

Ondas de calor e ondas de frio no município de Torres Novas

Lúcio Cunha

Departamento de Geografia e Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território (CEGOT). Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra.
luciogeo@ci.uc.pt

Cátia Leal

Mestre em Geografia Física, Ambiente e Ordenamento do Território pela Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra.
catia_sleal@hotmail.com

Resumo:

Em Portugal Continental, as ondas de calor e as ondas de frio são fenómenos sazonais, esporádicos, mas recorrentes, e representam os riscos naturais mais mortíferos das últimas décadas.

Neste contexto, segundo metodologias distintas, este estudo pretende avaliar a perigosidade, vulnerabilidade e risco de ondas de calor e de frio no município de Torres Novas, vistos tanto à escala regional, como à escala local.

Os resultados dos diferentes modelos evidenciam uma forte influência dos condicionalismos geográficos e, particularmente, da diferenciação topográfica, nos contrastes térmicos espaciais, bem como a importância das condições socioeconómicas no acréscimo da vulnerabilidade e do risco.

Palavras-chave: Riscos naturais. Ondas de calor. Ondas de frio. Torres Novas.

Résumé:

Les vagues de chaleur et les vagues de froid dans la municipalité de Torres Novas

Les vagues de chaleur et les vagues de froid sont des phénomènes saisonniers, sporadiques mais récurrents et représentent des risques naturels les plus meurtrières au Portugal.

Dans ce contexte, selon des méthodologies différentes à l'échelle régionale comme au niveau local, cette étude vise à évaluer l'aléa, la vulnérabilité et le risque de vagues de chaleur et de froid dans la municipalité de Torres Novas.

Les résultats des différents modèles montrent une forte influence de la différenciation géographique et topographique dans les contrastes thermiques et l'importance de conditions socio-économiques dans la vulnérabilité et des risques.

Mots-clés: Risques naturels. Vagues de chaleur. Vagues de froid. Torres Novas.

Abstract:

Heat waves and cold waves in the municipality of Torres Novas

In Portugal, heat waves and cold waves are seasonal, sporadic but recurrent events and the most deadly natural hazards in the last decades.

In this context, this case study presents the hazard, vulnerability and risk maps, developed on the Torres Novas municipality, based on different methodologies at the regional and local scale.

The results of the different models show the relevance of geographical criteria on thermal variability and the importance socio-economic conditions in increased vulnerability and risk.

Key-Words: Natural hazards. Heat wave. Cold wave. Torres Novas.

1. Enquadramento

A ocorrência de ondas de calor e de ondas de frio, num clima de tipo mediterrâneo, como o de Portugal Continental, é um fenómeno sazonal, esporádico, mas recorrente (CUNHA, 2012; BOTELHO e GANHO, 2012).

Segundo a Organização Meteorológica Mundial (OMM), uma onda de calor corresponde a um período de pelo menos seis dias consecutivos em que a temperatura máxima diária é 5°C superior ao valor médio das temperaturas máximas do período de referência. De modo simétrico, as ondas de frio correspondem a um período de tempo de pelo menos seis dias consecutivos em que a temperatura mínima diária é inferior 5°C ao valor médio das temperaturas mínimas do período de referência (JULIÃO, 2009).

Embora possam ocorrer ondas de calor em qualquer época do ano, é essencialmente no Verão, nos meses de junho, julho e agosto, que estas se manifestam com maior frequência e intensidade, associadas, na sua maioria, a circulações anticiclónicas com circulação do ar de Sul e de Este. Normalmente, estas resultam da instalação, por vezes súbita, de massas de ar muito quentes e secas oriundas do Norte de África e/ou da Europa Oriental, ou de massas de ar quentes e húmidas transportadas de SW.

As ondas de frio ocorrem sobretudo nos meses de Inverno e a sua presença está, em regra, associada a circulações anticiclónicas de Norte e Este, resultantes de massas de ar muito frio e seco, de origem continental, provenientes da norte europeu ou asiático (ondas de frio "siberianas"), ou de massas de ar frio húmido, de origem ártica ou polar. Nestas condições podem ocorrer reduções significativas, por vezes repentinas, das temperaturas mínimas diárias, por vezes a atingir valores negativos, que propiciam a formação de geada e/ou a queda de neve nas terras altas ou, ainda que mais raramente, até mesmo em locais de baixa altitude e próximos do litoral. Por vezes, às vagas de frio estão também associados ventos moderados ou fortes, que acentuam significativamente a sensação de arrefecimento.

Por sua vez, a intensidade, a duração e a extensão espacial destes paroxismos climáticos, caracterizados por períodos prolongados de temperaturas diurnas e noturnas excepcionalmente elevadas ou baixas, são fortemente influenciadas pelas particularidades dos fatores fisiográficos, quer regionais, quer locais, como o relevo, o grau de "continentalidade" e o uso do solo, que de modo diferenciado atenuam ou intensificam as condições meteorológicas vigentes (LOPES, 1995, 1998, 2009).

A exposição prolongada a períodos de calor e frio intensos causam um vasto conjunto de impactos negativos, tanto para o Ser Humano, como para o território.

De acordo com as estatísticas da *International Disaster Database* (EM-DAT), as ondas de calor foram o fenómeno natural mais mortífero em Portugal dos últimos 110 anos (1900 - 2010), ao provocarem mais de 2000 mortes só no Verão de 2003 (BOTELHO *et al.*, 2004). Todavia, estima-se que esse valor tenha sido recentemente ultrapassado pelos episódios de frio que se fizeram sentir em fevereiro no presente ano de 2012, que indiretamente, através de um surto gripal, vitimaram, em pouco mais de uma semana, cerca de 3000 pessoas, na sua maioria idosos com mais de 65 anos (Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge - INSA).

Ainda que não se saiba ainda ao certo quantas pessoas morreram em consequência direta da vaga de frio, pois as causas de morte se confundem habitualmente com outros motivos, como gripes e doenças crónicas, estudos recentes (MORABITO *et al.*, 2006; NOGUEIRA *et al.*, 2008; ALMENDRA, 2010) revelam que é durante o Inverno, nos períodos de frio extremo, que se regista um aumento significativo das taxas de internamento hospitalar, de morbilidade e de mortalidade, comparativamente com os meses mais quentes. HEALY (2003) chega mesmo a afirmar, que entre 1988 e 1997, Portugal tinha a maior variação sazonal de mortalidade da Europa, com um acréscimo nos meses de Inverno (de dezembro a março) de cerca 28% acima da taxa média de mortalidade, o que equivale a cerca de 8800 mortes prematuras, por ano. Segundo o mesmo autor, esta situação deve-se a diferentes graus de resistência e resiliência ao frio, aos estilos de vida, mas, particularmente, às condições socioeconómicas, de habitação e de acesso aos serviços de saúde.

Efetivamente, a resistência e resiliência humanas a ambos os fenómenos exige adaptações rápidas e uma boa capacidade de resistência do organismo à variabilidade das condições meteorológicas. Como tal, as repercussões ao nível da saúde humana são notórias, havendo uma relação direta entre a intensidade e duração dos fenómenos climáticos e o aumento da morbilidade e de mortalidade (MARQUES e ANTUNES, 2009; NOGUEIRA *et al.*, 2009). Os seus efeitos dependem do nível de exposição (frequência, gravidade e duração do fenómeno), da quantidade de população exposta, da sua sensibilidade e da capacidade de adaptação às anomalias térmicas (ROBALO *et al.*, 2009).

No quadro social, independentemente do sexo, os idosos (com mais de 65 anos de idade), as crianças (com menos de 1 ano), os doentes crónicos, os indivíduos

os sujeitos a diversos tipos de terapêuticas, os mais pobres, bem como os indivíduos socialmente isolados e, especialmente, os sem-abrigo¹, constituem os principais grupos de risco. De entre os grupos supracitados os idosos são os mais vulneráveis, tanto ao frio como ao calor, devido à fragilidade do seu estado de saúde, agravado pela debilidade física e psíquica, bem como pelo isolamento social a que, em regra, estão sujeitos (CALADO *et al.*, 2003, MARTO, 2005).

Para além das consequências graves ao nível da saúde, estas condições meteorológicas extremas acarretam ainda impactos significativos em outras áreas, tais como: na agricultura, ao causarem prejuízos incalculáveis com a destruição de culturas; na circulação rodoviária, devido à formação de gelo nas estradas associada às ondas de frio; no consumo energético, através do aumento do consumo de energia para aquecimento durante o Inverno e refrigeração no Verão. Condicionam, ainda, o normal desenvolvimento de um vasto conjunto de atividades e agravam as manifestações de outros riscos. A título de exemplo, as ondas de calor são normalmente responsáveis pelo incremento da perigosidade de ocorrência de incêndios florestais, por prejuízos agrícolas associados a condições de maior seca edáfica e meteorológica, por um maior consumo de água, pela intensificação da ilha de calor nos centros urbanos, entre outros.

Deste modo, estes processos naturais, relativamente imprevisíveis a médio prazo, constituem, por si só, uma ameaça potencial para as sociedades humanas, uma vez que a severidade com que se manifestam, na maior parte dos casos, afeta não só a segurança de pessoas e bens, como também provoca avultados prejuízos materiais e económicos.

Neste contexto, pretende-se com o presente estudo avaliar a perigosidade do concelho de Torres Novas a ondas de calor e a ondas de frio, à escala regional e à escala local, bem como identificar as áreas e os elementos mais vulneráveis aos efeitos das ondas de calor e ondas de frio. Para esse efeito serão construídos modelos cartográficos de perigosidade, vulnerabilidade e risco para ambos os fenómenos.

2. Metodologia

Recorrendo a diferentes metodologias procedeu-se à construção de um modelo de perigosidade a ondas de calor e de frio, à escala regional, e de mode-

los de suscetibilidade, vulnerabilidade e risco, à escala municipal.

A cartografia de perigosidade a ondas de calor, à escala regional, foi elaborada com base no somatório do número de dias de permanência das principais ondas de calor registadas em Portugal Continental (17 ondas de calor), desde 1981 a 2010, patentes na cartografia (à escala aproximada de 1:10000000) publicada pelo Instituto de Meteorologia (IM) e pelo Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge (INSA).

Como não foram encontrados estudos equivalentes para as ondas de frio que ocorreram no passado em Portugal, estas foram identificadas através do padrão de distribuição dos valores de temperatura mínima diária disponíveis em 12 estações meteorológicas da rede do IM e em 30 estações do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH), desde 1980 a 2010. Uma vez que para a maior parte das estações selecionadas não há registos de dados contínuos para o período em análise, os valores de temperatura inexistentes foram estimados através de técnicas estatísticas de correlação com estações próximas. No total, foram identificadas 18 situações de ondas de frio. Estas foram cartografadas em função do número de dias de duração do episódio, através de métodos de interpolação espacial em ambiente SIG.

Posteriormente, os modelos de perigosidade regional a ondas de calor e de frio resultaram do somatório do total de episódios identificados, executado através da ferramenta *Raster Calculator*, em ambiente SIG. Estes modelos foram classificados em cinco classes de acordo com o número de dias apresentado no Quadro I.

Quadro I

Classificação da perigosidade regional a ondas de calor e a ondas de frio (número de dias entre 1981 e 2010)

	MUITO BAIXO	BAIXO	MODERADO	ELEVADO	MUITO ELEVADO
Ondas de Calor	< 45	45 - 85	85 - 115	115 - 135	135 - 149
Ondas de Frio	< 10	10 - 35	35 - 60	60 - 80	80 - 108

Os dados de temperatura utilizados são dados recolhidos em abrigo, pelo que estes modelos preparados para a escala regional têm um valor indicativo da probabilidade temporal e espacial de ocorrência de ondas de calor e ondas de frio, mas não são suficientes para discriminar a suscetibilidade no interior do território concelhio de Torres Novas. Na verdade, para além das características climáticas regionais, cada território possui particularidades climáticas próprias que lhes são conferidas pela influência de fatores locais, como a altitude,

¹ Particularmente no que se refere ao frio.

o relevo (posição topográfica, orientação e exposição das vertentes e vales), bem como a ocupação do solo que, de modo diferenciado, modificam, localmente, as condições climáticas regionais. Assim, devido à inexistência de pelo menos uma estação meteorológica no município e às dezenas de quilómetros que distanciam as várias estações da rede do IM e do SNIRH, os modelos regionais podem ocultar importantes contrastes topoclimáticos, incontornáveis para o estudo do comportamento destes fenómenos climáticos extremos e da sua aplicação em termos de ordenamento do território.

Deste modo, para complementar o estudo regional e para conhecer o clima local com maior detalhe, foram realizados dois percursos de medições itinerantes de automóvel, no concelho de Torres Novas: um, em situação de frio intenso, a 11 Fevereiro de 2011, com início às 5 horas; e outro, em situação de forte calor, a 29 de Julho de 2011, entre as 13h e as 15horas. As campanhas de medição itinerantes de automóvel foram realizadas com recurso a um termohigrómetro com sensor externo (Tinytag TV-4505 *data logger*), programado para fazer leituras contínuas de temperatura do ar e de humidade relativa, de 15 em 15 segundos.

Os percursos foram realizados a uma velocidade inferior a 40km/hora, seguindo um trajeto previamente estabelecido com, aproximadamente, 150 pontos de observação. Os pontos de observação foram selecionados com o objetivo de identificar as diferenças térmicas existentes entre áreas com diferentes altitudes, posições topográficas, exposições e tipos de uso do solo, dando particular ênfase à identificação dos contrastes térmicos existentes entre os fundos de vale e o topo das colinas e entre as áreas urbanas e as áreas rurais periféricas.

Como a duração dos percursos foi ligeiramente superior a 2 horas, foi necessário corrigir os dados, tentando anular o efeito do fator tempo nas temperaturas, em função dos registos de um conjunto de pontos de referência. Os dados foram posteriormente cartografados e interpolados em ambiente SIG, utilizando a ferramenta de geoestatística *Kriging*.

Por fim, os dados climáticos recolhidos nas campanhas itinerantes foram ainda correlacionados com dados altimétricos, topográficos (orientação e exposição dos vales) e de tipologias de uso do solo, para estabelecimento de um padrão de distribuição das temperaturas, do qual resultaram os modelos de suscetibilidade à escala municipal.

A avaliação da vulnerabilidade do município ao risco de ondas de calor e de ondas de frio resultou de uma análise multicritério, que relaciona a população exposta com mais de 65 anos (principal grupo de risco)

com as características sociais e habitacionais da população, expressas através da vulnerabilidade social. A população exposta corresponde à densidade de indivíduos com mais de 65 anos e o modelo de vulnerabilidade social foi construído com base na análise fatorial de um conjunto de variáveis sociais do âmbito da demografia, literacia, emprego, habitação e construção, ao nível da unidade territorial².

O mapa de risco resultou do produto da cartografia da suscetibilidade pela vulnerabilidade do território e foi classificado em três classes: baixo, moderado e elevado.

3. O município de Torres Novas

O município de Torres Novas localiza-se no distrito de Santarém, a norte do rio Tejo, fazendo parte da sub-região do Médio Tejo (NUT III) que integra a Região Centro (NUT II) de Portugal Continental (Figura 1). Ocupando uma área de 269 km², distribui-se por 17 freguesias e tem uma população residente de 36837 habitantes, a que corresponde uma densidade populacional de 136,9 hab./km² (INE, 2011).

Em termos geomorfológicos, trata-se de um município topograficamente pouco acidentado e com altitude moderada, que compreende três grandes unidades geomorfológicas: a **serra calcária** (Serra de Aire, pertencente ao bordo meridional do Maciço Calcário Estremenho, constituída essencialmente por rochas calcárias do jurássico médio, e que atinge os 679m), as **colinas gresocalcárias**, associadas essencialmente a rochas gresosas e calcárias miocénicas, que se desenvolvem entre 100 e os 250 metros na área central do município e que são recortadas pelos vales, moderadamente encaixados, do rio Almonda e seus afluentes, e, a sul, a **planície aluvial do rio Almonda**, junto da sua confluência com o rio Tejo, com cotas já inferiores a 50 metros (Figura 2).

Com um clima tipicamente mediterrâneo, Torres Novas relewa uma ambiência térmica relativamente amena (temperatura média anual de 15°C), caracterizada por Verões quentes e secos e Invernos suaves e moderadamente chuvosos, com uma precipitação total anual de 951,3mm. Nos meses secos de junho, julho e agosto registam-se as temperaturas mais elevadas, com valores médios de 22°C, e em que são frequentes temperaturas superiores a 25°C (27 dias) e temperaturas máximas diárias de 40°C, por vezes associados a

² As unidades territoriais utilizadas correspondem a uma agregação de subsecções estatísticas em função da ocupação humana no município, mais precisamente da densidade populacional e área edificada, tendo em vista a criação de espaços de alguma homogeneidade.

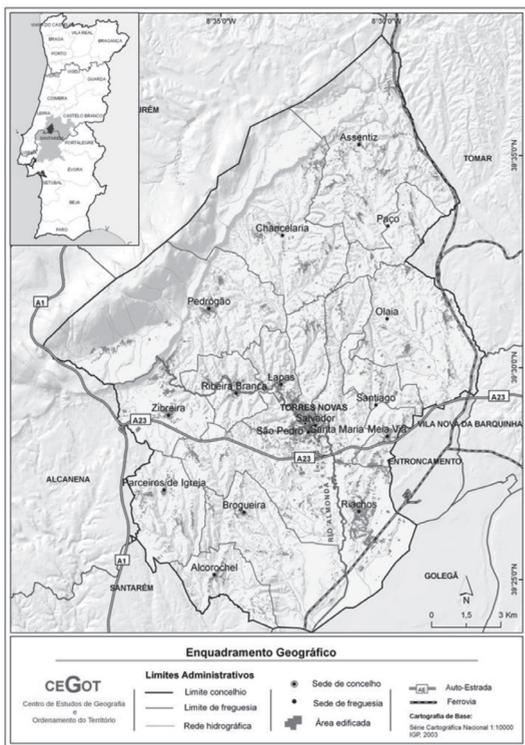


Figura 1
Enquadramento geográfico do concelho de Torres Novas

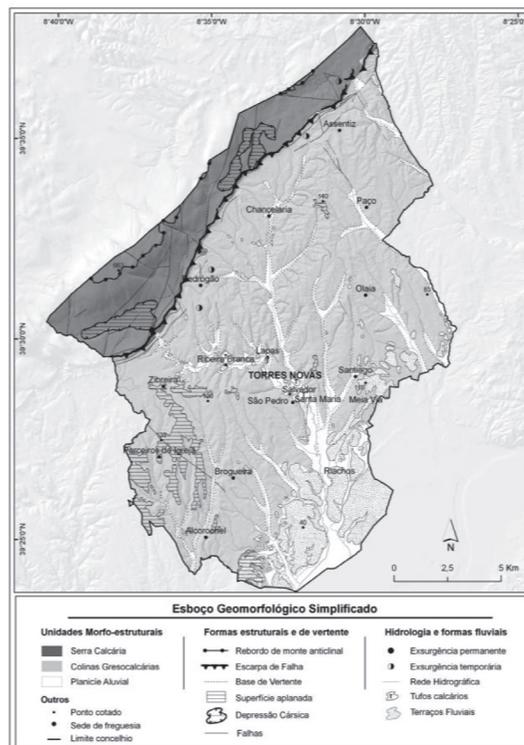


Figura 2
Esboço geomorfológico simplificado

episódios de onda de calor. Contrariamente, nos meses de Inverno, de novembro a março, as temperaturas médias são bem mais baixas, rondando os 10°C, com mínimas de 5°C, sendo comum estas descerem abaixo dos 0°C, particularmente nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro.

Em consequência da sua posição geográfica, das características topográficas e da baixa altitude do município, a queda de neve e granizo, bem como a formação de geada são fenómenos pouco frequentes. Ainda assim, no último século nevou pelo menos quatro vezes no município (nos finais da década de 30 (1938?), em 1946, em 1952, em 1983) e voltou a nevar, recentemente, em janeiro de 2006.

3.1. Referencial histórico de ondas de calor e de ondas de frio

Segundo o IM, nos últimos 30 anos, Portugal foi assolado por inúmeras ondas de calor, entre as quais se salientam, pela sua duração, intensidade e consequências, as ondas de calor ocorridas entre 10 a 20 de junho de 1981, 10 a 18 de julho de 1991, 29 de julho a 15 de agosto de 2003 e as cinco ondas de calor observadas entre 24 de maio a 9 de setembro de 2006. É ainda de

referir que o fenómeno teve também particular relevância nos anos de 1989, 1990, 2005, 2009 e 2010.

A onda de calor de 1981 foi a onda de maior extensão territorial registada até à data, ao abranger praticamente todo o território nacional, por um período de 6 a 10 dias, causando cerca de 1900 mortos (GARCIA *et al.*, 1999) e 90 mil hectares de área ardida (Direção Geral de Florestas - DGF). No concelho de Torres Novas esta onda fez-se sentir durante 8 a 9 dias consecutivos, com temperaturas máximas diárias que variaram de 38°C a 43,4°C.

Em 1991, uma outra onda de calor de menor duração (8 dias) assolou as regiões do centro e interior de Portugal e provocou cerca de 1000 mortos (DGS) e 128 mil hectares de área ardida (DGF). Em Torres Novas, ainda que a cartografia publicada pelo IM não denuncie a presença do fenómeno, houve alguns dias em que se registaram temperaturas em torno dos 40°C e com máximas de 42,8°C que foram igualmente sentidas pelos Torrejanos, tendo sido motivo de notícia no jornal local *O Almonda*, no dia 19 de Julho de 1991 (Fotografia 1).

Em 2003, verificou-se a onda de calor mais extrema e de maior duração alguma vez registada em Portu-



Fotografia 1

Notícia do jornal *O Almonda* no dia 19 de Julho de 1991

gal (RAMOS, 2003), ao permanecer cerca de 16 a 17 dias nas regiões do interior Norte, Centro e parte da região Sul, causando 1953 mortos (INSA, 2004) e 426 mil hectares de área ardida (DGF). Em Torres Novas a onda de calor foi registada de 9 a 11 dias consecutivos.

Já em 2006 ocorreram 5 ondas de calor, entre 24 de Maio a 9 de Setembro, mas a mais significativa foi a registada entre 07 e 18 de Julho que, pela área abrangida (quase todo o território nacional) e pela duração (11 dias), foi considerada pelo IM como a maior dos últimos 65 anos. Esta onda ficou associada a um excesso de mortalidade, de cerca de 1259 mortos, na sua maioria idosos com mais de 75 anos (DGS), e a 72 mil hectares de área ardida. No município de Torres Novas a onda de calor durou entre 6 a 7 dias, tendo sido registadas 2 a 4 noites tropicais consecutivas (IM, 2006).

De um modo geral, podemos afirmar que as ondas de calor mais intensas e com impactos socioeconómicos

mais significativos ocorrem sobretudo nos meses de julho e agosto. Mas, deverá assinalar-se que a frequência de ocorrência de ondas de calor fora de época se tem intensificado na última década. A título de exemplo salienta-se as ondas de calor observadas em março de 2009, maio de 2005, 2006 e 2009, abril de 2007, outubro de 2009 e novembro de 2007.

Relativamente às ondas de frio, foram identificados 18 episódios de ondas de frio em Portugal, desde 1983 a 2011, dos quais, pela sua magnitude e duração, merecem particular alusão as observadas entre 6 a 17 de fevereiro de 1983, 6 a 17 de janeiro de 1985, 13 a 24 de novembro de 1985, 7 a 21 de dezembro de 1988, 21 de dezembro a 7 de janeiro de 1992, 25 janeiro a 12 de fevereiro de 2005 e janeiro/fevereiro de 2006. As restantes, observadas em fevereiro/março de 1993, janeiro de 2003, novembro de 2004, janeiro, fevereiro/março e dezembro de 2005, dezembro de 2006, dezembro de 2007, janeiro de 2009 e janeiro e fevereiro de 2011, correspondem a manifestações mais localizadas e com uma duração de apenas 6 a 7 dias.

Com uma extensão a praticamente todo o território nacional, a onda de frio que atingiu Portugal em fevereiro de 1983 manifestou-se com maior intensidade (6 a 12 dias) na região do Alto Alentejo, Centro Litoral e no Vale do Tejo, e foi considerada como sendo uma das mais intensas e extensas até hoje registada. Esta onda de frio esteve associada a temperaturas extremamente baixas, à queda de neve nas terras altas do Nor-



Fotografia 2

Notícias do Jornal *O Almonda* referentes à queda de neve em Torres Novas em fevereiro de 1983 (a) e janeiro de 2006 (b).

Fonte: Jornal *O Almonda* de Fevereiro de 1983 e Janeiro de 2006

te e Centro e a geadas fortes. Em Torres Novas, durante este período as temperaturas mínimas diárias alcançaram valores de $-0,4^{\circ}\text{C}$ e $-4,2^{\circ}\text{C}$ e a onda de frio, que se fez sentir durante 6 a 7, dias deu origem a precipitação sob a forma de neve em todo o concelho nos dias 11 e 15 de fevereiro, tal como descreve a notícia do jornal *O Almonda* do mês de fevereiro de 1983 (Fotografia 2a).

Assumindo um padrão de variabilidade espacial muito semelhante, as ondas de frio de janeiro e novembro de 1985 e de Dezembro de 1988 manifestaram-se com maior intensidade nas regiões do interior Norte e Centro, com uma duração máxima de 11 a 14 dias. No concelho de Torres Novas as ondas de frio duraram 8, 9 e 10 dias, respetivamente, com temperaturas mínimas diárias do ar inferiores a 0°C e mínimos de $-2,8^{\circ}\text{C}$.

A onda de frio de janeiro/fevereiro de 2006 não atingiu, enquanto tal, Torres Novas. Porém, durante este período, verificou-se a ocorrência de precipitação sob a forma de neve em todo o concelho, durante aproximadamente 4 horas. O intenso nevão teve como consequência a acumulação de gelo em praticamente toda a rede viária, obrigando mesmo à interdição da circulação rodoviária do troço de Torres Novas da A1, em ambos os sentidos. Em alguns locais do município, registaram-se alguns acidentes de viação, se bem que sem gravidade, devido ao nevoeiro denso e ao gelo que, entretanto, se formou nas estradas.

De todas as ondas de frio identificadas no Centro de Portugal, apenas 8 delas foram registadas no concelho de Torres Novas. Em média, a sua recorrência é

maior nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, com uma duração de apenas 6 a 7 dias.

Tendo em conta o número, extensão, intensidade, duração e consequências das ondas de calor e de ondas de frio inventariadas, considerou-se, que no seu conjunto, as mesmas seriam representativas destes fenómenos extremos à escala regional.

4. Resultados e Discussão

4.1. Perigosidade

A análise dos modelos de perigosidade à escala regional (Figuras 3 e 4) revelam que os índices de suscetibilidade a ondas de calor aumentam progressivamente do litoral para o interior, denunciando uma forte influência da continentalidade na intensificação das temperaturas máximas nas regiões do Alentejo e Beira Interior Sul ou, se preferirmos, da ação moderadora do Oceano Atlântico nas temperaturas das áreas litorais.

Por outro lado, as ondas de frio assumem um padrão espacial mais heterogéneo, cujos contrastes são influenciados pelas condições topográficas e morfológicas regionais, que acentuam a suscetibilidade nas áreas deprimidas, nos vales interiores do Alto Tejo e Baixo e Médio Zêzere e nas áreas montanhosas da região Centro Oeste. No caso dos vales abertos da faixa litoral (Baixo Tejo e ao Vale do Mondego), a suscetibilidade é claramente atenuada pelos ventos oceânicos de Oeste, que amenizam as temperaturas.

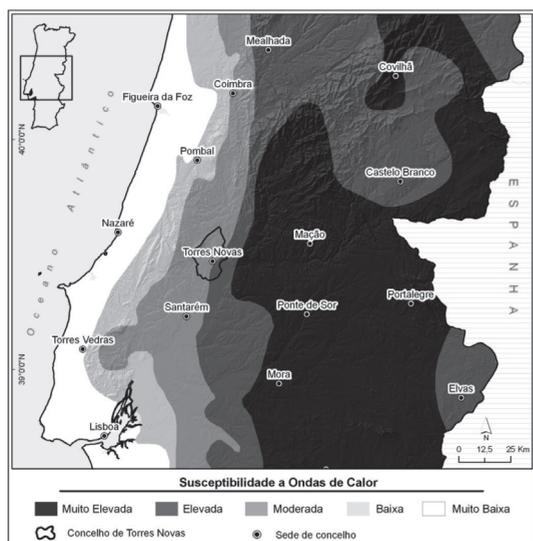


Figura 3
Perigosidade regional a ondas de calor

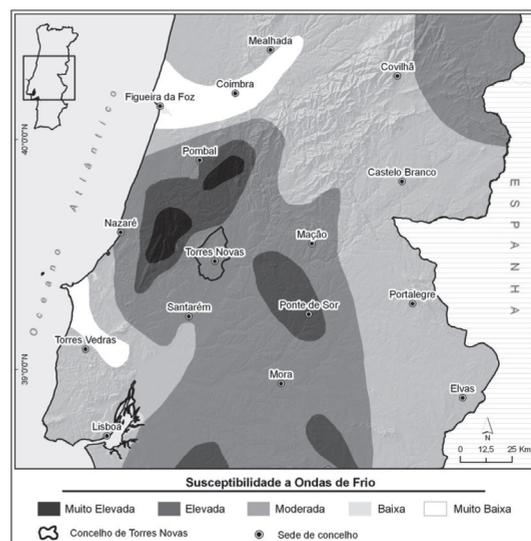


Figura 4
Perigosidade regional a ondas de frio

Neste quadro regional, o município de Torres Novas transporece com uma perigosidade a ondas de calor moderada a elevada, com uma probabilidade de ocorrência de 85 a 135 dias em 30 anos, e uma perigosidade moderada a ondas de frio, de 35 a 60 dias em 28 anos.

À escala local, as temperaturas mais elevadas em situação de onda de calor, verificam-se no sector das colinas situadas a norte do vale do rio Almonda e nos planaltos entre a freguesia de Zibreira e a freguesia de São Pedro (Figura 5).

Durante a tarde, a elevada exposição dos topos das colinas e dos planaltos à radiação solar direta contribui para um maior aquecimento destas áreas, proporcionando temperaturas mais elevadas do que nas áreas de vale mais abrigadas. A planície aluvial que configura o vale do rio Almonda desde Torres Novas até aos confins meridionais do concelho, sobressai como uma das áreas onde as ondas de calor se farão sentir com menor intensidade. Aqui, a vasta planície ao proporcionar uma maior circulação do ar não favorece a concentração do ar quente. Por outro lado, a presença de terrenos irrigáveis e do próprio rio Almonda induzem uma forte evaporação, que faz elevar, localmente, a humidade relativa e que ameniza os valores das temperaturas máximas.

Para além da planície, os locais topograficamente deprimidos localizados entre o sopé da Serra de Aire e os Arrifes e os vales com uma orientação N-S (vale do Alvorão) sobressaem, também, como sendo áreas menos quentes em situação de onda de calor. Em ambos os casos, o efeito térmico é atenuado pelos ventos locais provenientes de norte, que se intensificam, principalmente, nos meses de junho, julho e agosto e que registam maiores velocidades nos vales retilíneos, encaixados e com orientação N-S.

Em posição intermédia salientam-se, com uma suscetibilidade moderada, o vale do rio Almonda (desde a Ribeira Branca até à cidade de Torres Novas) e o vale da Ribeira do Alvorão, bem como a serra de Aire, que para além do maior arejamento, conta com o fator altitude que, por si só, faz diminuir a temperatura em cerca de 2 a 3°C (aproximadamente 1°C por cada 180 metros).

De acordo com os dados recolhidos no trabalho de campo, em situação de temperaturas elevadas, registaram-se diferenças de cerca de 2 a 4,5°C entre as colinas do Alvorão e a planície aluvial (a jusante de Riachos) e de 1 a 2°C entre o topo e fundo dos vales.

Na cidade de Torres Novas, potencialmente mais suscetível ao efeito do calor devido à modificação do balanço radioativo imposto pela forte artificialização

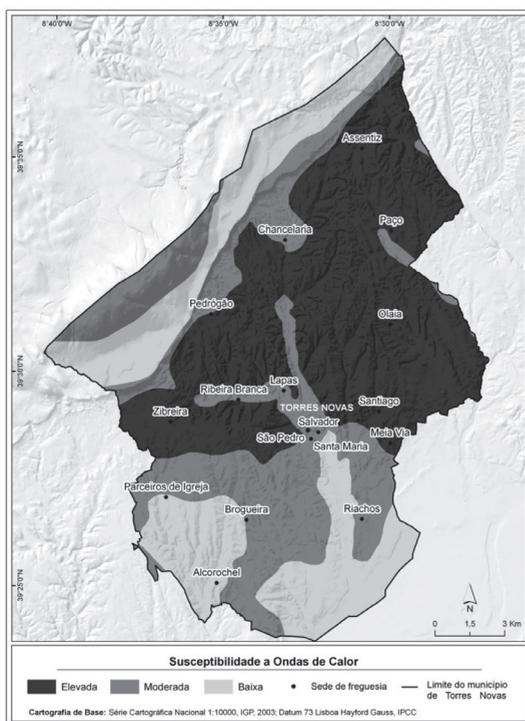


Figura 5
Suscetibilidade a Ondas de Calor

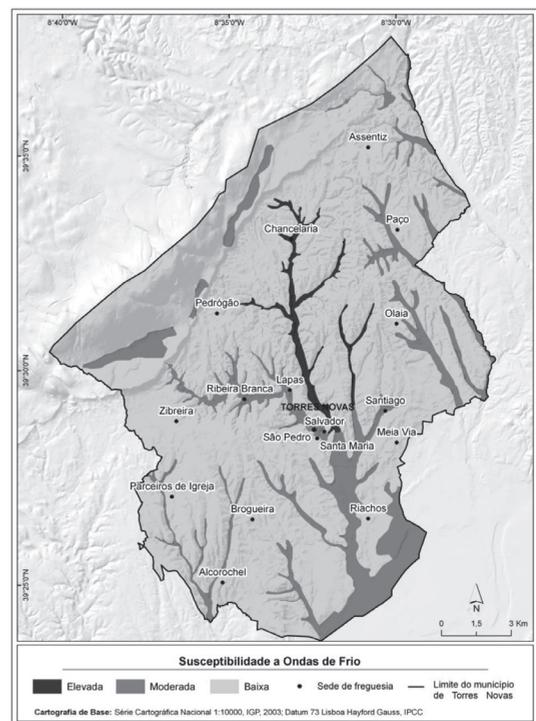


Figura 6
Suscetibilidade a Ondas de Frio

do solo e pela geometria urbana, não se verificaram grandes diferenças térmicas relativamente às áreas rurais periféricas, facto justificado pela pequena dimensão da cidade. Todavia, no interior da malha urbana nota-se claramente a ação moderadora do rio Almonda e o efeito de sombra dos edifícios do centro histórico, ao reduzirem significativamente os valores das temperaturas onde, à partida, seria expectável que estas fossem mais elevadas. Pelo contrário, nos locais mais abertos e expostos à radiação solar direta, fortemente impermeabilizados e com moderado a elevado tráfego rodoviário, os efeitos do calor fazem-se sentir com mais intensidade, como por exemplo na Praça 5 de Outubro.

No que diz respeito às ondas de frio, é durante o final da noite, nos fundos de vale e nas áreas topograficamente deprimidas do território de Torres Novas que se verificam as temperaturas mais baixas (Figura 6).

Em situação anticiclónica de Inverno, sem nebulosidade e sem vento, o arrefecimento do ar junto ao solo é generalizado a todo o território, embora atinja mais as situações topográficas deprimidas. Durante a noite, o ar frio é mais denso tende a descer pelas vertentes até às áreas mais baixas, onde se acumula e forma pequenos "lagos" de ar frio.

Dadas as suas características topográficas, os fundos de vale e as áreas topograficamente deprimidas constituem as áreas privilegiadas de receção do ar frio e, conseqüentemente, a atmosfera destas áreas sofre um maior arrefecimento térmico do que o topo e as vertentes das colinas gresocalcárias e da própria Serra de Aire.

Por outro lado, em virtude das suas características morfológicas, quer da geometria e orientação do vale/depressão, quer do declive das encostas envolventes, verifica-se um agravamento espacial diferencial da intensidade da onda de frio.

Nos vales mais encaixados o arrefecimento atmosférico processa-se de forma mais intensa, por força dos declives das vertentes envolventes, que influenciam o aumento da velocidade de escoamento do ar frio, e pela falta de arejamento do seu fundo. Mais concretamente, nas vertentes da Serra de Aire, da escarpa do Arrife e das colinas gresocalcárias de forte e moderado declive, a drenagem do ar frio deve processar-se de forma mais intensa, pelo que as depressões fechadas situadas na base da Serra e os fundos de vale das colinas gresocalcárias serão os locais mais suscetíveis aos efeitos das ondas de frio. Na planície localizada a sul da cidade de Torres Novas, a velocidade de drenagem do ar frio proveniente dos vales a montante diminui em

função dos fracos declives, o arejamento é maior, mas continua a registar-se uma acumulação de ar frio.

Sob estas condições, se as temperaturas descerem abaixo do ponto de condensação poderá haver formação de nevoeiro nos locais mais deprimidos que prolongam as temperaturas baixas pelas primeiras horas do dia, ou, caso as temperaturas ao nível do solo desçam abaixo dos 0°C, estão sujeitas à possibilidade de formação de geada, com graves prejuízos para a agricultura.

Durante o dia, após o nascer do sol, os contrastes térmicos são rapidamente atenuados pelo aquecimento radiativo, que faz com que haja um aumento generalizado da temperatura junto ao solo e por conseguinte um dismantelamento progressivo da drenagem do ar frio. Ainda assim, será nos locais topograficamente mais baixos e sombrios (sobretudo se expostos a Norte) que o frio se fará sentir com maior intensidade e durante mais tempo.

Da análise da variabilidade térmica observada num episódio de frio intenso, constatou-se que em situação de onda de frio poderá haver contrastes térmicos de 2 a 4°C entre o topo das colinas e o vale do Alvorão, de 4°C entre o topo da Serra de Aire e as depressões cársicas da base da Serra e de 2°C entre a planície aluvial e as vertentes envolventes. Os maiores contrastes no interior do município foram identificados entre o topo da Serra de Aire e o vale do Alvorão, com uma diferença térmica superior 10°C, sendo este último, naturalmente, o sector mais frio.

4.2. Vulnerabilidade

A presença de condições térmicas extremas a que o organismo humano não está adaptado causa, normalmente, um desconforto térmico generalizado e condiciona diretamente a saúde das pessoas e a realização de atividades ao ar livre.

Da análise do modelo de vulnerabilidade a ondas de calor e de frio (Figura 7c), que traduz a relação existente entre a exposição do principal grupo de risco (os idosos com mais de 65 anos; Figura 7a) e a vulnerabilidade social (condições sociais e de habitabilidade das comunidades locais; Figura 7b), constata-se que a vulnerabilidade é mais elevada nos aglomerados populacionais, devido a uma maior concentração e exposição populacional, mas acresce significativamente nas povoações rurais com elevada vulnerabilidade social.

Com exceção da cidade Torres Novas e Lapas, todos os restantes aglomerados populacionais apresentam uma vulnerabilidade moderada a muito elevada, que resulta de uma maior densidade de idosos, em regra com baixo nível de instrução e que residem em casas

com condições precárias de habitabilidade. A falta de aquecimento e refrigeração ou a baixa eficiência térmica da maior parte das habitações poderá ser uma das principais causas de agravamento do estado de saúde dos seus residentes e, conseqüentemente, de aumento das taxas de morbidade e mortalidade. Assim, mais do que os fatores demográficos e das condições de saúde, as repercussões dos fenômenos em causa fazem transparecer, sobretudo, as desigualdades socioeconômicas das populações.

De acordo com o estudo ECOS (Em Casa Observamos a Saúde) realizado pelo INSA (2003), que tinha como objetivo conhecer as condições dos agregados familiares perante o frio, verificou-se que grande parte da população portuguesa vive em casas que não estão preparadas para o frio, sendo poucas aquelas que possuem ar condicionado quente ou aquecimento central. Seguramente, o concelho de Torres Novas não será alheio a esta tendência.

Por último, merecem referência os equipamentos sociais de apoio à população idosa (lares e centros de dia), os equipamentos de saúde (centros de saúde e hospital) e os equipamentos de educação (creches e jardins de infância) com a maior vulnerabilidade do concelho, pelo simples facto de albergarem os principais grupos de risco.

4.3. Risco

Por fim, conjugando o grau de suscetibilidade com a vulnerabilidade do território de Torres Novas, podemos concluir que as áreas que apresentam maior risco aos

efeitos das ondas de calor e de frio correspondem, exclusivamente, aos aglomerados rurais (Figuras 7 e 8).

O risco de onda de calor é particularmente importante nas povoações situadas no topo das plataformas gresosas da parte central do município, enquanto o risco de onda de frio é mais elevado nas povoações situadas nos fundos de vale (Vale da Serra, Bezelga, Fungalvaz e Riachos). Os centros urbanos de maior dimensão e com densidades populacionais mais elevadas, como Torres Novas e Lapas, apresentam o índice de risco mais baixo.

5. Conclusões

A ocorrência de ondas de calor e de ondas de frio, no concelho de Torres Novas depende, genericamente, das condições sinópticas que influenciam as situações meteorológicas regionais. Por outro lado, à escala local, são os fatores físicos e funcionais do território que determinam a intensidade e a extensão com que estes fenômenos se manifestam.

Da análise efetuada ao longo deste estudo podemos concluir que, dada a sua posição geográfica à escala global e regional, bem como o relevo suave e as fracas altitudes, o concelho de Torres Novas apresenta uma maior suscetibilidade a ondas de calor do que a ondas de frio (Quadro II).

As ondas de calor revelam uma ocorrência (para um período de 30 anos) moderada a elevada (85 a 135 dias), manifestando-se com maior frequência e intensi-

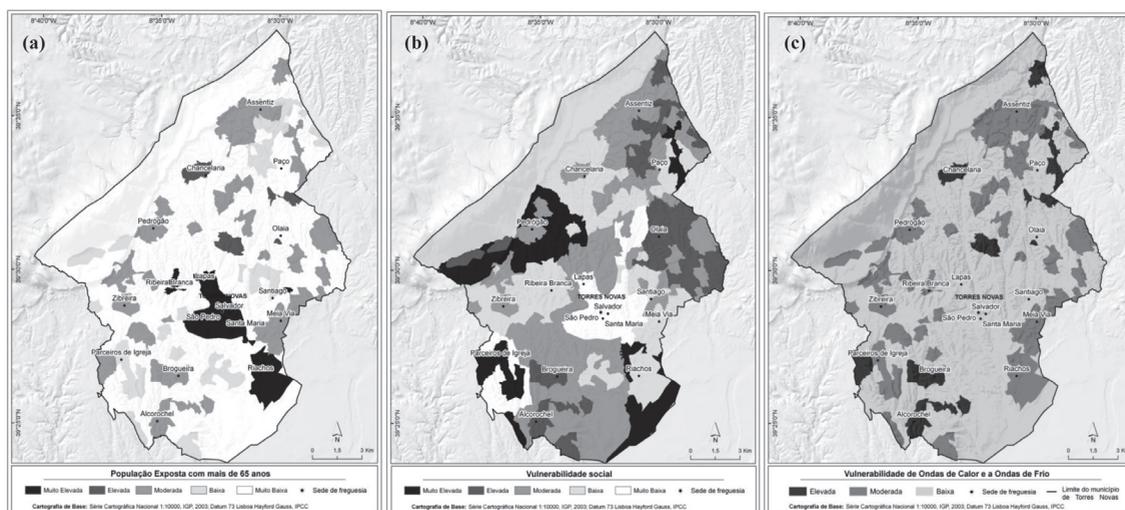


Figura 7
População Exposta (a); vulnerabilidade social (b), e vulnerabilidade a ondas de calor e a ondas de frio (c)

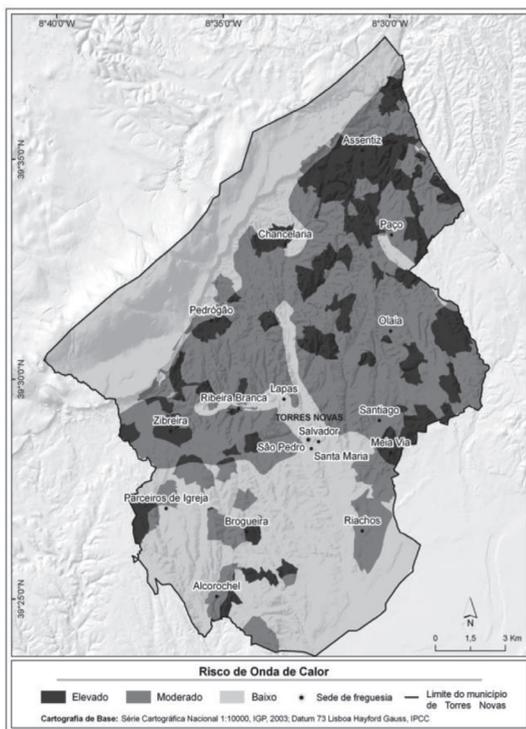


Figura 8
Risco de ondas de calor

dade nos meses de junho, julho e agosto, com uma duração média de 8 dias consecutivos. Por sua vez, as ondas de frio são fenómenos bem mais esporádicos, que ocorrem maioritariamente nos meses de Inverno, com uma duração média de apenas 6 dias consecutivos. A ocorrência deste fenómeno é de aproximadamente 35 a 60 dias, em 28 anos.

Em termos espaciais, é nos topos das colinas da bacia hidrográfica da Ribeira do Alvorão e nos planaltos do concelho de Torres Novas que os efeitos das ondas de calor se farão sentir com maior intensidade. A elevada suscetibilidade destes espaços ao calor (45% da área do concelho) está associada a uma diferença térmica positiva para a atmosfera dos fundos de vale de 1° a 2°C, resultantes de um sobreaquecimento da superfície, devido a uma maior exposição à radiação solar.

Por outro lado, as depressões situadas na base da Serra de Aire, os vales com orientação N-S e a planície

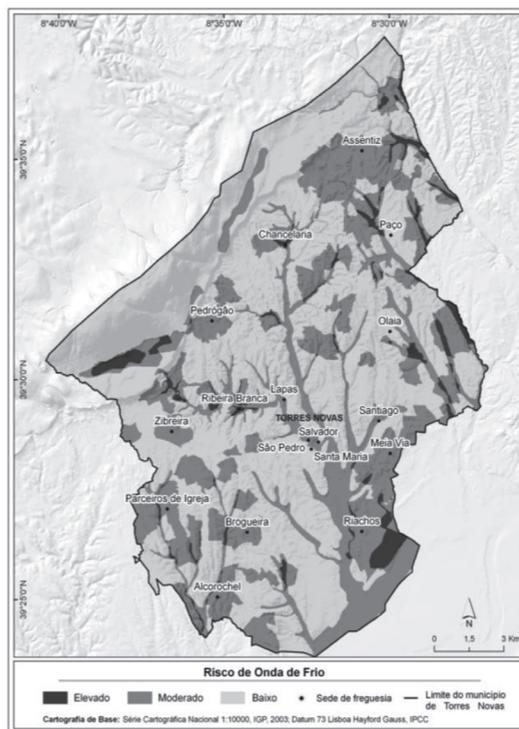


Figura 9
Risco de ondas de frio

aluvial do Almonda localizada a jusante da cidade de Torres Novas, sobressaem como sendo os locais mais frescos em situação de onda de calor, uma vez que o calor é atenuado ou por ventos locais que sopram do quadrante NW, principalmente em situações anticiclónicas de Verão, ou pela presença do fator água (presença do rio Almonda e elevada taxa de humidade junto ao solo) que contribui para a amenização térmica local. As restantes áreas intermédias, que representam aproximadamente 30% do território concelhio, apresentam uma suscetibilidade moderada a ondas de calor.

Quanto ao frio, este é mais intenso durante o final da noite nos fundos de vales e nas áreas topograficamente deprimidas, porque constituem as principais áreas de receção e acumulação do ar frio proveniente das vertentes vizinhas. Mais concretamente, salientam-se com uma suscetibilidade elevada a ondas de frio os vales da Ribeira do Alvorão, da Ribeira do Arrepiado e

Quadro II

Quadro síntese do grau suscetibilidade e risco do concelho de Torres Novas a ondas de calor e a ondas de frio

	SUSCETIBILIDADE (%)			Risco (%)			ÁREAS MAIS CRÍTICAS
	Baixa	Moderada	Elevada	Baixo	Moderado	Elevado	
Ondas de Calor	25	30	45	45	39	16	Topo das colinas e planaltos
Ondas de Frio	84	14	2	62	34	4	Fundo de vales e áreas deprimidas

das suas linhas de água tributárias, pelo facto de constituírem as principais áreas de acumulação de ar frio proveniente das colinas gresocalcárias. Com uma suscetibilidade moderada (14% do território) sobressaem as depressões situadas na base da Serra, a planície aluvial do rio Almonda e os restantes vales por serem, também, locais privilegiados de acumulação do ar frio. Os sectores intermédios e de topo, que representam 84% do território, apresentam uma menor suscetibilidade aos efeitos do frio.

A vulnerabilidade e o risco são relativamente reduzidos, com valores percentuais inferiores a 5%, à exceção do risco de onda de calor que assume uma expressão territorial elevada em 16% da área concelhia. Para ambos os fenómenos, os aglomerados rurais, com maior índice de população idosa exposta e de vulnerabilidade social, sobressaem como sendo as áreas mais vulneráveis do município. Por isso, o risco de onda de calor é particularmente importante nas povoações situadas no topo das plataformas gresosas da parte central do município e o risco de onda de frio nas povoações situadas nos fundos de vale (Vale da Serra; Bezelga; Fungalvaz e Riachos).

Segundo os cenários para o futuro apresentados pelo projecto *Climate Change in Portugal. Scenarios, Impacts and Adaptation Measures* (SIAM) estima-se que as ondas de calor se tornarão mais frequentes e intensas, mas que, em contrapartida, as ondas de frio tendem a diminuir.

Neste contexto, as ondas de calor, mais do que as ondas de frio, constituem um problema ao nível ambiental, social e de saúde pública, na medida em que se prevê um aumento crescente das densidades populacionais nos meios urbanos, a par com um contínuo envelhecimento demográfico, o que não deixará de se refletir no acréscimo da mortalidade associada ao calor.

Por último, refira-se que a gestão dos riscos associados a estes fenómenos térmicos extremos é também da competência das autoridades locais de proteção civil, que devem criar planos de ação, informação e sensibilização direcionados sobretudo aos principais grupos de risco, assim como adotar as medidas necessárias para atenuar os efeitos do calor e do frio. Na impossibilidade ou perante a enorme dificuldade em intervir diretamente na melhoria das condições térmicas das habitações individuais, propõe-se uma particular atenção na melhoria da eficiência térmica de edifícios de utilização coletiva como hospitais, centros de saúde, lares e centros de dia, que concentram os principais grupos de risco.

Referências Bibliográficas

- ALMENDRA, R. (2010) - *Geografia da Doença Cardiovascular: enfarte agudo do miocárdio - padrões e sazonalidade*. Dissertação de Mestrado em Geografia Humana, Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, Coimbra, 94 p.
- BOTELHO, F. e Ganho, N. (2012) - "Episódios de frio extremo em Portugal Continental: análise comparativa de episódios de frio seco e de frio com neve e cotas baixas". Revista Geonorte, ed. especial, Manaus, 2 (4), p. 857-869.
- BOTELHO, J.; CATARINO, J.; CARREIRA, M. e CALADO, R. (2004) - *Onda de calor de Agosto de 2003: os seus efeitos sobre a mortalidade da população portuguesa*. Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge, Observatório Nacional de Saúde. Direção Geral de Saúde, Lisboa, pp. 1-36.
- CALADO, R.; BOTELHO, J.; CATARINO, J. e CARREIRA, M. (2003) - *Mortalidade em Portugal no Verão de 2003: influência das ondas de calor*. Trabalho apresentado em reuniões da Organização Mundial de Saúde, Direção Geral da Saúde, pp. 1-10.
- CUNHA, L. (2012) - "Riscos climáticos no Centro de Portugal. Uma leitura geográfica". Revista Geonorte, ed. especial, Manaus, 4 (4), p. 105-115.
- GARCIA, A. C.; NOGUEIRA, P. J. e FALCÃO, J. M. (1999) - "Onda de calor de Junho de 1981 em Portugal: efeitos na mortalidade". *Revista Portuguesa de Saúde Pública*, Volume Temático I, pp. 67-77.
- Instituto de Meteorologia (IM) (2006) - *Boletim Climático de Julho de 2006*, disponível [Online] em www.meteo.pt (consultado em Maio de 2011).
- Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge (INSA) (2004) - *Onda de calor de Agosto de 2003: os seus efeitos sobre a saúde da população portuguesa*, disponível [Online] em: http://www.onsa.pt/conteu/onda_2003_relatorio.pdf (consultado em setembro de 2011).
- JULIÃO, R. P. (coord.) (2009) - *Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) de base municipal*. Lisboa, Autoridade Nacional e Proteção Civil/Direção Geral de Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano/Instituto Geográfico Português.
- LOPES, A. (1995) - "Drenagem e acumulação de ar frio em noites de arrefecimento radiativo. Um exemplo no vale da Barcarena (Oeiras)". *Finisterra*, XXX, 59-60, pp. 149-164.
- LOPES, A. (1998) - "Contrastes térmicos noturnos e acumulação de ar frio em áreas urbanas do sul da Península de Lisboa". *Finisterra*, XXXIII, 66, pp. 25-40.
- LOPES, A. (2009) - "O sobreaquecimento das cidades. Causas e medidas para a mitigação da ilha de calor de Lisboa". *Territorium*, 15 pp. 39-52.

- MARQUES, J. e ANTUNES, S. (2009) - "A perigosidade natural da temperatura do ar em Portugal Continental: A avaliação do risco na mortalidade". *Territorium*, n.º 16, pp. 49-61.
- MARTO, N. (2005) - "Ondas de calor. Impacto sobre a saúde". *Acta Médica Portuguesa* [Online] Disponível em <http://www.actamedicaportuguesa.com/pdf/2005-18/6/467-474.pdf> (Consultado em setembro de 2011).
- MORABITO, M.; CRISCI, A.; GRIFONI, D.; ORLANDINI, S.; CECCHI L.; BACCI L.; MODESTI, P.; GENSINI, G. e MARACCHI, G. (2006) - "Winter air-mass-based synoptic climatological approach and hospital admissions for myocardial infarction in Florence, Italy". *Environmental Research*, 102, pp. 52-60.
- NOGUEIRA, P. J.; NUNES, A. R.; NUNES, B.; FALCÃO, J. M. e FERRINHO, P. (2009) - "Internamentos hospitalares associados à onda de calor de Agosto de 2003: evidências de associação entre morbidade e ocorrência de calor". *Revista Portuguesa de Saúde Pública*, Vol. 27, n.º 2, pp. 87 - 102.
- NOGUEIRA, P.; PAIXÃO, E. e RODRIGUES, E. (2008) - *Sazonalidade e Periodicidade do Internamento Hospital em Portugal Continental - 1988 a 2003*. Fundação Merck Sharp Dohme.
- RAMOS, A. (2003) - "Fenómenos extremos: onda de calor em Portugal em 2003". Disponível [Online] em www.alentejolitoral.pt (consultado em setembro de 2011)
- ROBALO, J., DIEGUES, P., BATALHA, L. e SELADA, C. (2009) - *Plano de Contingência para Ondas de Calor 2009*. Direção Geral de Saúde. Disponível [Online] em www.dgs.pt. (consultado em setembro de 2011).