh R, Kamel B (2014). A GIS-based seismic hazard, building vulnerability and human loss assessment for the earthquake scenario in Tabriz. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*. Vol 66, pp 263–280.
- Karleuša B, Hajdinger A, Tadić L (2019). The Application of Multi-Criteria Analysis Methods for the Determination of Priorities in the Implementation of Irrigation Plans. *Water*. Vol 11, p 501.
- Kaynia A, Iunio I, Fabio T, Ufuk H (2013). *Guidelines for deriving seismic fragility functions of elements at risk: Buildings, lifelines, transportation networks and critical facilities*. European Commission. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Kilgour G, Manville V, Pasqua FD, Graettinger A, Hodgson KA, Jolly GE (2010). The 25 September 2007 eruption of Mount Ruapehu, New Zealand: Directed ballistics, surtseyan jets, and ice-slurry lahars. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. Vol 191, pp 1–14.
- Kipp, R, Hatton T, Seville E (2017) *Supporting robust decision making on seismic resilience investments: Development and trial application of a decision support tool*. (1st ed). Resilient Organisations (ResOrgs) Report 2017/02.
- Klimešová D, Brožová H (2012) GIS as Knowledge Maps in Group Decision Making. *International Journal of Mathematical Models and Methods in Applied Sciences*. Vol 6, pp 20-29.
- Kuhlicke C, Scolobig A, Tapsell S, Steinführer A, De Marchi B (2011). Contextualizing social vulnerability: Findings from case studies across Europe. *Natural Hazards*. Vol 58, pp 789-810.
- Lança, DAO (2016). *Catástrofe em Lisboa: o sismo do séc. XXI: habitações provisórias na freguesia da Penha de França*. Mestrado Integrado em Arquitetura. Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias. Lisboa, Portugal.
- Landau B, Diab Y (2016). Résilience, vulnérabilité des territoires et génie Urbain. *Université d'été de l'École des ingénieurs de la Ville de Paris Presses des Ponts*. Vol 1. France: Presses des Ponts.
- Le Goff B (2013). Seismogenic zones and attenuation laws for probabilistic seismic hazard assessment in low deformation area. Doctoral Thesis. Universidade de Évora, Portugal.
- Lee S, Yu TT, Peng W, Wang C (2010). Incorporating the effect of topographic amplification in the analysis of earthquake-induced landslide hazards using logistic regression. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. Vol 10.
- Liu J, Wang Z, Xie F, Lv Y (2013). Seismic hazard assessment for greater North China from historical intensity observations. *Engineering Geology*. Vol 164, pp 117-130.
- Liu J, Xie F, Lv Y (2016). Seismic hazard assessments for the Ordos Block and its periphery in China. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*. Vol 84, pp 70-82.
- LNEC (2005): Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa. Resistência e vulnerabilidade sísmica dos edifícios. *Departamento de Estruturas – Núcleo de Engenharia Sísmica e*

- Dinâmica de Estruturas*. (disponível em: http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DE/NESDE/divulgacao/risco_sismico.html e http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DE/NESDE/divulgacao/evol_tipol.html) Consultado em: 12/10/2020)
- LNEG (2020): Laboratório Nacional de Energia e Geologia. Carta Geológica de Portugal Continental à escala 1:50 000. Disponível em: <https://geoportal.lneg.pt/> (Consultado em: 27/11/2020)
- Malczewski J (1991). Central Facility Location and Environmental Health. *Environment and Planning*, Vol 23, pp 385–395.
- Malczewski J (1999) *GIS and multicriteria decision analysis*. (1st ed). New York: John Wiley and Sons
- Martins VN (2010) Avaliação da vulnerabilidade socioecológica ao risco sísmico no concelho de Vila Franca do Campo: contributo para a construção de uma comunidade resiliente. Tese de mestrado, Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação, Lisboa
- Martins VN, Silva D, Cabral P. (2012). Social vulnerability assessment to seismic risk using multicriteria analysis: The case study of Vila Franca do Campo (São Miguel Island, Azores, Portugal). *Natural Hazards*. Vol 62, pp 385-404.
- Masi A, Chiauzzi L, Nicodemo G, Manfredi V (2020). Correlations between macroseismic intensity estimations and ground motion measures of seismic events. *Bulletin of Earthquake Engineering*. Vol 18, pp 1-34.
- Masure P (2003). Variables and indicators of vulnerability and disaster risk for land-use and urban or territorial planning. *IDB/IDEA Program on Indicators for Disaster Risk Management* (Disponível em: <https://unal.edu.co/>), National University of Colombia, Manizales.
- Mavroulis S, Stanota ES, Lekkas E (2019). Evaluation of environmental seismic intensities of all known historical and recent earthquakes felt in Zakynthos Island, Greece using the Environmental Seismic Intensity (ESI 2007) scale. *Quaternary International*. Vol 532.
- Meerow S, Newell J, Stults M (2016). Defining urban resilience: A review. *Landscape and Urban Planning*. Vol 147, pp 38-49.
- Mendes JM (2009). Social Vulnerability Indexes as Planning Tools: Beyond the Preparedness Paradigm, *Journal of Risk Research*, Vol 12, pp 43-58.
- Mendes JM (2014). *Sociologia do Risco: Uma Breve Introdução e Algumas Lições*. Imprensa da Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal.
- Mendes JM, Santos PP, Tavares AO (2014). Análise da vulnerabilidade social no concelho de Cascais. Relatório Final. *Coimbra: Centro de Estudos Sociais/Observatório do Risco*, Universidade de Coimbra, Portugal.
- Mendes JM, Tavares AO, Cunha L, Freiria S (2011). A vulnerabilidade social aos perigos naturais e tecnológicos em Portugal. *Revista Crítica de Ciências Sociais*. Vol 93, pp 95-128.
- Mendes JM, Tavares AO, Santos PP (2019). Social vulnerability and local level assessments: a new approach for planning. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*. Vol 11, pp 15-43.
- Mendes-Victor LA, Martins I (2001). Contribuição para o estudo da sismicidade da região Oeste da Península Ibérica. Universidade de Lisboa. Instituto Geofísico Infante D. Luís. Publicação nº25. Lisboa, Portugal.
- Mesgar M, Jalilvand P (2017). Vulnerability Analysis of the Urban Environments to Different Seismic Scenarios: Residential Buildings and Associated Population Distribution Modelling through Integrating Dasyetric Mapping Method and GIS. *Procedia Engineering*. Vol 198, pp 454-466.
- Milutinovic, Z, Trendafiloski G (2003). WP04: Vulnerability of current buildings. RISK-UE Project of the EC: An advanced Approach to Earthquake Risk Scenarios with Applications to Different European Towns. EVK4-CT-2000-00014.
- Montibeller G, Franco L (2010). Multi-Criteria Decision Analysis for Strategic Decision Making. In: Zopounidis C, Pardalos P (eds) *Handbook of Multicriteria Analysis. Applied Optimization*. Vol 103. Berlin, Heidelberg: Springer
- Montibeller G, Franco L (2011). Raising the bar: Strategic multi-criteria decision analysis. *JORS*. Vol 62, pp 855-867.

- Moreira MTC (2011). Atividades Investigativas no 7º Ano de escolaridade sobre o efeito das actividades Sísmicas nas populações. Mestrado em Ensino de Biologia e Geologia, Universidade de Lisboa. Lisboa, Portugal.
- Moreira VS (1991), Historical Seismicity and seismotectonics of the area situated between the Iberian Peninsula, Marrocco, Selvagens and Azores Islands. In: Seismicity, Seismotectonic and Seismic Risk of the Ibero-Magrebian Region. *Pub. I.G.N., Madrid*. Vol 8, pp 213-225.
- Mouroux P, Bertrand E, Bour M, Le Brun B, Depinois S, Masure P (2004). The European RISK-UE project: an advanced approach to earthquake risk scenarios. In *Proceedings of the 13th World Conference on Earthquake Engineering*. Vancouver, Canada.
- Musson RMW, Cecic I (2002). Macroseismology. In: Lee, W.H.K., Kanamori, H., Jennings, P.C. and Kisslinger, C. (eds.), *International Handbook of Earthquake and Engineering Seismology*. San Diego: Academic Press.
- Norris F, Stevens S, Pfefferbaum B, Wyche K, Pfefferbaum R (2008). Community Resilience as a Metaphor, Theory, Set of Capacities, and Strategy for Disaster Readiness. *American journal of community psychology*. Vol 41, pp 127-50.
- Nunes DM, Tomé A, Pinheiro M (2019). Urban-centric resilience in search of theoretical stabilisation? A phased thematic and conceptual review. *Journal of environmental management*. *Journal of environmental management*. Vol 230, pp 282-292.
- Oliveira AMC (2008). Os sistemas de informação geográfica na elaboração de operações censitárias. Mestrado em Ciência e Sistemas de Informação Geográfica. NOVA Information Management School (NIMS), Universidade NOVA de Lisboa. Lisboa, Portugal.
- Oliveira CS, Campos Costa A, Sousa ML (2000). Definition of seismic action in the context of EC-8. Topics for discussion. *12th World Conference on Earthquake Engineering*, Auckland, New Zealand, Sunday 30 January - Friday 4 February 2000.
- Oliveira CS, Campos-Costa A (2006). Overview on Earthquake Hazard Assessment - Methods and New Trends, in *Assessing and Managing Earthquake Risk* Ed. por C. Oliveira, A. Roca, X. Goula (Eds.), Springer Netherlands.
- Oliveira CS, Estêvão J (2015). Perigosidade sísmica em Portugal e escolha de registos acelerométricos para análise de estruturas. *X Congresso de Construção Metálica e Mista*. Coimbra, 26 e 27 de Novembro 2015. Vol I-45 a I-62.
- Oliveira D, Lourenço P, Roca P (2000). Experimental characterization of the behaviour of brick masonry subjected to cyclic loading. *12th International Brick/Block Masonry Conference*. 25-28 June, Madrid, Spain.
- Oliveira LC (2017) Risco Sísmico no Algarve - Implicações devidas à avaliação da perigosidade sísmica. Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Portugal
- Omira R, Baptista M, Miranda J, Toto, ER, Catita C, Catalão J (2010). Tsunami vulnerability assessment of Casablanca-Morocco using numerical modelling and GIS tools. *Natural Hazards*. Vol 5, pp 75-95.
- Omori, F. (1894) On the Aftershocks of Earthquakes. *Journal of the College of Science, Imperial University of Tokyo*. Vol 7, pp 111-120.
- Panahi M, Rezaie F, Meshkani S (2014). Seismic vulnerability assessment of school buildings in Tehran city based on AHP and GIS. *Natural hazards and earth system sciences*. Vol 14, pp 969– 979.
- Panizza M. (1990) *Geomorfologia applicata. Metodi di applicazione alla pianificazione territoriale e alla valutazione d'impatto ambientale*. La Nuova Italia Scientifica, Roma: Carocci editore.
- Papanikolaou I, Melaki M (2017). The Environmental Seismic Intensity Scale (ESI 2007) in Greece, addition of new events and its relationship with magnitude in Greece and the Mediterranean; preliminary attenuation relationships. *Quaternary International*. Vol 451.
- Pascoal EACS (2012). Cartografia de risco individual e integrado aplicada ao município de Ribeira Brava. Tese de mestrado em Engenharia Geográfica, apresentada à Universidade de Lisboa, através da Faculdade de Ciências, Lisboa, Portugal.
- Paton D, Johnston D (2001). Disasters and communities: Vulnerability, resilience and preparedness. *Disaster Prevention and Management*. Vol 10, pp 270-277.
- Paton D, Johnston D (2017). *Disaster Resilience: An Integrated Approach*. (2nd ed). Illinois: Springfield.

- Pearson K (1901). On lines and planes of closest fit to systems of points in space. *Philosophical Magazine*. Series 6, vol 2, no 11, pp 559-572.
- PORDATA (2020). Portal PORDATA: base de dados Portugal Contemporâneo”, *Fundação Francisco Manuel dos Santos*. (Disponível em: <https://www.pordata.pt/>)
- Pourghasemi HR, Pradhan B, Gokceoglu C (2012). Application of fuzzy logic and analytical hierarchy process (AHP) to landslide susceptibility mapping at Haraz watershed, Iran. *Natural Hazards*. Vol 63, pp 1-32.
- PROT-Algarve (2004). Apreciação do Risco Sísmico no Algarve. Plano Regional de Ordenamento do Território, Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Algarve, Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, Volume II, ANEXO J.
- Ramos A, Cunha L, Cunha PP, Freitas MIC (2012). Cartografia de suscetibilidade a deslizamentos e unidades territoriais de risco à escala regional: o caso da região da Figueira da Foz - Nazaré. *Cadernos de Geografia - Univ. Coimbra*.
- Rashed T, Weeks J (2003). Assessing vulnerability to earthquake hazards through spatial multicriteria analysis of urban areas. *International Journal of Geographical Information Science*, Vol 17, pp 547–576.
- Ravara A, Oliveira CS, Carvalho EC, Lopes M, Costa PT, Delgado R, Bairrão R, Córias SC (2001) Redução da Vulnerabilidade Sísmica do Edificado. Editado. *Sociedade Portuguesa de Engenharia Sísmica-SPES e Grémio das Empresas de Conservação e Restauro do Património Arquitectónico- GECORPA*. Lisboa: Ordem dos Engenheiros.
- Ren Z, Zhang Z, Dai F, Yin J, Zhang H (2013). Co-seismic landslide topographic analysis based on multi-temporal DEM - A case study of the Wenchuan earthquake. *SpringerPlus*. Vol 2, p 544.
- Rezaie F, Panahi M (2014). GIS modelling of seismic vulnerability of residential fabrics considering geotechnical, structural, social and physical distance indicators in Tehran city using multi-criteria decision-making (MCDM) techniques. *Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions*. Vol 2.
- Rezende PS (2016). Metodologia para avaliação da vulnerabilidade socioambiental: estudo da cidade de Paracatu (MG). Dissertação (Mestrado em Ciências Humanas) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Brasil.
- Ribeiro A, Cabral J (2000). Geologia - Sismos. *Comunicar Ciência*, Volume 1, Departamento do Ensino Secundário, Ministério da Educação.
- Richter CF (1935) An instrumental earthquake magnitude scale. *Bulletin of the Seismological Society of America*. Vol 25, pp 1–32.
- Rocha CS (2016). Estudo e análise da vulnerabilidade costeira face a cenários de subida do nível do mar e eventos extremos devido ao efeito das alterações climáticas. Tese de mestrado, Engenharia Geográfica, Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências. Lisboa, Portugal.
- Rodríguez-Peces M, García Mayordomo J, Azañón J, Jabaloy A (2011). Regional Hazard Assessment of Earthquake-Triggered Slope Instabilities Considering Site Effects and Seismic Scenarios in Lorca Basin (Spain). *Environmental and Engineering Geoscience*. Vol 17, pp 183-196.
- Roy B. (1996) *Multicriteria Methodology Goes Decision Aiding*. Vol 12. Berlin: Kluwer Academic Publishers.
- Rus K, Kilar V, Koren D (2018). Resilience assessment of complex urban systems to natural disasters: A new literature review. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. Vol 31, pp 311-330.
- Saaty RW (1987). The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. *Mathematical Modelling*. Vol 9, pp 161–176.
- Saaty TL (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, Vol 48, pp 9–26.
- Sandi H (1983) Earthquake risk and earthquake preparedness: Some qualitative aspects and quantification possibilities. *Seminar on Earthquake Preparedness*. Athens, 11-14 Jan. 1983.
- Sandi H, Floricel I (1994). Analysis of seismic risk affecting the existing building stock. *Proc. 10th European Conf. on Earthquake Engineering*. Vienna, 28 August a 2 de September 1994
- Satake K, Ishibe T (2020). Toward Homogeneous Estimation of Long-Term Seismicity from Historical Materials: Number of Felt Earthquakes in Tokyo since 1668. *Seismological Research Letters*. Vol 91, pp 2601-2610.

- Sayers C, Chopra S (2009). Introduction to this special section: Seismic modeling. *Geophysics*. Vol 28.
- Scheuer S, Haase D, Meyer V (2011). Exploring multicriteria flood vulnerability by integrating economic, social and ecological dimensions of flood risk and coping capacity: From a starting point view towards an end point view of vulnerability. *Natural Hazards*. Vol 58, pp 731-751.
- Schmidtlein MC, Deutsch R, Pieogorsch W, Cutter S (2008) A sensitivity analysis of the social vulnerability index. Vol 28, pp 1099-114.
- Senos L, Carrilho F (2003) Sismicidade de Portugal Continental. Física de la Tierra, Sismicidade de la Península Ibérica, Eds: E. Buforn y A. Udias. Vol. 15.
- Serra JAGS (2015). Avaliação do risco sísmico no núcleo urbano de Aljustrel. Relatório de Mestrado em Reabilitação Urbana (Construção). Escola Superior de Tecnologia de Tomar. Instituto Politécnico de Tomar. Tomar, Portugal.
- Silva V, Crowley H, Varum H, Pinho R (2014). Seismic risk assessment for mainland Portugal. *Bulletin of Earthquake Engineering*. Vol 13, pp 1-29.
- SNIG (2020). Carta de Uso e Ocupação do Solo. Disponível em: <http://mapas.dgterritorio.pt/wms-inspire/cos2018v1?service=WMS&REQUEST=GetCapabilities&VERSION=1.3.0> (Consultado em: 17/07/2020).
- Sornette D (2000) Mechanochemistry: an hypothesis for shallow earthquakes, in Roman Teisseyre and Eugeniusz Majewski (eds): *Earthquake Thermodynamics and Phase Transformation in the Earth's Interior*. *International Geophysics Series*. Vol 76.
- Sousa ML (1996) Modelos probabilistas para avaliação da casualidade sísmica em Portugal continental. M.Sc, Thesis, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal.
- Sousa ML (2006). Risco sísmico em Portugal continental. Tese de Doutoramento da Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
- Sousa ML, Martins A, Oliveira CS (1992). Compilação de Catálogos Sísmicos da Região Ibérica. LNEC. Lisboa, Portugal
- Stacey FD, Davis PM (2008). *Physics of the Earth*. (4th ed). Cambridge: Cambridge University Press.
- Suárez-Vega R, Peñate, DS, González P, Rodríguez-Díaz M (2011). A multi-criteria GIS based procedure to solve a network competitive location problem. *Applied Geography*. Vol 31, pp 282-291.
- Tabachnick BG, Fidell LS (2007). *Using multivariate statistics* (5th ed). Boston, MA: Allyn & Bacon/Pearson Education.
- Takagi J, Wada A (2019). Recent earthquakes and the need for a new philosophy for earthquake-resistant design. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*. Vol 119, pp 499-507.
- Tapsell S, Mccarthy S, Faulkner H, Alexander M (2010). Social vulnerability to natural hazards. *CapHaz-Net WP4 Report, Flood Hazard Research Centre – FHRC*, Middlesex University, London.
- Tate E (2013). Uncertainty analysis for a social vulnerability index. *Annals of the association of American geographers*. Vol 103, pp 526-543.
- Tavares AO, Barros J, Santos PP, Mendes JM (2018). A new approach for social vulnerability in mainland Portugal area for risk mitigation, In: *Safety and Reliability – Safe Societies in a Changing World*. Project FORLAND - Disastrous floods and landslides in Portugal: driving forces and applications for land use planning (PTDC/ATP-GEO/1660/2014).
- Tavares AO, Mendes JM, Basto E (2011). Percepção dos riscos naturais e tecnológicos, confiança institucional e preparação para situações de emergência: O caso de Portugal continental. *Revista Crítica de Ciências Sociais*. Vol 93, pp 167-193.
- Tavares AO, Santos PP (2015) Avaliação da vulnerabilidade social no concelho de Câmara de Lobos. Relatório Final. Coimbra: Centro de Estudos Sociais/Observatório do Risco. Disponível em: <http://livrozilla.com/doc/1220326/vulnerabilidade-social-na-constru%C3%A7%C3%A3o-de> (Consultado em 29/04/2020).
- Teves-Costa P, Barreira E (2012) Damage scenarios in Lisbon using RISK-UE approach. *15th World Conference on Earthquake Engineering*, Lisboa – Portugal, pp 1-10.
- Teves-Costa P, Batlló J, Matias L, Catita C, Jiménez M, García-Fernández M (2019). Maximum intensity maps (MIM) for Portugal mainland. *Journal of Seismology*. Vol 23.

- Tilio L, Murgante B, Di Trani F, Vona M, Masi A (2011). Resilient City and Seismic Risk: A Spatial Multicriteria Approach. *Lecture Notes in Computer Science*. pp 410-422.
- Toma-Danila D, Cioflan C, Armaş I (2017). GIS in seismology: contributions to the evaluation of seismic hazard and risk. *GeoPatterns*. Vol 2, pp 10-16.
- Tomaszewski, Brian. (2015). *Geographic Information Systems for Disaster Management*. (2nd ed) Boca Raton, FL: Taylor and Francis Group.
- Udías A (1997). Editorial: Seismology a multidisciplinary science. *Journal of Seismology* Vol 1, pp 1–2.
- UNDR0 (1980). Natural disasters and vulnerability analysis. *Report of Experts Group Meeting of 9–12 July 1979*. Geneva: UNDR0.
- UNESP (2020). Análise de Componentes Principais/PCA ou ACP. Universidade Estadual Paulista. Disponível em: <https://igce.rc.unesp.br/Home/Departamentos47/geologiaaplicada/5.acp.pdf> (Consultado em: 19/07/2020).
- UNISDR (2009). UNISDR terminology on disaster risk reduction. Geneva: UNISDR.
- USGS (2020). Earthquake Magnitude, Energy Release, and Shaking Intensity. Disponível em: https://www.usgs.gov/natural-hazards/earthquake-hazards/science/earthquake-magnitude-energy-release-and-shaking-intensity?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects (Consultado em 07/05/2020)
- Vahdat K, Smith NJ, Amiri G (2014). Fuzzy multicriteria for developing a risk management system in seismically prone areas. *Socio-Economic Planning Sciences*. Vol 48, pp 235-248.
- Valensise G, Vannoli P, Burrato P, Fracassi U (2019). From Historical Seismology to seismogenic source models, 20 years on: Excerpts from the Italian experience. *Tectonophysics*. Vol 774, article 228189.
- Varnes DJ (1984). *Landslide Hazard Zonation: A Review of Principles and Practice*. *Natural Hazards*. Paris: UNESCO.
- Vilas-Boas IJMC (2016). Vulnerabilidade sísmica dos edifícios de Lisboa em 3D. Tese de mestrado em Engenharia Geográfica. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal.
- Walker B, Taylor-Noonan C, Tabbernor A, McKinnon T'B, Bal H, Bradley D, Schuurman N, Clague J (2014). A multi-criteria evaluation model of earthquake vulnerability in Victoria, British Columbia. *Natural Hazards*. Vol 74.
- Wang Z (2009). Seismic Hazard vs. Seismic Risk. *Seismological Research Letters*. Vol 80, pp 673-674.
- Willis I, Fitton J (2016). A review of multivariate social vulnerability methodologies: A case study of the River Parrett catchment, UK. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. Vol 16, pp 1387-1399
- Wisner B, Blaikie P, Cannon T, Davis I (2004) *At risk: Natural hazards, people's vulnerability and disasters*. (2nd Ed). London: Routledge.
- Wood HO, Neumann F (1931) Modified Mercalli intensity scale of 1931. *Bulletin of the Seismological Society of America*. Vol 21, pp 277–283.
- Zhou H, Wang J, Wan J, Jia H (2010). Resilience to natural hazards: A geographic perspective. *Natural Hazards*. Vol 53, pp 21-41.
- Zhou Y, Li N, Wu W, Wu J, Shi P (2014) Local spatial and temporal factors influencing population and societal vulnerability to natural disasters. *Risk Analysis*. Vol 34, pp 614-639.
- Zitellini N, Chierici F, Sartori R, Torelli L (1999) The tectonic source of the 1755 Lisbon earthquake and tsunamis. *Annali di Geofisica*. Vol 42, pp 49-55.
- Zitellini N, Mendes LA, Cordoba D, Danobeitia J, Nicolich R, Pellis G, Ribeiro A, Sartori R, Torelli L, Bartolomé R, Bortoluzzi G, Calafato A, Carrilho F, Casoni L, Chierici F, Corela C, Correggiari A, Della Vedova B, Gracia E, Jornet P, Landuzzi M, Ligi M, Magagnoli A, Marozzi G, Matias L, Penitenti D, Rodriguez P, Rovere M, Terrinha P, Vigliotti L, Zahinos-Ruiz A (2001) Source of 1755 Lisbon earthquake and tsunami investigated. *EOS Transactions*. Vol 82, pp 285-291.
- Zitellini N, Rovere M, Terrinha P, Chierici F, Matias L, BIGSETS Team (2004) Neogene through Quaternary Tectonic reactivation of SW Iberian passive margin. *Pure appl. Geophys*. Vol 161, pp 565-587.

ANEXOS

A. Estatísticas, variáveis e lugares da componente social

NUTS III (2013) - Censos 2011				
Concelho	GEO_COD	Freguesias	Nº secções	Nº subsecções
Albufeira (801)	80101	Albufeira	66	639
	80102	Guia	15	140
	80103	Paderne	7	95
	80104	Ferreiras	10	115
	80105	Olhos de Água	20	167
Total Albufeira		5	118	1156
Loulé (808)	80801	Almancil	22	476
	80802	Alte	5	104
	80803	Ameixial	1	59
	80804	Boliquireme	8	164
	80805	Quarteira	79	563
	80806	Querença	2	38
	80807	Salir	6	155
	80808	Loulé (São Clemente)	28	357
	80809	Loulé (São Sebastião)	12	229
	80810	Benafim	2	69
	80811	Tôr	2	39
Total Loulé		11	167	2253
Portimão (811)	81101	Alvor	18	258
	81102	Mexilhoeira Grande	8	151
	81103	Portimão	96	860
Total Portimão		3	122	1269
Total		19	692	4678

Anexo A.1 Informação geral da BGRI para os concelhos em estudo

Código	Descrição da variável
Alo_fa_vag	Proporção de alojamentos vagos (%)
AlFamResHa	Proporção de alojamentos familiares de residência habitual (%)
AlFamSagua	Proporção de alojamentos familiares de residência habitual sem água canalizada (%)
AlFamSesgo	Proporção de alojamentos familiares de residência habitual sem sistema de esgotos (%)
AlojArrend	Proporção de alojamentos familiares clássicos de residência habitual arrendados (%)
Al_1_2div	Proporção de alojamentos familiares clássicos de residência habitual com 1 ou 2 divisões (%)
Al_5maisDi	Proporção de alojamentos familiares clássicos de residência habitual com 5 ou mais divisões (%)
Al_ate50m2	Proporção de alojamentos familiares clássicos de residência habitual com área até 50 m2 (%)
Almais200m	Proporção de alojamentos familiares clássicos de residência habitual com área maior que 200 m2 (%)
Almais100m	Proporção de alojamentos familiares clássicos de residência habitual com mais de 100 m2 (%)
Al_c_banho	Proporção de alojamentos familiares de residência habitual com banho (%)
Alo_oc_pro	Proporção de alojamentos familiares clássicos de residência habitual com proprietário ocupante (%)
Ed_ate1970	Proporção de edifícios construídos antes de 1970 (%)
Ed_km2	N.º de edifícios por km2 (Edifícios/km2)
Ed_12pisos	Proporção de edifícios com 1 ou 2 pisos (%)
Ed_5mai_pi	Proporção de edifícios com 5 ou mais pisos (%)
Ed_betao	Proporção de edifícios com estrutura de betão armado (%)
Ed_pedra	Proporção de edifícios com estrutura de paredes de adobe ou alvenaria de pedra solta (%)
In_freq_bas	Proporção de indivíduos a frequentar o ensino básico (%)
In_freq_sec	Proporção de indivíduos a frequentar o ensino secundário (%)
In_est_mun	Proporção de indivíduos residentes a estudar no município de residência (%)
In_1bas_co	Proporção de indivíduos residentes com o 1º ciclo do ensino básico completo (%)
In_3bas_co	Proporção de indivíduos residentes com o 3º ciclo do ensino básico completo (%)
In_sec_co	Proporção de indivíduos residentes com o ensino secundário completo (%)
In_sup_co	Proporção de indivíduos residentes com um curso superior completo (%)
In_nao_ler	Proporção de indivíduos residentes sem saber ler nem escrever (%)
In_emp_1ar	Proporção de população empregada no sector primário (%)
In_emp_2ar	Proporção de população empregada no sector secundário (%)
In_emp_3ar	Proporção de população empregada no sector terciário (%)
In_emprega	Proporção de população empregada (%)
In_tra_mun	Proporção de indivíduos residentes a trabalhar no município de residência (%)
In_et_mun	Proporção de indivíduos residentes a estudar e trabalharem no município de residência (%)
In_s_activ	Proporção de indivíduos residentes sem atividade económica (%)
In_et_outro	Proporção da população residente que trabalha ou estuda noutro município (%)
Fa_dim_med	Dimensão média das famílias clássicas
Fa_c_5mais	Proporção de famílias clássicas com 5 ou mais pessoas (%)
Fa_c_1ou2p	Proporção de famílias clássicas com 1 ou 2 pessoas (%)
Fa_c_ind65	Proporção de famílias clássicas com pessoas com 65 ou mais anos (%)
Fa_1desem	Proporção de famílias clássicas com 1 desempregado (%)
Fa_s_desem	Proporção de famílias clássicas sem desempregados (%)
Nu_c_fil15	Proporção de núcleos familiares com filhos com menos de 15 anos (%)
DensPop	Densidade populacional (hab./km2)
Pop_0_4	Proporção de indivíduos residentes com menos de 5 anos (%)
Pop_0_14	Proporção de indivíduos residentes com idade entre 0-14 anos (%)
Pop_65mais	Proporção de indivíduos residentes com 65 ou mais anos (%)
Ind_p_aloj	Indivíduos por alojamento familiar clássico de residência habitual (Nº)
Rel_Mascul	Relação de masculinidade
PensReform	Proporção de indivíduos residentes pensionistas ou reformados (%)
Pop_femi	Proporção de população feminina no total de população residente (%)

Anexo A.2 Código e descrição de todas as variáveis utilizadas para a criticidade (componente social).

Código	Descrição da variável
PerAgric	Proporção de superfície ocupada por espaços agrícolas ativos (%) (Código 2 da cartografia Corine Land Cover 2018)
PerArtif	Proporção de superfície ocupada por espaços artificializados ativos (%) (Código 1 da cartografia Corine Land Cover 2018)
Pd_Super	Densidade de estabelecimentos comerciais do setor alimentar
AlojColect	Proporção de alojamentos coletivos (%)
Al_s_estac	Proporção de alojamentos familiares de residência habitual sem estacionamento (%)
Ed_isolad	Proporção de edifícios clássicos isolados (%)
Ed_pr_n_re	Proporção de edifícios principalmente não residenciais (%)
Pd_farmac	Densidade de farmácias
NearEqSaud	Equipamentos de saúde (Cód.03:01 segundo Julião et al., 2009): menor distância (m) ao equipamento
NearBombei	Corporações de bombeiros (Cod.03:07:01 segundo Julião et al., 2009): menor distância (m) ao equipamento
NearSegPub	Esquadras da PSP e instalações das Forças Armadas: menor distância (m) ao equipamento
NearHotel	Unidades hoteleiras (Cod.99:03 segundo Julião et al., 2009): menor distância (m) ao equipamento
Pd_jieb1	Densidade de jardins-de-infância e estabelecimentos de ensino do 1º ciclo do ensino básico (Cod.03:02:01 e 03:02:02 segundo Julião et al., 2009)
Pd_eri	Densidade de estruturas residenciais para idosos e população com necessidades especiais, centros de dia e noite (Cod.03:05 segundo Julião et al., 2009)
Pd_combust	Densidade de postos de abastecimento de combustíveis (Cod.09:09 segundo Julião et al., 2009)
DensRV	Densidade da rede viária (Grp.04 segundo Julião et al., 2009) (km/km2)
Pd_ZCAP	Densidade de infraestruturas para ZCAP (auditórios, ginásios, igrejas, pavilhões, polidesportivos, estádios) (Cod. 03:03 segundo Julião et al., 2009)

Anexo A.3 Código e descrição de todas as variáveis utilizadas para a capacidade de suporte (componente social).

Concelho	Freguesia	Lugares
Albufeira	Albufeira	Albufeira, Alpouvar, Ataboeira, Branqueira, Brejos, Cerro de Águia, Galvana, Monte Velho, Mosqueira, Mouraria, Patroves, São Rafael, Sesmarias, Terras Novas, Torre da Mosqueira, Vale de Santa Maria, Vale do Paraíso, Vale Navio.
	Guia	Álamos, Amendoal, Assumadas, Ataboeira, Barrancos, Cortelhas, Galé, Guia, Ilha da Madeira, Montes Juntos, Mouraria, Poço das Canas, Tavagueira, Vale da Parra, Vale da Ursa, Vale Rebelho, Valverde.
	Paderne	Alcaria, Almeijoafra, Aroal, Cabanita, Carrasqueiro, Casa dos Pires, Centieira, Cerca Velha, Cerro do Ouro, Cerro do Roque, Cotovio, Fornalhas, Guiné, Lentiscais, Malhão, Matos, Nem Moniz, Paderne, Purgatório, Ribeira de Alte, Vale de Pegas.
	Ferreiras	Alfarrobeiras, Alpouvar, Ataboeira, Canais, Cortesões, Cotovio, Ferreiras, Fontainhas, Malhada Velha, Monte Velho, Mosqueira, Patã de Baixo, Pinhal, Texugueiras, Tominhal, Torre da Mosqueira, Vale do Paraíso, Vale Serves.
	Olhos de Água	Branqueira, Monte Velho, Olhos de Água, Patã de Baixo, Pinhal do Concelho, Quinta da Balaia, Roja Pé, Santa Eulália, Semino, Vale da Azinheira, Vale de Carro, Vale Navio, Várzeas de Quarteira.

Anexo A.4 Freguesias e respetivos lugares do concelho de Albufeira

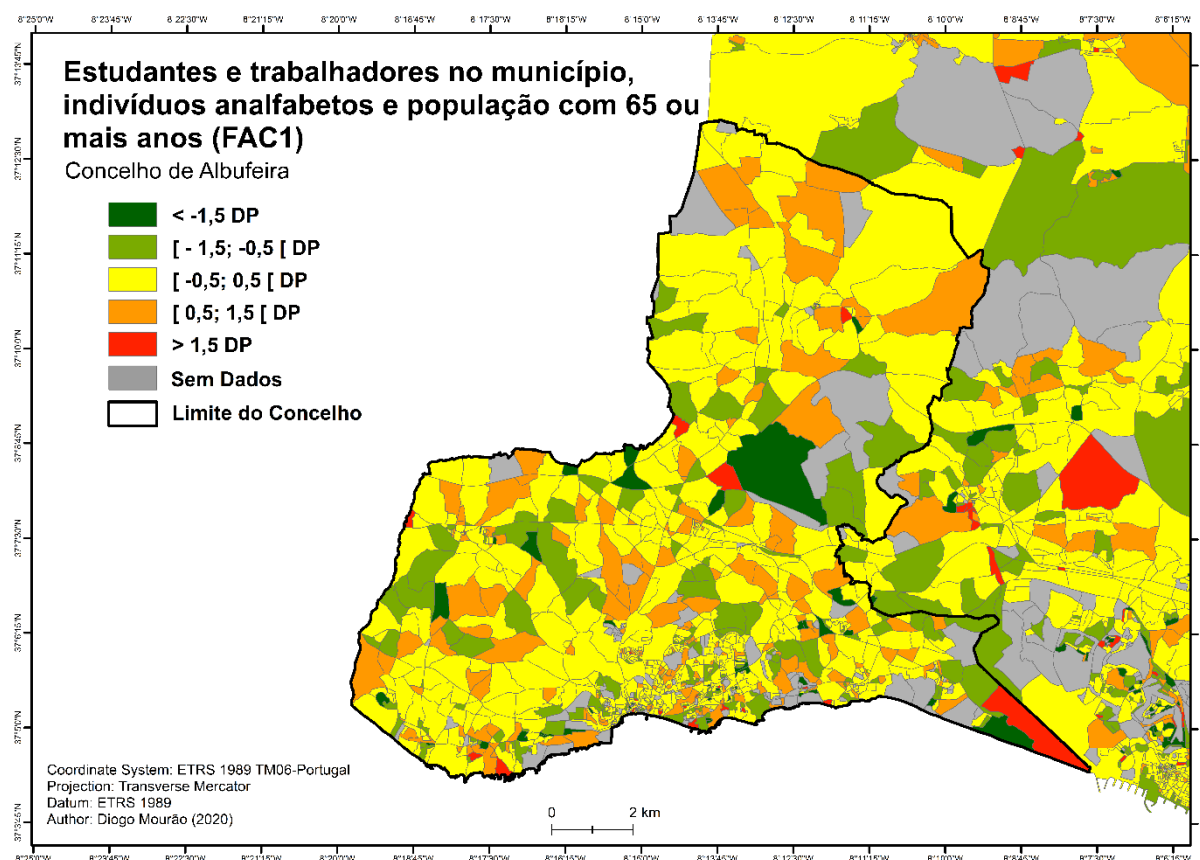
Concelho	Freguesia	Lugares
Loulé	Almancil	Além, Almancil, Areias de Almancil, Arneiro, Caliços, Corgo da Zorra, Escanxinas, Esteval, Ferrarias, Figueiral, Garrão, Guerreiros Vermelhos, Ludo, Mata Lobos, Pereiras, Poço Amoreira, Quinta do Lago, São João da Venda, São Lourenço, Torre, Troto, Vale da Venda, Vale de Éguas, Vale de Lobo, Vale Formoso.
	Alte	Águas Frias, Alcaria do João, Alte, Areeiro, Arneiro, Assumadas, Casas da Corte, Casinha, Cerro, Conqueiros, Corte Bucha, Cumeada, Esteval de Mouros, Esteveira, Fonte Santa, João Andrés, Júlia, Macheira, Monte Brito, Monte Curral, Monte da Charneca, Santa Margarida, Sarnadas, Soalheira, Soidos, Torre, Vale das Poças, Zambujal.
	Ameixal	Ameixial, Azinhal dos Mouros, Besteiros, Cavalos, Corte do Ouro, Corte João Marques, Figueirinha, Pero Ponto, Revezes, Tavilhão, Vale da Rosa, Vermelhos, Ximeno.
	Boliqueime	Agostas, Alcaria, Alfontes, Aroal, Arroteia, Benfarras, Boliqueime, Cabeço da Águia, Camacha, Campina, Carvalhas, Casas Leirias, Corga, Estrela Montes, Lombada, Malhadais, Marcos Mendes, Maritenda, Monte João Preto, Patã de Baixo, Patã de Cima, Patã, Retorta, Ribeiro, São Faustino, Vale Covo, Vale de Silves, Vale Rodrigo.
	Quarteira	Arzinha, Bacelada, Benfarras, Cascalheira, Consequinte, Fonte Santa, Morgadinho, Passis, Pereiras, Quarteira, Quatro Estradas, Retorta, Semino, Terras Ruivas, Vilamoura.
	Querença	Adega, Amendoeira, Barranco do Velho, Charneca, Corcitos, Corte Garcia, Pirineu, Portela do Monte, Querença.
	Salir	Alcaria do João, Alcaria, Almarginho, Arneiro/Almargem de El-Rei, Barranco do Velho, Barrosas, Besteirinhos, Besteiros, Brazieira, Casas Martins Anes, Cerro das Casas, Corte Neto, Cortelha, Coruja, Covões, Fornalha, Freixo Seco de Baixo, Funcheira, Malhão, Montes Novos, Montes Santiago, Nave do Barão, Palmeiros, Pé da Serra, Pé do Coelho, Pena, Ponte de Salir, Quintã, Rocha da Pena, Salir, Vale da Rosa, Vale do Álamo, Vale Luís Neto, Vale Maria Dias.
	Loulé (São Clemente)	Alfarrobeira, Alto Relógio, Areeiro, Barranco de Apra, Barreiras Brancas, Betunes, Campina de Cima, Carvalhal, Clereanes, Concelho, Cruz da Assumada, Fonte de Apra, Franqueada, Goldra, Goncinha, Guerreiro Vermelhos, Loulé, Paixanito, Parrela, Pedragosa, Pinheiro, Poço Amoreira, Poço Novo, Quatro Estradas, Santa Luzia, Torre de Apra, Torrejão, Vale de Éguas, Vale Formoso.
	Loulé (São Sebastião)	Alfeiço, Brotual, Cabeço da Câmara, Campina de Baixo, Celões, Consequinte, Cruz da Assumada, Espraguina, Franqueada, Lagoa de Momprolé, Loulé, Monte Poço, Monte Seco, Morgado da Tôr, Palmeiral, Parragil, Pedra de Água, Picota, Piedade, Poço Geraldo, Quatro Estradas, Renda, Ribeira de Algibre, Soalheira, Sobradinho, Vale da Rosa, Vale Judeu, Vale Telheiro, Varejota, Várzea da Mão.
	Benafim	Alto Fica, Barrosas, Benafim Pequeno, Benafim, Birrão, Cortinhola, Espargal, Freixo Verde, Nave da Sobreira, Nave dos Cordeiros, Penina, Ribeira de Algibre, Sarnadas, Sobradinho, Vale do Álamo, Zimbral de Cima.
Tôr	Corte Neto, Mesquita, Andrezes, Tôr, Castelhana.	

Anexo A.5 Freguesias e respetivos lugares do concelho de Loulé.

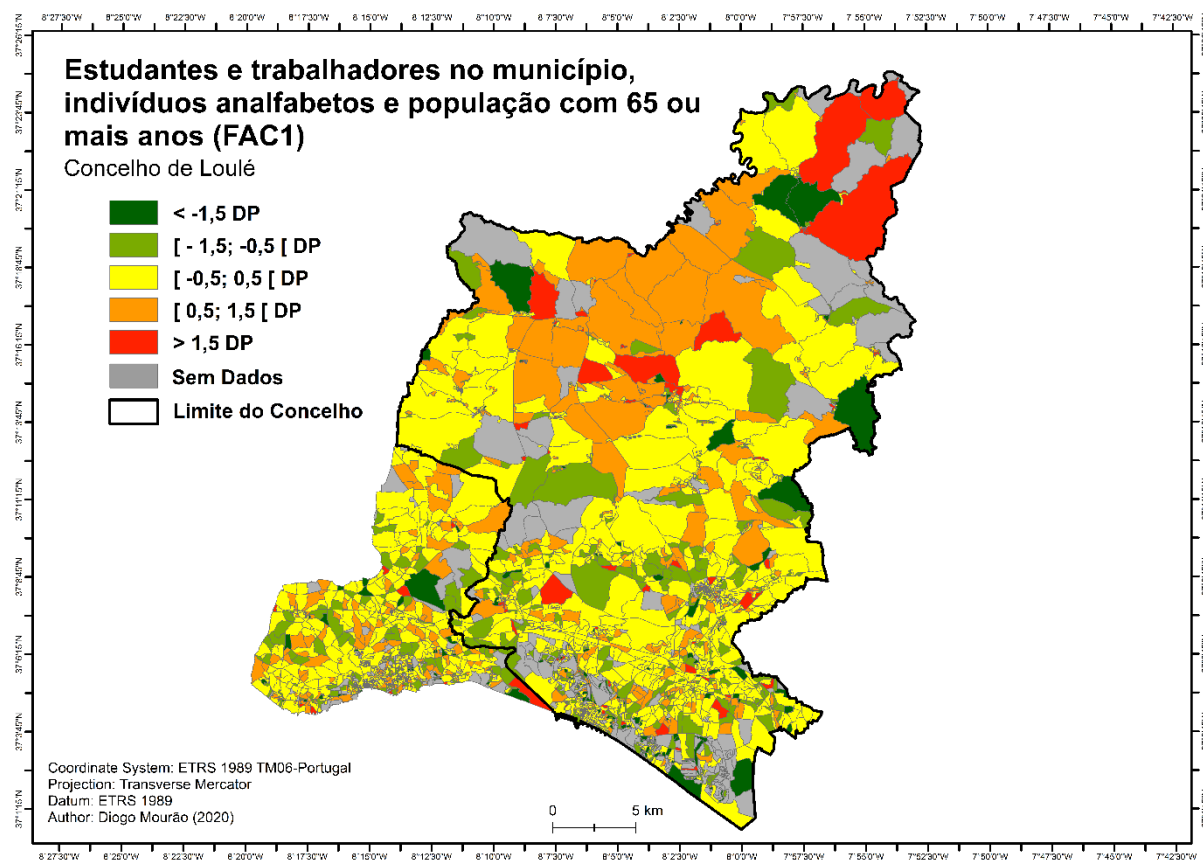
Concelho	Freguesia	Lugares
Portimão	Alvor	Alto do Poço, Alvor, Amoreira, Bemposta, Biscaínhas-Valinhos, Brava, Castelhanas, Delgadas, Dourada, Facho, Galo Loiro, Má Partilha, Marachique, Maria Pires, Montes de Alvor, Pedregais-Alagoas, Penina, Praia de Alvor, Prainha, Quinta da Nora, Quinta dos Arcos, Sesmarias, Torre, Vale das Hortas.
	Mexilhoeira Grande	Alcalar, Arão, Cabeço Esteves, Cortaventos, Esteveira, Figueira, Mexilhoeira Grande, Poio, Quinta da Rocha, Senhora Verde, Várzea do Farelo.
	Portimão	Aldeia das Sobreiras, Aldeia do Carrasco, Aldeia Nova da Boavista, Alto Pacheco, Barranco do Rodrigo, Belmonte, Boavista, Bom Retiro, Cabeça do Mocho, Caldeira do Moinho, Cardosas, Cebolar, Chão das Donas, Coca Maravilhas, Companheira, Donalda/Alfarrobeiras, Ladeira do Vau, Malheiros, Monte Judeu, Morgado do Reguengo, Palheiros, Pedra Mourinha-Vale Lagar, Poço Seco, Portimão, Porto de Lagos, Praia da Rocha, Quatro Estradas, Quinta do Pinheiro, Rasmalho, São Sebastião, Três Bicos, Três Castelos, Vale da Arrancada, Vale de França, Vau da Rocha, Vendas.

Anexo A.6 Freguesias e respetivos lugares do concelho de Loulé.

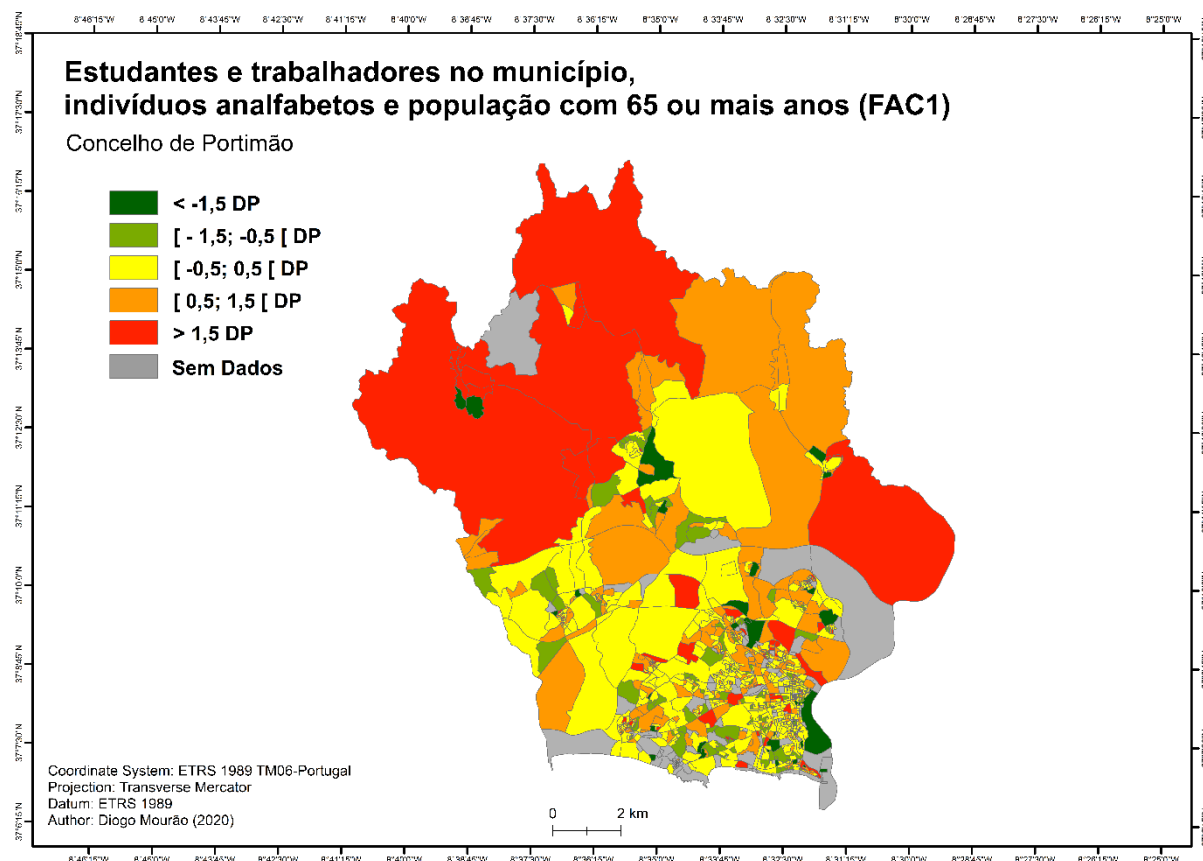
B. Mapas de cada concelho para cada FAC da criticidade



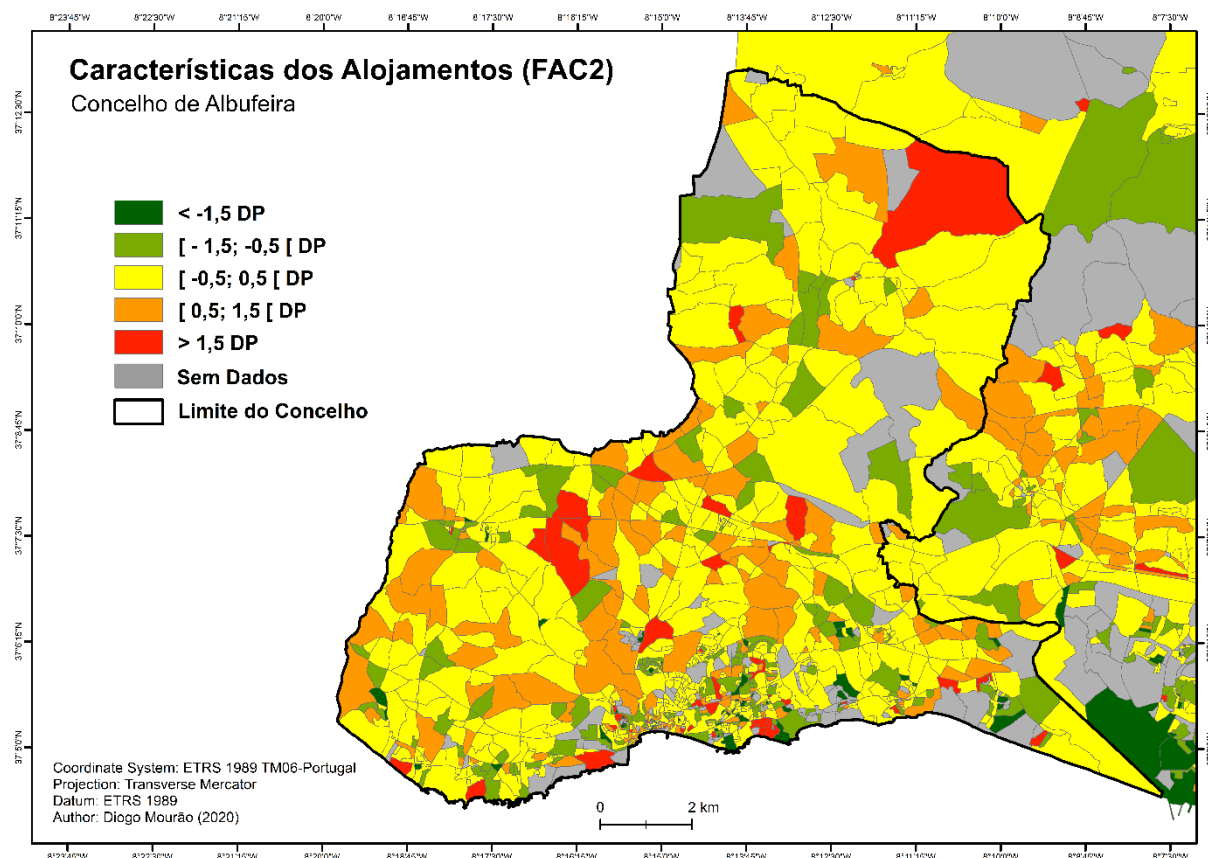
Anexo B.1 Mapa para a FAC1 (criticidade) no concelho de Albufeira



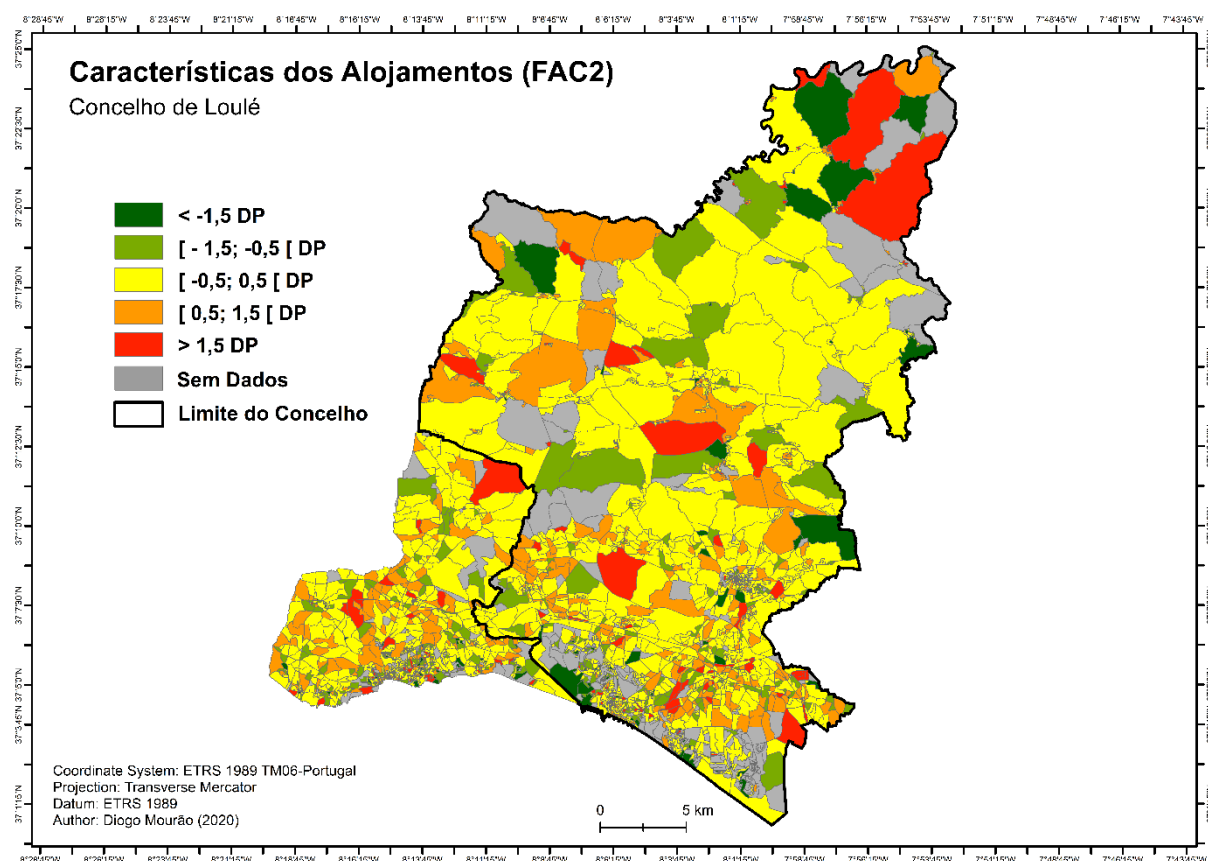
Anexo B.2 Mapa para a FAC1 (criticidade) no concelho de Loulé



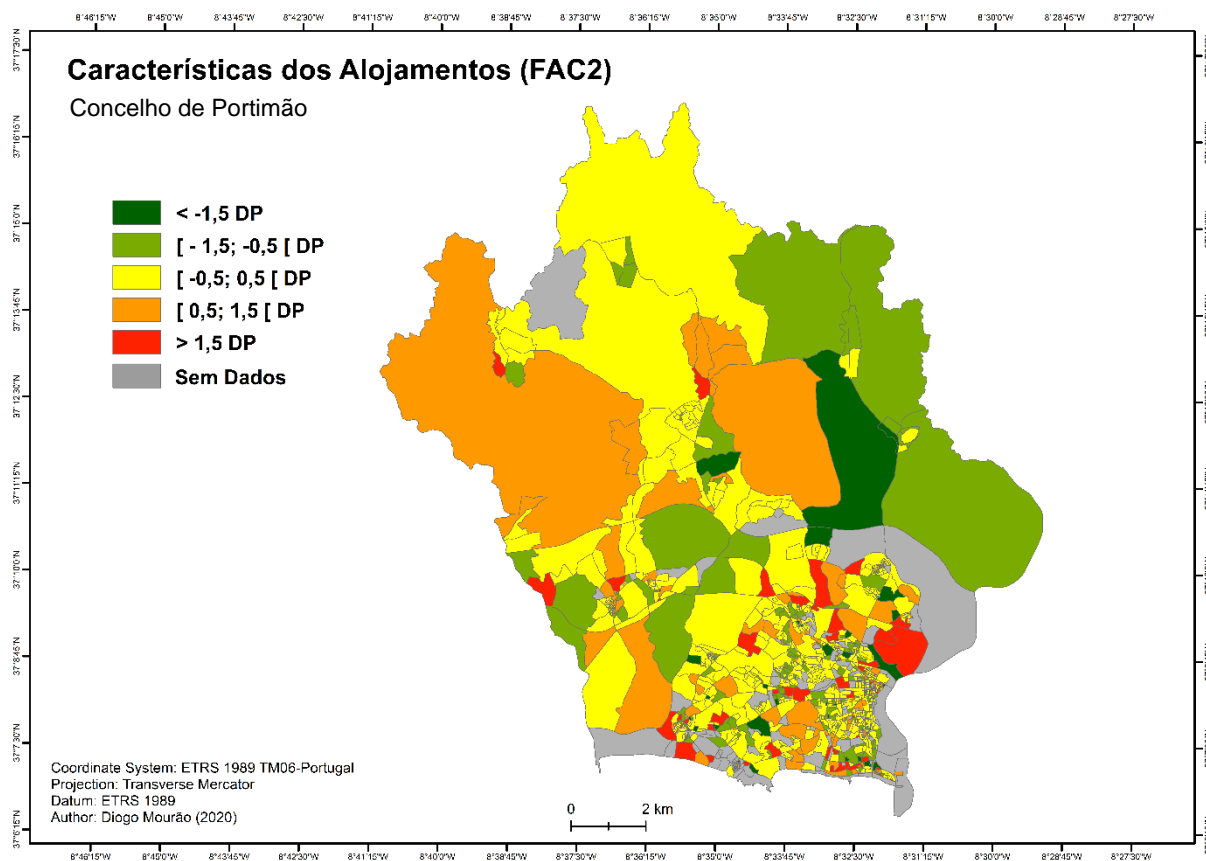
Anexo B.3 Mapa para a FAC1 (criticidade) no concelho de Portimão



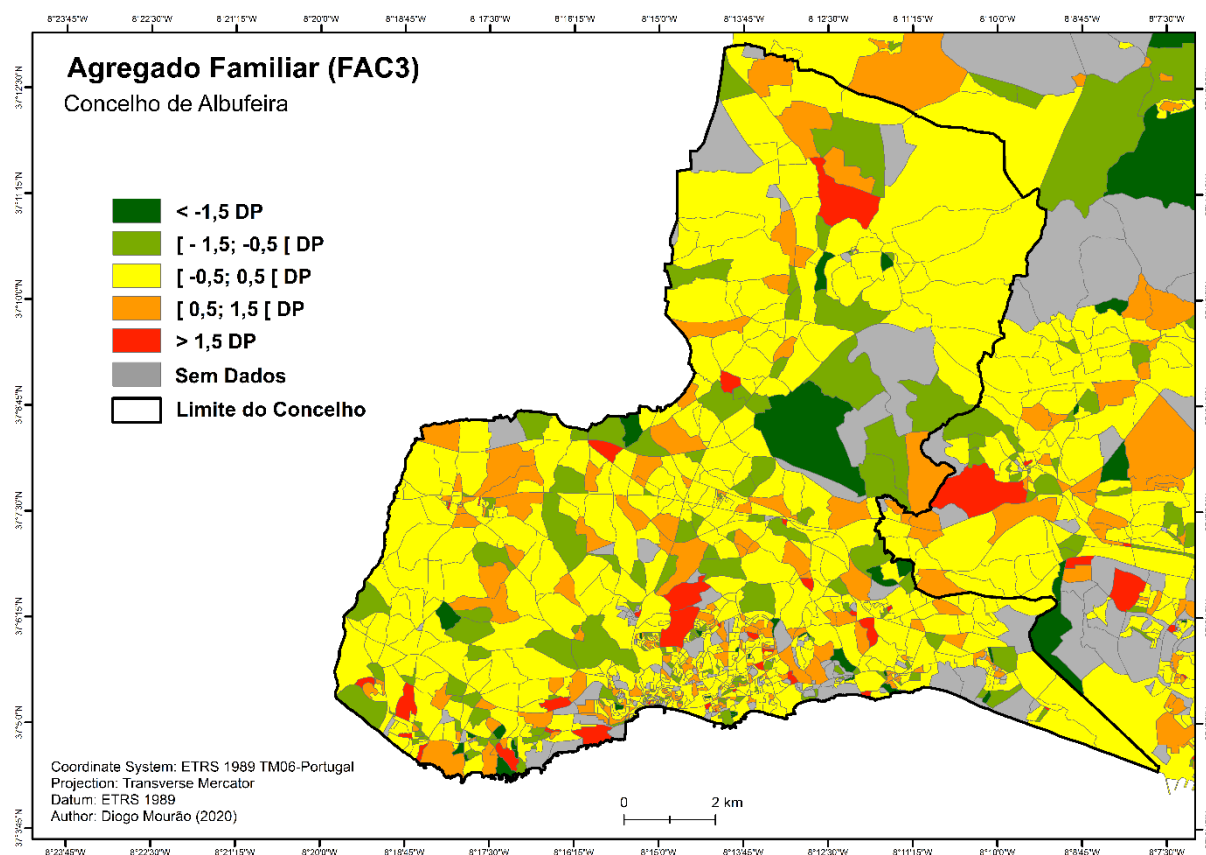
Anexo B.4 Mapa para a FAC2 (criticidade) no concelho de Albufeira



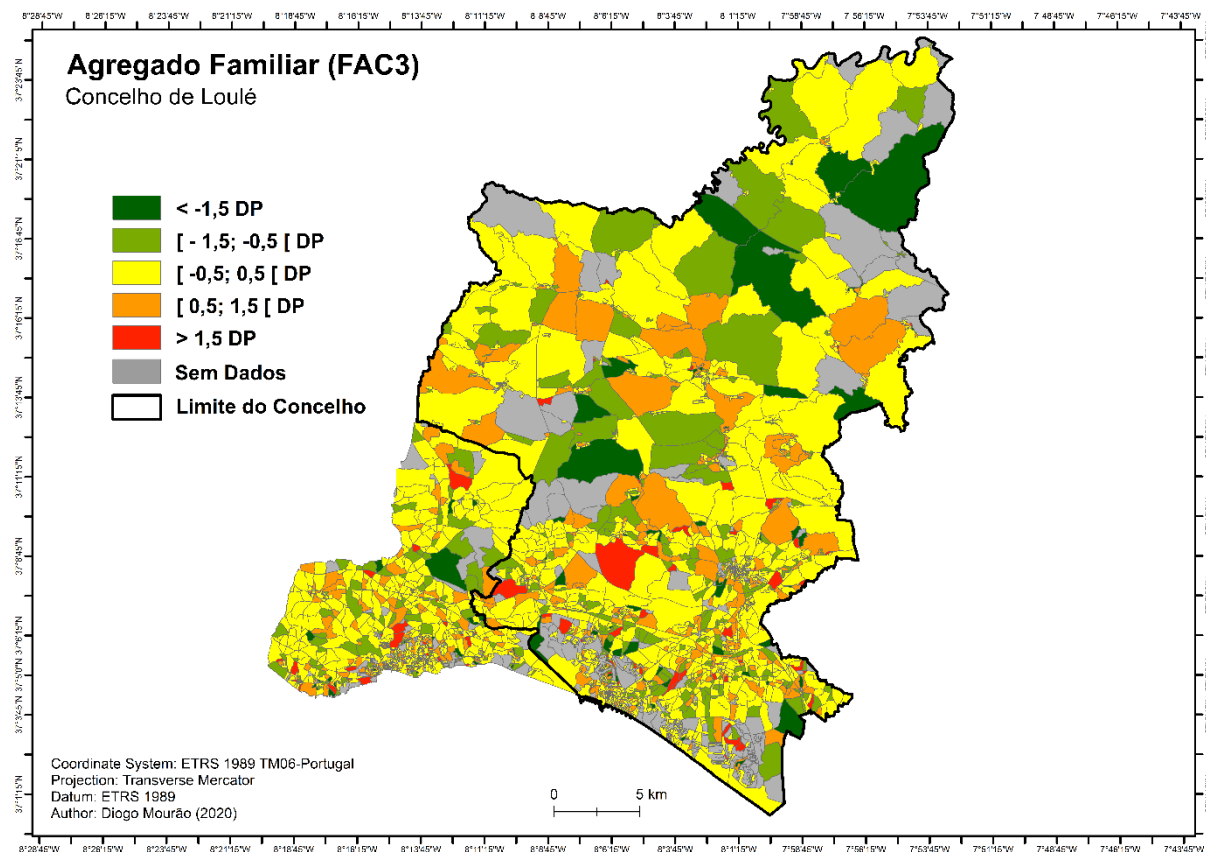
Anexo B.5 Mapa para a FAC2 (criticidade) no concelho de Loulé



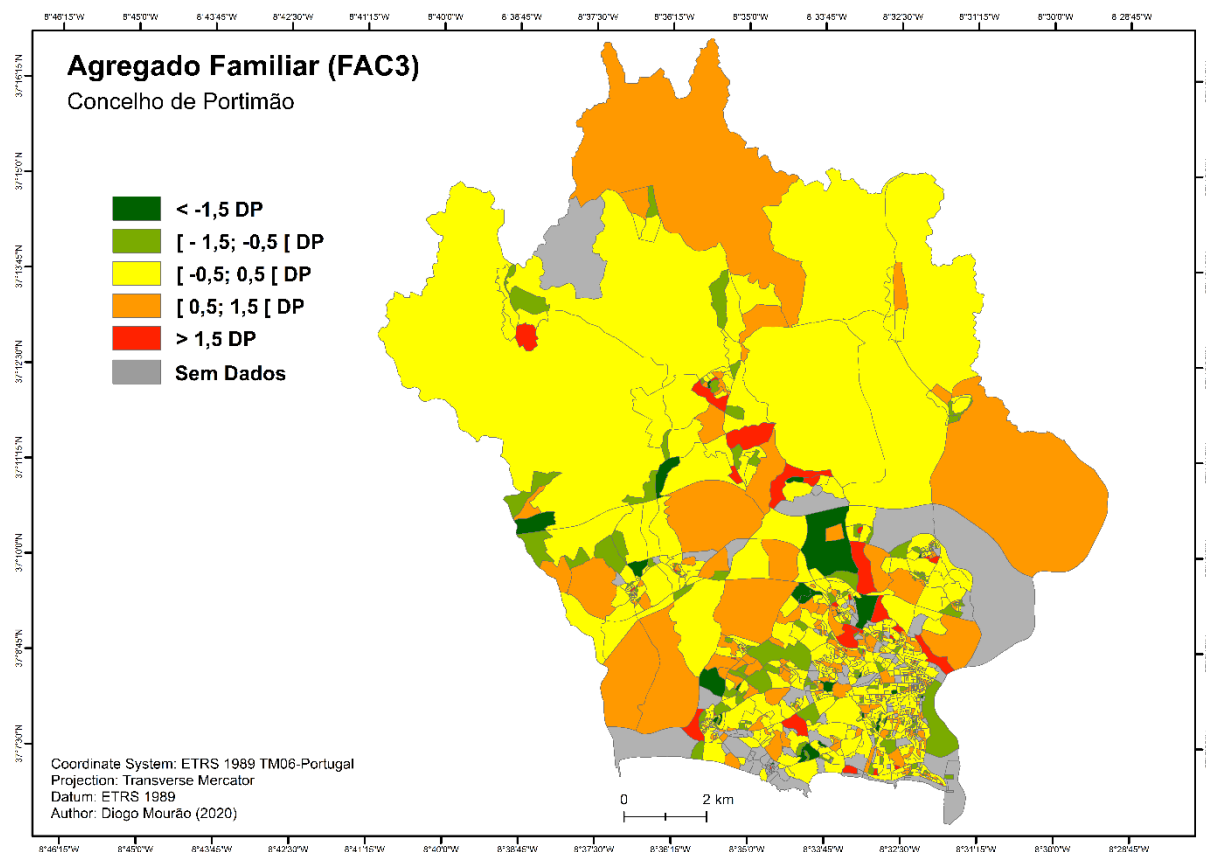
Anexo B.6 Mapa para a FAC2 (criticidade) no concelho de Portimão



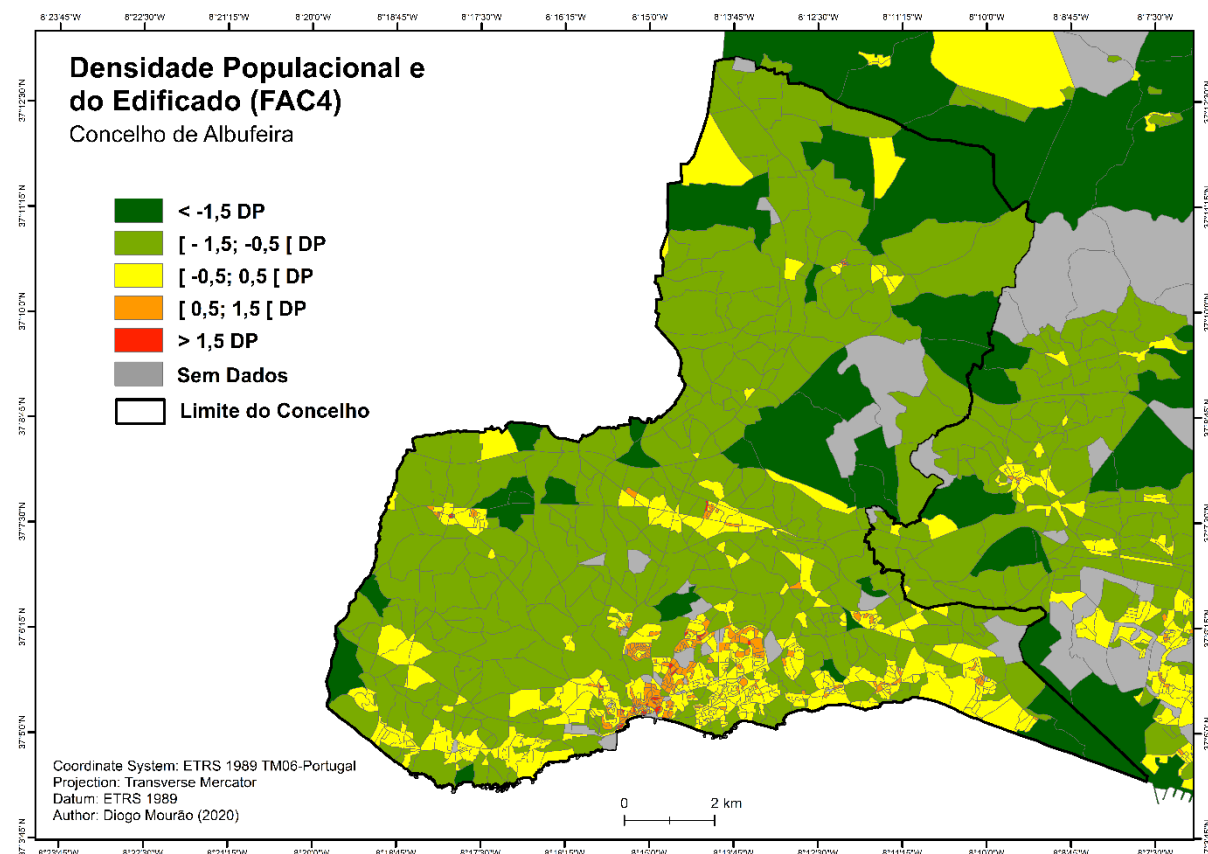
Anexo B.7 Mapa para a FAC3 (criticidade) no concelho de Albufeira



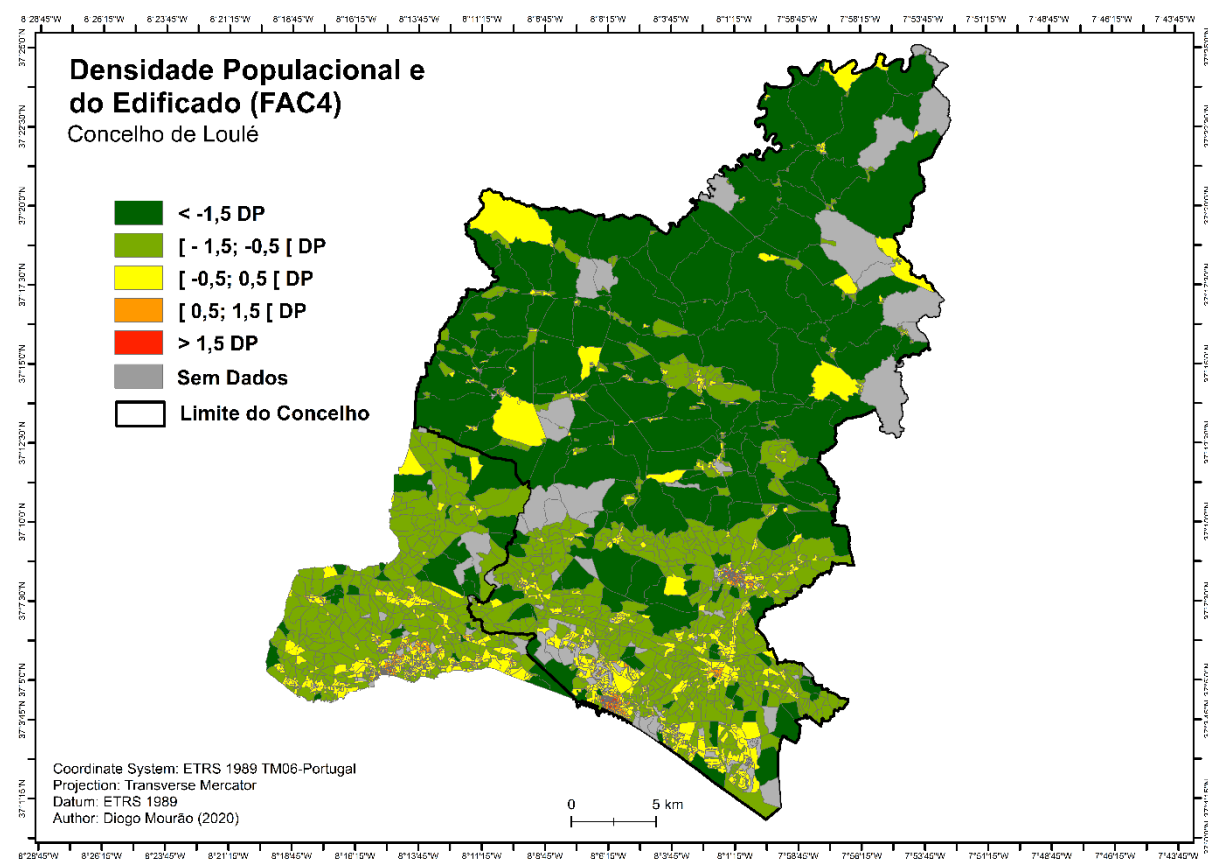
Anexo B.8 Mapa para a FAC3 (criticidade) no concelho de Loulé



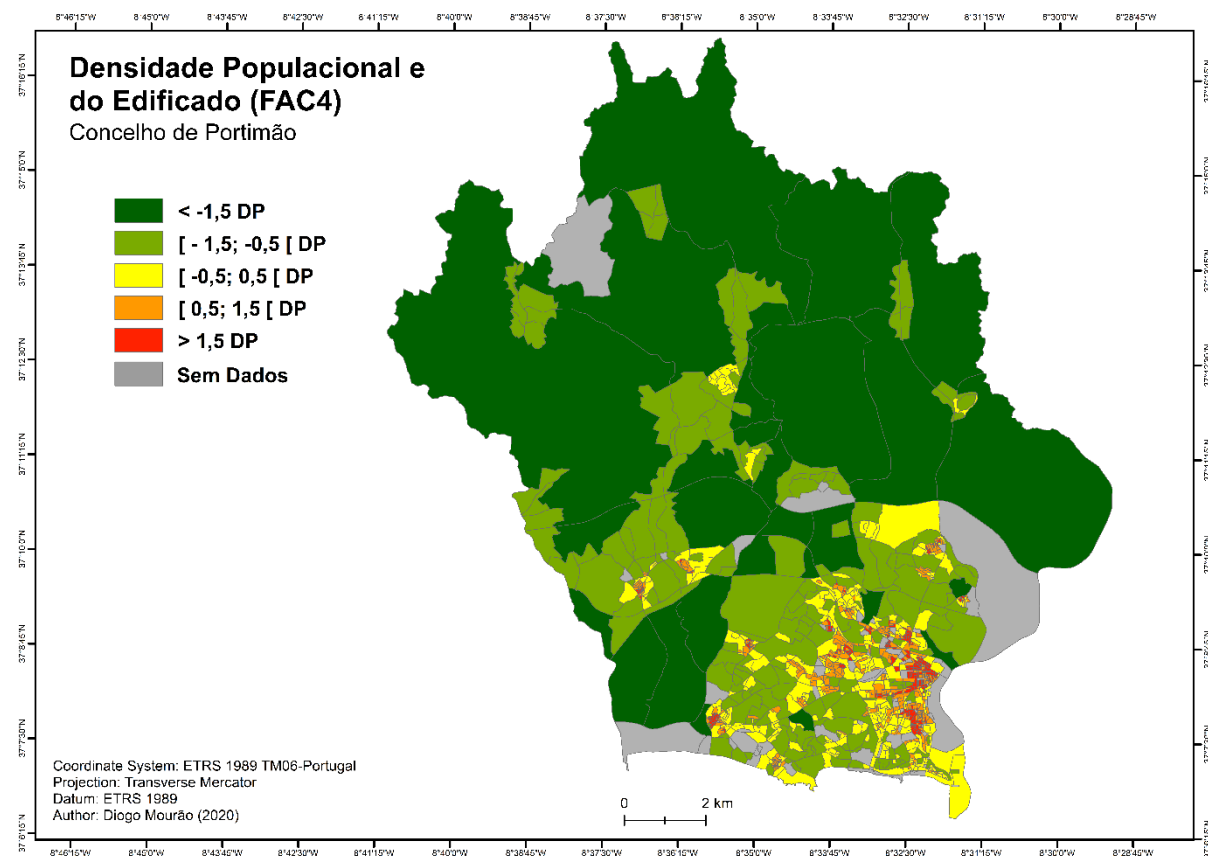
Anexo B.9 Mapa para a FAC3 (criticidade) no concelho de Portimão



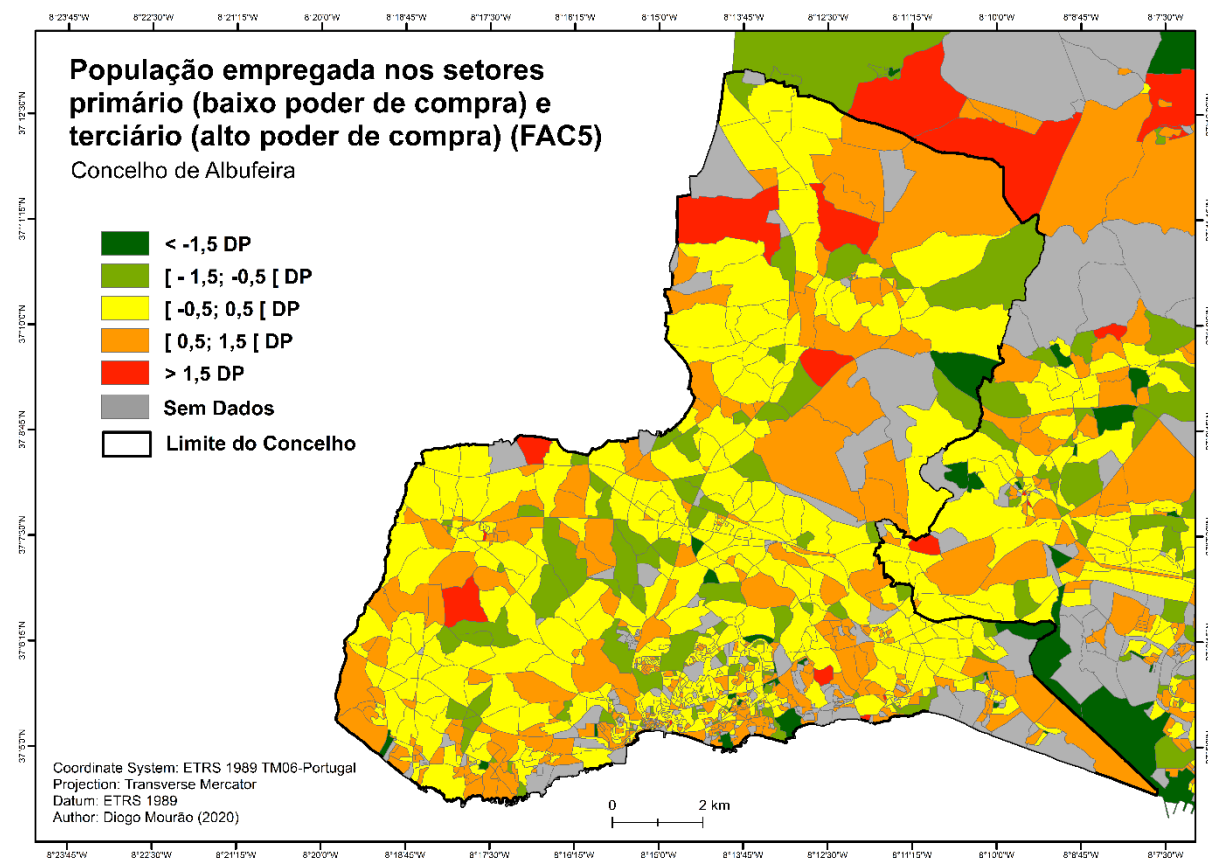
Anexo B.10 Mapa para a FAC4 (criticidade) no concelho de Albufeira



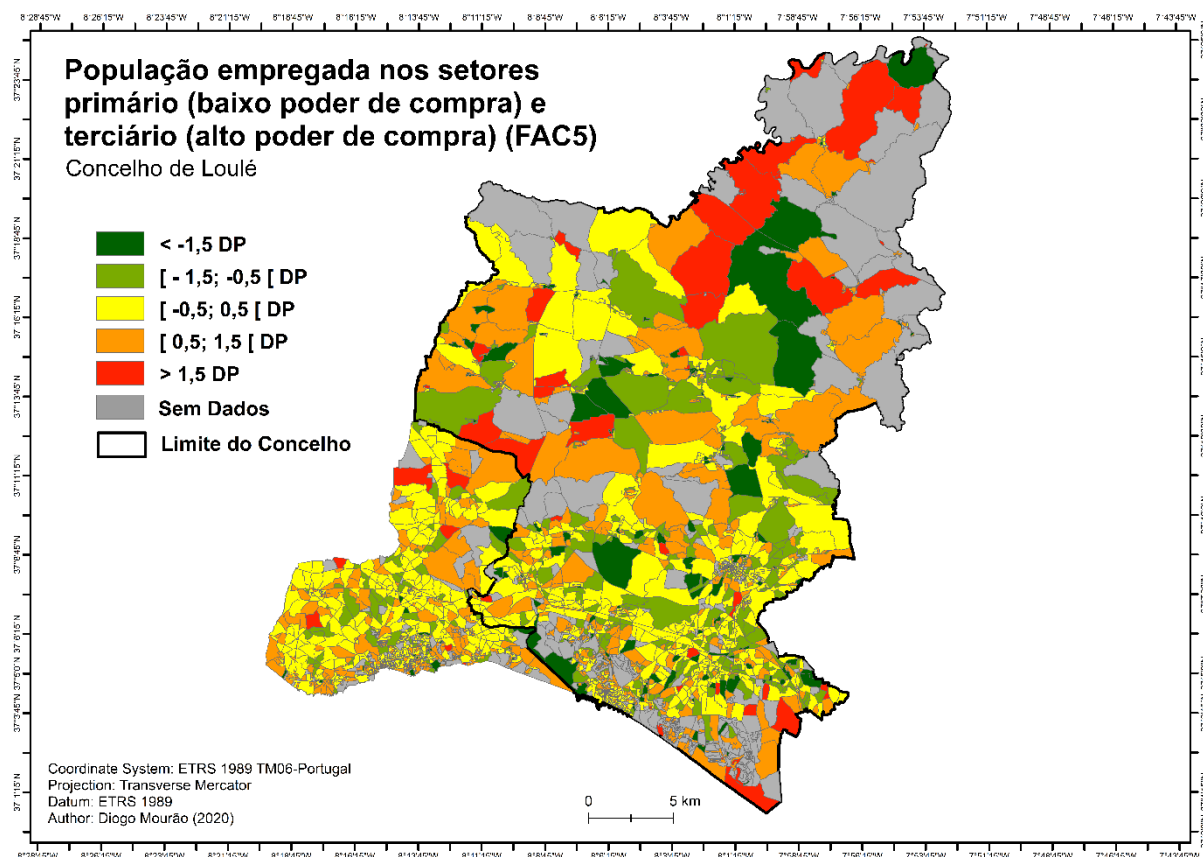
Anexo B.11 Mapa para a FAC4 (criticidade) no concelho de Loulé



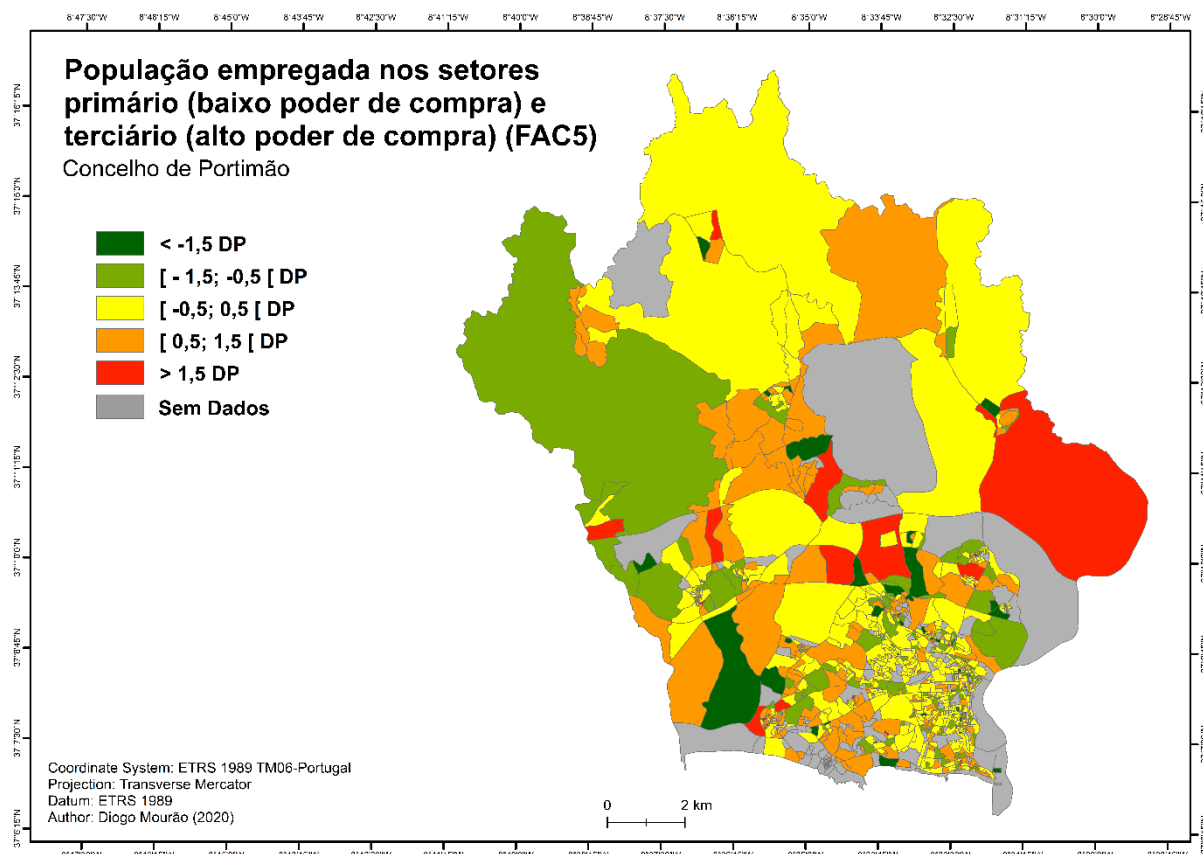
Anexo B.12 Mapa para a FAC4 (criticidade) no concelho de Portimão



Anexo B.13 Mapa para a FAC5 (criticidade) no concelho de Albufeira

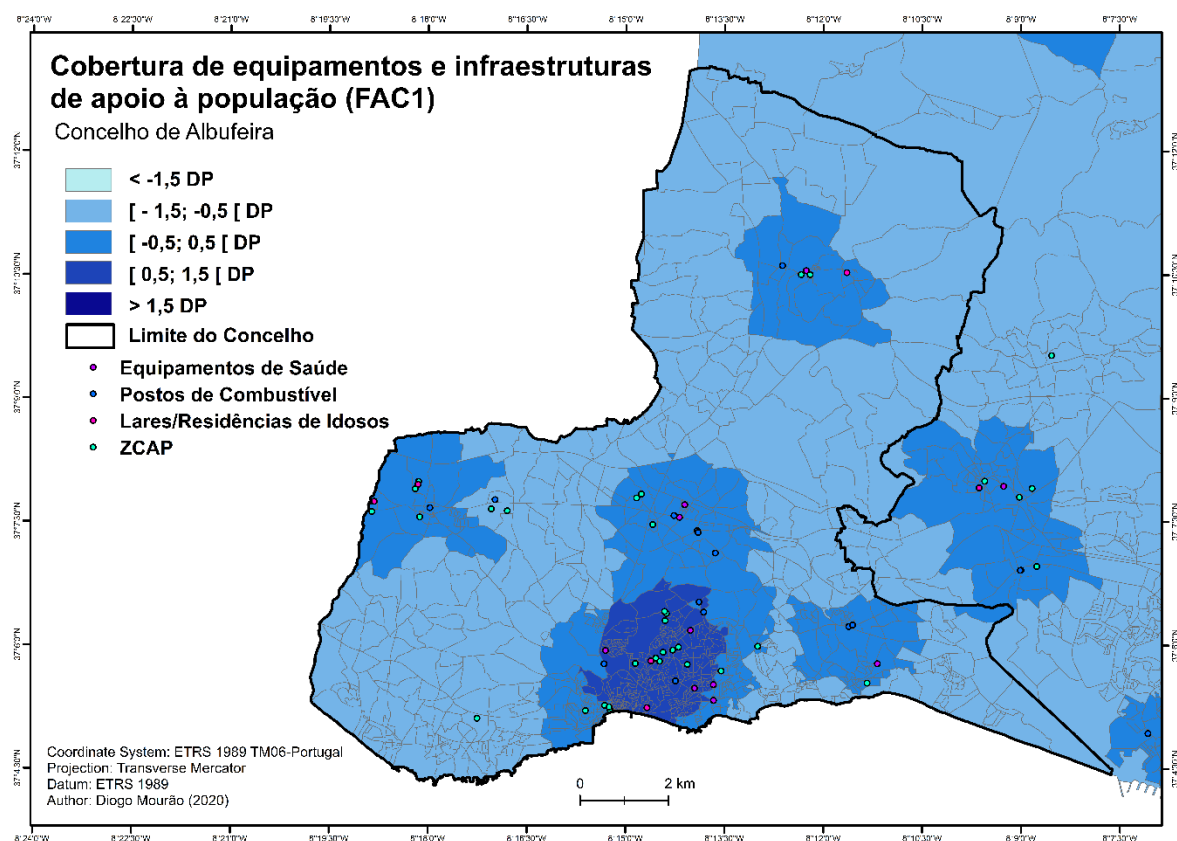


Anexo B.14 Mapa para a FAC5 (criticidade) no concelho de Loulé

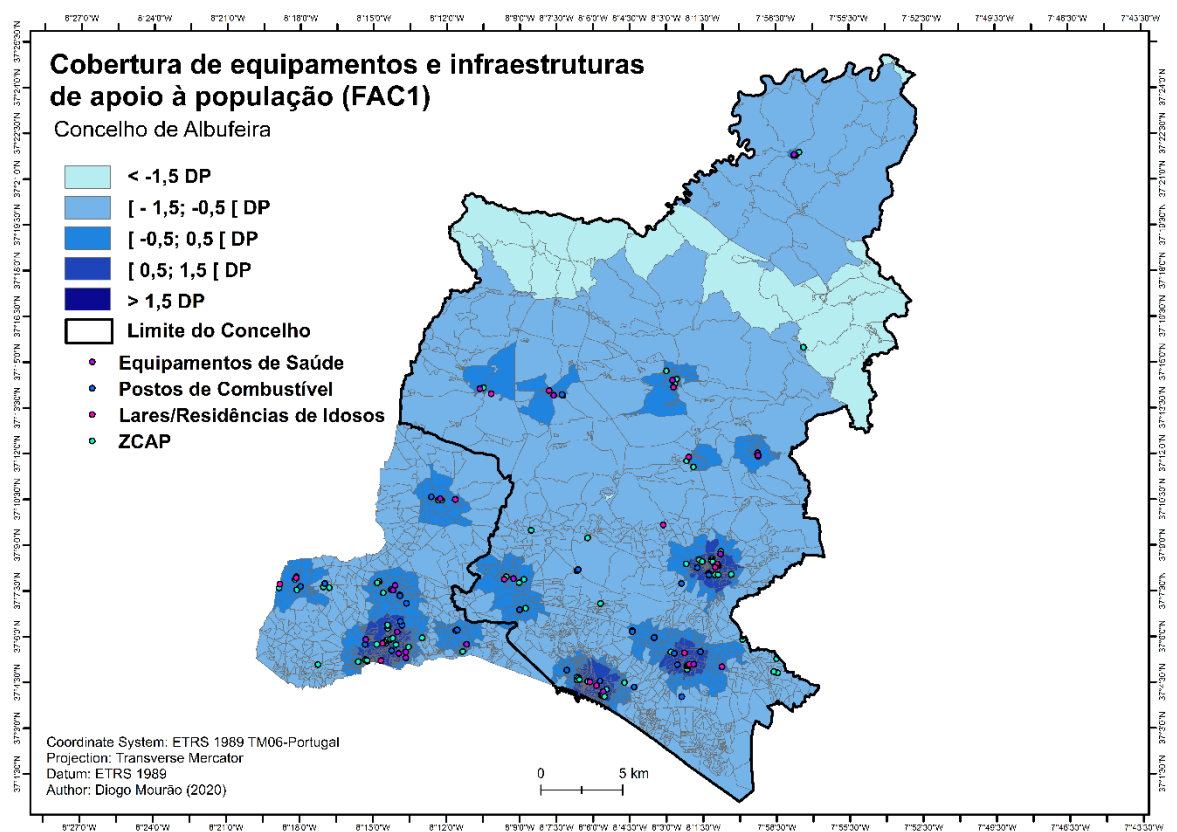


Anexo B.15 Mapa para a FAC5 (criticidade) no concelho de Portimão

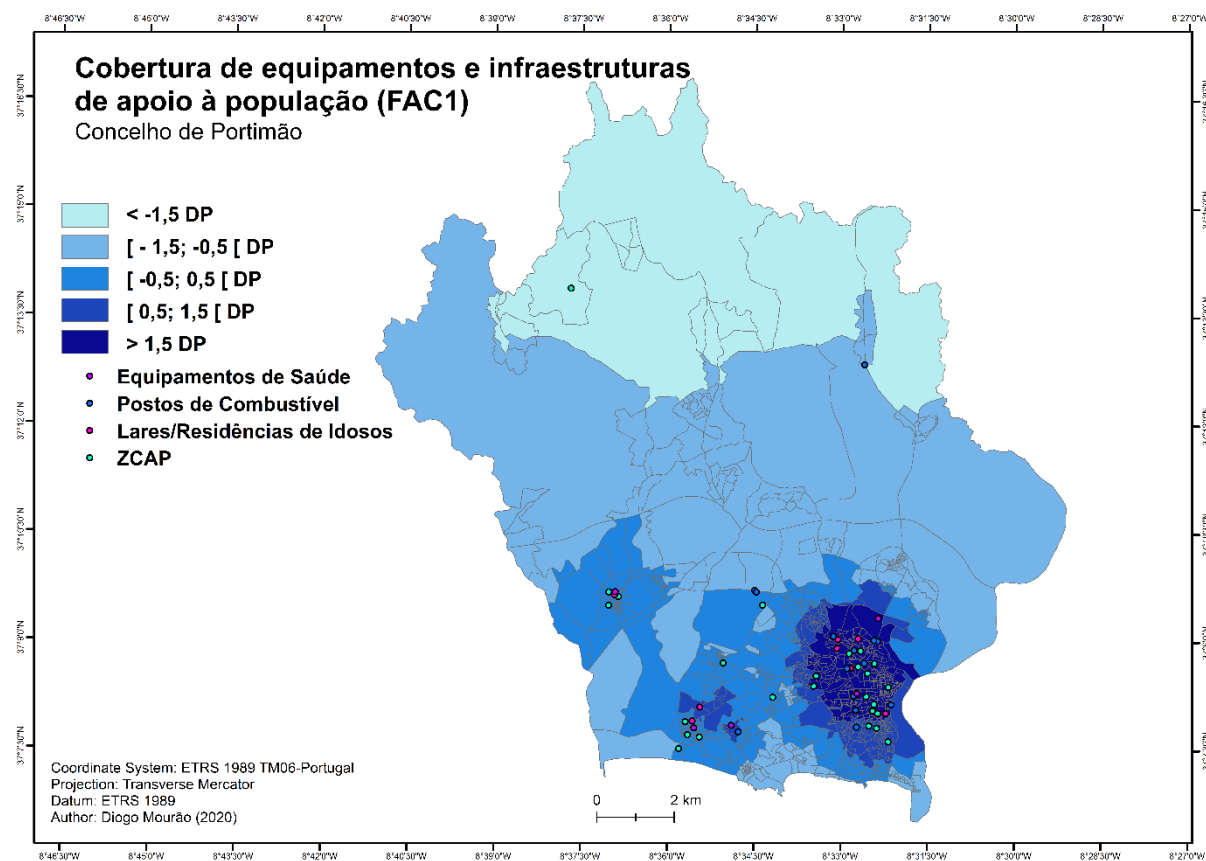
C. Mapas de cada concelho para cada FAC da capacidade de suporte



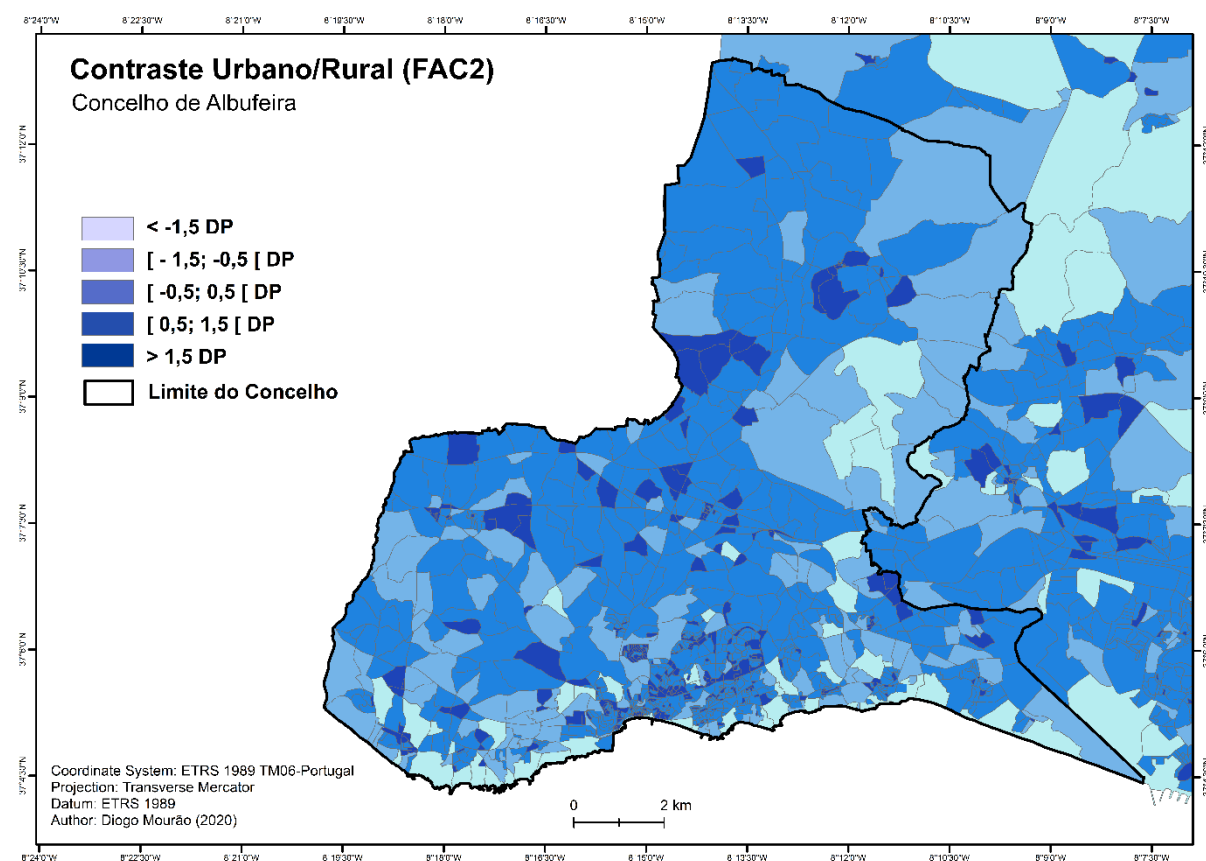
Anexo C.1 Mapa para a FAC1 (capacidade de suporte) no concelho de Albufeira



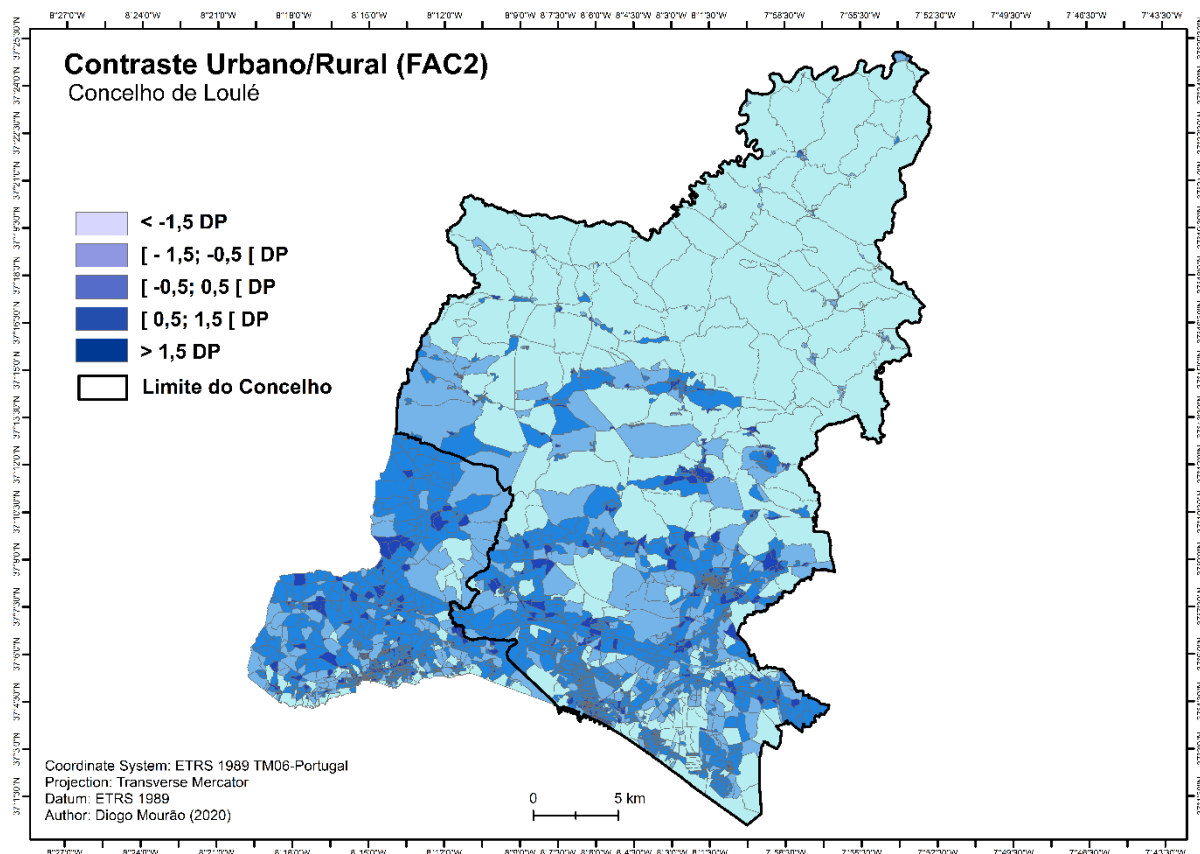
Anexo C.2 Mapa para a FAC1 (capacidade de suporte) no concelho de Loulé



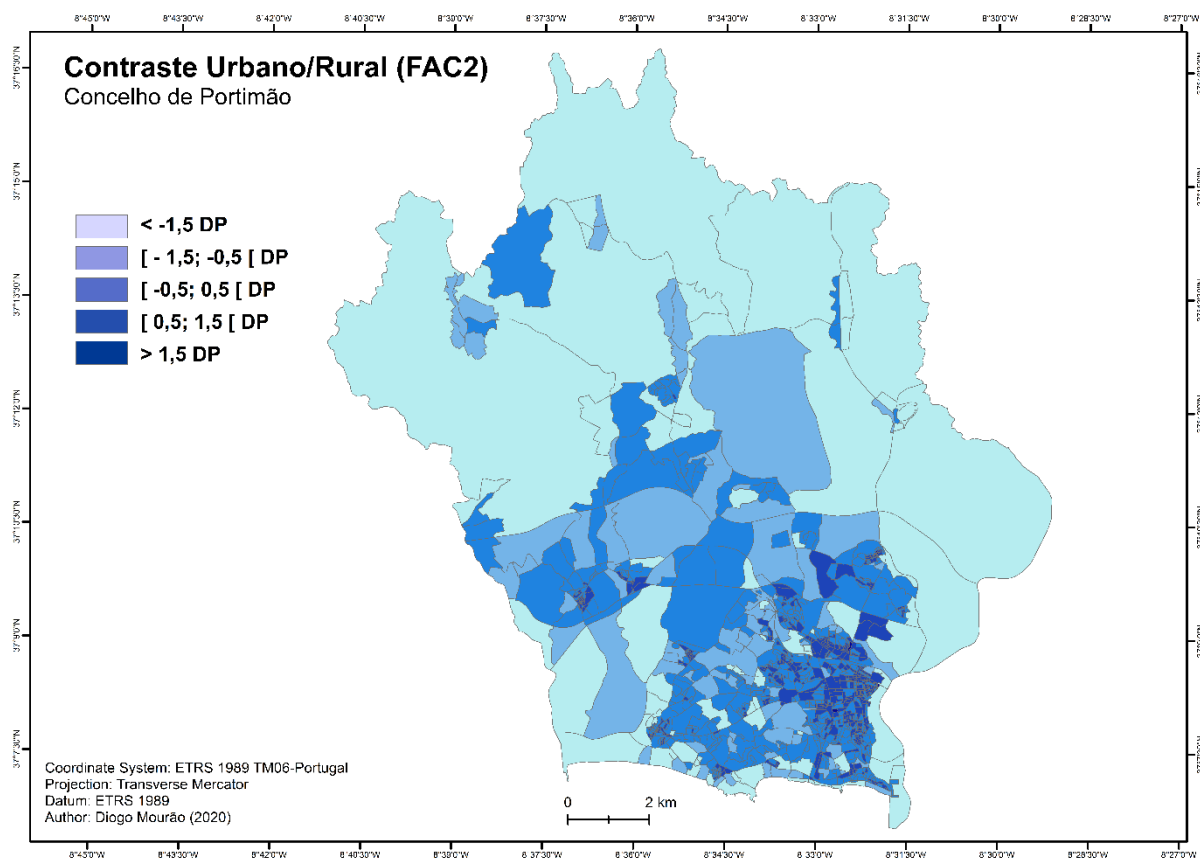
Anexo C.3 Mapa para a FAC1 (capacidade de suporte) no concelho de Portimão



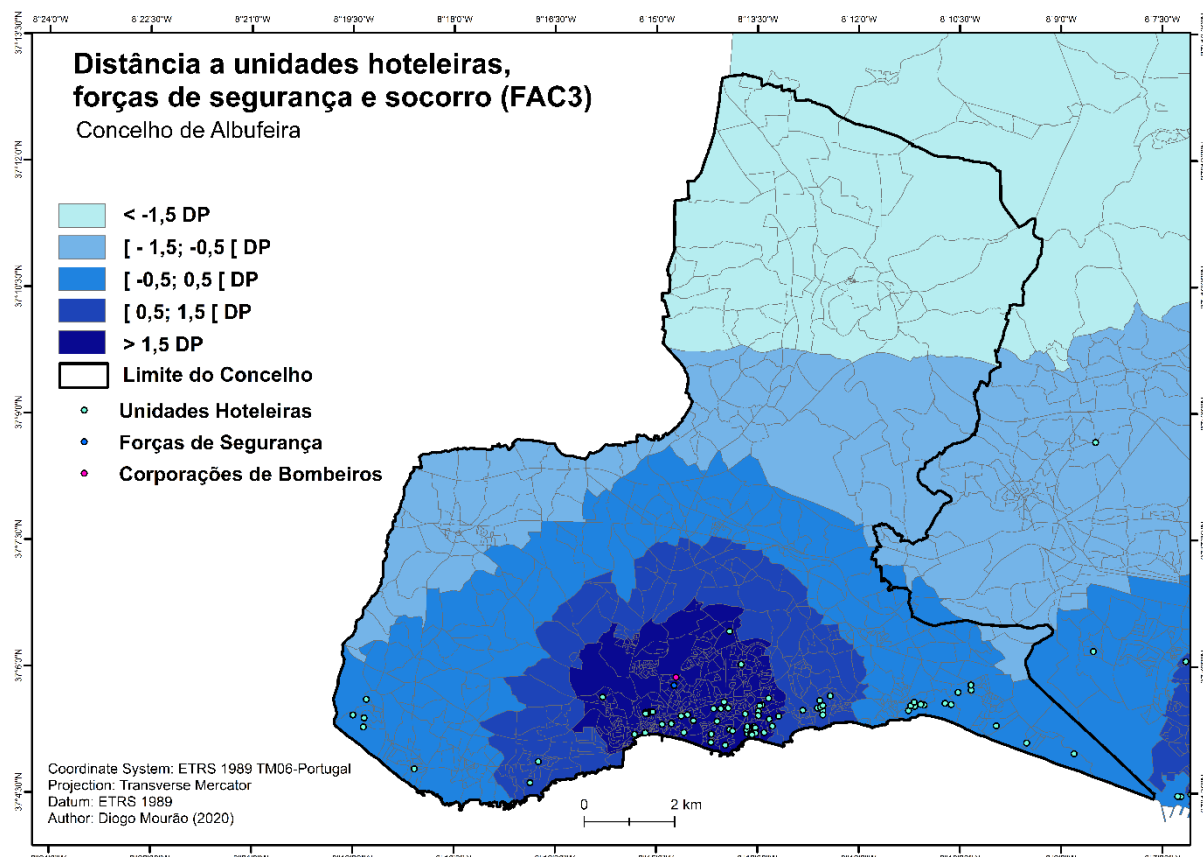
Anexo C.4 Mapa para a FAC2 (capacidade de suporte) no concelho de Albufeira



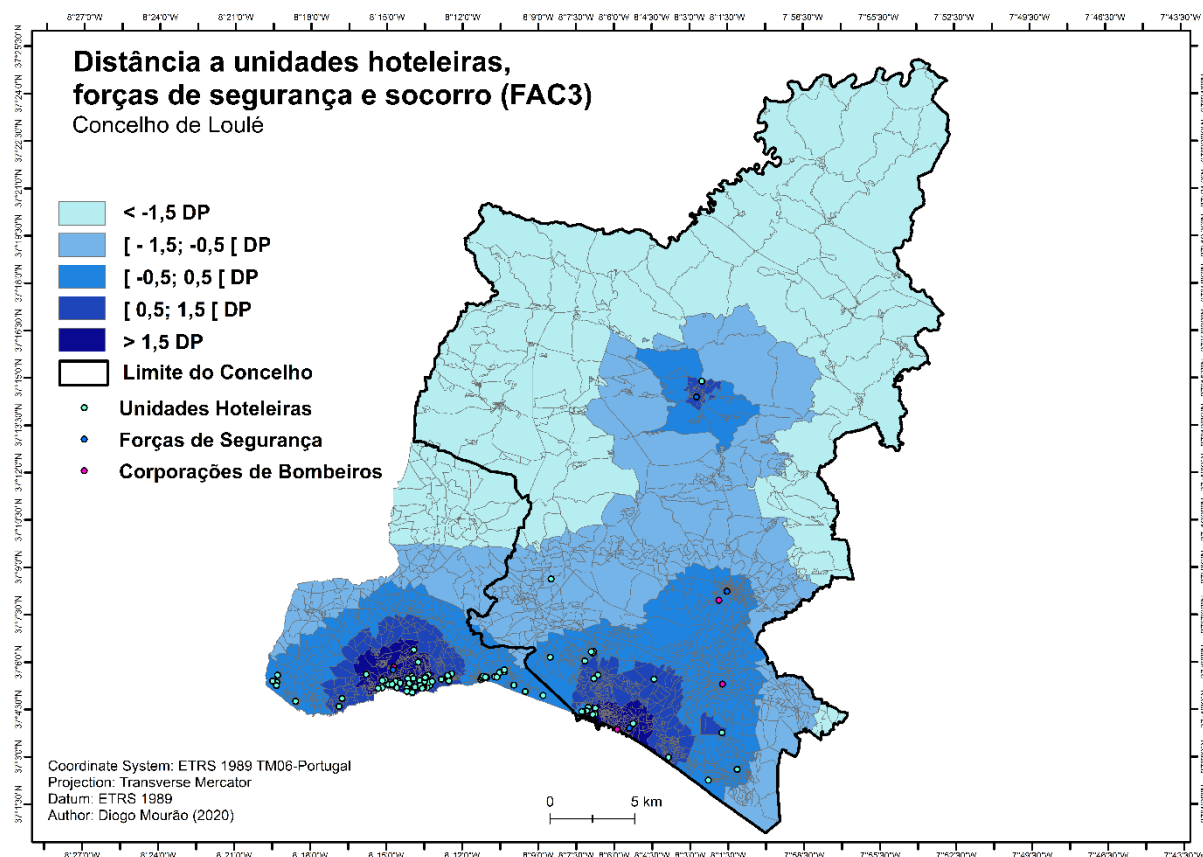
Anexo C.5 Mapa para a FAC2 (capacidade de suporte) no concelho de Loulé



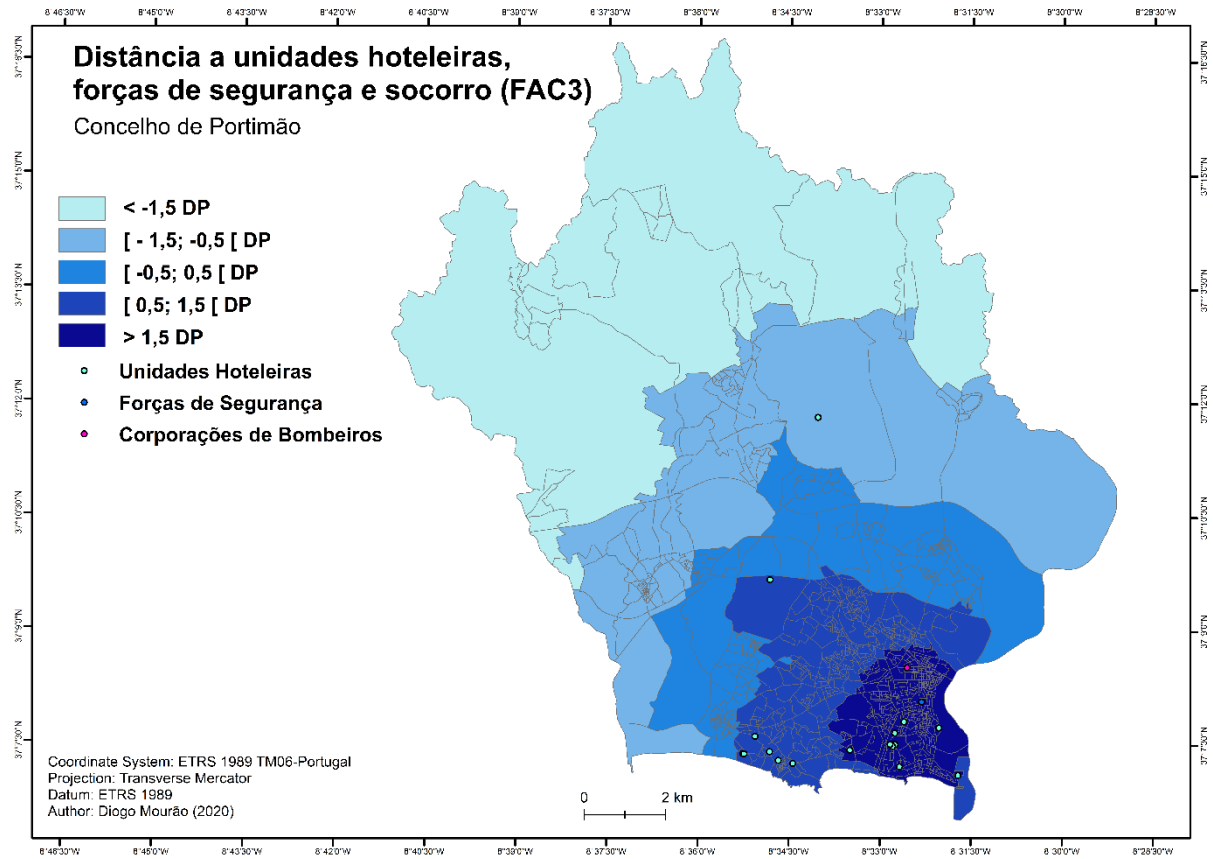
Anexo C.6 Mapa para a FAC2 (capacidade de suporte) no concelho de Portimão



Anexo C.7 Mapa para a FAC3 (capacidade de suporte) no concelho de Albufeira



Anexo C.8 Mapa para a FAC3 (capacidade de suporte) no concelho de Loulé



Anexo C.9 Mapa para a FAC3 (capacidade de suporte) no concelho de Portimão