

**Universidade de Lisboa  
Faculdade de Farmácia**



**Prevenção de Doenças através de  
Ambientes Saudáveis  
A influência da qualidade do ar na saúde**

**Ariana Barros Oliveira**

Monografia orientada pela Professora Doutora Maria Luísa Andrade  
Mateus, Professora Auxiliar

**Mestrado Integrado em Ciências Farmacêuticas**

**2021**



**Universidade de Lisboa  
Faculdade de Farmácia**



# **Prevenção de Doenças através de Ambientes Saudáveis**

**A influência da qualidade do ar na saúde**

**Ariana Barros Oliveira**

**Trabalho Final de Mestrado Integrado em Ciências Farmacêuticas apresentado à  
Universidade de Lisboa através da Faculdade de Farmácia**

Monografia orientada pela Professora Doutora Maria Luísa Andrade Mateus,  
Professora Auxiliar

**2021**



## Resumo

A saúde é influenciada por um conjunto de vários fatores. A poluição do ar contribui significativamente para o desenvolvimento de doenças e aumento das taxas de morbidade, sendo medida pelo Índice de Qualidade de Ar. Neste parâmetro, são considerados cinco constituintes do ar mais poluentes, nomeadamente: o Ozono, Partículas Inaláveis, Monóxido de Carbono, Dióxido de Enxofre e Dióxido de Azoto. Globalmente, Portugal situa-se na 12ª posição com os melhores resultados a nível ambiental.

Em 2020, com a pandemia de SARS-CoV-2, a nível nacional, foi registada uma diminuição das emissões de queima de combustíveis (menos 21,9% comparativamente ao período entre 2016 e 2019), assim como uma diminuição da concentração média de dióxido de azoto, que contribuíram desta forma para uma melhoria da qualidade do ar. Apesar de ter sido um ano atípico, prova que não é impossível abrandar os efeitos da poluição ambiental.

Assim, consciencializar corretamente a população para a pegada das suas ações, permite corrigir e adotar medidas sustentáveis, possivelmente diminuindo as consequências nas próximas gerações.

Pretende-se com este estudo refletir sobre a importância de ações que, muitas vezes inadvertidamente, influenciam diretamente a nossa saúde, ao afetar a qualidade do ar. Do ponto de vista do setor farmacêutico, também existem atividades que podem ser melhoradas e/ou implementadas, contribuindo assim para uma melhoria contínua da qualidade de vida da população, sem que esteja relacionado com o uso racional de medicamentos, mas sim com a promoção da saúde pública e prevenção de doenças agudas e crónicas.

Espera-se assim conseguir informar e alertar acerca de alguns efeitos provenientes do meio que nos rodeia, através de medidas que possam prevenir o desenvolvimento de doenças.

**Palavras-chave:** Ambiente; Qualidade do Ar; Poluição; Saúde; Medidas Preventivas; Partículas Inaláveis

# Abstract

Health is influenced by a number of several factors. Air pollution contribute significantly to the development of diseases and increased morbidity rates, being measured by the Air Quality Index. In this a parameter are considered the five most polluting air constituents, namely: Ozone, Particulate Matter, Carbon Monoxide, Sulfur Dioxide and Nitrogen Dioxide. Globally, Portugal is in the 12th position with the best environmental results.

In 2020, with the SARS-CoV-2 pandemic, at nacional level, there was a decrease in fuel burning emissions as well as a decrease in the concentration of nitrogen dioxide, wich contributed to an improvement in air quality.

Despite being atypical years, it proves that it is is not impossible to mitigate the effects of environmental pollution. Thus, properly making the population aware of the Footprint of their action, allows correcting and adopting sustainable behaviours, so that the future of the next generation is not compromised.

The aim of this study is to reflect on the importance of actions that directly influence our health, ofther without us realizing it.

From the point of view of the pharmaceutical sector, there are also activities that can be improved, thus contributing to a continuous improvement in the quality of the population, even if it is not directly related to the rational use of medicines, but rather to the promotion of public health and prevention of acute and chronic illness.

It is hoped to able to inform and warn about some effects form the environment around everyone, trough measures that can prevent the development of diseases.

**Keywords:** Environment; Air Quality; Health; Preventive measures; Particulate Matter

# Agradecimentos

À minha orientadora, professora Maria Luísa Mateus, um eterno agradecimento pelas reuniões alongadas, partilha de ideias e adaptação às minhas necessidades e possibilidade de horários.

A todas as experiências que a faculdade me proporcionou, desde associativas a missionárias, estágios e atividades letivas. Espero um dia voltar, para realizar o Doutoramento e continuar a aprofundar uma formação que não tem fim.

À equipa da Farmácia Eusébio, onde realizei o estágio curricular durante 6 meses. Foram a base para o meu desenvolvimento técnico e umas “luzes” sobre como lidar com as pessoas que recorrem até nós.

Ao David, Diogo, Cristina, Mónica e Ângela, palavras não chegam para agradecer a compreensão e aceitação que tiveram nos últimos tempos. Que o futuro nos continue a proporcionar um ambiente de muita aprendizagem e boa disposição pois, em todos vocês, vejo partes minhas que quero fazer crescer.

À Ana Catarina Filipe, Ana Abreu, Inês Henriques e Matilde Milheiro pela união nestes dois anos do curso. Tudo ficou mais simples, graças a vocês, ao meu lado diariamente.

À Rita Andrade e Rita Guerreiro, por serem a grande companhia nesta viagem. Desde do riso ao choro, da ansiedade à descontração, não podia ter melhor que vocês as duas para me completar.

À minha Família, pelo apoio constante e carinho ao longo da minha vida. Tudo o que faço é com base naquilo que me têm ensinado e com o objetivo de me tornar na vossa “pequena-grande” cuidadora.

À minha Mãe, o meu exemplo de Mulher, enquanto pessoa atenciosa, sensível e humilde, e enquanto profissional inteligente e dedicada. Estás comigo em, praticamente, todos os momentos e, sobretudo nos mais intensos, onde mais duvido de mim mesma, nunca te falta aquela palavra de força para seguir caminho.

O futuro ninguém sabe ao certo. Contudo, que cada fase, comece com aquela vontade e aquele brio de dar tudo por um mundo um “bocadinho” melhor.

A todo isto e a todos vocês, muito obrigada!

# Abreviaturas

APA - Agência Portuguesa do Ambiente,

AEA - Agencia Europeia do Ambiente, do inglês EEA – European Environment Agency

CDC - Centers for Diseases Control and Prevention

COV - Compostos Orgânicos Voláteis

DGS - Direção Geral de Saúde

DPOC – Doença Pulmonar Obstrutiva Crónica

DNT's – Doenças Não Transmissíveis, do inglês NCD – Non Communicable Diseases

(U.S.) EPA – (United States) Environmental Protection Agency

ELF – European Lung Foundation

ERS - European Respiratory Society

GAHP – Global Alliance on Health and Pollution

ILS – Indicadores de Liderança Sustentáveis, do inglês SGI - *Sustainable Governance Indicators*

INE – Instituto Nacional de Estatística

IPMA – Instituto Português do Mar e Atmosfera

IQA - Índice da Qualidade do Ar

NO<sub>x</sub> - Óxidos de azoto / NO<sub>2</sub> - Óxido de azoto

O<sub>3</sub> – Ozono troposférico

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, do inglês *SDG - Sustainable Development Goals*

OMS – Organização Mundial de Saúde, do inglês WHO – World Health Organization

PM – *Particulate Matter*

SO<sub>x</sub> – Óxidos de enxofre / SO<sub>2</sub> - Dióxido de enxofre

# Índice:

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | Introdução.....  | 9  |
| 2     | Objetivos .....  | 13 |
| 3     | Materiais e Métodos .....  | 14 |
| 4     | A Qualidade do Ar .....  | 16 |
| 4.1   | Índice da Qualidade do Ar.....   | 16 |
| 4.1.1 | Métodos do cálculo .....   | 17 |
| 4.2   | Principais poluentes .....   | 17 |
| 4.2.1 | Partículas inaláveis (em suspensão) .....  | 18 |
| 4.2.2 | Ozono .....  | 19 |
| 4.2.3 | Óxidos de enxofre .....  | 20 |
| 4.2.4 | Óxidos de azoto.....   | 21 |
| 5     | O Sistema Respiratório.....  | 22 |
| 5.1   | Mecanismos de defesa .....   | 22 |
| 5.2   | Mecanismos de patogenicidade .....   | 24 |
| 5.2.1 | Fatores a ter em consideração .....  | 24 |
| 5.2.2 | Resposta aguda à lesão do aparelho respiratório.....   | 25 |
| 5.2.3 | Resposta crónica à lesão do aparelho respiratório .....  | 27 |
| 6     | Relação entre a pandemia COVID-19 e o Ambiente .....   | 29 |
| 6.1   | Impacto do confinamento .....  | 29 |
| 6.2   | Influência dos poluentes .....   | 31 |
| 7     | Estado do Ambiente em Portugal.....  | 33 |
| 7.1   | Projetos em destaque .....   | 34 |
| 8     | Estratégias para melhorar a qualidade do ar.....   | 37 |
| 8.1   | Medidas de Redução das emissões.....   | 38 |
| 8.2   | Medidas de Proteção Individual .....   | 39 |
| 8.2.1 | Máscaras.....  | 40 |
| 9     | Papel dos Farmacêuticos na Qualidade do Ar .....   | 41 |
| 10    | Conclusões .....   | 42 |
|       | Referências Bibliográficas .....   | 43 |
|       | Anexos.....  | 49 |
| A1.   | Classificação do Índice da Qualidade do Ar, consoante o intervalo de valores e respetiva descrição, segundo a AirNow da U.S. EPA.....              | 49 |
| A2.   | Classificação do Índice da Qualidade do Ar, conforme a concentração (expressa em $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dos gases, estabelecido pela APA. .... | 50 |
| A3.   | Concentração média de $\text{PM}_{2.5}$ , nos países com valores inferiores a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .....                                    | 51 |
| A4.   | Legislação nacional em vigor, sobre a matéria qualidade do ar, poluição ambiental e emissão de gases poluentes. ....                               | 52 |
| A5.   | Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, e respetivas metas para 2030, relacionados com o tema da monografia.....                                 | 54 |
| A6.   | Intervenções com impacto nas cidades e os seus efeitos na Saúde .....  | 56 |
| A7.   | Grau de evidencia e limitações das estratégias pessoais para minimizar os efeitos da poluição do ar na saúde do sistema respiratório.....          | 57 |

## **Índice de Figuras:**

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Fatores que influenciam o impacto da exposição ambiental. Adaptado de (12) .....   | 10 |
| Figura 2. Representação ilustrativa do tamanho das partículas inaláveis em comparação como o diâmetro de um fio de cabelo humano, e respetivo alcance no sistema respiratório. Adaptado de (32)..... | 18 |
| Figura 3. Representação dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.....   | 38 |
| Figura 4. Abordagem sobre os efeitos da poluição do ar na saúde - adaptado de (63).....  | 41 |

## **Índice de Tabelas:**

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1. Peso das doenças do aparelho respiratório na mortalidade em Portugal.....  | 12 |
| Tabela 2. Ferramentas digitais para consulta dos índices de qualidade do ar.....   | 15 |
| Tabela 3. Valores limites para a concentração máxima para as PM <sub>10</sub> e PM <sub>2.5</sub> , em µg/m <sup>3</sup> ..... | 19 |
| Tabela 4. Valores limites estabelecidos para a concentração máxima para O <sub>3</sub> , em µg/m <sup>3</sup> .....            | 20 |
| Tabela 5. Valores limites estabelecidos para a concentração máxima para SO <sub>2</sub> , em µg/m <sup>3</sup> ....            | 21 |
| Tabela 6. Valores limite estabelecidos para a concentração máxima para NO <sub>2</sub> , em µg/m <sup>3</sup> .....            | 21 |
| Tabela 7. Capacidade de filtração e proteção dos diferentes tipos de máscaras, contra as partículas inaláveis. ....            | 40 |

# 1 Introdução

A saúde é determinada pelos ambientes socioeconómico e físico, assim como pelas características e comportamentos individuais e coletivos. (1) A existência de água potável, ar limpo, locais de trabalho, casas e estradas seguras são exemplo de aspetos ambientais que influenciam uma saúde com qualidade. (1)

Devido ao panorama atual, foi possível verificar, globalmente, como o ar é um vetor importante na relação saúde-doença e de como os comportamentos humanos conseguem acentuar ou mitigar os efeitos provocados, tanto ao nível da saúde, como do ambiente.

Em 2006, num relatório publicado pela Organização Mundial de Saúde (OMS) estimava-se que aproximadamente, 25% das mortes globais (e mais de 1/3 das mortes infantis) são devidas a fatores ambientais modificáveis (2). Neste conjunto, consideram-se todos os perigos físicos, químicos e biológicos que afetam diretamente a saúde e a adoção de comportamentos pouco saudáveis, como, por exemplo, a inatividade física (2).

A segunda edição do relatório desenvolvido pela OMS– *“Preventing Diseases Through Healthy Environments – A global assessment of the burden of disease from environmental risk,”* publicado em 2016, serviu de base para esta revisão, dado que destaca como a melhoria do ambiente pode promover a saúde e o bem-estar (3). É também apontada a relação entre características sociais, demográficas e os fatores de risco para o aparecimento de certos grupos de doenças. Neste relatório, observa-se que a poluição do ar (interior e exterior) está presente como fator de risco em, praticamente, a maior parte das afeções, desde problemas na gravidez a distúrbios neurológicos (3), sendo que, a seguir à exposição ao fumo do tabaco, é a segunda maior causa de morte por doenças não transmissíveis (DNT’s) derivadas de fatores ambientais (4).

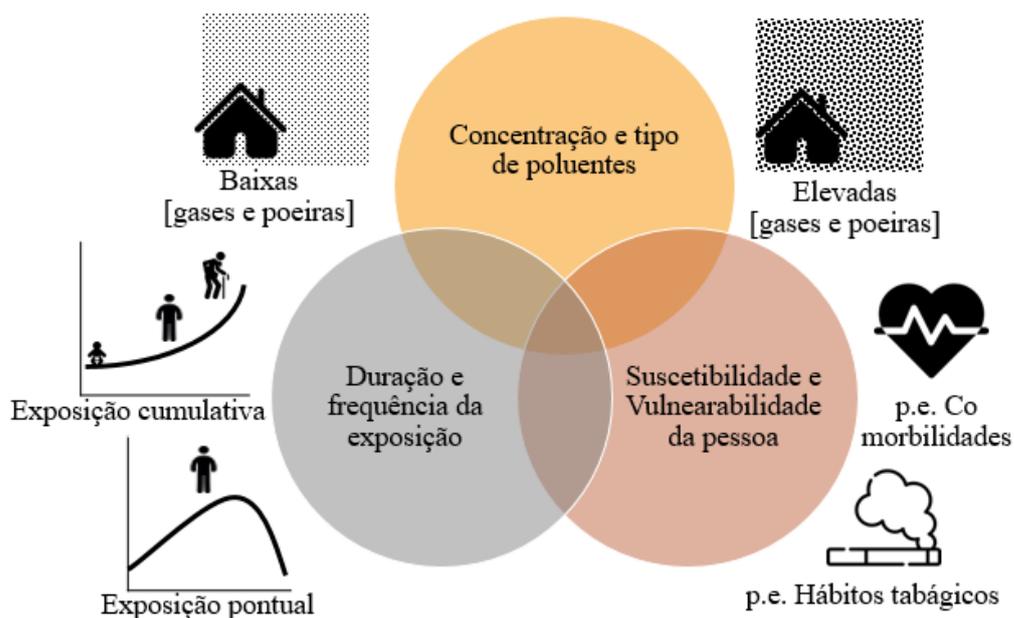
Exemplos de doenças mais prevalentes provocadas por fatores ambientais modificáveis, são a diarreia - devido ao acesso a água potável, condições de sanitização e higiene; e infeções do trato respiratório inferior – devido à qualidade do ar doméstico e ambiental, inclusive a exposição secundária ao fumo do tabaco (2). Nos países em desenvolvimento, estas causas representam 42% das doenças pulmonares obstrutivas crónicas (DPOC), enquanto que nos países desenvolvidos representam 20% da sua origem (2). Apesar de que estas diferenças podem ser explicadas pelas variações nos padrões de exposição ao ambiente, também se justificam pelo tipo de acesso aos cuidados de saúde (2). Assim, a análise da relação entre os fatores de risco ambientais e os problemas de saúde, varia conforme o estado de

desenvolvimento do país, visto que a carga de doenças é também resultado dos fatores sociais e comportamentais próprios de cada local (2).

Em repouso, um adulto saudável realiza, aproximadamente, 12 a 20 respirações por minuto (5–7) e inala, em média, 14 Kg de ar por dia (8). É expectável que nas atividades que requerem maior fornecimento de oxigénio, a frequência respiratória aumente, como por exemplo, durante o exercício físico intenso e prolongado (7). Desta forma, o aumento da ventilação faz com que aumente a deposição de substâncias tóxicas inaladas, sendo este o motivo pelo qual se deve reforçar às pessoas, particularmente dos grupos mais vulneráveis, a não realização de atividades físicas no exterior, nos dias em que a poluição do ar está mais acentuada (7).

Muitas das mortes relacionadas com o ambiente podem ser prevenidas (9). A gestão e redução da mistura de poluentes presentes no ar pode levar a uma diminuição até cerca de 3 milhões de mortes no mundo (10).

O efeito da poluição atmosférica no organismo pode depender da quantidade e qualidade dos poluentes, do tempo e intensidade a que esteve exposto (11), assim como as características individuais e coletivas da população, como ilustra a Figura 1.



**Figura 1. Fatores que influenciam o impacto da exposição ambiental. Adaptado de (12)**

Desde 2016, 9 em 10 cidadãos urbanos respiravam um ar que está fora das orientações da OMS, o que corresponde 4,2 milhões de mortes prematuras (13,14).

A vulnerabilidade depende das características individuais, como o género, idade e estado nutricional, imunização e estado de saúde. Consideram-se como grupos sensíveis ou mais

vulneráveis aos efeitos adversos à poluição atmosférica: idosos, crianças, mulheres grávidas, operários que trabalham no exterior e praticantes de atividade física ao ar livre (15).

Consideram-se como grupos vulneráveis, as crianças devido à sua “*imaturidade fisiológica e cognitiva*” (16) e os seus mecanismos de defesa se encontram em desenvolvimento (17). Por outro lado, as crianças possuem maior disposição para passar mais tempo ao ar livre (16), por exemplo, durante os recreios. Outro grupo etário a ter em conta são os idosos pois com o envelhecimento ocorre uma diminuição da complacência ventricular e pulmonar, o que dificulta a capacidade de resposta face ao stress ambiental. Adicionalmente, qualquer doença crónica pode estar associada a uma diminuição das defesas imunitárias (16), assim como certos tipos de terapêuticas afetam os mecanismos centrais e periféricos de termorregulação, podendo alterar a capacidade de resposta. Tendo em conta, o aumento da esperança média de vida e a diminuição da mortalidade infantil ao longo do século XXI, prevê-se assim um aumento do número de pessoas em risco (16).

Quanto à duração da exposição, esta pode ser cumulativa, pela presença de pequenas concentrações de poluentes ao longo do tempo, que acabam por ser significativas e os sintomas aparecem mais tarde; ou então gradual, onde a exposição a grandes concentrações num curto espaço de tempo, provocam sintomas detetados de imediato, como falta de ar (12).

Em 2018, de acordo com o Instituto Nacional de Estatística (INE), na classificação de óbitos por doenças do aparelho respiratório, Portugal encontrava-se na terceira posição na (11,7%), a seguir ao Reino Unido e à Irlanda (18). Nesse ano, destaca-se ainda que 43% destas mortes foram causadas por pneumonia, o que representa 5,1% do número total de óbitos em 2018 (19), colocando assim o nosso país no topo das mortes por este tipo de inflamação e infeção pulmonar dentro dos 28 países da União Europeia, antigamente designado por UE-28 (18).

No ano seguinte, as doenças respiratórias representaram 10,9% da mortalidade total em Portugal, das quais 4,2% derivaram da pneumonia (20). Contudo, nesse ano, estima-se um aumento de 2% relativamente ao número de mortes devido a tumores malignos da traqueia, brônquios e pulmão, sendo que das 4 405 mortes por esta causa, verifica-se uma diferença acentuada das taxas brutas de mortalidade entre géneros, entre as quais 67,1 mortes por 100 mil homens residentes e 20,8 óbitos por 100 mil mulheres residentes (20). Em suma, estes resultados estão presentes na Tabela 1.

**Tabela 1. Peso das doenças do aparelho respiratório na mortalidade em Portugal**

|      | Nº total de óbitos | Óbitos por doenças respiratórias |             | Óbitos por pneumonia |            | Óbitos por tumores malignos no aparelho respiratório |            |
|------|--------------------|----------------------------------|-------------|----------------------|------------|--|------------|
|      |                    | Nº                               | %           | Nº                   | %          | Nº   | %          |
| 2018 | 113 573            | 13 305                           | <b>11,7</b> | 5 764                | <b>5,1</b> | 4 317  | 3,8        |
| 2019 | 112 334            | 12 243                           | <b>10,9</b> | 4 700                | <b>4,2</b> | 4 405  | <b>3,9</b> |

Adaptado de INE: Óbitos por causas de morte, 2018 (19) e Óbitos por causas de morte, 2019 (20)

Segundo os dados do INE, existe um certo padrão de sazonalidade no que diz respeito às mortes por doenças cardiovasculares e respiratórias. Os meses mais frios registam maior mortalidade, enquanto que os meses de maior calor registam menos mortes. O mesmo não se verifica para o número de óbitos por tumores malignos, cuja distribuição é homogénea ao longo do ano (20). Apesar de que a maior parte do tempo é passado dentro de espaços interiores e a qualidade do ar doméstico é extremamente relevante para o estudo dos parâmetros que influenciam a qualidade de vida, a divulgação das consequências ambientais provenientes do confinamento, devido à pandemia de COVID-19, suscitou interesse em explorar como as ações humanas podem melhorar o ambiente e a saúde e qual a sua relação.

Deste modo, outro assunto que poderia ser abordado no seguimento desta monografia, e que se encontra no relatório mencionado anteriormente, é a qualidade do ar interior, entre eles, a contaminação microbiológica e combustão de gases domésticos. Para este tópico, existem estudos que aprofundam as consequências dos poluentes inalados dentro de casa, assim como orientações específicas para a sua minimização, de modo que se considerou separar os tópicos e focar a matéria do estado do ambiente exterior.

## 2 Objetivos

A presente monografia foca o estudo do ar exterior e medidas que permitem melhorar a sua qualidade, com base na análise de atividades tomadas atualmente, nacionais e internacionais, e ações a tomar daqui para a frente. Assim, tem como objetivos:

- Gerais: estudar a relação entre a qualidade do ar e a saúde, averiguando estratégias que minimizem os seus efeitos, de modo a prevenir o desenvolvimento de doenças e/ou o seu agravamento.
- Específicos: comparar os índices de qualidade de ar a nível global, com o intuito de entender as medidas ambientais estabelecidas nos países com melhores resultados e perceber até que ponto podem ser implementadas em Portugal.

Antes de cada seção serão apresentadas breves explicações do que terá levado à pesquisa dos tópicos definidos, de forma a acompanhar o raciocínio por detrás deste estudo.

Pretendeu-se, sobretudo, fornecer um resumo de informações atuais relacionadas com o tema para culminar nas medidas a adotar no dia a dia, que possam ser transmitidas à população.

### 3 Materiais e Métodos

A presente monografia enquadra-se na tipologia de Revisão do Estado da Arte. Desta forma, foi concretizada uma pesquisa compreensiva do tema e uma análise dos conteúdos numa ótica conceptual e espacial, num curto período cronológico (poucos anos antes da pandemia COVID-19 até ao presente). Por sua vez, apresentar o conhecimento atual sobre a importância da qualidade do ar para a saúde, introduzindo uma perspetiva diferente no ramo das Ciências Farmacêuticas.

A principal pergunta para a condução do estudo foi “De que forma o ar (em termos de poluição, composição, qualidade, etc..) influencia as condições de saúde e doença da população?”. Seguidamente foi questionado: “Em que circunstâncias se verifica o ar atualmente?”; “Verificam-se atrasos ou progressos nas ações humanas para o ambiente, que possam justificar a mortalidade e morbilidade relacionada com a atmosfera?”; “Como podemos contornar e prevenir o impacto desta situação?”. Por fim, seria interessante refletir sobre a contribuição dos farmacêuticos nesta área, cujo tempo para concluir a revisão não foi suficiente e, talvez, poderiam ter sido incluídas entrevistas a stakeholders para correlacionar aspetos presentes na literatura, completando assim o estudo de um modo holístico o trabalho, modificando-o, no entanto, para um método misto.

Iniciando a pesquisa por entidades principais, como a Organização Mundial de Saúde (OMS), Centers for Diseases Control and Prevention (CDC) e European Environment Agency (EEA), a validade dos resultados foi conferida pela leitura das referências indicadas nos documentos elaborados pelos mesmos. Porém, como em qualquer publicação, pode não estar totalmente isenta de viés.

Foram também consultados artigos científicos como complemento aos recursos principais, utilizando as palavras chave da monografia: *ambiente/environment; qualidade do ar/air quality; poluição/pollution; saúde/health; medida preventivas/preventive measures*. Como critérios de inclusão, foram considerados: o ano e o tipo de revista na qual os artigos foram publicados. E tendo em conta a abrangência e relevância do tema no dias de hoje, como critérios de exclusão foram considerados os tópicos *alterações climáticas/“climate changes”, poluição da água/water pollution, , poluição do ar doméstico/household pollution; saúde ocupacional/occupational health*, visto que se encontram muitos associados a esta temática mas não focam os efeitos dos principais poluentes avaliados para a qualidade do ar exterior.

Importa destacar a consulta dos diversos mapas de sistema de informação geográfica - *geographic information system* (GIS), de acesso livre ao público, via internet, para a recolha dos dados da qualidade do ar. De extensão internacional e nacional, estas plataformas estão apresentadas na Tabela 2

**Tabela 2. Ferramentas digitais para consulta dos índices da qualidade do ar.**

| Fontes de dados internacionais  | Fontes de dados nacionais   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Global Observatory, da OMS</li> <li>• IQAir, uma tecnologia desenvolvida em parceria do Programa Ambiente das Nações Unidas (<i>United Nations Environmental Program</i> – UNEP) e a Greenpeace</li> <li>• European Air Quality Index, da <i>European Environment Agency</i> (EEA)</li> <li>• AirNow da <i>Environmental Protection Agency</i> (EPA, U.S),</li> <li>• AirQuality: Observations from Space, da <i>National Aeronautics and Space Administration</i> (NASA)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• QualAr, da Agência Portuguesa do Ambiente (APA)</li> <li>• Relatório do Estado do Ambiente (REA)</li> <li>• PrevQualar, desenvolvida pela Faculdade de Ciência e Tecnologia (FCT), da Universidade Nova de Lisboa</li> <li>• Separador Clima – Gases com efeitos de estufa, do Instituto Português da Mar e Atmosfera (IPMA).</li> </ul> |

Para compreensão da resposta do organismo humano à exposição ambiental, foram consultadas fontes bibliográficas nas cadeiras de Fisiologia Humana e Toxicologia:

- Casarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons, 6ª edição
- Vander's Human Physiology, 14ª edição
- Medical Physiology - A Systems Approach,

## 4 A Qualidade do Ar

O ar é uma mistura de gases e poeiras, onde 78% corresponde a átomos de azoto, 21% a oxigénio e 1% pelos restantes elementos químicos, vapor de água e dióxido de carbono (8,17).

A composição do ar local afeta a forma como vivemos e respiramos, sendo que, tal como o clima, pode mudar de dia para dia, inclusive, de uma hora para outra (21). Por este motivo, é fundamental regular e limitar as concentrações dos constituintes presentes na atmosfera, de modo a manter as condições necessárias à vida humana dentro dos limites aceitáveis.

Esta monitorização é desempenhada por agências nacionais, que têm adicionalmente como dever informar sobre a qualidade do ar exterior (21).

De forma a entender como acompanhar este parâmetro no quotidiano, segue-se uma breve explicação de como é avaliado, em que consiste e quais os principais efeitos no organismo.

### 4.1 Índice da Qualidade do Ar

O Índice da Qualidade do Ar (IQA) é um parâmetro determinado através dos níveis dos principais poluentes: ozono troposférico ( $O_3$ ), dióxido de enxofre ( $SO_2$ ), dióxido de azoto ( $NO_2$ ) e partículas inaláveis ou em suspensão, conhecidas como *Particulate Matter* (PM), designadas de acordo o seu diâmetro, nomeadamente 10 e  $2,5\mu m$  ( $PM_{10}$  e  $PM_{2.5}$ ) (22–24).

Nalguns países, encontra-se ainda incluído o monóxido de carbono (CO) para o cálculo deste índice (22,23), como é o exemplo da ferramenta AirNow desenvolvida pela Environmental Protection Agency (EPA), que se pode verificar no Anexo A1. . De forma geral, esta representa uma escala que vai de 0 a 500, sendo o 100 o padrão aceitável para a qualidade do ar. No entanto, de acordo com a informação disponível sobre a qualidade do ar (QualAr) da Agência Portuguesa do Ambiente (APA) os gases e partículas poluentes monitorizados são os quatro primeiros descritos (24), tal como se apresenta representado no Anexo A2. .

Em ambas entidades estão categorizadas, de acordo o intervalo de valores para os poluentes, o respetivo perigo que representa para a saúde da população, com especial atenção aos grupos mais vulneráveis, como crianças, idosos, e pessoas com doenças crónicas e respiratórias. (23,25,26)

Embora estejam relacionados, importa realçar que existe uma diferença entre a medição de  $PM_{2.5}$  e o IQA, dado que o primeiro consiste num valor de uma concentração, e o segundo numa relação entre concentrações de diferentes gases e poeiras. Ainda que alguns países apresentem

ligeiras diferenças na forma como o índice é calculado, o parâmetro em questão é fundamental para conhecer potenciais riscos de saúde num determinado período e estabelecer medidas de intervenção. Os valores limite estabelecidos pela legislação da União Europeia variam assim conforme a extensão do momento a analisar, isto é, presente/diário ou histórico/anual. (24) Pode-se ainda observar que existe uma necessidade para que os níveis de exposição a longo prazo tendem a ser mais restritos comparativamente aos de curto prazo, com o intuito de impedir que se atinga níveis mais elevados de poluentes, e alertar para os efeitos graves que estes podem provocar na saúde. (24)

#### **4.1.1 Métodos do cálculo**

Na avaliação a nível nacional, o território é dividido em zonas, de acordo com o número de habitantes e densidade populacional, e aglomerações, conforme as características da ocupação do solo, densidade populacional e níveis de qualidade do ar. Em ambas, é obrigatória a medição das partículas PM<sub>2.5</sub> e PM<sub>10</sub> (média de 24 horas), embora nas zonas é monitorizado o nível de O<sub>3</sub> (média de 8 horas) e nas aglomerações o NO<sub>2</sub> (24).

As concentrações recolhidas são validadas automaticamente, processadas e, de seguida, validadas por um operador da rede de medição. Os servidores localizados nas comissões de coordenação e desenvolvimento regional (CCDR) e nas direções regionais do ambiente das Regiões Autónomas (DRA), enviam assim, quase em tempo real, os dados para o sistema de informação QualAr, que disponibiliza o conhecimento da qualidade do ar de todo o país, para todos (27).

De acordo com esta plataforma, sempre que os poluentes excedam os limites estipulados, é comunicado às autarquias locais e de saúde, assim como ao público, através dos canais de comunicação social, de ordem local, regional e nacional (27).

## **4.2 Principais poluentes**

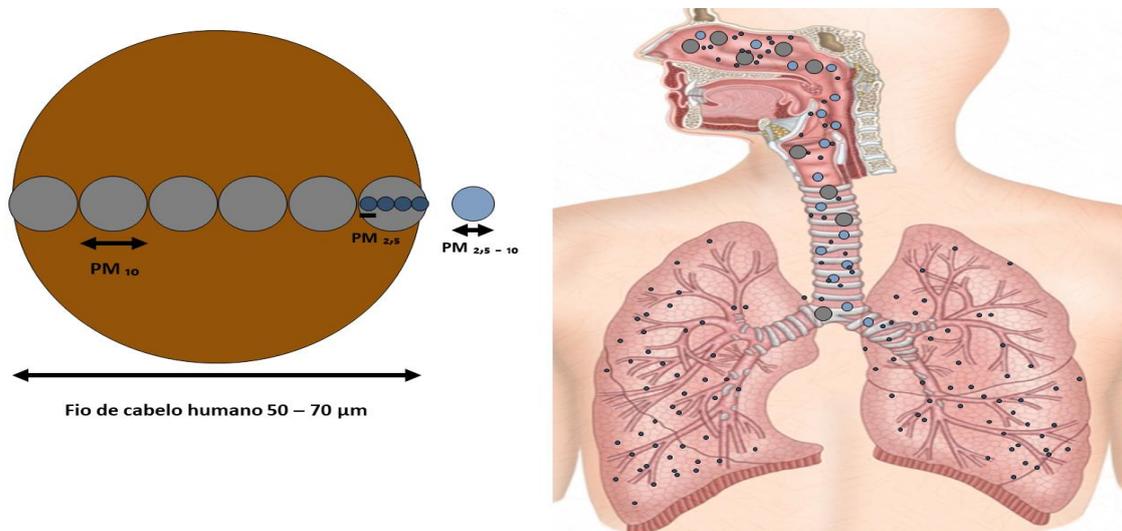
São considerados poluentes da atmosfera quaisquer substâncias que se encontram numa concentração superior ao normal e que pode ser nociva a diversos níveis para os seres vivos (17).

A concentração e o tipo de poluentes são condicionados pelas fontes de emissão e fatores meteorológicos (8). A presença de chuva ou ventos fortes fazem dispersar os poluentes, enquanto que um maior número de edifícios pode contribuir para o aumento da concentração destas substâncias nocivas (17).

Apesar de existirem outros poluentes atmosféricos, que mesmo em concentrações baixas, colocam a saúde em risco, como chumbo, o arsênio, o cádmio, o níquel e o mercúrio (27), o interesse desta monografia focou-se apenas nos já mencionados  $PM_{2.5}$  e  $PM_{10}$ ,  $SO_2$  e  $NO_2$  e  $O_3$ . Nos próximos subcapítulos, será indicada uma breve descrição das principais fontes (naturais e antropogênicas) para relacionar de que forma os poluentes da qualidade do ar influenciam desenvolvimento de doenças respiratórias.

#### 4.2.1 Partículas inaláveis (em suspensão)

As partículas inaláveis, designadas de Particulate Matter (PM), são um conjunto de partículas de origem orgânica e inorgânica, sólida e líquida, que pode ter diversos tamanhos e composição. (21,28) Podem ser emitidas diretamente para atmosfera por diversas fontes antropogênicas - tubos de escape dos veículos e indústrias,... ; ou por reações químicas entre os gases poluentes, referidos mais à frente (29). Realçar que as partículas podem chegar a níveis bastante nocivos em determinados eventos, como incêndios florestais (21). Enquanto que as  $PM_{10}$  podem penetrar e alojar-se nos pulmões, as  $PM_{2.5}$  conseguem infiltrar-se e chegar à corrente sanguínea (30,31), como ilustrado na Figura 2.



**Figura 2. Representação ilustrativa do tamanho das partículas inaláveis em comparação com o diâmetro de um fio de cabelo humano, e respetivo alcance no sistema respiratório. Adaptado de (32)**

A exposição aguda a estas partículas consegue provocar irritação no nariz e olhos, cefaleias, fadiga, náuseas, anomalias na função respiratória, já a exposição contínua pode desencadear tosse e um aumento das secreções (28), diminuição da função respiratória e potenciar as infeções das vias respiratórias – asma, bronquites crônicas, entre outras (15,28,33). Para alguns indivíduos, tem um efeito adjuvante na sensibilização de alérgenos inalados, aumentando 50

vezes a sua potência e modificar a resposta imunológica do organismo e, ainda, pode alterar o perfil dos pólenes, originando novas proteínas alergénicas (28). No sistema cardiovascular, alguns estudos epidemiológicos e toxicológicos realizados indicam que a exposição as  $PM_{2.5}$  pode estar associada a uma inflamação sistémica, stress oxidativo e alterações da condução eléctrica cardíaca, assim como variações na Proteína C Reativa e fibrinogénio, provocando doenças cardiovasculares e, conseqüentemente, morte (34). A exposição a longo prazo deste constituinte do ar pode ainda estar relacionada com aterosclerose, através da calcificação da artéria coronária e da túnica média íntima (34), lesão tecidual pulmonar e cancro (15).

Os últimos valores limite estabelecidos pela OMS, para os gases abordados encontram-se representados na Tabela 3 (29,30).

**Tabela 3. Valores limites para a concentração máxima para as  $PM_{10}$  e  $PM_{2.5}$ , em  $\mu g/m^3$**

|  |            | Diária | Anual |
|--|------------|--------|-------|
| Concentração máxima<br>( $\mu g/m^3$ ) | $PM_{10}$  | 50     | 20    |
|  | $PM_{2.5}$ | 25     | 10    |

A monitorização da concentração destas partículas é de extrema importância porque permite às autoridades locais estabelecerem planos para melhorar a qualidade do ar (29).

A coexistência de substâncias nas fases gasosa (gases) e sólida (poeiras) nas PM, levanta preocupações quanto à variedade de interações químicas e fisiológicas, que levam a resultados imprevisíveis (11).

#### 4.2.2 Ozono

O ozono é um gás formado por átomos de oxigénio que pode ser benéfico ou prejudicial, conforme a sua localização (21).

O ozono estratosférico oferece protecção contra os raios ultravioletas (21), uma vez que absorve grande parte da sua radiação, impedindo que atinga os seres vivos e a superfície terrestre. A destruição desta camada é causada pela emissão de clorofluorcarbonetos e hidrofluorcarbonetos, entre outros gases de origem antropogénica.

O ozono troposférico é formado pela reacção da luz solar com os óxidos de azoto, provenientes, das emissões de veículos e indústrias, e/ou compostos orgânicos voláteis (COV), como o benzeno e o tolueno (35). Uma vez que tem um poder fotoquímico oxidante forte, ao ser inalado pode lesar a mucosa do trato respiratório, pode inflamar as células das vias aéreas superiores e

inferiores (21,28), reduzindo a função pulmonar, dificultar a respiração e despoletar crises de asma e outras doenças respiratórias (21,30).

Estudos referem que os níveis de ozono troposféricos estão 30 a 70% mais elevados do que há 100 anos atrás devido ao aumento das emissões de químicos para a atmosfera, o que, sendo um gás com efeito de estufa, contribui para o aumento da temperatura do planeta e, conseqüentemente, o aumento de problemas relacionados com o calor intenso (36). Deste modo, a edição mais recente da "*WHO Air Quality Guidelines*" restringiu os limites para a concentração de ozono na camada mais próxima com a superfície terrestre, para os valores indicados na Tabela 4.

**Tabela 4. Valores limites estabelecidos para a concentração máxima para O<sub>3</sub>, em µg/m<sup>3</sup>**

|  | 8 horas (média) |
|--|-----------------|
| Concentração máxima para O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) | 100             |

Não esquecendo que a destruição da camada de ozono estratosférico, permite a passagem da maior radiação ultravioleta, que pode levar ao aumento casos de melanomas, cataratas e cegueira (33).

#### **4.2.3 Óxidos de enxofre**

A libertação de SO<sub>2</sub> para atmosfera provém dos processos de queima de combustíveis fósseis (carvão e petróleo) e fusão de minerais que contenham enxofre (30).

Embora não apresente cor, o óxido de enxofre é um gás reativo com um odor forte que consegue irritar o epitélio do nariz e garganta (28), causando tosse e aumento da secreção de muco, assim como o aumento a propensão das pessoas a infeções do trato respiratório (30).

Estudos apontam que basta 10 minutos de exposição à níveis elevado de SO<sub>2</sub>, para se verificar uma modificação na função pulmonar e exacerbar os sintomas respiratórios nas pessoas com asma (30,34). Desta forma, os valores máximos para o SO<sub>2</sub> encontram-se na Tabela 5. Segundo a OMS, nos dias em que os níveis de SO<sub>2</sub> se registam mais elevados, é dado um número maior de admissões nos hospitais por afeções cardiovasculares, incluído, mortes. A exposição a longo prazo pode também agravar outras doenças existentes como a bronquite crónica (28).

**Tabela 5. Valores limites estabelecidos para a concentração máxima para SO<sub>2</sub>, em µg/m<sup>3</sup>**

|   | 10 minutos (média) | Diária |
|---|--------------------|--------|
| Concentração máxima para SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) | 500                | 20     |

A nível ambiental, este gás em contacto com a água forma o ácido sulfúrico, que é o principal composto das chuvas ácidas que provocam a deflorestação (30). Prevê-se que a redução das concentrações de SO<sub>2</sub> pode igualmente contribuir para diminuir a exposição e existência dos restantes poluentes.

#### **4.2.4 Óxidos de azoto**

O óxido de azoto (NO<sub>2</sub>) provêm das mesmas fontes que o poluente anterior, como centrais elétricas e sistemas de aquecimento doméstico, tais como a queima de combustíveis fósseis (óleo, gás) dos motores dos veículos e navios (30,35).

Quando lançado para a atmosfera, o monóxido de azoto oxida-se e origina o respetivo dióxido (28). Na presença de radiação solar e temperaturas elevadas, os óxidos de azoto conseguem reagir com os COV's, dando origem a outros gases nocivos, além do ozono (28). Aerossóis cujas partículas nocivas têm um diâmetro inferior a 2,5 também se consideram PM<sub>2.5</sub> (30). A OMS definiu os máximos para concentração de NO<sub>2</sub>, em função da média por 1 e 24 horas, como apresentado na Tabela 6..

**Tabela 6. Valores limite estabelecidos para a concentração máxima para NO<sub>2</sub>, em µg/m<sup>3</sup>**

|   | 1 hora (média) | Diária |
|---|----------------|--------|
| Concentração máxima para NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) | 200            | 40     |

Estudos relacionam a exposição a este gás a curto prazo, desde 30 minutos a 24 horas, com o desenvolvimento de inflamação nas vias aéreas em pessoas saudáveis, assim como o aumento das admissões em urgências e internamentos por doenças respiratórias (37).

## **5 O Sistema Respiratório**

De forma geral, os poluentes atmosféricos alteram a resposta imunológica dos tecidos e órgãos, o que conduz a um estado de inflamação, podendo originar doenças respiratórias, cardiovasculares e neurodegenerativas.

Foi do interesse desta monografia perceber a resposta do sistema respiratório à poluição, visto que esta representa a via principal de exposição, marcando o início dos efeitos nocivos dos poluentes atmosféricos.

De seguida, serão descritas duas funções importantes do organismo em relação ao ar inalado: os Mecanismos de defesa - que representam as ações que cada indivíduo desempenha em estado normal, para a homeostasia da concentração e estado dos pulmões e vias respiratórias; e os Mecanismos de patogenicidade - que correspondem à capacidade de resposta alterada, que se traduz nas doenças.

### **5.1 Mecanismos de defesa**

Os xenobióticos podem ter efeitos tanto diretos como indiretos no sistema imunitário e lesar os pulmões. Como efeitos diretos considera-se, por exemplo, a alteração das funções e superfície das células de defesa ou a modificação da estrutura e composição dos órgãos linfoides. Como efeitos indiretos, considera-se a indução de variação na resposta homeostática, pela ativação de metabolitos tóxicos.

#### **5.1.1 Filtração do Ar inspirado**

Os cílios nasais impedem que partículas maiores que 10- 15 $\mu\text{m}$  alcancem os canais respiratórios seguintes. Maioria das partículas com diâmetro maior que 10 $\mu\text{m}$  são também removidas pelo impacto com a superfície do septo nasal (7). Por outro lado, o ar inspirado muda de direção na nasofaringe, de forma a que as partículas de maior tamanho atinjam a faringe, onde estão localizadas as amígdalas e adenoides, que fornecem proteção imunológica contra os materiais filtrados e biologicamente ativos (7).

Posteriormente, ao entrar na traqueia, o ar deve conter poucas partículas com dimensões maiores que 10 $\mu\text{m}$ , sendo que maior parte destas se depositam na carina ou entre os brônquios. As partículas com diâmetro entre 2 a 5 $\mu\text{m}$  vão sedimentar-se nas vias respiratórias inferiores, onde o fluxo de ar é mais baixo (7). Nestas zonas, o muco que se encontra a revestir as vias respiratórias superiores até aos bronquíolos, capta as partículas (7).

Por fim, as partículas mais pequenas e os gases exógenos chegam aos ductos e sacos alveolares, pelo movimento de Brownian. Geralmente as partículas com 0,1 e 0,5µm de diâmetro ficam suspensas em aerossóis, onde 80% são por ser expulsas quando o ar é expirado (7).

### **5.1.2 Remoção do material filtrado**

Através da estimulação mecânica e/ou química, ocorre a broncoconstrição com o intuito de impedir a penetração das substâncias irritantes nas vias respiratórias, o que resulta nos fenómenos de tosse e espirros (7). Ambas as ações são igualmente úteis para movimentar o muco presente nas vias até ao nariz ou boca. Contudo, enquanto que o espirro resulta da estimulação dos recetores presentes no nariz ou nasofaringe, a tosse é uma resposta respiratória reflexa involuntária que provém da estimulação dos recetores presentes na traqueia (7). Mais do que isso, a tosse pode ser tanto desencadeada por alergias ou infeções virais, como também ser um efeito secundários dos Inibidores da Enzima Conversora de Angiotensina (conhecidos como IECA's) e da produção de muco na bronquite crónica (7).

O muco é uma mistura complexa de polissacarídeos produzidos pelas glândulas presentes na camada submucosa, que suporta a cartilagem das vias respiratórias superiores (7).

Os cílios têm um movimento de tal magnitude, que conseguem empurrar o muco, a partir dos alvéolos até à faringe (7), num sentido que é oposto à gravidade. Através de uma frequência ciliar de 600 a 900 batimentos por minuto, o muco consegue ascender à periferia cada vez mais rápido, sobretudo com o ato de tossir. Este fenómeno, conhecido como "*mucociliary escalator*", permite a expulsão das partículas depositadas, que ao chegar à faringe podem ser engolidas, cuspidas com a expetoração ou com o assoar do nariz (7).

A remoção destas secreções é importante para impedir a obstrução à passagem de ar. Mesmo os doentes que se encontram entubados, esta ação deve ser efetuada por sucção ou outros meios que limpem a traqueia e os brônquios. A função dos cílios pode ser inibida pelo fumo dos cigarros.

### **5.1.3 Eliminação das partículas**

As partículas inaladas que alcançam as vias terminais são removidas de diversas formas, incluído a ingestão por macrófagos, destruição enzimática, entrada nas células linfáticas e reações imunológicas.

Os macrófagos alveolares são extremamente relevante nas respostas imunológicas e inflamatórias do pulmão. Grande parte das bactérias são destruídas via macrófagos e respetivos

lisossomas. Mas nem todos os tóxicos inalados podem ser destruídos desta forma como, por exemplo, a sílica, que é nociva para estas células e acabam por se depositar na superfície dos alvéolos.

## **5.2 Mecanismos de patogenicidade**

A qualidade do ar interior e exterior são dois dos principais fatores ambientais para as infecções do trato respiratório inferior (2). O tecido pulmonar pode ser lesado diretamente ou secundariamente por metabolitos de compostos orgânicos. Das condicionantes no desenvolvimento de doenças mediadas por inalação de partículas tóxicas, o efeito mais preocupante é a reação oxidativa nos pulmões, que pode iniciar e propagar a bronquite crónica, o enfisema, a fibrose pulmonar e o cancro (11).

Muitos dos gases e vapores inalados estimulam as terminações nervosas, particularmente do nervo trigêmeo, resultando na sustentação ou alteração no padrão respiratório, de forma a evitar ou reduzir a continuação da exposição (11).

### **5.2.1 Fatores a ter em consideração**

#### **5.2.1.1 Carga Oxidativa**

Uma das causas para as lesões e patologias pulmonares são a carga oxidativa proveniente dos radicais livres, gerados pela exposição pelo  $O_3$ ,  $NO_2$ , ou até mesmo pelas células pulmonares de defesa (11).

A formação destes radicais livres, instáveis e reativos, leva a um conjunto de reações em cadeia que, por sua vez, culminam numa destruição oxidativa celular (11). A redução do oxigénio molecular nos seus metabolitos ativos ocorre habitualmente nas reações de transferências de eletrões, tanto em microsomas como nas mitocôndrias, durante o metabolismo celular (11). As células mamíferas, como os neutrófilos, monócitos e macrófagos, são particularmente aptas na conversão do  $O_2$  em metabolitos reativos, dado as atividades antimicrobianas e de fagocitose (11).

Contudo, a libertação excessiva destas espécies através da membrana celular para os tecidos em volta, faz com que se acumulem na microcirculação e parênquima pulmonar, que pode originar edema nos pulmões (11).

Desta forma, o processo inflamatório mediado pelas células fagocíticas representa um componente significativo das lesões pneumotóxicas (11).

Quando expostos ao O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, ou outros tóxicos do fumo do tabaco, diversos estudos em animais reportam um aumento da atividade das enzimas captadoras de radicais (11). O tratamento com diversas enzimas deste tipo consegue proteger os ratos de edema pulmonar, quando induzida por elevadas doses de tioureia ou níveis letais de radiações gama (11).

### **5.2.1.2 Concentração dos gases**

É de esperar que quanto maior for a concentração dos gases nocivos piores serão os efeitos para o organismo.

Os pulmões conseguem responder com determinados mecanismos de defesa que vão adquirindo ao longo dos anos, sendo estimulados pela constante exposição a diferentes espécies de poeiras e microrganismos suspensos no ar, incluído partículas antigénicas de baixo e alto peso molecular (11).

A solubilidade em água é outro fator importante que determina a intensidade que um gás consegue penetrar pelos pulmões: o dióxido de enxofre, por ser um gás muito solúvel em água, não consegue alcançar mais do que o nariz; o ozono e o dióxido de azoto são gases relativamente insolúveis, e por isso conseguem chegar às vias respiratórias inferiores e alvéolos; já os gases insolúveis como o monóxido de carbono, passam eficientemente do trato respiratório para a corrente sanguínea pulmonária, espalhando-se pela circulação sistémica (11).

## **5.2.2 Resposta aguda à lesão do aparelho respiratório**

Os efeitos das partículas tóxicas inaladas podem ser reversíveis ou irreversíveis. Alguns dos mecanismos de reparação não são óbvios. Este estudo dos efeitos da pós-exposição é crucial para melhor entendermos de que forma os pulmões conseguem se adaptar às agressões químicas por substâncias inaladas.

### **5.2.2.1 Reatividade das vias aéreas**

A inalação de gases com solubilidade moderada em água causa uma broncoconstrição reflexa. Este fenómeno diminui assim o diâmetro das vias aéreas e aumenta a resistência à passagem de ar, caracterizada por sintomas como espirros, tosse, sensação de “aperto no peito” e falta de ar (dispneia) (11). Tendo em conta que o músculo liso dos brônquios nos indivíduos com asma, contraem a uma provocação ainda mais baixa do que os restantes indivíduos, verifica-se um aumento da sua suscetibilidade à poluição do ar e às reações adversas dos gases irritantes (11). Por outro lado, o exercício também potencia os sintomas decorrentes da broncoconstrição (11).

### **5.2.2.2 Mediadores imunológicos**

Alguns estudos indicam que os pulmões contém grandes quantidades de citocinas endógenas e mediadores anti-inflamatórios, embora a forma como a bioatividade neste órgão é regulada ainda não se encontra bem esclarecida (11).

No caso da fibrose pulmonar, pensa-se que estão envolvidas a interleucina beta 1 (IL-1beta), o fator de transformação do crescimento beta (TGF-beta) e o fator de necrose tumoral alfa (TNF-alfa). De forma semelhante, supõe-se que nove espécies da família das interleucinas, nomeadamente IL-1, IL-2, IL-5 e IL-8 são essenciais na resposta do pulmão à lesão epitelial. Aponta-se ainda para a participação das prostaglandinas, com a PGE<sub>2</sub>, e os leucotrienos nos mecanismos de sinalização intracelular.

### **5.2.2.3 Proliferação celular**

Em indivíduos saudáveis, poucas células do pulmão parecem morrer e ser substituídas por outras. Quando ocorre alguma lesão no parênquima do pulmão, as primeiras células impactadas são as do tipo I, seguindo-se a proliferação das células do tipo II, que eventualmente se tornam em novas do tipo I. No trato aéreo, são as células da Clara que proliferam e dividem-se em função do dano causad. (11).

Ocorre ainda a migração das células sanguíneas, como os leucócitos, que atravessam os capilares pulmonares até ao lúmen alveolar, podendo desencadear respostas mitóticas. Nesta zona, temos ainda as células endoteliais e intersticiais dos capilares e os macrófagos alveolares que podem também aumentar em número(11).

O aumento excessivo do número fibroblastos marca o desenvolvimento de doenças do pulmão, como é o caso da fibrose, abordada mais à frente.

### **5.2.2.4 Edema pulmonar**

Uma das fases agudas da inflamação é a acumulação extravascular de líquido que, sendo neste caso, no pulmão, toma o nome de edema pulmonar(7). Esta condição pode ser provocada por várias situações, mas o resultado é apenas um: o comprometimento das trocas gasosas(7). Visto que o endotélio capilar é mais permeável à água e solutos que o epitélio alveolar, o fluido do edema acumula-se primeiro no interstício e depois no alvéolos, o que provoca a diminuição da oxigenação (7). Além de comprometer a função e estrutura do pulmão, este processo pode deixar sequelas que permanecem, mesmo depois do edema ter sido resolvido (11).

### **5.2.3 Resposta crónica à lesão do aparelho respiratório**

#### **5.2.3.1 Fibrose**

Em pulmões saudáveis, o colagénio tipo I e tipo III são o maior constituinte do interstício pulmonar e encontram-se aproximadamente na proporção 2:1. O ozono induz um tipo de “fibrose induzida por tóxicos”, alterando o tipo de colagénio produzido (11). Em concreto, nos indivíduos com fibrose pulmonar idiopática, existe um aumento das fibras de colagénio tipo I comparativamente às do tipo III (11). Tendo em conta que estas últimas são fibras mais condscendentes, o aumento nesta proporção faz com que o pulmão se torne mais rígido (11). Pensa-se que os fibroblastos são responsivos a fatores de recrutamento e/ou proliferação, e preferiram sintetizar colagénio tipo I, quando comparados com fibroblastos presentes normalmente(11). Outra das causas possíveis serão alterações na matriz extracelular como resultado dos mediadores inflamatórios libertados por diversas células efetoras(11).

#### **5.2.3.2 Asma**

A asma é definida como uma inflamação crónica das vias respiratórias, onde o músculo liso das mesmas se encontra hiperreativo e em maior contração face a diversos fatores, como o fumo do tabaco, vírus, alergénios e exercício físico, particularmente em ambiente com climas frios e secos(38).

Distingue-se das doenças pulmonares obstrutivas crónicas (DPOC), nomeadamente da Bronquite Crónica e Enfisema Pulmonar, pois o aumento da resistência à passagem de ar, diminui a taxa de fluxo, mas não o bloqueia (38). A DPOC, além de dificultar a ventilação, também altera a oxigenação do sangue (38).

#### **5.2.3.3 Doença Pulmonar Obstrutiva Crónica**

A qualidade do ar é um fator importante no desenvolvimento do DPOC. Cerca de 30% dos casos é devida à poluição do ar interior, 12% à poluição do ar nos locais de trabalho e 9% à poluição ambiental (39).

Na Bronquite Crónica ocorre a produção excessiva de muco pelas células dos brônquios assim como a inflamação das vias respiratórias inferiores/mais pequenas, que provoca a obstrução (38)

Existe também a Bronquite Aguda derivada de infeções virais dos brônquios (38). Nestas situações a tosse e a acumulação de muco, resolvem-se dentre de 2 a 3 semanas (38)

O Enfisema caracteriza-se pela destruição tecidual e colapso do alvéolos pulmonares, com o consequente aprisionamento do ar (11,38).O tabaco é um agente que desencadeia ambas as situações, pelo que surgem com frequência ao mesmo tempo (38).

Em resposta a uma variedade de fatores, os leucócitos libertam enzimas proteolíticas que vão autodestruir os tecidos alveolares que, por sua vez, se fundem para originar alvéolos em número menor, mas de maior tamanho (38). Neste processo, ocorre uma perda dos capilares pulmonares que se encontravam nestas paredes, com uma diminuição da superfície total disponível para as trocas gasosas, o que provoca a hipoxia (38). O desequilíbrio entre a ventilação e perfusão acaba por ser prenunciado, visto que destruição não é uniforme em todas regiões dos pulmões, sendo que algumas zonas conseguem receber mais volume de ar e menos de sangue, e outras o oposto(38).

#### **5.2.3.4 Cancro do pulmão**

Apesar do fumo do tabaco ser o principal fator de risco, existem mais de 20 agentes ambientais e ocupacionais responsáveis pelo desenvolvimento de cancro do pulmão em humanos (39). Cerca de 25% deste tipo de cancro é devido à poluição do ar exterior (39).

A forma como os poluentes atmosféricos (ozono, dióxido de azoto, dióxido de enxofre) e fumos provenientes das centrais energéticas e tubos de escape dos veículos, contribuem para o desenvolvimento do cancro é uma questão em aberto (11). Tal deve-se ao facto que o cancro do pulmão humano apresenta um período de latência de 20 a 40 anos, o que torna difícil o estabelecimento entre a exposição de um ambiente específico a esta condição (11). Muitos dos cancros pulmonares humanos têm origem nas células adjacentes às vias aéreas, designados por carcinomas broncogénicos. Contudo as últimas décadas, tem-se verificado um aumento dos adenocarcinomas periféricos (11).

O estudo de material tumoral e células bronquiais de humanos mantidas em cultura permite analisar potenciais meios de carcinogénese pulmonar, destacando a presença de lesões no DNA como chave para este mecanismo (11).

## 6 Relação entre a pandemia COVID-19 e o Ambiente

Antes da pandemia da COVID-19, diversos estudos epidemiológicos tinham sido desenvolvidos para correlacionar os efeitos da poluição do ar com a infecção por SARS-CoV-2. Tanto a curto como longo prazo, estes demonstram que a média dos valores diários dos poluentes do ar (PM, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>) estavam associados a um aumento dos índices de mortalidade e morbidade devido a infeções respiratórias (40).

Em 2020, o relatório “*COVID-19 Air Quality Report: 2019 coronavirus pandemic lockdowns result in unprecedented reductions in deadly particulate pollution*” publicado pela IQAir aponta para a possibilidade de países como a China, Itália, Nova Zelândia e Estado Unidos, por apresentarem maiores níveis de poluição do ar, tenham sido mais suscetíveis à infecção por COVID-19 (41).

Os efeitos da poluição na saúde podem ser avaliados por estudos experimentais e estudos epidemiológicos (40).

Tendo em conta que maior parte dos dados apresentados provem de estudos epidemiológicos, durante a conferência da Sociedade Portuguesa de Pneumologia “Pulmão e Ambiente 2020”, o professor Jorge Boczkowski destaca que existem algumas limitações em termos de acesso e recolha de dados individuais, inexistência da análise dos fatores de confundimento ou viés.

### 6.1 Impacto do confinamento

O confinamento é descrito como a “experiência em maior escala, de sempre” para a qualidade do ar. (41) Em várias partes do mundo, foi possível observar que a metade da movimentação e industrialização possibilitou um ar mais claro e limpo (41).

Para certificar, foram comparadas as medições de PM<sub>2.5</sub> nas 10 maiores cidades em confinamento, durante 3 semanas entre fevereiro e abril do ano 2020, dependendo dos países, e nas mesmas 3 semanas nos anos de 2016 a 2019, de modo a manter a variação sazonal e climática, entre outras condições, que influenciam os níveis de poluição. (41) Desta forma, foram escolhidas as cidades de acordo com o momento onde foram implementadas mais restrições, ou a coincidência com o “pico” de maior casos diários de COVID-19 reportados (41). Conclui-se assim que (41):

- 9 em 10 cidades apresentaram reduções na PM<sub>2.5</sub> para o mesmo período de tempo em 2019

- Até mesmo, em cidades com os níveis mais elevados de poluição experienciaram descidas substanciais, como: pDelhi - Índia (-60%), Seoul - Coreia do Sul (-54%) e Wuhan - China (-44%)
- O confinamento de 10 semanas em Wuhan fez com que se atingisse o recorde de IQA mais baixo para esta cidade
- Na Europa, destacam-se Londres e Madrid com uma redução de 9 e 11%, respetivamente, na concentração de PM<sub>2.5</sub>, durante o período de tempo compreendido entre os dias 23 de março e 13 de abril de 2020.

Ainda assim, estima-se que Delhi conseguiu evitar 54.000 mortes, ou 1 morte a cada 500 pessoas, devido a poluição atmosférica por PM<sub>2.5</sub>, em 2020 (42).

Em março de 2020, o confinamento imposto devido à pandemia de COVID-19 restringiu as atividades económicas e humanas (31,35). Com o teletrabalho, menos transportes públicos foram utilizados. De forma global, foram observadas melhorias ao nível da qualidade do ar de 67%.

O relatório 2020 World Air Quality, elaborado através da plataforma IQAir, foca a monitorização das PM<sub>2.5</sub>, recolhendo os dados disponibilizados de estações de 106 países (31) Neste documento, foi construído um ranking onde se pode verificar que Portugal está dentro dos objetivos estabelecidos pela OMS para a concentração da média anual das partículas, ocupando a 15ª posição, com 9,1 µg/m<sup>3</sup> (31). Por outro lado, as regiões com maiores níveis de poluição são o Sudeste Asiático, Mediterrâneo Oriental e Pacífico Ocidental (31).

Segundo o relatório “Estatísticas do Ambiente 2019”, do Instituto Nacional de Estatística (INE), o impacto da COVID-19 no ambiente em Portugal, fez com que se registasse, no primeiro semestre de 2020, uma diminuição do número médio de dias em que prevaleceu a categoria “Mau” e Fraco” do IQA. (43) Ao nível da qualidade do ar, é apontado seguidamente uma redução na concentração de NO<sub>2</sub> nas estações urbanas de tráfego, estações urbanas de fundo e, até mesmo, nas zonas rurais onde os níveis costumam ser habitualmente mais baixos (43,44). No caso específico da cidade de Lisboa, a Avenida da Liberdade registou a menor concentração deste poluente, em vinte anos, e na Europa também desceu 40% da sua concentração habitual (44).

Se, por um lado, a pandemia veio demonstrar que precisamos de múltiplas estratégias para combater futuras crises epidemiológicas, também comprovou que conseguimos fazer mais para melhorar a poluição atmosférica (35).

## 6.2 Influência dos poluentes

Alguns estudos sugerem que as populações mais expostas à poluição do ar são mais vulneráveis a infecções, nomeadamente, as que têm efeito no sistema respiratório e cardiovascular (31,35). Segundo o estudo “The Sustainable Development Goals Report 2020”, cerca dos 90% dos casos de COVID-19 decorreram em cidades(13).

A inflamação é um estado patológico associada a um decréscimo na resposta imunológica antimicrobiana, o que compromete a fagocitose pelos macrófagos, facilita a replicação viral nas células epiteliais respiratórias e melhora a adesão e entrada de vírus nas mesmas (40).

Vários estudos apontam que as PM<sub>2.5</sub> aumentam a vulnerabilidade à pandemia por aumentar a incidência de comorbilidades e a fragilidade pulmonar, como também o aumento da suscetibilidade aos vírus e sua transmissão (31,35).

Na conferência “*COVID-19 susceptibility and mortality could also be related with long term air pollution exposure?*” do professor Boczkowski, são resumidas algumas hipóteses que justificam a relação entre os poluentes e a infecção por SARS-CoV-2.

O primeiro mecanismo hipotético indica que a resposta imunológica pode estar alterada por pré-exposição das células epiteliais alveolares às PM<sub>10</sub> que potencia replicação de vírus, como o da Influenza, por aumentar a expressão genética do metabolismo.

A hipótese seguinte refere que a exposição às PM<sub>2.5</sub> facilita a entrada do vírus nas células por aumentar a expressão do recetor da Enzima Conversora da Angiotensina II (ACE-2) nas superfícies das células epiteliais respiratórias (40). Este tipo de recetor encontra-se expresso nos pneumócitos tipo II e células epiteliais ciliadas dos brônquios, que são alvo do Síndrome Respiratório Agudo Grave pelo novo coronavírus, designado por SARS-CoV-2 (45). Contudo, esta expressão não é exclusiva das células do sistema respiratório, podendo também ser encontrada nos tecidos cardíacos, intestinais e renais, e ainda nas células endoteliais arteriais e venosas (45).

Por último, experiências explicam que as PM conseguem aumentar a propagação de SARS-Co-2, visto que foram detetadas sequências do seu mRNA em amostras de ar contendo estas partículas (40). Desta forma, as PM conseguem aumentar a longevidade da carga viral no ar e influenciar a sua infecciosidade (45).

No entanto, mais investigações precisam de ser realizadas para confirmar os dados disponíveis acerca das vias celulares e moleculares que explicam como a poluição do ar provoca o agravamento da infecção pelo novo coronavírus.

Realçar que enquanto os efeitos do coronavírus aparecem em semanas, as consequências da poluição do ar na saúde podem levar anos a manifestarem-se na forma de doenças crónicas (35).

## 7 Estado do Ambiente em Portugal

Quanto à categorização de membro da OMS, Portugal situa-se no grupo dos países desenvolvidos e na sub-região Europa- A, visto que possui baixa mortalidade infantil e adulta (2).

De acordo com a “World’s most polluted countries 2020”, Portugal situa-se na 87ª posição e, comparativamente ao seu país vizinho, Espanha que ocupa a 80ª posição (46). Esta classificação, que resulta da agregação da informação proveniente de mais de 80.000 pontos de dados, indica que a média dos níveis de PM<sub>2.5</sub> em 2018, 2019 e 2020 foi igual a 9.40, 9.30 e 9.10, respetivamente, o que significa que os limites estabelecidos pela OMS foram respeitados e tendo se registado uma diminuição nestes últimos 3 anos (46).

De seguida, na “World’s most polluted cities 2020”, selecionando o continente europeu e o nosso país, é observado uma classificação de 18 cidades, na qual encontramos Lisboa na segunda posição, a seguir ao Seixal (47). Apesar da maioria da média anual e mensal para concentração de PM<sub>2.5</sub> estar abaixo dos objetivos da OMS, existem meses em que podemos observar que este valor nem sempre esteve abaixo de 10µg/m<sup>3</sup> (47). Verifica-se assim que, em Lisboa, nos meses de janeiro e fevereiro de 2020 se destacam na categoria “Moderado”, segundo a classificação da EPA – ver anexo A1. , contudo os respetivos valores de 15.4 e 13.4 corresponde à categoria “Bom” na classificação da APA – ver anexo A2. (47).

O acesso a esta tecnologia, pela consulta do mapa em tempo real ou pelos dados disponibilizados nos separadores mencionados, acaba por ser uma alternativa mais vantajosa para o estudo da evolução da qualidade do ar e possíveis perigos para a saúde, uma vez que no relatório “2020 World Air Quality Report” não são oferecidas noções suficientes para a capital portuguesa. Além da aplicação da IQAir, que permite monitorizar os índices a cada hora e região, receber notificações quando os níveis de poluição do ar estão mais elevados e conselhos para a proteção do utilizador e população em geral, na página web é possível consultar informação atualizada para cada localidade. Ao selecionar Lisboa no ranking anterior, obtém-se um perfil do estado atual da qualidade do ar, sendo que, por exemplo, durante o momento de consulta em 22 de julho de 2021, se situava na categoria “Moderado” (IAQ=52, às 20h) (48). De seguida, consoante a categorização, são apresentadas abaixo recomendações de saúde como “fechar as janelas para evitar o ar sujo exterior” e “grupos sensíveis devem reduzir exercício físico no exterior” e ainda, o histórico para a concentração por hora e dia para PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> e CO, entre outros conteúdos para informação (48). Contudo, após a confirmação no

dia seguinte, o IQA atribuído a Lisboa no dia 22 de julho de 2021, correspondia a 36, equivalente a “Bom”, em contraste com 48 na aplicação.

Na PrevQualar as zonas são marcadas com as respetivas cores associadas às categorias, juntamente com uma tabela relativa ao IQA, o poluente em maior concentração responsável pela atribuição da classificação, assim como a concentração (em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) para  $\text{O}_3$  e  $\text{PM}_{10}$ . Nesta plataforma, é possível aceder à Previsão para o dia “Hoje, Amanhã ou Depois de Amanhã”. Também é permitido, a Observação para o dia de “Ontem”, onde, de modo a comprovar os resultados para o dia anterior para a Área Metropolitana de Lisboa Norte, se mantinha na categorização Bom, devido a concentrações maiores de  $\text{O}_3$  (84 em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) do que  $\text{PM}_{10}$ .

Controlar a poluição do ar e melhorar a sua qualidade dentro dos níveis saudáveis são as principais metas na elaboração e implementação de planos estratégicos para preservar o ambiente (49). No Anexo A4. está disponível um resumo da legislação em vigor para o ambiente (50), decretadas em paralelo com a legislação europeia.

Desta forma, podemos constatar que, entre 2018 e 2019, os valores de partículas inaláveis estiveram sempre muito abaixo dos valores limite, registando, 7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para as  $\text{PM}_{2.5}$  e 16  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para as  $\text{PM}_{10}$  (43).

A lei da restrição do uso do tabaco em espaços fechados teve impacto em Portugal. Esta constitui uma intervenção ambiental efetiva no setor da indústria e comércio, juntamente com o controlo das emissões indústrias e melhoramento dos recursos energéticos (10). Em Hong Kong, a exposição passiva ao tabaco tem um custo estimado de 156 milhões para serviços médicos, cuidados intensivos e perda de produtividade (10). Nos Estados Unidos da América, esta legislação poderia reduzir 49 milhões de dólares em custos médicos (10). Estima-se ainda que a restrição do uso do tabaco nos locais de trabalho consegue ser 9 vezes mais custo-efetiva por cada não-fumador, do que os programas de substituição terapêutica por nicotina (10). Esta proibição em espaços públicos e locais de trabalho contribui assim com uma redução das assistências hospitalar para ataques de asma infantil, risco de episódios agudos coronários, nascimentos prematuros, juntamente com melhorias na saúde cardíaca (10).

## **7.1 Projetos em destaque**

De modo a acompanhar a evolução de outros países, no rumo de melhorar as condições ambientais do planeta, várias regiões do país ingressam em projetos com valores estabelecidos internacionalmente.

A Zero é uma Organização Não Governamental (ONG) que tem como intuito de alcançar a redução (ou até mesmo a inexistência) dos combustíveis fósseis, poluição, desperdício de recurso, desperdício de ecossistemas e da biodiversidade e a desigualdade social e económica (51). Acompanha o desenvolvimento dos mais diversos projetos nacionais dentro das áreas temáticas: Sociedade Sustentáveis e novas formas de economia; Alterações climáticas, energia e mobilidade; Solo e Gestão do Território; Água e Oceanos; Biodiversidade, Agricultura e Florestas (51). No âmbito da poluição do ar, três projetos se destacam: Mobilizar - Rumo à Poluição Zero, Pegada Ecológica dos Municípios Portugueses e a EcoCréditos - sistema de remuneração a atividades económicas realizadas do ponto de vista sustentável.

A Pegada Ecológica dos Municípios Portugueses envolve as regiões de Aveiro, Almada, Barcelos, Bragança, Castelo Branco, Guimarães, Lagoa, Vila Nova de Gaia. No seu site podemos encontrar a Calculadora da Pegada Ecológica (52). Com questões relativas a Alimentação, Habitação, Mobilidade e Consumo, em cada seção é possível adicionar “detalhes para melhorar a precisão” das medidas. De seguida, são apresentados dois tipos de resultados: 1) estimativas do Dia de Sobrecarga da Terra (em que acabariam todos os recursos) e quantos planetas seriam necessários para 2) estimativa das Pegadas Ecológica (hectares globais) e de Carbono (emissões em toneladas por ano). No final são indicadas soluções fornecidas pela Global Footprint Network & Schneider Electric, acerca de Cidades, Energia, População e Alimentação (53).

A adaptação de projetos internacionais para ferramentas que possam vir a ser utilizadas pela população portuguesa é um exemplo de forma positiva de consciencializar e transmitir informação a todos.

Perante a problemática da qualidade do ar, e com o intuito de minimizar o efeito de estufa e a contaminação atmosférica, as Redes Energéticas Nacionais (REN) têm como medidas definidas controlar as purgas de gás natural, instalar painéis solares térmicos em CRMS e formação e certificação dos técnicos que manipulam hexafluoreto de enxofre, representado por SF<sub>6</sub>, que funciona como um isolante elétrico (54,55).

No sentido de reduzir a emissão dos gases com efeito de estufa aquando das deslocações em serviço, esta entidade incentiva o uso do comboio, em vez dos automóveis ligeiros, e primazia a videoconferências (55).

Existe também o Plano Nacional de Ação Ambiente e Saúde, da Direção Geral de Saúde, cujos domínios prioritários abrangem a água, o ar, o solo, químicos, radiações, entre outros, com o

intuito de “*melhorar a eficácia das políticas de prevenção, controlo e redução de risco para a saúde com origem em fatores ambientais*” (56). Algumas das suas ações visam a sensibilização e formação de profissionais e população em geral, assim como a construção de uma rede de comunicação para partilha de conhecimento entre o Ambiente a Saúde (56). A descrição deste plano encontra-se aprovado e descrito pela Resolução do Conselho de Ministros nº 91/2008, de 4 de junho.

## 8 Estratégias para melhorar a qualidade do ar

É certo que as emissões dos poluentes têm vindo a diminuir, mas as concentrações a que estamos expostos continua a constituir um perigo para a saúde (8), mesmo em zonas onde os níveis são mais baixos.

Diminuir os níveis de poluição resulta em benefícios para a saúde da população (29). Algumas pesquisas demonstram que as zonas onde a poluição por PM é mais baixa, a esperança média de vida é maior (36). Uma diminuição média anual dos níveis de PM<sub>2.5</sub> para 10µg/m<sup>3</sup> pode acrescentar mais 6 meses de vida à esperança média de vida, aos 30 anos, em metade das cidades europeias (57). Exceder os níveis das orientações da OMS conduz a uma mortalidade perto das 19 000 mortes anuais, com um custo associado a 30 biliões de euros anuais (57). Vários estudos comprovam que a redução da concentração destas partículas pode também contribuir para diminuir a prevalência de sintomas respiratórios, como tosse e falta de ar, bronquite, gripe e conjuntivite (29).

As zonas urbanas, concentram as principais atividades que libertam os poluentes, como o tráfego automóvel, indústrias, entre outras...(33). Visto que cerca de 55% da população mundial vive em zonas urbanas, e que, segundo a OMS, esta proporção tende a aumentar para cerca de 68% em 2050, as cidades representam “epicentros de doenças não transmissíveis” (58) e impulsionadores das alterações climáticas (33,58).

A OMS refere igualmente que mais que 80% da população que vive em áreas urbanas está exposta a níveis de qualidade do ar que excedem os limites estabelecidos (59). No entanto, apesar de todas as regiões do mundo serem afetadas, o impacto é maior nos habitantes de cidades menos desenvolvidas (59). Nomeadamente, 98% de cidades de baixo e médio desenvolvimento com mais de 100 000 habitantes não estão conforme os níveis das orientações; mas essa percentagem desce para 56% relativamente às cidades de alto desenvolvimento (59).

Desta forma, o futuro depende do modo de atuação das zonas mais desenvolvidas, para criar oportunidades para um ambiente mais limpo e uma melhor qualidade de vida (33,58) e apoiar as regiões menos desenvolvidas a para ultrapassar os desafios atmosféricos.

Não só é necessário a criação e adoção de mais medidas, como assegurar que estas são benéficas para todos, “não só para os ricos ou pobres” (9).

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável são um conjunto de 17 metas globais, num total de 169 metas, aprovados por 193 Estados Membros presentes na Assembleia Geral da

Organização das Nações Unidas (ONU), conhecidas também como Agenda 2030 (60). Em vigor desde 1 de janeiro de 2016, abrange diversos setores (sócio, económico e social) (60).

Neste rumo, é fundamental combater as DNT's através da redução dos perigos ambientais e ocupacionais (39). Como se pode verificar na Figura 3. , são os objetivos 3, 7, 9, 11 e 12 relacionados com o tema desta monografia. Dentro destes ODS's encontram-se diversas metas para a concretização do plano de ação até o ano de 2030, que se encontram mais detalhadas no Anexo A4.



**Figura 3. Representação dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**  
(Fonte da imagem: <https://bcsdportugal.org/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel/>)

Dos objetivos mencionados, destaca-se a importância dos indicadores: 3.9.1 – “Redução do número de mortes e doenças com a poluição do ar até 2030” e 7.1.2 – “Proporção de população com fontes fiáveis de energias e tecnologias limpas” (61).

## 8.1 Medidas de Redução das emissões

As medidas para melhoria da qualidade do ar, dependem também do estudo das alterações climáticas e das fontes energéticas mais sustentáveis, que visam melhorar a pegada ecológica e o impacto das ações humanas no ambiente que, por sua vez, refletem a emissão dos gases poluentes para a atmosfera.

Podem ser definidas medidas regulamentares, para estabelecer parâmetros estritos acerca da qualidade do ar e limitar as emissões gases poluentes das diversas fontes; mudanças estruturais, como reduzir o consumo de energia, sobretudo aquele que provêm da queima de combustíveis,

mudar o uso de transportes públicos e ordenamento do território; mas também, intervenções comportamentais individuais, como escolher meios de transportes e fontes de energia mais sustentáveis (29).

No Anexo A6. verifica-se um resumo destas medidas ambientais e a atribuição do respetivo grau de benefícios para saúde, relacionados com a exposição às PM<sub>2.5</sub>. (62), adaptado do relatório “*Air Pollution Interventions*”, da Global Alliance for Health Pollution (GAHP).

A implementação destas medidas pode trazer várias vantagens, pois, por exemplo, ao incentivar andar a pé e/ou de bicicleta, não só permite um ar mais limpo, como também a realização de atividade física, benéfica para a saúde de todos (29).

Contudo, apenas metade da população que vive em cidades tem acesso facilitado a transportes públicos (a 500-1000 metros de distância) (13). De igual modo, o acesso a locais públicos ao ar livre contribui para aumentar a produtividade e saúde. Neste caso, verifica-se que na Europa e América do Norte estão em segundo lugar (57,6%) relativamente à proporção de pessoas que tem acesso um espaço aberto, num raio de 400 metros a pé, a seguir à Austrália e Nova Zelândia. (78,0%) (13).

A redução do tarifário dos passes mensais em Portugal, possibilitou um aumento de 18% dos utilizadores e a circulação de quase 3 milhões de pessoas numa área mais alargada (44).

Dado que em Portugal, o setor dos transportes representa cerca de 25% das emissões dos gases com efeitos de estufa, outra influência positiva é a utilização de bicicletas. Em média, 7,5% da população da União Europeia se desloca neste meio, mas em Portugal apenas 0,5%.

Desta forma, a redução dos poluentes do ar exterior, requer uma ação concertada entre autoridades, indústrias e indivíduos, quer a nível nacional, regional, e ainda internacional (29).

## **8.2 Medidas de Proteção Individual**

Segundo a APA, o conhecimento da qualidade do ar pelas pessoas pode induzir a comportamentos que protejam o ar e minimizem a sua exposição à poluição, sobretudo quando os níveis se desviem do aceitável (27).

Através do artigo “*Personal strategies to minimize effects of air pollution on respiratory health: advice for providers, patient and the public*”, da *European Respiratory Society (ERS)* foram recolhidas, através de revisão sistemática evidências das intervenções para proteção individual, que se encontram disponíveis no Anexo A6.

### 8.2.1 Máscaras

Além de proteger contra vírus, bactérias e alergénios, as máscaras são muito eficazes na redução da exposição à poluição ambiental (15).

As máscaras FFP, designação adotada pela comunidade europeia, é eficaz para a maioria das  $PM_{2.5}$  e  $PM_{10}$ , sendo que quando maior for o número de classificação maior a capacidade de proteção (15). As máscaras descartáveis ou cirúrgicas são mais acessíveis e conseguem bloquear a passagem de partículas inaláveis, contudo, a uma eficiência inferior às máscaras com respiradores (15). Segundo as informações recolhidas pela IQAir, as diferentes capacidades de filtração e proteção dos principais tipos de máscaras disponíveis ao público, encontra-se resumido na Tabela 7.

**Tabela 7. Capacidade de filtração e proteção dos diferentes tipos de máscaras, contra as partículas inaláveis.**

|                            | Máscaras domésticas | Máscaras cirúrgicas | FFP1       | FFP2       | FFP3       |
|----------------------------|---------------------|---------------------|------------|------------|------------|
|                            |                     |                     | N90 / KN90 | N95 / KN95 | N99 / KN99 |
| Filtração de partículas    |                     | 60-80%              | 90%        | 95%        | 99%        |
| Proteção contra $PM_{10}$  | Sim                 |                     |            |            |            |
| Proteção contra $PM_{2.5}$ | Não                 |                     | Sim        |            |            |

## 9 Papel dos Farmacêuticos na Qualidade do Ar

Em março de 2016, num workshop do comité do Ambiente e Saúde da ERS foram levantadas algumas preocupações acerca dos riscos da poluição do ar na saúde de pessoas que vivem com doenças respiratórias e população em geral (63). O jornal *Breathe*, da ERS publicou assim o resumo dos pontos destacados sobre a comunicação dos efeitos da poluição ambiental na saúde, que podem ser úteis na ação dos profissionais de saúde nesta temática (63). Alguns destes pontos encontram-se esquematizado na Figura 4.



**Figura 4. Abordagem sobre os efeitos da poluição do ar na saúde - adaptado de (63)**

A ERS, juntamente com a European Lung Foundation (ELF), publica também alguns conselhos acerca do Exercício Físico e a Qualidade do Ar (64), nomeadamente:

1. Verificar o IAQ, a previsão do clima e o boletim polínico, do próprio dia
2. Escolher trajetos saudáveis, usar parques e espaços públicos onde as emissões são mais baixas;
3. Evitar estradas sobrelotadas e horas de maior movimentação
4. Se possível, movimentar à volta dos veículos, e não atrás dos tubos de escape

Deve ser transmitido também que as modificações ao nível do ambiente podem trazer inúmeras vantagens como, além de prevenir doenças, eliminar gastos em cuidados médicos, que por sua vez acabam por se tornar em intervenções mais sustentáveis e alcançar benefícios a longo termo, comparativamente a tratamentos de saúde, e, por fim, estas modificações são uma opção equitativa entre largos grupos e populações (2).

## 10 Conclusões

A qualidade do ar é um determinante relevante para a saúde de todos. O conhecimento dos níveis e a variação da composição do ar local pode ajudar na gestão da vida quotidiana, não só no sentido de impedir exacerbações de crises de asma e o agravamento de afeções cardiovasculares em doentes crónicos, mas também com o intuito de prevenir o desenvolvimento de condições de inflamação e lesão do funcionamento do organismo devido a gases e poeiras inalados em pessoas sem quaisquer patologias associadas.

Apesar dos mecanismos de ação das PM<sub>2.5</sub> e da SARS-CoV-2 continuarem em estudo, o controlo da exposição a poluentes pode prevenir o aparecimento de infeções, ao diminuir os fatores de risco, como o stress oxidativo que se encontra descrito para este tipo de partículas, e preservar a resposta respiratória e cardiovascular. O confinamento devido à pandemia, veio demonstrar que é possível reduzir os níveis de poluentes, através da redução do consumo de combustíveis fósseis.

É certo que o nosso país se encontra dentro dos limites recomendados, no entanto, ainda muito pode ser feito para a redução dos impactos da atmosfera no organismo.

Podem ser adotadas medidas de redução das emissões dos gases poluentes e medidas de proteção individual que se traduzem em resultados positivos, tanto individuais como coletivos.

Enquanto farmacêuticos, podemos participar nesta temática enquanto promotores da saúde, consciencializando para os perigos da exposição à poluição.

Esta temática pode ainda ser aprofundada na vertente da qualidade do ar interior, investigando os perigos dos poluentes domésticos e, em particular os efeitos neonatais.

## Referências Bibliográficas

1. World Health Organization (WHO). Determinants of Health [Internet]. 2017 [cited 2020 Oct 26]. p. 1–3. Available from: <https://www.who.int/news-room/q-a-detail/determinants-of-health>
2. Prüss-Üstün A; Corvalán C. Preventing disease through healthy environments. Towards an estimate of the environmental burden of disease. [Internet]. World Health Organization. 2006. Available from: [http://www.who.int/quantifying\\_ehimpacts/publications/prevdiseexecsum.pdf](http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/prevdiseexecsum.pdf)
3. Neira M, Prüss-Ustün A. Preventing disease through healthy environments: A global assessment of the environmental burden of disease from environmental risks. Vol. 259, World Health Organization. 2016. p. S1.
4. World Health Organization (WHO). Non Communicable Diseases and Air Pollution. 2019.
5. Ventilator Management [Internet]. Medscape. 2020 [cited 2021 Aug 29]. p. 1–17. Available from: <https://emedicine.medscape.com/article/810126-overview#a6>
6. Russo MA, Santarelli DM, O'Rourke D. The physiological effects of slow breathing in the healthy human. *Breathe* [Internet]. 2017;13(4):298–309. Available from: <https://breathe.ersjournals.com/content/breathe/13/4/298.full.pdf>
7. Snyder KJ, Anderson RH. Medical Physiology - A Systems Approach. Vol. 31, Journal of Teacher Education. 1980. 11–15 p.
8. Agência Portuguesa do Ambiente. Qualidade do ar [Internet]. 2021 [cited 2021 Jun 4]. p. 4–6. Available from: <https://apambiente.pt/ar-e-ruído/qualidade-do-ar>
9. Neira M. Environments should improve not harm our health [Internet]. World Health Organization. 2016 [cited 2020 Oct 26]. p. 2–5. Available from: <https://apps.who.int/mediacentre/commentaries/environments-should-improve-our-health/en/index.html>
10. World Health Organization. The Public Health Impact of Chemicals: Knowns and Unknowns [Internet]. 2016. Available from: [http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/206553/WHO\\_FWC\\_PHE\\_EPE\\_16.01\\_eng.pdf?sequence=1](http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/206553/WHO_FWC_PHE_EPE_16.01_eng.pdf?sequence=1)

11. Casarett, Louis J; Doull, John; Klaassen CD. Casarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons. 6th ed. New York : McGraw-Hill, Medical Publishing Division; 2001. 1–1229 p.
12. Rufo JC. Influência da Qualidade do Ar e do ambiente urbano na incidência de asma e alergias nas crianças. In: Pulmão e Ambiente 2020 [Internet]. Sociedade Portuguesa de Pneumologia; 2020. Available from: <https://pneumologia-elearnings.pt/curso-de-e-learning/reuniao-o-pulmao-e-o-ambiente/modulos/direto-2/>
13. Organização das Nações Unidas. The Sustainable Development Goals Report 2020. United Nations Publications. 2020.
14. World Health Organization (WHO). Ambient Air Pollution Database [Internet]. World Health Data Platform /The Global Health Observatory. 2014 [cited 2021 May 8]. Available from: <https://www.who.int/data/gho/data/themes/air-pollution/ambient-air-pollution>
15. IQAir. Air quality in the world [Internet]. 2021 [cited 2021 Jul 23]. Available from: <https://www.iqair.com/world-air-quality>
16. Tavares A. Proteger a saúde das alterações climáticas na Região de Lisboa e Vale do Tejo. Rev Port Saúde Pública. 2009;107–16.
17. Instituto Superior Técnico CM de L. a.tu.ar Por uma melhor Qualidade de Ar. Poluentes, impactes e ações. 30 questões que nos vão ajudar a alterar os nossos hábitos. 2020. 38 p.
18. Instituto Nacional de Estatística. Síntese INE \_ COVID-19 \_ 14/abril/2021. 2021;1–8.
19. Instituto Nacional de Estatística. Causas de morte 2018. Vol. 2018. 2018. p. 1–10.
20. Instituto Nacional de Estatística. Causas de morte 2019 (Dados Provisórios). Instituto Nacional de Estatística. 2020. p. 1–10.
21. U.S. EPA - Environmental Protection Agency. Air Quality Index (AQI) - A Guide to Air Quality and Your Health. 2014. p. 1–12.
22. Goldman RH. Overview of occupational and environmental health. Uptodate. 2020. p. 1–22.
23. U.S. EPA - Environmental Protection Agency. Air Quality Index (AQI) Basics [Internet]. AirNow. 2021 [cited 2021 Jun 6]. p. 1–2. Available from: <https://www.airnow.gov/aqi/aqi-basics/>

24. QualAr | Informação sobre a qualidade do ar. Qualidade do ar: Índice QualAr [Internet]. 2019 [cited 2021 Jun 4]. Available from: <https://qualar.apambiente.pt/node/metodo-calculo-indices>
25. QualAr | Informação sobre a qualidade do ar. Avisos - Índice QualAr. 2019.
26. Direção-Geral da Saúde. Qualidade do ar ambiente - Recomendações de saúde [Internet]. 2016 [cited 2021 Apr 14]. Available from: <https://www.dgs.pt/paginas-de-sistema/saude-de-a-a-z/qualidade-do-ar-ambiente/recomendacoes-de-saude.aspx>
27. Agência Portuguesa do Ambiente. Acesso da população à informação [Internet]. 2021 [cited 2021 Jun 5]. p. 4–7. Available from: <https://apambiente.pt/ar-e-ruído/acesso-da-populacao-informacao>
28. Direção-Geral da Saúde. Qualidade do ar ambiente - Efeitos dos poluentes na saúde [Internet]. 2019 [cited 2021 Apr 14]. p. 2–3. Available from: <https://www.dgs.pt/paginas-de-sistema/saude-de-a-a-z/qualidade-do-ar-ambiente/efeitos-dos-poluente-na-saude.aspx>
29. World Health Organization. Health effects of Particulate Matter. Policy implications for countries in eastern Europe, Caucasus and central Asia. 2013.
30. World Health Organization. Ambient (outdoor) air pollution [Internet]. 2019 [cited 2021 Apr 14]. p. 1–13. Available from: [https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1)
31. IQAir. 2020 World Air Quality Report. 2020.
32. U.S. EPA - Environmental Protection Agency. Particulate Matter (PM) Basics [Internet]. [cited 2021 Nov 6]. Available from: <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>
33. Direção Geral da Saúde. Alterações climáticas - que desafios para a saúde? Lisboa; 2011. p. 15.
34. World Health Organization. Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project. Technical Report. 2013.
35. Health Effects Institute. State of Global Air 2020 - A special report on global exposure to air pollution and its health impacts. Boston; 2020.
36. American Public Health Association; The National Environmental Health Partnership

- Council. Environmental Health Playbook: Investing in a Robust Environmental Health System. 2017.
37. U.S. EPA - Environmental Protection Agency. Air Quality for Nitrogen Dioxide [Internet]. 2011 [cited 2021 Jun 13]. Available from: <https://www3.epa.gov/airnow/no2.pdf>
  38. Widmaier, Eric P.; Hershel, Raff; Strang KT. Vander's Human Physiology. 2016.
  39. World Health Organization. Preventing noncommunicable diseases (NCDs) by reducing environmental risk factors. World Health Organization. 2017.
  40. Boczkowski J. COVID-19 susceptibility and mortality could also be related with long term air pollution exposure? In: Pulmão e Ambiente 2020 [Internet]. Sociedade Portuguesa de Pneumologia; 2020. Available from: <https://pneumologia-elearnings.pt/curso-de-e-learning/reuniao-o-pulmao-e-o-ambiente/modulos/direto-2/>
  41. IQAir. COVID-19 Air Quality Report [Internet]. 2020. Available from: [https://www2.iqair.com/sites/default/files/documents/REPORT-COVID-19-Impact-on-Air-Quality-in-10-Major-Cities\\_V6.pdf?](https://www2.iqair.com/sites/default/files/documents/REPORT-COVID-19-Impact-on-Air-Quality-in-10-Major-Cities_V6.pdf?)
  42. IQAir. IQAir and Greenpeace report 2020 air pollution deaths [Internet]. 2021 [cited 2021 Jul 23]. p. 1–7. Available from: <https://www.iqair.com/blog/press-releases/iqair-greenpeace-2020-air-pollution-deaths>
  43. Instituto Nacional de Estatística. Estatísticas do Ambiente 2019. 2020.
  44. Raposo F, Ferreira F. Mobilidade: depois da Pandemia, a quem pertence a Cidade? [Internet]. SmartCities. 2020 [cited 2021 Jul 19]. p. 1–10. Available from: <https://smart-cities.pt/mobilidade/mobilidade-0409pospandemia/>
  45. Hamming I, Timens W, Bulthuis M, Lely A, Navis G, van Goor H. Tissue distribution of ACE2 protein, the functional receptor for SARS coronavirus. A first step in understanding SARS pathogenesis. J Pathol [Internet]. 2004 Jun;203(2):631–7. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7167720/pdf/PATH-203-631.pdf>
  46. IQAir. World's most polluted countries 2020 (PM2.5) [Internet]. 2021 [cited 2021 Jul 22]. Available from: <https://www.iqair.com/world-most-polluted-countries>
  47. IQAir. World's most polluted cities 2020 (PM2.5) [Internet]. 2021 [cited 2021 Jul 22].

- Available from: <https://www.iqair.com/world-most-polluted-cities?continent=59af92ac3e70001c1bd78e52&country=hgid9RHtNciXn8spP&state=&page=1&perPage=50&cities=>
48. IQAir. Air quality in Lisbon [Internet]. 2021 [cited 2021 Jul 22]. Available from: <https://www.iqair.com/portugal/lisbon>
  49. Agência Portuguesa do Ambiente. Ar ruído [Internet]. [cited 2021 Jun 4]. Available from: <https://apambiente.pt/ar-e-ruído>
  50. Agência Portuguesa do Ambiente. Relatório do Estado do Ambiente 2019 Portugal. 2019.
  51. ZERO. O nosso ADN [Internet]. ZERO - Associação Sistema Terrestre Sustentável. [cited 2021 Jun 6]. Available from: <https://zero.org/quem-somos/o-nosso-adn/>
  52. ZERO. Pegada Ecológica para os Municípios Portugueses [Internet]. [cited 2021 Jul 20]. Available from: <https://zero.org/projetos/pegada-ecologica-para-os-municipios/>
  53. ZERO. Calculadora Pegada Ecológica dos Municípios Portugueses [Internet]. [cited 2021 Jul 20]. Available from: <https://www.footprintcalculator.org/pt/17>
  54. REN - Redes Energéticas Nacionais. Medidas de minimização [Internet]. [cited 2021 Jul 19]. p. 1–2. Available from: [https://www.ren.pt/pt-PT/sustentabilidade/protecao\\_ambiental/politica\\_ambiental/avaliacao\\_ambiental\\_/medidas\\_minimizacao/](https://www.ren.pt/pt-PT/sustentabilidade/protecao_ambiental/politica_ambiental/avaliacao_ambiental_/medidas_minimizacao/)
  55. REN - Redes Energéticas Nacionais. Redução das emissões [Internet]. Available from: [https://www.ren.pt/pt-PT/sustentabilidade/protecao\\_ambiental/prevencao\\_das\\_alteracoes\\_climaticas/reducao\\_das\\_emissoes/](https://www.ren.pt/pt-PT/sustentabilidade/protecao_ambiental/prevencao_das_alteracoes_climaticas/reducao_das_emissoes/)
  56. Direção-Geral da Saúde. Plano Nacional de Acção Ambiente e Saúde [Internet]. 2008 [cited 2021 Apr 15]. Available from: <https://www.dgs.pt/paginas-de-sistema/saude-de-a-a-z/plano-nacional-de-acao-ambiente-e-saude.aspx>
  57. WHO Regional Office for Europe. Health Risk Assessment of air pollution [Internet]. World Health Organization. 2016. Available from: <https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/activities/airq-software-tool-for-health-risk-assessment-of-air-pollution%0Ahttp://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/activities/airq-software-t>

58. Organization WH. Urban Health [Internet]. 2019 [cited 2021 Jun 4]. p. 1–14. Available from: <https://www.who.int/health-topics/urban-health>
59. World Health Organization. Public health, environmental and social determinants of health (PHE) - WHO Global Urban Ambient Air Pollution Database (update 2016 ) [Internet]. 2016 [cited 2021 Jun 4]. p. 1–2. Available from: [http://www.who.int/phe/health\\_topics/outdoorair/databases/cities/en/](http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/cities/en/)
60. Organização das Nações Unidas. Guia sobre Desenvolvimento Sustentável: 17 objetivos para transformar o nosso mundo. Cent Informação Reg das Nações Unidas para a Eur Ocident. 2018;1–38.
61. World Health Organization (WHO). 9 Out of 10 People Worldwide Breathe Polluted Air, But More Countries Are Taking Action [Internet]. 2018 [cited 2021 Jun 4]. Available from: <https://www.who.int/news/item/02-05-2018-9-out-of-10-people-worldwide-breathe-polluted-air-but-more-countries-are-taking-action>
62. GAHP - Global Alliance on Health and Air Pollution. Air Pollution Interventions: Seeking the intersection between climate & health. 2020.
63. Powell P, Brunekreef B, Grigg J. How do you explain the risk of air pollution to your patients? *Breathe*. 2016 Sep;12(3):201–3.
64. Exercise and air quality: 10 top tips. *Breathe*. 2015;11(3):239–42.
65. Agência Portuguesa do Ambiente. Legislação - Objetivos de redução de emissões [Internet]. [cited 2021 Jul 20]. p. 1–3. Available from: <https://apambiente.pt/ar-e-ruído/objetivos-de-reducao-de-emissoes>
66. Direção-Geral da Saúde. Qualidade do ar ambiente » Legislação aplicável. p. 3–4.
67. Parlamento Europeu. Legislação na área do Ambiente. p. 1–15.
68. Carlsten C, Salvi S, Wong GWK, Chung KF. Personal strategies to minimise effects of air pollution on respiratory health: Advice for providers, patients and the public. *Eur Respir J* [Internet]. 2020;55(6). Available from: <http://dx.doi.org/10.1183/13993003.02056-2019>

## Anexos

### A1. Classificação do Índice da Qualidade do Ar, consoante o intervalo de valores e respetiva descrição, segundo a AirNow da U.S. EPA.

| Valor IQA | Categoria                              | Descrição  |
|-----------|--|--|
| 0 - 50    | Bom                                    | Qualidade do ar satisfatória, e baixo risco de poluição do ar  |
| 51-100    | Moderado                               | Qualidade do ar aceitável. Pode, contudo, existir algum risco para grupos mais vulneráveis à poluição do ar.   |
| 101-150   | Pouco saudável para grupos vulneráveis | Grupos mais vulneráveis podem experienciar alguns efeitos na saúde. O público em geral tem menos probabilidade de ser afetado                            |
| 151-200   | Pouco saudável                         | Grupos mais vulneráveis experienciar alguns efeitos mais graves na saúde, e algumas pessoas do público em geral podem experienciar efeitos na sua saúde, |
| 201-300   | Muito pouco saudável                   | O risco de efeitos na saúde é aumentado para toda a população  |
| >301      | Perigoso                               | É provável que toda a população seja afetada   |

Adaptado de (21,23)

**A2. Classificação do Índice da Qualidade do Ar, conforme a concentração (expressa em  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dos gases, estabelecido pela APA.**

| <b>Classificação<br/>IAQ</b> | <b>PM<sub>2.5</sub></b> | <b>PM<sub>10</sub></b> | <b>NO<sub>2</sub></b> | <b>O<sub>3</sub></b> | <b>SO<sub>2</sub></b> | <b>Recomendações</b>   |
|------------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|--|
| Muito bom                    | 0                       | 0                      | 0                     | 0                    | 0                     |  |
|                              | 10                      | 20                     | 40                    | 80                   | 100                   |  |
| Bom                          | 11                      | 21                     | 41                    | 81                   | 101                   |  |
|                              | 20                      | 35                     | 100                   | 100                  | 200                   |  |
| Médio                        | 21                      | 36                     | 101                   | 10                   | 201                   | Grupos mais vulneráveis: limitar atividade ao ar livre.  |
|                              | 25                      | 50                     | 200                   | 18                   | 350                   |  |
| Fraco                        | 26                      | 51                     | 201                   | 18                   | 351                   | Grupos mais vulneráveis: evitar atividade ao ar livre.<br><br>Geral: evitar exposição ao fumo do tabaco e outros produtos irritantes, que contenham solventes.             |
|                              | 50                      | 100                    | 400                   | 24                   | 500                   |  |
| Muito Fraco                  | 51                      | 101                    | 401                   | 24                   | 501                   | Grupos mais vulneráveis: permanecer em casa com as janelas fechadas e utiliza sistemas apropriados de circulação do ar.<br><br>Geral: evitar esforços físicos ao ar livre. |
|                              | 800                     | 1200                   | 1000                  | 60                   | 1250                  |  |

Adaptado de (24–26)

**A3. Concentração média de PM<sub>2.5</sub>, nos países com valores inferiores a 10  $\mu\text{m}/\text{m}^3$**

|     | Países                    | Valor médio da [PM <sub>2.5</sub> ] |
|-----|---------------------------|-------------------------------------|
| 1.  | Nova Zelândia             | 5.73                                |
| 2.  | Brunei Darussalam         | 5.78                                |
| 3.  | Finlândia                 | 5.88                                |
| 4.  | Suécia                    | 5.89                                |
| 5.  | Islândia                  | 5.94                                |
| 6.  | Canada                    | 6.48                                |
| 7.  | Estónia                   | 6.74                                |
| 8.  | Noruega                   | 7.02                                |
| 9.  | Austrália                 | 7.19                                |
| 10. | Estados Unidos da América | 7.4                                 |
| 11. | Maldivas                  | 7.63                                |
| 12. | Portugal                  | 7.87                                |
| 13. | Irlanda                   | 8.26                                |
| 14. | Uruguai                   | 8.63                                |
| 15. | Ilhas Marshall            | 9.43                                |
| 16. | Espanha                   | 9.48                                |
| 17. | Andorra                   | 9.95                                |

**Adaptado de (14)**

**A4. Legislação nacional em vigor, sobre a matéria qualidade do ar, poluição ambiental e emissão de gases poluentes.**

| Legislação Nacional                        | Sumário (proveniente do Diário da República Eletrónico)   |
|--|---|
| Decreto do Governo n.º 5/88, de 9 de abril | Aprova, para adesão, o Protocolo à Convenção de 1979 sobre Poluição Atmosférica Transfronteiras a Longa Distância Relativo ao Financiamento a Longo Prazo do Programa Comum de Vigilância Contínua e de Avaliação do Transporte a Longa Distância dos Poluentes Atmosféricos na Europa (EMEP)   |
| Decreto n.º 20/2004, de 20 de Agosto       | Aprova o Protocolo à Convenção de 1979 sobre a Poluição Atmosférica Transfronteiriça a Longa Distância Relativo à Redução da Acidificação, Eutrofização e Ozono Troposférico, assinado em Gotemburgo em 1 de Dezembro de 1999.  |
| Decreto-Lei n.º 102/2010                   | Estabelece o regime da avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente, transpondo a Diretiva n.º 2008/50/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de Maio, e a Diretiva n.º 2004/107/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 15 de Dezembro   |
| Decreto-Lei n.º 127/2013, de 30 de agosto  | Estabelece o regime de emissões industriais aplicável à prevenção e ao controlo integrados da poluição, bem como as regras destinadas a evitar e ou reduzir as emissões para o ar, a água e o solo e a produção de resíduos, transpondo a Diretiva n.º 2010/75/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 24 de novembro de 2010, relativa às emissões industriais (prevenção e controlo integrados da poluição) |
| Diretiva 2016/2284, de 14 de dezembro      | Relativa à redução das emissões nacionais de certos poluentes atmosféricos, que altera a Diretiva 2003/35/CE e revoga a Diretiva 2001/81/CE, estabelece os compromissos de redução das emissões atmosféricas antropogénicas dos Estados-Membros e exige a elaboração, adoção e execução de programas nacionais de controlo da poluição atmosférica, bem como a monitorização e a comunicação das emissões.        |

|  |   |
|--|---|
| <p>Decreto n.º<br/>13/2017, 12 de<br/>abril</p>          | <p>Aprova o Protocolo à Convenção de 1979 sobre a Poluição Atmosférica Transfronteiras a Longa Distância, relativo aos Metais Pesados, assinado em Arhus, Dinamarca, em 24 de junho de 1998. Este Protocolo tem por objetivo reduzir e controlar as emissões antropogénicas de chumbo (Pb), cádmio (Cd) e mercúrio (Hg) para a atmosfera, enquanto metais pesados nocivos sujeitos a transporte atmosférico transfronteiras a longa distância, com vista a proteger melhor a saúde humana e o ambiente.</p>   |
| <p>Decreto Lei<br/>nº47/2017</p>                         | <p>Altera o regime de avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente, transpondo a Diretiva (UE) 2015/1480</p>  |
| <p>Decreto n.º<br/>19/2018 de 29<br/>de junho</p>        | <p>Aprova a alteração do texto e dos anexos II a IX e o aditamento dos anexos X e XI ao Protocolo à Convenção de 1979 sobre a Poluição Atmosférica Transfronteiriça a Longa Distância relativo à Redução da Acidificação, da Eutrofização e do Ozono Troposférico, adotados em Genebra, em 4 de maio de 2012. Estas alterações estabelecem novos compromissos de redução de emissões atmosféricas, para 2020 e anos subsequentes, dos quatro poluentes do Protocolo (enxofre, óxidos de azoto, compostos orgânicos voláteis e amoníaco) e, pela primeira vez, das partículas finas (PM<sub>2.5</sub>). Introduzem ainda a definição de carbono negro como constituinte das partículas em suspensão e atualizam os anexos técnicos relativos aos valores limite de emissão dos poluentes atmosféricos provenientes de fontes estacionárias e móveis.</p> |
| <p>Decreto-Lei n.º<br/>84/2018, de 23<br/>de outubro</p> | <p>Fixa os compromissos nacionais de redução das emissões de certos poluentes atmosféricos, transpondo a Diretiva (UE) 2016/2284</p>  |

Adaptado de (65–67)

**A5. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, e respectivas metas para 2030, relacionados com o tema da monografia**

|  |  |
|--|--|
| <p>3   Saúde de Qualidade</p> <p>Garantir o acesso à saúde de qualidade e promover o bem-estar para todos, em todas as idades</p>  | <p>Até 2030, reduzir um terço das mortes prematuras devido a DNT's, através da prevenção, tratamento, promoção da saúde mental e bem-estar</p> <p>Até 2030, reduzir substancialmente o número de mortes e doenças devido a químicos perigosos, contaminação e poluição do ar, água e solo</p> <p>Reforçar a capacidade de todos os países, particularmente os países em desenvolvimento para o alerta precoce, redução de riscos e gestão de risco nacionais e globais de saúde.</p> |
| <p>7   Energias Renováveis e Acessíveis</p> <p>Garantir o acesso a fontes de energias fiáveis, sustentáveis e modernas para todos</p>                                    | <p>Até 2030, duplicar a taxa global de melhoria de eficiência energética</p> <p>Até 2030, aumentar substancialmente a participação de energias renováveis na matriz energética global</p>  |
| <p>9   Indústria, Inovação e Infraestruturas</p> <p>Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação</p> | <p>Até 2030, modernizar as infraestruturas e indústrias para torná-las sustentáveis e com maior eficiência no uso de recursos, maior adoção de processos e tecnologias limpas ambientalmente, em conformidade com todos os países e com as respectivas capacidades.</p> <p>Fortalecer a investigação científica, melhorar as capacidade tecnológicas de setores indústrias em todos os países, particularmente os países em</p>  |

|   |   |
|---|---|
|   | <p>desenvolvimento, inclusive até 2030, incentivar a inovação e aumentar substancialmente o número de trabalhadores na área da investigação e desenvolvimento por milhão de pessoas, e a despesa pública e privada em investigação e desenvolvimento</p>  |
| <p>11   Cidades e Comunidade Sustentáveis</p> <p>Tonar as cidades e comunidades inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis</p> | <p>Até 2030, reduzir o impacto ambiental negativo per capita nas cidades, atendendo à qualidade do ar e à gestão dos resíduos municipais e outros.</p> <p>Até 2030, proporcionar o acesso universal a espaços públicos seguros, inclusivos, acessíveis e verdes, particularmente para as mulheres e crianças, pessoas idosas e pessoas com deficiência.</p>   |
| <p>12   Produção e Consumo Sustentáveis</p> <p>Garantir padrões de consumo e de produção sustentáveis</p>                           | <p>Até 2020, alcançar a gestão ambientalmente saudável dos produtos químicos e de todos os resíduos, ao longo de todo o ciclo de vida destes, de acordo com os marcos internacionais acordados; e reduzir significativamente a libertação destes para o ar, água e solo, minimizar os seus impactos negativos sobre a saúde humana e o meio ambiente.</p> <p>Até 2030, garantir que as pessoas, em todos os lugares, tenham informação relevante e consciencialização para o desenvolvimento sustentável e estilos de vida em harmonia com a natureza</p> |

**Adaptado de (39,60)**

## A6. Intervenções com impacto nas cidades e os seus efeitos na Saúde

| Intervenções com impacto na cidades |  | Efeitos na Saúde |
|-------------------------------------|--|------------------|
| Centrais termoeletricas (a carvão)  | Substituição por Gás Natural                           | Médio            |
|                                     | Substituição por Fontes Renováveis                     | Alto             |
|                                     | Padrões obrigatórios                                   | Médio/Alto       |
| Setor Industrial                    | Atualização dos fornos de tijolo                       | Médio            |
|                                     | Controlo mais rígidos das emissões por toda a fábrica  | Alto             |
|                                     | Padrões de eficiência energética indústria             | Médio            |
| Veículos e tipos de combustíveis    | Reduzir o teor de enxofre no combustível diesel        | Alto             |
|                                     | Controlo das emissões dos veículos altamente poluentes | Alto             |
|                                     | Padrões de alta emissão                                | Médio/Baixo      |
|                                     | Inspeção e teste de veículos                           | Médio            |
|                                     | Atualização dos motociclos                             | Alto             |
|                                     | Veículos elétricos                                     | Alto             |
| Transportes Públicos                | Autocarros com emissões reduzidas                      | Médio/Baixo      |
|                                     | Autocarros elétricos                                   | Médio            |
|                                     | Expansão do trânsito de massa rápido                   | Médio/Baixo      |
| Cozinhas e Aquecimento Doméstico    | Fogões de biomassa mais ecológicos                     | Baixo            |
|                                     | Melhores combustíveis para cozinhar e aquecimento      | Alto             |
|                                     | Atualizar/substituir caldeiras dos edifícios/distritos | Médio            |
| Agricultura                         | Controlar as queimas sazonais                          | Médio/Alto       |
|                                     | Prevenção de incêndios florestais e desflorestação     | Médio/Alto       |
| Outras Intervenções                 | Controlo das poeiras em área urbanas                   | Médio/Baixo      |
|                                     | Controlo da queimas aberta e de resíduos               | Médio            |

Adaptado de (62)

## A7. Grau de evidência e limitações das estratégias pessoais para minimizar os efeitos da poluição do ar na saúde do sistema respiratório

| Recomendações  | Grau de evidência | Limitações   |
|--|-------------------|--|
| 1. Usar <del>de</del> respiradores de partículas adequados, como mascarar N95 ou FFP2, quando os níveis de poluição estiverem mais elevados ou em áreas com má qualidade de ar | C                 | O conhecimento sobre o papel das máscaras na redução da exposição à poluição do ar é rudimentar. Devem ser conduzidos mais estudos para avaliar o seu impacto na saúde.  |
| 2. Alterar o modo de viagem, de motivada para ativa (bicicleta ou a pé)  | C                 | Existem dados muito limitados acerca dos efeitos a longo prazo da poluição do ar em condutores e passageiros.  |
| 3. Escolha de trajetos que minimizem a exposição à poluição do ar, como locais com pouco trânsito (e durante as horas de maior intensidade)                                    | C                 | É necessário evidência para comprovar que a priorização de trajetos com baixos níveis de poluição estão associados a benefícios de saúde   |
| 4. Otimizar o tipo de condução e configuração dos veículos, p.e conduzir com as janelas fechadas quando existem trânsito, ativar o sistema de filtração do ar,...              | D                 | É necessário identificar abordagens que encorajem comportamentos de condução mais eficientes e menos poluidores e de como podem ter potenciais benefícios na saúde.  |
| 5. Fazer exercício regularmente mas moderando as atividades exteriores quando e onde os níveis de poluição são elevados  | C                 | É necessário mais estudos acerca da associação entre a exposição a curto e longo prazo à poluição do ar por níveis e tipo de atividade física, assim com os locais onde são realizadas, e incluindo os respetivos indicadores de risco de saúde. |

|  |   |  |
|--|---|--|
| 6. Conhecer os níveis de poluição do ar/qualidade do ar                                    | D | É necessário estudos acerca da motivação e aconselhamento para ajudar a reduzir a exposição à poluição.  |
| 7. Tratar e gerir condições respiratórias (asma, DPOC,..)                                  | D | Intervenções farmacológicas que ajudam a proteger os pulmões da inflamação desencadeada pela poluição, p.e estatinas, precisam de ser confirmadas. São necessários estudos para identificação de polimorfismos genéticos que modificam a resposta à poluição do ar |
| 8. Modificar a alimentação e suplementação com agentes anti-oxidantes e anti-inflamatórios | D | É necessário compreender os mecanismos dos suplementos de uma forma mais clara, avaliando a sua relação com a exposição do ar e estabelecer se existem regimes ideais para determinadas populações, doenças, genótipos ou padrões de exposição.                    |

Adaptado de (68)