RELATÓRIO SETOR

Saúde Humana

Vulnerabilidades Atuais e Futuras

RELATÓRIO SETOR
Saúde Humana
Vulnerabilidades Atuais e Futuras

Realizado por:
André Oliveira (CCIAM)

Contributos:
Luís Filipe Dias, Bruno Aparício (CCIAM)

Elaborado por:

ÍNDICE

1. ENQUADRAMENTO 4

1.1 Perspetiva e diagnóstico regional do setor 5

1.2 Caracterização do quadro de referência do setor 12

2. METODOLOGIA 14

2.1 Visão geral 15

2.1.1 Saúde humana e temperaturas elevadas 15

2.1.2 Doenças transmitidas por vetores 19

2.1.3 Poluição atmosférica 22

2.2 Variáveis e parâmetros climáticos relevantes para o setor 25

2.2.1 Temperaturas elevadas 25

2.2.2 Doenças transmitidas por vetores 26

2.2.3 Poluição atmosférica 26

2.3 Avaliação das vulnerabilidades e modelação de impactos 28

2.3.1 Temperaturas elevadas 28

2.3.2 Doenças transmitidas por vetores 34

2.3.3 Poluição atmosférica 35

3. VULNERABILIDADE ATUAL 36

3.1 Identificação de impactos não climáticos 37

3.2 Identificação de impactos climáticos 37

3.2.1 Temperaturas elevadas 37

3.2.2 Doenças transmitidas por vetores 42

3.2.3 Poluição atmosférica 44

4. IMPACTOS E VULNERABILIDADES FUTURAS NO ALGARVE 49

4.1 Temperaturas elevadas 50
4.2 Doenças transmitidas por vetores 51
4.3 Poluição atmosférica 58

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS 60
6. BIBLIOGRAFIA 65
7. EQUIPA TÉCNICA 70

1.

Enquadramento

1.1 PERSPETIVA E DIAGNÓSTICO REGIONAL DO SETOR

Há cerca de uma década, Casimiro et al. (2006) salientavam o reduzido número de estudos sobre as implicações das alterações climáticas na saúde humana. Seria assim difícil a identificação dos impactos das alterações climáticas e implementação de medidas de adaptação de forma a minimizar as suas consequências para este setor.

O impacto das alterações climáticas é abordado, neste documento e para o setor da Saúde Humana, através das consequências das variações da temperatura atmosférica, quer diretamente, no decurso de fenómenos de temperaturas extremas adversas, como as ondas de calor[1], quer indiretamente, pelo aumento da vulnerabilidade às doenças transmitidas por vetores e à poluição atmosférica.

Este diagnóstico regional do setor da saúde humana na região Algarvia tem por base o Perfil Regional de Saúde (PRS) e os Perfis Locais de Saúde (PLS), constantes do Observatório Regional de Saúde (OBS), elaborado por equipas dos departamentos de Saúde Pública da Administração Regional de Saúde (ARS) do Algarve (ARS Algarve, 2015).

CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS RELEVANTES

A Região de Saúde (RS) do Algarve é constituída pelos 16 concelhos que integram as NUTs II e III e Distrito de Faro (coincidentes nesta região), estando organizados, desde 2009, em 3 Agrupamentos de Centros de Saúde (ACeS). Os limites de cada agrupamento resultaram da agregação dos limites administrativos dos municípios que o compõem (Figura 1).

A RS Algarve abrangia, em 2017, uma população residente estimada em 439.617 indivíduos, com uma densidade populacional de 87,9 habitantes/km^2. Verifica-se uma estabilização da população, e até um ligeiro decréscimo, a partir de 2011 (Figura 2).

Em 2017, a população residente no Algarve apresentava uma distribuição desigual pelos 3 ACeS, com cerca de metade da população total concentrada no Central, e apenas 12% no Sotavento (Figura 3).

[1] Segundo o Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA), considera-se que ocorre uma onda de calor quando num intervalo de pelo menos 6 dias consecutivos, a temperatura máxima diária é superior em 5ºC ao valor médio diário no período de referência (IPMA, 2018). Tendo em conta os impactos na saúde humana, a Direção-Geral da saúde (DGS) adota a terminologia 'períodos de calor intenso' (DGS, 2018b), mesmo que não se cumpram os parâmetros exatos do IPMA, como alerta para a tomada de medidas preventivas.

Figura 1 ACeS da Região do Algarve. Fonte: Observatório Regional de Saúde do Algarve

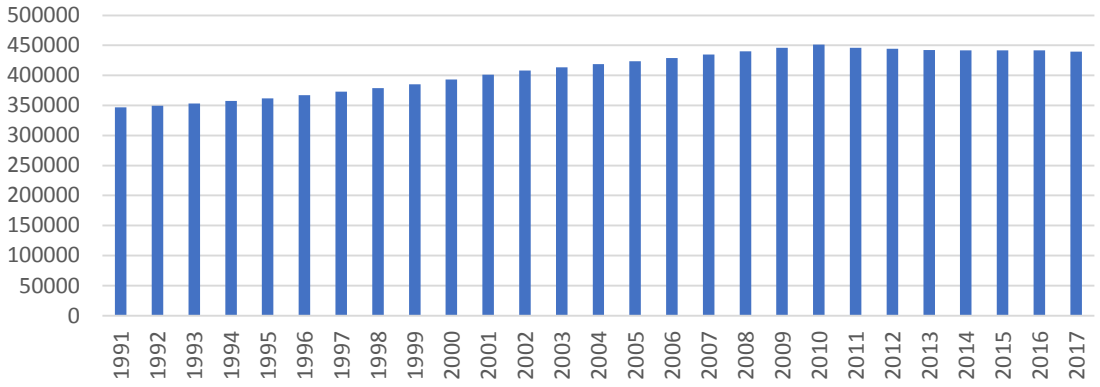

Figura 2 Evolução da população residente no Algarve entre 1991 e 2017. Fonte: INE

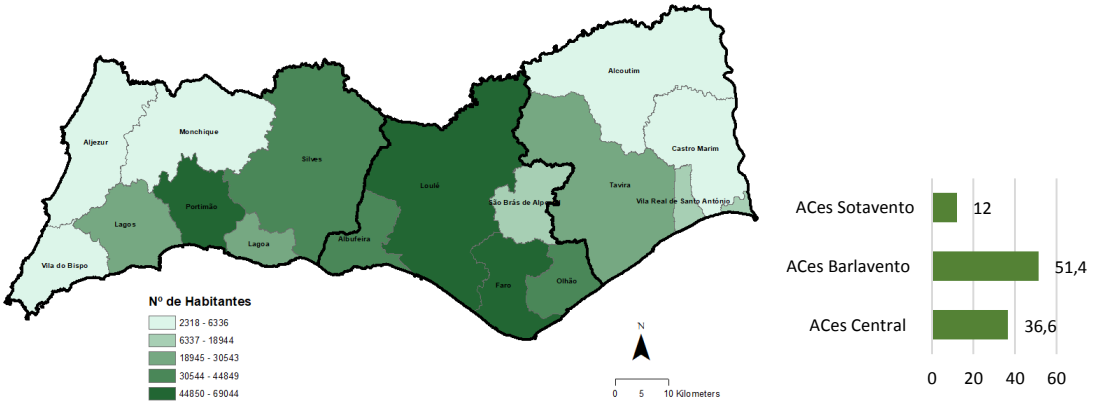

Figura 3 Distribuição e proporção (%) da população residente, pelos municípios dos ACeS, em 2017. Fonte: Observatório Regional de Saúde do Algarve

O Índice de Envelhecimento tem acompanhado o aumento na generalidade do Continente, embora a um ritmo menor (142,3% em 2017, para o Algarve) (Figura 4), sendo que o Índice de Dependência de Idosos registou também um aumento de 30% (2011) para 33,7% (2017), em consonância com os valores para o Continente (Figura 5).

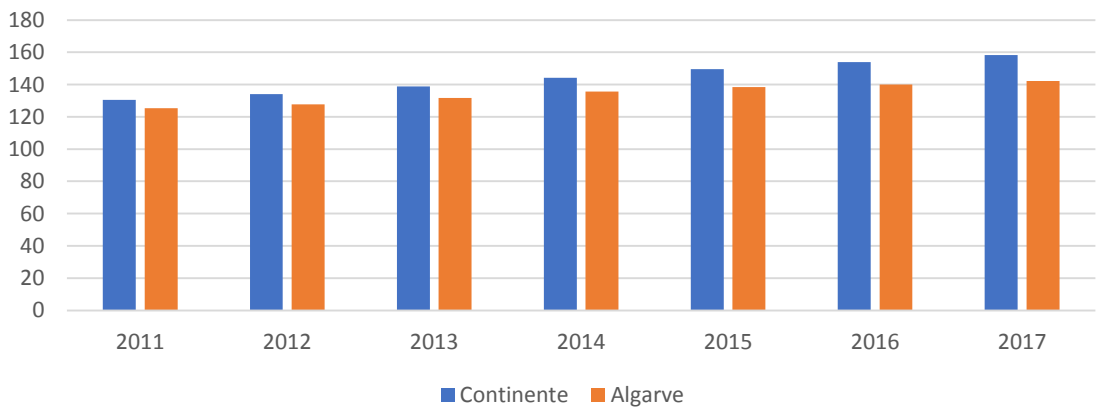

Figura 4 Evolução do Índice de Envelhecimento, no Continente e Algarve, entre 2011 e 2016. Fonte: INE

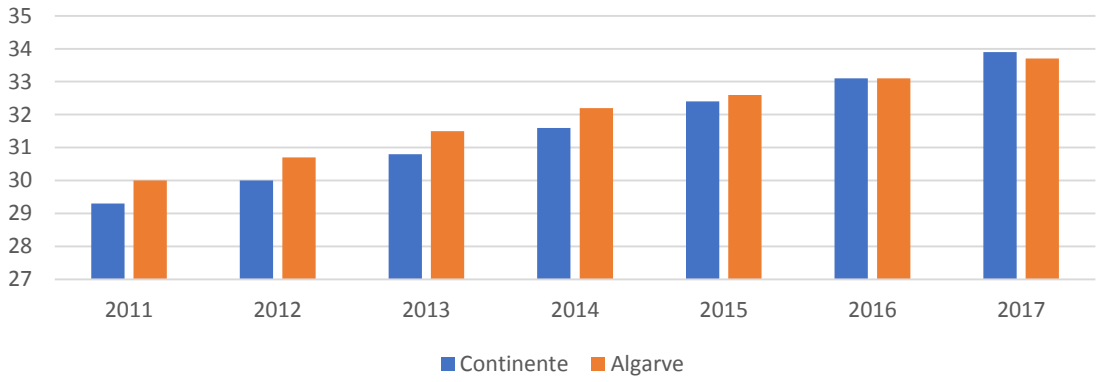

Figura 5 Evolução do Índice de Dependência de Idosos, no Continente e Algarve, entre 2011 e 2016. Fonte: INE

Por ACeS, o Central regista o menor Índice de Envelhecimento. Existem 5 dos 16 concelhos com valores superiores ao valor médio para a região do Algarve, maioritariamente nos ACeS de fronteira e abarcando partes da serra Algarvia, com destaque para os concelhos de Monchique e Alcoutim (Figura 6).

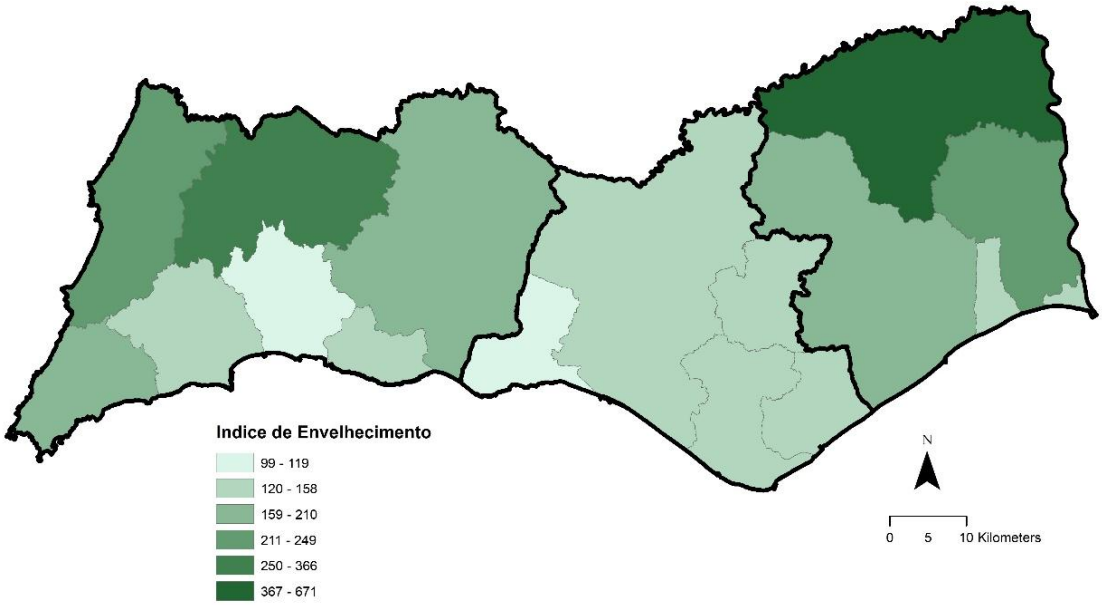

Figura 6 Distribuição do Índice de Envelhecimento, por ACeS, em 2017. Fonte: Observatório Regional de Saúde do Algarve

A Taxa Bruta de Mortalidade situava-se, em 2017, nos 12 por mil habitantes, mantendo-se acima do valor para todo o território continental (Figura 7). Se considerarmos algumas causas de morte na população com idade inferior a 75 anos, verifica-se que os valores das taxas padronizadas são superiores na região Algarvia, quando comparadas com o restante território de Portugal Continental. Os tumores malignos e as doenças do sistema circulatório lideram, com predomínio da doença isquémica do coração e de alguns tumores (Figura 8).

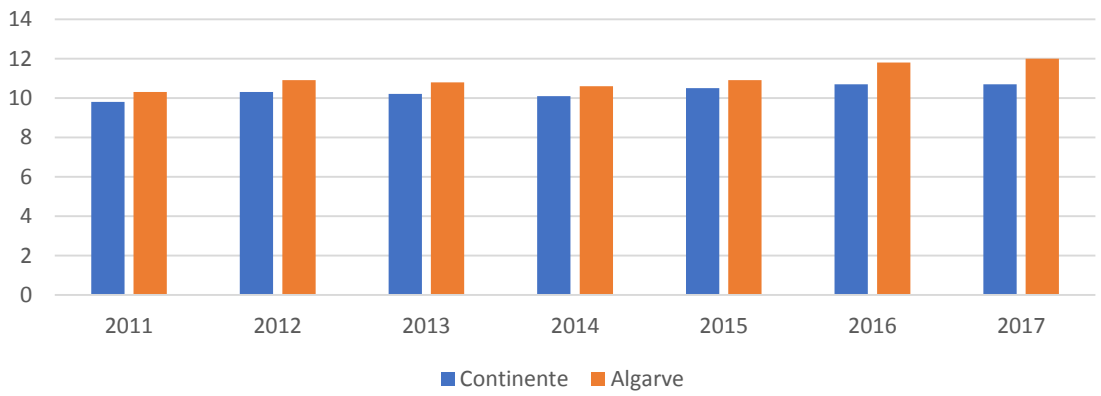

Figura 7 Evolução da Taxa Bruta de Mortalidade, no Continente e Algarve, entre 2011 e 2017. Fonte: INE

Local de Residência	TM Estômago	TM Cólon e Reto	TM Traqueia, Brônquios e Pulmão	TM Mama	Doenças Isquémica Coração	Doenças Cerebro-vasculares	Pneumonia	Doença Crónica do Fígado e Cirrose	Acidentes de Transporte	Suicídios e Lesões Autoprovoc. Intenc.
Continente	9,6	13,3	19,0	15,2	15,8	19,1	5,5	8,9	7,1	6,9
Região de Saúde do Algarve	8,0	13,7	23,3	19,7	22,9	18,1	6,8	5,9	11,3	9,3
ACeS Central	6,8	12,2	23,6	20,6	23,4	18,4	6,4	6,1	10,0	9,6
ACeS Barlavento	8,9			19,3		18,1	7,6	5,4	12,6	7,3
ACeS Sotavento	9,8			17,4		17,1	5,9	6,7	14,3	13,6

TM: Tumor Maligno

TMP: Região compara com TMP Continente

TMP: ACeS/ULS compara com TMP Região

Legenda

- A TMP é inferior **com** significância estatística
- A TMP é inferior **sem** significância estatística
- Sem dados
- A TMP é superior **sem** significância estatística
- A TMP é superior **com** significância estatística

Figura 8 Taxa de Mortalidade Padronizada (por 100 000 habitantes) entre 2010 e 2012 (média anual), na população com idade inferior a 75 anos, ambos os sexos. Fonte: Observatório Regional de Saúde do Algarve

Sendo a idade um fator determinante do tipo de doença, verifica-se o aumento da proporção de óbitos por doenças do aparelho circulatório ao longo dos ciclos de vida, atingindo 31% de idosos com 75 e mais anos, e por tumores malignos até aos 74 anos, com 40% o total de óbitos na faixa etária 65-74 anos (Figura 9).

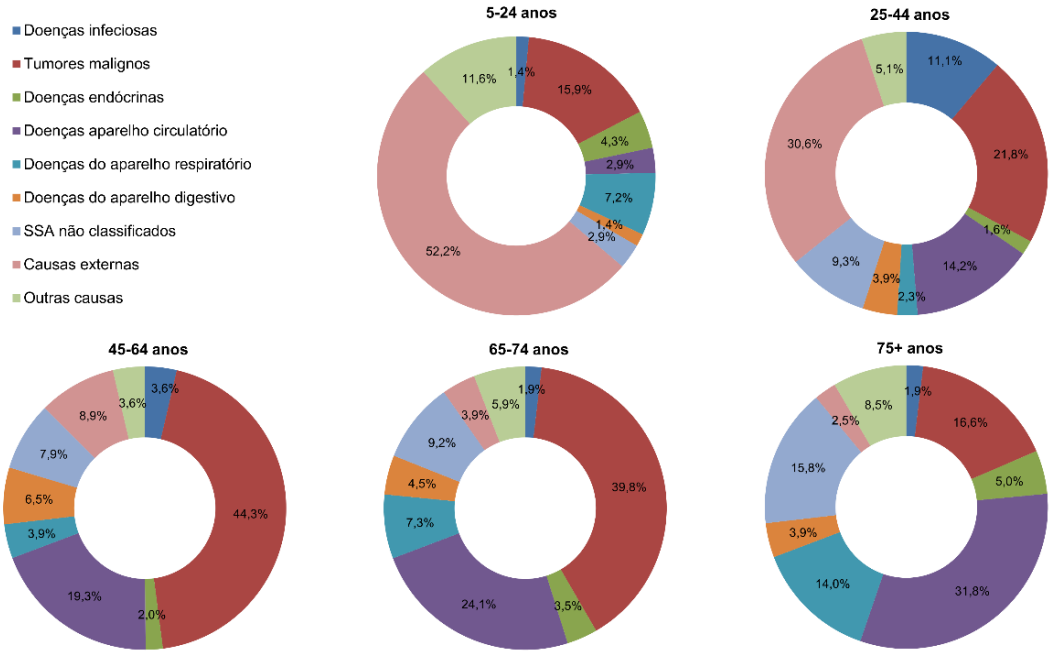

Figura 9 Mortalidade Proporcional na região de Saúde do Algarve, por ciclo de vida, entre 2010 e 2012, para os grandes grupos de causas de morte, ambos os sexos. Fonte: Observatório Regional de Saúde do Algarve

No que respeita à morbilidade, de entre as doenças que motivam a procura dos serviços de saúde nesta RS, a hipertensão arterial é a mais frequente, em ambos os sexos, com cerca de $^{1}/_{5}$ dos inscritos, em dezembro de 2014 (Figura 10), destacando-se o ACeS do Sotavento com valores mais elevados (Figura 11).

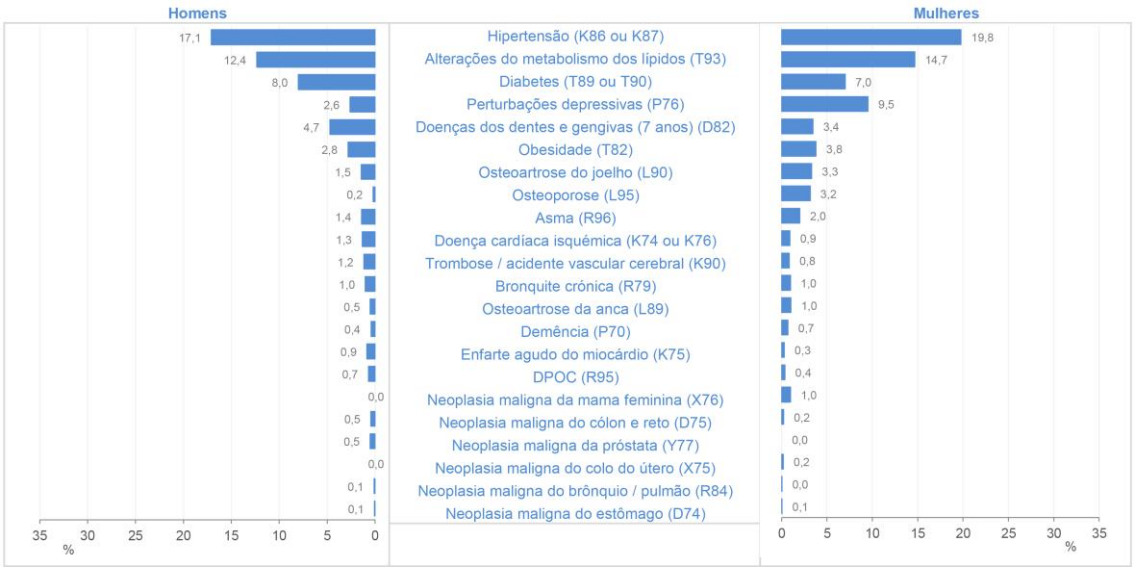

Figura 10 Proporção de inscritos (%), por diagnóstico ativo, em dezembro de 2014, por sexo, na Região de Saúde do Algarve. Fonte: Observatório Regional de Saúde do Algarve

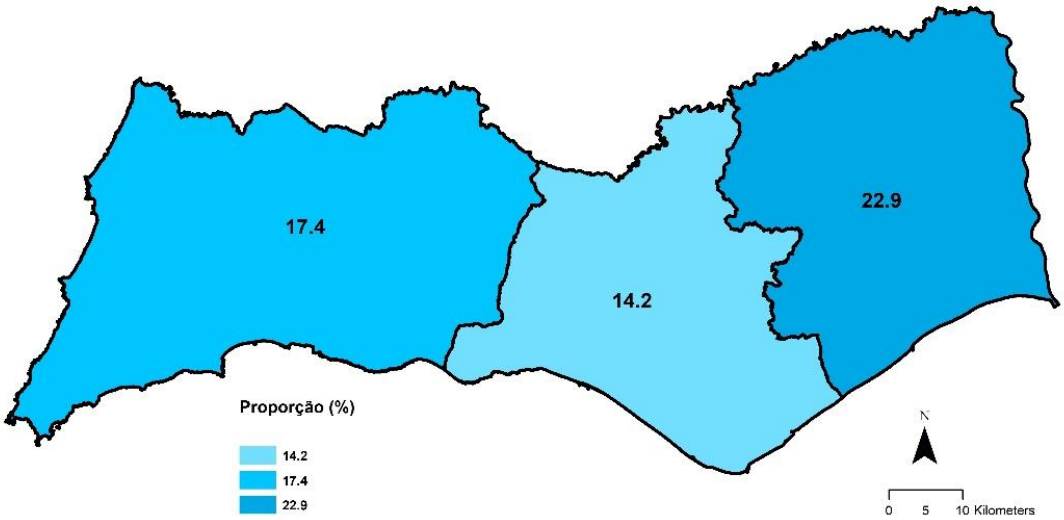

Figura 11 Distribuição dos inscritos por Hipertensão Arterial, em dezembro de 2014, ambos os sexos, nos ACeS da Região de Saúde do Algarve. Fonte: Observatório Regional de Saúde do Algarve

CARACTERÍSTICAS DAS INFRAESTRUTURAS DE SAÚDE

Quanto a infraestruturas do Sistema Nacional de Saúde, a Região de Saúde do Algarve possuía em 2012, o Centro Hospitalar do Barlavento (englobando as unidades hospitalares de Portimão e de Lagos) e o Hospital Distrital de Faro (DGS, 2015a). A estas infraestruturas hospitalares correspondiam um total de 965 camas, das quais metade para especialidades médicas (Figura 12). Esta RS possuía também 3 centros de saúde com serviço de urgência básica e serviços de atendimento permanente, sem valência de internamento.

No conjunto, trabalhavam nestas infraestruturas, em 2012, 306 médicos, entre 85 não especialistas e 221 especialistas, 435 enfermeiros, sendo 395 de cuidados gerais e 40 especialistas, e 93 técnicos de diagnóstico e terapêutica, para além de 539 profissionais das áreas de Psicologia, Nutrição, Apoio Social, auxiliares de ação médica e administrativos.

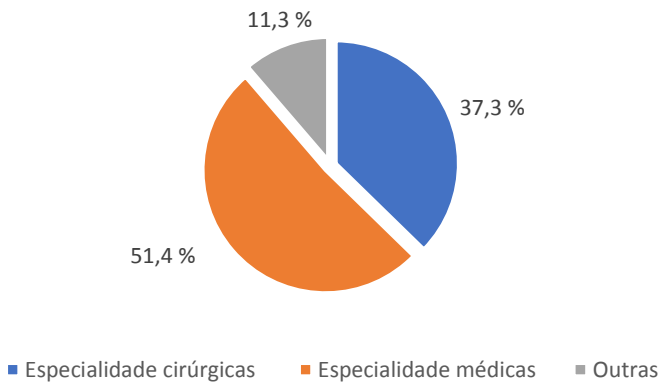

Figura 12 Percentagem de camas hospitalares por valências, em 2012, na Região de Saúde do Algarve. Fonte: DGS

1.2 CARACTERIZAÇÃO DO QUADRO DE REFERÊNCIA DO SETOR

O quadro de referência do setor comporta duas orientações principais e estruturantes da área da Saúde: o Plano Nacional de Saúde – Revisão e Extensão a 2020 (DGS, 2015b) e o Plano Nacional de Saúde e Estratégias Locais de Saúde - Resenha dos Planos de Saúde: Nacional, Regionais, Locais (DGS, 2015c), ambos da responsabilidade da Direção-Geral da Saúde.

No primeiro, é apresentada uma revisão do Plano Nacional de Saúde (PNS) e extensão a 2020, tendo como objetivo estratégico a coordenação de esforços de toda a sociedade com vista à maximização dos ganhos em saúde, pela implementação de estratégias de qualidade, de cidadania, de políticas saudáveis e de equidade e acesso aos cuidados de saúde. Numa população portuguesa caracterizada pelo envelhecimento, este plano estabelece como metas para 2020: a redução da mortalidade prematura (mortalidade de indivíduos com idade inferior a 70 anos) de 22,8% (dados de 2012) para um valor inferior a 20%; o aumento em 30% da esperança de vida saudável aos 65 anos, que, em Portugal, se situa nos 9,9 anos para os homens e 9,0 anos para as mulheres (dados de 2012), numa tentativa de aproximação a valores de países europeus como a Suécia, com 13,9 anos e 15,2 anos, respetivamente, em 2011. Outra meta é direcionada para a população adulta, na tentativa de redução da prevalência do consumo de tabaco nos jovens com idades a partir dos 15 anos e a eliminação da exposição ao fumo passivo, comportamento de risco mais significativo na população portuguesa, com mais de $^{1}/_{4}$ da população entre os 15 e os 64 anos a consumir tabaco (dados de 2012). Uma quarta meta abrange as crianças e jovens em idade escolar, preconizando-se o controlo da incidência e prevalência do excesso de peso e obesidade nestas faixas etárias.

O PNS e Estratégias Locais de Saúde - Resenha dos Planos de Saúde: Nacional, Regionais, Locais (2016), define as diretrizes para a implementação dos Planos Regionais e Locais de Saúde (PRS e PLS), com base nos objetivos estratégicos, valores e princípios do PNS.

Para a região do Algarve foram priorizadas as necessidades de saúde em função do PRS e para o ano de 2015-2016. Estas necessidades foram agrupadas em 3 áreas, nomeadamente na redução:

- da mortalidade por tumores malignos, doenças do aparelho circulatório (cerebrovasculares e isquémicas cardíacas) e causas externas (suicídios e acidentes de trânsito);
- da morbilidade por diabetes, perturbações depressivas, tuberculose e VIH;
- de determinantes da saúde como a hipertensão, o consumo de tabaco e álcool, o nascimento prematuro e as crianças com baixo peso à nascença, o excesso de peso e obesidade, e a inatividade física.

Para a concretização destes objetivos, as estratégias assentam, por um lado, na promoção da saúde e prevenção da doença, com a aplicação de programas de base (Saúde escolar, etc.), programas prioritários (tabagismo, alimentação saudável, etc.), grupos de trabalho/apoio (Saúde mental infantil, violência, etc.) e outros projetos, consultas e serviços. Por outro lado, as estratégias assentam também no diagnóstico e tratamento precoces, com diversos serviços e consultas. Foram igualmente definidos os PLS para cada um dos 3 ACeS que constituem a RS Algarve.

Neste quadro estratégico é importante ter em conta os objetivos que compõem a Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas 2020 (APA et al., 2015) no setor da Saúde Humana. Os objetivos em questão foram desenvolvidos pelo grupo de trabalho setorial da Direção-Geral da Saúde, consistindo em 3 objetivos, tendo como domínios prioritários os eventos térmicos e hidrológicos extremos, a água, a poluição do ar, os vetores transmissores de doenças e os alimentos. Esses objetivos são:

- integração e aprofundamento do conhecimento sobre a relação Clima -Saúde Humana;
- prevenção e redução de doenças relacionadas com fatores climáticos;
- informação e sensibilização da população e dos profissionais de saúde para o impacto das alterações climáticas na saúde humana.

À exceção dos eventos hidrológicos extremos (que são tratados no setor Segurança de Pessoas e Bens), todos os restantes domínios prioritários são abordados neste relatório setorial.

2.

Metodologia

2.1 VISÃO GERAL

Um dos maiores desafios que se coloca atualmente, a escala mundial, é a atenuação das consequências que se colocam à saúde humana, devido aos impactos significativos das alterações climáticas neste setor (Filho et al., 2016).

No âmbito da adaptação às alterações climáticas, a Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (ENAAC) engloba diversos grupos de trabalho setoriais (GT), entre os quais o GT da saúde humana, coordenado pela Direção-Geral da Saúde, que incide sobre os domínios 'Eventos Térmicos Extremos', 'Água', 'Ar', 'Vetores Transmissores de Doenças', ´Alimentos´ e 'Eventos Hidrológicos Extremos´.

Destes, o presente relatório foca-se nas vulnerabilidades para a saúde humana incluídas nos domínios 'Eventos Térmicos Extremos', 'Vetores Transmissores de Doenças' e 'Ar'.

2.1.1 SAÚDE HUMANA E TEMPERATURAS ELEVADAS

Basu e Samet (2002) recolheram evidências nas últimas 3 décadas do século XX, do aumento da mortalidade durante as ondas de calor em vários locais do Mundo, identificando fatores de risco como a idade, a etnia e fatores comportamentais. Os mesmos autores destacam também maiores impactos das ondas de calor em situações de dificuldade de aclimatação por parte das populações, seja porque as ondas de calor acontecem no início da estação quente, seja porque ocorrem em regiões onde a população não está habituada a elevadas temperaturas no decurso do ano. O verão de 2003 foi paradigmático nas consequências de várias ondas de calor que provocaram, em vários países da Europa Ocidental, um anormal aumento de mortalidade. Fouillet et al. (2006) analisaram a situação sem precedentes em França, comparando os valores de mortalidade desse ano, e respetivas causas, com anos imediatamente anteriores. Este exercício permitiu concluir que houve um aumento da morbilidade que resultou em morte por golpe de calor, desidratação, hipertermia, para além do aumento da mortalidade em doentes do foro respiratório e circulatório. Em Portugal, Nogueira et al. (2005) reportaram um invulgar aumento da taxa de mortalidade em 37,7%, por comparação à registada em períodos iguais de anos anteriores, com uma estimativa de um excesso de 1316 mortes.

No que respeita a estes eventos e seu impacto para a saúde humana, a ocorrência de temperaturas elevadas representa atualmente o fenómeno mais relevante, devido à tendência para a subida da temperatura que se prevê vir a afetar cada vez mais o sul do continente europeu, e a área mediterrânica em particular. Desta forma, é previsível que se agrave a exposição da população a temperaturas elevadas, particularmente durante o período estival. Neste contexto, o enfoque no impacto para a saúde humana da exposição a temperaturas elevadas é premente, tendo em conta o perfil térmico da região do Algarve.

A relação entre condições meteorológicas e impactos na saúde humana é com frequência suficientemente direta para permitir a obtenção de fortes inferências de causa-efeito (Smith et al., 2014). De entre os vários fatores meteorológicos, existe atualmente um crescente reconhecimento

de que a exposição ao calor extremo se encontra associada com o aumento da mortalidade (Li et al., 2015). Notavelmente, a associação entre a ocorrência de dias quentes e o aumento da mortalidade é muito robusta.

A situação é de igual forma preocupante no que respeita ao impacto das temperaturas elevadas na morbilidade. Vários estudos focados na relação entre morbilidade e temperaturas elevadas analisaram as admissões hospitalares ou a afluência a consultas de urgência, e reportaram o aumento de episódios relacionados com doenças cardiovasculares, respiratórias e renais, sendo que a magnitude dos impactos se encontrava relacionada com a duração e intensidade do calor (Smith et al., 2014). Num estudo focado no mapeamento dos riscos para a Saúde decorrentes de temperaturas elevadas em áreas urbanas realizado na área da cidade de Melbourne, Austrália, Loughnan et al. (2012) especificam uma lista de situações de saúde criticas em face das temperaturas elevadas (Tabela 1), expressa de acordo com a Classificação Internacional das Doenças, Revisão 10 (WHO, 2018).

Outros estudos generalizam um pouco mais, referindo-se ao impacto das temperaturas altas em problemas de saúde de caráter não acidental e em doenças dos sistemas circulatório e respiratório, especificando dentro destas a doença isquémica do coração, as doenças cerebrovasculares e a Doença Obstrutiva Crónica Pulmonar (DOPC) (Chen et al., 2016).

Categoria	Códigos ICD-10
Sistema Circulatório	I00-I79, I95, I97, I99
Endócrinas	E00-07, E09-14, E20-35, E66, E84, E86-87
Respiratórias	J00-84, J96-98
Saúde Mental/comportamentos	F00-99
Doença crónica renal	N00-N39
Doenças do sistema Nervoso	G00-09, G10-13, G20-26, G30-32, G35-37, G40, G41, G43, G44, G45, G70-73, G80-83
Neoplasmas	C00-96
Gravidez	O00-16
Outras doenças	X30, X32, T67, L55-56, R50.9

Tabela 1 Condições de saúde humana críticas em situações de temperatura elevada. Fonte: Loughnan et al. (2012)

Estas associações entre temperaturas elevadas e mortalidade/morbilidade representam, nos nossos dias, uma crescente preocupação de saúde pública, especialmente no contexto das alterações climáticas (Li et al., 2015), na medida em que as projeções apontam para um aumento das temperaturas e dos episódios de calor extremo. Neste sentido, o Relatório Especial do IPCC

sobre Eventos Extremos (IPCC, 2012) refere que se verificou, à escala global e com um nível de confiança entre 90 e 100%, uma diminuição geral no número de dias e noites frias e um aumento geral no número de dias e noites quentes.

Os casos de mortalidade e morbilidade associados a temperaturas elevadas relacionam-se, na essência, com o mecanismo fundamental de termorregulação humana. Desta forma, o aumento da temperatura corporal acima de 38ºC, geralmente designado por "exaustão pelo calor", implica a debilitação das funções físicas e cognitivas (Smith et al., 2014). Este fenómeno tem origem na relação entre a temperatura atmosférica e a temperatura corporal (em situação normal, esta última situa-se aproximadamente em 36,7ºC), na medida em que o mecanismo de dissipação do calor corporal se torna progressivamente ineficaz com o aumento da temperatura atmosférica, tendo em conta que a temperatura do ar ideal para o funcionamento deste mecanismo se encontra estimada em aproximadamente 21ºC (Walker, 2009). A situação agrava-se caso a temperatura corporal se elevar acima de 40,6ºC (situação geralmente designada por "golpe de calor" ou "insolação"), sendo que o risco de ocorrência de lesões nos órgãos vitais, perda de consciência e mesmo morte, aumenta consideravelmente (Smith et al., 2014).

A onda de calor europeia de 2003 (que originou a morte de mais de 45.000 pessoas) e os episódios recentes deste fenómeno que tiveram lugar nos EUA, permitiram sinalizar a existência de pontos comuns no que respeita à vulnerabilidade da população durante os eventos de calor. Desta forma, os grupos de maior risco parecem ser as populações urbanas, os indivíduos idosos ou muito jovens, as pessoas portadoras de doença ou deficiência crónica e as pessoas que vivem em ambientes construídos, que aumentam os efeitos das temperaturas locais durante as ondas de calor. As pessoas isoladas, a residência em áreas de menor capacidade socioeconómica, a pertença a determinados grupos étnicos e a residência em áreas de alta densidade populacional, constituem fatores que contribuem também para o aumento do risco (Loughnan et al., 2012).

Como as ondas de calor são relativamente pouco frequentes em comparação com o número total de dias com temperaturas acima do valor ótimo para um determinado local, os seus efeitos representam apenas uma fração do impacto total do calor na saúde. Desta forma, uma abordagem possível consiste em analisar o comportamento da mortalidade e morbilidade das populações quando se registam episódios de temperaturas do ar acima de 38ºC, 40,6ºC, e em situações de onda de calor (Smith et al., 2014).

Neste contexto, no que diz respeito a critérios operacionais, a Direção-Geral da Saúde (DGS) define como dias quentes aqueles em se considera a temperatura máxima igual ou superior a 32°C e a temperatura mínima igual ou superior a 24°C. Para a definição de episódios quentes, consideram-se dias isolados ou sequências de dias definidos pelos mesmos limiares. Mesmo baixando um pouco o limiar da temperatura máxima, as temperaturas acima de 30°C apresentam ainda relevância, tendo por exemplo sido reportado no município de Cascais um aumento no risco de mortalidade quando as temperaturas máximas ultrapassam os 30°C (Casimiro et al., 2010).

Outra preocupação a ter em conta nos estudos que abordam a relação entre temperaturas elevadas e mortalidade é a recolha dos valores nos meses do ano em que ocorrem as temperaturas mais elevadas. O período entre maio e setembro é referido em alguns estudos (Chen et al., 2016),

embora esta escolha se relacione com a localização geográfica. No âmbito do trabalho desenvolvido para a elaboração do PIAAC-AMAL relativo ao setor da saúde humana, optou-se pelo período entre abril e outubro, com base no proposto por Casimiro et al. (2010), aquando da investigação desenvolvida pelos autores no território nacional.

Outra questão relevante a ter em conta na relação entre as temperaturas elevadas e a saúde humana é a potencial intervenção de outros fatores, pelo que foi também avaliada a contribuição de outros determinantes, os quais foram selecionados com base na auscultação dos técnicos municipais e *stakeholders*, durante os *workshops* e/ou auscultação alargada de *stakeholders* e também de acordo com a literatura disponível.

Desta forma, foi também incorporado na análise um conjunto adicional de fatores sociais e ambientais, com o propósito de controlar estatisticamente a presença e nível de influência de outros determinantes como a percentagem de população residente nos municípios com 65 ou mais anos de idade, a percentagem do poder de compra *per capita* municipal, e a percentagem de área urbana no município

Assim, a percentagem de população residente no município com 65 ou mais anos de idade foi incorporada, dado este ser um grupo de risco particularmente vulnerável às temperaturas elevadas.

Com a percentagem do poder de compra *per capita* municipal, pretendeu-se representar o estatuto socioeconómico de cada município, dada a importância que este fator tem para a resiliência humana às situações de temperatura elevada, na medida em que quanto mais afluente for uma população, maior será, em princípio, a sua capacidade de dispor de uma habitação com ar condicionado (e/ou de um automóvel com este equipamento), melhor qualidade de construção/melhor isolamento térmico, ou ainda uma configuração arquitetónica mais adaptada à presença de temperaturas elevadas.

A ocorrência de temperaturas mais elevadas nas áreas urbanas (efeito geralmente designado como "ilha de calor urbana") tem sido amplamente referida em vários estudos que identificam um maior risco para a saúde humana nestas áreas (Seltenrich, 2015). Por conseguinte, optou-se por adicionar ao estudo a percentagem de área urbana no município. É, no entanto, de referir que outros estudos indicam a presença de um maior risco associado às áreas rurais, pois, paradoxalmente, pode verificar-se nessas áreas a existência de uma pior qualidade de construção, sendo o parque habitacional mais antigo, e de existir um menor número de equipamentos de ar condicionado nas habitações ou uma pior qualidade/capacidade de isolamento térmico. Também, por vezes, se verifica uma maior concentração de população idosa (e/ou até a viver isolada) nestas áreas, não obstante a sua menor densidade populacional (Chen et al., 2016).

No que respeita à vulnerabilidade atual às temperaturas elevadas, recorreu-se a um processo de modelação estatística espacial para aferir a contribuição, em cada município da região do Algarve, da ocorrência de dias de temperatura elevada, designados neste estudo como "dias quentes" (indicador entendido aqui como o número de dias com temperatura máxima acima de 30ºC, entre abril e outubro, inclusive, nos anos entre 1991 e 2003, inclusive) e dos fatores sociais e ambientais acima referidos, para o número de óbitos por causas não acidentais ocorridos no mesmo intervalo

temporal, tomando-se também em consideração a população residente no município (representada pela população residente em 1997, a meio do período de referência).

Na modelação da vulnerabilidade futura às temperaturas elevadas, foi utilizada a associação estatística obtida no modelo previamente gerado na avaliação das vulnerabilidades atuais, o qual permitiu obter, para os municípios da região do Algarve, projeções das variações percentuais da mortalidade por causas não acidentais, em função dos cenários de alterações climáticas, nomeadamente para os períodos 2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100, nos cenários RCP4.5 e RCP8.5, respetivamente. Para o efeito, assumiu-se que as características socioeconómicas da Região não sofrem alterações.

2.1.2 DOENÇAS TRANSMITIDAS POR VETORES

As doenças transmitidas por vetores (mosquitos e carraças) são uma preocupação de Saúde Pública significativa, pois a OMS estima que mais de metade da população mundial esteja atualmente em risco. Todos os anos, mais de mil milhões de pessoas são afetadas e 1 milhão morre, maioritariamente de estrato socioeconómico baixo, por malária, dengue, leishmaniose, esquistossomose ou doença de Chagas. Por outro lado, embora o vírus Zika, a Febre do Nilo Ocidental, causada pelo vírus do mesmo nome (WNV), a filariose linfática e a oncocercose, não constituam risco de vida, causam graves problemas de saúde. A picada, a sobrevivência e a reprodução dos vetores, e ainda a multiplicação dos agentes patogénicos que transportam estas doenças parasitárias e infeciosas, são influenciados por condições meteorológicas e climáticas, com destaque para a temperatura, mas também para a precipitação (muito importantes para a proliferação de mosquitos) e a humidade.

No século passado, já se verificaram modificações nos padrões geográficos de transmissão da malária, mas alguns efeitos protetores, como boas condições socioeconómicas das populações, juntamente com a aplicação de medidas preventivas e curativas, originaram o recuo destas doenças. Existem, porém, modelos que preveem o aumento dos casos de malária durante este século devido às alterações climáticas, mas a situação poderá manter-se sob controlo se forem reforçadas as variáveis socioeconómicas. Contudo, esta situação pode não ser aplicável a todas as doenças em causa. Por exemplo, a proliferação do dengue é favorecida pelas alterações climáticas, sendo que as medidas de controlo da doença e de melhoria de qualidade de vida têm muito menos efeito sobre esta doença, pelo que a sua incidência é elevada em regiões onde a malária já foi, por seu lado, controlada ou erradicada, podendo mesmo o dengue afetar os países mais desenvolvidos.

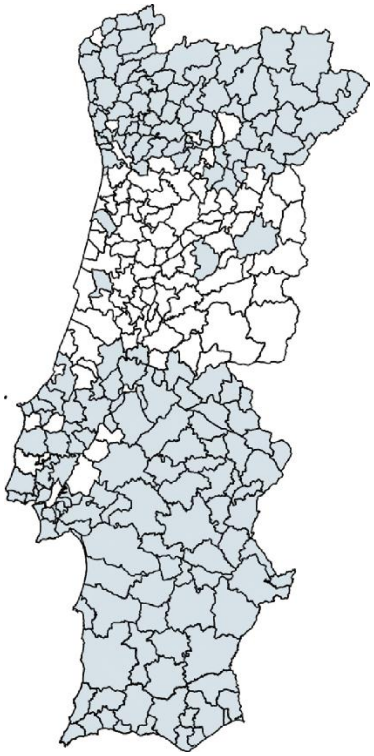

Figura 13 Distribuição geográfica por município, da presença de potenciais vetores (mosquitos), 2011-2015. Fonte: INSA (2018)

Utilizando condições climáticas atuais e futuras, Samy et al. (2016) mapearam agentes transmissores de doenças, tendo considerado Portugal como área propícia para a distribuição do potencial agente transmissor do WNV, Encefalite de Saint Louis, filariose linfática e Zika, em cenários de alterações climáticas. As espécies de mosquitos das subfamílias *Anophelina* e *Culicinae* são consideradas como tendo capacidade vetorial para as doenças acima referidas, com muito impacto na saúde pública.

A Figura 13 apresenta a distribuição geográfica, por município, da totalidade de espécies de mosquitos identificados em Portugal, com destaque para a região Algarvia, onde todos os municípios estão referenciados com a presença destes vetores (INSA, 2018). Durante o século XX já tinham sido identificados, na região do Algarve, mosquitos da espécie *Anopheles Atroparvus*, cujo habitat é, nas primeiras etapas de vida do mosquito, em água doce, parada e pouco profunda, como tanques, canais de rega e charcos. Em adulto, este mosquito encontra-se principalmente em instalações animais (Gomes et al., 2016). No período de 2011 a 2015, este vetor da malária e do WNV, o mais abundante em Portugal, foi identificado, maioritariamente, a norte do Rio Douro e a sul do Rio Tejo, bem como nos concelhos algarvios de Aljezur, Monchique, Lagos, Albufeira, Loulé, São Brás de Alportel e Alcoutim (Figura 14 esquerda). Outro transmissor do WNV com presença significativa em Portugal, é o mosquito *Culex pipiens*, caracterizado por uma capacidade elevada de adaptação ecológica. Tal como o anterior, foram encontrados mosquitos desta espécie no norte do país e particularmente em todo o distrito de Faro, com exceção (no período de 2011 a 2015) do município de Vila do Bispo (Figura 14 direita). Na Figura 14 encontra-se identificado os municípios

onde foram realizadas colheitas, tanto de mosquitos adultos como de imaturos (a azul claro), e os municípios onde foram identificadas as espécies (a azul escuro).

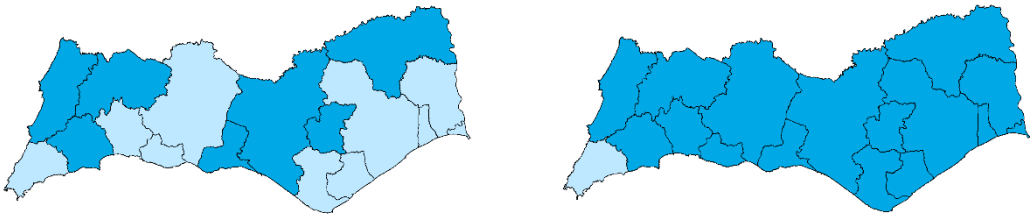

Figura 14 Distribuição geográfica por município, da presença das espécies *Anopheles atroparvus* (esquerda), e *Cullex pippiens* (direita), 2011-2015. Fonte: INSA (2018)

Não obstante a presença destes vetores, os casos de infeção humana têm sido pouco frequentes, tendo o mais recente ocorrido na primeira semana de setembro de 2015. Assim, foi confirmado e reportado ao INSA um caso de infeção pelo WNV num homem com cerca de 70 anos e com sintomas de doença neuroinvasiva. Habitante da uma área rural em Almancil, município de Loulé, tinha contacto frequente com animais (equídeos, galináceos, suínos) e não tinha viajado no ano anterior ao aparecimento dos sintomas (febres altas, dor de cabeça, erupção cutânea, retenção urinária, alteração de estados de consciência e prostração) que o tinham levado à urgência do hospital de Faro em julho desse ano (Zé-Zé et al., 2015).

As carraças são vetores que têm gerado bastante preocupação de Saúde Pública em Portugal. Tal como nos mosquitos, as alterações climáticas influenciam não só a sua atividade, abundância e capacidade de transmissão de doenças, mas também o grau de exposição humana. O ciclo de vida de todas as espécies de carraças é muito semelhante, e, para passar à fase evolutiva seguinte, têm de ingerir uma quantidade mínima de sangue, num contacto prolongado com o hospedeiro, sendo assim bons vetores de agentes patogénicos. Em 2015, foram removidas de humanos 391 carraças, um aumento de 12% em relação ao ano anterior. As espécies de carraças mais abundantes (*Rhipicephalus sanguineus* e *Ixodes ricinus*) são vetores dos agentes bacterianos da febre escaro-nodular e da doença de Lyme, respetivamente. No Algarve, o vetor transmissor da doença de Lyme apenas foi identificado, no período 2011-2015, nos municípios de Aljezur, Lagoa e Tavira.

Neste contexto, torna-se necessária uma avaliação das vulnerabilidades atuais e em cenários de alterações climáticas, para a Saúde da população da região do Algarve, no que respeita a doenças transmitidas por vetores.

No que respeita às vulnerabilidades atuais, a presença neste território, do vetor *Cullex Pipiens*, associada à deteção recente, acima indicada, de um caso de Febre do Nilo Ocidental, motivou a

opção por avaliar a vulnerabilidade a esta doença. A ocorrência, em 2012-2013, de um surto de Febre de Dengue (doença causada pelo vírus do mesmo nome) de importante magnitude (cerca de 1080 casos) em território nacional, mais especificamente na ilha da Madeira, transmitida pelo mosquito *Aedes aegypti* (Nunes et al., 2014), motivou de igual forma a opção por avaliar a vulnerabilidade a esta doença.

Para tal, foi adotada, para ambas as doenças, uma metodologia baseada na coincidência dos limiares de temperatura média favoráveis à presença do vetor, incubação do agente no vetor e transmissão ao Homem, conforme proposto por Casimiro et al. (2006).

No que respeita às vulnerabilidades futuras, esta metodologia, em associação ao método delta (Hay et al., 2000), permitiu também a obtenção de projeções das variações percentuais do número de dias favoráveis à ocorrência destas doenças, em função de cenários de alterações climáticas, para os municípios da região do Algarve. Este exercício foi realizado para os períodos 2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100, nos cenários RCP4.5 e RCP8.5.

2.1.3 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

A exposição à poluição atmosférica deve ser encarada como um dos vários fatores de risco que contribuem para o desenvolvimento de doenças crónicas e, no limite, para a morte. Este tipo de poluição define-se como um conjunto de gases - Ozono (O_3), Dióxido de Azoto (NO_2), Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Enxofre (SO_2), Partículas, e Agentes Aerobiológicos (Pólenes e Esporos de Fungos), em suspensão, onde cada um destes constituintes pode ser responsável por um efeito específico na saúde humana (Kovats e Europe, 2000; Malmqvist et al., 2018; Patz et al., 2000).

O O_3 e o NO_2 são gases poluentes, sendo o primeiro resultante da fotólise do segundo. O NO_2 resultada principalmente de emissões de óxido nítrico. O NO_2 tem pouca duração na atmosfera (1 dia), mas pode conservar-se durante vários meses se transportado para a parte superior, mais fria, da troposfera, até que a subsidência para ar mais quente o transporte de novo para áreas mais próximas da superfície. O O_3 pode durar cerca de 1 mês na troposfera, tendo assim a durabilidade suficiente para ser transportado a longa distância. As partículas (PM) correspondem a numerosas espécies de aerossóis, sólidos ou líquidos, de diferentes tamanhos, mas em suspensão no ar. De acordo com o seu calibre, designam-se geralmente PM_{10} ($\leqslant$ 10 μm) ou $PM_{2.5}$ ($\leqslant$ 2.5 μm). A sua permanência em suspensão é variável, entre 1 a 2 semanas, tempo suficiente para o transporte horizontal na atmosfera a longa distância (Casanova et al., 2004).

No que respeita aos Pólenes, vários estudos indicam que a urbanização, elevados níveis de emissões de veículos e os estilos de vida ocidentais, encontram-se associados ao aumento da frequência de alergias respiratórias induzidas por estes agentes aerobiológicos. As pessoas que vivem em áreas urbanas são geralmente mais afetadas por este tipo de alergias respiratórias do que as pessoas que vivem em áreas rurais. Nas cidades Mediterrânicas é frequente a presença de poluentes atmosféricos como o dióxido de azoto (NO_2), partículas (PM_{10}) e ozono. Estes poluentes possuem efeito sinergístico de alergia respiratória com os pólenes (Casimiro et al., 2010).

No que respeita a Esporos de Fungos, as suas concentrações estão associadas à decomposição de material orgânico. Normalmente, os níveis mais elevados são observados no Outono, devido à decomposição das folhas das plantas que constituem um bom substrato para o crescimento de esporos de fungos. O impacto dos esporos fúngicos na saúde humana depende do tipo de esporos. Algumas espécies, como o *Ganoderma* não causam qualquer efeito, mas a maioria das espécies têm um potencial alérgico.

Um dos esporos mais alergénico é do género *Alternaria*, onde os sintomas alérgicos são visíveis com níveis acima 100 grãos/m^3. Este esporo é um fator de risco conhecido para o desencadeamento de asma em crianças e adultos. É também muito frequente no sul da Europa. Estudos realizados em Itália indicam que os níveis de *Alternaria* em 2003 (ano de onda de calor na Europa) aumentaram 200% em relação à média de 1993-2004. Este estudo concluiu que os dias mais quentes e com menos precipitação favorecem bastante o crescimento de *Alternaria*. Outros esporos, como os de *Aspergillaceace* podem levar ao desenvolvimento de cancro (Casimiro et al., 2010).

As PM, o NO_2 e o O_3 são os principais componentes da poluição do ar em áreas urbanas, sendo o tráfego automóvel o principal responsável pela libertação destes poluentes (principalmente NO_2), enquanto o SO_2 abunda principalmente em áreas industriais. Um número significativo de estudos confirma os impactos negativos da poluição urbana para a saúde humana, (incluindo nas doenças respiratórias alérgicas), e projeções feitas tendo por base alterações das características climáticas apontam para o aumento da gravidade da situação nas próximas décadas (D'Amato et al., 2013).

Numa recomendação elaborada por peritos da OMS no âmbito da política de qualidade do ar na União Europeia, foram discriminados, por agente poluente, os efeitos na saúde humana, em exposições de curta e longa duração, para guiar intervenções de resposta às concentrações dos principais agentes de poluição atmosférica. Assim, em exposições de longa duração (medições médias anuais) às $PM_{2.5}$, registou-se a ocorrência de mortalidade devido a doenças cardiovasculares (cerebrovasculares e doença isquémica do coração), doença pulmonar crónica obstrutiva, cancro da traqueia, brônquios e pulmão, em indivíduos com 30 ou mais anos. No caso das PM_{10}, as consequências verificam-se na mortalidade pós-neonatal, na prevalência de bronquite em crianças (6-12 anos), e na incidência de bronquite crónica em adultos. Em exposições de curta duração (medições correspondentes a um dia ou até 2 semanas), para ambos os tipos de partículas, os impactos registam-se ao nível dos dias de trabalho perdido, das admissões hospitalares e das manifestações de sintomas de asma em crianças asmáticas (WHO, 2013).

Outros problemas de saúde podem afetar crianças expostas a estas partículas, quer de curta, quer de longa duração, no seu desenvolvimento neurológico, no seu desempenho ao nível das funções cognitivas, e no aparecimento da diabetes (Casanova et al., 2004).

O ozono (O_3) tem impacto na mortalidade e em doenças respiratórias, para exposições de longa duração (no conjunto de meses de verão), e nas exposições de curta duração (máximo de 8 horas) influencia a mortalidade em todas as idades, as doenças cardiorrespiratórias e cerebrovasculares (com exclusão de ataques cardíacos), as admissões hospitalares de indivíduos com mais de 65 anos.

A exposição a níveis elevados de NO_2 aumenta a probabilidade de problemas respiratórios, pois inflama o revestimento dos pulmões, podendo reduzir a imunidade a infeções pulmonares. Esta exposição tem impactos mais significativos em crianças com asma (causando ataques mais frequentes e mais intensos) e também em idosos com doenças cardíacas.

No que respeita ao peso para a Saúde Pública, em todo o Mundo e para o ano de 2012, em diversas idades e por variados motivos, 7 milhões de óbitos foram associados à poluição do ar, concluindo que a existência de poluentes atmosféricos é um significativo risco ambiental para a saúde humana. Há múltiplas evidências para uma escalada das doenças cardiorrespiratórias, que as relaciona com fatores ambientais, de entre os quais, a qualidade do ar, estabelecendo-se mesmo uma associação entre baixos níveis de poluentes na atmosfera e aumento destas doenças. Acresce que as $PM_{2.5}$ se posicionam em 13º lugar no *ranking* de causas de morte a nível mundial, contribuindo para aproximadamente 2 milhões de mortes prematuras por ano, consequência, na maior parte, de doenças cardiovasculares, mas também de doença pulmonar obstrutiva crónica e, com menos relevância, de cancro do pulmão. Estes autores estimam também que a exposição a $PM_{2.5}$ provoque maior incidência de mortalidade quanto comparado com a admissão hospitalar pela mesma razão, ao contrário dos restantes poluentes atmosféricos (gases e PM_{10}), onde as admissões hospitalares superam o número de óbitos. Estes autores concluem também que crianças com menos de 5 anos de idade registam maior número de admissões hospitalares em situação de exposição a qualquer poluente; uma forte associação entre as doenças do foro respiratório e a exposição ao ozono e PM_{10}; um maior risco de mortalidade no grupo etário de 65 e mais anos quando expostos a PM_{10}, enquanto o O_3 é o maior risco para crianças com menos de 5 anos; que as PM_{10} potenciam riscos maiores para o desenvolvimento de doenças respiratórias, enquanto o SO_2 é mais responsável por riscos cardiovasculares (WHO, 2013).

Outros autores referem também para um aumento em 10 $\mu g/m^3$ das PM_{10} está associado a um aumento da mortalidade por doença pulmonar obstrutiva, seja na China, EUA ou na União Europeia. No que respeita as $PM_{2.5}$, um aumento em 10 $\mu g/m^3$ relaciona-se com um aumento da mortalidade por doenças cardiorrespiratórias; Finalmente, ataques cardíacos associam-se ao aumento de quase todos os poluentes atmosféricos, exceto para o O_3.

Com o foco de proteção da saúde humana, organizações de saúde e governos têm implementado normas que visam a redução dos níveis de poluição atmosférica, com políticas em setores como os transportes, energia e planeamento urbano. Entre 2011 e 2016, a OMS recolheu dados de 3000 cidades do Mundo, concluindo que em metade dos países mais desenvolvidos e $^1/_3$ dos em vias de desenvolvidos reduziram a poluição atmosférica em mais de 5%, com a prioridade dada a combustíveis de menor emissão de poluentes, o recurso a energias renováveis e uma gestão do uso do solo (Requia et al., 2018).

A concentração a curto (1 dia) ou a longo prazo (1 ano), e consequentemente a duração da exposição a estes poluentes, depende de um conjunto de processos (emissão, transporte, transformação e deposição), cada um determinado, direta ou indiretamente, por condições meteorológicas e climáticas. Desta forma, as temperaturas elevadas aumentam as reações químicas, originando maior produção e emissão de O_3 e permitindo a oxidação do SO_2 (Casanova

et al., 2004). A forte radiação solar e vento fraco potenciam também a formação de O_3 troposférico (Nogueira e Mesquita, 2017).

A persistência de temperaturas elevadas pode conduzir a uma redução da humidade do solo e a eclosão de incêndios que contribuem para as emissões de poluentes atmosféricos. Indiretamente, as elevadas temperaturas farão aumentar o consumo energético, aumentando as emissões antropogénicas.

A frequência e quantidade da precipitação tem também impacto nos processos de deposição que retiram da atmosfera os componentes poluentes. Também a humidade influencia a qualidade do ar, uma vez que níveis elevados de vapor de água na atmosfera aumentam, por um lado, as taxas de destruição do O_3, e alteram, por outro, as propriedades de aerossóis. A produção de O_3 é igualmente afetada pela nebulosidade que determina a quantidade de radiação solar, a realização da fotólise e, consequentemente, a concentração deste e do NO_2. A velocidade e direção do vento, a altura da camada limite atmosférica e os movimentos verticais do ar determinam o grau de dispersão, deposição ou estagnação de poluentes. Se o vento tem potencialidade de ventilação, o aumento da sua velocidade tem também efeitos no aumento de partículas em suspensão, bem como o transporte a longas distâncias. A localização dos sistemas de altas e baixas pressões podem também influenciar os eixos de transporte destes elementos na atmosfera (Casanova et al., 2004).

Pelo facto de a onda de calor de 2003 ter revelado altos níveis de concentração de O_3 no continente europeu, vários estudos têm analisado alterações dos níveis de poluentes atmosféricos aquando da ocorrência deste fenómeno extremo, destacando o facto da persistência de sistemas de alta pressão reter a poluição atmosférica ao provocar a subsidência deste gás até ao solo. Outros fatores contribuíram para aumentar os níveis de exposição a este gás na Europa Ocidental, como os fogos na Península Ibérica e níveis superiores de isopreno biogénico (transpiração das plantas). Os fogos florestais também desencadeiam maiores concentrações de $PM_{2.5}$ ao nível do solo. As alterações climáticas podem, só por si, causar impactos nos níveis de qualidade do ar na atmosfera, na medida em que as mudanças nas condições meteorológicas induzirão mudanças no transporte, dispersão e transformação de poluentes atmosféricos (Carvalho et al., 2010).

Sendo assim, a avaliação da vulnerabilidade da saúde da população às alterações na qualidade do ar (no que respeita ao potencial aumento da poluição atmosférica, mas também da presença de agentes alergénicos) torna-se necessária, no contexto dos cenários de alterações climáticas projetadas.

2.2 VARIÁVEIS E PARÂMETROS CLIMÁTICOS RELEVANTES PARA O SETOR

2.2.1 TEMPERATURAS ELEVADAS

Para a concretização das análises efetuadas, recorreu-se aos seguintes conjuntos de dados:

- Temperatura máxima diária observada, obtida a partir do projeto europeu E-OBS (ECA&D, 2018). Para cálculo da contagem de dias quentes (dias com temperatura máxima acima de 30ºC) entre os anos de 1991 e 2003 (inclusive), nos meses de abril a outubro (inclusive), ao nível dos municípios do Algarve;
- Temperatura máxima diária modelada (*ensemble* de nove modelos), obtida a partir do projeto europeu EURO-CORDEX (EURO-CORDEX, 2018). Para cálculo, ao nível dos municípios do Algarve, da contagem de dias quentes (modelada) entre 1971 e 2000, nos meses de abril a outubro (inclusive), e das contagens de dias quentes projetadas em cenários de alterações climáticas, nomeadamente para os períodos de 2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100, nos cenários RCP4.5 e RCP8.5.
- Percentagem da população com 65 ou mais anos nos municípios de Portugal Continental, no ano de 1997. Obtida do Instituto Nacional de Estatística (INE);
- Percentagem de poder de compra *per capita* nos municípios de Portugal Continental, no ano de 1997. Obtida do Instituto Nacional de Estatística (INE);
- Percentagem de área urbana no território municipal. Calculada a partir da Tipologia de Áreas Urbanas (TIPAU), versão de 1998. Esta tipologia classifica as freguesias em três classes, nomeadamente áreas predominantemente urbanas, medianamente urbanas e rurais. Para efeitos do cálculo da variável, consideraram-se como freguesias urbanas as áreas predominantemente urbanas e medianamente urbanas. Dados obtidos do Instituto Nacional de Estatística (INE);
- População residente nos municípios de Portugal Continental em 1997. Obtida do Instituto Nacional de Estatística (INE);
- Número de óbitos por município por causas não acidentais (CID-10: A00-R99) (WHO, 2018), ocorridos entre os meses de abril e outubro (inclusive) nos anos entre 1991 e 2003, inclusive. Dados gentilmente cedidos pela Direcção-Geral da Saúde (DGS).

2.2.2 DOENÇAS TRANSMITIDAS POR VETORES

Para a concretização da análise efetuada, recorreu-se ao seguinte conjunto de dados:

- Temperatura média diária observada - obtida a partir do projeto europeu E-OBS (ECA&D, 2018). Para cálculo das contagens mensais observadas de dias com temperaturas favoráveis às doenças em estudo, ao nível dos municípios do Algarve, entre os anos de 1971 e 2000;
- Temperatura média diária modelada (*ensemble* de nove modelos) - obtida a partir do projeto europeu EURO-CORDEX (EURO-CORDEX, 2018). Para cálculo, ao nível dos municípios do Algarve, das contagens mensais modeladas de dias com temperaturas favoráveis às doenças em estudo entre os anos de 1971 e 2000, e das contagens mensais projetadas de dias com temperaturas favoráveis em cenários de alterações climáticas, nomeadamente para os períodos 2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100, nos cenários RCP4.5 e RCP8.5.

2.2.3 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

Para a concretização das análises efetuadas, recorreu-se aos seguintes dados:

- Concentrações de dióxido de azoto (NO_2), recolhidas em 4 estações da rede QualAr, localizadas na região do Algarve entre 2010 e 2017, e expressas em µg/m^3 (APA, 2014);
- Concentrações de ozono (O_3), recolhidas em 3 estações da rede QualAr, localizadas na região do Algarve entre 2010 e 2017, e expressas em µg/m^3 (APA, 2014);
- Concentração de Dióxido de Enxofre (SO_2), recolhidas em 3 estações da rede QualAr, localizadas na região do Algarve entre 2010 e 2017, e expressas em µg/m^3 (APA, 2014);
- Concentração de partículas $PM_{2.5}$, recolhidas em 2 estações da rede QualAr, localizadas na região do Algarve entre 2010 e 2017, e expressas em µg/m^3 (APA, 2014);
- Concentração de partículas PM_{10}, recolhidas em 4 estações da rede QualAr, localizadas na região do Algarve entre 2010 e 2017, e expressas em µg/m^3 (APA, 2014).
- Concentrações de Pólenes e Esporos de Fungos, referidas nos estudos disponíveis, e expressas em µg/m^3.

2.3 AVALIAÇÃO DAS VULNERABILIDADES E MODELAÇÃO DE IMPACTOS

2.3.1 TEMPERATURAS ELEVADAS

O processo de modelação estatística, levado a cabo para aferir a contribuição das temperaturas elevadas e dos determinantes socioambientais para a mortalidade, obedece ao quadro conceptual de investigação geralmente utilizado em Epidemiologia Espacial (Figura 15). Esta metodologia tem como objetivo proceder à descrição e análise das variações geográficas na doença, face a fatores de risco demográficos, ambientais, comportamentais, socioeconómicos, genéticos e infeciosos.

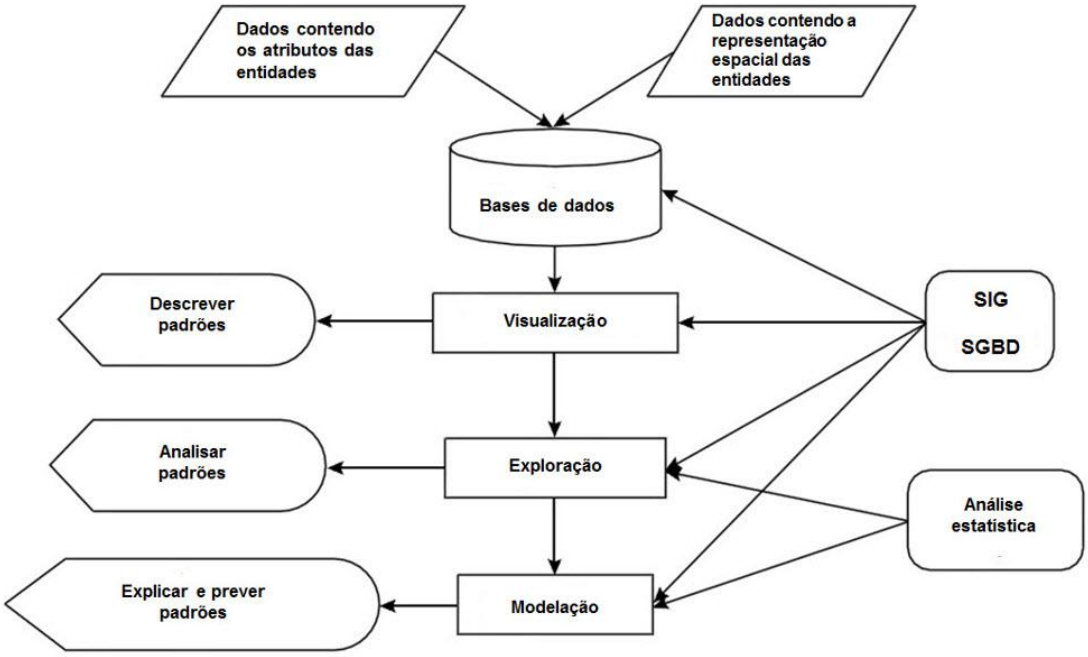

Figura 15 Quadro conceptual da análise espacial de dados epidemiológicos. Fonte: Adaptado de Pfeiffer et al. (2008)

Desta forma, a análise epidemiológica espacial tem como objetivos descrever padrões espaciais, identificar *clusters* de doença e explicar ou prever o risco de doença. Nada disto seria possível sem a disponibilidade de dados, sendo neste caso necessário ter acesso a uma base de dados capaz de combinar dados convencionais, contendo os atributos da(s) entidade(s) em estudo, com dados georreferenciados e com a representação espacial das entidades, seja qual for o modelo do espaço e o tipo de representação adotado para as entidades. As tarefas de gestão e análise de dados (espaciais ou não) são efetuadas por Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e Sistemas de Gestão de Bases de Dados (SGBD) e exigem geralmente ao epidemiologista o conhecimento de uma variedade de conceitos de base, cuja relevância para a questão analítica de partida pode não ser imediatamente aparente. A resposta à questão de partida desdobra-se geralmente em objetivos analíticos específicos, os quais levam por sua vez a três tipos de métodos analíticos,

nomeadamente a visualização, a exploração e a modelação. Os dois primeiros tipos envolvem o uso de técnicas que se focam apenas em examinar a dimensão espacial dos dados. Neste ponto, o método utilizado com mais frequência é a análise visual, a qual implica a preparação de mapas ilustrativos dos padrões espaciais dos fenómenos em estudo, e cuja observação permite não apenas estimular a realização de análises mais complexas, mas também comunicar os resultados dessas mesmas análises. No que diz respeito à exploração, esta implica já o recurso a métodos estatísticos, no sentido de se percecionar se os padrões espaciais observados são ou não aleatórios. Finalmente, a modelação prende-se com a investigação de relações de causa-efeito, utilizando-se tanto dados espaciais como não-espaciais, com o intuito de explicar ou prever padrões espaciais (Oliveira, 2015).

Assim, após a sua produção, todas as variáveis foram, num primeiro passo, visualizadas com recurso a mapas coropletos (Pfeiffer et al., 2008) em ambiente *ESRI ArcMap* (ESRI, 2018), no sentido de ilustrar a sua distribuição espacial nos municípios do Algarve. Para além das variáveis já indicadas, foi também calculada e mapeada a taxa bruta de mortalidade municipal por causas não acidentais (códigos CID-10: A00-R99) (WHO, 2018), entre os meses de abril e outubro do período entre 1991 e 2003, por 1000 habitantes, no sentido de se obter uma variável dependente de partida que incorpore o peso da população residente na mortalidade.

Num segundo passo, recorreu-se a uma análise univariada, onde foram produzidos diagramas de dispersão para a relação entre a taxa de mortalidade e cada uma das variáveis explicativas. Simultaneamente, foram ajustadas retas de regressão linear a cada uma destas relações, permitindo a obtenção de uma noção de partida da força de associação entre a taxa de mortalidade e as variáveis explicativas, traduzida pelos respetivos coeficientes de correlação e significância das associações estatísticas, tendo, esta análise, sido efetuada em ambiente *Geoda* (CSDS, 2015). Por uma questão de obtenção de poder estatístico (no sentido de se dispor de séries de valores de maior dimensão), esta e as seguintes análises foram efetuadas com a incorporação de valores para todos os municípios de Portugal Continental, embora os resultados sejam apresentados para os municípios do Algarve.

Neste passo, foi também avaliada a presença de várias situações potencialmente comprometedoras para as fases seguintes de análise. Neste sentido, ocorrência de situações de multicolinearidade entre as distribuições de valores das variáveis pode tornar necessária a exclusão de variáveis da análise, caso seja ultrapassado um determinado limiar de correlação entre pares de variáveis. Caso surgisse esta situação, a opção seria excluir uma das variáveis que apresentem entre si um valor de correlação linear de *Pearson* > 0,6 (Weisent et al., 2012).

Também a presença de autocorrelação espacial nas variáveis sinaliza a necessidade de se recorrer a técnicas de modelação capazes de controlar este efeito. Este fenómeno constitui um efeito espacial, na medida em que decorre diretamente da expressão geográfica dos fenómenos. Assim, entre os efeitos a ter em conta encontram-se a autocorrelação espacial e a dependência espacial.

A dependência espacial diz respeito ao relacionamento entre dados espacialmente referenciados, situação que pode ter várias origens, tais como a natureza da ou das variáveis em estudo e o tamanho, forma e configuração das unidades espaciais. Assim, quanto mais pequenas estas

unidades forem, maior será a probabilidade de unidades próximas serem espacialmente dependentes, e as unidades espaciais que apresentam uma configuração longa e estreita têm maior probabilidade de relações de dependência espacial com unidades próximas do que aquelas que apresentam formas mais compactas. Por outras palavras, a dependência espacial assume como princípio base que os valores dos atributos medidos em localizações próximas entre si apresentam mais similaridade do que aqueles medidos em localizações mais distantes.

Quanto à autocorrelação espacial, constitui a forma de medir a dependência espacial. Uma variável pode designar-se autocorrelacionada quando apresenta um padrão sistemático na sua distribuição espacial. A presença e força desta interdependência entre os valores de uma determinada variável, tendo em conta a localização, pode ser quantificada como autocorrelação positiva, inexistente (zero) ou negativa. A presença de autocorrelação espacial positiva indica que valores semelhantes terão tendência para se agregarem, enquanto no caso da autocorrelação espacial negativa serão os valores dissemelhantes que vão apresentar tendência para a agregação. Na maior parte dos estudos, o enfoque é colocado na autocorrelação espacial positiva. Os dados podem também exibir um padrão espacial aleatório, o qual é indicado por um valor de autocorrelação igual a zero, situação em que os dados (ou seja, os valores dos atributos) não variam em função da sua localização espacial, sinalizando a presença de dados aleatórios, independentes entre si e identicamente distribuídos. Em suma, a presença de autocorrelação espacial estatisticamente significativa pode comprometer alguns dos pressupostos típicos dos modelos tradicionais de regressão estatística, tais como a independência das observações, levando assim à necessidade de considerar a adoção de técnicas de modelação capazes de acomodar este efeito (Oliveira, 2015). Por conseguinte, para avaliar a presença, tipo, magnitude e grau de significância estatística deste efeito, recorreu-se ao cálculo do Índice *I de Moran* (Pfeiffer et al., 2008) para todas as variáveis explicativas, em ambiente Geoda.

Num terceiro passo realizou-se um processo de modelação estatística multivariada entre a mortalidade (representada, neste caso pela contagem do número de óbitos), e o número de dias quentes (com temperatura máxima superior a 30°C) e restantes variáveis socioambientais. Nesta fase, recorreu-se ao método de Regressão Geograficamente Ponderada (*GWR - Geographically Weighted Regression*). Este método consiste numa técnica local de estatística espacial particularmente apropriada à análise da não-estacionaridade espacial, entendida como a situação na qual as medições das associações entre variáveis alteram entre localizações (Fotheringham et al., 2002). Assim, ao contrário da regressão convencional, que produz uma única equação de regressão que sumariza as relações globais entre variáveis explicativas e dependentes, esta técnica gera dados espaciais que expressam a variação espacial dos relacionamentos entre variáveis. Desta forma, os mapas gerados a partir destes dados assumem um papel central na exploração e interpretação da não-estacionaridade espacial.

Em termos de procedimento, o modelo GWR, em vez de calibrar uma única equação de regressão (por exemplo como o modelo de regressão linear convencional), gera uma regressão em separado para cada observação (Oliveira et al., 2015). Desta forma, cada equação é calibrada através de um conjunto distinto de ponderações, obtidas a partir de observações do mesmo conjunto de dados. Assim, a equação GWR obedece à seguinte formulação geral:

$$\hat{y}_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_k \beta_k(u_i, v_i) x_{ik} + \varepsilon_i$$

Na qual o $\hat{y}_i$ estimado representa o valor estimado para a variável independente na observação i, β_0 representa o termo de interceção e β_k o parâmetro estimado para a variável K, X_{ik} é o valor na observação i da última variável K, ε_i representa o termo de erro. A diferença para a equação de regressão linear reside, realmente, em (u_i, v_i), que regista as coordenadas de localização da observação i. O registo da localização de cada observação é o ponto de partida para o pressuposto fundamental nesta técnica, em que cada observação mais próxima de uma outra tem uma maior influência nas estimativas dos parâmetros dessa outra que as observações mais distantes. O peso atribuído a cada observação baseia-se numa função de diminuição da distância centrada na observação i, correspondendo esta função a um *kernel* espacial, tal como ilustrado graficamente na Figura 16. O termo *kernel* refere-se a uma função de padronização da ponderação (ou peso), nomeadamente uma função de ponderação que vai considerar h = 1. Este termo determina assim a forma da função de ponderação, sendo o parâmetro h denominado largura de banda ou, em alternativa, constante de suavização. No caso específico dos dados que representam áreas, a distância entre observações corresponde à distância entre os centroides dos polígonos que representam essas áreas. Quanto à função de diminuição da distância, esta pode assumir uma variedade de formas, sendo modificada para incluir uma regulação da largura de banda (*bandwidth*) correspondente à distância a que o peso rapidamente se aproximará de zero.

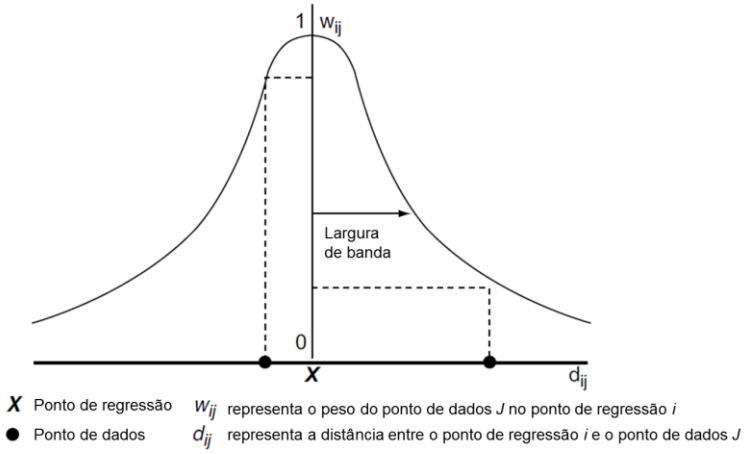

Figura 16 Mecanismo de um kernel espacial. Fonte: Adaptado de Fotheringham et al. (2002)

Tal como ilustrado na Figura 16, a largura de banda constitui a medida que controla o ritmo de diminuição do peso em função da distância (*distance-decay weigthing function*), indicando a intensidade da suavização dos resultados locais de calibração. Desta forma, *kernels* espaciais com uma largura de banda mais pequena darão origem a uma diminuição mais abrupta do peso em

função da distância, produzindo superfícies mais grosseiras do que quando são empregues larguras de banda maiores. Por exemplo, num *kernel* gaussiano, a função de ponderação corresponde à seguinte formulação:

$$w_{ij} = \exp\left[-\tfrac{1}{2}(d_{ij}/b)^2\right]$$

Na qual *b* representa a largura de banda, W_{ij} diz respeito à ponderação e D_{ij} corresponde à distância entre as observações i e j.

A largura de banda, por sua vez, pode ser escolhida manualmente pelo operador ou otimizada através de uma variedade de algoritmos, sendo muito frequente o recurso à minimização do valor do Critério de Informação de *Akaike* (AIC), método que apresenta a vantagem de tomar em conta que os graus de liberdade podem variar entre modelos centrados em diferentes observações. O operador pode ainda escolher uma largura de banda fixa que é usada para cada observação ou uma largura de banda variável que se expande em áreas em que as observações se encontram menos concentradas e encolhe em áreas de maior densidade de observações. A Figura 17 ilustra graficamente aplicações de GWR com o ajustamento de um *kernel* espacial aos dados, utilizando uma largura de banda fixa (Figura 17a) ou adaptativa (Figura 17b). Porque a regressão é calibrada independentemente para cada observação, torna-se possível obter uma estimativa separada dos seus parâmetros, bem como um valor de *t,* e da qualidade do ajuste para cada observação. Desta forma, estes valores podem ser mapeados, permitindo ao analista interpretar visualmente a distribuição espacial da natureza e da força dos relacionamentos entre variáveis explicativas e dependentes. É importante referir que a GWR pode obedecer a vários modelos probabilísticos. Por exemplo, a versão mais recente da aplicação dedicada GWR (Maynooth University, 2018) permite, consoante a natureza dos dados, adotar como modelo as distribuições de Poisson, Gaussiana ou Logística (Oliveira, 2015).

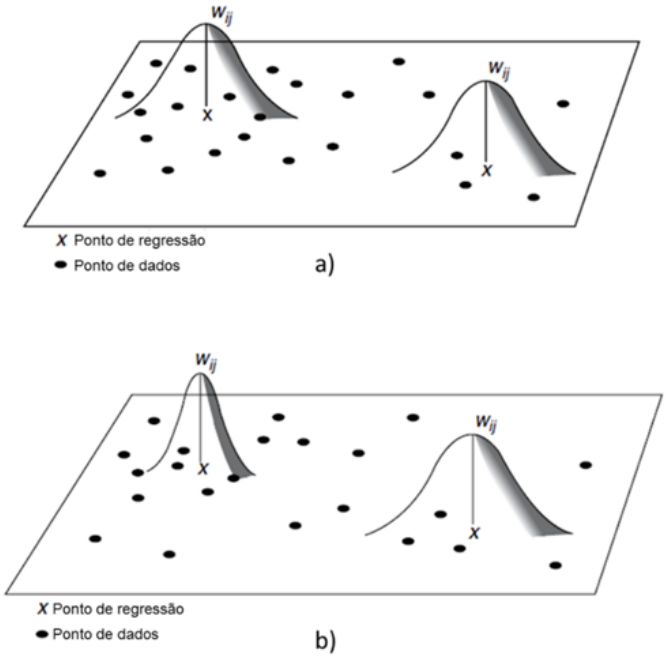

Figura 17 Kernels espaciais com larguras de banda fixa (a) e adaptativa (b). Fonte: Adaptado de Fotheringham et al. (2002)

No presente estudo optou-se, para a modelação da vulnerabilidade atual nos municípios do Algarve, por calibrar o modelo GWR recorrendo à distribuição de Poisson, mais apropriada para dados de contagem, e foi introduzido um fator de ponderação (*offset*), correspondente à estimativa da população municipal. Para a regulação da largura de banda, recorreu-se ao critério de *Akaike* corrigido para pequenas amostras (AICc), e a um *kernel* adaptativo gaussiano, dada a configuração espacialmente irregular das posições dos centros geométricos dos municípios. Por último, os valores dos coeficientes locais de regressão foram cartografados em ambiente *ESRI ArcMap*, obtendo-se desta forma a ilustração da variação da associação entre dias quentes e mortalidade por causas não acidentais nos municípios do Algarve. Todos os procedimentos relativos à implementação da GWR foram realizados em ambiente de *software* GWR4 (Maynooth University, 2018).

No que respeita à modelação da vulnerabilidade futura, recorreu-se aos modelos locais (municipais) de regressão de Poisson previamente obtidos para o período 1991-2003, para simular a variação dos óbitos por causas não acidentais em cenários de alterações climáticas, assumindo-se aqui o período 1991-2003 como representativo do período 1971-2000.

Para tal, começou-se por utilizar o método delta (Hay et al., 2000), para calcular as anomalias no número de "dias quentes" para cada combinação período/cenário acima referida, face ao período histórico (modelado) de 1971-2000. Para compatibilidade numérica com o período de 13 anos usado no desenvolvimento do modelo estatístico, estas contagens de dias foram reduzidas a um período genérico de 13 anos, assumido como representativo de qualquer sequência de 13 anos ocorrida nos períodos de 30 anos sujeitos a modelação.

As anomalias de "dias quentes" foram então convertidas em anomalias de contagens de óbitos através dos modelos de regressão locais (mantendo constantes os restantes parâmetros), as quais foram por sua vez aplicadas às contagens de óbitos por causas não acidentais entre 1991 e 2003, tornando-se assim possível projetar variações percentuais de mortalidade para cada cenário/período considerado, ao nível municipal.

2.3.2 DOENÇAS TRANSMITIDAS POR VETORES

No que respeita à modelação dos impactos atuais da Febre do Nilo Ocidental e da Febre de Dengue, esta foi efetuada, de acordo com o método desenvolvido por Casimiro et al. (2006).

Para a Febre do Nilo Ocidental, foram determinados os dias de coincidência de limiares de temperatura média favoráveis à presença/densidade do vetor (de 20ºC a 30ºC), incubação do agente patogénico no vetor/replicação do vírus (de 22ºC a 30ºC) e transmissão ao Homem/contacto entre vetor e ser humano (de 15ºC a 28ºC), ao nível municipal. Dada a proximidade dos dois primeiros limiares, estes foram sintetizados no intervalo 20°C a 30°C. De seguida, foi efetuada a contagem de dias por mês com a temperatura média dentro nos limiares referidos, nos anos 1971-2000 (inclusive), que constituem o período de referência, utilizado aqui para *baseline*. Por último, foi calculada a percentagem destes dias por mês, durante o período de referência, e este indicador foi utilizado para avaliar o impacto potencial desta doença, em cada mês, para a situação atual, tendo sido calculado para os municípios da região do Algarve.

Para a Febre de Dengue, a metodologia seguida para cálculo da vulnerabilidade ao nível municipal foi em tudo semelhante ao caso anterior, exceto nos limiares de temperatura adotados. Assim, foram determinados os dias de coincidência de limiares de temperatura média favoráveis à presença/densidade do vetor (de 20ºC a 30ºC), incubação do agente patogénico no vetor/replicação do vírus (de 22ºC a 35ºC) e transmissão ao Homem/contacto entre vetor e ser humano (de 15ºC a 36ºC).

No que respeita à modelação das vulnerabilidades em cenários de alterações climáticas, da Febre do Nilo Ocidental e da Febre de Dengue, recorreu-se previamente ao método delta (Hay et al., 2000), para calcular as anomalias no número de dias com temperaturas favoráveis ao desenvolvimento destas doenças para cada combinação período/cenário, face ao período histórico modelado (1971–2000), nomeadamente para os períodos de 2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100, nos cenários RCP4.5 e RCP8.5.

As anomalias de dias favoráveis foram, por último, aplicadas às contagens mensais de dias favoráveis observados no período histórico 1971-2000, tornando assim possível a obtenção de projeções das variações percentuais de dias favoráveis a cada doença, em função de cada cenário/período considerado, ao nível municipal.

2.3.3 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

A metodologia aqui adotada baseou-se na revisão de bibliografia referente a esta vulnerabilidade, no que respeita a dados e publicações disponíveis. O seu objetivo principal é indicar o sentido expectável da mudança, de forma a sustentar medidas de adaptação que contribuam para evitar/reduzir impactos negativos, com base, tanto no estado da arte global, como na avaliação do ponto de situação atual no território de Algarve. A insuficiência de dados não permitiu efetuar uma modelação detalhada dos impactos futuros sobre a saúde humana, associados à poluição atmosférica na região do Algarve. Foi, todavia, possível obter, uma avaliação essencial da vulnerabilidade atual e futura para a região do Algarve, através de revisão bibliográfica e dados das concentrações atmosféricas de vários poluentes atmosféricos (NO_2, O_3, $PM_{2.5}$, PM_{10}, SO_2), medidas nas 4 estações da rede QualAr (APA, 2014), localizadas em Portimão, Albufeira, Faro e Alcoutim, e através de revisão das publicações disponíveis, no que respeita a agentes aerobiológicos (pólenes e esporos de fungos).

3.

Vulnerabilidade Atual

3.1 IDENTIFICAÇÃO DE IMPACTOS NÃO CLIMÁTICOS

O impacto da procura turística e o seu potencial aumento, relacionado com o subdimensionamento crónico da capacidade de prestação de cuidados de saúde, em particular no verão, poderá vir a contribuir para o agravamento dos impactos na saúde humana causados pelas elevadas temperaturas com a eclosão de doenças. Bentes et al. (2004) realizaram um estudo comparativo do número de camas de hospital (do Serviço Nacional de Saúde), para o ano de 2000, onde se verifica que a região do Algarve tinha o menor número de camas por 1000 habitantes, e os hospitais tinham poucos recursos e diversidade de serviços. Passados 16 anos, o Algarve viu aumentada a sua disponibilidade em camas de hospital, ultrapassou o Alentejo, mas contínua com valores abaixo do resto do país. O número de profissionais de enfermagem por 1000 habitantes tem aumentado de forma descontínua desde o início do século, mas revela-se sempre aquém dos valores para o resto do país, enquanto no que respeita a profissionais de medicina, o Algarve apenas ultrapassa a região do Alentejo.

O turismo residencial faz elevar os níveis de envelhecimento populacional na região, contribuindo potencialmente para o aumento dos impactos negativos das alterações climáticas na saúde da população ao nível das vulnerabilidades abordadas neste relatório.

O Algarve possui também uma extensa área costeira, com pequenas ilhas, dunas e praias, pântanos e salinas, santuários de aves, para além de atividades económicas ligadas ao mar e ao sal e, significativamente, ao turismo. Este contexto dota esta região de condições favoráveis à existência e desenvolvimento de potenciais transmissores de doenças, pelo que o programa de vigilância de vetores tem monitorizado toda a região desde 2008 (Zé-Zé et al., 2015).

3.2 IDENTIFICAÇÃO DE IMPACTOS CLIMÁTICOS

3.2.1 TEMPERATURAS ELEVADAS

A visualização inicial dos mapas coropletos das variáveis em análise permitiu identificar, antes de mais, as disparidades e padrões existentes na sua distribuição espacial.

Um exemplo particularmente interessante reside no município de Alcoutim, o qual apresenta a contagem mais elevada de dias com a temperatura máxima acima de 30ºC (Figura 18), baixa percentagem de poder de compra *per capita* (Figura 19), alta percentagem de pessoas com 65 ou mais anos na população municipal (Figura 20), reduzida percentagem de área urbana (Figura 21), e a mais elevada taxa bruta de mortalidade por causas não acidentais (Figura 22). Em Alcoutim, a relação de cada um destes determinantes com a mortalidade parece consistente com o estado da arte do conhecimento previamente estabelecido. Por exemplo, a baixa percentagem de área urbana do município é consistente com os estudos que apontam a residência em áreas rurais (em determinados contextos socioeconómicos), como podendo contribuir para o aumento da mortalidade (Chen et al., 2016).

Os restantes municípios apresentam variados graus de semelhança face a este padrão. Por exemplo, Albufeira apresenta um valor intermédio de dias quentes, alto poder de compra *per capita* municipal, baixa percentagem de pessoas com 65 ou mais anos, elevada percentagem de área urbana, e uma taxa bruta de mortalidade por causas não acidentais relativamente reduzida.

No extremo oposto do Algarve, Vila do Bispo apresenta relações um pouco mais difusas entre determinantes e mortalidade, com um número menor de dias quentes, poder de compra *per capita* municipal intermédio, elevada percentagem de pessoas com 65 ou mais anos na população municipal, percentagem de área urbana intermédia, e uma taxa bruta de mortalidade por causas não acidentais também intermédia.

No que respeita à análise estatística univariada, os diagramas de dispersão e as retas de regressão ajustadas, referentes à associação estatística entre a taxa de mortalidade e os vários determinantes para todos os municípios de Portugal Continental (Figura 23) evidenciam que todas as associações são estatisticamente significativas (valores *p-value b <0,05*).

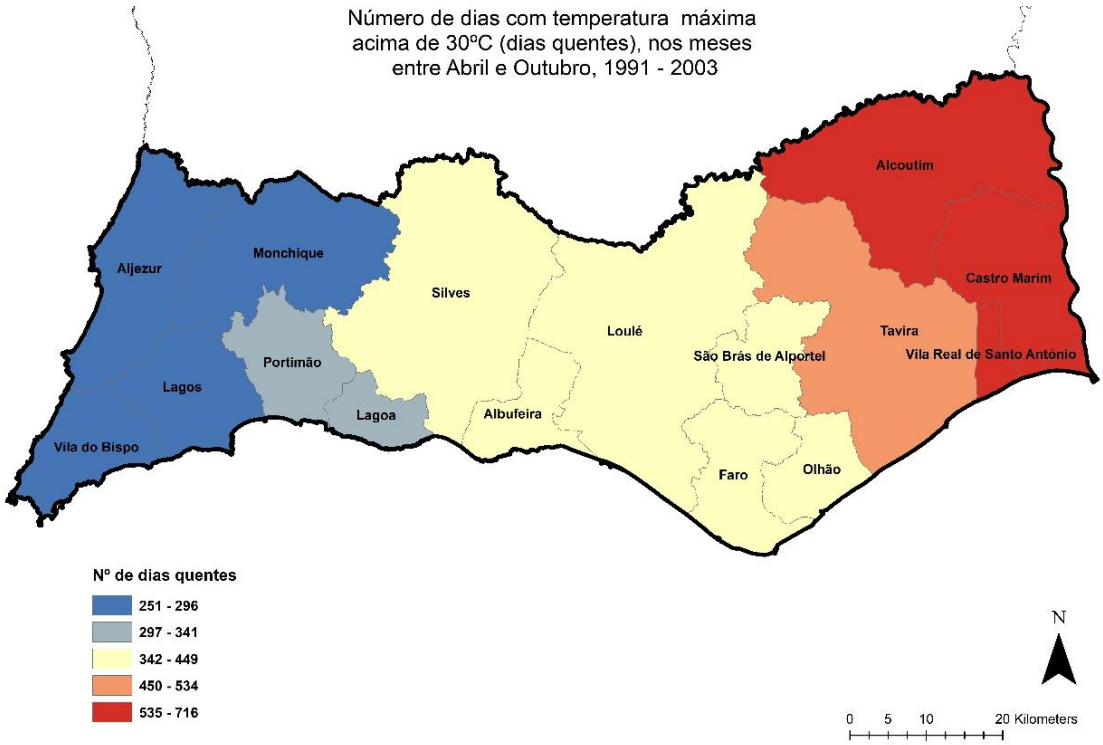

Figura 18 Número de dias com temperatura máxima acima de 30°C, nos meses entre abril e outubro, 1991 – 2003

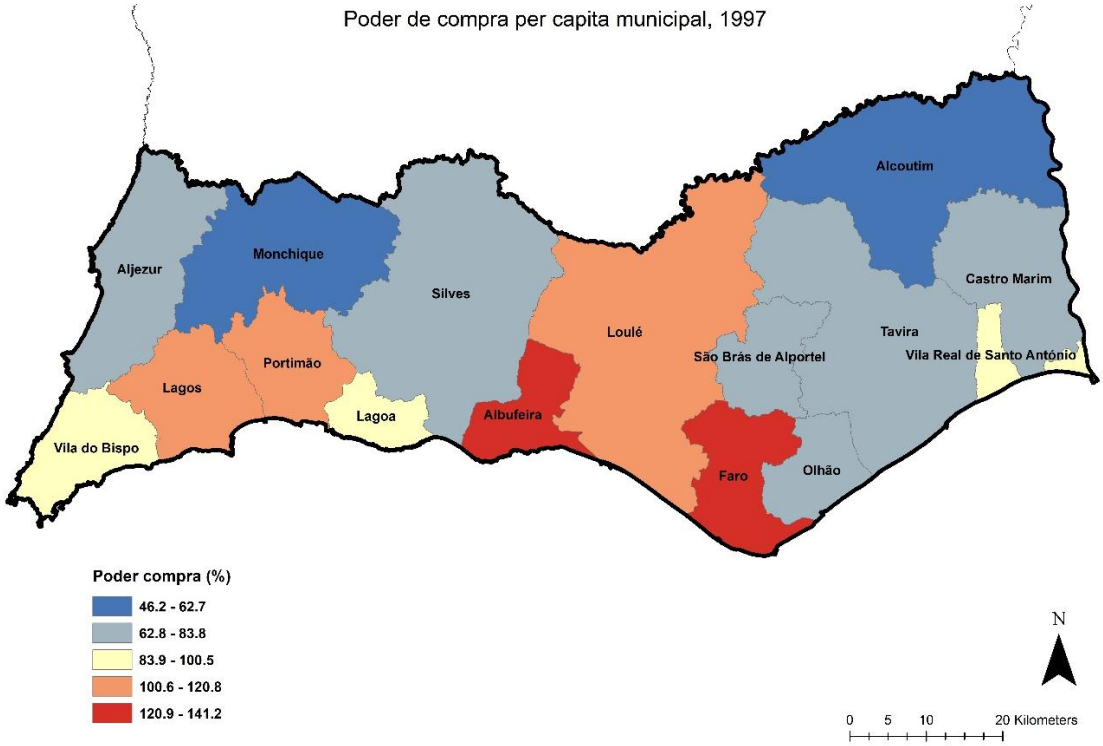

Figura 19 Poder de compra *per capita* municipal, 1997

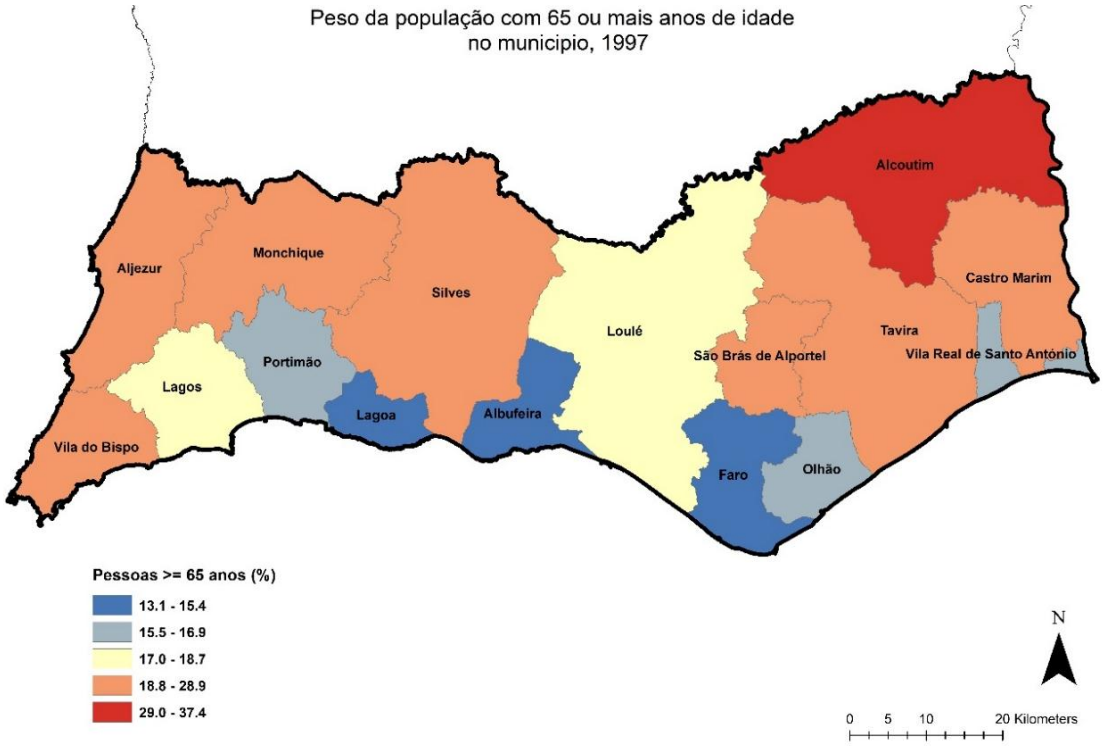

Figura 20 Peso da população com 65 ou mais anos de idade no município, 1997

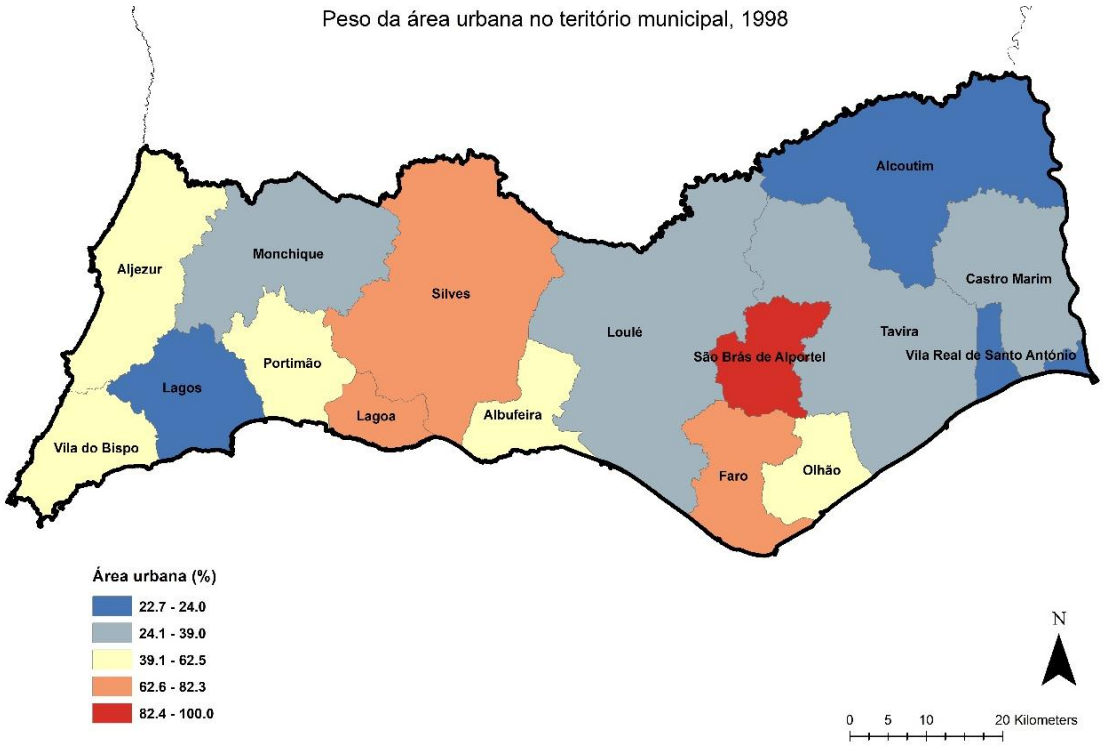

Figura 21 Peso da área urbana no território municipal, 1998

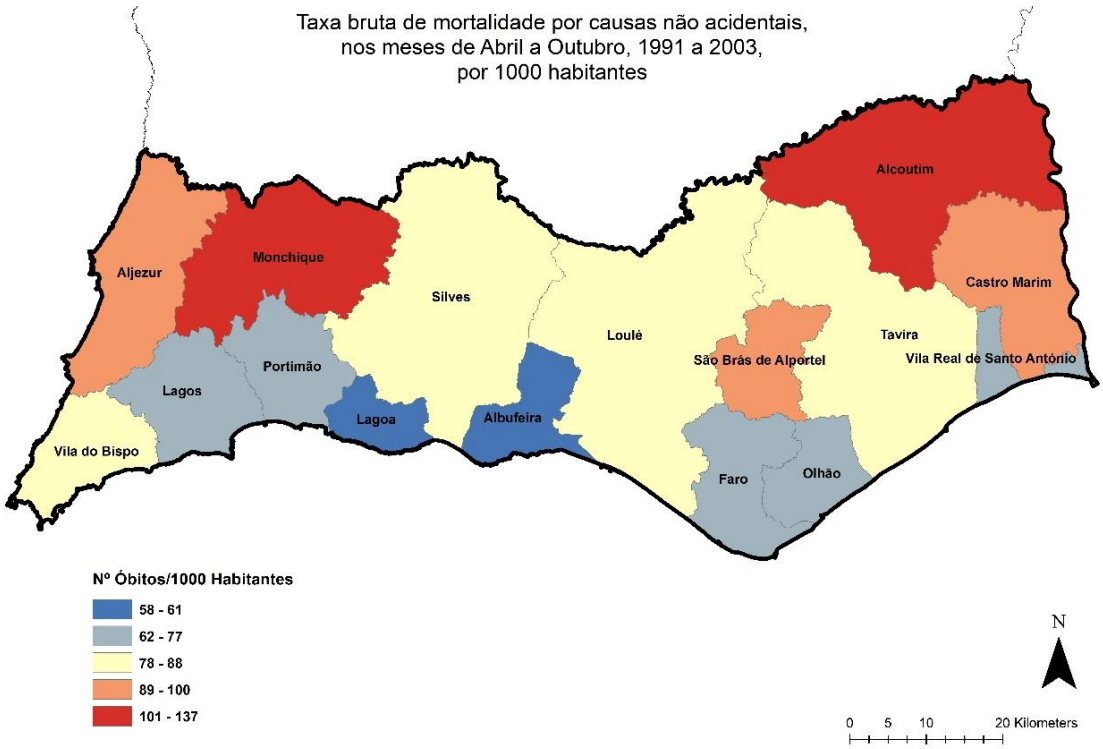

Figura 22 Taxa bruta de mortalidade por causa não acidentais nos meses de abril a outubro, 1991 a 2003, por 1000 habitantes

Mais uma vez, as relações entre cada um dos determinantes e a mortalidade parecem consistentes com o estado da arte do conhecimento, tendo em conta o sentido dos coeficientes de correlação (valores *slope b*). Assim, o aumento da taxa de mortalidade está associado ao aumento dos dias quentes, variável que, considerada isoladamente, apresenta já algum poder explicativo da distribuição da taxa de mortalidade (R^2 = 0.233). O mesmo tipo de relacionamento verifica-se na associação entre taxa de mortalidade e percentagem de população com 65 ou mais anos, mas com poder explicativo mais alto (R^2 = 0.902). Pelo contrário, aumentos no poder de compra *per capita* e na percentagem de área urbana parecem estar associados à diminuição das taxas de mortalidade.

Não foram detetadas situações de multicolinearidade entre as distribuições das variáveis explicativas, de acordo com o limiar estabelecido, pelo que todas as variáveis explicativas transitaram para a fase seguinte de análise. Por outro lado, o cálculo do Índice *I de Moran* sinalizou a presença de autocorrelação espacial estatisticamente significativa (*p <0,05*) em todas as variáveis explicativas, confirmando a necessidade do recurso a um método de modelação estatística capaz de acomodar a presença deste efeito espacial.

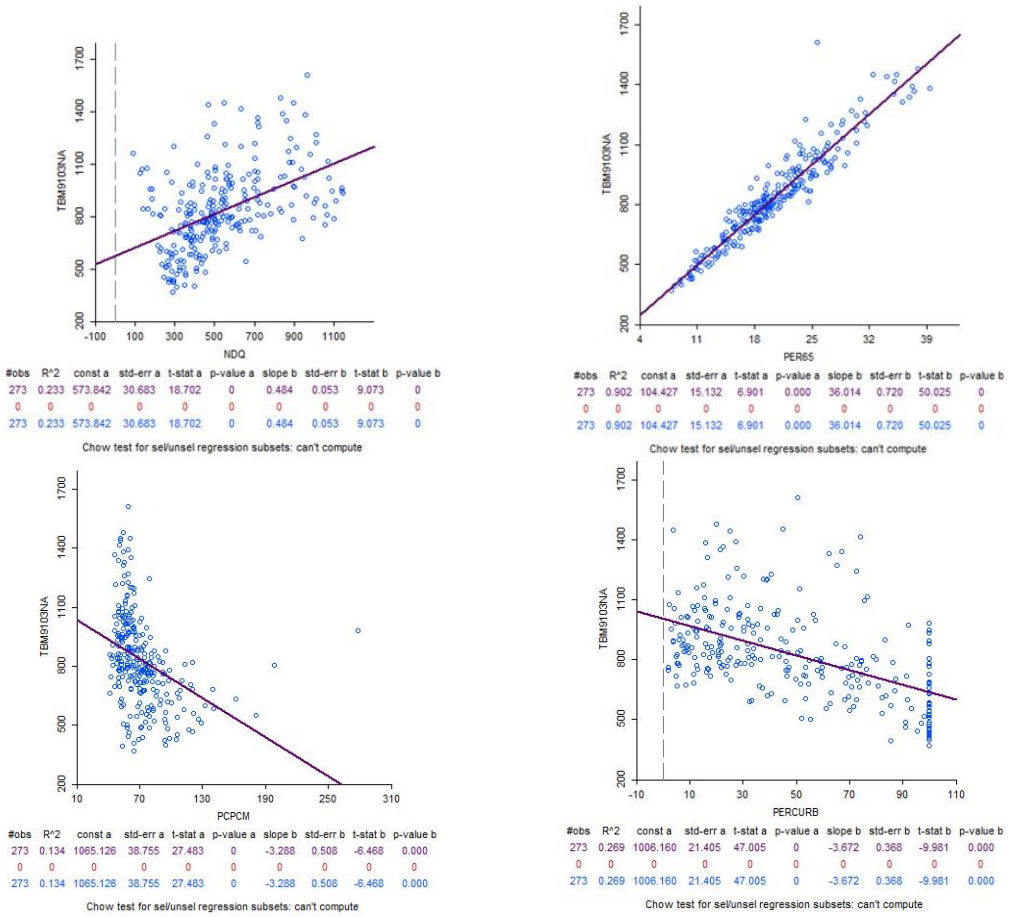

Figura 23 Diagrama de dispersão e regressão linear entre (de cima para baixo e da esquerda para a direita): o número de dias quentes e a taxa de mortalidade não acidental; entre a percentagem de população com 65 ou mais anos e a taxa de mortalidade não acidental; entre o poder de compra *per capita* e a taxa de mortalidade não acidental; e entre a percentagem de área urbana e a taxa de mortalidade não acidental. Análise feita para os municípios de Portugal Continental

Finalmente, os resultados da GWR permitiram avaliar o impacto atual, nos diversos municípios da contagem de dias quentes, controlando para o efeito os restantes determinantes. Assim, a Figura 24 ilustra a distribuição do impacto do número de dias quentes no número de óbitos por causas não acidentais ao nível do município, representado pelos coeficientes locais de regressão. Os coeficientes locais revelaram-se estatisticamente significativos em todos os municípios (*pseudo-t* > 1,96).

Estes resultados são coniventes com os padrões detetados nas análises anteriores ao longo do processo de modelação. Assim, os maiores impactos do número de dias quentes no aumento da mortalidade não acidental parecem verificar-se, de forma geral, nas áreas do Sotavento Algarvio e da Serra Algarvia a Leste da Serra de Monchique, destacando-se o município de Alcoutim, por possuir o valor mais elevado.

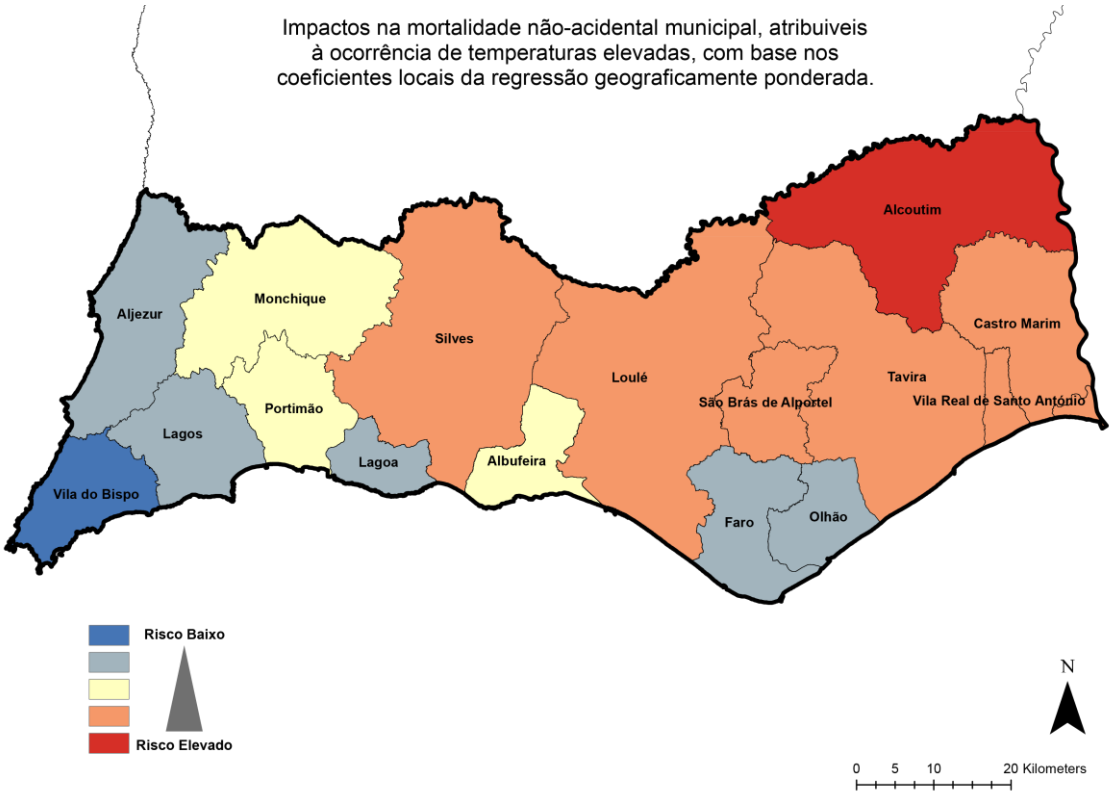

Figura 24 Distribuição dos impactos na mortalidade não-acidental municipal, atribuíveis à ocorrência de temperaturas elevadas, com base nos coeficientes locais da regressão geograficamente ponderada

3.2.2 DOENÇAS TRANSMITIDAS POR VETORES

No que respeita à Febre do Nilo Ocidental, como se observa na Tabela 2, existem atualmente condições para a presença do vetor *Cullex Pipiens*, com incubação do Vírus do Nilo Ocidental no vetor, e sua subsequente transmissão à população humana nos municípios do Algarve, entre abril e novembro, embora o risco seja maior em julho e agosto.

Município	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Albufeira	0	0	0	2	13	55	86	90	72	24	1	0
Alcoutim	0	0	0	3	16	61	85	89	74	23	1	0
Aljezur	0	0	0	2	11	43	79	85	62	20	1	0
Castro Marim	0	0	0	3	17	63	88	90	74	25	1	0
Faro	0	0	0	2	14	55	86	89	72	23	1	0
Lagoa	0	0	0	2	13	55	88	92	76	26	2	0
Lagos	0	0	0	2	12	49	86	91	72	25	1	0
Loulé	0	0	0	2	12	48	80	84	62	18	1	0
Monchique	0	0	0	2	11	44	79	84	62	19	1	0
Olhão	0	0	0	2	14	55	86	89	71	22	1	0
Portimão	0	0	0	2	12	49	85	89	70	23	1	0
São Brás de Alportel	0	0	0	2	12	50	82	85	64	19	1	0
Silves	0	0	0	2	12	51	84	88	69	21	1	0
Tavira	0	0	0	2	13	53	84	87	67	20	1	0
Vila do Bispo	0	0	0	2	12	51	87	92	75	27	2	0
VRS António	0	0	0	3	18	66	90	92	81	27	1	0

Tabela 2 Distribuição mensal do risco de ocorrência da Febre do Nilo Ocidental nos municípios do Algarve, representado pela percentagem de dias com limiares de temperatura média favoráveis à ocorrência da doença

Não obstante a presença atual do mosquito vetor *Cullex Pipiens* no território do Algarve, não decorre presentemente uma situação endémica, devido à (pelo menos aparente) ausência, no contexto atual, do agente patogénico no vetor ou em hospedeiros humanos ou animais.

No que respeita à Febre de Dengue, como se observa na Tabela 3, existem atualmente condições para a presença do vetor *Aedes aegypti*, com incubação do vírus do dengue no vetor, e sua subsequente transmissão à população humana nos municípios do Algarve, entre maio e outubro, embora o risco seja maior em julho e agosto.

Todavia, não só o mosquito vetor *Aedes aegypti* não se encontra presente no território do Algarve, como não decorre presentemente uma situação endémica de Febre de Dengue, devido à ausência, no contexto atual, do agente patogénico em hospedeiros humanos ou animais.

Município	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Albufeira	0	0	0	0	5	28	62	64	41	6	0	0
Alcoutim	0	0	0	0	7	36	68	71	48	7	0	0
Aljezur	0	0	0	0	4	22	48	51	35	5	0	0
Castro Marim	0	0	0	0	7	36	70	73	50	8	0	0
Faro	0	0	0	0	5	29	63	64	41	6	0	0
Lagoa	0	0	0	0	4	28	63	66	44	6	0	0

Município	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Lagos	0	0	0	0	4	25	56	61	40	6	0	0
Loulé	0	0	0	0	5	26	53	55	35	5	0	0
Monchique	0	0	0	0	4	24	50	53	35	5	0	0
Olhão	0	0	0	0	5	30	64	65	41	6	0	0
Portimão	0	0	0	0	4	26	56	60	39	6	0	0
São Brás de Alportel	0	0	0	0	5	28	58	58	37	5	0	0
Silves	0	0	0	0	5	27	58	60	39	5	0	0
Tavira	0	0	0	0	5	30	61	62	39	6	0	0
Vila do Bispo	0	0	0	0	3	25	58	62	42	6	0	0
VRS António	0	0	0	0	7	38	73	75	52	8	0	0

Tabela 3 Distribuição mensal do risco de ocorrência da Febre de Dengue nos municípios do Algarve, representado pela percentagem de dias com limiares de temperatura média favoráveis à ocorrência da doença

3.2.3 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

A análise das medições disponíveis para os poluentes NO_2, partículas PM_{10} e $PM_{2,5}$, O_3 e SO_3, efetuadas nas estações (Tabela 4) da rede de monitorização da qualidade do ar QualAr (APA, 2014) existentes no território do Algarve, desde os anos de 2010 até 2017 (dados mais recentes disponíveis), permitiram avaliar a situação atual na região.

Aglomeração / Zona	**Tipo de estação / Localização/ Poluentes**		
	Urbana de Fundo	**Urbana de Tráfego**	**Rural de Fundo**
Portimão - Lagoa	-	Escola Major David Neto M 163512,32 P 19091,44 CO; PM_{10}; NO_x; BTX	-
Albufeira - Loulé	Cerro de Malpique M 189500,81 P 13858,34 PM_{10}; SO_2; NO_x; O_3;	-	-
Faro - Olhão	Escola Joaquim de Magalhães M 218260,10 P 5371,55 PM_{10}; SO_2; NO_x; O_3; $PM_{2,5}$	-	-
Alcoutim	-	-	Cerro M 240160,13 P 38441,22 PM_{10}; SO_2; NO_x; O_3; $PM_{2,5}$

Tabela 4 Estações de medição de poluentes atmosféricos no Algarve. Fonte: CCDR Algarve (2015)

No que respeita a concentrações de Dióxido de Azoto (NO_2), a legislação mais recente (APA, 2014), em vigor desde 2010, define, com o objetivo de proteção da saúde humana, um valor limite horário de concentração estabelecido em 200 µg/m^3, que não deve ser excedido mais do que 18 horas por ano, e um valor limite anual de 40 µg/m^3. Para este poluente está ainda definido um limiar de alerta horário, de 400 µg/m^3, que não pode ser ultrapassado durante mais de três horas consecutivas.

Os resultados das medições deste poluente indicam que entre 2010 e 2017 não ocorreu a ultrapassagem do número de excedências permitido para os valores limite horário e anual definidos para a proteção da saúde humana, assim como não ocorreram excedências ao limiar de alerta horário, nas 4 estações de monitorização avaliadas. Nesta avaliação, deve ser tido em conta que os dispositivos de medição de todas estas estações chegaram a estar fora de serviço entre 1 ano (estação de Faro) a 3 anos (estação de Portimão, única que mede a influência do tráfego). O nível de eficiência das medições (percentagem de medições validadas) chegou a ser muito reduzido, destacando-se a estação de Portimão, com valores entre 2,6% e 57,6%. As restantes estações apresentaram 3 a 4 anos com valores entre 86,6% e 100% de eficiência.

No que respeita a concentrações de partículas $PM_{2,5}$, a legislação em vigor (APA, 2014), em vigor desde 2010, define, com o objetivo de proteção da saúde humana, um valor limite anual de 25 µg/m^3.

Os resultados das medições deste tipo de partículas indicam que, entre 2010 e 2017, não ocorreram ultrapassagens do valor limite definido para a proteção da saúde humana, nas duas estações que efetuam atualmente a medição deste tipo de partículas na região do Algarve (Faro e Alcoutim). Nesta avaliação, deve ser tido em conta que os dispositivos de medição de todas estas estações chegaram a estar fora de serviço entre 1 ano (estação de Faro) a 2 anos (estação de Alcoutim). O nível de eficiência das medições foi por vezes reduzido, destacando-se a estação de Faro, com um valor mínimo de 20%. Não obstante, ambas as estações apresentaram pelo menos 3 anos com valores acima de 80% de eficiência.

No que respeita a concentrações de partículas PM_{10}, a legislação em vigor (APA, 2014), define, com o objetivo de proteção da saúde humana, um valor limite diário de 50 µg/m^3, que não deve ser excedido mais do que 35 dias por ano, e um valor limite anual de 40 µg/m^3.

Os resultados das medições deste tipo de partículas indicam que, entre 2010 e 2017, apenas a estação de Portimão ultrapassou em 2011 o valor limite anual, apresentando um valor de 45,2 µg/m^3. Todavia, é de notar (não obstante algumas flutuações nos valores ao longo dos anos), uma tendência de aumento gradual dos valores máximos anuais de concentração destas partículas, nas 4 estações de medição avaliadas (Figura 25), entre 2010 e 2016 (os dados de 2017 não se encontram validados). É de notar também que o valor limite diário de 50 µg/m^3 foi sistematicamente excedido nas 4 estações (embora não ultrapassando as 35 ocorrências definidas na lei), e que as estações de Portimão e Albufeira chegaram a exceder 15 e 20 vezes este valor limite, respetivamente. Nesta avaliação, deve ser tido em conta que o nível de eficiência das medições chegou a ser por vezes muito reduzido, embora se note uma tendência para as medições

mais recentes já apresentarem níveis de eficiência relativamente elevados na maior parte das estações (excluindo o ano de 2017 da análise por carecer de validação).

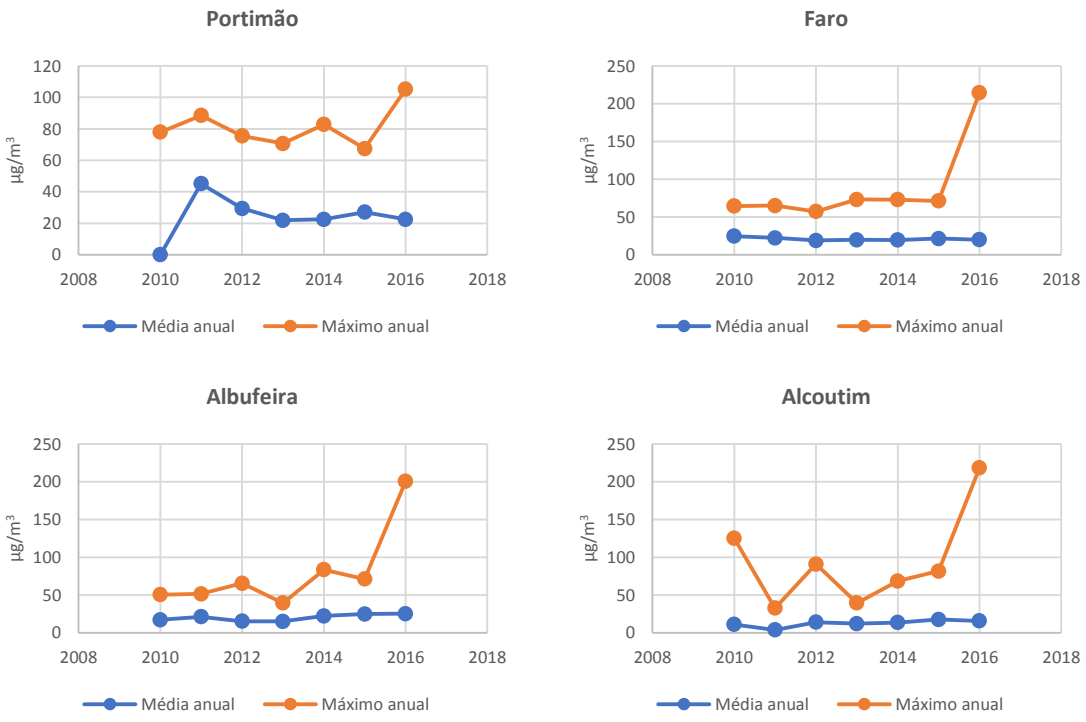

Figura 25 Valores máximos e médios (base horária) de concentração atmosférica de partículas PM_{10} em quatro estações de medição da região do Algarve. Fonte: APA (2018)

No que respeita às concentrações de O_3, a legislação em vigor (APA, 2014) estabelece um valor alvo horário para proteção da saúde humana de 120 µg/m³, que não deve ser excedido em mais de 25 dias no ano. Para este poluente estão definidos um limiar de informação horário de 180 µg/m³ e um limiar de alerta horário de 240 µg/m³. Por último, é também definido um objetivo a longo prazo para proteção da saúde humana, que tem por meta não ultrapassar o limiar de 120 µg/m³ em todos os dias do ano.

Os resultados deste poluente nas 3 estações que efetuam esta medição (Faro, Alcoutim e Albufeira) indicam que entre 2010 e 2017, as estações de Alcoutim e Faro ultrapassaram o valor alvo para proteção da saúde humana de 120 µg/m³ em mais de 25 dias por ano, em 2012 e 2013 (Alcoutim) e em 2013 (Faro). Este valor alvo foi sistematicamente excedido nas 3 estações, mesmo nos anos em que não ultrapassou 25 dias por ano, e que o limiar de informação deste poluente chegou a ser excedido pelo menos uma vez, na estação de Albufeira, em 2016. Nesta avaliação, deve ser tido em conta que o nível de eficiência das medições chegou a ser, por vezes, reduzido, embora se note uma tendência para as medições mais recentes já apresentarem níveis de eficiência relativamente elevados (acima dos 90%) nas 3 estações.

No que respeita ao Dióxido de Enxofre (SO_2), a legislação em vigor (APA, 2014) define, com o objetivo de proteção da saúde humana, um valor limite horário de concentração estabelecido em 350 µg/m^3, que não deve ser excedido mais do que 24 horas por ano, e um valor limite diário de 125 µg/m^3, que não deve ser excedido mais do que 3 dias por ano. Para este poluente está ainda definido um limiar de alerta horário, de 500 µg/m^3, que não pode ser ultrapassado durante mais de três horas consecutivas.

A avaliação dos resultados deste poluente nas 3 estações que efetuam a sua medição (Faro, Alcoutim e Albufeira), indica que nenhum dos parâmetros definidos legalmente para a proteção da saúde humana chegou a ser ultrapassado entre 2010 e 2017. Todavia, é de notar (não obstante algumas flutuações nos valores ao longo dos anos), uma tendência de aumento gradual nos valores máximos de concentração deste poluente, em particular nas estações de Faro e Alcoutim, após 2014 (Figura 26). Nesta avaliação, deve ser tido em conta que os dispositivos de medição das estações de Faro e Albufeira chegaram a estar fora de serviço entre 1 ano (estação de Faro) a 5 anos (estação de Albufeira). O nível de eficiência das medições chegou também a ser muito reduzido, particularmente nas estações de Faro e Albufeira.

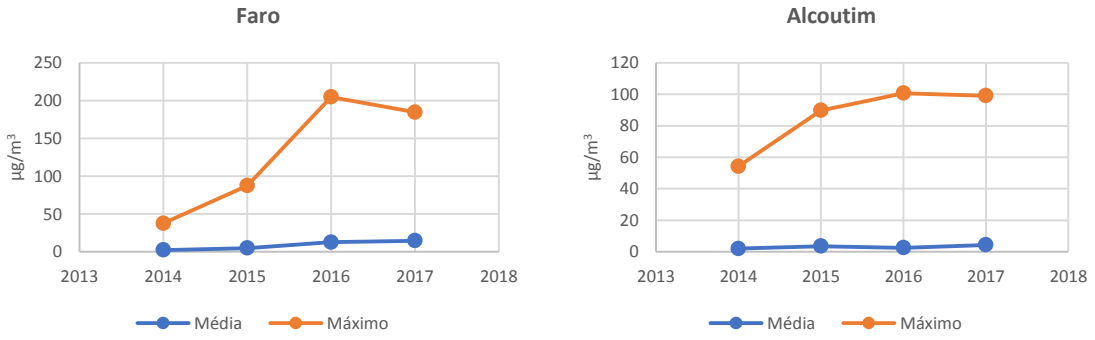

Figura 26 Valores máximos e médios (base horária) de concentração atmosférica de SO_2 em duas estações de medição da região do Algarve. Fonte: APA (2018)

No que respeita aos pólenes, os dados para o Algarve são monitorizados em Portimão (SPAIC, 2018). Os resultados desta estação de monitorização indicam padrões de pólenes muito semelhantes a outras cidades costeiras do sul da Europa. Em termos de efeitos para a saúde humana, este agente alergénico é causador de rinoconjuntivite (Casimiro et al., 2010), quadro clínico também associado a outros agentes polínicos medidos nesta estação. Apesar de estar localizada no litoral, Portimão apresenta níveis de pólen elevados, situação relacionada com a forte influência dos ventos de norte e nordeste, que transportam elevadas cargas polínicas ao atravessarem as serras algarvias (Caeiro et al., 2007). Neste estudo, o mês de maio apresentou, na estação de Portimão, os valores polínicos absolutos mais elevados, devido à polinização das *Poaceae* e *Olea europaea* e também *Quercus suber*.

No que respeita aos esporos de fungos, os dois estudos mais recentes e geograficamente mais próximos da região do Algarve foram realizados em Lisboa e Beja, focando-se nos anos de 2013 e 2014, respetivamente. Assim, em Lisboa, durante o ano de 2013, as concentrações mais elevadas de esporos de fungos registaram-se entre o final da primavera e o outono, tendo o índice mais elevado sido obtido em outubro. Neste estudo, a temperatura média apresentou uma correlação positiva com as concentrações de esporos totais (Ferro et al., 2018). Em Beja, entre abril de 2012 e julho de 2014 (Almeida et al., 2018), reportou-se a presença dos esporos *Alternaria* e *Cladosporium* ao longo de todo o ano, com as concentrações mais elevadas a ocorrer na primavera e outono. Estes autores referem também um efeito claro dos parâmetros meteorológicos nas concentrações destes esporos de fungos. Em particular, temperatura, insolação e direção do vento apresentaram uma correlação positiva com os níveis de *Alternaria* e *Cladosporium*.

4.

Impactos e Vulnerabilidades Futuras no Algarve

4.1 TEMPERATURAS ELEVADAS

O cálculo inicial das anomalias de contagem de dias quentes para os vários períodos/cenários considerados, permitiu avaliar a evolução projetada dos dias quentes, ao longo dos diferentes períodos estudados (Tabela 5).

Município	1991-2003	2011-2040*		2041-2070*		2071-2100*	
		RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
Albufeira	385	116	109	244	283	278	534
Alcoutim	716	157	184	320	409	351	670
Aljezur	287	39	36	104	107	120	228
Castro Marim	697	144	159	306	371	345	655
Faro	411	107	90	225	256	261	498
Lagoa	341	109	105	238	276	270	531
Lagos	284	75	62	185	200	217	443
Loulé	434	146	152	298	380	337	670
Monchique	296	82	74	195	220	222	470
Olhão	449	136	117	276	319	320	602
Portimão	325	108	102	244	290	280	569
S. Brás Alportel	432	145	141	296	366	337	660
Silves	400	138	146	288	363	321	644
Tavira	534	146	150	303	370	344	666
Vila do Bispo	251	41	34	111	120	137	262
VRS António	631	96	80	219	245	260	486

*Anomalias com ajuste a 13 anos

Tabela 5 Contagem de dias quentes no período histórico observado de 1991-2003 e anomalias de contagem ajustadas a 13 anos para os vários períodos/cenários de alterações climáticas

A Tabela 5 indicia um aumento progressivo do número de dias quentes ao longo de todos os períodos considerados, para os dois cenários. A conversão das anomalias de contagem de dias quentes ajustadas a 13 anos, em anomalias de mortalidade por causas não acidentais para os vários períodos/cenários, permitiu projetar a percentagem de mortalidade associada a cada cenário/período considerado, ao nível municipal (Figura 27). No período de referência (i.e. 1991-2003), os municípios do Algarve apresentaram, em média, 2% da mortalidade não acidental devido a temperaturas elevadas.

Em consonância com o aumento de dias quentes projetado, as cartografias (Figura 27) indiciam também um aumento progressivo da mortalidade por causas não acidentais, ao longo dos períodos considerados, para os dois cenários.

É também de notar a concordância entre a avaliação de vulnerabilidade atual e as projeções da mortalidade futura nos municípios do interior leste do Algarve, em particular Alcoutim, mas também noutros municípios limítrofes do Sotavento Algarvio, projetando-se a extensão progressiva do aumento do risco de mortalidade por exposição a temperaturas elevadas de leste para oeste, ao longo dos períodos temporais considerados. O maior agravamento é projetado ocorrer no final do século e no cenário RCP8.5.

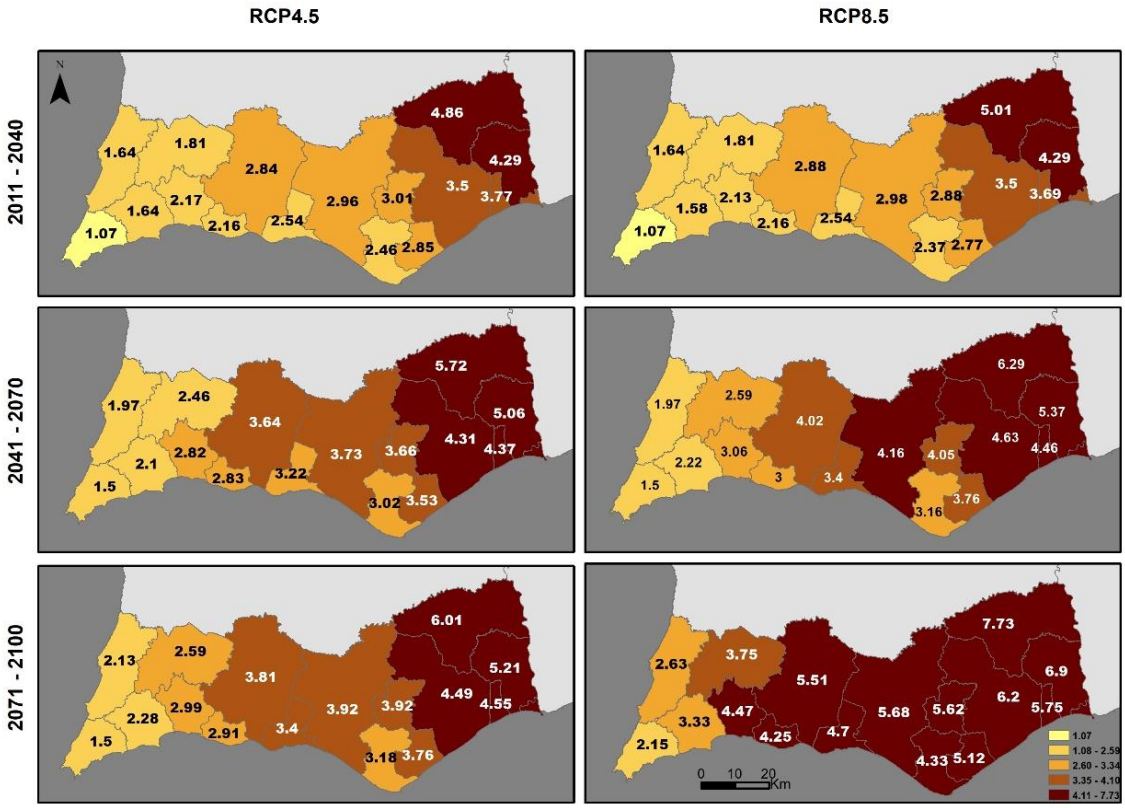

Figura 27 Aumento percentual da mortalidade (causas não acidentais) projetada em dias quentes (T>30°C), em cenários de alterações climáticas

4.2 DOENÇAS TRANSMITIDAS POR VETORES

A aplicação das anomalias de contagem de dias favoráveis à presença da Febre do Nilo Ocidental e da Febre de Dengue nos vários períodos/cenários considerados, à contagem de dias favoráveis observados entre 1971 e 2000, permitiu projetar a evolução da vulnerabilidade a estas duas doenças ao longo dos diferentes períodos modelados, nos municípios da região do Algarve. A evolução desta vulnerabilidade ao longo do século é expressa através da variação percentual do número de dias favoráveis nos diferentes períodos/cenários (Tabela 6 a Tabela 17).

De um modo geral, e como se pode observar pela evolução dos valores nas tabelas, os cenários preconizam a diminuição da percentagem dos dias favoráveis ao desenvolvimento das duas

doenças nos meses mais quentes (julho e agosto). Este efeito que resulta do aumento do número de dias com temperaturas muito elevadas, levando a que nestes meses sejam ultrapassados os limites superiores dos intervalos das temperaturas favoráveis. Os resultados apontam ainda para o aumento da percentagem de dias favoráveis ao desenvolvimento das duas doenças nos restantes meses, excluindo janeiro, fevereiro e dezembro, no caso da Febre do Nilo Ocidental. No caso da Febre de Dengue exclui-se adicionalmente março, abril e novembro no início do cenário RCP4.5, embora este intervalo se alargue progressivamente ao longo do século XXI, com a transferência dos períodos mais críticos, do verão para meses de outras estações.

Febre do Nilo Ocidental (RCP4.5)

Município	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Albufeira	0	0	1	1	6	7	-4	-7	8	11	1	0
Alcoutim	0	0	1	1	6	6	-5	-9	8	10	1	0
Aljezur	0	0	1	1	6	9	-4	-7	8	10	1	0
Castro Marim	0	0	1	1	6	7	-2	-6	9	10	1	0
Faro	0	0	0	1	6	7	-2	-5	11	6	0	0
Lagoa	0	0	0	1	6	7	-3	-6	11	7	0	0
Lagos	0	0	1	1	7	6	-6	-11	7	8	0	0
Loulé	0	0	1	1	5	8	0	-3	11	11	1	0
Monchique	0	0	1	1	5	7	-1	-2	10	6	0	0
Olhão	0	0	0	1	3	7	6	7	14	8	0	0
Portimão	0	0	0	1	4	7	4	5	12	8	0	0
São Brás de Alportel	0	0	0	1	4	7	2	2	11	8	0	0
Silves	0	0	1	2	5	7	1	-1	11	7	0	0
Tavira	0	0	0	1	7	6	-4	-10	8	7	0	0
Vila do Bispo	0	0	0	1	2	5	4	7	10	5	0	0
VRS António	0	0	0	1	2	5	6	10	11	7	0	0

Tabela 6 Variação percentual do número de dias favoráveis ao desenvolvimento da Febre do Nilo Ocidental nos municípios do Algarve, cenário RCP4.5, período 2011 - 2041

Município	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Albufeira	0	0	0	3	17	15	-7	-11	12	20	2	0
Alcoutim	0	0	0	4	18	14	-10	-14	12	19	2	0
Aljezur	0	0	0	3	18	15	-8	-12	11	20	2	0
Castro Marim	0	0	0	3	17	14	-6	-10	13	19	2	0
Faro	0	0	0	2	15	16	-6	-8	18	13	1	0
Lagoa	0	0	0	2	15	16	-7	-10	17	14	1	0
Lagos	0	0	0	4	18	12	-13	-17	10	17	1	0
Loulé	0	0	0	3	15	16	-1	-6	16	19	2	0

Município	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Monchique	0	0	0	2	14	15	-3	-4	17	12	1	0
Olhão	0	0	0	1	9	17	15	12	25	16	2	0
Portimão	0	0	0	2	12	17	10	7	22	16	1	0
São Brás de Alportel	0	0	0	2	13	16	4	2	20	16	1	0
Silves	0	0	0	2	14	15	1	-3	18	14	1	0
Tavira	0	0	0	3	17	12	-10	-16	12	15	1	0
Vila do Bispo	0	0	0	1	9	14	9	12	21	10	1	0
VRS António	0	0	0	1	6	12	14	16	24	13	1	0

Tabela 7 Variação percentual do número de dias favoráveis ao desenvolvimento da Febre do Nilo Ocidental nos municípios do Algarve, cenário RCP4.5, período 2041 – 2070

Município	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Albufeira	0	0	1	4	18	14	-10	-16	13	27	3	0
Alcoutim	0	0	1	5	18	12	-14	-20	12	25	3	0
Aljezur	0	0	0	4	19	15	-12	-18	11	27	3	0
Castro Marim	0	0	1	4	17	14	-8	-15	14	26	3	0
Faro	0	0	1	3	15	14	-9	-13	20	18	1	0
Lagoa	0	0	0	4	16	14	-11	-15	20	19	1	0
Lagos	0	0	1	5	19	10	-18	-23	11	24	2	0
Loulé	0	0	1	4	15	15	-2	-10	17	26	3	0
Monchique	0	0	1	3	14	13	-6	-8	19	18	1	0
Olhão	0	0	0	2	8	15	19	15	28	23	3	0
Portimão	0	0	0	3	11	15	11	7	24	22	2	0
São Brás de Alportel	0	0	1	4	13	14	5	0	21	22	2	0
Silves	0	0	1	4	14	13	-1	-5	20	20	1	0
Tavira	0	0	0	5	17	10	-15	-21	12	20	1	0
Vila do Bispo	0	0	0	2	8	13	13	13	23	14	1	0
VRS António	0	0	0	2	6	11	21	22	26	19	2	0

Tabela 8 Variação percentual do número de dias favoráveis ao desenvolvimento da Febre do Nilo Ocidental nos municípios do Algarve, cenário RCP4.5, período 2071 – 2100

Febre do Nilo Ocidental (RCP8.5)

Município	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Albufeira	0	0	0	2	9	11	-1	-8	10	15	1	0
Alcoutim	0	0	0	2	9	10	-2	-10	10	14	1	0
Aljezur	0	0	0	1	9	11	-3	-8	9	16	1	0
Castro Marim	0	0	0	2	8	11	-1	-8	11	14	1	0

Município	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Faro	0	0	0	1	7	12	-1	-6	13	9	0	0
Lagoa	0	0	0	1	7	11	-1	-7	13	9	0	0
Lagos	0	0	0	2	9	9	-5	-12	10	13	0	0
Loulé	0	0	0	2	7	12	2	-5	13	14	1	0
Monchique	0	0	0	1	6	12	0	-4	14	9	0	0
Olhão	0	0	0	1	4	11	9	7	18	12	1	0
Portimão	0	0	0	1	5	12	7	4	17	12	0	0
São Brás de Alportel	0	0	0	1	5	11	4	0	15	12	0	0
Silves	0	0	0	2	6	12	2	-3	15	10	0	0
Tavira	0	0	0	2	8	9	-4	-11	11	11	0	0
Vila do Bispo	0	0	0	1	4	11	5	5	14	7	0	0
VRS António	0	0	0	1	3	8	7	9	15	10	0	0

Tabela 9 Variação percentual do número de dias favoráveis ao desenvolvimento da Febre do Nilo Ocidental nos municípios do Algarve, cenário RCP8.5, período 2011 - 2041

Município	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Albufeira	0	0	1	6	22	16	-11	-18	10	31	4	0
Alcoutim	0	0	1	7	22	14	-16	-22	10	29	3	0
Aljezur	0	0	1	6	24	17	-13	-19	8	32	4	0
Castro Marim	0	0	1	6	22	17	-9	-17	12	30	4	0
Faro	0	0	1	4	19	19	-10	-15	19	21	2	0
Lagoa	0	0	1	5	19	18	-12	-17	18	22	2	0
Lagos	0	0	1	7	23	12	-19	-25	8	27	2	0
Loulé	0	0	1	5	19	19	-3	-12	16	30	4	0
Monchique	0	0	1	5	17	18	-6	-10	19	20	2	0
Olhão	0	0	1	3	12	21	20	15	29	26	3	0
Portimão	0	0	1	4	15	20	13	7	25	25	2	0
São Brás de Alportel	0	0	1	5	16	19	5	-1	21	25	2	0
Silves	0	0	1	5	17	18	-1	-7	19	22	2	0
Tavira	0	0	1	7	21	11	-17	-24	10	23	2	0
Vila do Bispo	0	0	1	3	12	17	15	13	26	16	1	0
VRS António	0	0	1	3	9	16	21	22	30	21	2	0

Tabela 10 Variação percentual do número de dias favoráveis ao desenvolvimento da Febre do Nilo Ocidental nos municípios do Algarve, cenário RCP8.5, período 2041 – 2070

Município	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Albufeira	0	0	2	14	39	16	-28	-37	5	51	16	0
Alcoutim	0	0	3	15	38	12	-35	-44	3	49	12	0
Aljezur	0	0	3	14	42	15	-31	-38	1	50	15	0
Castro Marim	0	0	3	14	37	17	-25	-35	7	49	14	0
Faro	0	0	2	11	34	21	-27	-34	18	40	6	0
Lagoa	0	0	2	11	35	19	-31	-37	16	41	5	0
Lagos	0	0	3	16	39	6	-40	-48	-1	47	9	0
Loulé	0	0	2	13	35	24	-15	-27	14	51	14	0
Monchique	0	0	2	11	31	21	-19	-27	20	37	5	0
Olhão	0	0	2	7	22	38	28	15	39	49	13	0
Portimão	0	0	2	8	26	34	13	1	32	47	10	0
São Brás de Alportel	0	0	2	10	29	29	0	-12	25	46	9	0
Silves	0	0	2	11	31	24	-11	-21	21	41	7	0
Tavira	0	0	3	15	35	6	-35	-43	3	43	7	0
Vila do Bispo	0	0	2	7	21	31	22	15	38	33	5	0
VRS António	0	0	2	6	16	33	38	30	45	42	10	0

Tabela 11 Variação percentual do número de dias favoráveis ao desenvolvimento da Febre do Nilo Ocidental nos municípios do Algarve, cenário RCP8.5, período 2071 - 2100

Febre de Dengue (RCP4.5)

Município	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Albufeira	0	0	0	0	3	8	-1	-3	13	5	0	0
Alcoutim	0	0	0	0	4	8	-2	-5	13	4	0	0
Aljezur	0	0	0	0	3	10	-2	-3	13	5	0	0
Castro Marim	0	0	0	0	3	7	0	-2	12	4	0	0
Faro	0	0	0	0	3	8	0	0	11	3	0	0
Lagoa	0	0	0	0	3	8	0	0	11	2	0	0
Lagos	0	0	0	0	4	7	-3	-6	12	4	0	0
Loulé	0	0	0	0	3	7	2	2	12	4	0	0
Monchique	0	0	0	0	3	7	1	1	10	3	0	0
Olhão	0	0	0	0	1	3	2	7	8	2	0	0
Portimão	0	0	0	0	2	5	2	6	9	3	0	0
São Brás de Alportel	0	0	0	0	2	6	2	4	10	3	0	0
Silves	0	0	0	0	3	7	2	3	9	3	0	0
Tavira	0	0	0	0	4	6	-2	-5	10	3	0	0
Vila do Bispo	0	0	0	0	1	4	1	6	7	2	0	0
VRS António	0	0	0	0	1	2	2	5	5	2	0	0

Tabela 12 Variação percentual do número de dias favoráveis ao desenvolvimento da Febre de Dengue nos municípios do Algarve, cenário RCP4.5, período 2011 - 2041

Município	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Albufeira	0	0	0	1	10	16	-3	-3	21	10	0	0
Alcoutim	0	0	0	1	11	16	-5	-7	21	10	0	0
Aljezur	0	0	0	0	9	19	-2	-5	21	12	0	0
Castro Marim	0	0	0	1	10	15	-1	-1	21	10	0	0
Faro	0	0	0	0	8	17	0	2	20	6	0	0
Lagoa	0	0	0	0	9	17	-2	0	21	6	0	0
Lagos	0	0	0	1	12	15	-7	-10	19	10	0	0
Loulé	0	0	0	1	8	15	4	5	22	9	0	0
Monchique	0	0	0	1	8	15	1	3	19	6	0	0
Olhão	0	0	0	0	4	9	7	12	18	6	0	0
Portimão	0	0	0	0	6	12	7	11	20	7	0	0
São Brás de Alportel	0	0	0	0	7	13	5	8	20	7	0	0
Silves	0	0	0	1	8	14	4	4	19	7	0	0
Tavira	0	0	0	1	12	13	-5	-8	17	8	0	0
Vila do Bispo	0	0	0	0	5	10	5	11	15	4	0	0
VRS António	0	0	0	0	3	6	6	9	13	5	0	0

Tabela 13 Variação percentual do número de dias favoráveis ao desenvolvimento da Febre de Dengue nos municípios do Algarve, cenário RCP4.5, período 2041 - 2070

Município	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Albufeira	0	0	0	1	11	15	-4	-8	24	15	1	0
Alcoutim	0	0	0	2	11	14	-8	-12	23	13	0	0
Aljezur	0	0	0	1	10	18	-4	-10	25	16	0	0
Castro Marim	0	0	0	1	10	14	-2	-5	23	14	1	0
Faro	0	0	0	1	8	15	-2	-3	23	9	0	0
Lagoa	0	0	0	1	9	15	-4	-5	24	8	0	0
Lagos	0	0	0	2	12	12	-11	-15	22	13	0	0
Loulé	0	0	0	1	9	13	5	1	24	13	0	0
Monchique	0	0	0	1	8	13	0	0	20	8	0	0
Olhão	0	0	0	1	4	8	11	16	20	9	0	0
Portimão	0	0	0	1	5	10	10	13	21	10	0	0
São Brás de Alportel	0	0	0	1	7	11	8	8	21	11	0	0
Silves	0	0	0	1	8	11	4	3	20	10	0	0
Tavira	0	0	0	2	11	10	-9	-12	18	11	0	0
Vila do Bispo	0	0	0	1	4	9	8	11	16	6	0	0
VRS António	0	0	0	1	3	5	11	15	14	8	0	0

Tabela 14 Variação percentual do número de dias favoráveis ao desenvolvimento da Febre de Dengue nos municípios do Algarve, cenário RCP4.5, período 2071 – 2100

Febre de Dengue (RCP8.5)

Município	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Albufeira	0	0	0	1	7	14	3	-3	17	8	0	0
Alcoutim	0	0	0	1	7	14	1	-5	17	8	0	0
Aljezur	0	0	0	1	6	16	2	-4	17	9	0	0
Castro Marim	0	0	0	1	6	13	3	-3	17	8	0	0
Faro	0	0	0	1	5	14	3	-1	14	5	0	0
Lagoa	0	0	0	1	5	14	3	-1	15	5	0	0
Lagos	0	0	0	1	7	14	-1	-7	16	8	0	0
Loulé	0	0	0	1	5	13	5	1	17	8	0	0
Monchique	0	0	0	1	4	14	3	0	14	5	0	0
Olhão	0	0	0	0	2	7	6	8	14	6	0	0
Portimão	0	0	0	0	3	10	6	6	15	6	0	0
São Brás de Alportel	0	0	0	1	4	12	5	4	15	6	0	0
Silves	0	0	0	1	4	13	5	2	15	6	0	0
Tavira	0	0	0	1	6	12	0	-6	15	7	0	0
Vila do Bispo	0	0	0	0	2	8	4	6	11	4	0	0
VRS António	0	0	0	0	2	5	5	7	9	5	0	0

Tabela 15 Variação percentual do número de dias favoráveis ao desenvolvimento da Febre de Dengue nos municípios do Algarve, cenário RCP8.5, período 2011 – 2041

Município	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Albufeira	0	0	0	2	14	20	-3	-10	24	17	1	0
Alcoutim	0	0	0	2	15	18	-9	-14	22	16	1	0
Aljezur	0	0	0	2	14	23	-5	-12	23	18	1	0
Castro Marim	0	0	0	2	13	19	-2	-7	24	16	1	0
Faro	0	0	0	2	12	19	-2	-3	24	10	0	0
Lagoa	0	0	0	2	12	20	-4	-6	24	10	0	0
Lagos	0	0	0	3	16	17	-12	-18	20	15	0	0
Loulé	0	0	0	2	12	19	5	1	25	15	1	0
Monchique	0	0	0	2	11	18	0	-1	22	10	0	0
Olhão	0	0	0	1	6	10	14	16	24	11	1	0
Portimão	0	0	0	1	8	14	13	14	25	11	0	0
São Brás de Alportel	0	0	0	2	10	16	9	8	24	12	0	0
Silves	0	0	0	2	12	16	5	2	22	12	0	0
Tavira	0	0	0	3	15	13	-9	-15	18	14	0	0
Vila do Bispo	0	0	0	1	7	12	10	13	20	7	0	0
VRS António	0	0	0	1	5	7	13	14	19	8	1	0

Tabela 16 Variação percentual do número de dias favoráveis ao desenvolvimento da Febre de Dengue nos municípios do Algarve, cenário RCP8.5, período 2041 - 2070

Município	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Albufeira	0	0	1	5	26	25	-16	-25	27	35	3	0
Alcoutim	0	0	1	6	28	22	-24	-33	23	33	2	0
Aljezur	0	0	1	5	27	30	-19	-29	25	38	3	0
Castro Marim	0	0	1	5	25	24	-12	-21	27	33	2	0
Faro	0	0	1	4	22	26	-14	-18	30	22	1	0
Lagoa	0	0	1	4	24	25	-17	-23	30	23	1	0
Lagos	0	0	1	6	30	17	-30	-38	19	31	2	0
Loulé	0	0	1	4	22	28	0	-8	33	32	3	0
Monchique	0	0	1	4	21	24	-6	-12	29	22	1	0
Olhão	0	0	0	2	11	23	28	31	42	25	2	0
Portimão	0	0	0	3	16	26	21	19	39	25	2	0
São Brás de Alportel	0	0	1	4	19	26	12	6	34	26	1	0
Silves	0	0	1	4	21	24	3	-4	30	24	1	0
Tavira	0	0	1	7	27	13	-24	-31	18	27	1	0
Vila do Bispo	0	0	1	2	12	22	20	22	34	17	1	0
VRS António	0	0	1	3	8	17	28	32	35	20	2	0

Tabela 17 Variação percentual do número de dias favoráveis ao desenvolvimento da Febre de Dengue nos municípios do Algarve, cenário RCP8.5, período 2071 - 2100

4.3 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

As considerações tecidas nos capítulos anteriores referentes a esta vulnerabilidade remetem para a problemática das alterações climáticas, com alguns autores a projetarem que o verão excecional de 2003 na Europa pode transformar-se em verões normais nas próximas décadas. Estima-se que $^{1}/_{3}$ dos óbitos em excesso no verão de 2003, no Reino Unido, tenham resultado de uma exposição a elevadas concentrações de O_3 e PM_{10} (Casanova et al., 2004).

Ora, os cenários climáticos projetam, para este século, um aquecimento da atmosfera, associado a ondas de calor mais frequentes e intensas. A este aumento da temperatura também se associarão, por um lado, crescentes riscos de fogos florestais e desertificação, em áreas cada vez mais vastas, e, por outro, a geração e dispersão de poluição atmosférica nas áreas urbanas, relacionada com padrões locais de temperatura, vento e precipitação. As alterações climáticas têm o potencial de alterar o desenvolvimento de doenças respiratórias alérgicas como a asma, sendo que desde 1960 a prevalência destas doenças tem vindo a aumentar. Episódios de exacerbamento das manifestações de rinite e asma estão relacionados com maior acumulação de O_3 ao nível do solo, embora consequências ao nível do funcionamento dos pulmões, por efeito de poluentes, sejam determinadas pela duração da exposição, da quantidade de poluente concentrado e da ventilação das pessoas (D'Amato et al., 2013)

Globalmente, vários estudos alertam para a ameaça dos impactos que as alterações climáticas têm na qualidade do ar, com destaque para o aumento dos níveis de O_3 e PM_{10}, ao longo do século XXI,

como resultado do aumento das emissões antropogénicas e biogénicas de óxidos percursores do ozono troposférico e compostos orgânicos voláteis. Em Portugal, estima-se que aumente o número de dias com condições favoráveis para a produção fotoquímica, com o consequente aumento de concentração média de O_3. Carvalho et al., (2010) centraram-se no estudo das concentrações de O_3 e PM_{10} na Europa e em Portugal, e defendem a perspetiva de que as alterações climáticas (considerado aqui o aumento da temperatura do ar) terão um impacto muito significativo nos níveis de PM_{10} em suspensão na atmosfera, bem como gerarão condições propícias para o aumento de emissões de O_3, principalmente nos meses de julho e agosto.

Assim, tendo em conta o contexto de alterações climáticas, e em particular os aumentos projetados da temperatura do ar, é expectável (não obstante a situação atual de vulnerabilidade relativamente reduzida que se verifica na região do Algarve), que as concentrações dos poluentes avaliados possam vir a ultrapassar os limites legais para proteção da saúde humana mais frequentemente ao longo do século XXI, com o consequente aumento dos impactos para a saúde da população da região. A análise da vulnerabilidade atual sustenta esta possibilidade, na medida em que indicia, entre 2010 e 2017, uma tendência para o aumento da concentração atmosférica de partículas PM_{10} (estações de Portimão, Albufeira, Faro e Alcoutim) e de dióxido de enxofre (estações de Faro e Alcoutim). No que respeita às partículas PM_{10}, é importante ainda ter-se em conta que em Portugal, durante os meses de primavera e de verão, pode verificar-se com maior frequência, a ocorrência de partículas na atmosfera provindas de zonas áridas do norte de África (desertos do Sahara e Sahel), sendo a maioria destas partículas de origem natural. As temperaturas elevadas e alta insolação nas regiões mais áridas provocam fortes ventos superficiais e processos de convecção, sendo que a ação erosiva do vento sobre os solos liberta partículas minerais, transportadas a longas distâncias pela circulação atmosférica (DGS, 2018a).

No que respeita a agentes aerobiológicos, começando pelos pólenes, é expectável que as alterações climáticas no Algarve venham a ter impacto em fatores-chave para a época e contagem destes agentes. Assim, as alterações climáticas podem provocar alterações na quantidade de pólenes, que poderão afetar a saúde negativamente (Casimiro et al., 2010). O mês de maio foi o que apresentou na estação de Portimão os valores polínicos absolutos mais elevados, devido à polinização das *Poaceae*, *Olea europaea* e *Quercus suber* (Caeiro et al., 2007). Potenciais alterações nas épocas dos pólenes poderão também vir a alterar os períodos de alergia, não sendo claro que resultem em casos adicionais. Não obstante, os profissionais de saúde poderão ter problemas adicionais em identificar qual o pólen a que o paciente é alérgico. É também possível que estas alterações incluam o alongamento da época dos pólenes, podendo ocorrer também um aumento dos impactos negativos para a saúde (Casimiro et al., 2010).

Finalmente, no que respeita aos esporos de fungos, é provável que o clima futuro mais quente e seco, projetado para a região do Algarve, venha a aumentar o risco de ocorrência destes agentes, e dos efeitos para a saúde associados.

5.

Considerações Finais

Impacto das temperaturas elevadas na saúde humana

Existem nos nossos dias evidências de aumentos da morbilidade e mortalidade associados à ocorrência de temperaturas do ar elevadas, sendo estes impactos agravados por fatores de risco como a idade, a etnia e fatores comportamentais, mas também por dificuldades de aclimatação por parte das populações. No domínio da saúde humana, a ocorrência de temperaturas elevadas representa atualmente o fenómeno mais relevante num contexto de alterações climáticas, antes de mais pela tendência projetada de aumento da temperatura, que se estima afetar cada vez mais o sul do continente europeu. Aliado a este aumento de temperatura, ocorrerá também o aumento da exposição da população a este fenómeno, particularmente durante o período do verão. Esta é uma situação premente na região do Algarve, tendo em conta o seu perfil térmico, caracterizado por um verão quente, com um valor médio mensal das temperaturas máximas de 28°C, nos meses de julho e agosto.

Atualmente, os maiores impactos para a Saúde Pública da exposição às temperaturas elevadas fazem-se sentir de forma mais intensa e de acordo com o modelo desenvolvido, nas áreas do Sotavento Algarvio e interior/Serra Algarvia a leste da Serra de Monchique, destacando-se o município de Alcoutim, onde esta exposição é maior, e agravada por fatores socioeconómicos, tais como a percentagem de população idosa.

Em cenários de alterações climáticas projeta-se, que esta situação se agrave progressivamente ao longo do século, com diferentes níveis de intensidade consoante o cenário considerado, mas com particular destaque para o cenário mais gravoso (i.e., RCP8.5) no período 2071-2100. Nesta situação, os valores de mortalidade associados às temperaturas elevadas podem chegar a representar um acréscimo relativo aos valores observados da totalidade dos óbitos por causas não acidentais de 8% (em Alcoutim), sendo que atualmente a média nos municípios do Algarve se situa em 2%.

Doenças transmitidas por vetores

As doenças transmitidas por vetores (em geral mosquitos) são uma preocupação de Saúde Pública substancial, na medida em que a Organização Mundial de Saúde estima que mais de metade da população mundial esteja atualmente em risco. Todos os anos, mais de mil milhões de pessoas são afetadas e 1 milhão morre, maioritariamente de estrato socioeconómico baixo, devido a Malária, Febre de Dengue, Leishmaniose, Esquistossomose ou doença de Chagas. No século passado, já se identificaram modificações nos padrões geográficos de transmissão da Malária, mas alguns efeitos protetores, como boas condições socioeconómicas das populações, juntamente com a aplicação de medidas preventivas e curativas, originaram o recuo destas doenças. Existem modelos que projetam o aumento dos casos de Malária durante este século, devido às alterações climáticas, mas a situação poderá manter-se sob controlo se forem reforçadas as variáveis socioeconómicas. Pelo contrário, a proliferação da Febre de Dengue é também favorecida pelas alterações climáticas, mas as medidas de controlo e de melhoria de qualidade de vida são menos eficazes nesta doença, podendo mesmo vir a afetar países desenvolvidos. As espécies de mosquitos das subfamílias *Anophelina* e *Culicinae* possuem capacidade para transmitir as doenças acima referidas.

Na região do Algarve, a presença de mosquitos de espécies pertencentes a estas famílias tem sido detetada em todos os municípios. Por exemplo, os mosquitos da espécie *Cullex Pipiens* possuem a capacidade de transmitir a Febre do Nilo Ocidental, tendo sido detetado recentemente um caso na região Algarvia. Outra espécie de mosquito preocupante é o *Aedes aegypti,* importante vetor da Febre de Dengue e responsável pelo surto desta doença na ilha da Madeira em 2012-2013, embora esta espécie não seja atualmente detetada no Algarve.

No que respeita à Febre do Nilo Ocidental, existem atualmente condições climáticas favoráveis à ocorrência desta doença nos municípios do Algarve entre abril e novembro, embora o risco seja maior em julho e agosto. Relativamente à Febre de Dengue, existem atualmente condições favoráveis ao desenvolvimento desta doença nos municípios do Algarve entre maio e outubro, embora o risco seja também ele maior em julho e agosto. Todavia, nenhuma destas doenças se encontra presente no território do Algarve.

Em cenários de alterações climáticas, projeta-se, por um lado, a diminuição dos dias favoráveis ao desenvolvimento das duas doenças nos meses mais quentes (julho e agosto), devido ao aumento potencial de dias com temperaturas muito elevadas, levando a que nestes meses possam ser ultrapassados os limites das temperaturas favoráveis ao desenvolvimento dos respetivos mosquitos vetores. Por outro lado, projeta-se o aumento da percentagem de dias favoráveis ao desenvolvimento das duas doenças nos restantes meses, excluindo janeiro, fevereiro e dezembro, no caso da Febre do Nilo Ocidental. No caso da Febre de Dengue exclui-se adicionalmente março, abril e novembro no período 2011-2040 (cenário menos gravoso), mas projeta-se que este intervalo se possa alargar progressivamente ao longo do século, com transferência dos períodos mais críticos, do verão para os meses das estações adjacentes.

Poluição Atmosférica

A exposição à poluição atmosférica deve ser encarada como um dos vários fatores de risco que contribuem para o desenvolvimento de doenças crónicas e, no limite, para a morte. Este tipo de poluição define-se como um conjunto de gases - Ozono (O_3), Dióxido de Azoto (NO_2), Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Enxofre (SO_2). Abrange também as Partículas $PM_{2.5}$ e PM_{10}, e os agentes aerobiológicos (Pólenes e Esporos de Fungos), em suspensão, onde cada um destes constituintes pode ser responsável por um efeito específico na saúde humana. Assim, as partículas $PM_{2.5}$ contribuem principalmente para o acréscimo da mortalidade por doenças cardiovasculares, doença pulmonar obstrutiva crónica e, embora com menos relevância, cancro do pulmão; existe uma forte associação entre ozono, partículas PM_{10}, dióxido de azoto, e doenças do foro respiratório; o dióxido de enxofre encontra-se associado ao aumento do risco de doença cardiovascular. No que respeita aos pólenes, a urbanização, os elevados níveis de emissões de veículos e os estilos de vida ocidentais, contribuem para o aumento da frequência de alergias respiratórias induzidas por estes agentes aerobiológicos. Para além dos efeitos diretos, nas cidades Mediterrânicas, é frequente a presença de poluentes atmosféricos como o dióxido de azoto, partículas PM_{10} e ozono, os quais possuem um efeito sinergístico de alergia respiratória com os pólenes. Quanto ao impacto

dos esporos de fungos na saúde humana, este depende do tipo de esporos. Algumas espécies não causam qualquer efeito, mas a maioria possui potencial alérgico.

A análise das medições de concentrações atmosféricas de dióxido de azoto, partículas PM_{10} e $PM_{2.5}$, ozono e dióxido de enxofre, registadas entre 2010 e 2017 nas estações de monitorização da qualidade do ar do território do Algarve, permitiu avaliar a vulnerabilidade atual nesta região.

A este nível, verificou-se a ultrapassagem dos valores definidos legalmente para a proteção da saúde humana, no que respeita à concentração de partículas PM_{10}, na estação de Portimão, em 2011. Também no que respeita ao ozono, as estações de Alcoutim e Faro ultrapassaram o valor alvo para proteção da saúde humana em mais de 25 dias por ano, em 2012 e 2013 (Alcoutim) e em 2013 (Faro), e o limiar de informação deste poluente (valor para o qual é necessário informar a população) foi excedido na estação de Albufeira, em 2016. Nos restantes poluentes, não ocorreram ultrapassagens dos valores definidos para a proteção da saúde humana. Todavia, é de salientar, no que respeita às partículas PM_{10}, uma tendência para o aumento gradual dos valores máximos anuais de concentração destas partículas nas 4 estações de medição do Algarve, entre 2010 e 2016 (não obstante algumas flutuações nos valores ao longo dos anos).

Tendência similar foi observada nos valores máximos das concentrações de dióxido de enxofre, em particular nas estações de Faro e Alcoutim, entre 2014 e 2017. É ainda de notar que os dispositivos de medição dos poluentes chegaram a estar fora de serviço (com exceção das partículas PM_{10}) por períodos entre 1 ano e 5 anos (este último na medição das concentrações de dióxido de enxofre na estação de Albufeira), originando interrupções nas séries de dados. O nível de eficiência das medições (percentagem das medições validadas) apresentou frequentemente valores muito reduzidos, que chegaram, por exemplo, a 0% na medição de partículas PM_{10} em 2017, nas estações de Alcoutim, Albufeira e Faro. No que respeita aos pólenes, o Algarve possui padrões muito semelhantes a outras cidades costeiras do sul da Europa. Por exemplo, o pólen de oliveira, predominante na atmosfera de Portimão, é igualmente o tipo maioritário no espectro polínico de Málaga e Estepona, na região da Andaluzia. Apesar de localizada no litoral, Portimão apresenta atualmente níveis de pólen elevados, situação relacionada com a forte influência dos ventos de norte e nordeste, que transportam elevadas cargas polínicas ao atravessarem as serras algarvias, sendo geralmente no mês de maio que se verificam, atualmente, os valores polínicos mais elevados. No que respeita a esporos de fungos, as concentrações mais elevadas registam-se entre o final da primavera e o outono, com o índice mais elevado em outubro noutros locais do país.

Relativamente à vulnerabilidade futura à poluição atmosférica na região do Algarve, tendo em conta o contexto de alterações climáticas, e em particular os aumentos projetados da temperatura do ar, é expectável que as concentrações dos poluentes avaliados possam vir a ultrapassar os limites legais para proteção da saúde humana mais frequentemente ao longo do século XXI, com o consequente aumento dos impactos para a saúde humana na região.

No que respeita a agentes aerobiológicos, e começando pelos pólenes, é provável que as alterações climáticas no Algarve venham a ter impacto em fatores chave para a época e contagem destes agentes. Assim, as alterações climáticas projetadas podem provocar o aumento da carga

polínica na atmosfera. Potenciais alterações nas épocas dos pólenes poderão também vir a alterar os períodos de alergia, não sendo claro que resultem em casos adicionais. Se estas alterações incluírem o alongamento da época dos pólenes, então ocorrerá também um aumento dos impactos negativos para a saúde da população. Finalmente, no que respeita aos esporos de fungos, é provável que o clima futuro, mais quente e seco, projetado para a região do Algarve, venha a aumentar o risco de ocorrência destes agentes, e dos efeitos associados para a saúde da população.

6.

Bibliografia

Almeida, E., Caeiro, E., Todo-Bom, A., Ferro, R., Dionísio, A., Duarte, A., Gazarini, L., 2018. The influence of meteorological parameters on Alternaria and Cladosporium fungal spore concentrations in Beja (Southern Portugal): preliminary results. Aerobiologia (Bologna). 34, 219–226. https://doi.org/10.1007/s10453-018-9508-8

APA, 2014. QualAr - Base de Dados Online sobre Qualidade de Ar. Área Metrop. Lisboa Norte.

APA, Denário, FCUL, 2015. Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (ENAAC 2020). Agência Portuguesa do Ambiente.

ARS Algarve, 2015. Perfil Regional de Saúde do Algarve.

Basu, R., Samet, J., 2002. Relation between Elevated Ambient Temperature and Mortality: A Review of the Epidemiologic Evidence. Epidemiol. Rev. 24, 190–202. https://doi.org/10.1093/epirev/mxf007

Bentes, M., Dias, C., Sakellarides, C., Bankauskaite, V., 2004. Health care systems in transition: Portugal. Copenhagen.

Caeiro, E., Brandao, R., Carmo, S., Lopes, L., Morais de Almeida, M., Gaspar, A., Ferraz Oliveira, J., Todo Bom, A., Leitao, T., Nunes, C., 2007. The Portuguese Aerobiology Network: Airborne pollen results (2002-2006). Rev Port Imunoalergol 15, 235–250.

Carvalho, A., Monteiro, A., Solman, S., Miranda, A.I., Borrego, C., 2010. Climate-driven changes in air quality over Europe by the end of the 21st century, with special reference to Portugal. Environ. Sci. Policy 13, 445–458. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envsci.2010.05.001

Casanova, M.L., Bravo, A., Martinez-Palacio, J., Fernandez-Acenero, M.J., Villanueva, C., Larcher, F., Conti, C.J., Jorcano, J.L., 2004. Epidermal abnormalities and increased malignancy of skin tumors in human epidermal keratin 8-expressing transgenic mice. Faseb J 18, 1556–1558. https://doi.org/10.1096/fj.04-1683fje

Casimiro, E., Almeida, S., Gomes, A., 2010. Plano estratégico de Cascais face às alterações climáticas - Sector Saúde.

Casimiro, E., Calheiros, J., Santos, F.D., Kovats, S., 2006. National assessment of human health effects of climate change in Portugal: approach and key findings. Environ. Health Perspect. 114, 1950–1956.

Chen, K., Zhou, L., Chen, X., Ma, Z., Liu, Y., Huang, L., Bi, J., Kinney, P.L., 2016. Urbanization Level and Vulnerability to Heat-Related Mortality in Jiangsu Province, China. Environ. Health Perspect. 124, 1863–1869. https://doi.org/10.1289/EHP204

CSDS, 2015. GeoDa - An Introduction to Spatial Data Analysis. Cent. Spat. Data Sci.

D'Amato, G., Baena-Cagnani, C.E., Cecchi, L., Annesi-Maesano, I., Nunes, C., Ansotegui, I., D'Amato, M., Liccardi, G., Sofia, M., Canonica, W.G., 2013. Climate change, air pollution and extreme events

leading to increasing prevalence of allergic respiratory diseases. Multidiscip. Respir. Med. 8, 12. https://doi.org/10.1186/2049-6958-8-12

DGS, 2018a. Partículas de origem natural - eventos naturais.

DGS, 2018b. Ondas de Calor.

DGS, 2015a. Perfis Locais de Saúde - ARS Algarve.

DGS, 2015b. Plano Nacional de Saúde - revisão e extensão a 2020.

DGS, 2015c. Plano Nacional de Saúde e Estratégias Locais de Saúde.

ECA&D, 2018. E-OBS gridded dataset.

ESRI, 2018. Environmental Systems Research Institute.

EURO-CORDEX, 2018. EURO-CORDEX - Coordinated Downscaling Experiment - European Domain.

Ferro, R., Nunes, C., Caeiro, E., Camacho, I., Paiva, M., Morais-Almeida, M., 2018. Aeromicologia de Lisboa e a sua relação com os fatores meteorológicos . Rev. Port. Imunoalergologia .

Filho, L., Azeiteiro, W., Ulisses, M., Alves, F. (Eds.), 2016. Climate Change and Health - Improving Resilience and Reducing Risks. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24660-4

Fotheringham, A.S., Brunsdon, C., Charlton, M.C.N.-G. 21. . F. 2002, 2002. Geographically weighted regression: the analysis of spatially varying relationships. Wiley, Chichester, England ; Hoboken, NJ, USA.

Fouillet, A., Rey, G., Laurent, F., Pavillon, G., Bellec, S., Guihenneuc-Jouyaux, C., Clavel, J., Jougla, E., Hémon, D., 2006. Excess mortality related to the August 2003 heat wave in France. Int. Arch. Occup. Environ. Health 80, 16–24. https://doi.org/10.1007/s00420-006-0089-4

Gomes, E., Capinha, C., Rocha, J., Sousa, C., 2016. Mapping Risk of Malaria Transmission in Mainland Portugal Using a Mathematical Modelling Approach. PLoS One 11, e0164788. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0164788

Hay, L.E., Wilby, R.L., Leavesley, G.H., 2000. A comparison of delta change and downscaled GCM scenarios for three mountainous basins in the United States. J. Am. Water Resour. Assoc. 36, 387–397.

INSA, 2018. REVIVE - Rede de vigilância de vetores [WWW Document].

IPCC, 2012. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. https://doi.org/10.1017/CBO9781139177245

IPMA, 2018. IPMA - O que é a onda de calor. https://doi.org/10.1016/S0031-9201(97)00022-8

Kovats, S., Europe, W.H.O.R.O. for, 2000. Climate Change and Stratospheric Ozone Depletion: Early Effects on Our Health in Europe, Employment & Social Affairs. Employment and European Social. WHO Regional Office for Europe.

Li, T., Ban, J., Horton, R.M., Bader, D.A., Huang, G., Sun, Q., Kinney, P.L., 2015. Heat-related mortality projections for cardiovascular and respiratory disease under the changing climate in Beijing, China. Sci. Rep. 5. https://doi.org/10.1038/srep11441

Loughnan, M., Nicholls, N., Tapper, N.J., 2012. Mapping Heat Health Risks in Urban Areas. Int. J. Popul. Res. 2012, 1–12. https://doi.org/10.1155/2012/518687

Malmqvist, E., Oudin, A., Pascal, M., Medina, S., 2018. Choices Behind Numbers: a Review of the Major Air Pollution Health Impact Assessments in Europe. Curr. Environ. Heal. Reports 5, 34–43. https://doi.org/10.1007/s40572-018-0175-2

Maynooth University, 2018. Geographically Weighted Modelling.

Nogueira, L., Mesquita, S., 2017. Avaliação da Qualidade do Ar na região de Lisboa e Vale do Tejo em 2016. Lisboa.

Nogueira, P.J., Falcão, J.M., Contreiras, M.T., Paixão, E., Brandão, J., Batista, I., 2005. Mortality in Portugal associated with the heat wave of August 2003: early estimation of effect, using a rapid method. Euro Surveill. Bull. Eur. Sur Les Mal. Transm. = Eur. Commun. Dis. Bull. 10, 150–153.

Nunes, A., Silva, A., Baptista, M., Valente, C., Magalhães, M., Antunes, L., Araújo, D., 2014. Surto de dengue na Madeira: o contexto, a vigilância epidemiológica e entomológica. Saúde em Números.

Oliveira, A., Cabral, A.J.R., Mendes, J.M., Martins, M.R.O., Cabral, P., 2015. Spatiotemporal analysis of the relationship between socioeconomic factors and stroke in the Portuguese mainland population under 65 years old. Geospat. Health 10. https://doi.org/10.4081/gh.2015.365

Oliveira, M.A.F.P. de, 2015. Avaliação Espacial da Influência dos Factores Socioeconómicos na Mortalidade por Acidente Vascular Cerebral na População de Portugal Continental.

Patz, J.A., McGeehin, M.A., Bernard, S.M., Ebi, K.L., Epstein, P.R., Grambsch, A., Gubler, D.J., Reither, P., Romieu, I., Rose, J.B., Samet, J.M., Trtanj, J., 2000. The potential health impacts of climate variability and change for the United States: executive summary of the report of the health sector of the U.S. National Assessment. Environ. Health Perspect. 108, 367–376.

Pfeiffer, D.U., Robinson, T.P., Stevenson, M., Stevens, K.B., Rogers, D.J., Clements, A.C.A., 2008. Spatial Analysis in Epidemiology.

Requia, W.J., Adams, M.D., Arain, A., Papatheodorou, S., Koutrakis, P., Mahmoud, M., 2018. Global Association of Air Pollution and Cardiorespiratory Diseases: A Systematic Review, Meta-Analysis, and Investigation of Modifier Variables. Am. J. Public Health 108, S123–S130. https://doi.org/10.2105/AJPH.2017.303839

Samy, A.M., Elaagip, A.H., Kenawy, M.A., Ayres, C.F.J., Peterson, A.T., Soliman, D.E., 2016. Climate Change Influences on the Global Potential Distribution of the Mosquito Culex quinquefasciatus, Vector of West Nile Virus and Lymphatic Filariasis. PLoS One 11, e0163863. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163863

Seltenrich, N., 2015. Between Extremes: Health Effects of Heat and Cold. Environ. Health Perspect. 123. https://doi.org/10.1289/ehp.123-A275

Smith, K.R., Woodward, A., Campbell-Lendrum, D., Chadee, D.D., Honda, Y., Liu, Q., Olwoch, J.M., Revich, B., Sauerborn, R., 2014. Human health: impacts, adaptation, and co-benefits, in: Field, C.B., Barros, V.R., Dokken, D.J., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Bilir, T.E., Chatterjee, M., Ebi, K.L., Estrada, Y.O., Genova, R.C., Girma, B., Kissel, E.S., Levy, A.N., MacCracken, S., Mastrandrea, P.R., White, L.L. (Eds.), Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 709–754.

SPAIC, 2018. Rede Portuguesa de Aerobiologia.

Walker, J., 2009. When air is the same temperature as our body, why do we feel hot? [WWW Document]. Sci. Am. URL https://www.scientificamerican.com/article/why-people-feel-hot/files/839/why-people-feel-hot.html (accessed 2.19.18).

Weisent, J., Rohrbach, B., Dunn, J.R., Odoi, A., 2012. Socioeconomic determinants of geographic disparities in campylobacteriosis risk: a comparison of global and local modeling approaches. Int. J. Health Geogr. 11, 45. https://doi.org/10.1186/1476-072X-11-45

WHO, 2018. ICD-10 online versions.

WHO, 2013. Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE Project Recommendations for concentration – response functions for cost – benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide, WHO Region. ed. Copenhagen.

Zé-Zé, L., Proença, P., Osório, H.C., Gomes, S., Luz, T., Parreira, P., Fevereiro, M., Alves, M.J., 2015. Human case of West Nile neuroinvasive disease in Portugal, summer 2015. Euro Surveill. Bull. Eur. Sur Les Mal. Transm. = Eur. Commun. Dis. Bull. 20. https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2015.20.38.30024

7.

Equipa Técnica

Coordenação Executiva/Científica
Luís Filipe Dias (CCIAM/cE3c/FCUL)

Coordenação Não Executiva
Filipe Duarte Santos (CCIAM/cE3c/FCUL)

CCIAM/cE3c/FCUL:
Ana Lúcia Fonseca (*Stakeholder Engagement*)
André Oliveira (Saúde humana, Segurança de Pessoas e Bens)
Andreia Ferreira (Segurança de Pessoas e Bens)
Bruno Aparício (Biodiversidade, Clima)
Helena Santos (Agricultura, Florestas)
Hugo Costa (Turismo)
Inês Morais (Recursos Hídricos)
João Pedro Nunes (Recursos Hídricos, Fogos Florestais)
Luís Filipe Dias (Clima, Recursos Hídricos, Segurança de Pessoas e Bens, Ordenamento do Território)
Ricardo Coelho (Energia, Transportes e Comunicações)
Sidney Batista (Clima)
Tomás Calheiros (Fogos Florestais)

CIMA/UAlgarve:
Cristina Veiga-Pires (**Coordenação UAlgarve**)
Delminda Moura (Zonas Costeiras)
Erwan Garel (Cunha Salina)
Flávio Martins (Cunha Salina)
Isabel Mendes (Zonas Costeiras)
João Janeiro (Cunha Salina)
Luciano Junior (Cunha Salina)
Rita Carrasco (Zonas Costeiras)
Ruwan Sampath (Zonas Costeiras)
Susana Costas (Zonas Costeiras)

Bentley Systems Portugal:
David Brito (Cheias e Inundações)
Frank Braunschweig (**Coordenação Bentley**)
Luís Fernandes (Cheias e Inundações)

AMAL Comunidade Intermunicipal do Algarve
POSEUR Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos 2021-20
PORTUGAL 2020
UNIÃO EUROPEIA Fundo de Coesão