

Revisão bibliográfica dos efeitos da poluição do ar sobre a saúde humana: breve análise crítica da atual legislação brasileira sobre os padrões de qualidade do ar

*Alceu Raposo Junior - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

**Shayanne Raposo Norton - Hospital Felício Rocho (HFR)

***Wellington Lopes de Assis (Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG))

Resumo: Este artigo faz revisão histórica dos principais eventos de poluição atmosférica no mundo, em especial os mais emblemáticos ocorridos na Europa e nos Estados Unidos. A partir dessa breve revisão histórica é possível perceber que o problema da qualidade do ar sobre a saúde humana não é um privilégio do mundo atual, indicando o grau de complexidade na qual se envolve este fenômeno. Neste cenário, a poluição do ar constitui uma crise global de saúde pública uma vez que a exposição aos poluentes atmosféricos ameaça a saúde de um grande número de pessoas em todo o mundo. Segundo os dados da Organização Mundial de Saúde (OMS), cerca de 4,2 milhões de mortes prematuras são atribuídas à poluição do ar no mundo. Os resultados deste estudo indicam que o cenário atual não é satisfatório. Apesar dos ganhos ambientais ocorridos após a Resolução CONAMA 491/2018 ser sancionada, os indicadores da qualidade do ar nos grandes centros urbanos estão abaixo dos valores seguros indicados pela OMS e pelos estudos científicos analisados.

Palavras-chave: Poluição atmosférica. Doenças respiratórias. OMS. Resolução CONAMA 491/2018.

Literature review of the effects of air pollution on human health: a brief critical analysis of current Brazilian legislation on air quality standards

Abstract: This article makes a historical review of the main air pollution events in the world, especially the most emblematic ones that occurred in Europe and the United States. From this brief historical review, it is possible to see that the problem of air quality on human health is not a privilege of the current world, indicating the degree of complexity in which this phenomenon is involved. In this scenario, air pollution constitutes a global public health crisis as exposure to air pollutants threatens the health of a large number of people around the world. According to data from the World Health Organization (WHO), about 4.2 million premature deaths are attributed to air pollution in the world. The results of this study indicate that the current scenario is not satisfactory. Despite the environmental gains that occurred after CONAMA Resolution 491/2018 was enacted, the air quality indicators in large urban centers are below the safe values indicated by the WHO and by the scientific studies analyzed.

Keywords: Atmospheric pollution. Respiratory diseases. WHO. CONAMA Resolution 491/2018.

*Geógrafo, Msc. em Análise Ambiental (UFMG) e doutorando em Geografia (UFMG), alceuraposo@gmail.com;

**Médica, Residente em Radiologia e Diagnóstico por Imagem (HFR) (shayanne7@gmail.com);

***Geógrafo, Msc. em Análise Ambiental (UFMG), Prof. doutor em Climatologia (UFMG), e-mail: assisw@gmail.com.

1 - INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Segundo a Resolução CONAMA 491 de 2018 em seu Art. 2º define que os poluentes atmosféricos são:

Qualquer forma de matéria em quantidade, concentração, tempo ou outras características, que tornem ou possam tornar o ar impróprio ou nocivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade ou às atividades normais da comunidade.

Para a Organização Mundial de Saúde (OMS) por meio do seu no Glossário de Poluição Atmosférica fez assim um dos primeiros registros oficiais do que seria poluição atmosférica para a OMS:

Pollution. The introduction of pollutants into a liquid or gaseous medium, the presence of pollutants in a liquid or gaseous medium, or any undesirable modification of the composition of a liquid or gaseous medium (provisional ISO, 8). For purposes of air pollution control, an "undesirable modification" is one that has injurious or deleterious effects. Air pollution is defined by the Engineers Joint Council as "the presence in the outdoor atmosphere of one or more contaminants, such as dust, fumes, gas, mist, odor, smoke, or vapor, in quantities, of characteristics, and of duration such as to be injurious to human, plant or animal life or to property, or which unreasonably interferes with the comfortable enjoyment of life and property (WHO, pág. 76, 1980).

A alínea “a” do artigo 1º da Convenção de Genebra assim conceitua a Poluição Atmosférica:

...introdução pelo homem, direta ou indiretamente, de substâncias ou energias no ar resultando em efeitos deletérios capazes de pôr em perigo a saúde humana, prejudicar recursos vivos e ecossistemas, a propriedade material e prejudicar ou interferir com atividades recreativas e outras formas legítimas de uso do meio ambiente, e os “poluentes do ar” devem ser interpretados em conformidade.

Episódios de poluição excessiva já causaram aumento do número de mortes e degradação do ambiente já no período medieval em algumas cidades da Europa. Nos registros históricos há relatos de que a Rainha Eleanor (esposa de Eduardo I) registrou a primeira queixa contra o ar sujo na Inglaterra quando visitou Nottingham em 1257. Os londrinos já falavam da poluição do ar no século XIV, uma vez que as operações de mineração, em especial do carvão, causavam um desconforto à coroa. Foi tanta poluição que o Rei Eduardo I, em 1307, emitiu uma proclamação

real fazendo da queima de carvão uma ofensa capital durante sessão do Parlamento (FORNARO, 2018).

O primeiro episódio de que se tem registro mais significativo no século XX (Fig.1) se deu em 1930, no Vale de Meuse, Bélgica, entre as cidades de *Huy e Liège*, uma região com grande concentração de indústrias (FORNARO, 2018). Nos cinco primeiros dias do mês de dezembro, condições meteorológicas desfavoráveis, como a ausência de ventos, impediram a dispersão dos poluentes, que permaneceram estacionados sobre o vale causando uma inversão térmica. De forma imediata se deu um aumento do número de doenças respiratórias e mortes durante o episódio (BRAGA et al., 2001).

Figura 1: Imagem do evento ocorrido em 1930, no Vale de Meuse, Bélgica.



Fonte: FORNARO, 2018, p.11.

Um outro episódio semelhante ocorreu no mês de outubro de 1948 agora na cidade de Donora, Pensilvânia. Os produtos da combustão das indústrias locais permaneceram sobre a cidade devido à ocorrência de um longo período de inversões térmicas que impediram a dispersão desses poluentes. Durante esse período foram observadas 20 mortes ao invés das duas mortes esperadas normalmente em uma comunidade de 14.000 pessoas (BRAGA et al., 2001).

A inversão térmica é um fenômeno atmosférico em que ocorre a presença de uma camada de ar frio acima da uma camada de ar relativamente quente, impedindo sua dispersão e a movimentação de massas de ar mais quentes localizadas próximas do solo. A camada mais fria age como “tampa de uma panela” concentrando vapor no seu interior.

Contudo, o mais clássico e mais emblemático dos episódios acerca dos efeitos deletérios dos poluentes do ar ocorreu em Londres durante o inverno de 1952. Um episódio de inversão térmica impediu a dispersão de poluentes gerados pelas indústrias, especialmente pela queima de carvão mineral usado para aquecer os domicílios no inverno rigoroso (Fig.2). O efeito foi uma nuvem, composta principalmente por material particulado e enxofre (em concentrações até nove vezes maiores do que a média de ambos), que permaneceu estacionada sobre a cidade por aproximadamente três dias, levando ao aumento de quatro mil mortes em relação à média de óbitos em períodos semelhantes. Indiscutivelmente, esses trágicos episódios direcionaram os olhos dos pesquisadores para a necessidade do controle da emissão de poluentes do ar. (BRAGA et al., 2001)

Figura 2: Imagem histórica do evento ocorrido em 1952, em Londres, Inglaterra.



Fonte: OBSERVADOR, 2021, acesso em 22 de agosto de 2021.

Em 1955 os americanos por meio do Congresso, liberaram cerca de cinco milhões de dólares para a realização de estudos sobre o impacto da poluição atmosférica sobre a saúde e a economia (BRAGA et al., 2001). Porém, somente a partir do início da década de 60 é que foi criado um programa federal de poluição atmosférica, ligado ao Departamento de Saúde, Educação e Bem-Estar Social dos Estados Unidos (BRAGA et al., 2001). Esse programa, contudo, delegou a responsabilidade do controle da emissão dos diversos poluentes atmosféricos aos estados americanos, ficando a cargo do governo federal somente o estabelecimento das diretrizes necessárias para efetuar e viabilizar esse controle (BRAGA et al., 2001). Tal medida mostrou-se ineficaz já que vários estados não estavam preparados e estruturados para a realização dessas ações controladoras.

Assim, os problemas de poluição e episódios agudos não deram trégua aos americanos nos anos seguintes, quando um aumento súbito da poluição ocorreu em Nova York durante quatro dias de novembro de 1966 (ANDRÉ et al., 2000). Tal episódio provocou forte pressão da mídia para que se decretasse estado de emergência pelo governo local. Diante desses novos episódios, ainda na década de 60, os Estados Unidos estabeleceram padrões de qualidade do ar especificando inicialmente seis poluentes atmosféricos que seriam controlados naquele momento: partículas totais, dióxido de enxofre (SO₂), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrogênio (NO₂), ozônio (O₃) e chumbo (Pb) (ANDRÉ et al., 2000). Desta forma, surgia a Agência de Proteção Ambiental Norte-Americana (EPA) que até os dias de hoje é responsável por importantes estudos, normativas e padrões de qualidade do ar seguidos e copiados em outras partes do mundo.

Contudo, somente na década de 1990 foram conferidos à EPA poderes para determinar os critérios técnicos de controle das substâncias tóxicas, com base nos seus efeitos sobre a saúde. Vários estudos epidemiológicos e experimentais contribuíram consideravelmente para a implantação desses controles, bem como para a elaboração de manuais de orientação. Porém, ainda que aprimoradas ao longo dos anos, tais medidas de controle não foram suficientes para proteger a sociedade americana que ao longo da década de 90 ainda continuou exposta a níveis superiores aos padrões de qualidade do ar estabelecidos pela legislação norte americana.

Na Europa o desenvolvimento de ações controladoras e normativas também foi bastante influenciado pelo episódio ocorrido em 1952 na cidade de Londres (ANDRÉ et al., 2000). O Parlamento inglês, em 1956, quatro anos após o evento, e as autoridades locais se moveram para o controle das áreas de maior risco da ocorrência de acúmulo de fumaça preta emitida pelas chaminés das residências, obrigando a troca do sistema a carvão por eletricidade, gás ou óleo diesel. Para tanto, o governo forneceu os subsídios necessários para a mudança dos sistemas de calefação para esses tipos de combustíveis (ANDRÉ et al., 2000).

Ao longo das décadas de 50 e 60 os *Clean Air Acts* de 1956 e 1968 também ampliaram os controles de emissão de poluentes atmosféricos industriais, regulamentando as emissões de óxidos de enxofre e fumaça preta na Europa (ANDRÉ et al., 2000). Como era de se esperar houve uma grande resistência por parte do setor industrial em cumprir as metas de adequação e diminuição da quantidade de emissão desses poluentes. Assim, como ação esperada ao longo dos anos as concentrações dos poluentes foram decrescendo nas grandes cidades inglesas, parte em função de um controle social mais efetivo, mas também em decorrência do ingresso da

Inglaterra no Mercado Comum Europeu que estava sobre forte pressão da comunidade europeia (BRAGA et al., 2001).

Assim, mediante tanto aprendizado e expertise a comunidade europeia, já no início dos anos 70, demonstrou, através de propostas e discussões de medidas de controle, estar suficientemente convencida da existência de danos à saúde causados pelas altas concentrações de poluentes atmosféricos (ANDRÉ et al., 2000). Esse fator foi fundamental para que a Inglaterra, com a sua inserção junto à Comunidade Europeia em 1973, fosse obrigada a adequar-se à legislação no que tange ao controle ambiental (ANDRÉ et al., 2000). Em 1976, uma comissão de países europeus (*Comission of the European Communities – CEC*) estabeleceu padrões. (BRAGA et al., 2001).

Atualmente a Organização Mundial de Saúde (OMS) estima que no Brasil, a poluição atmosférica cause cerca de cinco vezes mais mortes que o tabagismo passivo e que sete milhões de pessoas morram todos os anos em decorrência da poluição ambiental. Os poluentes penetram nos pulmões e no sistema cardiovascular, aumentando a incidência de acidentes vasculares cerebrais, doenças cardíacas, câncer de pulmão, doenças pulmonares obstrutivas crônicas e infecções respiratórias. A OMS aponta a poluição do ar como um fator de risco importante para doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), causando cerca 24% das mortes por doenças cardíacas, 25% por acidentes vasculares cerebrais, 43% por doença pulmonar obstrutiva crônica e 29% por câncer de pulmão.

Segundo os dados da OMS, em 2016 cerca de 4,2 milhões de mortes prematuras são atribuídas à poluição do ar no mundo e estima-se que essa poluição tenha sido responsável por cerca de 58% das mortes prematuras por doenças cerebrovasculares e doenças isquêmica do coração; 18% por doença pulmonar obstrutiva crônica e infecção respiratória aguda; e 6% por câncer de pulmão, traqueia e brônquios.

De acordo com a Organização Pan-Americana de Saúde- OPAS (2019), a poluição do ar constitui uma crise global de saúde pública. A exposição aos poluentes atmosféricos ameaça a saúde de pessoas de todas as idades, em todas as partes do mundo, tanto nas zonas urbanas como rurais, mas afeta especialmente os mais vulneráveis que são as crianças de forma especial. As crianças apresentam um maior risco que os adultos de sofrerem com os diversos efeitos adversos da poluição do ar sobre a saúde, devido a uma combinação de fatores comportamentais, ambientais e fisiológicos. As crianças são especialmente vulneráveis durante o desenvolvimento

fetal e nos primeiros anos de vida, quando os pulmões, órgãos e cérebro ainda estão amadurecendo.

Segundo a Organização Pan-Americana de Saúde- OPAS (2019), no mundo cerca de uma a cada oito mortes foi atribuída aos efeitos conjuntos da poluição atmosférica e no domicílio – um total de 7 milhões de mortes no mundo para o ano de 2016. Cerca de 543.000 mortes de crianças com menos de 5 anos e 52.000 mortes de crianças com idade entre 5 e 15 anos foram atribuídas aos efeitos conjuntos da poluição atmosférica e no domicílio também no 2016 (TAB.1). Em conjunto, a poluição do ar no domicílio por cozimento e a poluição atmosférica causam mais de 50% das infecções agudas do trato respiratório inferior em crianças com menos de 5 anos nos países de baixa e média renda. Do número total de mortes atribuídas aos efeitos conjuntos da poluição atmosférica e no domicílio em todo o mundo em 2016, 9% foram em crianças (OPAS, 2019).

Tabela 1: Taxa de mortalidade por 100.000 crianças atribuível aos efeitos conjuntos da poluição atmosférica e no domicílio em 2016 - por região da OMS e nível de renda.

| | Nível de Renda | Crianças <5 anos | Crianças de 5-14 anos |
|-----------------------|----------------|------------------|-----------------------|
| África | PBMRs* | 184,1 | 12,9 |
| | PRAs** | 4,3 | 1,4 |
| Américas | PBMRs | 14,2 | 0,7 |
| | PRAs | 0,3 | 0,0 |
| Sudeste Asiático | PBMRs | 75,0 | 2,5 |
| Europa | PBMRs | 8,8 | 0,6 |
| | PRAs | 0,3 | 0,0 |
| Mediterrâneo Oriental | PBMRs | 98,6 | 3,6 |
| | PRAs | 5,3 | 0,4 |
| Pacífico Ocidental | PBMRs | 20,5 | 1,0 |
| | PRAs | 0,3 | 0,0 |
| Todas | PBMRs | 88,7 | 4,5 |
| | PRAs | 0,6 | 0,1 |

*PBMRs, países de baixa e média renda; **PARs, países de alta renda.

Fonte: OPAS, 2019, p.16

Os estudos recentes do Ministério da Saúde apontam que no Brasil, as mortes em decorrência da poluição atmosférica aumentaram 14% em dez anos. O número de óbitos por Doenças Crônicas não Transmissíveis no período de 2006 a 2016 passou de 38.782 para 44.228

mortes. Com o aumento da exposição à poluição, houve acréscimo do número de mortes evitáveis por doenças não transmissíveis no Brasil, sobretudo nas regiões urbanas e estados com grande número de queimadas.

No Brasil, segundo Ministério da Saúde, o aumento de mortes por câncer de pulmão, traqueia e brônquios e doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) foram atribuídas à poluição. Dentre os principais poluentes atmosféricos deletério à saúde humana, temos o material particulado (MP), os óxidos de nitrogênio (NO_2 e NO_x), compostos orgânicos voláteis (COVs), monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre (SO_2) e ozônio (O_3).

O monóxido de carbono (CO) é produto da combustão incompleta de combustíveis fósseis que geralmente advém por meio de veículos em baixa velocidade e industriais, fogões a lenha, lareiras e cigarros. O CO se liga à hemoglobina no sangue no lugar do oxigênio. O dióxido de enxofre (SO_2) tem também grande origem na natureza, emitido principalmente por vulcões. Pela ação humana, ele provém da queima de compostos de enxofre encontrados no carvão e petróleo, na atmosfera, dissolve-se no vapor de água, formando ácido sulfúrico. Em altas concentrações provocam irritação no sistema respiratório e problemas cardiovasculares.

Os compostos orgânicos voláteis (COVs) são produtos químicos orgânicos que facilmente evaporam à temperatura ambiente, como metano, benzeno, xileno, propano e butano. Na presença do sol, sofrem reações fotoquímicas que podem originar ozônio e smog. Em altas concentrações provoca irritação no sistema respiratório, nos olhos, na pele e problemas cardiovasculares.

Os óxidos de nitrogênio (NO_2 e NO_x) são emitidos a partir da queima em altas temperaturas de combustíveis veiculares. Portanto, as emissões estão relacionadas com o tráfego de veículos, sendo mais elevadas nas zonas urbanas. Os óxidos de nitrogênio penetram profundamente no sistema respiratório, podendo originar substâncias mutagênicas e carcinogênicas, atuando negativamente como destruidor dos sistemas reprodutivo, imunitário e endócrino.

O ozônio (O_3) é formado por reações fotoquímicas na atmosfera entre o NO_x e COVs, provocando vários problemas de saúde como dores torácicas, tosse, irritação orofaríngea, ocular e respiratórias, diminuição da capacidade pulmonar, envelhecimento precoce e corrosão dos tecidos.

O material particulado (MP) é uma mistura complexa de líquidos ou sólidos, como poeira, fumaça, fuligem, pólen e partículas do solo, possuindo efeitos deletérios sobre a saúde humana dependendo da sua composição e tamanho. O MP é classificado de acordo com seu diâmetro: partículas com até 30 µm de diâmetro; partículas com diâmetro inferior a 10 µm (MP₁₀ ou fração inalável); partículas com diâmetro inferior a 2,5 µm (MP_{2,5} ou fina); e com diâmetro menor que 10 nm (MP_{0,1} ou ultrafina). O tamanho das partículas está diretamente ligado ao seu potencial para causar problemas de saúde, instalando-se nos pulmões e diminuindo a capacidade respiratória.

Diante dos argumentos e fatos apresentados acima este artigo busca a partir dessa breve revisão histórica da poluição do ar no mundo e com base em importantes estudos médicos que serão retratados no capítulo de resultados a seguir, se pretende avaliar de forma crítica e com bases científicas, a eficácia e segurança dos valores padrões empreendidos pela Resolução CONAMA 491, de 19 de novembro de 2018.

2 - METODOLOGIA

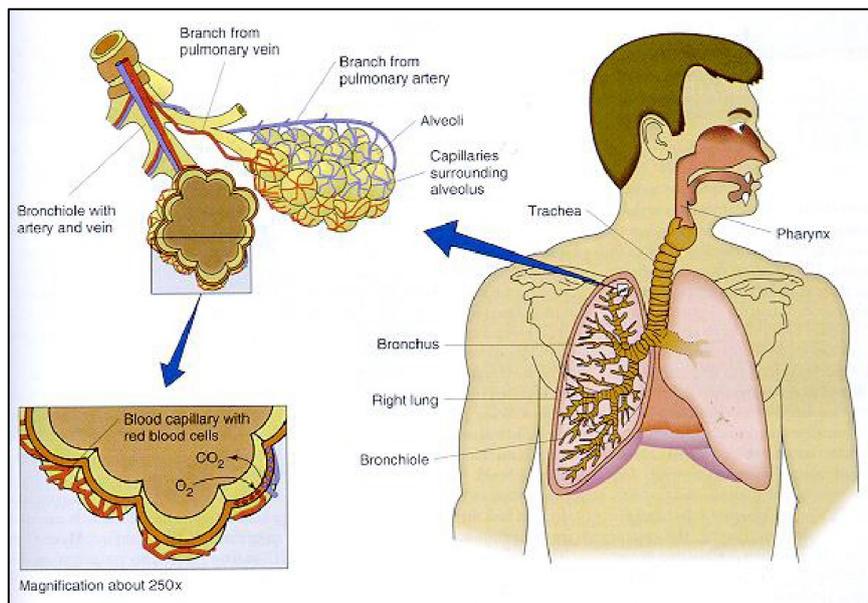
Foi realizado buscas por publicações na base de dados *Scielo*, *PubMed*, *Medline*, *Lilacs*, *Latindex* sobre poluição atmosférica, impactos da poluição do ar sobre a saúde do sistema respiratório, estudos que evidenciam os valores nocivos das concentrações emitidas de poluentes atmosféricos. Estes estudos foram correlacionados e analisados os dados destes estudos com a nova legislação vigente no Brasil sobre padrões de qualidade do ar, elaborada pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) por meio do Ministério do Meio Ambiente, através da Resolução 491 de 19 de novembro de 2018

3 – RESULTADOS

Um importante preditor objetivo, quantitativo e precoce de morbidade e de mortalidade cardiorrespiratória em relação aos efeitos da poluição do ar é a função pulmonar. A justificativa para a qualidade do ar atmosférico interferir na saúde respiratória é devido à grande superfície de contato entre o aparelho respiratório e o ar ambiente. Ao atingir a circulação sistêmica através do sistema respiratório, uma quantidade grande de poluentes atinge outros órgãos, causando-lhes malefícios diversos.

A concentração de oxidantes e pró-oxidantes contidos no Material Particulado e gases, ocasionam formação de radicais livres de oxigênio e de nitrogênio que induzem ao estresse oxidativo nas vias aéreas, iniciando uma resposta inflamatória com liberação de citocinas, quimiocinas e moléculas de adesão. Este processo leva à inflamação do sistema respiratório e pode causar efeitos sistêmicos (Fig.3).

Figura 3: Efeitos sobre o corpo humano



Fonte: FORNARO, 2018, p. 54.

Os indivíduos mais susceptíveis são as crianças, idosos, portadores de doenças crônicas e suscetibilidade genética. O maior impacto em crianças ocorre devido ao sistema imunológico mais imaturo e à maior ventilação minuto se comparado aos adultos. Em idosos, a susceptibilidade é maior devido à imunossenscência e diminuição da função pulmonar. Portadores de doenças crônicas como asma, doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), fibroses pulmonares, arritmias, hipertensão, cardiopatias, diabetes e doenças do colágeno representam um grupo de pessoas predispostas a apresentarem complicações decorrentes do agravamento da poluição do ar. A suscetibilidade genética está relacionada ao polimorfismo de genes que codificam enzimas da família Glutathione S-Transferase (GST) que são responsáveis pelo mecanismo de defesa pulmonar contra radicais livres e modulação da resposta inflamatória ocasionada pelos poluentes aéreos (ARBEX et al., 2012).

É possível correlacionar efeitos deletérios durante a gestação em gestantes expostas aos poluentes aéreos. Os efeitos possíveis são: retardo de crescimento intrauterino, prematuridade,

baixo peso ao nascimento, anomalias congênitas, pré-eclâmpsia e óbito intrauterino ou perinatal. Os mecanismos envolvidos na fisiopatologia desta associação ainda não foram bem esclarecidos (ARBEX et al., 2012).

A poluição atmosférica está relacionada com aumento de crises de asma, aumento dos sintomas asmáticos e do número de atendimentos em serviços de urgência e emergência bem como aumento de internações pela patologia. A maior incidência de sintomas respiratórios está relacionada com exposição à material particulado e gasoso. Os sintomas incluem: tosse, laringoespasma, obstrução nasal, rinorreia, disfunção de corda vocal e de vias aéreas inferiores e sibilância (ARBEX et al., 2012).

Estudos demonstram que a poluição do ar tem aumentado o desenvolvimento de novos casos de asma no mundo todo, principalmente em áreas mais urbanizadas e industrializadas, grande exemplo é o aumento da incidência de asma na China (ARBEX et al., 2012).

O aumento da morbidade respiratória por DPOC foi relacionado à exposição ao ar poluído, bem como aumento das exacerbações de DPOC e aumento do número de admissões hospitalares por esta causa. Vários estudos correlacionaram a incidência de infecção do trato respiratório inferior, sobretudo em crianças menores de 5 anos, com maiores concentrações de poluentes do ar (ARBEX et al., 2012).

Aumento nas hospitalizações por pneumonia foi correlacionada com altos níveis de concentração de NO₂ e MP_{2,5} à longo prazo. Foi evidenciado que a ação direta dos cancerígenos e a inflamação crônica induzida por poluentes levaram ao desenvolvimento de câncer de pulmão (ARBEX et al., 2012).

Redução do desempenho aeróbio de atletas e aumento dos níveis de carboxi-hemoglobina foi associada a realização de exercícios próximos a vias de tráfego intenso, sendo que 30 minutos de corrida elevou os níveis da carboxi-hemoglobina ao equivalente ao consumo de 10 cigarros/dia (CARLISLE, 2001).

A *American Heart Association* recomenda que evite a realização de exercícios físicos próximo às regiões com qualidade do ar insatisfatória (Brook RD, 2010). Foi associada diminuição da função pulmonar com exposição aos poluentes, com diminuição do CVF e do VEF1. Foi feito um estudo em Londres, comparando parâmetros da função pulmonar em 60 adultos com asma em duas ocasiões: duas horas após caminhada pela Oxford Street (via de

tráfego intenso de veículos) e após duas horas de caminhada pelo *Hyde Park* (parque florestal). As concentrações de poluentes eram 6,5 vezes maiores na Oxford Street do que no *Hyde Park*. Foi constatada redução de 6,1% no VEF1 e de 5,4% no CVF após caminhada em Oxford Street em relação àquela realizada no *Hyde Park* (CHANG YK et al., 2011).

Na Alemanha foi feito um estudo transversal com 2.593 mulheres em 7 comunidades. Foi constatada associação negativa entre os níveis de NO₂ e MP10, no volume expiratório forçado no 1º segundo (VEF1), na cavidade vital forçada (CVF) e no índice de Tiffeneau-Pinellina, relação VEF1/CVF. Um aumento anual de 7 µg/m³ de MP10 foi associado a uma redução de 5% no VEF1 e de 1%, na relação VEF1/CVF, e para um aumento anual de 16% de NO₂, houve redução de 4% no VEF1 e de 1% na relação VEF1/CVF (SCHIKOWSKI T et al., 2005).

Outro estudo prospectivo foi realizado com 4.742 adultos entre 18 e 60 anos acompanhados por 11 anos em 8 comunidades na Suíça. Este estudo evidenciou redução estatisticamente significativa das taxas anuais em VEF1 de 9%, FEF 25-75% de 16% e da relação VEF1/CVF de 6% associadas ao declínio, ao longo desses 11 anos, de 10 µg/m³ na média anual do MP10 (DOWNS SH et al., 2007).

Pesquisadores em Atenas, Grécia, realizaram um estudo em que avaliaram os efeitos agudos de MP10 e de SO₂ sobre os atendimentos de pessoas de 0 a 14 anos nas emergências de 2001 a 2004. Aumento de 2,2% nos atendimentos por asma foi associado ao aumento de 10 µg/m³ nos níveis de MP10 e um aumento de 6% nos atendimentos por asma foi associado ao aumento de 10 µg/m³ de SO₂ (SAMOLI E et al., 2011).

Por meio de um estudo coorte, realizado com 2.725 adultos na Suíça, no período de 1991 e 2002, foi demonstrado que pessoas que residiam em áreas mais poluídas apresentavam maior chance de evoluir com asma. Foi estimado um aumento de 30% no desenvolvimento de asma para cada aumento de 1 µg/m³ na concentração de MP10 emitido pelo tráfego. Os indivíduos analisados neste estudo foram adultos não fumantes (KÜNZLI N et al., 2009).

Foram avaliados 1.769 pacientes acima de 40 anos entre 2001 e 2003 em São Paulo, esse estudo mostrou que aumento nas concentrações de MP10 em 28,2 µg/m³ e de SO₂ de 7,8 µg/m³ se correlacionaram com aumento de 6,7% no número de atendimentos por DPOC no dia da exposição e aumento cumulativo em 6 dias de 19% e 16% de consultas por DPOC (ARBEX MA et al., 2009).

A resolução 491 do CONAMA permite uma média anual de emissão de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de MP10, valor que supera os valores apresentados nos cinco estudos mencionados acima. Nos estudos mencionados anteriormente tem-se que aumento superior a 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na concentração de MP10 se correlaciona com decréscimo na função pulmonar, tem-se, também, conforme estudo realizado na Suíça, a redução de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na concentração de MP₁₀ acarreta benefícios à saúde humana (DOWNS SH et al., 2007).

Assim, o valor da concentração de MP10 permitido pela legislação brasileira (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) impõe riscos à saúde pulmonar do brasileiro. A legislação permite, também, até 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de emissão média anual de SO₂, podendo ser inferido que, além dos limites da emissão do MP₁₀ estarem elevados, a emissão do SO₂ permitida, também acarreta malefícios à saúde humana. Se 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ aumenta em 30% a chance de desenvolver asma, de acordo com estudo na Suíça, uma concentração permissiva da legislação brasileira de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, aumenta esta chance de desenvolver asma em um percentual maior que 30% (KÜNZLI N, et al., 2008).

Em uso estudo prospectivo realizado em 12 comunidades na Califórnia, EUA, foi acompanhado 1.759 crianças de 10 a 18 anos de idade. Essas comunidades apresentavam níveis diferentes de NO₂, vapor ácido, MP_{2,5} e carbono elementar. Foi concluído que crianças que viviam em áreas com níveis ambientais maiores de MP apresentaram diminuição significativa do VEF1, cerca de 100 mL, quando comparadas com as crianças que viviam em áreas menos poluídas. Crianças que viviam em comunidades com concentrações médias de MP_{2,5} de 29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (mais poluídas) tiveram uma proporção de VEF1 < 80% cinco vezes maior que nas comunidades com concentrações médias de MP_{2,5} de 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (menos poluídas) (GAUDERMAN WJ, 2004).

Em Pequim, durante os jogos olímpicos, houve redução na emissão e na concentração de MP_{2,5} de 78,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para 46,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e de O₃ de 65,8 ppb para 61 ppb devido a diminuição do tráfego de veículos automotores. Esta diminuição ocasionou em uma queda de 41,6% no atendimento em serviços de emergência devido a asma no período analisado (ARBEX et al., 2012).

Aumento de 2,8% no número de internações hospitalares por pneumonia foi associado ao aumento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na concentração de MP_{2,5} em estudo realizado em cinco hospitais romanos entre 2001 e 2005. Os indivíduos avaliados neste estudo apresentavam idade superior a 35 anos (BELLEUDI V et al., 2010). Aumento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na concentração de MP_{2,5} foi

relacionado ao aumento de 20% de óbitos por pneumonia e influenza em estudo de coorte realizado nos EUA (POPE et al., 2004).

Um estudo prospectivo realizado em 50 estados nos EUA com 500.000 indivíduos evidenciou um acréscimo de 14% na incidência de câncer de pulmão associado ao aumento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na concentração de $\text{MP}_{2,5}$ (POPE, et al., 2002).

A elevação de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na concentração de $\text{MP}_{2,5}$ aumenta entre 6% e 17% a mortalidade cardiopulmonar, demonstrado nos principais estudos de mortalidade nos EUA (POPE et al., 2007).

Segundo a legislação brasileira de 2018, CONAMA 491, é permitida a emissão média anual de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{MP}_{2,5}$, configurando um padrão mais próximo da realidade das comunidades mais poluídas dos EUA. Os estudos mencionados acima sobre a concentração de $\text{MP}_{2,5}$ explicitam que aumentos de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na concentração de $\text{MP}_{2,5}$ pioram significativamente a função pulmonar, aumentam a chance de pneumonia, influenza, câncer de pulmão, asma e mortalidade cardiopulmonar. Portanto, as concentrações permitidas por lei estão superiores aos valores que causam deterioração da saúde do sistema respiratório. Fazendo um paralelo entre o estudo realizado em Pequim, durante os jogos olímpicos com a legislação CONAMA 491, tem-se que no Brasil são permitidos até 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{MP}_{2,5}$ em momentos de emissões agudas deste poluente, conclui-se que este limite é próximo às margens superiores de emissão em Pequim, China, em períodos de maiores concentrações emitidas de $\text{MP}_{2,5}$.

O aumento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de MP com até 30 μm de diâmetro foi associado a um aumento de 11,6% (IC95%: 5,4-17,7) nas internações hospitalares durante o período de colheita da safra canavieira em Araraquara, São Paulo. Período em que há maior fonte de emissão de poluentes devido a queima da palha da cana-de-açúcar. Houve aumento de 50% nas internações hospitalares por asma no período de queima se comparada ao período em que não houve queima (ARBEX et al., 2007).

Embora a Resolução CONAMA 491/2018 mencione que se orienta pelos padrões da OMS, isso não ocorre de fato no estabelecimento dos chamados padrões de qualidade do ar intermediários - PI: padrões estabelecidos como valores temporários a serem cumpridos em etapas. Veja a seguir a tabela comparativa entre a OMS e a Resolução 491 do Conama (Tab.2).

Tabela 2: Comparativo entre os valores normativos da Resolução Conama 491 e os padrões indicados pela OMS (2005)

| Poluente | Tempo de concentração | Resolução CONAMA 491. Padrão Intermediário | OMS, 2005 |
|--|-----------------------|--|-----------|
| Partículas inaláveis (MP ₁₀) | 24 horas | 120 | 50 |
| | Média anual | 40 | 20 |
| Partículas inaláveis (MP 2,5) | 24 horas | 60 | 25 |
| | Média anual | 20 | 10 |
| Ozônio (O ₃) | 8 horas | 140 | 100 |

Fonte: Resolução Conama 491/2018 e OMS, 2005

De fato, os valores adotados pelos padrões de qualidade do ar assumem a função de meta a ser alcançada, estimulando estados, municípios, setor produtivo e sociedade civil organizada a orientar suas agendas de acordo com o alcance desse norte protetor, a despeito dos órgãos ambientais estaduais podem definir seus próprios objetivos, desde que sejam mais restritivos.

Embora a Resolução CONAMA n° 491/2018 pretenda atingir, no padrão final, passados 16 anos dos relatórios da OMS, ela não estabelece períodos peremptórios entre os estágios intermediários (PI-1, PI-2 e PI-3) e a etapa final (PF), estimulando a inércia de qualquer tentativa de atingir os limites mais restritivos. Afinal, a razão da existência de padrões intermediários é que eles funcionem efetivamente como objetivos temporários, levando de forma escalonada ao alcance dos padrões finais. Isso exigiria mecanismos e prazos que pudessem efetivamente estimular a progressão para os padrões mais restritivos ao longo do tempo.

O mecanismo de progressão do padrão ainda pode estagnar no padrão inicial, não apenas devido à ausência de tempo peremptório entre os estágios, mas também por meio da escrita da arte. 4º, parágrafo 4º da Resolução CONAMA n° 491/2018, que dispõe que “caso não seja possível a migração para a norma posterior, prevalece a norma já adotada”. Segundo a Procuradoria Geral República o dispositivo é muito genérico o permite a perpetuidade de altos níveis de contaminação atmosférica.

4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da breve revisão histórica da poluição atmosférica oriundas de fontes antropogênicas foi possível perceber que o problema da qualidade do ar sobre a saúde humana não é um privilégio da atualidade, indicando assim grau de complexidade na qual se envolve este fenômeno (político, econômico, social e de saúde). Dentre este cenário a poluição do ar conforme indica a OMS constitui-se certamente uma crise global de saúde pública, uma vez que a exposição aos poluentes atmosféricos ameaça a saúde de um grande número de pessoas em todo o mundo.

Os números de mortes devido a exposição das pessoas à poluição atmosférica, segundo os dados da OMS, são alarmantes, cerca de 4,2 milhões de mortes prematuras atribuídas à poluição do ar no mundo e estima que a poluição do ar tenha sido responsável por cerca de 58% de mortes prematuras por doenças cerebrovasculares e doenças isquêmica do coração; 18% por doença pulmonar obstrutiva crônica e infecção respiratória aguda; e 6% por câncer de pulmão, traqueia e brônquios no ano de 2016.

A revisão bibliográfica indicou a existência de inúmeros estudos científicos que apontam a relação direta entre doenças respiratórias, câncer, alterações genéticas, problemas de pele e cardiovasculares com a emissão de material particulado.

É possível ainda concluir que a Resolução CONAMA nº 491/2018 ainda que indique o padrão final, conforme valores indicados pela OMS, ela não estabeleceu os períodos para cada estágio intermediário (PI-1, PI-2 e PI-3) e a etapa final (PF), estimulando a inércia de qualquer tentativa de atingir os limites. Afinal, a razão da existência de eventuais padrões intermediários é que possam funcionar efetivamente como objetivos temporários, levando de forma escalonada ao alcance dos padrões finais. Desta maneira é imperativo que a respectiva resolução indicasse de forma mais assertiva os mecanismos e prazos que pudessem efetivamente estimular a progressão para os padrões mais restritivos ao longo do tempo.

Por fim, com base nos estudos médicos analisados, por meio da revisão bibliográfica, fica notório que os valores da atual legislação brasileira sobre os limites máximos da qualidade do ar (Resolução CONAMA nº 491/2018) não garantem uma segurança da saúde da população com base nos índices de exposição para cada poluente, dando assim uma falsa sensação de proteção a sociedade brasileira.

5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRÉ, P. A.; BRAGA, A. L. F.; CONCEIÇÃO, G. M. S.; LIN, C. A.; PEREIRA, L. A. A.; EL KOURY-MIRAGLIA, S. G.; BHÖM, G. M. “Environmental Epidemiology Applied to Urban Atmospheric Pollution – A Contribution from the Laboratory of Experimental Air Pollution (LEAP)”, in *Cad. Saúde Pública*, 16(3), 2000, pp. 619-28.

ARBEX MARCOS ABDO, SANTOS UBIRATAN DE PAULA, MARTINS LOURDES CONCEIÇÃO, SALDIVA PAULO HILÁRIO NASCIMENTO, PEREIRA LUIZ ALBERTO AMADOR, BRAGA ALFÉSIO LUIS FERREIRA. A poluição do ar e o sistema respiratório. *J. bras. pneumol.* [Internet]. 2012 Out [citado 2020 Fev 19] ; 38(5): 643-655. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-37132012000500015&lng=pt. <https://doi.org/10.1590/S1806-37132012000500015>.

ARBEX MA, MARTINS LC, DE OLIVEIRA RC, PEREIRA LA, ARBEX FF, CANÇADO JE, *et al.* Air pollution from biomass burning and asthma hospital admissions in a sugar cane plantation area in Brazil. *J Epidemiol Community Health.* 2007;61(5):395-400. <http://dx.doi.org/10.1136/jech.2005.044743>.

ARBEX MA, DE SOUZA CONCEIÇÃO GM, CENDON SP, ARBEX FF, LOPES AC, MOYSÉS EP, *et al.* Urban air pollution and chronic obstructive pulmonary disease-related emergency department visits. *J Epidemiol Community Health.* 2009;63(10):777-83. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1136/jech.2008.078360>.

BELLEUDI V, FAUSTINI A, STAFOGGIA M, CATTANI G, MARCONI A, PERUCCI CA, *et al.* Impact of fine and ultrafine particles on emergency hospital admissions for cardiac and respiratory diseases. *Epidemiology.* 2010;21(3):414-23. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1097/EDE.0b013e3181d5c021>.

BOBAK, M.; LEON, D. A. “Air Pollution and Infant Mortality in the Czech Republic, 1986-88”, in *Lancet* 340, 1992, pp. 1.010-4.

BOBAK, M.; LEON, D. A. “The Effect of Air Pollution on Infant Mortality Appears Specific for Respiratory Causes in the Postneonatal Period”, in *Epidemiology* 10, 1999, pp. 666-70.

BÖHM, G. M.; MASSAD, E.; SALDIVA, P. H. N.; GOUVEIA, M. A.; PASQUALUCCI, C. A. G.; CARDOSO, L. M. N.; CALDEIRA, M. P. R.; CALHEIROS, D. “Comparative Toxicity of Alcohol and Gasoline Fueled Automobile Exhaust Fumes”, in A. W. Hayes, R. C. Scenell, T. S. Miya (eds.), *Developments in the Science and Practice of Toxicology*.

BRAGA, A. L. F.; CONCEIÇÃO, G. M. S.; PEREIRA, L. A. A.; KISHI, H. S.; PEREIRA, J. C. R.; ANDRADE, M. F.; GONÇALVES, F. L. T.; SALDIVA, P. H. N.; LATORRE, M. R. D. O. “Air Pollution and Pediatric Respiratory Hospital Admissions in São Paulo, Brazil”, in *J. Environ. Med.* 1, 1999, pp. 95-102.

BRAGA, A. L. F.; SALDIVA, P. H. N. “Poluição e Saúde”, in *J. Pneumol.* S10-S16, 2001.

BRAGA, A. L. F.; SALDIVA, P. H. N.; PEREIRA, L. A. A.; MENEZES, J. J. C.; CONCEIÇÃO, G. M. S.; LIN, C. A.; ZANOBETTI, A.; SCHWARTZ, J.; DOCKERY, D. W. "Health Effects of Air Pollution Exposure on Children and Adolescents in São Paulo, Brazil", in *Pediatr. Pulmonol.* 31, 2001, pp. 106-13.

BRAGA, A. L. F.; ZANOBETTI, A.; SCHWARTZ, J. "Do Respiratory Epidemics Confound the Association Between Air Pollution and Daily Deaths?", in *Eur. Respir. J.* 16(4), 2000, pp. 723-8.

BRASIL. Resolução CONAMA 491, 2018. Brasília. Publicado em: 21/11/2018 | Edição: 223 | Seção: 1 | Página: 155. Órgão: Ministério do Meio Ambiente/Conselho Nacional do Meio Ambiente

BROOK RD, RAJAGOPALAN S, POPE CA 3RD, BROOK JR, BHATNAGAR A, DIEZ-ROUX AV, *et al.* Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: An update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation.* 2010;121(21):2331-78. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1161/CIR.0b013e3181dbee1>.

CARLISLE AJ, SHARP NC. Exercise and outdoor ambient air pollution. *Br J Sports Med.* 2001;35(4):214-22. <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.35.4.214>.

DEJMEK, J.; SELEVAN, S. G.; BENES, I.; SOLANSKY, I.; SRÁM, R. J. "Fetal Growth and Maternal Exposure to Particulate Matter During Pregnancy", in *Environ. Health Perspect.* 107, 1999, pp. 475-80.

DOCKERY, D. W.; POPE, C. A. III. "Acute Respiratory Effects of Particulate Air Pollution", in *Annu. Rev. Public. Health* 15, 1994, pp. 107-32.

DOCKERY, D. W.; POPE, C. A. III; XU, X.; SPENGLER, J. D.; WARE, J. H.; FAY M. E.; FERRIS, B. G. Jr.; SPEIZER, F. E.

DOWNS SH, SCHINDLER C, LIU LJ, KEIDEL D, BAYER-OGLESBY L, BRUTSCHE MH, *et al.* Reduced exposure to PM10 and attenuated age-related decline in lung function. *N Engl J Med.* 2007;357(23):2338-47. <http://dx.doi.org/10.1056/NEJMoa073625>. Disponível em: 1056/NEJMoa073625.

FORNADO, ADALGIZA. LAPAt – Laboratório de Análises de Processos Atmosféricos www.lapat.iag.usp.br. Acesso em 22 de julho de 2021.

FRIEDMAN MS, POWELL KE, HUTWAGNER L, GRAHAM LM, TEAGUE WG. Impact of changes in transportation and commuting behaviors during the 1996 Summer Olympic Games in Atlanta on air quality and childhood asthma. *JAMA.* 2001;285(7):897-905. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1001/jama.285.7.897>.

GAUDERMAN WJ, AVOL E, GILLILAND F, VORA H, THOMAS D, BERHANE K, *et al.* The effect of air pollution on lung development from 10 to 18 years of age. *N Engl J Med.* 2004;351(11):1057-67. Erratum in: *N Engl J Med.* 2005;352(12):1276. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1056/NEJMoa040610>.

J. M.; SPEIZER, F. E.; UTELL, M. "Health Effects of Outdoor Pollution", in *Am. J. Respir. Crit. Care. Med.* 153, 1996, pp. 3-50.

KELLY FJ, FUSSELL JC. Air pollution and airway disease. *Clin Exp Allergy*. 2011;41(8):1059-71. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2222.2011.03776.x>.

KO FW, TAM W, WONG TW, CHAN DP, TUNG AH, LAI CK, *et al.* Temporal relationship between air pollutants and hospital admissions for chronic obstructive pulmonary disease in Hong Kong. *Thorax*. 2007;62(9):780-5. <http://dx.doi.org/10.1136/thx.2006.076166>.

KÜNZLI N, BRIDEVAUX PO, LIU LJ, GARCIA-ESTEBAN R, SCHINDLER C, GERBASE MW, *et al.* Traffic-related air pollution correlates with adult-onset asthma among never-smokers. *Thorax*. 2009;64(8):664-70. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1136/thx.2008.110031>.

MCCREANOR J, CULLINAN P, NIEUWENHUIJSEN MJ, STEWART-EVANS J, MALLIAROU E, JARUP L, *et al.* Respiratory effects of exposure to diesel traffic in persons with asthma. *N Engl J Med*. 2007;357(23):2348-58. <http://dx.doi.org/10.1056/NEJMoa071535>.

NASCIMENTO ANTÔNIO PAULA, SANTOS JANE MERI, MILL JOSÉ GERALDO, SOUZA JULIANA BOTTONI DE, REIS JÚNIOR NEYVAL COSTA, REISEN VALDÉRIO ANSELMO. Association between the concentration of fine particles in the atmosphere and acute respiratory diseases in children. *Rev. Saúde Pública* [Internet]. 2017 [cited 2020 Feb 20]; 51: 3. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89102017000100202&lng=en. Epub Jan 12, 2017. <https://doi.org/10.1590/s1518-8787.2017051006523>.

OBSERVADOR. Jornal eletrônico. Acesso em 22 de agosto de 2021. Disponível em: <https://observador.pt/2016/11/17/o-misterio-do-nevoeiro-mortifero-de-londres-foi-resolvido/>

POPE CA 3RD, BURNETT RT, THURSTON GD, THUN MJ, CALLE EE, KREWSKI D, *et al.* Cardiovascular mortality and long-term exposure to particulate air pollution: epidemiological evidence of general pathophysiological pathways of disease. *Circulation*. 2004;109(1):71-7. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1161/01.CIR.0000108927.80044.7F>.

POPE CA 3RD, BURNETT RT, THUN MJ, CALLE EE, KREWSKI D, ITO K, *et al.* Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *JAMA*. 2002;287(9):1132-41. <http://dx.doi.org/10.1001/jama.287.9.1132>.

POPE CA 3RD. Mortality effects of longer term exposures to fine particulate air pollution: review of recent epidemiological evidence. *Inhal Toxicol*. 2007;19 Suppl 1:33-8. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/08958370701492961>.

POPE, C. A. III. “Respiratory Hospital Admissions Associated with PM10 Pollution in Utah Salt Lake, and Cache Valleys”, in *Arch. Environ. Health* 46, 1991, pp. 90-7.

POPE, C. A. III; DOCKERY, D. W. “Acute Health Effects of PM10 Pollution on Symptomatic and Asymptomatic Children”, in *Am. Rev. Respir. Dis.* 145, 1992, pp. 1.123-8.

PO JY, FITZGERALD JM, CARLSTEN C. Respiratory disease associated with solid biomass fuel exposure in rural women and children: systematic review and meta-analysis. *Thorax*. 2011;66(3):232-9. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1136/thx.2010.147884>.

ROMIEU I, SIENRA-MONGE JJ, RAMÍREZ-AGUILAR M, MORENO-MACÍAS H, REYES-RUIZ NI, ESTELA DEL RÍO-NAVARRO B, *et al.* Genetic polymorphism of GSTM1 and antioxidant supplementation influence lung function in relation to ozone exposure in asthmatic children in Mexico City. *Thorax*. 2004;59(1):8-10.

SHARMA G, GOODWIN J. Effect of aging on respiratory system physiology and immunology. *Clin Interv Aging*. 2006;1(3):253-60. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2147/cia.2006.1.3.253>.

SAMOLI E, NASTOS PT, PALIATSOS AG, KATSOUYANNI K, PRIFTIS KN. Acute effects of air pollution on pediatric asthma exacerbation: evidence of association and effect modification. *Environ Res*. 2011;111(3):418-24. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2011.01.014>.

SCHIKOWSKI T, SUGIRI D, RANFT U, GEHRING U, HEINRICH J, WICHMANN HE, *et al.* Long-term air pollution exposure and living close to busy roads are associated with COPD in women. *Respir Res*. 2005;6:152. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1186/1465-9921-6-152>.

SRÁM RJ, BINKOVÁ B, DEJMEK J, BOBAK M. Ambient air pollution and pregnancy outcomes: a review of the literature. *Environ Health Perspect*. 2005;113(4):375-82. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.6362>.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Air quality guidelines. Global update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Copenhagen: World Health Organization; 2005.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Guidelines for surveillance of drug resistance in tuberculosis. WHO/Tb, 1994;178:1-24.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Nove em cada dez pessoas em todo o mundo respiram ar polido; Determinantes Sociais e riscos para a Saúde, Doenças Crônicas Não Transmissíveis e saúde Mental, WHO, 2018.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Glossary on air pollution. WHO, 1980; pág. 76.