

**Eixo Temático: Inovação e Sustentabilidade**

**POLUIÇÃO DO AR E PROBLEMAS NA SAÚDE: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

**AIR POLLUTION AND PROBLEMS IN HEALTH: A SYSTEMATIC REVIEW**

Steffani Nikoli Dapper, Roselaine Ruviaro Zanini e Angélica Peripolli

**RESUMO**

As atividades industriais e o número crescente da circulação de veículos no mundo são os fatores que mais contribuem para a poluição da atmosfera. Além de danos à fauna e à flora, a poluição do ar é capaz de afetar a saúde dos seres humanos. O objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão sistemática sobre estudos relacionados à poluição do ar com efeitos diretos à saúde da população no Estado de São Paulo. Para atingir tal objetivo, foi realizada uma pesquisa bibliográfica utilizando-se o descritor “qualidade do ar” na base de dados SciELO (Scientific Electronic Library Online). Buscou-se identificar as variáveis ambientais utilizadas nos estudos pesquisados, os métodos de análises estatísticas empregados, bem como os resultados obtidos. Pode-se observar, com base nos resultados da pesquisa, que a maioria dos estudos buscaram analisar a associação de determinados poluentes com doenças respiratórias e cardiovasculares em crianças e idosos. Todos os estudos encontrados apresentaram algum tipo de associação entre os poluentes e as doenças pesquisadas. Verificou-se em alguns trabalhos que, mesmo alguns poluentes cumprindo os padrões de emissão estabelecidos, apresentaram associação com algumas doenças.

**Palavras-chave:** Poluição ambiental, qualidade do ar, doenças respiratórias.

**ABSTRACT**

Industrial activities and the growing number of vehicles in the world, are the factors that most contribute to the pollution of the atmosphere. In addition to damage to fauna and flora, air pollution can affect the health of humans. The objective of this study was to conduct a systematic review of studies related to air pollution with direct effects on the health of the population in the State of São Paulo. To achieve this goal, a literature search using the descriptor was held "air quality" in the SciELO database (Scientific Electronic Library Online). Sought to identify the environmental variables used in the studies surveyed, methods of analysis used statistics as well as the results obtained. It can be observed, based on the results of the survey, the majority of studies have sought to analyze the association of certain pollutants with respiratory and cardiovascular diseases in children and the elderly. All studies found had some type of association between the pollutants and the diseases investigated. It was found in some studies, even some pollutants fulfilling the established emission standards, were associated with some diseases.

**Keywords:** Environmental pollution, air quality, respiratory diseases.

## 1 INTRODUÇÃO

A poluição atmosférica pode ser decorrente de diversas atividades econômicas, como também de fenômenos naturais. Independentemente do fator gerador, ela exerce influência no meio em que vivemos e na qualidade de vida dos seres humanos.

No começo do século XX a água potável e a produção de alimentos no mundo eram vistas como fatores preocupantes ao futuro dos seres humanos. O ar necessário para a respiração de todos os seres vivos da Terra ainda não era abordado de forma tão evidente, pois acreditava-se que este estaria constantemente disponível de forma adequada a manter a vida no planeta (Russo, 2010).

O ar que se respira é um dos elementos naturais do planeta que mais é agredido pelas ações do crescimento populacional. Indispensável para a sobrevivência da humanidade, uma vez que não se pode deixar de respirar, não recebeu toda a atenção necessária durante a evolução da sociedade, talvez pelo fato de ser abundante, invisível e inodoro, o que permitiu que as suas características, ao longo da evolução humana, fossem mudando (Braga et al., 2001).

As atividades industriais e o número crescente da circulação de veículos no mundo, são fatores que contribuem fortemente para a poluição da atmosfera. Cançado et al., (2006) ressaltam que essa pode ser provida também de fontes naturais como, por exemplo, erupções vulcânicas, bem como pela queima acidental de biomassa (material derivado de plantas ou animais).

Castro et al., (2003) salientam que o avanço tecnológico proporcionou um aumento, não só na quantidade de poluentes, mas também na variedade, prejudicando a qualidade de vida dos seres humanos e do planeta. Além de oferecer riscos à saúde, a alta concentração de poluentes na atmosfera passou a danificar de maneira agressiva a flora e a fauna. Os efeitos são mais elevados em centros urbanos e atingem muitos indivíduos devido à alta densidade populacional (Klumpp et al., 2001).

A poluição do ar gera efeitos na deposição do solo, nos vegetais e nos materiais causando, além de danos à saúde, redução da produção agrícola, danos às florestas, degradação de construções, bem como desequilíbrios nos ecossistemas (Queiroz et al., 2007).

O objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão sistemática sobre estudos relacionados à poluição do ar com efeitos diretos à saúde da população no Estado de São Paulo. No presente trabalho é apresentada, inicialmente, uma revisão bibliográfica sobre monitoramento da qualidade do ar, bem como sobre a poluição do ar e os efeitos na saúde. Posteriormente apresenta-se a metodologia da pesquisa empregada. Por fim são expostos os resultados encontrados.

## 2 MONITORAMENTO E QUALIDADE DO AR

A poluição do ar é gerada pelo lançamento de partículas e gases prejudiciais à composição da qualidade do ar. Os poluentes lançados na atmosfera, provenientes diretamente da fonte poluente, são chamados de poluentes primários e, os formados na atmosfera, por meio de reações químicas entre os poluentes, considerados primários e a composição natural do ar, são denominados de poluentes secundários (Queiroz et al., 2007).

A poluição do ar decorre de um conjunto de fatores como: as taxas de emissões dos poluentes, a localização, a concentração das fontes emissoras, as características físico-químicas dos poluentes, bem como a dispersão destes na atmosfera e a reação química entre eles, ações que são fortemente influenciadas por condições climatológicas (INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE, 2014).

Atualmente, os principais problemas causados pela poluição do ar são o aquecimento da Terra, a chuva ácida e o efeito estufa, este último causado por gases quimicamente estáveis

e inertes, o que facilita que permaneçam e se acumulem na atmosfera. Esses gases são o dióxido de carbono, metano, óxidos de nitrogênio e compostos fluorcarbonados clorados (Rangel e Carvalho, 2003).

Os problemas causados pela poluição do ar, além de provocarem efeitos na saúde da população, também impactam em efeitos negativos relativos à perspectiva econômica e social. Fatores como maior vulnerabilidade das populações carentes, aumento de custos dos sistemas de saúde e queda da produtividade agrícola podem ser vistos como exemplos de problemas causados pela poluição do ar (INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE, 2014).

No Brasil, os primeiros cuidados com a gestão da qualidade do ar surgiram a partir da política nacional do meio ambiente (PNMA) e das Resoluções nº 5/1989 e nº 3/1990 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que constituem o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR). O monitoramento do ar, no Brasil abrange os poluentes e demais compostos, além dos parâmetros meteorológicos presentes na Tabela 1, embora nem todos sejam exigidos pela Resolução do CONAMA nº 3/1990 (INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE, 2014).

Tabela 1 – Poluentes atmosféricos e parâmetros meteorológicos usualmente considerados no monitoramento da qualidade do ar

Poluente	Sigla	Parâmetro meteorológico	Sigla
Monóxido de carbono*	CO	Direção do vento	DV
Fumaça*	FMC	Direção do vento global	DVG
Partículas totais em suspensão*	PTS	Velocidade do vento	VV
Material particulado inalável inferior a 10 micrômetros*	MP10	Radiação ultravioleta	UV
Material particulado inalável inferior a 2,5 micrômetros	MP2,5	Radiação ultravioleta A	UVA
Dióxido de enxofre*	SO2	Radiação ultravioleta A e B	UV (A/B)
Ozônio troposférico*	O3	Insolação	I
Enxofre reduzido total	ERT	Umidade relativa	UR
Hidrocarbonetos não metânicos, metano ou hidrocarbonetos totais	HC	Radiação global	RG
Gás sulfídrico	H2S	Temperatura	T
Chumbo	Pb	Pressão	P
Benzeno, tolueno, etilbenzeno, meta, para e orto-xileno	BTEX		
Amônia	NH3		
Dióxido de Nitrogênio*	NO2		

Fonte: INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE, 2014

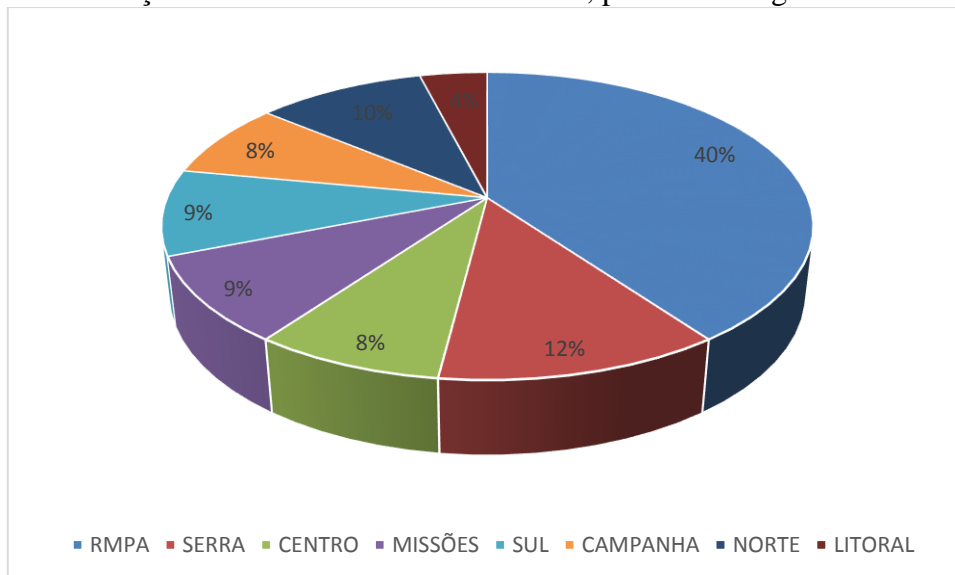
O controle é realizado por meio de estações de monitoramento, capazes de realizar medições sobre as condições da qualidade do ar. Os equipamentos de medição são caros e requerem grandes estruturas, que possibilitam o funcionamento das coletas. Além do monitoramento, esses equipamentos permitem simulações numéricas capazes de representar cenários futuros, possibilitando medidas prévias de controle (Jacomino et al., 2009).

Ao tratar da temática de poluição do ar torna-se necessário inserir o estudo da interação do homem no meio urbano, como uso dos transportes automotivos, crescimento industrial, entre outros (Russo, 2010). Os veículos em geral, emitem substâncias tóxicas na atmosfera, sendo que a quantidade de poluentes emitidos está relacionada com fatores como o tipo de motor, regulagem, manutenção e até mesmo o modo de dirigir. Mesmo sem estar com o motor ligado os veículos são capazes de poluir o ar devido a evaporação de combustível pelo suspiro do tanque, bem como no sistema de carburação do motor. Ônibus e caminhões que se caracterizam

como veículos pesados, são responsáveis pela maior parte das emissões de óxidos de nitrogênio e enxofre. Os veículos leves, movidos a gasolina e álcool, produzem principalmente, monóxido de carbono e hidrocarbonetos. Em se tratando do combustível mais poluente emitido por veículos, o diesel fica em primeiro lugar, caracterizando-se como danoso ao meio (Teixeira et al., 2008).

Com base no primeiro inventário de emissões atmosféricas das fontes móveis do Estado do Rio Grande do Sul foi elaborado as estimativas de emissões de poluentes, considerando as macrorregiões idealizadas pelo PCPV (Programa de Controle de Poluição Veicular). De acordo com o inventário realizado pela PCPV, conforme pode ser observado na Figura 1, a RMPA (região metropolitana de Porto Alegre) é responsável por 40% das emissões de poluentes providas de veículos no Estado do Rio Grande do Sul, seguida pela macrorregião da Serra representando 12%. A região Norte aparece em terceiro lugar com 10% das emissões veiculares (FEPAM, 2014).

Figura 1 - Contribuições das emissões veiculares totais, por Macrorregiões do Estado do RS.



Fonte: Primeiro Inventário de Emissões Atmosféricas das Fontes Móveis do Estado do Rio Grande do Sul – Ano Base 2009.

O principal combustível utilizado por carros leves no Rio Grande do Sul é, atualmente, a gasolina, fator preocupante, devido aos índices de emissão de gases e a dependência do mercado externo que controla boa parte do processo produtivo (Teixeira et al., 2008).

No Estado do Rio Grande do Sul as regiões mais expostas às altas concentrações de poluente são a Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA), a região de Rio Grande e a região de Caxias do Sul, devido à alta concentração industrial e ao grande número de veículos circulantes. Depois destas aparecem as regiões de Santa Maria e Passo Fundo. Municípios com grandes empreendimentos como Candiota, Triunfo, Charqueadas e Santa Cruz do Sul também são potenciais poluidores (FEPAM, 2014).

O monitoramento do ar no Rio grande do Sul ocorre por meio de rede manual e automática, que se diferenciam entre si em função das áreas que abrangem, dos equipamentos utilizados e dos parâmetros do ar. A rede manual realiza coletas de hora em hora, de seis em seis dias e as amostras são transportadas das estações para os laboratórios onde recebem as análises necessárias. Na rede automática, denominada de Ar do Sul, as análises são produzidas automaticamente por equipamentos que utilizam determinados princípios físicos e químicos no

instante em que o ar é amostrado. Os resultados gerados são enviados via rede telefônica a uma central o que permite que se obtenha um acompanhamento *online* da situação do ar e das condições meteorológicas nos locais das redes (FEPAM).

### 3 EFEITOS DA QUALIDADE DO AR NA SAÚDE

Um dos maiores problemas de saúde pública, atualmente, é a poluição do ar, podendo afetar de maneira severa a saúde dos seres humanos, animais e plantas (Castro et al., 2003). Com a revolução industrial novas fontes de poluentes como a queima de combustíveis fósseis pelos motores a combustão e a expansão das indústrias siderúrgicas começaram a surgir, sem um acompanhamento dos possíveis danos que esses poluentes poderiam causar à saúde humana (Cançado et al., 2006).

Essas mudanças refletiram em episódios de poluições excessivas, que acabaram gerando um aumento no número de mortes em algumas cidades da Europa e nos Estados Unidos. O primeiro episódio ocorreu em 1930 na Bélgica, em uma região com grandes concentrações de indústrias. No primeiro mês de dezembro as condições meteorológicas desfavoráveis, como ausência de ventos, impediram a dispersão dos poluentes, o que acarretou num aumento expressivo do número de internações, resultando em 60 mortes, dois dias após o incidente. Em outubro de 1948, na cidade de Donora, Pensilvânia, ocorreram 20 mortes ao invés das duas esperadas para o período, em uma comunidade de 14000 pessoas, devido a uma inversão térmica que manteve os poluentes das indústrias concentrados na cidade por mais tempo. O mais grave dos episódios foi em 1952, na cidade de Londres, que devido ao fato de uma inversão térmica, grandes quantidades de poluentes permaneceram sobre a cidade durante três dias, ocasionando um aumento de 4000 mortes em relação à média do mesmo período (Braga et al., 2001).

Após a ocorrência do aumento da mortalidade, em função da poluição na cidade de Londres, passaram a surgir diferentes estudos demonstrando a relação entre morbimortalidade cardiorrespiratória com os poluentes em diversas concentrações. Esses estudos passaram a contribuir para o estabelecimento de padrões nos níveis de concentração dos poluentes (Castro et al., 2003).

Os episódios envolvendo mortalidades impulsionaram o desenvolvimento de estudos nas áreas de Epidemiologia a fim de identificar os principais poluentes lançados na atmosfera e as suas consequências na saúde. Com base nos resultados encontrados, diversos países formularam padrões de qualidade do ar, estabelecendo limites de tolerância máxima, os quais não afetariam a saúde da população (Cançado et al., 2006).

No Brasil, a cidade de São Paulo é o maior alvo de estudos com seres humanos nesta área, sendo que, segundo Landin e Giatti (2014) *a cidade é, atualmente, uma metrópole insustentável, apresentando vulnerabilidades tanto sociais como ambientais. Além disso, existem testes realizados com animais que apresentam resultados coerentes de que a poluição do ar compromete os sistemas respiratórios e imunológicos dos ratos. Provavelmente os resultados fisiopatológicos em humanos seja semelhante, causando prejuízos aos mecanismos de defesa do trato respiratório* (Martins et al., 2002).

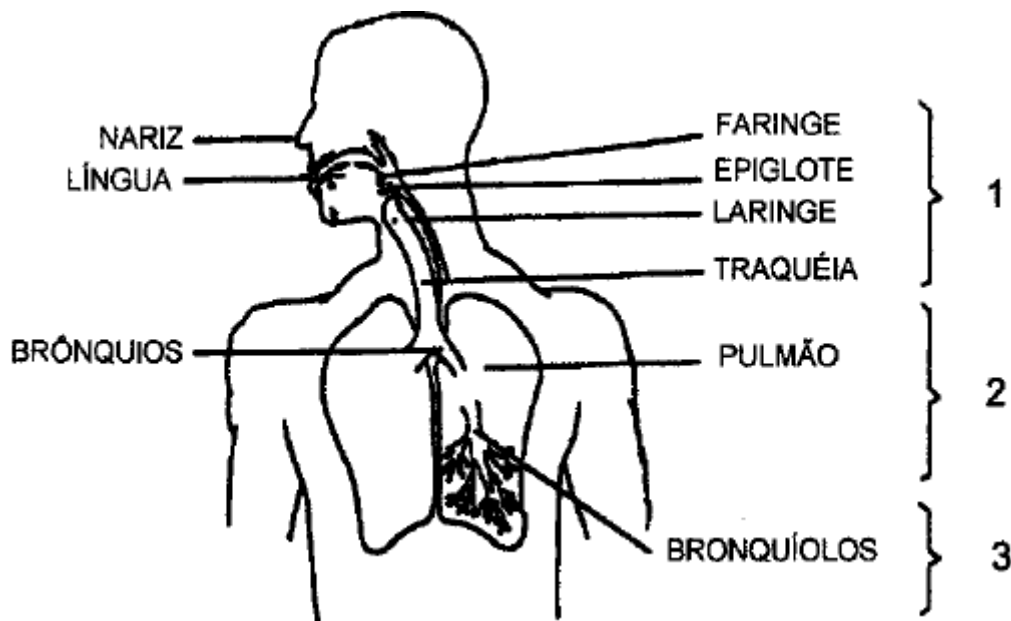
#### 3.1 Material particulado

A forma mais visível de poluição do ar, e que apresenta facilidade de ser medida quantitativamente, com a utilização de instrumentação mínima, é o material particulado (Braga et al., 2001), descrito como uma mistura de partículas líquidas e sólidas em suspensão no ar, sendo que a sua composição química e o seu tamanho dependem da fonte emissora. O material particulado pode ser dividido em partículas grandes que possuem diâmetro entre 2,5 µm e 30

µm providas de queimas descontroladas, materiais da crosta terrestre entre outros. As partículas pequenas, denominadas de matéria particulada inalável, possuem diâmetro menor que 2,5 µm e são geradas por fontes móveis de combustão, como automóveis, incineradores e termoelétricas. As partículas menores são mais ácidas, sendo capazes de passar pelas vias aéreas superiores e atingir os pulmões (Cançado et al., 2006).

A medida de matéria particulada inalável é muito importante, pois dependendo da quantidade inalada, certo material torna-se irreversivelmente depositado nas vias respiratórias (Braga et al., 2001). Com base na Figura 2 pode-se observar o tamanho das partículas e suas possíveis implicações.

Figura 2 - Deposição de matéria particulada no aparelho respiratório.



1: Aparelho respiratório superior - Partículas entre 5-30µm são retidas;

2: aparelho respiratório inferior - Partículas menores que 1µm de diâmetro alcançam o alvéolo e são depositadas nos pulmões;

3: Partículas entre 1-5µm são depositadas;

Fonte: Brickus e Neto (1999)

O destino das partículas inaladas dependerá do seu diâmetro, podendo ficar suspensas no ar ou serem removidas por filtros de ar condicionado ou aspiradores, bem como serem inaladas, atingindo os alvéolos e depositando-se no corpo humano ou, ainda, serem removidas pelas vias aéreas superiores (Brickus e Neto, 1999). O corpo humano possui mecanismos de defesa capazes de eliminar essas partículas, como a tosse e o espirro, esse último impulsionado por grandes partículas que, devido ao seu tamanho, não conseguem ultrapassar as narinas, permanecendo no local (Cançado et al., 2006).

### 3.2 Ozônio (O<sub>3</sub>)

O ozônio é a porção da atmosfera em contato com a crosta da Terra, presente na troposfera, e é formado por diversas reações catalisadas pela luz solar (raios ultravioletas) e envolve como precursores: óxidos de nitrogênio e hidrocarbonetos derivados de fontes móveis de combustão, como por exemplo, de veículos, usinas hidrelétricas e até mesmo de fonte naturais como árvores, que são responsáveis pela contribuição de compostos orgânicos voláteis. Os níveis de ozônio são maiores no fim da primavera e no começo do outono, em grandes



aglomerados urbanos que ficam localizados em direções que sopram os ventos (Braga et al., 2001).

O O<sub>3</sub> é capaz de atingir as partes mais profundas do pulmão, sendo responsável por danos severos em pessoas que já tenham problemas respiratórios como, por exemplo, asma (Martins et al., 2002).

### 3.3 Óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>)

Os motores de automóveis são os principais responsáveis pela emissão de óxido nítrico (NO) e dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>). No processo de combustão o oxigênio reage com o nitrogênio e forma óxido nítrico (NO), dióxido de nitrogênio, entre outros óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>). Todos esses compostos são reativos e, quando colocados na presença de oxigênio, ozônio e hidrocarbonetos e NO se transforma em NO<sub>2</sub>. Quando o NO<sub>2</sub> enfrenta a presença da luz solar reage com hidrocarbonetos e oxigênio formando o ozônio (O<sub>3</sub>), um dos mais severos poluentes (Braga et al., 2001).

Fontes em ambientes internos de NO<sub>2</sub> e outros óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) provem de fogões a gás, aquecedores (que utilizam querosene) e cigarro. O NO<sub>2</sub>, quando inalado pelo ser humano, é capaz de atingir as porções mais periféricas do pulmão, pois possui uma baixa solubilidade, exercendo um efeito tóxico (Cançado et al., 2006).

### 3.4 Dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e aerossóis ácidos

O dióxido de enxofre é derivado da combustão de elementos fósseis, como carvão e petróleo e tem como fontes principais de emissão automóveis e termoelétricas (Cançado et al., 2006). A longa permanência do SO<sub>2</sub> no ar faz com seus derivados (aerossóis ácidos) sejam transportados para locais distantes das fontes originárias de emissão, potencializando a área de atuação desses poluentes (Braga et al., 2002).

### 3.5 Monóxido de carbono (CO)

Os moradores de grandes centros urbanos recebem sua cota de CO do trânsito, devido ao fato da alta concentração de automóveis nesses grandes centros, pois estes são as maiores fontes de emissão desse poluente. Além daquelas pessoas que passam o dia no interior de um carro, a pé ou de bicicleta, as pessoas de um ambiente interno também podem ser afetadas pelos efeitos do CO, tanto pela vinda deste do meio externo ou pelo sistema de ventilação, churrasqueiras, fogão a gás e aquecedores a óleo (Cançado et al., 2006).

A determinação dos níveis de carboxihemoglobina no sangue pode servir para avaliar a exposição individual, uma vez que pessoas saudáveis e não fumantes, residentes em áreas de grande concentração ambiental de CO, apresentam um aumento de até 100% nos níveis de carboxihemoglobina quando comparados aos de pessoas saudáveis e não-fumantes que não estão expostas aos níveis de CO dos grandes centros urbanos. O monóxido de carbono apresenta afinidade pela hemoglobina 240 vezes maior que a do oxigênio, o que faz com que uma pequena quantidade de CO possa saturar uma grande quantidade de moléculas de hemoglobina, diminuindo a capacidade do sangue de transportar O<sub>2</sub>. Outro efeito devido ao CO é o desvio da curva de dissociação da hemoglobina para a esquerda levando à diminuição da liberação de O<sub>2</sub> nos tecidos (Braga et al., p. 64, 2001).

## 4 METODOLOGIA

Assim como outros tipos de estudos de revisão, uma revisão sistemática é uma forma de pesquisa que utiliza como fonte de dados a literatura sobre determinado tema. Esse tipo de investigação disponibiliza um resumo das evidências relacionadas a uma estratégia de intervenção específica, mediante a aplicação de métodos explícitos e sistematizados de busca, apreciação crítica e síntese da informação selecionada. As revisões sistemáticas são particularmente úteis para integrar as informações de um conjunto de estudos realizados separadamente sobre determinada terapêutica/ intervenção, que podem apresentar resultados conflitantes e/ou coincidentes, bem como identificar temas que necessitam de evidência, auxiliando na orientação para investigações futuras (Linde e Willich, 2003).

Para a obtenção dos artigos a serem analisados, utilizou-se o descritor “qualidade do ar” na base de dado SciELO (Scientific Eletronic Library Online). O período de pesquisa incluiu estudos publicados de 2000 a 2015. Os critérios de inclusão de artigos no presente estudo foram: artigos brasileiros publicados em periódicos, em português e que analisaram a associação da poluição do ar e os efeitos na saúde da população no Estado de São Paulo.

Este estudo buscou, por meio da revisão sistemática, identificar as variáveis ambientais utilizadas nos estudos pesquisados, os métodos de análises estatísticas empregados, bem como os resultados obtidos.

## 5 RESULTADOS

A seguir são apresentados os resultados referentes à pesquisa realizada sobre poluição do ar e problemas na saúde no Estado de São Paulo/SP. Pode-se observar, com base nos estudos encontrados, que os objetivos gerais dos trabalhos se concentram em verificar associações entre a poluição do ar com doenças respiratórias e cardiovasculares em crianças e idosos.

Na tabela 3 são expostas as principais doenças estudadas pelos autores, bem como as idades dos enfermos em cada doença e os poluentes relacionados nos estudos.

Tabela 3 – Principais doenças e poluentes estudados

Autores	Doença	Idade	Poluentes
Martins et al., 2002	Gripe	≥ 65	PM10, CO, SO2, NO2, O3
Martins et al., 2002; Gouveia et al., 2006	Pneumonia	<5 ; ≥ 65	PM10, CO, SO2, NO2, O3
	Asma	<5	PM10, CO, SO2, NO2, O3
Gouveia et al., 2006	Doença pulmonar obstrutiva crônica	≥ 65	PM10, CO, SO2, NO2, O3
	Doenças do aparelho circulatório	≥ 65	PM10, CO, SO2, NO2, O3
	Doença isquêmica do coração	≥ 65	PM10, CO, SO2, NO2, O3
Freitas et al., 2004	Doenças respiratórias e mortalidade de idosos	<15; >64	PM10, CO, O3
Martins et al., 2001	Infecções de vias aéreas superiores (IVAS)	>65	CO, O3, SO2, NO2 e PM10
Ribeiro e Pesquero (2010)	Morbidade respiratória	10 a 13	PM10, PTS e NO2

Fonte: Dados da pesquisa (2015)



Todos os resultados dos estudos apresentaram alguma associação da poluição do ar com as ocorrências das doenças. O estudo de Martins et al., 2001 foi um dos pioneiros na verificação do efeito do rodízio de veículos em São Paulo/SP, não só no controle da poluição, mas na relação deste com doenças respiratórias em idosos. Os resultados mostraram que houve uma redução de todos os poluentes desde a implantação do rodízio com exceção do O<sub>3</sub>. O trabalho verificou que, mesmo os poluentes atmosféricos estando dentro dos padrões permitidos, estes continuam afetando a morbidade e mortalidade por problemas respiratórios, sugerindo que os limites da qualidade do ar sejam revisados.

O estudo de Martins et al., 2002 mostrou associação entre SO<sub>2</sub> e O<sub>3</sub> com os atendimentos por pneumonia e gripe em idosos, ocorridos no pronto-socorro, sendo que, na análise conjunta, os seus efeitos mostraram-se independentes. Dos poluentes estudados pelos autores (PM<sub>10</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>), apenas o SO<sub>2</sub> não havia ultrapassado os limites aceitáveis de qualidade do ar, mesmo assim, apresentou associação com os atendimentos por pneumonia e gripe em idosos. Os resultados encontrados sugerem que a poluição do ar provoca efeitos adversos para a saúde de idosos.

O estudo de Freitas et al., 2004 encontrou um aumento de 10% nas internações causadas por doenças respiratórias de menores de 15 anos para um incremento do PM<sub>10</sub> do 10º ao 90º percentil. Gouveia et al., 2006 observaram uma associação estatisticamente significativa entre o aumento nos níveis dos poluentes do ar e o aumento de hospitalização nos dois grupos etários estudados.

Tabela 4 – Revisão sistemática sobre poluição do ar e consequências na saúde no Estado de São Paulo

Local, autor (es), e ano	Objetivo	Materiais e métodos		Resultados
		Variáveis	Técnicas estatísticas	
São Paulo (SP) - Martins et al., (2002)	Investigar os efeitos causados pela poluição atmosférica na morbidade por pneumonia e por gripe em idosos entre 1996 e 1998.	Dados diários de atendimentos por pneumonia e gripe para idosos em um pronto-socorro médico e níveis diários de CO, O <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> e PM <sub>10</sub> .	Estudo ecológico de séries temporais. Modelo aditivo generalizado de regressão de Poisson, tendo como variável dependente o número diário de atendimentos por pneumonia e gripe e como variáveis independentes as concentrações médias diárias dos poluentes atmosféricos.	O <sub>3</sub> e SO <sub>2</sub> estão diretamente associados à pneumonia e à gripe, independentemente das variáveis de controle. Porém, na análise conjunta, eles perderam sua significância estatística. Pôde-se observar que um aumento interquartil (25%-75%) para o O <sub>3</sub> (38,80 µg/m <sup>3</sup> ) e SO <sub>2</sub> (15,05 µg/m <sup>3</sup> ) levaram a um acréscimo de 8,07% e 14,51%, respectivamente, no número de atendimentos por pneumonia e gripe em idosos.
São Paulo (SP) - Martins et al., (2001)	Investigar a associação entre os níveis diários de poluentes do ar e os atendimentos de idosos com infecções de vias aéreas superiores (IVAS), nos períodos de inverno com e sem rodízio de veículos, entre 1996 e 1998.	Níveis diários de CO, O <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> e PM <sub>10</sub> e os atendimentos de idosos com infecções de vias aéreas superiores (IVAS) de um pronto socorro médico.	Estudo ecológico de séries temporais. Modelos aditivos generalizados de regressão de Poisson ajustados para sazonalidade (funções não-paramétricas de alisamento), fatores climáticos (termos lineares), indicadores de dias da semana, períodos de rodízio e número diário de atendimentos por doenças não respiratórias.	Monóxido de carbono (CO) e dióxido de enxofre (SO <sub>2</sub> ) estiveram diretamente associados à IVAS sendo essa associação robusta, resistindo à inclusão das variáveis de controle. O rodízio de veículos reduziu os níveis médios dos poluentes; entretanto, não foi observada diminuição nos atendimentos por IVAS em idosos.
São Paulo (SP) - Freitas et al., (2004)	Investigar efeitos de curto prazo da poluição atmosférica na morbidade respiratória de menores de 15 anos e na mortalidade de idosos.	Contagens diárias de admissões hospitalares, de menores de 15 anos e de mortes de idosos (>64 anos) no período de 1993 a 1997, em relação às variações diárias de poluentes atmosféricos (PM <sub>10</sub> , CO, O <sub>3</sub> ).	Estudo ecológico de séries temporais. Análise de regressão de Poisson em modelos aditivos generalizados. Os modelos foram ajustados para efeitos de tendência temporal, sazonalidade, dias da semana, fatores meteorológicos e autocorrelação.	Variações do 10º ao 90º percentil dos poluentes foi significativamente associada com o aumento de admissões por doenças respiratórias em menores de 15 anos para PM <sub>10</sub> (%RR=10,0), CO (%RR=6,1) e O <sub>3</sub> (%RR=2,5). Associação similar foi encontrada para mortalidade em idosos e PM <sub>10</sub> (%RR=8,1) e CO (%RR=7,9).
	Objetivo		Materiais e métodos	Resultados

Fonte: Dados da pesquisa (2015)

Local, autor (es), e ano		Variáveis	Técnicas estatísticas	
São Paulo (SP) Gouveia et al., (2006)	Analisar a associação entre exposição à poluição atmosférica e internações hospitalares por causas respiratórias e cardiovasculares em crianças e idosos.	Número de hospitalizações por causas respiratórias e cardiovasculares em crianças e idosos em relação aos níveis diários observados dos poluentes PM10, CO, SO2, NO2 e O3.	Estudo ecológico de séries temporais. Modelos aditivos generalizados de regressão de Poisson.	Todos os poluentes, com exceção do ozônio, apresentaram associação significativa com internações respiratórias e cardiovasculares. Um aumento de 10µg/m3 no nível de material particulado inalável associa-se ao incremento de 4,6% nas internações por asma em crianças, de 4,3% por doença pulmonar obstrutiva crônica em idosos e de 1,5% por doença isquêmica do coração também em idosos.
Espírito Santo do Turvo (SP), Ribeiro e Pesquero (2010)	Avaliar impacto da queima de cana-de-açúcar na qualidade do ar em área sujeita anualmente a esse processo e os efeitos da poluição crônica, em longo prazo, nas condições de saúde respiratória de escolares vivendo na região. No município, há cultivo de cana, queimada no pré-corte e usina próxima à área urbana.	Realizaram-se medições de PM10, PTS e NO2, durante safra, em 2004 e 2005, em pátio de escola, e aplicou-se 144 questionários com crianças de 10 a 13 anos para avaliar morbidade respiratória referida dos alunos.	Foram utilizadas técnicas de estatística descritiva para comparar os resultados dos questionários obtidos em Espírito Santo do Turvo com aqueles obtidos em Juquitiba (SP). Foram analisadas as prevalências de doenças.	Os níveis dos poluentes amostrados (NO2, PTS e PI), durante a safra de cana de açúcar, apresentaram-se abaixo dos padrões recomendados pela legislação brasileira. Houve a prevalência de sintomas de doenças respiratórias em porcentagem de crianças de 11 a 13 anos sendo mais alta em 22 dos 28 sintomas de doenças.

Ribeiro e Pesquero (2010) estudaram os efeitos da queimada de cana-de-açúcar na saúde de crianças de 10 a 13 anos, encontrando maior prevalência de doenças respiratórias em crianças que viviam próximas às queimadas, em relação àquelas que não residiam em locais em que era realizado tal prática. A grande maioria dos estudos envolvendo os efeitos da queima de cana-de-açúcar na saúde preocuparam-se em avaliar os efeitos agudos em curto prazo.

No Brasil destacam-se as pesquisas de Arbex et al., (2000), Caçado (2003) e Lopes e Ribeiro (2006) que apresentaram resultados que mostraram que, em períodos de queima de cana, aumentam o número de visitas e internações hospitalares (Ribeiro e Pesquero, 2010).

No Estado de São Paulo observou-se diferentes estudos relacionados à queima de cana-de-açúcar com doenças respiratórias. Os períodos de queima coincidem com baixas precipitações e piores condições de dispersão, o que acarretam no agravamento dos efeitos sobre a qualidade do ar. Medidas como a proibição da queima de cana-de-açúcar para o seu despalhamento pré-colheita é considerado um dilema socioambiental, pois enquanto contribuem para a melhoria da qualidade do ar, podem interferir em milhares de empregos no campo (Ribeiro e Pesquero, 2010).

Um estudo de revisão realizado por Ribeiro (2008), relatando os resultados dos trabalhos sobre o efeito da queima de cana-de-açúcar na saúde, demonstrou que a maioria dos resultados encontrados sugerem que uma parcela da população, principalmente idosos, crianças e asmáticos, tem sua saúde afetada, demandando a busca por atendimentos hospitalares. A autora salienta que estudos futuros devem tratar, além de doenças respiratórias, também do agravamento dos casos de asma, neoplasias, doenças cardiovasculares, impactos das pessoas envolvidas no trabalho, entre outros fatores.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base neste estudo pode se conhecer, no que se refere a trabalhos sobre a poluição do ar e os danos à saúde, os objetivos principais dos estudos, as variáveis mais utilizadas e os resultados encontrados, verificando-se que as doenças respiratórias e cardiovasculares em crianças e idosos são os maiores alvos das pesquisas. Todos os trabalhos descritos, encontraram algum tipo de associação com os problemas de saúde e a poluição atmosférica.

O controle e medição da concentração de poluentes na atmosfera torna-se um exercício fundamental, visto que os resultados possibilitarão a elaboração de diagnósticos das condições do ar, o que pode auxiliar autoridades do governo nas estratégias para o controle de emissões (Jacomino et al., 2009). Em contrapartida, Klumpp et al., (2001), salientam que apenas o monitoramento e coleta dos dados da qualidade do ar, não são suficientes para atingir um desenvolvimento sustentável nos centros urbanos, fato que já está sendo compreendido por administradores, políticos e pesquisadores. É necessário que haja divulgação das situações em que se encontram a qualidade do ar no local em que são medidos os poluentes. Fatores como um controle mais rígido do trânsito podem auxiliar na redução das emissões.

A análise dos interesses sociais e os atributos geocológicos dos locais afetados pela poluição é capaz de proporcionar medidas que resultem em um planejamento capaz de melhorar a qualidade de vida dos moradores de determinada área (Russo, 2010). No Brasil, ao tratar-se de mudanças climáticas, infere-se que os governos dispõem de dois tipos de instrumentos para lidar com as situações: multar os que não seguem as leis que regulamentam o cuidado ambiental e incentivar aqueles que cumprem (Carneiro 2008).

Portanto, a temática da qualidade do ar é de interesse público, pois se relaciona diretamente ao bem-estar, à qualidade de vida da população e aos gastos públicos com saúde, merecendo assim grande atenção por parte da população e de seus governantes. A mudança de

determinados hábitos pode contribuir com a diminuição do número de emissões, garantindo vida longa ao planeta Terra.

Deixa-se como sugestão estudos futuros buscando artigos em outras plataformas de pesquisas e mais Estados do Brasil, a fim de se conhecer um universo mais amplo sobre o termo abordado.

## 7 REFERÊNCIAS

- BRAGA, A. et al. **Poluição atmosférica e saúde humana**. Revista USP, São Paulo, n. 51, p. 58-71, set/nov. 2001.
- BRICKUS, R. S. L.; NETO, A. R. F. **A qualidade do ar de interiores e a química**. Química Nova, 22(1). 1999.
- CANÇADO, D. E. J. et al. **Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica**. Jornal Brasileiro de Pneumologia, 32 (Supl 1): S5-S11. 2006
- CASTRO, A. H. et al. **Questões metodológicas para a investigação dos efeitos da poluição do ar na saúde**. Revista Brasileira de Epidemiologia, v. 6, n. 2, 2003.
- CARNEIRO, A. E. P. **Modelo de Mudanças Climáticas com Gastos Públicos**. Contexto Internacional. Rio de Janeiro, v. 30, n 1, p. 49-88. janeiro/abril 2008.
- FEPAM. **Diagnóstico da Qualidade do Ar no Rio Grande do Sul no período de 2003 a 2012**. 2014. Disponível em:  
<[http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/relatorio\\_anual\\_auto.asp?id=A.A&status=s](http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/relatorio_anual_auto.asp?id=A.A&status=s)> Acesso em: 17 jun. 2015.
- FEPAM. **Monitoramento da qualidade do ar**. Disponível em:  
<[http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/monitor\\_ar.asp](http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/monitor_ar.asp)>. Acesso em: 17 jun. 2015.
- FREITAS, C. et al. **Internações e óbitos e sua relação com a poluição atmosférica em São Paulo, 1993 a 1997**. Revista Saúde Pública, 38(6):751-7. 2004
- GOUVEIA, N. et al. **Hospitalizações por causas respiratórias e cardiovasculares associadas à contaminação atmosférica no Município de São Paulo, Brasil**. Caderno de Saúde Pública, Rio de Janeiro, 22(12):2669-2677, dez, 2006.
- INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE. **1º Diagnóstico da rede de monitoramento da qualidade do ar no Brasil**. 2014. Disponível em:  
<[http://www.forumclima.pr.gov.br/arquivos/File/Rosana/Diagnostico\\_Qualidade\\_do\\_Ar\\_Ver\\_sao\\_Final\\_Std.pdf](http://www.forumclima.pr.gov.br/arquivos/File/Rosana/Diagnostico_Qualidade_do_Ar_Ver_sao_Final_Std.pdf)> Acesso em: 15 jun. 2015.
- JACOMINO, F. M. V. et al. **Avaliação da qualidade do ar em um polo produtor de ferro-gusa**. Engenharia Sanitária e Ambiental. v.14, n.4 ,511-520, out/dez. 2009.
- KLUMPP, A. et al. **Um novo conceito de monitoramento e comunicação ambiental: a rede europeia para a avaliação da qualidade do ar usando plantas bioindicadoras**

(EuroBionet). Revista Brasileira de Botânica, São Paulo, v.24, n.4 (suplemento), p.511-518, dez. 2001.

LANDIN, R.; GIATTI, L. L. **Política de mudança do clima no município de São Paulo, Brasil: reflexividade e permeabilidade do Setor Saúde.** Ciência e Saúde Coletiva, 19(10): 4149-4156, 2014.

LINDE K, WILLICH SN. **How objective are systematic reviews? Differences between reviews on complementary medicine.** J R Soc Med. 2003;96:17-22.

MARTINS, C. L. et al. **Poluição atmosférica e atendimentos por pneumonia e gripe em São Paulo, Brasil.** Revista Saúde Pública, 36(1):88-94, 2002.

MARTINS, C. L. et al. **Relação entre poluição atmosférica e atendimentos por infecção de vias aéreas superiores no município de São Paulo: avaliação do rodízio de veículos.** Revista Brasileira de Epidemiologia. 220, v. 4, n. 3, 2001.

QUEIROZ, M. G. P. et al. **Composição elementar do material particulado presente no aerossol atmosférico do município de Sete Lagoas, Minas Gerais.** Química Nova, v. 30, n. 5, 1233-1239, 2007.

RANGEL, C. M.; CARVALHO, A. F. M. **Impacto dos catalisadores automotivos no controle da qualidade do ar.** Química Nova, v. 26, n. 2, 265-277, 2003.

RIBEIRO, H. **Queimadas de cana-de-açúcar no Brasil: efeitos à saúde Respiratória.** Revista Saúde Pública; 42(2):370-6. 2008.

RIBEIRO, H.; PESQUERO, C. **Queimadas de cana-de-açúcar: avaliação de efeitos na qualidade do ar e na saúde respiratória de crianças.** Estudo avançados, 24 (68), 2010.

RUSSO, R. P. **A qualidade do ar no município do Rio de Janeiro: análise espaço-temporal de partículas em suspensão na atmosfera.** Revista de Ciências Humanas, v. 10, n. 1, p. 78-93, jan./jun. 2010.

TEIXEIRA, C. E. et al. **Estudo das emissões de fontes móveis na região metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul.** Química Nova, v. 31, n. 2, 244-248, 2008.