



UNIVERSIDADE
DO BRASIL
UFRJ

INSTITUTO DE BIOLOGIA – CEDERJ



POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA E SEUS EFEITOS NA SAÚDE HUMANA
E NO MEIO AMBIENTE: UMA REVISÃO DE LITERATURA

CRISTIANO PAULO MACHADO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
VOLTA REDONDA

2019



UNIVERSIDADE
DO BRASIL
UFRJ

INSTITUTO DE BIOLOGIA – CEDERJ



POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA E SEUS EFEITOS NA SAÚDE HUMANA E NO MEIO AMBIENTE: UMA REVISÃO DE LITERATURA

CRISTIANO PAULO MACHADO

Monografia apresentada como atividade obrigatória à integralização de créditos para conclusão do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas - Modalidade EAD.

Orientadora: Luciana Cristina do Carmo Silva Carvalho

ORIENTADORA: Prof.^a Me. Luciana Cristina do Carmo Silva Carvalho

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

VOLTA REDONDA

2019

MACHADO, Cristiano Paulo.

Poluição atmosférica e seus efeitos na saúde humana e no meio ambiente: uma revisão de literatura. Volta Redonda, 2019. 60 f. il: 31cm

Orientadora: Prof.^a Me. Luciana Cristina do Carmo Silva Carvalho. Monografia apresentada à Universidade Federal do Rio de Janeiro para obtenção do grau de Licenciado no Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas – Modalidade EAD. 2019.

Referências bibliográficas: f.57-60.

1. Palavras Chaves: Poluentes; Impactos da Poluição; Tecnologia de Controle; Levantamento Bibliográfico.

I. CARVALHO, Luciana Cristina do Carmo Silva.

II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Licenciatura em Ciências Biológicas – Modalidade - EAD

III. Poluição atmosférica e seus efeitos na saúde humana e no meio ambiente: uma revisão de literatura.

ATA DE DEFESA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus e aos meus familiares

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pois tudo que eu sou e por ser a base de tudo em minha vida; à minha família por todo apoio, amor e compreensão pelos momentos de ausência; aos meus colegas que me ajudaram e me incentivaram; a todos os professores e à CEDERJ que me proporcionaram ensinamentos necessários; e para finalizar, meus sinceros agradecimentos à minha orientadora Luciana Cristina do Carmo Silva Carvalho por todo a sua dedicação ao meu trabalho, por toda orientação, atenção e ensinamentos.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	16
1.2 BREVE HISTÓRICO DA POLUIÇÃO NO BRASIL.....	17
1.3 CAMADAS DA ATMOSFERA TERRESTRE.....	18
1.3.1 Troposfera	19
1.3.1.1 Composição da Troposfera.....	20
1.3.1.2 Temperatura na Troposfera.....	20
1.3.2 Estratosfera	21
1.3.2.1 Composição da estratosfera.....	21
1.3.2.2 Temperatura na estratosfera.....	22
1.4 POLUENTES.....	22
1.4.1 Classificação dos Poluentes	22
1.4.1.1 Origem dos Poluentes.....	22
1.4.1.2 Composição dos Poluentes.....	23
1.4.1.3 Estado Físico dos Poluentes.....	24
1.4.2 Fontes de Poluição e Qualidade do Ar	24
1.5 IMPACTOS DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA.....	31
1.5.1 Saúde Humana	32
1.5.2 Impactos no Meio Ambiente	34
1.5.2.1 Acidificação da Atmosfera e Chuva Ácida.....	34
1.5.2.2 Redução da Camada de Ozônio.....	36
1.5.2.3 Efeito Estufa e Aquecimento Global.....	37
1.6 CONFERÊNCIAS E PROTOCOLOS.....	38
1.6.1 Protocolo de Quioto	38
1.6.2 Protocolo de Montreal	39
1.6.3 Conferência de Copenhague	40
1.7 TECNOLOGIAS DE CONTROLE	41
2 OBJETIVO	47
2.1 OBJETIVO GERAL.....	47
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	47
3 METODOLOGIA	48
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	49

5 CONCLUSÃO	55
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: A Estrutura da Atmosfera Terrestre.....	19
Figura 2: Qualidade do Ar.....	26
Figura 3: Principais Poluentes Climáticos no Tempo no Ar Atmosférico	27
Figura 4: Cidade com alta Concentração de Poluentes.....	33
Figura 5: Formação e Dissociação do Ácido Carbônico.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Origem dos Poluentes	23
Tabela 2: Agentes Poluentes e sua Fontes	24
Tabela 3: Vertentes Difusas e Fontes Fixas Direcionadas os Principais Fluxos.....	27
Tabela 4: Principais Compostos Químicos que Prejudicam a Saúde.....	28
Tabela 5: Equipamentos de Controle mais Usuais e suas Características	42
Tabela 6: Panorama dos impactos à saúde humana e ambiental, e tecnologias de controle à poluição do ar no Brasil.....	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS:

CIO: Molécula de Óxido de Cloro
CFC: Cloro-Flúor-Carbono
CH₄: Metano
CO: Monóxido de Carbono
CO₂: Dióxido de Carbono
COP: Conferência das Partes
COVs: Compostos Orgânicos Voláteis
CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONTRAN: Conselho Nacional de Trânsito
C_xH_y: Carbono e Hidrogênio
DPOC : Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica
ESP: Precipitador Eletrostático
HCFCs: Hidroclorofluorcarbonos
HCT: Hidrocarbonetos Totais
HF: Ácido Fluorídrico
HFCs: Hidrofluorcarbonos
H₂O: Vapor de água
H₂S: Gás Sulfídrico
H₂SO₄: Ácido Sulfídrico
IPCC: Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
MP: Material Particulado
NH₃: Amônia
NOX: Número de Oxidação
N₂: Nitrogênio Gasoso
N_xO_x: Óxido de Nitrogênio
O₂: Molécula de Oxigênio
O₂ O₂: Oxigênio Molecular
O₃: Ozônio
SCR: Redução Catalítica Seletiva
SISNAMA: Sistema Nacional do Meio Ambiente
SNCR: Redução não catalítica seletiva
ESP: Precipitador Eletrostático

SO₂: Dióxido de Enxofre

ULNB: Ultra-LowNox

RESUMO

O presente estudo trata da poluição atmosférica e seus efeitos na saúde humana e no meio ambiente, através de uma revisão de literatura. São muitos os problemas de saúde que são causados pela poluição atmosférica, como redução da eficiência do sistema mucociliar no nariz, aumento dos casos de asma, câncer de pulmão, doenças cardiovasculares, entre outros. O meio ambiente também sofre as consequências da má qualidade do ar, tendo em vista que a poluição intensifica a redução da camada de ozônio, do efeito estufa e do aquecimento global, bem como toda a fauna e flora são afetadas, com alteração da fotossíntese, no pH da água, entre outros danos, que ocorrem com a acidificação da atmosfera e as chuvas ácidas. A poluição atmosférica é uma preocupação mundial, sendo que diversas conferências e protocolos foram assinados ao longo dos anos com o comprometimento de diversos países em diminuir a poluição atmosférica de seu país. Existem Tecnologias de Controle para auxiliar no combate a liberação de poluentes, através da implementação de equipamentos capazes de minimizar os efeitos da poluição atmosférica, tais como: Filtro de tecido, Lavador de gases, Lavador de gases tipo venturi, Pré-aquecimento do ar de combustão, Precipitador Eletrostático (ESP), Queimadores tipo LowNox, Recirculação dos gases de combustão, Redução catalítica seletiva (SCR), Redução não catalítica seletiva (SNCR) e Torre de carvão ativado.

Palavras-chave: Poluentes; Impactos da Poluição; Tecnologia de Controle; Levantamento Bibliográfico.

ABSTRACT

The present study deals with air pollution and its effects on human health and the environment through a literature review. There are many health problems that are caused by air pollution, such as reducing the efficiency of the mucociliary system in the nose, increased cases of smas, lung cancer, cardiovascular diseases, among others. The environment also suffers the consequences of poor air quality, as pollution intensifies the reduction of the ozone layer, greenhouse effect and global warming, as well as all fauna and flora are affected, with changes in photosynthesis, in the pH of water , among other damage, which occur with acidification of the atmosphere and acid rains. Air pollution is a global concern, and several conferences and protocols have been signed over the years with the commitment of several countries to reduce their country's air pollution. There are Control Technologies to assist in combating the release of pollutants, through the implementation of equipment capable of minimizing the effects of air pollution, such as: Fabric filter, Gas washer, Venturi gas washer, Preheating of combustion air, Electrostatic Precipitator (ESP), LowNox burners, Recirculation of combustion gases, Selective catalytic reduction (SCR), Selective non-catalytic reduction (SNCR) and activated carbon tower.

Keywords: Pollutants; Pollution impacts; Control Technology; Bibliographic Survey.

1 INTRODUÇÃO

A qualidade do ar depende de diversos fatores, como “a magnitude das emissões, a topografia e as condições meteorológicas da região, favoráveis ou não à dispersão dos poluentes” (BRASIL, 2019, *on line*).

Estudos epidemiológicos de Dapper *et al.* (2016), Arbex *et al.* (2014) e Bragança (2019) mostram que existe relação direta entre a exposição aos poluentes atmosféricos e os efeitos de morbidade e mortalidade, que causam graves problemas de saúde, tais como asma, enfisema pulmonar, bronquite, alergias respiratórias, câncer de pulmão, entre outros (BRASIL, 2019). Esses estudos não esgotam ao evidenciar sobre o quanto é prejudicial à poluição principalmente tratando sobre os principais poluentes como a fuligem de queimada, derivado de petróleo como dióxido de enxofre (SO₂) e metais pesados como chumbo – Pb e mercúrio Hg (DAPPER *et al.*, 2016).

Algumas cidades apresentam grande problemas atmosféricos, lembrando que 9 entre 10 pessoas respiram ar poluído, e de alguma forma esses agentes poluentes entram no sistema respiratório e circulatório das pessoas causando danos à saúde, segundo Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) (BRASIL, 2019).

Nas últimas décadas, o mundo tem demonstrado estar preocupado e atento com a poluição atmosférica, no entanto, mesmo com a evolução e os esforços empenhados, a solução do problema ainda está aquém de estar resolvido ou até mesmo atenuado. Os níveis de poluição têm aumentado e isso vem causando grandes danos à saúde e ao meio ambiente (BARBOSA *et al.*, 2015).

A exposição das pessoas a diversos poluentes do ar prejudica a saúde, desta maneira a pergunta norteadora é: Qual seria a principal intervenção para evitar os problemas da poluição no planeta?

Com o declínio do controle ambiental, a questão está em conscientizar o problema que a poluição pode trazer ameaças nos fatores sociais, incluindo, a saúde humana e o desequilíbrio da natureza.

Lembrando que a poluição ambiental é um conflito da saúde pública, devido os fatores que contribuem: câncer, doenças respiratórias fora o caso de crianças que já nascem com problemas sérios no pulmão (BRASIL, 2019).

O trabalho foi realizado mediante uma revisão de literatura, através da listagem dos principais conceitos de autores renomados, para reunir informações existentes suficientes sobre o assunto abordado, com pesquisa tipo exploratória.

1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A poluição atmosférica do ar prejudica a saúde e a segurança dos indivíduos e são casos que envolvem a saúde pública. O Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) na qual a Lei 6.938/1981 e é órgão que regulamenta a parte da gestão ambiental buscando coordenar e fiscalizar as esferas governamentais para melhoria e qualidade ambiental (BRASIL, 2019).

Vale considerar que a competência vista pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e ainda pelo Ministério do Meio Ambiente vem a direcionar que a Gestão que envolve a qualidade do ar tem como responsabilidades visar às atribuições que envolvem projetos no qual envolvem também questões que são responsáveis pela poluição do ar como o Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN), devido às queimadas, diante esse contexto apresentando os padrões divididos que tratam sobre a qualidade do ar como órgão regulador que é o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e a Resolução CONAMA n.º 491/2018 (que revogou o CONAMA n.º 3/1990).

A Resolução CONAMA 491/2018 dispõe sobre a qualidade do ar, mais especificamente, determina novos padrões de qualidade do ar a serem adotados em todo o país, revogando as legislações anteriores que tratavam sobre o tema, a saber, a Resolução CONAMA 03/90 e a Resolução CONAMA 05/89 (BRASIL, 2019).

O artigo 5º da Resolução CONAMA n.º 491/2018, em seu § 2º, inciso III prevê que os órgãos ambientais estaduais e distrital têm que conter diretrizes e ações com respectivos objetivos, metas e prazos de implementação:

Art. 5º Os órgãos ambientais estaduais e distrital deverão elaborar, em até 3 anos a partir da entrada em vigor desta Resolução, um Plano de Controle de Emissões Atmosféricas que deverá ser definido em regulamentação própria.

[...]

§ 2º O Plano de Controle de Emissões Atmosféricas deverá conter:

[...]

III - diretrizes e ações com respectivos objetivos, metas e prazos de implementação (BRASIL, 2019).

Como pode se verificar, os órgãos ambientais estaduais e distrital possuem 3 meses para elaborar essas diretrizes e ações, a partir da entrada em vigor da resolução supracitada.

1.2 BREVE HISTÓRICO DA POLUIÇÃO

Na idade antiga, os romanos tinham o hábito de acender inúmeras fogueiras e utilizar madeira para aquecer as casas, e isso pode ter sido responsável por afetar o clima de várias formas, inclusive causado resfriamento do clima na Europa. Há uma estimativa de que o volume de fuligem e carbono liberados no ar causou o resfriamento em 0,3 graus (NICOLUSSI, 2014).

O Império Romano foi também responsável em poluir a Europa com chumbo, através de grandes mineradoras, que fez aumentar mais de dez vezes a concentração do metal no ar. Estima-se que a poluição atmosférica ocorreu desde a Idade do Bronze (3000 a 800 a.C), passando pela Idade Antiga (800 a.C até o século V a.C) indo até o início da Idade Média. Conclui-se que os romanos foram responsáveis pela poluição atmosférica da Europa por mais de 500 anos (POURSAFA *et al.*, 2015).

Na idade média, muitas doenças surgiram tais como cólera e febre tifóide, que matou muita gente, devido às más condições sanitárias e do lixo acumulado. Os lixões a céu aberto são muito prejudiciais ao meio ambiente, tanto para o solo como para o ar atmosférico, pois são emitidos gases extremamente prejudiciais à saúde (SOUZA, 2014).

Na idade moderna, no século XVII, o que causou poluição atmosférica foi à fundição de metal, de cobre e a combustão de carvão, sendo Londres muito afetada pela poluição, sendo visível em sua paisagem urbana (NICOLUSSI *et al.*, 2014).

O caminho que levou a poluição a ganhar uma maior notoriedade para o risco da saúde humana começou na era da Revolução Industrial, na idade contemporânea, onde a qualidade do ar passou a desequilibrar devido o processo migratório e também a industrialização, isso aconteceu devido ao deslocamento das pessoas do meio rural para o meio urbano, buscando assim qualidade de vida através do trabalho (DAPPER *et al.*, 2016).

A revolução industrial é a principal precursora dos problemas ambientais no mundo, principalmente em relação a poluição atmosférica, uma vez que com a substituição da mão de obra manual por maquinários causou uma mudança nas formas de trabalho e conseqüentemente na obtenção de energia, oriunda de combustíveis fósseis. Na época, o combustível utilizado era o carvão mineral, que a partir da sua queima movimentava não só os maquinários, mas também os navios e locomotivas. Além disso, a característica marcante dos primórdios da revolução é a produção em grande escala de automóveis, que também utilizam combustíveis fósseis como fonte de energia. Assim a cada ano, intensificava a circulação de carros e as atividades industriais, dos quais necessitavam em escalas cada vez maiores de recursos naturais, de forma desenfreada e sem controle (DAPPER *et al.*, 2016, p. 23).

Com isso, o espaço urbano ganhou novo cenário, as cidades começaram a se desenvolver em todo campo industrial buscando visar o capitalismo que por sua vez, também aumentou a emissão de poluentes dos veículos automotores, contribuindo para degradação ambiental. Esses acontecimentos foram contribuindo no episódio da poluição excessiva, levando aos danos da saúde, devido os níveis de poluição atmosférica (JARDIM, 2011).

É sabido que esses danos vieram atingir as faixas etárias entre crianças, jovens, adultos e idosos, lesando assim, as vias respiratórias causando várias doenças, atingindo pulmão, laringe e outras neoplasias como estômago, doenças pulmonares tipo asma, bronquite e ainda as doenças cardiovasculares, isso devido ao tipo de poluição (DAPPER *et al.*, 2016).

Atualmente, os principais poluentes do ar são a fumaça, partículas inaláveis, dióxido de enxofre, ozônio, dióxido de nitrogênio e monóxido de carbono. O Brasil encontra-se em uma situação complicada, com diversas queimadas na floresta amazônica. Com a queima, libera-se gás carbônico e metano, aumentando o aquecimento global e o efeito global, e ainda pode alterar a temperatura do clima na Amazônia. É uma situação bastante preocupante, não apenas para o Brasil, mas em todo o mundo.

1.3 CAMADAS DA ATMOSFERA TERRESTRE

A formação da atmosfera terrestre consiste em várias camadas de gases que envolvem a Terra por causa dos efeitos do campo gravitacional. Todas as camadas

possuem suas composições e atributos próprios de gases de acordo com as suas densidades, e cada uma apresenta função específica em relação a Terra. Quanto mais denso os gases, mais próximos da Terra eles ficam (JARDIM, 2011).

As camadas que envolvem a Terra são classificadas em cinco, que são: troposfera, estratosfera, mesosfera, termosfera e exosfera, conforme a figura 1.

Figura 1 – A Estrutura da Atmosfera Terrestre



Fonte: BRASIL, 2019, *on line*.

Para entender melhor o tema, as camadas da atmosfera terrestre que merecem mais atenção são a troposfera e a estratosfera, pois são as camadas mais próximas da Terra e que estão mais relacionadas com as consequências da poluição atmosférica.

1.3.1 Troposfera

A troposfera é a camada que possui mais densidade, e quanto mais densa, mais próximo da Terra. A totalidade da massa atmosférica é de aproximadamente 5×10^{18} kg, e que cerca 70% dessa massa esteja presente na troposfera (JARDIM, 2011).

Cada parte da Terra possui uma variação em relação à espessura da troposfera, que varia de 8 km a 14 km, sendo que as partes mais finas (de 8 km) encontram nos pólos norte e sul (DAPPER *et al.*, 2016).

Pelo fato da troposfera ser muito próxima a Terra, é uma camada que possui a responsabilidade de proteger a vida no planeta, e é ainda é o local em que acontecem praticamente todos os fenômenos climáticos.

A palavra troposfera vem do grego *tropos*, que significa mudança. Essa camada é responsável em delimitar o começo e o final da estratosfera, e isso se chama tropopausa. A tropopausa pode ser visualizada mediante “os distintos padrões de pressão e temperatura de cada uma das camadas” (JARDIM, 2011, p. 23).

Na troposfera podem ser encontradas aves, nuvens, clima, gases (como nitrogênio, oxigênio, argônio e dióxido de carbono), precipitações (como chuva, neve e granizo), entre outros (JARDIM, 2011).

1.3.1.1 Composição da Troposfera

A composição da troposfera é muito importante para o ar que se respira na Terra, pois a composição do ar possui tem uma parte variável de vapor de água que penetra na troposfera mediante a evaporação. Em relação ao volume, a composição da troposfera é de “78.08% de nitrogênio, 20,95% de oxigênio, 0.93% de argônio e 0.04% de dióxido de carbono” (JARDIM, 2011).

1.3.1.2 Temperatura na Troposfera

De acordo com o aumento da altitude, a temperatura na troposfera cai, da mesma maneira que ocorre com a pressão. Isso acontece tendo em vista que a energia solar é absorvida em sua maior parte pelo solo e isso promove o aquecimento dos níveis mais baixos da troposfera (DAPPER *et al.*, 2016).

Dessa maneira, as regiões mais quentes evaporam mais rápidas, por isso os vapores de água permanecem ao nível do mar e são mais difíceis em altitudes elevadas.

1.3.2 Estratosfera

A segunda maior camada da atmosfera é a estratosfera e é também a segunda camada mais próxima da Terra. A estratosfera tem aproximadamente 15% da massa total da atmosfera da Terra (SILVA *et al.*, 2013).

A partir da tropopausa, a espessura da estratosfera é de 35 km, ou seja, a estratosfera fica localizada entre a troposfera e a mesosfera. A palavra estratosfera vem do grego *strato*, que significa camada. Possui esse nome para mostrar que a estratosfera é subdividida em outras camadas menores (SILVA *et al.*, 2013).

Como é uma região que não possui troca de ar, é uma região com estabilidade. Por essa razão, é a camada escolhida pelos pilotos de avião para evitar as turbulências, com o atrito e trocas de ar (JARDIM, 2011).

A estratosfera possui ainda a camada de ozônio, que tem como função realizar a absorção de grande parte da radiação ultravioleta que o sol emite. A camada de ozônio é fundamental para que exista vida na Terra (JARDIM, 2011).

Da mesma forma que ocorre com a troposfera, a estratosfera possui um delimitador do seu começo e do seu final, que é a estratopausa (JARDIM, 2011).

1.3.2.1 Composição da estratosfera

Existem muitos elementos na superfície da Terra e na troposfera, no entanto nenhum deles alcança a estratosfera. É bastante comum que haja decomposição na troposfera, com eliminação pela luz do sol e que as chuvas levem esses elementos de volta à superfície terrestre (SILVA *et al.*, 2013).

Praticamente não existe troca de ar entre a troposfera e a estratosfera quando ocorre à inversão na dinâmica de temperaturas entre elas, por isso na estratosfera quase não existem vapores de água, e com isso, é rara a formação de nuvens nesta camada (JARDIM, 2011).

Acerca dos gases existentes, a predominância da formação da estratosfera é por ozônio, sendo que 90% de todo ozônio que existe na atmosfera venha desta camada. E

ainda, vulcânicas como óxidos de nitrogênio, ácido nítrico, halogêneos, entre outros, que levam elementos contidos nesta camada (SILVA *et al.*, 2013).

1.3.2.2 Temperatura na estratosfera

De acordo com o aumento da altitude, a temperatura na estratosfera sobe, e essa variação é entre -51°C no ponto mais baixo (tropopausa) e -3°C no ponto mais alto (estratopausa) (JARDIM, 2011).

1.4 POLUENTES

Conforme destaca Dapper *et al.* (2016), os principais problemas de saúde das pessoas envolvem a poluição do ar atmosférico, causando diversas doenças respiratórias, decorrentes dos poluentes que estão presentes no ar.

São considerados poluentes qualquer substância que esteja no ar e que cause problemas à saúde humana e ao planeta, causando diversos danos tanto à fauna, como à flora (BRASIL, 2019).

1.4.1 Classificação dos Poluentes

A classificação dos poluentes leva em consideração a sua origem (primários e secundários), composição (orgânicos e inorgânicos) e estado físico (material particulado, gases e vapores) (DAPPER *et al.*, 2016).

1.4.1.1 Origem dos Poluentes

O nível dos poluentes são medidas de acordo com as quantidades de substâncias impróprias presentes no ar. Para auxiliar nesta medição, os poluentes possuem classificações quanto a sua origem, que podem ser primárias e secundárias, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Origem dos Poluentes

Poluentes Primários	Poluentes Secundários
Aqueles emitidos diretamente pelas fontes de emissão.	Aqueles formados na atmosfera através da reação química entre poluentes primários e componentes naturais da atmosfera.

Fonte: BRASIL, 2019, *on line*.

Arbex *et al.* (2012, p. 23) menciona que entre os poluentes primários estão:

[...] monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NOX), PM₁₀ (partículas de diâmetro menor a 10 micra) e frações como PM_{2,5} (partícula com diâmetro menor ou igual a 2,5 µm) que compõem entre 60% e 70% do material em partículas PM₁₀".

Já os poluentes secundários são aqueles relacionados às condições físicas e reações químicas na atmosfera, como o ozônio troposférico (O₃), que diante da luz solar libera reações entre os óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis. Estão ainda presente no poluente secundário o ácido sulfídrico (H₂SO₄) que origina a chuva ácida e os óxidos de nitrogênio, que ocorre também diante da luz solar (ARBEX *et al.*, 2012).

1.4.1.2 Composição dos Poluentes

Em relação à composição dos poluentes, podem ser divididos em orgânicos e inorgânicos. Como orgânicos, o principal componente é o carbono, sendo os hidrocarbonetos, compostos exclusivamente de carbono e hidrogênio (C_xH_y), os aldeídos e as cetonas (ARBEX *et al.*, 2012).

Como inorgânicos, pode ser citado o gás sulfídrico (H₂S), o ácido fluorídrico (HF) e a amônia (NH₃) (ARBEX *et al.*, 2012).

1.4.1.3 Estado Físico dos Poluentes

O estado físico dos poluentes é dividido em gases, vapores e material particulado. Os gases são substâncias encontradas no ar em estado gasoso e que estão em temperatura e pressão ambiente (BOITO, 2013). Já os vapores são consequência da queima incompleta e da vaporização de combustível e outros orgânicos produzidos por carros, indústrias, entre outros. Os vapores são diferentes dos gases, pois os gases são condensados em condições normais de temperatura e pressão, como a naftalina, benzeno, álcool etílico, mercúrio, gasolina e vapores de água (JARDIM, 2011). O material particulado consiste em misturar partículas nos estados líquido e sólido, que são emitidas por fontes poluidoras ou formadas na atmosfera. São classificadas em fumos, poeiras, fumaças, névoas (BOITO, 2013).

1.4.2 Fontes de Poluição e Qualidade do Ar

A qualidade do ar será definida conforme a interação entre as fontes de poluição e a atmosfera. As principais fontes que emitem material particulado para a atmosfera são: veículos automotores, processos industriais, queima de biomassa, entre outros, conforme demonstrado na tabela 2.

Tabela 2 - Agentes Poluentes e suas Fontes

Poluentes	Características	Fontes principais
As partículas de suspensão	Partículas de materiais líquidos que ficam suspensas no ar em forma de fumaça, entre outros	Processos Industriais e ainda veículos motorizados como também poeiras
Partículas inaláveis	Também não deixa de ser partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar como a poeira, fumaça, aerossol entre outros	Processo de combustão (indústrias e veículos automotores) aerossol secundário formação da atmosfera

Dióxido de enxofre	Gás incolor tem fortes cheiros, geralmente assemelha com o fósforo queimado pode ser transformado em SO_3 a presença de vapor água que passa rapidamente para H_2SO_4	Queima de combustão, refinaria de petróleo, veículo diesel entre outros
Dióxido de nitrogênio	Percebe-se que pode levar a formação de ácido nítrico, nitratos (os quais contribuem para o aumento das partículas inaláveis na atmosfera) e compostos orgânicos tóxicos	Trata de combustão envolvendo veículos automotores, processos industriais, usinas térmicas que utilizam óleo ou gás, incinerações
Monóxido de carbono	Gás incolor, inodoro e insípido.	Combustão incompleta em veículos automotores
Ozônio	Trata de um gás incolor que tem grandes concentrações ambientais e o principal componente da névoa fotoquímica	Fotoquimicamente pela radiação solar sobre os óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis

Fonte: BRASIL, 2019, *on line*.

Verifica-se que os números de veículos que estão no cenário urbano e a quantidade de indústrias vêm aumentando cada dia e isso é extremamente prejudicial à qualidade do ar, o que vem ocasionando constante aumento na poluição (BOITO, 2013).

É responsabilidade do Estado, estabelecida pelo CONAMA, que cada região faça o monitoramento da qualidade do ar, mas, dos 27 Estados brasileiros, apenas onze fazem esse monitoramento, entre eles São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Minas Gerais, Bahia, Sergipe, Rio Grande do Sul, Paraná, Goiás, Mato Grosso e Distrito

Federal. O restante do país não possui nenhum tipo de monitoramento, conforme mostra na figura 2.

Figura 2 - Qualidade do Ar por regiões brasileiras

	Sem monitoramento da qualidade do ar	Com monitoramento da qualidade do ar
Centro-Oeste	Mato Grosso do Sul	Goiás, Mato Grosso e Distrito Federal
Nordeste	Alagoas, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte	Bahia, Sergipe
Norte	Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins	
Sudeste		Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo
Sul	Santa Catarina	Paraná, Rio Grande do Sul

Fonte: BRAGANÇA, 2019, p. 23.

Cada poluente climático possui um tempo de vida, podem ser destacados, como principais poluentes reconhecidos no Brasil como nocivos à saúde, tais como Carbono Negro, que demora entre dias até semanas para se dissipar; Ozônio Troposférico (O₃), demora semanas; o Metano CH₄, que demora 12 anos; Hidrofluorcarbonos (HFCs) demora 15 anos e Dióxido de Carbono (CO₂) aproximadamente 100 anos (Figura 3).

Figura 3 - Principais Poluentes Climáticos no Tempo no Ar Atmosférico

Fonte: BRASIL, 2017, *on line*.

Dapper *et al.* (2016) revelaram de forma consistente que esses estudos padrões podem ser feitos por meios das principais revisões sistemáticas que envolvem a poluição atmosférica, saúde da população, os principais produtos que estão no ar atmosférico para uma construção efetiva embasada dos riscos da saúde humana.

A fonte que trata sobre a poluição do ar para Baretta (2014) e seus colaboradores explicam que essas poluições derivam nos locais fixos como indústrias, usinas, termoelétrica, entre outros, sendo dividida em duas vertentes difusas e fontes fixas direcionadas os principais fluxos, como pode ser visualizado na Tabela 3.

Tabela 3 - Vertentes Difusas e Fontes Fixas Direcionadas os Principais Fluxos

	Móveis	Fixas
Naturais		Emissões vulcânicas, maresias, incêndios
Antropogênica	Automóveis, trens, aviões, locomotivas, embarcações marítima	Indústrias, usinas, termoelétricas

Fonte: BRASIL, 2014, *on line*.

Conforme consta na Tabela 3 o poluente tem características os dividem pelas principais atividades como mostra Arbex *et al.* (2012), em setores primários e secundários apresentando os monóxidos de carbono, óxido de enxofre, óxido de nitrogênio, dióxido de carbono e as partículas de fumaças e ainda para o campo secundário temos a decomposição de óxidos de nitrogênio tipo a radiação ultravioleta a formação do ozônio, nitrato de peroxiacetila e ainda o ácido sulfúrico.

Tabela 4 - Principais Compostos Químicos que Prejudicam a Saúde

Poluentes	Fontes	Penetração do sistema respiratório	Fisiopatologia
PTS	Fonte antropogênicas: poeira da rua e de estradas, atividades agrícolas e de construções. Fontes naturais: sal marinho, pólen, esporos, fungos e cinzas vulcânicas.	Nariz e garganta	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 (doença pulmonar obstrutiva crônica). Pode ser cancerígeno
MP₁₀		Traqueias e bronquíolos	Idem.
MP_{2,5}	Queima de combustíveis fósseis e de biomassa, usinas	Alvéolos, tecidos pulmonar, corrente sanguínea	Idem.

	termoelétricas		
O₃	<p>Não são agente causadores vindo diretamente da atmosférica ocorre através de reações químicas complexas entre compostos orgânicos voláteis (COVs) e óxidos de nitrogênio (NOX) na presença de luz solar ou seja, A luz solar e a temperatura estimulam tais reações, de tal forma que em dias ensolarados e quentes, ocorrem picos de concentração de ozônio. As fontes de emissões de COVs e no NOX são veículos, indústrias químicas, lavanderias e atividades que usa solvente</p>	Idem.	<p>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 frio e exercícios.</p>

NOX, NO₂	<p>Fonte antropogênicas: indústrias de ácido nítrico e sulfúrico e de motores de combustão (principal fonte), queima de combustíveis em altas temperaturas, em usinas térmicas que utilizam gás ou incinerações.</p> <p>Fontes naturais: descargas elétricas na atmosfera</p>	Traquéia, brônquios, bronquíolos, alvéolos	Irritante. Afeta a mucosa dos olhos, nariz, garganta e do trato respiratório inferior. Aumenta a reatividade brônquica e a sustentabilidade às infecções e aos alérgenos. É considerado um bom marcador da poluição veicular
SO₂	<p>Fontes antropogênicas: refinarias de petróleo, veículos a diesel, fornos, metalurgia e fabricação de papel. Fontes naturais: atividades vulcânica</p>	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
CO	<p>Fontes antropogênicas: queimadas florestais, combustão incompleta de combustíveis</p>	Alvéolos, corrente sanguínea	União com a hemoglobina, interferindo no transporte de oxigênio. Provoca caquexia, náuseas e tontura. Tem efeito deletério sobre o

	fósseis ou outros materiais orgânicos e transportes rodoviários. O setor que mais contribui para as emissões desse poluente são as áreas urbanas com tráfego intenso. Fontes naturais: erupções vulcânicas e decomposição da clorofila		feto. Está associado com recém-nascidos de baixo peso e morte fetal
--	--	--	---

Fonte: ARBEX *et al.*, 2012, p. 53.

Algumas informações sobre os problemas da poluição apresentada em um estudo, algumas fontes como transportes e outras fontes diversas são altamente poluente e por isso torna-se necessário compreender cada uma delas para buscar de forma plausível um viés que possa controlar esses derivados (BRAGANÇA, 2019).

1.5 IMPACTOS DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

O desenvolvimento econômico e o aumento indiscriminado do consumo trazem como consequência um mundo mais poluído, atingindo rios, florestas, solo, ar. A poluição é uma realidade cada vez mais presente no dia a dia de todos, e isso causa diversos impactos tanto à saúde humana, como para o meio ambiente.

1.5.1 Saúde Humana

Muitos poluentes existem no ar e muitos deles são nocivos à saúde humana, tais como “partículas inaláveis, dióxido de enxofre, ozônio, dióxido de nitrogênio e monóxido de carbono” (BRAGANÇA, 2019, p. 45).

O monóxido de carbono é um poluente que pode causar hipóxia tecidual, tendo em vista que a capacidade do sangue levar oxigênio pelo corpo é reduzida. O ozônio é um poluente que pode reduzir a capacidade do pulmão e irritar os olhos, devido ao seu poder oxidante e citotóxico. O dióxido de enxofre e o dióxido de nitrogênio podem irritar as vias aéreas, sendo que o dióxido de nitrogênio pode causar graves danos ao pulmão (FALAVIGNA, 2018).

A poluição atmosférica do ar acarreta vários outros problemas para o corpo humano, como redução da eficiência do sistema mucociliar no nariz, com aumentos nos casos de asma, câncer de pulmão, doenças cardiovasculares, entre outros.

Crianças e idosos são as principais vítimas da poluição, pois possuem a imunidade mais baixa e acabam tendo problemas respiratórios recorrentes, precisando de internação frequente (BRAGANÇA, 2019).

As condições do tempo podem auxiliar na qualidade do ar. Quando chove ou venta bastante, estes poluentes são dissipados do ar com mais facilidade. Já nos períodos de baixa umidade do ar e pouco vento, a concentração de poluentes é muito maior, como é possível ver na Figura 4.

Figura 4 – Cidade Norilsk, na Rússia, com alta Concentração de Poluentes



Fonte: BRASIL, 2019, *on line*.

Se o clima estiver seco e sem vento, as substâncias poluentes se dissipam lentamente, aumentando a concentração da poluição e isso merece maior atenção da população, pois neste período a incidência de doenças respiratórias é maior. Recomenda-se que neste período a população beba mais água, para minimizar os danos (BARETTA, 2014).

Foi feito uma pesquisa com os efeitos da poluição atmosférica em seis regiões metropolitanas. Descobriram que o país gasta R\$ 460 milhões por ano para tratar doenças respiratórias e cardíacas que poderiam ser evitadas caso o ar fosse mais limpo (BRASIL, 2019).

De acordo com o estudo, o ar respirado nas regiões metropolitanas de São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Porto Alegre, Curitiba e Recife não está dentro dos limites previstos pela Organização Mundial da Saúde.

Além do custo com internações, a pesquisa também quantificou as mortes relacionadas à poluição urbana: cerca de 11,5 mil pessoas com mais de 40 anos morrem todos os anos por doenças vinculadas ao ar poluído (BRASIL, 2019).

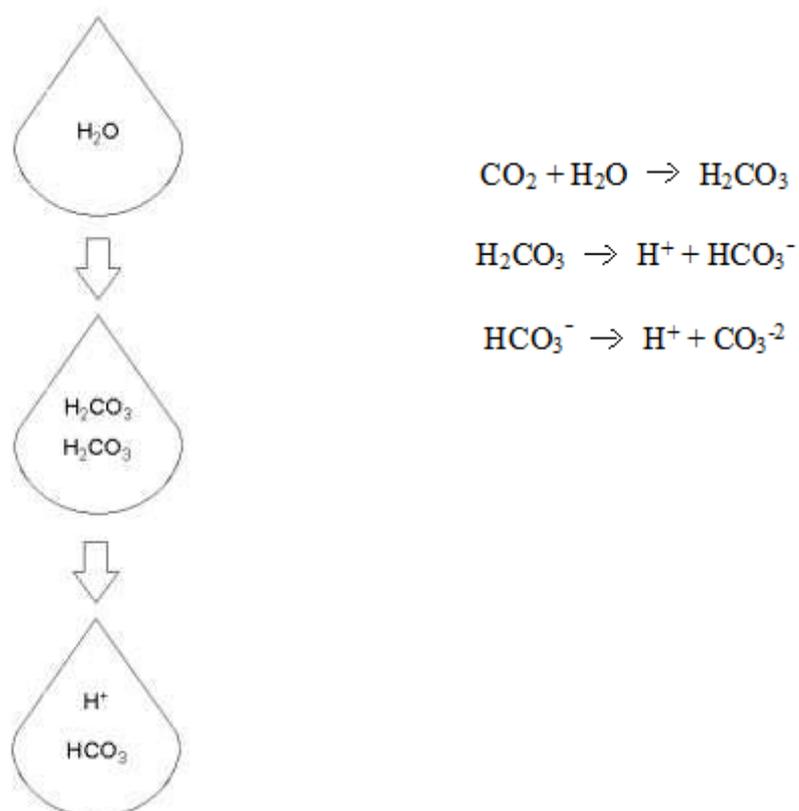
A poluição atmosférica prejudica à saúde humana, mas também causam graves impactos ao meio ambiente.

1.5.2 Impactos no Meio Ambiente

Os poluentes são absorvidos pelas plantas através dos estômatos, e isso ocasiona na troca dos gases entre a planta e o meio ambiente, de maneira que a fotossíntese é alterada.

1.5.2.1 Acidificação da Atmosfera e Chuva Ácida

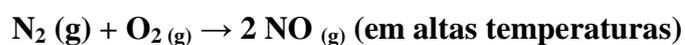
O pH da água é 7,0 e quando se existe na atmosfera dióxido de carbono (CO_2), ele se dissolve na água, e isso ocasiona a formação de dióxido de carbono (CO_2). Essa combinação faz com que o pH da água fique 5,6. Na figura 5 é possível demonstrar a formação e dissociação do ácido carbônico (BARETTA, 2014).

Figura 5 - Formação e Dissociação do Ácido Carbônico

Fonte: BRAGANÇA, 2019, p. 29.

Naturalmente a chuva já é ácida, pois há um equilíbrio com o gás carbônico, o que ocorre com a chuva ácida é o excesso de acidez se o pH se o pH for inferior a 5,6. Isso ocorre quando existe um aumento na concentração de óxidos de enxofre e nitrogênio na atmosfera (BOICO, 2013).

A chuva ácida ocorre quando há a formação do monóxido de nitrogênio (NO) através da reação do nitrogênio gasoso (N₂) e do oxigênio molecular (O₂) da atmosfera. Para que isso aconteça, é preciso de bastante energia. Pode se citar como exemplo, quando a queima de combustível de automóvel ou fornos industriais são elevadas fornecem a energia necessária para a formação eficaz do monóxido de nitrogênio (NO) (FALAVIGNA, 2018).



A atmosfera possui O_2 e o monóxido de nitrogênio pode ser oxidado na atmosfera, de maneira que forme o dióxido de nitrogênio (NO_2), que possui cor amarronzada (BOICO, 2013).

Cidades muito poluídas como São Paulo, podem apresentar o céu com cor escura, meio amarronzado por conta da quantidade de carros, que forma NO_2 na atmosfera e ainda pela quantidade de material particulado emitido pelas indústrias (PAIVA, 2014).

É importante mencionar que os carros mais antigos possuem 10 vezes mais NO que os carros mais modernos, tendo em vista que os carros novos possuem um conversor catalítico que reduz muito a formação do NO (PAIVA, 2014).

Esse catalizador possui metais como ródio, platina e paládio que transforma grande parte dos gases prejudiciais à saúde e ao meio ambiente, em gases inertes como N_2 e CO_2 . No entanto, o CO_2 é um gás que não prejudica diretamente a saúde humana, mas colabora para aumentar o efeito estufa e contribui para a redução da Camada de Ozônio (FALAVIGNA, 2018).

1.5.2.2 Redução da Camada de Ozônio

O ozônio (O_3) está presente em torno da Terra, com função de proteger a todos dos raios ultravioletas os seres vivos que habitam a Terra. No entanto, a emissão de gases como cloro e bromo produzidos em excesso pela ação do homem agravam o problema da poluição do ar e a chuva ácida, e isso causa a redução da camada de ozônio (SOUZA, 2014).

A destruição do O_3 ocorre quando os gases liberam radiação ultravioleta e radicais livres que reagem com as moléculas de ozônio, e isso forma uma molécula de oxigênio (O_2) e uma molécula de óxido de cloro (ClO). Essas moléculas causam a destruição do O_3 (BRASIL, 2019).

1.5.2.3 Efeito Estufa e Aquecimento Global

O efeito estufa é um fenômeno que ocorre de maneira natural através da concentração de gases na atmosfera. Esses gases permitem que uma camada se forme ao redor da Terra (PAIVA, 2014).

Esse fenômeno ocasiona um aquecimento térmico, fundamental para que a temperatura da Terra seja ideal para a sobrevivência de todos os seres vivos. Esse é o efeito estufa natural, senão a Terra seria um ambiente muito frio (PAIVA, 2014).

O que tem ocorrido nas últimas décadas é o excesso de gases decorrente de atividades humanas que poluem o ar atmosférico. Esses gases são: Vapor de água (H_2O), Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Carbono (CO_2), Clorofluorcarbonos (CFC), Óxido de Nitrogênio (N_xO_x), Dióxido de Enxofre (SO_2) e Metano (CH_4) (VERAS, 2010).

Essa quantidade de gases acumulados somados com a quantidade de calor retido na atmosfera tem como consequência o aumento da temperatura, e com isso inicia-se o aquecimento global (VERAS, 2010).

O que agrava o problema é o aumento da queima dos combustíveis fósseis produzidos pelas indústrias, queimadas nas florestas, criação de gados, entre outros. Os efeitos do superaquecimento da Terra são desastrosos para todos, pois as massas de gelo das regiões polares estão derretendo, e com isso está ocorrendo um aumento no nível do mar; tem aumentado os casos de desastres naturais, tais como furacões, inundações e tempestades; é cada vez mais comum que espécies sejam extintas, desequilibrando o ecossistema; áreas naturais sendo desmatadas e extintas; a seca tem ficado cada vez mais severa e frequentes; devido ao fato da seca e das inundações serem frequentes, a produção de diversos alimentos está sendo comprometido, ocasionando escassez (BARBOSA, 2015).

Para evitar o efeito estufa e o aquecimento global, vários países, inclusive o Brasil, assinaram o Protocolo de Kyoto e Protocolo de Montreal, com objetivo de reduzir a emissão de substâncias que provoquem prejuízo à camada de ozônio (PAIVA, 2014).

1.6 CONFERÊNCIAS E PROTOCOLOS

O mundo inteiro vem sofrendo com a poluição atmosférica e por isso países de todo o mundo se reuniram para que fossem feitos acordos para que houvesse redução da poluição. Foram discutidas maneiras de reduzir a poluição, através de estratégias para preservar o meio ambiente. Protocolos e conferências existem para que cada país tome consciência da poluição que provoca e se comprometa a contribuir para um futuro melhor, através de medidas de prevenção que possam melhorar a situação do planeta (BRASIL, 2019).

1.6.1 Protocolo de Quioto

O Protocolo de Quioto é um tratado internacional, o qual o Brasil faz parte, derivado da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima, elaborada durante a Conferência das Partes III. Foi elaborado em 1997 na cidade de Kyoto, no Japão, com objetivo de reduzir a emissão de gases que agravam o efeito estufa e o aquecimento global, através de ações como: reformar o setor energético e o setor de transporte, utilizar fontes renováveis de energia, reduzir emissões de metano, combater desmatamento e proteger as florestas (FERREIRA, 2015).

Esse compromisso foi firmado no período de 2008 a 2012, ou seja, o prazo encerrou e nada foi resolvido, tendo em vista que aumentaram os níveis de dióxido de carbono na atmosfera e não há sinais de melhora. O aquecimento global continua o que é bastante preocupante. O Protocolo de Quioto seria encerrado em 31 de dezembro de 2012, mas devido ao fracasso do compromisso firmado, foi adotada uma emenda ao Protocolo ao quais os membros acordaram novo período, que vai de 2013 a 2020. Os membros se comprometeram a reduzir em pelo menos 18% em relação aos níveis de 1990 a emissão de gases de efeito estufa no novo período acordado (BRASIL, 2019).

O surgimento do Protocolo de Quioto nasceu da necessidade de se cumprir o Mandato de Berlim para que houvesse a redução da emissão de gases responsáveis pelo efeito estufa (NARDOCCI *et al.*, 2013).

O Brasil ratificou o protocolo em 2002, e não foi dado nenhum prazo em relação às metas para redução da emissão de gases para minimizar os danos causados ao efeito estufa. Não foi estipulado prazo, tendo em vista o Brasil ser um país em desenvolvimento, sendo que as principais prioridades são relativas ao setor social. A prioridade do Brasil junto ao Protocolo é reduzir o desmatamento (BRASIL, 2019).

Na 18ª Conferência das Partes sobre Mudanças Climáticas (COP18), no Catar, representantes norte-americanos se opõem à renovação do Protocolo de Quioto e tornam mais difícil um acordo durante a conferência da ONU sobre mudanças climáticas. Vale destacar que o EUA é o maior poluidor do planeta.

Enquanto todos pareciam concordar sobre a necessidade de se prorrogar o Protocolo de Kyoto — mesmo com divergências em alguns detalhes — os americanos insistiam que o estabelecimento de metas para combater as mudanças do clima não deveria ocorrer.

1.6.2 Protocolo de Montreal

O Protocolo de Montreal é um tratado internacional, o qual o Brasil também faz parte, criado no âmbito da Convenção de Viena para a Proteção da Camada de Ozônio de 1985. O foco do Protocolo é combater as substâncias que destroem a Camada de Ozônio. Sua composição consiste em cinco acordos firmados em Montreal, no Canadá, em 1987. Em dois anos o total de 46 países aderiu ao Protocolo, e assumiu o compromisso de total abandono da produção e do consumo de halons até 1992 e de redução da produção e do consumo de 50% de Cloro-Flúor-Carbono (CFC) até 2000 em seus países (BARBOSA *et al.*, 2015).

A adesão do Brasil foi em 1990, através de um Decreto n.º 99.280 de 06/06/90, o qual assumiu compromisso de eliminar o Cloro-Flúor-Carbono (CFC) até 2020. Atualmente, foi eliminado do Brasil todo e qualquer consumo de CFCs, Halons, CTC, Metil Clorofórmio e Brometo de Metila, nas atividades agrícolas. Os HCFCs (hidroclorofluorcarbonos) não foram incluídos no Protocolo de Montreal, mas mesmo assim, o Brasil vem tentando eliminar o consumo, ainda sem sucesso. No entanto, se encontra em processo de eliminação, através do Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs (BRASIL, 2019).

Houve uma emenda de Kigali em 2016 que incluiu no Protocolo de Montreal uma lista de substâncias controladas, incluindo os HCFCs. O Brasil se comprometeu a controlar e reduzir o consumo da substância a partir de 2024, com redução de 20% até 2045 (FERREIRA, 2015).

Estudos demonstram que até 2013 o buraco da camada de ozônio poderia ter aumentado em até 40% se o tratado não tivesse existido. A camada de ozônio diminuiu menos do que estava previsto, mas pelo menos deixou de crescer, e isso já é um avanço. A pesquisa mostrou que houve um aumento na quantidade de ozônio na atmosfera. É difícil de quantificar os efeitos que isso acarreta para a saúde, mas estima-se que podem ser reduzidos de maneira significativa os casos de câncer de pele. Em relação ao meio ambiente, estima-se que a temperatura da atmosfera tenha sido preservada (BARBOSA *et al.*, 2015).

1.6.3 Conferência de Copenhague

A Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas, também chamada de Conferência de Copenhague, a COP 15/MOP, teve como finalidade a realização de novo acordo mundial para que o Protocolo de Quioto fosse ratificado, para que o encontro pudesse estipular plano de ação para reduzir gases de efeito estufa, entre 2013 e 2020 (NASCIMENTO, 2012).

As questões discutidas era até que ponto grandes potências estariam dispostas a reduzir a emissão de gases de efeito estufa; até que ponto que países como China e Índia estariam dispostas a limitar o aumento das emissões em seus países; a maneira que o financiamento seria feito para países desenvolvidos diminuíssem a emissão, de maneira que se adapte aos impactos das mudanças climáticas (NASCIMENTO, 2012).

A conferência aconteceu em dezembro de 2009 e reuniu um número muito grande países, o maior de toda a história, com 115 líderes mundial e mais de 40.000 pessoas entre representantes de governos, organizações não governamentais, imprensa, entre outro. Foi iniciado no Plano de Ação de Bali em 2007 e foi uma negociação sobre acordo climático que duraram dois anos (BRASIL, 2019).

No entanto, não houve acordo, resultando apenas em um documento denominado Acordo de Copenhague, os quais participaram Brasil, China, Índia, África do Sul e Estados Unidos, sendo apenas 26 países na sua produção. Não ocorreu a adesão de países como Bolívia, Venezuela, Nicarágua, Cuba, entre outros, sob alegação de que o processo estava sendo tratado com pouca transparência e antidemocrático. Como não houve acordo, a COP tomou o texto do Acordo de Copenhague como adendo à COP (Conferência das Partes), mas não havia caráter decisório nem foi vinculado juridicamente. Como o acordo não foi formal, havia questionamento sobre o resultado das negociações (BRASIL, 2019).

No Acordo de Copenhague os países se comprometeram a reduzir 20% da emissão até 2020 e 80% da emissão até 2050. A redução de 20% para 2010 está muito aquém do sugerido pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), que recomenda uma redução entre 25% e 40% até 2020 (PINHEIRO *et al.*, 2014).

O IPCC analisa que a temperatura global precisa ficar abaixo de 2°C, no entanto o relatório não enumera cortes que precisam ser feitos nas emissões para que isso aconteça. O Acordo de Copenhague menciona ainda que, além de redução na emissão de gases, é fundamental que se reduza o desmatamento e a degradação das florestas, com incentivo financeiro aos países que cumprirem a meta (BRASIL, 2019).

Houve participação do Brasil em destaque, com indicação que o país terá papel de liderança importante nas próximas reuniões. O presidente na época, Luiz Inácio Lula da Silva, se comprometeu em reduzir de 36,1% e 38,9% a emissão de gases de efeito estufa até 2020. O presidente ainda se comprometeu a reduzir o desmatamento na Amazônia em 80% até o ano de 2020 (BRASIL, 2019).

1.7 TECNOLOGIAS DE CONTROLE

O controle de emissão tem como objetivo prevenir ou reduzir a liberação de poluentes no ar, através da implementação de equipamentos capazes de controlar a poluição atmosférica. Na Tabela 5 foi sintetizado as técnicas ou ECP, bem como seus poluentes e as suas características e finalidades.

Tabela 5 - Equipamentos de Controle mais Usuais e suas Características

Técnica ou ECP	Poluente	Finalidade
Filtro de tecido	Material Particulado (MP)	Os filtros de mangas são feitos de tecido poroso ou feltro através dos quais os gases são forçados a passar para que as partículas sejam removidas. A utilização de um filtro de mangas requer a seleção de um material de filtração adequado às características dos gases residuais e à temperatura máxima de operação.
Lavador de gases	Material Particulado (MP) e Dióxido de Enxofre (SO ₂)	Os compostos gasosos são dissolvidos num líquido adequado (água ou solução alcalina). Pode efetuar-se a remoção simultânea de compostos sólidos e gasosos. A jusante do lavador, os gases libertados são saturados com água e é necessária uma separação das gotículas antes de descarregar os gases libertados. O líquido resultante tem de ser tratado por um processo de tratamento de águas residuais e a matéria insolúvel é recolhida por sedimentação ou filtração

Lavador de gases tipo venturi	Material Particulado (MP) e Dióxido de Enxofre (SO ₂)	<p>O Lavador tipo Venturi é concebido para utilizar a energia a partir do fluxo de entrada de gás para atomizar o líquido a ser usado para absorver e abater os poluentes. Um lavador venturi consiste em três seções: uma seção convergente, uma seção de garganta, e uma seção divergente. O fluxo de gás de entrada entra na seção convergente e, como a área diminui, a velocidade do gás aumenta (em conformidade com a equação de Bernoulli). A solução de lavagem é introduzida, quer na garganta, ou na entrada da seção convergente. O gás é forçado a mover-se a velocidades extremamente elevadas na seção pequena da garganta. Partícula e remoção de gás ocorrem na seção da garganta onde o fluxo do gás se mistura com a névoa da solução. A corrente de entrada em seguida, sai através da seção divergente, onde é forçado a abrandar.</p>
-------------------------------	---	---

Pré-aquecimento do ar de combustão	Pré-aquecimento do ar de combustão	Pré-aquecimento do ar de combustão O ar de combustão passa por um pré-aquecimento por meio de trocadores de calor antes de ser inserido na câmara de combustão
Precipitador Eletrostático (ESP)	Material Particulado (MP)	Os precipitadores eletrostáticos funcionam de modo que as partículas são carregadas e separadas por influência de um campo elétrico. Podem funcionar numa gama variada de condições
Queimadores tipo LowNox	Número de Oxidação (NOX)	A tecnologia dos queimadores baseia-se no princípio de redução das temperaturas máximas da chama, retardando, mas completando a combustão, e aumentando a transferência de calor (maior capacidade de emissão de chama). Pode ser associada a uma alteração do desenho da câmara de combustão do forno. Queimadores tipo Ultra-LowNox (ULNB) incorporam a combustão por etapas (ar/combustível) e a recirculação dos gases de combustão. Os queimadores

		tipo seco com baixas emissões de NOX (Dry LowNox – DLNB) são utilizados para turbinas a gás.
Recirculação dos gases de combustão	Número de Oxidação (NOX)	Reinjeção dos gases do forno na chama, para reduzir o teor de oxigênio e, conseqüentemente, a temperatura da chama. Utilização de queimadores especiais que utilizam a recirculação interna dos gases de combustão para arrefecer a base das chamas e reduzir o teor de oxigênio na parte mais quente destas
Redução catalítica seletiva (SCR)	Número de Oxidação (NOX)	Redução do NOX para nitrogênio em um leito catalítico, por meio de reação com amoníaco (regra geral, solução aquosa, a uma temperatura ótima de operação entre 300 °C e 450 °C). Podem ser aplicadas uma ou duas camadas de leito catalítico a fim de se obter uma redução maior de NOX.
Redução não catalítica seletiva (SNCR)	Número de Oxidação (NOX)	Redução de NOX para nitrogênio, por meio de uma reação com amônia ou ureia a alta temperatura. Para

		otimizar a reação, a temperatura deve ser mantida entre 900 a 1050 °C.
Torre de carvão ativado	Hidrocarbonetos Totais (HCT) / Compostos Orgânicos Voláteis (COV _s)	Filtragem de carbono é um método de filtragem que utiliza um leito de carvão ativado para remover os contaminantes e impurezas, utilizando absorção química. O carvão ativado funciona por meio de um processo chamado de adsorção, em que as moléculas poluentes no líquido a ser tratado ficam presas no interior da estrutura dos poros do substrato de carbono.

Fonte: SÃO PAULO, 2019, p. 20.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

- Realizar um levantamento bibliográfico, através de uma revisão da literatura, acerca dos efeitos da poluição atmosférica e os agentes que vêm afetando a saúde da população humana e o meio ambiente no Brasil.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Destacar pesquisas científicas relevantes e recentes acerca da poluição atmosférica categorizando seus efeitos à saúde e ao meio ambiente por regiões do Brasil, a fim de contribuir para a sua discussão.

3 METODOLOGIA

Foi realizada uma revisão da literatura, conforme Bento (2012), a qual envolve localizar, analisar, sintetizar e interpretar a investigação prévia (revistas científicas, livros, actas de congressos, resumos, etc.) relacionada com determinada área de estudo. A busca deste trabalho monográfico se sucedeu nas bases de dados nacionais do Google Acadêmico e na biblioteca eletrônica SciELO.

Toda revisão se propõe a responder uma pergunta específica de forma objetiva e imparcial. Para isso utiliza métodos sistemáticos e definidos a priori na identificação e seleção dos estudos, extração dos dados e análise dos resultados (FALAVIGNA, 2018).

A pesquisa se sucedeu pela busca dos seguintes termos: poluição atmosférica e saúde humana, com 15.300 resultados, bem como, poluição do ar e meio ambiente, com 16.500 resultados, totalizando 31.800 resultados publicados no período de 2010 a 2019. Seguindo esse princípio, foram tomados dessa amostra, 16 artigos de relevância para análise teórica, pelas regiões e pelas palavras-chave.

Os artigos selecionados foram submetidos a uma primeira leitura, para que houvesse uma compreensão ampla dos estudos, sendo que o último acesso ocorreu em outubro de 2019. Posteriormente, a análise qualitativa foi registrada para discussão através de uma tabela comparativa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela comparativa deste levantamento bibliográfico contempla a apresentação dos resultados dos impactos ambientais para a saúde e para o meio ambiente, e o que deve ser feito para minimizar esses impactos categorizados pela divisão geográfica brasileira. Constam esses dados na Tabela 6 com os seguintes tópicos estruturais por coluna: Região, Contexto Geral, Impactos para Saúde Humana, Impactos ao Meio Ambiente e Medidas Preventivas e Remediadoras.

Tabela 6: Panorama dos impactos à saúde humana e ambiental, e tecnologias de controle à poluição do ar no Brasil

CONTEXTO GERAL	IMPACTOS PARA SAÚDE HUMANA	IMPACTOS AO MEIO AMBIENTE	MEDIDAS PREVENTIVAS E REMEDIADORAS
REGIÃO NORTE			
Queima de carvão mineral, desmatamento e queima de biomassa são os principais problemas de poluição atmosférica nos estados de Amazonas, Rondônia, Roraima, Acre, Amapá, Pará e Tocantins.	Doenças do aparelho respiratório. Redução da oxigenação do sangue afetando o sistema nervoso, por causa dos incêndios.	Os impactos da queima de carvão mineral, do desmatamento e da queima de biomassa são danosos para o meio ambiente, pois aumentam o efeito estufa. A queima de carvão é o principal responsável pelo aquecimento global.	Aumento da fiscalização em relação a queimadas e desmatamentos, investimentos no setor de preservação do meio ambiente.
Fontes: Bragança (2019); Jardim (2011); Dapper <i>et al.</i> (2016).	Fontes: Bragança (2019); Dapper <i>et al.</i> (2016).	Fontes: Ottoboni (2015); Milioli <i>et al.</i> (2016).	Fontes: Ferreira (2015); Jardim (2011).

REGIÃO NORDESTE			
<p>Grande circulação de automóveis, aumento da população e tempestade de areia são os principais problemas de poluição atmosférica nos estados de Ceará, Bahia, Sergipe, Pernambuco, Maranhão, Piauí, Rio Grande do Norte, Paraíba e Alagoas. No Maranhão pode destacar as tempestades de areia, causadas por ventos intensos e clima seco.</p> <p>A fumaça da África, proveniente dos incêndios florestais tem aumentado em 4 vezes o nível máximo de poluição no Nordeste.</p>	<p>Dificuldades respiratórias, irritação, asma e bronquite.</p>	<p>A circulação de carros e o aumento da população representam 72% da emissão de gases efeito estufa. As tempestades de areia comprometem muito a qualidade do ar, o desmatamento e o esgotamento dos solos tendem a aumentar a área coberta pela areia.</p>	<p>Apenas dois Estados do nordeste monitoram o ar. É preciso que haja monitoramento periódico para o controle de poluentes e fiscalização efetiva.</p>
<p>Fontes: Ottoboni (2015); Milioli <i>et al.</i> (2016).</p>	<p>Fontes: Ottoboni (2015); Milioli <i>et al.</i> (2016); Paiva (2014).</p>	<p>Fonte: Alpino <i>et al.</i> (2016).</p>	<p>Fontes: Paiva (2014); Ferreira (2015).</p>

REGIÃO CENTRO-OESTE			
<p>Secas prolongadas, tempo seco, queimadas no serrado são comuns no Distrito Federal, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás, e isso é um fator que influencia na poluição do ar.</p> <p>No Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e em Goiás ficam as principais fazendas de gado no Brasil e criação de bovinos causa excessiva liberação de metano.</p> <p>Fontes: Barbosa (2015); Veras (2010); Milioli <i>et al.</i> (2016).</p>	<p>Doenças do aparelho respiratório, tais como ressecamento das vias respiratórias que estimulam a tosse, falta de ar, sensação de cansaço e até sangramento.</p> <p>Fontes: Olmo (2017); Ferreira (2015).</p>	<p>O tempo seco provoca queimadas, que são altamente prejudiciais ao meio ambiente, com o aumento do efeito estufa e aquecimento global</p> <p>Fonte: Alpino <i>et al.</i> (2016); Milioli <i>et al.</i> (2016).</p>	<p>Aumentar a área verde, com plantio de árvores, evitem utilizar produtos químicos na lavoura, fiscalização de queimadas, reduzirem a criação de gado para abate e diminuir a exportação de carnes e laticínios.</p> <p>Fontes: Milioli <i>et al.</i> (2016).</p>
REGIÃO SUL			
<p>Veículos automotores, indústrias e queimadas são frequentes no Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Em Santa Catarina destaca-se a</p>	<p>Doenças do aparelho respiratório, tais como tosse, falta de ar, catarro, chiado no peito, coriza, asma, gripe e bronquite. Em casos mais graves, pode ocasionar sinusite, pneumonia e</p>	<p>A poluição gerada pelos gases emitidos pelos carros, por indústrias e pelas queimadas são altamente prejudiciais ao meio ambiente, provocando o</p>	<p>Renovação de frota veicular menos poluidora, aplicação de leis ambientais e fiscalização do controle de poluentes.</p>

<p>extração, beneficiamento e uso do carvão mineral.</p> <p>Fontes: Milioli <i>et al.</i> (2016).</p>	<p>até mesmo enfisema pulmonar.</p> <p>Fonte: Souza (2014); Baretta (2014); Boito (2013).</p>	<p>aumento do efeito estufa.</p> <p>Fonte: Alpino <i>et al.</i> (2016).</p>	<p>Fonte: Arbex <i>et al.</i> (2012); Falavigna (2018).</p>
REGIÃO SUDESTE			
<p>Grandes indústrias, excesso de carros, aumento da população e exploração de petróleo principalmente nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro, sendo que no Espírito Santo também possui exploração de petróleo muito acentuada. No Estado de Minas Gerais o que predomina são as mineradoras, principalmente por causa da poeira proveniente das perfurações.</p> <p>Fontes: Ottoboni (2015); Falavigna (2018).</p>	<p>Mortes fatais, doenças respiratórias e cardiovasculares, aumento da mortalidade de crianças e idosos. Redução da oxigenação do sangue afetando o sistema nervoso, por causa da exploração do petróleo.</p> <p>Fontes: Olmo (2017).</p>	<p>A poluição gerada pelos gases emitidos pelos carros, por indústrias e pelas queimadas são altamente prejudiciais ao meio ambiente, provocando o aumento do efeito estufa. A exploração de petróleo produz gases que provocam poluição atmosférica e intensificam o efeito estufa. O mesmo acontece com a exploração de mineiro.</p> <p>Fonte: Alpino <i>et al.</i> (2016); Olmo (2017).</p>	<p>As indústrias precisam colocar filtros e catalizadores, rodízio de carros, pessoas utilizarem mais transporte coletivo, fiscalização do controle de poluentes.</p> <p>Aumentar a exploração de energias renováveis e tecnologias verdes.</p> <p>Fontes: Milioli <i>et al.</i> (2016); Falavigna (2018).</p>

A Tabela 6 foi feita dividida por região, para facilitar a visualização e o entendimento. Verifica-se que de acordo com Bragança (2019); Jardim (2011); Dapper *et al.* (2016) a região Norte possui a queima de carvão mineral, desmatamento e queima de biomassa, como principais poluentes da região, que acarreta à saúde humana doenças do aparelho respiratório e redução da oxigenação do sangue, conforme entendimento de Bragança (2019) e Dapper *et al.* (2016). Para o meio ambiente, os impactos aumentam o problema do efeito estufa e do aquecimento global, conforme entendimento de Ottoboni (2015) e Milioli *et al.* (2016). Como medida preventiva, Ferreira (2015) e Jardim (2011) relatam o aumento da fiscalização em relação a queimadas e desmatamentos, investimentos no setor de preservação do meio ambiente.

A região nordeste possui como principais poluentes grande circulação de automóveis, aumento da população e tempestade de areia, de acordo com Ottoboni (2015); Milioli *et al.* (2016). Os impactos à saúde humana consistem nas dificuldades respiratórias, irritação, asma e bronquite, conforme relato de Ottoboni (2015); Milioli *et al.* (2016) e Paiva (2014). Já para o meio ambiente, segundo Alpino *et al.* (2016), os impactos é o aumento do efeito estufa e comprometimento da qualidade do ar. As medidas preventivas que podem ser tomadas são o monitoramento periódico para o controle de poluentes e fiscalização efetiva, conforme explica Paiva (2014) e Ferreira (2015).

Os principais poluentes da região centro-oeste são as secas prolongadas, tempo seco, queimadas e criação de bovinos causa excessiva liberação de metano, de acordo com Barbosa (2015); Veras (2010) e Milioli *et al.* (2016). A respeito dos impactos à saúde, Olmo (2017) e Ferreira (2015) relatam doenças do aparelho respiratório, tais como ressecamento das vias respiratórias que estimulam a tosse, falta de ar, sensação de cansaço e até sangramento. Para o meio ambiente, os impactos são o aumento do efeito estufa e aquecimento global, conforme Alpino *et al.* (2016) e Milioli *et al.* (2016). Como prevenção deve-se aumentar a área verde, com plantio de árvores, evitarem utilizar produtos químicos na lavoura, fiscalização de queimadas, reduzirem a criação de gado para abate e diminuir a exportação de carnes e laticínios (MILIOLI *et al.*, 2016).

Na região sul, os principais poluentes são o excesso de veículos, indústrias e queimadas (MILIOLI *et al.*, 2016). Quanto as impactos à saúde, Souza (2014); Baretta

(2014) e Boito (2013) relatam doenças do aparelho respiratório, tais como tosse, falta de ar, catarro, chiado no peito, coriza, asma, gripe e bronquite. Em casos mais graves, pode ocasionar sinusite, pneumonia e até mesmo enfisema pulmonar. Já ao meio ambiente, o impacto é o aumento do efeito estufa e aquecimento global (ALPINO *et al.*, 2016). Medidas preventivas e remediadoras é através de renovação de frota veicular menos poluidora, aplicação de leis ambientais e fiscalização do controle de poluentes, de acordo com Arbex *et al.* (2012) e Falavigna (2018).

Os poluidores que merecem maior destaque na região sudeste são grandes indústrias, excesso de carros, aumento da população e exploração de petróleo principalmente nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro, sendo que no Espírito Santo também possui exploração de petróleo muito acentuada. No Estado de Minas Gerais o que predomina são as mineradoras, principalmente por causa da poeira proveniente das perfurações, conforme Ottoboni (2015) e Falavigna (2018). Para a saúde humana, os impactos são mortes, doenças respiratórias e cardiovasculares, aumento da mortalidade de crianças e idosos. Para o meio ambiente, a poluição do ar provoca aumento do efeito estufa, de acordo com Alpino *et al.* (2016) e Olmo (2017). Como forma de prevenir e remediar, Milioli *et al.* (2016) e Falavigna (2018) entendem que as indústrias precisam colocar filtros e catalizadores, rodízio de carros, pessoas utilizarem mais transporte coletivo, fiscalização do controle de poluentes e aumentar a exploração de energias renováveis e tecnologias verdes.

5 CONCLUSÃO

Os principais poluentes encontrados no ar são partículas de suspensão, partículas inaláveis, dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio, monóxido de carbono e ozônio. A qualidade do ar é definida conforme a interação entre as fontes de poluição e a atmosfera. As principais fontes que emitem materiais poluentes para a atmosfera são veículos automotores, processos industriais, queima de biomassa.

Muitos problemas de saúde são resultantes da má qualidade do ar, tais como redução da eficiência do sistema mucociliar no nariz, aumento dos casos de asma, câncer de pulmão, doenças cardiovasculares, entre outros. As principais vítimas da poluição são idosos e crianças que possuem o sistema imunológico mais baixo, e acabam com problemas respiratórios recorrentes, precisando de internação frequente. Para o meio ambiente, as consequências são devastadoras, tendo em vista que a poluição aumenta o problema da redução da camada de ozônio, do efeito estufa e do aquecimento global, bem como toda a fauna e flora são afetadas, com alteração da fotossíntese, no pH da água, entre outros problemas, que ocorrem com a acidificação da atmosfera e as chuvas ácidas.

A poluição atmosférica não é uma preocupação apenas do Brasil, todo o mundo tem se mobilizado na luta contra a poluição, em prol ao planeta. Ao longo dos anos conferências e protocolos foram assinados com o comprometimento de diversos países em diminuir a poluição atmosférica de seu país.

Existem tecnologias de controle com objetivo de prevenir ou reduzir a liberação de poluentes, mediante a implementação de equipamentos capazes de controlar a poluição atmosférica, através de filtro de tecido, lavador de gases, pré-aquecimento do ar de combustão, precipitador eletrostático, queimadores tipo LowNox, recirculação dos gases de combustão, redução catalítica seletiva, redução não catalítica seletiva e torre de carvão ativado.

Contudo, pode se concluir que os objetivos propostos no presente estudo foram alcançados, tendo em vista que foi possível analisar os efeitos da poluição atmosférica e os agentes que vêm afetando a saúde da população humana e o meio ambiente no Brasil, através de pesquisas científicas acerca da poluição atmosférica. Foi observado sobre a poluição atmosférica que existem causas comuns em muitos estados brasileiros, que são as indústrias e o excesso de veículos, com particularidades em determinadas regiões e estados, como é o caso do Distrito Federal com clima seco, o estado do Centro-Oeste

com grandes criações de bovinos, o estado de Amazonas com as inúmeras queimadas e aumento de desmatamento e a região sudeste com intensa exploração de combustíveis fósseis. As pessoas em todo o mundo possuem atualmente uma consciência muito maior sobre a poluição, e esse é o primeiro passo para diminuir as suas consequências, se cada um fizer a sua parte, todos serão recompensados com uma melhor qualidade de vida. As empresas também estão tendo uma postura melhor em relação à poluição, mesmo por que a fiscalização existe e a multa é gerada em casos de desrespeito as normas, mas a legislação e a fiscalização ainda é muito falha, e não é eficaz em todas as regiões do país.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALPINO, T.A. *et al.* **Desastres relacionados à seca e saúde coletiva: uma revisão da literatura científica.** Ciência & Saúde Coletiva: São Paulo, 2016.

ARBEX *et al.* **Queima de biomassa e efeitos sobre a saúde.** Jornal Brasileiro de Pneumologia, São Paulo, v.2, n.30, p.158-175, mar./abr. 2012.

BARBOSA, S. M. M. *et al.* **Poluição do ar e a saúde das crianças: a doença falciforme.** Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v.31, n.2, p.265-75. 2015.

BARETTA, T C.P. **Steel waste used in reducing emission of nitrous oxide.** Acta Scientiarum. Technology, [s.l.], v. 39, n. 3, p.343- 347, 6 jul. 2014. Universidade Estadual de Maringá. <http://dx.doi.org/10.4025/actascitechnol.v39i3.30886>. Acesso em: 01/07/2019.

BOICO, V.F. **A redução das emissões de Gases do Efeito Estufa nas indústrias de ferro-gusa e aço e química por meio da alteração da matriz energética.** São Carlos: Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, 2013.

BRAGANÇA, D. **Brasil não cumpre legislação sobre qualidade do ar.** Disponível em: <<https://www.oeco.org.br/reportagens/brasil-nao-cumpre-legislacao-sobre-qualidade-do-ar/>> Acesso em: 01/08/2019.

BRASIL, Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981, dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm> Acesso em: 03/08/2019.

BRASIL. OMS - Organização Mundial de Saúde. **Poluição Atmosférica.** Disponível em: <<http://www.saude.gov.br/>> Acesso em: 10/08/2019.

_____. **Pesquisa mede o impacto da poluição sobre gastos com saúde.** Disponível em: <<https://wribrasil.org.br/pt/blog/2018/07/qual-o-impacto-da-poluicao-do-ar-na-saude>> Acesso em: 20/12/2019.

BRASIL. OPAS - Organização Pan- Americana da Saúde. **Dez ameaças à saúde que a OMS combaterá em 2019.** Disponível em https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=5848:dez-ameacas-a-saude-que-a-oms-combatera-em-2019&Itemid=875 Acesso em: 16/07/2019.

BRASIL. CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Qualidade do ar: Poluentes**. Disponível em <<https://cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes/>> Acesso em: 01/08/2019.

BRASIL. IAP - Instituto Ambiental do Paraná. **Audiência Pública Agendadas**. 2014. Disponível em: <<http://www.iap.pr.gov.br/pagina-1403.html>> Acesso em: 30/07/2019.

BRASIL. IEMARH - Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Licença ambientais emitidas 2017**. Disponível em: <<https://iema.es.gov.br/licencas-emitidas>>. Acesso em: 21/07/2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **COP 15/ MOP 5 – Copenhague, Dinamarca (dezembro de 2009)**. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/proclima/conferencia-das-partes-cop/cop-15-mop-5-copenhague-dinamarca-dezembro-de-2009/>> Acesso em: 15/09/2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Qualidade do Ar**. Disponível em: Acesso em: <<https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar.htm>> Acesso em: 10/09/2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Protocolo de Quioto**. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/protocolo-de-quioto.html>> Acesso em: 19/09/2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Convenção de Viena e Protocolo de Montreal**. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/protocolo-de-quioto.html>> Acesso em: 19/09/2019.

BRASIL. PHB - Programa Brasileiro de Eliminação Dos HCFCs. **O Brasil e a Proteção da Camada de Ozônio: uma parceria bem-sucedida entre governo, setor produtivo e sociedade**. Disponível em: <<http://www.protocolodemontreal.org.br/site/>> Acesso em: 18/09/2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Como ocorre a destruição da Camada de Ozônio: PROTOCOLO DE MONTREAL** Disponível em: <<http://www.protocolodemontreal.org.br/eficiente/sites/protocolodemontreal.org.br/pt-br/site.php?secao=perguntaserespostas&pub=132>>. Acesso em: 17/09/2019.

BRASIL. WWF BRASIL. **O que é a camada de ozônio?** Disponível em: <https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/camada_ozonio/>. Acesso em: 17/09/2019.

BRASIL, Resolução 491, de 19 de novembro de 2018, que dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/resolucao4912018.htm> Acesso em: 19/12/2019.

DAPPER, S.N. *et al.* **Poluição do ar como fator de risco para a saúde: uma revisão sistemática no estado de São Paulo.** Estud. av., São Paulo, v. 30, n. 86, p. 83-97, Apr. 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142016000100083&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 23/07/2019.

FALAVIGNA, M. **O que são revisões sistemáticas?** HTANALYZE. 2018. Disponível em <<https://www.htanalyze.com/blog/o-que-sao-revisoes-sistematicas/>> Acesso em: out. 2018.

FERREIRA, F.A. **Protocolo de Montreal ajudou preservação da camada de ozônio.** Revista Veja, 2015. Disponível em: <https://exame.abril.com.br/ciencia/protocolo-de-montreal-ajudou-preservacao-da-camada-de-ozonio/> Acesso em: 15/09/2019.

JARDIM, W.F. **A evolução da atmosfera terrestre.** Caderno temáticos de Química. Nova Escola. Edição Especial. 2011. Acesso em 28/08/2019.

MILIOLI, G. *et al.* **O sul do Estado.** UNESC, Diretoria de Pós-Graduação, Criciúma, SC, UNESC, Diretoria de Pós-Graduação, Criciúma, SC, 2016.

NARDOCCI, A. C. *et al.* **Poluição do ar e doenças respiratórias e cardiovasculares: estudo de séries temporais em Cubatão, São Paulo, Brasil.** Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v.29, n.9, p.1867-76, 2013.

NASCIMENTO, L. F. C. **Poluentes ambientais e internações devido a acidente vasculoencefálico.** Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v.28, n.7, p.1319-24, 2012.

NICOLUSSI, F. H. *et al.* **Poluição do ar e doenças respiratórias alérgicas em escolares.** Revista de Saúde Pública, v.48, n.2, p.326-30, 2014.

OLMO, N.G.S. **Poluição atmosférica e exposição humana: a evolução científica epidemiológica e sua correlação com o ordenamento jurídico.** Tese (doutorado) – Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, 2017.

OTTOBONI, J. **Estado de São Paulo concentra as cidades mais poluídas do país.** Agência Envolverde: São Paulo, 2015.

PAIVA, S. L. L. A. *et al.* **Efeitos isolados e sinérgicos do MP10 e da temperatura média na mortalidade por doenças cardiovasculares e respiratórias.** Revista de Saúde Pública, v.48, n.6, p.881-8, 2014.

POURSAFA, P. *et al.* **Associação da poluição atmosférica com parâmetros hematológicos em crianças e adolescentes.** J. Pediatr. (Rio J.), Porto Alegre , v. 87, n. 4, p. 350-356, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0021-75572011000400013&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 06 out. 2019.

PINHEIRO, S. L. L. A. *et al.* **Efeitos isolados e sinérgicos do MP10 e da temperatura média na mortalidade por doenças cardiovasculares e respiratórias.** Revista de Saúde Pública, v.48, n.6, p.881-8, 2014.

SILVA, P.M. *et al.* **Atmosfera Terrestre.** Geografia Física II. Natal, RN: EDUFRRN, 2013. 240 p. ISBN 978-85-7273-564-3. Acesso em: 01/09/2019.

SOUZA, N.F. **A qualidade do ar em morro da fumaça e seus efeitos sobre a saúde da população.** Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, 2014.

VERAS, P. **Arte Urbana.** São Paulo, região central (1945-1998) - obras de caráter temporário e permanente. São Paulo: Annablume, 2010. Disponível em: <<https://www.ufrj.br/site/midia/arquivos/ebook-vidas-urbanas.pdf>> Acesso em: 19/07/2019.