



CATÁSTROFES NATURAIS

UMA ABORDAGEM GLOBAL

IMPRESA DA
UNIVERSIDADE
DE COIMBRA
COIMBRA
UNIVERSITY
PRESS

LUCIANO LOURENÇO
ANTÓNIO VIEIRA
(COORDS.)

**VENTOS FORTES E TEMPERATURAS EXCECIONAIS:
RISCOS PARA A SOCIEDADE
STRONG WINDS AND EXTREME TEMPERATURES:
RISKS FOR SOCIETY**

Ana Monteiro

Departamento de Geografia, Faculdade de Letras
CEGOT/CITTA/ISPUP, Universidade do Porto, Portugal
ORCID: 0000-0002-3392-2664 anamonteirosousa@gmail.com

Helena Madureira

Departamento de Geografia, Faculdade de Letras
CEGOT, Universidade do Porto, Portugal
ORCID: 0000-0002-0047-6450 hmadureira@letras.up.pt

Sumário: Este trabalho aborda os riscos para a sociedade e para a saúde humana associados a ventos fortes e a temperaturas excepcionalmente altas ou baixas. Evidenciamos a multiplicidade de critérios que coexistem para a definição destes eventos, e exploramos os seus possíveis impactes na sociedade e na saúde humana. Concluimos que o contexto social, económico e ambiental, e a escala são fatores determinantes para a compreensão de quando e como um determinado evento meteorológico ou climático se transforma num risco para a sociedade e para a saúde humana.

Palavras-chave: Temperaturas excepcionalmente altas ou baixas, ventos fortes, perfil das pessoas e dos lugares, saúde.

Abstract: This paper addresses the human health risks caused by extreme winds and extreme temperatures. We show the multiplicity of criteria that coexist for these extreme events to be defined, and we explore their possible impacts on human health. We conclude that the social, economic and environmental context, and the scale, are crucial factors for understanding when and how a given extreme weather or climate event becomes a risk to human health.

Keywords: Extreme temperatures, extreme winds, people and place, health.

Introdução

A história da humanidade mostra que as comunidades se foram adaptando ao clima local em que se implantavam, estabelecendo-se e organizando-se no território de modo a melhor usufruírem do contexto climático e, simultaneamente, se protegerem de potenciais e esperados impactes gerados pela variabilidade dos estados de tempo. De facto, eventos meteorológicos e climáticos excepcionais sempre afetaram a humanidade, sendo conhecidos registos dos seus impactes em variados contextos geográficos e temporais. E as comunidades foram mostrando, pelo menos nalgum grau, a capacidade de se adaptarem à ocorrência de eventos considerados excepcionais para as condições normais do seu contexto climático. Uma abordagem aos riscos climáticos requer, portanto, e antes de mais, que se precise alguma terminologia comumente utilizada, designadamente aquilo que neste âmbito pode ser considerado ‘normal’ ou ‘excepcional’.

Na definição mais comum e simples de clima, este refere-se às condições “médias” dos estados tempo num determinado local e num dado período de tempo. Mais rigorosamente, corresponde à descrição estatística da média e variabilidade dos elementos climáticos em períodos de tempo suficientemente longos, precisamente de 30 anos na convenção da Organização Meteorológica Mundial. As normais climatológicas são assim “valores médios calculados para um período relativamente longo e uniforme, compreendendo no mínimo três décadas consecutivas” (WMO, 2017). E têm sido utilizadas com dois principais objetivos: como referência relativamente à qual

as observações atuais ou recentes podem ser comparadas; e, explícita ou implicitamente, para fins preditivos, como um indicador das condições mais prováveis de ocorrerem num dado local (WMO, 2017).

É importante frisar que a noção de “normal” abrange necessariamente a descrição estatística da variabilidade dos diferentes elementos climáticos. Por exemplo, e apelando à memória coletiva, todos testemunhamos que alguns anos são mais quentes que outros, ou mais pluviosos que o “normal”. De facto, a variabilidade climática é uma característica intrínseca do sistema climático, como resultado das oscilações naturais das condições meteorológicas que se fazem sentir em diferentes escalas temporais (mês, estação, ano) e espaciais (local, regional e global).

Compreende-se assim que em estudos de climatologia, ou mais precisamente naqueles versados sobre os riscos climáticos, seja comum usar ‘normais climatológicas’ para estabelecer valores padronizados e, por comparação, identificar anomalias e possíveis eventos excepcionais.

No entanto, a definição do que poderá ser um evento meteorológico ou climático excepcional dificilmente poderá ser universal. Primeiro, porque se as condições climáticas variam espacialmente, o que pode ser considerado um evento excepcional para um determinado local, poderá ser considerado normal para um outro local. Existe inclusive uma certa zonalidade na estrutura espacial dos riscos climáticos. Por exemplo, os furacões atingem sobretudo as regiões tropicais, e o entendimento do que poderá ser uma temperatura excepcionalmente alta será necessariamente diferente nas diferentes latitudes e contextos climáticos. Em segundo lugar, dependendo da área setorial para a qual é importante estabelecer limiares/valores guia relativos aos eventos excepcionais, estes poderão ter definições diferentes. Por exemplo, num mesmo contexto climático, os valores guia para as temperaturas excepcionalmente elevadas poderão ser diferentes se estabelecidos nos âmbitos da saúde pública ou da prevenção de incêndios florestais.

Assim, e como discutiremos mais aprofundadamente nos próximos capítulos, o contexto e a escala são fatores essenciais para a compreensão de quando um determinado evento meteorológico ou climático se transforma num risco.

Sobretudo porque tem vindo a aumentar a convicção de que todos estamos crescentemente expostos a riscos meteorológicos e climáticos que podem ter consequências, mais ou menos importantes, no nosso quotidiano. De facto, todos os

cenários climáticos globais indiciam um aumento da frequência e intensidade de eventos meteorológicos e climáticos excepcionais. Por outro lado, a crescente pressão sobre o território, patente designadamente na intensificação dos processos de urbanização e na crescente conflitualidade próxima de usos do solo muito diversos, aumenta a exposição e a vulnerabilidade a esses riscos.

Assim, mais do que nunca, importa atuar ao nível da prevenção dos riscos, o que envolve necessariamente o reconhecimento aprofundado e à escala adequada de todas as componentes que lhe estão associadas, desde os processos inerentes à sua manifestação, à avaliação da suscetibilidade e, ainda, aos prejuízos que os riscos poderão comportar para uma dada comunidade, e que, naturalmente, serão diferenciados em função da vulnerabilidade dessa população (Lourenço, 2015; Rebelo, 2010).

Neste trabalho restringimo-nos aos riscos associados episódios excepcionais de temperatura e de vento. Começamos por definir e explicitar os critérios que coexistem para a definição destes episódios excepcionais. E seguidamente exploramos os seus possíveis impactes. Os ventos fortes e o calor ou frio excepcionais podem originar impactes socioeconómicos e ambientais consideráveis, designadamente danos na propriedade pública ou privada, nas vias de comunicação e noutras infraestruturas e equipamentos, a destruição de explorações agrícolas e pecuárias, a interrupção do fornecimento de bens ou serviços básicos (água, eletricidade, telefone, entre outros), a evacuação e desalojamento de pessoas ou a eventual perda de vidas humanas. Para balizarmos o âmbito do presente trabalho, teremos como enfoque as repercussões diretas ou indiretas na saúde e bem-estar, considerando, no entanto, que estes dependem de todas as condições sociais, económicas, e ambientais potencialmente afetadas pelos eventos climáticos ou meteorológicos excepcionais.

Riscos associados a episódios excepcionais de vento

O vento é um movimento do ar originado por diferenças de pressão de origem térmica ou dinâmica. As características e a distribuição espacial destes movimentos são influenciadas por fatores globais, zonais, regionais e locais que determinam a sua duração, intensidade e extensão horizontal e vertical.

Episódios de ventos fortes associados a tempestades ocorrem com frequência em todo o mundo. Conceptualmente, podemos abordar e classificar as tempestades de duas formas distintas:

- 1) A partir do fenómeno meteorológico em si, como por exemplo tempestades de vento, tempestade de neve, chuvas intensas ou tempestades de granizo;
- 2) Ou a partir das condições atmosféricas que propiciam a ocorrência destes fenómenos (Poljanšek *et al.*, 2017). Neste caso, os sistemas meteorológicos associados ao desenvolvimento das tempestades podem ser classificados de acordo com os mecanismos de formação e desenvolvimento, pela sua estrutura, localização geográfica, escala espacial ou escala temporal.

Assim, os episódios de ventos fortes podem originar-se em sistemas meteorológicos de características distintas, podendo associar-se a fenómenos de escala sinóptica que se fazem sentir em vastas áreas do território (como as perturbações extratropicais) ou a fenómenos de instabilidade vertical da troposfera de escala espacial e temporal mais restrita. Por exemplo, em condições atmosféricas específicas, super-células de desenvolvimento vertical produzem tornados com ventos localizados muito fortes. Um outro exemplo é dado pelos gradientes locais de temperatura e pressão que se desenvolvem diária e sazonalmente nas áreas costeiras e montanhosas, e que em condições atmosféricas específicas, podem também gerar ventos fortes.

Neste capítulo focamo-nos nos principais tipos de sistemas meteorológicos associados ao desenvolvimento de tempestades - e de episódios de ventos fortes, designadamente os ciclones tropicais, os ciclones extratropicais e os sistemas convectivos. Numa segunda parte, abordamos os possíveis impactes de episódios excecionais de vento na saúde e bem-estar.

Ciclones extratropicais e tempestades

Na Europa as perturbações extratropicais são as principais responsáveis pela ocorrência de ventos excecionalmente fortes. Tratam-se de sistemas de baixas pressões de escala sinótica com intensa atividade frontal associada, cujo desen-

volvimento depende de fortes contrastes termohigrométricos e de densidade entre massas de ar, da estrutura baroclínica da troposfera no seu confronto, e também do carácter convergente ou divergente dos fluxos nos níveis altos da troposfera (Ganho, 2003). É durante os meses de outono e inverno que estas condições mais vezes convergem, permitindo a sua formação e evolução desde o Atlântico até à Europa.

Apesar de menos frequentes do que noutros contextos geográficos, os episódios de vento forte constituem um dos riscos meteorológicos mais característicos do nosso território. Alguns estudos têm documentado a génese e os impactos destes episódios na Península Ibérica. Por exemplo Ganho (2013) sintetizou retrospectivamente as causas sinóticas responsáveis pela ocorrência de episódios de ventos tempestuosos de escala sinótica em Portugal Continental entre 1973 e 2013. Têm também sido contextualizados episódios de ventos fortes associados a tempestades recentes que atingiram a Península Ibérica, como as tempestades Klaus (janeiro 2009) (Liberato *et al.*, 2011) ou Xynthia (fevereiro 2010) (Liberato *et al.*, 2013).

A severidade do episódio de vento forte é influenciada pela sua velocidade e pela sua turbulência (Gibbs, 2004). A velocidade do vento depende essencialmente do gradiente de pressão atmosférica dentro ou entre massas de ar. No entanto, localmente, outros fatores podem afetar a velocidade do vento. De facto, na camada limite atmosférica (CLA) a velocidade do vento é afetada por diversas causas, entre as quais a morfologia do terreno e a rugosidade da superfície terrestre, ou seja, pela distribuição dos obstáculos naturais ou artificiais no território. Assim, em casos de morfologia complexa, podem-se registar grandes modificações nos regimes de vento. O bloqueio, desvio e canalização dos ventos pelos contornos topográficos produzem perturbações que influenciam fortemente as circulações locais (Oke, 1987). Assim, para avaliarmos os riscos associados a ventos tempestuosos de escala sinótica importa conhecer a dinâmica atmosférica, mas também as características geográficas locais e/ou regionais, como o relevo e a ocupação do solo. Por outro lado, ao condicionar esses fatores, o ordenamento do território pode diminuir o risco associado a ventos excecionalmente fortes.

A Escala de Beaufort classifica a força do vento em 13 categorias (de 0 a 12), em função da sua velocidade e dos seus efeitos no mar e em terra. De acordo com esta escala, ventos com velocidade até 38 Km/h (escala 5) não oferecem perigo, velocidades de vento até 74 Km/h (escala 8) suscitam já alguma atenção e ventos classificados em escalas acima de 9 (velocidade acima de 75 Km/h) são considerados tempestuosos e geradores de consideráveis perdas e danos (TABELA I).

TABELA I - Escala de Beaufort.

TABLE I - Beaufort scale.

| Escala | Categoria | m/s | km/h |
|--------|-------------------|-------------|-----------|
| 0 | Calmo | 0,0 - 0,2 | 0 - 1 |
| 1 | Aragens | 0,3 - 1,5 | 1 - 5 |
| 2 | Fraco | 1,6 - 3,3 | 6 - 11 |
| 3 | Bonafçoso | 3,4 - 5,4 | 12 - 19 |
| 4 | Moderado | 5,5 - 7,9 | 20 - 28 |
| 5 | Fresco | 8,0 - 10,7 | 29 - 38 |
| 6 | Muito Fresco | 10,8 - 13,8 | 39 - 49 |
| 7 | Forte | 13,9 - 17,1 | 50 - 61 |
| 8 | Muito Forte | 17,2 - 20,7 | 62 - 74 |
| 9 | Tempestuoso | 20,8 - 24,4 | 75 - 88 |
| 10 | Temporal | 24,5 - 28,4 | 89 - 102 |
| 11 | Temporal Violento | 28,5 - 32,6 | 103 - 117 |
| 12 | Furafçao | >32,7 | >118 |

Fonte: adaptado do Instituto Hidrográfico / *Source: adapted from Instituto Hidrográfico.*

Os danos provocados pelas tempestades de vento podem ser causados apenas pelo próprio vento, em particular por rajadas, ou pela associaçao com precipitaçao intensa. Estes fenomenos excepcionais podem ter impactes diretos na saude e bem-estar, e tambem indiretos, por afetarem sistemas vulneraveis, como as florestas, a agricultura, o mobiliario urbano ou as infraestruturas de transporte e energia. De acordo com a base de dados de catastrofes naturais do Munich RE, as tempestades foram o risco natural responsavel por maiores prejuizos economicos (em termos de

perdas seguradas) na Europa entre 1980 e 2016 (European Environment Agency, 2018). Também no relatório anual da AON – “Análise de Clima e Catástrofes (2018)” - as tempestades de vento são referidas como o risco mais oneroso para as seguradoras europeias em 2017.

Ciclones tropicais, furacões, tufões

Sandy, Katrina, Matthew, Irma, José, Maria, são apenas alguns exemplos de violentas tempestades tropicais ocorridas nos últimos anos e amplamente divulgadas pela comunicação social pelos seus efeitos materiais e humanos devastadores.

Furacões e tufões são o mesmo fenómeno meteorológico, um centro de baixas pressões não-frontal de escala sinóptica, originado sobre águas tropicais ou subtropicais, com convecção organizada e intensa circulação ciclónica à superfície em torno de um centro bem definido (WMO, 2017). Ou seja, são denominações regionais diferentes para um fenómeno com origem num mesmo sistema, um ciclone tropical, sendo que um furacão se origina no Atlântico Norte e um tufão no Oceano Pacífico.

Os furacões e os tufões recebem nomes para identificá-los e distingui-los uns dos outros durante seu ciclo de vida. De acordo com o National Hurricane Center (2017), dar nomes próprios aos furacões, em vez da anterior identificação por coordenadas geográficas, mostrou-se ser mais eficaz na comunicação do risco.

Em cada região do globo suscetível a ciclones tropicais, um Centro Meteorológico Regional Especializado, e sob o auspício da Organização Meteorológica, é responsável por identificar os ciclones tropicais e determinar a sua intensidade.

Um ciclone tropical origina-se e desenvolve-se a partir de um distúrbio inicial, sendo que a ciclogénese depende, de acordo com Kislow (2008) da coocorrência de várias condições: i) temperatura da água do mar igual ou superior a 26,5°C a uma profundidade de pelo menos 50 metros; ii) uma atmosfera que arrefeça rapidamente com a altitude, gerando movimentos convectivos que permitam que o calor armazenado na água oceânica seja libertado para o desenvolvimento da perturba-

ção; iii) um elevado conteúdo de humidade nos níveis baixos da troposfera; iv) uma distância ao equador de pelo menos 500 km, já que os efeitos da força de Coriolis são imprescindíveis à manutenção do sistema de baixa pressão; v) a preexistência de uma perturbação do campo da pressão à superfície e possuindo vorticidade e convergência organizada; vi) valores baixos de Wind Shear (variação do vento em intensidade e/ou direção com a altitude) entre a superfície e a alta troposfera.

Os ciclones tropicais têm um ciclo de vida de aproximadamente duas a três semanas, passando potencialmente por vários estágios de desenvolvimento com denominações e características específicas (TABELA II)

TABELA II - Estados de desenvolvimento de um ciclone tropical.

TABLE II - Stages of a tropical cyclone.

| Classificação | Descrição | Velocidade sustentada do Vento* |
|---------------------|--|---------------------------------|
| Depressão Tropical | O sistema de nuvens apresenta alguma organização e a circulação à superfície começa a ser bem definida. A pressão do ar diminui no seu centro e, conseqüentemente, a intensidade do vento aumenta. Ainda não apresenta olho nem a forma típica que caracteriza estas tempestades. | < 63 Km/h |
| Tempestade Tropical | Se a depressão tropical continuar o seu processo de desenvolvimento, os sistemas nebulosos mostram-se progressivamente mais bem organizados, sendo o padrão típico de tempestade tropical cada vez mais perceptível. A circulação à superfície é bem definida e atingem-se crescentes intensidades de vento médio, sendo que quando superam os 63 km/h, a depressão é designada por tempestade tropical, e é-lhe atribuído um nome. | 63-118 km/h |
| Furacão | Se a pressão à superfície continuar a diminuir, a tempestade tropical intensifica-se, tornando-se num furacão quando a intensidade do vento médio atingir valores de, pelo menos, 119 km/h. Nesta fase, a circulação é bastante bem definida e o sistema nebuloso é composto por células convectivas muito desenvolvidas. As nuvens médias e altas formam um “escudo” que pode atingir um diâmetro com cerca de 600 km e um pronunciado efeito de rotação, podendo formar um olho no seu centro. | >118 km/h |

* velocidade do vento observada durante 1 minuto a 10 metros da superfície

Fonte: adaptado de IPMA / *Source: adapted from IPMA.*

Os furacões são classificados utilizando a Escala Saffir-Simpson, que considera cinco categorias ordenadas de acordo com sua intensidade (TABELA III). No entanto, nalguns casos, as tempestades de categoria inferior podem ocasionar maiores danos que as de categorias mais altas, em virtude da vulnerabilidade e do nível de exposição das áreas afetadas.

TABELA III - Escala Saffir-Simpson.

TABLE III - Saffir-Simpson scale.

| Categoria | Velocidade sustentada do vento (Km/h)* |
|-----------|--|
| 1 | 119-153 |
| 2 | 154-177 |
| 3 (major) | 178-208 |
| 4 (major) | 209-251 |
| 5 (major) | >=252 |

* velocidade do vento observada durante 1 minuto a 10 metros da superfície

Fonte/Source: adaptado de/adapted from National Hurricane Center.

Uma vez que as águas quentes da superfície do oceano constituem a principal fonte de energia dos ciclones tropicais, estes enfraquecem-se quando entram em contacto com as superfícies continentais. Trata-se, portanto, de um episódio excepcional que afeta sobretudo as áreas oceânicas e costeiras. Entre os principais efeitos encontram-se ventos intensos (sobretudo à volta do olho), mas também precipitações intensas e trovoadas. Mas mais do que o vento ou a precipitação, o maior perigo nas regiões costeiras advém das ondas e das inundações provocadas pelo “*stormsurge*”, a elevação do nível da superfície da água do mar devido aos efeitos da baixa pressão atmosférica e do vento muito forte.

Tornados e trombas de água

Os ventos associados a movimentos convectivos podem atingir intensidades extremas sob a forma de tornados ou trombas de água. Contrastam com os ventos originados em ciclones sobretudo pela sua menor escala temporal de vigência e também pelo facto de serem fenómenos muito localizados.

Um tornado é um fenómeno meteorológico que se manifesta por uma coluna de ar com rotação intensa, em contacto com a superfície, situada na base de uma

nuvem cumuliforme, que se pode tornar visível pela existência de uma coluna ou cone nebuloso invertido ou por uma nuvem rodopiante de detritos e poeiras junto ao solo (American Meteorological Society, 2018).

Utilizam-se as designações de tornado (ou tromba terrestre) ou tromba de água (ou tromba marítima) de acordo com a superfície sobre a qual a circulação se desenvolve. Se o fenómeno se produz sobre o solo, é denominado de tornado, e se ocorrer sobre uma grande extensão líquida (como a superfície do mar ou de um lago), é denominado de tromba de água.

Os tornados estão associados a fortes movimentos convectivos, sendo que a maioria os mais violentos se desenvolvem a partir de super-células de desenvolvimento vertical. O diâmetro de um tornado é habitualmente da ordem de algumas dezenas de metros, podendo ocasionalmente ser superior a um quilómetro. O seu ciclo de vida pode ir de alguns minutos a algumas horas, período de tempo em que pode percorrer dezenas de quilómetros.

Os tornados constituem, à escala local, a mais intensa de todas as circulações atmosféricas. A velocidade dos ventos, associada à baixa pressão do seu interior, desencadeia um efeito de sucção capaz de destruir praticamente todos os tipos de estruturas existentes. Por outro lado, e uma vez que na sua circulação são arrastadas poeiras ou outros detritos da superfície do solo, tal poderá contribuir para tornar o turbilhão ainda mais consistente.

O rastro de destruição de um tornado pode variar de dezenas de metros a quilómetros de extensão, com velocidades de vento que podem chegar a 500 km/h. Devido à grande dificuldade de efetuar medições diretas da intensidade do vento no interior dos tornados, estes são habitualmente classificados em função da natureza dos danos que produzem. É importante lembrar que o tamanho de um tornado, a sua duração ou a extensão da área afetada não são necessariamente indicadores da sua intensidade. Tornados de dimensão inferior podem ser mais intensos a outros de maior dimensão.

A qualificação da intensidade dos tornados é, na atualidade, efetuada recorrendo à escala de Fujita Melhorada (Enhanced Fujita - EF), que compreende 6 níveis (EF0 a EF5) e que classifica os tornados de acordo com a natureza dos danos produzidos (TABELA IV).

TABELA IV - Escala Fujita melhorada.

TABLE IV - *Enhanced Fujita Scale.*

| Classe | Intensidade do vento (rajada 3 segundos, km/h) |
|--------|--|
| EF0 | 105-137 |
| EF1 | 138-177 |
| EF2 | 178-217 |
| EF3 | 218-266 |
| EF4 | 267-322 |
| EF5 | >322 |

Fonte/Source: adaptado de/adapted from NOAA.

Têm sido observados tornados em todos os continentes, exceto na Antártida, mas são mais frequentes nos Estados Unidos (particularmente no ‘corredor de tornados’ das planícies centrais), sendo estimada a ocorrência anual de cerca de 1000 tornados. Estes podem ocorrer em qualquer altura do ano e a qualquer hora do dia, mas são mais frequentes na primavera e ao final da tarde (American Meteorological Society, 2018).

Na Europa, e de acordo com Antonescu *et al.* (2016), foi registada uma média anual de 240 tornados entre 2000 e 2014. Os mesmos autores detetaram uma tendência de acréscimo das incidências ao longo das últimas décadas, associando este facto à melhoria dos serviços de deteção e registo de tornados. Também em Portugal durante muito tempo se pensou que não ocorriam tornados, ou que estes seriam muito raros, o que na verdade se associava ao facto de não existir um registo da ocorrência destes fenómenos (Leitão, 2003), persistindo ainda até aos nossos dias grandes lacunas no seu estudo (Belo-Pereira *et al.*, 2017).

Impactes dos episódios excecionais de vento na saúde e bem-estar

As tempestades de vento estão entre os fenómenos meteorológicos excecionais mais destrutivos. Os seus impactes socioeconómicos, e os efeitos na saúde e bem-estar das populações, dependem da severidade do evento, mas também da vulnerabilidade dos bens e da população exposta a esse risco.

A natureza dos episódios de vento forte condiciona obviamente a escala temporal e espacial dos fenómenos. Assim, por exemplo as perturbações extratropicais expõem normalmente um grande número de pessoas aos riscos a elas associados. Já os ventos fortes originados em tempestades convectivas, como os tornados, têm uma abrangência espacial e temporal mais restrita. Por isso, apesar de poderem ter efeitos devastadores, muitos deles ocorrem sem qualquer consequência para a saúde e bem-estar humanos.

Neste capítulo abordamos os possíveis efeitos de eventos de vento excepcionalmente forte na sociedade e na saúde e bem-estar humanos. Recorrendo à sistematização proposta por Goldman *et al.* (2014), expomos aqui os impactes diretos, aqueles sentidos no momento da ocorrência do episódio de ventos fortes, e também os impactes indiretos, que poderão ocorrer na preparação para o evento ou após a sua ocorrência (fig. 1).

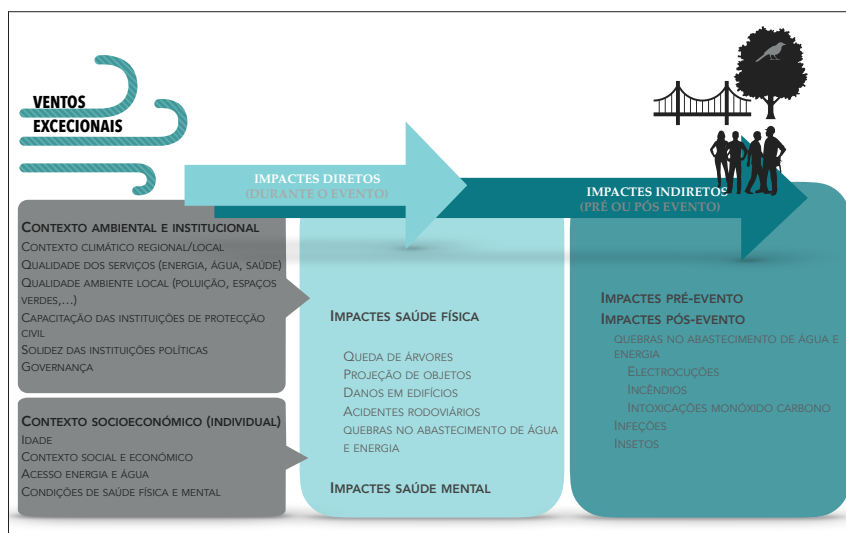


Fig. 1 - Possíveis impactes dos episódios excepcionais de vento na sociedade, e especificamente na saúde e bem-estar humano.

Fig. 1 - Impacts of extreme winds on society, specifically on health and well-being.

Dentro dos impactes diretos, incluem-se todos os possíveis efeitos negativos da força do vento na saúde e bem-estar humanos no decurso do evento, considerando

ferimentos, mortes e também os efeitos na saúde psíquica. Estes impactes normalmente estão associados à ocorrência de danos materiais que podem ser, indiretamente, letais para as pessoas.

A queda de árvores é um dos efeitos mais recorrentes de episódios de ventos fortes, sendo esta também frequentemente referida como a principal causa de morbidade e mortalidade. Num estudo retrospectivo, Schmidlin T. (2009) identificou 407 mortes devidas a quedas de árvores nos EUA entre 1995 e 2007. Outro exemplo é dado pelo estudo dedicado às causas das mortes na América do Norte e Caraíbas associadas ao Furacão Sandy, onde Diakakis *et al.* (2015) detetaram que 20 das 72 mortes por impacto direto foram devidas à queda de árvores. Em Portugal são recorrentes as notícias de quedas de árvores em momentos de tempestades. A título de exemplo, a tempestade Ana de Dezembro de 2017, provocou a queda de 389 árvores e pelo menos um morto e dois feridos (Jornal Público).

O arrastamento de objetos e detritos é também tido como das principais causas de mortes e ferimentos provocados por ventos velozes, o que pode estar associado a danos nos edifícios, especialmente aqueles com menor qualidade de construção (Goldman *et al.*, 2014).

A influência de ventos fortes no aumento na morbidade e mortalidade devido a acidentes rodoviários ainda não está explorada extensivamente na literatura científica, existindo, contudo, indícios de que pelo facto de os ventos fortes diminuírem a estabilidade dos veículos, tornarem mais difícil o seu controlo, e poderem causar restrições à visibilidade e eventuais bloqueamentos das vias, poderão aumentar o risco de acidentes rodoviários (Theofilatos A, Yannis G., 2014).

Ainda nos impactes diretos, devem-se referir os possíveis impactes no bem-estar psíquico. Mas sendo este um campo complexo, envolto em múltiplas e intrincadas variáveis, as poucas evidências apontam sobretudo para distúrbios pós-traumáticos associados a ventos fortes e em associação com perdas e danos daí resultantes. A título de exemplo, Laurine *et al.* (2018) mostraram o estado de stress pós-traumático das vítimas da tempestade Xynthia de 2010, em França, se mantinha sete anos após a sua ocorrência.

Considerando os impactos indiretos, poderão ocorrer danos físicos desde logo quando há lugar a procedimentos de preparação para o evento excepcional, designadamente em resultado de acidentes no desenvolvimento de obras de defesa das habitações ou de corte preventivo de árvores (Shultz *et al.*, 2005). É a fase pós-impacte que, contudo, pode ter mais efeitos na morbilidade e mortalidade, e desde logo em resultado das operações de limpeza e restauro das áreas afetadas. Um dos principais fatores desencadeantes é a usual quebra de fornecimento de energia e consequente uso de fontes de energia alternativas, estando documentado um aumento da morbilidade e mortalidade devido a electrocuções, incêndios e à inalação de monóxido de carbono. Outros possíveis impactos relacionam-se com infeções derivadas de más condições sanitárias e com a exposição a insetos (Goldman *et al.*, 2014).

Riscos relacionados a episódios excecionais de temperaturas

Episódios excecionais de temperatura, tanto de calor como de frio, ocorrem com frequência por todo o mundo (fig. 2). Correspondem geralmente a modificações no padrão de circulação da atmosfera, designadamente a situações de ‘bloqueio’ associadas à persistência de sistemas de altas pressões por vários dias. E todos os cenários climáticos produzidos com base em modelos climáticos globais apontam para um aumento da frequência e intensidade de episódios excecionais de temperatura, evidências estas que têm alertado a comunidade científica internacional para os possíveis impactos na saúde humana.

São de facto numerosos os estudos que têm vindo a demonstrar os impactos das temperaturas excecionalmente altas ou baixas na saúde das populações, levando alguns autores a produzir sistematizações das evidências que têm vindo a ser acumuladas em estudos realizados em escalas e contextos geográficos muito diferenciados (p.e. Bunker *et al.*, 2016; Song *et al.*, 2017)

Embora seja consensual que tanto os episódios excecionais de calor como os de frio têm impactos no sistema respiratório e circulatório e, portanto, afetam a saúde das populações, a importância relativa que lhes tem sido dada é hoje motivo de um aceso debate académico (Gasparrini *et al.*, 2015).

De facto, uma parte significativa da investigação e das políticas públicas tem-se centrado nas ondas de calor. A “onda de calor” de Agosto de 2003, que terá custado a vida a mais de 70 000 pessoas, sobretudo na Europa (Robine, Cheung, Le Roy e Van Oyen, 2008), despoletou um interesse crescente pelo efeito dos episódios excecionais de calor na morbidade e mortalidade da população. Os estudos epidemiológicos revelaram que o excesso de óbitos associado ao calor se concentrou em alguns grupos de risco predefinidos. De facto, como estudos posteriores sobre outros episódios excecionais de calor vieram a confirmar, e como desenvolveremos mais à frente, os idosos, os doentes crónicos, os indivíduos socialmente isolados e as faixas populacionais socioeconomicamente mais débeis são particularmente vulneráveis em contextos de calor excessivo (Monteiro *et al.*, 2014a).

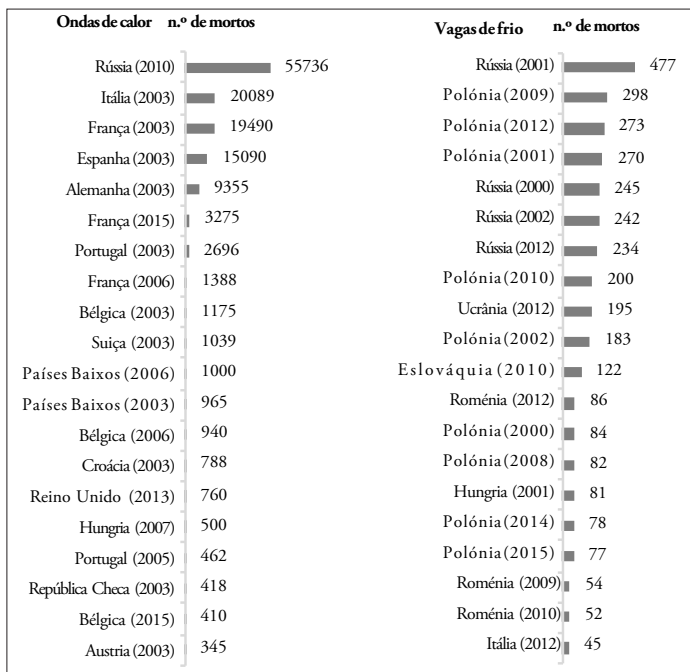


Fig. 2 - Número de mortes atribuídos a ondas de calor e vagas de frio por país europeu entre 2000 e 2018. Apresentam-se somente os 20 eventos com maior número de mortes (Fonte: adaptado de EM-DAT: The Emergency Events Database).

Fig. 2 - Number of deaths attributed to heat waves and cold spells, by European country, between 2000 and 2018. Only the 20 events with the highest number of deaths are presented (Source: EM-DAT: adapted from The Emergency Events Database).

O impacto dos eventos excepcionais de frio na saúde das populações tem tido menos repercussão, ainda que os seus efeitos na mortalidade sejam comparáveis ou superiores, inclusivamente em países onde o Inverno é considerado ameno como Portugal, e que a população mais vulnerável seja sensivelmente a mesma (Monteiro *et al.*, 2014a). Por exemplo num estudo recente envolvendo 348 cidades de 13 países diferentes, Gasparrini *et al.* (2015) estimaram que nessas cidades o impacto do frio tem sido aproximadamente 50 vezes maior ao do calor.

Varias razões têm sido apontadas para a maior difusão dos estudos dedicados às ondas de calor, como por exemplo: haver uma maior sensibilização pública para o denominado ‘aquecimento global’; o facto de o efeito das vagas de frio na saúde ser menos direto, a mais longo prazo, e mais propicia a ser mascarado noutras patologias ou por outros agentes infecciosos; e, como referem Carmona *et al.* (2016), uma das principais razões para a mortalidade derivada das baixas temperaturas ser menos estudada do que a devida ao calor residirá no facto de nunca ter havido um fenómeno de saúde pública tão impressionante e divulgado como a onda de calor de 2003 da Europa. Acresce ainda o facto de os cenários climáticos globais enfatizarem o aumento da frequência, duração e intensidade de ondas de calor e uma tendência geral para a diminuição de vagas de frio, só possivelmente invertida nas médias latitudes. Mas como sublinham Gasparrini *et al.* (2015), uma redução na frequência, duração e intensidade de vagas de frio pode não se traduzir numa diminuição da morbidade e mortalidade associada ao frio. De facto, e ainda segundo os mesmos autores, surgem evidências que enquanto a mortalidade associada ao calor está a diminuir devido ao desenvolvimento de mecanismos de adaptação, a mortalidade associada ao frio tem-se mantido constante ou mesmo em crescimento.

Neste capítulo começamos por desenvolver o que entendemos por episódios excepcionais de temperatura, procurando designadamente evidenciar a multiplicidade de critérios que coexistem para a sua identificação e, portanto, a complexidade que lhe é inerente. Numa segunda parte, abordamos os possíveis impactos de eventos excepcionais de temperatura na sociedade em geral e especificamente na saúde e bem-estar humanos.

O que são episódios excepcionais de temperatura?

Episódios excepcionais de temperatura podem ocorrer numa ampla gama de escalas temporais e espaciais. Dado os seus impactes societais, especialmente na saúde e bem-estar humanos, têm vindo a acumular-se indicadores capazes de traduzir tanto o contexto em que os eventos de temperatura ocorrem, como os seus impactes diretos e indiretos na saúde das populações. Na TABELA V, e a título de exemplo, apresentamos uma síntese dos indicadores propostos pelo Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI).

TABELA V - “Índices de Temperaturas Extremas” - ETCCDI.

TABLE V - “*Climate Extremes Index*” - ETCCDI.

| Indicador | | Definição |
|-----------|-----------------------------|--|
| TXx | Dia mais quente | Valor máximo mensal da temperatura máxima diária (°C) |
| TNx | Noite mais quente | Valor máximo mensal da temperatura mínima diária (°C) |
| TN90p | Noites quentes | Percentagem de dias em que a temperatura mínima diária >percentil 90 (%) |
| TX90p | Dias quentes | Percentagem de dias em que a temperatura máxima diária >percentil 90 (%) |
| SU | Dias de verão | Contabilização anual dos dias em que a temperatura máxima diária >25°C (nº dias) |
| TR | Noites tropicais | Contabilização anual dos dias em que a temperatura mínima diária >20°C (nº dias) |
| WSDI | Duração das ondas de calor | Contabilização anual dos períodos com pelo menos 6 dias consecutivos de temperatura máxima diária >percentil 90 |
| <hr/> | | |
| TXn | Dia mais frio | Valor mínimo mensal da temperatura máxima diária (°C) |
| TNn | Noite mais fria | Valor mínimo mensal da temperatura mínima diária (°C) |
| TN10p | Noites frias | Percentagem de dias em que a temperatura mínima diária <percentil 10 (%) |
| TX10p | Dias frios | Percentagem de dias em que a temperatura máxima diária <percentil 10 (%) |
| ID | Noites com geada | Contabilização anual dos dias em que a temperatura mínima diária <0°C |
| FD | Dias com geada | Contabilização anual dos dias em que a temperatura máxima diária <0°C |
| CSDI | Duração das vagas de frio | Contabilização anual dos períodos com pelo menos 6 dias consecutivos de temperatura mínima diária <percentil 10 |
| <hr/> | | |
| DTR | Amplitude térmica | Amplitude média mensal entre as temperaturas máximas e mínimas diárias (°C) |
| GSL | Duração do ciclo vegetativo | Contabilização anual (1 de Jan. a 31 de dez no HN) do número de dias entre o primeiro período de pelo menos 6 dias com temperatura média diária >5°C e o primeiro período após 1 de Julho (HN) de 6 dias com temperatura média diária <5°C (nº dias) |

Fonte: adaptado de CLIMDEX / Source: adapted from CLIMDEX.

Um dos mais métodos mais básicos de identificação de eventos excepcionais de temperatura baseia-se na identificação dos momentos em que a temperatura ultrapassa um certo 'limiar'. Esse valor limiar será um valor concreto de temperatura elevada ou baixa, acima ou abaixo do qual são expectáveis impactes na saúde. Uma vez que os valores limiares apresentam importantes variações geográficas e sazonais, a utilização de percentis é muito corrente como modo de relativizar a ocorrência de valores extremos. Por exemplo os percentis 5 e 95 da temperatura (média, mínima ou máxima) registada num dado local são correntemente utilizados para definir os limiares acima e abaixo dos quais se consideram existir temperaturas excepcionalmente baixas ou altas. A identificação da probabilidade ocorrência de uma temperatura de determinada magnitude, normalmente definida por períodos de retorno e expressa em intervalos de tempo, é também vulgarmente utilizada na identificação de episódios excepcionais de temperatura (Poljanšek *et al.*, 2017).

A duração do episódio excepcional de temperatura pode ser um fator determinante em termos de impactes na saúde, considerando-se genericamente que quanto maior for esse período maiores serão esses impactes. Estamos neste caso perante o que se designa por 'ondas de calor' ou 'vagas de frio'.

Do ponto de vista da saúde humana, uma onda de calor (ou uma vaga de frio) pode genericamente ser considerada como um período com anomalias térmicas continuadas resultando num ou vários impactes na saúde, designadamente na mortalidade, na morbilidade e na utilização de serviços de emergência (Kovats *et al.*, 2006).

Em Portugal, o IPMA segue as definições adotadas pela Organização Meteorológica Mundial. Considera, portanto, que existe uma onda de calor quando num intervalo de pelo menos 6 dias consecutivos a temperatura máxima diária é superior em 5°C ao valor médio diário do período de referência. Porém, o próprio IPMA refere que esta definição está mais relacionada com o estudo da variabilidade climática, e não tanto com possíveis os impactes na saúde das populações, que podem derivar de períodos mais curtos de temperaturas excepcionalmente elevadas (IPMA, 2018).

Apesar do uso comum das designações de onda de calor e vaga de frio, e das variadas propostas de definições 'universais' (TABELA VI), a realidade é que não existe uma definição única do que é uma onda de calor e uma vaga de frio (Poljanšek *et al.*, 2017).

De facto, os efeitos do calor ou do frio não dependem só da temperatura em si, mas também das condições em que o aumento ou diminuição da temperatura ocorreram e também de outras condições climáticas (Ekamper *et al.*, 2010).

Por exemplo, os efeitos dos episódios excepcionais de temperatura podem ser mais ou menos instantâneos ou terem um efeito retardado. Ou seja, tanto no caso de ondas de calor como de ondas de frio, o período temporal em que os seus efeitos se desenvolvem depende da patologia específica, podendo nuns casos ser imediato (p.e. os efeitos do calor nos enfartes agudos do miocárdio), ou dilatar-se por períodos de tempo mais longos (Ekamper *et al.*, 2010). Refira-se a título de exemplo que Monteiro *et al.* (2012) detetaram que os efeitos das vagas de frio na morbilidade por doença pulmonar obstrutiva crónica ocorrem com um desfasamento de pelo menos duas semanas.

Por outro lado, os efeitos da temperatura podem ser modificados pela ação de outras variáveis climáticas. De facto, a investigação sobre os índices de ondas de calor e vagas de frio, e o seu impacte na saúde, tem-se centrado em duas principais abordagens: a utilização da temperatura como variável climática isolada; a utilização de combinações de variáveis climáticas (Monteiro *et al.*, 2013). Para as ondas de calor, os índices normalmente combinam a temperatura com a várias dimensões de humidade e velocidade do vento (TABELA V). A título de exemplo refira-se que para o Porto, numa investigação conduzida por Monteiro *et al.* (2013) o *Heat Index*, um índice de conforto bioclimático que combinando a temperatura e a humidade relativa procura avaliar a temperatura vivenciada pelos seres humanos em momentos de calor excessivo, revelou-se eficaz para explicar os impactes da onda de calor de julho de 2006 na mortalidade e morbilidade. Num outro estudo dedicado à relação entre vagas de frio e internamentos por doença pulmonar obstrutiva crónica (Monteiro *et al.*, 2012), o Índice Ondas revelou-se como o mais eficaz para detetar os efeitos prolongados do frio na saúde, enquanto que o Índice Diaz se revelou mais eficiente para identificar as consequências a curto prazo.

A intensidade e a duração das ondas de calor são fatores determinantes na extensão dos impactes na saúde, mas há outros fatores mais sensíveis que poderão concorrer para esta relação e que têm vindo a ser crescentemente investigados. É o caso de fatores como as grandes alterações de temperatura em curtos espaços de tempo, ou as condições de temperatura durante a noite, que segundo alguns estudos poderão ter

TABELA VI - Exemplos de critérios usados na definição de episódios excepcionais de temperatura.

TABLE VI - Examples of criteria used to define periods of extreme heat and cold.

| Crítérios de definição de períodos de calor extremo | |
|--|---|
| Índice Díaz | Pelo menos 2 dias consecutivos com Tmax (29°C) e Tmin (17°C) > P90 (Maio-Setembro) |
| Índice da Organização Meteorológica Mundial (OMM) - HDWI | Pelo menos 6 dias consecutivos com Tmax > 5°C ao valor médio diário do período de referência |
| Thom's Discomfort Index (Eurometeo)* | ID = $T - 0.55(1 - 0.01UR)(T - 14.5)$, onde T - temperatura do termómetro seco (°C) e Ur - Humidade relativa (%) |
| | 6 dias consecutivos com Temp - nível iv (28°C a 29°C) |
| | 5 dias consecutivos com Temp - nível v (30°C a 32°C) |
| | 8 dias consecutivos com T aparente - nível III (27°C a 38°C) |
| Heat Index* | 4 dias consecutivos com Temp - nível V (> 32°C) |
| | HI = $-42.379 + (2.04901523 \times T) + (10.14333127 \times R) - (0.22475541 \times T \times R) - (6.83783 \times 10^{-3} \times T^2) - (5.4481717 \times 10^{-2} \times R^2) + (1.22874 \times 10^{-3} \times T^2 \times R) + (8.5282 \times 10^{-4} \times T \times R^2) - (1.99 \times 10^{-6} \times T^2 \times R^2)$, onde T - Temperatura do ar (°C) e R - Humidade Relativa (%) |
| | Pelo menos 5 dias consecutivos com Tap - nível I [27°C a 31°C] |
| | Pelo menos 4 dias consecutivos com Tap - nível II [32°C a 40°C] |
| | Pelo menos 3 dias consecutivos com Tap - nível III [41°C a 53°C] |
| | Pelo menos 2 dias consecutivos com Tap - nível IV ($\geq 54^\circ\text{C}$) |
| Crítérios de definição de períodos de frio extremo | |
| Índice Díaz | Pelo menos 2 dias consecutivos com Tmax (11,2°C) e Tmin (1,6°C) < P10 (Nov-Mar) |
| Índice da Organização Meteorológica Mundial (OMM) | Pelo menos 6 dias consecutivos com Tmin < 5°C ao valor médio diário do período de referência |
| Cold Spell Duration Index (CSDI - OMM) | Pelo menos 6 dias consecutivos com Tmin < P10 Tmin (3,7°C) da série anual |
| Australian Meteorological (CSDI) | Pelo menos 4 noites consecutivas com Tmin \leq P10 (1,6°C) (Nov-Mar) |
| Índice do Projecto Ondas | Pelo menos 7 dias consecutivos com Tmin \leq P30 (5°C) (Nov-Mar) |
| Índice Díaz | Pelo menos 2 dias consecutivos com Tmax (11,2°C) e Tmin (1,6°C) < P10 (Nov-Mar) |
| * Índices bioclimáticos - combinam mais do que uma variável climática cujo resultado final é a temperatura aparente (TAp). | |

Fonte: adaptado de Monteiro *et al.*, 2012 / Source: adapted from Monteiro *et al.*, 2012.

efeitos quer na morbidade quer na mortalidade (Schneider e Breitner, 2016, Ekamper *et al.*, 2010). Também um número crescente de estudos tem vindo a evidenciar que anomalias térmicas não passíveis de serem consideradas excepcionais poderão ter impactes consideráveis na saúde (Bunker *et al.*, 2016; Gasparini *et al.* 2015).

Importa ainda referir que o impacto de eventos excepcionais de temperatura depende também do contexto climático regional. A importância do contexto climático foi bem evidenciada na investigação de Liddell *et al.* (2016) sobre a mortalidade associada ao frio na Europa, evidenciando valores mais elevados em países com invernos moderados, como Malta, Portugal Chipre ou Espanha. Este já denominado ‘excess winter mortality paradox’ (Healy, 2003), indicia que existe um maior risco de mortalidade pelo efeito de vagas de frio no sul da Europa, onde os invernos são mais amenos, do que em países do norte de Europa, sujeitos habitualmente a invernos mais rigorosos. Várias razões concorrem para explicar este paradoxo: a capacidade económica para utilização de sistemas de climatização, a qualidade das habitações designadamente em termos energéticos, ou a capacidade de ajustamento do estilo de vida a contextos de frio, são apenas alguns dos possíveis fatores explicativos (Healy, 2003).

Impactes dos episódios excepcionais de temperatura na saúde e bem-estar

Os episódios excepcionais de temperatura afetam diretamente a saúde humana por comprometerem a capacidade de o corpo humano regular a sua temperatura interna. A perda de capacidade de regular a temperatura interna pode ter efeitos diretos e em cascada na saúde humana, incluindo, para o caso do calor (fig. 3), desidratação, câibras, exaustão pelo calor ou golpes de calor e, para o caso do frio (fig. 4), hipotermia ou enregelamento/congelamento. Mas na realidade, poucas das mortes relacionadas com episódios excepcionais de temperatura, de calor ou de frio, são atribuídas diretamente à hipertermia ou à hipotermia (Rau, 2007). Ou seja, a morbilidade e mortalidade associada a eventos excepcionais de temperatura deve-se sobretudo ao agravamento de patologias respiratórias, cerebrovasculares e cardiovasculares.

Tanto os episódios excepcionais de calor como de frio são associados ao agravamento do risco de morbilidade de mortalidade por uma ampla gama de causas do foro respiratório, cardiovascular e cerebrovascular, sugerindo a existência de múltiplos, complexos e intrincados mecanismos fisiológicos (Gasparini *et al.*, 2015).

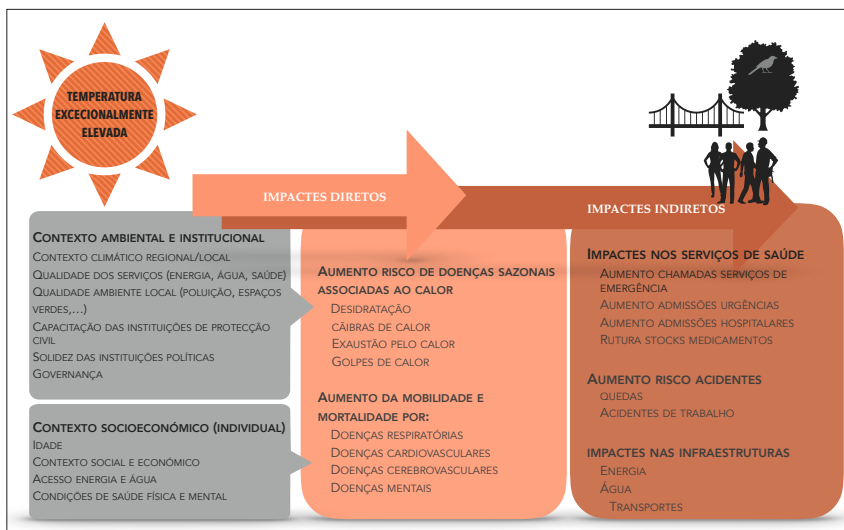


Fig. 3 - Possíveis impactes de episódios excepcionais de calor na sociedade, e especificamente na saúde e bem-estar humano.

Fig. 3 - Possible impacts of extreme heat, specifically on health and well-being.

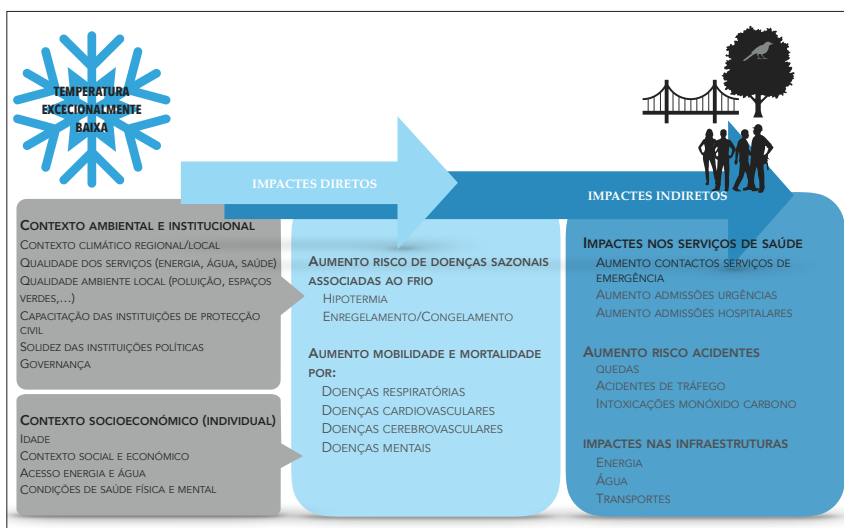


Fig. 4 - Possíveis impactes dos episódios excepcionais de frio na sociedade, e especificamente na saúde e bem-estar humano.

Fig. 4 - Possible impacts of extreme cold, specifically on health and well-being.

No Inverno, por exemplo, o excesso de mortalidade é atribuído tanto a causas do foro respiratório, como cardiovascular ou cerebrovascular. E ainda que as patologias do foro respiratório sejam aquelas que têm um efeito sazonal mais marcado, não são geralmente aquelas que mais contribuem para os picos de morbidade e mortalidade associado ao frio (Rau, 2007). De facto, uma parte significativa da morbidade e mortalidade associada ao frio tem causas do foro cardiovascular e cerebrovascular, muitas inclusivamente coincidentes com aquelas associadas ao calor (Ekamper *et al.*, 2010).

Também para o caso da saúde psíquica é amplamente reconhecido que esta poderá ser influenciada pela ocorrência de temperaturas excecionais. Por exemplo, estão reportadas evidências da relação entre a ocorrência de temperaturas elevadas e o aumento do risco de suicídio, sendo, no entanto, reconhecidas lacunas no conhecimento nos mecanismos associados à relação entre a ocorrência de temperaturas excecionais e o aumento da morbidade e mortalidade entre as pessoas com distúrbios mentais (Thompson *et al.*, 2018).

Assim, ainda que seja consensual a ideia genérica de que a temperatura influencia a morbidade e mortalidade, ideia esta já defendida por Hipócrates há mais de 2000 anos atrás, persistem até à atualidade dúvidas sobre importância relativa deste efeito, assim como as circunstâncias específicas em que se estabelece. Vários fatores explicativos podem ser evocados.

Um primeiro grupo de razões, e que já foi parcialmente evocado no capítulo anterior, relaciona-se com a dificuldade de identificar com precisão os mecanismos envolvidos nesta relação. Por um lado, o período temporal em que os efeitos dos episódios excecionais de frio ou calor se manifestam depende da patologia específica, podendo nuns casos ser imediato (p.e. os efeitos do calor nos enfartes agudos do miocárdio), ou dilatar-se por períodos de tempo mais longos (p.e. os efeitos do frio nalgumas doenças respiratórias). Por outro lado, os efeitos dos episódios excecionais de temperatura na saúde humana podem ser modificados ou mascarados pela ação de outras variáveis, dificultando a identificação dos efeitos diretos. Por exemplo, o aumento da poluição atmosférica resultante de uma situação sinótica favorável à ocorrência de uma onda de calor pode afetar mais a morbidade e a mortalidade do que a ação direta da temperatura excecionalmente elevada. Similarmente, o desen-

volvimento de algumas patologias possivelmente associadas ao frio ou calor podem desenvolver-se simultaneamente a períodos de atividade viral (por exemplo a gripe no inverno), contribuindo uma vez mais para a dificuldade de isolar os mecanismos explicativos. Acresce ainda o facto, e em grande parte devido aos fatores enunciados anteriormente, de haver uma grande dificuldade de identificar e reportar os casos clínicos em que a temperatura possa ter sido um fator desencadeante. Assim, a morbidade e a mortalidade associadas a episódios excecionais de temperatura estão normalmente subestimadas (Sarofim *et al.*, 2016), comprometendo desde logo os estudos retrospectivos sobre a relação entre temperatura e saúde.

Em segundo lugar, o impacte dos episódios excecionais de temperatura na saúde é social e territorialmente heterogéneo, porque a suscetibilidade e a vulnerabilidade relativamente a eventos térmicos excecionais são também elas variáveis. De facto, nos estudos que relacionam os impactes do calor e do frio excessivos na morbidade e mortalidade humana, é frequente encontrarmos a discussão sobre se determinados grupos populacionais e territórios são mais vulneráveis que outros. Ou seja, tanto para o caso do calor como do frio existem graus diferenciados de vulnerabilidade consoante a idade, o género, o nível socioeconómico, e as características do local de residência (ver por exemplo as sistematizações de Poljansšek *et al.*, 2017 e Gronlund, 2018).

Os idosos são mais vulneráveis tanto ao calor como ao frio excessivos, devido à fragilidade do seu estado de saúde, muitas vezes com medicação associada, que interfere com a capacidade de termorregulação. Tal é vulgarmente agravado pela menor autonomia física e psíquica, que quando associada ao isolamento social, transforma este grupo num dos mais vulneráveis às ondas de calor e vagas de frio, e também num dos menos aptos a adaptar os seus comportamentos perante a ocorrência de um evento térmico excecional. Recorde-se, a título ilustrativo, a memorável onda de calor de 2003 na Europa, em que de acordo com as estatísticas oficiais, os indivíduos acima dos 75 anos constituíram em França 69% e em Portugal 58% do excesso de óbitos registados (ONS, 2004).

Alguns trabalhos sugerem que as pessoas com patologias pré-existentes (por exemplo, diabetes mellitus, doenças cardíacas, doenças respiratórias ou doenças mentais) estão em maior risco de morte durante os episódios excecionais de temperatura, tanto pelo efeito direto nos processos fisiológicos do corpo humano e menor

capacidade de acionar os processos de termorregulação, como também na sua provável menor capacidade para adaptar comportamentos.

Por outro lado, o contexto socioeconómico da população pode também ser determinante na maior ou menor vulnerabilidade perante episódios excecionais de temperatura. Os estratos socioeconómicos mais baixos possuem frequentemente piores condições de habitação, menor capacidade de acesso a fontes energéticas para aquecimento/arrefecimento e uma maior iniquidade no acesso a serviços de saúde, tendo, portanto, uma menor capacidade geral de adaptação perante um evento térmico excecional.

A desigual capacidade de acesso à energia é precisamente um dos fatores essenciais na explicação das diferentes capacidades de adaptação da população a eventos meteorológicos e climáticos excecionais. Como já atrás evidenciamos parece existir um maior risco de mortalidade pelo efeito de vagas de frio no sul da Europa, onde os invernos são mais amenos, do que em países do norte de Europa, sujeitos habitualmente a invernos mais rigorosos (Healy, 2003). Este aparente paradoxo é bem explicado pelo efeito da ‘pobreza energética’, sendo que o conforto *indoor* fica à mercê da capacidade económica – muitas vezes escassa - de quem os vai utilizar para pagar *inputs* artificiais de energia para promover o aquecimento ou o arrefecimento, e o conforto *outdoor* fica a cargo da capacidade interventiva e financeira da comunidade – também ela muitas vezes insuficiente - para atenuar artificialmente o excesso de calor ou de frio (Monteiro, 2016). Sobretudo porque a ideia de que pelo facto de vivermos num clima mediterrânico significa que temos condições de conforto térmico adequadas praticamente durante todo o ano não corresponde à realidade (Monteiro, 2016).

Paralelamente à capacidade individual de modificar comportamentos perante a ocorrência de episódios excecionais de temperatura, deve-se também assinalar a importância da capacidade institucional para aumentar a resiliência das comunidades a esses eventos. Tal inclui a o suporte de infraestruturas robustas e eficientes de água, energia e transportes, e também o suporte de serviços de saúde capazes de responder a eventuais picos de procura. E incorpora ainda a capacidade institucional de se antecipar o risco, definindo designadamente sistemas de alerta e de comunicação do risco com medidas que reforçam a defesa das pessoas mais vulneráveis.

Finalmente, e depois de explicitadas as múltiplas variáveis que interferem na suscetibilidade e na vulnerabilidade relativamente a episódios excepcionais de temperatura, conseguimos perceber que existem territórios mais propensos ao risco de temperaturas excepcionais. A população urbana é genericamente mais vulnerável ao calor excessivo, já que aqui se faz sentir o efeito cumulativo da “ilha de calor urbano”. A maior retenção de calor dos materiais urbanos, sobretudo durante a noite, ajuda a explicar a sobremortalidade relacionada com o calor nos centros urbanos (Monteiro *et al.*, 2013, Madureira *et al.*, 2017). Já no caso das vagas de frio, as evidências sugerem que a vulnerabilidade é superior em comunidades rurais (Conlon *et al.*, 2011). E daqui facilmente deduzimos que também em escalas maiores, designadamente à escala urbana, coexistem múltiplas variáveis que fazem com que um mesmo evento térmico excepcional se traduza em múltiplas expressões de risco para a saúde humana.

Conclusão

Em síntese, existem inúmeras evidências sobre os crescentes riscos para a saúde humana derivados de episódios excepcionais de temperatura e vento. Contudo, a complexidade destas relações convida a afastarmo-nos do ideal das definições e ações universais, e procurar compreender os limiares de resistência humana a estes eventos segundo abordagens multiescalares dos fenómenos em causa. O contexto e a escala são, portanto, fatores essenciais para a compreensão de quando um determinado evento excepcional se transforma num risco para a saúde humana. Porque na realidade, a morbidade e a mortalidade associadas aos eventos climáticos e meteorológicos excepcionais podem ser em grande parte prevenidas se existirem estratégias territorializadas para proteger as populações dos seus efeitos.

Bibliografia

- AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY (2018). *Glossary of meteorology*. Acedido a 25 de Maio de 2018, em <http://glossary.ametsoc.org/wiki/>.
- Antonescu, B., D. M. Schultz, F. Lomas & T. Kühne (2016). Tornadoes in Europe: Synthesis of the Observational Datasets. *Mon. Wea. Rev.*, 144, 2445–2480.
- Belo-Pereira, M., Andrade, C. & Pinto, P. (2017). A long-lived tornado on 7 December 2010 in mainland Portugal, *Atmospheric Research*, 185, 202-2015.
- Bunker, A., Wildenhain, J., Vandenbergh, A., Henschke, N., Rocklöv, J., Hajat, S., & Sauerborn, R. (2016). Effects of Air Temperature on Climate-Sensitive Mortality and Morbidity Outcomes in the Elderly; a Systematic Review and Meta-analysis of Epidemiological Evidence. *EBioMedicine*, 6, 258–268.
- Carmona, R., Díaz, J., Mirón, I. J., Ortiz, C., Luna, M. Y. & Linares, C. (2016). Mortality attributable to extreme temperatures in Spain: A comparative analysis by city. *Environment International*, 91, 22–28.
- Conlon, K., Rajkovich, N., White-Newsome, J., Larsen, L. & Neill, M. (2011). Preventing cold-related morbidity and mortality in a changing climate. *Maturitas*, 69(3), 197–202.
- Diakakis, M., Deligiannakis, G., Katsetsiadou, K. & Lekkas, E. (2015). Hurricane Sandy mortality in the Caribbean and continental North America. *Disaster Prevention and Management: an International Journal*, 24(1), 132–148.
- Ekamper, P., van Duin, C., Van Poppel, F. & Mandemakers, K. (2010). Heat Waves and Cold Spells and their Effect on Mortality: an Analysis of Micro-data for the Netherlands in the Nineteenth and Twentieth Centuries. *Annales de démographie historique*, 120(2), 55-104.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2018). Economic losses from climate-related extremes. Acedido a 25 de Maio de 2018, em <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/direct-losses-from-weather-disasters-3/assessment>.
- Ganho, N. (2013). Risco de ventos tempestuosos de escala sinóptica em Portugal Continental: análise causal. In L. Lourenço (Ed.), *Riscos Naturais, Antrópicos e Mistos - Homenagem ao Professor Doutor Fernando Rebelo*. Coimbra: Universidade de Coimbra, 251-266.
- Gasparrini, A., Guo, Y., Hashizume, M., Lavigne, E., Zanobetti, A., Schwartz, J., et al. (2015). Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: a multicountry observational study. *The Lancet*, 386 (9991), 369–375. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)62114-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)62114-0)
- Gibbs, T. (2004). Windstorms. In J. Stoltman, J. Lidstone, L. Dechano (Ed.) *International Perspectives on Natural Disasters: Occurrence, Mitigation, and Consequences*. Dordrecht: Springer, 63-86.
- Goldman, A, Eggen, B., Golding, B. & Murray, V. (2013). The health impacts of windstorms: A systematic literature review. *Public health*, 128, 3-28.
- Gronlund, C., Sullivan, K., Kefelegn, Y., Cameron, L. & O'Neill, M. (2018). *Climate change and temperature extremes: a review of heat-and cold-related morbidity and mortality concerns of municipalities*. *Maturitas*, 114, 54-59
- Healy, J. (2003). Excess winter mortality in Europe: a cross country analysis identifying key risk factors. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 57, 784-789.
- IPMA (2018). Ciclones Tropicais. Acedido a 27 de maio de 2018, em <https://www.ipma.pt/pt/educativa/fenomenos.meteo/index.jsp?page=ciclone.tropical.xml>.

- Kislow (2008). *Hurricanes: Background, History and Bibliography*. New York: Nova Science.
- Kovats, R. & Kristie, L. (2006). Heatwaves and public health in Europe. *The European Journal of Public Health* 16 (6), 592-599.
- Laurin, A., Murat, C., Bescond, Y. & Marinescu, M. (2018). Conséquences psychologiques et état de stress post-traumatique chez les victimes de la tempête Xynthia. *Annales Médico-psychologiques*, 176(5), 477-482.
- Leitão, P. (2003) Tornados in Portugal. *Atmos. Res.*, 67(8), 381-390.
- Liberato, M., Pinto, J. & Trigo, R. (2011) Klaus - an exceptional winterstorm over Northern Iberia and Southern France. *Weather*, 66, 330-334.
- Liberato, M., Pinto, J., Trigo, R., Ludwig, P., Ordóñez, P, Yuen, D. & Trigo, I (2013). Explosive development of winter storm Xynthia over the subtropical North Atlantic Ocean. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 13, 2239-2251.
- Liddell, C., Morris, C., Thomson, H., & Guiney, C. (2015). Excess winter deaths in 30 European countries 1980–2013: a critical review of methods. *Journal of Public Health*, 38(4), 806-814
- Lourenço, L. (2015). Risco, perigo e crise: pragmatismo e contextualização. In: A. Siqueira, N. Valencio, M. Siena. M. Malagoli (orgs). *Riscos de desastres relacionados à água: aplicabilidade das bases conceituais das Ciências Humanas e Sociais para a análise de casos concretos*. São Carlos: RiMa Editora, 79-120.
- Madureira, H., Monteiro, A., Velho, S. & Gonçalves, P. (2017). Identificação de ‘Local Climate Zones’ (LCZ’s) no concelho do Porto. *Atas do XI Congresso da Geografia Portuguesa: As Dimensões e a Responsabilidade Social da Geografia*, Porto, 453-456.
- Monteiro, A., Carvalho V., Oliveira T. & Sousa C. (2013b). Excess mortality and morbidity during July 2006 Heat Wave in Porto, Portugal. *Int J Biometeorol*, 57, 155-167.
- Monteiro, A. (2016). O risco com um pé no chão ou a cabeça no ar: o H2020 enquanto oportunidade para evitar o risco de desconforto bioclimático em espaços urbanos. In L. Lourenço (Ed), *Geografia, paisagem e riscos: livro de homenagem ao Prof. Doutor António Pedrosa*. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 215-230. DOI: https://doi.org/10.14195/978-989-26-1233-1_10
- Monteiro, A. (2014a). Morbidity during cold spells in mild winter contexts like Portugal are mainly due to climate or to vulnerability? In: F. Mendonça (Ed). *Riscos climáticos*. Jundiaí/SP (Brasil): Paco Editorial, 319-342.
- Monteiro, A., Carvalho, V. N., G is, J., & Sousa, C. (2012b). Use of “Cold Spell” indices to quantify excess chronic obstructive pulmonary disease (COPD) morbidity during winter (November to March 2000-2007): case study in Porto. *International Journal of Biometeorology*, 57 (6), 857–870.
- Monteiro, A., Carvalho, V. (2013a). *Clima e Planejamento Regional in Climatologia urbana e regional (Questões teóricas e estudos de caso)*, São Paulo: Editora Outras Expressões, 93-116
- Monteiro, A., Monteiro, A., Fonseca, L., Fonseca, L., Almeida, M., Almeida, M., et al. (2012a). *Atlas da Saúde e da Doença na AMP - Vulnerabilidades Climáticas e Sócio-Económicas*. Porto: Projeto Ondas - PTDC/SAU-ESA/73016/2006.
- Monteiro, A., Velho, S. (2014b). Health heat stress in Porto Metropolitan Area - a matter of temperature or (in) adaptation?. *DIE ERDE - Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde*, 145 (1-2), 80- 95.
- NOAA / NATIONAL WEATHER SERVICE (2018). *Enhanced F Scale for Tornado Damage*. Acedido em 20 de Maio de 2018, em <http://www.spc.noaa.gov/faq/tornado/ef-scale.html>.
- OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SAÚDE / INSTITUTO NACIONAL DE SAÚDE DR. RICARDO JORGE (2004). *Onda de calor de Agosto de 2003: os seus efeitos sobre a saúde da população portuguesa*. Acedido em 15 de maio de 2018, em http://www.onsa.pt/conteu/onda_2003_relatorio.pdf

- Poljanšek, K., Marin Ferrer, M., De Groeve, T. & Clark, I. (2017). Science for disaster risk management 2017: knowing better and losing less. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Rau, R. (2007). Seasonality in Human Mortality - A demographic approach. Heidelberg: Springer-Verlag.
- Rebelo, F. (2010). Geografia Física e Riscos Naturais. Coimbra: Imprensa da Universidade
- Sarofim, M. C., Saha, S., Hawkins, M. D., Mills, D. M., Hess, J., Horton, R., *et al.* (2016). Temperature-Related Death and Illness. In *The Impacts of Climate Change on Human Health in the United States: A Scientific Assessment*. Washington, DC: U.S. Global Change Research Program, 43–68
- Schmidlin, T. (2009). *Human fatalities from wind-related tree failures in the United States, 1995-2007*. Natural Hazards, 50 (1), 13-25.
- Schneider, A. & Breitner, S. (2016). Temperature effects on health - current findings and future implications. *EBioMedicine*, 6, 29–30.
- Shultz, J., Russell, J. & Espinel, Z. (2005). Epidemiology of Tropical Cyclones: The Dynamics of Disaster, Disease, and Development, *Epidemiologic Reviews*, 27(1), 21–35.
- Song, X., Wang, S., Hu, Y., Yue, M., Zhang, T., Liu, Y., ... & Shang, K. (2017). Impact of ambient temperature on morbidity and mortality: an overview of reviews. *Science of the Total Environment*, 586, 241-254.
- Theofilatos, A., Yannis, G. (2014). A review of the effect of traffic and weather characteristics on road safety. *Accid Anal Prev*, 72, 244–256
- Thompson, R., Hornigold, R., Page, L. & Waite, T. (2018). Associations between high ambient temperatures and heat waves with mental health outcomes: a systematic review. *Public Health* <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2018.06.008>, in press