

**[ESTA PÁGINA APENAS SERÁ  
INCLUÍDA NA VERSÃO DEFINITIVA  
E PARA O FORMATO ELETRÓNICO]**

MESTRADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO

# Fatores socioeconómicos e ambientais determinantes da mortalidade e morbilidade por doenças respiratórias na Área Metropolitana do Porto

Maria Oliveira Pacheco

**M**

2020



**Maria Oliveira Pacheco**

**Fatores socioeconómicos e ambientais determinantes da  
mortalidade e morbilidade por doenças respiratórias na Área  
Metropolitana do Porto**

Dissertação realizada no âmbito do Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e  
Ordenamento do Território, orientada pela Professora Doutora Ana Monteiro  
e coorientada pela Professora Doutora Helena Madureira

Faculdade de Letras da Universidade do Porto

julho de 2020

**[ESTA PÁGINA SÓ SERÁ INCLUÍDA NA VERSÃO DEFINITIVA]**

Fatores socioeconómicos e ambientais determinantes da  
mortalidade e morbilidade por doenças respiratórias na Área  
Metropolitana do Porto

Maria Oliveira Pacheco

Dissertação realizada no âmbito do Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e  
Ordenamento do Território, orientada pela Professora Doutora Ana Monteiro  
e coorientada pela Professora Doutora Helena Madureira

Membros do Júri

Professor Doutor ....

Faculdade .... - Universidade ...

Professor Doutor ....

Faculdade .... - Universidade ...

Professor Doutor ....

Faculdade .... - Universidade ...

Classificação obtida: .... Valores.

*À minha família.*



# Índice

|   |    |
|---|----|
| Declaração de honra.....  | 7  |
| Agradecimentos.....   | 8  |
| Resumo.....   | 9  |
| Abstract .....  | 10 |
| Índice de figuras .....   | 11 |
| Índice de tabelas .....   | 13 |
| Lista de abreviaturas e siglas.....   | 14 |
| 1. Introdução .....   | 15 |
| 1.1. Objetivos .....  | 16 |
| 1.2. Estrutura do trabalho .....  | 18 |
| 1.3. Metodologia .....  | 20 |
| 2. Enquadramento teórico .....  | 24 |
| 2.1. Doenças respiratórias e relação com fatores socioeconómicos e ambientais.....  | 27 |
| 2.2. Associação entre os fatores socioeconómicos e ambientais na prevalência de patologias respiratórias: importância da definição de áreas de risco no território..... | 38 |
| 3. Caso de estudo: Área Metropolitana do Porto.....   | 42 |
| 3.1. Enquadramento geográfico da área de estudo .....   | 42 |
| 3.2. Caracterização biofísica, socioeconómica e da saúde respiratória na AMP.....   | 44 |
| 4. Construção da carta de risco para a prevalência de doenças respiratórias na população residente na AMP.....  | 71 |
| 4.1. Recolha e tratamento dos dados .....   | 72 |
| 4.2. Seleção das variáveis a integrar a carta de risco .....  | 73 |
| 4.3. Aplicação da metodologia – análise multicritério.....  | 82 |
| 5. Avaliação dos resultados.....  | 86 |
| 6. Considerações finais.....  | 89 |
| Referências bibliográficas .....  | 92 |
| Anexos.....   | 97 |

## **Declaração de honra**

Declaro que a presente dissertação de mestrado é de minha autoria e não foi utilizado previamente noutro curso ou unidade curricular, desta ou de outra instituição. As referências a outros autores (afirmações, ideias, pensamentos) respeitam escrupulosamente as regras da atribuição, e encontram-se devidamente indicadas no texto e nas referências bibliográficas, de acordo com as normas de referenciação. Tenho consciência de que a prática de plágio e auto-plágio constitui um ilícito académico.

Porto, julho de 2020

Maria Oliveira Pacheco

## **Agradecimentos**

Agradeço, em primeiro lugar, aos meus pais, que são o meu maior suporte, que me motivam sempre a dar o meu máximo e a não desistir dos meus objetivos. Se sou o que sou hoje, devo-o essencialmente à educação que me deram e serei eternamente grata por isso.

À minha sobrinha Lília, que é o sol da minha vida e me motiva todos os dias a ser uma pessoa melhor, e a dar o melhor de mim em tudo o que faço.

Agradeço à minha Orientadora, a Professora Doutora Ana Monteiro, assim como à minha Coorientadora, Professora Doutora Helena Madureira, por acreditarem nas minhas capacidades, por me desafiarem sempre a ir mais além no processo e partilha de conhecimento.

À Paula Gonçalves, agradeço por toda a ajuda neste processo da construção da minha dissertação, através das suas sugestões preciosas.

Ao Carlos Miguel Sousa, pela ajuda e companheirismo depositados ao longo de todo o processo de aprendizagem e elaboração da dissertação.

## Resumo

A associação entre a mortalidade e morbidade respiratórias e os fatores biofísicos e ambientais é estudada com frequência pela comunidade científica. No entanto, ainda não foi aprofundada a questão da relação que esta mantém com as fragilidades da população no domínio socioeconómico. O objetivo do presente trabalho passa por identificar as áreas de risco de sobremortalidade e sobremorbidade respiratórias na Área Metropolitana do Porto (AMP), e tendo em conta os fatores que as possam influenciar.

Para tal, foram analisados dados de mortalidade e morbidade por doenças do aparelho respiratório fornecidos pela *Administração Central dos Serviços de Saúde* (ACSS) referentes a 4 hospitais públicos inseridos na AMP, assim como pelo *Instituto Nacional de Estatística* (INE), para um período compreendido entre 2000 e 2015. Todos os restantes dados trabalhados referem-se à mesma série temporal. Os dados referentes a parâmetros climáticos foram obtidos a partir da Estação Meteorológica de Pedras Rubras, e os dados referentes à qualidade do ar obtidos através da plataforma *QUALAR* e da *European Environmental Agency* (EEA). As características físicas do território foram recolhidas na base de dados da *Direção Geral do Território* (DGT) e do *OpenStreetMap* (OSM). Os dados socioeconómicos foram extraídos da plataforma do INE, e dizem respeito aos Censos da População de 2011. Toda informação foi tratada com o auxílio dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), bem como outras ferramentas de apoio à construção de carta de risco de desenvolvimento de doenças respiratórias na AMP.

Os principais resultados deste trabalho indicam que existe uma forte relação entre a ocorrência de doenças respiratórias e os fatores demográficos, principalmente para os grupos etários com idade compreendida entre os 15 e 64 anos e idade igual ou superior a 65 anos, assim como com outras variáveis sociais, como a escolaridade, condições de habitação e fragilidades económicas. Por outro lado, verifica-se ainda uma associação com a poluição atmosférica, assim como com algumas características do território.

A carta de risco de desenvolvimento de doenças respiratórias aplicada na AMP, construída com as variáveis que mais influenciam a detioração da saúde respiratória da população, evidencia que as maiores fragilidades encontrar-se-ão sobretudo nas áreas mais densamente urbanizadas do Grande Porto.

**Palavras-chave:** Mortalidade; Poluição atmosférica; Temperatura; Condições socioeconómicas; Sistemas de Informação Geográfica.

## Abstract

The association between respiratory mortality/morbidity and biophysical and environmental factors has been frequently studied by the scientific community. However, the question of its relationship with the population's weaknesses in the socio-economic domain has not yet been explored. The objective of the present work is to identify the risk areas of respiratory overmortality and overmorbidity applying to the Metropolitan Area of Porto (AMP), and taking into account the factors that may influence it.

Data on mortality/morbidity due to diseases of the respiratory tract were provided by the *Administração Central dos Serviços de Saúde* (ACSS) for 4 public hospitals within the study area, as well as by the *Instituto Nacional de Estatística* (INE), for a period between 2000 and 2015. All other data covered refer to the same time series. The climatic elements were collected from the Meteorological Station of Pedras Rubras, and air quality data was collected from the *QUALAR* platform and the *European Environmental Agency* (EEA). The physical characteristics of the territory were collected in the database of the *Direção Geral do Território* (DGT) and *OpenStreetMap* (OSM). Socioeconomic data were extracted from the INE platform, and refer to the 2011 Census of Population. All information was treated with the help of the Geographic Information Systems (GIS).

The main results indicate that there is a strong relationship between respiratory diseases and demographic factors, especially for the age groups aged between 15 and 64 years old and aged 65 or over, as well as with other social determinants, such as schooling, housing conditions and economic weaknesses. On the other hand, there is also an association with air pollution, as well as with the way the territory is organized.

The risk map applied in AMP, built with the determinants that most influence the deterioration of the population's respiratory health, shows that the greatest weaknesses will be found mainly in the urban centers of the municipality of Porto and Grande Porto.

**Keywords:** Mortality; Air pollution; Temperature; Socioeconomic status; Geographic Information Systems.

## Índice de figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 - Esquema de objetivos gerais e específicos. ....   | 17 |
| Figura 2 - Organograma do trabalho desenvolvido. ....  | 18 |
| Figura 3 – Metodologia desenvolvida no trabalho. ....  | 21 |
| Figura 4 - Número de óbitos pelos 10 principais grupos de causas de morte, 2014. (Fonte: DGS)<br>.....   | 25 |
| Figura 5 - Taxa de mortalidade padronizada por pneumonia, entre a população com idade inferior a 65 anos e idade igual ou superior a 65 anos (Fonte: DGS, 2016. A Saúde dos Portugueses.). ....  | 26 |
| Figura 6 - Mapa da distribuição da cólera, em Londres, no ano de 1854, por John Snow. (Fonte: <a href="https://www.gislounge.com/john-snows-cholera-map-gis-data/">https://www.gislounge.com/john-snows-cholera-map-gis-data/</a> ).....   | 27 |
| Figura 7 - Potenciais efeitos na saúde da variabilidade e alterações climáticas. (PATZ, et al., 2000) .....  | 29 |
| Figura 8 - Consequências da inalação de partículas poluentes no sistema respiratório (adaptado de <a href="https://wribrasil.org.br/pt/blog/2018/07/qual-o-impacto-da-poluicao-do-ar-na-saude">https://wribrasil.org.br/pt/blog/2018/07/qual-o-impacto-da-poluicao-do-ar-na-saude</a> ). ....                            | 30 |
| Figura 9 - Imagem ilustrativa do tamanho das PM <sub>2,5</sub> e PM <sub>10</sub> (Fonte: EPA,2008). ....  | 31 |
| Figura 10 - Esquema de pesquisa por termos, agrupados em 3 grandes grupos. ....  | 34 |
| Figura 11 - Organograma de classificação dos artigos selecionados na pesquisa na plataforma Web of Science. ....   | 34 |
| Figura 12 - Evolução da produção científica anual no âmbito da relação entre os fatores socioeconómicos, e ambientais e a ocorrência de doenças respiratórias.....   | 35 |
| Figura 13 - As 7 principais fontes de publicação e respetiva evolução.....   | 36 |
| Figura 14 - Top 10 autores com maior produção e evolução individual ao longo do tempo. ....  | 37 |
| Figura 15 - Esquema dos SIG (adaptado de CAEIRO, 2013).....  | 39 |
| Figura 16 - A) Enquadramento da AMP no território nacional. B) Enquadramento da AMP na região norte e hospitais públicos em análise. ....  | 42 |
| Figura 17 - A) Gráfico termopluiométrico da estação meteorológica de Pedras Rubras (Porto) na série de 1 de janeiro de 2000 a 31 de dezembro de 2015. Fonte: IPMA; B) Enquadramento da estação meteorológica em análise na área de estudo; C) Enquadramento da estação meteorológica em análise na área envolvente. .... | 44 |
| Figura 18 - Estações de medição de qualidade do ar (QUALAR). ....  | 46 |
| Figura 19 - A) Níveis médios de poluição por O <sub>3</sub> . B) Níveis médio de poluição por NO <sub>2</sub> . C) Níveis médios de poluição por PM <sub>10</sub> . (Fonte dos dados: <i>QUALAR</i> ; <i>EEA</i> ).....  | 48 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 20 - Mapa hipsométrico da AMP.....  | 49 |
| Figura 21 - Mapa de exposição de vertentes. ....   | 50 |
| Figura 22 - Carta de ocupação do solo (2015). ....   | 51 |
| Figura 23 - Rede viária principal da AMP. ....   | 52 |
| Figura 24 - A) População residente na AMP. B) Densidade Populacional na AMP. ....  | 53 |
| Figura 25 - A) Índice de envelhecimento. B) População idosa (com idade igual ou superior a 65 anos). ....  | 54 |
| Figura 26 - População jovem (idade inferior a 15 anos). ....   | 55 |
| Figura 27 - A) População que não sabe ler nem escrever. B) População com Ensino Básico completo. C) População com Ensino Superior completo. ....   | 56 |
| Figura 28 - A) Edifícios construídos até 1960. B) Edifícios construídos entre 1960 e 2011. C) Edifícios a necessitar de reparação. ....  | 57 |
| Figura 29 - A) Famílias com 2 ou mais desempregados. B) Taxa de desemprego. ....   | 58 |
| Figura 30 - A) Distribuição do total de internamentos por GCD4 na AMP. B) Evolução do total de internamentos no período de 2000 a 2015. C) Número de internamentos por habitantes. ....                              | 59 |
| Figura 31 - Número total de internamentos por GCD4 e temperatura média mensal na série temporal de 2000-2015. ....   | 60 |
| Figura 32 - Regressão para a temperatura média com o número de internamentos por GCD4 (2000-2015). ....  | 63 |
| Figura 33 - Sumário do cálculo da relação entre os internamentos e a temperatura média mensal para o período de 2000 a 2015. ....  | 64 |
| Figura 34 - A) Proporção de internamentos por GCD4 do sexo feminino na AMP. B) Proporção de internamentos por GCD4 do sexo masculino, na AMP. C) Internamentos totais por GCD4 entre sexo feminino e masculino. .... | 65 |
| Figura 35 - Internamentos por CGD4 nos concelhos da AMP, por grupos etários. ....  | 66 |
| Figura 36 - Tempo de internamento por GCD4, por concelho da AMP. ....  | 67 |
| Figura 37 - Destino após alta hospitalar (DSP20) - Falecimento, por concelho, na AMP (2000-2015). ....   | 68 |
| Figura 38 - Percentagem de óbitos por LSE 37, sob o total de óbitos registados no período 2000-2015. ....  | 69 |
| Figura 39 - Óbitos gerais mensais por doenças do aparelho respiratório e temperatura média mensal para a AMP, no período de 2000 e 2015. ....  | 70 |
| Figura 40 - Operação final para construção da carta de risco na ferramenta "Raster calculator". ....   | 85 |
| Figura 41 - Carta de risco de desenvolvimento de doenças respiratórias na AMP. ....  | 88 |

## Índice de tabelas

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 - Distribuição mensal dos internamentos por GCD4 na AMP por ano e a média do total (2000 - 2015).....  | 62 |
| Tabela 2 - Evolução dos óbitos por doença respiratória na AMP. ....   | 69 |
| Tabela 3 - Tabela de ponderações e respectivos significados (Mu, et al., 2017). ....  | 71 |
| Tabela 4 -Variáveis selecionadas para construção de modelo explicativo.....   | 73 |
| Tabela 5 - Cálculo da correlação de Pearson entre o total de internamentos por GCD4 entre 2000 e 2015 e as variáveis explicativas previamente selecionadas..... | 78 |
| Tabela 6 - Tabela de coeficientes do 1º modelo de regressão linear. ....  | 79 |
| Tabela 7 - Tabela de coeficientes do 2º modelo de regressão linear. ....  | 80 |
| Tabela 8 - Resumo do Modelo (R-Quadrado e Teste de significância global - Teste F) .....  | 81 |
| Tabela 9 - Teste ANOVA do modelo construído.....  | 81 |
| Tabela 10 - Variáveis do modelo explicativo construído para o caso de estudo da AMP e que irão integrar a carta de risco. ....                                  | 81 |
| Tabela 11 – Ponderações finais atribuídas a cada variável. ....   | 84 |

## Lista de abreviaturas e siglas

|      |   |
|------|---|
| AMP  | Área Metropolitana do Porto                 |
| ACSS | Administração Central dos Serviços de Saúde |
| INE  | Instituto Nacional de Estatística           |
| EEA  | <i>European Environmental Agency</i>        |
| DGT  | Direção Geral do Território                 |
| OSM  | <i>OpenStreetMap</i>                        |
| SNS  | Serviço Nacional de Saúde                   |
| AHP  | <i>Analytic Hierarchy Process</i>           |
| HSJ  | Hospital de São João                        |
| HSA  | Hospital de Santo António                   |
| HSS  | Hospital Santos Silva                       |
| HPH  | Hospital Pedro Hispano                      |
| DSP  | Destino após alta hospitalar                |
| IPMA | Instituto Português do Mar e da Atmosfera   |
| CHTS | Centro Hospitalar do Tâmega e Sousa         |
| CHMA | Centro Hospitalar do Médio Ave              |
| O3   | Ozono                                       |
| NO2  | Dióxido de azoto                            |
| PM10 | Partículas de diâmetro inferior a 10 um     |
| DPOC | Doença Pulmonar Obstrutiva Crónica          |
| OMS  | Organização Mundial de Saúde                |
| GCD  | Grande Categoria de Diagnóstico             |
| LSE  | Lei Sucinta Europeia                        |

# 1. Introdução

O conceito de vulnerabilidade está relacionado essencialmente com três fatores: a fragilidade, a exposição e a capacidade de intervenção (BIRKMANN, *et al.*, 2013) a determinado fenómeno ou processo físico e/ou natural. É alvo de várias abordagens, dependendo da vertente da Geografia, mas a sua definição também se foi alterando ao longo do tempo. Neste sentido, torna-se importante que se conheça a forma como o conceito se pode abordar quando aplicado no território, e como associá-lo ao “risco”.

As doenças do aparelho respiratório continuam a ocupar o “pódio” das doenças que mais matam a população portuguesa, segundo o último relatório “Retrato de Saúde” publicado pelo *Serviço Nacional de Saúde* (SNS) em 2018, juntamente com as patologias cérebro-cardiovasculares e o cancro. O mesmo relatório afirma ainda que apesar da esperança de vida dos portugueses ter vindo a aumentar, os mesmos vivem agora com um maior número de comorbidades, nomeadamente com doenças respiratórias.

O Programa Nacional para a Prevenção e Controlo do Tabagismo, de 2017, aponta o tabagismo como uma das principais causas de morte por doença respiratória. No entanto, é conhecido que existem outros fatores, entre eles de ordem social, económica e ambiental que contribuem em larga medida para o aumento da suscetibilidade da população a desenvolver este tipo de patologias (AYLIN, *et al.*, 2001; CHAN, *et al.*, 2012; Almendra, *et al.*, 2017; ASTRA, *et al.*, 2019).

Assim, torna-se importante amplificar a análise das vulnerabilidades na saúde da população e conhecer o impacte que diversos fatores têm no aumento da morbilidade e mortalidade. Por outro lado, a espacialização dos dados permite uma maior capacidade de compreender os comportamentos, servindo de suporte à implementação de futuras medidas de adaptação e mitigação dos impactes desses mesmos comportamentos na saúde da população.

No presente trabalho será aplicada a metodologia *Analytic Hierarchy Process* (AHP) tendo como palco o território da AMP, de forma a serem definidas as principais áreas de risco de desenvolvimento/agravamento de patologias do aparelho respiratório, a partir da menor ou menor suscetibilidade socioeconómica e ambiental da população.

## 1.1. Objetivos

A elaboração do presente trabalho tem como objetivo principal a criação de um mapa de risco de desenvolvimento de patologias de foro respiratório na AMP, a partir das determinantes sociais, económicas e ambientais que melhor caracterizam a fragilidade da população da área de estudo.

Assim, o principal propósito da investigação é responder à questão de partida:

*Quais os fatores sociais, económicos e ambientais que caracterizam a suscetibilidade da população da AMP a desenvolver doenças respiratórias?*

Para responder à questão de partida, foi selecionado um conjunto de objetivos específicos que dessem suporte ao objetivo inicial, nomeadamente (Figura 1):

- Identificar variáveis sociais, económicas e ambientais que determinam a prevalência das doenças respiratórias (revisão da Literatura).
- Mapear e avaliar a distribuição geográfica da prevalência das patologias do foro respiratório na AMP.
- Construir o modelo explicativo da prevalência das doenças respiratórias no contexto social, económico e ambiental da AMP a partir de procedimentos da análise estatística espacial e num processo de retroalimentação.
- Construir a carta de privação socioeconómica e ambiental para as doenças respiratórias na AMP.

Todas as evidências científicas recolhidas sobre a temática abordada no presente trabalho e que serviram de suporte para os passos seguintes, foram tratadas e selecionadas previamente nas bases de dados *Endnote/Mendeley*, e posteriormente, uma parte das mesmas foram tratadas no *software R*.

Por outro lado, todo o processo de concretização dos objetivos estipulados foi

elaborado com a ajuda das várias ferramentas, designadamente o *ArcGIS* e *ArcGIS Pro*, que aqui possuem um papel essencial de aplicação dos conhecimentos adquiridos ao longo do percurso académico. Esta ferramenta contribuiu para a delineação da carta de risco de incidência de doenças respiratórias de acordo com os fatores sociais, económicos e ambientais que melhor caracterizam a vulnerabilidade da população da área de estudo.

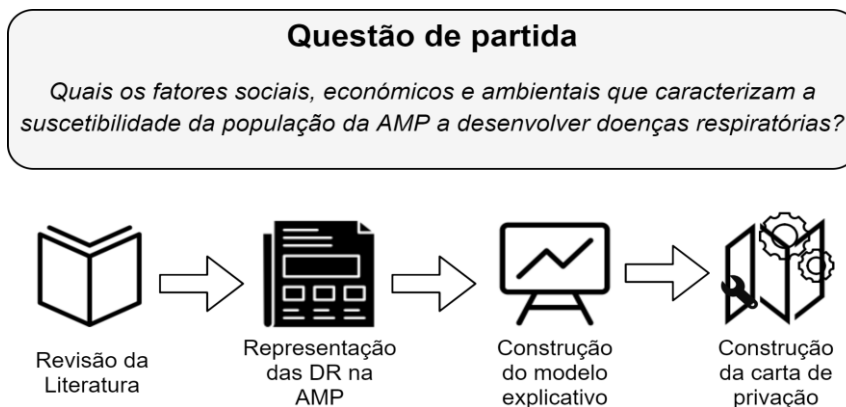


Figura 1 - Esquema de objetivos gerais e específicos.

O contributo que se pretende dar ao meio científico foca-se essencialmente no fortalecimento da importância do mapeamento dos riscos na saúde e do conhecimento generalizado dos fatores que poderão estar relacionados com a sobremorbilidade e sobremortalidade, numa perspetiva holística.

No caso das doenças do aparelho respiratório é importante também o reconhecimento de que existem também fatores que desempenham um papel determinante, ainda que de forma indireta, no aumento da suscetibilidade a desenvolver doenças por parte da população, nomeadamente os contextos económicos desfavoráveis ou ainda a questão da literacia e do risco que decorre da desinformação.

Desta forma, e motivando a utilização das ferramentas SIG, é também um objetivo do trabalho o de incluir esta ferramenta no diagnóstico das condições de saúde e na adoção de medidas de mitigação e adaptação das mudanças que estão a ocorrer no nosso planeta.

Por fim, a partir dos resultados obtidos com o presente trabalho é também nosso propósito o de fortalecer o papel dos SIG no apoio à tomada de decisão por parte dos responsáveis de gestão dos serviços de saúde e encorajar a que as medidas tomadas possuam uma visão multidisciplinar, sobretudo adequada às realidades de cada território.

## 1.2. Estrutura do trabalho

A população está exposta diariamente a um conjunto de riscos que podem contribuir para o surgimento de variadas doenças, nomeadamente as doenças do aparelho respiratório (Figura 2; ANEXO 1).

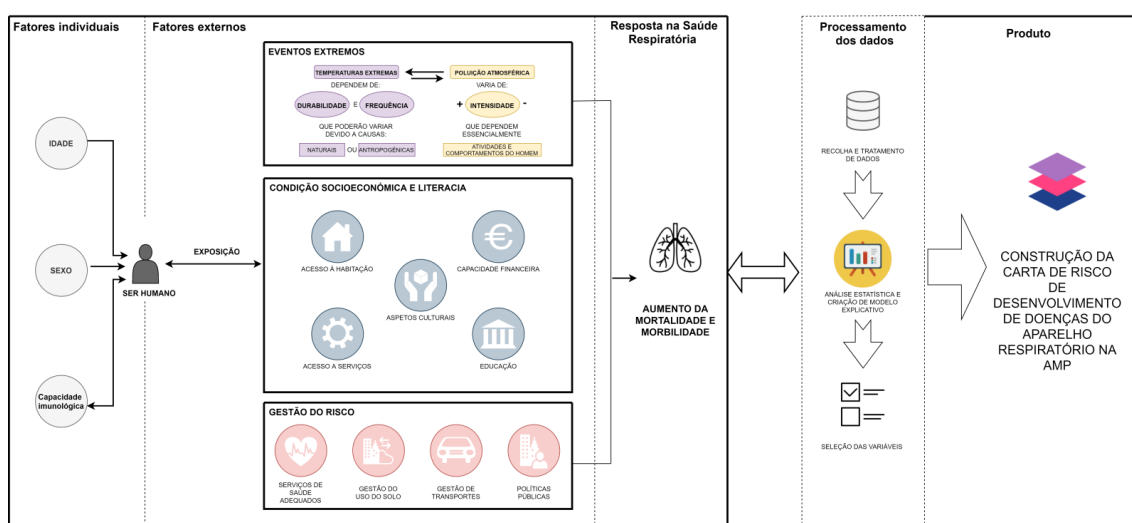


Figura 2 - Organograma do trabalho desenvolvido.

É conhecido que existem vários fatores que propiciam o desenvolvimento de patologias respiratórias, nomeadamente a predisposição individual de cada um de nós para vir a sofrer este tipo de doenças, a partir de condições como a idade, o sexo, ou a capacidade imunológica.

Por outro lado, os fatores ambientais, como a variabilidade natural e cíclica do clima, mas também as alterações na severidade e frequência de eventos climáticos extremos, devido à ação do Homem, poderão colocar a população num contexto de risco acrescido. É sabido que a poluição atmosférica produz também efeitos na saúde respiratória da população, pelo que a sua presença e intensidade se relacionada essencialmente com os comportamentos do Homem e grau de exposição individual aos vários compostos poluentes.

Por fim, embora seja uma associação aprofundada mais recentemente, é hoje amplamente reconhecido que existe uma relação entre as patologias respiratórias e a

conjuntura socioeconómica que cada indivíduo vive, assim como o contexto geográfico em que se insere e a forma como este é gerido, a partir do uso do solo, gestão dos transportes e as práticas de construção utilizadas.

Neste sentido, o presente trabalho irá apresentar uma das possíveis formas de representação da fragilidade socioeconómica e ambiental da população e como esta vulnerabilidade pode ser relacionada com a saúde respiratória, a partir da utilização da ferramenta SIG como apoio a tomada de decisão.

O primeiro capítulo irá abordar os principais conceitos sobre a temática estudada, a partir da introdução ao tema e da metodologia a ser utilizada ao longo do trabalho. Este capítulo é também importante para contextualizar qual o estado da arte no que diz respeito ao estudo da relação entre os fatores socioeconómicos, biofísicos e ambientais e respetivos impactes na saúde respiratória da população. Tudo isto para compreender quais os passos que a temática tem dado na investigação ao longo do tempo e quais os principais autores que escrevem sobre a mesma. Da mesma forma, serão também abordadas quais as principais metodologias utilizadas para representar cartograficamente as principais áreas de risco, e qual a metodologia selecionada para o caso de estudo.

O segundo capítulo irá apresentar a aplicação da metodologia selecionada, a partir de uma primeira contextualização geográfica da área de estudo. Seguidamente, serão apresentados os dados de entrada, bem como todo o processo de seleção dos mesmos, a partir da criação do modelo explicativo para o contexto da AMP com recurso à estatística espacial. É também explicado todo o método de tratamento das variáveis para uma posterior construção da carta de risco. O capítulo é finalizado com a avaliação dos resultados a partir do cruzamento desta mesma carta de suscetibilidade, com os dados de mortalidade e internamentos por doenças do aparelho respiratório a partir uma análise estatística mais profunda.

Sempre com o objetivo de tentar provar a relação entre a suscetibilidade socioeconómica e ambiental, com a incidência de doenças respiratórias, bem como a importância da definição de áreas de risco para a implementação de futuras medidas de adaptação e mitigação, no final do presente trabalho serão abordadas as principais conclusões, assim como a proposta de possíveis desenvolvimentos futuros.

### 1.3. Metodologia

A execução do presente trabalho e respetivo cumprimento dos objetivos teve o apoio de vários *softwares* que permitiram a recolha, tratamento, organização e manipulação dos dados sujeitos a análise. Neste sentido, foi possível pôr em prática os conhecimentos adquiridos ao longo do Mestrado nas mais diversas fases da pesquisa, e também utilizar os *softwares* abordados ao longo dos últimos dois anos (*Figura 3*).

A primeira etapa do trabalho consistiu na recolha de bibliografia e evidências científicas que pudessem sustentar a questão de partida e que tratem a relação entre a privação socioeconómica e ambiental, bem como a incidência de doenças respiratórias na população que foi elaborada, na plataforma *Web of Science*. Para esta primeira etapa, as ferramentas *Endnote* e *Mendeley*, que constituíram duas bases gestoras de bibliografia, permitiram a organização das evidências científicas recolhidas. Nestas bases de dados foi possível fazer uma leitura de todos os artigos resultantes da pesquisa, por forma a eliminar aqueles que não respondessem à questão de partida inicial, na tentativa de recolher apenas e só os que tratassem a relação entre clima, poluição atmosférica e condições socioeconómicas, como determinantes de ocorrência de doenças respiratórias.

A plataforma *Mendeley*, para além de dar a possibilidade de tratar a recolha de bibliografia, permitiu também preparar a base de dados para posterior tratamento, e auxiliar na elaboração de uma *revisão sistemática*, onde foi realizada uma análise estatística dos principais autores e redes de comunicação que estudam a temática abordada no presente trabalho. Esta análise foi elaborada a partir da utilização dos pacotes *Bibliometrix* e *Biblioshiny*, inseridos no *software R*.

A análise da evolução da produção científica, dos principais autores que escrevem sobre o tema – e se são frequentes ou se existe uma grande diversidade de autores – assim como das principais revistas e palavras-chave utilizadas, consistiu num processo crucial para a compreensão dos fluxos de conhecimento nesta temática. Esta metodologia deu ainda suporte para sustentar o desenvolvimento do presente trabalho, na tentativa de fortalecer a ideia de uma visão holística dos fatores que possam estar na origem da ocorrência de doenças respiratórias, bem como a importância de espacializar a sua

prevalência no território, por forma a definir padrões que possam auxiliar na tomada de decisão.

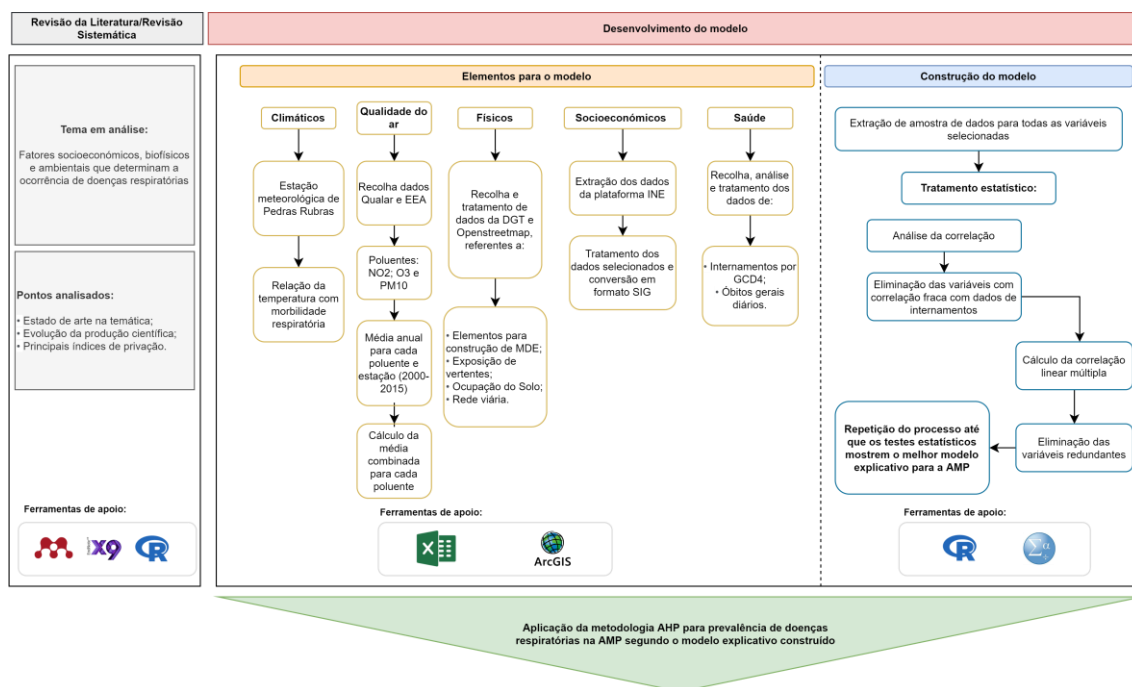


Figura 3 – Metodologia desenvolvida no trabalho.

Por outro lado, e de forma paralela à primeira etapa, foi também reunido um conjunto de bibliografia com as principais metodologias de índices de privação, de forma a permitir analisar as vantagens e desvantagens que possuem entre si, assim como seleccionar a que melhor se adequasse ao contexto da área de estudo e aos dados disponíveis.

Após estruturar o esquema conceptual da temática estudada, foi possível passar à fase da selecção da área de estudo e da metodologia a utilizar para a criação da carta de suscetibilidade. Foram assim reunidos e tratados os dados que seriam as variáveis a inserir nesta carta, de acordo com o suporte teórico anteriormente recolhido, para que sustentasse todas as escolhas. Com o auxílio da plataforma do INE foi possível recolher as variáveis socioeconómicas, desagregadas à escala da freguesia, que pudessem integrar a carta e se adequassem ao contexto da área de estudo. Estas foram posteriormente tratadas no software *Excel*, numa primeira fase, para que finalmente fossem inseridas na ferramenta

*ArcMap* e espacializadas.

A análise da morbidade e mortalidade respiratórias teve como base os dados de internamentos diários pela Grande Categoria de Diagnóstico das doenças do aparelho respiratório (GCD4), desagregados por freguesia, no período compreendido entre 2000 e 2015. Estes dados foram cedidos pela ACSS e representam os internamentos em quatro hospitais públicos da AMP – Centro Hospitalar Universitário de São João (CHUSJ), Hospital de Santo António (HSA), Hospital Santos Silva (HSS) e Hospital Pedro Hispano (HPH).

Os dados de mortalidade foram cedidos pelo INE, e referem-se aos óbitos diários por doença respiratória, desagregados por concelho, compreendendo a mesma série temporal. Foram utilizados para uma descrição do contexto da área de estudo, uma vez que o nível de desagregação não permitiu uma análise mais aprofundada. A mortalidade foi ainda avaliada a partir de um dos indicadores presentes nos dados fornecidos pela ACSS, que dizem respeito ao Destino Após Alta Hospitalar (DSP) como falecimento. Embora não representasse inteiramente a mortalidade, já que se refere apenas às mortes decorrentes de um internamento, foi útil para compreender onde se concentram e qual a possível explicação para a sua evolução.

Todos os dados de saúde foram tratados com a ferramenta *Excel* e posteriormente trabalhados para serem integrados nos *SIG*, por forma a serem representados graficamente e possibilitarem a análise espacial dos padrões existentes na área de estudo.

No que se refere aos dados ambientais utilizados, foram recolhidos dados climáticos e de qualidade do ar. Os primeiros foram fornecidos pelo *Instituto Português do Mar e da Atmosfera* (IPMA), para a estação meteorológica de Pedras Rubras, situada junto ao Aeroporto Francisco Sá Carneiro. Apesar da série temporal dos registos ser mais extensa, foram apenas utilizados os registos de temperatura mínima, máxima e média, para o período compreendido entre 2000 e 2015, já que corresponde ao período em análise da morbidade e mortalidade por doenças respiratórias.

Os dados de qualidade do ar foram recolhidos a partir dos registos das estações de medição oficiais existentes dentro da área de estudo e na área envolvente, cujos dados são fornecidos pela base de dados *QUALAR*, uma iniciativa desenvolvida pela *Agência*

*Portuguesa do Ambiente* (APA). Para colmatar algumas falhas de valores para algumas estações, foram também utilizados os dados fornecidos pela *EEA* referentes à qualidade do ar e disponíveis para o período de 2006 e 2014, sendo que por essa razão foi apenas possível trabalhar os dados referentes a esse período de tempo. Os poluentes selecionados para o estudo foram o ozono (O<sub>3</sub>), o dióxido de azoto (NO<sub>2</sub>) e as micropartículas de diâmetro inferior a 10 micrómetros (PM<sub>10</sub>), uma vez que apresentam registos mais completos para as estações selecionadas.

O tratamento dos dados ambientais foi realizado com o auxílio das ferramentas *Excel* e *ArcMap*, correspondendo à organização e espacialização dos dados em SIG, respetivamente.

A análise da relação entre a temperatura e saúde respiratória foi realizada com o apoio do *software R*, a partir da aplicação de conhecimentos estatísticos que permitissem sustentar a associação dos dois fatores, uma vez que o mapeamento dos dados climáticos não seria suficiente para adicionar à carta de risco.

A construção do modelo explicativo da prevalência das doenças respiratórias na AMP foi realizada com a ajuda do *software SPSS* para encontrar o melhor conjunto de variáveis que explicasse a suscetibilidade da população da AMP, como mais à frente será possível aprofundar. Este foi um processo iterativo, que sofreu um conjunto de procedimentos até que o modelo se ajustasse ao contexto territorial. Uma vez que algumas das variáveis possuíam formatos diferentes (matriciais), foi necessário criar uma amostra dos dados de todas as variáveis, a partir de pontos aleatórios criados na área de estudo. Esses dados foram exportados para formato *Excel* e tratados finalmente no *software SPSS*.

Desta forma, ao possuir todos os dados de entrada adequados para o contexto da área de estudo e nos formatos adequados para a ferramenta do *ArcMap*, procedeu-se à construção da carta de privação para a AMP, seguindo a metodologia selecionada e aplicando o conhecimento adquirido ao longo do Mestrado.

## 2. Enquadramento teórico

### **Doenças do aparelho respiratório: relevância do tema**

As doenças do aparelho respiratório têm vindo a constituir uma preocupação das grandes organizações internacionais no que diz respeito o seu combate e à diminuição da mortalidade e morbidade por este tipo de patologias. De simples infeções das vias aéreas superiores ou inferiores, como a rinite, sinusite, faringite, ou pneumonia, até a doenças crónicas agudas, tais como a DPOC, asma ou tuberculose, qualquer pessoa poderá vir a sofrer de qualquer alteração ao nível do aparelho respiratório. E isto devido a vários fatores, que serão abordados ao longo do presente trabalho, entre eles os fatores individuais como o sexo, a idade ou a presença de outras comorbidades que possam interferir com o sistema imunitário.

No “*World Health Statistics*” de 2019, publicado pela *OMS*, as doenças respiratórias, nomeadamente as de carácter crónico, são abordadas ao longo de todo o documento com bastante frequência, já que são reconhecidas como uma das principais causas de morte prematura, sendo que este é um problema em todo o mundo.

Descreve-se que existe uma diferença cada vez menor entre a esperança de vida da população do sexo feminino e a população do sexo masculino. No entanto, os segundos apresentam ainda maior suscetibilidade a falecer, por várias doenças dentro das principais causas de morte, nomeadamente nas doenças respiratórias. São ainda identificados vários grupos de risco: as crianças até aos 5 anos, cuja principal causa de morte, em 2017, era por infeções respiratórias agudas (DE MORAES, *et al.*, 2019); e a população entre os 30 e os 70 anos que apresenta elevados valores de mortalidade prematura por doenças respiratórias crónicas.

Por outro lado, um relatório também publicado pela mesma organização internacional, intitulado de *European Health Report*, datado de 2018, dá conta que o objetivo será o de reduzir em 1,5% as mortes prematuras pelas principais causas de morte antes dos 70 anos, nomeadamente as doenças respiratórias crónicas. É novamente confirmado que existe ainda uma grande diferença entre sexos no que diz respeito à incidência destas patologias, assim como entre os vários países europeus que vivem

contextos muito diferenciados, sendo necessário combater esses pontos.

Em Portugal, a situação não é diferente no que diz respeito à mortalidade por doenças do aparelho respiratório, que correspondia, em 2014, à terceira principal causa de morte (Figura 4). Neste sentido, o combate à mortalidade por este tipo de patologias tem sido alvo de programas prioritários por parte da Direção Geral de Saúde, no qual se destaca o Programa Nacional para as Doenças Respiratórias (PNDR).

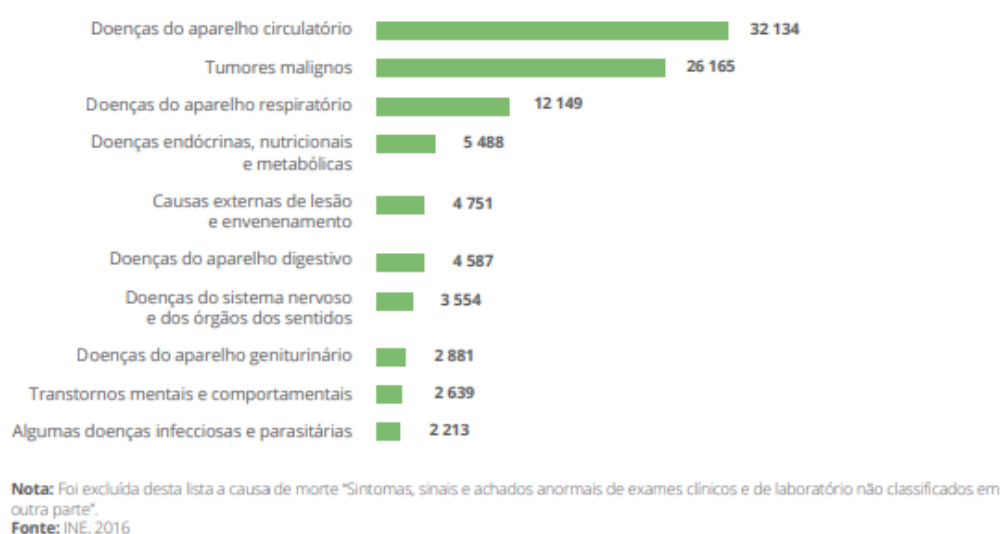


Figura 4 - Número de óbitos pelos 10 principais grupos de causas de morte, 2014. (Fonte: DGS)

No último relatório publicado pela Direção Geral de Saúde (DGS) no âmbito do Programa Nacional para as Doenças Respiratórias (PNDR), em 2017, é reconhecido que a mortalidade por doenças do aparelho respiratório tem tido uma evolução positiva ao longo dos anos, ou seja, a mortalidade por este tipo de patologias tem diminuído gradualmente. No entanto, continuam a constituir uma das principais causas de morte e existe ainda um longo caminho para percorrer. Enquanto que a asma e DPOC apresentam um cenário positivo de diminuição da mortalidade, a pneumonia surge com grande expressividade entre a população, sobretudo acima dos 65 anos (Figura 5).

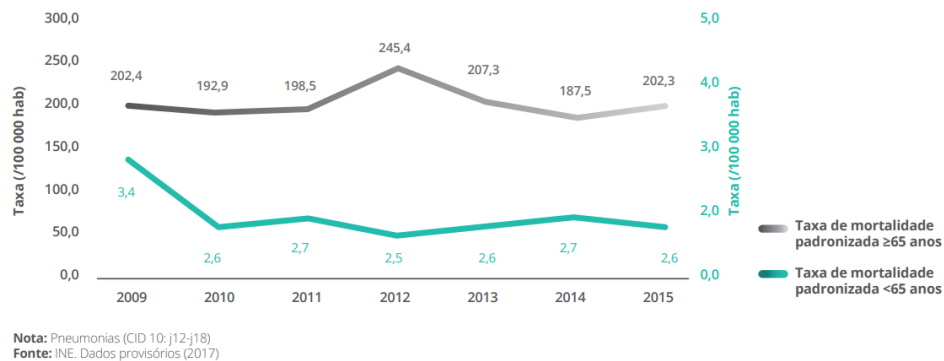


Figura 5 - Taxa de mortalidade padronizada por pneumonia, entre a população com idade inferior a 65 anos e idade igual ou superior a 65 anos (Fonte: DGS, 2016. A Saúde dos Portugueses.).

Desta forma, pode-se dizer que as doenças respiratórias, em conjunto com as doenças cardiovasculares e o cancro, constituem, a nível mundial, um dos maiores desafios na área da saúde para os próximos tempos. É também reconhecido pelas organizações internacionais e pela DGS, em Portugal, que os fatores biológicos e genéticos, tais como o sexo, a idade e a capacidade imunológica, que pode estar associada a outras comorbidades, podem influenciar a suscetibilidade da população.

Assim, quando desagregamos as doenças respiratórias por tipologias, podemos verificar que é também comum um pouco por todo o mundo, e também em Portugal que:

- Os indivíduos do sexo masculino são mais suscetíveis a desenvolvê-las, embora essa diferença se tenha vindo a atenuar e em Portugal não seja tão expressiva;
- Não são apenas os idosos que constituem os grupos de risco: a principal causa de mortalidade infantil a nível mundial é por infeções respiratórias graves. O maior número de mortes por doenças crónicas como a asma e DPOC encontra-se na população com idade compreendida entre os 30 e os 70 anos. A pneumonia, no caso de Portugal, e conseqüentemente o número de mortes por esta doença, encontra-se concentrada na população com idade igual ou superior a 65 anos.

Assim, pode-se concluir que estudar a forma como se desenvolve este tipo de patologias, em que contextos e quais as principais causas, torna-se muito importante no sentido de criar um plano de combate à diminuição da mortalidade e mortalidade.

## 2.1. Doenças respiratórias e relação com fatores socioeconômicos e ambientais

### Epidemiologia: uma introdução ao tema

A Epidemiologia enquanto Ciência que estuda a distribuição das doenças e os fatores que as originam surgiu em meados do século V a.C., tendo sido pela primeira vez descrita por Hipócrates.

No entanto, o primeiro mapa produzido com o intuito de mostrar a distribuição de uma doença – no caso, a cólera – num dado território – Londres – surgiu na segunda metade do século XIX (BONITA, *et al.*, 2010), por *John Snow*, que veio proporcionar um

dos avanços mais importantes na história da Epidemiologia (*Figura 6*).

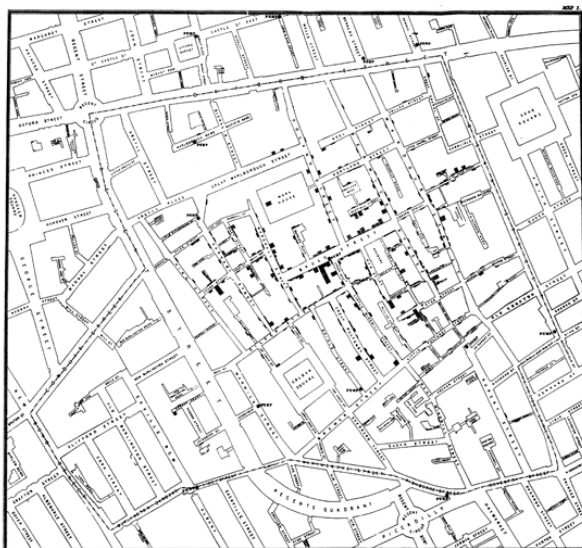


Figura 6 - Mapa da distribuição da cólera, em Londres, no ano de 1854, por John Snow. (Fonte: <https://www.gislounge.com/john-snows-cholera-map-gis-data/>)

Assim, ao longo do tempo, a Epidemiologia tem vindo a conhecer avanços notórios e a demonstrar-se cada vez mais importante na resolução de problemas de saúde pública, a partir da busca de novos mecanismos preditivos da evolução e distribuição de várias doenças, principalmente as que mais afetam a população e cuja amenização dos padrões de mortalidade depende da identificação dos constrangimentos e fatores que as propiciam.

Aqui, “o alvo epidemiológico é sempre uma população humana, que pode ser definida em termos geográficos (...)” (BONITA, *et al.* 2010). Desta forma, no presente projeto será objetivo principal o de, numa primeira fase, encontrar as relações de causalidade entre a mortalidade/morbilidade por doenças respiratórias, e os fatores externos descritos na Literatura como causadores da mesma, aplicando ao caso de estudo da AMP.

## **Relação Clima – Poluição atmosférica – Saúde respiratória**

A associação entre o clima e as doenças respiratórias é antiga, mas ao longo dos anos o caminho da investigação tem vindo a sofrer alterações, no sentido do objetivo principal do estudo da relação entre os dois fatores. Aqui, revela-se importante frisar a diferença entre as variações de temperatura ao longo do ano, que originam uma sazonalidade conhecida pelas estações do ano e, por outro lado, o clima como um sistema que transcende a variabilidade cíclica e natural do estado de tempo, muito influenciada pela atividade humana, entre outros fatores.

Sabemos que o organismo do ser humano cria automaticamente mecanismos de termorregulação a partir do momento em que se encontra em ambientes com temperaturas acima, ou abaixo, da temperatura ambiente (GONÇALVES, 2016), desde um simples tremor ou suor, até a respostas mais complexas, que podem desencadear doenças, neste caso, do aparelho respiratório.

A ocorrência de eventos meteorológicos extremos, como as ondas de calor, ou ondas de frio, tem vindo a surgir com cada vez mais frequência e maior intensidade, provocando sérios impactes no aumento da mortalidade por doenças respiratórias. O que torna esta relação mais preocupante, não será propriamente a variabilidade natural e cíclica do clima, mas sim o facto do ser humano, ao alterar a composição da atmosfera devido aos seus comportamentos, acabar por modificar estes padrões cíclicos. Assim, estes fenómenos extremos acabam por se manifestar de forma mais intensa, com maior durabilidade, afetando assim a saúde da população.

Neste sentido, foi a partir das décadas de 60 e 70 que se começou a estudar de forma mais profunda a possibilidade de o clima, na forma de evento extremo, estar relacionado com o aumento da mortalidade por doenças respiratórias e dos episódios como ondas de calor ou ondas e frio, coincidirem com picos de mortalidade por doenças respiratórias (SCHUMAN, 1972; HOUSWORTH, *et al.* 1974).

Uma crescente e intensa massa de abordagens científicas acerca da relação Clima – Saúde Respiratória voltou a surgir por volta dos anos 90, época em que se intensifica o estudo da temática pela maior consciencialização dos riscos ambientais para a saúde da

população. Começa-se a abordar o tema do efeito de ilha de calor urbano com maior frequência, definindo-o como um fenômeno que ocorre “devido às modificações do Homem das características da superfície e da atmosfera, que acompanham o desenvolvimento urbano e [seriam] provavelmente o melhor exemplo das mudanças climáticas” (OKE, 1995).

Foi por esta altura que a abordagem aos efeitos do clima na saúde começou a alterar-se para algo mais complexo, uma vez que o conceito de “mudanças climáticas” começou a estar mais presente nos estudos. Aqui, já não era apenas o estudo da relação entre a variação natural do clima ao longo do ano e da mortalidade, mas sim o estudo dos efeitos que as mudanças climáticas e os comportamentos do Homem poderiam produzir no agravamento da mortalidade e morbilidade por doenças respiratórias (MONTEIRO, 1996; PATZ, *et al.*, 2000).

O conceito de ilha de calor urbano já abordado, está diretamente relacionado com

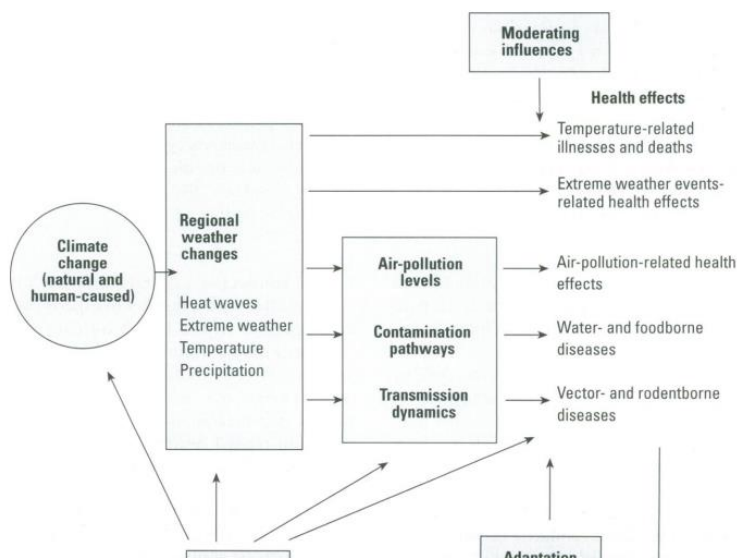


Figura 7 - Potenciais efeitos na saúde da variabilidade e alterações climáticas. (PATZ, *et al.*, 2000)

a grande expansão urbana e concentração de gases poluentes que se acumulam dentro do perímetro urbano fruto da atividade humana, tais como a utilização de transporte individual, que acaba por ser uma consequência da gestão do espaço urbano construído e do uso do solo, por parte dos decisores. Na verdade, a

questão das alterações dos padrões climáticos prende-se muito com a poluição e com os impactes que este fator trás também para a saúde respiratória da população (Figura 7).

A exposição da população a ambientes com fraca qualidade do ar é também uma grande preocupação no que refere à mortalidade respiratória, já que não atua somente na modificação da composição da atmosfera, originando alterações no sistema climático.

Também interfere de forma direta na saúde respiratória do ser humano, a partir da sua inalação.

As áreas urbanas são os locais onde, por norma, existem maiores concentrações de variados gases poluentes emitidos por diversas fontes, desde os combustíveis dos veículos em circulação, como a prática de atividades industriais, embora nos dias de hoje haja um maior controlo. Os principais poluentes presentes na atmosfera, e que merecem especial atenção são as micropartículas (PM), o ozono (O<sub>3</sub>), dióxido de azoto (NO<sub>2</sub>), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). No entanto, as partículas poluentes possuem diferentes propriedades e tamanhos, pelo que poderão provocar diferentes efeitos no aparelho respiratório. Se por um lado, todas as partículas inaladas podem provocar infeções do sistema respiratório superior, por outro lado as micropartículas, ozono e dióxido de enxofre podem conseguir atingir os pulmões, dado o seu tamanho, podendo propiciar ao desenvolvimento de inflamações graves ou doenças como a Doença Pulmonar Obstrutiva Crónica (DPOC), asma, tuberculose, cancro do pulmão, entre outras.

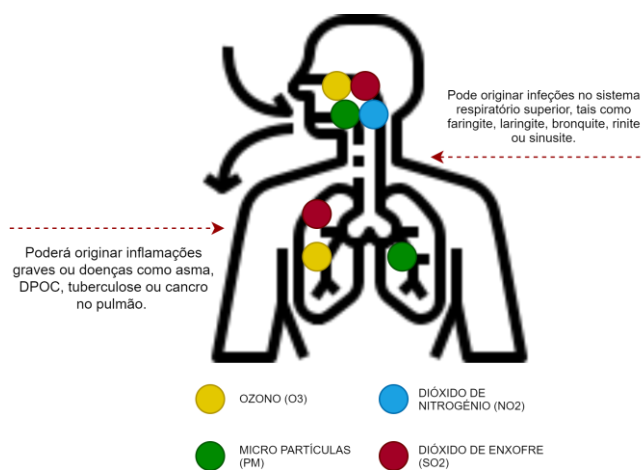
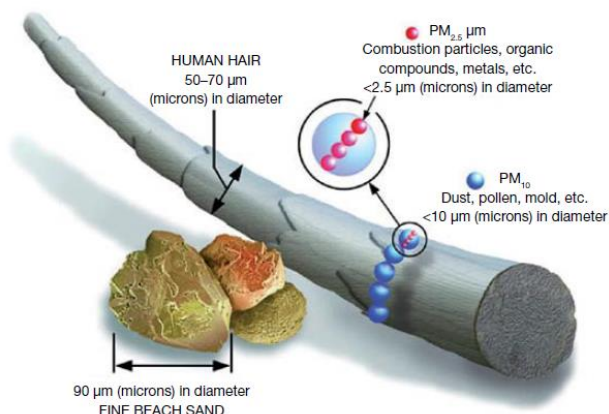


Figura 8 - Consequências da inalação de partículas poluentes no sistema respiratório (adaptado de <https://wribrasil.org.br/pt/blog/2018/07/qual-o-impacto-da-poluicao-do-ar-na-saude>).

As micropartículas (PM) têm vindo a ganhar constituir um dos principais alvos de estudo, pois são originadas habitualmente pela combustão, seja do combustível dos

automóveis, ou até incêndios florestais, mas também presentes no nevoeiro, apresentando dimensões de 2,5 micrómetros (PM<sub>2,5</sub>) e 10 micrómetros (PM<sub>10</sub>), ou seja, muito menores que um simples fio de cabelo ou um grão de areia (Figura 9).



Por esse facto, torna-se mais fácil de serem inaladas e chegar até aos pulmões, provocando complicações graves no sistema respiratório como pneumonia (KNOX, 2008), por DPOC ou asma (ATKINSON, *et al.*, 2015).

Figura 9 - Imagem ilustrativa do tamanho das PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub> (Fonte: EPA,2008).

### Doenças do aparelho respiratório e os fatores socioeconómicos

Para além dos fatores climáticos e de qualidade do ar, existem também outros fatores que, de forma não tão direta, poderão também influenciar a maior ou menor suscetibilidade do ser humano a desenvolver patologias. Se, por um lado, como já foi abordado, existem fatores individuais como o sexo, a idade e capacidade imunológica e genética de cada indivíduo, que podem condicionar a saúde dos mesmos, existe também a possibilidade do contexto social, habitacional, educacional e económico de cada família ou cada pessoa, atuarem como agravantes dos padrões de mortalidade e morbidade.

É reconhecido que existe uma forte relação entre o excesso de mortalidade provocada pelos efeitos ambientais e a população idosa (SCHIFANO, *et al.*, 2009), mas também com as crianças que podem desenvolver patologias respiratórias pela exposição a ambientes de qualidade do ar degradada ou condições meteorológicas adversas (YAP, *et al.*, 2013; DIAZ, *et al.*, 2015). A diferença entre género é também uma realidade, onde claramente se verifica uma mortalidade superior nos homens, do que nas mulheres, como vários autores concluem, independentemente do contexto geográfico em estudo (MONTEIRO, *et al.*, 2014; CHEN, *et al.*, 2019).

Por outro lado, a carga genética ou capacidade imunológica de cada ser humano poderá interferir também na maior ou menor suscetibilidade a desenvolver este tipo de patologias, como por exemplo a presença de outras comorbidades (SACKS, *et al.*, 2011), ou até mesmo pela prática de comportamentos de risco que tornam o organismo mais frágil, tal como o tabagismo, que poderão originar doenças crónicas e graves como a DPOC e o cancro do pulmão (BREHM, *et al.*, 2008; BILANCIA, *et al.*, 2009).

Vários autores concluem com os seus estudos que existe alguma relação entre o aumento da mortalidade por doenças respiratórias e as condições socioeconómicas da população (FORASTIERE, *et al.*, 2007), uma vez que a população mais pobre e com menor qualificação académica tende a ser mais exposta. Por outro lado, famílias com carências económicas terão por consequência o acesso dificultado aos cuidados de saúde primários (O'NEILL, *et al.*, 2008; STAFOGGIA, *et al.*, 2010).

Relativamente aos efeitos das fragilidades socioeconómicas na mortalidade pelas causas ambientais e climáticas, existem também diversos autores que apontam vários aspetos interessantes, tais como o facto de o setor de atividade em que um determinado indivíduo trabalha, nomeadamente a indústria manufatureira, estar também relacionado com a maior suscetibilidade a desenvolver doenças respiratórias provocadas pela poluição (JERRET, *et al.*, 2004). Outros autores apontam que as carências ao nível da qualificação atuam também como fatores de agravamento do risco de mortalidade por doenças respiratórias (CAKMAK, *et al.*, 2006).

Por outro lado, é ainda feita uma associação às condições de habitação enquanto fatores determinantes para o aumento da mortalidade respiratória, por várias razões. Entre elas estão a falta de aquecimento ou a forma de aquecimento utilizada das habitações, o material de construção das mesmas, a existência dos compartimentos básicos, nomeadamente de casas-de-banho, ou ainda a habitação em casa própria ou arrendada (AYLIN, *et al.*, 2001).

No fundo, as evidências científicas que comprovam a relação entre os fatores socioeconómicos e o efeito das fragilidades deles inerentes sob a mortalidade excessiva por doenças respiratórias, começam de facto a surgir, embora mais recentemente. A sua

relevância torna-se acrescida do sentido da criação de mecanismos que visam combater esta mesma suscetibilidade e, assim, diminuir os efeitos na saúde da população.

Assim, numa tentativa de procurar saber de forma mais detalhada quais são os principais autores que estudam a temática abordada no presente trabalho, foi realizada uma pesquisa mais profunda e mais estruturada que se designa por revisão sistemática<sup>1</sup>. Ao contrário de uma pesquisa bibliográfica comum, a revisão sistemática distingue-se por ser uma metodologia mais exaustiva, que procura encontrar o maior número de artigos possível que abordem um determinado tema. Esta pesquisa reuniu um conjunto de palavras previamente pensadas para que no resultado surgissem apenas evidências científicas que tratassem a relação entre as doenças respiratórias e os fatores socioeconómicos e ambientais – climáticos e de qualidade do ar.

A plataforma escolhida foi a *Web of Science*, uma vez que é uma das bases de dados multidisciplinares mais completas, tal como acontece com a *Scopus*. Embora não cubra o mesmo número de artigos que a *Scopus*, a forma como o motor de busca funciona permite que a pesquisa seja mais eficiente, uma vez que é sensível a vários pormenores, como a colocação de parênteses na equação de pesquisa, ou ainda a colocação de aspas nos termos a pesquisar. Por outro lado, a pesquisa na *Web Science Core Collection* permite uma seleção de artigos previamente revistos e escolhidos criteriosamente, a que se juntam várias informações adicionais, nomeadamente as referências citadas de cada artigo.

Assim, após uma primeira leitura sobre a temática, foi possível reunir um conjunto de palavras que serão as mais comuns em artigos científicos que abordam a relação entre os fatores já referidos e as doenças do aparelho respiratório. Uma vez que, como também já foi dito, as doenças respiratórias associadas aos eventos climáticos extremos e má qualidade do ar, surgem muito ligadas também a doenças cardiovasculares, na *query* de pesquisa houve a intenção de separar os artigos que apenas respondessem às primeiras.

Para além disso, criou-se uma outra caixa de termos que incluísse o tema do clima e da poluição atmosférica, sendo que poderiam surgir artigos que tratassem ou uma, ou

---

<sup>1</sup> Apesar da revisão sistemática pressupor a colaboração de um segundo interveniente em algumas das fases do processo, o mesmo não aconteceu, uma vez que o trabalho é de carácter individual. Contudo, todos os restantes passos essenciais numa revisão sistemática foram seguidos.

outra questão, não obrigando a que aparecessem os dois em simultâneo para que a pesquisa não fosse demasiado restrita. Por fim, com o objetivo de encaminhar a pesquisa para o objetivo principal, foi criada uma última caixa correspondente à questão dos fatores de suscetibilidade socioeconómica/ demográfica de privação (Figura 10).

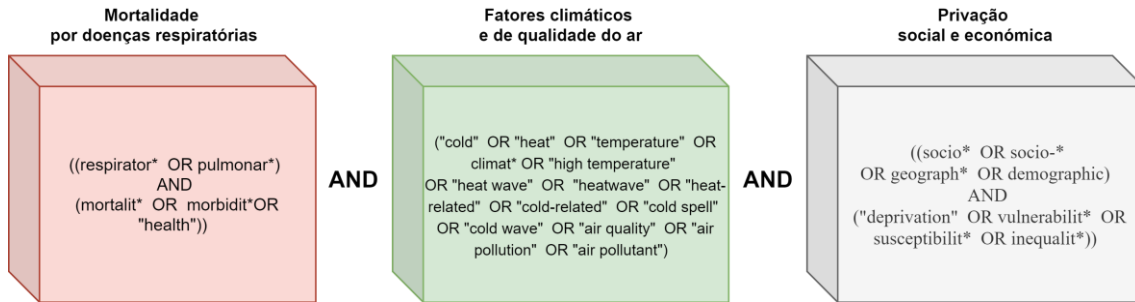


Figura 10 - Esquema de pesquisa por termos, agrupados em 3 grandes grupos.

A pesquisa foi realizada no dia 8 de maio de 2020 e daí obteve-se um resultado de 152 artigos científicos. Os resultados foram extraídos para a base de dados *Mendeley*, onde os artigos passaram por uma série de procedimentos até obter os resultados finais dos artigos que respondessem ao propósito da pesquisa (Figura 11).

Após serem removidos os duplicados (2) e excluídos pelo título, resumo e palavras-chave os artigos que não obedecessem aos critérios estipulados, 21 artigos foram excluídos na leitura integral dos artigos, sendo que restaram 129 artigos que respondem aos critérios estabelecidos de relação entre as doenças respiratórias

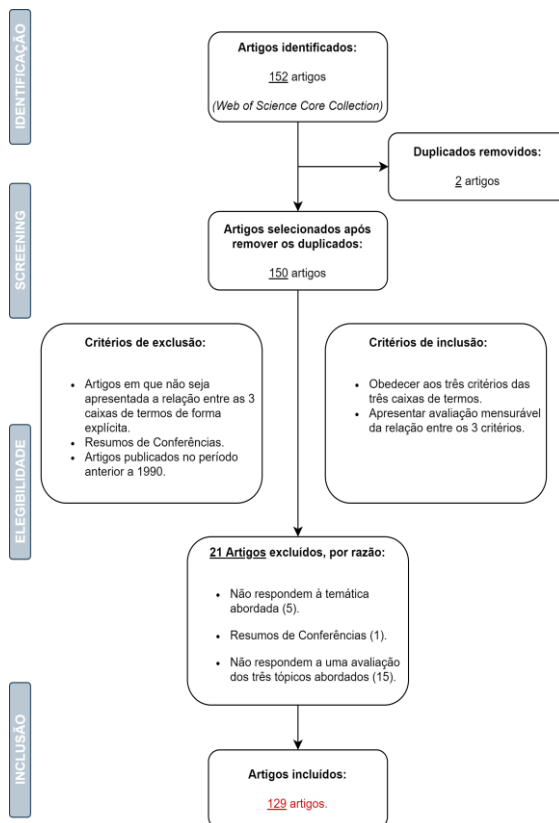


Figura 11 - Organograma de classificação dos artigos selecionados na pesquisa na plataforma Web of Science.

com fatores socioeconômicos e ambientais.

A partir do resultado obtido, o passo seguinte consistiu em preparar uma base constituída apenas pelos artigos considerados elegíveis (129) e analisar as redes de conhecimento que estudam a temática abordada, com o auxílio do *package Bibliometrix* e *Biblioshiny* do *software R*.

A pesquisa elaborada teve como principal objetivo o de abranger o maior número possível de artigos existentes que abordassem a temática específica do trabalho.

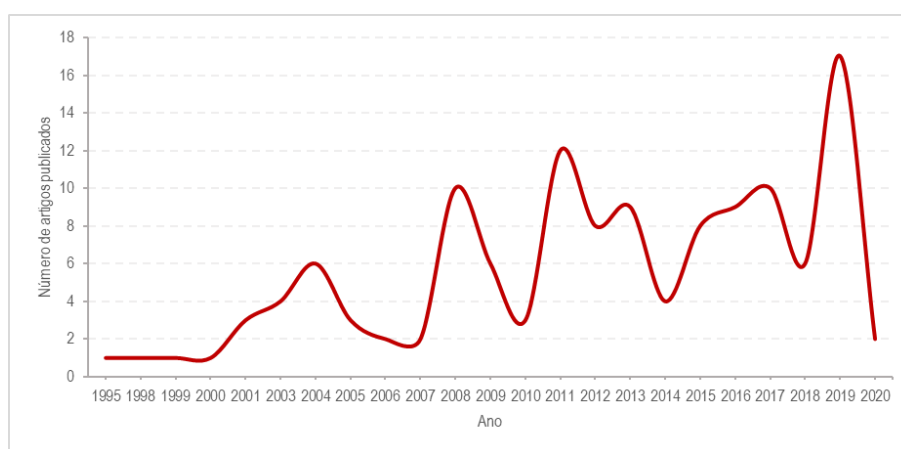


Figura 12 - Evolução da produção científica anual no âmbito da relação entre os fatores socioeconômicos, ambientais e a ocorrência de doenças respiratórias.

A produção científica no âmbito preciso do tema abordado teve o seu início no final da década de 90 (*Figura 12*). Ganhou maior expressão, em princípio nos anos de 2000/2001, essencialmente devido às intensas ondas de calor que assolaram os EUA ainda em 1999, pelo que obrigou a um exercício de reflexão por parte da comunidade científica. Este exercício acaba por se estender até ao ano de 2004, posterior à grande onda de calor vivida na Europa em 2003, que provocou um número significativo de mortes derivadas a este acontecimento.

No fundo, ao longo do período em análise, é possível relacionar o volume de publicações com os eventos climáticos extremos, como se pode verificar no ano de 2008, que procedeu à onda de calor vivida na Europa e Ásia, bem como aos incêndios florestais devastadores que afetaram a Grécia nesse mesmo ano de 2007.

O ano com maior número de artigos científicos publicados acerca do estudo das determinantes que afetam a saúde respiratória da população foi o de 2019, possivelmente pelas mesmas razões que as referidas anteriormente, acrescentando o facto de se começar a amplificar as análises também para a vertente socioeconómica e maior sensibilidade das próprias organizações mundiais para este tipo de questões.

As 7 principais revistas que ao longo dos anos se foram afirmando com maior número de publicações acerca desta temática estão expressão na (Figura 13) que nos mostra também a forma como a produção científica evoluiu em cada caso.

A Revista “*International Journal of Environmental Research and Public Health*”, a título exemplificativo, neste momento e aquela que apresenta um maior número de publicações da temática. No entanto, ganhou essa expressão de forma exponencial a partir do ano de 2011, pelo que é ainda muito recente. Por outro lado, as Revistas “*Plos One*”, “*Occupational and Environmental Medicine*” e “*Journal of Epidemiology and Community Health*” foram aquelas que apesar de estarem entre as primeiras, têm vindo sofrer um decréscimo.

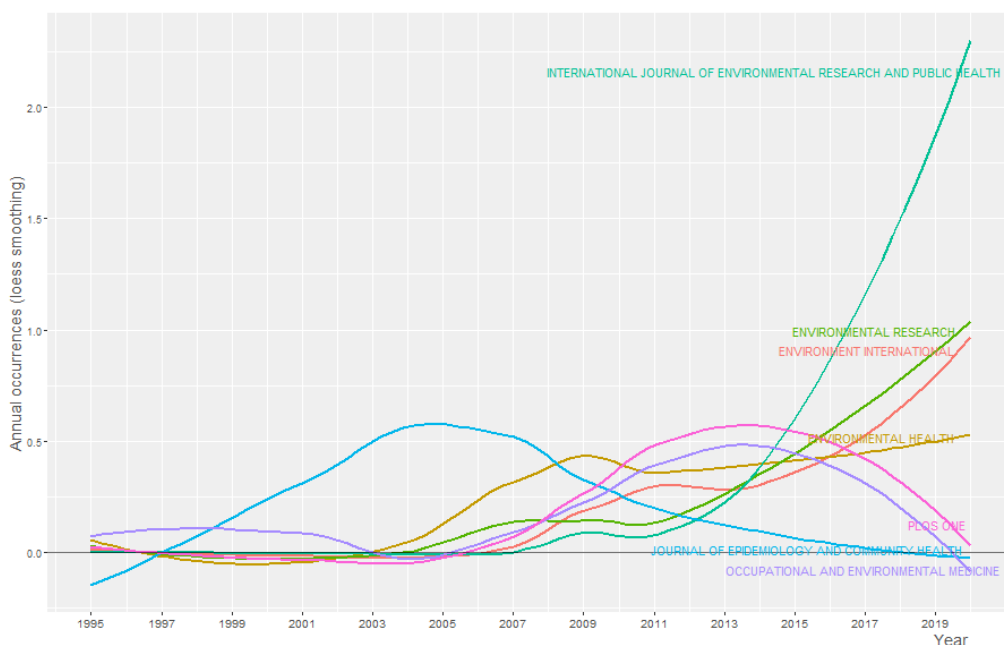


Figura 13 - As 7 principais fontes de publicação e respetiva evolução.

É importante também analisar os principais autores que abordam o tema em estudo

e de que forma ganharam expressividade ao longo do tempo. Desta forma, a partir da análise dos 10 principais autores que mais publicam sobre a relação entre a saúde respiratória e as determinantes que a influenciam, é possível retirar várias conclusões (Figura 14).

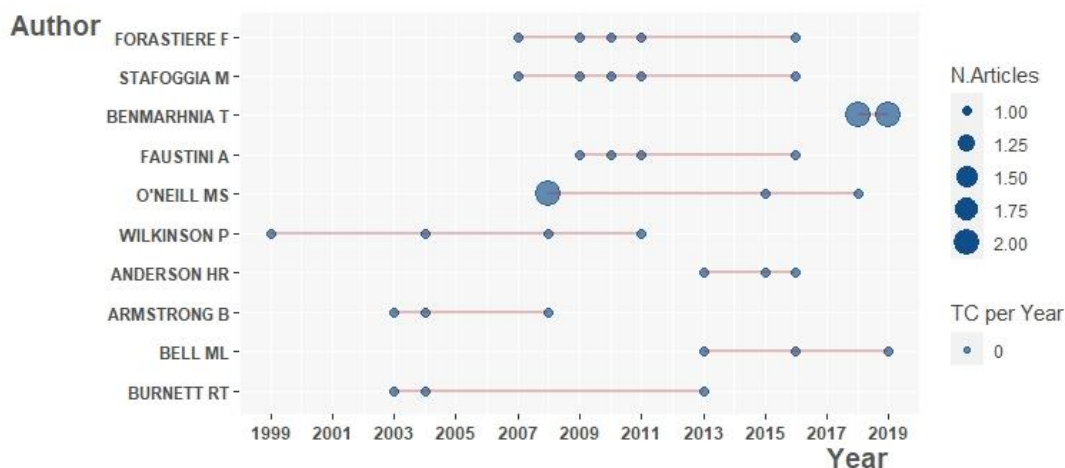


Figura 14 - Top 10 autores com maior produção e evolução individual ao longo do tempo.

*Forastiere*, surge como autor de vários artigos (5), e encontra-se no primeiro lugar, em conjunto com os restantes 655 autores e coautores que surgem em todos os 129 artigos em análise. A sua evolução do número de publicações manteve-se linear, como acontece com outros autores da lista e compreendeu-se entre os anos de 2007 e 2015. No entanto importa sempre salientar que se trata da produção científica cujo tema compreende todos os fatores pesquisados, o que não invalida que estes mesmos autores e até mesmo outros que não são aqui abordados, tenham uma vasta produção científica que trate a conjugação entre a mortalidade respiratória e o clima, ou poluição, ou fatores socioeconómicos, de forma isolada.

Outro padrão que também é possível identificar é o do autor *Tarik Benmarhnia*, que surgiu muito recentemente, em 2018, e em 2 anos conseguiu publicar um total de 4 artigos sobre a temática. Por outro lado, autores como O'Neill que começou com um total de 2 artigos no mesmo ano (2008) e acabou por diminuir a produção nesta vertente, ainda que se destaque de um modo geral na literatura referente à Epidemiologia.

## **2.2. Associação entre os fatores socioeconómicos e ambientais na prevalência de patologias respiratórias: importância da definição de áreas de risco no território**

Embora seja conhecida a relação entre os fatores climáticos e ambientais com a sobremortalidade e sobremorbilidade respiratórias, ainda não se explorou de forma tão aprofundada quais os fatores que podem influenciar na maior ou menor exposição da população a este tipo de riscos. Vários autores abordam já esta questão, afirmando que “identificar estes fatores é importante para ajudar a elucidar os subgrupos mais vulneráveis ao longo do tempo e melhorar a gestão do risco futuro” (CHUNG, *et al.*, 2018).

É importante que sejam criados mecanismos de identificação dos grupos de maior risco, mas também as áreas onde esta população se encontra, já que poderá servir de suporte para a tomada de decisões de medidas de adaptação e mitigação dos impactes das alterações climáticas, um pouco por todo o mundo.

Aqui, os SIG revelam-se uma ajuda preciosa naquilo que será a espacialização do risco, apresentando inúmeras vantagens, nomeadamente a simplificação dos resultados para serem apresentados aos decisores possíveis.

Numa breve introdução aos SIG, podemos dizer que existem várias definições, mas a definição proposta por Clarke (1995) consegue definir o essencial, quando refere que “são sistemas automatizados para recolher, armazenar, recuperar, analisar e exibir dados espaciais”. Por outras palavras, pode-se caracterizar com um conjunto de procedimentos que permitem tratar informação, formado por várias partes que se complementam, ou ainda um método alternativo para a representação dos dados, baseado na localização geográfica (GOODCHILD, 1992).

Até aos anos 80, os SIG eram apenas um *software* de desenho com dados gráficos, exclusivamente – CAD (Desenho Assistido por Computador). A partir dos anos 80/90, o principal grande passo que foi dado foi associar os dados gráficos, isto é, o desenho, aos dados gráficos, ou seja, tabulares. Hoje em dia, os SIG são um sistema construído por *hardware*, *software*, dados e procedimentos computacionais, manipulados pelo

utilizador, representando a sua principal vantagem.

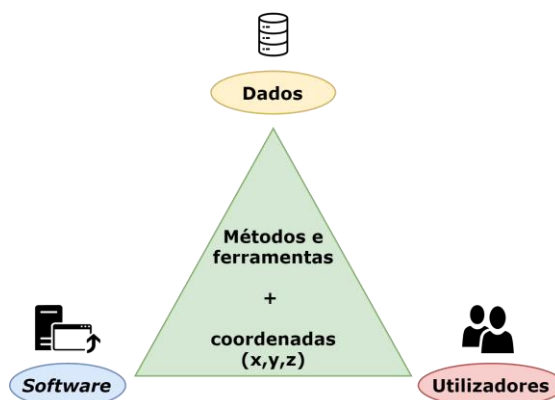


Figura 15 - Esquema dos SIG (adaptado de CAEIRO, 2013).

Um SIG é composto por uma base de dados gráficos (matriciais/vetoriais) e não gráficos (tabulares), um *software* e hardware que permite a introdução, manipulação, análise e armazenamento destes mesmos dados (*ArcGIS, QGIS, Envi, Spring, SAGA GIS, etc*) que são, por sua vez manipulados por um ou vários utilizadores, a partir de diferentes métodos e utilizando as coordenadas associadas aos mesmos (*Figura 15*).

A principal vantagem dos SIG reside precisamente na forma como os dados são apresentados e nas diferentes aplicabilidades que os resultados do processamento poderão ter, como é o caso da área da saúde, onde é importante espacializar os riscos da exposição e os fatores que podem influenciar a mortalidade por uma determinada doença, seguindo vários métodos distintos para atingir esse fim.

Desta forma, uma vez reconhecidos os fatores que poderão colocar a população numa situação de risco, é importante criar mecanismos que permitam identificar no território as áreas de maior risco, ou, por outras palavras, onde se encontram as pessoas mais expostas a esses mesmos fatores.

Existem várias formas de o fazer, nomeadamente a partir da aplicação de metodologias que permitam definir essas mesmas áreas, como por exemplo os índices de privação material e social. Existem diversos índices de privação que foram criados ao longo do tempo, por vários autores, conforme a crescente necessidade de encontrar

formas de combater vários problemas de saúde, não só no que diz respeito às doenças respiratórias.

A partir da revisão da Literatura, para a qual a pesquisa anterior também contribuiu, foi possível reunir um conjunto de índices de privação social e material criados para serem aplicados a uma escala maior, tais como ao nível municipal ou metropolitano, como é o caso do presente trabalho. Muitos destes índices foram também adaptados às novas realidades do território, por outros autores, de forma a poderem continuar a ser aplicados.

Após ser analisado cada um dos índices selecionados, foi elaborado um quadro com o número de variáveis utilizadas para esses mesmos índices, quais as escalas de aplicação da metodologia e qual o carácter da privação avaliada: social, material ou ambas. Este esquema permitiu que fosse selecionada a metodologia mais indicada para a área de estudo, tendo em conta o seu contexto territorial e socioeconómico, aspetos culturais que estivessem envolvidos na escolha das variáveis, e também aos dados disponíveis para essa mesma análise (*ANEXO 2*).

Existem inúmeros índices de privação já construídos ao longo do tempo, criados com intuito de mapear o risco da população de um determinado território a desenvolver vários problemas de saúde. Os índices de privação recolhidos representam metodologias aplicadas maioritariamente a áreas geográficas municipais ou metropolitanas em vários países europeus, de contextos diferenciados, mas também no continente americano.

A maioria dos índices tratam as dimensões sociais e económicas (grupos etários mais vulneráveis, taxa de desemprego, famílias com mais do que um desempregado, etc), mas também questões de educação e literacia da população, tais como a população com níveis mais baixos de qualificação. Por outro lado, alguns dos índices abordam também as condições de habitação, tais como a posse de aquecimento ou compartimentos básicos como casa-de-banho, residência em casa própria, entre outros.

Os índices selecionados para análise utilizam, na sua maioria, um número pré-definido de variáveis, normalmente retiradas dos Censos da População, como é o caso do índice desenvolvido por *Townsend* (*TOWNSEND, et al., 1988*). No índice de *Townsend* são utilizadas apenas 4 variáveis representativas da privação material: a percentagem de

população ativa desempregada, percentagem de habitações com mais de uma pessoa por quarto, percentagem de habitações sem carro próprio e percentagem de habitações ocupadas pelo próprio dono – todas as variáveis foram retiradas dos Censos. Os resultados negativos representam a não privação, enquanto que valores positivos correspondem a áreas de maior privação (TESTI, *et al.*, 2011). O mesmo acontece com o índice desenvolvido por *Carstairs et al.* (1990) que utiliza também 4 variáveis referentes aos domínios social e material.

No entanto, índices que têm por base variáveis já estipuladas, podem não ser úteis para todos os contextos geográficos e socioeconómicos, sendo que outros novos índices foram criados para que as cartas se ajustassem a cada realidade e contexto. Por exemplo, nos índices desenvolvidos por Saaty (SAATY, 2008), Messer *et al.* (2006) e Harvard *et al.* (2008), os autores começam por recolher e tratar estatisticamente um conjunto de variáveis selecionadas nos vários domínios abordados, a partir de uma revisão de literatura. São selecionadas para integrar o modelo, as variáveis que forem mais representativas da realidade da área geográfica em estudo. Assim, podem ser utilizadas tantas variáveis quantas possam explicar a fragilidade de um determinado território específico.

A particularidade da índice de privação desenvolvido por Thomas Saaty, em 1980, é que para além de permitir escolher as variáveis que se adequem a cada realidade, é também utilizado para quantificar a vulnerabilidade da população a qualquer risco, possibilitando a integração de variáveis não só socioeconómicas, como outras, de carácter biofísico, ou ambiental.

Por outro lado, os restantes índices de privação explorados tratam dimensões que não se adequam nem à realidade dos dias de hoje, nem ao contexto socioeconómico e até mesmo cultural (exemplo da casa própria ou arrendada), de Portugal, como já vimos, e da área de estudo, como iremos ver mais à frente.

### 3. Caso de estudo: Área Metropolitana do Porto

O capítulo 3 dedica-se ao enquadramento e caracterização da área de estudo selecionada, nos vários domínios temáticos que irão integrar o estudo: socioeconómico, climático, ambiental e da saúde respiratória dos seus habitantes.

Esta contextualização permitirá uma leitura mais facilitada dos passos seguintes de construção da carta de risco de mortalidade/ morbilidade por doenças respiratórias, aplicada ao contexto da AMP.

#### 3.1. Enquadramento geográfico da área de estudo

Situada no litoral norte de Portugal, a AMP é hoje uma áreas geográfica de grande importância para o desenvolvimento económico e demográfico do país(*Figura 16*).

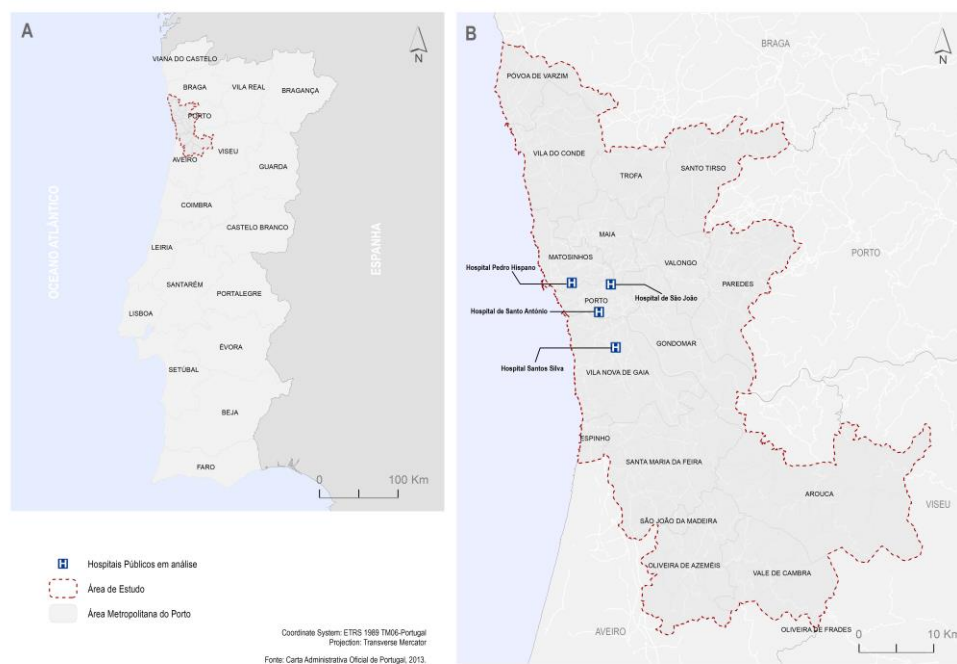


Figura 16 - A) Enquadramento da AMP no território nacional. B) Enquadramento da AMP na região norte e hospitais públicos em análise.

É composta por 17 concelhos que totalizam uma área de aproximadamente 2040 km<sup>2</sup> e cerca de 1 760 000 habitantes, à data dos Censos da população de 2011. Toda esta área integra 178 freguesias, segundo a divisão administrativa mais atual. No entanto, a divisão administrativa utilizada para a realização do presente trabalho corresponde à anterior, uma vez que os dados analisados representam o período compreendido entre 2000 e 2015, no que diz respeito aos dados de saúde e clima, de 2011 no que se refere aos dados socioeconómicos e de 2006 a 2014 no que respeita aos dados de qualidade do ar.

A cidade do Porto funciona como um polo que atrai um grande número de população pela diversidade de ofertas que possui a vários níveis, desde emprego até aos serviços diferenciados do resto da área metropolitana. Assim, como acontece com todas as grandes cidades com elevado poder atrativo, a pressão demográfica leva a que se assista a um crescimento demográfico acentuado nas áreas envolventes a essas mesmas cidades, principalmente pela busca por habitação mais próxima do emprego.

A preocupação em preservar o ambiente e reduzir os impactos das alterações climáticas na AMP começa a ser uma realidade cada vez mais evidente, nomeadamente a partir dos projetos implementados com vista a redução da emissão carbónica.

Os dados de morbilidade e mortalidade respiratória foram cedidos pela ACSS e é referente a quatro Hospitais públicos da AMP – Hospital de São João, Hospital de Santo António, Hospital Santos Silva e Hospital Pedro Hispano (Figura 16-B).

Os dados por eles fornecidos demostram-se representativos da saúde respiratória da população, já que são aqueles que recebem um maior número de utentes, quer pelo seu carácter público, quer pela grande influência que possuem no contexto da região. No entanto, ainda assim, elaborar a análise utilizando apenas estes quatro hospitais, poderá enviesar o estudo, uma vez que existem também outras unidades hospitalares situadas fora da AMP que possuem grande afluência de população que reside na área de estudo, como é o caso do Centro Hospitalar do Tâmega e Sousa (CHTS) do Vale do Sousa e Centro Hospitalar do Médio Ave (CHMA).

### 3.2. Caracterização biofísica, socioeconómica e da saúde respiratória na AMP

#### *Clima*

A AMP caracteriza-se, segundo a classificação climática *Köppen-Geiger*, por possuir um clima temperado mediterrânico de verão seco e fresco (*Csb*). Isto pressupõe que o mês mais frio tenha uma temperatura média superior a 0°C, que todos os meses possuam temperatura média inferior a 22°C, caracterizando-se por invernos chuvosos.

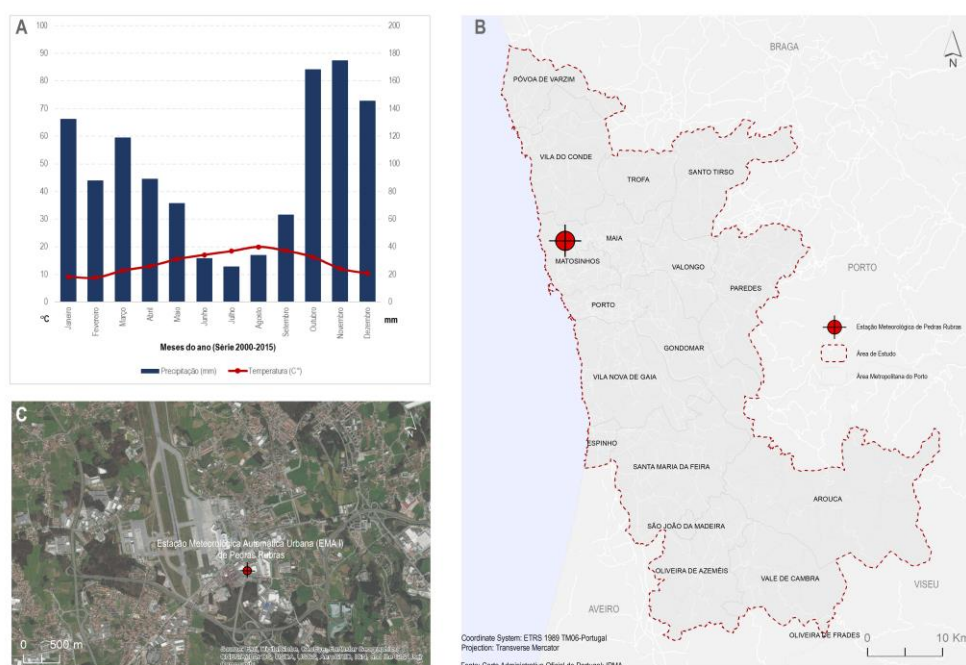


Figura 17 - A) Gráfico termopluiométrico da estação meteorológica de Pedras Rubras (Porto) na série de 1 de janeiro de 2000 a 31 de dezembro de 2015. Fonte: IPMA; B) Enquadramento da estação meteorológica em análise na área de estudo; C) Enquadramento da estação meteorológica em análise na área envolvente.

A influência oceânica é muito presente por todo o litoral, sendo que as temperaturas amenas e humidade relativa são evidentes, principalmente no inverno. Por outro lado, o verão, pela mesma razão, é de curta duração e também ele ameno.

A caracterização climática da AMP foi realizada a partir da análise dos dados fornecidos pelo IPMA para a estação meteorológica do Porto, situada em Pedras Rubras,

no Aeroporto Francisco Sá Carneiro. Devido ao facto do período temporal a ser estudado se compreender entre 2000 e 2015, os dados climáticos de temperatura máxima, mínima e precipitação utilizados restringem-se ao mesmo período temporal.

Na *Figura 17-A* é possível verificar as características climáticas acima descritas, utilizando a série de dados diários registados na estação meteorológica de Pedras-Rubras, no período de 2000 a 2015, a temperatura média mensal oscilou entre os 9,2°C, registados no mês de janeiro, e os 19,9°C registados no mês de agosto. Registaram-se uma média de três meses secos (junho, julho, agosto), respeitantes aos meses de verão, e valores de precipitação abundantes principalmente nos meses de inverno, com valor máximo atingido em novembro (174 mm).

A estação meteorológica de Pedras-Rubras localiza-se no concelho da Maia, distrito do Porto (*Figura 17-B*) e foi a estação selecionada para o presente estudo, pelo facto de possuir dados para o período temporal em análise. Esse revela-se, de facto, o primeiro condicionalismo, devido à extensão da área de estudo e da forma como esta possa representar o seu contexto climático.

Por outro lado, por ser uma estação instalada no contexto urbano com influência de ventos marítimos, mas predominantemente continental, a uma altitude de 77 metros numa superfície artificial (*Figura 17-C*), poderá interferir com os valores de temperatura registados e não representar na totalidade o contexto da área de estudo.

## Qualidade do ar

As atividades do Homem têm também transformado a atmosfera e a sua composição, colocando em risco aqueles que estão expostos em áreas de qualidade do ar degradada. As cidades são o principal foco de poluição atmosférica e, por essa razão, torna-se importante analisar o estado da qualidade do ar na AMP.

Foram utilizadas um total de 24 estações de medição de qualidade do ar existentes na área de estudo e área envolvente (*Figura 18*), para mapear a qualidade do ar segundo os registos da QUALAR e registos da EEA, para o período compreendido entre 2006 e 2014. A partir dos registos diários foram calculadas as médias de poluição por três poluentes: ozono (O<sub>3</sub>), dióxido de azoto (NO<sub>2</sub>) e PM<sub>10</sub>, devido ao facto de serem os 3 poluentes cujos dados se apresentam mais completos para o período temporal selecionado.

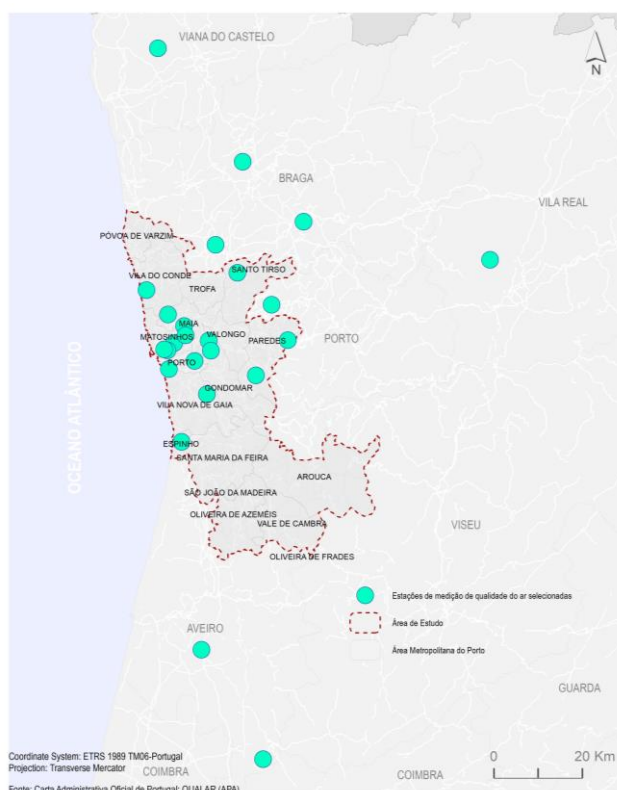


Figura 18 - Estações de medição de qualidade do ar (QUALAR).

Após obter a média anual, de 2006 a 2014, para cada poluente, foi elaborada uma interpolação com os dados de cada estação, para espacializar a qualidade do ar para a área de estudo. Por forma a obter apenas um mapa que represente a qualidade do ar na série de anos analisada, para cada poluente, foi calculada a média combinada de cada ano (*Figura 18*).

Neste sentido, é importante referir os constrangimentos da rede de estações de medição da qualidade do ar, pelo facto de apresentar muitas assimetrias dentro da área de estudo, assim como as quebras de informação constantes para as mais variadas estações

e poluentes em estudo. Por esse facto, a análise e construção dos mapas de poluição atmosférica para a série temporal em estudo restringem-se às estações oficiais existentes, bem como aos registos por elas divulgados, o que pode enviesar a realidade vivida na AMP, relativamente à qualidade do ar.

Assim, no que diz respeito aos valores médios de poluição, na generalidade, existe um contraste vincado entre a área a norte, que regista níveis mais elevados, e a parte central, que coincide com os concelhos de Vila Nova de Gaia, Gondomar e Espinho.

No que diz respeito aos níveis de poluição por O<sub>3</sub>, sabe-se que este tipo de poluente surge de forma indireta na atmosfera, fruto da alteração química entre os compostos orgânicos voláteis (VOC) e óxidos de azoto (NO<sub>x</sub>), com a radiação solar. Embora os valores médios não estejam próximos do limiar de 180 µg/m<sup>3</sup>, existem áreas onde se regista uma acentuada presença deste composto na atmosfera, nomeadamente nos concelhos de Matosinhos, Maia, Vila do Conde, Valongo e Paredes. Pelo contrário, a parte oriental do concelho do Porto, bem como os concelhos de Gondomar, Vila Nova de Gaia e Espinho, demonstram níveis mais baixos da presença de O<sub>3</sub> na atmosfera. A presença de O<sub>3</sub> na atmosfera relaciona-se com o transporte rodoviário e atividade industrial, pelo que poderá ser essa a explicação para a sua distribuição na AMP.

Por outro lado, no que se refere ao dióxido de azoto, a presença deste composto na atmosfera relaciona-se com a queima de combustíveis fósseis e algumas atividades industriais. As áreas mais preocupantes, dentro da AMP, demonstram-se novamente nos concelhos de Matosinhos, Maia e Valongo.

Por fim, o mesmo acontece com o poluente PM<sub>10</sub>, que para além de ter como fontes a queima de combustíveis fósseis e atividade industrial, também é influenciado por origens naturais, como as poeiras vindas do norte de África, ou ainda os incêndios florestais. Verifica-se novamente uma dicotomia entre norte e sul da área de estudo, sendo que uma das possíveis causas será a influência do rio Douro e da direção predominante dos ventos.

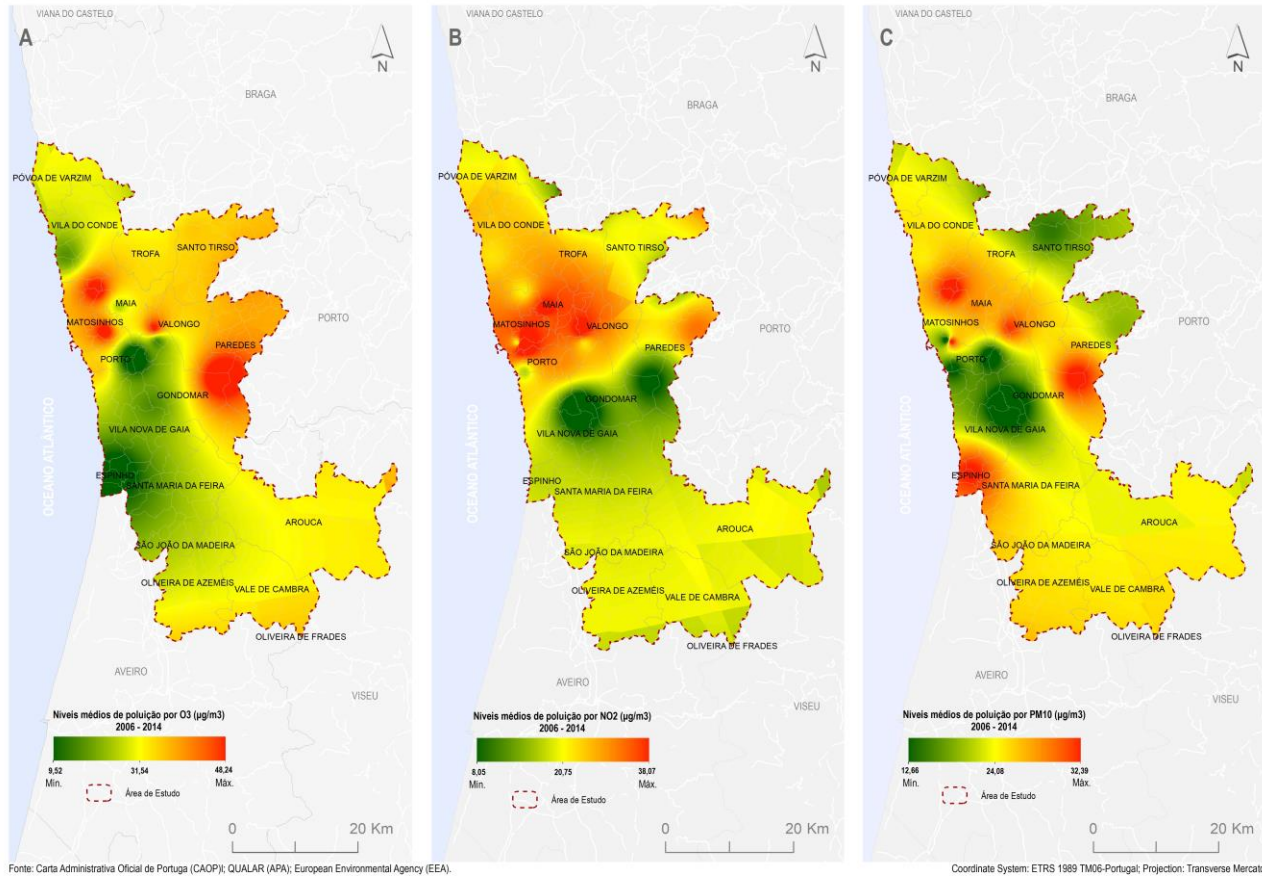


Figura 19 - A) Níveis médios de poluição por O<sub>3</sub>. B) Níveis médio de poluição por NO<sub>2</sub>. C) Níveis médios de poluição por PM<sub>10</sub>. (Fonte dos dados: *QUALAR*; *EEA*).

## Hipsometria

A morfologia do terreno é de extrema importância para o estudo, uma vez que pode explicar o território de várias formas. Por um lado, pode explicar as variações climáticas da área de estudo, que podem ser condicionadas pelo relevo.

Por outro lado, a altitude pode também explicar os tipos de vegetação presentes em diferentes áreas, a possível existência de cursos de água, a ocupação do solo, bem como os condicionalismos das acessibilidades. Desta forma, ainda que indiretamente, é possível retirar várias conclusões sobre a saúde respiratória da população da AMP.

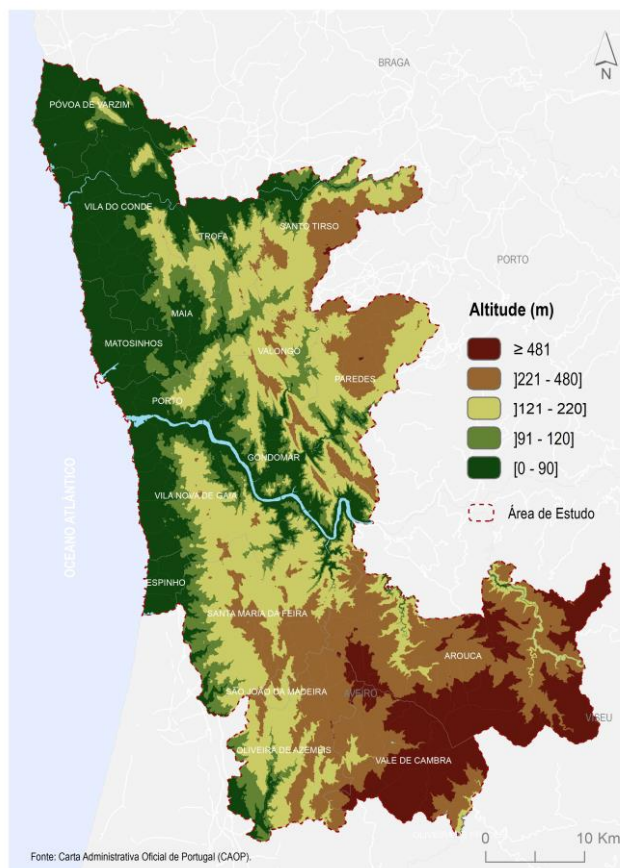


Figura 20 - Mapa hipsométrico da AMP.

Na área de estudo, assim como acontece nos vários domínios abordados, é possível encontrar uma pluralidade de contextos (*Figura 20*). Varia entre os 0 e os 1217 metros de altitude. Cerca de 27% do território regista altitudes entre os 0 e 90 metros, de onde se denota a bacia leiteira de Entre o Douro e Minho e a grande influência do litoral sobre a orografia do território. À medida que se caminha para o interior a configuração do relevo começa a modificar-se, apresentando importantes conjuntos montanhosos como as Serras de Valongo, e as Serras de Montemuro e Freita, na parte sudeste da AMP, situadas nos concelhos de Arouca e Vale de Cambra, representando cerca de 11% do território em estudo.

## *Exposição de vertentes*

A exposição de vertentes indica-nos a direção que as vertentes estão expostas em relação ao norte cartográfico, pelo que a sua análise se torna importante para compreender a influência que a insolação possui. Assim, as vertentes expostas a sul estarão mais expostas ao sol, denominando-se por encostas soalheiras. Por outro lado, as vertentes voltadas a norte (encostas umbrias) corresponderão aos locais com menos horas de sol e, por isso, menores valores de insolação.

As alterações do relevo abordadas anteriormente, refletem-se também na exposição de

vertentes um pouco por toda a área de estudo (*Figura 21*). Uma grande parte da área possui encostas soalheiras (30%), seguido das vertentes voltadas a Oeste (26%) e a Este (20%). Apenas 19% do território em estudo possui encostas umbrias, voltadas a norte, que são a principal preocupação no que diz respeito à influência na saúde respiratória. Os restantes 2% referem-se às vertentes planas.

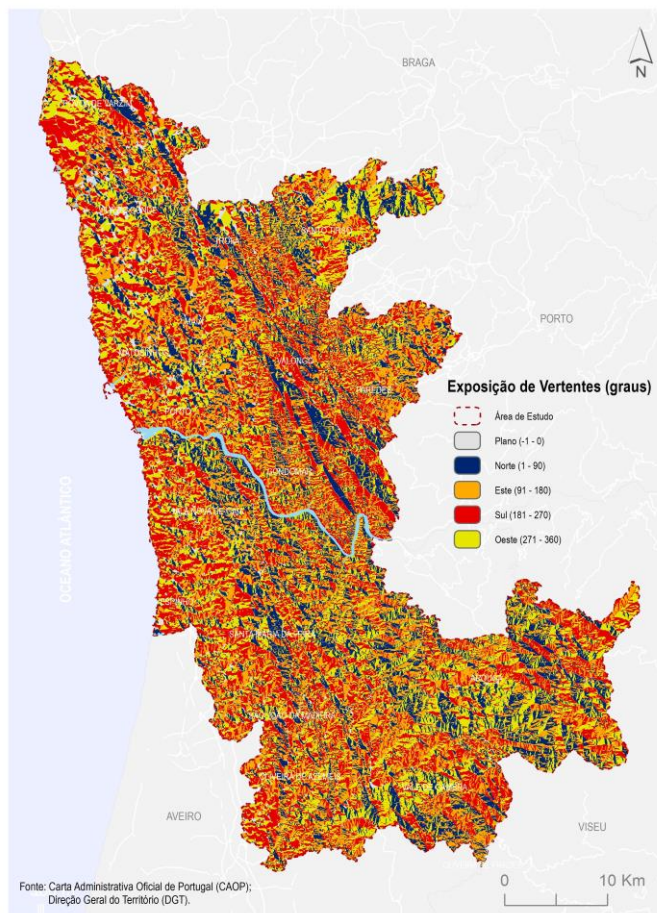


Figura 21 - Mapa de exposição de vertentes.

## *Ocupação do solo*

A ocupação do solo é também importante, uma vez que para além de estar condicionada por fatores naturais como a orografia do solo, permite ainda retirar conclusões acerca da fixação da população, bem como explicar determinados fenómenos,

como a formação de ilhas de calor urbano, e padrões de poluição mais ou menos acentuados.

Na AMP é possível reconhecer os principais núcleos urbanos existentes pelo território artificializado, que representa cerca de 25% de todo o território em análise (*Figura 22*). Esta massa urbana concentra-se sobretudo na área do Grande Porto, bem como um pouco por toda a faixa litoral, com especial destaque para a cidade da Póvoa de Varzim e Espinho. Contudo, é a área florestal que predomina, que abrange aproximadamente 46% da área de estudo, sendo que esta componente

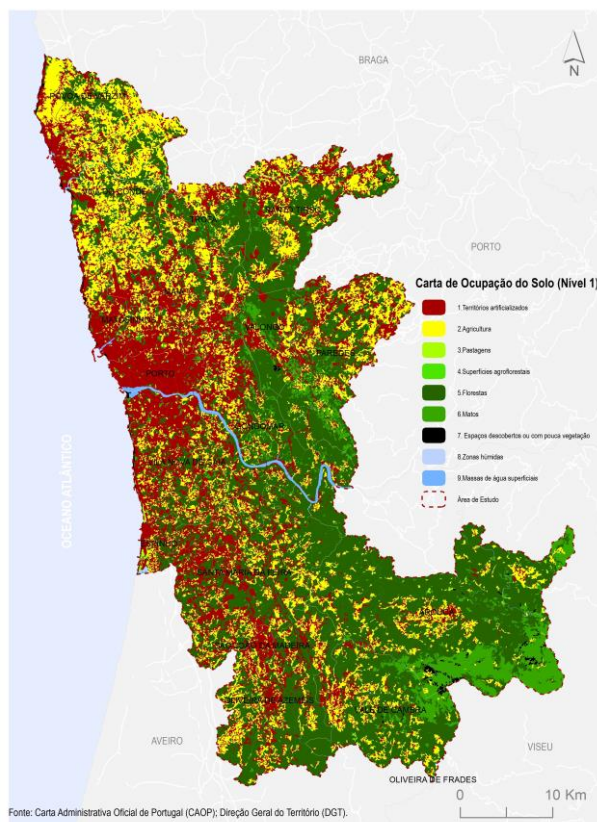


Figura 22 - Carta de ocupação do solo (2015).

também é importante para o estudo da saúde respiratória da população.

A agricultura está também muito presente um pouco por toda a AMP, representando cerca de 21% de toda a área. Concentra-se sobretudo a norte, na bacia leiteira, mas também se torna cada vez mais presente à medida que caminhamos para o interior.

Por outro lado, as zonas húmidas e massas de água correspondem a menos de 1% de todo o território em análise. Os rios Ave, Leça e Douro possuem uma grande expressão na AMP, assim como os seus afluentes. Neste aspeto, não nos podemos esquecer também

da importante influência que proximidade com o oceano atlântico possui para a área de estudo, não só pelos recursos dos quais é possível usufruir, mas também como elemento modificador dos padrões climáticos, ambientais e demográficos.

### ***Rede viária***

A rede viária poder ser também um elemento que explica várias dinâmicas de um território, nomeadamente a forma como a população distribui, pela sua tendência a fixar-se em locais de boas acessibilidades (*Figura 23*).

De uma forma geral, a rede viária da AMP apresenta uma complexidade adequada às necessidades inter e intrametropolitanas, onde se denota a presença de importantes vias estruturantes, tais como a A1, que liga o Porto a Lisboa, a A3, que liga o Porto ao país vizinho, em Valença, a A4 como ponto de ligação entre o Porto (Matosinhos) e Trás-os-Montes (Bragança), e ainda a A7, que tem início na Póvoa de Varzim e culmina em Vila Pouca de Aguiar.

Nas ligações intrametropolitanas há forte destaque para vias estruturantes como a CRIP, que integra a Via de Cintura Interna (VCI) e serve de ligação dentro da cidade do Porto, ou ainda a CREP (ou A41), que foi construída com o intuito de retirar pressão ao tráfego da VCI. No fundo, a rede viária da AMP serve para facilitar a acessibilidade da população aos grandes núcleos urbanos como o Grande Porto e respetiva deslocação a partir de áreas suburbanas, numa lógica de interdependência e organização policêntrica.



Figura 23 - Rede viária principal da AMP.

## Distribuição da população

A maior ou menor concentração da população é um fator muito importante que poderá estar relacionado com a sobremorbilidade e sobremortalidade dos habitantes, por várias razões, tais como a resposta dos serviços de saúde e contribuição para o aumento dos níveis de poluição atmosférica, a partir das suas práticas e comportamentos, acrescendo o risco de exposição a todos os fatores já descritos.

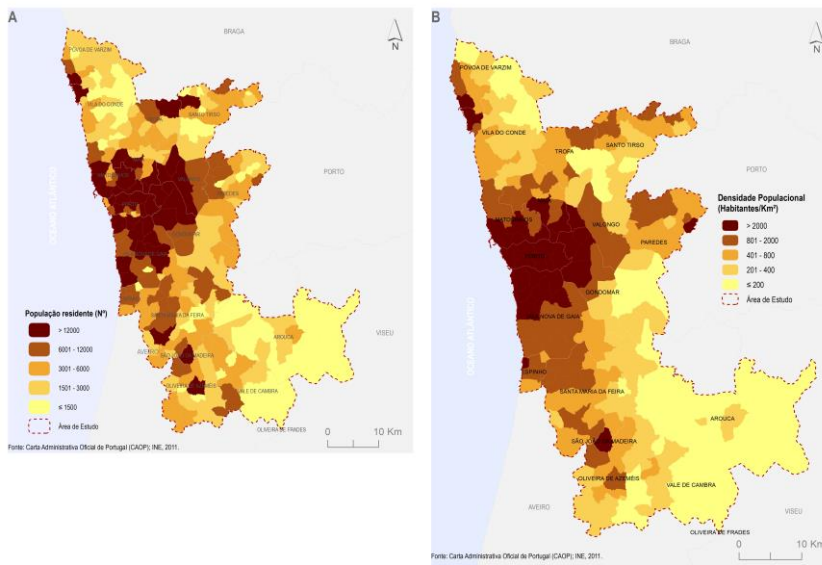


Figura 24 - A) População residente na AMP. B) Densidade Populacional na AMP.

É importante relembrar que a AMP, no seu todo, representa uma das áreas de Portugal com maior densidade populacional. Ao nível intrametropolitano, é possível identificar uma grande mancha concentrada no Grande Porto, ou seja, no concelho do Porto e concelhos adjacentes como Matosinhos, Maia, Valongo, Gondomar e Vila Nova de Gaia (*Figura 24-A*).

A população tende ainda a concentrar-se e outras cidades como Póvoa de Varzim, Vila do Conde, Santo Tirso, Trofa, Espinho, Santa Maria da Feira, São João da Madeira e Oliveira de Azeméis. À medida que nos afastamos do litoral denota-se uma decrescente concentração da população.

Este padrão confirma-se também pela densidade populacional (*Figura 24-B*), que acaba por mostrar também a afirmação do Grande Porto e dos aglomerados urbanos junto ao litoral, ou que pela atratividade económica, atraem mais população.

## *População idosa*

A população idosa representa o principal grupo etário de risco de desenvolvimento de doenças respiratórias, uma vez que correspondem ao grupo mais vulnerável, já que o sistema imunitário se torna cada vez mais frágil (*Figura 25*).

A AMP apresenta uma distribuição de população idosa bastante demarcada entre o litoral e o interior. O concelho do Porto apresenta em quase todas as freguesias uma proporção de população idosa superior a 20%, especialmente junto à Foz do Douro e na parte oriental. Outras cidades do litoral, embora com menor expressividade, apresentam valores elevados. Contudo, a principal concentração de população idosa, verifica-se na parte sudeste da AMP nos municípios de Vale de Cambra e Arouca.

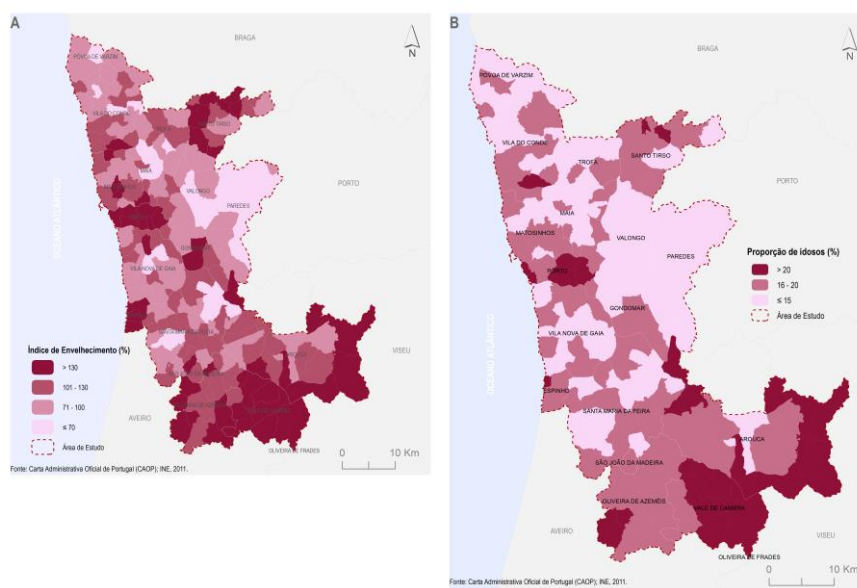


Figura 25 - A) Índice de envelhecimento. B) População idosa (com idade igual ou superior a 65 anos).

No que diz respeito ao índice de envelhecimento, verifica-se que mais de 50% das freguesias que constituem a AMP registam valores muito elevados da relação entre idosos e crianças, superiores a 100, o que significa que existem mais de 100 idosos por cada 100 jovens. Este padrão é mais demarcado nos concelhos do Porto, Santo Tirso, Espinho e municípios de sudeste: Arouca, Vale de Cambra e Oliveira de Azeméis. Pelo contrário, é em Valongo, Paredes, Vila Nova de Gaia e Maia onde se regista menor índice de envelhecimento.

## *População jovem/ crianças*

As crianças constituem também um grupo de risco no que diz respeito à suscetibilidade a desenvolver doenças respiratórias, já que os seus sistemas imunitários não estão completamente estruturados, pelo que se torna importante abordar e analisar a sua distribuição espacial.

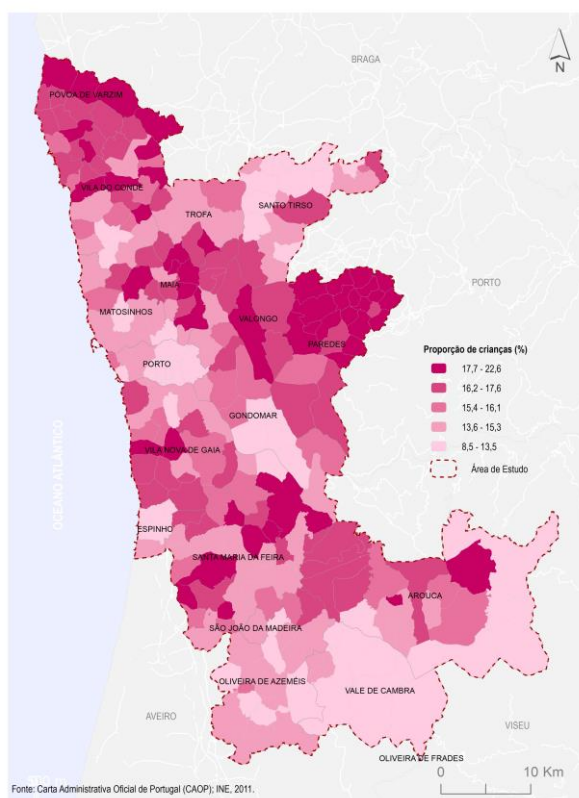


Figura 26 - População jovem (idade inferior a 15 anos).

Ao contrário do cenário descrito relativamente à distribuição da população idosa na AMP, as crianças – aqui entendidas como a população com idade igual ou inferior a 14 anos – concentram-se sobretudo nos concelhos mais interiores e fora dos aglomerados urbanos (*Figura 26*). Neste sentido, pode-se verificar que o concelho de Paredes se destaca como aquele onde se encontra uma maior percentagem de crianças em relação à população total do município.

Seguem-se os concelhos de Valongo, Maia, Póvoa de Varzim, Vila do Conde e Santa Maria da Feira e Arouca que possuem entre 16% a 23% de população jovem.

## *Educação e literacia*

Os níveis de qualificação são importantes, pois permitem que a população seja capaz de interpretar as mensagens passadas no que diz respeito à saúde, mas não só. É importante adquirir conhecimento para que nos possamos defender e sobreviver.

Apesar da taxa de analfabetismo em Portugal ter vindo a diminuir consideravelmente nas últimas décadas, em 2011 era ainda uma realidade muito presente (*Figura 27-A*). Na AMP é possível identificar que em vários concelhos possuem freguesias onde mais de 6% da população residente com mais de 15 anos não sabe ler nem escrever, nomeadamente em Espinho, Santo Tirso, Santa Maria da Feira, Arouca e Vale de Cambra.

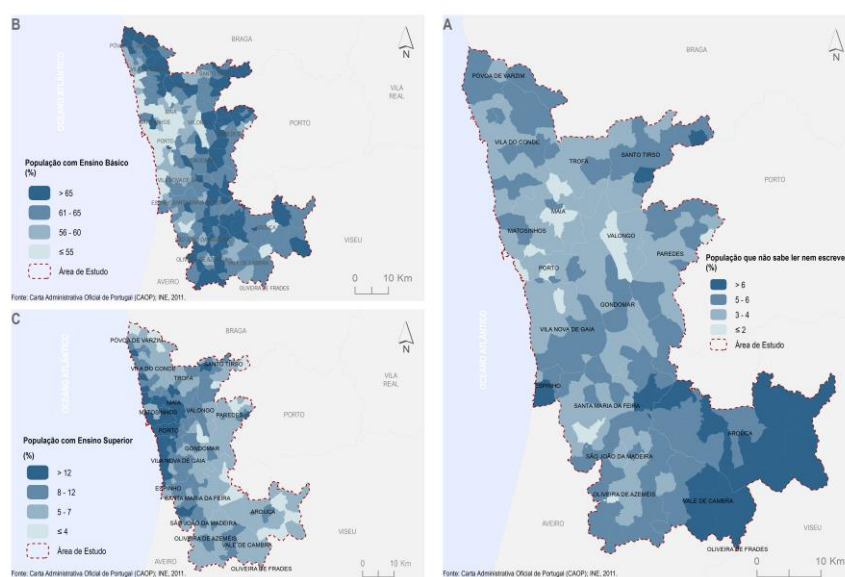


Figura 27 - A) População que não sabe ler nem escrever. B) População com Ensino Básico completo. C) População com Ensino Superior completo.

Por outro lado, as pessoas com Ensino Básico completo tendem a concentrar-se maioritariamente fora do Grande Porto, e do litoral (*Figura 27-B*), enquanto que o inverso acontece com a população com Ensino Superior completo, que se concentram essencialmente nas áreas mais intensamente urbanizadas e no litoral (*Figura 27-C*). É ainda perceptível que o número de pessoas com Ensino Superior completo é ainda muito baixo em relação ao da população com Ensino Básico, sendo este um reflexo da estrutura etária da população da AMP.

### *Edificado – Ano de construção e estado de conservação*

O estado de conservação dos edifícios é um bom indicador das carências da população. Este fator pode ser avaliado de inúmeras formas, nomeadamente a partir da análise da distribuição dos edifícios mais antigos e dos mais recentes, bem como a partir da proporção de edifícios com necessidade de reparação.

Os edifícios mais antigos, construídos até 1960, na AMP, concentram-se sobretudo no concelho do Porto e municípios adjacentes (*Figura 28-A*), evidenciando uma leve distinção entre oeste/este, ainda que não tão vincada. Os edifícios de idade mais recente, construídos posteriormente a 1960, até 2011 (*Figura 28-B*), conhecem um padrão idêntico ao anterior, embora seja notório os valores baixos nas freguesias do Porto que correspondem ao Centro Histórico e valores superiores nos municípios à volta do concelho do Porto.

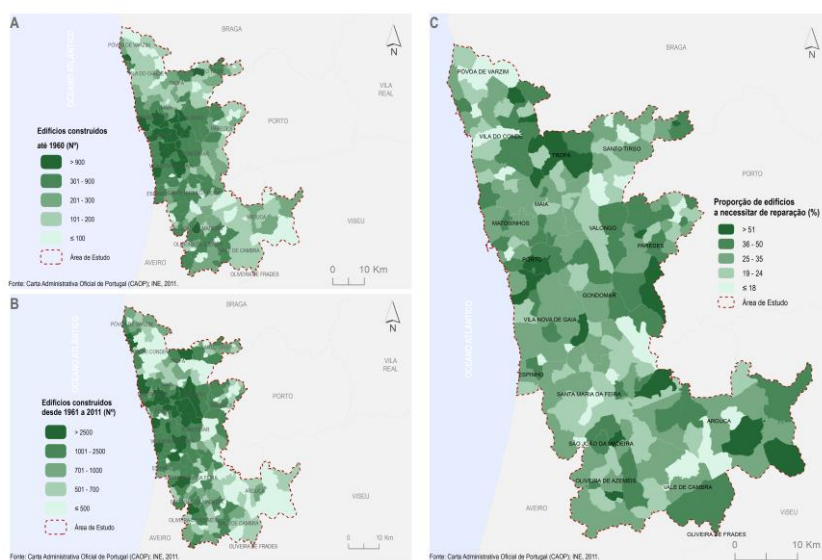


Figura 28 - A) Edifícios construídos até 1960. B) Edifícios construídos entre 1960 e 2011. C) Edifícios a necessitar de reparação.

Por fim, na *Figura 28-C* é possível verificar que os edifícios a necessitar de reparação, à data de 2011, se distribuíam de forma relativamente homogênea um pouco por toda a AMP. Contudo, os valores mais elevados concentravam-se, sobretudo, na Trofa, Paredes, Santa Maria da Feira e Arouca, que possuem várias freguesias com mais de 50% dos edifícios a necessitarem de algum tipo de reparação.

## Desemprego

O desemprego é um indicador de fragilidade económica de grande relevância, pela sua expressividade no país e pelas consequências indiretas na saúde da população, já que um dos primeiros cortes das famílias necessitadas é realizado ao nível dos cuidados de saúde, dificultando o acesso aos mesmos.

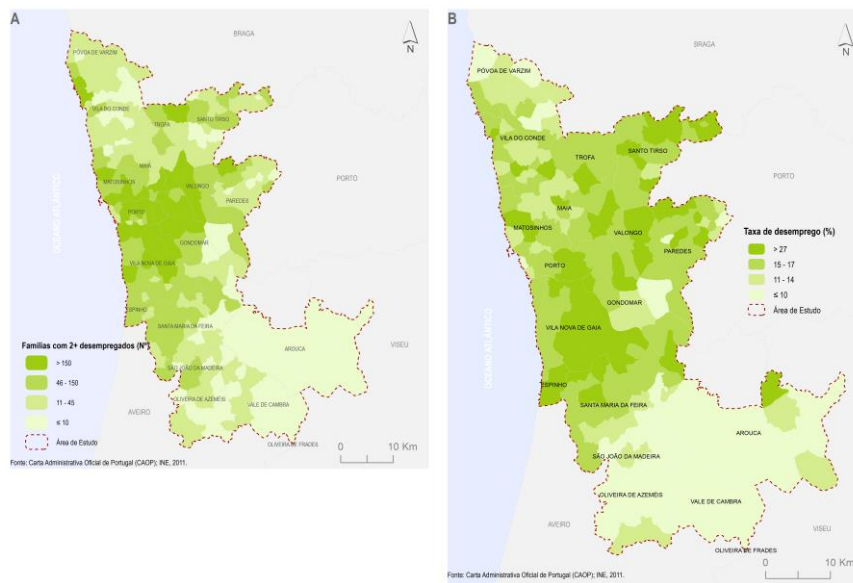


Figura 29 - A) Famílias com 2 ou mais desempregados. B) Taxa de desemprego.

Assim, é possível verificar que existem mais de 150 famílias pelo menos dois desempregados, essencialmente no concelho do Porto e área envolvente (*Figura 29-A*), salientando-se um claro contraste entre o Sudeste e a restante AMP, que apresenta, por sua vez, valores de menos de 10 famílias nesta condição.

Este padrão reflete-se também na taxa de desemprego (*Figura 29-B*), onde é perceptível que é nos concelhos do Porto, Vila Nova de Gaia e Espinho que residem as taxas de desemprego mais elevadas. A distribuição será mais homogénea a norte e centro da AMP, enquanto que a sul se registam valores mais baixos, que não excedem os 10%.

## Morbilidade e mortalidade por doenças do aparelho respiratório

Como já foi abordado no capítulo anterior, a terceira principal causa de morte em Portugal dá-se por doenças do aparelho respiratório. Para analisar a morbilidade/mortalidade na AMP foram utilizados os dados de internamentos por Grande Categoria de Diagnóstico 4 (CGD4) que corresponde às admissões nos 4 hospitais públicos que os disponibilizaram, pelas doenças respiratórias.

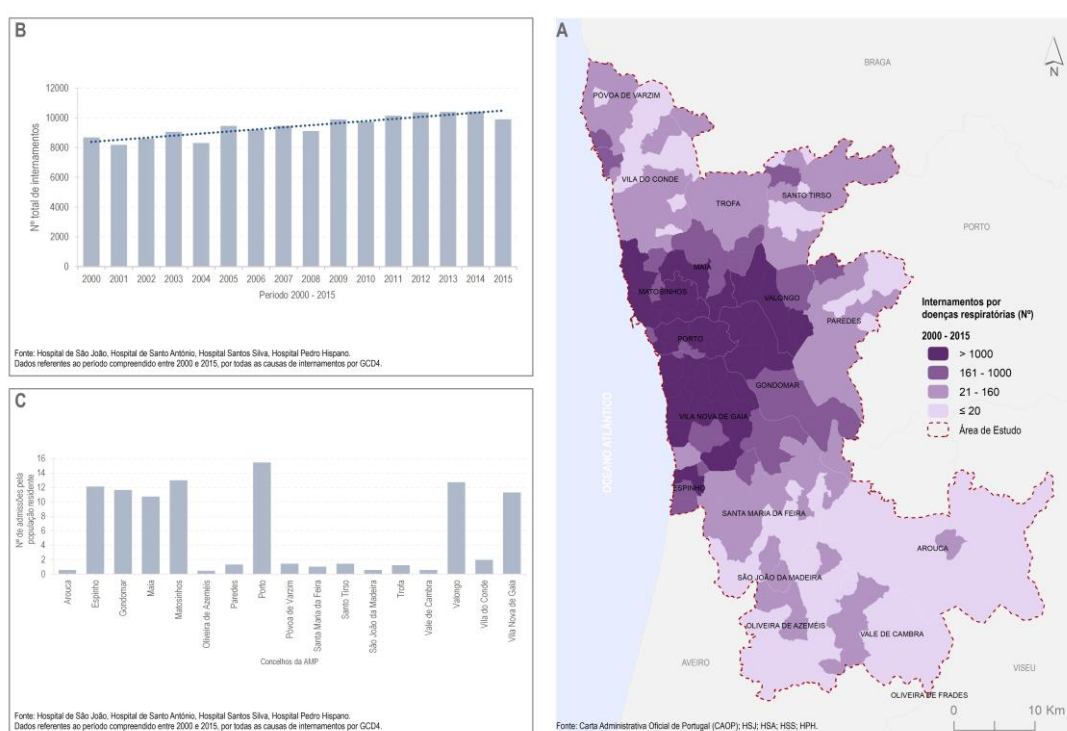


Figura 30 - A) Distribuição do total de internamentos por GCD4 na AMP. B) Evolução do total de internamentos no período de 2000 a 2015. C) Número de internamentos por habitantes.

A sua distribuição na AMP (*Figura 30-A*) adquire padrões muito semelhantes com os das variáveis sociais, económicas e biofísicas já abordadas, nomeadamente pela distribuição da população residente, que se concentra essencialmente no concelho do Porto e concelhos contíguos – Matosinhos, Maia, Valongo, Gondomar, Vila Nova de Gaia e Espinho, com valores acima dos 1000 internamentos no período de 2000 e 2015.

Denota-se ainda uma crescente dispersão “radial” no número de internamentos à que se caminha para o interior do território em análise.

Numa análise anual do número de admissões para todo o território em estudo (*Figura 30-B*), é perceptível que ao longo do período 2000-2015, existiu um ligeiro aumento, uma vez que em 2000 os valores rondavam um total de cerca de 8 mil internamentos, e em 2015 já se aproximava dos 10 mil, entre avanços e recuos, no decorrer da série temporal em análise.

Relativamente ao número de admissões pela população residente, e agregando os dados totais por concelho (*Figura 30-C*), é possível identificar que no período em análise o concelho do Porto apresentou um total de cerca de 15 internamentos por cada indivíduo residente na AMP, seguindo-se mais uma vez, os concelhos de Matosinhos, Valongo, Espinho, Gondomar, Vila Nova de Gaia e Maia, com valores entre os 10 e os 13 internamentos por habitante. Os restantes concelhos da AMP registam valores que não excedem os 2 internamentos por habitante, fazendo um claro contraste com os primeiros.

### ***Admissões hospitalares por doenças do aparelho respiratório – série 2000-2015***

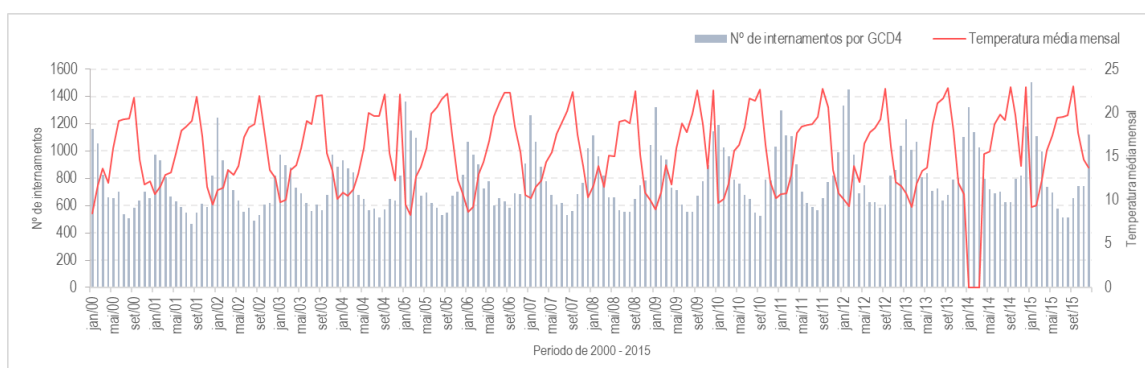


Figura 31 - Número total de internamentos por GCD4 e temperatura média mensal na série temporal de 2000-2015

O padrão de internamentos por GCD4 comportou-se também de forma cíclica ao longo de cada ano em análise e, observando a série temporal de 2000 a 2015, é possível verificar que poderá existir relação com a temperatura.

Foram utilizados novamente os dados de temperatura média mensal para a série temporal de 2000 a 2015, uma vez que se demonstrou a estação meteorológica com registos para o período em estudo, fornecidos pelo IPMA, sendo que desta forma foram

utilizados os seus dados para a análise das relações de temperatura com a mortalidade/morbilidade respiratórias da população da AMP.

Na *Figura 31* pode-se constatar que o número de internamentos mensais apresentam picos em todos os meses de janeiro e diminuição gradual até aos meses julho/agosto, altura em que voltam a subir novamente até ao mês de janeiro do ano seguinte, de forma mais rápida.

Assim, é possível associar este padrão cíclico às temperaturas e estações do ano, pois o número de admissões ocorre nos meses com temperatura média mais baixa. Este padrão pode revelar que, em Portugal, existe uma forte relação com as temperaturas mais baixas e a morbilidade por doenças respiratórias, mais do que nas estações mais quentes, apresentando picos em todos os invernos.

Para compreender de forma mais simplificada a forma como o número de internamentos por doenças respiratórias evolui ao longo dos meses em estudo, pode-se analisar o número total de admissões hospitalares mensal, para todos os meses, de todos os anos, do período compreendido entre 2000 e 2015. O cálculo da média de internamentos mensais para o período em análise foi crucial para compreender quais os meses mais críticos e qual a possível associação com as estações do ano.

Assim, a partir da análise da *Tabela 1* torna-se clara a relação entre os meses que excederam a média total de internamentos - correspondente ao valor de 786 internamentos por mês - e os meses de inverno em Portugal - Dezembro a Março. Os meses de janeiro, fevereiro, março e dezembro excedem na totalidade a média de internamentos mensais do período em estudo, enquanto que os meses correspondentes às estações de transição - primavera e outono -, bem como o verão, registam valores abaixo da média.

Desta forma, pode-se, mais uma vez, comprovar a associação aos eventos extremos com as doenças do aparelho respiratório, destacando-se aqui, como já foi referido no capítulo anterior, a pneumonia, gripe e doenças crónicas como a DPOC ou asma, como sendo aquelas que mais afetam os portugueses.

Tabela 1 - Distribuição mensal dos internamentos por GCD4 na AMP por ano e a média do total (2000 - 2015).

| ANO   | JAN  | FEV  | MAR  | ABRIL | MAIO | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ  |
|---|------|------|------|-------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 2000  | 1164 | 1056 | 824  | 660   | 656  | 699 | 539 | 509 | 583 | 637 | 699 | 653  |
| 2001  | 972  | 932  | 810  | 669   | 632  | 590 | 549 | 464 | 549 | 612 | 591 | 821  |
| 2002  | 1242 | 931  | 865  | 716   | 635  | 556 | 582 | 490 | 532 | 610 | 618 | 817  |
| 2003  | 974  | 894  | 880  | 729   | 689  | 619 | 562 | 610 | 567 | 679 | 973 | 885  |
| 2004  | 931  | 871  | 843  | 680   | 651  | 563 | 575 | 513 | 569 | 648 | 637 | 818  |
| 2005  | 1360 | 1151 | 1098 | 674   | 697  | 621 | 581 | 533 | 549 | 671 | 699 | 826  |
| 2006  | 1065 | 974  | 903  | 725   | 779  | 600 | 657 | 628 | 586 | 688 | 686 | 909  |
| 2007  | 1264 | 1070 | 883  | 779   | 679  | 610 | 619 | 531 | 562 | 681 | 764 | 1022 |
| 2008  | 1112 | 960  | 822  | 660   | 660  | 565 | 556 | 556 | 649 | 750 | 782 | 1041 |
| 2009  | 1323 | 970  | 940  | 733   | 711  | 609 | 555 | 556 | 670 | 780 | 897 | 1142 |
| 2010  | 1192 | 1026 | 963  | 793   | 758  | 679 | 646 | 548 | 526 | 789 | 783 | 1031 |
| 2011  | 1299 | 1115 | 1106 | 901   | 699  | 618 | 592 | 567 | 653 | 775 | 817 | 993  |
| 2012  | 1334 | 1453 | 971  | 687   | 750  | 626 | 625 | 582 | 606 | 822 | 859 | 1040 |
| 2013  | 1234 | 1007 | 1067 | 809   | 839  | 710 | 726 | 636 | 680 | 788 | 801 | 1103 |
| 2014  | 1320 | 1140 | 1027 | 794   | 719  | 688 | 700 | 624 | 622 | 798 | 819 | 1178 |
| 2015  | 1501 | 1111 | 994  | 739   | 697  | 577 | 513 | 510 | 653 | 745 | 741 | 1122 |
| Número de meses em que o número de internamentos por GCD4 foi superior à média do período 2000-2015 | 16   | 16   | 16   | 4     | 1    | 0   | 0   | 0   | 0   | 4   | 6   | 15   |
| Média de internamentos mensais para o período em análise  | 786  |      |      |       |      |     |     |     |     |     |     |      |

Com o auxílio do *software* R foi elaborada uma simples análise da relação entre as temperaturas médias mensais e total de internamentos mensais no período em estudo, de forma a compreender como se relacionaram com a temperatura média mensal. Esta análise permitiu dar consistência ao que foi constatado anteriormente (*Figura 32*). Com um coeficiente de correlação, que exprime o sentido e grau de associação entre as duas variáveis, de -0.7, considera-se que as mesmas apresentam uma correlação negativa média. Isto significa que há já uma forte associação entre os dois fatores e que se relacionam de forma negativa, isto é, o número de admissões por GCD4 diminui quando a temperatura média é mais elevada.

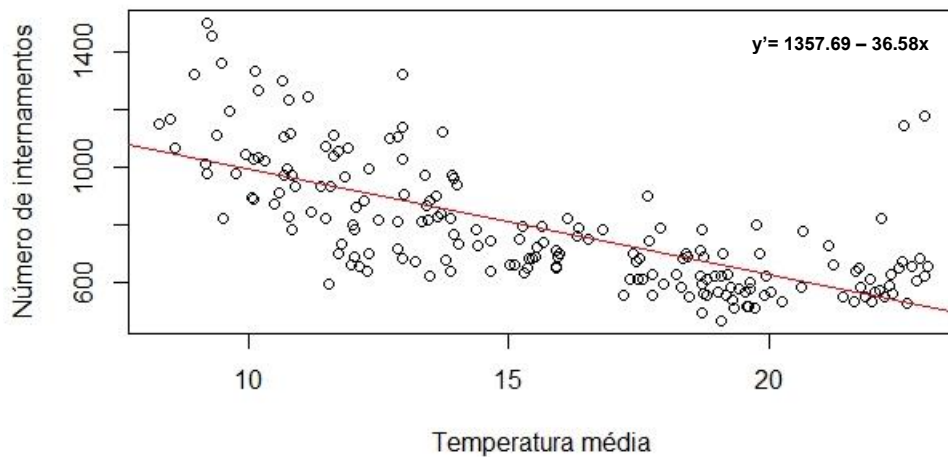


Figura 32 - Regressão para a temperatura média com o número de internamentos por GCD4 (2000-2015).

A partir do cálculo dos coeficientes da regressão, é possível chegar à equação de regressão:

$$\text{Número de internamentos}' = 1357.69 - 36.58 * \text{temperatura média}$$

Em que 1357.69 representa o intercepto, ou seja, o valor médio estimado do número de internamentos, quando a temperatura média mensal possui valor de 0°C. O valor de - 36.58 representa o declive da reta de regressão, que nos indica que quando a temperatura média mensal varia em 1°C, estima-se que o número de internamentos mensais varie em menos 37 internamentos mensais por doenças respiratórias. Assim é possível fazer uma previsão aproximada de futuros cenários, embora os internamentos dependam também de vários outros fatores, que serão abordados mais à frente.

O teste de significância global ou teste F (*Figura 33*) permite que, com um nível de significância de 5%, se possa rejeitar a hipótese nula (H0) de que os coeficientes da variável temperatura sejam iguais a zero. Por outras palavras, aceita-se a hipótese a hipótese alternativa (H1) de que os coeficientes são diferentes de zero, ou seja, existe uma relação entre as duas variáveis em análise.

```

Call:
lm(formula = internamentos ~ temperatura_media, data = mydata)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-343.81 -105.06  -25.63   82.15  660.62

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    1357.685     43.684   31.08  <2e-16 ***
temperatura_media -36.581      2.701  -13.54  <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 155.9 on 190 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.4912,    Adjusted R-squared:  0.4886
F-statistic: 183.5 on 1 and 190 DF,  p-value: < 2.2e-16

```

Figura 33 - Sumário do cálculo da relação entre os internamentos e a temperatura média mensal para o período de 2000 a 2015.

Por outro lado, o R-quadrado indica-nos a proporção da variância na variável dependente, que corresponde aos internamentos, que é explicada pelo modelo construído. Assim, no caso em estudo, pode-se concluir que cerca de 49% da variação no número de internamentos é explicada pela variação da temperatura média mensal.

Pode-se, desta forma, concluir que existe uma associação forte entre a temperatura média mensal e o total de internamentos por doenças do aparelho respiratório, ou seja, o número de admissões hospitalares por este tipo de patologias é influenciado pela temperatura.

Importa, no entanto, salientar que a realidade é muito mais complexa e que as doenças respiratórias estão associadas a outros diversos fatores, pelo que mais à frente será também explorada a associação das mesmas aos fatores demográficos, económicos, biofísicos, de educação e das condições de habitação.

## Admissões hospitalares por doenças do aparelho respiratório – sexo

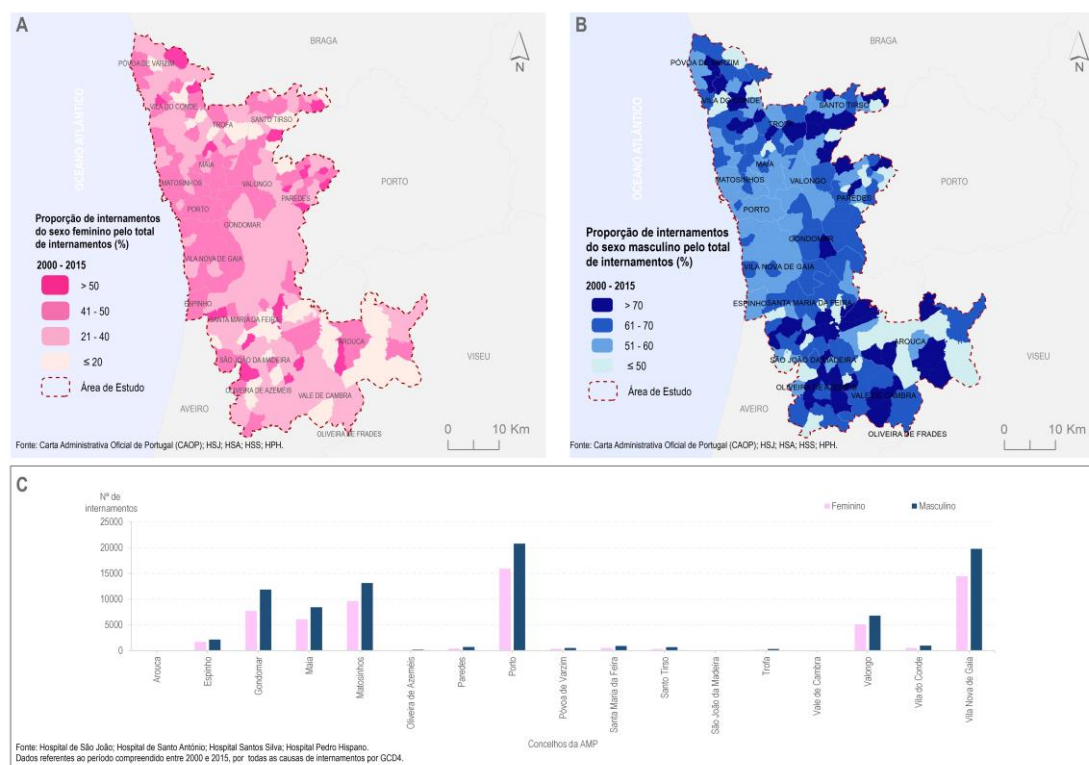


Figura 34 - A) Proporção de internamentos por GCD4 do sexo feminino na AMP. B) Proporção de internamentos por GCD4 do sexo masculino, na AMP. C) Internamentos totais por GCD4 entre sexo feminino e masculino.

No que diz respeito à distribuição dos internamentos por sexo (*Figura 34*), podemos verificar que existe uma clara prevalência de internamentos do sexo masculino sob o sexo feminino em praticamente toda a AMP. No entanto, a diferença entre géneros é menos expressiva junto das principais aglomerações urbanas, e no Grande Porto, em particular. Este facto é interessante já que permite compreender que para além do fator biológico “género”, poderão existir outros fatores externos que também estão a influenciar esta discrepância nos valores de internamentos.

A partir da análise dos internamentos por sexo e por concelho, é possível perceber que apesar de no Grande Porto se verificar uma diferença menor entre ambos, em todos os casos existem valores de internamentos superiores em homens do que em mulheres.

### *Admissões hospitalares por doenças do aparelho respiratório – idade*

A idade é também um dos fatores de risco no que toca às doenças respiratórias e, em Portugal, estão já identificados 3 grandes grupos de risco elevado: crianças (0-14 anos), adultos (30-64 anos) e idosos (65+ anos).

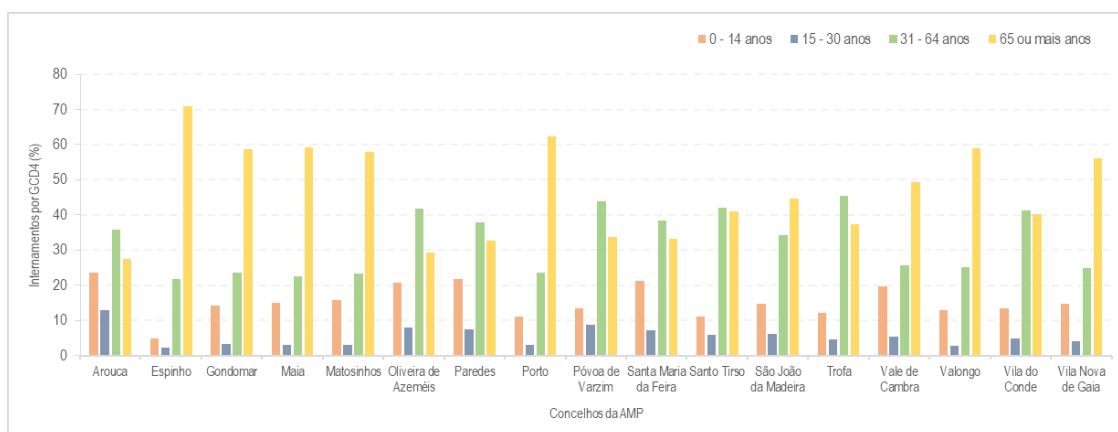


Figura 35 - Internamentos por CGD4 nos concelhos da AMP, por grupos etários.

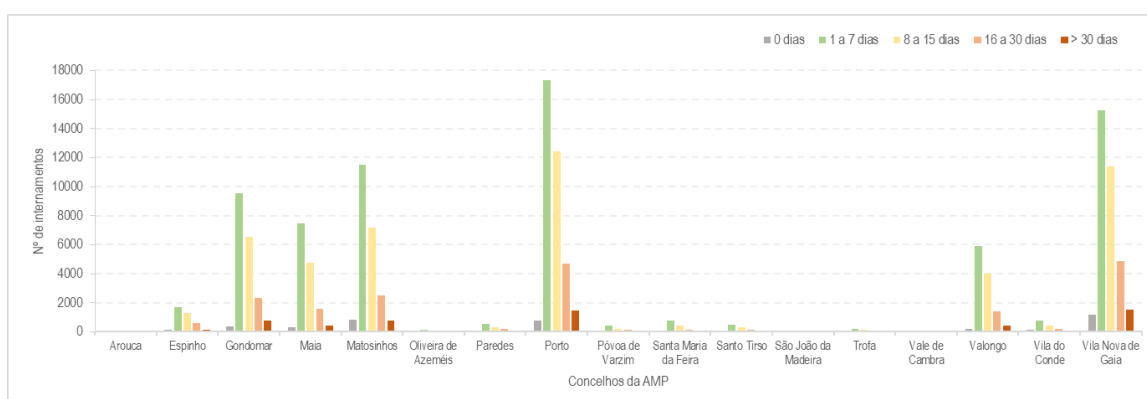
Ao desagregar os internamentos por doenças do aparelho respiratório por concelho, torna-se fácil perceber que em termos percentuais os idosos representam o grupo de risco que regista um maior número de casos de admissões hospitalares em quase todos os 17 concelhos que compõem a AMP (*Figura 35*). No entanto, um outro grupo apresenta valores preocupantes, que é o dos adultos com idade compreendida entre os 31 e os 64 anos. Sabemos que em Portugal, e no contexto das doenças respiratórias crónicas, os valores da mortalidade precoce são uma realidade que se pode refletir nos números de admissões. Por outro lado, os concelhos em que esses valores são superiores nos adultos do que no caso dos idosos – Arouca, Oliveira de Azeméis, Paredes, Póvoa de Varzim, Santo Tirso, Santa Maria da Feira, Trofa e Vila do Conde – pode representar outros aspetos como o maior afastamento às 4 unidades hospitalares em análise ou, ainda que de forma indireta, carências financeiras que obrigam a um menor investimento na saúde familiar.

Por fim, outro dos grupos etários que apresenta valores mais elevados de internamentos são as crianças, com idade compreendida entre os 0 e os 14 anos, com grande expressividade em todos os concelhos da AMP. O grupo etário com menor número

de internamentos registados é o dos jovens adultos, com idade compreendida entre os 15 e os 30 anos.

### ***Admissões hospitalares por doenças do aparelho respiratório – tempo de internamento***

No que diz respeito ao tempo de internamento, este é importante para compreender a duração média do tratamento das doenças respiratórias até que o paciente tenha alta hospitalar. A partir da análise da *Figura 36* é possível identificar um padrão comum em todos os concelhos que constituem da AMP, uma vez que uma grande parte do total de internamentos se concentra no período compreendido de 1 a 7 dias, seguidos de internamentos entre 8 a 15 dias, o que indica que a média da duração dos internamentos por doenças do aparelho respiratório se concentra entre 1 a 7 dias.



*Figura 36 - Tempo de internamento por GCD4, por concelho da AMP.*

Uma grande parte dos internamentos totais, correspondente a mais de 50% do total em cada concelho, são superiores a 1 dia, sendo este padrão comum em todos os municípios, onde se destaca mais uma vez o Porto e Vila Nova de Gaia.

### ***Destino após alta hospitalar (DSP) – Falecimento***

A mortalidade por doenças respiratórias foi avaliada pelo DSP20, ou seja, pelo código de destino do utente após alta de um serviço hospitalar que diz respeito aos falecimentos. Embora não seja totalmente representativo do total da mortalidade, já que

se referem aos falecimentos pós-internamento, excluindo os restantes, poderá ainda assim ajudar a compreender onde incide o maior número de mortes por doenças do aparelho respiratório.

Assim, na AMP, os concelhos que se destacam com maior percentagem de falecimentos correspondem ao Porto, Vila Nova de Gaia, Matosinhos, Gondomar, Maia e Valongo, pertencentes aos Grande Porto (*Figura 37*).

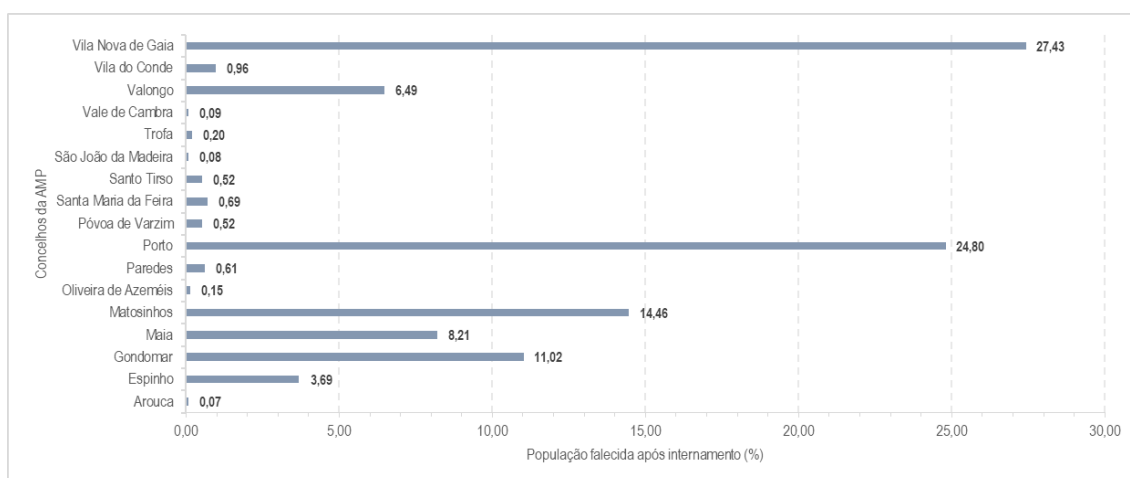


Figura 37 - Destino após alta hospitalar (DSP20) - Falecimento, por concelho, na AMP (2000-2015).

Por outro lado, concelhos como Arouca, São João da Madeira, e Vale de Cambra apresentam valores de mortalidade inferiores a 0,1%. Uma vez que os dados dizem respeito apenas a 4 hospitais públicos da AMP, poderá também interferir na distribuição apresentada, já que existem também outros hospitais de grande relevância dentro e fora da área em estudo, que pela proximidade captam a população.

### ***Óbitos gerais diários por doenças do aparelho respiratório***

A partir da análise dos óbitos gerais mensais por causa de morte, foi possível tirar algumas conclusões acerca da mortalidade por doenças respiratórias ou, como segundo a classificação do INE, por LSE37 (Lei Sucinta Europeia nº37). Permitiu também dar consistência ao que foi já referido anteriormente.

Tabela 2 - Evolução dos óbitos por doença respiratória na AMP.

| Ano  |   | Número total de óbitos por LSE37 |
|------|---|----------------------------------|
| 2000 | ↓ | 1387                             |
| 2001 | ↓ | 1313                             |
| 2002 | ↓ | 1345                             |
| 2003 | ↓ | 1281                             |
| 2004 | ↓ | 1288                             |
| 2005 | → | 1536                             |
| 2006 | → | 1601                             |
| 2007 | → | 1479                             |
| 2008 | ↓ | 1447                             |
| 2009 | → | 1643                             |
| 2010 | → | 1601                             |
| 2011 | → | 1641                             |
| 2012 | ↑ | 1764                             |
| 2013 | → | 1644                             |
| 2014 | → | 1667                             |
| 2015 | ↑ | 1879                             |

A partir da análise da evolução do número total de mortes gerais por doenças respiratórias na AMP para o período em análise, é possível verificar que conheceram um padrão diferente do que se pôde observar no número de internamentos. De 2000 a 2004 assistiu-se a uma diminuição ligeira, mas consecutiva, no número de óbitos.

Contudo, entre 2005 e 2011 observa-se já uma estagnação no número de mortes que não regista melhorias. A partir de 2012, tem-se vindo a verificar um aumento, ainda que ligeiro no número de óbitos. Esta evolução considera-se alarmante, já que se consegue

perceber que o número de mortes tem tendência para aumentar (Tabela 2).

Por outro lado, quando se desagrega a informação por concelho da AMP, pode-se concluir mais uma vez que o Porto se destaca com mais de 20% do total de óbitos por doença do aparelho respiratório, seguido dos concelhos que constituem o Grande Porto.

Os restantes concelhos apresentam valores que não ultrapassam os 5% dos óbitos (Figura 38).

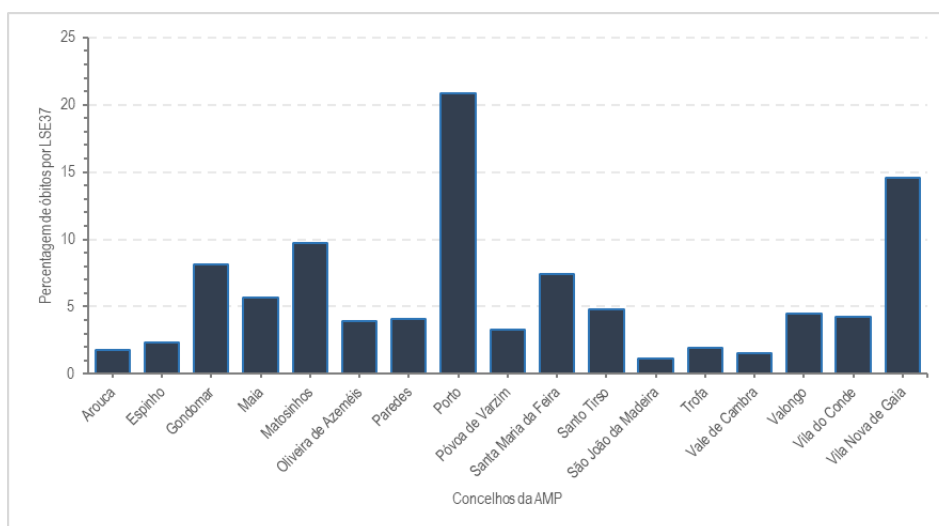


Figura 38 - Percentagem de óbitos por LSE 37, sob o total de óbitos registados no período 2000-2015.

Por fim, é importante perceber se para além dos internamentos, os óbitos também se relacionam com a temperatura (*Figura 39*).

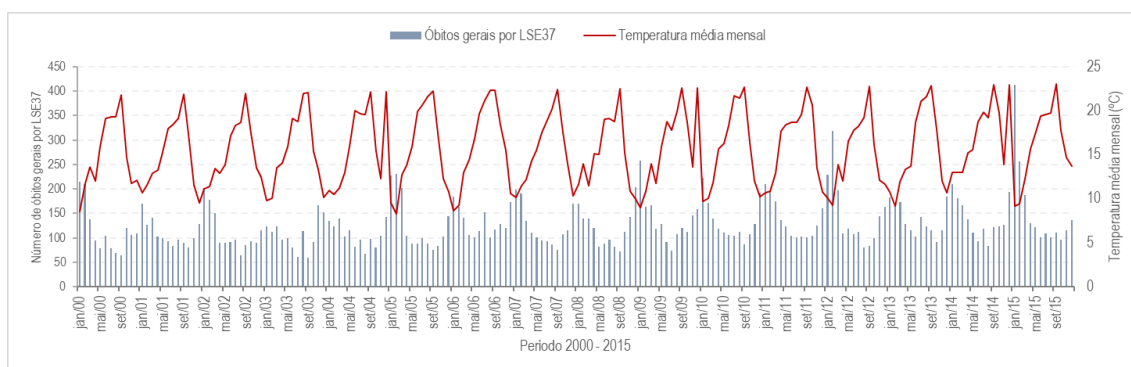


Figura 39 - Óbitos gerais mensais por doenças do aparelho respiratório e temperatura média mensal para a AMP, no período de 2000 e 2015.

Se, como se verificou anteriormente, existia uma forte relação entre o número de admissões hospitalares e a temperatura média mensal, o mesmo acontece com o comportamento das mortes pelas doenças respiratórias.

Verifica-se uma sazonalidade na evolução mensal dos óbitos por doenças respiratórias, em que se pode observar um aumento significativo em todos os meses de dezembro e janeiro, enquanto que valores mais baixos nos meses de junho, julho e setembro. Isto significa que as mortes por patologias relacionadas com o aparelho respiratório predominam nos meses de inverno, ou seja, a população residente na AMP “morre pelo frio”, devendo ser essa a principal preocupação dos decisores.

É possível verificar ainda um pico elevado no mês de janeiro do ano de 2015, acima do “normal” nos anos anteriores. Este valor poderá estar relacionado com o pico da gripe sazonal, que nesse ano excedeu o número de mortes previstas (IPMA, 2015).

Desta forma, uma vez que a mortalidade respiratória se encontra fortemente associada aos meses frios, possivelmente em que as doenças como a pneumonia e gripe sazonal tenham um peso significativo, é importante atuar no sentido de salvaguardar o bem-estar da população, especialmente daquela que pertence aos grupos de risco.

## 4. Construção da carta de risco para a prevalência de doenças respiratórias na população residente na AMP

O processo metodológico selecionado e aplicado no caso de estudo da AMP foi o *Analytic Hierarchy Process*, desenvolvido por *Thomas L. Saaty*, em 1980. A razão pela qual foi o processo escolhido, prende-se com o facto de ser flexível à utilização de tantas variáveis quanto as que são capazes de descrever a suscetibilidade da população a um determinado risco, seja ele a eventos extremos – como os incêndios, movimentos de vertente, entre outros –, ou então a uma patologia/epidemia específica.

Por outro lado, um fator importante que distingue a metodologia selecionada, de todas as restantes abordadas no capítulo introdutório, é o facto de ser possível utilizar o tipo de variáveis que expliquem melhor o contexto de vulnerabilidade da população de um dado território. Por outras palavras, a metodologia AHP vai permitir que sejam não só utilizadas variáveis dos Censos da População correspondentes a indicadores socioeconómicos, mas também a outros fatores como biofísicos, climáticos, de qualidade do ar, que constituem, neste caso, o foco principal do projeto.

Desta forma, *Saaty* começa por descrever que o primeiro passo de aplicação do seu processo metodológico passa pela formulação de uma questão de partida objetiva e estruturada (*Saaty*, 2008). O segundo passo será olhar para o conjunto de variáveis que podem integrar o modelo, sendo que todas as escolhas devem ser bem justificadas. Assim,

Tabela 3 - Tabela de ponderações e respetivos significados  
(Mu, *et al.*, 2017).

|                              |   |
|------------------------------|---|
| Extremely important          | 9 |
|                              | 8 |
| Very Strongly more important | 7 |
|                              | 6 |
| Strongly more important      | 5 |
|                              | 4 |
| Moderately more important    | 3 |
|                              | 2 |
| Equally important            | 1 |

será possível passar à fase de ponderação de cada uma das variáveis selecionadas, a partir da escala presente na (*Tabela 3*). Dada a ponderação a cada uma das variáveis de forma isolada, passa-se ao passo seguinte que será a ponderação entre as variáveis numa matriz de dupla

entrada.

A metodologia aplicada revela-se extremamente importante no exercício do processo de decisão, na medida em que permite identificar e ponderar vários fatores que estão inerentes a um determinado risco, como é o caso da intervenção face ao número de mortes por doenças respiratórias. Este é um processo subjetivo, já que é necessário fazer ponderações entre os diversos fatores e constrangimentos, daí ser importante conseguir justificar de forma clara todas as decisões tomadas até obter o produto final. Produto esse que permitirá conhecer o impacto de um determinado risco a uma evidência.

Após ser formulada a questão de partida, que corresponde ao objetivo principal do projeto, foram recolhidas as variáveis que são consideradas fatores que podem potenciar o aumento da mortalidade e morbilidade por doenças respiratórias.

Desta forma, após ser selecionada a metodologia a aplicar no caso de estudo da AMP, e de possuir objetivos claros e objetivos sobre o produto final, procedeu-se à recolha e tratamento dos dados de entrada (*inputs*) para a carta de risco.

#### **4.1. Recolha e tratamento dos dados**

Os dados socioeconómicos selecionados para integrar a carta de risco foram descarregados a partir da plataforma da BGRI (Base Geográfica de Referenciação da Informação), disponibilizada a todos os utilizadores pelo INE. O INE fornece de forma gratuita informação mais detalhada sobre alguns dos indicadores recolhidos nos Censos da População, desagregada por várias escalas – nível nacional até à subsecção estatística – para todo o território nacional, continental e insular.

São disponibilizados os resultados dos Censos da População de 2011 no que diz respeito a um conjunto de 122 indicadores demográficos, sociais, de educação, económicos e no que refere ao estado de conservação e ano de construção das habitações.

Assim, tendo em consideração que este conjunto de dados contribui para um maior rigor na análise de padrões socioeconómicos, nomeadamente para a análise da

vulnerabilidade na área de estudo, sendo ela mais reduzida, torna-se extremamente útil que as variáveis socioeconómicas introduzidas na carta de risco representem a escala da freguesia, dada a extensão da área de estudo.

Após o descarregamento dos dados, foi concretizada a sua conversão para formato compatível com o *software ArcGIS*, com a ajuda da ferramenta *Excel*, de forma a que esta informação pudesse ser trabalhada. Para além dos dados *per si*, o INE disponibiliza também os códigos de cada freguesia, para que os dados possam ser unidos à geometria da área em estudo, no mesmo *software*.

Desta forma, após todo o tratamento dos dados extraídos, onde foi essencial a utilização das ferramentas *Excel* e *ArcGIS*, deu-se seguimento à seleção das variáveis que poderão integrar a carta de risco, ou seja, que poderiam refletir a vulnerabilidade social e económica da população às doenças respiratórias.

## 4.2. Seleção das variáveis a integrar a carta de risco

A seleção das variáveis a introduzir na carta de risco teve como base toda a revisão da literatura realizada anteriormente, mas também tendo sempre em conta o contexto específico da área de estudo, que foi possível conhecer com a contextualização da mesma (*Tabela 4*).

*Tabela 4 - Variáveis selecionadas para construção de modelo explicativo.*

| Edificado                                      | Demográfico  | Biofísicas/Ambientais              |
|--|--|------------------------------------|
| Edifícios construídos até 1960                 | Densidade populacional   | Hipsometria                        |
| Alojamentos familiares não clássicos           | População com idade igual ou inferior a 14 anos                      | Exposição de vertentes             |
| Edifícios a necessitar de reparação            | População com idade compreendida entre 15 e 64 anos                  | Ocupação do solo                   |
|  | População com idade igual ou superior a 65 anos                      | Densidade da rede viária           |
|  | Índice de envelhecimento   | Níveis médios de poluição por PM10 |
|  | Famílias clássicas com pessoas com idade igual ou inferior a 14 anos | Níveis médios de poluição por NO2  |
|  | Famílias clássicas com pessoas com idade igual ou superior a 65 anos | Níveis médios de poluição por O3   |
| Económico                                      | Educação   |                                    |
| Taxa de desemprego                             | População que não sabe ler nem escrever                              |                                    |
| Famílias clássicas com 2 ou mais desempregados | População com Ensino Básico completo                                 |                                    |
| População Reformada                            | População com Ensino Superior completo                               |                                    |

A idade dos edifícios reflete o seu estado de conservação que, por sua vez, e de forma indireta, poderá estar associado aos materiais utilizados na sua construção. Desta forma, os edifícios construídos até 1960 poderão constituir uma das variáveis associadas ao conforto térmico da população dentro das suas habitações, pelos materiais utilizados. Outro aspeto importante é a necessidade de reparação dos edifícios, que demonstra também fragilidades nas condições de habitabilidade e, por isso, foram também integradas no modelo como *input*.

Por outro lado, foram também selecionados os alojamentos familiares não clássicos, uma vez que representam alojamentos cuja construção não é convencional, englobando barracas ou caravanas, também designados de provisórios. Este tipo de habitação precária poderá também contribuir para o aumento da suscetibilidade da população por não possuir as mínimas condições de habitabilidade.

No que diz respeito à estrutura demográfica da população, foram selecionadas um total de 7 variáveis que, na sua maioria, refletem a fragilidade da população pela sua idade. Para tal, foram selecionadas variáveis que permitissem representar cartograficamente onde se encontram os três grandes grupos de risco – as crianças até aos 14 anos de idade, adultos entre os 15 e os 64 anos e os idosos com 65 ou mais anos. Assim, foram selecionadas as variáveis correspondentes às famílias clássicas com pessoas com 65 ou mais anos de idade, famílias clássicas com pessoas com menos de 15 anos, população com idade compreendida entre os 0 e 14 anos, adultos entre os 15 e os 64 anos, assim como a população com idade igual ou superior a 65 anos.

O índice de envelhecimento foi também selecionado, que nos mostra o número de idosos por cada 100 jovens, por ser um bom indicador da relação da população mais velha e população mais nova.

Por fim, a densidade populacional, dada pela relação entre a população residente e a área em quilómetros quadrados (Km<sup>2</sup>), refletirá em que locais a população se concentra mais, sendo que acaba por ser útil para a carta de risco, mesmo que de forma indireta, já que em contexto urbano, a grande concentração de população origina outros problemas como a poluição atmosférica, uma das principais causas das do surgimento e/ou

agravamento de doenças respiratórias.

Por forma a contemplar também as fragilidades económicas da população da área de estudo, foram selecionadas 3 variáveis respeitantes à taxa de desemprego, às famílias clássicas com 2 ou mais desempregados e população reformada, que para além de nos mostrar mais uma vez a grande expressão da população idosa no território, pode ainda representar população reformada por diversas outras razões, nomeadamente por invalidez, doença, por acidente de trabalho, entre outras. Desta forma, é contemplada, ainda que de forma indireta, a população mais frágil, por outras razões que não sejam pela sua idade.

Ao nível da educação, a variável que poderá integrar a carta de risco e que pode representar a iliteracia da população – uma das competências que, como já foi abordado, é essencial para compreender e saber filtrar a informação que consumimos, nomeadamente no que diz respeito à saúde – é a representação da população que não sabe ler e escrever. Ainda que hoje tenha alcançado os níveis mais baixos de sempre ainda é um indicador com alguma expressão, essencialmente associado à população mais velha. Desta forma, no âmbito da educação foram selecionadas 3 variáveis: proporção de população que não sabe ler nem escrever, proporção de população com Ensino Básico e proporção de população com Ensino Superior.

No que diz respeito às variáveis biofísicas/ambientais foram selecionadas um total de 7 variáveis. A primeira terá sido a hipsometria, já que a altitude poderá, por um lado, condicionar a fixação da população e, por outro lado, poderá também interferir com o clima, associando-se indiretamente, à incidência de doenças respiratórias, pela exposição a contextos climáticos diferenciados.

A exposição de vertentes foi outra das variáveis selecionada, já que a fixação de população em encostas umbrias, poderá propiciar de forma mais intensa o desenvolvimento de patologias respiratórias, pela escassa exposição solar.

A ocupação do solo também poderá dar respostas ao maior ou menor risco para a população, na medida em que é reconhecido que os contextos urbanos podem influenciar a saúde respiratória. Assim esta foi também outra variável escolhida para representar o risco para a saúde da população da AMP.

Por fim, será também importante perceber em que locais da área de estudo se concentra a rede viária, uma vez que, de forma indireta, poderá indicar as áreas de maior tráfego pela existência de vias nas proximidades.

As variáveis ambientais inseridas no modelo de representação do risco para a saúde respiratória da população da AMP correspondem à poluição atmosférica, uma vez que no que diz respeito às questões climáticas não existem dados suficientes que permitam a representação cartográfica com consistência suficiente para a série temporal em estudo.

Assim, no que toca à poluição atmosférica, reunindo um conjunto de 24 estações de medição da qualidade do ar da QUALAR, distribuídas pela AMP e pelas áreas mais próximas da mesma. A colmatação de alguns dados em falta na rede QUALAR foi elaborada com a ajuda dos dados disponibilizados pela EEA, como já referido, que possui dados de poluentes por várias estações de medição europeias para o período compreendido entre 2006 e 2014. Desta forma, os mapas resultantes desta análise correspondem a este período temporal, representando a média combinada da concentração dos poluentes O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> e PM<sub>10</sub>, já que terão sido os poluentes com maior quantidade de dados disponíveis para o período em análise.

### ***Construção do modelo explicativo aplicado à área de estudo***

Posteriormente à seleção de todas as variáveis, procedeu-se à construção de um modelo explicativo que pudesse representar as fragilidades socioeconómicas e ambientais da AMP no que diz respeito às doenças respiratórias. Para tal, todas as variáveis selecionadas para integrar o modelo que apresentavam formato *Shapefile*, foram convertidas em formato *Raster*, com a ferramenta “*Feature to Raster*”. No caso da COS, antes de ser convertida em formato matricial, foi criado um campo numérico com os números correspondentes a cada tipo de ocupação do solo, de 1 a 9. No que diz respeito aos dados de internamentos, estes foram sujeitos também aos mesmos processos.

De seguida, foram criados um conjunto de 1000 pontos aleatórios circunscritos à AMP, com o auxílio da ferramenta “*Create random points*” do *ArcMap* e procedeu-se à

atribuição de valores a cada um dos pontos e a cada variável, com a ferramenta “*Sample*”. Assim, todas as variáveis que não estivessem representadas à escala da freguesia, mas sim de forma contínua, como a hipsometria, os níveis de poluição ou a exposição das vertentes, poderiam possuir um valor atribuído, possibilitando o seu tratamento estatístico.

No final, resultou uma Shapefile, com 1000 pontos distribuídos aleatoriamente, com valores respeitantes a cada variável candidata a ser introduzida na carta de risco, que terá sido posteriormente exportada em formato *.xls*, em *Excel*, para que os dados fossem tratados no software SPSS.

No *software SPSS* procedeu-se a uma análise estatística simples e exploratória de todos os dados, por forma a verificar como as variáveis se relacionam entre si e qual a influência das mesmas no número de internamentos GCD4. Foi testado um modelo explicativo: em que a variável dependente corresponde ao número total de internamentos no período compreendido entre 2000 e 2015 e as variáveis explicativas ou independentes foram definidas conforme anteriormente enumerado, totalizando 23 variáveis dos vários domínios abordados.

A primeira análise consistiu na correlação de *Pearson*, de forma a medir o grau de associação entre as variáveis dependentes de ambos os modelos e as variáveis explicativas. O coeficiente de correlação é uma medida de correlação paramétrica que exprime o sentido e o grau de associação entre as variáveis, não implicando, ainda assim, ma relação causa-efeito. Varia de -1 a 1 e quanto mais próxima de 0, maior aleatoriedade existe entre as variáveis.

A *Tabela 5* oferece resultados inesperados, mas que poderão ter explicações válidas. As variáveis com correlação superior a  $|0,3|$ , do total de 23 analisadas, correspondem apenas a 13 variáveis. As variáveis referentes ao estado de conservação das habitações, à estrutura etária, às fragilidades económicas e à educação serão aquelas que terão maior influência n número de internamentos. No que diz respeito às variáveis biofísicas/ ambientais, apenas a densidade de rede viária possui forte correlação com os internamentos por GCD4 registados no período em análise.

A correlação entre as variáveis selecionadas dá-se, de uma forma geral, de forma positiva, ou seja, à medida que o número de internamentos por doenças do aparelho respiratório aumenta, serão também superiores as fragilidades demográficas, sociais, económicas, de habitabilidade, bem como biofísicas e ambientais – ainda que com menor expressão. Excetua-se os casos da população que não sabe ler nem escrever e com Ensino Básico completo, na ocupação do solo – variável que será abordada mais à frente – e ainda a altitude, indicando que os internamentos aumentam quando o valor das mesmas diminui, no contexto da área de estudo.

Tabela 5 - Cálculo da correlação de *Pearson* entre o total de internamentos por GCD4 entre 2000 e 2015 e as variáveis explicativas previamente selecionadas.

|           |                       | EDIF_ATE60 | ALOJF_NCLA<br>SS | EDIF_REPA | DES_POP | POP_14 | POP_1564 | POP_65 | IND_ENV | FAM_P14 | FAM_P65 | T_DESEM | FAM_2DES |
|-----------|-----------------------|------------|------------------|-----------|---------|--------|----------|--------|---------|---------|---------|---------|----------|
| DR_RASTER | Correlação de Pearson | ,871**     | ,651**           | ,062*     | ,773**  | ,863** | ,887**   | ,900** | -,098** | ,859**  | ,908**  | ,394**  | ,910**   |
|           | Sig. (2 extremidades) | ,000       | ,000             | ,048      | ,000    | ,000   | ,000     | ,000   | ,002    | ,000    | ,000    | ,000    | ,000     |
|           | N                     | 1000       | 1000             | 1000      | 1000    | 1000   | 1000     | 1000   | 1000    | 1000    | 1000    | 1000    | 1000     |

|           |                       | POP_REFOR | POP_NLER | POP_BAS | POP_SUPE | COS_RASTE<br>R | MDE_AMP | ASPECT_AM<br>P | RV_DENS | PM10_FINAL | O3_FINAL | NO2_FINAL |
|-----------|-----------------------|-----------|----------|---------|----------|----------------|---------|----------------|---------|------------|----------|-----------|
| DR_RASTER | Correlação de Pearson | ,912**    | -,252**  | -,478** | ,493**   | -,261**        | -,269** | ,027           | ,640**  | -,229**    | ,012     | ,017      |
|           | Sig. (2 extremidades) | ,000      | ,000     | ,000    | ,000     | ,000           | ,000    | ,393           | ,000    | ,000       | ,696     | ,595      |
|           | N                     | 1000      | 1000     | 1000    | 1000     | 1000           | 1000    | 1000           | 1000    | 1000       | 1000     | 1000      |

De forma a compreender qual o impacto de cada variável independente na variável dependente – internamentos por GCD4 – foi construído um modelo de regressão linear múltipla. Construção de um modelo é exploratória e trata-se de um processo iterativo, que muitas vezes requer que sejam eliminadas algumas variáveis e outras adicionadas, até que os resultados sejam os pretendidos. Permite, por um lado, medir a dependência e prever o comportamento de uma variável em função de outras, que a explicam. A correlação diz-nos apenas se as variáveis evoluem no mesmo sentido, mas não nos diz o seu impacto, sendo que para isso é necessário construir um modelo de regressão.

Para a criação do modelo foram admitidas as variáveis cujo coeficiente de correlação será igual ou superior a |0,3|, excluindo-se aquelas que possuam correlação fraca com os internamentos por doenças respiratórias. Excetua-se a variável correspondente à poluição atmosférica por PM10, que apresenta uma correlação próxima de 0,3.

Assim, a *Tabela 6* permite retirar diversas conclusões, entre elas a primeira, que se destaca e que se refere à multicolinearidade das variáveis, isto é, o grau de correlação

entre as mesmas. Quando as variáveis independentes apresentam um coeficiente de correlação igual ou superior a 0,8, podem enviesar o modelo estatístico, como acontece com as variáveis relacionadas, essencialmente, com a estrutura etária da população. Por norma, num modelo de regressão linear, são removidas as variáveis que apresentam valores de VIF superiores a 10, pois serão redundantes para a análise e poderão interferir nos resultados reais, pelo que no caso da AMP, as variáveis referentes à estrutura demográfica da população (população com idade compreendida entre 0 e 14 anos; entre os 15 e os 64; com 65 ou mais anos; famílias clássicas com pessoas com idade inferior a 14 anos; famílias clássicas com pessoas de idade igual ou superior a 65 anos), população reformada e população com Ensino Superior completo, deverão ser excluídas do modelo, já que são redundantes. No entanto, no caso de se verificar que determinada variável seja importante para o modelo, é possível mantê-la, justificando a opção e utilizando-o apenas para previsão, sem interpretar os coeficientes de regressão (MILOCA, *et al.*, 2013), ou seja, neste caso, será importante manter no modelo as variáveis representativas dos dois principais grupos etários de risco de desenvolvimento das doenças respiratórias: adultos e idosos. Ainda que possam existir outras soluções, como a análise de componentes principais (MILOCA, *et al.*, 2013), para o caso de estudo, em que o objetivo não será o de criar uma equação de regressão, mas apenas eliminar variáveis que sejam redundantes para a área de estudo, esta pode ser uma das melhores soluções para o problema apresentado.

Tabela 6 - Tabela de coeficientes do 1º modelo de regressão linear.

| Modelo |              | Coeficientes não padronizados |           | Coeficientes padronizados |         | t     | Sig.    | 95,0% Intervalo de Confiança para B |                 | Estatísticas de colinearidade |     |
|--------|--------------|-------------------------------|-----------|---------------------------|---------|-------|---------|-------------------------------------|-----------------|-------------------------------|-----|
|        |              | B                             | Erro Erro | Beta                      |         |       |         | Limite inferior                     | Limite superior | Tolerância                    | VIF |
| 1      | (Constante)  | 1410,610                      | 494,420   |                           |         | 2,853 | ,004    | 440,367                             | 2380,852        |                               |     |
|        | EDIF_ATE60   | ,070                          | ,078      | ,034                      | ,898    | ,369  | ,083    | ,223                                | ,064            | 15,734                        |     |
|        | ALQJF_NCLASS | 7,709                         | 2,626     | ,042                      | 2,935   | ,003  | 2,555   | 12,862                              | ,441            | 2,270                         |     |
|        | DES_POP      | -,052                         | ,026      | -,061                     | -2,018  | ,044  | -,103   | -,001                               | ,098            | 10,224                        |     |
|        | POP_14       | -,797                         | ,283      | -,916                     | -2,811  | ,005  | -1,353  | -,241                               | ,001            | 1183,295                      |     |
|        | POP_1564     | -,272                         | ,056      | -1,415                    | -4,868  | ,000  | -,381   | -,162                               | ,001            | 941,861                       |     |
|        | POP_65       | -4,966                        | ,283      | -6,211                    | -17,548 | ,000  | -5,521  | -4,411                              | ,001            | 1396,044                      |     |
|        | FAM_P14      | 1,854                         | ,435      | 1,572                     | 4,259   | ,000  | 1,000   | 2,708                               | ,001            | 1518,472                      |     |
|        | FAM_P65      | 4,691                         | ,349      | 4,119                     | 13,448  | ,000  | 4,006   | 5,375                               | ,001            | 1045,368                      |     |
|        | T_DESEM      | -13,719                       | 3,925     | -,055                     | -3,495  | ,000  | -21,422 | -6,015                              | ,364            | 2,744                         |     |
|        | FAM_2DES     | 4,267                         | ,645      | ,362                      | 6,618   | ,000  | 3,002   | 5,532                               | ,030            | 33,419                        |     |
|        | POP_REFOR    | 2,177                         | ,148      | 3,361                     | 14,684  | ,000  | 1,886   | 2,468                               | ,002            | 583,982                       |     |
|        | POP_NLER     | 5,113                         | 5,054     | ,018                      | 1,012   | ,312  | -4,805  | 15,031                              | ,289            | 3,463                         |     |
|        | POP_BAS      | -19,986                       | 6,474     | -,092                     | -3,087  | ,002  | -32,690 | -7,281                              | ,102            | 9,799                         |     |
|        | POP_SUPE     | 1,933                         | 8,845     | ,007                      | ,219    | ,827  | -15,424 | 19,291                              | ,080            | 12,532                        |     |
|        | COS_RASTER   | 3,629                         | 6,400     | ,006                      | ,567    | ,571  | -8,931  | 16,189                              | ,728            | 1,373                         |     |
|        | MDE_AMP      | -,093                         | ,080      | -,017                     | -1,164  | ,245  | -,251   | ,064                                | ,427            | 2,344                         |     |
|        | RV_DENS      | 13,710                        | 5,196     | ,045                      | 2,639   | ,008  | 3,513   | 23,906                              | ,308            | 3,243                         |     |
|        | PM10_FINAL   | -8,303                        | 4,767     | -,019                     | -1,742  | ,082  | -17,658 | 1,053                               | ,748            | 1,337                         |     |

a. Variável Dependente: DR\_RASTER

Assim, foi retirado um total de 6 variáveis, sendo que permaneceram no modelo as restantes 12 variáveis independentes. Este exercício foi elaborado com o intuito de construir um conjunto de variáveis que permitissem criar uma carta de risco adequada para a realidade e contexto da AMP, pelo que, resolvido o problema da multicolinearidade, outro aspeto importante da análise elaborada com as variáveis selecionadas e que ficam no modelo final, são os coeficientes beta (*Tabela 7*), que permitem saber qual a variável que mais influencia a evolução dos internamentos por GCD4. Neste caso, corresponde a um dos grupos etários de risco, ou seja, a população residente com idade compreendida entre os 15 e os 64 anos, o que reforça ainda mais os factos constatados no capítulo 2, em que se aponta como um dos principais problemas, a mortalidade precoce por doenças respiratórias crónicas como a DPOC.

Tabela 7 - Tabela de coeficientes do 2º modelo de regressão linear.

| Modelo | Coeficientes não padronizados |           | Coeficientes padronizados |       | Sig.   | 95,0% Intervalo de Confiança para B |                 | Estatísticas de colinearidade |      |        |
|--------|-------------------------------|-----------|---------------------------|-------|--------|-------------------------------------|-----------------|-------------------------------|------|--------|
|        | B                             | Erro Erro | Beta                      | t     |        | Limite inferior                     | Limite superior | Tolerância                    | VIF  |        |
| 1      | (Constante)                   | -810,553  | 277,827                   |       | -2,917 | ,004                                | -1355,753       | -265,354                      |      |        |
|        | EDIF_ATE60                    | ,702      | ,079                      | ,338  | 8,872  | ,000                                | ,547            | ,858                          | ,095 | 10,577 |
|        | ALOJF_NCLASS                  | 26,114    | 2,920                     | ,142  | 8,942  | ,000                                | 20,383          | 31,845                        | ,545 | 1,834  |
|        | DES_POP                       | ,022      | ,028                      | ,026  | ,776   | ,438                                | -,033           | ,077                          | ,126 | 7,935  |
|        | POP_1564                      | ,110      | ,010                      | ,575  | 11,487 | ,000                                | ,091            | ,129                          | ,055 | 18,241 |
|        | POP_65                        | -,040     | ,066                      | -,050 | -6,07  | ,544                                | -,169           | ,089                          | ,020 | 49,483 |
|        | T_DESEM                       | 8,720     | 3,911                     | ,035  | 2,230  | ,026                                | 1,045           | 16,394                        | ,562 | 1,780  |
|        | POP_NLER                      | 27,409    | 4,792                     | ,096  | 5,720  | ,000                                | 18,005          | 36,812                        | ,492 | 2,034  |
|        | POP_BAS                       | 2,039     | 3,453                     | ,009  | ,591   | ,555                                | -4,737          | 8,815                         | ,549 | 1,822  |
|        | COS_RASTER                    | 14,038    | 7,867                     | ,024  | 1,784  | ,075                                | -1,400          | 29,476                        | ,738 | 1,356  |
|        | MDE_AMP                       | -,134     | ,098                      | -,024 | -1,363 | ,173                                | -,327           | ,059                          | ,436 | 2,293  |
|        | RV_DENS                       | 4,179     | 6,255                     | ,014  | ,668   | ,504                                | -8,096          | 16,454                        | ,326 | 3,071  |
|        | PM10_FINAL                    | 2,850     | 5,649                     | ,007  | ,505   | ,614                                | -8,235          | 13,935                        | ,815 | 1,227  |

a. Variável Dependente: DR\_RASTER

Outro fator muito importante para perceber a qualidade dos dados introduzidos no modelo construído é o cálculo do R-quadrado ( $R^2$ ), também designado por coeficiente de determinação. Este parâmetro mede a percentagem da variância da variável dependente estimada que é explicada pelas variáveis independentes do modelo. Por outras palavras, e aplicando ao caso de estudo, é possível concluir que 86,3% da variação dos internamentos por doenças respiratórias é explicada pela variação das variáveis independentes (*Tabela 8*). Este valor tende a aumentar à medida que se acrescentam ao modelo, sendo que quanto mais próximo de 100%, maior a qualidade dos dados.

Por outro lado, também na tabela 7 é possível verificar a partir do teste de significância global (teste F), que nos diz se o modelo é ou não significativo da realidade, que com um nível de significância de 5%, se pode afirmar que o modelo é globalmente significativo, já que o *p-value* é inferior a 5% (0,000).

Tabela 8 - Resumo do Modelo (R-Quadrado e Teste de significância global - Teste F)

| Modelo | R                 | R quadrado | R quadrado ajustado | Erro padrão da estimativa | Estatísticas de mudança |           |     |     |                |
|--------|-------------------|------------|---------------------|---------------------------|-------------------------|-----------|-----|-----|----------------|
|        |                   |            |                     |                           | Mudança de R quadrado   | Mudança F | df1 | df2 | Sig. Mudança F |
| 1      | ,930 <sup>a</sup> | ,864       | ,863                | 412,914                   | ,864                    | 524,665   | 12  | 987 | ,000           |

a. Preditores: (Constante), PM10\_FINAL, POP\_BAS, POP\_NLER, ALOJF\_NCLASS, COS\_RASTER, T\_DESEM, RV\_DENS, MDE\_AMP, POP\_1564, EDIF\_ATE60, DES\_POP, POP\_65

b. Variável Dependente: DR\_RASTER

O teste ANOVA (*Tabela 9*) permite saber se pelo menos uma variável do modelo influencia o número de admissões hospitalares por doenças respiratórias nos 4 hospitais públicos em estudo. A partir da tabela 6 é possível verificar que o *p-value* é inferior ao nível de significância de 5%, pelo que se rejeita a hipótese nula de que nenhuma variável independente ( $x_k$ ) influencia o comportamento da variável dependente ( $y$ ).

Tabela 9 - Teste ANOVA do modelo construído.

| Modelo |           | Soma dos Quadrados | df  | Quadrado Médio | Z       | Sig.              |
|--------|-----------|--------------------|-----|----------------|---------|-------------------|
| 1      | Regressão | 1073451781         | 12  | 89454315,04    | 524,665 | ,000 <sup>b</sup> |
|        | Resíduo   | 168281638,0        | 987 | 170498,113     |         |                   |
|        | Total     | 1241733419         | 999 |                |         |                   |

Assim, é possível concluir a partir de uma análise estatística simples, que as variáveis que poderão integrar a carta de risco de morbilidade por doença respiratórias, no caso específico da AMP, são as seguintes (*Tabela 10*):

Tabela 10 - Variáveis do modelo explicativo construído para o caso de estudo da AMP e que irão integrar a carta de risco.

| Edificado                            | Demográfico   | Biofísicas/Ambientais              |
|--------------------------------------|---|------------------------------------|
| Edifícios construídos até 1960       | Densidade populacional                              | Hipsometria                        |
| Alojamentos familiares não clássicos | População com idade compreendida entre 15 e 64 anos | Ocupação do solo                   |
|                                      | População com idade igual ou superior a 65 anos     | Densidade da rede viária           |
| Económico                            | Educação  | Níveis médios de poluição por PM10 |
| Taxa de desemprego                   | População que não sabe ler nem escrever             |                                    |
|                                      | População com Ensino Básico completo                |                                    |

### 4.3. Aplicação da metodologia – análise multicritério

Após a construção do modelo com as variáveis que podem explicar a suscetibilidade da população a desenvolver doenças respiratórias na AMP, já é possível elaborar a carta de risco, seguindo a metodologia AHP, anteriormente introduzida.

Assim, o passo seguinte consistiu na conversão de todas as variáveis que apresentassem formato shapefile, em formato raster, novamente a partir da ferramenta “*Feature to raster*”. A partir daqui, é importante padronizar todas as variáveis, já que as mesmas estão representadas em diferentes unidades. É importante assegurar desde início, que todos os ficheiros matriciais possuam a mesma resolução do pixel, no caso, de 30x30m.

A padronização das variáveis foi realizada com a ferramenta “*Reclassify*” e a cada uma foi atribuída uma ponderação, ou seja, todas as variáveis reclassificadas passam a representar uma escala de valores que varia entre 0 e 10, sendo que o valor 0 representa menor risco e 10 risco mais elevado (*ANEXO 3*).

De uma forma geral, cada variável foi ponderada quanto à gravidade do risco, sendo que os valores mais elevados, em quase todos os casos, representavam um risco maior do que os valores mais baixos. No que diz respeito à “idade” e grau de habitabilidade dos edifícios, considerou-se que existe um risco acrescido em locais com maior número de edifícios construídos anteriormente a 1960 e alojamentos familiares não clássicos.

Acerca dos grupos etários de risco, ficou definido que nas áreas de maior concentração de população pertencentes aos principais grupos etários de risco, corresponderiam a áreas de maior risco de desenvolvimento de doenças respiratórias. Por outro lado, locais com densidade populacional mais elevada, serão também consideradas área de maior risco.

A nível económico, a taxa de desemprego foi ponderada de forma a que os valores mais elevados correspondessem ao risco mais elevado de fragilidade na saúde. Da mesma forma, no que diz respeito à educação, a partir das variáveis da população que não sabe

ler nem escrever e das pessoas com Ensino Básico completo, considerou-se que as áreas com maior número de indivíduos nessa condição correspondem a áreas de maior risco.

Relativamente à hipsometria, aqui foram consideradas as cotas mais baixas e as mais elevadas como as que representam maior risco de desenvolver doenças do aparelho respiratório: as primeiras, pois representam áreas próximas ao litoral e a massas de água de grande expressão e, por isso, de maior risco, pelos efeitos da temperatura; as segundas, pelo risco de contrair doenças respiratórias derivadas à altitude.

Na ocupação do solo, foi atribuído o valor de risco máximo aos territórios artificializados, que representam aglomerações de população e, por isso, as cidades. Às massas de água e zonas húmidas foi atribuída ponderação mínima de 1, pelo facto de não existir ninguém frequentemente exposto, nem a residir nestas mesmas áreas. Às áreas de floresta foi atribuído um valor intermédio de 5, pelo facto de, por um lado, serem áreas que oferecem uma maior qualidade do ar, mas por outro lado, em episódios de incêndios florestais, serem uma fonte de emissão de gases poluentes para a atmosfera que afeta a saúde respiratória da população. Por fim, as áreas agrícolas obtiveram ponderação de 2 a 3, pelo facto de serem uma fonte de risco moderado pela exposição a temperaturas extremas, no exercício das atividades agrícolas.

A densidade da rede viária demonstra, ainda que de forma indireta, os locais que poderão ser sujeitos a níveis de poluição mais elevados, sendo que áreas com densidades de rede viária mais elevadas, representarão maior risco, e vice-versa.

Os níveis de poluição foram também ponderados, considerando-se que locais com níveis médios de poluição atmosférica por PM10 mais elevados, correspondem a áreas de maior risco para a saúde respiratória.

Após a elaboração da ponderação individual de cada variável a introduzir na carta de risco, procedeu-se à ponderação entre variáveis.

Desta forma, o passo seguinte consistiu em hierarquizar as variáveis e aplicar o método *Analytic Hierarchy Process*, onde a partir de uma tabela de dupla entrada se atribui uma hierarquia entre cada par de variáveis utilizadas na carta de risco, seguindo os pressupostos estabelecidos por Saaty, como já foi explicado anteriormente. Os valores

de ponderação vão de 1 até 9 e quanto maior for o valor, mais importância uma variável tem sobre a outra. A tabela é lida da linha para a coluna, e quando a variável da linha é mais importante do que a da coluna atribui-se o valor inteiro, caso contrário é atribuído o valor de  $1/x$  (ANEXO 4). De seguida são somadas todas as colunas e, numa nova tabela, é calculada para cada combinação de variáveis a relação entre a ponderação que obtiveram e a soma de toda a coluna (ANEXO 5). O passo seguinte consiste na soma de cada linha desta nova coluna e, por fim, o cálculo da relação entre esta mesma soma e o número de variáveis utilizadas (12).

*Tabela 11 – Ponderações finais atribuídas a cada variável.*

| Variáveis   | PONDERAÇÃO |
|---|------------|
| População com idade igual ou superior a 65 anos     | 0,20       |
| População com idade compreendida entre 15 a 64 anos | 0,17       |
| Densidade populacional                              | 0,13       |
| Ocupação do solo                                    | 0,13       |
| Densidade da rede viária                            | 0,09       |
| Poluição atmosférica por PM10                       | 0,10       |
| Taxa de desemprego                                  | 0,05       |
| Alojamentos familiares não clássicos                | 0,04       |
| Edifícios construídos até 1960                      | 0,03       |
| População que não sabe ler nem escrever             | 0,02       |
| População com Ensino Básico completo                | 0,02       |
| Hipsometria   | 0,01       |

O passo referente à ponderação das variáveis entre si é de extrema importância e, provavelmente, o mais desafiante, na medida em que as opções tomadas deverão ser consistentes. Assim, para o caso de estudo, a ponderação foi realizada tendo em conta dois critérios: a possibilidade de modificação da condição referente a cada variável; e a expressividade da variável no contexto da área de estudo.

Para a elaboração da carta de risco de desenvolvimento de doenças do aparelho respiratório da AMP foram atribuídas as seguintes ponderações finais, expressa na *Tabela 11*.

Uma vez finalizada a etapa da ponderação das variáveis a introduzir na carta de risco da AMP, procedeu-se à respetiva normalização dos valores de cada uma, numa escala de 0 a 1.

A normalização é elaborada a partir da utilização da ferramenta “*Raster Calculator*”, onde se aplica a fórmula que vai uniformizar os

valores das variáveis já reclassificadas, mas que ainda se encontram expressas em diferentes unidades:

$$X_i = (X_{\text{Raster}} - X_{\text{Mín.}}) / (X_{\text{Máx.}} - X_{\text{Mín.}})$$

O valor  $X_{\text{Raster}}$  corresponde ao valor de cada célula do raster, enquanto que  $X_{\text{Mín}}$  e  $X_{\text{Máx}}$  correspondem aos valores mínimos e máximos detetados neste mesmo ficheiro matricial, respetivamente. Este é apenas um dos possíveis métodos de normalização das variáveis. Contudo, seja qual for o método utilizado, é importante lembrar que os valores mais elevados deverão corresponder a riscos mais elevados, enquanto que valores mais baixos, devem representar riscos mais baixos.

O passo seguinte e o final para a construção da carta de risco, consiste na aplicação da fórmula de cálculo que vai criar um único ficheiro, com a representação gráfica do risco de desenvolvimento de doenças respiratórias, em função das variáveis implementadas e das ponderações dadas.

Esta fórmula refere-se à soma ponderada de cada variável adicionada e é frequentemente utilizada para qualquer análise multicritério (*Figura 40*).

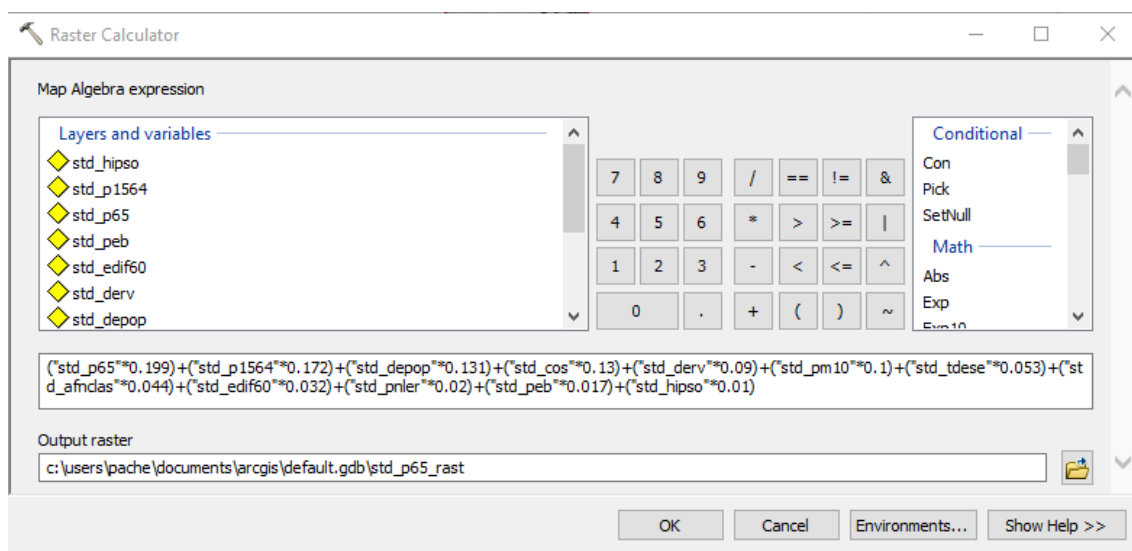


Figura 40 - Operação final para construção da carta de risco na ferramenta "Raster calculator".

## 5. Avaliação dos resultados

O produto final de todo o processo resultou na carta de risco de prevalência de doenças do aparelho respiratório, a partir da junção das determinantes socioeconómicas e ambientais que melhor explicam a morbilidade e mortalidade por este tipo de patologias (*Erro! A origem da referência não foi encontrada.*).

A cartografia de risco é essencial para compreender onde é que existe maior suscetibilidade por parte da população a um determinado fenómeno, que neste caso será a ocorrência de doenças respiratórias.

O facto de algumas das variáveis inicialmente propostas para a construção do modelo explicativo se revelarem redundantes, na sua relação com os internamentos por doenças do aparelho respiratório, acaba por ser também uma conclusão pertinente, e uma confirmação de que o território é muito mais complexo e diversificado. Ainda que sejam apontadas as crianças como um dos principais grupos de risco em diversos relatórios das Organizações de Saúde para Portugal, verifica-se que este padrão não possui a mesma influência para o caso específico da AMP, pelo que se reforça aqui a ideia de que os investimentos na promoção de medidas de adaptação, deverão ser efetivamente focados nas diferentes realidades do território, para o qual a Geografia se demonstra uma importante vertente.

Assim, de uma forma geral, é possível identificar que as áreas que apresentam risco mais elevados correspondem essencialmente ao concelho e cidade do Porto, bem como a sua área envolvente, denominada de Grande Porto, que compreende concelhos como Matosinhos, Maia, Valongo, Gondomar, e Vila Nova de Gaia.

A partir da utilização da ferramenta “*Zonal Statistics as table*” do ArcMap, foi possível perceber que, surpreendentemente, o concelho que apresenta um risco médio mais elevado não é o do Porto, mas sim o de São João da Madeira, o que possivelmente pode estar ligado com a dimensão reduzida do concelho, já que é o menor, em termos de área, na AMP.

Segue-se o concelho do Porto, Matosinhos, Valongo, Vila Nova de Gaia e Espinho, com risco médio ainda considerado entre o elevado e muito elevado.

Pelo contrário, os municípios de Arouca, Vila do Conde e Vale de Cambra são aqueles que se destacam pela positiva, uma vez que são os únicos concelhos da AMP que apresentam um risco médio considerado baixo.

Verifica-se ainda, a partir da análise da carta de risco, que apesar de existirem áreas de risco muito elevado, cerca de 30% de toda a AMP estará sujeita a um risco considerado baixo, sendo que corresponde à maior parte da área de estudo sujeita a essa classificação. Contudo, aproximadamente 25% do território em análise apresenta valores de risco moderado, que representa as áreas circunscritas ao Grande Porto. Os restantes 36% correspondem a áreas de risco elevado a muito elevado, referentes às áreas anteriormente descritas.

A carta de risco de prevalência de doenças respiratórias na AMP é importante para perceber o risco inerente da exposição a determinados contextos e tendo em conta as fragilidades individuais e familiares de cada indivíduo. Apesar das variáveis socioeconómicas estarem relacionadas com o local de residência de cada uma, sabemos que a realidade não é estática. Por outras palavras, é importante refletir que a população é capaz de se movimentar num único dia em diferentes contextos de risco, ou seja, um indivíduo com outras comorbilidades e, por isso, pertencente a um grupo de risco, que reside em Arouca, mas que trabalha no concelho do Porto, passará mais horas numa área de risco muito elevado, do que na sua residência onde o risco não excede o nível moderado. Desta forma, é razoável dizer que a metodologia seguida para a construção e mapeamento do risco supracitado poderá servir como um importante auxílio à tomada de decisão, mas ainda assim tendo em conta as realidades, numa perspetiva holística.

Por fim, importa salientar que a carta de risco elaborada, assim como as variáveis nela inserida, correspondem às determinantes socioeconómicas e ambientais que influenciam, para o caso de estudo, a mortalidade e morbidade respiratórias. Desta forma, o exercício poderá ser repetido para outros contextos territoriais, após construção do respetivo modelo explicativo, que melhor se ajusta aos mesmos.

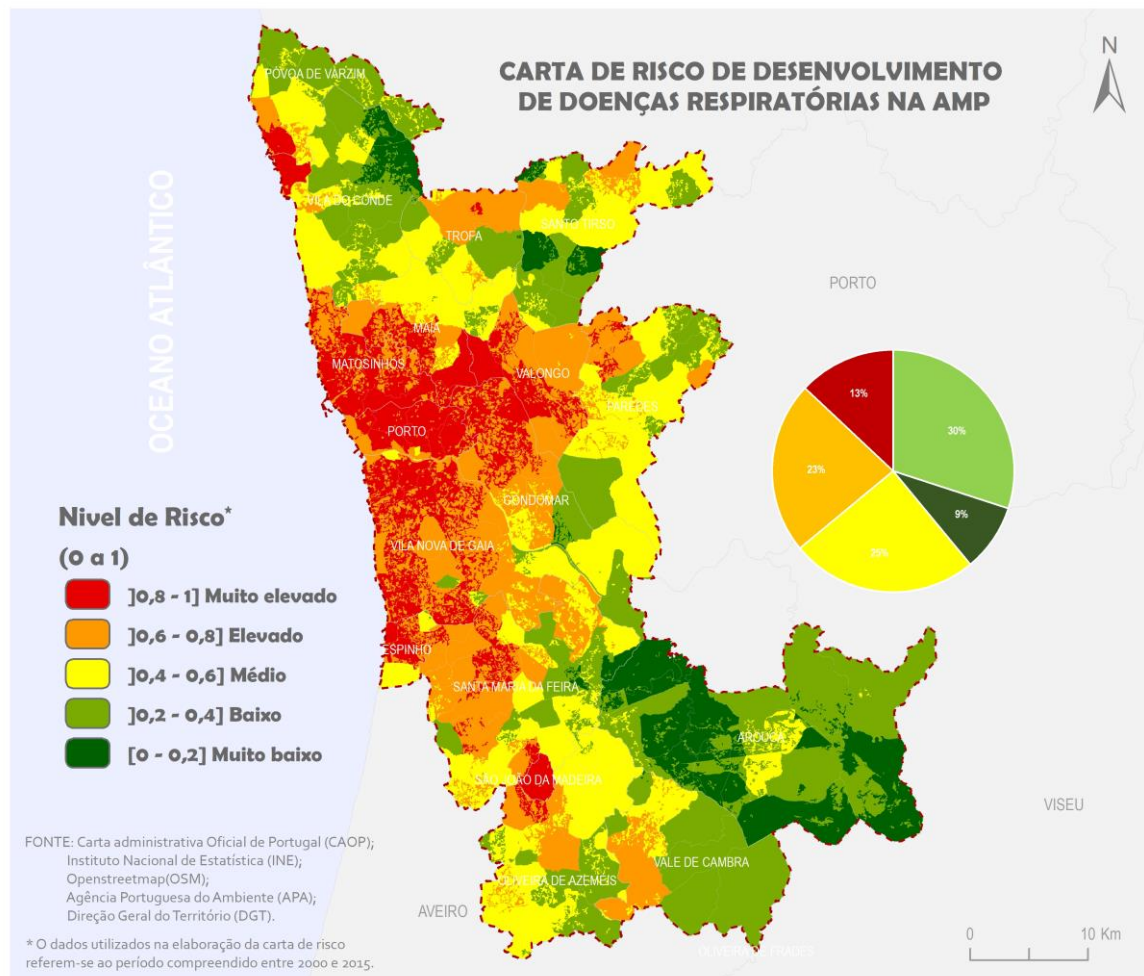


Figura 41 - Carta de risco de desenvolvimento de doenças respiratórias na AMP

## 6. Considerações finais

A mortalidade e morbidade por doenças do aparelho respiratório constituem um dos principais desafios para instituições de saúde e até dos próprios decisores políticos, uma vez que estas doenças representam uma das principais causas de morte um pouco por todo o mundo, e em particular em Portugal e na AMP.

Existe ainda uma relação com diversos fatores que contribuem para o agravamento e que são também, por si só, difíceis de contornar. A população idosa, mais suscetível e que predomina um pouco por todo o território analisado, é um dos maiores desafios, embora ultimamente já não seja considerada o único grupo etário de risco, já que a mortalidade precoce por doenças respiratórias crónicas é também uma realidade.

Ainda assim, verifica-se que na AMP se encontra um padrão sazonal no número de admissões hospitalares, o que pode indicar que doenças como a pneumonia e gripe sazonal possuem um grande peso na morbidade da população residente neste território.

Existe também uma discrepância considerável nos internamentos entre sexo, confirmando-se para o caso de estudo a supremacia de doentes do sexo masculino, sob o sexo feminino, visível em todos os concelhos da AMP.

Relativamente à evolução do número de admissões hospitalares, no período em análise, é observável que houve um aumento considerável, ainda que no ano de 2015, o último ano da série analisada, se tivesse verificado uma ligeira diminuição.

O número de falecimentos pela GCD, dentro das limitações existentes da abrangência dos dados, permite concluir que se concentram maioritariamente em áreas de maior concentração de população, em população residente em áreas urbanas, com maior frequência, sobretudo no Grande Porto.

No que diz respeito à escolaridade da população, identifica-se uma forte relação entre o número de internamentos e a população com menor escolarização, que não sabe ler nem escrever ou que possui apenas o Ensino Básico completo, o que indica que a literacia na saúde desempenha um papel importante na mitigação desta problemática.

Por outro lado, um aspeto que também importa salientar, diz respeito às fragilidades económicas da população. Aqui, reforça-se a influência negativa que as famílias com 2 ou mais desempregados e taxas de desemprego elevadas se refletem numa

maior suscetibilidade ao desenvolvimento de qualquer doença, mas em particular nas doenças respiratórias.

A qualidade da habitação é também outro ponto que importa salientar e que tem especial importância para as famílias que vivem em alojamentos familiares não clássicos, onde se incluem barracas. A residência em habitações bem isoladas para as condições atmosféricas adversas possui uma associação forte com a morbidade e mortalidade respiratórias.

No que diz respeito à poluição atmosférica, embora não tenha sido possível reunir um bom conjunto de dados que possibilitasse uma análise aprofundada da influência da qualidade do ar nas doenças respiratórias, foi possível observar alguma relação com os poluentes O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> e PM<sub>10</sub>, especialmente no último caso, pelo que seria interessante aprofundar e melhorar a qualidade dos dados existentes.

A relação entre a temperatura e admissões hospitalares apresentou-se como sendo forte, embora com constrangimentos consideráveis pelo facto de só ter sido analisada uma única estação meteorológica para toda a área de estudo. Neste ponto é importante focar as alterações climáticas e os efeitos adversos na saúde que este fenómeno irá ter nos próximos anos, e décadas. Um dos possíveis caminhos para iniciarmos o processo de adaptação poderá passar pela identificação das áreas de risco num determinado território e das variáveis que possam explicar a maior ou menor suscetibilidade da população a sofrer por uma determinada doença. A partir do momento que se conhece os pontos frágeis, torna-se mais simples saber onde atuar e de que forma, sendo que a espacialização do risco se revela muito importante, senão essencial.

Neste sentido, a carta de risco construída para o caso de estudo, e de acordo com as principais determinantes que influenciam a saúde respiratória da população, demonstra que existe uma vasta área que apresenta valores de risco elevado/ muito elevado, correspondendo essencialmente a áreas de maior concentração de população idosa, em idade adulta, nas principais áreas urbanas e áreas adjacentes, com uma gradual diminuição pelo interior.

O principal constrangimento encontrado na elaboração da carta de risco teve origem principalmente ao nível dos dados. Os dados de saúde correspondem apenas a

uma categoria geral, à escala da freguesia, devido à proteção de dados, o que impossibilita uma análise detalhada das patologias que poderão influenciar mais os números observados. A mortalidade também não foi analisada com a devido rigor, já que pela mesma razão, não é possível tratar com um nível de desagregação adequado para a pesquisa. Desta forma, a mortalidade foi analisada a partir dos óbitos observados no decorrer de internamentos, representando uma limitação.

Ainda sobre os dados dos internamentos, uma outra limitação encontrada prende-se com o facto dos mesmos corresponderem apenas a 4 hospitais públicos de grande influência dentro da área de estudo e, desta forma, descartar outros hospitais que, apesar de se encontrarem fora da AMP, desempenham um papel de grande influência para a população do interior, pela maior proximidade.

Os dados de temperatura das estações meteorológicas foram também insuficientes, na medida em que apenas uma, dentro da área de estudo, possui dados para a série temporal de 2000-2015. Assim, não foi possível espacializar estes mesmos dados nem introduzi-los na carta de risco, passando apenas por uma análise superficial.

Relativamente à poluição atmosférica, embora tivessem permitido uma espacialização dos mesmos, encontram-se fragmentados e a sua união passou pelo cálculo de média e média combinada, o que poderá ter interferido nos dados finais obtidos e enviesar a relação entre os mesmos e os dados de internamentos.

Contudo, apesar de todos os constrangimentos, foi possível obter um produto final que representa as principais variáveis que influenciam a detioração da saúde respiratória da população da AMP, assim como onde se encontra a população residente mais vulnerável a este tipo de patologias. Desta forma, foi possível responder às questões inicialmente propostas para o projeto.

O presente trabalho poderá ser futuramente útil para uma extensão e aprofundamento da análise com outras técnicas, como a extração de imagens de satélite que poderão ser tratadas e colmatar a falha dos dados climáticos, ou ainda, e com a devida autorização, explorar um pouco mais os dados de saúde que possam ser disponibilizados.

## Referências bibliográficas

WHO, 2019. World Health Statistics 2019. [online] Disponível em: <[https://www.who.int/gho/publications/world\\_health\\_statistics/2019/en/](https://www.who.int/gho/publications/world_health_statistics/2019/en/)>

Adjaye-Gbewonyo, K., & Kawachi, I. (2012). Use of the Yitzhaki Index as a test of relative deprivation for health outcomes: a review of recent literature. *Soc Sci Med*, 75(1), 129-137. doi:10.1016/j.socscimed.2012.03.004

Aria, M., Cuccurullo, C. (2017). Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959-975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>.

Atkinson, R. W., Carey, I. M., Kent, A. J., van Staa, T. P., Anderson, H. R., & Cook, D. G. (2015). Long-term exposure to outdoor air pollution and the incidence of chronic obstructive pulmonary disease in a national English cohort. *Occupational and Environmental Medicine*, 72(1), 42-48. doi:10.1136/oemed-2014-102266

Aylin, P., Morris, S., Wakefield, J., Grossinho, A., Jarup, L., & Elliott, P. (2001). Temperature, housing, deprivation and their relationship to excess winter mortality in Great Britain, 1986-1996. *International Journal of Epidemiology*, 30(5), 1100-1108. doi:10.1093/ije/30.5.1100

Bilancia, M., & Fedespina, A. (2009). Geographical clustering of lung cancer in the province of Lecce, Italy: 1992-2001. *International Journal of Health Geographics*, 8, 24. doi:10.1186/1476-072x-8-40

Bonita, R., Beaglehole, R., & Kjellström, T. (2010). *Epidemiologia Básica* (2ª ed.) ISBN 978-85-7288-839-4.

Brehm, J. M., & Celedon, J. C. (2008). Chronic obstructive pulmonary disease in Hispanics. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 177(5), 473-478. doi:10.1164/rccm.200708-1274PP

Cadum, E., Costa, G., Biggeri, A., & Martuzzi, M. (1999). Deprivation and mortality: A deprivation index suitable for geographical analysis of inequalities. *Epidemiologia e prevenzione*.

Caeiro, S. (2013). *Sistemas de Informação Geográfica: Principais conceitos*. Universidade Aberta.

Cakmak, S., Dales, R. E., & Judek, S. (2006). Respiratory Health Effects of Air Pollution Gases: Modification by Education and Income. *Archives of Environmental & Occupational Health*, 61(1), 5–10. doi:10.3200/aeoh.61.1.5-10

Carstairs, V., & Morris, R. (1990). Deprivation and health in Scotland. *Health bulletin*, 48(4), 162–175.

Cesaroni, G., Agabiti, N., Rosati, R., Forastiere, F., & Perucci, C. A. (2006). An index of socioeconomic position based on 2001 Census, Rome. *STRUMENTI E METODI*.

- Chen, J. Y., Zeng, J., Shi, C. L., Liu, R. C., Lu, R., Mao, S. L., & Zhang, L. (2019). Associations between short-term exposure to gaseous pollutants and pulmonary heart disease-related mortality among elderly people in Chengdu, China. *Environmental Health*, 18, 10. doi:10.1186/s12940-019-0500-8
- Chung, Y., Yang, D., Gasparini, A., Vicedo-Cabrera, A. M., Fook Sheng Ng, C., Kim, Y., Honda, Y., & Hashizume, M. (2018). Changing Susceptibility to Non-Optimum Temperatures in Japan, 1972-2012: The Role of Climate, Demographic, and Socioeconomic Factors. *Environmental health perspectives*, 126(5), 057002. <https://doi.org/10.1289/EHP2546>
- Clarke, K. C., McLafferty, S. L., & Tempalski, B. J. (1996). On epidemiology and geographic information systems: a review and discussion of future directions. *Emerging infectious diseases*, 2(2), 85–92. <https://doi.org/10.3201/eid0202.960202>
- Crampton, P., Salmond, C., & Atkinson, J. (2019). A comparison of the NZDep and New Zealand IMD indexes of socioeconomic deprivation. *Kōtuitui: New Zealand Journal of Social Sciences Online*, 15(1), 154-169. doi:10.1080/1177083x.2019.1676798
- de Moraes, S. L., Almendra, R., Santana, P., & Galvani, E. (2019). Meteorological variables and air pollution and their association with hospitalizations due to respiratory diseases in children: a case study in Sao Paulo, Brazil. *Cadernos De Saude Publica*, 35(7), 16. doi:10.1590/0102-311x00101418
- DGS, 2016. A Saúde dos Portugueses. [online] Disponível em: <<https://www.dgs.pt/portal-da-estatistica-da-saude/diretorio-de-informacao/diretorio-de-informacao/por-serie.aspx>>
- DGS, 2017. Portugal - Doenças Respiratórias em Números.[online] Disponível em: <<https://www.dgs.pt/paginas-de-sistema/saude-de-a-a-z/programa-nacional-para-as-doencas-respiratorias/relatorios-e-publicacoes.aspx>>
- Diaz, M. F., Miranda, M., & Cobs, V. (2015). Inequalities in damage of health. Evidence in children under 5 years residents of municipalities of central-south Chile. *Estudios Socioterritoriales*(18), 101-113.
- EPA. (2008). EPA's Report on the Environment.
- Forastiere, F., Stafoggia, M., Tasco, C., Picciotto, S., Agabiti, N., Cesaroni, G., & Perucci, C. A. (2007). Socioeconomic status, particulate air pollution, and daily mortality: Differential exposure or differential susceptibility. *American Journal of Industrial Medicine*, 50(3), 208–216. doi:10.1002/ajim.20368
- Gonçalves, P. (2016). CONTRIBUTO DOS SIG PARA A ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE AS FRATURAS DO COLO DO FÉMUR E A PRECIPITAÇÃO NOS MAIORES DE 64 ANOS EM V.N. GAIA. (Mestrado). Universidade do Porto.
- Goodchild, M. F. (1992). Geographical information science. *International Journal of Geographical Information Systems*, 6(1), 31–45. doi:10.1080/02693799208901893

Havard, S., Deguen, S., Bodin, J., Louis, K., Laurent, O., & Bard, D. (2008). A small-area index of socioeconomic deprivation to capture health inequalities in France. *Soc Sci Med*, 67(12), 2007-2016. doi:10.1016/j.socscimed.2008.09.031

HOUSWORTH, J., & LANGMUIR, A. D. (1974). EXCESS MORTALITY FROM EPIDEMIC INFLUENZA, 1957–1966. *American Journal of Epidemiology*, 100(1), 40–48. doi:10.1093/oxfordjournals.aje.a112007

Instituto Português do Mar e da Atmosfera. (2015). Boletim Climatológico Anual – 2015 Portugal Continental.

Jarman, B. (1983). Identification of underprivileged areas. *British Medical Journal*, 286.

Jerrett, M., Burnett, R. T., Brook, J., Kanaroglou, P., Giovis, C., Finkelstein, N., & Hutchison, B. (2004). Do socioeconomic characteristics modify the short term association between air pollution and mortality? Evidence from a zonal time series in Hamilton, Canada. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 58(1), 31-40. doi:10.1136/jech.58.1.31

Knox, E. G. (2008). Atmospheric pollutants and mortalities in English local authority areas. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 62(5), 442-447. doi:10.1136/jech.2007.065862

Messer, L. C., Laraia, B. A., Kaufman, J. S., Eyster, J., Holzman, C., Culhane, J., . . . O'Campo, P. (2006). The development of a standardized neighborhood deprivation index. *J Urban Health*, 83(6), 1041-1062. doi:10.1007/s11524-006-9094-x

Miloca, S., & Conejo, P. (2013). Multicolinearidade em Modelos de Regressão. In XXII SEMANA ACADÊMICA DA MATEMÁTICA. Paraná, Brasil.

Monteiro, A., & Velho, S. (2014). Health heat stress in the Porto Metropolitan Area - a matter of temperature or inadequate adaptation? *Erde*, 145(1-2), 80-95.

Monteiro, A. (1996). Clima-qualidade do ar-Saúde: um nexos de causalidade (in)desejável para o Homem?. *Revista da Faculdade de Letras - Geografia I Série*. Vo. XII/XIII. Porto.pp.39-71.

Mu, E., & Pereyra-Rojas, M. (2017). Understanding the Analytic Hierarchy Process. In *Practical Decision Making* (pp. 7-22).

O'Neill, M. S., Kinney, P. L., & Cohen, A. J. (2008). Environmental Equity in Air Quality Management: Local and International Implications for Human Health and Climate Change. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 71(9-10), 570–577. doi:10.1080/15287390801997625

Oke, T.. (1995). The Heat Island of the Urban Boundary Layer: Characteristics, Causes and Effects. *NATO ASI Series e Applied Sciences-Advanced Study Institute*. 277. 81-108. 10.1007/978-94-017-3686-2\_5.

Pampalon, R., Hamel, D., & Gamache, P. (2010). Health inequalities in urban and rural Canada: comparing inequalities in survival according to an individual and area-based deprivation index. *Health Place*, 16(2), 416-420. doi:10.1016/j.healthplace.2009.11.012

- 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. *Environmental health perspectives*, 108(4), 367–376. <https://doi.org/10.1289/ehp.00108367>
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *Services Sciences*, 1.
- Sacks, J. D., Stanek, L. W., Luben, T. J., Johns, D. O., Buckley, B. J., Brown, J. S., & Ross, M. (2011). Particulate Matter-Induced Health Effects: Who Is Susceptible? *Environmental Health Perspectives*, 119(4), 446-454. doi:10.1289/ehp.1002255
- Salmond, C., Crampton, P., King, P., & Waldegrave, C. (2006). NZiDep: a New Zealand index of socioeconomic deprivation for individuals. *Soc Sci Med*, 62(6), 1474-1485. doi:10.1016/j.socscimed.2005.08.008
- Schifano, P., Cappai, G., De Sario, M., Michelozzi, P., Marino, C., Bargagli, A. M., & Perucci, C. A. (2009). Susceptibility to heat wave-related mortality: a follow-up study of a cohort of elderly in Rome. *Environmental Health*, 8, 14. doi:10.1186/1476-069x-8-50
- Schuman, S. H. (1972). Patterns of urban heat-wave deaths and implications for prevention: Data from New York and St. Louis during July, 1966. *Environmental Research*, 5(1), 59–75. doi:10.1016/0013-9351(72)90020-5
- Singh, G. K. (2003). Area Deprivation and Widening Inequalities in US Mortality, 1969–1998. *American Journal of Public Health*, 93.
- Stafoggia, M., Forastiere, F., Faustini, A., Biggeri, A., Bisanti, L., Cadum, E., ... Perucci, C. A. (2010). Susceptibility Factors to Ozone-related Mortality. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 182(3), 376–384. doi:10.1164/rccm.200908-1269oc
- Tello, J. E., Jones, J., Bonizzato, P., Mazzi, M., Amaddeo, F., & Tansella, M. (2005). A census-based socio-economic status (SES) index as a tool to examine the relationship between mental health services use and deprivation. *Soc Sci Med*, 61(10), 2096-2105. doi:10.1016/j.socscimed.2005.04.018
- Testi, A., Ivaldi, E., & Busi, A. (2004). Genoa index of deprivation (GDI): An index of material deprivation for geographical areas.
- TOWNSEND, PHILLIMORE, BEATTIE. (1988). *Health and deprivation: inequality and the North*. London Croom Helm.
- Thunhurst, C. (1992). Deprivation and Health in Scotland. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 46(1), 87-87. doi:10.1136/jech.46.1.87
- "WHO, 2016. Health risk assessment of air pollution. [online] Disponível em: <<http://www.euro.who.int/en/health-topics/noncommunicable-diseases/chronic-respiratory-diseases/publications/2016/health-risk-assessment-of-air-pollution.-general-principles-2016>>"

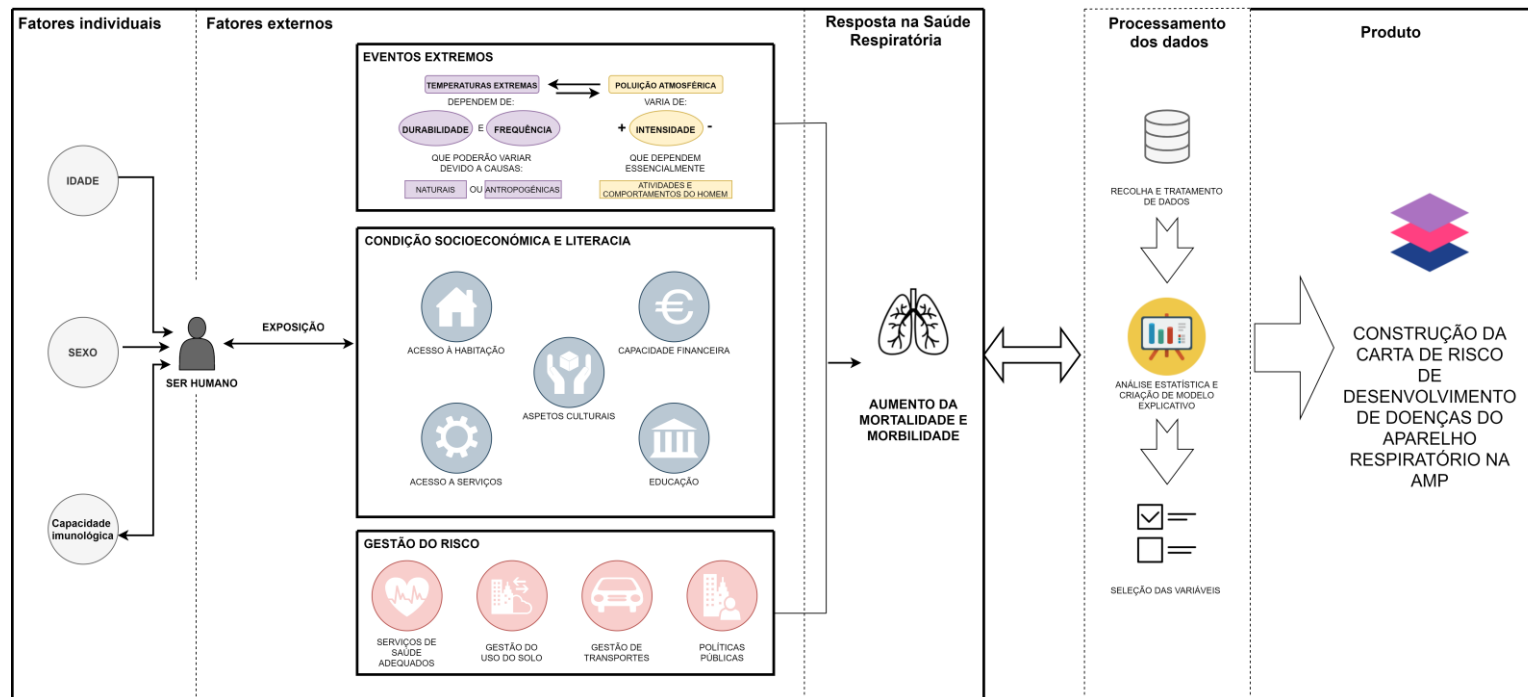
WHO, 2018. European health report 2018. [online] Disponível em: <<http://www.euro.who.int/en/data-and-evidence/european-health-report/european-health-report-2018>>

Yap, P. S., Gilbreath, S., Garcia, C., Jareen, N., & Goodrich, B. (2013). The Influence of Socioeconomic Markers on the Association Between Fine Particulate Matter and Hospital Admissions for Respiratory Conditions Among Children. *American Journal of Public Health*, 103(4), 695-702. doi:10.2105/ajph.2012.300945

# Anexos

## ANEXO 1

Organograma do trabalho.



## ANEXO 2

Tabela com os principais índices de privação recolhidos.

| Principais índices de privação                             | Autor(es)               | Tipo de índice    | Ano  | Variáveis utilizadas (Nº) | Variáveis utilizadas |            |          |                        |            |            |
|--|-------------------------|-------------------|------|---------------------------|----------------------|------------|----------|------------------------|------------|------------|
|  |                         |                   |      |                           | Sociais              | Económicas | Educação | Condições de habitação | Económicas | Ambientais |
| Analytic Hierarchy Process (AHP)                           | Thomas Saaty            | Material e Social | 1980 | Depende do contexto       | x                    | x          | x        | x                      | x          | x          |
| Underprivileged Area Score 8                               | Jarman                  | Social            | 1983 | 8                         |                      |            |          |                        |            |            |
| Townsend Deprivation Index                                 | Townsend                | Material          | 1988 | 4                         |                      | x          |          | x                      |            |            |
| SCOTDEP  | Carstairs and Morris    | Material          | 1991 | 4                         |                      | x          |          | x                      |            |            |
| Yitzhaki Deprivation Index                                 | Satya Paul              | Privação relativa | 1991 | 1                         |                      | x          |          |                        |            |            |
| MATDEP   | Forrest and Gordon      | Material          | 1993 | 4                         |                      | x          |          | x                      |            |            |
| SOCDEP   |                         | Social            |      | 6                         | x                    | x          |          |                        |            |            |
| Indice di Deprivazione Materiale/Sociale(IDM/IDS)          | Biggeri , <i>et al.</i> | Material e Social | 1998 | 4 e 5                     | x                    | x          | x        | x                      |            |            |
| Cadum Deprivation Index                                    | Cadum, <i>et al.</i>    | Material e Social | 1999 | 5                         | x                    | x          | x        | x                      |            |            |
| Deprivation Index of Valerio and Vitullo                   | Valerio and Vitullo     | Material e Social | 2000 | 5                         | x                    |            | x        |                        |            |            |
| Area Deprivation and Widening Inequalities in US Mortality | Singh, J.K.             | Material e Social | 2003 | 17                        | x                    | x          | x        | x                      |            |            |
| A census-based socio-economic status (SES)                 | Tello, <i>et al.</i>    | Material e Social | 2005 | 9                         | x                    | x          | x        |                        |            |            |
| NZDep  | Salmond, <i>et al.</i>  | Material e Social | 2013 | 9                         | x                    | x          | x        | x                      |            |            |
| An index of socioeconomic position based on 2001 Census    | Cesaroni, <i>et al.</i> | Material e Social | 2006 | 16                        | x                    | x          | x        | x                      |            |            |
| Standardized Neighborhood Deprivation Index                | Messer, <i>et al.</i>   | Material e Social | 2006 | Depende do contexto       | x                    | x          | x        | x                      |            |            |
| A small-area of socioeconomic deprivation                  | Harvard, <i>et al.</i>  | Material e Social | 2008 | Depende do contexto       | x                    | x          | x        | x                      |            |            |
| Deprivation Index for health planning in Canada            | Pampalon, <i>et al.</i> | Material e Social | 2009 | 6                         | x                    | x          | x        |                        |            |            |

### ANEXO 3

Ponderações atribuídas a cada variáveis inseridas na carta de risco.

| Domínio  | Variáveis submetidas na carta de risco                    | Amplitude de valores | Ponderação atribuída     |
|--|---|----------------------|--------------------------|
| Edificado                                      | Edifícios construídos até 1960                            | ≤ 100                | 0,1                      |
|  |   | 101 - 200            | 0,3                      |
|  |   | 201 - 300            | 0,5                      |
|  |   | 301 - 400            | 0,8                      |
|  |   | > 400                | 0,1                      |
|  | Alojamentos familiares não clássicos                      | 0                    | 0,1                      |
|  |   | 1 - 2                | 0,3                      |
|  |   | 3 - 10               | 0,8                      |
| Demografia                                     | Densidade populacional                                    | ≤ 200                | 0,2                      |
|  |   | 201 - 600            | 0,5                      |
|  |   | 601 - 2000           | 0,8                      |
|  |   | > 2000               | 0,1                      |
|  | População com idade compreendida entre os 15 e os 64 anos | ≤ 1200               | 0,3                      |
|  |   | 1201 - 4000          | 0,6                      |
|  |   | 4001 - 12000         | 0,9                      |
|  |   | > 12000              | 0,1                      |
|  | População com idade igual ou superior a 65 anos           | ≤ 300                | 0,3                      |
|  |   | 301 - 650            | 0,6                      |
|  |   | 651 - 1000           | 0,9                      |
|  |   | > 1000               | 0,1                      |
| Economia/Emprego                               | Taxa de desemprego  | ≤ 10                 | 0,2                      |
|  |   | 11 - 15              | 0,5                      |
|  |   | 16 - 20              | 0,8                      |
|  |   | > 20                 | 0,1                      |
| Educação                                       | População que não sabe ler nem escrever                   | ≤ 3                  | 0,4                      |
|  |   | 3 - 4                | 0,6                      |
|  |   | 5 - 6                | 0,8                      |
|  |   | > 6                  | 0,1                      |
|  | População com Ensino Básico completo                      | ≤ 58                 | 0,6                      |
|  |   | 59 - 62              | 0,7                      |
|  |   | 63 - 66              | 0,9                      |
| Fatores biofísicos                             | Hipsometria   | ≤ 90                 | 0,7                      |
|  |   | 91 - 120             | 0,4                      |
|  |   | 121 - 220            | 0,2                      |
|  |   | 221 - 480            | 0,4                      |
|  |   | > 480                | 0,9                      |
|  | Ocupação do solo  | 1                    | 0,1                      |
|  |   | 2                    | 0,3                      |
|  |   | 3                    | 0,2                      |
|  |   | 4                    | 0,3                      |
|  |   | 5                    | 0,5                      |
|  |   | 6                    | 0,4                      |
|  |   | 7                    | 0                        |
|  |   | 8                    | 0,1                      |
|  |   | 9                    | 0,1                      |
|  |   | Ambiente             | Densidade da rede viária |
| 3 - 4  | 0,4   |                      |                          |
| 5 - 8  | 0,6   |                      |                          |
| > 8  | 0,1   |                      |                          |
| Níveis médios de poluição atmosférica por PM10 | ≤ 20  |                      | 0,5                      |
|  | 21 - 24   |                      | 0,7                      |
|  | 25 - 28   |                      | 0,9                      |
|  | > 28  |                      | 0,1                      |

## ANEXO 4

Ponderações atribuídas a cada combinação de variáveis inseridas na carta de risco.

|   | População com idade igual ou superior a 65 anos | População com idade compreendida entre 15 a 64 anos | Densidade populacional | Ocupação do solo | Densidade da rede viária | Poluição atmosférica por PM10 | Taxa de desemprego | Alojamentos familiares não clássicos | Edifícios construídos até 1960 | População que não sabe ler nem escrever | População com Ensino Básico completo | Hipsometria |
|---|---|---|------------------------|------------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------|--------------------------------------|--------------------------------|---|--------------------------------------|-------------|
| População com idade igual ou superior a 65 anos     | 1   | 2   | 3                      | 3                | 3                        | 3                             | 4                  | 4                                    | 6                              | 7                                       | 7                                    | 9           |
| População com idade compreendida entre 15 a 64 anos | 1/2   | 1   | 3                      | 3                | 3                        | 3                             | 4                  | 4                                    | 6                              | 7                                       | 7                                    | 8           |
| Densidade populacional                              | 1/3   | 1/3   | 1                      | 2                | 3                        | 3                             | 4                  | 4                                    | 5                              | 7                                       | 7                                    | 8           |
| Ocupação do solo                                    | 1/3   | 1/3   | 1/2                    | 1                | 3                        | 3                             | 5                  | 5                                    | 7                              | 7                                       | 8                                    | 9           |
| Densidade da rede viária                            | 1/3   | 1/3   | 1/3                    | 1/3              | 1                        | 2                             | 3                  | 4                                    | 6                              | 6                                       | 6                                    | 7           |
| Poluição atmosférica por PM10                       | 1/3   | 1/3   | 1/3                    | 1/3              | 1/2                      | 1                             | 5                  | 5                                    | 7                              | 8                                       | 8                                    | 9           |
| Taxa de desemprego                                  | 1/4   | 1/4   | 1/4                    | 1/5              | 1/3                      | 1/5                           | 1                  | 2                                    | 3                              | 5                                       | 5                                    | 8           |
| Alojamentos familiares não clássicos                | 1/4   | 1/4   | 1/4                    | 1/5              | 1/4                      | 1/5                           | 1/2                | 1                                    | 3                              | 4                                       | 4                                    | 7           |
| Edifícios construídos até 1960                      | 1/6   | 1/6   | 1/5                    | 1/7              | 1/6                      | 1/7                           | 1/3                | 1/3                                  | 1                              | 4                                       | 4                                    | 6           |
| População que não sabe ler nem escrever             | 1/7   | 1/7   | 1/7                    | 1/7              | 1/6                      | 1/8                           | 1/5                | 1/4                                  | 1/4                            | 1                                       | 2                                    | 5           |
| População com Ensino Básico completo                | 1/7   | 1/7   | 1/7                    | 1/8              | 1/6                      | 1/8                           | 1/5                | 1/4                                  | 1/4                            | 1/2                                     | 1                                    | 4           |
| Hipsometria   | 1/9   | 1/8   | 1/8                    | 1/9              | 1/7                      | 1/9                           | 1/8                | 1/7                                  | 1/6                            | 1/5                                     | 1/4                                  | 1           |

## ANEXO 5

Ponderações finais atribuídas a cada combinação de variáveis inseridas na carta de risco.

|   | População com idade igual ou superior a 65 anos | População com idade compreendida entre 15 a 64 anos | Densidade populacional | Ocupação do solo | Densidade da rede viária | Poluição atmosférica por PM10 | Taxa de desemprego | Alojamentos familiares não clássicos | Edifícios construídos até 1960 | População que não sabe ler nem escrever | População com Ensino Básico completo | Hipsometria | SOMA         | PONDERAÇÃO |          |
|---|---|---|------------------------|------------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------|--------------------------------------|--------------------------------|---|--------------------------------------|-------------|--------------|------------|----------|
| População com idade igual ou superior a 65 anos     | 0,26  | 0,37  | 0,32                   | 0,28             | 0,20                     | 0,19                          | 0,15               | 0,13                                 | 0,13                           | 0,12                                    | 0,12                                 | 0,11        | 2,39         | 0,20       |          |
| População com idade compreendida entre 15 a 64 anos | 0,13  | 0,18  | 0,32                   | 0,28             | 0,20                     | 0,19                          | 0,15               | 0,13                                 | 0,13                           | 0,12                                    | 0,12                                 | 0,10        | 2,07         | 0,17       |          |
| Densidade populacional                              | 0,09  | 0,06  | 0,11                   | 0,19             | 0,20                     | 0,19                          | 0,15               | 0,13                                 | 0,11                           | 0,12                                    | 0,12                                 | 0,10        | 1,57         | 0,13       |          |
| Ocupação do solo                                    | 0,09  | 0,06  | 0,05                   | 0,09             | 0,20                     | 0,19                          | 0,18               | 0,17                                 | 0,16                           | 0,12                                    | 0,14                                 | 0,11        | 1,56         | 0,13       |          |
| Densidade da rede viária                            | 0,09  | 0,06  | 0,04                   | 0,03             | 0,07                     | 0,13                          | 0,11               | 0,13                                 | 0,13                           | 0,11                                    | 0,10                                 | 0,09        | 1,08         | 0,09       |          |
| Poluição atmosférica por PM10                       | 0,09  | 0,06  | 0,04                   | 0,03             | 0,03                     | 0,06                          | 0,18               | 0,17                                 | 0,16                           | 0,14                                    | 0,14                                 | 0,11        | 1,20         | 0,10       |          |
| Taxa de desemprego                                  | 0,06  | 0,05  | 0,03                   | 0,02             | 0,02                     | 0,01                          | 0,04               | 0,07                                 | 0,07                           | 0,09                                    | 0,08                                 | 0,10        | 0,63         | 0,05       |          |
| Alojamentos familiares não clássicos                | 0,06  | 0,05  | 0,03                   | 0,02             | 0,02                     | 0,01                          | 0,02               | 0,03                                 | 0,07                           | 0,07                                    | 0,07                                 | 0,09        | 0,53         | 0,04       |          |
| Edifícios construídos até 1960                      | 0,04  | 0,03  | 0,02                   | 0,01             | 0,01                     | 0,01                          | 0,01               | 0,01                                 | 0,02                           | 0,07                                    | 0,07                                 | 0,07        | 0,39         | 0,03       |          |
| População que não sabe ler nem escrever             | 0,04  | 0,03  | 0,02                   | 0,01             | 0,01                     | 0,01                          | 0,01               | 0,01                                 | 0,01                           | 0,02                                    | 0,03                                 | 0,06        | 0,25         | 0,02       |          |
| População com Ensino Básico completo                | 0,04  | 0,03  | 0,02                   | 0,01             | 0,01                     | 0,01                          | 0,01               | 0,01                                 | 0,01                           | 0,01                                    | 0,02                                 | 0,05        | 0,21         | 0,02       |          |
| Hipsometria   | 0,03  | 0,02  | 0,01                   | 0,01             | 0,01                     | 0,01                          | 0,00               | 0,00                                 | 0,00                           | 0,00                                    | 0,00                                 | 0,01        | 0,13         | 0,01       |          |
|   |   |   |                        |                  |                          |                               |                    |                                      |                                |   |                                      |             | <b>TOTAL</b> | <b>12</b>  | <b>1</b> |