Cicera Cristina Vidal Aragão

**Efeito da exposição à poluição atmosférica nos atendimentos de
emergência por hipertensão arterial sistêmica ou doenças respiratórias
em adultos residentes em São Caetano do Sul – SP**

Tese apresentada a Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo para obtenção do
título de Doutor em Ciências

Programa de Patologia

Orientador: Prof. Dr. Alfésio Luís Ferreira Braga

São Paulo

2016

Cicera Cristina Vidal Aragão

**Efeito da exposição à poluição atmosférica nos atendimentos de
emergência por hipertensão arterial sistêmica ou doenças respiratórias
em adultos residentes em São Caetano do Sul – SP**

Tese apresentada a Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo para obtenção do
título de Doutor em Ciências

Programa de Patologia

Orientador: Prof. Dr. Alfésio Luís Ferreira Braga

São Paulo

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Preparada pela Biblioteca da
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Aragão, Cicera Cristina Vidal

Efeito da exposição à poluição atmosférica nos atendimentos de emergência por hipertensão arterial sistêmica ou doenças respiratórias em adultos residentes em São Caetano do Sul - SP / Cicera Cristina Vidal Aragão. -- São Paulo, 2016.

Tese (doutorado) – Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.
Programa de Patologia.

Orientador: Alfésio Luís Ferreira Braga.

Descritores: 1.Poluição do ar 2.Hipertensão 3.Doenças respiratórias 4.Serviços médicos de emergência 5.Registros médicos 6.Homens 7.Mulheres 8.Idosos

USP/FM/DBD-226/16

AGRADECIMENTOS

A Deus, força maior que rege minha vida e guia meus passos.

A meu esposo, Rodrigo, por estar sempre ao meu lado me apoiando e por ter me auxiliado em tantos momentos durante essa jornada do Doutorado, do ponto de vista emocional e também com as planilhas do Excel.

A minha filha querida e amada Beatriz, que é e sempre será meu maior incentivo para viver, crescer e lutar por um mundo melhor.

A minha prima Érika, designer gráfico, pelo enorme auxílio com a formatação das figuras em alta resolução. Ao meu primo Caio, redator, pela revisão de português da versão final da tese.

Ao Sr. Henrique Santoro Júnior, chefe do serviço de arquivamento médico do Hospital de emergências Albert Sabin, por todo o empenho em colaborar durante a fase da coleta dos dados.

Aos alunos da escola de saúde da Universidade Municipal de São Caetano do Sul que, através do programa de iniciação científica, realizaram a coleta de dados dos prontuários no Hospital de emergências Albert Sabin. Vocês foram parte importante deste trabalho.

A Profa. Dra. Brigitte Rieckmann Martins dos Santos, por conduzir o trabalho em paralelo através do programa de iniciação científica da Universidade Municipal de São Caetano do Sul e por todo o apoio, dedicação e incentivo.

Ao Prof. Dr. Chin An Lin, Prof. Dr. Luiz Alberto Amador Pereira e Prof. Dr. Marcos Abdo Arbex, pelas valiosas contribuições feitas durante a avaliação do trabalho no exame de qualificação.

E a meu orientador, Prof. Dr. Alfésio Luís Ferreira Braga, por toda a atenção dispensada desde a fase do projeto de pesquisa, pelo respeito e consideração demonstrados a cada encontro de trabalho, por externar, através de palavras e, principalmente, atitudes, o verdadeiro papel de um professor no sentido ético e de exemplo de conduta. Saiba que me espelho em você no desenvolvimento de minha carreira acadêmica.

EPÍGRAFE

"A batalha mais difícil de ser travada ocorre no teu mundo íntimo. Ninguém a vê, a aplaude ou a censura. É tua. Vitória, ou derrota, pertencerá a ti em silêncio. Nenhuma ajuda exterior poderá contribuir para o teu sucesso, ou conjuntura alguma te levará ao fracasso."

(Joana de Angelis)

NORMALIZAÇÃO ADOTADA

Esta tese está de acordo com as seguintes normas em vigor no momento desta publicação:

Referências: adaptado de International Committee of Medical Journals Editors (Vancouver).

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Divisão de Biblioteca e Documentação. Guia de apresentação de dissertações, teses e monografias. Elaborado por Anneliese Carneiro da Cunha, Maria Julia de A. L. Freddi, Maria Fazanelli Crestana, Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena. 3ª ed. – São Paulo: Divisão de Biblioteca e Documentação - DBD/FMUSP, 2011.

Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com Listo of Journals Indexed in Index Medicus.

SUMÁRIO

Lista de figuras.....	9
Lista de quadros.....	14
Lista de tabelas.....	16
Lista de abreviaturas e siglas.....	17
Resumo.....	18
Abstract	19
1 INTRODUÇÃO.....	20
1.1 Poluentes do ar	22
1.2 Efeitos respiratórios da poluição ambiental.....	27
1.3 Efeitos cardiovasculares da poluição ambiental.....	29
1.4 Município de São Caetano do Sul.....	33
1.5 Justificativa.....	35
2 OBJETIVOS.....	36
2.1 Objetivo Geral.....	37
2.2 Objetivos Específicos.....	37
3 MÉTODOS.....	38
3.1 Dados de morbidade.....	39
3.2 Dados de poluição atmosférica, temperatura e umidade....	40
3.3 Análise estatística.....	41
3.4 Aspectos Éticos.....	44
4 RESULTADOS.....	45
4.1 Análise de Regressão Linear Generalizada.....	64
4.1.1 Efeito do PM ₁₀ na HAS.....	64
4.1.2 Efeito do PM ₁₀ nas IVAS.....	68
4.1.3 Efeito do PM ₁₀ nas doenças chiadoras.....	72
4.1.4 Efeito do PM ₁₀ nas pneumonias.....	76
4.1.5 Efeito do SO ₂ na HAS.....	80
4.1.6 Efeito do SO ₂ nas IVAS.....	84
4.1.7 Efeito do SO ₂ nas doenças chiadoras.....	88
4.1.8 Efeito do SO ₂ nas pneumonias.....	92

4.1.9	Efeito do NO ₂ na HAS.....	96
4.1.10	Efeito do NO ₂ nas IVAS.....	100
4.1.11	Efeito do NO ₂ nas doenças chiadoras.....	104
4.1.12	Efeito do NO ₂ nas pneumonias.....	108
4.1.13	Efeito do O ₃ na HAS.....	112
4.1.14	Efeito do O ₃ nas IVAS.....	116
4.1.15	Efeito do O ₃ nas doenças chiadoras.....	120
4.1.16	Efeito do O ₃ nas pneumonias.....	124
5	DISCUSSÃO.....	129
5.1	Limitações do estudo.....	132
5.2	Contextualização dos resultados.....	133
6	CONCLUSÃO.....	142
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	144
8	ANEXOS.....	146
9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	150

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Localização do município de São Caetano do Sul.....	34
Figura 2 –	Números diários de atendimentos de emergência de adultos por HAS no período de janeiro de 2010 a dezembro de 2011.....	48
Figura 3 –	Números diários de atendimentos de emergência de adultos por IVAS no período de janeiro de 2010 a dezembro de 2011.....	50
Figura 4 –	Números diários de atendimentos de emergência de adultos por doenças chiadoras no período de janeiro de 2010 a dezembro de 2011.....	52
Figura 5 –	Números diários de atendimentos de emergência de adultos por pneumonias no período de janeiro de 2010 a dezembro de 2011.....	54
Figura 6 –	Valores diários do poluente PM_{10} ($\mu g/m^3$), de janeiro de 2010 a dezembro de 2011, para São Caetano do Sul.	56
Figura 7 –	Valores diários do poluente SO_2 ($\mu g/m^3$), de janeiro de 2010 a dezembro de 2011, para São Caetano do Sul.	57
Figura 8 –	Valores diários do poluente NO_2 ($\mu g/m^3$), de janeiro de 2010 a dezembro de 2011, para São Caetano do Sul.	58
Figura 9 –	Valores diários do poluente O_3 ($\mu g/m^3$), de janeiro de 2010 a dezembro de 2011, para São Caetano do Sul.....	59
Figura 10 –	Valores diários de temperatura mínima, de janeiro de 2010 a dezembro de 2011, para São Caetano do Sul.	61
Figura 11 –	Valores diários de umidade média, de janeiro de 2010 a dezembro de 2011, para São Caetano do Sul.....	62
Figura 12 –	Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por HAS, devidos a um aumento de $22,4\mu g/m^3$ na concentração de PM_{10} no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	64
Figura 13 –	Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por HAS estratificados por sexo, devido a um aumento de $22,4\mu g/m^3$ na concentração de PM_{10} no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	65
Figura 14 –	Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por HAS estratificados por faixa etária, devido a um aumento de $22,4\mu g/m^3$ na concentração de PM_{10} no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	67

Figura 15 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por IVAS, devido a um aumento de $22,4\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	69
Figura 16 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por IVAS estratificados por sexo, devido a um aumento de $22,4\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	70
Figura 17 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por IVAS estratificados por faixa etária, devido a um aumento de $22,4\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	71
Figura 18 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por doenças chiadoras, devido a um aumento de $22,4\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	73
Figura 19 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por doenças chiadoras estratificados por sexo, devido a um aumento de $22,4\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	74
Figura 20 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por doenças chiadoras estratificados por faixa etária, devido a um aumento de $22,4\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	75
Figura 21 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por pneumonias, devido a um aumento de $22,4\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	76
Figura 22 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por pneumonias estratificados por sexo, devido a um aumento de $22,4\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	77
Figura 23 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por pneumonias estratificados por faixa etária, devido a um aumento de $22,4\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	79

Figura 24 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por HAS, devido a um aumento de $4,80\mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO_2 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	80
Figura 25 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por HAS estratificados por sexo, devido a um aumento de $4,80\mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO_2 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	81
Figura 26 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por HAS estratificados por faixa etária, devido a um aumento de $4,80\mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO_2 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	83
Figura 27 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por IVAS, devido a um aumento de $4,80\mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO_2 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	84
Figura 28 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por IVAS estratificados por sexo, devido a um aumento de $4,80\mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO_2 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	85
Figura 29 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por IVAS estratificados por faixa etária, devido a um aumento de $4,80\mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO_2 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	87
Figura 30 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por doenças chiadoras devido a um aumento de $4,80\mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO_2 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	88
Figura 31 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por doenças chiadoras estratificados por sexo, devido a um aumento de $4,80\mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO_2 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	89
Figura 32 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por doenças chiadoras estratificados por faixa etária, para incrementos de $4,80\mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO_2 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	91
Figura 33 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por pneumonias, devido a um aumento de $4,80\mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO_2 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	92

Figura 34 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por pneumonias estratificados por sexo, para incrementos de $4,80\mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO_2 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	93
Figura 35 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por pneumonias estratificados por faixa etária, devido a um aumento de $4,80\mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO_2 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	95
Figura 36 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por HAS, devido a um aumento de $38,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	96
Figura 37 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por HAS estratificados por sexo, devido a um aumento de $38,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	97
Figura 38 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por HAS, estratificados por faixa etária, devido a um aumento de $38,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	99
Figura 39 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por IVAS, devido a um aumento de $38,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	100
Figura 40 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por IVAS estratificados por sexo, devido a um aumento de $38,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	101
Figura 41 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por IVAS estratificados por faixa etária, devido a um aumento de $38,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	103
Figura 42 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por doenças chiadoras, devido a um aumento de $38,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	105
Figura 43 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por doenças chiadoras estratificados por sexo, devido a um aumento de $38,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	106

Figura 44 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por doenças chiadoras estratificados por faixa etária, devido a um aumento de $38,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	107
Figura 45 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por pneumonias, devido a um aumento de $38,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	108
Figura 46 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por pneumonias estratificados por sexo, devido a um aumento de $38,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	109
Figura 47 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por pneumonias estratificados por faixa etária, devido a um aumento de $38,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	111
Figura 48 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por HAS, devido a um aumento de $67,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ de O_3 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	112
Figura 49 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência para HAS estratificados por sexo, devido a um aumento de $67,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ de O_3 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	113
Figura 50 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por HAS estratificados por faixa etária, devido a um aumento de $67,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ de O_3 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	115
Figura 51 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por IVAS, devido a um aumento de $67,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ de O_3 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	116
Figura 52 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por IVAS estratificados por sexo, devido a um aumento de $67,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ de O_3 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	117
Figura 53 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por IVAS estratificados por faixa etária, devido a um aumento de $67,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ de O_3 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	119

Figura 54 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por doenças chiadoras, devido a um aumento de $67,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ de O_3 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	121
Figura 55 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por doenças chiadoras estratificados por sexo, devido a um aumento de $67,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ de O_3 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	122
Figura 56 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por doenças chiadoras estratificados por faixa etária, devido a um aumento de $67,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ de O_3 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	123
Figura 57 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por pneumonias, devido a um aumento de $67,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ de O_3 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	124
Figura 58 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por pneumonias estratificados por sexo, devido a um aumento de $67,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ de O_3 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	125
Figura 59 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por pneumonias estratificados por faixa etária, devido a um aumento de $67,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ de O_3 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes.....	127

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Padrões nacionais de qualidade do ar (Resolução CONAMA nº 03 de 28/06/1990).....	23
Quadro 2 – Padrões Estaduais de Qualidade do Ar (Decreto Estadual nº 59.113 de 23/04/2013).....	24
Quadro 3 – Critério para episódios críticos de poluição do ar (Decreto Estadual nº 59.113 de 23/04/2013).....	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Análise descritiva das doenças do estudo em São Caetano do Sul entre janeiro de 2010 e dezembro de 2011.....	46
Tabela 2 –	Análise descritiva dos poluentes e fatores climáticos em São Caetano do Sul entre janeiro de 2010 a dezembro de 2011.....	55
Tabela 3 –	Correlação de Spearman e significância estatística entre poluentes atmosféricos e variáveis meteorológicas nos anos de 2010 e 2011 em São Caetano do Sul.....	63

LISTA DE SÍMBOLOS E SIGLAS

APHEA	Air Pollution and Health: an European Approach
CETESB	Companhia ambiental do estado de São Paulo
CID	Classificação Internacional de Doenças
CO	Monóxido de Carbono
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
DPOC	Doença pulmonar obstrutiva crônica
EMECAM	Spanish Multicentre Study on Air Pollution and Mortality
FEV ₁	Volume expiratório máximo no primeiro segundo
GLM	Modelos lineares generalizados
HAS	Hipertensão arterial sistêmica
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente
IBGE	Instituto brasileiro de geografia e estatística
IC	Intervalo de confiança
IVAS	Infecção de vias aéreas superiores
NCLS	Cohort Study on diet and cancer
NMMAPS	National Mortality, Morbidity and Air Pollution Studies
NO ₂	Óxido de Nitrogênio
O ₃	Ozônio
PAARC	Air Pollution and Chronic Respiratory Diseases
PAPA	Public Health and Air Pollution in Asia
PM ₁₀	Material particulado
PM _{2,5}	Material particulado fino ou inalável fino
SAPALDIA	Study on Air Pollution and Lung Diseases in Adults
SO ₂	Dióxido de enxofre
SPSS	Statistical Package for Social Science
µg/m ³	Microgramas por metro cúbico

RESUMO

Aragão CCV. *Efeito da exposição à poluição atmosférica nos atendimentos de emergência por hipertensão arterial sistêmica ou doenças respiratórias em adultos residentes em São Caetano do Sul – SP* [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2016.

Diversos estudos afirmam que a exposição à poluição atmosférica pode resultar em aumento de casos de doenças cardiovasculares e respiratórias. Esses desfechos estão relacionados, principalmente, a altas taxas de internações e óbitos em países desenvolvidos. O presente trabalho objetivou estimar os efeitos da variação diária na concentração dos poluentes atmosféricos nos atendimentos de emergência por hipertensão arterial ou doenças respiratórias estratificados por sexo e por faixa etária. Trata-se de estudo ecológico de séries temporais realizado a partir dos registros de prontuários de atendimentos de emergência por hipertensão arterial ou doenças respiratórias de adultos e idosos atendidos no Hospital de Emergências Albert Sabin, do município de São Caetano do Sul, entre janeiro de 2010 a dezembro de 2011. Para a análise dos dados foram utilizados o modelo linear generalizado de regressão de Poisson e o modelo de defasagem de distribuição polinomial de terceiro grau, explorando estruturas de defasagens até seis dias após a exposição aos poluentes. As estimativas foram controladas para variáveis meteorológicas, sazonalidade e tendência de curta duração (dias da semana). Os indivíduos mais idosos se mostraram mais sensíveis aos efeitos dos poluentes do ar. Na estratificação por sexo, os homens foram mais susceptíveis quando expostos ao PM_{10} para os atendimentos por pneumonias e as mulheres para os atendimentos por doenças chiadoras. Para cada aumento de $22,4\mu g/m^3$ de PM_{10} , houve um aumento de 16,2% (25,5% - 7,6%) nos atendimentos de hipertensão arterial nos idosos no dia da exposição ao poluente. Para infecções de vias aéreas superiores, o aumento mais robusto foi notado entre os homens no dia da exposição ao PM_{10} , com 8,6% (3,6% - 14%) e entre os idosos, também de forma aguda, com 7,6% (0,7% - 15%). As mulheres expostas ao PM_{10} tiveram um aumento de 15,7% (5,4% - 26,3%) nos atendimentos por doenças chiadoras. Entre os idosos, esse aumento foi de 25,4% (12,1% - 40,2%) para este mesmo desfecho. Para pneumonias, o efeito mais robusto foi observado entre os idosos no dia da exposição ao PM_{10} , com um aumento de 15,8% (0,9% - 32,8%) nos atendimentos. A cidade de São Caetano do Sul possui um perfil de poluição semelhante às grandes metrópoles, caracterizada por emissão de veículos e indústrias. Os resultados apresentados neste trabalho alertam para a necessidade da elaboração de políticas públicas na região para um melhor monitoramento e controle da poluição atmosférica, com o intuito de prevenir futuros agravos à saúde da população.

Descritores: poluição do ar; hipertensão; doenças respiratórias; serviços médicos de emergência; registros médicos; homens; mulheres; idosos.

ABSTRACT

Aragão CCV. *Effect of exposure to air pollution in emergency room visits for hypertension or respiratory diseases in adults living in São Caetano do Sul - SP* [thesis]. Sao Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2016.

Several studies claim that exposure to air pollution can result in increased cases of cardiovascular and respiratory diseases. These outcomes are mainly related to high rates of hospital admissions and deaths in developed countries. This study aimed to estimate the effects of daily variation in the concentration of air pollutants in emergency treatment for high blood pressure or respiratory diseases, stratified by sex and age group. It is an ecological time series study, conducted from emergency visits for high blood pressure or respiratory disease of adults and elderly assisted at the Emergency Hospital Albert Sabin in São Caetano do Sul between January 2010 December 2011. For data analysis was used generalized linear model Poisson regression model and polynomial distribution lag third degree, exploring lags structures up to six days after exposure to pollutants. The estimates were controlled to weather variables, seasonal and short-term trend (weekdays). Older individuals were more sensitive to the effects of air pollutants. In stratification by sex, men were more susceptible when exposed to PM₁₀ to care for pneumonia and women to care for diseases wheezing. For each increase of 22.4 ug / m³ of PM₁₀, there was an increase of 16.2% (25.5% - 7.6%) in hypertension in the elderly care on the day of exposure to the pollutant. For upper respiratory tract infections, the strongest increase was noted among men on the day of exposure to PM₁₀, with 8.6% (3.6% - 14%) and among the elderly, too acutely, with 7, 6% (0.7% - 15%). Women exposed to PM₁₀ increased by 15.7% (5.4% - 26.3%) in treated for wheezing. Among the elderly, the increase was 25.4% (12.1% - 40.2%) for the same outcome. Pneumonias for the most robust effect was observed among the elderly on the day of exposure to PM₁₀, with an increase of 15.8% (0.9% - 32.8%) in attendance. The city of São Caetano do Sul has a pollution profile similar to large cities, characterized by emission vehicles and industries. The results presented in this study point to the need of public policy development in the region for better monitoring and control of air pollution, in order to prevent future health problems of the population.

Descriptors: air pollution; hypertension; respiratory tract diseases; emergency medical services; medical records; men; women; aged.

1. INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

A poluição ambiental é considerada um problema mundial grave. O interesse nesse fenômeno pode ser percebido pelas inúmeras publicações sobre o tema, indicando que ele constitui um fator de risco à saúde nos países desenvolvidos e também nos em desenvolvimento.

Nos grandes centros urbanos, as pessoas morrem por causa da poluição. Essa exposição causa efeitos maléficos à saúde a curto, médio e longo prazo. Emissões de poluentes veiculares são as principais fontes de poluição nessas áreas, e os padrões nacionais não foram alterados desde 1990, apesar dos diversos estudos realizados no país.¹

Estudos desenvolvidos em diferentes partes do mundo evidenciaram o impacto da poluição ambiental na saúde das pessoas. Dentre esses estudos destacam-se: o Air Pollution and Health: an European Approach (APHEA), na Europa²; o National Mortality, Morbidity and Air Pollution Studies (NMMAPS), nos Estados Unidos; o Spanish Multicentre Study on Air Pollution and Mortality (MECAM), na Espanha³; o Air Pollution and Chronic Respiratory Diseases (PAARC), na França; o Cohort Study on diet and cancer (NCLS), na Holanda⁴; na Suíça, o Study on Air Pollution and Lung Diseases in Adults (SAPALDIA)⁵; o Public Health and Air Pollution in Asia (PAPA), na China⁶; entre outros. Todos esses estudos indicaram a existência de associação direta entre mortalidade e exposição prolongada a material particulado, especialmente de doenças cardiovasculares e respiratórias.

1.1 Poluentes do ar

A poluição ambiental é formada por centenas de substâncias, tais como dióxido de enxofre (SO_2), ozônio (O_3), óxido de nitrogênio (NO_2), monóxido de carbono (CO), material particulado (PM_{10}), material particulado fino ou inalável fino ($\text{PM}_{2,5}$), hidrocarbonetos aromáticos policíclicos e componentes orgânicos voláteis. As partículas formam uma mistura heterogênea de gotículas de sólidos e líquidos, com ampla variação de tamanho e massa. Partículas grossas, maiores que $2,5 \mu\text{m}$ de diâmetro são trazidas pelo vento. Já as partículas finas têm como origem a queima de combustíveis fósseis,⁷ sendo que podem reagir com dióxido de enxofre e óxido de nitrogênio da atmosfera e formar ácidos fortes, como ácido sulfúrico, ácido nítrico, ácido clórico e aerossóis ácidos.⁸

Os padrões de qualidade do ar definem legalmente o limite máximo para a concentração de um poluente na atmosfera que garanta a proteção da saúde e do meio ambiente. Os padrões nacionais foram estabelecidos pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente (IBAMA) e aprovados pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), por meio da Resolução nº 03 de 28 de junho de 1990.⁹

São estabelecidos dois tipos de padrões de qualidade do ar: os primários e os secundários. São padrões primários de qualidade do ar as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população. Podem ser entendidos como níveis máximos toleráveis de concentração de poluentes atmosféricos, constituindo-se em metas de curto e

médio prazo. São padrões secundários de qualidade do ar as concentrações de poluentes atmosféricos abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna e à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral. Podem ser entendidos como níveis desejados de concentração de poluentes, constituindo-se em meta de longo prazo. O quadro 1 apresenta o atual padrão nacional de qualidade do ar.

Quadro 1 – Padrões nacionais de qualidade do ar (Resolução CONAMA nº 03 de 28/06/1990).⁹

Poluente	Tempo de Amostragem	Padrão Primário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Padrão Secundário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Método de Medição
Partículas totais em suspensão* (PTS)	24 horas ¹	240	150	Amostrador de grandes volumes
	MGA ²	80	60	
Partículas inaláveis (PM ₁₀)	24 horas ¹	150		Separação inercial/filtração
	MAA ³	50	50	
Fumaça* (FMC)	24 horas ¹	150	100	Refletância
	MAA ³	60	40	
Dióxido de enxofre (SO ₂)	24 horas ¹	365	100	Pararosanilina
	MAA ³	80	40	
Dióxido de nitrogênio (NO ₂)	1 horas ¹	320	190	Quimiluminescência
	MAA ³	100	100	
Monóxido de carbono (CO)		40000	40000	Infravermelho não dispersivo
	1 horas ¹	35 ppm	35 ppm	
	8 horas ¹	10000	10000	
Ozônio (O ₃)		9 ppm	9 ppm	Quimiluminescência
	8 horas ¹	160	160	

1- Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano. 2- Média geométrica anual. 3- Média aritmética anual.

O Estado de São Paulo revisou os padrões vigentes, apresentando novas metas para adequação dos padrões locais através de Decreto Estadual nº 59.113, de 23/04/2013.¹⁰ O processo, iniciado em 2008, foi baseado em

diretrizes da Organização Mundial de Saúde. Esse decreto estabelece metas intermediárias e metas finais a partir de ações gradativas – a que está vigente é a MI 1, que pode ser observada no quadro 2.

Quadro 2 – Padrões Estaduais de Qualidade do Ar (Decreto Estadual nº 59.113 de 23/04/2013).¹⁰

Poluente	Tempo de Amostragem	MI 1 (µg/m³)	MI 2 (µg/m³)	MI 3 (µg/m³)	PF (µg/m³)
Partículas inaláveis (PM ₁₀)	24 horas	120	100	75	50
	MAA ¹	40	35	30	20
Partículas inaláveis finas (PM _{2,5})	24 horas	60	50	37	25
	MAA ¹	20	17	15	10
Dióxido de enxofre (SO ₂)	24 horas	60	40	30	20
	MAA ¹	40	30	20	-
Dióxido de nitrogênio (NO ₂)	1 horas	260	240	220	200
	MAA ¹	60	50	45	40
Ozônio (O ₃)	8 horas	140	130	120	100
Monóxido de carbono (CO)	8 horas	-	-	-	9 ppm
Fumaça* (FMC)	24 horas	120	100	75	50
	MAA ¹	40	35	30	20
Partículas totais em suspensão* (PTS)	24 horas	-	-	-	240
	MGA ²	-	-	-	80
Chumbo** (Pb)	MAA ¹	-	-	-	0,5

1- Média aritmética anual. 2- Média geométrica anual. * Fumaça e Partículas Totais em Suspensão – parâmetros auxiliares a serem utilizados apenas em situações específicas, a critério da CETESB. **Chumbo – a ser monitorado apenas em áreas específicas, a critério da CETESB.

A legislação estadual¹⁰ também estabelece critérios para episódios críticos de poluição do ar, que estão apresentados no quadro 3. A declaração dos estados de atenção, alerta e emergência, além dos níveis de concentração excedidos, requer a previsão de condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes.

Quadro 3 – Critério para episódios críticos de poluição do ar (Decreto Estadual nº 59.113 de 23/04/2013).¹⁰

Parâmetros	Atenção	Alerta	Emergência
Partículas inaláveis finas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24h	125	210	250
Partículas inaláveis ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24h	250	420	500
Dióxido de enxofre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24h	800	1.600	2.100
Dióxido de nitrogênio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 1h	1.130	2.260	3.000
Monóxido de carbono (ppm) - 8h	15	30	40
Ozônio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 8h	200	400	600

A poluição do ar não se concentra apenas em grandes centros urbanos. Em artigo de revisão sobre os efeitos da queima de biomassa, em específico a queima da palha da cana-de-açúcar, foi identificado um agravamento de sintomas em pacientes com doenças crônicas do aparelho respiratório no período do ano que coincide com a prática. Em estudo sobre a associação entre o total de partículas suspensas no ar provenientes da queima da palha da cana-de-açúcar, foi verificado um aumento de 6% nos atendimentos de emergência por pneumonia.¹¹

Outra importante fonte de poluição que vem sendo estudada é a proveniente da atividade de mineração. Localidades que concentram jazidas de minério de ferro extraídas a céu aberto possuem grande emissão de material particulado, levando à exposição direta dos seus habitantes. Em estudo realizado na cidade de Itabira, Minas Gerais, os autores avaliaram os efeitos da exposição ao material particulado gerado através da atividade de mineração sobre os atendimentos de pronto-socorro por doenças respiratórias em crianças e idosos. Observou-se aumento nos atendimentos por doenças

respiratórias no período estudado em crianças menores de 13 anos e adultos entre 45 e 64 anos de idade.¹²

Em estudo experimental realizado na cidade de Appalachia, estado da Virgínia (EUA) que possui economia baseada na mineração de ferro, os autores concluíram que o material particulado originado da extração do ferro prejudica a função microvascular em ratos. Essa alteração pode contribuir para o surgimento de casos de doença cardiovascular em regiões de extração de minério de ferro.¹³

Variáveis meteorológicas também influenciam no agravamento da poluição ambiental. Em estudo realizado na cidade de Porto Alegre, foi estudada a associação entre os casos de infecções respiratórias virais, variáveis meteorológicas e poluição. Foi observado efeito de baixas temperaturas e baixa umidade relativa do ar no aumento dos casos de infecções virais entre adultos e crianças.¹⁴

Em estudo realizado em Himeji, Japão, houve associação entre o aumento da temperatura média no verão e os atendimentos de emergência por asma em crianças.¹⁵

Em estudo sobre o efeito do clima, realizado em 209 cidades americanas, identificou-se que temperaturas extremas estão associadas com mortes, no entanto, essa relação variou de acordo com características climáticas das cidades estudadas sendo que os períodos de altas temperaturas apresentaram um desfecho mais rápido quando comparado com os períodos de baixas temperaturas, alertando climáticas.¹⁶

A poluição do ar mata mais do que o tabagismo. Embora o cigarro seja muito mais danoso que a poluição atmosférica, seu risco é mais individualizado, uma vez que o principal afetado é o fumante, enquanto que a poluição atinge a todos.¹⁷

Em uma projeção da mortalidade e das internações hospitalares na rede pública de saúde atribuíveis à poluição atmosférica no Estado de São Paulo entre 2012 e 2030, é possível estimar que, mantendo o mesmo nível de poluição observado em 2011, haverá um total de mais de 246 mil óbitos por todos os desfechos entre 2012 e 2030, cerca de 950 mil internações hospitalares públicas e um gasto público estimado em internações de mais de R\$ 1,6 bilhão.¹⁸

1.2 Efeitos respiratórios da poluição ambiental

A influência dos diversos poluentes presentes no ar nas doenças respiratórias já é bastante conhecido. Em estudo realizado na cidade de São Paulo,¹⁹ encontrou-se associação entre os níveis de SO₂ e ozônio e os atendimentos de emergência por pneumonia e gripe em idosos. O SO₂ é um irritante respiratório que causa decréscimo da função pulmonar e afeta, principalmente, pessoas com doenças respiratórias prévias. Já o ozônio consegue atingir partes mais profundas do pulmão, causando danos ainda mais graves em pessoas com doenças respiratórias prévias, como a asma.²⁰

Em estudo de revisão sistemática abrangente e atualizado da literatura relatando os efeitos da poluição do ar sobre a saúde respiratória de crianças no

Canadá, observa-se que este é um dos grupos mais afetados pelos agravos causados pela poluição à saúde, mesmo com os poluentes em concentrações abaixo dos padrões canadenses e americanos.²¹

Estudo prospectivo realizado ao longo de 12 meses com crianças italianas comparou os riscos de exacerbações de crises asmáticas entre crianças com doenças respiratórias preexistentes e crianças saudáveis, expostas à poluição do ar. As crianças com chiado recorrente ou asma relataram significativamente mais dias de febre e tosse, episódios de rinite, ataques de asma, episódios de pneumonia e hospitalizações. Crianças que residiam próximas a ruas de alto tráfego de veículos foram mais susceptíveis aos desfechos respiratórios. Crianças que residiam próximas a áreas verdes apresentaram fator de proteção aos desfechos.²²

Uma série contínua de estudos longitudinais, que começou em 1993 e tem focado em demonstrar os impactos crônicos de poluição do ar sobre doenças respiratórias desde a infância até a adolescência na Califórnia, tem documentado que a exposição a poluentes relacionados ao tráfego de veículos está associada com prevalência de asma, o risco de bronquite e respiração ofegante, os déficits de crescimento da função pulmonar e a inflamação das vias aéreas.²³

Estudos também apontam uma vulnerabilidade de indivíduos que residem ou trabalham em regiões com alto tráfego de veículos, levando em consideração condições socioeconômicas.

Cakmak et al (2016) ²⁴ estudaram os desfechos respiratórios relacionados ao volume de tráfego e a poluição do ar, estratificando por status socioeconômico, com base na renda familiar e educação, em 3591 crianças em idade escolar em Windsor, Canadá. Os resultados indicaram que condições socioeconômicas mais baixas são um modificador de efeito para os desfechos respiratórios.

Em estudo realizado na Colômbia, condições socioeconômicas foram identificadas como modificadores de efeito na associação entre a exposição ao PM₁₀ e mortalidade por doenças respiratórias para todas as idades. Baixa renda per capita foi associada a um aumento da mortalidade e alta renda foi identificada como fator protetor.²⁵

Bell et al, (2005) ²⁶ recomendam um cuidado especial com populações de baixa renda na relação entre a exposição à poluição ambiental e os riscos para a saúde. Os indivíduos com menor nível socioeconômico podem apresentar maior exposição aos poluentes porque residem próximos a rodovias e indústrias, possuem profissões de maior risco ocupacional e possuem baixo acesso a serviços de saúde pública. Esses fatores tornam esses indivíduos mais susceptíveis aos efeitos danosos da poluição.

1.3 Efeitos cardiovasculares da poluição ambiental

Na maioria das áreas urbanas, a queima do combustível fóssil é o principal responsável pela poluição ambiental. Evidências indicam que o

acúmulo de poluentes nas cidades pode desempenhar papel importante na morbidade e mortalidade cardiovascular.²⁷

As doenças cardiovasculares constituem uma das mais importantes causas de morbidade e mortalidade em todo o mundo. Elas se desenvolvem ao longo dos anos e possuem múltiplos fatores de risco. Dentre as principais causas que contribuem para as ocorrências das doenças cardiovasculares destacam-se a hipercolesterolemia, a hipertensão arterial sistêmica (HAS) e a obesidade, sendo que, recentemente, a poluição ambiental foi associada ao aumento da incidência de doenças cardiopulmonares.⁴

Estudos observacionais e experimentais indicam que a poluição ambiental, especialmente do material particulado fino, também causa danos cardiovasculares, tais como HAS,^{7, 28} alterações na coagulação,²⁹ vasoconstrição, alterações na frequência cardíaca e arritmia.^{30, 31} Estudos sugerem que a exposição a agentes pró-oxidantes e com efeitos pró-inflamatórios podem desempenhar papel importante do desenvolvimento de lesões ateroscleróticas.³²

A inalação de NO₂ afeta batimento cardíaco, pressão do sangue, tonus vascular, coagulação do sangue e a formação de aterosclerose. NO₂ pode ativar caminhos inflamatórios e gerar radicais livres.³³

Estudos revelaram disfunção dos níveis plasmáticos de endotelina-1 em crianças, consideradas mais susceptíveis aos efeitos da poluição ambiental que adultos, uma vez que passam mais tempo ao ar livre. A exposição a

material particulado fino foi associada a alterações no desenvolvimento fetal, redução de peso ao nascimento e malformações cardiovasculares.³⁴

Em estudo realizado com mulheres grávidas na França, observou-se que o aumento dos níveis de material particulado esteve associado a um aumento na pressão arterial sistólica no primeiro trimestre da gestação.³⁵

A exposição ao material particulado fino também foi associada ao aumento da incidência de doenças cardiovasculares e mortes em mulheres pós-menopausadas.³⁶

Estudo realizado com 402 mulheres idosas identificou que a exposição aos poluentes $PM_{2,5}$, PM_{10} e NO_2 esteve associada à função diastólica prejudicada.³⁷

Em estudo de coorte americano, os autores identificaram que as mulheres portadoras de diabetes são mais susceptíveis aos efeitos cardiovasculares da exposição ao material particulado.³⁸

Estudos sugerem que a morbidade por doenças cardiovasculares decorrentes da exposição à poluição é maior entre os idosos. Estudo realizado com idosos em Taiwan identificou alterações na pressão arterial, perfil lipídico, glicemia e marcadores hematológicos de inflamação associadas com a exposição a longo prazo aos poluentes do ar, sugerindo uma ligação entre poluição do ar e as doenças cardiovasculares ateroscleróticas.³⁹

Bind et al (2016),⁴⁰ em estudo com idosos em Boston, identificaram que os indivíduos que já apresentavam doenças cardiovasculares preexistentes estavam mais vulneráveis ao agravamento desses problemas.

Estudos experimentais com animais revelaram aumento da resistência periférica vascular, da pressão arterial e aumento de efeitos trombóticos⁴¹ em animais expostos ao ambiente com maior concentração de partículas⁴², incluindo alterações ateroscleróticas.⁴³

Enquanto o aumento da mortalidade por doenças cardiovasculares associadas à poluição ambiental já está bem estabelecido, diferentes estudos associam os níveis de poluição ambiental no mesmo dia, ou em dias anteriores, à admissão hospitalar por doenças cardiorrespiratórias.

Em São Paulo, Martins et al (2006)⁴⁴ mostraram a existência de associação entre a poluição do ar e doenças cardiovasculares através de estruturas de defasagem. Variações interquartis de PM₁₀ (26,21µg/m³) e SO₂ (10,73µg/m³) foram associadas a aumentos de 3,17% nas admissões hospitalares por insuficiência cardíaca congestiva e de 0,89% para admissões por todas as doenças cardiovasculares no dia da exposição, respectivamente. Foram observados efeitos predominantemente agudos e maiores para o gênero feminino.

Buadong et al, 2009,⁴⁵ em estudo realizado na Tailândia, encontraram uma associação positiva entre a exposição a poluentes como o PM₁₀ e O₃ e a procura por atendimento hospitalar por doenças cardiovasculares em idosos. A cada aumento de 10µg/m³ para cada poluente, houve um aumento na procura por atendimento hospitalar em 0,10% (95% IC, 0,03 – 0,19) para o PM₁₀ e em 0,50% (95% IC, 0,19 – 0,81) para o O₃.

Negrete et al (2010)⁴⁶ encontraram associação positiva entre o aumento de PM₁₀ e o aumento nas internações por insuficiência cardíaca congestiva (ICC) no mesmo dia da exposição e de maneira bifásica também após 10 a 12 dias da exposição no município de Santo André, na região do ABC Paulista. Para um aumento de 24,6µg/m³ de PM₁₀ foi observado um aumento de 3,0% (95% IC, 0,3 – 5,7) nas internações por ICC.

1.4 Município de São Caetano do Sul

O município de São Caetano do Sul localiza-se na Região Metropolitana de São Paulo e na microrregião de São Paulo. Sua população é composta por 149.263 habitantes e área total de 15,3 km².⁴⁷ Ela foi a cidade com o melhor índice de desenvolvimento humano do Brasil⁴⁸ e possui o 8º maior produto interno bruto per capita do Estado de São Paulo.⁴⁷

São Caetano do Sul pertence à região do ABC paulista, marcada pelo desenvolvimento industrial e automobilístico. É uma cidade 100% urbanizada, ou seja, não apresenta áreas rurais e também não possui favelas.

O clima da cidade é subtropical. Seu verão é pouco quente e chuvoso, e o inverno é ameno e seco.

As principais fontes emissoras de poluição são as indústrias e os automóveis.

Em 2010, o município contava com uma frota de 118.550 veículos e apresentava uma relação de 1,26 habitantes por veículo⁴⁷, mas deve-se levar

em consideração o fato de que um número ainda maior de automóveis cruza a cidade ao se deslocarem de outros municípios que fazem divisa, como São Paulo, São Bernardo do Campo e Santo André, conforme podemos visualizar na figura 1.

Figura 1 – Localização do município de São Caetano do Sul

A cidade conta com uma ampla rede de atendimento público à saúde, composta por três hospitais com 135 leitos, quatro centros policlínicos, quatro centros de atenção à terceira idade, nove unidades básicas de saúde, além de outras unidades especializadas de atendimento.⁴⁹

1.5 Justificativa

Atualmente no Brasil, a maior parte dos estudos sobre os efeitos da poluição do ar na saúde foram realizados na cidade de São Paulo, que possui uma distribuição de renda e fatores sociais bastante heterogêneos.

Este estudo se justifica por ser realizado em uma cidade com excelentes indicadores de qualidade de vida e uma das maiores rendas per capita do país. Uma cidade marcada por um crescimento do número de indústrias e da frota de automóveis, sinalizando a necessidade de um olhar mais apurado para o impacto desse desenvolvimento na poluição do ar e suas implicações na saúde da população.

O estudo também se justifica pelo fato de a coleta dos dados ser realizada junto ao único Pronto Socorro Municipal, serviço de grande abrangência na saúde pública do município, o que permitiu a utilização de dados que medem eventos mais frequentes que as internações hospitalares e óbitos. Esse serviço é ligado a Faculdade de Medicina do ABC, com atividades supervisionadas, o que garante uma melhor qualidade no diagnóstico dos casos.

2. OBJETIVOS

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Estudar o efeito da variação diária da poluição atmosférica sobre os atendimentos de emergência por HAS e doenças respiratórias de adultos na Cidade de São Caetano do Sul entre janeiro de 2010 e dezembro de 2011.

2.2 Objetivos Específicos

- Investigar a associação entre a exposição aos poluentes atmosféricos (PM_{10} , SO_2 , NO_2 e O_3) e atendimentos de emergência de adultos por HAS, estratificando-se por faixa etária e sexo.
- Investigar a associação entre a exposição aos poluentes atmosféricos (PM_{10} , SO_2 , NO_2 e O_3) e atendimentos de emergência de adultos por IVAS, estratificando-se por faixa etária e sexo.
- Investigar a associação entre a exposição aos poluentes atmosféricos (PM_{10} , SO_2 , NO_2 e O_3) e atendimentos de emergência de adultos por doenças chiadoras, estratificando-se por faixa etária e sexo.
- Investigar a associação entre a exposição aos poluentes atmosféricos (PM_{10} , SO_2 , NO_2 e O_3) e atendimentos de emergência de adultos por pneumonias, estratificando-se por faixa etária e sexo.

3. MÉTODOS

3. MÉTODOS

Este estudo é um estudo do tipo ecológico de séries temporais. A unidade de observação é um grupo de indivíduos (dados agregados), e os indicadores refletem aquilo o que acontece no grupo avaliado.⁵⁰

Esse grupo de indivíduos é, geralmente, definido por uma área geográfica, como por exemplo, a população de um estado, ou uma cidade ou, mesmo, de um bairro. Tanto os indicadores de efeito quanto os de exposição são medidos ecologicamente.

3.1 Dados de morbidade

Foram obtidos dados de atendimento de emergência por HAS e doenças respiratórias através da coleta de dados de prontuários do serviço de arquivo médico do Hospital estudado, referentes ao período de janeiro de 2010 a dezembro de 2011 para a população adulta e idosa do município de São Caetano do Sul.

As doenças foram codificadas de acordo com a Classificação Internacional de Doenças (CID) – 10ª Revisão. Foram incluídos no estudo os atendimentos de emergência por doenças do aparelho circulatório (CID 10: I00 a I99) e por doenças do aparelho respiratório (CID 10: J00 – J99).

Com relação às doenças do aparelho circulatório, optamos por trabalhar apenas com os atendimentos por HAS (CID 10: I10 a I15).

Com relação às doenças do aparelho respiratório, os desfechos testados foram:

- Infecção de vias aéreas superiores - IVAS (CID 10: J00-06);
- Doenças chiadoras, incluindo doença pulmonar obstrutiva crônica - DPOC (bronquite CID 10: J40 a J42; enfisema - CID 10: J43) e asma (CID 10: J45);
- Pneumonias, incluindo broncopneumonia e pneumonia (CID 10: J12-18).

3.2 Dados de poluição atmosférica, temperatura e umidade

Os níveis médios diários dos poluentes atmosféricos (PM_{10} , NO_2 , SO_2 e O_3) e os valores diários de temperatura mínima e umidade relativa do ar (média) foram obtidos junto à companhia ambiental do estado de São Paulo (CETESB). Em São Caetano do Sul, há apenas uma estação fixa que mede todos os poluentes regulamentados – com exceção da fumaça – e as variáveis meteorológicas: vento, temperatura, umidade relativa e pressão. Está instalada na Rua Aurélia, bairro Santa Paula, exatamente ao lado do Hospital de Emergências Albert Sabin, local dos atendimentos investigados neste estudo e da coleta dos dados. Segundo afirma a própria agência ambiental, essa estação faz registros dos níveis de variáveis meteorológicas e de poluentes do ar que são representativos da exposição da maior parte dos moradores da cidade.⁵¹

Os critérios para o cálculo dos níveis médios dos poluentes atmosféricos foram os mesmos utilizados pela CETESB e divulgados em seus relatórios de qualidade do ar, a saber:

Critérios de representatividade para a rede automática: Para a média diária é necessário que tenha a medição de dados de, no mínimo, 16 horas no dia. Para média horária é necessário que tenham sido medidas 3/4 das médias válidas na hora.

Forma de cálculo para os valores diários dos poluentes por estação da CETESB:

- Para PM_{10} e SO_2 foi considerada a média de 24 horas;
- Para O_3 e NO_2 foi considerado o maior valor horário diário.

3.3 Análise estatística

Modelos lineares generalizados (GLM) de regressão de Poisson foram utilizados para se estimar o logaritmo do número esperado de atendimentos diários de pronto-socorro pelos desfechos definidos como sendo a soma de funções lineares e de alisamento das variáveis independentes. Foi criado um modelo de regressão para cada desfecho (variável dependente).

As variáveis independentes de interesse foram os valores diários dos poluentes (PM_{10} , NO_2 , SO_2 e O_3). Os modelos foram ajustados para os fatores meteorológicos (temperatura mínima e umidade média). Foram utilizadas como variáveis de controle para tendência de curta duração os dias da semana (1 - Domingo, 2 - Segunda-feira, 3 - Terça-feira, 4 - Quarta-feira, 5 - Quinta-feira, 6 -

Sexta-feira, 7 - Sábado) e para sazonalidade o número de dias transcorridos ($t = 1, 2, \dots, N$; onde N é o último dia da série).

Geralmente, dados de contagem apresentam algumas peculiaridades e podem ser descritos como um processo de Poisson. São eventos raros, que ocorrem de forma independente e aleatória, com valores inteiros e não negativos distribuídos em períodos de tempo fixos. O modelo de regressão de Poisson é definido pela fórmula 1:

$$\ln \lambda_t = \alpha + \sum_{i=1}^m \beta_i X_{it} \quad (1)$$

onde: $\ln \lambda_t$ é o logaritmo natural da variável dependente, X_{it} são as variáveis independentes e α e β_i são os parâmetros a serem estimados.

Foi imposto um fator de restrição que faz com que os β s variem suavemente como uma função polinomial dos dias do período de defasagem analisado. Esse modelo de defasagem com distribuição polinomial tem q dias, d graus de liberdade (grau do polinômio) e pode ser mais ou menos restritivo em função do grau do polinômio utilizado. Como o ponto central de interesse deste estudo é estimar os efeitos dos poluentes do ar sobre os atendimentos de emergência por HAS e doenças respiratórias, além de explorar a estrutura de defasagem entre a exposição a esses fatores e o desfecho analisado, foram utilizados modelos de defasagem com distribuição polinomial para os poluentes.

Foram estimados os efeitos das exposições aos poluentes em uma estrutura de defasagem de sete dias (dia da exposição e até seis dias após a

exposição), utilizando-se polinômios de terceiro grau que permitem estimativas flexíveis e mais estáveis do que os modelos sem restrição.^{52,53}

Os resultados foram apresentados como aumento percentual de atendimentos de emergência por HAS, infecção de vias aéreas superiores (IVAS), doenças chiadoras e pneumonias, e seus respectivos intervalos de confiança de 95% para cada dia do período de defasagem analisado, devido a aumentos de um interquartil na concentração dos poluentes.

A estimativa de aumento percentual é obtida através da fórmula 2:

$$\text{Aumento}(\%) = (e^{(\beta_i * VIQ)} - 1) * 100 \quad (2)$$

onde *VIQ* é a variação interquartil.

A estimativa do intervalo de confiança de 95% pode ser representada pela fórmula 3:

$$\text{IC 95\%} = (e^{((\beta_i * VIQ) \pm (1,96 * EPq * VIQ))} - 1) * 100 \quad (3)$$

onde *EPq* é o erro padrão de cada β_i .

Adotou-se o nível de significância de 5% em todas as análises.

A variação interquartil pode ser definida como a diferença entre o terceiro e o primeiro quartil dos valores de uma determinada variável.

Os bancos de dados foram preparados utilizando-se o *programa Statistical Package for Social Science (SPSS) windows* versão 22.0. Análise descritiva e de correlação foram feitas com o mesmo programa.

Já a análise de regressão foi feita utilizando-se o programa *S-PLUS* for *windows* versão 4.0.

3.4 Aspectos Éticos

Não foram utilizadas informações constantes dos prontuários que pudessem identificar os indivíduos atendidos no serviço. Um documento garantindo a inviolabilidade de dados pessoais foi assinado pelos pesquisadores.

O protocolo de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Fundação Municipal de Saúde de São Caetano do Sul, parecer nº 042/2011-A e pelo comitê de ética em pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (protocolo Nº 078/12).

4. RESULTADOS

4. RESULTADOS

De janeiro de 2010 a dezembro de 2011, foram coletados dados de 43.139 prontuários de atendimento de emergência na única unidade de pronto atendimento pública do município. No período, foram selecionados os atendimentos para HAS (15.453 atendimentos) e respiratórias (27.686 atendimentos). Do total, 14.640 eram do sexo masculino e 19.994 eram do sexo feminino. Com relação à faixa etária, 17.576 tinham de 20 a 44 anos, 8.239 de 45 a 60 anos e 8.821 tinham idade acima de 60 anos. Os demais dados descritivos dos atendimentos estão na Tabela 1.

Tabela 1 – Análise descritiva das doenças do estudo em São Caetano do Sul entre janeiro de 2010 e dezembro de 2011

Variáveis	Média	DP	Min	Max	p25	p50	p75
Desfechos Respiratórios							
IVAS	22,0	11,65	0,0	73,0	15,0	22,0	31,0
<i>IVAS masculino</i>	9,0	5,5	0,0	33,0	6,0	9,0	13,0
<i>IVAS feminino</i>	13,0	7,3	0,0	43,0	8,0	13,0	18,0
<i>IVAS de 20-44 anos</i>	14,0	7,6	0,0	45,0	9,0	14,0	19,0
<i>IVAS de 45-60 anos</i>	5,0	3,3	0,0	18,0	3,0	5,0	7,0
<i>IVAS acima de 60 anos</i>	4,0	2,9	0,0	19,0	2,0	4,0	6,0
Doenças chiadoras	3,0	2,56	0,0	17,0	2,0	3,0	5,0
<i>Doenças chiadoras masculino</i>	1,0	1,4	0,0	8,0	0,0	1,0	2,0
<i>Doenças chiadoras feminino</i>	2,0	1,75	0,0	11,0	1,0	2,0	3,0
<i>Doenças chiadoras 20-44 anos</i>	1,45	1,4	0,0	10,0	0,0	1,0	2,0
<i>Doenças chiadoras 45-60 anos</i>	0,9	1,0	0,0	6,0	0,0	1,0	2,0
<i>Doenças chiadoras acima de 60 anos</i>	1,2	1,3	0,0	7,0	0,0	1,0	2,0
Pneumonias	1,9	2,0	0,0	12,0	0,0	1,0	3,0
<i>Pneumonias masculino</i>	0,85	1,17	0,0	7,0	0,0	0,0	1,0
<i>Pneumonias feminino</i>	1,1	1,3	0,0	8,0	0,0	1,0	2,0
<i>Pneumonias 20-44 anos</i>	0,6	0,9	0,0	4,0	0,0	0,0	1,0
<i>Pneumonias 45-60 anos</i>	0,4	0,7	0,0	5,0	0,0	0,0	1,0
<i>Pneumonias acima de 60 anos</i>	1,0	1,3	0,0	8,0	0,0	1,0	2,0

Continua.

Tabela 1 – Análise descritiva das doenças do estudo em São Caetano do Sul entre janeiro de 2010 e dezembro de 2011 - Conclusão.

Desfechos cardiovasculares								
HAS	20,8	1,3	0,0	8,0	0,0	1,0	2,0	
<i>HAS masculino</i>	9,0	4,5	0,0	33,0	6,0	9,0	12,0	
<i>HAS feminino</i>	11,5	5,9	0,0	41,0	7,0	11,0	15,0	
<i>HAS 20-44 anos</i>	6,1	3,8	0,0	30	3,0	6,0	8,0	
<i>HAS 45-60 anos</i>	6,4	3,4	0,0	18,0	4,0	6,0	9,0	
<i>HAS acima de 60 anos</i>	8,3	4,3	0,0	32,0	5,0	8,0	10,0	

DP= desvio padrão; Min= valor mínimo; Max= valor máximo.

Dentre as doenças respiratórias, as IVAS tiveram maior incidência, sendo predominante o atendimento de mulheres na faixa etária de 20 a 44 anos, assim como para as doenças chiadoras. Para pneumonias, o maior número de atendimentos foi entre mulheres na faixa etária acima de 60 anos.

Os atendimentos por HAS foram mais comuns entre as mulheres na faixa etária acima de 60 anos.

A figura 2 apresenta os dados dos atendimentos de emergência para HAS no período do estudo.

Figura 2– Números diários de atendimentos de emergência de adultos por HAS no período de janeiro de 2010 a dezembro de 2011

Durante o ano de 2010, não se observou um padrão sazonal característico para os atendimentos por HAS, apesar das variações diárias. Em 2011 é possível observar picos de atendimentos por HAS especialmente no inverno, o que é esperado no caso da maioria das doenças do aparelho circulatório que apresentam resposta rápida à variação diária de fatores de risco como a poluição do ar. Além disso, observam-se aumentos nos atendimentos em janeiro/fevereiro e também no final da série, menos duradouros em meses mais quentes, possivelmente evidenciando um padrão de efeito bifásico (frio e calor) para HAS.

Para IVAS, o padrão sazonal observado em cada ano do período analisado é mais homogêneo, com picos mais importantes no inverno. Ainda assim, os valores de 2010 estão aquém dos observados em 2011, com início da elevação sendo postergada até quase o início do inverno, sem o efeito das frentes frias do outono, mais evidentes em 2011 (Figura 3).

Figura 3 – Números diários de atendimentos de emergência de adultos por IVAS no período de janeiro de 2010 a dezembro de 2011

A figura 4 apresenta os dados dos atendimentos de emergência para doenças chiadoras no período do estudo.

Figura 4– Números diários de atendimentos de emergência de adultos por doenças chiadoras no período de janeiro de 2010 a dezembro de 2011

Para doenças chiadoras, observa-se um número menor de casos quando comparados aos casos de HAS e IVAS. É possível notar um aumento nos atendimentos para doenças chiadoras no final do inverno de 2010 e no inverno de 2011. Também houve um aumento nos atendimentos na primavera de 2011 para essa doença (Figura 4).

Assim como observado para os desfechos anteriores, o padrão de ocorrência das doenças chiadoras em 2011 está mais próximo do observado para doenças do aparelho respiratório cuja ocorrência é fortemente influenciada pelas mudanças de temperatura, sendo mais incidentes a partir do outono até o início da primavera.

A figura 5 apresenta os dados dos atendimentos de emergência para pneumonias no período do estudo.

Figura 5– Números diários de atendimentos de emergência de adultos por pneumonias no período de janeiro de 2010 a dezembro de 2011

Para pneumonias, observa-se um aumento dos atendimentos no verão e no inverno de 2011, com os atendimentos de 2010 sem padrão sazonal definido.

A tabela 2 apresenta dados dos poluentes e variáveis meteorológicas obtidos no período do estudo.

Tabela 2 – Análise descritiva dos poluentes e fatores climáticos em São Caetano do Sul entre janeiro de 2010 a dezembro de 2011

Variáveis	Média	DP	Min	Max	p25	p50	p75
Poluentes atmosféricos							
PM ₁₀ (µg/m ³)	39,0	20,4	4,8	134,9	23,9	36,3	49,3
SO ₂ (µg/m ³)	5,8	3,5	0,0	31,1	3,0	5,3	7,8
NO ₂ (µg/m ³)	70,0	34,0	13,0	249,0	46,0	64,0	84,3
O ₃ (µg/m ³)	106,4	46,4	4,0	284,0	67,7	96,8	135,0
Fatores climáticos							
Temperatura mínima (°C)	16,5	3,6	6,0	25,0	14,0	16,8	19,5
Umidade média (%)	84,1	14,6	29,6	98,1	75,3	83,0	89,3

DP= desvio padrão; Min= valor mínimo; Max= valor máximo.

Fonte: CETESB, 2010 e 2011.

Na região metropolitana de São Paulo o inverno é seco, enquanto o verão costuma ser quente e úmido. Durante o período do estudo, apenas o O₃ ultrapassou o padrão de qualidade do ar fixado na resolução nº 3 de 1990 do CONAMA, vigente no período do estudo. Porém, se compararmos com os padrões atuais vigentes para o estado de São Paulo (decreto estadual nº 59.113 de 23/04/2013), o PM₁₀ também teria ultrapassado os limites aceitáveis.

As figuras de 6 a 9 apresentam os níveis diários dos poluentes durante o período do estudo.

Fonte: CETESB, 2010 e 2011.

Figura 6 – Valores diários do poluente PM₁₀ (µg/m³) de janeiro de 2010 a dezembro de 2011 para São Caetano do Sul

Fonte: CETESB, 2010 e 2011.

Figura 7 – Valores diários do poluente SO₂ (µg/m³) de janeiro de 2010 a dezembro de 2011 para São Caetano do Sul

Fonte: CETESB, 2010 e 2011.

Figura 8 – Valores diários do poluente NO₂ (µg/m³) de janeiro de 2010 a dezembro de 2011 para São Caetano do Sul

Fonte: CETESB, 2010 e 2011.

Figura 9 – Valores diários do poluente O_3 ($\mu g/m^3$) de janeiro de 2010 a dezembro de 2011 para São Caetano do Sul

Na figura 6, destaca-se que os níveis de PM_{10} ultrapassaram os padrões de qualidade do ar fixados pela norma vigente atualmente para o estado de São Paulo (decreto estadual nº 59.113 de 23/04/2013), contudo não ultrapassou os padrões fixados pela resolução nº 3 de 1990 do CONAMA.

⁹ Na figura 9, na qual observamos os níveis de O_3 , nota-se que estes ultrapassaram os padrões de qualidade do ar fixados pela resolução nº 3 de 1990 do CONAMA e também os padrões fixados pela norma vigente atualmente de qualidade do ar para o estado de São Paulo.¹⁰

As figuras 10 e 11 apresentam os dados de temperatura mínima e umidade relativa do ar para o período do estudo. É possível observar na figura 11 que o inverno de 2011 foi mais frio que o de 2010. Com relação à umidade (figura 11), observa-se que o início da primavera de 2010 teve o clima mais seco.

Fonte: CETESB, 2010 e 2011.

Figura 10 – Valores diários de temperatura mínima de janeiro de 2010 a dezembro de 2011 para São Caetano do Sul

Fonte: CETESB, 2010 e 2011.

Figura 11 – Valores diários de umidade média de janeiro de 2010 a dezembro de 2011 para São Caetano do Sul

A tabela 3 apresenta os coeficientes da correlação de Spearman entre os poluentes e variáveis meteorológicas no período do estudo.

Tabela 3 – Correlação de Spearman e significância estatística entre poluentes atmosféricos e variáveis meteorológicas nos anos de 2010 e 2011 em São Caetano do Sul

	SO ₂	PM ₁₀	O ₃	NO ₂	Temperatura mínima	Umidade média
SO₂	1,000	0,671**	0,379**	0,408**	-0,094*	-0,483**
		0,000	0,000	0,000	0,011	0,000
PM₁₀	-	1,000	0,507**	0,615**	-0,005	-0,590**
		.	0,000	0,000	0,883	0,000
O₃	-	-	1,000	0,404**	0,296**	-0,566**
			.	0,000	0,000	0,000
NO₂	-	-	-	1,000	0,136**	-0,424**
				.	0,000	0,000
Temperatura mínima	-	-	-	-	1,000	-0,033
					.	0,376
Umidade média	-	-	-	-	-	1,000
						.

** Nível de significância < 0,01 (teste bicaudal).

* Nível de significância < 0,05 (teste bicaudal).

O SO₂ mostrou uma alta correlação com o PM₁₀ e uma correlação menor com o O₃ e o NO₂. O PM₁₀ mostrou uma alta correlação com o NO₂ e com o O₃. Ozônio mostrou uma correlação fraca com o NO₂ e com a temperatura mínima. O NO₂ mostrou uma fraca correlação com a temperatura mínima.

4.1 Análise de Regressão Linear Generalizada

Para medir o efeito da exposição aos poluentes PM_{10} , SO_2 , NO_2 e O_3 nos atendimentos de emergência para HAS, IVAS, doenças chiadoras e pneumonias, utilizamos GLM e polinômios de terceiro grau para os poluentes.

4.1.1. Efeito do PM_{10} na HAS

A figura 6 apresenta o efeito da exposição ao PM_{10} sobre os atendimentos de emergência por HAS em homens e mulheres acima de 19 anos.

Figura 12 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por HAS devido a um aumento de $22,4\mu g/m^3$ na concentração de PM_{10} no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Apesar da falta de significância estatística para as medidas de efeito diárias, observa-se nos três primeiros dias do período um efeito positivo que volta a se repetir no sexto dia. O efeito acumulado no período resultou em um aumento de cerca de 8% nos atendimentos de emergência por HAS.

A figura 13 apresenta o efeito da exposição ao PM_{10} sobre os atendimentos de emergência por HAS estratificados por sexo.

Figura 13 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por HAS estratificados por sexo, devido a um aumento de $22,4\mu\text{g}/\text{m}^3$ na concentração de PM_{10} no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Na figura 13, observa-se que, mesmo quando estratificados por sexo, os atendimentos de emergência por HAS não aumentam de maneira significativa no dia da exposição ao poluente, bem como nos dias subsequentes. A soma dos efeitos do dia da exposição ao poluente e dos seis dias subsequentes levou a um aumento de cerca de 14% nos atendimentos de homens e de mulheres.

A figura 14 apresenta os efeitos da exposição ao PM_{10} sobre o aumento dos atendimentos de emergência por HAS estratificados por faixa etária.

Figura 14 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por HAS estratificados por faixa etária, devido a um aumento de $22,4\mu\text{g}/\text{m}^3$ na concentração de PM_{10} no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

A figura 14 mostra que houve um aumento significativo nos atendimentos por HAS na faixa etária de 20 a 44 anos apenas quando são somados os efeitos do dia da exposição ao poluente e dos seis dias subsequentes (efeito acumulado).

Quando observados os pacientes com idade entre 45 e 60 anos, existe um aumento significativo nos atendimentos no dia subsequente à exposição ao poluente e um efeito acumulado somando os sete dias analisados no estudo.

Por sua vez, para os pacientes com idade acima de 60 anos, existe um aumento significativo nos atendimentos de emergência para HAS no dia da exposição ao poluente: cerca de 10%. Esse efeito perde a significância nos dias subsequentes à exposição, mas quando somados os efeitos dos seis dias subsequentes, observa-se um aumento de cerca de 60% nos atendimentos para essa faixa etária em relação ao observado no dia da exposição.

4.1.2. Efeito do PM_{10} nas IVAS

A figura 15 apresenta o aumento dos atendimentos de emergência em homens e mulheres por IVAS quando expostos ao PM_{10} .

Figura 15 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por IVAS, devido a um aumento de $22,4\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

A figura 15 mostra que houve um aumento significativo nos atendimentos por IVAS no dia da exposição ao poluente e até dois dias após. Esse efeito perde significância nos dias seguintes. Quando somamos os efeitos dos sete dias analisados, observa-se um aumento de cerca de 20% nos atendimentos de emergência por IVAS ao longo do período estudado.

A figura 16 apresenta os resultados do efeito da exposição ao PM_{10} nos atendimentos de emergência por IVAS estratificados por sexo.

Figura 16 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por IVAS estratificados por sexo, devido a um aumento de $22,4\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Observa-se que o efeito é bastante semelhante em homens e em mulheres, iniciando no dia da exposição ao poluente e se mantendo no dia seguinte à exposição. Quando somados os efeitos dos dias analisados, observa-se um aumento de cerca de 20% nos atendimentos de emergência por IVAS para ambos os sexos.

A figura 17 apresenta os resultados do aumento dos atendimentos por IVAS em pacientes expostos ao PM_{10} estratificados por faixa etária.

Figura 17 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por IVAS estratificados por faixa etária, devido a um aumento de $22,4\mu g/m^3$ de PM_{10} no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Observando agora os efeitos por faixa etária, para adultos entre 20 e 44 anos no dia da exposição ao poluente houve um aumento significativo nos atendimentos. No dia seguinte à exposição, o efeito diminui e volta a aumentar no sexto dia após a exposição ao poluente, alcançando cerca de 5%. O efeito acumulado do dia da exposição e dos seis dias subsequentes aumentou em cerca de 18% os atendimentos de emergência por IVAS para essa faixa etária.

Para os atendimentos de adultos entre 45 e 60 anos houve um aumento ainda maior dos atendimentos no dia da exposição ao poluente quando comparado à faixa etária anterior. Esse efeito continua a ser observado no dia seguinte à exposição e alcança cerca de 22% de aumento nos atendimentos quando somados os efeitos dos 7 dias analisados.

Por sua vez, para os idosos (acima de 60 anos), no dia da exposição ao poluente observou-se um aumento semelhante ao da faixa etária anterior nos atendimentos, que se mantém até dois dias após a exposição ao poluente. O efeito acumulado de sete dias ocasionou um aumento de cerca de 21% nos atendimentos de emergência para IVAS nessa faixa etária.

4.1.3. Efeito do PM_{10} nas doenças chiadoras

A figura 18 apresenta os resultados dos atendimentos por doenças chiadoras em pacientes do sexo masculino e feminino expostos ao PM_{10} .

Figura 18 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por doenças chiadoras, devido a um aumento de $22,4\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Observa-se um aumento significativo nos atendimentos de emergência por doenças chiadoras no dia da exposição ao PM_{10} . Esse efeito não permanece nos dias subsequentes à exposição ao poluente.

A figura 19 apresenta o efeito da exposição ao PM_{10} nos atendimentos de emergência por doenças chiadoras estratificados por sexo.

Figura 19 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por doenças chiadoras estratificados por sexo, devido a um aumento de $22,4\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Observa-se um aumento de cerca de 15% nos atendimentos entre as mulheres no dia da exposição ao poluente. Não foi encontrado resultado significativo para o sexo masculino.

A figura 20 mostra o efeito do PM_{10} nos atendimentos de emergência por doenças chiadoras estratificados por faixa etária.

Figura 20 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por doenças chiadoras estratificados por faixa etária, devido a um aumento de $22,4\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Observando a figura 20 vemos que nos atendimentos dos pacientes acima de 60 anos houve um aumento significativo de cerca de 25% nos atendimentos para uma exposição aguda ao poluente PM_{10} . O efeito acumulado após sete dias também foi semelhante ao efeito do dia da exposição. Não foi encontrada associação significativa entre o aumento dos atendimentos de emergência por doenças chiadoras e a exposição ao PM_{10} para as demais faixas etárias.

4.1.4. Efeito do PM_{10} nas Pneumonias

A figura 21 mostra o aumento dos atendimentos de emergência por Pneumonias em pacientes adultos dos sexos masculino e feminino expostos ao PM_{10} .

Figura 21 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por Pneumonias, devido a um aumento de $22,4\mu g/m^3$ de PM_{10} no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Observa-se que não houve associação significativa entre a exposição ao PM_{10} e o aumento nos atendimentos de emergência para pneumonias durante o período do estudo.

A figura 22 traz os resultados desse mesmo desfecho estratificado por sexo.

Figura 22 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por pneumonias estratificados por sexo, devido a um aumento de $22,4\mu g/m^3$ de PM_{10} no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Aqui, observa-se que para os atendimentos do sexo masculino houve um efeito acumulativo superior a 30% nos atendimentos por pneumonias. Para as mulheres não houve efeito significativo, porém, observa-se efeito positivo no dia da exposição ao poluente.

A figura 23 mostra o efeito desse mesmo desfecho estratificado por faixa etária.

Figura 23 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por pneumonias estratificados por faixa etária, devido a um aumento de $22,4\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Quando separados por faixa etária, observa-se que os idosos possuem um efeito agudo à exposição ao poluente, com um aumento de cerca de 15% nos atendimentos por pneumonias. Esse efeito não é significativo nas demais faixas etárias do estudo.

4.1.5. Efeito do SO₂ na HAS

A figura 24 mostra o efeito da exposição ao SO₂ no aumento dos atendimentos de emergência por HAS em pacientes do sexo masculino e feminino acima de 19 anos.

Figura 24 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por HAS, devido a um aumento de 4,80µg/m³ de SO₂ no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Observa-se que não houve associação significativa entre o aumento dos atendimentos de emergência por HAS associados à exposição ao SO₂.

A figura 25 apresenta o efeito da exposição ao SO₂ no aumento dos atendimentos por HAS estratificados por sexo.

Figura 25 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por HAS estratificados por sexo, devido a um aumento de 4,80µg/m³ de SO₂ no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Observa-se que houve um aumento significativo nos atendimentos de emergência no dia subsequente à exposição ao poluente para o sexo feminino. No sexto dia após a exposição ao poluente, também é observado efeito significativo de aumento nos atendimentos, demonstrando um efeito defasado da exposição.

Para o sexo masculino não observamos efeito no aumento dos atendimentos quando da exposição ao SO₂.

A figura 26 mostra o efeito da exposição ao SO₂ nos atendimentos de emergência por HAS estratificados por faixa etária.

Figura 26 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por HAS estratificados por faixa etária, devido a um aumento de $4,80\mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO_2 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Observa-se um aumento de cerca de 6% nos atendimentos de emergência para a faixa etária de 20 a 44 anos no sexto dia após a exposição ao poluente, demonstrando um efeito defasado.

Também se observa que os idosos (acima de 60 anos) foram mais susceptíveis aos efeitos da exposição ao poluente. Um dia após a exposição houve um aumento significativo nos atendimentos de emergência para HAS, que se mantém até o terceiro dia após a exposição. A soma dos efeitos do dia da exposição e dos seis dias subsequentes levou a um aumento de cerca de cinco vezes o efeito observado no sexto dia após a exposição.

4.1.6. Efeito do SO₂ nas IVAS

A figura 27 apresenta o aumento dos atendimentos de emergência por IVAS para homens e mulheres adultos expostos ao SO₂.

Figura 27 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por IVAS, devido a um aumento de 4,80µg/m³ de SO₂ no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Observa-se que não houve efeito significativo nos atendimentos de emergência por IVAS para pacientes expostos ao SO_2 .

A figura 28 apresenta os resultados da exposição ao SO_2 sobre os atendimentos de emergência por IVAS estratificados por sexo.

Figura 28 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por IVAS estratificados por sexo, devido a um aumento de $4,80\mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO_2 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Para os homens, observa-se um efeito positivo no dia da exposição ao poluente e no dia subsequente à exposição, porém, esse efeito não é estatisticamente significativo, assim como o efeito positivo encontrado quando somados os efeitos do dia da exposição e dos seis dias subsequentes a ela.

Para as mulheres, não foi observado efeito positivo para essa associação.

A figura 29 mostra o efeito da exposição ao SO₂ no aumento dos atendimentos de emergência por IVAS estratificados por faixa etária.

Figura 29 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por IVAS estratificados por faixa etária, devido a um aumento de $4,80\mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO_2 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Ao estratificar os atendimentos de IVAS por faixa etária, observa-se um aumento significativo nos atendimentos dos pacientes entre 45 e 60 anos um dia após a exposição ao poluente que permanece até o segundo dia após a exposição.

Para as demais faixas etárias, não foi observado aumento significativo nos atendimentos de emergência por IVAS para indivíduos expostos ao SO_2 .

4.1.7. Efeito do SO_2 nas doenças chiadoras

A figura 30 apresenta os resultados da exposição ao SO_2 no aumento dos atendimentos por doenças chiadoras em indivíduos adultos dos sexos masculino e feminino.

Figura 30 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por doenças chiadoras, devido a um aumento de $4,80\mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO_2 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Observa-se um efeito positivo defasado cinco dias após a exposição ao poluente, porém, esse efeito não é estatisticamente significativo.

A figura 31 apresenta o aumento dos atendimentos de emergência por doenças chiadoras em indivíduos expostos ao SO₂ estratificados por sexo.

Figura 31 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por doenças chiadoras estratificados por sexo, devido a um aumento de 4,80µg/m³ de SO₂ no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Observa-se um efeito defasado no sexto dia após a exposição ao SO₂ para homens e um efeito agudo no dia da exposição para as mulheres, que volta a aparecer a partir do quarto dia após a exposição, porém, esse efeito não é estatisticamente significativo.

A figura 32 apresenta o efeito da exposição ao SO₂ no aumento dos atendimentos de emergência por doenças chiadoras estratificados por faixa etária.

Figura 32 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por doenças chiadoras estratificados por faixa etária, para incrementos de $4,80\mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO_2 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Observa-se que não houve efeito significativo no aumento dos atendimentos de emergência por doenças chiadoras para indivíduos expostos ao SO₂, estratificados por faixa etária.

4.1.8. Efeito do SO₂ nas pneumonias

A figura 33 apresenta o efeito da exposição ao SO₂ no aumento dos atendimentos de emergência por pneumonias em indivíduos adultos dos sexos masculino e feminino.

Figura 33 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por pneumonias, devido a um aumento de 4,80µg/m³ de SO₂ no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Observa-se que não houve efeito significativo para esse desfecho.

A figura 34 apresenta o efeito do aumento dos atendimentos de emergência por pneumonias em indivíduos expostos ao SO_2 .

Figura 34 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por pneumonias estratificados por sexo, para incrementos de $4,80\mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO_2 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Para os homens, observa-se um aumento de cerca de 16% nos atendimentos de emergência por pneumonias no sexto dia após a exposição ao poluente SO_2 . Para as mulheres, observa-se um aumento nos atendimentos

de emergência no dia da exposição ao poluente, mas esse efeito não é significativo.

A figura 35 apresenta o efeito da exposição ao SO₂ nos atendimentos de emergência por pneumonias estratificados por faixa etária.

Figura 35 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por pneumonias estratificados por faixa etária, devido a um aumento de $4,80\mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO_2 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Estratificando por faixa etária, observa-se apenas o efeito em idosos (acima de 60 anos) no primeiro dia após a exposição ao poluente, com um aumento de cerca de 11% nos atendimentos de emergência por pneumonias associados ao SO₂.

4.1.9. Efeito do NO₂ na HAS

A figura 36 apresenta o efeito da exposição ao NO₂ no aumento dos atendimentos de emergência por HAS em adultos dos sexos masculino e feminino.

Figura 36 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por HAS, devido a um aumento de 38,3µg/m³ de NO₂ no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Observa-se um efeito positivo, sem significância estatística, no dia da exposição ao poluente, que volta a aparecer no sexto dia após a exposição.

A figura 37 apresenta o efeito da exposição ao NO₂ no aumento dos atendimentos de emergência por HAS estratificados por sexo.

Figura 37 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por HAS estratificados por sexo, devido a um aumento de 38,3µg/m³ de NO₂ no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Quando estratificado por sexo, há uma associação significativa entre os atendimentos por HAS e a exposição ao NO_2 para os homens no dia da exposição ao poluente, com um aumento de cerca de 15% nos atendimentos. Para as mulheres, observa-se um efeito positivo não significativo no sexto dia após a exposição ao poluente.

A figura 38 apresenta o efeito da exposição ao NO_2 nos atendimentos de emergência por HAS estratificados por faixa etária.

Figura 38 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por HAS estratificados por faixa etária, devido a um aumento de $38,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Observam-se perfis diferentes do efeito nas diferentes faixas etárias, todos sem significância estatística. Para indivíduos de 20 a 44 anos, observa-se um efeito positivo no dia da exposição ao poluente e no sexto dia após a exposição. Para os de 45 a 60 anos, observa-se um efeito defasado a partir do quarto dia após a exposição ao poluente. E para idosos acima de 60 anos, observa-se efeito agudo no dia da exposição, que volta a aparecer no sexto dia após a exposição ao NO₂.

4.1.10. Efeito do NO₂ nas IVAS

A figura 39 apresenta o efeito da exposição ao NO₂ no aumento dos atendimentos por IVAS em adultos dos sexos masculino e feminino.

Figura 39 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por IVAS, devido a um aumento de 38,3µg/m³ de NO₂ no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Ao analisar a associação entre o aumento dos atendimentos por IVAS e a exposição ao NO_2 , observa-se que houve um aumento de cerca de 4% nos atendimentos no dia da exposição ao poluente. Esse efeito perde a significância nos dias subsequentes. A soma dos efeitos dos sete dias do estudo levou a um aumento de 50% nos atendimentos em comparação ao efeito agudo.

A figura 40 apresenta o efeito da exposição ao NO_2 sobre o aumento dos atendimentos de emergência por IVAS estratificados por sexo.

Figura 40 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por IVAS estratificados por sexo, devido a um aumento de $38,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Estratificando por sexo, também se observa um efeito agudo (no dia da exposição) de 5% de aumento nos atendimentos de emergência para IVAS em adultos do sexo masculino. Para as mulheres, foi possível verificar um efeito acumulado da exposição ao poluente de cerca de 7% quando somamos os efeitos do dia da exposição e dos seis dias subsequentes a ela.

A figura 41 apresenta os efeitos da exposição ao NO₂ no aumento dos atendimentos por IVAS estratificados por faixa etária.

Figura 41 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por IVAS estratificados por faixa etária, devido a um aumento de $38,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Estratificando por faixa etária, observa-se um aumento agudo, de cerca de 5%, nos atendimentos de emergência por IVAS associados à exposição ao NO₂ em adultos entre 20 e 44 anos. Observa-se também um efeito acumulado, somando os efeitos dos sete dias do estudo, de cerca de 8% para essa mesma faixa etária.

Para adultos entre 45 e 60 anos, observa-se um efeito no dia da exposição de cerca de 5% de aumento nos atendimentos de emergência por IVAS, quando expostos ao NO₂.

Para idosos acima de 60 anos não foi observado efeito significativo.

4.1.11. Efeito do NO₂ nas doenças chiadoras

A figura 42 apresenta o efeito da exposição ao NO₂ no aumento dos atendimentos de emergência por doenças chiadoras para adultos dos sexos masculino e feminino.

Figura 42 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por doenças chiadoras, devido a um aumento de $38,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Observa-se uma associação significativa entre os atendimentos por doenças chiadoras e a exposição ao NO_2 . O efeito é defasado, aparecendo cinco dias após a exposição ao poluente, com um aumento de cerca de 4% nos atendimentos, e permanece com um aumento de cerca de 7% nos atendimentos no sexto dia após a exposição ao poluente.

A figura 43 apresenta o efeito da exposição ao NO_2 no aumento dos atendimentos de emergência por doenças chiadoras estratificados por sexo.

Figura 43 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por doenças chiadoras estratificados por sexo, devido a um aumento de $38,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Observa-se que não houve efeito significativo para a associação quando estratificado por sexo.

A figura 44 apresenta o efeito da exposição ao NO_2 no aumento dos atendimentos por doenças chiadoras estratificados por faixa etária.

Figura 44 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por doenças chiadoras estratificados por faixa etária, devido a um aumento de $38,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Quando estratificados por faixa etária, os resultados não são significativos, porém, observa-se efeito positivo agudo na faixa etária de 20 a 44 anos, positivo defasado na faixa etária de 45 a 60 anos e agudo e defasado na faixa etária acima de 60 anos.

4.1.12. Efeito do NO₂ nas pneumonias

A figura 45 apresenta o efeito da exposição ao NO₂ no aumento dos atendimentos de emergência por pneumonias para homens e mulheres adultos.

Figura 45 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por pneumonias, devido a um aumento de 38,3µg/m³ de NO₂ no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Apesar de não ser significativo, observa-se efeito positivo agudo no aumento dos atendimentos por pneumonias, no dia da exposição ao poluente, quando os indivíduos são expostos ao NO_2 . Esse efeito volta a ser positivo no sexto dia após a exposição ao poluente.

A figura 46 apresenta o efeito da exposição ao NO_2 no aumento dos atendimentos de emergência por pneumonias estratificados por sexo.

Figura 46 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por pneumonias, estratificados por sexo, devido a um aumento de $38,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Mesmo quando estratificados por sexo, os efeitos permanecem sem significância estatística e bastante semelhantes aos apresentados na figura anterior, com efeito positivo no dia da exposição ao poluente e no sexto dia após a exposição.

A figura 47 apresenta o efeito da exposição ao NO₂ no aumento dos atendimentos por pneumonias estratificados por faixa etária.

Figura 47 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por pneumonias estratificados por faixa etária, devido a um aumento de $38,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO_2 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Ainda sem significância, os efeitos parecem manter a mesma característica das figuras anteriores, com exceção dos indivíduos entre 45 e 60 anos, que não apresentaram efeito positivo no dia da exposição ao poluente.

4.1.13. Efeito do O₃ na HAS

A figura 48 apresenta o efeito da exposição ao O₃ no aumento dos atendimentos de emergência por HAS em adultos dos sexos masculino e feminino.

Figura 48 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por HAS, devido a um aumento de 67,3µg/m³ de O₃ no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Não foi observado efeito positivo significativo para essa associação.

A figura 49 apresenta o efeito da exposição ao O₃ no aumento dos atendimentos de emergência por HAS estratificados por sexo.

Figura 49 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência para HAS estratificados por sexo, devido a um aumento de $67,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ de O_3 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Quando estratificado por sexo, apesar de não ser significativa, observa-se uma diferença entre homens e mulheres.

Para os homens, há um efeito positivo no dia da exposição ao poluente e nos dias subsequentes, com uma soma dos efeitos dos sete dias do estudo até

três vezes maior que o dia da exposição. Para as mulheres, observa-se efeito positivo apenas no terceiro e no quarto dia após a exposição ao poluente.

A figura 50 apresenta o efeito da exposição ao O_3 no aumento dos atendimentos por HAS estratificados por faixa etária.

Figura 50 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por HAS estratificados por faixa etária, devido a um aumento de $67,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ de O_3 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Ainda que não significativa, quando estratificados por faixa etária, observa-se uma diferença de efeito. Verifica-se efeito positivo agudo acima dos 45 anos. Também é possível ver um efeito positivo acumulado, somando o efeito do dia da exposição aos seis dias subsequentes, para os indivíduos acima de 45 anos de idade.

4.1.14. Efeito do O₃ nas IVAS

A figura 51 apresenta o efeito da exposição ao O₃ no aumento dos atendimentos de emergência por IVAS em adultos dos sexos masculino e feminino.

Figura 51 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por IVAS, devido a um aumento de 67,3µg/m³ de O₃ no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Observa-se um efeito acumulado significativo, somando o efeito do dia da exposição ao poluente e os efeitos dos seis dias subsequentes à exposição, que resultou em um aumento de cerca de 11% nos atendimentos de emergência por IVAS no período.

A figura 52 apresenta o efeito da exposição ao O_3 no aumento dos atendimentos de emergência por IVAS estratificados por sexo.

Figura 52 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por IVAS estratificados por sexo, devido a um aumento de $67,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ de O_3 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Estratificando por sexo, observa-se também um efeito acumulado significativo, com um aumento de cerca de 11% nos atendimentos para o sexo masculino e para o sexo feminino.

A figura 53 apresenta o efeito da exposição ao O_3 no aumento dos atendimentos por IVAS estratificados por faixa etária.

Figura 53 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por IVAS estratificados por faixa etária, devido a um aumento de $67,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ de O_3 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Observa-se um aumento acumulado dos atendimentos, somando os efeitos do dia da exposição ao poluente e os efeitos dos seis dias após a exposição, de cerca de 12% para adultos com idade entre 20 e 44 anos e de cerca de 22% para adultos entre 45 e 60 anos.

Para idosos acima de 60 anos, observa-se um efeito agudo da exposição ao O₃, com um aumento de cerca de 6% nos atendimentos um dia após a exposição ao poluente.

4.1.15. Efeito do O₃ nas doenças chiadoras

A figura 54 apresenta o efeito da exposição ao O₃ no aumento dos atendimentos por doenças chiadoras em adultos dos sexos masculino e feminino.

Figura 54 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por doenças chiadoras, devido a um aumento de $67,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ de O_3 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Analisando o aumento dos atendimentos para esse desfecho, observa-se um efeito acumulado significativo, somando os efeitos dos sete dias do estudo, de cerca de 19% de aumento nos atendimentos de emergência por doenças chiadoras.

A figura 55 apresenta o efeito da exposição ao O_3 no aumento dos atendimentos por doenças chiadoras estratificados por sexo.

Figura 55 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por doenças chiadoras estratificados por sexo, devido a um aumento de $67,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ de O_3 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

O efeito acumulado permanece para esse desfecho quando estratificado por sexo, porém, perde a significância estatística.

A figura 56 apresenta o efeito da exposição ao O_3 sob o aumento dos atendimentos de emergência por doenças chiadoras estratificados por faixa etária.

Figura 56 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por doenças chiadoras estratificados por faixa etária, devido a um aumento de $67,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ de O_3 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Estratificando por faixa etária, observa-se o mesmo perfil de efeito acumulado para todas as idades do estudo, porém, esse efeito não possui significância estatística.

4.1.16. Efeito do O₃ nas pneumonias

A figura 57 apresenta o efeito da exposição ao O₃ no aumento dos atendimentos por pneumonias em adultos dos sexos masculino e feminino.

Figura 57 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por pneumonias, devido a um aumento de 67,3µg/m³ de O₃ no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Apesar de existir um pequeno efeito positivo no dia da exposição ao poluente, observa-se que este não é significativo.

A figura 58 apresenta o efeito da exposição ao O_3 no aumento dos atendimentos por pneumonias estratificados por sexo.

Figura 58 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por pneumonias estratificados por sexo, devido a um aumento de $67,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ de O_3 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Ainda que sem significância estatística, observa-se uma diferença no efeito para homens e mulheres.

Para os homens existe um efeito positivo defasado a partir do quinto dia após a exposição ao poluente e também um efeito positivo acumulado, somando o efeito do dia da exposição e dos seis dias subsequentes.

Para as mulheres, ao contrário, observa-se um efeito positivo agudo da exposição ao poluente sob o aumento dos atendimentos de emergência por pneumonias apenas no dia da exposição.

A figura 59 apresenta o efeito da exposição ao O_3 no aumento dos atendimentos de emergência por pneumonias estratificados por faixa etária.

Figura 59 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos de emergência por pneumonias estratificados por faixa etária, devido a um aumento de $67,3\mu\text{g}/\text{m}^3$ de O_3 no dia da exposição e nos seis dias subsequentes

Ainda sem significância estatística, observa-se uma diferença nos perfis de efeito à exposição ao poluente nas diferentes faixas etárias do estudo.

Para indivíduos de 20 a 44 anos existe um efeito positivo agudo no dia da exposição ao poluente, que volta a aparecer a partir do quarto dia após a exposição e permanece até o quinto dia.

Para a faixa etária entre 45 e 60 anos, observa-se um efeito positivo no dia seguinte à exposição ao poluente, que volta a aparecer no sexto dia subsequente à exposição.

E, finalizando, para idosos acima de 60 anos, observa-se um efeito positivo agudo, no dia da exposição ao poluente, no aumento dos atendimentos por pneumonias.

5. DISCUSSÃO

5. DISCUSSÃO

Este estudo mostrou que variações diárias nas concentrações dos poluentes analisados se mostraram diretamente associadas ao aumento nos atendimentos de emergência pelos desfechos definidos neste estudo.

Os resultados mostram que houve aumento dos atendimentos por HAS associado a um aumento nas concentrações de PM_{10} , SO_2 e NO_2 , sendo que para este último poluente, o efeito foi apenas entre os homens e, em associação ao SO_2 , o efeito foi apenas entre as mulheres. O aumento dos atendimentos de emergência por IVAS foi associado a um aumento na concentração dos quatro poluentes analisados no estudo, sem diferenças entre sexo e faixa etária. Doenças chiadoras tiveram aumento dos atendimentos nos dias em que houve aumento de PM_{10} , NO_2 e O_3 , sendo que o efeito associado à variação do PM_{10} foi observado apenas entre as mulheres. O aumento dos atendimentos de emergência por pneumonias foi associado a aumentos nas concentrações de PM_{10} e SO_2 apenas, com ênfase entre os homens e os idosos.

A investigação contemporânea epidemiológica em saúde ambiental tem contribuído muito para inserir o ambiente como elemento determinante de processos de saúde e doença das populações. É crescente a consciência das comunidades em geral sobre a influência da qualidade ambiental na saúde e no bem-estar dos seres vivos, em especial, dos seres humanos.

Estudos populacionais cuidadosamente desenhados são necessários para identificar e quantificar riscos associados a agentes ambientais. Estudos

do tipo ecológico ou de correlação são aplicados com o intuito de comparar a frequência da doença ou do desfecho entre grupos populacionais delimitados em um período predeterminado.

Em grandes centros urbanos é evidente a exposição das pessoas à poluição atmosférica. Como característica do município estudado, a exposição aos poluentes gerados por processos industriais e aos emitidos por veículos automotivos podem levar ao adoecimento das pessoas, por isso deve ser monitorada e controlada de maneira sistemática. Fatores climáticos também podem influenciar o transporte de poluentes, fazendo com que os indivíduos fiquem ainda mais expostos à poluição atmosférica.

Este é um estudo inédito no município estudado e deve servir de incentivo a novos estudos para o adequado monitoramento da emissão de poluentes e para a criação de políticas públicas em toda a região com o intuito de proteger a saúde da população. Uma característica importante da cidade é a grande quantidade de idosos que nela residem. De acordo com o senso demográfico do instituto brasileiro de geografia e estatística (IBGE), em 2010 ⁴⁷, a população de idosos acima de 60 anos era de 34.608 pessoas, o que equivale a 23,2% da população. Dentre os idosos residentes no município, 32% são homens e 68% são mulheres. Esse fato reforça a relevância do estudo, devido a população idosa ser mais susceptível a portar doenças crônicas e, consequentemente, mais susceptível aos danos à saúde causados pela exposição à poluição ambiental.

5.1. Limitações do estudo

Optamos por trabalhar com um período de dois anos de coleta de dados, considerado mínimo para obtenção de resultados robustos e adequados para um estudo de série temporal, isto, devido a algumas limitações.

Uma das principais dificuldades encontradas foi a coleta de dados de prontuários físicos, redigidos à mão, que já se encontravam em arquivo morto. Percebe-se a falta de preocupação em fazer o registro sistemático desse tipo de dado para uso além da finalidade de prestação de contas a quem é responsável pelo custeio do sistema de saúde. Em 2010 e 2011 ainda se fazia o registro dos atendimentos no serviço de pronto atendimento em papel, com preenchimento sem padronização e, às vezes, até mesmo sem diagnóstico.

Apesar de ser um hospital que serve de campo de treinamento para residentes de diversas especialidades médicas e de outras profissões da área da saúde, a instituição não contava com o arquivamento dos dados em meio digital, o que permitiria o estudo dos casos atendidos para compreender o perfil epidemiológico da cidade e das faixas etárias atendidas no serviço.

Para analisarmos uma série de tempo maior, seria necessário pagar pela busca no arquivo morto ou entrar em um estudo prospectivo que demandaria uma estrutura de acompanhamento dos atendimentos, registrando os dados em bases, pelo menos, semanais.

Também se destaca a ausência neste estudo do poluente CO, devido o mesmo não ter tido dados registrados na unidade medidora do município no ano de 2011. Aqui também cabe uma crítica à companhia responsável pelo

registro, controle e monitoramento dos poluentes no estado de São Paulo, devido à falha no registro de um poluente que comprovadamente desencadeia desfechos importantes na saúde das pessoas expostas.

5.2. Contextualização dos resultados

No decorrer deste estudo foi identificada a necessidade de trabalhar os dados de maneira estratificada – por sexo e por faixa etária – com o intuito de avaliar o efeito da exposição aos poluentes nos grupos mais susceptíveis da população. Essa tem sido uma recomendação da agência de proteção ambiental dos Estados Unidos da América e deve ser uma tendência para futuros estudos epidemiológicos relacionados à exposição a poluentes atmosféricos.⁵⁴ No caso de São Caetano do Sul, como mencionado anteriormente, temos uma população de idosos que é quase 25% do total de moradores, predominantemente composta por mulheres.

Idosos em geral são mais susceptíveis a doenças crônicas. Em um estudo de caso cruzado realizado com idosos norte-americanos avaliando os efeitos da exposição ao material particulado inalável sobre a mortalidade cardiovascular e respiratória, Bateson e Schwartz (2004)⁵⁵ concluíram que por serem portadores de doenças crônicas preexistentes, este grupo etário se mostrava mais susceptível aos efeitos adversos da poluição do ar por material particulado.

Mais recentemente, as mesmas conclusões foram mostradas por pesquisadores que realizaram um estudo sobre os efeitos da exposição à

poluição do ar sobre a mortalidade de idosos portadores de fibrilação atrial, hipertensão e câncer no Canadá. Goldberg et al (2013)⁵⁶ concluíram pela maior susceptibilidade para o desfecho estudado em função da presença de comorbidades.

Apesar do presente estudo não avaliar comorbidades preexistentes nos indivíduos como nos trabalhos citados acima, e dos desfechos serem diferentes (morbidade e mortalidade), os efeitos mais relevantes encontrados foram observados entre o grupo mais idoso quando comparado às outras faixas etárias.

Medina-Ramón et al (2006),⁵⁷ em um estudo de caso cruzado realizado em 36 cidades dos Estados Unidos identificaram a associação entre a exposição ao PM_{10} com atendimentos de emergência por pneumonia e por doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC). Durante o verão, o efeito acumulado de dois dias de exposição ao O_3 levou a um aumento de 0,27% (IC 95%: 0,08 - 0,47) nos atendimentos por DPOC e a um aumento de 0,41% (IC 95%: 0,26 - 0,57) nos atendimentos por pneumonia. Da mesma forma, um aumento de $10\mu g/m^3$ de PM_{10} durante o verão resultou em 1,47% (IC 95%: 0,93 - 2,01) de aumento nos atendimentos por DPOC um dia após a exposição ao poluente e 0,84% (IC 95%: 0,50 - 1,19) de aumento nos atendimentos por pneumonia no dia da exposição ao poluente. No presente estudo também se observa efeito na associação entre a exposição ao PM_{10} e o aumento dos atendimentos por pneumonias. Estratificando os casos por sexo, houve efeito positivo na soma dos sete dias de exposição entre os homens. Estratificando

por faixa etária, observa-se efeito entre os idosos no dia da exposição ao poluente.

Zanobetti e Schwartz (2006)⁵⁸ realizaram estudo na região metropolitana de Boston, onde analisaram a associação à exposição aos poluentes $PM_{2,5}$, O_3 , NO_2 e CO com o aumento de internações por infarto do miocárdio e pneumonia nos anos de 1995 a 1999. Foi encontrada associação significativa entre NO_2 (12,7% aumento - IC 95%: 5,8 - 18), $PM_{2,5}$ (aumento de 8,6% - IC 95%: 1,2 - 15,4) e internações por infarto do miocárdio. Também foi encontrada associação significativa entre a exposição ao $PM_{2,5}$ (aumento de 6,5% - IC 95%: 1,1 - 11,4), CO (aumento de 5,5% - IC 95%: 1,1 - 9,5) e internações por pneumonia. Nesse estudo foi realizada uma correlação dos desfechos frente à exposição ao $PM_{2,5}$, que possui uma partícula ainda menor que a do PM_{10} utilizada no nosso estudo. Também foi avaliado o desfecho relacionado a internações e não o de atendimentos de emergência. Mas podemos projetar que a associação dos desfechos encontrados no presente estudo pode levar, em um curto prazo, a um aumento dos casos de internação por doenças cardiovasculares e respiratórias.

Em estudo semelhante ao nosso, realizado no mesmo período de janeiro de 2010 a dezembro de 2011 com 6.532 pacientes das cidades de Edmonton e Calgary em Alberta, província do Canadá, Brook e Kousha (2015)⁵⁹ encontraram resultados significativos entre a exposição ao SO_2 e $PM_{2,5}$ durante o inverno para homens e mulheres, e para o NO_2 apenas em mulheres, que levaram a um aumento dos atendimentos de emergência por HAS. Durante o verão, os resultados também foram significativos entre o SO_2 apenas nas

mulheres, que levaram a um aumento dos atendimentos de emergência por HAS. Todas as associações ocorreram a partir do segundo dia subsequente à exposição, indicando um efeito defasado. Podemos comparar os nossos resultados com os desse estudo, levando em consideração apenas os efeitos encontrados no período de verão, uma vez que no inverno canadense registram-se temperaturas extremamente baixas, diferentemente das registradas no Brasil. No nosso estudo também foram observados efeitos sobre o aumento dos atendimentos por HAS apenas nas mulheres quando expostas ao SO₂. Houve um aumento dos atendimentos no dia seguinte à exposição ao poluente e no sexto dia após a exposição.

Malig et al (2013),⁶⁰ em estudo realizado na Califórnia, encontraram resultados robustos quando analisaram a associação da exposição ao PM_{2,5}, com atendimentos de emergência por asma (aumento de 3,3% - IC 95%: 2,0 – 4,6) dois dias após a exposição ao poluente. Apesar de no nosso estudo não termos trabalhado com a análise do efeito da exposição ao PM_{2,5} e sim do PM₁₀, também foi observado efeito associado ao aumento dos atendimentos de emergência por doenças chiadoras em mulheres e idosos expostos a esse poluente.

Estudo realizado em Taiwan por Lin e Kuo (2013)⁶¹ sobre atendimentos de emergência por doenças cardiovasculares associados à exposição ao PM₁₀ mostrou associação significativa entre o aumento de atendimentos por HAS em mulheres acima de 65 anos expostas a esse poluente, mostrando que esse grupo populacional é mais vulnerável aos efeitos da exposição ao PM₁₀. O nosso estudo também mostrou associação significativa entre o aumento dos

atendimentos por HAS e em indivíduos expostos ao PM_{10} com efeito robusto em homens e mulheres e também em idosos acima de 60 anos.

Em estudo realizado entre idosos na cidade de São Paulo entre 1996 e 2001 por Martins et al (2006)⁶² foi avaliada a associação entre a exposição à poluição atmosférica e as internações hospitalares por doenças cardiovasculares estratificadas por sexo. Foi identificado efeito da exposição do PM_{10} e do SO_2 nas admissões por insuficiência cardíaca congestiva e doenças isquêmicas do coração. Os efeitos foram agudos e maiores para o sexo feminino. No presente estudo também observamos a associação do PM_{10} e do SO_2 , porém, no aumento dos atendimentos de emergência por HAS que poderiam culminar em uma internação por cardiopatia. Observamos efeito acumulado do PM_{10} no aumento dos atendimentos por HAS em homens e em mulheres e um efeito agudo e acumulado no aumento dos atendimentos por HAS em idosos acima de 60 anos. Já o efeito do SO_2 no presente estudo foi associado apenas ao aumento de atendimentos por HAS em mulheres e em idosos.

Rodopoulou et al (2015)⁶³ investigaram a associação entre a exposição ao $PM_{2,5}$ e ao O_3 entre 2002 e 2012 em Arkansas, EUA, e os atendimentos de emergência respiratória e cardiovascular entre adultos. Foi observado durante o período um aumento dos atendimentos por HAS mais expressivo entre mulheres idosas e durante o inverno. Apesar de termos trabalhado com partículas inaláveis acima de 10 micras no presente estudo, é possível também observar a associação entre a exposição a esse poluente e o aumento dos

atendimentos por HAS. Porém, no nosso caso, esse efeito foi significativo entre os homens e as mulheres de maneira semelhante e também nos idosos.

Em estudo de revisão sistemática de artigos publicados a partir de 1995, Bell et al (2013)⁶⁴ avaliaram a vulnerabilidade e susceptibilidade dos grupos expostos ao material particulado (PM_{10} e $PM_{2,5}$) para o desfecho de atendimentos de emergência, internações e mortes. Sobre a modificação de efeito por sexo, concluíram que existe um efeito maior entre as mulheres, mas esse efeito não parece ser significativamente diferente do detectado nos homens. Sobre a modificação de efeito por faixa etária, concluíram que existe uma forte associação entre a exposição ao material particulado e os atendimentos de emergência, internações e morte, especialmente por doenças cardiovasculares entre os idosos. Esses dados corroboram os achados do presente estudo, que também mostrou que há efeito agudo da exposição ao PM_{10} sob os atendimentos de emergência por HAS em idosos e também um efeito acumulado da exposição a esse mesmo poluente nos atendimentos de emergência por HAS, de maneira semelhante entre homens e mulheres.

Colais et al (2012),⁶⁵ em estudo de caso cruzado realizado nas cidades Italianas de Bolonha, Florença, Mestre, Milão, Palermo, Pisa, Roma, Taranto e Turim entre 2001 e 2005, encontraram efeito defasado da exposição ao PM_{10} associada ao aumento de internações por doenças cardíacas, com prevalência da HAS, em idosos acima de 65 anos. O estudo mostrou que as mulheres foram mais susceptíveis à insuficiência cardíaca e os homens foram mais susceptíveis a arritmias cardíacas. Esses dados também corroboram os achados do presente estudo, uma vez que o efeito da exposição ao PM_{10} sobre

o aumento dos atendimentos por HAS foi acumulado, somando-se os sete dias após a exposição ao poluente.

Ainda são considerados raros os estudos epidemiológicos associando a exposição atmosférica a desfechos respiratórios e cardiovasculares estratificados por sexo. Mais estudos precisam ser realizados para elucidarmos se realmente existem diferenças de efeito entre homens e mulheres e em quais desfechos essas diferenças seriam mais importantes.

Considerações fisiopatológicas acerca da doença hipertensiva justificam o efeito encontrado no presente estudo entre os indivíduos expostos à poluição atmosférica e o aumento dos atendimentos por HAS. Brook et al (2009)⁶⁶ relatam que um dos mecanismos que elevam a pressão arterial em indivíduos expostos a partículas inaláveis finas de forma aguda é um desequilíbrio do sistema nervoso autônomo, que aumenta o tônus simpático. Esse aumento desencadeia taquicardia, aumento do volume sistólico, vasoconstrição e aumento do retorno venoso ao coração. Tal resposta é responsável por aumentar a pressão arterial. Quando o efeito é observado de forma defasada, o provável mecanismo que eleva a pressão arterial é a disfunção endotelial induzida pela inflamação, através da ativação de mediadores pró-inflamatórios como as citocinas em indivíduos expostos à poluição atmosférica.⁶⁷

Brook et al (2011),⁶⁸ em artigo de revisão sobre os efeitos da poluição atmosférica sobre o aumento da pressão arterial, recomendam a investigação clínica em pacientes hipertensos de fatores ambientais que podem elevar a pressão arterial. Nesses casos, eles sugerem o uso do termo “estudo da hipertensão ambiental”, trazendo à prática clínica a necessidade de investigar a

exposição a esses fatores, tal como a exposição à poluição atmosférica, que podem levar ao surgimento da hipertensão.

O SO_2 é um irritante respiratório que causa decréscimo da função pulmonar e afeta, principalmente, pessoas com doenças respiratórias prévias. Já o O_3 consegue atingir partes mais profundas do pulmão, causando danos ainda mais graves em pessoas com doenças respiratórias prévias como a asma. Ele é formado na troposfera e sua formação está ligada à reação existente entre NO_2 e hidrocarbonetos sob luz solar.²⁰

Esse mecanismo parece atuar de maneira mais intensa no idoso, devido a possível presença de doenças crônicas com o aparelho respiratório já mais vulnerável. No presente estudo, observamos que o SO_2 apresentou efeito no aumento dos atendimentos por IVAS apenas na faixa etária entre 45 e 60 anos e sob os atendimentos por pneumonias, apenas nos idosos. Já para o O_3 , o efeito no aumento dos atendimentos por IVAS foi observado de maneira acumulada, quando somados os efeitos dos sete dias do estudo. Estratificando por faixa etária, o efeito foi acumulado entre os indivíduos de 20 a 60 anos e agudo, no dia subsequente à exposição ao poluente, nos idosos. Kousha e Rowe (2014) também identificaram aumento nos atendimentos de emergência por IVAS em pacientes expostos ao ozônio no Canadá.⁶⁹

Mecanismos fisiopatológicos sobre o efeito da exposição a poluentes atmosféricos nas doenças respiratórias podem ser explicados devido à característica química dessas substâncias. Os poluentes podem atuar como irritantes e induzir respostas de defesa nas vias aéreas, tais como aumento e espessamento do muco e hiperatividade brônquica. Ozônio e material

particulado são fortes oxidantes e levam à formação de radicais livres que, por sua vez, gera estresse oxidativo nas células pulmonares.^{70,71}

Estudos experimentais mostraram decréscimo no volume expiratório máximo no primeiro segundo (FEV₁) após a exposição ao ozônio. Esse efeito se torna ainda maior em indivíduos com doenças respiratórias preexistentes.⁷²

Devemos destacar que os efeitos encontrados no presente estudo aconteceram mesmo sem que os poluentes PM₁₀, SO₂ e NO₂ tivessem ultrapassado os padrões estabelecidos pelo CONAMA⁹ para o período estudado. Considerando a resolução vigente atualmente para padrões de qualidade do ar no Estado de São Paulo, o poluente PM₁₀ também teria ultrapassado os limites estabelecidos, assim como o ozônio. O fato de SO₂ e NO₂, que estiveram abaixo dos padrões de qualidade do ar vigentes tanto no período do estudo quanto na atualidade, estarem associados a desfechos respiratórios e cardiovasculares nos leva a refletir sobre a necessidade permanente de busca por padrões de qualidade do ar que sejam, efetivamente, menos nocivos para as populações expostas. Giorgini et al (2015)⁷³ realizaram estudo em Michigan, EUA, de janeiro de 2003 a agosto de 2015, analisando o efeito da exposição ao PM_{2,5} e das temperaturas extremas no aumento da HAS em pacientes que estavam em tratamento de problemas cardíacos. Mesmo com níveis de PM_{2,5} dentro dos padrões atuais de qualidade do ar, foram encontrados efeitos no aumento da HAS durante o estudo. Temperaturas extremas, altas ou baixas, também foram associadas a um aumento dos níveis de pressão arterial.

6. CONCLUSÃO

6. CONCLUSÃO

No presente estudo, observou-se que, de janeiro de 2010 a dezembro de 2011, houve uma associação direta entre o aumento dos atendimentos por HAS, IVAS, doenças chiadoras e pneumonias e a exposição a poluentes atmosféricos entre adultos e idosos de São Caetano do Sul.

Os mais idosos e os homens se mostraram mais susceptíveis aos efeitos dos poluentes do ar com relação aos atendimentos de emergência por HAS.

Para IVAS, não houve um predomínio nítido relacionado ao sexo ou faixa etária com efeitos mais importantes observados para o grupo total de participantes.

Com relação às doenças chiadoras, o PM_{10} foi o poluente que apresentou o maior efeito, com maior impacto entre os idosos e os indivíduos do sexo feminino.

Para os atendimentos por pneumonias, o PM_{10} e o SO_2 levaram a um aumento dos atendimentos, principalmente de idosos e de homens.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar dos níveis de poluição estarem abaixo do padrão estabelecido pela legislação ambiental em vigor para o período estudado na maior parte do tempo, os resultados evidenciaram um efeito significativo da poluição atmosférica na saúde da população de São Caetano do Sul. Dessa forma, é de grande importância o estabelecimento de ações de vigilância ambiental no município e em toda a região do grande ABC, no intuito de prevenir futuros agravos à saúde e evitar a superlotação nos serviços de pronto atendimento hospitalar.

Os desfechos estudados são de grande importância para a saúde pública e podem evoluir para internações e óbitos, especialmente entre os grupos de indivíduos mais vulneráveis. Sendo assim, espera-se que os resultados aqui apresentados possam colaborar com as políticas públicas locais que priorizem a diminuição da emissão de poluentes na atmosfera, seja através de investimentos mais expressivos no transporte público ou em punições mais severas a indústrias que não controlam suas emissões de poluentes.

A cidade de São Caetano do Sul, por apresentar excelentes índices de desenvolvimento humano e renda per capita, pode ser um exemplo de que o desenvolvimento urbano não deve sobrepor-se à preocupação com o meio ambiente e a sustentabilidade.

8. ANEXOS

ANEXO A – Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Fundação Municipal de Saúde de São Caetano do Sul, parecer nº 042/2011-A.

Fundação Municipal da Saúde de São Caetano do Sul

FUMUSA

Entidade Mantenedora do Hospital Infantil e Maternidade **MÁRCIA BRAIDO**

PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

Parecer nº042/2011-A

Projeto de Pesquisa intitulado: **“Efeitos da poluição do ar nas doenças cardiovasculares através do consumo de medicamentos na cidade de São Caetano do Sul”**

Pesquisadora Responsável: Cícera Cristina Vidal Aragão

Patrocinador: -

Situação: **APROVADO**

O Comitê de Ética em Pesquisa da Fundação Municipal da Saúde de São Caetano do Sul - FUMUSA analisou, em reunião realizada no dia 01/06/2011, o Projeto de Pesquisa: **“Efeitos da poluição do ar nas doenças cardiovasculares através do consumo de medicamentos na cidade de São Caetano do Sul”**, cujo objetivo é estudar a relação entre poluição atmosférica e consumo de medicamentos na ocorrência de doenças cardiovasculares em adultos e idosos na Cidade de São Caetano do Sul, entre janeiro de 2009 a dezembro 2010.

Este Comitê analisou o presente protocolo e verificou que o mesmo está em conformidade com os critérios éticos apresentados na Resolução 196/96 do CNS/MS e suas complementares.

Assim sendo, em conformidade com os requisitos éticos, classificamos o presente protocolo como **APROVADO**.

Fica, ainda, a pesquisadora responsável a:

1. Comunicar toda e qualquer alteração do projeto e termo de consentimento livre e esclarecido. Nestas circunstâncias a inclusão de pacientes deve ser temporariamente suspensa até a avaliação destas modificações por este CEP.
2. Comunicar imediatamente ao Comitê qualquer ocorrência de efeito adverso ao longo do estudo.
3. Manter em local seguro, por 05 (cinco) anos, os dados individuais de todas as etapas da pesquisa, para eventual auditoria.

Fundação Municipal da Saúde de São Caetano do Sul
FUMUSA

Entidade Mantenedora do Hospital Infantil e Maternidade **MÁRCIA BRAIDO**

4. Enviar relatório (s) parcial (ais), quando for o caso, no prazo de 01 (um) ano a partir desta data, utilizando-se do endereço eletrônico: sirlene.buzzo@saocaetanodosul.sp.gov.br.
5. Enviar um exemplar do trabalho e comunicação formal registrando sua finalização, para arquivamento neste CEP.
6. Em artigos publicados, deverá constar o número deste parecer, bem como explicitar o local de realização do trabalho.

São Caetano do Sul, 02 de junho de 2011

Dr. José Carlos da Silveira Pinheiro Filho
Coordenador do CEP-FUMUSA

ANEXO B – Aprovação do comitê de ética em pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (protocolo N° 078/12).

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina e-mail: cep.fmusp@hcnet.usp.br

APROVAÇÃO

O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, em sessão de **11/04/2012**, **APROVOU** o Protocolo de Pesquisa n° **078/12** intitulado: **“EFEITOS DA POLUIÇÃO DO AR NOS ATENDIMENTOS DE EMERGÊNCIA POR DOENÇAS CARDIOVASCULARES E RESPIRATÓRIAS NA CIDADE DE SÃO CAETANO DO SUL”** apresentado pelo **Departamento de PATOLOGIA**.

Cabe ao pesquisador elaborar e apresentar ao CEP-FMUSP os relatórios parciais e final sobre a pesquisa (Resolução do Conselho Nacional de Saúde n° 196, de 10/10/1996, inciso IX.2, letra "c").

Pesquisador (a) Responsável: Alfésio Luís Ferreira Braga.

Pesquisador (a) Executante: Cícera Cristina Vidal Aragão.

CEP-FMUSP, 12 de Abril de 2012.

Prof. Dr. Roger Chammas
Coordenador
Comitê de Ética em Pesquisa

Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina

e-mail: cep.fmusp@hcnet.usp.br

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Olmo NRS, Saldiva PHN, Braga ALF, Lin CA, Pereira LAA. A review of low-level air pollution and adverse effects on human health: implications for epidemiological studies and public policy. 2011; 66(4): 10.
2. Tertre AL, Medina S, Samoli E, Forsberg B, Michelozzi P, Boumghar A, et al. Short-term effects of particulate air pollution on cardiovascular sideases in eight european cities. J Epidemiol Community Health. 2002; 56: 6.
3. Ballester F, Sáez M, Pérez-Hoyos S, Iñíguez C, Gandarillas A, Tobías A, et al. The EMECAM project: a multicentre study on air pollution and mortality in Spain: combined results for particulates and for sulfur dioxide. Occup Environ Med. 2002; 59 (5): 300-8.
4. Hoek G, Brunekreef B, Goldbohm S, Fischer P, Brandt PA. Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: a cohort study. Lancet. 2002; 360 (9341): 1203-9.
5. Ackermann-Lieblich U, Leuenberger P, Schwartz J, Schindler C, Monn C, Bolognini G, et al. Lung function and long term exposure to air pollutants in Switzerland. Study on Air Pollution and Lung Diseases in Adults (SAPALDIA) Team. Am J Respir Crit Care Med. 1997; 155 (1): 122-9.

6. Cao J, Yang C, Li J, Chen R, Chen B, Gu D, et al. Association between long-term exposure to outdoor air pollution and mortality in China: a cohort study. *Journal of hazardous materials*. 2011; 186 (2-3): 1594-600.
7. Christiani DC. Association between fine particulate matter and oxidative DNA damage may be modified in individuals with hypertension. *J Occup Environ Med*. 2009; 51 (10): 9.
8. Chen B, Kan H. Air pollution and population health: a global challenge. *Environ Health Prev Med*. 2008; 13 (2): 94-101.
9. Brasil. Conselho Nacional do meio ambiente. Resolução nº 3 de 28 de junho de 1990. Padrões nacionais de qualidade do ar. *Diário oficial da união*. 15937.
10. São Paulo. Decreto Estadual nº 59.113 de 23 de abril de 2013. Estabelece novos padrões de qualidade do ar e dá providências correlatas. *Diário oficial do Estado*. vol. 123. 76.
11. Arbex MA, Pereira LA, Carvalho-Oliveira R, Saldiva PH, Braga AL. The effect of air pollution on pneumonia-related emergency department visits in a region of extensive sugar cane plantations: a 30-month time-series study. *J Epidemiol Community Health*. 2014; 68(7): 669-74.

12. Braga ALF, Pereira LAA, Procopio M, Andre PA, Saldiva PHD. Association between air pollution and respiratory and cardiovascular diseases in Itabira, Minas Gerais State, Brazil. *Cadernos De Saúde Pública*. 2007; 23: 570-78.
13. Knuckles TL, Stapleton PA, Minarchick VC, Esch L, McCawley M, Hendryx M, et al. Air pollution particulate matter collected from an Appalachian mountaintop mining site induces microvascular dysfunction. *Microcirculation*. 2013; 20 (2): 158-69.
14. Silva DR, Viana VP, Muller AM, Livi FP, Dalcin PT. Respiratory viral infections and effects of meteorological parameters and air pollution in adults with respiratory symptoms admitted to the emergency room. *Influenza Other Respir Viruses*. 2014; 8 (1): 42-52.
15. Yamazaki S, Shima M, Yoda Y, Oka K, Kurosaka F, Shimizu S, et al. Association of ambient air pollution and meteorological factors with primary care visits at night due to asthma attack. *Environ Health Prev Med*. 2013; 18 (5): 401-6.
16. Schwartz JD, Lee M, Kinney PL, Yang S, Mills D, Sarofim MC, et al. Projections of temperature-attributable premature deaths in 209 U.S. cities using a cluster-based Poisson approach. *Environ Health*. 2015; 14: 85.

17. Nawrot TS, Perez L, Kunzli N, Munters E, Nemery B. Public health importance of triggers of myocardial infarction: a comparative risk assessment. *Lancet*. 2011; 377 (9767): 732-40.
18. Rodrigues CG VE, Cavalcante JA, Saldiva PHN. Projeção da mortalidade e internações hospitalares na rede pública de saúde atribuíveis à poluição atmosférica no Estado de São Paulo entre 2012 e 2030. *Revista Brasileira de estudos de população*. 2015; 32 (3): 489-509.
19. Martins LC, Latorre M, Cardoso MRA, Goncalves FLT, Saldiva PHN, Braga ALF. Air pollution and emergency room visits due to pneumonia and influenza in Sao Paulo, Brazil. *Revista De Saúde Pública*. 2002; 36 (1): 88-94.
20. Committee of the Environmental and Occupational Health Assembly of the American Thoracic Society. Health effects of outdoor pollution. *Am J Respir Crit Care Med*. 1996;153:3 - 50.
21. Rodriguez-Villamizar LA, Magico A, Osornio-Vargas A, Rowe BH. The effects of outdoor air pollution on the respiratory health of Canadian children: A systematic review of epidemiological studies. *Can Respir J*. 2015; 22 (5): 282-92.
22. Esposito S, Galeone C, Lelii M, Longhi B, Ascolese B, Senatore L, et al. Impact of air pollution on respiratory diseases in children with recurrent wheezing or asthma. *BMC Pulm Med*. 2014; 14: 130.

23. Chen Z, Salam MT, Eckel SP, Breton CV, Gilliland FD. Chronic effects of air pollution on respiratory health in Southern California children: findings from the Southern California Children's Health Study. *J Thorac Dis.* 2015; 7 (1): 46-58.
24. Cakmak S, Hebbern C, Cakmak JD, Vanos J. The modifying effect of socioeconomic status on the relationship between traffic, air pollution and respiratory health in elementary schoolchildren. *J Environ Manage.* 2016; 177: 1-8.
25. Blanco-Becerra LC, Miranda-Soberanis V, Barraza-Villarreal A, Junger W, Hurtado-Diaz M, Romieu I. Effect of socioeconomic status on the association between air pollution and mortality in Bogota, Colombia. *Salud Publica Mex.* 2014; 56 (4): 371-8.
26. Bell ML, O'Neill MS, Cifuentes LA, Braga ALF, Green C, Nweke A, et al. Challenges and recommendations for the study of socioeconomic factors and air pollution health effects. *Environmental Science & Policy.* 2005; 8 (5): 525-33.
27. Chiarelli PS, Pereira LAA, Saldiva PHN, Ferreira Filho C, Garcia MLB, Braga ALF, et al. The association between air pollution and blood pressure in traffic controllers in Santo André, São Paulo, Brazil. *Environmental Research.* 2011; 111:15.

28. Chen H, Burnett RT, Kwong JC, Villeneuve PJ, Goldberg MS, Brook RD, et al. Spatial association between ambient fine particulate matter and incident hypertension. *Circulation*. 2014; 129 (5): 562-9.
29. Baccarelli A, Martinelli I, Zanobetti A, Grillo P, Hou LF, Bertazzi PA, et al. Exposure to particulate air pollution and risk of deep vein thrombosis. *Arch Intern Med*. 2008; 168 (9): 920-7.
30. He F, Shaffer ML, Rodriguez-Colon S, Yanosky JD, Bixler E, Cascio WE, et al. Acute effects of fine particulate air pollution on cardiac arrhythmia: the APACR study. *Environmental health perspectives*. 2011; 119 (7): 927-32.
31. Liao D, Shaffer ML, He F, Rodriguez-Colon S, Wu R, Whitsel EA, et al. Fine particulate air pollution is associated with higher vulnerability to atrial fibrillation - the APACR study. *J Toxicol Environ Health A*. 2011; 74 (11): 693-705.
32. Araujo JA. Particulate air pollution, systemic oxidative stress, inflammation, and atherosclerosis. *Air Quality Atmos heath*. 2011; 4:15.
33. Grineski SE, Herrera JM, Bulathsinhala P, Staniswalis JG. Is there a Hispanic Health Paradox in Sensitivity to Air Pollution? Hospital Admissions for Asthma, Chronic Obstructive Pulmonary Disease and Congestive Heart Failure Associated with NO and PM in El Paso, TX, 2005-2010. *Atmos Environ* (1994). 2015; 119: 314-21.

34. Strickland MJ, Klein M, Correa A, Reller MD, Mahle WT, Riehle-Colarusso TJ, et al. Ambient air pollution and cardiovascular malformations in Atlanta, Georgia, 1986-2003. *Am J Epidemiol.* 2009; 169 (8): 1004-14.
35. Hampel R, Lepeule J, Schneider A, Bottagisi S, Charles MA, Ducimetiere P, et al. Short-term impact of ambient air pollution and air temperature on blood pressure among pregnant women. *Epidemiology.* 2011; 22 (5): 671-9.
36. Miller KA, Siscovick DS, Sheppard L, Shepherd K, Sullivan JH, Anderson GL, et al. Long-term exposure to air pollution and incidence of cardiovascular events in women. *N Engl J Med.* 2007; 356 (5): 447-58.
37. Ohlwein S, Klumper C, Vossoughi M, Sugiri D, Stolz S, Vierkötter A, et al. Air pollution and diastolic function in elderly women - Results from the SALIA study cohort. *Int J Hyg Environ Health.* 2016.
38. Hart JE, Puett RC, Rexrode KM, Albert CM, Laden F. Effect Modification of Long-Term Air Pollution Exposures and the Risk of Incident Cardiovascular Disease in US Women. *J Am Heart Assoc.* 2015; 4 (12).
39. Chuang KJ, Yan YH, Chiu SY, Cheng TJ. Long-term air pollution exposure and risk factors for cardiovascular diseases among the elderly in Taiwan. *Occup Environ Med.* 2011; 68 (1): 64-8.

40. Bind MA, Peters A, Koutrakis P, Coull B, Vokonas P, Schwartz J. Quantile Regression Analysis of the Distributional Effects of Air Pollution on Blood Pressure, Heart Rate Variability, Blood Lipids, and Biomarkers of Inflammation in Elderly American Men: The Normative Aging Study. *Environ Health Perspect.* 2016.
41. Zhao J, Xie Y, Qian X, Jiang R, Song W. Acute effects of fine particles on cardiovascular system: differences between the spontaneously hypertensive rats and wistar kyoto rats. *Toxicol Lett.* 2010; 193 (1): 50-60.
42. Bartoli CR, Wellenius GA, Diaz EA, Lawrance J, Coull BA, Akiyama I, et al. Mechanisms of inhaled fine particulate air pollution-induced arterial blood pressure changes. *Environmental health perspectives.* 2009; 117 (3): 6.
43. Araujo JA, Nel AE. Particulate matter and atherosclerosis: role of particle size, composition and oxidative stress. *Part Fibre Toxicol.* 2009; 6: 24.
44. Martins LC, Pereira LAA, Lin CA, Santos UP, Prioli G, Luiz OD, et al. The effects of air pollution on cardiovascular diseases: lag structures. *Revista de Saúde Pública.* 2006; 40 (4): 677-83.
45. Buadong DJW, Funatagawa I, Karita K, Yano E. Association between PM₁₀ and O₃ levels and hospital visits for cardiovascular diseases in Bangkok, Thailand. *J Epidemiology.* 2009; 19 (4): 7.

46. Negrete BR, Rosa CC, Ikeuti DH, Delena PJ, Borba TM, Braga ALF. Poluição atmosférica e interações por insuficiência cardíaca congestiva em adultos e idosos em Santo André. Arquivos Brasileiros de Ciências da Saúde. 2010; 35 (3): 5.
47. IBGE. Censo Demográfico 2010 – Características Gerais da População. Resultados da Amostra. IBGE, 2010. Disponível em: <http://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html>. Público acesso em 11 de abril de 2016.
48. PNUD. Ranking IDHM 2010. Atlas do desenvolvimento humano no Brasil 2013. Disponível em: <http://www.pnud.org.br/atlas/ranking/ranking-idhm-municipios-2010.aspx>. Público acesso em 11 de abril de 2016.
49. São Caetano do Sul. Conselho Municipal de Saúde. Plano municipal de Saúde 2010-2013. Disponível em: <http://www.saocaetanodosul.sp.gov.br/pdfs/planos/planosaude20102013.pdf>. Público acesso em: 11 de abril de 2016.
50. A Dictionary of epidemiology. Choice: Current Reviews for Academic Libraries. 2015.
51. CETESB R. Caracterização das Estações da Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar na RMSP - Estação São Caetano do Sul. 2003.

52. Martins LC. Efeitos da poluição do ar e dos fatores meteorológicos nas doenças cardiovasculares na cidade de São Paulo. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2004.
53. Zanobetti A, Schwartz J, Samoli E, Gryparis A, Touloumi G, Atkinson R, et al. The temporal pattern of mortality responses to air pollution: a multicity assessment of mortality displacement. *Epidemiology*. 2002; 13 (1): 87-93.
54. Fann N, editor. Accounting For Population Susceptibility And Vulnerability In Order To More Accurately Characterize Inequalities In Air Pollution-Related Human Health Risk. Abstracts of the 2015 Conference of the International Society of Environmental Epidemiology (ISEE); 2015: Environmental Health Perspectives.
55. Bateson TF, Schwartz J. Who is sensitive to the effects of particulate air pollution on mortality? A case-crossover analysis of effect modifiers. *Epidemiology*. 2004; 15 (2): 143-9.
56. Goldberg MS, Burnett RT, Stieb DM, Brophy JM, Daskalopoulou SS, Valois MF, et al. Associations between ambient air pollution and daily mortality among elderly persons in Montreal, Quebec. *Sci Total Environ*. 2013; 463-464: 931-42.

57. Medina-Ramon M, Zanobetti A, Schwartz J. The effect of ozone and PM10 on hospital admissions for pneumonia and chronic obstructive pulmonary disease: a national multicity study. *Am J Epidemiol*. 2006; 163 (6): 579-88.
58. Zanobetti A, Schwartz J. Air pollution and emergency admissions in Boston, MA. *J Epidemiol Community Health*. 2006; 60 (10): 890-5.
59. Brook RD, Kousha T. Air Pollution and Emergency Department Visits for Hypertension in Edmonton and Calgary, Canada: A Case-Crossover Study. *Am J Hypertens*. 2015; 28 (9): 1121-6.
60. Malig BJ, Green S, Basu R, Broadwin R. Coarse particles and respiratory emergency department visits in California. *Am J Epidemiol*. 2013; 178 (1): 58-69.
61. Lin CM, Kuo HW. Sex-age differences in association with particulate matter and emergency admissions for cardiovascular diseases: a hospital-based study in Taiwan. *Public Health*. 2013; 127 (9): 828-33.
62. Martins LC, Pereira LA, Lin CA, Santos UP, Prioli G, Luiz OC, et al. The effects of air pollution on cardiovascular diseases: lag structures. *Rev Saúde Pública*. 2006; 40 (4): 677-83.

63. Rodopoulou S, Samoli E, Chalbot MC, Kavouras IG. Air pollution and cardiovascular and respiratory emergency visits in Central Arkansas: A time-series analysis. *Sci Total Environ.* 2015; 536: 872-9.
64. Bell ML, Zanobetti A, Dominici F. Evidence on vulnerability and susceptibility to health risks associated with short-term exposure to particulate matter: a systematic review and meta-analysis. *Am J Epidemiol.* 2013; 178 (6): 865-76.
65. Colais P, Faustini A, Stafoggia M, Berti G, Bisanti L, Cadum E, et al. Particulate air pollution and hospital admissions for cardiac diseases in potentially sensitive subgroups. *Epidemiology.* 2012; 23 (3): 473-81.
66. Brook RD, Rajagopalan S. Particulate matter, air pollution, and blood pressure. *J Am Soc Hypertens.* 2009; 3 (5): 332-50.
67. Brook RD, Rajagopalan S, Pope CA, Brook JR, Bhatnagar A, Diez-Roux AV, et al. Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: An update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation.* 2010; 121 (21): 2331-78.
68. Brook RD, Weder AB, Rajagopalan S. "Environmental hypertensionology" the effects of environmental factors on blood pressure in clinical practice and research. *J Clin Hypertens (Greenwich).* 2011; 13 (11): 836-42.

69. Kousha T, Rowe BH. Ambient ozone and emergency department visits due to lower respiratory condition. *Int J Occup Med Environ Health*. 2014; 27 (1): 50-9.
70. Corradi M, Alinovi R, Goldoni M, Vettori M, Folesani G, Mozzoni P, et al. Biomarkers of oxidative stress after controlled human exposure to ozone. *Toxicol Lett*. 2002; 134 (1-3): 219-25.
71. Gilmour PS, Rahman I, Donaldson K, MacNee W. Histone acetylation regulates epithelial IL-8 release mediated by oxidative stress from environmental particles. *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol*. 2003; 284 (3): 533-40.
72. McDonnell WF, Stewart PW, Andreoni S, Seal E, Jr., Kehrl HR, Horstman DH, et al. Prediction of ozone-induced FEV1 changes. Effects of concentration, duration, and ventilation. *Am J Respir Crit Care Med*. 1997; 156 (3): 715-22.
73. Giorgini P, Rubenfire M, Das R, Gracik T, Wang L, Morishita M, et al. Particulate matter air pollution and ambient temperature: opposing effects on blood pressure in high-risk cardiac patients. *J Hypertens*. 2015; 33(10): 2032-8.