

V. Nuno Martins | **Avaliação da Vulnerabilidade Social aos Perigos Naturais, Tecnológicos e Biológicos no Concelho do Funchal (Região Autónoma da Madeira)**

Avaliação da Vulnerabilidade Social aos Perigos Naturais, Tecnológicos e Biológicos no Concelho do Funchal (Região Autónoma da Madeira)

V. NUNO MARTINS

Disaster Research Center | Universidade de Delaware

Resumo:

O conceito de vulnerabilidade social assume um papel central na análise dos fenómenos de desastre, na identificação dos processos que determinam a capacidade de indivíduos, comunidades ou sociedades para se preparar, responder e recuperar de um desastre e no estabelecimento de políticas de redução do risco. Tendo em conta o registo histórico de desastre do Funchal, bem como os desastres ocorridos nos últimos 40 anos, torna-se fundamental conhecer os níveis e os padrões de vulnerabilidade social aos perigos deste concelho. Assim, este artigo propõe um modelo geoespacial para avaliar a vulnerabilidade social do Funchal aos perigos naturais, tecnológicos e biológicos. Os resultados indicam que os níveis de vulnerabilidade social no Funchal são moderados. O ambiente construído e as propriedades demográficas são as dimensões que apresentam os valores de vulnerabilidade mais elevada. Adicionalmente, as áreas do concelho com maior presença de população residente, edifícios e alojamentos clássicos são mais vulneráveis em resultado da sua maior exposição aos agentes de perigo. Também concluímos que as vulnerabilidades socioeconómicas se encontram concentradas nas zonas altas do Funchal. De acordo com os níveis e dinâmicas de vulnerabilidade social do concelho, propõe-se um novo paradigma para a governação e gestão do risco de desastre no Funchal.

Palavras-chave: vulnerabilidade social, perigos, SIG, Análise Multicritério, Funchal, desastres

V. Nuno Martins | **Avaliação da Vulnerabilidade Social aos Perigos Naturais, Tecnológicos e Biológicos no Concelho do Funchal (Região Autónoma da Madeira)**

Abstract:

The concept of vulnerability plays a key role in understanding disasters, identifying the processes that determine the ability of individuals or societies to prepare for, cope with, respond to, and recover from disasters, and to guide the disaster risk reduction policies. The concept of vulnerability plays a key role in understanding disasters, identifying the processes that determine the ability of individuals or societies to prepare for, cope with, respond to, and recover from disasters, and to guide the disaster risk reduction policies. Given the historical record of disaster in Funchal, and the disasters that took place in the past 40 years, it becomes utterly important to examine the levels and patterns of social vulnerability to hazards in this municipality. Therefore, this article proposes a GIS-based model to evaluate the social vulnerability of Funchal to natural, technological and biological hazards. Our results indicate that the levels of social vulnerability in Funchal are moderate. The built environment and the demographic properties are the dimensions with the highest levels of vulnerability. Furthermore, the areas with higher concentration of people, buildings, and housing are the more vulnerable given their higher degree of exposure to threats. In addition, high levels of socioeconomic vulnerability were found in the highlands of Funchal. Given these social vulnerability trends and patterns, we propose a new paradigm for the governance and management of disaster risk in Funchal

Keywords: social vulnerability, hazards, GIS, Multicriteria Analysis, Funchal, disasters

Introdução

Os desastres são eventos concentrados no tempo e no espaço que resultam na perda de vida humana, em danos materiais e infraestruturais substanciais e na disrupção do quotidiano das sociedades, devido ao colapso das suas funções sociais, económicas e político-administrativas (Fritz, 1961). Estes eventos têm assolado a Humanidade desde os seus primórdios, vejamos, por exemplo, a destruição de Pompeia no ano 79 d.C., as secas que contribuíram para a queda da civilização Maia nos séculos VIII e IX, a peste negra que dizimou 50% da população europeia no século XIV, o grande incêndio de Londres, em 1666, ou o primeiro desastre da era Moderna: o terramoto de Lisboa de 1755. Interpretados pelo Homem, ao longo dos séculos, como Atos de Deus ou Atos da Natureza, os desastres “são eventos multidimensionais que entrecruzam os vários aspetos

V. Nuno Martins | **Avaliação da Vulnerabilidade Social aos Perigos Naturais, Tecnológicos e Biológicos no Concelho do Funchal (Região Autónoma da Madeira)**

da vida humana” (Oliver-Smith, 2004: 11), extravasando, deste modo, as questões de natureza divina/sobrenatural e as idiosincrasias do mundo natural.

Efetivamente, os desastres resultam da interação mantida entre os agentes de perigosidade e as vulnerabilidades associadas aos indivíduos ou sociedades, sendo aquelas construídas, mantidas e reproduzidas no ambiente demográfico, social, político, económico, político, administrativo, institucional, tecnológico, cultural e ambiental (Wisner et al., 2004). Nesta perspetiva, os desastres são construções sociais, dada a importância que os processos e as relações sociais assumem na exacerbação, ou pelo contrário, na atenuação dos níveis de exposição aos perigos por parte de indivíduos e sociedades, bem como no acesso destes aos recursos e às relações de poder, determinando-lhes o nível de vulnerabilidade (Dynes, 1970; Quarantelli, 1998; Rodriguez e Russell, 2004; Quarantelli, 2005). Assim, o conceito de vulnerabilidade desconstrói a interpretação do desastre enquanto evento exclusivamente físico (O’Keefe et al., 1976; Hewitt, 1983). Permite também analisar o desastre enquanto evento multidimensional, bem como situar os níveis e os padrões de distribuição de risco nos grupos sociais e nas comunidades, desempenhando ainda um papel preponderante na definição das políticas e estratégias de redução do risco.

Dado o cariz multidimensional da vulnerabilidade, este conceito interdisciplinar assume diversas definições. Neste artigo, entende-se por vulnerabilidade a probabilidade em vivenciar situações negativas devido à ação de um ou mais agentes de perigosidade, refletindo a capacidade individual, familiar ou de uma comunidade para preparar, enfrentar, responder e recuperar de um desastre (Blaikie et al., 1994; Wisner et al., 2004). As diferentes interpretações deste conceito conduziram à sua conceptualização através de diferentes modelos e perspetivas teóricas, como o modelo da Pressão e Libertação (PAR) (Blaikie et al., 1994; Wisner et al., 2004), o modelo do perigo do lugar (Cutter, 1996; Cutter et al., 2003), a ecologia política da vulnerabilidade (Oliver-Smith, 1999; Martins, 2017), a dupla estrutura de vulnerabilidade (Bohle, 2001), o modelo do risco de desastre (Davidson, 1997) e a anatomia da insegurança de Hewitt (1997).

Partindo de uma perspetiva sociológica, assente nos princípios da economia política, o modelo PAR de Blaikie et al. (1994) propõe que a vulnerabilidade resulta da combinação de causas estruturais (p. ex., a desigualdade no acesso ao poder, a recursos e a informação) e de pressões dinâmicas (p.ex., o aumento da população; a rápida

V. Nuno Martins | **Avaliação da Vulnerabilidade Social aos Perigos Naturais, Tecnológicos e Biológicos no Concelho do Funchal (Região Autónoma da Madeira)**

urbanização; os conflitos sociais e/ou militares) que geram condições de vida pouco seguras, nomeadamente, a localização em zonas de risco elevado, a predominância de edifícios e infraestruturas pouco resilientes aos riscos e a incapacidade individual, social ou institucional para reduzir os níveis de risco.

Assente nos princípios da ecologia humana, o modelo da anatomia da insegurança conceptualizado pelo geógrafo Kenneth Hewitt (1997) sugere que a vulnerabilidade aos perigos é determinada por cinco mecanismos: i) o nível de exposição aos perigos, que depende da localização, da ocupação do espaço físico e do estilo de vida; ii) as suscetibilidades inerentes aos sujeitos, isto é, a predisposição biológica ou física para a vulnerabilidade; iii) as suscetibilidades socialmente construídas, como por exemplo, a pobreza, as condições socioeconómicas e o estatuto social; iv) a falta de capacidade de resposta, em particular, a falta de resiliência e de mecanismos protetivos; e v), a incapacidade, diretamente relacionada como a falta de meios e recursos, para mitigar os diferentes riscos. Segundo os pressupostos da ecologia política, os padrões de vulnerabilidade aos perigos resultam das interações espaciotemporais entre as sociedades humanas, as suas estruturas políticas e económicas e o ambiente físico onde residem (Oliver-Smith, 1999; 2004). Porém, ao contrário das perspetivas teóricas anteriores, para Oliver-Smith, ao mesmo tempo que se formam padrões de vulnerabilidade nas sociedades, também são criados mecanismos, comportamentos e práticas de adaptação e de resposta aos perigos (Oliver-Smith, 1999; 2004; Martins, 2017). Ou seja, a vulnerabilidade das sociedades aos perigos é construída numa base diária por influência de processos multidimensionais – políticos, económicos, sociais, culturais, entre outros –, sendo que as sociedades humanas também são capazes de se adaptarem a ambientes de risco e de mitigar as suas vulnerabilidades.

De acordo com Cutter et al. (2000: 2), vulnerabilidade social resulta “das atividades e circunstâncias da vida diária ou das suas transformações” (Cutter et al., 2000: 2). Por outras palavras, a vulnerabilidade social decorre das diferentes suscetibilidades dos indivíduos e comunidades, como a falta de acesso aos recursos, incluindo a informação e o bem-estar; o acesso limitado ao poder e à representação política; as crenças e os costumes; e os edifícios e as infraestruturas vulneráveis (Cannon et al., 2003). Porém, a vulnerabilidade social não está apenas relacionada com as fragilidades dos indivíduos ou das sociedades, dado que abrange outras suscetibilidades, como as propriedades do

V. Nuno Martins | **Avaliação da Vulnerabilidade Social aos Perigos Naturais, Tecnológicos e Biológicos no Concelho do Funchal (Região Autónoma da Madeira)**

ambiente construído (Hewitt, 1997; Davidson, 1997; Martins et al., 2012). A vulnerabilidade social constitui-se, assim, numa base intra-societária (Rodríguez e Russell 2004), incorporando fatores demográficos, socioeconómicos, políticos, culturais e físicos, como, por exemplo, a idade, o género, a raça e a etnia, a classe social, o estatuto socioeconómico, eventuais índices de deficiência, o tipo de emprego ou o desemprego, o estatuto de imigrante, a densidade e a qualidade do ambiente construído, os modelos de uso do solo, a ideologia política, a existência de redes de apoio formal e informal, o título de propriedade da habitação (i.e. proprietário vs. arrendatário), o tipo de habitação, o nível de coesão social, a dependência de um único ou de vários sectores de atividade económica, entre outros (Wisner e Luce, 1993 ; Davidson, 1997; Morrow, 1999; Cutter et al., 2003; Dwyer et al. 2004; Armas, 2008; Martins et al., 2012).

A avaliação da vulnerabilidade social aos perigos tem sido operacionalizada através de índices, utilizando indicadores estatísticos e aplicando métodos quantitativos e dedutivos (Wisner, 2004; Di Marchi e Scolobig, 2012). De modo geral, estes índices procuram quantificar a vulnerabilidade social a perigos com base na análise de indicadores de natureza demográfica e socioeconómica. É possível identificar vários modelos que utilizam indicadores na avaliação da vulnerabilidade social, como o índice SOVI (Cutter et al., 2000; 2003; Armas e Gravis, 2013), o índice da Prevalência de Vulnerabilidade (Cardona, 2005) e os índices baseados na Análise Multicritério (AMC) (Rashed e Weeks, 2003; Martins et al., 2012).

Este artigo propõe a avaliação da vulnerabilidade social aos perigos naturais, tecnológicos e biológicos do concelho de Funchal, localizado na Região Autónoma da Madeira (RAM). Metodologicamente, a avaliação da vulnerabilidade social será desenvolvida num modelo de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) que utilizará os métodos da AMC. A seleção desta metodologia decorre de quatro ordens de razão. Primeiro, é um método vocacionado para os processos de tomada de decisão, e a avaliação da vulnerabilidade social é uma ação orientada para tomadas de decisão, ou seja, para a gestão do risco. Segundo, através de um processo de tomadas de decisão em grupo, é possível identificar os níveis e padrões de vulnerabilidade social na área de estudo, evitando o processamento de dados estatísticos baseado apenas em métodos taxionómicos, que revelaram limitações no passado (Kuhlicke et al., 2011; Martins et al., 2012; Di Marchi e Scolobig, 2012). Terceiro, este método incorpora técnicas que permitem

V. Nuno Martins | **Avaliação da Vulnerabilidade Social aos Perigos Naturais, Tecnológicos e Biológicos no Concelho do Funchal (Região Autónoma da Madeira)**

quer a estruturação hierárquica do modelo de vulnerabilidade social em função da sua base teórica, quer a determinação da importância relativa dos critérios de vulnerabilidade entre si, quer a combinação destas através das lógicas difusas. Quarto, a AMC admite a introdução das lógicas difusas na avaliação da vulnerabilidade social, lógicas estas que consideram e incluem a incerteza e a imprecisão como componentes intrínsecas dos modelos de avaliação de vulnerabilidade social, assumindo-se como o princípio ideal e de maior consistência para lidar com a incerteza arrolada a estes processos (Rashed e Weeks 2003).

O principal objetivo deste artigo é, portanto, implementar e operacionalizar um modelo SIG que permita avaliar a vulnerabilidade social do concelho do Funchal aos perigos naturais, tecnológicos e biológicos, ao nível da subsecção estatística, através da utilização dos métodos da AMC. Este modelo pretende identificar os níveis, os padrões e os *hotspots* de vulnerabilidade social no concelho do Funchal. Este exercício é necessário de modo a identificar os valores de vulnerabilidade social deste concelho, determinar a localização de áreas particularmente vulneráveis e enquadrar os processos e fatores que determinam a vulnerabilidade dos funchalenses e seus visitantes aos agentes de perigosidade. Adicionalmente, e em função dos resultados obtidos, propor-se-ão estratégias para a redução do risco e medidas para aperfeiçoar o sistema de gestão da emergência, com o objetivo de reduzir o risco de desastre no Funchal.

Vulnerabilidade Social à Perigosidade Natural, Tecnológica e Biológica

O estudo da vulnerabilidade social aos perigos baseia-se na análise de dinâmicas demográficas, sociais, económicas, infraestruturais e ambientais (Blaikie et al., 1994; Davidson, 1997; Hewitt, 1997; Morrow, 1999; Cutter et al., 2003; Dwyer et al., 2004; Armas, 2008; Armas e Gravis et al., 2012; Martins et al., 2012). Abordar-se-ão primeiro as dinâmicas de natureza demográfica: os grupos situados nos extremos do espectro etário (jovens e idosos); a população feminina; as famílias de dimensão reduzida ou alargada; a densidade populacional (Cutter et al., 2003; Armas, 2008). A vulnerabilidade associada aos mais jovens e aos idosos decorre de eventuais circunstâncias de menor agilidade física e, simultaneamente, da situação de potencial dependência em relação a outrem (Wisner e

V. Nuno Martins | **Avaliação da Vulnerabilidade Social aos Perigos Naturais, Tecnológicos e Biológicos no Concelho do Funchal (Região Autónoma da Madeira)**

Luce, 1993). No caso particular dos idosos, uma conjugação de traços associados à sua condição física, à maior dependência social do Estado e das redes informais de apoio (e.g. família, vizinhos e amigos), podem interferir negativamente na resposta ao desastre como na recuperação pós-desastre. Nos jovens, a vulnerabilidade aumenta nos casos de ausência de suporte familiar ou em estruturas familiares carenciadas (Hewitt, 1997; Cutter et al., 2003). Na dimensão da estrutura familiar, as famílias monoparentais e as famílias alargadas são potencialmente mais vulneráveis quando a estas se associam condições socioeconómicas geradoras de menores recursos financeiros para suportar os membros dependentes (Cutter et al., 2003; Dwyer et al., 2004).

Os fatores associados às dinâmicas socioeconómicas constituem-se como elementos-chave na análise da vulnerabilidade social. Os indivíduos e as famílias de maiores recursos, terão, à partida, melhores possibilidades de escolha e maior capacidade para investir em soluções habitacionais seguras, tanto ao nível da localização do edifício, como da solução construtiva da mesma, ou ainda na relação jurídica com a habitação (i.e., proprietário vs. arrendatário). Acresce-se que na fase pós-desastre, o estatuto socioeconómico mais elevado pode repercutir-se em mais recursos, tornando o processo de recuperação mais célere e menos disruptivo (Cutter et al., 2003; Dwyer et al., 2004).

O estatuto socioeconómico pode ser analisado através de diversos fatores, por exemplo, o rendimento, o acesso ao poder político e representação política, o tipo de profissão, e a taxa de emprego e a taxa de desemprego (Cutter et al., 2003; Armas, 2007; Martins et al., 2012). É importante sublinhar que o estatuto socioeconómico está frequentemente associado ao grau de instrução dos indivíduos. Um nível de instrução modesto diminui a possibilidade de os indivíduos melhorarem o seu estatuto social, além das populações menos instruídas terem maiores dificuldades de assimilar os sinais de emergência e de aceder à informação na fase de recuperação pós-desastre (Cutter et al., 2003). Pelo contrário, os indivíduos com maior grau de instrução possuem teoricamente mais e melhores oportunidades profissionais, e desse modo, podem melhorar a sua condição socioeconómica. A iliteracia e o nível de instrução dos indivíduos são indicadores normalmente utilizados na avaliação da vulnerabilidade associada ao grau de instrução das populações.

O ambiente construído é uma das principais causas dos danos e da disrupção da vida social quando um desastre tem lugar (Hewitt, 1997), afigurando-se incontornável a

V. Nuno Martins | **Avaliação da Vulnerabilidade Social aos Perigos Naturais, Tecnológicos e Biológicos no Concelho do Funchal (Região Autónoma da Madeira)**

sua inclusão na análise da vulnerabilidade social. Ainda para mais, a natureza e a qualidade da construção de edifícios e infraestruturas também dependem de factos de origem socioeconómica. Os fatores mais utilizados e que refletem a cultura de construção das regiões são: época de construção; tipo de estrutura de construção; tipo de função e de ocupação do edifício; taxa de ocupação; posição do edifício relativamente aos edifícios vizinhos (Sarris et al., 2009).

A época de construção dos edifícios é um elemento crucial, estando usualmente correlacionada com a tipologia de materiais utilizados na construção. Os materiais utilizados nas estruturas dos edifícios possuem diferentes mecanismos de resistência aos perigos, e deste modo, diferentes níveis de vulnerabilidade (Sarris et al., 2009). O tipo de função e de ocupação dos edifícios traduzem as vulnerabilidades associadas aos indivíduos, dado que os edifícios com função exclusivamente residencial são mais vulneráveis, ao existir a maior probabilidade de estarem ocupados aquando de um evento disruptivo (i.e., dependente do período do dia em que este ocorre). A situação de arrendatário também gera vulnerabilidades peculiares, dado que, após um desastre, o proprietário poderá não reabilitar o edifício por insuficiência financeira ou por falta de motivação pessoal (Morrow, 1999). Por fim, a vulnerabilidade social é completamente indissociável da exposição aos perigos por parte dos elementos em risco, ou seja, a população residente, os edifícios e os alojamentos (Davidson, 1997).

Caso de Estudo: o Concelho do Funchal

O arquipélago da Madeira localiza-se no Oceano Atlântico, entre os paralelos 33° 07' N e 32° 24' N e os meridianos 16° 17' W e 17 16' W, e está integrado na denominada região biogeográfica da Macaronésia. O arquipélago está situado a 950 Km sudoeste de Portugal Continental e a 700 Km oeste da costa Africana (Figura 1). O arquipélago é constituído pelas ilhas da Madeira e do Porto Santo, habitadas desde o século XV, e ainda pelos sub-arquipélagos das Desertas e das Selvagens. A Madeira é a principal ilha do arquipélago com uma área de 758,50 Km² e uma população residente de 250 mil habitantes (INE, 2017). O concelho do Funchal, localizado na costa sul desta ilha, apresenta uma área de 76,16 Km² e uma população residente de 104 mil habitantes (INE, 2017). Ou seja, aproximadamente 42% da população da ilha da Madeira reside no Funchal. A densidade populacional deste concelho é de 1376,2 habitantes/Km², o que representa uma

V. Nuno Martins | **Avaliação da Vulnerabilidade Social aos Perigos Naturais, Tecnológicos e Biológicos no Concelho do Funchal (Região Autónoma da Madeira)**

concentração populacional elevada, e que merece particular atenção, dada a exposição da cidade aos fenómenos de perigosidade natural, tecnológica e biológica.

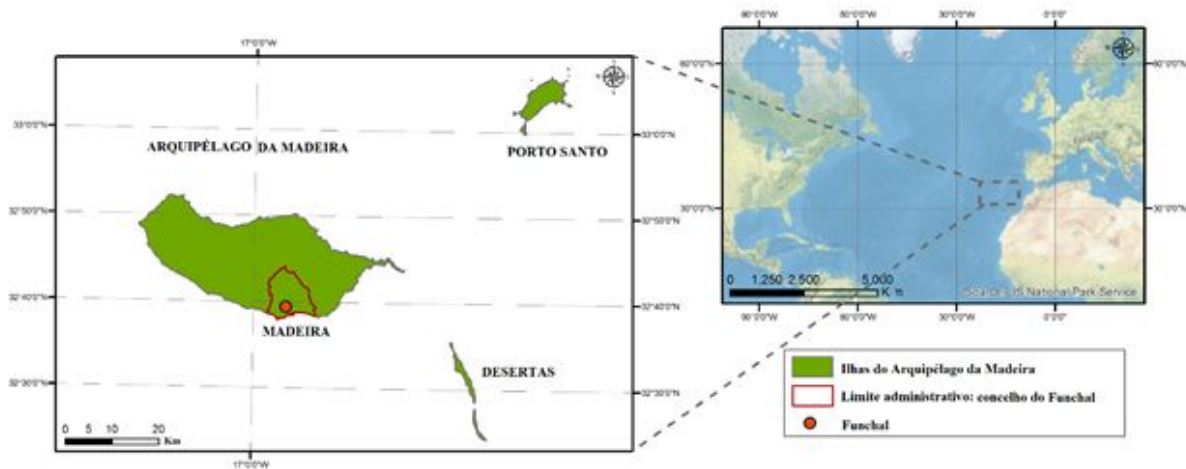


Figura 1. Localização do arquipélago da Madeira e do concelho do Funchal.

Há diferentes motivos que justificam a avaliação da vulnerabilidade social do Funchal. Em primeiro lugar, este concelho apresenta um registo histórico de desastre bastante significativo. As aluviões de 9 de Outubro de 1803, de 29 de Outubro de 1993 e de 20 de Fevereiro de 2010 marcaram negativamente a história do Funchal devido ao número de mortos que provocaram (i.e., no total, entre 700 a 1100 indivíduos), bem como pelos danos materiais, infraestruturais e económicos que produziram, e ainda pelo trauma psicológico deixado na sua população (Quintal 1999; CRED, 2019). Importa também realçar que o Funchal experienciou incêndios de grande dimensão nas suas zonas altas e superaltas, em Agosto de 2010, Julho de 2012, Agosto de 2013 e Agosto de 2016 (Quintal, 2018). Estes eventos comportaram elevados prejuízos sociais, ecológicos e económicos. Portanto, os desastres são eventos frequentes no concelho do Funchal e têm produzido graves disrupções sociais ao longo dos séculos.

Em segundo lugar, à semelhança de outras ilhas de pequena dimensão, a vulnerabilidade da Madeira hoje é ditada por fatores inerentes à sua condição de geografia insular, nomeadamente, a localização remota, o isolamento, a distância aos centros de

V. Nuno Martins | **Avaliação da Vulnerabilidade Social aos Perigos Naturais, Tecnológicos e Biológicos no Concelho do Funchal (Região Autónoma da Madeira)**

decisão, a ausência de influência geoestratégica, a dependência externa, a economia frágil e pouco diversificada, a pressão demográfica e urbanística e a suscetibilidade do ambiente físico (Pelling e Uitto, 2001; Turvey, 2007; Martins, 2017). Torna-se indispensável, deste modo, analisar a vulnerabilidade social do Funchal aos perigos, dado que nesta cidade se concentram as funções sociais, económicas, político-administrativas e culturais da RAM. Por outro lado, com a exceção de um estudo qualitativo conduzido por Martins (2017), não se conhecem outros trabalhos que analisem a vulnerabilidade social do Funchal aos perigos naturais, tecnológicos e biológicos. Em terceiro lugar, o rápido crescimento populacional verificado nos últimos 100 anos, no Funchal, aliado à rápida urbanização deste concelho, contribuiu para a ocupação de áreas de perigosidade elevada, como os leitos de ribeiras e ribeiros, a orla costeira e as áreas de declive acentuado. Deste modo, torna-se urgente conhecer a vulnerabilidade social do concelho do Funchal. Por último, os cenários referentes às alterações climáticas em pequenas ilhas, como a Madeira e o Porto Santo, antecipam a subida do nível da água do mar e o aumento da frequência e magnitude dos fenómenos naturais extremos. É fundamental, assim, conhecer a vulnerabilidade social do Funchal de modo a propor medidas de mitigação que tenham em conta os diferentes fatores que determinam e condicionam o risco de desastre no concelho.

Tendo em conta os objetivos propostos neste artigo, bem como os fatores de vulnerabilidade social identificados na pesquisa bibliográfica e as singularidades da área de estudo acima mencionadas, a presente avaliação da vulnerabilidade social do Funchal focará exclusivamente quatro dimensões de vulnerabilidade: demográfica, socioeconómica, ambiente construído e exposição ao perigo. Um conjunto de indicadores disponibilizados pelo Instituto Nacional de Estatística (INE) será utilizado para avaliar a vulnerabilidade social do concelho. A unidade de análise será a subsecção estatística, o que permitirá analisar a vulnerabilidade em três escalas distintas: intra-freguesia; inter-freguesia; e concelho. Por fim, a análise da vulnerabilidade baseia-se numa abordagem multi-perigo, ou seja, parte-se do pressuposto que o concelho está exposto a diferentes tipos de perigo (e.g., cheias rápidas; movimentos de vertente; erosão costeira; acidentes industriais; rutura de infraestruturas; epidemias; pandemias). De fato, à luz dos eventos calamitosos ocorridos muito recentemente, torna-se claro que o concelho do Funchal está exposto a diferentes formas de perigosidade.

Modelação da Vulnerabilidade Social: Dados e Metodologia

A avaliação da vulnerabilidade social proposta neste artigo é baseada numa abordagem taxionómica. Esta permite avaliar a vulnerabilidade social com recurso à utilização de indicadores estatísticos. Assim, este modelo de análise utilizará indicadores estatísticos do XV Recenseamento Geral da População de Portugal 2011 e do V Recenseamento Geral da Habitação 2011 (INE, 2011). Estes dados estão disponíveis para consulta e download no sítio da Internet do INE (<http://mapas.ine.pt/map.phtml>). Os dados disponibilizados pelo INE incluem um total de 122 indicadores que cobrem diversas áreas temáticas, designadamente, população, famílias clássicas, alojamento, edifícios, emprego, educação, saúde, entre outros. No que se refere aos dados de natureza geográfica, estão disponíveis para download em diferentes unidades espaciais, desde a subsecção estatística até ao concelho. No âmbito deste artigo optou-se por trabalhar os indicadores estatísticos ao nível da subsecção estatística. Para a modelação da vulnerabilidade social utilizou-se o software ArcGIS 10.3 da ESRI® e ainda o Idrisi Taiga™.

A avaliação da vulnerabilidade social foi desenvolvida em quatro fases. Na fase inicial, a estrutura hierárquica do modelo de vulnerabilidade social foi estabelecida com base na pesquisa bibliográfica efetuada. A seleção dos critérios de vulnerabilidade social obedeceu igualmente às regras estabelecidas pela AMC: i) o desenvolvimento de uma estrutura hierárquica transversal, considerando o carácter multidimensional da vulnerabilidade social; ii) a operacionalidade dos critérios, de modo a salvaguardar o tratamento georreferenciado dos dados; e iii), a garantia de não redundância, com o propósito de evitar a sobreposição de informação similar (Malczewski, 1999; Martins et al., 2012).

O modelo de vulnerabilidade social apresenta uma hierarquia organizada em três níveis de abstração como visível na Tabela 1. O 1º nível compreende as quatro dimensões que definem a multidimensionalidade da vulnerabilidade social: demografia; socioeconómico; ambiente construído; exposição ao perigo (Tabela 1). O 2º nível da demografia considera a estrutura etária, o género, a dimensão das famílias clássicas, a estrutura das famílias clássicas de acordo com a idade e a densidade populacional (Tabela 1). O 3º nível da estrutura etária está organizado em três categorias, bem como o 3º nível

V. Nuno Martins | **Avaliação da Vulnerabilidade Social aos Perigos Naturais, Tecnológicos e Biológicos no Concelho do Funchal (Região Autónoma da Madeira)**

da dimensão das famílias clássicas e o da estrutura das famílias clássicas segundo a idade (Tabela 1). O 3º nível do género apresenta duas categorias (Tabela 1). A densidade populacional é uma variável de valores contínuos, logo sem hierarquização de 3º nível (Tabela 1).

Tabela 1. Modelo hierárquico de vulnerabilidade social (por nível de abstração), tipo de função de normalização e peso relativo dos fatores.

Nível de Hierarquia	CrITÉRIOS de Vulnerabilidade Social	Normalização	Pesos
1º	Demografia		
2º	Estrutura etária		(0.2486)
3º	População residente <14 anos (%)	Crescente	0.4545
3º	População residente entre 14 e 64 anos (%)	Decrescente	0.0909
3º	População residente >65 anos (%)	Crescente	0.4545
2º	Género		(0.0611)
3º	População residente - Masculino (%)	Decrescente	0.3000
3º	População residente – Feminina (%)	Crescente	0.7000
2º	Dimensão das famílias clássicas		(0.2226)
3º	Famílias com 1 ou 2 pessoas (%)	Crescente	0.4286
3º	Famílias com 3 ou 4 pessoas (%)	Decrescente	0.1429
3º	Famílias com 5 ou mais pessoas (%)	Crescente	0.4286
2º	Estrutura da família por idade		(0.2468)

V. Nuno Martins | **Avaliação da Vulnerabilidade Social aos Perigos Naturais, Tecnológicos e Biológicos no Concelho do Funchal (Região Autónoma da Madeira)**

3º	Famílias com pessoas > 65 anos (%)	Crescente	0.4286
3º	Famílias com pessoas < 14 anos (%)	Crescente	0.4286
3º	Famílias com pessoas entre 14 e 64 anos (%)	Decrescente	0.1429
2º	Densidade populacional (hab./hec.)		(0.2226)
1º	Socioeconómico		
2º	Índice de dependência potencial	Crescente	(0.0867)
2º	Taxa de analfabetismo	Crescente	(0.3154)
2º	Taxa de desemprego	Crescente	(0.3154)
2º	Nível de instrução		(0.0909)
3º	Indivíduos com 1º/2º ciclo completo (%)	Crescente	0.6370
3º	Indivíduos com 3º ciclo/secundário completo (%)	Crescente	0.2583
3º	Indivíduos com ensino universitário completo (%)	Decrescente	0.1047
2º	Famílias clássicas em situação desemprego		(0.1632)
3º	Famílias sem indivíduos desempregados (%)	Decrescente	0.1047
3º	Famílias com 1 indivíduo desempregado (%)	Crescente	0.2583
3º	Famílias com 2 ou mais indivíduos desempregados (%)	Crescente	0.6370
2º	Emprego por sector de atividade económica		(0.0283)

V. Nuno Martins | **Avaliação da Vulnerabilidade Social aos Perigos Naturais, Tecnológicos e Biológicos no Concelho do Funchal (Região Autónoma da Madeira)**

3º	Indivíduos empregados no sector primário (%)	Crescente	0.6370
3º	Indivíduos empregados no sector secundário (%)	Crescente	0.2583
3º	Indivíduos empregados no sector terciário (%)	Decrescente	0.1047
1º	Ambiente construído		
2º	Época de construção dos edifícios		(0.1250)
3º	Edifícios construídos <1919 - 1945 (%)	Crescente	0.6370
3º	Edifícios construídos entre 1946 e 1991 (%)	Decrescente	0.2583
3º	Edifícios construídos entre 1992 e 2010 (%)	Decrescente	0.1047
2º	Tipo de estrutura de construção dos edifícios		(0.1250)
3º	Edifícios com paredes em betão (%)	Decrescente	0.1047
3º	Edifícios com paredes em alvenaria argamassada (%)	Decrescente	0.2583
3º	Edifícios com paredes em alvenaria de pedra/adobe (%)	Crescente	0.6370
2º	Tipo de função dos edifícios		(0.3750)
3º	Edifícios com função principalmente residencial (%)	Crescente	0.8000
3º	Edifícios com função principalmente não residencial (%)	Decrescente	0.2000
2º	Alojamentos clássicos por tipo de ocupação		(0.3750)

V. Nuno Martins | **Avaliação da Vulnerabilidade Social aos Perigos Naturais, Tecnológicos e Biológicos no Concelho do Funchal (Região Autónoma da Madeira)**

3º	Edifícios ocupados por proprietários (%)	Decrescente	0.3000
3º	Edifícios ocupados por arrendatários (%)	Crescente	0.7000
1º	Exposição ao Perigo		
2º	População residente (%)	Crescente	(0.3333)
2º	Edifícios (%)	Crescente	(0.3333)
2º	Alojamentos (%)	Crescente	(0.3333)

A vulnerabilidade de natureza socioeconómica é avaliada através de seis fatores de 2º nível: o índice de dependência potencial, a taxa de analfabetismo, a taxa de desemprego, o nível de instrução, o número de indivíduos em famílias clássicas em situação de desemprego e o emprego por sector de atividade económica (Tabela 1). O grau de instrução, o emprego por sector de atividade económica e o número de indivíduos em famílias clássicas em situação de desemprego estão hierarquizados em três categorias de 3º nível (Tabela 1). Os restantes fatores da dimensão socioeconómica – índice de dependência potencial, taxa de analfabetismo e taxa de desemprego – compreendem valores contínuos e não apresentam uma desagregação de 3º nível (Tabela 1).

A vulnerabilidade associada ao ambiente construído é avaliada através de quatro fatores: a época de construção; os materiais de construção; o tipo de função do edifício; e o tipo de ocupação dos alojamentos. A época de construção e os materiais de construção dos edifícios estão hierarquizados em três categorias de 3º nível enquanto o tipo de função do edifício e o tipo de ocupação dos alojamentos estão hierarquizados em duas categorias de 3º nível (Tabela 1).

A exposição ao perigo sísmico incorpora três fatores de 2º nível: população residente, edifícios e alojamentos (Tabela 1). Por serem fatores de vulnerabilidade compostos por valores contínuos não têm uma hierarquização de 3º nível. Neste modelo definiu-se como fatores de exclusão as subsecções estatísticas sem população residente e edifícios, de modo a evitar o enviesamento dos resultados finais.

V. Nuno Martins | Avaliação da Vulnerabilidade Social aos Perigos Naturais, Tecnológicos e Biológicos no Concelho do Funchal (Região Autónoma da Madeira)

Na segunda fase, uma vez que os fatores de vulnerabilidade social apresentam escalas de medida distintas tornou-se necessário proceder à sua normalização numa escala comum (Dodgson et al., 2009). Optou-se por normalizar os fatores através das lógicas difusas, um método que permite converter um fator numa dada escala para uma escala normalizada difusa, sendo que o resultado da normalização traduz o grau de pertença do fator numa escala que varia entre 0 e 1. Neste caso utilizou-se uma escala de 0 a 255 para tirar partido do espectro radiométrico do modelo de dados matricial (Kienberger et al. 2009). O valor 0 corresponde a total ausência de vulnerabilidade enquanto o valor 255 compreende a total presença de vulnerabilidade. Os fatores que hierarquizam o modelo de vulnerabilidade foram normalizados, optando-se por um tipo de função de normalização linear. Nesta função, a vulnerabilidade varia linearmente entre os valores mínimos e máximos na escala de cada fator. A vantagem da função linear é eliminar as variações abruptas de vulnerabilidade nos valores de cada fator selecionado, evitando assim, a propagação de ruído no modelo. Por outro lado, também é possível distinguir os fatores de vulnerabilidade segundo a forma de função de normalização a que foram submetidos, crescente ou decrescente (Tabela 1), consoante a direção de variação da vulnerabilidade num dado fator.

Na fase seguinte, a estimação do peso dos fatores de vulnerabilidade visou determinar a importância relativa destes entre si. Partir do princípio que os fatores da estrutura hierárquica possuem a mesma importância na avaliação da vulnerabilidade é incorreto, pois simplifica processos e relações de complexidade elevada (Malczewski, 1999). Logo, importou determinar a importância relativa dos fatores de vulnerabilidade. Neste âmbito utilizou-se o Processo Hierárquico Analítico (PHA) na estimação dos pesos. Este método permite a gestão da subjetividade de julgamento associado à estimação do peso dos fatores de vulnerabilidade, diminuindo a incerteza e o erro associados ao processo de avaliação (Eakin e Bojórquez, 2008). Para salvaguardar que a estimação dos pesos não é determinada de forma aleatória, o PHA incorpora um Índice de Consistência (IC), sendo que este para ser válido deverá ser inferior a 0,1 (Malczewski, 1999). Todas as estimações calculadas neste modelo apresentaram um IC inferior a 0,1, ou seja, não foram obtidas de forma aleatória, logo, são válidas.

Definiram-se três pressupostos para estimar a importância relativa dos critérios entre si e do respetivo peso de avaliação. Primeiro, a diferenciação da importância relativa

V. Nuno Martins | **Avaliação da Vulnerabilidade Social aos Perigos Naturais, Tecnológicos e Biológicos no Concelho do Funchal (Região Autónoma da Madeira)**

dos critérios teve em conta os pressupostos presentes na literatura de vulnerabilidade. Segundo, tendo em conta as limitações de consistência teórica de alguns fatores e a subjetividade intrínseca à avaliação da vulnerabilidade, determinaram a atribuição de diferenças de estimação reduzidas. Terceiro, no processo de estimação dos pesos apenas os fatores de 3º e 2º nível foram considerados, dado que não existem princípios suficientemente robustos, em termos teóricos, para diferenciar a importância das dimensões de 1º nível (Martins et al., 2012). O peso relativo dos fatores de vulnerabilidade está listado na Tabela 1.

Na quarta fase, as regras de decisão tiveram por objetivo combinar os critérios de modo a avaliar a vulnerabilidade social. Neste estudo optou-se por utilizar a Média Ponderada Ordenada (MPO), um método que não agrega os fatores exclusivamente com base no cálculo da média ponderada, incluindo igualmente um conjunto de pesos autónomos dos critérios, designados de pesos de ordenação (Yager, 1988; Valente e Vettorazzi, 2005). Os pesos de ordenação controlam a ordem de entrada dos critérios no processo de agregação, definindo o nível de trade-off entre os critérios e o grau de risco aceite no espaço estratégico de decisão (Malczewski, 1999).

Resultados e Discussão

A discussão dos resultados focará não só nas quatro dimensões de vulnerabilidade social (i.e., demografia, socioeconómico, ambiente construído e exposição ao perigo) pois estas permitem uma análise detalhada desse fenómeno complexo, bem como os resultados globais de vulnerabilidade social que resultaram da combinação dessas quatro dimensões. Dado que os resultados variam numa escala contínua entre 0 e 255, estabeleceram-se cinco categorias de vulnerabilidade social, com o objetivo de facilitar a análise dos resultados: 0 – 51: muito reduzida; 52 – 102: reduzida; 103 – 153: moderada; 154 – 204: elevada; 205-255: muito elevada.

Detendo-nos inicialmente nos níveis e padrões de vulnerabilidade social das quatro dimensões consideradas, a que apresenta os valores médios de vulnerabilidade mais elevada é o ambiente construído (Tabela 2 e Figura 2). A vulnerabilidade média do ambiente construído, ao nível do concelho, é de 157,1. Trata-se de um valor de elevado. As

V. Nuno Martins | **Avaliação da Vulnerabilidade Social aos Perigos Naturais, Tecnológicos e Biológicos no Concelho do Funchal (Região Autónoma da Madeira)**

freguesias com os valores de vulnerabilidade mais elevada são S. Pedro, Imaculado Coração de Maria, Santa Luzia e Santa Maria Maior. Também se identificam valores de vulnerabilidade moderada e elevada em diferentes sítios das freguesias de Santo António (Romeiras, Penteada, Santo Amaro, Trapiche e Pico dos Barcelos), de S. Martinho (Poço Barral, Amparo, Pico dos Barcelos e Nazaré) e de S. Roque (Achada, Fundoa e Galeão) (Figura 2C). Os valores de maior vulnerabilidade associados ao ambiente construído justificam-se pela presença de edifícios com uma função principalmente residencial e também de um número muito elevado de edifícios antigos. Adicionalmente, uma proporção elevada de edifícios ocupados por arrendatários também explica a maior vulnerabilidade do ambiente construído em determinados sítios do Funchal. Por outro lado, como ilustrado na Figura 2C, a freguesia da Sé apresenta valores de vulnerabilidade muito reduzida ou reduzida no que toca ao ambiente construído. Apesar da presença de edifícios antigos nesta freguesia, muitos destes edifícios apresentam uma função principalmente não residencial, o que explica a menor vulnerabilidade encontrada na freguesia da Sé.

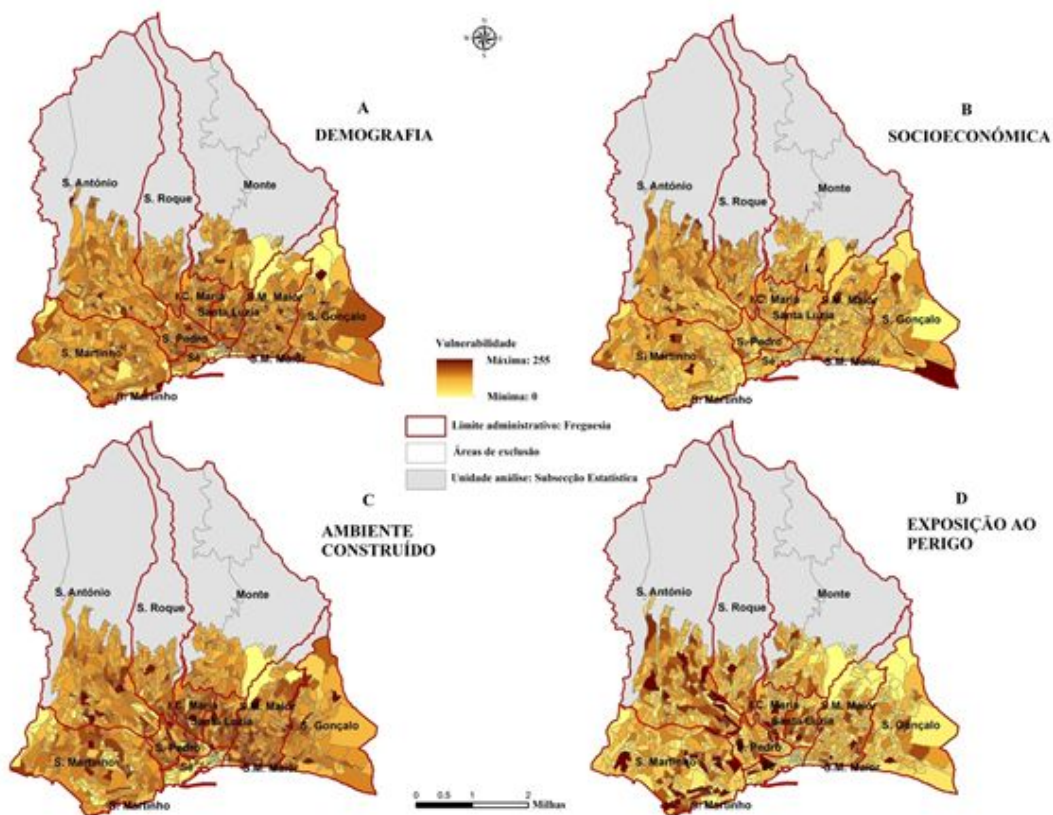
Tabela 2. Dados estatísticos referentes à vulnerabilidade social no concelho do Funchal.

	Demografia	Socioeconómico	Ambiente Construído	Exposição ao Perigo	Vulnerabilidade Global
Mínimo	25	21	42	22	21
Máximo	191	145	238	211	189
Média	109,4	61,5	157,1	86	103,5
Desvio Padrão	37,4	39,1	52,2	44,7	25,6

A vulnerabilidade relativa à demografia é a segunda mais elevada no Funchal, com um valor médio moderado (109,4). Neste caso, como é perceptível através da visualização da Figura 2A, há vários sítios nas freguesias do Funchal que apresentam valores de

V. Nuno Martins | **Avaliação da Vulnerabilidade Social aos Perigos Naturais, Tecnológicos e Biológicos no Concelho do Funchal (Região Autónoma da Madeira)**

vulnerabilidade moderada, elevada ou até muito elevada. Podemos destacar, a este respeito, algumas áreas localizadas em S. Amaro, Trapiche, Nazaré, Barreiros, Amparo, Piornais, Penteadá, Achada, Infante, Santa Clara, Álamos, Viveiros, Til, Rochinha, Bom Sucesso, Corujeira, Babosas e centro de S. Gonçalo (Figura 2A). Os valores de vulnerabilidade mais elevada justificam-se, acima de tudo, pela elevada densidade populacional presentes nestas áreas, bem como pela presença de famílias de dimensão alargada (isto é, com cinco ou mais elementos), e ainda pela predominância de famílias constituídas por pessoas idosas (idade superior a 65 anos) ou então por pessoas jovens (idade inferior a 14 anos). No caso das áreas de vulnerabilidade muito reduzida ou vulnerabilidade reduzida, identificadas na Figura 2A, estes valores explicam-se sobretudo pela menor densidade populacional.



V. Nuno Martins | **Avaliação da Vulnerabilidade Social aos Perigos Naturais, Tecnológicos e Biológicos no Concelho do Funchal (Região Autónoma da Madeira)**

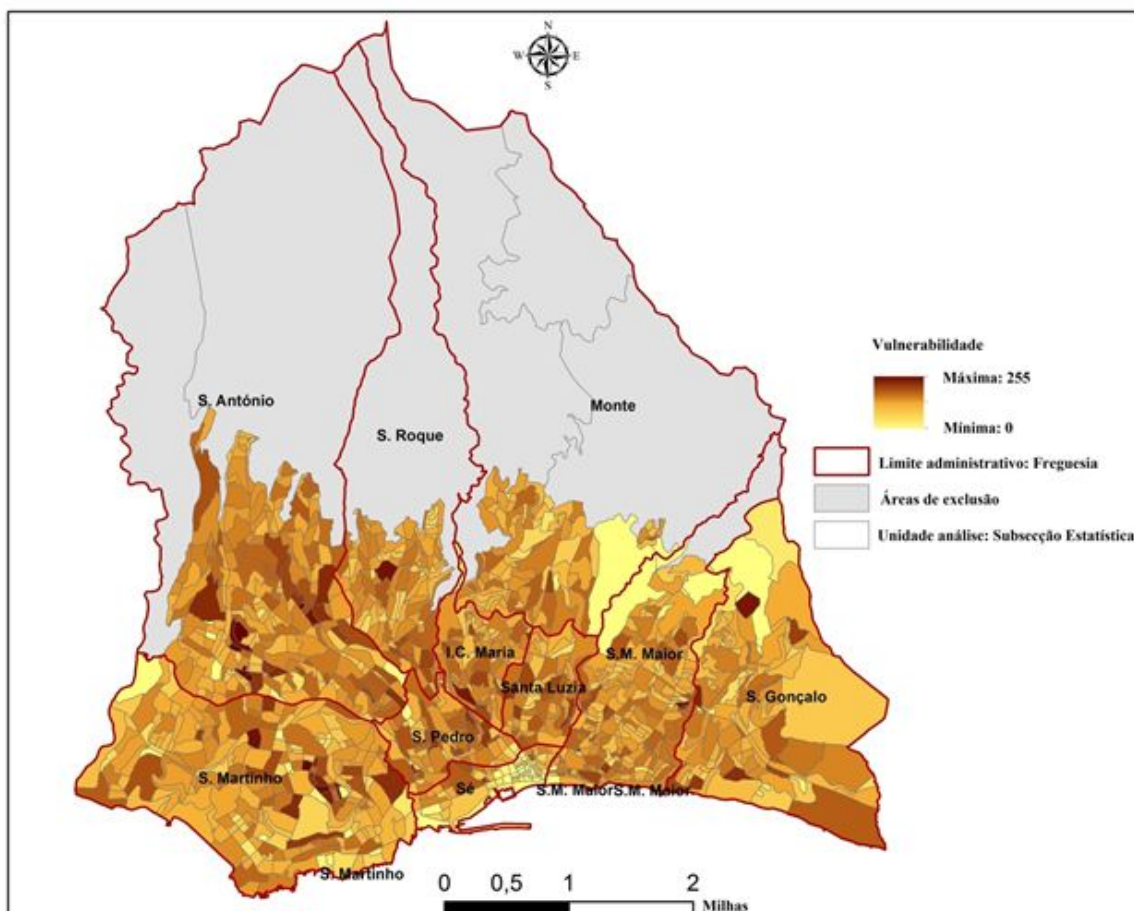
Figura 2. Níveis e padrões de vulnerabilidade social associada às quatro dimensões analisadas: A) demografia; B) socioeconómico; C) ambiente construído; D) exposição ao perigo.

No que se refere à vulnerabilidade decorrente da exposição ao perigo, esta apresenta valores mais modestos quando comparados com as duas dimensões anteriores. A vulnerabilidade média da exposição ao perigo é de 86 (Tabela 2), portanto, trata-se de uma vulnerabilidade reduzida. Porém, importa sublinhar que há determinados sítios em S. António (Madalena; Penteada; Romeiras; Trapiche), S. Martinho (Centromar; Amparo; Barreiros; Nazaré), Imaculado Coração de Maria (Viveiros; Til) e Santa Luzia (Pena; Vale Formoso; Caminho do Comboio) que apresentam valores moderados, elevados e muito elevados de vulnerabilidade ao nível da exposição ao perigo (Figura 2D). Isto decorre de uma concentração elevada de população residente, edifícios e alojamentos clássicos nestes sítios, o que se traduz, naturalmente, numa maior exposição aos perigos e num aumento generalizado dos valores de vulnerabilidade social. Em sentido oposto, isto é, os sítios com menor concentração de população residente, edifícios e alojamentos clássicos (Figura 2D), apresentam uma vulnerabilidade muito reduzida ou reduzida.

A dimensão socioeconómica apresenta uma vulnerabilidade média reduzida (Tabela 2). Apesar da predominância de valores modestos de vulnerabilidade, uma análise cuidada da Figura 2B permite concluir que os valores de vulnerabilidade socioeconómica mais elevada se encontram nas zonas altas das freguesias de S. António, S. Roque, Monte, Santa Maria Maior e de S. Gonçalo. Além do mais, em S. Martinho, nos sítios da Nazaré, Amparo e Areeiro, e no Imaculado de Coração de Maria, nos sítios dos Viveiros e da Penha de França (Figura 2B), também se identificam valores de vulnerabilidade socioeconómica mais elevados. O nível de iliteracia, a situação de desemprego, o reduzido nível de instrução e um índice elevado de dependência potencial explicam as situações de maior vulnerabilidade socioeconómica encontrada nas várias freguesias do Funchal. Obviamente, populações com uma maior fragilidade socioeconómica terão grandes dificuldades em se preparar para um desastre, para mitigar os fatores de risco e para recuperar de um desastre. Além do mais, a menor capacidade socioeconómica pode explicar a presença de populações em áreas de risco elevado, enquanto um menor grau de instrução poderá traduzir-se numa maior dificuldade em compreender os sinais e alertas de emergência.

V. Nuno Martins | **Avaliação da Vulnerabilidade Social aos Perigos Naturais, Tecnológicos e Biológicos no Concelho do Funchal (Região Autónoma da Madeira)**

A combinação das quatro dimensões de vulnerabilidade permite avaliar a vulnerabilidade social global do Funchal aos perigos, sendo esta classificada como de moderada (103,5) (Tabela 2). Valores de vulnerabilidade moderada ou elevada estão presentes em vastas áreas pertencentes às freguesias de S. António, S. Martinho, Santa Luzia, S. Pedro e Santa Maria Maior (Figura 3). Nas restantes freguesias, também se encontram valores mais elevados, por exemplo na Rochinha, no Infante, nos Viveiros, na Achada e na Penteada (Figura 3). Estes valores de vulnerabilidade mais elevada resultam, em larga medida, da combinação de vulnerabilidades de natureza demográfica, socioeconómica, das características do ambiente construído e da exposição aos perigos. Por outro lado, há áreas que apresentam valores de vulnerabilidade mais modesta (Figura 3). De destacar, a este nível, a vulnerabilidade reduzida ou muito reduzida da zona central da freguesia da Sé, da frente mar de S. Martinho, da Rochinha, do Palheiro Ferreiro e do centro de S. Gonçalo.



V. Nuno Martins | **Avaliação da Vulnerabilidade Social aos Perigos Naturais, Tecnológicos e Biológicos no Concelho do Funchal (Região Autónoma da Madeira)**

Figura 3. Vulnerabilidade social aos perigos naturais, tecnológicos e biológicos no concelho do Funchal.

De modo a identificar os *hotspots* de vulnerabilidade social, os resultados anteriores foram classificados segundo o método do desvio de padrão (Figuras 4 e 5). Em geral, a identificação dos *hotspots* de vulnerabilidade confirmou as tendências e os padrões identificados anteriormente. No caso do ambiente construído, os *hotspots* de vulnerabilidade elevada concentram-se em S. Pedro, Imaculado Coração de Maria, Santa Luzia e Santa Maria Maior (Figura 4C). Alguns sítios nas freguesias de S. Martinho e de S. António também apresentam *hotspots* de vulnerabilidade acentuada. Ao invés, a freguesia da Sé apresenta valores de vulnerabilidade do ambiente construído abaixo dos valores médios do concelho. O mesmo acontece em alguns sítios de S. Gonçalo (Figura 4C).

Em termos da demografia, é possível identificar *hotspots* de vulnerabilidade elevada em vários sítios das freguesias de S. Martinho, S. Pedro, Sé, Santa Luzia, Santa Maria Maior, S. Roque e S. Gonçalo (Figura 4A). Nestas freguesias, porém, também é possível identificar locais com *hotspots* de vulnerabilidade reduzida (Figura 4A). No caso das freguesias de S. António e do Monte, há um equilíbrio entre o número de *hotspots* de vulnerabilidade mais reduzida e de vulnerabilidade mais elevada.

V. Nuno Martins | Avaliação da Vulnerabilidade Social aos Perigos Naturais, Tecnológicos e Biológicos no Concelho do Funchal (Região Autónoma da Madeira)

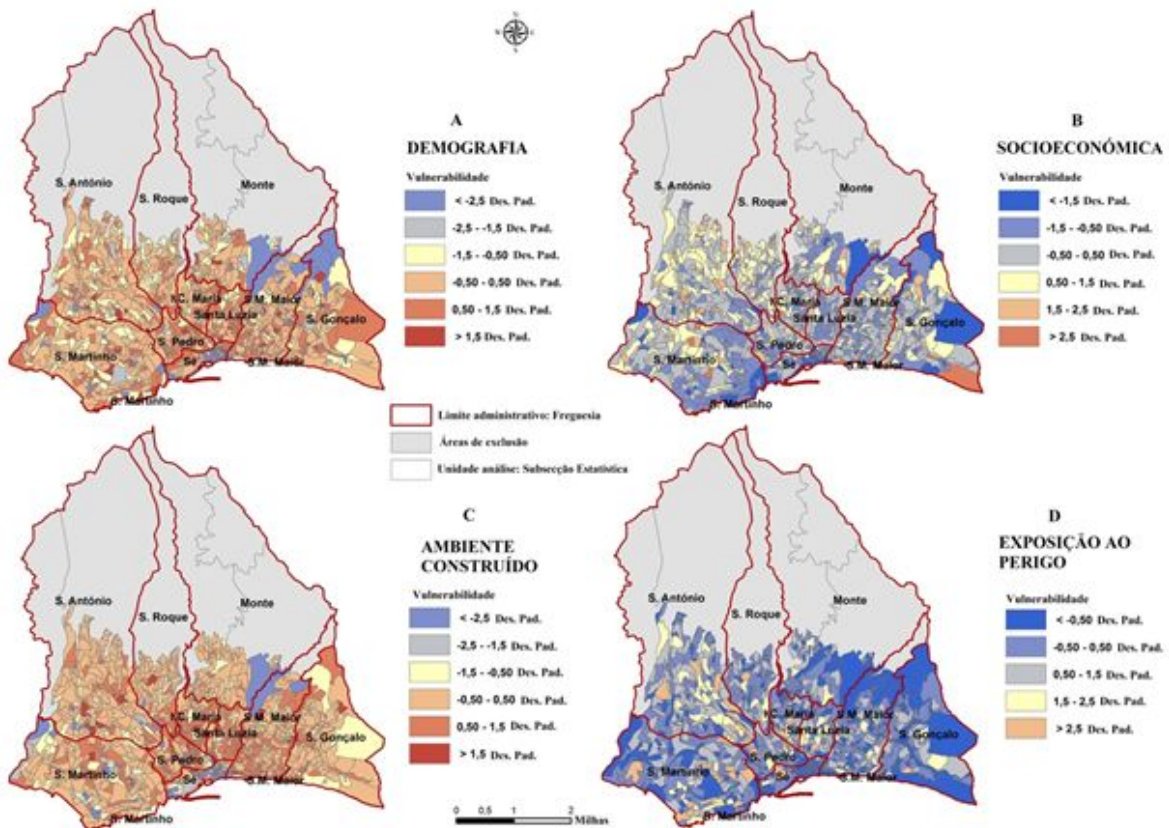


Figura 4. Hotspots de vulnerabilidade social associada às quatro dimensões de análise: A) demografia; B) socioeconómico; C) ambiente construído; D) exposição ao perigo.

Em termos dos hotspots de exposição ao perigo, a análise da Figura 4D permite concluir que a maioria das freguesias do Funchal apresentam valores de vulnerabilidade abaixo da média, em particular, a Sé, Santa Maria Maior e S. Gonçalo. No entanto, importa sublinhar que a elevada concentração de população residente, edifícios e alojamentos em vários sítios de S. António, S. Martinho, Santa Luzia e S. Roque, explicam os hotspots de vulnerabilidade elevada identificados nestas freguesias. No que toca aos hotspots de vulnerabilidade de natureza socioeconómica, estes concentram-se nas zonas altas de S. António, S. Roque, Monte, Santa Maria Maior e em alguns sítios das freguesias de S. Martinho e do Imaculado Coração de Maria (Figura 4B). Os hotspots de vulnerabilidade socioeconómica mais reduzida, ou seja, abaixo da média, concentram-se nas freguesias da Sé e do Monte, na frente mar de S. Martinho, na Pena e centro de S. Gonçalo.

V. Nuno Martins | Avaliação da Vulnerabilidade Social aos Perigos Naturais, Tecnológicos e Biológicos no Concelho do Funchal (Região Autónoma da Madeira)

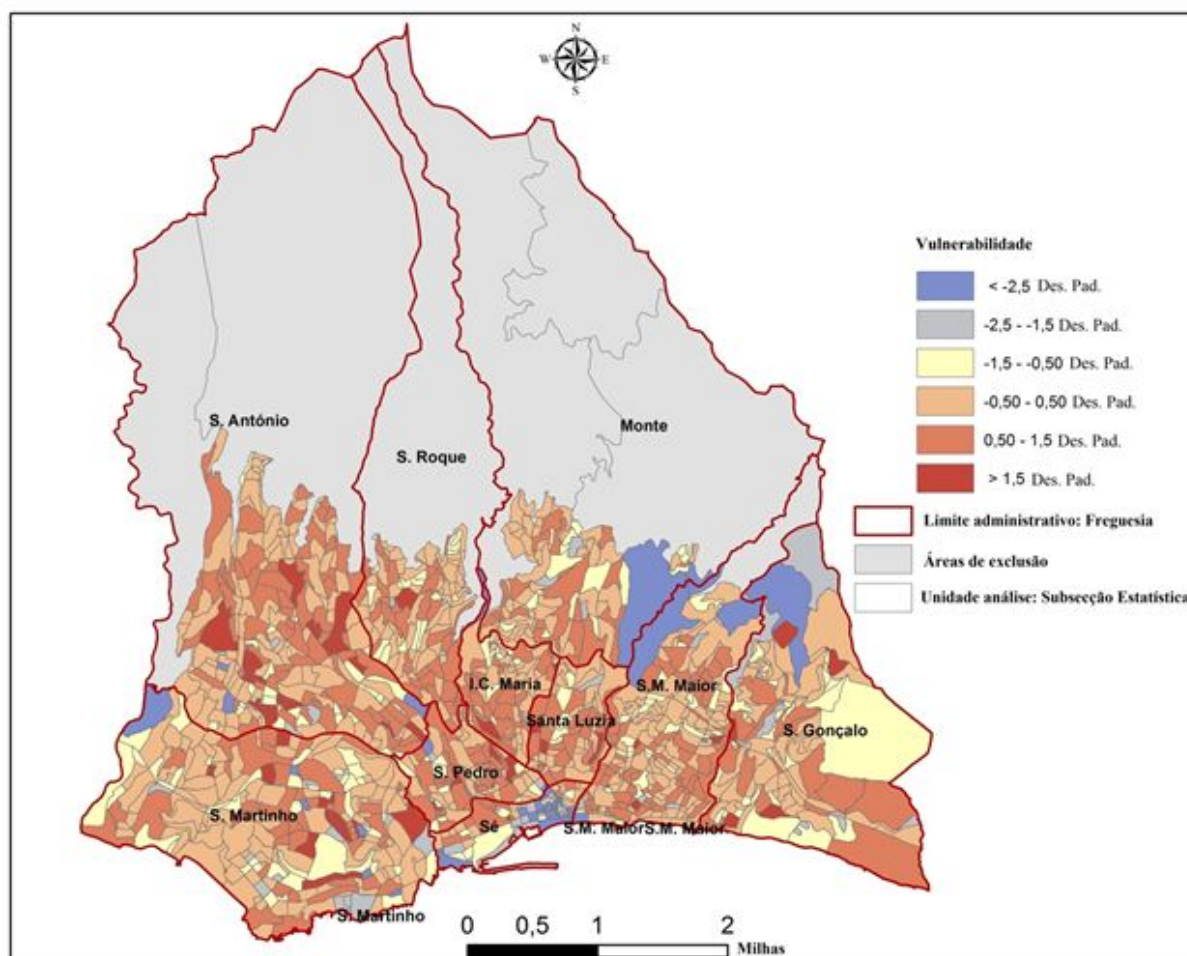


Figura 5. Hotspots de vulnerabilidade social no concelho do Funchal.

Por fim, no que se refere aos resultados dos *hotspots* associados à vulnerabilidade social global, estes seguem as tendências já discutidas. Ou seja, as freguesias de S. António, S. Martinho, Santa Luzia, S. Pedro e Santa Maria Maior apresentam vários hotspots de vulnerabilidade elevada, bem como alguns sítios localizados no Imaculado Coração de Maria, Monte e S. Gonçalo (Figura 5). As diferentes freguesias do Funchal também apresentam vários locais em que predominam os hotspots de vulnerabilidade reduzida, como é perceptível na análise da Figura 5.

V. Nuno Martins | **Avaliação da Vulnerabilidade Social aos Perigos Naturais, Tecnológicos e Biológicos no Concelho do Funchal (Região Autónoma da Madeira)**

Conclusão

O principal objetivo deste estudo passou por avaliar a vulnerabilidade social do concelho do Funchal aos perigos naturais, tecnológicos e biológicos. Para alcançá-lo, desenvolvemos um modelo SIG e utilizamos as técnicas da AMC, o que nos permitiu obter um conjunto de conclusões que cremos relevantes para a redução do risco de desastre do Funchal. Uma das conclusões que retiramos é que a vulnerabilidade social do concelho é moderada. Importa, no entanto, realçar que foram identificados valores de vulnerabilidade elevada e muito elevada nas diferentes freguesias do Funchal. De fato, com a exceção da freguesia da Sé, onde a vulnerabilidade é predominantemente reduzida, as restantes freguesias do concelho apresentam vários hotspots de vulnerabilidade elevada, ou seja, sítios ou locais de grande suscetibilidade aos perigos.

Em seguida, das quatro dimensões de vulnerabilidade social analisadas, o ambiente construído apresenta os valores de vulnerabilidade mais elevados. A presença de edifícios antigos, de edifícios com função principalmente residencial e de alojamentos ocupados por indivíduos na condição de arrendatário explicam, em conjunto, os níveis de vulnerabilidade do ambiente construído, bem como os padrões de vulnerabilidade identificados nas freguesias. A vulnerabilidade do ambiente construído merece atenção em termos de gestão do risco por motivos distintos. Primeiro, a antiguidade do edificado poderá ditar uma menor resiliência estrutural aos perigos naturais e tecnológicos, ou seja, os edifícios mais antigos podem sofrer danos estruturais profundos durante o desencadeamento de um dado agente de perigosidade. Segundo, a função maioritariamente residencial dos edifícios é indicador da presença de uma população em risco, o que requer um planeamento ao nível da resposta à emergência, por exemplo, na comunicação da emergência (e.g., alertas), da evacuação e do abrigo/realojamento. Terceiro, os indivíduos na condição de arrendatários, em termos teóricos, poderão não ter recursos necessários e motivação pessoal para reduzir a suscetibilidade estrutural do edifício onde residem, nem os meios e os recursos para serem realojados em caso de um evento disruptivo.

Também concluímos que a vulnerabilidade associada à demografia, no Funchal, é moderada. A elevada densidade populacional é o fator que mais contribui para a existência de níveis de vulnerabilidade mais elevada ao nível da demografia. A presença de famílias

V. Nuno Martins | **Avaliação da Vulnerabilidade Social aos Perigos Naturais, Tecnológicos e Biológicos no Concelho do Funchal (Região Autónoma da Madeira)**

de dimensão alargada e de famílias constituídas por indivíduos nos extremos do espectro etário (idosos; jovens) são outros dos fatores a ter em consideração. As famílias de dimensão alargada constituem um desafio na gestão do risco, uma vez que a dimensão do agregado pode traduzir-se numa menor capacidade financeira para mitigar o risco, além de que, em caso de desastre, será necessário desenvolver os esforços necessários para que estas famílias fiquem realojadas em habitações com uma tipologia adequada. Os agregados familiares compostos maioritariamente por idosos também requerem atenção, em termos de planeamento da emergência. A menor mobilidade motora e perceção sensorial, os problemas de saúde crónicos, a menor capacidade financeira e a dependência das redes formais e informais de apoio determinam a maior vulnerabilidade dos idosos. Portanto, as autoridades devem sinalizar esta camada populacional, informá-la de como agir e proceder durante uma emergência, prepará-las adequadamente para a possível ocorrência de um desastre (e.g., alerta; evacuação) e preparar abrigos que tenham condições necessárias para receber uma população idosa, em caso de evacuação, dado que esta requer cuidados muito particulares.

Apesar de concluirmos que o nível de vulnerabilidade decorrente da exposição ao perigo é reduzido no concelho do Funchal, importa realçar que identificamos vários sítios em S. Martinho, Santo António, Imaculado Coração de Maria, S. Pedro e Santa Luzia que apresentam valores de vulnerabilidade elevada e muito elevada. A concentração de população residente, edifícios e alojamentos clássicos nestes sítios determinam naturalmente a sua maior vulnerabilidade. Ao invés, os sítios menos vulneráveis, ao nível da exposição ao perigo, são os que apresentam menor concentração de população residente, edifícios e alojamentos clássicos. Tendo em conta os níveis de vulnerabilidade mais elevados identificados no Funchal e os vários perigos que ameaçam este concelho, julgamos indispensável que se implementem políticas direcionadas à mitigação do risco, ou seja, com um cariz proactivo de modo a minimizar os níveis de risco a médio e longo prazo. Referimo-nos, em concreto, ao planeamento e ordenamento territorial, à regulação do desenvolvimento urbano, à mitigação infraestrutural, à introdução de códigos de construção, aos programas de sensibilização/informação da população e, finalmente, à inclusão participativa das comunidades na gestão integrada dos riscos.

Este estudo permitiu concluir que a vulnerabilidade mais elevada associada às condições socioeconómicas da população está localizada nas zonas altas do Funchal e em

V. Nuno Martins | **Avaliação da Vulnerabilidade Social aos Perigos Naturais, Tecnológicos e Biológicos no Concelho do Funchal (Região Autónoma da Madeira)**

sítios de S. Martinho e do Imaculado Coração de Maria. Em geral, tratam-se de áreas onde residem populações que apresentam um menor grau de instrução e, em determinados casos, até mesmo iliteracia, que se encontram desempregadas e que auferem rendimentos reduzidos. Esta vulnerabilidade socioeconómica repercute-se, naturalmente, numa menor capacidade para mitigar o risco de desastre. A falta de recursos diminui a capacidade para mitigar as suscetibilidades estruturais da habitação, de optar por uma solução habitacional menos exposta aos perigos, de contratualizar um seguro de habitação multirriscos, de limpar os terrenos para atenuar o risco de incêndios e de adquirir os kits de emergência. Adicionalmente, as camadas populacionais mais desfavorecidas estão mais preocupadas em resolver os problemas do dia a dia, como o desemprego ou o acesso a cuidados de saúde, do que em mitigar riscos que apresentam uma probabilidade de ocorrência reduzida. É, portanto, essencial implementar programas de redução do risco nas zonas altas do Funchal, sobretudo se atendermos ao fato de que estas foram muito fustigadas pela aluvião de 2010 e pelos incêndios de 2010, 2013 e 2016. Além do mais, algumas populações das zonas altas do Funchal ainda estão a recuperar desses eventos, o que é uma demonstração clara da sua maior vulnerabilidade.

Tendo em consideração os níveis e os padrões de vulnerabilidade social do Funchal, a exposição deste concelho a múltiplos perigos e os desastres ocorridos nos últimos 25 anos, acreditamos que é importante promover um novo paradigma para a governação e gestão do risco de desastre neste concelho, que pode ser extensível à RAM. Este novo paradigma, alternativo à abordagem dominante que se foca essencialmente nos sistemas e meios de resposta às emergências e nas soluções de engenharia pesada, deve ser alicerçado em torno de quatro pilares principais. O primeiro pilar refere-se à necessidade de mudar a mentalidade dos atores políticos e da sociedade madeirense em relação à redução do risco. Os desastres acarretam consequências negativas com repercussões a longo prazo, a diferentes níveis. Resultam na perda de vida humana, destroem bens materiais e infraestruturas, conduzem a recessões na economia, prejudicam a saúde mental e o bem-estar das populações e contribuem para a degradação dos sistemas ecológicos. Portanto, é fundamental que surja no seio da sociedade madeirense, um conjunto de indivíduos e grupos (i.e., cientistas; políticos; organizações não governamentais, organizações baseadas na comunidade; associações; IPSS; igreja; ecologistas; grupos emergentes; outras partes interessadas; etc), que coloquem a redução

V. Nuno Martins | **Avaliação da Vulnerabilidade Social aos Perigos Naturais, Tecnológicos e Biológicos no Concelho do Funchal (Região Autónoma da Madeira)**

do risco na agenda mediática, que influenciem a tomada de decisão do poder político e que mobilizem os madeirenses para a mitigação do risco. Este passo é essencial para consagrar a redução do risco como um dos desígnios regionais e municipais.

O segundo pilar prende-se com a mudança de paradigma ao nível dos serviços regionais e municipais de proteção civil. Atualmente, apesar da alteração da Lei de Bases de Proteção Civil em 2006, os serviços de proteção civil continuam a assentar as suas ações de planeamento da emergência numa abordagem *top-down* e reativa. Os indivíduos e as comunidades são encarados como agentes passivos na redução do risco e o foco está centrado nos meios, mecanismos e sistemas de resposta aos desastres, em claro detrimento da mitigação. Recomenda-se, assim, a adoção de uma abordagem *bottom-up* e proactiva na gestão do risco. O objetivo passa por integrar as comunidades nas atividades de redução do risco, nomeadamente, na avaliação dos perigos, da vulnerabilidade e da capacidade de resposta. Em função dos riscos identificados, os serviços de proteção civil deveriam propor estratégias a desenvolver em conjunto com as comunidades locais, de modo a promover a resiliência destas. É fundamental integrar as comunidades na mitigação dos desastres dado permitir reduzir as suas vulnerabilidades, aumentar o seu nível de preparação para responder aos desastres, e ainda mantê-las motivadas para a necessidade de reduzir o risco.

O terceiro pilar refere-se ao desenvolvimento e implementação de um plano de mitigação multirisco. Este plano deverá definir uma visão, os princípios, os objetivos e as medidas para a redução do risco de desastre, no Funchal, a médio prazo. Ao nível do planeamento e ordenamento territorial, este plano pode propor várias medidas, nomeadamente: i) o zonamento do risco; ii) a regulamentação da densidade urbanística em áreas vulneráveis; iii) as matrizes de adequabilidade do uso do solo; iv) o desenvolvimento urbanístico em *clusters*; v) o recuo e a aquisição pública de terrenos em áreas de risco; vi) os bónus de construção (i.e., maior cota de construção em áreas de menor risco); e a vii) transferência dos direitos de desenvolvimento (Martins, 2017, p. 318). Obviamente, algumas destas medidas deveriam ser integradas nos instrumentos de gestão territorial. Este plano de mitigação também deverá propor uma estratégia e estabelecer objetivos para a reflorestação das serras do Funchal, uma medida crítica para reduzir os riscos de índole natural.

V. Nuno Martins | **Avaliação da Vulnerabilidade Social aos Perigos Naturais, Tecnológicos e Biológicos no Concelho do Funchal (Região Autónoma da Madeira)**

O último pilar visa a integração da redução do risco de desastre nas políticas de desenvolvimento. Este é um passo fundamental por duas razões. Por um lado, os desastres constituem uma ameaça real ao desenvolvimento do concelho do Funchal, logo, torna-se necessário que os planos de desenvolvimento económico e social considerem esta probabilidade, bem como os vários impactes daí resultantes. Por outro lado, a estratégia de desenvolvimento que imperou na RAM, nos últimos 40 anos, assente na indústria da construção do civil e no turismo (Martins, 2017, p. 228-229), gerou vulnerabilidades de origem socioeconómica, territorial e ecológica, que contribuíram para a ocorrência de vários eventos calamitosos nos últimos anos. Assim, qualquer estratégia de desenvolvimento do Funchal, terá de reconhecer as vulnerabilidades sociais, territoriais e ecológicas do concelho, bem como considerar a exposição deste aos perigos.

Por fim, importa discutir as limitações deste estudo. A avaliação da vulnerabilidade social foi desenvolvida com a utilização de indicadores dos Censos 2011. Assim, os níveis e padrões de vulnerabilidade social identificados neste estudo referem-se a 2011. Não foi possível, deste modo, determinar os efeitos da crise económica internacional, das políticas de austeridade impostas pelo resgate de 2011 e do Plano de Assistência Económica e Financeira (PAEF) da RAM, na geração de vulnerabilidade social. Outra limitação deste estudo prende-se com o fato desta avaliação de vulnerabilidade social ser, em termos temporais, puramente estática. Os processos de vulnerabilidade são dinâmicos, pois se encontram em permanente evolução no tempo e também no espaço. Este estudo não consegue apreender essas dinâmicas temporais e a sua influência na construção de vulnerabilidades sociais. Por fim, a estimação da importância dos fatores de vulnerabilidade implementada neste estudo é subjetiva, uma vez que se baseia em julgamentos da vulnerabilidade de indivíduos e famílias. Apesar deste conjunto de limitações, o modelo de vulnerabilidade social apresentado neste estudo é suficientemente robusto, permitindo, assim, identificar as principais tendências da vulnerabilidade social do Funchal aos perigos.

V. Nuno Martins | **Avaliação da Vulnerabilidade Social aos Perigos Naturais, Tecnológicos e Biológicos no Concelho do Funchal (Região Autónoma da Madeira)**

Referências Bibliográficas

ARMAS, Iuliana (2008), "Social vulnerability and seismic risk perception. Case study: The historic center of the Bucharest Municipality/Romania", *Natural Hazards*, 47(3), pp. 397-410.

ARMAS, Iuliana e GRAVIS, A. (2013), "Social vulnerability assessment using spatial multi-criteria analysis (SEVI model) and the social vulnerability index (SoVI model) – a case study for Bucharest, Romania", *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 13, pp. 1481-1499.

BLAIKIE, Piers, CANNON, Terry, DAVIS, Ian e WISNER Ben (1994), *At risk: Natural hazards, People's Vulnerability, and Disasters*, London: Routledge.

BOHLE, Hans-George (2001), "Vulnerability and criticality: perspectives from social geography." *Newsletter of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change*, pp. 1-7.

CANNON, Terry, TWIGG, John e ROWELL, Jennifer (2003), "Social vulnerability. Sustainable Livelihoods and Disasters", Report to DFID Conflict and Humanitarian Assistance Department (CHAD) and Sustainable Livelihoods Office.

CARDONA, Omar (2005), *Indicators of disaster risk and risk management: Summary report*, Washington, D.C: Inter-American Development Bank.

CUTTER, Susan, BORUFF, Bryan e SHIRLEY, Lynn (2003), "Social vulnerability to environmental hazards", *Social Science Quarterly*, 84(2), pp. 242-261.

CUTTER, Susan, MITCHELL, Jerry e SCOTT, Michael (2000), "Revealing the vulnerability of people and places: A case study of Georgetown county, South Carolina", *Annals of the Association of American Geographers*, 90(4), pp. 713-737.

CUTTER, Susan (1996), "Vulnerability to environmental hazards". *Progress in Human Geography*, 20(4), pp. 529-539.

CRED (Center for Research on the Epidemiology of Disasters) (2019), EM-database. Retirado de: https://www.emdat.be/emdat_db/

V. Nuno Martins | **Avaliação da Vulnerabilidade Social aos Perigos Naturais, Tecnológicos e Biológicos no Concelho do Funchal (Região Autónoma da Madeira)**

DAVIDSON, Rachel (1997). "*An urban earthquake disaster risk index*". Stanford University, California: The John A. Blume Earthquake Engineering Center, Department of Civil Engineering.

DE MARCHI, Bruna e SCOLOBIG, Anna (2012), "The views of experts and residents on social vulnerability to flash floods in an alpine region of Italy", *Disasters*, 36(2), pp. 316-337.

DOGSON, J.S, SPACKMAN, M, PEARMAN, A, e PHILLIPS, L.D (2009), "*Multi-criteria analysis: a manual*", Department for Communities and Local Government, London.

DYNES, Russell (1970), *Organized behavior in disaster*, Lexington: Heath Lexington Books, D. C. Heath and Company.

DWYER, A., ZOPPOU, C., NIELSEN, C., DAY, S., e ROBERT, S. (2004), "Quantifying social vulnerability: A methodology for identifying those at risk to natural hazards", Australia: Geoscience Australia Record (No. 2004/14).

EAKIN, Hallie e BOJORQUEZ-TAPIA Luis (2008), "Insights into the composition of household vulnerability from multicriteria decision analysis", *Journal of Global Environmental Change* 18(1), pp. 112–127.

FRITZ, Charles (1971), "Disasters", Robert K. Merton e Robert A. Nisbet (org.), *Contemporary Social Problems*, New York: Harcourt, pp. 651-694.

HEWITT, Kenneth (1983), *Interpretations of calamity: From the viewpoint of human ecology*. London: Unwin Hyman.

HEWITT, Kenneth (1997). *Regions of risk: A geographical introduction to disasters*. London: Routledge.

INE (2011), *Censos 2011* (data file). Retirado de:

http://censos.ine.pt/xportal/xmain?xpid=CENSOS&xpqid=ine_censos_publicacao_det&contexto=pu&PUBLICACOESpub_boui=156661814&PUBLICACOESmodo=2&selTab=tab1&pcensos=61969554

INE (2017), Statistical data: Resident population. Lisbon: Instituto Nacional de Estatística.

KIENBERGER, S, LANG, S e ZEIL P (2009), "Spatial vulnerability units—expert-based spatial modelling of socioeconomic vulnerability in the Salzach catchment. Austria". *Natural Hazards and Earth System Science*, 9, pp. 767–778.

KUHLICKE, Christian, SCOLOBIG, Anna, TAPSELL, Sue, STEINFUHRER, Annett e DE MARCHI, Bruna (2011), "Contextualizing social vulnerability: Findings from case studies across Europe", *Natural Hazards*, 58, pp. 789-810.

MALCZEWSKI, J. (1999), *GIS and Multicriteria decision analysis*, London: John Wiley and Sons.

V. Nuno Martins | **Avaliação da Vulnerabilidade Social aos Perigos Naturais, Tecnológicos e Biológicos no Concelho do Funchal (Região Autónoma da Madeira)**

MARTINS, V. Nuno (2017), "*The historical construction of vulnerability and disasters on Madeira Island, Portugal (1800-2015): power, economy, society, and adaptation*", Tese de Doutoramento, University of Delaware, Newark, DE.

MARTINS, V. Nuno, SOUSA E SILVA, Delta e Cabral, Pedro (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*, 62(2), pp. 385-404.

MORROW, Betty (1999), "Identifying and mapping community vulnerability", *Disasters*, 23(1), pp. 1-18.

O'KEEFE, Phil, WESTGATE, Ken e WISNER, Ben (1976), "Taking the naturalness out of natural disasters", *Nature*, 260, pp. 566-567.

OLIVER-SMITH, Anthony (1996), "Anthropological research on hazards and disasters." *Annual Review of Anthropology*, 25, pp. 303-328.

OLIVER-SMITH, Anthony (1999). "What is a disaster? Anthropological perspectives on a persistent question". In Anthony Oliver-Smith e Susanna Hoffman (org.), *The angry earth: Disaster in anthropological perspective*, New York: Routledge, pp. 18-34.

OLIVER-SMITH, Anthony (2004), "Theorizing vulnerability in a globalized world: A political ecological perspective", Greg Bankoff, George Frerks e Dorothea Hilhorst (org.), *Mapping vulnerability: Disaster, development & people*, New York: Earthscan, pp. 10-24.

PELLING, Mark e UITTO, Juha (2001), "Small island developing states: Natural disaster vulnerability and global change", *Environmental Hazards*, 3, pp. 49-62.

QUARANTELLI, Enrico (1998), "What is a disaster?" *Natural Hazards*, 18(1), 87-88.

QUARANTELLI, Enrico (2005), "A social science research agenda for the disasters of the 21st century", Enrico Quarantelli (org.), *What is a disaster? New answers to old questions*. Philadelphia: Xlibris, pp. 325-396.

QUINTAL, Raimundo (1999), "Aluviões da Madeira desde o século XIX", *Territorium*, 6, pp. 1-32.

QUINTAL, Raimundo (2018), "Da desertificada cordilheira central à frágil cidade do Funchal. A atualidade das providências de Oudinot", Danilo Matos, João Baptista Pereira da Silva, Raimundo Quintal, Rui Carita (orgs.), *Um olhar sobre as Obras e Providências de Reinaldo Oudinot. A atualidade de uma proposta com mais de 200 anos*, Funchal, Madeira: Imprensa Académica, pp. 65-77.

RASHED, Tarek e WEEKS, John (2003), "Assessing vulnerability to earthquake hazards through spatial multicriteria analysis of urban areas", *International Journal of Geographical Information Science*, 17(6), pp. 547-576.

V. Nuno Martins | **Avaliação da Vulnerabilidade Social aos Perigos Naturais, Tecnológicos e Biológicos no Concelho do Funchal (Região Autónoma da Madeira)**

RODRIGUEZ, H. e RUSSELL, C., (2006). "Understanding disasters: Vulnerability, sustainable development, and resiliency". J. Blau e K. I. Smith (org.), *Public Sociologies Reader*, New York: Rowman & Littlefield, pp. 193-211.

SARRIS, A, LOUPASAKIS, C, SOUPIOIS, P, TRIGKAS, V, e VALLIANATOS, F. (2009), "Earthquake vulnerability and seismic risk assessment of urban area in high seismic regions: application to Chania City, Crete Island, Greece", *Natural Hazards*, 54(2), pp. 395-412.

TURVEY, Rosario (2007), "Vulnerability assessment of developing countries: The case of small-island developing states", *Development Policy Review*, 25(2), pp. 243-264.

VALENTE, Roberta e VETTORAZZI, C. (2005), "Comparação entre métodos de avaliação municipal, em ambiente SIG, para a conservação e a preservação florestal", *Scientia Forestalis*, 69, pp. 51-61.

WISNER, Ben, BLAIKIE, Piers, CANNON, Terry, e DAVIS, Ian (2004), *At risk: Natural hazards, people's vulnerability and development* (2ª edição), London: Routledge.

WISNER, Ben (2004), "Assessment of capability and vulnerability", Greg Bankoff, George Frerks e Dorothea Hilhorst (org.), *Mapping vulnerability: Disasters, development & people*, New York: Earthscan, pp. 183-193.

WISNER, Ben (2006), "Self-assessment of coping capacity: Participatory, proactive and qualitative engagement of communities in their own risk management", Jorn Birkmann (org.), *Measuring vulnerability to natural hazards: Towards disaster resilient societies*, New York: United Nations University Press, pp. 316-327.

WISNER, B. e LUCE, H. R. (1993), "Disaster vulnerability: Scale, power and daily life." *Geojournal*, 30(2), pp. 127-140.

YAGER, R.R (1988), "On ordered weighted averaging aggregation operation in multi-criteria decision making", *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 18(1), pp. 183-190.

V. Nuno Martins | **Avaliação da Vulnerabilidade Social aos Perigos Naturais, Tecnológicos e Biológicos no Concelho do Funchal (Região Autónoma da Madeira)**

V. Nuno Martins

Doutorado em Ciência e Gestão de Desastre pela Universidade de Delaware, nos Estados Unidos. É investigador de pós-doutoramento no Disaster Research Center e leciona na School of Public Policy & Administration (Universidade de Delaware). Desenvolve investigação no âmbito do projeto EAGER Ebola-Stigma, um projeto financiado pela National Science Foundation que analisa os impactos gerados pelo estigma na fase de resposta às emergências de saúde pública, nomeadamente, epidemias e pandemias. Tem artigos publicados em revistas internacionais, no domínio da gestão dos desastres, e é presença regular em conferências. Os seus interesses de investigação recaem na avaliação da vulnerabilidade social e da resiliência de desastre, na preparação de desastre, na mitigação dos riscos, na integração das comunidades locais na gestão dos riscos e, por fim, na gestão de emergências no domínio da saúde pública.