

Poluição atmosférica em cidades brasileiras: uma breve revisão dos impactos na saúde pública e meio ambiente

Estima-se que atualmente cerca de 50% da população mundial habita em cidades e aglomerados urbanos podendo estar sujeitas a níveis crescentes de poluentes do ar. Dentre as matérias consideradas poluentes atmosféricos, destacam-se os gases e material particulado proveniente, sobretudo de fontes antrópicas, como os veículos automotores e as indústrias. Estima-se que no Brasil a degradação da qualidade do ar atmosférico possa causar aproximadamente 20 mil óbitos/ano, valor cinco vezes maior ao de morte causado pelo tabagismo ambiental/passivo, e 10,7 mil mortes/ano resultante da poluição do ar em ambientes internos. Nesse sentido, a pesquisa tem por objetivo desenvolver um levantamento bibliográfico a respeito dos principais impactos provenientes da poluição atmosférica na saúde pública e no meio ambiente, dando preferência a trabalhos publicados a partir do ano de 2008. A pesquisa se classifica como exploratória, abordando a problemática de forma flexível e considerando vários aspectos do fato estudado. Os estudos apresentados demonstram que os grandes centros urbanos são os mais suscetíveis a poluição do ar e que no geral, as populações mais vulneráveis são as de menor poder aquisitivo e as faixas etárias mais acometidas por agravos na saúde são crianças e idosos, nesse sentido, o monitoramento através de indicadores da saúde e bioindicadores são instrumentos válidos na observação dos impactos relacionados a poluição do ar.

Palavras-chave: Poluição ambiental; Material particulado; Doenças respiratórias.

Atmospheric pollution in Brazilian cities: a brief review of impacts in public health and the environment

It is estimated that currently about 50% of the world population lives in cities and urban areas may be subject to increasing levels of air pollutants. Among the materials considered as atmospheric pollutants are gases and particulate matter, mainly from anthropic sources, such as motor vehicles and industries. It is estimated that in Brazil, the degradation of atmospheric air quality can cause approximately 20 thousand deaths/year, five times higher than the death caused by environmental/passive smoking, and 10.7 thousand deaths/year resulting from air pollution in indoor environments. In this sense, the objective of the research is to develop a bibliographic survey about the main impacts of air pollution on public health and the environment, based on studies published since 2008. The research is classified as exploratory, approaching the problem flexibly and considering several aspects of the fact studied. The studies presented show that the major urban centers are the most susceptible to air pollution and that, in general, the most vulnerable populations are those with the lowest purchasing power and the age groups most affected by health problems are children and the elderly, monitoring through health indicators and bioindicators are valid instruments in the observation of impacts related to air pollution.


Keywords: Environment pollution; Particulate matter; Respiratory diseases


Topic: **Epidemiologia e Saúde Ambiental**


Received: **08/02/2020**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.


Approved: **10/05/2020**

Leandro Marques Torres 
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2678860527695504>
<http://orcid.org/0000-0001-5976-6340>
leandrotorres15@yahoo.com.br

Paulo Rick Soares Rodrigues 
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4163157291878644>
<http://orcid.org/0000-0003-2016-6537>
rickpaulo83@gmail.com

Cézar Di Paula da Silva Pinheiro 
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9477837707374728>
<http://orcid.org/0000-0003-3946-2379>
cezarpinheiro@hotmail.com

Débora Prissila Reis Sandim 
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4062780875449217>
<http://orcid.org/0000-0002-7391-1249>
deborasandim@gmail.com

Sarah Dias Azevedo 
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/7721203184014688>
<http://orcid.org/0000-0002-5105-1794>
saaahazevedo@gmail.com



DOI: 10.6008/CBPC2674-6441.2020.001.0003

Referencing this:

TORRES, L. M.; PINHEIRO, C. D. P. S.; AZEVEDO, S. D.; RODRIGUES, P. R. S.; SANDIM, D. P. R.. Poluição atmosférica em cidades brasileiras: uma breve revisão dos impactos na saúde pública e meio ambiente.

Naturae, v.2, n.1, p.23-33, 2020. DOI:

<http://doi.org/10.6008/CBPC2674-6441.2020.001.0003>

INTRODUÇÃO

A urbanização vertiginosa observada mundialmente ocasionou um considerável crescimento no consumo de energia e de emissões de poluentes decorrentes da queima de combustíveis fósseis por indústrias e automóveis no período pós-revolução industrial (ARBEX et al., 2012; MARIO, 2012). Estima-se que atualmente cerca de 50% da população mundial habita em cidades e aglomerados urbanos podendo estar sujeitas a níveis crescentes de poluentes do ar (MACHÍN, 2017).

Devido à grande área de contato entre a superfície do sistema respiratório e o meio ambiente, a qualidade do ar interfere diretamente na saúde respiratória (ARBEX, 2012). Para o Brasil, estima-se que a poluição atmosférica possa causar cerca de 20 mil óbitos/ano, valor cinco vezes superior ao número de óbitos estimado pelo tabagismo ambiental/passivo, e 10,7 mil óbitos/ano decorrentes da poluição do ar em ambientes internos (OMS, 2009).

Segundo Drumm et al. (2014), a poluição atmosférica pode ser definida como a existência na atmosfera de substâncias, em quantidade capaz de alterar sua composição e equilíbrio, prejudiciais ao meio ambiente e as formas de vida. Podendo causar impactos graves à saúde humana, a vida vegetal e animal, assim como a degradação de bens culturais de lazer e de recursos naturais. Entre os danos ocasionados ao meio ambiente e à saúde humana pelos poluentes atmosféricos ressalta-se a acidificação de rios e florestas, o crescimento de problemas respiratórios e circulatórios, diminuição do bem-estar da população, assim como o efeito estufa e aquecimento global (AZUAGA, 2000; MOREIRA et al., 2015).

Dentre as matérias consideradas poluentes atmosféricas, destacam-se os gases e material particulado proveniente, sobretudo de fontes antrópicas, como os veículos automotores, as indústrias e a incineração de resíduos sólidos (GOMES, 2009). Os gases como Dióxido de Carbono (CO₂) e Metano provenientes de fatores antropogênicos, ou fatores determinantes, são extremamente prejudiciais à saúde humana e influenciam diretamente as alterações na temperatura mundial (MOREIRA et al., 2015).

A velocidade e a turbulência dos ventos na atmosfera exercem grande influência na dispersão dos poluentes. Em escala regional ou local, diversos fatores atuam na circulação atmosférica, o uso e ocupação do solo, presença de continentes ou oceanos e a topografia. Destaca-se a chuva como outro fator influencia importante, responsável por decantar os particulados e ajudar na dissolução de gases como o SO₂ e os NO_x (SANTIAGO, 2013).

Em 2010 a poluição do ar foi responsável por 3,1 milhões de mortes no mundo, ou seja, 5,9% de todas as mortes ocorridas nesse ano. Sendo poucos anos depois classificada como cancerígena para os seres humanos pela Agência Internacional de Investigação em Câncer (IARC). Como resultante, verifica-se que a poluição atmosférica é um fator significativo no desenvolvimento e no agravamento de doenças respiratórias, como asma, doença pulmonar obstrutiva crônica e cancro do pulmão, bem como, um impacto substancial na doença cardiovascular no mundo (MENDES et al., 2017).

Estima-se que no Brasil a degradação da qualidade do ar atmosférico possa causar aproximadamente 20 mil óbitos/ano, valor cinco vezes maior ao de morte causado pelo tabagismo ambiental/passivo, e 10,7

mil mortes/ano resultante da poluição do ar em ambientes internos (ARBEX et al., 2012). Os grupos que tem se mostrado mais passível aos efeitos da poluição atmosférica são as crianças e os idosos, apresentando sintomas indicativos como a diminuição da função pulmonar, crescimento do uso de medicamentos, destacando-se os idosos, assim como mudanças no sistema imunológico de pessoas normais (MOREIRA et al., 2015).

Nesse sentido, a pesquisa tem por objetivo desenvolver um levantamento bibliográfico a respeito dos principais impactos provenientes da poluição atmosférica na saúde pública e no meio ambiente, dando sempre preferência a trabalhos publicados a partir do ano de 2008, além disso, procurou-se conceituar os principais poluentes atmosféricos, assim como apresentar propostas mitigadoras para a problemática em questão. Tem como justificativa a melhor percepção destes impactos no cotidiano para que medidas mitigadoras sejam implementadas numa melhor qualidade de vida à população.

REVISÃO TEÓRICA

Principais Poluentes Atmosféricos

De acordo com a legislação brasileira CONAMA 491/2018 os poluentes primários presente na atmosfera monitorados no BRASIL de maior importância são representados pelo monóxido de carbono (CO), os óxidos de nitrogênio (NOx), o dióxido de enxofre (SO₂), o ozônio (O₃), a fumaça e os materiais particulados. O Quadro 1 mostra os principais poluentes atmosféricos monitorados pelo CONAMA 491/2018, suas fontes, áreas de ação nos sistemas respiratórios e os efeitos sobre a saúde humana.

Quadro 1: Principais poluentes, suas fontes e áreas de ação no sistema respiratório humano.

Poluentes	Fontes	Penetração no sistema respiratório	Fisiopatologia
Material Particulado	Queima de combustíveis fósseis, queima de biomassa vegetal, emissões de amônia na agricultura e emissões decorrentes de obras e pavimentação de vias.	Nariz, garganta, Alvéolos, tecido pulmonar, corrente sanguínea.	Diminui a atividade mucociliar e dos macrófagos. Produz irritação nas vias respiratórias. Causa estresse oxidativo e, em consequência, inflamação pulmonar e sistêmica. Exposição crônica produz remodelamento brônquico e DPOC. Pode ser cancerígeno
Ozônio	Reações químicas complexas que acontecem entre o dióxido de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis, na presença de radiação solar. Estes poluentes são emitidos principalmente na queima de combustíveis fósseis, volatilização de combustíveis, criação de animais e na agricultura.	Traqueia, brônquios, bronquíolos, alvéolos.	É um agente oxidante fotoquímico e muito irritante. Provoca inflamação da mucosa do trato respiratório. Em altas concentrações, irrita os olhos, mucosa nasal e da orofaringe. Provoca tosse e desconforto torácico. Exposição por várias horas leva a lesão no tecido epitelial de revestimento das vias aéreas. Provoca inflamação e obstrução das vias aéreas a estímulos como o frio e exercícios.
Dióxido de enxofre	Fontes naturais, como vulcões. A emissão antropogênica é causada pela queima de combustíveis fósseis que contenham enxofre em sua composição. As atividades de geração de energia, uso veicular e aquecimento doméstico são as que apresentam emissões mais significativas.	Vias aéreas superiores, traqueia, brônquios, bronquíolos.	Irritante. Afeta a mucosa dos olhos, nariz, garganta e do trato respiratório. Causa tosse e aumenta a reatividade brônquica, facilitando a broncoconstrição.
Monóxido de carbono	É emitido nos processos de combustão que ocorrem em condições não ideais, em que não há oxigênio suficiente para	Alvéolos, corrente sanguínea.	União com a hemoglobina, interferindo no transporte de oxigênio. Provoca cefaleia, náuseas e tontura. Tem efeito deletério sobre o feto. Está

	realizar a queima completa do combustível. A maior parte das emissões em áreas urbanas são decorrentes dos veículos automotores.		associado com recém-nascidos de baixo peso e morte fetal.
Óxidos de nitrogênio	Fontes antropogênicas: indústrias de ácido nítrico e sulfúrico e de motores de combustão, queima de combustíveis em altas temperaturas, em usinas térmicas que utilizam gás ou incinerações. Fontes naturais: descargas elétricas na atmosfera	Traqueia, brônquios, bronquíolos, alvéolos.	Irritante. Afeta a mucosa dos olhos, nariz, garganta e do trato respiratório inferior, aumenta a reatividade brônquica e a suscetibilidade às infecções e aos alérgenos. É considerado um bom marcador da poluição veicular.

Fonte: Adaptado de CETESB (2018).

Os conceitos dos poluentes primários abordados no quadro 1, serão explorados nos subtópicos a seguir.

Material particulado

Segundo a Companhia Ambiental Do Estado De São Paulo (CETESB, 2018), Material Particulado (MP), Partículas Totais em Suspensão (PTS), Partículas Inaláveis (MP₁₀), Partículas Inaláveis Finas (MP_{2,5}) e Fumaça (FMC), são a denominação geral de material particulado, que é uma mistura heterogênia de partículas poluentes na forma líquida e sólida em suspensão no ar, capaz transporta na atmosfera compostos químicos prejudiciais a saúde humana. As fontes de poluição e ao seu potencial de causar danos à saúde humana, está relacionada as principais emissões de material particulados, que são: veículos automotores, processos industriais, queima de biomassa, ressuspensão de poeira do solo, entre outros (BRAGA et al., 2002).

O tamanho da partícula e tempo de exposição a elas define o potencial risco a saúde humana, onde quanto menor for o material particulado maior vai ser o risco a saúde humana e seus efeitos colaterais, devido essas partículas terem maior capacidade de penetrar no aparelho respiratório. Dentro das matérias particuladas os que mais trazem danos à saúde humana são os particulados com tamanho de 10 µm e 2,5 µm, PM₁₀ e PM_{2,5} respectivamente. No qual, a fração de material particulado 2,5 µm tem grande capacidade de adentrar a região alveolar dos pulmões, onde essas propriedades físicas das partículas relacionados com as características químicas, tendem a mostrar o porquê a partícula 2,5 é a mais nociva à saúde humana (CASTRO et al., 2013; FERNANDES et al., 2017).

A exposição crônica as essas partículas intensificam para aumentar o número de doenças cardiovasculares e respiratórias, como o câncer pulmonar (FERNANDES, 2017). Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS, 2018), as PM_{2,5} que possui diversos poluentes como sulfato, nitrato e carbono negro, que são tóxicos a saúde humana, podendo provocar efeitos adversos no sistema respiratório e cardiovasculares, afetando toda população.

Ozônio (O₃)

O ozônio é considerado um poluente secundário, tendo sua formação na troposfera, que é a parte da atmosfera que entra em contato com a crosta terrestre. Como o ozônio não é emitido diretamente, sendo formado a partir de outros poluentes, ele se torna um indicador de presença de oxidantes fotoquímicos na atmosfera, onde tem a função positiva de absorver radiação solar, impedindo que grandes partes dos raios

ultravioletas cheguem à superfície terrestre, entretanto devido aos diversos poluentes oxidantes como os precursores, óxidos de nitrogênio (NOx) e hidrocarbonetos, derivados de fontes de combustão móveis, como os veículos automotivos, de fontes estacionárias, como usinas termoelétricas, e até mesmo fontes naturais como as árvores, contribuem na produção de compostos orgânicos voláteis e poluentes (BRAGA et al., 2002; CETESB et al., 2018; BRASIL, 2019).

Entre os danos que o ozônio para trazer a saúde humana por ser um potente oxidante, citotóxico e que atinge as porções mais distais vias aéreas, estão segundo Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2019), o agravamento dos sintomas de asma, de deficiência respiratória, bem como de outras doenças pulmonares (enfisemas, bronquites, etc.) e cardiovasculares (arteriosclerose). Nesse sentido o tempo de exposição pode ocasionar redução na capacidade pulmonar, desenvolvimento de asma e redução na expectativa de vida.

Dióxido de enxofre (SO₂)

O dióxido de enxofre é um gás incolor e que possui um forte odor, ele resulta principalmente da queima de combustíveis fósseis e possui grande relação com os diversos poluentes atmosférico, sendo um dos principais parâmetros para análise de qualidade de ar e saúde humana, além disso, o SO₂ age nas novas partículas na atmosfera, aumentando a exposição humana a partículas ultrafinas (LISBOA, 2007). Segundo (CASTRO et al., 2013), o dióxido de enxofre ao ser oxidado na atmosfera forma o aerossol de sulfato, se tornando um dos fundamentais constituintes das partículas finas em suspensão

O SO₂ pode vir a causar grandes danos à saúde humana, agindo principalmente como irritante, afetando a mucosa dos olhos, nariz, garganta e trato respiratório. Sua inalação em doses elevadas causa danos ao sistema respiratório inferior; em casos de exposições crônicas, pode levar à diminuição da função pulmonar (BRASIL, 2019).

Monóxido de carbono (CO)

O monóxido de carbono (CO) é um gás perigoso, incolor, inodoro e sem sabor proveniente da combustão incompleta de materiais que contenham carbono. O gás é emitido diariamente em centenas de milhões de toneladas à atmosfera. Suas principais fontes de liberação são veículos automotores, usinas termoelétricas a carvão, queima de materiais orgânicos, queima de tabaco, atividades vulcânicas, sistemas de aquecimentos, queima de biomassa entre outros (ACEITUNO et al., 2009; BARROS et al., 2012; BOHM, 2014; ZANOLLI, 2015).

De acordo com a Companhia Ambiental Do Estado De São Paulo – CETESB (2012):

(...) a atmosfera é o compartimento principal de dispersão enquanto as águas superficiais encontram-se saturadas do gás. Na atmosfera o composto pode sofrer oxidação por radicais livres formando dióxido de carbono. A principal via de exposição ao monóxido de carbono é a respiratória. Intoxicações agudas podem ser fatais. Uma vez inalado, o gás é rapidamente absorvido nos pulmões e em circulação liga-se de maneira estável com a hemoglobina, impedindo o transporte do oxigênio e causando hipóxia tecidual. Por isso, a exposição ao composto está também associada a prejuízos na acuidade visual, no aprendizado, na capacidade de trabalho e aumento na mortalidade por infarto cardíaco agudo entre idosos.

Além disso, o CO tem grande afinidade com a hemoglobina (Hb) contida nos glóbulos vermelhos do sangue, responsáveis por transportar oxigênio (O₂) dos pulmões aos tecidos do corpo humano, formando a carboxihemoglobina (COHb). Quando o monóxido de carbono se encontra em elevadas concentrações no ar inspirado, este entra em competição com o O₂ pelas moléculas de Hb fazendo com que o Fe da Hb se ligue com mais força ao CO do que ao O₂, impossibilitando assim, a Hb de transportar as moléculas de O₂, tendo como consequências graves danos à saúde (MOREAU et al., 2011).

Óxidos de nitrogênio (NO_x)

O termo NO_x é usado para se referir ao grupo dos sete compostos de nitrogênio conhecidos. Dentre eles, apenas dois são considerados importantes no que se refere à poluição atmosférica: o dióxido de nitrogênio (NO₂) e o monóxido de nitrogênio (NO). Os NO_x podem ser resultantes de uma série de atividades antrópicas e naturais, tal como: a queima de combustíveis fósseis, a utilização de fertilizantes, a combustão de biomassa, processos industriais, atividade vulcânica, descargas elétricas na atmosfera etc. (BRAGA et al., 2002; GODOWITCH et al., 2010; HORGNIES et al., 2012; SILVA, 2008).

Um dos efeitos da influência dos óxidos é na produção da fumaça fotoquímica, que segundo Martins et al. (2010), "ocorre quando óxidos nitrogenados (NO_x) e compostos orgânicos voláteis (VOC) reagem na presença de luz solar". Tendo como principal produto o ozônio (O₃), um dos principais precursores deste poluente na troposfera, podendo afetar a saúde humana, provocando efeitos como tosse, desconforto e diminuição da capacidade pulmonar. Além disto, os NO_x também podem colaborar para a formação da chuva ácida (VESILIND et al., 2011).

METODOLOGIA

A pesquisa se classifica como exploratória, abordando a problemática de forma flexível e considerando vários aspectos do fato estudado, adotando, quanto à técnica de coleta de dados, a forma de pesquisa bibliográfica, com a análise de exemplos práticos que estimulam um melhor entendimento sobre o assunto proposto (GIL, 2010).

A metodologia adotada para a análise dos dados foi à revisão sistemática da literatura (RSL), a qual busca a integração da informação acadêmica produzida em diferentes situações e entre as várias áreas do conhecimento, possibilitando assim o conhecimento das evidências científicas existentes na área (GREENHALGH, 1997; IAROZINSKI NETO et al., 2010).

Dessa forma, foram levantadas pesquisas publicadas na literatura acadêmica relacionada aos efeitos da poluição atmosférica na saúde pública e no meio ambiente, sendo os critérios iniciais de inclusão: estudos experimentais ou observacionais nos sobre a temática, publicados no período compreendido entre os anos de 2008 a 2018. As bases de dados utilizadas foram: SciELO, Google Acadêmico e Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES. Além disso, outras fontes secundárias também foram consultadas, como materiais de cunho jornalístico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeitos da Poluição do Ar Sobre a Saúde Humana e no Meio Ambiente de Cidades Brasileiras

Mesmo sendo um problema de fenômeno global, as regiões mais atingidas por episódios críticos de poluição atmosférica concentram-se principalmente nas áreas metropolitanas e constitui-se uma das mais graves ameaças à qualidade de vida e aos habitantes (OLIVEIRA, 2008; SANTANA, 2008; TEIXEIRA et al., 2008). No Brasil, os grandes centros urbanos com intensa atividade industrial e tráfego de veículos são os que mais apresentam agravos relacionados à poluição do ar, tanto para a saúde humana quanto para o meio ambiente.

Toledo et al. (2011), ao analisar estudos relacionados à poluição do ar em São Paulo em períodos que vão de 1998 a 2009, constataram que há um impacto significativo na saúde da população, especialmente em idosos e crianças (faixas etárias de maior vulnerabilidade à exposição). No município, ainda segundo os autores, os poluentes que mais relacionados a doenças respiratórias são o SO₂, PM₁₀ e CO. De acordo com Dapper et al. (2016), no Estado, o monitoramento da qualidade do ar é realizado pela CETESB, onde os poluentes monitorados são escolhidos por sua frequência de ocorrência e seus efeitos adversos e servem como indicadores da qualidade do ar.

Outro estudo conduzido por Freitas et al. (2016), em avaliação dos impactos da poluição do ar na cidade de Vitória, Espírito Santo, no período correspondente aos anos de 2001 a 2006, relacionou as internações por doenças respiratórias totais e de doenças respiratórias em menores de cinco anos a todos os poluentes analisados (material particulado fino – PM₁₀; dióxido de enxofre – SO₂; e ozônio – O₃), mas com forte correlação ao PM₁₀, enquanto que internações por doenças cardiovasculares relacionaram-se à presença variável de ozônio no ambiente.

Um fato constatado, mais recentemente, por Farias (2017), demonstrou a relação das condições de vida dos moradores da Região Metropolitana do Rio de Janeiro com o potencial para concentrar poluentes atmosféricos. A partir de mapeamento, foi identificado que os espaços com alto e muito alto potencial risco à saúde são os que estão localizados aos longos das vias com maior fluxo de veículos e próximos a áreas industriais, nos quais residem uma população com mais baixas condições de vida e saúde. Do ponto de vista dos municípios que fazem parte do Arco Metropolitano do Rio de Janeiro, Farias (2017), constatou que os empreendimentos instalados para retomar o crescimento econômico do Rio de Janeiro, somados ao grande fluxo da frota veicular, acabam por se tornar os municípios de maior potencial para concentração de poluentes.

Tal resultado, remete a um dado importante nos estudos relacionados à poluição atmosférica: a população que mais sofre com as emissões, são as de menor poder aquisitivo e, portanto, as mais vulneráveis. Este fato comprova-se ainda, porque a maior parte dos dados utilizados em pesquisas, são obtidos a partir do banco de dados do DATASUS e representam um recorte da população, já que não há dados disponíveis sobre o setor privado da saúde.

A percepção da população pode também ser utilizada como um importante parâmetro para estudos epidemiológicos sobre poluição atmosférica. Alves et al. (2009), afim de revelar a frequência de doenças

respiratórias em trabalhadores dos centros comerciais de Natal, Rio Grande do Norte, identificaram que muitos trabalhadores entrevistados percebiam a presença de fuligem nas roupas, além de notarem irritação nos olhos, boca e nariz ao final de um dia de trabalho

Parte dos estudos apresentados, relacionaram o aumento da presença dos contaminantes atmosféricos a condições meteorológicas e de acordo com a CETESB (2018), os parâmetros meteorológicos que podem favorecer os altos índices de poluição são: a alta porcentagem de calmaria, ventos fracos, inversões térmicas e baixa altitude.

Além dos problemas ocasionados à saúde humana, os impactos da poluição atmosférica, estendem-se ao meio ambiente, pois dependendo do composto liberado nas emissões, há a formação de fenômenos que podem causar danos ambientais e que já são observados em grandes cidades, um deles é a chuva ácida e efeitos nas vegetações. Estudos que visem relacionar os impactos ambientais e na saúde, surgem como alternativa para o monitoramento abrangente e de baixo custo em cidades que não possuem monitoramento da qualidade do ar, esse método pôde ser observado por Ribeiro et al. (2017) ao utilizarem como bioindicadores as cascas de árvores, um método de baixo custo para monitorar a qualidade do ar em São Mateus do Sul no Paraná.

Os déficits econômicos gerados pela poluição atmosférica na saúde da população das grandes metrópoles urbanas, também são objetos de estudo, já que há uma significativa perda decorrente dos custos com a saúde, até mesmo porque a mesma está relacionada tanto a duas variáveis: a de morbidade e a mortalidade da população, o que gera um ônus elevado ao estado, fato observado por Miraglia et al. (2014) ao analisarem os custos da Poluição Atmosférica nas regiões metropolitanas brasileiras. Nas 29 regiões metropolitanas estudadas, os índices de mortalidade por doenças relacionadas à poluição atmosférica alcançaram 20.050 óbitos anualmente, o que os autores consideram um dado alarmante e reforçam a necessidade de estudos sobre valoração econômica dos danos ambientais provocados pela poluição atmosférica através de indicadores da saúde.

Propostas Mitigadoras

A procura por justificativas nos parâmetros das interações entre os poluentes atmosféricos e, entraves à saúde humana é exposto em várias pesquisas realizadas em âmbito nacional, o que pode se considerar os apuramentos que expõem casos que aumentem os teores de doenças advindas desta problemática (OLIVEIRA, 2017). Então, buscam-se medidas e ações mitigadoras com a proposta de atenuar tais desventuras na sociedade, e como sucederão os processos no futuro nas políticas implementadas.

O uso de ferramentas que gerem pontos georreferenciados são eficazes na estimativa, ocorrência ou propensão que determinada área pode agregar no que diz respeito à poluição do ar. Estes estudos servirão de base para outros de caráter ecológico, pois é comprovado o grau de confiabilidade nas concentrações de materiais particulados em suspensão identificados em mapas criados a partir do sensoriamento remoto (RODRIGUES et al., 2017). Com isto, as análises obtidas serão usufruídas na elaboração da peculiaridade de índices de mortalidade ocasionadas por poluição na finalidade de reduzir os números de impactos no meio

ambiente e bem-estar social. Ações públicas que fiscalizem esse segmento, tornam-se necessárias ao melhor resultado esperado.

A qualidade do ar tem prospecções de ser restabelecida por meio da inclusão de métodos de controle, podem se citar: utilização de combustíveis e fontes renováveis de energia, sistemas que mitiguem a emissão de poluentes por veículos e indústrias, entre outras. Antes de tudo, também é imprescindível a visualização do fator de degradação que permite maior contribuição na perturbação ambiental; isto fornece subsídios mais concretos em quais técnicas aplicar e auxilia na gestão de problemas futuros (LIANA, 2016).

No que se refere à proteção saúde de pública, a OMS (Organização Mundial da Saúde) apresenta limites máximos em diferentes tipos de poluentes. Porém, a base bibliográfica explicita que alterações são capazes de acontecer mesmo que a região apresente valores que estão dentro dos padrões permitidos, ou seja, não há um parâmetro que seja totalmente seguro na contração de doenças. Isso entra em discordância quando é descrito que enfermidades como bronquite e asma são mais propensas a atuar em períodos que os poluentes estejam em maiores acúmulos (CURTI, 2018; SALDIVA, 2013). A fiscalização e atualização de leis vigentes na avaliação desses teores são essenciais na manutenção de um ambiente saudável.

Em virtude disto, as engrenagens que o ar poluído afeta na vida cotidiana ainda é desconhecida em partes. Então, pesquisas epidemiológicas são chaves principais para mensurar os entraves, tendo em vista que já há confirmação na taxa de infecção e o efeito negativo que alguns poluentes ocasionam no organismo (DAPPER et al., 2016; NEGRISOLI et al., 2013).

No que reflete ao futuro, entra em sugestão a aplicação de análises aprimoradas de informações meteorológicas nos tempos de maiores incidências nos casos relatados de doenças. É fundamental uma comparação destes mesmos dados com outras regiões do país, pois as estações e variações climáticas são distintas em cada um; então, faz-se carente no sentido de ajudar na acessibilidade de referências para futuros estudos. Reunir números que façam comparação dos anos após a aplicação das medidas de intervenção para se ter ideia do quanto progrediram.

CONCLUSÕES

As questões apresentadas nos apontaram à necessidade que temos de rever os métodos utilizados pelo homem na busca de seu desenvolvimento econômico e social, que impactam nos aspectos da saúde humana e remetem aos cuidados com o meio natural, oferecendo o valor e a importância que merecem.

Dessa forma, observamos relevância de administrar os riscos ambientais, reconhecendo os pontos vulneráveis e reagindo aos mesmos de forma eficiente, tanto em combate a essa problemática, quanto apresentando formas efetivas de mitigação para elas. Assim, ressaltamos que o compromisso ambiental não diz respeito somente aos órgãos governamentais, devendo também ser um dever da própria sociedade, através da utilização adequada de recursos e diminuindo assim os impactos gerados, bem como os agentes patogênicos proveniente das atividades geradoras de poluentes.

REFERÊNCIAS

- ACEITUNO, D.; URRUTIA, D.; SUJIMA, E.; GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, J.. Manifestaciones neurológicas de la intoxicación aguda por monóxido de carbono: revisión de la literatura a propósito de un caso. *Revista Memoriza.com*, v.5, p.8-17, 2009.
- ALVES, K. M. S.; ALVES, A. E. L.; SILVA, F. M.. Poluição do ar e saúde nos principais centros comerciais da cidade de Natal/RN. *Revista Holos*, v.4, n.25, p.81-95, 2009. DOI: <https://doi.org/10.15628/holos.2009.349>
- ARAUJO, I. R. S.. **Simulação da dispersão de poluentes atmosféricos e avaliação da qualidade do ar na área de abrangência do distrito industrial de Barcarena/PA**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2012.
- ARBEX, M. A.; SANTOS, U. P.; MARTINS, L. C.; SALDIVA, P. H. N.; PEREIRA, L. A. A.; BRAGA, A. L. F.. A poluição do ar e o sistema respiratório. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, São Paulo, v.38, n.5, p.643-655, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-37132012000500015>
- AZUAGA, D.. **Danos ambientais causados por veículos leves no Brasil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.
- BRAGA, A.; PEREIRA, L. A. A.; SALDIVA, P. H. N.. Poluição atmosférica e seus efeitos na saúde humana. In: EVENTO SUSTENTABILIDADE NA GERAÇÃO E USO DE ENERGIA. *Anais*. São Paulo: UNICAMP, 2002.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Poluentes Atmosféricos**. Brasília: MMA, 2019.
- CASTRO, A. H.; SILVA, G. M.; ARAÚJO, R. S.. Qualidade do ar - parâmetros de controle e efeitos na saúde humana: uma breve revisão. *Holos*, v.5, p.107-121, 2013. DOI: <https://doi.org/10.15628/holos.2013.1242>
- CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Ficha de intoxicação toxicológica: monóxido de carbono**. São Paulo: CETESB, 2012.
- CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Poluentes**. São Paulo: CETESB, 2018.
- CURTI, S. M. M.. **Análise da exposição pessoal ao material particulado atmosférico no sistema de transporte público urbano de Curitiba**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018.
- DAPPER, S. N.; SPOHR, C.; ZANINI, R. R.. Poluição do ar como fator de risco para a saúde: uma revisão sistemática no estado de São Paulo. *Estudos Avançados*, v.30, n.86, p.83-97, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142016.00100006>
- DRUMM, F. C.; GERHARDT, A. E.; FERNANDES, G. D.; CHAGAS, P.; SUCOLOTTI, M. S.; KEMERICH, P. D. C.. Poluição atmosférica proveniente da queima de combustíveis derivados do petróleo em veículos automotores. *REGET*, v.18, n.1, p.66-78, 2014. DOI: <https://doi.org/10.5902/2236117010537>
- FARIAS, H. A.. Espaços de risco à saúde em consequência da poluição atmosférica. *Mercator*, Fortaleza, v.16, 2017. DOI: <https://doi.org/10.4215/rm2017.e16026>
- FERNANDES, A. R.. **Análise da qualidade do ar e preocupações com a saúde**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Porto, 2017.
- FREITAS, C. U.; LEON, A. P.; JUGER, W.; GOUVEIA, N.. Poluição do ar e impactos na saúde em Vitória, Espírito Santo. *Revista de Saúde Pública*, São Paulo, v.50, n.4, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1518-8787.2016050005909>
- GIL, A. C.. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2010.
- GODOWITCH, J. M.; POULIOT, G. A.; RAO, S. T.. Assessing multi-year changes in modeled and observed urban NOX concentrations from a dynamic model evaluation perspective. *Atmospheric Environment*, v.44, n.24, p.2894 - 2901, 2010.
- GOMES, E. P.. **Levantamento das principais fontes de emissões atmosféricas na cidade de Manaus**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2009.
- GREENHALGH, T.. Papers that summarize other papers (systematic reviews and meta-analyses). *BMJ*, v.315, p.672-3, 1997.
- HORGNIEN, M.; DUBOIS-BRUGGER, I.; GARTNER, E. M.. NOx de-pollution by hardened concrete and the influence of activated charcoal additions. *Cement and Concrete Research*, v.42, p.1348-1355, 2012.
- IAROZINSKI NETO, A.; LEITE, M. S.. A abordagem sistêmica na pesquisa em Engenharia de Produção. *Produção*, v.20, n.1, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-65132010005000011>
- LIANA, M.; EDISON, O.; JORGE, M.; MARCOS, M.; LEDA, A.; GUERRERO-VIVIANA, U.; LEILA, M. D.. Situação atual da qualidade do ar das principais cidades da América Latina. *Ciência e Natureza*, v.38, 2016.
- LISBOA, H. M.. Efeitos da poluição atmosférica. In: **Controle da poluição atmosférica**. Montreal: Primeira versão, 2007.
- MACHIN, A. B.. **Efeitos da exposição a poluentes do ar na saúde humana: interações por doenças respiratórias em** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2017.
- MARIO, M. P. J.. **Poluição atmosférica como condicionante no processo de ocupação do espaço urbano: Análise na cidade de Porto Alegre**. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Industrial) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.
- MARTINS, C. A.; FERREIRA, M. A.. considerações sobre a formação de NOx na combustão. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA, 4. *Anais*. Campina Grande, 2010.

MENDES, A.; COSTA, S.; FERREIRA, J.; LEITÃO, J.; TORRES, P.; SILVEIRA, C.; RELVAS, H.; LOPES, M.; MONTEIRO, A.; ROEBELING, P.; MIRANDA, A. I.; TEIXEIRA, J. P.. Impactos da poluição atmosférica na Saúde: perspectivas do projeto FUTURAR. **Boletim Epidemiológico Observações**, v.6, n.9, p.11-46-50, 2017.

MIRAGLIA, S. G. E. K.; GOUVEIA N.. Custos da poluição atmosférica nas regiões metropolitanas brasileiras. **Revista Ciência e Saúde Coletiva**, n.19, v.10, p.4141-4147, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-812320141910.09232014>

MOREAU, R. L. M.; SIQUEIRA, M. E. P. B.. **Toxicologia analítica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

RIBEIRO, A. P.; FERREIRA, A. B.; AQUINO, S.; RAMOS, H. R.; KNISS, C. T.; QUARESMA, C. C.; SANTOS, J. O.; SAIKI, M.; SALDIVA, P. H. N.. Diagnóstico da poluição atmosférica em regiões sem redes convencionais de monitoramento da qualidade do ar: estudo em uma pequena cidade do Paraná, Brasil. **Interciência**, Caracas, v.42, n.11, p.767-773, 2017.

MOREIRA, J. K. R.; LIMA, A. C. M.; CARDOSO, B. A.; VINAGRE, M. V. A.. Avaliação da Qualidade do Ar Através de Parâmetros Biológicos e Visuais nos Bairros de São Brás, Nazaré e Cidade Velha, Belém (PA). **Educação Ambiental em Ação**, v.53, p.1-16, 2015.

NEGRISOLI, J.; NASCIMENTO, C. F. L.. Poluentes atmosféricos e internações por pneumonia em crianças. **Revista Paulista de Pediatria**, v.31, n.4, p.501-6, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142016.00100006>

OLIVEIRA, A. P.; MATOS, M. C. N.; PEREIRA, B. B.. Avaliação da exposição ambiental ao monóxido de carbono, material particulado e ao ruído no Terminal Central de Transporte Coletivo de Uberlândia, Minas Gerais. **Journal of Health & Biological Sciences**, v.5, n.1, p.79-85, 2017.

OLIVEIRA, I. M. D.. Poluição do ar como causa de morbidade e mortalidade da população urbana. **Revista RA' E GA**, Curitiba, n.15, p.107-120, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v15i0.14249>

RODRIGUES, P. C. O.; PINHEIRO, S. L.; JUNGER, W.; IGNOTTI,

E.; HACON, S. S.. Variabilidade climática aumenta a morbimortalidade associada ao material particulado. **Revista de Saúde Pública**, v.51, p.91-91, 2017. DOI: <https://doi.org/10.11606/S1518-8787.2017051006952>

SALDIVA, P. H. N.; COELHO, M. S. Z. S.. Poluição atmosférica e saúde humana. In: **Engenharia ambiental: Conceitos, Tecnologia e Gestão**, 2013. p.345-365.

SANTIAGO, A.. **Material particulado total suspenso na baixa atmosfera em Cuiabá/MT no período de queimadas**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620150001.0027>

SILVA, M. A. L.. **Perspectiva para redução das emissões de óxidos de nitrogênio nos processos de combustão no Pólo Petroquímico de Camaçari**. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2008.

TEIXEIRA, E. C.; FELTES, S.; SANTANA, E. R. R.. Estudo das emissões de fontes móveis na Região Metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. **Revista Química Nova**, n.2, v.31, p.244-248, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422008000200010>

TOLEDO, G. I. F. M.; NARDOCCI, A. C.. Poluição veicular e saúde da população: uma revisão sobre o município de São Paulo (SP), Brasil. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v.14, p.445-454, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-790X2011000300009>

VESILIND, P. A.; MORGAN, S. M.. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

VICENTE, D. N.; MELLO, F. A.; ROSSI, R. C.. Influência dos resíduos da poluição atmosférica na saúde respiratória e no meio ambiente no pontal do paranapanema. **Colloquium Vitae**, v.8, p.220-22, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5747/cv.2016.v08.nesp.000290>

ZANOLLI, P. R.. **Avaliação dos impactos ambientais gerados pelos automóveis na cidade de Ilha Solteira/SP**. Área de conhecimento: Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2015.

A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detém os direitos materiais desta publicação. Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas sob coordenação da **Sapientiae Publishing**, da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.