



Universidade de Brasília
Faculdade Ceilândia (FCE)
Curso de Saúde Coletiva

Isabella Muniz de Souza

**EXPOSIÇÃO A POLUENTES ATMOSFÉRICOS
E A VIGILÂNCIA DA SAÚDE AMBIENTAL NO BRASIL**

Brasília
2022

ISABELLA MUNIZ DE SOUZA

**OS EFEITOS AGUDOS E CRÔNICOS DA EXPOSIÇÃO A POLUENTES
ATMOSFÉRICOS PARA A CARACTERIZAÇÃO DA SITUAÇÃO DE SAÚDE DA
POPULAÇÃO FRENTE AOS AGRAVOS RESPIRATÓRIOS NO TERRITÓRIO DO
CERRADO NO ANO DE 2021**

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade de Brasília – Faculdade de Ceilândia como requisito parcial para obtenção de grau de bacharel em Saúde Coletiva.

Orientador (a): Prof.^a Marianna Assunção F. Holanda

Brasília
2022

FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S S729e Souza, Isabella Muniz
OS EFEITOS AGUDOS E CRÔNICOS DA EXPOSIÇÃO A POLUENTES
ATMOSFÉRICOS PARA A CARACTERIZAÇÃO DA SITUAÇÃO DE SAÚDE DA
POPULAÇÃO FRENTE AOS AGRAVOS RESPIRATÓRIOS NO TERRITÓRIO DO
CERRADO NO ANO DE 2021 / Isabella Muniz Souza; orientador
Marianna Assunção F. Holanda. -- Brasília, 2021.
49 p.

Monografia (Graduação - Saúde Coletiva) -- Universidade
de Brasília, 2021.

1. Poluentes Atmosféricos . 2. Doenças Respiratórias . 3.
Bioma Cerrado . I. F. Holanda, Marianna Assunção, orient.
II. Título.

COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA

Marianna Assunção Figueiredo. Holanda
Presidente da banca

Maria Inez Montagner
Professora do Curso de Saúde Coletiva - Universidade de Brasília

Juliana Wotzasek Rulli Villardi
Ministério da Saúde/ departamento da Vigilância Ambiental em Saúde

AGRADECIMENTOS

Antes de qualquer coisa eu quero agradecer a Deus por ter me ajudado em todos os meus momentos de angústias e desespero, foram momentos turbulentos, mas que no fim tudo deu certo.

Quero agradecer também à minha família que me forneceram palavras sábias sempre que eu precisei de apoio, aos meus amigos, Amanda, Diego e Laila que não me deixaram desistir em nenhum momento e sempre me lembraram que eu era capaz, me mandando vibrações positivas e me incentivando com frequência.

Quero agradecer também a minha querida orientadora por toda a paciência que teve comigo durante toda essa jornada, por estar sempre ao meu lado e fazendo que eu sempre desse o meu melhor, ela foi um anjo na minha vida.

E por fim, agradecer a toda a equipe do VIGIAR que esteve presente no meu último semestre de graduação, principalmente ao Patrick Connerton, que me ajudou arduamente com as pesquisas e sempre esclareceu as minhas dúvidas: vocês foram cruciais para a minha pesquisa.

LISTA DE SIGLAS

APV - Amostrados de Grande Volumes (AGV) e Amostradores de Pequenos Volumes

BVS - Biblioteca Virtual em Saúde

CEC - Commission of the European Communities

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CGVAM - Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental do Departamento de Saúde Ambiental

CICPAA - Comissão Intermunicipal de Controle da Poluição das Águas e do Ar

CICPAA – Comissão Intermunicipal do Controle da Poluição das Águas e do Ar

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente

DCNT - Doenças crônicas não transmissíveis

DSASTE - Saúde do Trabalhador e Vigilância das Emergências em Saúde Pública

EPA - Agência de Proteção Ambiental Norte-americana

FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente

FIOCRUZ - Fundação Oswaldo Cruz

IBAMA - Instituto de Apoio ao Meio Ambiente

IBRAM - Instituto Brasília Ambiental

IEMA - Instituto De energia e Meio Ambiente

IFB - Instituto Federal de Educação em Brasília

INEMA - Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

MIC - Methyl-isocionato

MMA - Ministério do Meio Ambiente

OMS - Organização Mundial de Saúde

OPAS - Organização Pan-Americana de Saúde

PQA – Padrões de Qualidade do Ar

PTS - Material Particulado Total

RLAM - Refinaria Landulpho Alves

SISAM - Serviço de Infraestrutura, Saneamento e Abastecimento de Água Municipal

SUS - Sistema único de Saúde

SUSAM - Superintendência de Saneamento Ambiental

TRS - Compostos Reduzidos de Enxofre

UC - Unidade de Conservação

USEPA - Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos

VIGIAR - Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Poluentes Atmosféricos

VSA - Vigilância da Saúde Ambiental

LISTA DE ABREVIACÕES

CO - Cobalto

CO - Monóxido de Carbono

COVs - Compostos Orgânicos Voláteis

H₂SO₄ - Ácido Sulfúrico

MP - Material Particulado

NH₃ - Amônia

NO - Óxido Nítrico

NO₂ - Dióxido de Nitrogênio

NOX - Óxidos de Nitrogênio

O₂ - Oxigênio

O₃ - Ozônio

PB - Chumbo

PI - Material Particulado Inaliável

SO₂ - Dióxido de Enxofre

LISTA DE FIGURAS, TABELAS E GRÁFICOS

Figura 1 - Padrões de qualidade do ar para os principais poluentes

Figura 2: Monitoramento da qualidade do ar no dia 10 de abril de acordo com a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

Figura 3: estrutura do índice de qualidade do ar

Figura 4: cálculo do IQAr

Figura 5: relação entre valor do iqar e possíveis efeitos à saúde

Figura 6: Número de focos por mês; 2021 e média para 2011-2020

Figura 7: Focos de calor no Brasil visualizada através do satélite no período de agosto de 2021 no bioma Cerrado

Figura 8: Ordem dos dez Estados com o maior número de focos no ano de 2021

Tabela 1: Principais poluentes provenientes da queima de biomassa e seus efeitos à saúde humana

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	1
METODOLOGIA.....	3
CAPÍTULO 1 - POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA, MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR E SAÚDE HUMANA.....	6
1.1 Histórico do monitoramento da poluição atmosférica no mundo.....	6
1.2 Monitoramento da poluição atmosférica no Brasil: pioneirismo de São Paulo ...	9
1.3 Implementação do monitoramento da poluição atmosférica em outros Estados do Brasil.....	11
1.4 A importância do monitoramento da qualidade do ar para a saúde	15
1.5 Sobre a Vigilância da Saúde Ambiental (VGA) do Ministério da Saúde	18
CAPÍTULO 2 - PRINCIPAIS POLUENTES ATMOSFÉRICOS QUE INTERFEREM DIRETAMENTE NA SAÚDE DA POPULAÇÃO.....	20
2.1 Material Particulado (MP)	20
2.2 Ozônio (O3)	21
2.3 Monóxido de Carbono (CO)	21
2.4 Óxidos de Nitrogênio (NOX)	21
2.5 Dióxido de Enxofre (SO2) e aerossóis ácidos	22
CAPÍTULO 3 - PRINCIPAIS POLUENTES ATMOSFÉRICOS E DOENÇAS RESPIRATÓRIAS ASSOCIADAS	24
3.1 Poluição atmosférica, aquecimento global e seus efeitos à saúde	25
3.2 O fator atmosférico "Queimada" e seus impactos para a saúde humana	26
CAPÍTULO 4 – DADOS SOBRE O BIOMA CERRADO E A EXPOSIÇÃO A POLUENTES ATMOSFÉRICOS NO ANO DE 2021	32
5. CONCLUSÃO.....	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38

INTRODUÇÃO

O ar é um elemento vital para a saúde, visto que não podemos ficar sem respirar. Por ser um elemento abundante e invisível, muitas vezes é tratado como uma fonte inesgotável. Essa fonte quando fica em contato com centenas de poluentes atmosféricos pode ocasionar problemas sérios à saúde através da inalação dessas substâncias na respiração.

A exposição à poluição do ar, seja de curto ou longo prazo, está associada ao aumento no volume de atendimentos de saúde e hospitalizações por doenças cardiorrespiratórias, como redução da capacidade pulmonar, agravamento do sintoma respiratório, infartos, acidentes vasculares cerebrais, câncer de pulmão, dentre outros. Dessa forma, a poluição do ar pode abalar diretamente a rotina dos serviços de saúde, com consequente aumento da demanda por atendimentos, causando a sobrecarga de trabalho aos profissionais de saúde e equipes hospitalares além do impacto financeiro no sistema de saúde.

As queimadas e os incêndios florestais compreendem a principal fonte de emissão de poluentes atmosféricos no Brasil e liberam grandes quantidades de material particulado. O material particulado age como núcleo de condensação de nuvens modificando a física das nuvens e influenciando as chuvas. Consequentemente, a fumaça que é liberada pelas queimadas afeta diretamente o ciclo hidrológico, uma vez que aumenta a disponibilidade de partículas na atmosfera que atuam na formação de gotículas de chuva, de maneira que elas demoram para atingir seu tamanho ideal e aceleram as chuvas, gerando um ciclo vicioso entre queimadas e secas (BRAGA et al., 2002).

Em 2021, os Estados brasileiros que mais sofreram com as queimadas foram Mato Grosso, Pará, Amazonas, Bahia, Maranhão, Minas Gerais, Piauí, Rondônia, Tocantins e Mato Grosso do Sul (INPE, 2021) sendo a maioria desses Estados predominantes no bioma Cerrado. Por ser o segundo bioma mais atingido nesse ano, ficando atrás somente do bioma Amazônia, este é o território escolhido para o estudo, em decorrência da poluição atmosférica apontada como o maior risco ambiental para a saúde.

Considerando o problema exposto, a pergunta de pesquisa desse Trabalho de Conclusão de Curso é: Quais são os impactos dos poluentes atmosféricos na saúde da população no ano de 2021 no bioma cerrado?

A diversidade de concepções sobre os problemas de saúde decorre igualmente dos diversos campos de atuação da Saúde Coletiva, que compreendem ações de vigilância de doenças e agravos, a atenção à saúde e a promoção de saúde. Estudar os problemas de saúde requer uma visão ampliada da saúde, desde a prevenção de doenças e agravos até o acesso a serviços de saúde, isto é, sobre o processo saúde-doença e atenção como um todo, inseparável.

Nosso objetivo principal com este TCC é demonstrar assim, a importância da promoção e da proteção à saúde para a prevenção de doenças e agravos, bem como para a redução da morbimortalidade, de vulnerabilidades e de riscos decorrentes das dinâmicas ambientais relacionados à poluição do ar resultante das queimadas, dos incêndios florestais e os impactos à saúde humana.

Além disso, buscamos: no ano de 2021; i) identificar quais são os poluentes atmosféricos que mais interferem na saúde da população e ii: compreender o motivo pelo qual o bioma cerrado é muito afetado pelas queimadas.

Este TCC está estruturado da seguinte maneira:

No capítulo 1 é explicada toda trajetória do monitoramento da qualidade do ar. Desde os primeiros indícios de preocupação com os poluentes, exemplifica também alguns casos ocorridos com a combustão de determinadas substâncias, a identificação dos agravos em saúde e a criação das leis e programas para auxiliar no monitoramento da qualidade do ar. Também descrevemos como é feito o monitoramento através do Ministério da Saúde, explicando a forma de agir de todos os setores responsáveis, como a Vigilância da Saúde e qual suas principais tarefas. Em particular, apontamos como o setor de Vigilância de Saúde Ambiental e Qualidade do Ar (VIGIAR) auxilia no monitoramento da qualidade do ar.

No capítulo 2 abordamos os principais poluentes atmosféricos que mais impactam a saúde da população segundo Ministério do Meio Ambiente, são eles: Material Particulado (MP), Ozônio (O_3), Monóxido de Carbono (CO), Óxidos de Nitrogênio (NOX), e Dióxido de Enxofre (SO_2). Demonstrando quais são os danos na saúde de acordo com cada substância.

No capítulo 3 é especificado o que são doenças respiratórias e o grau de comprometimento que cada substância causa relacionado as vias aéreas. Explicitamos também os danos que as queimadas causam na saúde, assim como as demais substâncias ocasionam problemas no sistema respiratório e ao meio ambiente.

O capítulo 4 tem o objetivo de responder à pergunta de pesquisa, porque é neste capítulo que trazemos todas as informações sobre o Bioma Cerrado, território esse escolhido como recorte para essa pesquisa. Há também uma breve análise sobre os Estados mais afetados dentro deste Bioma.

METODOLOGIA

No último semestre da graduação em saúde coletiva foi viável o acesso a algumas fontes de dados no setor de Vigilância da Saúde Ambiental através do

estágio executado no setor. Por meio desse vínculo foi plausível um entendimento melhor e aprofundado da importância do controle dos poluentes atmosféricos e de todos os agravos existentes ao meio ambiente e à saúde da população. Devido a essa oportunidade, esta estudante desenvolveu bastante interesse no assunto, pelo qual ainda não tinha muito conhecimento.

No campo de estágio foi viável o acesso a algumas fontes de dados como boletins mensais sobre a qualidade do ar no Brasil, boletins de índices de queimadas que acontecem durante o ano, relatórios dos meses que foram mais atingidos pelas queimadas, a participação em reuniões com outros Estados para identificar se existe a possibilidade de melhoria em alguma ação do monitoramento, e o principal: a oportunidade de acompanhar de perto de como é feito esse monitoramento diário na nossa qualidade do ar.

Esta pesquisa se desenvolveu inicialmente por meio de uma revisão bibliográfica sistemática sobre a relação entre os poluentes atmosféricos e a saúde humana por meio de pesquisa nos seguintes bancos de dados: Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), Ministério da Saúde e artigos encontrados na Scientific Electronic Library Online (SciELO). Os descritores pesquisados foram: poluentes atmosféricos, queimadas, poluição ambiental, material particulado, doenças respiratórias, sistema respiratório, poluição atmosférica, doenças pulmonares, infecções respiratórias, bioma cerrado.

Também foi realizada a coleta de dados secundários através dos bancos de dados encontrados nas plataformas Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS) e os relatórios e indicadores publicados pelo setor de Vigilância da Saúde Ambiental do próprio Ministério da Saúde – composto pela equipe da Vigilância da Saúde Ambiental e Qualidade do Ar (VIGIAR).

Assim, foi possível identificar e correlacionar os índices de focos de calor com as populações mais atingidas e bem como com os Estados mais impactados no ano de 2021. Foi observado que o Bioma Cerrado é o segundo Bioma mais atingido pelas queimadas no Brasil, ficando atrás somente do Bioma Amazônia.

Após uma breve análise dos dados foi identificado que as doenças mais promovidas pelos poluentes atmosféricos foram as doenças respiratórias e as cardiovasculares. Porém, devido a pandemia de Covid-19 que estava ocorrendo no

ano de 2021 os dados sobre as doenças respiratórias relacionados aos poluentes atmosféricos foram poucos, momento em que foi difícil para a o monitoramento de saúde pública conseguir distinguir o que foi de fato estava ocasionado pelos poluentes atmosféricos e o que era sequela do Covid-19.

Por este motivo, foram encontrados poucos materiais correlacionados às doenças cardiovasculares, resultando em poucos dados e escassa base teórica – o que resultou na escolha metodológica de concentrar esta pesquisa nas doenças respiratórias. Através da análise dos dados já existentes nas plataformas citadas, foi possível identificar o impacto dos poluentes atmosféricos na saúde da população, principalmente o efeito do material particulado e das queimadas que interferem diretamente nos agravos das doenças respiratórias.

Por fim, uma análise aprofundada sobre os poluentes atmosféricos foi realizada graças ao estágio e ao acesso que tive no setor de Vigilância da Saúde Ambiental (VIGIAR) e à disponibilidade de todos que propuseram a ajudar no que estivessem ao alcance deles. Seja auxiliando e disponibilizando apresentações, boletins que tratavam sobre queimadas e poluentes, seja possibilitando o acesso a reuniões e debates da equipe que relatavam sobre os poluentes atmosféricos que mais tem impacto sobre a saúde – locais onde também se debatia possíveis melhorias nas estratégias. Muita gente colaborou para que eu tivesse acesso a toda informação disponível.

A pesquisa qualitativa em saúde foi a escolhida para fazer a análise desse estudo. De acordo com Maria Cecília Minayo (2012) “Compreender é exercer a capacidade de colocar-se no lugar do outro”. A palavra compreender, como trata Minayo, é a melhor forma de descrever essa pesquisa, porque buscamos tratar a problemática dos poluentes atmosféricos com várias visões distintas, de diferentes lugares e épocas procurando refletir sobre uma só problemática. Portanto, buscamos compreender a causa do problema e pensar e trazer melhorias para a saúde da população afetada, levando em conta tudo que acontece em sua volta, ou seja, como os determinantes sociais e ambientais impactam a saúde humana.

CAPÍTULO 1 - POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA, MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR E SAÚDE HUMANA

1.1 Histórico do monitoramento de poluição atmosférica no mundo

Nas primeiras décadas do século XX a poluição atmosférica começou a se tornar preocupante para a saúde pública, por causa do crescimento cada vez maior do uso de automóveis e sobretudo em países pioneiros no processo de industrialização. Um exemplo marcante da época aconteceu no ano de 1948 na Pensilvânia. As substâncias químicas geradas através da combustão das indústrias locais permaneceram sobre a cidade em consequência da inversão térmica que estavam impedindo a dispersão desses poluentes na atmosfera. A inversão térmica é um evento meteorológico no qual ocorre a presença de uma camada de ar frio acima da superfície terrestre que impossibilita a dispersão e movimentação de massas de ar quentes localizadas próximas do solo. Naquela ocasião, em um período de cinco dias, foram registrados 20 óbitos decorrentes desse evento, em uma comunidade de 14.000 pessoas. (BRAGA et al.,2002)

Outro exemplo marcante registrado nas primeiras décadas do século XX ocorreu em Londres no ano de 1952. Ocasionado também pela inversão térmica que impossibilitou a dispersão dos poluentes atmosféricos gerados através das indústrias e aquecedores domiciliares que utilizavam carvão, criou-se uma nuvem constituída de uma grande quantidade de material particulado e enxofre que se manteve imóvel sobre a cidade por aproximadamente três dias, dispendo de um aumento de 4.000 mortes em relação à média de mortes no mesmo período (BRAGA et al., 2002).

No ano de 1955, o congresso dos Estados Unidos liberou cinco milhões de dólares para serem investidos em estudos sobre os impactos da poluição atmosférica na saúde e também na economia. Vale ressaltar que ações como esta, que visavam o controle ambiental, não tinham importância política significativa até aquele momento. Somente na década de 1960 os Estados Unidos idealizaram um programa federal de contenção da poluição atmosférica vinculado ao Departamento de Saúde Educação e Bem-Estar Social. Esse programa era responsável pelo controle da emissão dos poluentes atmosféricos, contudo, se tornou ineficaz visto que os Estados não tinham a preparação adequada e estruturação para realizar ações controladoras.

Ainda na década de 1960, os Estados Unidos estabeleceram padrões de qualidade do ar, apontando os seis poluentes que poderiam ter a emissão controlada, sendo eles: partículas totais, dióxido de enxofre (SO₂), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrogênio (NO₂), ozônio (O₃) e chumbo (Pb). Para garantir que de fato esse controle fosse executado, foi criada a Agência de Proteção Ambiental Norte-americana (EPA).

Em 1990 a EPA conseguiu poderes suficientes para propor os critérios de controle das substâncias tóxicas em relação ao seu impacto à saúde. Com isso, centenas de estudos epidemiológicos e experimentais contribuíram imensamente para a implementação e elaboração de manuais de orientações não apenas para os Estados Unidos, mas servindo como parâmetro para pensar ações, estratégias e políticas em outros países do mundo que também passaram a apresentar problemas semelhantes relativos à qualidade do ar e os impactos para a saúde humana.

Em 1991, por volta de oitenta e sete milhões de pessoas nos Estados Unidos ainda se encontravam expostas a níveis superiores aos padrões determinados pela EPA (BRAGA et al., 2002). A figura 1 demonstra os padrões de qualidade do ar para os principais poluentes segundo a Agência de Proteção Ambiental Norte-americana (EPA).

FIGURA 1 - Padrões de qualidade do ar para os principais poluentes

Poluentes	Padrões Primários	Tempo Médio
Partículas Inaláveis (PM ₁₀)	50 µg/m ³	Média aritmética anual
	150 µg/m ³	nível limite para 24 horas
Ozônio (O ₃)	0,12 ppm (235 µg/m ³)	média de 1 hora máxima diária
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	0,03 ppm (80 µg/m ³)	média aritmética anual
	0,14 ppm (365 µg/m ³)	nível máximo em 24 horas
Monóxido de	9 ppm (10 µg/m ³)	média máxima de 8 horas
Carbono (CO)	35 ppm (40 µg/m ³)	nível máximo em 1 hora
Dióxido de Nitrogênio (NO ₂)	0,053 ppm (100 µg/m ³)	média aritmética anual

Fonte: Agência de Proteção Ambiental Norte-americana (EPA)

Outro país que se consolidou como um dos principais emissores de poluição atmosférica foi a Inglaterra, onde historicamente teve início a Revolução Industrial. Assim como os Estados Unidos, a Inglaterra iniciou ações de medição e controle da emissão de poluentes atmosféricos, o que acarretou, a partir da década de 1970 em uma queda considerável das taxas nas grandes cidades inglesas. A diminuição dos poluentes também ocorreu graças a entrada da Inglaterra no mercado comum europeu.

No início dos anos 1970 a união europeia demonstrou, através de propostas e discussões, estar convencida de que o excesso dos poluentes atmosféricos acarretava graves riscos à saúde. Logo, esse fator foi fundamental para que a Inglaterra, com a inclusão adjunta da comunidade europeia em 1973, estivesse obrigada a se adequar às leis de controle ambiental. Uma comissão de países europeus Commission of the European Communities (CEC) em 1976 instituiu padrões de qualidade do ar para dióxido de enxofre (SO₂), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrogênio (NO₂), material particulado e oxidantes fotoquímicos. Esse modelo foi aprimorado durante anos, de acordo com as legislações dos países europeus de forma idêntica.

Apesar da preocupação com os poluentes e da criação de medidas de controle na Europa, nos Estados Unidos e demais países industrializados no mundo, muitas tragédias causadas pelo acúmulo de substâncias na atmosfera prejudiciais à saúde ainda foram registradas ao longo do século XX e início do século XXI. Foi o caso de Bhopal, na Índia, que ocorreu na década de 1980 com um vazamento de metil-isocianato (MIC) proveniente da Union Carbide, uma indústria situada próxima à cidade, que provocou a morte de 1.700 pessoas causado por um intenso edema pulmonar (acúmulo de líquido no pulmão) ocasionado pela reação exotérmica do metil-isocianato com a água do tecido pulmonar. Mesmo com o número de mortes elevado, centenas de pessoas ainda ficaram com sequelas graves na função pulmonar que se tornaram irreversível (BRAGA et al., 2002).

Com o frenético crescimento urbano nos países em desenvolvimento, os automóveis também passaram a ser considerados como uma grande fonte de emissão de poluentes, se transformando em um problema de saúde. Até aquele momento não se tinha controle em relação a qualidade do combustível, dos motores e dos mecanismos de filtragem dos gases que são emitidos. (BRAGA et al., 2002).

1.2 - Monitoramento da poluição atmosférica no Brasil: pioneirismo de São Paulo

Os primeiros passos para o monitoramento da qualidade do ar no Brasil ocorreram na cidade de São Paulo no início dos anos 1960 quando foi firmado um convênio para o controle da poluição das águas e do ar na região, através da Comissão Intermunicipal de Controle da Poluição das Águas e do Ar (CICPAA). Este Convênio firmado entre as prefeituras de São Paulo modificou a Comissão Intermunicipal de Controle da Poluição das Águas e do Ar para a Superintendência de Saneamento Ambiental (SUSAM). Algum tempo depois as responsabilidades sobre o monitoramento e qualidade do ar e da água foram transferidas para Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico (CETESB) - a princípio, era um centro de tecnologia e engenharia sanitária, mas que ao longo dos anos assumiu o controle de todos os deveres em relação ao monitoramento da qualidade da água, do ar e do solo na cidade de São Paulo. (BRAGA et al., 2002).

No Brasil, a legislação federal estabelece padrões de qualidade do ar denominados de padrões primários e secundários. Os padrões primários, são concentrações de poluentes que quando ultrapassados da quantidade ideal e podem agredir a saúde da população. Os padrões secundários, são as concentrações que não se espera danos à saúde ou a fauna e a flora. (CONAMA, 1990)

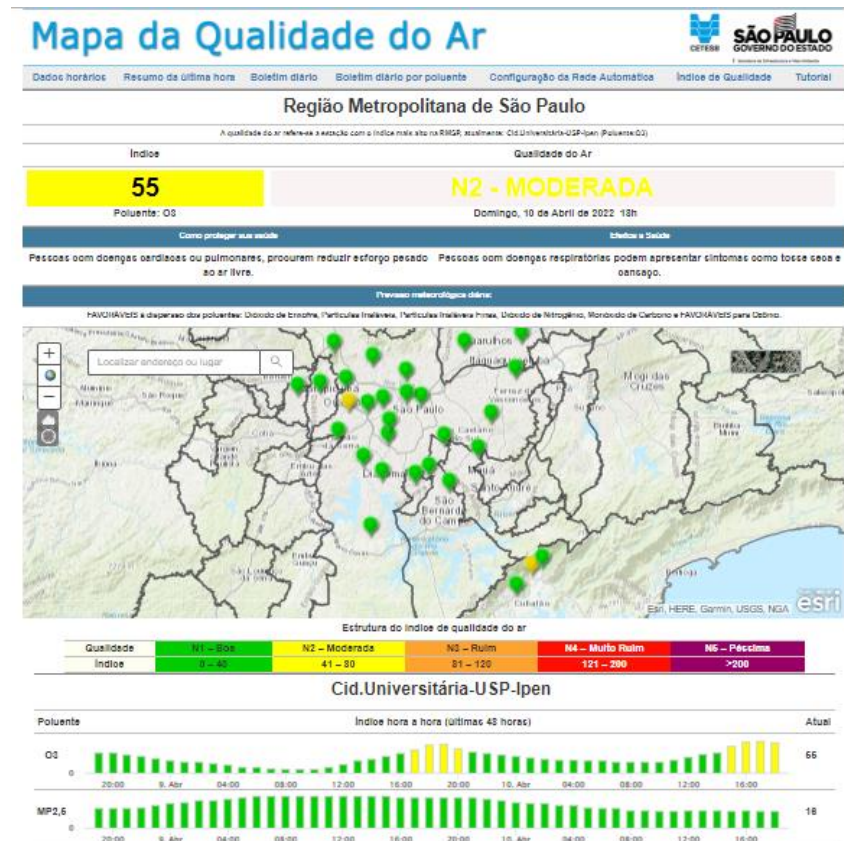
Essa definição, que consta de Portaria normativa do Instituto Brasileiro de Apoio ao Meio Ambiente (IBAMA) de 14 de março de 1990, e que foi transformada em resolução pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) em 28 de junho de 1990, define que a curto e médio prazo, os padrões primários devem ser os desejados, e que a longo prazo, os padrões secundários devam ser objetivados. Vale ressaltar que os padrões adotados pelo CONAMA são os mesmos adotados pela Agência de Proteção Ambiental Norte Americana (EPA). (CONAMA, 1990)

A resolução nº3 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estipula alguns critérios para eventos agudos de poluição do ar, com a determinação de níveis de atenção, alerta e emergência, em ordem crescente de gravidade. De acordo com o Art. 6º do CONAMA.

Art. 6º Ficam estabelecidos os Níveis de Qualidade do Ar para elaboração do Plano de Emergência para Episódios Críticos de Poluição do Ar, visando providências dos governos de estado e dos municípios, assim como de entidades privadas e comunidade geral, com o objetivo de prevenir grave e iminente risco à saúde da população (CONAMA, 1990).

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) publica diariamente o índice de qualidade do ar, desde 1981, com o intuito de proporcionar a divulgação de dados referente a qualidade do ar, como a figura 2 demonstra abaixo.

FIGURA 2: MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR DO ESTADO DE SÃO PAULO



FONTA: CETESB

A figura 2 mostra a qualidade do ar do dia 10 de abril de 2022 um dos últimos monitoramentos a serem publicados até a conclusão deste TCC. A imagem também mostra quais são os poluentes eminentes no momento: no caso está presente o ozônio (O₃) e Material Particulado (MP2,5). Ambos são poluentes que tem efeitos graves a saúde, assim como mostra a figura.

A CETESB é a agência ambiental do governo de São Paulo responsável pelo licenciamento, controle, fiscalização de atribuições geradas da poluição, ademais tem que avaliar e monitorar a qualidade ambiental com a finalidade de assegurar que os padrões de qualidade das águas, do ar e do solo sejam adequados em todas as

regiões do Estado de São Paulo, com o propósito de garantir a preservação dos recursos naturais e da manutenção da saúde pública (CETESB, 2022).

A CESTESB também proporciona serviços e suporte técnico a outros órgãos governamentais, Ministério Público e iniciativa privada. Relaciona-se com agências de cooperação internacional de vários países, como Canadá, Alemanha, França, Japão e outros. Apesar de possuir várias atividades, a CETESB ainda age no atendimento de emergências com o objetivo de intervir em situações que representam riscos ao meio ambiente, ocasionadas por eventos acidentais ocorridas em fontes ou atividades que manipulam substâncias químicas no Estado de São Paulo (CESTESB, 2022).

1.3 Implementação do monitoramento da poluição atmosférica em outros Estados no Brasil

No ano de 2019, a poluição do ar foi apontada pela Organização Mundial de Saúde (OMS) como o maior risco ambiental para a saúde. De acordo com a Organização, a poluição do ar foi a responsável por cerca de 7 milhões de mortes prematuras de pessoas em todo o mundo, todos os anos (OMS, 2019). Em consonância com estes dados internacionais, o Ministério da Saúde indicou que no Brasil as mortes em decorrência da poluição atmosférica aumentaram 14% em dez anos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2019).

Os Estados do Ceará, Pernambuco, Bahia, Goiás, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Rio grande do Sul e o Distrito Federal são os Estados que atualmente tem estações de monitoramento de qualidade do ar. Com frequência são identificadas concentrações elevadas de poluentes atmosféricos segundo as recomendações da Organização Mundial de Saúde (OMS) (IEMA, 2022).

A Plataforma da Qualidade do Ar é uma iniciativa do Instituto De energia e Meio Ambiente (IEMA) que tem como objetivo ampliar o conhecimento da sociedade acerca da qualidade do ar no Brasil. Com a colaboração de órgãos Públicos ambientais, o IEMA integra, organiza, analisa e disponibiliza dados sobre o monitoramento da qualidade do ar realizado no Brasil. Entre eles, estão as séries históricas de dados de concentração de poluentes para cada uma das estações de monitoramento. Esses dados são obtidos e organizados a partir de fontes abertas dos relatórios anuais da qualidade do ar dos Estados, e também do compartilhamento direto de dados dos

órgãos públicos ambientais ao IEMA. No Brasil, os Estados são responsáveis pelo monitoramento da qualidade do ar. Conseqüentemente, os órgãos estaduais de meio ambiente implementam cada qual seu próprio sistema de monitoramento (IEMA, 2022).

É possível identificar quais são a quantidade de poluentes existentes para cada ano e verificar a qualidade do ar de modo geral. A plataforma precisa ser alimentada com os dados que cada Estado que tem o monitoramento do ar disponibiliza, porém nenhuma dos Estados que fazem parte do Bioma Cerrado tem dados registrados sobre a qualidade do ar no ano de 2021, com exceção do Estado de São Paulo. Alguns Estados como Goiás e Distrito Federal não existem dados de nenhum ano registrados na plataforma.

O Programa de Monitoramento da Qualidade Atmosférica no Distrito Federal concentra dados desde de 2005. Infelizmente só monitora apenas três poluentes, Material Particulado inalável (MP_{10}), Material Particulado Totais (PTS) e fumaça preta. Sendo assim, não existe o monitoramento de todos os poluentes exigidos pela legislação. A forma na qual é empregada com o uso de Amostrados de Grande Volumes (AGV) e Amostradores de Pequenos Volumes (APV) está desatualizada. Essa forma de monitoramento é considerada como referência pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA), porém, não possibilita um monitoramento em tempo real, não consegue diferenciar os horários de maior emissão de poluentes, ou monitoramento de todos os dias da semana (IBRAM,2018).

O Instituto Brasília Ambiental (IBRAM) é o órgão responsável por fazer o monitoramento do ar no Distrito Federal e nele são registrados boletins mensais da qualidade do ar de cada unidade de monitoramento do Distrito Federal. Nessa região existem seis estações de monitoramento, são localizadas na estação rodoviária, estação zoológico, duas na estação Fercal, no campus da Instituto Federal de Educação em Brasília (IFB) na Samambaia e uma estação no centro de Taguatinga. Na estação rodoviária conta com duas estações manuais para poluentes de fumaça e material particulado total (PTS) e uma estação meteorológica. Estação Zoológico inaugurada em 2017, conta com duas estações manuais para os poluentes fumaça e material particulado respirável (PM_{10}) e uma estação meteorológica. As estações da Fercal contam com dois equipamentos manuais para monitoramento de material particulado total (PTS) e material particulado inalável (PM_{10}) (IBRAM,2022).

Os pontos de monitoramento foram instalados próximos a grandes fontes emissoras e aglomeração populacionais. Encontram-se poucas indústrias que tem o potencial de poluição atmosférica no território do Distrito Federal. A poluição veicular é a maior responsável pela emissão de poluentes atmosféricos (IBGE, 2016).

No que se refere aos níveis de poluentes, são poucas as variáveis monitoradas. Os poluentes que são registrados no DF como Material Particulado Total e fumaça não são mais o foco de monitoramento da Organização Mundial de Saúde, porque existem partículas mais finas como o MP₁₀ e MP_{2,5} apresentarem muitos estudos relacionando suas concentrações com mortes e internações. O monitoramento do MP₁₀ no Distrito Federal só teve início em 2017 apenas em dois pontos de monitoramento. Ainda em 2017 foi possível registrar níveis altos desse poluente na estação da Fercal que ultrapassam as recomendações da Organização Mundial de Saúde, trazendo assim risco a saúde da população. O IBRAM classificou a qualidade do ar nesse local como regular, mas alertou que é desfavorável a qualidade do ar para idosos, crianças e pessoas com doenças respiratórias. Essa região da Fercal é afetada por conter atividades mineradoras, por abrigar duas indústrias de cimento. (IBRAM, 2018).

Ao fazer a análise dos dados da qualidade do ar do ano de 2021 foi possível identificar que dos meses de janeiro a outubro de 2021 somente uma das estações de monitoramento que no caso era a do Instituto Federal de Brasília (IFB) estava funcionando. As demais estações estiveram suspensas durante esse período devido ao estado de calamidade pública decretado no Distrito Federal (IBRAM, 2021).

Em relação aos meses de novembro e dezembro que houve registros de dados, de modo geral o monitoramento registrou um nível normal de poluentes atmosféricos, com exceção de uma das unidades da Fercal e a estação do zoológico que se encontravam em manutenção (IBRAM, 2021).

De acordo com o IBRAM a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) é a responsável por executar o monitoramento da qualidade do ar de Minas Gerais. É uma entidade ligada a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD). De acordo com o Decreto Nº 47.760/2019 a FEAM tem como domínio desenvolver e instalar as políticas públicas relacionadas à mudança de clima, energias renováveis, à qualidade do ar, à qualidade do solo e à gestão de efluentes líquidos e de resíduos sólidos, visando a preservação e a melhoria da qualidade ambiental no Estado de Minas Gerais (FEAM,2021).

No Estado de Minas Gerais foram identificadas mais de dez estações de monitoramento da qualidade no ar, localizadas nas cidades de Belo Horizonte, Barra Longa, Betim, Contagem, Congonhas, Coronel Fabriciano, Ouro Preto, Ibirité, Ipatinga, Itabira, Paracatu, Conceição do Mato Dentro, São José da Lapa e Timóteo. Em todas as estações verificam a qualidade do ar para as duas frações do material particulado (MP₁₀ e MP_{2,5}) que são os mais agressivos para a saúde, Monóxido de Carbono (CO), Material Particulado Total (PTS), Dióxido de Enxofre (SO₂), Ozônio (O₃) e Óxidos de Nitrogênio (NOX) (FEAM,2020).

No site da FEAM não é possível encontrar dados sobre o monitoramento da qualidade do ar do Estado de Minas Gerais do ano de 2021, os últimos dados encontrados foram do ano de 2018. A partir de agosto de 2021 os dados da rede de monitoramento da qualidade do ar estão interligados a plataforma do Sistema MonitoAr, que é desenvolvido pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) e ficou responsável por divulgar em uma plataforma única, os dados de toda rede de monitoramento e qualidade do ar no Brasil.

O Estado da Bahia tem como responsável o Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA) e a Refinaria Landulpho Alves (RLAM) que são encarregadas de fazer o monitoramento da qualidade do ar no Estado. A Bahia conta com o tal de 23 estações de monitoramento. As estações são capazes de identificar os seguintes poluentes: Material Particulado Inalável (PI), Dióxido de Enxofre (SO₂), Óxidos de Nitrogênio (NOX), Monóxido de Carbono (CO), Ozônio (O₃), Metais (Chumbo, Cromo, Cobre, Ferro, Níquel, Arsênio, Mercúrio), 38 Compostos Orgânicos Voláteis (COVs), Amônia (NH₃), Compostos Reduzidos de Enxofre (TRS), Hidrocarbonetos Totais (melânicos e não-melânicos). Os parâmetros adotados visam estabelecer as emissões relacionadas, aos grandes centros urbanos, associados as emissões automotivas, são eles: Dióxido de Enxofre (SO₂), Óxidos de Nitrogênio (NOX), Monóxido de Carbono (CO) e Ozônio (O₃) (INEMA, 2022).

O site monitoramento da qualidade do ar do Estado da Bahia, apesar de ter um grande número de estações, não tem banco de dados, por isso as informações sobre a qualidade do ar só podem ser acessadas diariamente, também não foi encontrado registros de boletins mensais ou anuais de anos anteriores sobre a qualidade do ar de modo geral.

1.4 – A importância do monitoramento da qualidade do ar para a saúde

A poluição atmosférica ocasiona severos danos à saúde, como agravamentos nas doenças respiratórias e cardiovasculares. Igualmente gera efeitos negativos aos ecossistemas, gerando prejuízos a agricultura e aos ambientes urbanos, acarretando na poluição das águas e do solo, por conta disso merece atenção redobrada.

O Ministério do Meio Ambiente criou o Programa Nacional do Ar Puro denominado com o objetivo de melhorar a qualidade do ar no Brasil. O programa traz o Sistema Nacional de Monitoramento da Qualidade do Ar (MonitorAr). A inovação do sistema é monitorar e divulgar em tempo real as informações, por meio de site e aplicativo gratuitos, disponibilizados para todos os cidadãos. A plataforma é alimentada automaticamente pelos dados locais e seguindo os padrões internacionais de classificação (MMA, 2021).

No site do MonitorAr é possível identificar todas as estações de monitoramento do ar no Brasil, porém os dados contidos nesse sistema só fornecem dados em tempo real ou das últimas 24 horas. No caso da análise da qualidade do Ar do Estado de Minas Gerais, não podemos acessar os dados de 2021 porque ele não é encontrado no sistema, é um sistema bastante amplo, porém com essa falha, ele não tem banco de dados e também não faz boletins mensais ou anuais sobre a qualidade do ar dos Estados.

O Índice de Qualidade do Ar (IQA) foi formado para facilitar a divulgação dos dados de monitoramento da qualidade do ar de curto prazo, tornando assim mais fácil o entendimento para a comunidade. Os valores que são determinantes para classificar a qualidade do ar como boa, são valores recomendados pela Organização Mundial De Saúde, que são os mais adequados para a saúde da população. Os poluentes que fazem parte da classificação são Material particulado (MP₁₀), Material particulado (MP_{2,5}), Ozônio (O₃), Monóxido de carbono (CO), Dióxido de nitrogênio (NO₂) e Dióxido de enxofre (SO₂) (MMA,2019).

FIGURA 3: ESTRUTURA DO ÍNDICE DE QUALIDADE DO AR

Qualidade do Ar	Índice	MP ₁₀ (µg/m ³) 24h	MP _{2.5} (µg/m ³) 24h	O ₃ (µg/m ³) 8h	CO (ppm) 8h	NO ₂ (µg/m ³) 1h	SO ₂ (µg/m ³) 24h
N1 - Boa	0 - 40	0 - 50	0 - 25	0 - 100	0 - 9	0 - 200	0 - 20
N2 - Moderada	41 - 80	>50 - 100	>25 - 50	>100 - 130	>9 - 11	>200 - 240	>20 - 40
N3 - Ruim	81 - 120	>100 - 150	>50 - 75	>130 - 160	>11 - 13	>240 - 320	>40 - 365
N4 - Muito Ruim	121 - 200	>150 - 250	>75 - 125	>160 - 200	>13 - 15	>320 - 1130	>365 - 800
N5 - Péssima	201 - 400	>250 - 600	>125 - 300	>200 - 800	>15 - 50	>1130 - 3750	>800 - 2620

FONTE: CETESB,2019

De acordo com esse índice demonstrado na figura 3 é possível mensurar qual é o nível da qualidade do ar em um determinado momento e assim poder saber o quão prejudicial ele é para a saúde.

FIGURA 4: CÁLCULO DO IQAR

$$IQAr = I_{ini} + \frac{I_{fin} - I_{ini}}{C_{fin} - C_{ini}} \times (C - C_{ini})$$

FONTE: MMA, 2019

A figura 4 demonstra o cálculo do IQAr, o Conselho Nacional do Meio Ambiente determina que a qualidade do ar somente pode ser classificada como boa se o cálculo for ($IQAr \leq 40$). O cálculo é feito da seguinte forma: I_{ini} = valor do índice que corresponde à concentração inicial da faixa; I_{fin} = valor do índice que corresponde à concentração final da faixa; C_{ini} = concentração inicial da faixa em que se localiza a concentração medida; C_{fin} = concentração final da faixa em que se localiza a concentração medida; C = concentração medida do poluente. (MMA,2019)

A divulgação dos índices deve ser informada através de boletins, independente dos valores registrados, os dados devem ser publicados o mais rápido possível para que a população sempre tenha acesso a qualidade do ar da sua região e estejam atentas a sua qualidade de vida. (INEMA, 2021)

FIGURA 5: RELAÇÃO ENTRE VALOR DO IQAR E POSSÍVEIS EFEITOS À SAÚDE

Índice	Efeitos
0 - 40	-
41 - 80	Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço. A população em geral não é afetada.
81 - 120	Toda a população pode apresentar sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta. Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar efeitos mais sérios na saúde.
121 - 200	Toda a população pode apresentar agravamento dos sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta e ainda falta de ar e respiração ofegante. Efeitos ainda mais graves à saúde de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas).
> 200	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupos sensíveis.

FONTE: CETESB, 2019.

Na figura 5 pode-se identificar os índices do cálculo do IQAr. Através do cálculo é viável a percepção dos efeitos à saúde. Determinar os índices de qualidade do ar é estritamente necessário para poder obter planos de ação caso necessário.

O monitoramento da qualidade do ar é imprescindível para observar continuamente as concentrações na atmosfera de quaisquer poluentes que podem atingir a qualidade do ar. Desse modo, o monitoramento tem como objetivo principal avaliar continuamente as substâncias que tornam o ar benéfico para o ser humano e meio ambiente. (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2021)

Após pesquisar todos os Estados que tinham o monitoramento da qualidade do ar e que fazem parte do bioma cerrado foi possível concluirmos que os Estados tem demonstrado interesse e preocupação em fazer o monitoramento da qualidade do ar, demonstrando saberem os riscos para a saúde humana e ao meio ambiente. Em contrapartida, falta atenção, investimento e priorização ao ignorarem dados relevantes para o sistema público de saúde, de modo que não é possível analisar se houve ou não um aumento de determinados poluentes, se teve algum dia no mês ou ano que determinado poluente estava mais presente além dos padrões de normalidade, muito menos identificar se houve danos à saúde por conta dos poluentes. (IEMA, 2021)

Conclui-se que de nada adianta manifestar preocupação sobre a qualidade do ar se não há registro e análise dos dados detalhados em uma longa escala de tempo.

Dos quatro Estados analisados, somente o Distrito Federal e São Paulo disponibilizam os dados mensalmente e não somente diariamente como a Bahia e Minas Gerais.

1.5 Sobre a Vigilância da Saúde Ambiental (VSA) do Ministério da Saúde

A Vigilância da Saúde Ambiental é responsável pelos eventos naturais que podem ocasionar doenças e agravos na saúde, relacionados aos contaminantes ambientais na água, no ar e no solo. O Ministério da Saúde, desenvolve algumas atividades da Vigilância da Saúde Ambiental (VSA) que abrangem a exposição humana a poluentes atmosféricos, tendo assim um vínculo com o setor ambiental, na concepção da promoção da saúde de acordo com os princípios do Sistema Único de Saúde (SUS). (VIGILÂNCIA DA SAÚDE AMBIENTAL, 2021)

Os deveres da vigilância incluem identificar e monitorar a saúde das populações expostas aos poluentes atmosféricos, analisar os riscos à saúde resultante da exposição aos poluentes atmosféricos, reconhecer e avaliar os efeitos agudos e crônicos referentes à exposição, incentivar a intersetorialidade e interdisciplinaridade entre os órgãos que possuem a conexão com a saúde relacionada à qualidade do ar, levando em consideração a proteção da saúde da população e proporcionar uma orientação adequada em relação às políticas nacionais e locais de proteção à saúde da população frente aos riscos resultantes da exposição aos poluentes atmosféricos (VSA, 2002).

Denominada Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Poluentes Atmosféricos (VIGIAR), suas ações integram o conjunto de atribuições da Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental do Departamento de Saúde Ambiental (CGVAM), Saúde do Trabalhador e Vigilância das Emergências em Saúde Pública, na Secretaria de Vigilância em Saúde (DSASTE).

Em um cenário de queimadas e incêndios florestais, a ação conjunta das esferas do Sistema Único de Saúde (SUS) é primordial. Envolve o desenvolvimento e a articulação de ações com interação intra e intersetorial, conforme a dinâmica e as necessidades identificadas no território, a organização dos processos de trabalho para garantir a preparação adequada e a continuidade das suas ações, com o objetivo de reduzir a exposição e os efeitos das queimadas na saúde humana. As ações devem envolver atividades de prevenção, promoção, vigilância e atenção à saúde. (BRASIL, 2021).

Considerando o aprimoramento e desenvolvimento de estratégias mais sólidas para a coleta de informações que satisfaçam as necessidades dos sistemas de saúde tem sido uma das propostas ao cronograma do setor, a vigilância de populações expostas a poluição do ar inclui em seus esforços a implantação de unidades sentinelas que incluem a seleção de unidades de saúde capazes de coletar informações com sensibilidade para monitorar os efeitos da poluição do ar. (VIGIAR 2022). O objetivo dessas unidades era de obter alerta para investigação e adoção de medidas de controle de doenças graves que exigem atenção hospitalar. Seria uma grande ferramenta de suporte e promoção a proteção da saúde da população se funcionasse como deveria.

O estágio proporcionou algumas vivências dentro desse setor, o VIGIAR tem mais foco para a área de queimadas, justamente por trabalhar diretamente com o bioma cerrado e ser um território seco e com grandes índices de queimadas, principalmente no mês de agosto e setembro, gerando uma atenção muito grande do setor nos efeitos dos poluentes que são emitidos através dessa combustão. Além de toda essa apreensão com as queimadas é visível a preocupação do setor com todos os poluentes existentes no Distrito Federal e nos demais territórios afetados mais significativamente pela poluição atmosférica gerada pelas queimadas, sempre em busca de verificar a possibilidade de desenvolver propostas de ação que garantam a melhor qualidade de vida possível para a população. A comunicação entre os Estados acontece com grande frequência, logo é de suma importância que de fato exista essa interação para haver a troca de saberes entre os Estados.

CAPÍTULO 2 - PRINCIPAIS POLUENTES ATMOSFÉRICOS QUE INTERFEREM DIRETAMENTE NA SAÚDE DA POPULAÇÃO

2.1 Material Particulado (MP)

De todos os poluentes atmosféricos o Material Particulado é um dos principais, por conter partículas minúsculas, consegue penetrar com facilidade nas vias respiratórias. O material particulado é uma mistura de partículas líquidas e sólidas que ficam suspensas no ar e são invisíveis a olho nu – a sua composição e tamanho dependem da fonte de emissão. (CETESB,2021)

De acordo com a determinação da Agência de Proteção Ambiental Norte Americana (EPA), deve haver o controle de partículas menores que 10µm (PM10) – denominadas de partículas inaláveis – pois essas são partículas que podem provocar danos à saúde, atingindo as vias respiratórias com uma certa facilidade devido ao seu tamanho. Também apresentam uma característica epidemiológica bastante relevante por serem responsáveis por transportar os gases absorvidos na superfície até aos pontos mais longes das vias aéreas, onde ocorrem as trocas de gases no pulmão.

Conforme o material particulado vai entrando nas vias aéreas, algumas partículas conseguem ser removidas através do mecanismo de defesa do sistema respiratório. O primeiro mecanismo é o espirro. O espirro é provocado através de partículas grandes, que por causa do seu tamanho não conseguem ultrapassar as narinas. A tosse é outro mecanismo de defesa, que surge através da invasão do trato respiratório por partículas estranhas. Quando as partículas se alojam na superfície das células no trato respiratório, o terceiro mecanismo de defesa entra em ação: o aparelho mucociliar. O mucociliar, da mesma forma que os outros mecanismos de defesa, faz parte do trato respiratório, sendo composto por cílios e células secretoras de muco. Os cílios fazem um movimento contínuo no sentido do pulmão para a boca, impulsionando o muco para fora do trato respiratório. Existem também algumas partículas que conseguem chegar à orofaringe: essas podem ser deglutidas. Já aquelas partículas que atingem as porções mais distantes das vias aéreas, são então fagocitadas pelos macrófagos alveolares, dessa forma, são retiradas via aparelho mucociliar ou aparelho linfático. (BRAGA et al, 2007).

2.2 Ozônio (O₃)

O ozônio é constituído por vários agrupamentos de reações catalisadas pela luz do sol (raios ultravioletas) rodeados como precursores, oxido de nitrogênio (NOX) e hidrocarbonetos, decorrentes de fontes de combustão móvel, como veículos, usinas termoelétricas e fontes naturais como as árvores, que auxiliam na produção de compostos orgânicos voláteis. (CETESB,2021)

No fim da primavera e início de outono, os níveis de ozônio podem crescer notavelmente em centros urbanos e periferias. Frequentemente, os níveis mais altos de ozônio são destacados algumas horas depois do horário de pico, onde tem o nível máximo de emissão de óxidos de nitrogênio, atingindo seu topo por volta das dezoito horas quando vai escurecendo.(BRAGA et al, 2007).

O ozônio por sua vez, também consegue atingir os níveis mais distais das vias áreas, assim como o material particulado. (BRAGA et al, 2007).

2.3 Monóxido de Carbono (CO)

As pessoas que residem nos grandes centros urbanos encontram um nível bastante alto de monóxido de carbono (CO). Os cidadãos que passam mais tempo dentro de automóveis, caminhando ou até mesmo andando de bicicleta nas ruas são mais afetados. Entretanto, no ambiente internos também existe risco, o CO pode emergir efeito através do ambiente externo e entrar pela ventilação, ou ser produzido localmente por aquecedores a óleo, fumantes, churrasqueiras e fogão a gás. (BRAGA et al, 2007).

O seu efeito a saúde diferente dos outros componentes citados a cima que atingem as vias áreas, o monóxido de carbono atinge as hemoglobinas. Ou seja, uma pequena quantidade de CO pode saturar uma grande quantidade de hemoglobina, atingindo diretamente a capacidade do sangue de transportar oxigênio (O₂), prejudicando também a liberação de oxigênio nos tecidos. (BRAGA et al, 2007).

2.4 Óxidos de Nitrogênio (NOX)

As principais fontes responsáveis são as usinas termoelétricas e os automóveis. No decorrer da combustão em altas temperaturas, o oxigênio age com o nitrogênio, formando assim o oxido nítrico (NO), dióxido de nitrogênio (NO₂) e outros

óxidos de nitrogênio (Nox). Na existência de oxigênio (O₂), ozônio e hidrocarbonetos, o óxido nítrico se transforma em dióxido de nitrogênio. Na presença de luz do sol, reage com hidrocarbonetos e oxigênio formando ozônio (O₃), sendo um dos principais precursores deste poluente na troposfera.

A aglomeração de dióxido de nitrogênio (NO₂) pode ser a mesma dentro ou fora de casa, ao contrário dos outros poluentes, ele se espalha com muita facilidade através dos mecanismos de ventilação. Por conta disso, existem várias fontes de NO₂ e óxidos de nitrogênio (NOX) dentro das residências como os fogões, aquecedores e o cigarro.

Em relação à saúde, o dióxido de nitrogênio quando é inalado, consegue alcançar as porções periféricas do pulmão em razão da sua solubilidade baixa. (BRAGA et al, 2007).

2.5 Dióxido de Enxofre (SO₂) e aerossóis ácidos

As principais fontes são os automóveis e termoelétricas através da combustão de elementos fósseis como carvão e petróleo, quando o dióxido de enxofre (SO₂) é oxidado formado ácido sulfúrico (H₂SO₄). Porém, essa transformação acontece de acordo com o tempo de permanência no ar, se há presença de luz, umidade, temperatura, entre outros. Quanto mais tempo essa substância fica presente no ar, o SO₂ e os aerossóis ácidos podem se deslocar para regiões distantes das fontes primárias de emissão, fazendo com que a área de contaminação dos poluentes seja cada vez maior. (BRAGA et al, 2007).

*

A exposição a um poluente pode acarretar efeitos clínicos severos à saúde da população, principalmente em crianças e idosos. O potencial de um poluente para impactar a saúde é estabelecido pelo grau de exposição ou pela sua toxicidade. De acordo com a Organização Mundial de Saúde e a Organização Pan-Americana de Saúde, os principais efeitos que podem afetar o maior número de pessoas são através das doenças respiratórias provocando pneumonia nas crianças, acidentes vasculares cerebrais, disposição ao câncer e ao diabetes, prejuízo do desenvolvimento cognitivo em crianças e demência em idosos. Informa-se também que algumas pessoas que já

têm doenças crônicas pré-existentes, como asma, doenças cardíacas, pulmonares e/ou diabetes tem um risco maior de desenvolver agravamentos quando ficam em contato com níveis elevados de poluição do ar (OMS/OPAS, 2018).

Entre todos Estados que compõem o bioma Cerrado se encontra a cidade de São Paulo que é uma grande região metropolitana e com isso existem várias fontes de poluentes como um número saliente de automóveis e indústrias – seguida pelas capitais dos outros Estados e seus elevados níveis de poluição atmosférica, além das áreas de agronegócio que, repetidamente, são caracterizadas por ciclos de queimadas. A partir disso é possível dimensionar o impacto da saúde das populações que vivem nessas regiões e determinar que quanto mais próxima uma pessoa estiver dos focos desses poluentes, mais danos a sua saúde tende a sofrer. (BRAGA et al, 2007).

CAPÍTULO 3 - PRINCIPAIS POLUENTES ATMOSFÉRICOS E DOENÇAS RESPIRATÓRIAS ASSOCIADAS

É classificada como doença respiratória qualquer distúrbio das vias aéreas e dos pulmões que afetam diretamente os pulmões. Doenças do sistema respiratório podem atingir qualquer estrutura ou órgãos relacionados à respiração, cavidades nasais, faringe, laringe, traqueia, brônquios e bronquíolos, além dos tecidos pulmonares e dos músculos respiratórios da caixa torácica. O trato respiratório é uma região que tem grande exposição por estar em contato direto com o meio ambiente e, por consequência, pode ser afetado por organismos, poeira ou gases inalados (FLASCHEN et al, 2019).

Em relação aos sintomas das doenças pulmonares, a tosse é um sinal significativo de todas as doenças que afeta a partes dos brônquios. Uma tosse seguida de um escarro é a manifestação de uma doença inflamatória, que na bronquite é um sintoma muito comum. Outro sintoma bastante comum é a dispneia ou mais conhecida como falta de ar. A falta de ar pode surgir com a entrada de um corpo estranho na traqueia, ou com início de uma crise de asma. Dor no peito é denominado como um sintoma precoce, porque também pode ser classificado como uma taquicardia ou no caso da doença respiratória pode ser classificada como pneumonia, que é causada por uma inflamação na pleura. A dor associada a pleura é sentida quando se respira profundamente, porém a dor some quando o líquido se acumula no espaço pleural, denominada como derrame pleural (FLASCHEN et al, 2019).

Uma doença respiratória pode apresentar sintomas mais agudos ou somente uma sensação de mal-estar ou fadiga. Pode apresentar também sintomas como perda de apetite, perda de peso e alguns sintomas que não estão ligados necessariamente às vias aéreas como é o caso da indigestão e dores de cabeça. Como os sintomas não são específicos, principalmente no estágio inicial, é importante fazer exame físico e radiográfico do tórax para melhor avaliação do médico. As doenças respiratórias, são capazes de afetar estruturas do sistema respiratório como boca, nariz, laringe, faringe, traqueia e pulmão. Frequentemente estão associadas ao estilo de vida e qualidade do ar, ou seja, a exposição a agentes poluentes, produtos químicos, dentre outros. (FLASCHEN et al, 2019).

3.1 – Poluição atmosférica, aquecimento global e seus efeitos à saúde

Em um panorama do aquecimento global, a existência de doenças respiratórias graves tende a se agravar considerando a probabilidade de um alongamento nos períodos de seca e redução acentuada da umidade, que sucederia em uma vulnerabilidade maior da vegetação às queimadas. (DUCHIADE, 1992)

A poluição atmosférica nas grandes cidades tem sido identificada como um problema de saúde pública desde o começo do século XX. Os poluentes gerados a partir da combustão de combustíveis fósseis são responsáveis por determinarem efeitos diretos no sistema respiratório. Os danos causados têm sido mensurados através dos atendimentos hospitalares, internações e mortalidade (BRAGA et al, 2007).

A poluição do ar é caracterizada pelas mudanças na composição atmosférica natural, são capazes de causar danos severos na saúde dos seres vivos e nos recursos naturais. É uma eventualidade que já faz parte do cotidiano do planeta. As substâncias que ficam no ar, ocasionando a poluição ou tornando-o impróprio para a inalação são denominadas poluente atmosférico. As indústrias, queimadas em geral, veículos e aviões são as principais fontes que prejudicam diretamente a saúde. É importante ressaltar também que alguns processos naturais levam à emissão desses poluentes, como as erupções vulcânicas, tempestades de areia e incêndios florestais (BRAGA et al, 2007).

Trata-se, atualmente, da maior causa ambiental de adoecimentos e mortes no mundo, com cerca de 7 milhões de mortes prematuras a cada ano atribuídas aos efeitos tanto da poluição ambiental quanto daquela produzida dentro dos domicílios. A Organização Mundial de Saúde (OMS) também reconhece que a poluição do ar é um fator de risco crítico para doenças crônicas não transmissíveis (DCNT), causando cerca de um quarto (24%) das mortes por doenças cardíacas, 25% por acidentes vasculares cerebrais, 43% por doença pulmonar obstrutiva crônica e 29% por câncer de pulmão (OMS, 2018).

No Brasil a má qualidade do ar atmosférico pode causar aproximadamente 20 mil óbitos por ano, um valor cinco vezes maior que o tabagismo (ARBEX et al, 2012). A faixa de risco para ter danos mais sérios na saúde são os idosos e as crianças que apresentam sintomas como a diminuição da função pulmonar, crescimento no

consumo de medicamento em pessoas idosas e também há ocorrência de mudanças do sistema imunológico de pessoas sem comorbidades. (MOREIRA et al, 2015).

Porém a intensidade e gravidade dos efeitos da saúde humana baseiam-se de uma série de fatores, características dos poluentes e da população exposta, exposição individual, suscetibilidade do indivíduo exposto.

3.2 O fator atmosférico “Queimada” e seus impactos para a saúde humana

As queimadas são fenômenos naturais que surgem na maioria dos casos em áreas secas, de clima árido e semiárido, que possuem vegetação. Com a presença do vento e da baixa umidade, algumas fagulhas podem surgir de forma natural e ocasionar incêndios que, podem chegar em proporções difíceis de serem controladas. Existe também as queimadas antrópicas que são comuns em áreas rurais para a limpeza para a preparação da próxima colheita (WRI BRASIL, 2021)

As queimadas naturais podem surgir através da queda de um raio ou até mesmo pelo clima ser muito seco com temperaturas elevadas e baixa umidade, no cerrado por exemplo, os focos de queimadas podem ser identificados com simplicidade nos períodos de julho a setembro. Queimadas artificiais são aquelas em que se coloca fogo em uma área específica para eliminar possíveis entulhos ou matéria orgânica, geralmente tem como justificativa limpar o terreno para um novo plantio, porém essa prática traz sérios riscos à saúde e à qualidade do ar (WRI BRASIL, 2021)

Quando as queimadas são provocadas por ação do homem, o risco se torna ainda maior. Se o vento mudar de posição, as fagulhas são levadas para outras áreas, o que pode iniciar um novo incêndio. Diante disso, a fumaça devido à combustão prejudica diretamente a qualidade do ar nas de ocorrência de queimas e até mesmo em áreas distantes, uma vez que elas são transportadas através das correntes de ar. (RIBEIRO et al, 2002)

A contribuição das queimadas e dos incêndios florestais no desenvolvimento de adoecimentos e mortes, em virtude da exposição aguda e crônica à fumaça coloca a saúde da população, principalmente as crianças e idosos em perigo. Ela libera poluentes microscópicos que podem penetrar nos sistemas respiratório e circulatório do organismo humano, podendo provocar doenças agudas e crônicas (pneumonias,

bronquites e asma, doenças cardíacas, acidente vascular cerebral, doença pulmonar obstrutiva crônica), incapacidades e óbitos (CARMO, 2013).

De acordo com alguns estudos realizados na região de Canavieiras em Minas Gerais, foi demonstrado que o material particulado gerado pela queima da palha de açúcar aumenta os sintomas e internações por doenças respiratórias. Outro exemplo ocorreu na cidade de Itabira, também em Minas Gerais onde estão situadas grandes jazidas de minério de ferro – que é extraído em ambiente aberto, provocando assim, uma elevada emissão do material particulado, sobretudo por causa da suspensão do material pela movimentação das escavadeiras através da explosão. Este cenário acaba interferindo ainda mais na saúde da população local, além do que as minas estão localizadas dentro da cidade o que leva à exposição direta dos habitantes. Por motivos de preocupação com a exposição dos habitantes foi instalada uma estação de monitoramento do ar nessa região (BRAGA et al, 2007).

TABELA 1: PRINCIPAIS POLUENTES PROVENIENTES DA QUEIMA DE BIOMASSA E SEUS EFEITOS À SAÚDE HUMANA

Poluentes	Mecanismos	Efeitos Potenciais Sobre A Saúde
Material particulado: partículas menores que 10 μ , e sobretudo as menores que 2,5 μ de diâmetro aerodinâmico	Agudo: irritação, inflamação e aumento de reatividade brônquica. Redução do transporte muco-ciliar Redução das respostas dos macrófagos e (?) redução da imunidade local. (?) Reação fibrótica. Descontrole autônomo, atividade pró-coagulante, stress oxidativo	Sibilos, exacerbação de crises de asma brônquica. Infecções respiratórias. DPOC Exacerbações de DPOC
Monóxido de carbono	Produção de carboxihemoglobina com conseqüente redução da absorção de O ₂ por órgãos vitais etambém prejuízo do desenvolvimento do feto	Recém natos de baixo peso Aumento de mortes fetais
Dióxido de nitrogênio	Exposição aguda aumenta a reatividade brônquica Exposição crônica aumenta a suscetibilidade a infecções respiratórias bacterianas e virais	Sibilos e exacerbação de asma brônquica Infecções respiratórias Diminuição da capacidade pulmonar em crianças
Dióxido de enxofre	Exposição aguda aumenta a reatividade brônquica Exposição crônica: é difícil dissociar dos efeitos do material particulado	Sibilos e exacerbação de asma brônquica Exacerbação de DPOC, DCV (?) aumento de suscetibilidade a
Formaldeído	Irritação de vias respiratórias altas (?) Aumento de sensibilização a alergenos.	infecções (?) pode agravar a asma brônquica.
Benzopireno	Carcinogênico (uma das substancias carcinogênicas no carvão e na fumaça da biomassa).	Câncer de pulmão Câncer de boca, nasofaringe e laringe
Fumaça da biomassa	Absorção das toxinas no interior da lente, causando mudanças oxidativas.	Catarata

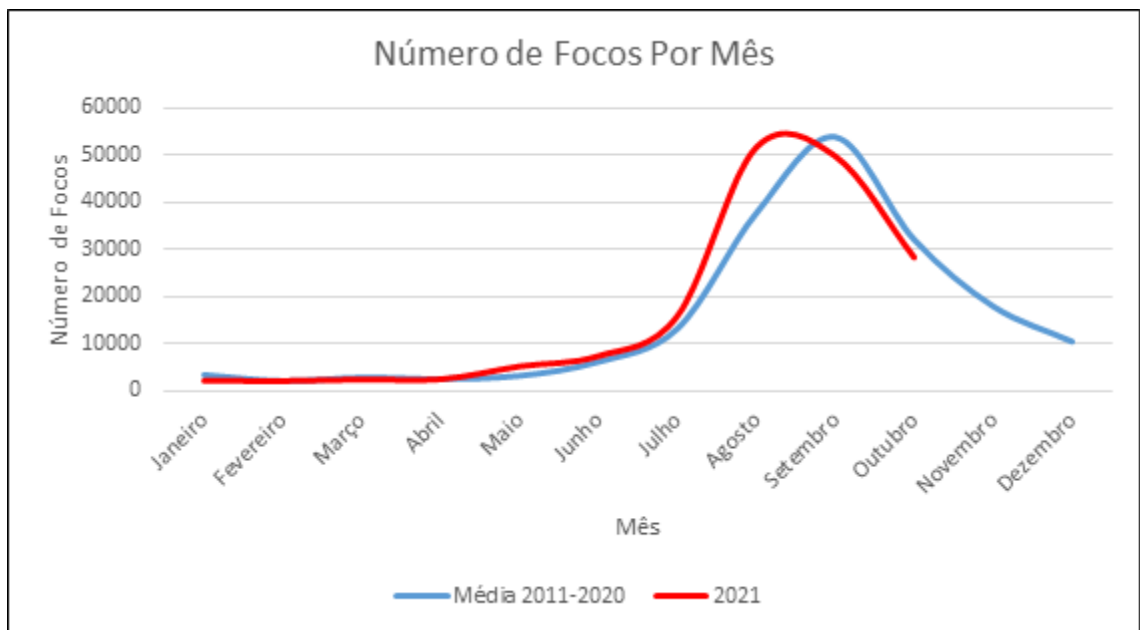
FONTE: MARCOS, 2004

Na tabela 1 podemos identificar os componentes que são gerados através da queima da biomassa e seus efeitos para saúde de acordo com cada componente. Pôde ser observado também que o poluente denominado de Material Particulado está no topo da lista, mostrando-se como o que traz mais malefícios à saúde.

Os focos de calor servem como indicador de queimadas e incêndios florestais, através da detecção via satélite de forma regular, fazendo que haja ocorrências dos focos de calor nos Estados e biomas onde está ocorrendo alguma queima. A identificação dos focos de calor é observada através do site Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Outrossim, as áreas com o maior número de focos de calor não necessariamente são com as taxas maiores de internações e mortes. Isso pode validar que os gases e aerossóis contidos no ar através das queimadas podem se dispensar com facilidade na atmosfera e chegar em áreas distantes de onde se origina os focos de calor e com longo tempo de permanência na atmosfera (BRASIL, 2020).

A queima de biomassa no Brasil, especialmente nos biomas da Amazônia e no Cerrado são a principal contribuição brasileira (aproximadamente 19%) para as fontes globais de vários gases de efeito estufa (dióxido de carbono, metano e óxido nitroso) e da emissão difusa de grandes quantidades de outros poluentes atmosféricos, dentre os quais destaca-se o material particulado (MP).

FIGURA 6: NÚMERO DE FOCOS POR MÊS; 2021 E MÉDIA PARA 2011-2020



FONTE: INPE, 2021

A figura 6 mostra a tendência de focos mensais para 2021 comparados por uma média de 10 anos (2011-2020). É possível averiguar que os anos de maio, junho, julho e particularmente agosto apresentaram valores acima da média histórica. No mês de agosto de 2021 o número mensal de focos atingiu seu pico para o ano com valor de 51.711 focos, dado que se encontra 37% acima da média para esse mês. Observou-se também que até o mês de agosto de 2021 o foco de queimadas ficou 28% acima da média dos últimos 10 anos.

FIGURA 7: FOCOS DE CALOR NO BRASIL VISUALIZADA ATRAVÉS DO SATÉLITE NO PERÍODO DE AGOSTO DE 2021 NO BIOMA CERRADO



FONTE: INPE, 2021

Na figura 7 é possível observar os focos de calor no mês de agosto de 2021, imagem essa retirada via satélite através da plataforma do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Os pontos vermelhos no mapa são os focos de calor identificados nas regiões em todo o mês de agosto. Os Estados que estão com o grau de comprometimento elevado de queimadas são o Maranhão, Piauí, Distrito Federal, Minas Gerais, São Paulo, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Grande parte desses Estados encontra-se no Bioma cerrado, por isso esse bioma foi o escolhido para esse estudo.

Através de plataformas como o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), podemos ver em tempo real o impacto das queimadas na qualidade do ar em escala mundial. Porém essa plataforma não apresenta muita precisão: os satélites fazem as análises de uma grande área e com isso não fornecem dados precisos da real situação em uma escala menor. Essa funcionalidade também é prevista para a plataforma Serviço de Infraestrutura, Saneamento e Abastecimento de Água Municipal (SISAM), trazendo o cálculo de concentrações de poluentes e variáveis meteorológicas por município. (INPE,2021)

No decorrer das estações de queimadas de 2021, foi possível observar o impacto das queimadas na qualidade do ar de regiões importantes e que possuem redes de monitoramento como as cidades de São Paulo e Minas Gerais. Essa rede de monitoramento existe para que se tenha uma precisão dos dados em relação à qualidade do ar daquela região onde a rede está instalada. Quanto mais redes de monitoramento existirem, melhor será a precisão dos dados, mas infelizmente o número dessas redes ainda é muito inferior ao necessário: a maioria das redes de monitoramento contínuo são concentradas no sudeste do país, região que não é impactada pelas queimadas na mesma intensidade comparada com outras regiões como o norte e centro-oeste. (RIBEIRO et al, 2002)

A fumaça resultante das queimadas contém inúmeros elementos que são desfavoráveis à saúde humana. A poluição atmosférica, formada pela queima de biomassa está associada ao acréscimo da mortalidade por doenças respiratórias, principalmente por causa do material particulado, através da inalação das suas partículas menores acabam percorrendo todo o sistema respiratório, conseguindo atravessar a barreira epitelial, alcançando os alvéolos pulmonares durante as trocas gasosas e chegando até a corrente sanguínea.

É relevante para a Saúde Coletiva se aprofundar no comportamento das doenças respiratórias e cardiovasculares no território e suas relações com a evolução das queimadas e variabilidade climática, viabilizando analisar séries temporais, distintos cenários de exposição e fatores de risco. Em áreas urbanas, algumas implicações da exposição a poluentes sofrem potencialização quando ocorrem alterações climáticas, principalmente as inversões térmicas. Logo, esse fenômeno impede que a dispersão da poluição seja realizada, esse acontecimento pode

ocasionar em um aumento de doenças respiratórias justamente pelo excesso da poluição no ar.

CAPÍTULO 4 – DADOS SOBRE O BIOMA CERRADO E A EXPOSIÇÃO A POLUENTES ATMOSFÉRICOS NO ANO DE 2021

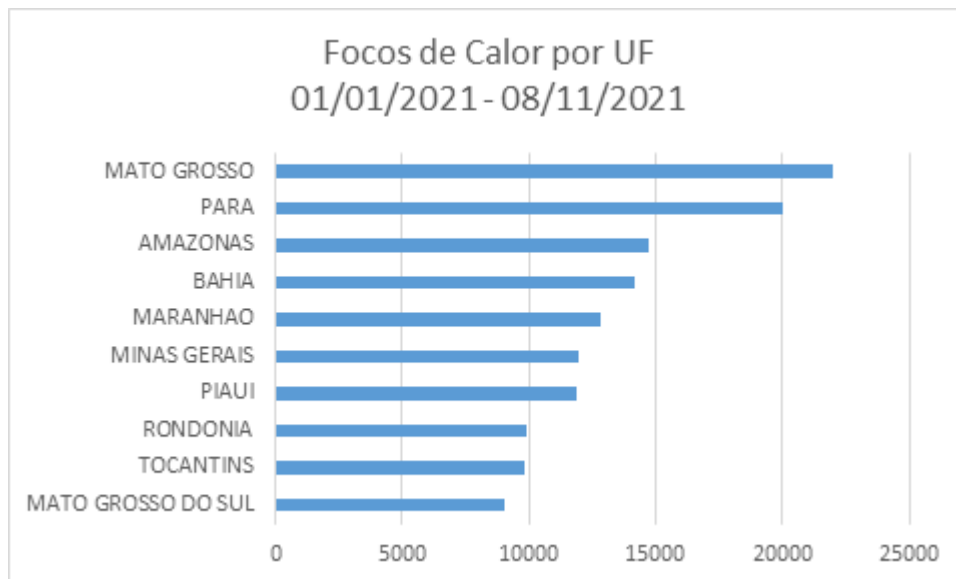
O cerrado é o segundo maior bioma da América do Sul, ocupa uma área de 2.036.448 km², cerca de 22% do território nacional. O Cerrado brasileiro abrange os estados: Amapá, Maranhão, Piauí, Rondônia, Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo, Tocantins e Bahia. Este bioma é conhecido como a savana mais rica em biodiversidade do mundo. No Cerrado encontram-se três das maiores bacias hidrográficas da América do Sul: Tocantins-Araguaia, São Francisco e Prata. Em decorrência das queimadas existentes nesse bioma, que são ocasionadas pelo clima ou ação do homem, incontáveis espécies de plantas e animais correm grande risco de extinção como a onça pintada, jaguatirica, capivara, dentre outros. (BRASIL, 2002).

O clima do cerrado pode ser considerado estacional, significa que ele possui duas estações bem definidas, sendo elas o verão e o inverno. O inverno é extremamente seco e o verão chuvoso. Muitas populações sobrevivem dos seus recursos naturais, incluindo povos indígenas, quilombolas e ribeirinhos. Depois da Mata Atlântica, o Cerrado é o bioma que mais sofreu alterações com causa da ocupação humana. Este bioma possui a menor taxa de áreas que tem proteção ambiental, apresentando apenas 8,21% de seu território legalmente protegido por Unidades de Conservação (UCs). Por isso, é necessária a implantação de políticas públicas que busquem a preservação da grande biodiversidade da região. (BRASIL, 2022).

No Cerrado, de janeiro a agosto de 2021, foram contabilizados em torno de 27.542 focos de incêndio. Esse número de focos é maior que o do ano de 2020 período no qual foi registrado o total de 24.205 focos de incêndio. Foi observado assim um crescimento de 13,7% de pontos de queimadas em relação ao ano de anterior (CNN, 2021).

Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) foi identificada no ano de 2021 até o mês de julho um total de 59.048 km² devastados pelas queimadas que atingiram os seis biomas brasileiros. O bioma mais afetado foi o Cerrado, com 34.478 km² queimados, em seguida a Amazônia com 8.333 km², a Mata Atlântica com 7.746 km², a Caatinga com 5.378km², o Pantanal com 2.095 km² e o Pampa com 1.018 Km² (CNN, 2021).

FIGURA 8: ORDEM DOS DEZ ESTADOS COM O MAIOR NÚMERO DE FOCOS NO ANO 2021



FONTE: INPE,2021

Na figura 8 é possível verificar a ordem dos dez Estados brasileiros com o maior número de focos de queimadas no período de janeiro a agosto de 2021. Dentre os dez Estados citados, somente dois não fazem parte do território de abrangência do bioma Cerrado.

No decorrer de toda a pesquisa foram observados todos os principais poluentes que agredem diretamente à saúde, ocasionando assim agravamento das doenças respiratórias, principalmente em crianças e idosos e pessoas com o sistema cardiorrespiratório debilitado. Se o bioma Cerrado tem um foco muito alto de queimadas, consequentemente relacionado ao seu clima, então as pessoas que compõe essa região são atingidas em grande parte pelos poluentes que são emitidos através das queimadas.

Com relação à fumaça emitida pelas queimadas ou pelos incêndios florestais, o fenômeno atmosférico resultante consiste principalmente em material particulado, especialmente o PM^{10} : quanto mais perto o indivíduo está da fonte emissora, mais a saúde poderá ser atingida. Durante os períodos de queimadas o $PM^{2,5}$ foi associado a efeitos respiratórios nos pulmões, causando consequências como estresse oxidativo local e inflamação (PEREIRA et al, 2021).

Observamos que ao longo do ano de 2021 – o período de tempo deste estudo – pode-se identificar que o bioma cerrado é responsável por um grupo considerável

de territórios que são desmatados pela ação do fogo. Entretanto, o cerrado é um bioma grande e não é somente das queimadas que as emissões de poluentes existem. Automóveis e indústrias também fazem parte dessa contribuição com a emissão de poluentes e atingindo diretamente a saúde de toda a população.

Como foi observado, existem no Brasil e no mundo o sistema de monitoramento do ar, porém de todas as cidades que fazem esse monitoramento no Brasil, somente Bahia, Minas Gerais, São Paulo e Distrito Federal fizeram parte na regionalização do nosso Estudo devido ao recorte proposto pela pesquisa e da necessidade de dados comparáveis do monitoramento da qualidade do ar. Como foi dito anteriormente, os Estados de Bahia e Minas Gerais, embora possuam um monitoramento do ar, não registram seus bancos de dados em relatórios mensais, ou seja, só é possível acessar os dados atuais. O Distrito Federal registrou dados mensais, porém de Janeiro a Outubro de 2021 teve apenas uma estação de monitoramento em funcionamento devido ao estado de calamidade ocasionada pelo Covid-19, por isso, não tivemos dados suficientes para fazer uma análise comparativa adequada dessa região.

São Paulo foi a única cidade que apresentou dados suficientes para analisar adequadamente os poluentes atmosféricos existentes ao longo do ano de 2021. Como já informado, esse Estado possui um monitoramento do ar através da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) responsável pelo registro de boletins mensais sobre a qualidade do ar que incluem de maneira detalhada quais poluentes que estão sendo emitidos em determinado momento, permitindo fazer uma análise completa de todo o ano de 2021.

A cidade de São Paulo é uma das dez maiores cidades do mundo e a principal fonte de poluição atmosférica na cidade resulta do grande número de automóveis e da alta quantidade de indústrias. Destacamos que a grande frota de automóveis é um efeito causado pela baixa qualidade do transporte público, apesar do metrô ter uma diversidade de linhas e ser responsável pelo deslocamento de milhares de pessoas anualmente.

Uma característica de São Paulo em relação ao número crescente de poluentes atmosféricos é que ao longo dos anos a cidade foi se transformando em um local predominante de mão-de-obra e oferta de serviços, logo o aumento dos poluentes móveis também cresceu devido a quantidade de indústrias. Os poluentes móveis são aqueles que ficam sempre em movimento, como é o caso dos caminhões e aviões que são responsáveis pelos transportes de pessoas e mercadorias.

De acordo com os dados encontrados na região metropolitana de São Paulo que foi disponibilizada pela CETESB do ano de 2021 dos meses de janeiro a dezembro, foi identificado os meses de maio e setembro como os piores meses com as emissões mais elevadas dos poluentes, como Ozônio, Material Particulado (MP₁₀), Material Particulado (MP_{2,5}) e Dióxido de Enxofre (CETESB, 2021).

O Ozônio não é emitido diretamente na atmosfera por nenhuma fonte, mas formado através da relação entre os óxidos de nitrogênio que são emitidos por processos de combustão veicular ou industrial e dos compostos orgânicos voláteis que são emitidos nos processos evaporativos, como a queima incompleta de combustíveis automotivos e em processos industriais na presença de luz solar. De acordo com a CETESB as concentrações mais elevadas ocorrem na primavera e verão, época essa que a temperatura é mais elevada (CETESB, 2021).

O Material Particulado composto por partículas sólidas e líquidas, que são pequenas o suficiente para se manterem suspensas no ar. São os poluentes atmosféricos que mais causam danos à saúde por ter partículas muito finas e entrar com facilidade nas vias aéreas do ser humano. O Dióxido de Enxofre resulta principalmente através da queima de combustíveis que contém enxofre, como é o caso do óleo diesel, óleo de combustível industrial e gasolina. É um dos principais precursores da chuva ácida e responsável pela formação de sulfatos secundários que contribuem para a formação do material particulado na atmosfera (CETESB, 2021).

De acordo com esses dados fornecidos no ano de 2021, considera-se que as poluições atmosféricas merecem muita atenção porque em um período de um ano foram identificados poluentes que causam danos severos à saúde, agravados ainda mais pelo tempo de exposição. São Paulo é o principal exemplo brasileiro para estudo da poluição do ar e seus impactos para a saúde humana por ser uma região metropolitana com uma vasta quantidade de indústrias e automóveis e um grande número de pessoas que vivem nesse mesmo local.

5. CONCLUSÃO

Estudar os poluentes atmosféricos foi uma maneira de compreender que existem diferentes formas de interferência na saúde da população e o ar é uma delas. O ar que inalamos constantemente pode gerar doenças respiratórias graves se não tiver qualidade e um monitoramento sanitário adequado, como foi possível identificar nos exemplos citados.

Os poluentes são em geral ocasionados por ação humana – intencionadas ou não – provocada pela necessidade de locomoção através dos automóveis que emitem poluentes móveis, das indústrias e seus processos de queima e combustão e até mesmo das queimadas, que dentro do bioma Cerrado é uma grande fonte de poluição atmosférica, ocasionada por estações muito secas – que estão cada vez mais longas ocasionadas pelos efeitos da poluição – mas também pelas queimadas promovidas de forma ilegal e criminosa por agentes humanos.

A Saúde Coletiva por sua vez é uma área de estudo voltada diretamente para a promoção da saúde e seus determinantes sociais. Como a Saúde Coletiva cativa uma visão de promoção da saúde, é possível ampliar a visão e trazer formas de mudar o contexto que identificamos neste TCC para aprimorar as formas de monitoramento do ar com o intuito de que mais vidas possam ser salvas. O meio ambiente é um determinante social crucial para a qualidade de vida: demonstrar os efeitos dos poluentes atmosféricos na saúde evidencia que é preciso um cuidado contínuo com essas substâncias, principalmente o Material Particulado que agride com grande facilidade as partes mais distais do sistema respiratório.

Existem poucos estudos tratando sobre esse tema atualmente dentro do campo da Saúde Coletiva, principalmente após a pandemia de Covid-19. Acreditamos que este TCC contribui com uma visão integrada do bioma cerrado por ser uma região muito exposta as queimadas e sofrer muito com esses poluentes e merece atenção.

Com isso, o estudo demonstrou que os poluentes atmosféricos podem ser muito prejudiciais à saúde, e que cada componente presente no ar pode ser derivado de uma fonte diferente e que também pode atingir diferentes regiões do trato respiratório e cardiovascular causando efeitos variados de acordo com o tempo de exposição de cada indivíduo.

Apesar da preocupação com a poluição não ser algo recente e que já se tenha evoluído muito nesse parâmetro – o surgimento de níveis de segurança dos poluentes

é uma prova dessa evolução como as centrais que monitoram a qualidade do ar – ainda há muito o que se fazer para efetivar melhor essa regulação em termos de políticas de saúde. No Brasil, poucas cidades adotam o monitoramento da qualidade do ar com a importância adequada. Mesmo com o número elevado de estudos que comprova o impacto na saúde da população, muitas cidades que já fazem o monitoramento não fazem a análise adequada dos dados ou ainda não fazem o armazenamento dos bancos de dados, o que é prejudicial para identificação de aumentos ou quedas de determinadas concentrações dos poluentes.

Cidades como São Paulo, que fazem essa análise com eficácia, registraram no ano de 2021 níveis além da normalidade de exposição dos poluentes. Embora a CETESB tenha feito boletins mensais identificando que a estação na cidade de São Paulo está fora do nível de normalidade da qualidade do ar, determinando qual é o poluente que está elevado, faltam normas e regulamentações para que o Estado e o Brasil como um todo precisa ter como resposta.

Sugere-se ainda que, quando ultrapassado o padrão que a Organização Mundial de Saúde (OMS) determina, os municípios, Estados e países deveriam receber mais atenção governamental, para que de fato haja um controle na qualidade do ar, uma vez que apenas efetuar o monitoramento e identificar a fonte de emissão não soluciona os problemas consequentes em saúde pública gerados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARBEX, M. A. et al. A poluição do ar e o sistema respiratório. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, v. 38, n. 5, p. 643-655, out. 2012. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-37132012000500015&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 15 abril 2022.

ARBEX, M. A.; SANTOS, U. P.; MARTINS, L. C.; SALDIVA, P. H. N.; PEREIRA, L. A. A.; BRAGA, A. L. F. A poluição do ar e o sistema respiratório. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, São Paulo, v.38, n.5, p.643-655, 2012. DOI:<https://doi.org/10.1590/S1806-37132012000500015>

Arbex, Marcos Abdo et al. Queima de biomassa e efeitos sobre a saúde. *Jornal Brasileiro de Pneumologia* [online]. 2004, v. 30, n. 2 [Acessado 16 Abril 2022] , pp. 158-175. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1806-37132004000200015>>. Epub 08 Jun 2004. ISSN 1806-3756. <https://doi.org/10.1590/S1806-37132004000200015>.

BIBLIOTECA VIRTUAL EM SAÚDE. **Poluição atmosférica na ótica do Sistema Único de Saúde.** Disponível em: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/poluicao_atmosferica_SUS_saude_ambiental.pdf. Acesso em: 28 fev. 2022.

BIBLIOTECA VIRTUAL EM SAÚDE. **Vigilância da Saúde Ambiental.** Disponível em: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_sinvas.pdf. Acesso em: 8 fev. 2022.

BRAGA, Alfésio Luís Ferreira et al. Associação entre poluição atmosférica e doenças respiratórias e cardiovasculares na cidade de Itabira, Minas Gerais, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 23, p. S570-S578, 2007.

BRAGA, Alfesio; PEREIRA, Luiz Alberto Amador; SALDIVA, Paulo Hilário Nascimento. Poluição atmosférica e seus efeitos na saúde humana. **Trabalho apresentado no evento de sustentabilidade na geração e uso de energia, UNICAMP**, v. 18, 2002.

BRASÍLIA AMBIENTAL. **Relatórios mensais de monitoramento da qualidade do ar:2021.** Disponível em: brasilambiental.df.gov.br/relatorios-mensais-de-monitoramento-da-qualidade-do-ar-2021/. Acesso em: 20 abr. 2022.

CETESB. **Missão, objetivos e atividades.** Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/centroregional/centro-regional-para-assistencia-tecnica-e-transferencia-de-tecnologia/missao-objetivos-e-atividades/>. Acesso em: 19 abr. 2022.

CETESB. **Poluentes.** Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes/>. Acesso em: 15 fev. 2022.

CNN. 5 biomas brasileiros registram piores queimadas de 2021 em agosto. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/5-biomas-brasileiros-registram-piores-queimadas-de-2021-em-agosto/>. Acesso em: 23 abr. 2022.

DAPPER, S. N.; SPOHR, C.; ZANINI, R. R. Poluição do ar como fator de risco para a saúde: uma revisão sistemática no estado de São Paulo. *Estudos Avançados*, v. 30, n. 86, p. 83-97, abr. 2016. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142016000100083.

DUCHIADE, M. P. Poluição do ar e doenças respiratórias: uma revisão. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 8, n. 3, p. 311-330, set. 1992. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-311X1992000300010>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X1992000300010&lng=pt&nrm=iso.

Hansen-Flaschen, John and Bates, David V. "respiratory disease". *Encyclopedia Britannica*, 12 Dec. 2019, <https://www.britannica.com/science/respiratory-disease>. Accessed 22 April 2022.

IBRAM. Conheça os locais de monitoramento da qualidade do ar. Disponível em: ibram.df.gov.br/conheca-os-locais-de-monitoramento-da-qualidade-do-ar/. Acesso em: 20 abr. 2022.

IBRAM. Programa de Monitoramento da Qualidade do Ar do Distrito Federal. **Revista Técnica de Biodiversidade e Qualidade Ambiental**, Distrito Federal, v. 1, n. 2018, p. 48, jan./2018. Disponível em: ibram.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/03/artigo.pdf. Acesso em: 20 abr. 2022.

IEMA - INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE. **Plataforma de qualidade do ar.** Disponível em: <https://energiaeambiente.org.br/qualidadedoar>. Acesso em: 19 abr. 2022.

Latham, D., & Williams, E. (2001). Lightning and Forest Fires. In *Forest Fires*. <https://doi.org/10.1016/b978-012386660-8/50013-1>

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Ministério do Meio Ambiente anuncia programa Ar Puro para melhorar qualidade do ar nas cidades do Brasil.** Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/noticias/ministerio-do-meio-ambiente-anuncia-programa-ar-puro-para-melhorar-qualidade-do-ar-nas-cidades-do-brasil>. Acesso em: 21 abr. 2022.

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

MINAYO, Maria Cecília. Análise qualitativa: teoria, passos e fidedignidade. **Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 3, mar./2012 Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-81232012000300007>.

PORTAL DO MEIOAMBIENTE.MG. **Qualidade do Ar e Emissões Atmosféricas**. Disponível em: <http://www.feam.br/qualidade-do-ar>. Acesso em: 21 abr. 2022.

RIBEIRO, H.; ASSUNÇÃO, J. V. de. Efeitos das queimadas na saúde humana. *Estudos Avançados*, v. 16, n. 44, p. 125-148, abr. 2002. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142002000100008&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 15 maio 2020.

RODRIGUES, Stéfane Dias et al. O impacto da poluição do ar na mortalidade por doença pulmonar obstrutiva crônica e câncer pulmonar. 2021.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE MEDICINA DA FAMÍLIA E COMUNIDADE. **Queimadas e Doenças Respiratórias**. Disponível em: <https://www.sbmfc.org.br/>. Acesso em: 9 mar. 2022.

URRUTIA-PEREIRA, Marilyn et al. Impacto da exposição à fumaça da queima de biomassa na Floresta Amazônica na saúde humana. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 47, 2021.

World Health Organization. 2018. "Ambient (Outdoor) Air Quality and Health." 2018. [https://www.who.int/newsroom/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/newsroom/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health).

WRI BRASIL. **O estado da qualidade do ar no Brasil**. Disponível em: https://wribrasil.org.br/sites/default/files/wri-o-estado-da-_qualidade-do-ar-no-brasil.pdf. Acesso em: 17 mar. 2022.