### **GILDEONI PRIOLI**

.

Estimativa da concentração de material particulado inalável (PM10) através de variáveis meteorológicas e seus efeitos na saúde em áreas urbanas brasileiras

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

Programa de Patologia

Orientador: Prof. Dr. Alfésio Luis Ferreira Braga

(Versão Corrigida. Resolução CoPGr 6018, de 13 de Outubro de 2011. A Versão original esta disponível na Biblioteca FMUSP)

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

Prioli, Gildeoni

Estimativa da concentração de material particulado inalável (PM10) através de variáveis metereológicas e seus efeitos na saúde em áreas urbanas brasileiras / Gildeoni Prioli. -- São Paulo, 2016.

Tese(doutorado)—Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

Programa de Patologia.

Orientador: Alfésio Luis Ferreira Braga.

Descritores: 1.Poluição do ar 2.Doenças respiratórias 3.Doenças cardiovasculares 4.Morbidade 5.Criança 6.Idoso 7.Área urbana

USP/FM/DBD-340/16

Agradeço a Deus, Meu Criador, por ter me dado á vida, e por me conceder momentos muito felizes;

Obrigado Deus por escolher Adinael Prioli e Leonidia Prioli *(in Memoriam)* para serem meus pais na Terra;

Obrigado Deus por me dar á Júlia Rechi como espôsa, Meu amor para sempre;

#### **AGRADECIMENTOS**

O total destaque ao Amigo e Orientador, Professor e Doutor Alfésio Luís Ferreira Braga, Grande Médico: pela competência, capacidade, genialidade, inteligência, dedicação e vontade de realização, qualidades sem as quais não seria possível a realização deste projeto.

Ao Amigo, Professor e Doutor Chin An Lin, Grande Médico, na côorientação deste projeto, pelas observações dadas na realização do projeto e pela grande consideração e amizade desde o inicio.

Outro destaque e participação essencial na côorientação deste projeto, a Amiga, Professora e Doutora Lourdes Conceição Martins, pela excelênca na sua formação Matemática e Estatística: pela competência e dedicação no comprimento de cada fase alcançada, e principalmente pela qualidade da orientação direcionada para os resultados satisfatórios obtidos neste projeto.

Ao Amigo e Professor Doutor Luiz Alberto Amador Pereira, Médico: pela amizade concedida e pelo apoío durante a realização deste trabalho, nos momentos fundamentais.

Aos meus queridos pais, Adinael Prioli e Leonidia Prioli (in Memoriam)

Por Todo o Grande Amor demonstrado durante a minha vida. Espero pelo futuro, onde estaremos juntos para todo sempre - na eternidade.

A minha Amada Espôsa Julia Rechi, pelo Grande Amor, respeito e carinho

demonstrados durante toda a sua vida. Espero estar junto com você, hoje, amanhã e para sempre.

Ao Professor e Doutor **Paulo Hilário Nascimento Saldiva**, pela oportunidade de execução deste projeto, pois foi o responsável pelo inicio e liderança do grupo de pesquisa, sem o qual não poderiamos iniciar e apresentar as nossas idéais e resultados. Minha admiração e respeito pela competência, profissionalismo e genialidade como pesquisador e médico.

Ao Professores e Doutores: Marcos Abdo Arbex, Médico; Ubiratan de Paula Santos, Médico; Sylvia Costa Lima Farhat, Médica; pesquisadores do Laboratório de Poluição Atmosférica do LIM-05 da FMUSP, pelas sugestões de melhoria na realização deste projeto.

A Professora e Doutora **Thaís Mauad, Médica, Chefe e Lider do LIM-05 da FMUSP**, pela competência e oportunidade concedida para execução deste projeto e das pesquisas.

Ao Professor e Doutor Raymundo Soares de Azevedo Neto, Médico, Coordenador do Curso de Pós-Graduação do Programa de Patologia da Faculdade de Medicina de Universidade de São Paulo, pelo apoio e incentivo constante em todos os momentos, durante o curso e também em todas as atividades e conselhos sugeridos correlacionadas a pós- graduação.

Aos Professores e Doutores: Eliane Tigre Guimarães Sant'Anna, Débora-Jã de Araújo Lobo; Heloísa Bueno e Dolores Helena Rodriguez Ferreira Rivero: Pesquisadoras do LIM-05 da FMUSP. Ao o Professor e Doutor: **Paulo Afonso de André** pela amizade concedida nos anos de pesquisa na FMUSP.

Aos Professoras e Doutoras do IAG-USP; Micheline de Souza Zanotti

Stagliório Coelho e Maria de Fátima Andrade, Meteorologistas e grandes colaboradoras na execução deste projeto e também ao Professor e Doutor,

Fábio Luiz Teixeira Gonçalves, grande mentor da Meteorologia Ambiental.

Ao **Dr. Willer Larry Furtado, Gerente na Superintêndência Regional de São Paulo - Departamento de Navegação Aérea** da INFRAERO, pela liberação dos dados de Meteorologia e Visibilidade colhidas nos Aeroportos, sem os quais não poderíamos realizar este projeto.

A Caroline, Marcelo e Cristina Fogaccia, do Departamento de Navegação Aérea da INFRAERO - SP, pela profissionalismo, gentileza e cordialidade com que sempre receberam todos nós do Laboratorio de Poluição Atmosférica da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, para esclarecimentos técnicos e científicos na realização deste projeto.

A Thiago Rezende, Secretário da Pós-Graduação do Departamento de Patologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, pela orientação e execução de todos os trâmites legais do sistema na pósgraduação.

### **APOIO INSTITUCIONAL**

INFRAERO - Empresa de Infra-Estrutura Aeroportuária – Navegação Aérea.

**CETESB -** Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo.

**LIM-05/HC-FMUSP -** Laboratório de Investigação Médica do Hospital das Clinicas da Faculdade de Medicina da USP.

# NORMALIZAÇÃO ADOTADA

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

Referências: adaptado do *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 Annelise Carneiro da Cunha, Maria Julia de A. L.Freddi, Maria F. Crestana, Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena. 3ª edição. São Paulo: Divisão de Biblioteca e Documentação; 2011.

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

# SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS	
LISTA DE FIGURAS	
LISTA DE TABELAS	
RESUMO	
ABSTRACT	
1-INTRODUÇÃO	31
1.1- Poluição do ar	
1.1.1- Padrão da Qualidade do Ar	
1.1.2- Material particulado (MP)	
1.1.3- Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA)	38
1.1.4- Monóxido de carbono (CO)	39
1.1.5- Óxidos de nitrogênio (NOx)	40
1.1.6- Ozônio (O <sub>3</sub> )	41
1.1.7- Óxidos de enxofre (SOx)	41
1.1.8- Outras fontes	42
1.1.9- Poluição e os efeitos ba saúde	45
1.2- As principais variáveis meteorológicas	48
1.3- Histórico da visibilidade	50
1.3.1- Visibilidade - caracteristicas	53
1.3.2- Visibilidade aplicada ao estudo	60
1.3.3- Variáveis Meteorológicas e seus efeitos na saúde_	66
2-OBJETIVOS	75
2.1- Geral	76
2.2- Específicos	76

3-CAS	JÍSTICA E MÉTODOS	79
3.1	- Tipo de estudo	80
3.2	- Dados da CETESB, material particulado – MP <sub>10</sub>	81
	3.2.1- Medidas de material particulado – MP <sub>10</sub>	82
3.3	- Dados Metorológicos - INFRAERO	83
	3.3.1- Cidades estudadas no Projeto	84
3.4	- Dados de morbidade respiratória e cardiovascular - DATASUS	93
3.5	- Determinação das variáveis do estudo	94
	3.5.1- Variáveis dependentes	94
	3.5.2- Variáveis independentes ou explicativas	94
	3.5.2.1 – Concentração diária de MP <sub>10</sub>	94
	3.5.2.2 – Indicador de MP <sub>10</sub>	94
	3.5.3- Variáveis de confusão e de controle	96
3.6	- Análise estatística	96
	3.6.1- Análise descritiva	96
	3.6.2- Correlação de Pearson	97
	3.6.3- Estimativas do efeito	98
	3.6.3.1 – Modelo de Defasagem Distribuída	99
4-RES	JLTADOS	_101
4.1	- Coeficientes de Correlação dos Indicadores de Material	
	Particulado Medido pela CETESB, do Indicador de Material	
	Particulado Estimado e das Variáveis Meteorológicas	_102
4.2	- Gráficos das Séries de Tempos dos Indicadores de Material	
	Particulado Medidos pela CETESB e dos Indicadores de	
	Material Particulado Estimado nas Cidades do Estudo	_106
4.3	- Análise Descritiva das Variáveis do Estudo de Todas as Cidade	es
		_110

4.4-	Estimativas dos efeitos da exposição ao MP <sub>10</sub>	116
	4.4.1- Doenças Respiratórias em Crianças - RESPCRI	116
	4.4.1.1 – Respiratórias em Crianças São Paulo	116
	4.4.1.2 – Respiratórias em Crianças Campinas	117
	4.4.1.3 – Respiratórias em Crianças Ribeirão Preto	119
	4.4.1.4 – Respiratórias em Crianças Baurú	120
	4.4.1.5 – Respiratórias em Crianças Presidente Prudente	122
	4.4.1.6 – Respiratórias em Crianças Curitiba	123
	4.4.2- Doenças Respiratórias em Idosos - RESPID	124
	4.4.2.1 – Respiratórias em Idosos São Paulo	124
	4.4.2.2 – Respiratórias em Idosos Campinas	126
	4.4.2.3 – Respiratórias em Idosos Ribeirão Preto	127
	4.4.2.4 – Respiratórias em Idosos Bauru	129
	4.4.2.5 – Respiratórias em Idosos Presidente Prudente_	130
	44.2.6– Respiratórias em Idosos em Curitiba	132
	4.4.3- Doenças Cardiovasculares em Idosos - CARDID	132
	4.4.3.1 – Cardiovasculares em Idosos São Paulo	133
	4.4.3.2 – Cardiovasculares em Idosos Campinas	135
	4.4.3.3 – Cardiovasculares em Idosos Ribeirão Preto	136
	4.4.3.4 – Cardiovasculares em Idosos Bauru	137
	4.4.3.5 – Cardiovasculares Idosos Presidente Prudente_	139
	4.4.3.6 – Cardiovasculares em Idosos Curitiba	140
5-DISCL	JSSÃO	142
5.1-	Aspectos gerais	143
5.2-	Correlações Internas do presente estudo	147
5.3-	Correlação com outros estudos	150

6-CONCLUSÕES	162
6.1- Gerais	163
6.2- Estimativa dos Efeitos na Estrutura de Defasagem (lag)	166
6.3- Magnitude dos Efeitos na Estrutura de Defasagem (lag)	166
7-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	167
8-APÊNDICE	186

### LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CO - Monóxido de carbono

COHb - Carboxihemoglobina

COVs – Compostos orgânicos voláteis

CO<sub>2</sub> – Dióxido de carbono

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CONSEMA - Conselho Estadual do Meio Ambiente

DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito

DPOC – Doença pulmonar obstrutiva crônica

EPA – Environmental Protection Agency

FMUSP - Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

HC - Hidrocarbonetos

HCI – Ácido clorídrico

HPA - Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos

H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> – Ácido sulfuroso

H2SO4 – Ácido sulfúrico

IAGCA - Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas

IARC – International Agency for Research on Cancer

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

LPAE – Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental

LIM-05 – Laboratório de Investigação Médica-05 MP – Material particulado

MP0,1 – Material particulado com diâmetro inferior a 0,1 μm

MP2,5 – Material particulado com diâmetro inferior a 2,5 µm

MP10 – Material particulado com diâmetro inferior a 10 µm

MAG – Modelos aditivos generalizados

MLG – Modelos lineares generalizados

OMS – Organização Mundial de Saúde

RMC – Região Metropolitana de Campinas

RMC – Região Metropolitana de Curitiba

RMSP – Região Metropolitana de São Paulo

N – Nitrogênio

NaOH - Hidróxido de sódio

NO – Óxido nítrico

NO2 – Dióxido de nitrogênio

NOx – Óxidos de nitrogênio

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

O2 – Oxigênio

O3 – Ozônio

OMS – Organização Mundial da Saúde

PQAr – Padrões de qualidade do ar

PTS - Partículas Totais em Suspensão

RCHO - Aldeídos

S - Enxofre

SO2 - Dióxido de Enxofre

SO3 – Trióxido de enxofre

SOx – Óxidos de enxofre

WHO - World Health Organization

< : menor

> : maior

= : igual

% – percentual

°C – graus celsius

μg/m3 – micrômetro por metro cúbico

ppm - partes por milhão

km² – quilômetro quadrado

Km – quilômetro

# **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1.	Foto da queima de cana no Interior do Estado São Paulo	43
Figura 2.	Gráfico de mortalidade pela poluição segundo OCDE	46
Figura 3.	Foto mostrando percepção da visibilidade: pelo reconhecimento da: cor, contraste e iluminação	55
Figura 4.	Foto mostrando percepção da visibilidade: possibilidade de mensuração	56
Figura 5.	Foto mostrando os fundamentos da mensuração da visibilidade	57
Figura 6.	Foto mostrando as reações químicas que ocorrem na atmosfera responsáveis pela redução da visibilidade	58
Figura 7.	Foto mostrando a percepção da qualidade do ar - PVQA para atmosfera limpa e poluída - visibilidade perceptível	59
Figura 8.	Gráfico mostrando eficiência do espalhamento das partículas na atmosfera em função do tamanho aerodonâmico	60
Figura 9.	Foto aérea do Aeroporto Internacional de Guarulhos – SP mostrando a visibilidade horizontal	61
Figura10.	Figura mostrando modelo de carta de visibilidade adaptada	64
Figura11.	Gráfico mostrando a Série de Tempo com os valores diários de MP <sub>10</sub> Medido pela CETESB e os valores diários do MP <sub>10</sub> Estimado para a Cidade de São Paulo - SP	_107
Figura12.	Gráfico mostrando a Série de Tempo com os valores diários de MP <sub>10</sub> Medido pela CETESB e os valores diários do MP <sub>10</sub> Estimado para a Cidade de Campinas - SP	_108
Figura13.	Gráfico mostrando a Série de Tempo com os valores diários de MP <sub>10</sub> Medido pela CETESB e os valores diários do MP <sub>10</sub> Estimado para a Cidade de Ribeirão Preto - SP	_108
Figura14.	Gráfico mostrando a Série de Tempo com os valores diários de MP <sub>10</sub> Medido pela CETESB e os valores diários do MP <sub>10</sub> Estimado para a Cidade de Baurú - SP	_109
Figura15.	Gráfico mostrando a Série de Tempo com os valores diários de MP <sub>10</sub> Medido pela CETESB e os valores diários do MP <sub>10</sub> Estimado para a Cidade de Presidente Prudente - SP	110

Figura16.	Gráfico para Estimativas dos efeitos na Defasagem (lag), para as internações por doenças respiratórias de crianças até 5 anos idade, com aumento de 10 μg/m³ de material particulado – MP10, medição pela rede automática de material particulado da CETESB para a Cidade de São Paulo	_116
Figura17.	Gráfico para Estimativas dos efeitos na Defasagem <i>(lag)</i> , para as internações por doenças respiratórias de crianças até 5 anos idade, com aumento de 10 μg/m³ de material particulado – MP <sub>10</sub> , apontados pelo Indicador de material particulado – MP <sub>10</sub> Estimado (por Variáveis Meteorológicas) para a Cidade de São Paulo	_117
Figura18.	Gráfico para Estimativas dos efeitos na Defasagem (lag), para as internações por doenças respiratórias de crianças até 5 anos idade, com aumento de 10 μg/m³ de material particulado – MP <sub>10</sub> , medição pela rede automática de material particulado da CETESB para a Cidade de Campinas_	_118
Figura19.	Gráfico para Estimativas dos efeitos na Defasagem ( $lag$ ), para as internações por doenças respiratórias de crianças até 5 anos idade, com aumento de 10 $\mu g/m^3$ de material particulado — $MP_{10}$ , apontados pelo Indicador de material particulado — $MP_{10}$ Estimado (por Variáveis Meteorológicas) para a Cidade de Campinas	_118
Figura20.	Gráfico para Estimativas dos efeitos na Defasagem (lag), para as internações por doenças respiratórias de crianças até 5 anos idade, com aumento de 10 μg/m³ de material particulado – MP10, medição pela rede automática de material particulado da CETESB para a Cidade de Ribeirão Preto_	_119
Figura21.	Gráfico para Estimativas dos efeitos na Defasagem (lag), para as internações por doenças respiratórias de crianças até 5 anos idade, com aumento de 10 μg/m³ de material particulado – MP <sub>10</sub> , apontados pelo indicador de material particulado – MP <sub>10</sub> Estimado (por Variáveis Meteorológicas) para a Cidade de Ribeirão Preto	_120
Figura22.	Gráfico para Estimativas dos efeitos na Defasagem (lag), para as internações por doenças respiratórias para crianças até 5 anos idade, com aumento de 10 μg/m³ de material particulado – MP <sub>10</sub> , medição pela rede automática de material particulado da CETESB para a Cidade de Baurú	_121
Figura23.	Gráfico para Estimativas dos efeitos na Defasagem (lag), para as internações por doenças respiratórias de crianças	

	até 5 anos idade, com aumento de 10 μg/m³ de material particulado – MP <sub>10</sub> , apontados pelo indicador de material particulado – MP <sub>10</sub> Estimado (por Variáveis Meteorológicas) para a Cidade de Baurú_	_121
Figura24.	Gráfico para Estimativas dos efeitos na Defasagem (lag), para as internações por doenças respiratórias de crianças até 5 anos idade, com aumento de 10 μg/m³ de material particulado – MP10, medição pela rede automática de material particulado da CETESB para a Cidade de Presidente Prudente	_122
Figura25.	Gráfico para Estimativas dos efeitos na Defasagem <i>(lag)</i> , para as internações por doenças respiratórias de crianças até 5 anos idade, com aumento de 10 μg/m³ de material particulado – MP <sub>10</sub> , apontados pelo indicador de material particulado – MP <sub>10</sub> Estimado (por Variáveis Meteorológicas) para a Cidade de Presidente Prudente	_123
Figura26.	Gráfico para Estimativas dos efeitos na Defasagem (lag), para as internações por doenças respiratórias de crianças até 5 anos idade, com aumento de 10 μg/m³ de material particulado – MP <sub>10</sub> , apontados pelo indicador de material particulado – MP <sub>10</sub> Estimado (por Variáveis Meteorológicas) para a Cidade de Curitiba	_124
Figura27.	Gráfico para Estimativas dos efeitos na Defasagem (lag), para as internações por doenças respiratórias em idosos com 65 anos ou mais, com aumento de 10 μg/m³ de material particulado – MP <sub>10</sub> , medição pela rede automática de material particulado da CETESB para a Cidade de São Paulo	_125
Figura28.	Gráfico para Estimativas dos efeitos na Defasagem (lag), para as internações por doenças respiratórias, em idosos com 65 anos ou mais, com aumento de 10 μg/m³ de material particulado – MP <sub>10</sub> , apontados pelo Indicador de material particulado – MP <sub>10</sub> Estimado (por Variáveis Meteorológicas) para a Cidade de São Paulo_	_125
Figura29.	Gráfico para Estimativas dos efeitos na Defasagem (lag), para as internações por doenças respiratórias em idosos com 65 anos ou mais, com aumento de 10 μg/m³ de material particulado – MP10, medição pela rede automática de material particulado da CETESB para a Cidade de Campinas	_126
Figura30.	Gráfico para Estimativas dos efeitos na Defasagem (lag), para as internações por doenças respiratórias, em idosos	

	com 65 anos ou mais, com aumento de 10 μg/m³ de material particulado – MP <sub>10</sub> , apontados pelo Indicador de material particulado – MP <sub>10</sub> Estimado (por Variáveis Meteorológicas) para a Cidade de Campinas	_127
Figura31.	Gráfico para Estimativas dos efeitos na Defasagem (lag), para as internações por doenças respiratórias em idosos com 65 anos ou mais, com aumento de 10 μg/m³ de material particulado – MP10, medição pela rede automática de material particulado da CETESB para a Cidade de Ribeirão Preto	_128
Figura32.	Gráfico para Estimativas dos efeitos na Defasagem (lag), para as internações por doenças respiratórias, emidosos com 65 anos ou mais, com aumento de 10 μg/m³ de material particulado – MP <sub>10</sub> , apontados pelo Indicador de material particulado – MP <sub>10</sub> Estimado (por Variáveis Meteorológicas) para a Cidade de Ribeirão Preto	_128
Figura33.	Gráfico para Estimativas dos efeitos na Defasagem (lag), para as internações por doenças respiratórias em idosos com 65 anos ou mais, com aumento de 10 μg/m³ de material particulado – MP10, medição pela rede automática de material particulado da CETESB para a Cidade de Baurú_	_129
Figura34.	Gráfico para Estimativas dos efeitos na Defasagem ( $lag$ ), para as internações por doenças respiratórias, em idosos com 65 anos ou mais, com aumento de 10 $\mu g/m^3$ de material particulado — $MP_{10}$ , apontados pelo Indicador de material particulado — $MP_{10}$ Estimado (por Variáveis Meteorológicas) para a Cidade de Baurú	_130
Figura35.	Gráfico para Estimativas dos efeitos na Defasagem (lag), para as internações por doenças respiratórias em idosos com 65 anos ou mais, com aumento de 10 μg/m³ de material particulado – MP10, medição pela rede automática de material particulado da CETESB para a Cidade de Presidente Prudente	<u>.</u> 131
Figura36.	Gráfico para Estimativas dos efeitos na Defasagem (lag), para as internações por doenças respiratórias, em idosos com 65 anos ou mais, com aumento de 10 μg/m³ de material particulado – MP <sub>10</sub> , apontados pelo Indicador de material particulado – MP <sub>10</sub> Estimado (por Variáveis Meteorológicas) para a Cidade de Presidente Prudente	<u>.</u> 131
Figura37.	Gráfico para Estimativas dos efeitos na Defasagem (lag), para as internações por doenças respiratórias, em idosos com 65 anos ou mais, com aumento de 10 μg/m³ de	

	material particulado – MP <sub>10</sub> , apontados pelo Indicador de material particulado – MP <sub>10</sub> Estimado (por Variáveis Meteorológicas) para a Cidade de Curitiba	_132
Figura38.	Gráfico para Estimativas dos efeitos na Defasagem (lag), para as internações por doenças cardiovasculares em idosos com 65 anos ou mais, com aumento de 10 μg/m³ de material particulado – MP <sub>10</sub> , medição pela rede automática de material particulado da CETESB para a Cidade de São Paulo_	_133
Figura39.	Gráfico para Estimativas dos efeitos na Defasagem <i>(lag)</i> , para as internações por doenças cardiovasculares em idosos com 65 anos ou mais, com aumento de 10 μg/m³ de material particulado – MP <sub>10</sub> , apontados pelo indicador de 144material particulado – MP <sub>10</sub> Estimado (por Variáveis Meteorológicas) para a Cidade de São Paulo	_134
Figura40.	Gráfico para Estimativas dos efeitos na Defasagem (lag), para as internações por doenças cardiovasculares em idosos com 65 anos ou mais, com aumento de 10 μg/m³ de material particulado – MP <sub>10</sub> , medição pela rede automática de material particulado da CETESB para a Cidade de Campinas	_135
Figura41.	Gráfico para Estimativas dos efeitos na Defasagem (lag), para as internações por doenças cardiovasculares em idosos com 65 anos ou mais, com aumento de 10 μg/m³ de material particulado – MP <sub>10</sub> , apontados pelo indicador de material particulado – MP <sub>10</sub> Estimado (por Variáveis Meteorológicas) para a Cidade de Campinas	_135
Figura42.	Gráfico para Estimativas dos efeitos na Defasagem (lag), para as internações por doenças cardiovasculares em idosos com 65 anos ou mais, com aumento de 10 μg/m³ de material particulado – MP <sub>10</sub> , medição pela rede automática de material particulado da CETESB para a Cidade de Ribeirão Preto_	_136
Figura43.	Gráfico para Estimativas dos efeitos na Defasagem (lag), para as internações por doenças cardiovasculares em idosos com 65 anos ou mais, com aumento de 10 μg/m³ de material particulado – MP <sub>10</sub> , apontados pelo indicador de material particulado – MP <sub>10</sub> Estimado (por Variáveis Meteorológicas) para a Cidade de Ribeirão Preto	_137
Figura44.	Gráfico para Estimativas dos efeitos na Defasagem (lag), para as internações por doenças cardiovasculares em idosos com 65 anos ou mais, com aumento de 10 μg/m³ de	

	material particulado – MP <sub>10</sub> , medição pela rede automática de material particulado da CETESB para a Cidade de Baurú_	138
Figura45.	Gráfico para Estimativas dos efeitos na Defasagem (lag), para as internações por doenças cardiovasculares em idosos com 65 anos ou mais, com aumento de 10 μg/m³ de material particulado – MP <sub>10</sub> , apontados pelo indicador de material particulado – MP <sub>10</sub> Estimado (por Variáveis Meteorológicas) para a Cidade de Baurú	_138
Figura46.	Gráfico para Estimativas dos efeitos na Defasagem (lag), para as internações por doenças cardiovasculares em idosos com 65 anos ou mais, com aumento de 10 μg/m³ de material particulado – MP <sub>10</sub> , medição pela rede automática de material particulado da CETESB para a Cidade de Presidente Prudente	_139
Figura47.	Gráfico para Estimativas dos efeitos na Defasagem (lag), para as internações por doenças cardiovasculares em idosos com 65 anos ou mais, com aumento de 10 μg/m³ de material particulado – MP <sub>10</sub> , apontados pelo indicador de material particulado – MP <sub>10</sub> Estimado (por Variáveis Meteorológicas) para a Cidade de Presidente Prudente	_140
Figura48.	Gráfico para Estimativas dos efeitos na Defasagem (lag), para as internações por doenças cardiovasculares em idosos com 65 anos ou mais, com aumento de 10 μg/m³ de material particulado – MP <sub>10</sub> , apontados pelo indicador de material particulado – MP <sub>10</sub> Estimado (por Variáveis	
	Meteorológicas) para a Cidade de Curitiba	141

# **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1.	Tabela dos Padrões Nacionais de Qualidade do Ar – PQar para o Estado de São Paulo	_36
Tabela 2.	Tabela de <b>variáveis meteorológicas</b> inclusive visibilidade horizontal da INFRAERO para a Cidade de São Paulo - SP	66
Tabela 3.	Tabela dos coeficientes de correlação de Pearson (r) entre o MP <sub>10</sub> Medido pela CETESB e o Modelo indicador de MP <sub>10</sub> Estimado (MP <sub>10</sub> E), e variáveis meteorológicas para a cidade de São Paulo - SP	_102
Tabela 4.	Tabela dos coeficientes de correlação de Pearson (r) entre o MP $_{10}$ Medido pela CETESB e o Modelo indicador de MP $_{10}$ Estimado (MP $_{10}E$ ), e variáveis meteorológicas para a cidade de Campinas - SP	_103
Tabela 5.	Tabela dos coeficientes de correlação de Pearson (r) entre o MP <sub>10</sub> Medido pela CETESB e o Modelo indicador de MP <sub>10</sub> Estimado (MP <sub>10</sub> E), e variáveis meteorológicas para a cidade de Ribeirão Preto - SP	_104
Tabela 6.	Tabela dos coeficientes de correlação de Pearson (r) entre o MP <sub>10</sub> Medido pela CETESB e o Modelo indicador de MP <sub>10</sub> Estimado (MP <sub>10</sub> E), e variáveis meteorológicas para a cidade de Baurú - SP	_104
Tabela 7.	Tabela dos coeficientes de correlação de Pearson (r) entre o MP <sub>10</sub> Medido pela CETESB e o Modelo indicador de MP <sub>10</sub> Estimado (MP <sub>10</sub> E), e variáveis meteorológicas para a cidade de Presidente Prudente - SP	_105
Tabela 8.	Tabela dos coeficientes de correlação de Pearson (r) entre o MP <sub>10</sub> Medido pela CETESB e o Modelo indicador de MP <sub>10</sub> Estimado (MP <sub>10</sub> E), e variáveis meteorológicas para a cidade de Curitiba – PR	_106
Tabela 9.	Tabela da análise descritiva do MP <sub>10</sub> Medido pela CETESB, do indicador de MP <sub>10</sub> Estimado (MP <sub>10</sub> E) a partir das variáveis meteorológicas, das variáveis meteorológicas inclusive visibilidade horizontal, e das internações por doenças respiratórias e cardiovasculares de crianças e idosos na cidade de <b>São Paulo</b> – SP	110

Tabela 10	D.Tabela da análise descritiva do MP <sub>10</sub> Medido pela CETESB, do indicador de MP <sub>10</sub> Estimado (MP <sub>10</sub> E) a partir das variáveis meteorológicas, das variáveis meteorológicas inclusive visibilidade horizontal, e das internações por doenças respiratórias e cardiovasculares de crianças e idosos na cidade de Campinas – SP	_111
Tabela 11	I.Tabela da análise descritiva do MP <sub>10</sub> Medido pela CETESB, do indicador de MP <sub>10</sub> Estimado (MP <sub>10</sub> E) a partir das variáveis meteorológicas, das variáveis meteorológicas inclusive visibilidade horizontal, e das internações por doenças respiratórias e cardiovasculares de crianças e idosos na cidade de Ribeirão Preto – SP	_112
Tabela 12	2. Tabela da análise descritiva do MP <sub>10</sub> Medido pela CETESB, do indicador de MP <sub>10</sub> Estimado (MP <sub>10</sub> E) a partir das variáveis meteorológicas, das variáveis meteorológicas inclusive visibilidade horizontal, e das internações por doenças respiratórias e cardiovasculares de crianças e idosos na cidade de Curitiba – PR	_113
Tabela 13	B.Tabela da análise descritiva do MP <sub>10</sub> Medido pela CETESB, do indicador de MP <sub>10</sub> Estimado (MP <sub>10</sub> E) a partir das variáveis meteorológicas, das variáveis meteorológicas inclusive visibilidade horizontal, e das internações por doenças respiratórias e cardiovasculares de crianças e idosos na cidade de Bauru – SP	_114
Tabela 14	1. Tabela da análise descritiva do MP <sub>10</sub> Medido pela CETESB, do indicador de MP <sub>10</sub> Estimado (MP <sub>10</sub> E) a partir das variáveis meteorológicas, das variáveis meteorológicas inclusive visibilidade horizontal, e das internações por doenças respiratórias e cardiovasculares de crianças e idosos na cidade de Presidente Prudente – SP	_115

PRIOLI, G. Estimativa da concentração de material particulado inalável (PM10) através de variáveis meteorológicas e seus efeitos na saúde em áreas urbanas brasileiras [Tese] São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2016.

Introdução: No Brasil, a poluição do ar tem se mostrado como problema de saúde pública nesses 30 anos e assim existem áreas onde encontramos redes de monitoramento da qualidade do ar. Muito se sabe sobre o efeito dos poluentes atmosféricos na morbidade e mortalidade por doenças respiratórias e cardiovasculares em crianças e idosos. Estudos recentes de vários autores sugerem que a visibilidade seja utilizada como indicador de poluição. Objetivo: Desenvolver indicador da concentração de MP<sub>10</sub>, a partir de variáveis meteorológicas, e aplicar em estudos de epidemiologia, verificando os efeitos das partículas inaláveis na saúde, em áreas desprovidas de sistemas de monitoramento de poluição do ar. Método: Este é um estudo ecológico de séries temporais. Foram obtidas. Informações sobre dados meteorológicos (temperatura, umidade relativa, visibilidade, temperatura de ponto de orvalho) junto a Companhia de Infra-Estrutura Aero-portuária (INFRAERO) para as cidades de São Paulo, Campinas, Ribeirão Preto, Bauru, Presidente Prudente e Curitiba. Dados diários de MP<sub>10</sub> foram obtidos junto a Companhia de Saneamento e Técnologia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). O número diário de internações hospitalares por doenças respiratórias (CID 10a: 519-620, CID 10a: J00 a J99), em crianças até 5 anos e idosos com 65 anos ou mais, e internações hospitalares por doenças cardiovasculares (CID 10<sup>a</sup>: 329-429, CID 10<sup>a</sup>: 100 a 199) em idosos com 65 anos ou mais, fornecidos pelo Sistema Único de Saúde (DATASUS). Período de Estudo de Janeiro de 2009 a Dezembro de 2011. Foi construído indicador de MP<sub>10</sub> a partir de modelo de regressão. Neste modelo o MP<sub>10</sub> foi estimado a partir variáveis meteorológicas. A seguir utilizamos equação polinomial para estimar os efeitos na saúde do MP<sub>10</sub> inalado, comparando, MP<sub>10</sub> Medidos e o Indicador de MP<sub>10</sub> Estimados em cidades brasileiras, utilizando como variável dependente, o número diário de internações hospitalares por doenças respiratórias e cardiovasculares em crianças e idosos. Os resultados foram expressos por aumento percentual do numero de internações e respectivos intervalos de confiança. Resultados: (1) Correlação de Pearson entre MP<sub>10</sub> Medidos pela CETESB e o Indicador de MP<sub>10</sub> Estimado para São Paulo (r<sup>2</sup>=0,56); Campinas (r=0,57); Ribeirão Preto (r=0,68); Bauru (r=0,73); Presidente Prudente (r=0,71); em Curitiba, não houve correlação, por falta de MP<sub>10</sub> Medido para o período de estudo. Para todas as cidades: p≤0,01. (2) Internações por doenças respiratórias em crianças: Em São Paulo; observam-se efeitos agudos no dia da internação (Dia 0), prolongando até o primeiro (1º) dia após a exposição para o MP<sub>10</sub> Medido pela CETESB e até o quarto (4º) dia após a exposição para o MP<sub>10</sub> Estimado. Para 10,0 (dez) μg/m³ de aumento no MP<sub>10</sub> Medido observa-se aumento nas internações de 2,98 % (IC 95%: 1,22-4,78), e para o MP<sub>10</sub> Estimado, de 1,67 % (IC 95%: 0,25-3,10). Em Curitiba observam-se efeitos agudos no dia da internação (Dia 0). prolongando até o terceiro (3º) dia após a exposição para o MP<sub>10</sub> Estimado. Para 10,0 (dez) μg/m³ de aumento no MP<sub>10</sub> Estimado observa-se aumento nas internações de 2,27 % (IC 95%: 0,89-3,64). (3) Internações por doenças respiratórias em idosos: Em São Paulo; observam-se efeitos agudos no dia da internação (Dia 0), prolongando até o primeiro (1º) dia após a exposição para o

MP<sub>10</sub> Medido pela CETESB e até o terceiro (3º) dia após a exposição para o MP<sub>10</sub> Estimado. Para 10,0 (dez) μg/m<sup>3</sup> de aumento no MP<sub>10</sub> Medido, observa-se aumento nas internações de 1,00 % (IC 95%: 0,19-1,81), e para o MP<sub>10</sub> Estimado, de 2,45 % (IC 95%: 1,13-2,45). Em Curitiba observam-se efeitos agudos no dia da internação (Dia 0), prolongando até o terceiro (3º) dia após a exposição para o MP<sub>10</sub> Estimado. Para 10,0 (dez) µg/m<sup>3</sup> de aumento no MP<sub>10</sub> Estimado observa-se aumento nas internações de 2,20 % (IC 95%: 1,38-3,03). (4) Internações por doenças cardiovasculares em idosos: Em São Paulo; observam-se efeitos agudos no dia da internação (Dia 0), prolongando até o primeiro (1º) dia após a exposição para o MP<sub>10</sub> Medido pela CETESB e até primeiro (1º) dia após a exposição para o MP<sub>10</sub> Estimado. Para 10,0 (dez) µg/m<sup>3</sup> de aumento no MP<sub>10</sub> Medido, observa-se aumento nas internações de 1,63 % (IC 95%: 0,37-2,99), e para o MP<sub>10</sub> Estimado, de 1,68 % (IC 95%: 0,65-2,73). Em Curitiba observam-se efeitos agudos no dia da internação (Dia 0), prolongando até o primeiro (1º) dia após a exposição para o MP<sub>10</sub> Estimado. Para 10,0 (dez) µg/m³ de aumento no MP<sub>10</sub> Estimado observa-se aumento nas internações de 2,13 % (IC 95%: 0,98-3,29). As estimativas dos efeitos na saúde para São Paulo foram semelhantes entre o MP<sub>10</sub> Medido e MP<sub>10</sub> Estimado, validando assim o Indicador de MP<sub>10</sub> Estimado para a Cidade de São Paulo. Nas estimativas dos efeitos, utilizando o MP<sub>10</sub> Estimado em Curitiba; e de modo menos semelhante em Campinas e Ribeirão Preto, porém com características similares as de São Paulo quanto á estrutura de defasagem. Em Baurú e Presidente Prudente as estimativas dos efeitos apresentaram padrão distinto das demais cidades na defasagem, talvez devido ao reduzido numero de internações hospitalares por doenças respiratórias e cardiovasculares. **Conclusão:** Este Modelo Indicador de MP<sub>10</sub> Estimado para mensurar os efeitos na saúde da população se mostrou uma alternativa confiável para cidades desprovidas de monitoramento da qualidade do ar.

**Descritores:** Poluição do ar, Doenças respiratórias, Doenças cardiovasculares, Morbidade, Crianças, Idosos, Areas urbanas.

PRIOLI, G. Estimating on concentration of inalate particulate material (PM10) by meteorological variables and your effects on health in brazilians urbans áreas [Thesis]. São Paulo: "Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo"; 2016.

**Introduction:** In Brazil, air pollution has been shown as a public health problem in these 30 years and so there are areas where we network monitoring air quality. Much is known about the effect of air pollution on morbidity and mortality from respiratory and cardiovascular diseases in children and the elderly. Recent studies by several authors suggest that the visibility is used as indicator of pollution. Objective: To develop indicator of the concentration of PM10 from meteorological variables, and apply epidemiology studies verifying the effects of inhalable particles on health, in areas devoid of monitoring systems in the air pollution. Methods: This is an ecological study of time series. Meteorological data were obtained (temperature, relative humidity, visibility, dew point temperature) from the "Companhia de Infra-estrutura Aero-portuária" (INFRAERO) to the cities of São Paulo, Campinas, Ribeirão Preto, Bauru, Presidente Prudente and Curitiba. Daily data of PM10 were obtained from the Company of Environmental Technology and Sanitation, State of São Paulo (CETESB). The daily number of hospital admissions for respiratory diseases (ICD 10th: 519-620, ICD 10th: J00 to J99), in children under 5 years age and elderly of 65 years age or more, and hospital admissions for cardiovascular diseases (ICD 10th: 329-429, ICD 10th: I00 to I99) in the elderly of 65 years age or more, provided by the Unified Health System (DATASUS). Period of study: January- 2009 to December-2011. It was built indicator of PM10 from the regression model. In this model the PM10 was estimated from Meteorological Variables. Then we use Polynomial Equation to estimate the effects of PM10 Measured and PM10 Estimated Indicators in the brazilians cities, using as a dependent variable the daily number of hospital admissions for respiratory and cardiovasculares diseases in children and elderly. The results were expressed as percentage increase in number of hospitalizations and confidence intervals. Results: (1) Pearson correlation between PM10 Measured by CETESB and the Indicators of PM<sub>10</sub> Estimated to São Paulo (r = 0.56); Campinas (r = 0.57); Ribeirão Preto (r = 0.68); Bauru (r = 0.73); Presidente Prudente ( $r^2 = 0.71$ ); in Curitiba, there was no correlation for lack of PM10 Measured for the same time. For all cities: p≤0,01. (2) Hospitalization for Respiratory diseases in children: In São Paulo; observed the acute effects on admission day (Day 0), extending until the first (1st) day after exposure to the PM10 Measured by CETESB and until the fourth (4th) day after exposure to the PM10 Estimated. To 10.0 (ten) µg/m³ increase in PM10 Measured, there is increase in admissions of 2.98% (95% CI: 1.22 to 4.78), and to the PM<sub>10</sub> Estimated of 1.67% (95% CI: 0.25 to 3.10). In Curitiba are observed the acute effects on admission day (Day 0), extending until the third (3rd) day after exposure for the PM10 Estimated. To 10.0 (ten) µg/m³ increase to the PM10 Estimated observed increase in admissions of 2.27% (95% CI: 0.89 to 3.64). (3) Hospitalizations for Respiratory diseases in elderly: In São Paulo; observed the acute effects on admission day (Day 0), extending until the first (1st) day after exposure to the PM10 Measured by CETESB and until the third (3rd) day after exposure to the PM<sub>10</sub> Estimated. To 10.0 (ten) μg/m³ increase in PM<sub>10</sub> Measured, there is increase in admissions of 1.00% (95% CI: 0,19-1,81), and to the PM10 Estimated 2.45% (95% CI: 1.13 to 2.45). In Curitiba are observed the acute effects on admission day (Day 0), extending until the third (3rd) day after exposure to the PM<sub>10</sub> Estimated. To 10.0 (ten) µg/m³ increase in PM<sub>10</sub> Estimated observed increase in admissions of 2.20% (95% CI: 1.38 to 3.03). (4) Hospitalization for Cardiovascular disease in elderly: In São Paulo; observed the acute effects on admission day (Day 0), extending until the first (1st) day after exposure to the PM10 Measured by CETESB and until the first (1st) day after exposure to the PM10 Estimated. To 10.0 (ten) μg/m³ increase in PM10 Measured, there is increase in admissions of 1.63% (95% CI: 0.37 to 2.99), and to the PM10 Estimated of 1.68% (95%: 0.65 to 2.73). In Curitiba are observed the acute effects on admission day (Day 0), extending until the first (1st) day after exposure for the PM10 Estimated. To 10.0 (ten) μg/m³ increase in PM10 Estimated observed increase in admissions of 2.13% (95% CI: 0.98 to 3.29). Estimating of health effects to São Paulo were similar between the PM10 Measured and the PM10 Estimated, thus validating the PM10 Estimated Indicator to the City of São Paulo. Estimates of the effect using the model PM10 Estimated to Curitiba and less similar in compare with Campinas and Ribeirão Preto showed similar characteristics in São Paulo for lag structure. In Bauru and Presidente Prudente estimating of the effects showed distinct pattern of other cities, perhaps due to the reduced number of hospital admissions for respiratory and cardiovascular diseases.

**Conclusion**: This Indicator PM<sub>10</sub> Estimated to measure the effects on health of the population, proved to be a reliable alternative to cities devoid of monitoring air quality.

**Descriptors:** Air pollution, Respiratory diseases, Cardiovascular diseases, Morbidity, Children, Elderly, Urbans areas.

1. INTRODUÇÃO

### 1.INTRODUÇÃO

"A qualidade do ar urbano comparado ao ar nos desertos e florestas, é como a água "turva" quando comparada com à água "pura" e "límpida". Nas cidades com seus edifícios altos e ruas estreitas, a poluição "que vem" de seus habitantes, seus resíduos, faz com que o ar seja "denso" e "fumegante", embora ninguém esteja ciente disso" - Moses Maimônides (1135-1204), (Maimônides, 1958).

A relação entre a poluição do ar e a "visibilidade reduzida" é conhecida e comentada por séculos, conforme afirma a Agencia Americana de Proteção Ambiental (USEPA, 1979), e a mesma mostra que "a partir do ponto de vista científico e técnico, a deterioração da qualidade visual do ar é provavelmente, o efeito que melhor traduz indices de poluição do ar". Entretanto, só recentemente a visibilidade se tornou um assunto de medição sistemática, e de forma limitada, a sua regulação. Interesses militares e da aviação, foram os primeiros a medirem regularmente e relatar as condições do "alcance visual", em particular nos aeroportos, de modo a facilitar a vida dos pilotos, principalmente da aviação civil, antecipando assim, o que eles desejariam visualisar das pistas de pouso, conforme Clean Air Act - CAA. A "Extensão Visível" ou "Visibilidade" é definida como sendo a "maior distância" que um objeto "escuro" pode ser diferenciado contra o "horizonte celeste". Assim em 1977 nos Estados Unidos da América, foi definido uma "meta nacional de visibilidade" para prevenção e reparação futura, devido á redução da mesma em áreas obrigatórias, conforme Clean Air Act – CAA.

A Clean Air Act – CAA, mostra que a regulamentação iniciou com estudos realizados em áreas que contemplavam grandes parques nacionais e áreas selvagens, criando se assim, um dispositivo de medição quantitativa confiável e método de modelagem preditiva, capaz de executar e reduzir a poluição atmosférica causada pelo homem. Desta forma, conclui-se que a redução da visibilidade esta diretamente correlacionada com o aumento dos índices de material particulado (MP) que são lançados na atmosfera, quer em áreas rurais ou urbanas, e isto historicamente desde a Revolução Industrial originada nos Estados Unidos e na Europa. E como consequência dessas atividades em grandes centros urbanos, tem ocorrido o aumento das concentrações de poluentes atmosféricos e de vias de exposição (Saldiva et al., 2010; WMO, 2012). Assim o tema: Poluição do Ar, tornou-se grande destague, devido aos efeitos causados no meio ambiente e na saúde, principalmente depois do episódios ocorridos na Bégica, em 1930 (Nemery et al., 2001; Fircket, 1931), na Pennsylvânia - Estados Unidos em 1948 (Shrenk et al., 1949 apud Bascon et al., 1996a,b) e em Londres 1952 (Schwartz, 1994a,b; Logan, 1952), evidenciando assim os efeitos adversos na saúde no curto prazo. Estudos realizados mostram que a "visibilidade" foi sugerida por vários autores como indicador de material particulado para ser utilizado em locais desprovidos de medidores de poluição dentre eles, O'neill et. al. 2002, Vajanapoom et al., 2002, 2001, 1999; Knobel et al., 1995. Assim podemos dizer que nosso estudo se inicia a partir destes autores, então, nosso principal objetivo na realização deste estudo, foi desenvolver um indicador para medição da concentração de material particulado (MP10) utilizando variáveis meteorológicas para aplicação em estudos de epidemiologia ambiental e utilizá-lo em áreas desprovidas de sistemas de monitoramento dos poluentes do ar e assim verificar os efeitos das partículas inaláveis sobre a saúde na população.

#### 1.1. Poluição do Ar

A poluição do ar consiste de uma mistura de partículas e gases suspensos no ar. Ela varia em forma, composição e origem, de acordo com a magnitude das emissões, da topografia e das condições meteorológicas da região, que podem ser favoráveis ou não à dispersão dos poluentes e que dependendo dessa dispersão, tornam o ar "impróprio", nocivo à saúde, danoso aos materiais, fauna e flora, conforme o Ministério do Meio Ambiente (MMA) (MMA, 2014). White (2001) declara que, não somente à vida vegetal é afetada, mas o homem também sofre "efeitos na saúde" devido á poluição do ar, ar este que é uma das principais fontes de vida e nutrição. Hipócrates (400 a.C.), sabiamente citou na obra, O Ar, A Água e Os Lugares; Quem quer estudar corretamente à Saúde, deverá proceder da seguinte maneira: primeiro, deverá considerar os "efeitos" que cada estação do ano pode produzir, pois as estações não são todas iguais - se levar em consideração as atividades antropogênicas que agem diretamente sobre as condições climáticas. Assim, estudar á composição da poluição do ar de uma localidade, depende dos tipos de fontes de emissão presentes e das condições meteorológicas que podem favorecer a dispersão e formação de poluentes secundários. Os efeitos adversos na saúde, dependerão da composição dos poluentes, das concentrações estabelecidas e do tempo de exposição (CETESB, 2013). A existência da poluição rural também é fato, principalmente pelas queimadas ocorridas nas florestas e na agricultura (Arbex et al., 2000; Arbex, 2002; Cançado, 2003; Matsuda, 2009). Todavia é nos grandes centros urbanos que pesquisadores encontram amplas condições para analisar os efeitos da poluição na população: altas concentrações, grande número de indivíduos, maior probabilidade de monitoramento de poluentes e bons bancos de dados com registros de informações de saúde (CETESB, 2013; WHO, 2005).

#### 1.1.1. Padrão de Qualidade do Ar

Os poluentes são lançados na atmosfera por diferentes fontes (fixas e móveis) e sofrem uma variedade de reações por processos químicos e físicos, podendo permanecer no ar, por dias e até por semanas, além de se deslocarem em massas de ar pela ação dos ventos atingindo quilômetros de distância (Solomon *et al.*, 2008).

Os poluentes do ar são divididos em dois (2) grupos: (1º) Primários - emitidos diretamente pelas fontes de emissão e (2º) Secundários - formados através de reações químicas entre os componentes primários da poluição e os componentes naturais da atmosfera. Os poluentes também são classificados da seguinte forma:

- (1) Compostos de Enxofre (SO2, SO3, H2S, mercaptanas, dissulfeto de carbono),
- (2) Compostos de Nitrogênio (NO, NO2, NH3, HNO3, nitratos),
- (3) Compostos de Orgânicos (hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos, cetonas, ácidos orgânicos),

- (4) Monóxido de Carbono (CO),
- (5) Compostos Halogenados (HCI, HF, cloretos, fluoretos),
- (6) Metais Pesados (Pb, Cd, As, Ni),
- (7) Material Particulado (misturas de compostos no estado sólido e/ou líquido), e,
- (8) Oxidantes fotoquímicos (O3, formaldeído, acroleína, *PAN*) (CETESB, 2013).

Os Padrões de Qualidade do Ar (PQAr) no Brasil foram estabelecidos pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 03/1990 em dois padrões: (1º) Primários (níveis de poluentes que, se ultrapassados, poderão afetar a saúde), e (2º) Secundários (níveis de poluentes dos quais se prevê o mínimo efeito na saúde, na fauna, na flora e nos materiais). Baseando-se nas diretrizes estabelecidas pela Organização Mundial da Saúde (OMS) (OMS, 2011, 2010 e 2005), novos Padrões de Qualidade do Ar (PQAr), foram instituídos no Estado de São Paulo pelo Decreto Estadual nº59113/2013, através de um conjunto de metas gradativas e progressivas, até que as concentrações dos poluentes sejam reduzidas a níveis desejáveis ao longo do tempo (Tabela 1).

1. Metas Intermediárias (MI): objetiva-se reduzir gradativamente as emissões de poluentes por fontes fixas e móveis, por meio de três (3) etapas: (1°) o MI1 (em vigor desde 24/04/2013), (2°) o MI2 (entra em vigor após revisão da etapa MI1 por estudos técnicos convalidados pelo Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA) (CONSEMA, 2012). (3°) o MI3

(entra em vigor após revisão da etapa MI2 com vigência determinada pelo Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA).

2. Padrões Finais (PF): níveis determinados para preservação da saúde da população em relação aos danos causados pela poluição do ar.

Tabela dos Padrões Nacionais de Qualidade do Ar – PQar para o Estado de São Paulo

Poluentes	Periodo de	MI1	MI2	MI3	PF
	Tempo	(μg/m <sup>3</sup> )	(μg/m <sup>3</sup> )	(μg/m <sup>3</sup> )	(μg/m <sup>3</sup> )
• MP <sub>10</sub>	24 h	120	100	75	50
	Média aritmética anual	40	35	30	20
• MP <sub>2,5</sub>	24 h	60	50	37	25
	Média aritmética anual	20	17	15	10
• SO <sub>2</sub>	24 h Média aritmética anual	60 40	40 30	30 20	20
• NO <sub>2</sub>	24 h	260	240	220	200
	Média aritmética anual	60	50	45	40
• O <sub>3</sub>	8 h	140	130	120	100
• CO	8 h	-	-	-	9 ppm
Fumaça	8 h	120	100	75	50
	Média aritmética anual	40	35	30	20
• PTS	24 h Média geométrica anual	-	-	-	240 80
• Chumbo (Pb)	Média aritmética anual	-	-	-	0,5

<sup>(1)</sup> Os padrões vigentes estão na Cor Cinza

**Tabela 1** – Tabela dos Padrões Nacionais de Qualidade do Ar – PQar para o Estado de São Paulo.

Fonte: CONSEMA (2012).

### 1.1.2. Material Particulado (MP)

O Material Particulado (MP) é um poluente constituído por partículas sólidas e líquidas tamanho aerodinâmico e sua composição físico-química é dependente de sua origem e das condições atmosféricas. As partículas podem ser classificadas em:

- 1) Primárias (produzidas diretamente por fontes emissoras), e
- (2) Secundárias (geradas na atmosfera por conversão de gás a partículas pelos compostos orgânicos voláteis, dióxidos de enxofre e dióxidos de nitrogênio).

Os principais componentes do Material Particulado (MP) são: sulfato, nitrato, amônia, sal marinho, poeira, compostos orgânicos e carbono elementar. A classificação mais comumente utilizada para descrever o Material Particulado (MP) quanto ao seu tamanho é seu diâmetro aerodinâmico: (1º) *Partículas ultrafinas* (diâmetro aerodinâmico < 0,1 µm (MP0,1), (2º) *Partículas finas* (diâmetro aerodinâmico entre 0,1 e 2,5 µm (MP 2,5), e (3º) *Partículas grossas* (diâmetro aerodinâmico > 2,5 µm (MP10).

O MP0,1 tem origem da queima incompleta de combustíveis fósseis com tempo de permanência relativamente curto na atmosfera por se agregar progressivamente, formando partículas maiores. Já o MP2,5 origina-se de usinas, indústrias e da queima incompleta de combustíveis da frota de veículos leves e pesados. A fração grossa (MP10) é proveniente de construções, matérias da crosta e fricção dos pneus com o solo. O principal alvo anatômico, de acordo com o tamanho aerodinâmico são os pulmões (Nemmar *et al.*; 2013).

O Material Particulado (MP) é amplamente estudado devido aos efeitos adversos causados à saúde, principalmente no sistema cardiopulmonar, onde atinge os grupos populacionais mais susceptíveis, que são: as crianças e os idosos (OMS, 2005). A poluição, têm causado "efeitos" significativos registrados na deterioração do Meio Ambiente e do Ar Atmosférico na Cidade de São Paulo, predominantemente associados às partículas (Davel et al., 2012; Matsumoto et al., 2010; Mauad et al., 2008). Porém, em virtude dos programas de controle de emissões de poluentes adotado, ao longo dos anos, a concentração do MP10 se mantém constante desde 2005, não ultrapassando os padrões de qualidade do ar na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) (CETESB, 2013).

## 1.1.3. Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA)

Os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) são um grupo de mais de cem (100) substâncias químicas diferentes, formadas pela queima, em combustão incompleta do carvão, petróleo e gás, lixo ou pirólise de materiais que contêm carbono (C) e hidrogênio (H) (Vasconcelos *et al.*, 1998). Esse poluente pode ser detectado na atmosfera tanto na fase gás (compostos com baixo peso molecular) quanto na fase particulada (IARC, 2010).

De acordo com a *U. S. Environmental Protection Agency* (*USEPA*, 1995), dezessete (17) HPAs são reconhecidos por causar efeitos à saúde, e são classificados em qratro (4) categorias. Em geral, os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) com 2 a 3 anéis "benzeno", estão presentes no ar na "fase" gás (naftaleno, acenafteno, acenaftileno, antraceno, fluoreno, fenantreno) e são altamente tóxicos. Já, os HPA com 4 anéis "benzeno",

estão presentes no ar tanto na fase gás quanto na fase particulada (fluoranteno, pireno, criseno, benzo[a]antraceno) e os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) com cinco (5) ou mais anéis "benzeno", reconhecidos como mutagênicos e carcinogênicos, são detectados predominantemente na fase particulada (benzo[e]pireno,benzo[g,h,i]perileno) (USEPA, 1995).

Somos expostos diariamente aos diversos compostos dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs). Estudos epidemiológicos indicam que a complexa mistura contida nos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) produz imuno-supressão em condições ambientais (Karakaya et al., 2004). Segundo a International Agency for Research on Câncer (IARC) (IARC, 2012 e 2010), a resposta carcinogênica dos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) varia consideravelmente em relação à dose e ao tipo de exposição.

### 1.1.4. Monóxido de carbono (CO)

O monóxido de carbono (CO), é um gás incolor e inodoro, produzido por processos naturais e atividades humanas.

Na área urbana, a principal fonte emissora desse poluente é a frota veicular, através da queima por combustão incompleta de combustíveis que contêm carbono (CETESB, 2013).

Em concentrações elevadas, o monóxido de carbono (CO) causa danos à saúde, pois é rapidamente absorvido pela corrente sanguínea e liga-se ao oxigênio pela hemoglobina, formando a carboxihemoglobina (COHb); como consequência, reduz a capacidade de transportar oxigênio do sangue. A

exposição em níveis elevados desse poluente pode levar até à morte (*WHO*, 1999). Com a renovação da frota veicular nos últimos anos, os níveis de monóxido de carbono (CO) têm se reduzido gradualmente na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) (CETESB, 2013).

# 1.1.5. Óxidos de Nitrogênio (NOx)

Os óxidos de nitrogênio (NOx) são um grupo formado por gases compostos por nitrogênio (N) e oxigênio (O2), emitidos principalmente sob a forma de óxido nítrico (NO) e dióxido de nitrogênio (NO2), que, dependendo do volume de sua concentração, podem causar efeitos nocivos à saúde. O óxido nítrico (NO) é um poluente primário, e o dióxido de nitrogênio (NO2) é um poluente primário e também pode ser um poluente secundário, e que durante uma reação de combustão, gera altas temperaturas em seu papel fundamental na reação entre o nitrogênio (N) e o oxigênio (O2), formando o óxido nítrico (NO), que por sua vez oxidado no ar, forma o dióxido de nitrogênio (NO2). O óxido nítrico (NO), também reage com o ozônio (O3), formando tambem o dióxido de nitrogênio (NO2), (CETESB, 2013).

As fontes móveis e fixas emitem na atmosfera da Região Metropolitana da Cidade de São Paulo – RMSP, cerca de 7.700,0 toneladas por ano de NOx, sendo a "Frota Veicular" responsável por 82,0 % dessas emissões, e 60,3 %, desse total (dos 82,0 %) e são originárias dos veículos pesados (CETESB, 2013). De acordo com a CETESB (2013), o NO2 apresenta uma tendência não definida e não tem ultrapassado os padrões de qualidade do ar na última década na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).

### 1.1.6. Ozônio (O3)

Os poluentes secundários (NOx e *COVs*), sob a ação da luz solar, formam o ozônio (O3), importante indicador da presença de oxidantes fotoquímicos na atmosfera. O ozônio (O3) formado na estratosfera é um filtro dos raios ultra-violetas, com função protetora da superfície terrestre. Todavia, o ozônio (O3), formado na troposfera constitui um poluente secundário, extremamente nocivos à saúde.

Processos industriais, bem como veículos leves e pesados, são os maiores emissores de dióxido de nitrogênio (NO2). A fotólise do dióxido de nitrogênio (NO2) libera o oxigênio atômico, que se combina com o oxigênio molecular formando o ozônio (O3). Na ausência de outros oxidantes, o óxido nítrico (NO) é oxidado pelo ozônio (O3) a dióxido de nitrogênio (NO2) (Martins *et al.*, 2002; Martins *et al.*, 2000).

Na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), o ozônio (O3) é o poluente que "mais" ultrapassa os padrões de qualidade do ar, uma vez que há grande emissão de seus percursores, principalmente de procedência veicular. De acordo com a CETESB (2013), os níveis do ozônio (O3) estão intimamente relacionados às condições meteorológicas, com maiores concentrações entre Setembro e Março (primavera e verão), meses maisquentes e com maior incidência de luz solar, que favorece a sua formação.

# 1.1.7. Óxidos de enxofre (SOx)

Os compostos de enxofre e as moléculas de oxigênio constituem os óxidos de enxofre (SOx). Suas principais fontes emissoras são a queima de

combustíveis fósseis e as atividades industriais. Dentre os óxidos de enxofre, destaca-se o dióxido de enxofre (SO2), gás incolor com forte odor. (CETESB, 2013).

Por ter uma boa solubilidade em água, o dióxido de enxofre (SO2) forma o ácido sulfuroso (H2SO3). Na presença da umidade do ar, o dióxido de enxofre (SO2) forma o trióxido de enxofre (SO3), que se converte rapidamente em ácido sulfúrico (H2SO4). O dióxido de enxofre (SO2) é classificado como não carcinogênico para humanos (Grupo 3) pelo IARC (IARC, 1992). Todavia, é altamente tóxico à saúde, contribuindo para a predisposição ou agravamento de doenças respiratórias (como por exemplo: enfisema e bronquite) e doenças cardiovasculares, podendo levar à óbito. O dióxido de enxofre (SO2) favorece a formação da chuva ácida, além de ser percursor dos sulfatos, um dos principais componentes do Material Particulado (MP).

As fontes móveis e fixas emitiram aproximadamente 9.000,0 toneladas por ano de SOx, sendo 37,0 % dessas emissões emitidas pela frota veicular (CETESB, 2013).

Na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), o dióxido de enxofre (SO2) tem sido reduzido consideravelmente na última década, devido à redução do teor de enxofre no combustível diesel. Em janeiro de 2010 o diesel passou a ser fornecido com 50 *ppm* enxofre (S50), e em janeiro de 2013 foi disponibilizado o diesel com 10 *ppm* enxofre (S10).

#### 1.1.8. Outras fontes

No Estado de São Paulo, principalmente durante o período da seca, ocorrem muitos focos de queimada na maioria relacionados à agricultura, especialmente à cultura de cana-de-açúcar. O Estado produz mais de cinquenta (50) % dos quase cinco (5) milhões de *hectares* plantados no país, dos quais, cerca de noventa (90) %, são queimados na pré-colheita, emitindo material particulado, aerossóis, gases, como o metano, monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), N<sub>2</sub>O, hidrocarbonetos "não metânicos" e outras substâncias orgânicas provenientes da combustão incompleta. Anualmente são depositados na atmosfera, vinte (20) toneladas por *hectare* de matéria orgânica. A figura a seguir apresenta a queima de cana no Estado de São Paulo conforme o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (MAPA, 2003; Cançado, 2003). A **Figura 1** mostra queima da acana na região no Estado de São Paulo.



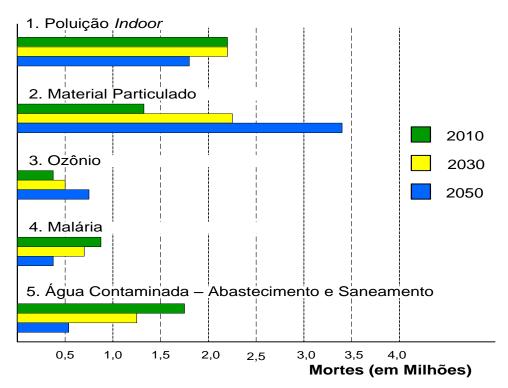
Figura 1 – Foto da queima de cana no Estado de São Paulo (Cançado, 2003).

Alguns desses gases, como o monóxido de carbono (CO2), o metâno e os hidrocarbonetos "não-metânicos", são precursores do ozônio (O3) na presença de óxido de nitrogênio (NO) e dióxido de nitrogênio (NO2). Ressalta-se que uma molécula de monóxido de carbono (CO) pode gerar uma molécula de ozônio (O3); uma molécula de CH4 pode produzir 3,5 moléculas de ozônio (O3) e uma molécula de hidrocarboneto "não-metânico" pode gerar de dez (10) a quatorze (14) moléculas de ozônio (O3). Sob a influência do deslocamento das massas de ar, esses poluentes podem ser transportados para longe dos locais de produção, influenciando dessa maneira regiões distantes conforme o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), (MAPA, 2003). Outra importante conseqüência é a produção de chuva ácida associada à emissão de poluentes provenientes de queima de biomassa nas regiões canavieiras (Lara *et al.*, 2001 e 2000). Os efeitos da acidificação no ecossistema, têm sido motivo de grande preocupação, principalmente acidificação de solos e dos sistemas aquáticos.

### 1.1.9. Poluição e os Efeitos na Saúde

Estudos de Mortalidade e Morbidade tem mostrado aumento significativo dos efeitos adversos na saúde, devido a exposição á poluição (Correia et al., 2013; Pope III et al., 2009; Pope III e Dockery, 2006; Dockery et al., 1993). White (1923) declara que milhares têm perecido por falta de água e ar puro. Relatório da Organização Mundial de Saúde (OMS) de 2014, (OMS, 2014) informam que morreram cerca de sete (7,0) milhões em 2012, devido a exposição à poluição do ar. Isto só confirma o verdadeiro risco da

exposição a mesma. Da mesma forma o Instituto Saúde e Sustentabilidade (ISS) (ISS, 2013), mostra que a mortalidade devido à poluição do ar na Cidade de São Paulo no ano de 2011, foi de 4.000 (quatro mil) pessoas; aproximadamente três (3) vezes o numero de pessoas que morreram por acidentes de trânsito (1.556 pessoas), similarmente para mortes de câncer de mama (1.277 pessoas ou mulheres), e ainda "risco" cinco (5) vezes maior para as mortes por AIDS (874 pessoas) e por câncer de próstata (828 pessoas ou homens). Desta forma investimentos para redução de poluição do ar, refletirão diretamente na qualidade de vida e até mesmo no aumento da expectativa de vida (Pope III e Dockery, 2013; Chen et al., 2013; Pope III et al., 2009). Já Relatório da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) do ano de 2012 (OCDE, 2014), projeta para 2050, perspectivas da mortalidade por "causas prematuras" de até 3,6 milhões de pessoas por ano, com maior incidência na China e índia, superando índices de mortalidade por malária e falta de saneamento básico, devido a dependência dos combustíveis fósseis que será de 85,0 % (isso representa elevação de 50% as emissões globais dos gases de efeito estufa). A Figura abaixo mostra esses resultados.



**Figura 2** – Gráfico apresentando a Mortalidade causada pela poluição do Ar até 2050. **Fonte:** OCDE (2012).

Alem da "mortalidade prematura" apontada pela OCDE em seu relatório para 2012, estudos tem correlacionado efeitos na saúde por patologias específicas e poluição do ar, (Burnett *et al.*, 2014; Olmo *et al.*, 2011; Veras *et al.*, 2010 e 2009).

A poluição acomete a saúde de grupo vulneráveis como: *crianças:* (Beatty *et al.*, 2014; Vieira *et al.*, 2012; Sly *et al.*, 2008; Braga *et al.*, 2001; Schwartz e Neas, 2000; Braga *et al.*, 1999; Farhat, 1999; Lin, 1999 e 1997; Braga, 1998; Saldiva *et al.*, 1994; Schwartz *et al.*, 1994), *idosos:* (Bentayeb *et al.*, 2014, Saldiva *et al.*, 1995; Schwartz *et al.*, 1994a,b; 1995 e 1996), pessoas com morbidades cardio-respiratórias: (OMS, 2008; Saldiva, 2008), gestantes: (Fleischer *et al.*, 2014; Slama *et al.*, 2014). Após adentrar o "sistema respiratório", os poluentes impactam primeiramente o referido sistema, reduzindo a atividade mucociliar e dos macrófagos, causando

"estresse" oxidativo, e consequentemente, inflamação pulmonar e sistêmica. A exposição crônica pode aumentar a incidência e prevalência de asma, doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) e mortalidade por câncer de pulmão: (Wanka et al., 2014; Fajersztajn et al., 2013; Arbex et al., 2012). Após o primeiro contato com o "sistema respiratório", os poluentes podem atingir á corrente sanguínea e acometer outros órgãos e sistemas. risco de eventos cardiovasculares como: Aumentam cardiovascular cerebral, arritmias, infarto do miocárdio, insuficiência cardíaca, vasoconstrição arterial aguda, diminuição da variabilidade de frequência cardíaca e promoção da aterosclerose (Gold et al., 2013; Koton et al., 2013; Martinelli et al., 2013; Brook et al., 2004; Pope III et al., 2004; Santos, 2002; Schwartz et al., 1995).

A aplicação de estudos epidemiológicas são fundamentais no preâmbulo da Saúde Coletiva, sendo essenciais no processo de identificação e mapeamento dos desfechos avaliados (Bonita et al., 2010). Os estudos epidemiológicos podem ser classificados e/ou divididos em: observacionais e experimentais. Nos observacionais, destacam-se as abordagens descritivas, analíticas, transversais, casos e controles, ecológicas e de coorte. Estudos ecológicos, inclusive de séries temporais, são muito utilizados para avaliar os efeitos da poluição atmosférica na saúde, pois proporcionam avaliação de associações em curto e longo prazo, entre exposição ambiental e desfechos (Dons et al., 2014; Hyder et al., 2014; Ritz et al., 2014; Farhat et al., 2013; Romão, et al., 2013; Roos et al., 2013; Wang et al., 2013; Chiarelli et al., 2011; Braga et al., 2007; Slama et

al., 2007; Martins et al., 2006; Pereira et al., 1998). São estudos pouco dispendiosos, pois, geralmente utilizam dados históricos, sendo apropriados para estudos preliminares e ponto de partida para abordagens mais específicas. Assim como nos ecológicos, os estudos observacionais de coorte, também têm sido reportados com resultados relevantes, na avaliação das consequências adversas na saúde por exposição à poluição do ar (Ritz et al., 2014; Wang et al., 2014; Zhang et al., 2014; Ballester et al., 2010; Braga, 2001b; Pope III et al., 1995; Dockery et al., 1993). A utilização de estudos epidemiológicos de coorte proporciona vantagens consideráveis: pois permite investigar a incidência do desfecho avaliado, também os indivíduos são observados com critérios diagnósticos uniformes, tem-se variáveis de exposição e de efeito, oferecerendo maior controle sobre grande segurança contra vieses (múltiplas exposições). Porém estudos de corte podem se tornar complexos e resultar em altos custos, devido a desistência dos participantes pois os resultados a serem coletados se realizam á longo prazo (Fernandes e Carneiro et al., 2005).

#### 1.2. As Principais Variáveis Meteorológicas

A atmosfera é constituída, aproximadamente, em volume por 78,0 % de nitrogênio, 21,0 % de oxigênio, 1,0 % de argônio, e um conjunto de outros gases, vapor d'água e partículas em suspensão (aerossóis). Sua maior parte em massa (99,0 %) está contida em uma camada de 30,0 quilômetros (km) de altura sobre a superfície terrestre (Iqbal, 1983).

Compreende-se Clima como sendo o resultado combinado de eventos meteorológicos em uma "certa área" para um "intervalo de tempo". O clima

pode ser descrito por valores médios e variância de parâmetros mateorológicos durante este "período". As principais variáveis do clima dentre muitas são: 1. Chuva: Quantidade de precipitações de qualquer tipo, principalmente da água em estado líquido. Normalmente mede-se a precipitação através de um pluviômetro, instrumento de medição que indica os valores e os índices de chuva, da intensidade à quantidade de precipitação a ser considerada para as previsões do tempo. 2. Ponto de Orvalho (Dewpoint) - A temperatura na qual o ar deve ser esfriado a uma pressão constante para "ser" Saturado. 3. Temperatura - É a quantidade de "calor" que existe no ar. Ela é medida pelo termômetro meteorológico, que é diferente do termômetro clínico. A diferença entre a maior e a menor temperatura chama-se "amplitude" térmica. 4. Temperatura Média - Média da leitura das temperaturas verificadas num período específico de "tempo". Frequentemente a média entre temperaturas máximas e mínimas. 5. Temperatura Máxima - A mais alta das temperaturas máximas observadas em um dado "período". 6. Temperatura Mínima - A menor das temperaturas observadas em um dado "período". 7. Umidade Relativa - É a umidade verificada entre a "pressão de vapor de água" na atmosfera e a "saturação da pressão de vapor" na mesma temperatura. É expressada, em porcentagem (%). 8. Velocidade do Vento - Quantificação do movimento do ar numa "unidade de tempo". Pode ser medida de vários modos. Quando está em observação: é medida em "nós" ou "milhas náuticas por hora" (mn/h). A unidade mais frequentemente adotada nos Estados Unidos é a de "milhas por hora" (mph) e no Brasil em quilômetros por hora (Km/h). 9. Visibilidade - Parâmetro meteorológico que possibilita indicar o maior ou menor "grau de transparência" da atmosfera. A visibilidade pode ser determinada durante o dia ou durante a noite e ser diferente, conforme a direção em que foi determinada. A visibilidade "diurna" é definida como "maior distância" a qual um "objeto negro com dimensões normais" pode ser visto e reconhecido "contrastando" com o céu "próximo ao horizonte". A visibilidade "noturna" é definida como a "maior distância" a qual um "objeto negro" poderia ser visto e reconhecido, "contrastando" com o céu "próximo ao horizonte", se a iluminação fosse idêntica e normal, como a verificada durante o dia (Vianello e Alves, 1991; Pinto, 2001).

#### 1.3. Histórico da Visibilidade

A primeira publicação sobre Visibilidade ocorreu em 1924, e foi Koschmeider em quem desenvolveu um padrão matemático, em forma de equação linear, que relacionou o "alcance meteorológico" com o "coeficiente de extinção" (Pinto, 2001). Depois em 1952, Middleton (1952), publicou "Vision through the atmosphere" (McCartney, 1976). Em 1960 a teoria básica da visibilidade foi desenvolvida na Alemanha. Em 1992, foi realizada, em Viena, na Austria, Conferência sobre Visibilidade e partículas finas, onde foram expostos e discutidos tópicos como: óptica atmosférica, transferência de imagens, tendências de visibilidade e respostas da visibilidade para emissões variadas (Horvath, 1993a,b e 1994; Pinto, 2001). Em 1999, realizou-se a 18ª conferência anual da "American Association for Aerosol Research" (AAAR) a qual foram apresentados vários trabalhos relacionando visibilidade e propriedades dos aerossóis (AAAR, 1999). Os fatores que

determinam como se pode ver através da atmosfera incluem suas propriedades ópticas, a quantidade e distribuição da luz, as características do objeto observado e as propriedades da visão humana (Seinfeld, 1986). Destes, dois (2) fatores, se destacam no estudo da visibilidade: em primeiro (1º) lugar: as propriedades ópticas da atmosfera como um meio semitransparente; e em segundo (2º) lugar: o sistema psicofísico (olho cérebro) do ser humano. Assim, para trilhar o caminho lógico da teoria da visibilidade, estuda-se o primeiro fator, a óptica da atmosfera, enquanto o sistema olho-cérebro é considerado como um detector passivo de energia luminosa (Pinto, 2001). Entre o referido detector e o objeto observado existem materiais em suspensão na atmosfera (diversos gases, gotículas de água e aerossóis) que afetam a transmissão da luz, e, consequentemente, a visibilidade (Hidy, 1984). Uma base física para a conexão da visibilidade com mudanças ópticas no ar é o fato de que o ser humano distingue objetos pelo seu contraste com a vizinhança, ou seja, pela diferença na cor e no brilho em relação à sua vizinhança (Pinto, 2001). O contraste entre um objeto teste e sua vizinhança (que pode ser o céu no horizonte adjacente), é definido pela expressão (Friedlander, 1977; McCartney, 1976; Hidy, 1984; Seinfeld, 1986):

$$C = (I_2 - I_1) / I_1 \tag{1}$$

onde: *I1* é a intensidade luminosa da vizinhança, e *I2* é a intensidade luminosa do objeto teste. Para uma distância "x", entre o objeto e o observador, *I1* pode ser afetada pelos fenômenos de absorção e

espalhamento da radiação eletromagnética. Dessa forma, uma variação da referida distância (dx) relaciona-se com a quantidade de materiais em suspensão na atmosfera e as reduções fracionais em 11 e 12, e podem ser escritas como:

$$d I1 = - (bext) I1 dx (2)$$

$$d l2 = - (bext) l2 dx (3)$$

onde: **bext** é chamado coeficiente de extinção, que representa a soma dos "coeficientes de espalhamento" (**bscat**) e "coeficiente de absorção" (**babs**) (Seinfeld, 1986). Friedlander (1977), mostra que integrando-se, **(2)** e **(3)**, e substituindo os resultados das integrações na equação **(1)**, obtém-se,

$$C = C0 exp - [(bext) x]$$
 (4)

onde: **C**₀ é o contraste inicial, ou seja, o contraste desprezando-se os efeitos atmosféricos. Dessa forma considerando-se o "objeto perfeitamente negro", então **C**₀ = −1; e a expressão **(4)**, pode ser escrita como,

$$C = -exp - [(bext) x]$$
 (5)

Da atenuação e do limite de "contraste" derivam os conceitos de "alcance visual e/ou alcance meteorológico". A teoria de "transmissão da luz" está ligada à observação humana em termos do "alcance visual", que é definido como a "distância" para a qual, um observador pode distinguir o "contraste" entre "um objeto e sua vizinhança". Visibilidade é uma medida ideal. Não apresenta "fatores subjetivos e aspectos opcionais" do alvo envolvido no alcance visual. O "alcance visual" é obtido considerando-se o "objeto teste" como "negro" e o "limite de contraste" pré-definido (Hidy, 1984; McCartney,

1976). Medidas do "limite de contraste" foram feitas em 1946 por Blackwell (1946), para indivíduos e grupos representativos de pessoas, o que resultou em um valor de  $C^* = 0.02$ ; para 50% de probabilidade de *detecção* (Blackwell, 1946). O estudo da Visibilidade Horizontal "foi construído sobre a teoria de transferência de imagem" na atmosfera. Seu resultado clássico é a fórmula de *Koschmeider*, a qual relaciona a Visibilidade (Vr) = [km], com o coeficiente de extinção (bext) = [Km -1]; (Katsev e Zege, 1994).

$$Vr [km] = 3,91 / bext [Km^{-1}]$$
 (6)

A equação de *Koschmeider* está baseada em algumas "suposições" dada as condições atmosféricas e a percepção humana. Estas suposições são fundamentais conforme Pinto (2001):

- (1) O caminho de observação é "homogêneo" e "uniformemente" iluminado;
- (2) O objeto observado é grande o suficiente, e não ocorre "transtorno" no campo luminoso;
- (3) As condições do "ponto máximo de irradiância (irradiação de raios luminosos em todas as direções) para olho humano" e o limite de "contraste" correspondente á **C**\* = 0,02; (padrão adotado para estudos).
- (4) A distância observada é tomada na horizontal e a curvatura da terra é ignorada.

### 1.3.1. Visibilidade – características

Visibilidade é o "principal tema" dentre todas as variáveis meteorológicas que utilizamos em nosso projeto. Sua aplicação é a base fundamental do nosso estudo por ser muito específica. Sua obtenção está relacionada com medições realizadas em aeroportos, e a sua função é extremamente

importante e de fundamental importância para informar sobre condições de segurança em pousos e decolagens da aviação nos mesmos. Existem duas finalidades principais de monitoramento da visibilidade: medição da visibilidade para controle da poluição urbana e rural e medição da visibilidade para controle e orientação de aviação (INFRAERO, 2006)..

Existem instituições como a Interagência de Monitoramento e Proteção Visual e Ambiental nos Estado Unidos - *IMPROVE*, e a Agência Ambiental de Proteção Ambiental Americana - *USEPA (USEPA, 1994; 1996 e 1996b)*, responsáveis por realizar e informar sobre os padrões e visibilidade e normatização da qualidade do ar. Vários autores tem elaborado estudos aplicando conceitos sobre monitoramento e controle da poluição do ar por material particulado e aerossóis, e visibilidade (Malm, 1999, e 1994; Chow, 1995,1992a,b; Horvath, 1994; Ozkaynak *et al.*, 1985). Já outros tem realizado estudos e sugerem visibilidade diretamente como indicador de poluição para material particulado (Trach *et. al.*, 2010, Huang *et. al.*, 2009, O'neill *et. al.* 2002, Vajanapoom *et al.*, 2002, 2001, 1999; Knobel *et al.*, 1995).

Porém a base principal para fundamentar nosso estudo, veio primeiramente de O'neill (2002), dada a metodologia e a aplicação da equação linear da fórmula de *Koschmieder*, que é: **bext [Km<sup>-1</sup>] = 3.91/Vr**; onde, **Vr** representa a "**escala visual**" em **quilômetros [Km]** (Ozkaynak *et al.*, 1985).

Para ampliar a compreensão sobre a "teoria da visibilidade", nos guiamos tambem por William Malm (1999), autor de vários artigos e tambem

pelo célebre "manual" definido como: *Introdution to Visibility* do ano de 1999, onde esclarece toda a Teoria e Fundamentos essenciais da mesma. No presente "manual" de Malm (1999), ele declara que à gestão dos recursos visuais encontrados em parques nacionais: é de dificil complexidade e definição, assim como nas áreas urbanas.

Deve então a visibilidade ser explicada em termos estritamente técnicos - que se preocupa com medidas exatas de iluminação, contrastes limiar e distâncias medidas com precisão? Visibilidade esta mais estreitamente associada às condições que permitem a "apreciação da beleza inerente" as características das paisagens — rurais e urbanas. É importante reconhecer e apreciar: a forma, o detalhe do contraste, e a cor de características próximas e distantes, pois a visibilidade inclui processos psicofísicos e julgamentos de valores simultâneos de impactos visuais, bem como a interação física da luz com partículas na atmosfera (Malm, 1999).



**Figura 3** – Percepção da Visibilidade, num mesmo local em instantes diferentes (a, b) reconhecimento de: *cor, contraste, iluminação*, etc, (Malm, 1999).

Historicamente, a "visibilidade" foi definida como "a maior distância em que um observador pode visualizar um objeto "negro" contra o horizonte celeste" (Malm, 1999). Um dos principais desafios no estabelecimento de valores de visibilidade é desenvolver maneiras de medí-la quantitativamente como é percebida pelo olho humano (Malm, 1999). A **Figura 4** a seguir apresenta a Visibilidade no "mesmo local" em "instantes diferentes".



**Figura 4** – Percepeção da Visibilidade, num mesmo local em instantes diferentes, mostrando possibilidade da **mensuração** (Malm, 1999).

Fisicamente, "Visibilidade" é função de espalhamento e absorção das moléculas das partículas e dos gases na atmosfera (Malm, 1999). Malm (1999) ressalta sobre as características "visuais" para o julgamento da visibilidade, que são: (1º) fundamentos: para o julgador referenciar a visibilidade. (2º) iluminação natural: luz solar, nuvens, aspecto do céu. (3º) características ópticas: que interferem na atmosfera: espalhamento e absorção e (4º) características da faixa visual: cores, detalhes de contrastes, brilho e brilho e textura.



**Figura 5** – Esquema mostrando os fundamentos para mensuração da visibilidade (Malm, 1999).

As partículas possuem propriedades fisico-quimicas como por exemplo à reatividade quimica que ocorre com outras partículas e poluentes, logo, essas propriedades determinam como e quanto será o tempo de residência das mesmas na atmosfera, e assim despertam grande atenção, tendo em vista que os particulados são mais notados que os gases poluentes invisíveis, interferindo desta forma nas variáveis meteorológicas reduzindo assim a visibilidade (Twomey, 1977).

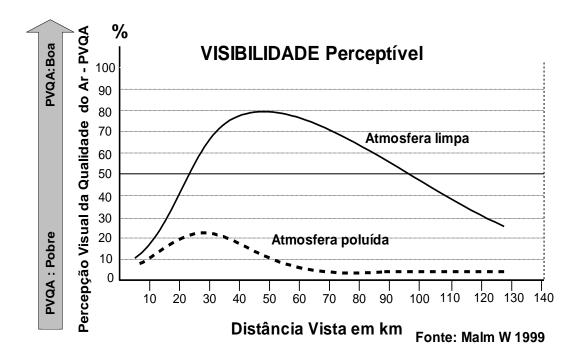
Concentrações crescentes de partículas finas e de gases na atmosfera, resultam frequentemente em redução da escala visual (ou redução da visibilidade), criando um "embaçamento" na atmosfera que modifica a "claridade" e a "estrutura" quando observada. (Malm, 1999). Medidas realizadas pela Interagência de Monitoramento e Proteção Visual e

Ambiental nos Estado Unidos (*IMPROVE*) nos Estados Unidos, mostram que a amônia (NH3), os sulfatos e o carbono orgânico, são os maiores contribuintes para massa de particulado fino e redução da visibilidade (Malm, 1992). **A Figura 6** abaixo, mostra principais redutores de visibilidade na atmosfera.



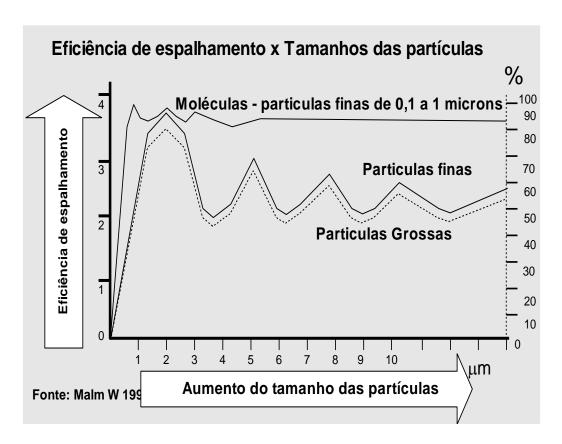
**Figura 6 –** Esquema mostrando o reações que formam sulfatos e absorção de moléculas de água, promovendo redução da visibilidade segundo autor (Malm, 1999).

A **Figura 7** mostra o fator de percepção visual da qualidade do ar, com relação a visibilidade em quilometros para atmosfera limpa e poluída (Malm, 1999).



**Figura 7** – Esquema mostrando o fator de percepção visual da qualidade do ar, com relação a visibilidade em quilometros para atmosfera limpa e poluída (Malm, 1999).

A eficiência do espalhamento das particulas pela atmosfera é função do tamanho aerodinâmico. Partículas com tamanho entre de 2,5 μm a 10 μm, tem eficiancia de espalhamento de 50 a 70 %, e moléculas e partículas com tamanho aerodinâmico entre 0,1 μm e 1,0 μm, possuem eficiência de espalhamento de até 90%, dependendo das condições do ar atmosférico e Malm (1999) ilustra isto na **Figura 8** que segue:



**Figura 8 -** Gráfico mostrando o Espalhamento atmosférico em função do tamanho aerodinâmico das Partículas (Malm, 1999).

Logo visibilidade é um dos indicadores mais prontamente percebidos pelas pessoas quando se observa a qualidade do ar, e é citada freqüentemente, como sendo parâmetro de interesse como indicador de poluição.

### 1.3.2. Visibilidade aplicada no estudo

Visibilidade é o "maior alcance" que se pode ver ou identificar objetos de porte médio, devidamente iluminados sem o emprego de instrumentos *ópticos* (INFRAERO, 2006). Então por definição, podemos deduzir que á noite ou de dia, os valores da Visibilidade medidos, não se alteram ou são aproximados, quando a "transparência" do ar atmosférico for a mesma (INFRAERO, 2006).

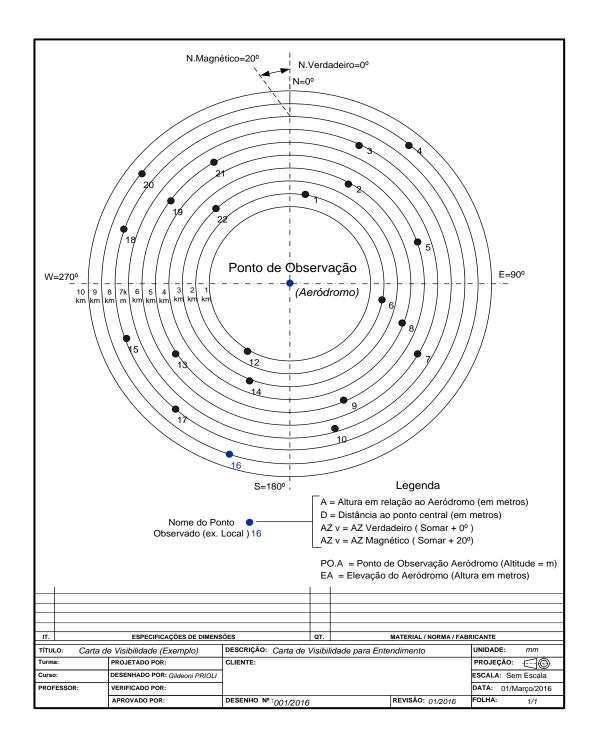
Visibilidade históricamente sempre foi um importante parâmetro para análise das condições do tempo (meteorologia). Todavia, Visibilidade também é variável meteorológica muito importante para a operação segura da aviação, portanto, operação em aeroportos com "baixa" Visibilidade, pode apresentar riscos, sugerindo que os mesmos sejam fechados para pousos e decolagens (INFRAERO, 2006). **A Figura 9** que segue ilustra a Visibilidade Horizontal peceptível em aeroportos.



**Figura 9** – Foto mostrando vista área do Aeroporto internacional de Guarulhos – SP. **Fonte:** REDEMET (2016).

Na maioria dos aeroportos do Brasil, medições de Visibilidade, seguem metodologia e procedimentos padronizados. A Visibilidade Horizontal é estimada por "método subjetivo", ou seja, por medição direta utilizando cartas de visibilidade com pontos de referências definidos. Logo medição de Visibilidade pode estar altamente correlacionada com outras variáveis

meteorológicas, como umidade relativa, temperatura, temperatura de ponto de orvalho (dewpoint), velocidade dos ventos, pressão barométrica, dentre outras. Em climatologia o maior valor significativo dado para a Visibilidade é 20,0 mil metros ou 20,0 quilômetros (Km), já na meteorologia aeronáutica é 10,0 mil metros ou 10,0 quilômetros (Km). (INFRAERO, 2006). A Visibilidade estimada deve ser obtida em intervalos de: 50,0 á 800,0 metros, de 100,0 á 5.000,0 metros ou de 1.000,0 á 10.000,0 metros (de 1,0 km á 10,0 km), e para isto, os valores medidos sempre devem, ser arredondada para menos (INFRAERO, 2006). Em meteorologia aeronáutica a Visibilidade estimada, deve ser considerada em todos os setores do horizonte e sempre será informada a Visibilidade prodominante (que assim é denominada) ou seja, a "medição predominante" na maior parte do aeródromo (em 50% ou mais, num raio de 360º) (INFRAERO, 2006). Alem da "Visibilidade predominante", temos a "Visibilidade minina". Se a "Visibilidade mimina" for inferior a "Um" mil e quinhentos (1.500,0) metros, a mesma deve ser informada e apontada na base de dados, independente do valor da "Visibilidade predominante", pois é muito importante para operações seguras da aviação (INFRAERO, 2006). No projeto utilizamos medidas de Visibilidade predominantes. A medição da Visibilidade Horizontal deve ser executada por observador meteorologista treinado. A acuidade visual do observador, é avaliada periodicamente. A medição da Visibilidade horizontal, deve ser executada sem a ajuda de equipamentos eletrônicos ou ópticos. medições são executadas a partir dos aeródromos dos aeroportos. Os "pontos de referência" para estimar a medição da Visibilidade, são definidos por cartógrafos e topógrafos e devem estar localizados, identificados e/ou desenhados dentro do raio definido pela carta de visibilidade, indicando, os azimutes: verdadeiro e magnético, e a distância do aeródromo, que normalmente fica no centro do "diâmetro" da carta (INFRAERO, 2006). A carta de Visibilidade é o instrumento normalizado de referência, utilizado para orientação das medições da referida, nos aeródromos dos aeroportos brasileiros (INFRAERO, 2006). A Carta de Visibilidade (Figura 10) contém: Aeródromo de observação com altura definida em metros (m) para medição da visibilidade. Contém Pontos de Referência com distâncias definidas normalmente em quilômetros (Km), e com graus (azimutes) verdadadeiros e magnéticos. Os nomes oficiais de cada ponto de referência tem localização da rua e do bairro para melhor identificação, com altura (em metros) e distância (em quilômetros ou metros) em relação do Aeródromo. Os pontos de referencia são: torres de transmissão de energia, torres de alta tensão, edifícios e/ou conjuntos de edificos diferenciados, hotéis, caixas d'àguas de escolas ou empresas, galpões, etc, e devem possuir iluminação adequada para que as medições sejam aproximadamente iguais, nas medições noturnas ou diurnas (INFRAERO, 2006). Segue Figura 10 com modelo de carta de visibilidade adaptado.



**Figura 10** - Figura mostrando exemplo de Carta de Visibilidade com adaptação a partir de informação da INFRAERO.

Fonte: INFRAERO (2006).

Após medição as variáveis meteorológicas no aeródromo, as mesmas são tabuladas em tabelas conforme segue e foram aplicados diretamente nos modelos epidemiológicos do projeto para a avaliação dos efeitos na saúde de crianças e idosos nas cidades urbanas brasileiras.



# SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE SÃO PAULO

### Gerência Regional de Navegação Aérea

Registros da Estação Meteorológica de Superfície do Aeroporto Internacional de São Paulo / Guarulhos

#### Janeiro / 2009

	TEMPERATURA (°C)				VISIBILIDADE HORIZONTAL (m)	UMIDADE RELATIVA (%)	U.R (%)	PRESSÃO (hPA)
DIAS	MÁXIMA	MÍNIMA	MÉDIA	PONTO DE ORVALHO MÉDIO	MÉDIA	MÁXIMA	MÉDIA	MÉDIA
01	30,0	19,0	22,5	19,2	17125	98	83	928,0
02	24,8	19,1	21,3	19,5	10917	98	90	926,0
03	25,4	19,0	22,1	19,1	16417	97	84	921,5
04	18,7	15,7	17,4	15,5	9854	98	89	925,1
05	19,0	15,0	16,7	15,4	12042	97	92	928,3
06	22,9	15,8	18,4	15,3	16167	92	82	929,5
07	25,9	16,8	19,9	17,2	10271	98	85	929,6
08	30,6	16,9	21,9	17,4	9167	98	79	930,0
09	29,2	18,0	22,2	18,8	7088	100	84	932,4
10	25,7	18,0	22,2	19,0	17125	99	83	934,0
11	28,7	20,5	24,4	18,8	15667	97	73	932,4
12	31,0	20,2	25,2	18,2	15958	93	68	931,0
13	32,2	20,2	25,7	18,6	14250	93	68	930,1
14	31,4	19,1	23,5	19,2	12875	98	80	929,0
15	26,6	18,7	22,8	18,5	19708	96	78	927,6
16	28,1	18,9	22,2	19,1	14917	97	84	928,1
17	25,9	19,2	21,7	18,9	17083	98	85	927,3
18	27,2	19,9	23,1	19,1	20000	91	79	927,7
19	28,5	20,0	23,9	19,0	18458	96	75	927,8

20	27,0	19,7	22,5	20,1	14396	99	87	927,1
21	22,8	17,5	20,0	18,1	10917	97	89	930,4
22	20,3	16,4	18,3	16,5	11979	98	89	933,0
23	22,4	16,0	19,0	16,0	14625	98	84	933,4
24	23,8	17,2	20,7	17,5	14542	94	82	931,1
25	26,6	18,8	21,7	19,0	15208	99	85	929,8
26	25,5	19,8	22,2	19,1	14542	97	84	930,4
27	25,1	20,4	22,0	19,9	10125	98	88	930,3
28	24,9	19,5	21,7	19,8	11000	99	89	928,7
29	28,3	20,7	22,9	19,1	15417	88	80	928,0
30	27,6	20,0	23,0	19,8	15146	100	83	927,9
31	30,5	19,7	25,0	19,2	20000	93	72	926,8

**Tabela 2** - Dados de Variáveis Meteorológicas, inclusive Visibilidade Horizontal - Exempo. **Fonte:** INFRAERO (2012).

### 1.3.3. Variáveis Meteorológicas e seus Efeitos na Saúde

As Variáveis meteorológicas, como: as temperaturas, temperatura de ponto de orvalho (*dewpoint*), umidade relativa do ar, velocidade de ventos, pluviosidade (chuvas) e pressão barométrica, são algumas das variáveis que afetam diretamente ou indiretamente o clima, e são medidas há pelo menos três (3) séculos. A visibilidade também pode ser considerada uma variável do tempo (meteorológica), pois esta cada vez mais perceptível aos olhos e está diretamente correlacionada com emissões de poluentes e material particulado que são lançados na atmosfera (Malm,1999; Ghim *et al.*, 2005).

Vários autores em seus estudos mostraram que a redução de visibilidade ocorre principalmente devido as emissões de material particulado (MP<sub>10</sub>, MP<sub>2,5</sub>), e gases (NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>), por reações químicas e transporte atmosférico (Horvath,1993a,b; Pitchford, 1994 e 1982; Knobel *et al.*, 1995; Chow, 1995, 1992a,b; Malm, 1999 e 1994; Vajanapoom *et al.*, 2002 e 2001; Tsai, *et.al.*, 2002; O'neill *et.al.* 2002, Ghim *et.al.*, 2005; Gyan *et. al.*, 2005;

Huang, at al., 2009; Trach, et al., 2010), que apresentam os prejuízos causados e a "sistemática" redução da visibilidade.

Nos últimos vinte (20) anos, alguns autores realizaram estudos epidemiológicos utilizando variáveis meteorológicas (em alguns deles incluidos visibilidade) sobretudo temperaturas frias e quentes (variabilidade); correlacionando com os efeitos do material particulado (MP<sub>10</sub> e MP<sub>2,5</sub>) inalado a taxas de morbidade e mortalidade e seus efeitos na saúde. Normalmente variáveis meteorológicas e visibilidade são apresentados em estudos separadamente, sendo na maioria das vezes correlacionados com poluentes e material particulado – MP.

Braga *et al.*, (2001), em seu estudo em 12 cidades norte-americanas mostrou que cidade de Chicago, ocorreram 134 mortes (média diaria), em população de cinco milhões de babitantes e mesmo com apenas 5,0% das temperaturas do período, estando na media de 6,1 °C negativos. Em Detroit foram 60 mortes (média diaria) em dois milhões de habitantes, e em Pittsburg foram 43 mortes (média diaria) em 1,3 milhões de habitantes. Nestas duas cidades as temperaturas foram similares a Chicago. Já em Minneapolis-St. Paul foram 34 mortes (média diaria), para temperaturas de 13 °C negativos. Nas quatro cidades citadas a umidade relativa esteve na faixa dos 70,0 %. Houston, Atlanta e Birmingham, cidades "consideradas quentes", onde são raros os fenomenos de temperaturas frias e apresentaram: 47, 19 e 30 mortes (média diaria), respectivamente, para temperaturas médias entre 11,4 °C e 20,3 °C. Quando as 12 cidades foram analisadas conjuntamente, os efeitos das temperturas frias e quentes

apresentaram valores similares (aumento de 4,0 % da mortalidade diária para dias quentes e 3,0 % em mortalidade para os dias mais frios).

O'neill *et al.*, (2003), em seu estudo realizado em 7 cidades dos Estados Unidos, apresentou em Chicago, um número de 296.195 mortes, em 6 anos (1988 a 1993), em Detroit, 174.523 óbitos (1986 a 1993), sendo a maior porcentagem de mortalidade, fora de um hospital (67%). Pittsburgh apresentou 123.877 óbitos (1986 a 1993) e Denver o menor numero, 36.717 mortes, no mesmo período. Os níveis médios de particulados (PM<sub>10</sub>) em todas as cidades não se apresentaram tão expressivos (média de 28,1 μg/m<sub>3</sub> a 36,6 μg/m<sup>3</sup>), com poucas ultrapassagens. As temperaturas máximas aparentes (temperaturas máximas "percebidas" pelas pessoas) variaram igualmente entre todas as cidades, (de 28° C á 37 °C). Este estudo mostra que os efeitos combinados da variabilidade das temperaturas máximas e temperaturas mínimas aparentes (temperaturas mínima "percebidas" pelas pessoas, média de 13 °C negativos para todas as cidades), aumentaram as taxas de mortalidade por doenças respiratórias e cardiovasculares.

O'neill *et al.*,(2005), em outro estudo mostrou que a mortalidade na Cidade do México no inverno, superou os 300 óbitos, número dez (10) vezes maior que o da Cidade de Monterrey (com 30 mortes). A cidade do México apresentou índices médios de PM<sub>10</sub>, maiores que na Cidade de Monterrey em 25 μg/m³, e níveis de ozônio, superiores em 13 partículas por bilhão (ppb), e isto mostra que a Cidade do México (com valores de 9,3 μg/m³ a 233,9 μg/m³) se apresentou muito mais poluida que Monterrey (com valores de 6,2 μg/m³ a 230,8 μg/m³). Monterrey apresentou variações mais

substanciais de temperatura no verão (-2,7 °C a 42,1 °C), fizeram com que a taxa de mortalidade aumentasse em 27,2 % (*IC* 95 %: 20,0-34,7) em dias com temperatura media aparente entre 35 °C e 36 °C. Em um segundo modelo com temperaturas *médias aparentes entre 10* °C e 11 °C, a taxa de mortalidade aumentou em 9,8% (*IC* 95 %: 3,6-16,5). Num terceiro modelo na cidade do México, a taxa de moralidade aumentou em 9,9% (*IC* 95 %: 7,8-12,1); para dias com baixas temperaturas, na faixa de 10 °C a 11 °C.

Conclui-se que os fatores de temperaturas combinados, aliados ás emissões de poluentes e materiais particulados como sendo os principais contribuintes para o aumento dos índices das taxas de mortalidade, em ambos os estudos.

Knobel *et al.*, (1995) em Taiwan, desenvolveu modelo de estudo aplicando visibilidade como marcador de MP10 e apresentou resultados que correlacionaram a mortalidade com o a visibilidade baixa (reduzida). O autor conclui que a taxa de mortalidade por: Síndrome de Morte Súbita Infantil (SIDS) por 1.000 nascidos vivos no dia de morte foi 3,3 vezes maior na categoria de "menor visibilidade", ou seja na faixa de 1,0 até 3,0 quilômetros (km); e 2,4 vezes maior para "a baixa visibilidade", ou seja na faixa de quatro (4,00 até nove (9,0) quilômetros (km); e que entre o primeiro (1º) e o nono (9º) dia anteriores a sua morte foi de 3,4 vezes maior na categoria de "menor visibilidade", ou seja na faixa de "Um" (1,0) até três (3,0) quilômetros (km). O estudo mostrou significante correlação entre visibilidade e as variáveis meteorológicas: temperatura e horas de sol, com coeficientes de correlação (pessoa/spearman) de 0.38/0.39; e 0.29/0.26, respectivamente. O estudo

mostrou que a visibilidade esteve diretamente correlacionada com MP<sub>10</sub> com coeficientes de 0.59/0.61 e índice padrão de poluentes (0.60/0.62).

Vajanapoon *et al.*, (2001) em Bangkok, naTailândia, relata que devido a falta de dados diários de material particulado para estudos e pesquisa da poluição do ar, levou-o a criar um modelo de regressão para estimar a concentração de MP10 utilizando visibilidade como base. Durante o estudo a umidade relativa do ar (UR), apresentou-se ≤ 76,5 %. O autor aponta no estudo que a Visibilidade apresentou resultados significativos e que os resultados estiveram inversamente associados com MP10 (r² = 0,71), após ajustado para a temperatura mínima, normal no inverno. Mostrou que o Coeficiente de Correlação de Pearson - r² do modelo, foi de 0,51. Então no próximo estudo, Vajanapoon *et al.*, (2002) em Bangkok, Tailândia, o autor desenvolveu modelo de estudo, aplicando visibilidade como marcador de MP10 e apresentou resultados que correlacionaram os efeitos adversos na saúde, principalmente com a mortalidade.

No estudo mostrou que ocorreu "excesso de mortalidade diária" correlacionado com MP10 e visibilidade. O estudo mostrou que o aumento de MP10 e a redução da visibilidade estiveram associadas independemente com o "aumento da mortalidade diária" para todas as causas, ou seja, para doenças cardiovasculares, respiratórias e outras doenças. As associações obervadas foram mais fortes, com relação a doenças respiratórias em idosos com 65 anos ou mais. O estudo apresenta mortalidade media diária de 62 (óbitos), com aumento dos indices das taxas de 24,0 % para mortalidade por doenças cardiovasculares, de 4,0 % para mortalidade por doenças

respiratórias e de 72,0 % para outras doenças, sendo que 44,0 % das mortes ocorreram em pessoas com 65 anos ou mais. O MP10, no período de estudo, variou entre 68,0 e 150,0 μg/m³. Os resultados obtidos nos modelos de MP10/mortalidade e de visibilidade/mortalidade foram considerados consistentes, e no estudo o autor sugerie que a visibilidade pode ser utilizada como um marcador substituto de material particulado, para a avaliação dos efeitos adversos da saúde, quando não existirem outros métodos de medições gravimétricas disponíveis.

Gyan et. al., (2005), em Trinidad e Tobago, mostrou em seu estudo que ocorreu forte correlação entre redução da visibilidade e admissões hospitalares, logo o estudo relatou 2.655 visitas com admissões hospitalares por crises de asma aguda em crianças. O aumento das admissões por crise de asma estiveram associadas á deterioração da visibilidade devido ao aumento a uma "nuvem" ou "cobertura" protetora de poeira provinda do *Sahara* Africano (o autor conclui que a nuvem se deslocou por sobre o Oceano Atlântico até as Ilhas do baixo Caribe). O autor relata que para dias sem nenhuma poeira (visibilidade de 16,0 km) e dias excessivamente empoeirados (visibilidade de 7,0 km), aumentaram a uma "taxa diária de admissão" por crise aguda de asma de 7,8 pacientes para 9,8 pacientes, quando as variáveis do clima tais como: pressão barométrica e a umidade relativa do ar, eram constantes.

Huang et al., (2009) na China Continental, mostra que esse primeiro estudo realizado apresentou forte associação entre visibilidade e os resultados adversos para a saúde para doenças cardiovasculares e

respiratórias. Os resultados obtidos sugerem a possibilidade de usar a visibilidade como um substituto de qualidade do ar na pesquisa em saúde nos países em desenvolvimento onde os dados de poluição do ar pode ser escasso e não rotineiramente monitorado. Que o estudo foi desenhado para avaliar a associação entre a visibilidade ea qualidade do ar, e para determinar se as variações na mortalidade diária foram associados com as flutuações nos níveis de visibilidade. Entre vários poluentes, MP2,5 mostrou forte correlação com visibilidade. Visibilidade em conjunto com a Umidade Relativa, boa correlação sendo para MP2,5 (r<sup>2</sup>=0,64) e MP10 (r<sup>2</sup>=0,62). A diminuição da Visibilidade esteve significativamente associada com taxas de mortalidade elevadas, para todas as causas de doenças e para doenças cardiovasculares. No Intervalo de Confiança para variação inter-quartil para visibilidade (8,0 km) apresentou resultados de 2,17 % (IC 95%: 0,46 % -3,85%), 3,36% (IC 95%: 0,96% - 5,70%) e 3,02% (IC 9**5%**: 1,32% - 7,17%), para mortalidade total, doenças cardiovasculares e doenças respiratórias, respectivamente.

Trach et al., (2010), declara que a Visibilidade em Hong Kong se deteriorou significativamente ao longo de quarenta (40,0) anos, com visibilidade inferior a oito (8,0) quilômetros (km), na ausência de névoa ou precipitação. O estudo apresenta resultados que correlacionam a visibilidade e mortalidade a mostra que ocorreram associações entre as mesmas, em grupos de faixa etárias definidos. Foram avaliados os efeitos de mortalidade a curto prazo na redução diária de visibilidade. Os resultados foram classificados assim: Para a mortalidade não-acidental, com variação

interquartil (IQR) para diminuição da visibilidade (6,5 km) em lag 0-1 dias, foi associada ao "excesso de risco" (ER %): 1,13% (IC 95%: 0,49 - 1,76) para todas as idades e 1,37% (IC 95%: 0.65 - 2.09) para idade de 65 anos ou mais; em "mortalidade cardiovascular" para : 1,31% (IC 95%: 0,13 - 2,49) para todas as idades, e 1,72% (IC 95%: 0,44 - 3,00) para idade de 65 anos ou mais; em "mortalidade respiratória" para: 1,92% (IC 95%: 0,49 - 3,35) para todas as idades e 1,76% (IC 95%: 0,28 - 3,25) para idade de 65 anos ou mais. O Excesso de Risco (ER %), estimado para mortalidade diária, foi derivado de visibilidade e poluentes atmosféricos, e foram comparáveis em termos de: magnitude, lag padrão e relações exposição-resposta; especialmente quando foi usado material particulado (MP10) na prevenção da mortalidade associada á visibilidade. Todavia a visibilidade pode fornecer "padrão útil" para avaliar impactos ao meio ambiente causados pelos poluentes e uma "abordagem válida" para análise de riscos na saúde pública e/ou coletiva devido á poluição do ar e mostrar benefícios da melhoria da qualidade do ar nos países em desenvolvimento, onde dados de monitoramento de poluentes são escassos.

Ge et al., (2011) em Shanghai, China, mostra que visibilidade diária foi usada para examinar as associações entre ela (a visibilidade diária) e as admissões hospitalares, apresentando "boa" correlação. Entre os vários poluentes medidos, o MP2,5 mostrou "forte" correlação com a visibilidade. A "diminuição" da Visibilidade foi significativamente associada com o aumento do risco de internação em Shanghai. Uma diminuição inter-quartil para intervalo de confiança no segundo (2º) dia (*L01*) na média móvel,

correspondeu a 3,66 % (*IC* 95%: 1,02 % - 6,31 %); 4,06% (*IC* 95%: 0,84% - 7,27%) e 4,32 % (*IC* 95%: 1,67% - 6,97%) no aumento total das admissões hospitalares, nas admissões hospitalares para doenças cardiovasculares e para respiratórias, respectivamente. Logo os resultados do estudo proporcionou a primeira evidência na China, de que a "diminuição da visibilidade" tem um efeito sobre admissões hospitalares, e esse achado reforça e justificativa para limitar ainda mais os níveis de poluição do ar, em Shanghai, mostrando que visibilidade realmente pode ser utilizada como marcador de poluição do ar.

Concluindo a introdução, afirmamos que o nosso estudo "terá" como principal objetivo, o desenvolvimento de uma ferramenta simples com metodologia diferenciada, para servir de modelo indicador e/ou marcador da poluição do ar, mensurando as concentrações de material particulado (MP10) a partir de variáveis meteorológicas para aplicação em estudos de epidemiologia ambiental para utilização em áreas desprovidas de sistemas de monitoramento dos poluentes do ar, desde que, no local existam dados meteorológicos (de preferência os colhidos em aeroportos, no nosso caso, para a realização deste estudo disponibilizados totalmente pela INFRAERO), bem como, internações por doenças respiratórias e cardiovascualres. Este estudo "não dispensará" os índices de concentração de material particulado medido — MP Medido (em nosso estudo: MP10); todos validados (em nosso estudo: por período mínimo de 36 meses) de forma a oferecer resultados satisfatórios para estimar os efeitos do material particulado inalável na saúde da população, em cidades urbanas brasileiras.

.

# 2. OBJETIVOS

#### 2 - OBJETIVOS

#### 2.1 Objetivo Geral

Desenvolver um indicador da concentração de MP<sub>10</sub>, utilizando variáveis meteorológicas, para aplicação em estudos de epidemiologia ambiental para estimar os efeitos das partículas inaláveis sobre a saúde em áreas desprovidas de sistema de monitoramento dos poluentes do ar.

#### 2.2- Objetivos Específicos

- 2.2.1 Desenvolver um modelo para a estimação da concentração do material particulado inalável utilizando variáveis meteorológicas, na cidade de São Paulo, e validá-lo através da comparação com os valores medidos pela rede de monitoramento da CETESB.
- 2.2.2 Estimar os efeitos material particulado (MP<sub>10</sub>) inalável nas internações hospitalares diárias por doenças respiratórias entre crianças com (5) anos de idade ou menos e em idosos com sessenta e cinco (65) anos ou mais, e internações hospitalares diárias por doenças cardiovasculares em idosos com sessenta e cinco (65) anos ou mais, na cidade de São Paulo, utilizando o poluente medido pela CETESB e o indicador construído a partir das variáveis meteorológicas.
- 2.2.3 Estimar os efeitos do material particulado (MP<sub>10</sub>) inalável nas internações hospitalares diárias por doenças respiratórias em crianças com cinco (5) anos de idade ou menos e em idosos com sessenta e cinco (65)

anos de idade ou mais, e internações hospitalares diárias por doenças cardiovasculares em idosos com sessenta e cinco (65) anos de idade ou mais, na cidade de Campinas, utilizando indicador da concentração de material particulado inalável construído a partir de variáveis meteorológicas registradas no Aeroporto de Viracopos.

- 2.2.4 Estimar os efeitos material particulado (MP<sub>10</sub>) inalável nas internações hospitalares diárias por doenças respiratórias em crianças com cinco (5) anos de idade ou menos e em idosos com sessenta e cinco (65) anos de idade ou mais, e internações hospitalares diárias por doenças cardiovasculares em idosos com sessenta e cinco (65) anos de idade ou mais, na cidade de Ribeirão Preto, utilizando indicador da concentração de material particulado inalável construído a partir de variáveis meteorológicas registradas no Aeroporto Leite Lopes.
- 2.2.5 Estimar os efeitos material particulado (MP<sub>10</sub>) inalável nas internações hospitalares diárias por doenças respiratórias em crianças com cinco (5) anos de idade ou menos e em idosos com sessenta e cinco (65) anos de idade ou mais, e internações hospitalares diárias por doenças cardiovasculares em idosos com sessenta e cinco (65) anos de idade ou mais, na cidade de Curitiba, utilizando indicador da concentração de material particulado inalável construído a partir de variáveis meteorológicas registradas no Aeroporto Afonso Pena.
- 2.2.6 Estimar os efeitos material particulado (MP<sub>10</sub>) inalável nas internações hospitalares diárias por doenças respiratórias em crianças com

cinco (5) anos de idade ou menos e em idosos com sessenta e cinco (65) anos de idade ou mais, e internações hospitalares diárias por doenças cardiovasculares em idosos com sessenta e cinco (65) anos de idade ou mais, na cidade de Bauru, utilizando indicador da concentração de material particulado inalável construído a partir de variáveis meteorológicas registradas no Aeroporto Comandante João Ribeiro de Barros

2.2.7 – Estimar os efeitos material particulado (MP<sub>10</sub>) inalável nas internações hospitalares diárias por doenças respiratórias em crianças com cinco (5) anos de idade ou menos e em idosos com sessenta e cinco (65) anos de idade ou mais, e internações hospitalares diárias por doenças cardiovasculares em idosos com sessenta e cinco (65) anos de idade ou mais, na cidade de Presidente Prudente, utilizando indicador da concentração de material particulado inalável construído a partir de variáveis meteorológicas registradas no Aeroporto Adhemar de Barros.

# 3. METODOLOGIA

## 3- CASUÍSTICA E MÉTODOS

#### 3.1- Tipo de estudo

Este é um estudo ecológico de séries temporais. Este tipo de estudo epidemiológico se caracteriza pelo enfoque de um grupo de indivíduos, geralmente definido por uma região geográfica, como, por exemplo, a população de um bairro, de uma cidade, de um Estado ou de um país. Não há dados individuais, desconhecendo-se as proporções de expostos e doentes, não expostos e doentes, expostos e não doentes e não expostos e não doentes. Apenas os valores marginais, como o total de expostos e não expostos, e de doentes e não doentes, são acessíveis (Morgenstern, 1982 e 1995).

Os estudos ecológicos permitem avaliar os impactos sociais ou populacionais de uma determinada variável, como exemplo, medir a poluição atmosférica, avaliar novos programas de saúde e mudanças na legislação. Estudos ecológicos tem baixo custo de execução quando comparados com estudos de coorte ou caso-controle, pois estes dados são aproveitados mesmo colhidos para outras finalidades.

Os estudos ecológicos e, neste caso, os estudos de séries temporais, são particularmente eficientes para a detecção de efeitos agudos da poluição do ar. Com esse tipo de abordagem, é possível estudar a variação do número de ocorrências de um evento (mortes, internações hospitalares, visitas ao serviço de emergência) ao longo do tempo, como uma função de termos

controladores para variações sazonais de diferentes freqüências (estações do ano, meses, dias), indicadores de temperatura e/ou umidade relativa do ar, ou outros fatores de interesse, entre eles, os níveis de poluição do ar (Saldiva, 1998).

Os estudos de séries temporais envolvem a comparação de taxas ou número de eventos ocorridos de uma determinada variável (por exemplo, doenças respiratórias), num dado período de tempo, em uma região geográfica definida. Seu objetivo principal é determinar uma possível associação entre as variações na intensidade da exposição e na freqüência das doenças (Morgenstern, 1982).

Nas análises normalmente são utilizados os modelos de regressão. Em adição, temos resultados gráficos, verificação do comportamento da variável ao longo e um período de tempo, possibilitanto estimar sua tendência futura (Rothman e Greenland, 1998). São estudos classicamente utilizados para gerar hipóteses a serem investigadas individualmente ou para avaliar o impacto de programas de intervenção sobre populações.

Este tipo de estudo epidemiológico têm sido adotado sistematicamente pelo Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental (LPAE) pertencente ao Laboratório de Investigação Médica (LIM-05) no Departamento de Patologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, na investigação dos efeitos na saúde pelos dos poluentes do ar nas cidades do Brasil, ao longo das últimas duas décadas (Saldiva *et al.*, 1994; Saldiva *et* 

al., 1995; Lin, 1997; Braga, 1998; Pereira, 1998; Arbex, 2002, Arbex et al.,2000; Cançado et al., 2006; Cançado, 2003).

#### 3.2- Dados da CETESB

#### 3.2.1- Medidas de Material Particulado (MP<sub>10)</sub>

A rede automática da Região Metropolitana da Cidade de São paulo – RMSP, é composta por 46 estações fixas de amostragem e 3 estações móveis distribuídas como segue: RMSP (23 estações), Cubatão e Santos (4 estações), Americana, Campinas, Paulínia, Paulinia Sul, Jundiaí, Piracicaba (6 estações), Sorocaba e Tatui (2 estações) e São José dos Campos e Jacareí (2 estações), Ribeirão Preto (1 estação), Araraquara, Jahú e Baurú (3 estações), Catanduva e São José do Rio Preto (2 estações), Araçatuba (1 estação), Marília (1 estação) e Presidente Prudente (1 estação).

As três (3) estações móveis são deslocadas em função da necessidade de monitoramento em locais onde não existem estações de amostragem ou para estudos complementares à própria rede. A atual rede mede os seguintes parâmetros: partículas inaláveis, dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio, ozônio, monóxido de carbono, hidrocarbonetos totais não metano, metano, direção do vento, velocidade do vento, umidade relativa, temperatura, pressão atmosférica e radiação solar. Entretanto, não são todas as estações que medem todos os parâmetros.

Para este estudo, utilizamos a média diária de MP<sub>10</sub> das 14 estações localizadas na cidade de São Paulo como indicativo da concentração do poluente (Parque Dom Pedro II, Santana, Moóca, Cambuci, Ibirapuera,

interlagos, Congonhas, Nossa Senhora do Ó, Congonhas, Lapa, Penha, Cerqueira César, Santo Amaro, São Miguel Paulista, Itaim Paulista, Marginal do Tietê, Itaquera, Capão Redondo, Parelheiros e Pinheiros). O MP<sub>10</sub> é medido através de radiação *Beta* e sua concentração é microgramas por metro cúbico de ar (μg/m³).

As Cidades de Campinas e Ribeirão Preto apresentam monitores concentração de Material Particulado (MP<sub>10</sub>) funcionando em base diária, desde 2000. Já para outras cidades pertencentes ao estudo, Presidente Prudente e Bauru as medições foram iniciadas posteriormente, e continuam sendo monitoradas pela rede automática. Já a Cidade de Curitiba não faz parte de Rede Automática de Monitoramento da CETESB, o que impossibilitou a inclusão e a utilização dos referidos dados, principalmente porque a disponibilização dos dados de Material Particulado (MP10) colhidos, também necessitam de validação, buscando, e confiabilidade e acreditação para a sua utilização conforme CETESB (CETESB, 2013). Todavia a validação do modelo de MP<sub>10</sub> Estimado por variáveis meteorológicas, não ficou impossibilitado de ser aplicado para todas as cidade do estudo que são: São Paulo, Campinas, Ribeirão Preto, Bauru, Presidente Prudente e Curitiba.

### 3.3- Dados Meteorológicos

A INFRAERO, através do Departamento de Navegação Aérea – localizado no Aeroportos de Guarulhos e Congonhas, forneceu as Dados Meteorológicos medidos nos Aeroportos localizados nas cidades de São Paulo, Campinas, Ribeirão Preto, Baurú, Presidente Prudente, e Curitiba

(Weather). Utilizamos dados para o período de 1º de Janeiro de 2009 á 31 de Dezembro de 2011, equalizando assim todos os dados fornecidos por todos os patrocinadores do projeto. Entre os dados fornecidos utilizamos:

- Visibilidade Horizontal medida em quilômetros; e ou metros,
- Temperarturas: máximas, médias e mínimas medidas em graus Celsius;
- Umidades relativas do ar, máxima, média e mínima medidas em unidade e "percentagem";
- Ponto de Orvalho (*Dewpoint*), a menor temperatura do ar antes da condensação - medida em graus *Célsius*.
- A Região Metropolitana de São Paulo RMSP e a da Cidade de Guarulhos estão praticamente interligadas; ou seja, com pouco mais de vinte (20) quilômetros (Km) entre os centros dos municípios, de forma que as variáveis meteorológicas medidas e/ou colhidas, inclusive a Visibilidade Horizontal, se apresentam muito semelhantes, não interferindo no resultado final ou desfecho do estudo, conforme sugestão do Instituto de Astronomia e Geofisica e Ciencias Atmosféricas da Universidade de São Paulo, como tambem pela INFRAERO (IAGCA-USP, 2013; INFRAERO, 2006). As condições do clima para dispersão dos poluentes, apresentam as mesmas características nas duas cidades, (São Paulo e Guarulhos), mesmo com fontes emissoras de poluentes mais acentuadas na Cidade de São Paulo (CETESB, 2013).

#### 3.3.1- Cidades estudadas no projeto

As cidades definidas para o estudo, são produto da disponibilidade de dados meteorológicos. São Paulo: hoje tem parque industrial bem reduzido (devido ao exôdo de grande parte das industriais para outros estados e

também para o interior do Estado de São Paulo) e a Frota Veicular de "leves e pesados", consistem nas principais fontes poluidoras, pois lançam na atmosfera grande variedade de compostos físico-químicos que deterioram a qualidade do ar atmosférico. A cidade de São Paulo, maior polo econômico do pais localizada no hemisfério sul com aproximadamente 12,0 milhões de habitantes, concentra 12,0% do Produto Interno Bruto, conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (IBGE, 2013 e 2010). Sua área é de 1.523,0 km² (quilômetros quadrados), e esta numa altitude de 824,0 metros acima do nível do mar, com distância de aproximadamente 60,0 Km (quilômetros) do Oceano Atlântico. Seu clima é típico de regiões subtropicais, com um inverno seco (de Junho á Agosto) e um verão úmido (de Dezembro á Março). Seus registros climatológicos revelam que os valores mínimos (temperatura mínima - média) e umidade relativa do ar (UR - média), ocorrem em Julho e Agosto, e são de: 16,0 °C e 74,0 %, respectivamente. O valor da "precipitação" mínima acumulada (chuva mínima), ocorre em Agosto e é de 35,0 mm. O valor da temperatura média (temperatura média na Cidade), ocorre no mês de Fevereiro e é 22,5 °C. O valor máximo da umidade relativa do ar (UR - máxima) tem média diária entre Dezembro e Janeiro e depois entre Março e Abril e é de 80,0 %. O valor máximo das "chuvas" acumuladas ocorre em Fevereiro é tem medida de 255,0 mm, conforme previsão do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (INMET, 2010). A cidade conta com uma frota de 7,1 milhões de veículos, conforme dados do Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN) para o ano de 2014 (DENATRAN, 2014). Logo ás principais fontes poluidoras do ar nos grandes centros urbanos, são as fontes móveis (CETESB, 2013; Andrade et al., 2012; Miranda et al., 2012).

Dentre os principais poluentes emitidas por fontes veiculares, podemos mencionar: nitratos e óxidos de nitrogênio (NOx), hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs), óxidos de enxofre (SOx) e monóxido de carbono (CO). Na atmosfera dos grandes centros urbanos, além dos poluentes gasosos, há também grande quantidade de material particulado, que corresponde a *partículas sólidas e líquidas totais em suspensão* (PTS) com diâmetro ≤ 100 μm; *partículas inaláveis* (MP10) com diâmetro ≤ 10 μm, e *partículas finas* (MP2,5) com diâmetro ≤ 2,5 μm; como também o poluente secundário, ozônio (O3), originário de óxidos de nitrogênio (NOx), sob a luz solar (CETESB, 2014).

Dados da CETESB (2012) expressos em "toneladas por ano", mostram que as "Fontes Veiculares" na cidade de São Paulo foram responsáveis pela emissão de: 81.123,0 toneladas de monóxido de carbono (CO); 872,2 toneladas de material particulado (MP); 38.738,0 toneladas de óxidos de nitrogênio (NOx); 3.221,3 toneladas de óxidos de enxofre (SO2); 364,0 toneladas de aldeídos (RCHO) e 14.390,0 toneladas de hidrocarbonetos não-metano (NMHC). Dados da CETESB (2013), expressos em "percentagem" — média anual, mostram que a "Fontes Veiculares" responderam por 97,0 % das emissões de monóxido de carbono (CO), 77,0 % dos hidrocarbonetos (HC), 40,0 % de material particulado (MP), 82,0 % dos óxidos de nitrogênio (NOx), e 37,0 % dos óxidos de enxofre (SOx), na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Os veículos leves, movidos a

gasolina e etanol (flex), são os maiores emissores de monóxido de carbono (CO) e de hidrocarbonetos (HC). Já a frota de veículos pesados (caminhões e ônibus) movidos a diesel, são os maiores emissores de óxidos de nitrogênio (NOx) e de material particulado (MP). Observamos que nos últimos anos, as emissões dos NOx, um poluente precursor do ozônio (O3), vêm se apresentando como o pior índice de qualidade do ar na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP).

A Cidade de Campinas, está inclusa na Região Metropolitana de Campinas – RMC, localizada a aproximadamente cem (100,0) quilômetros a noroeste da Capital do Estado de São Paulo, em uma região geológicamente de contato entre os terrenos do cristalino do Planalto Paulista, a leste e a oeste com a Depressão Periférica Paulista de terrenos sedimentares. Seu relevo é pouco ondulado com altitudes variando de 680,0 a 690,0 metros. A Cidade de Campinas apresenta temperatura média anual entre 18,0 e 24,0 °C, sendo que de Maio a Setembro a média é de 22,0 °C e nos meses de Outubro a Abril a média é de 24,0 °C. A precipitação média anual é de 1.470 milímetros, sendo que cerca de 80,0 % ocorre no período de Outubro a Março. Assim como na Região Metropolitana de São Paulo -RMSP, durante o período seco, a umidade relativa do ar, chega a atingir valores de 15,0 %, principalmente no mês de Setembro, acarretando um grande desconforto à população conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, (IBGE, 2010). A cidade de Campinas ocupa área de 794,4 km² (quilômetros quadrados), sendo que 238,3 km² (quilômetros quadrados) estão em perimetro urbano e os 556,1 km² restantes constituem a zona rural. Campinas é a cidade-sede da Região Metropolitana de Campinas - RMC, que tem área de 3.348,0 km² (quilômetros quadrados) e com 2,3 milhões de habitantes, e é composta por dezenove (19) municípios. A Cidade de Campinas conta com um grande sistema viário, tendo como eixos principais as rodovias Anhangüera e Bandeirantes. Esse sistema permitiu uma ocupação urbana ao redor de cidades de médio e grande porte, ocasionando intensa atividade industrial e de serviços ao lado de grande atividade agroindustrial e, consequentemente, problemas de ordem ambiental. A Cidade de Campinas, tem uma população de "Um" milhão, cento e sessenta e quatro mil habitantes (1.164.000,0), e é considerada a sede da região, sendo responsável por cerca de 17,0 % da produção industrial do Estado. Assim como a Região Metropolitana de São Paulo -RMSP, a Cidade de Campinas e todo o seu entorno, sofre todo tipo de problemas ambientais, entre os quais, está a deterioração da qualidade do ar, devido às emissões atmosféricas do parque industrial de Campinas, conforme, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatistica – IBGE, (IBGE, 2010). Campinas tem uma frota de veículos, estimada em "Um" (1,0) milhão de veículos, que é responsável por uma parte significativa da poluição atmosférica. De acordo com as estimativas do ano de 2012, essas fontes de poluição são responsáveis pelas emissões para a atmosfera, dos seguintes poluentes: 310,0 mil toneladas/ano de monóxido de carbono (CO), 80,0 mil toneladas/ano de hidrocarbonetos (HC), 87,0 mil toneladas/ano de óxidos de nitrogênio (NOx), 12,0 mil toneladas/ano de material particulado total (PM<sub>10</sub> e PM <sub>2,5</sub>) e 28,0 mil toneladas/ano de óxidos de enxofre (SOx). (CETESB, 2009).

Ribeirão Preto está localizado no noroeste do Estado de São Paulo, distando 315,0 Km (Quilômetros) da Capital, possui área de 650,9 km², (quilômetros quadrados) sendo que 127,3 km² (quilômetros quadrados) estão em perímetro urbano. Sendo a cidade-sede da Região Metropolitana de Ribeirão Preto, possui população de 666.323,0 habitantes, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatistica – IBGE (IBGE, 2013). O clima da cidade é tropical semi-umido, e as temperaturas médias são superiores a 18,0 °C em todos os meses do ano, porém a média anual é de 21,9 °C, e o índice pluviométrico (quantidade de chuvas) de aproximadamente 1.500 mm/ano, concentrados entre os meses de Outubro e Abril, sendo Dezembro o mês de maior precipitação (272,0 mm). Os meses mais quentes, Janeiro e Fevereiro, tem temperatura média de 23,9 °C, sendo as médias: máximas de 29 °C, e a mínima de 19 °C. No mês mais frio, Julho, a média mensal é de 18,4 °C. Durante a estação seca, os índices da umidade relativa do ar, podem atingir níveis críticos, muitas vezes abaixo de 20,0 %, sendo que o ideal estabelecido pela Organização Mundial de Saúde - OMS de 60,0 %, segundo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (INMET, 2010). A cidade de Ribeirão Preto conta com uma frota de 0,7 automóveis por habitante (ou seja, quase 1,0 autómóvel por habitante - na pior condição para emissão de poluentes) de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatistica – IBGE (IBGE, 2013).

Criada em 1973, a Região Metropolitana de Curitiba - RMC é constituída por vinte e nove (29,0) municípios e é a oitava (8ª) região metropolitana mais populosa do Brasil, com tres (3) milhões, duzentos e vinte e três mil e oitocentos e trinta e seis (3.223.836,0) habitantes, concentrando 30,86 % da população do Estado do Paraná. A capital do Estado, Curitiba, concentra cerca de "Um" milhão, setecentos e setenta e seis mil e setecentos e sessenta e um (1.776.761,0) habitantes, em uma área de 435,0 km² (quilômetros quadrados), sendo que 319,4 km² constituem a zona urbana. Curitiba tem uma extensão norte-sul de 35,0 km (quilômetros) e leste-oeste de 20,0 km (quilômetros), o que caracteriza uma densidade demográfica de 4.089,0 habitantes por km² (habitantes por quilômetro quadrado) segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatistica – IBGE (IBGE, 2013). A Cidade de Curitiba inclusa na Região Metropolitana de Curitiba - RMC, está localizada no primeiro Planalto do Estado do Paraná, há 934,0 metros de altitude, á 110,0 Km (quilômetros) do Oceano Atlántico, com clima subtropical e úmido. O clima local também é influenciado pelas massas de ar "seco" que dominam todo o centro-sul do Brasil, em especial no inverno. Muitas vezes, frentes frias vindas da Antártida e da Argentina durante todo o ano, trazem tempestades tropicais no verão e ventos frios no inverno. O inverno tem geadas ocasionais, com temperaturas médias abaixo de 18,0 °C e temperaturas mínimas de três (3) graus negativos (-3,0 °C). No verão são registradas temperaturas de até 35,0 °C. A umidade relativa do ar, varia entre 75,0 e 85,0 % (média mensal). As precipitações ocorrem durante o ano inteiro, com maior intensidade no verão. (Dezembro, Janeiro, Fevereiro) e

menor no inverno (Junho, Julho, Agosto). Na média, são registradas chuvas de cento e cinquenta (150,0) milímetros por mês - no verão; e oitenta (80,0) milimetros por mês - no inverno, conforme previsão do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (INMET, 2010). A Rede de Monitoramento de Qualidade do Ar da Região Mtropolitana de Curitiba - RMC conta com suas doze (12) estações, sendo oito (8) estações automáticas e quatro (4) manuais conforme o Instituto Ambiental do Paraná – IAP (IAP, 2012). No ano de 2012, As Partículas Inaláveis (PI) foram monitoradas em sete (7) estações de monitoramento na Região Metropolitana de Curitiba - RMC, sendo três (3) na cidade de Curitiba; e estas apresentaram medidas de "Média anual" entre 23,92 µg/m³ á 29,32 µg/m³. Tambem apresentaram "Média diária máxima" de 109 µg/m³ (em 03 de julho de 2012) á 123 µg/m³ (em 10 de agosto de 2012). O número de ultrapassagens das médias diárias ocorridas foi zero (0) ou nenhuma. Em Curitiba todas as médias diárias obtidas no período enquadram-se na classificação "BOA", conforme relatório anual do Instituto Ambiental do Paraná – IAP (IAP, 2012).

A Cidade de Baurú esta localizada no centro-oeste do Estado de São Paulo, e distante 326,0 km (quilômetros) da Capital, ocupa uma área de 673,5 km² (quilômetros quadrados), sendo que 68,9 km² (quilômetros quadrados) em perimetro urbano e os 604,5 km² (quilômetros quadrados) restantes constituidos na zona rural, sendo que a sua população estimada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatistica – IBGE (IBGE, 2013) é de 366.992,0 habitantes. O Clima de Bauru é tropical de altitude, com chuvas reduzidas no inverno e temperatura média anual de 22,6 °C, tendo invernos

secos e amenos (raramente frio de forma demasiada) e verões chuvosos com temperaturas moderadamente altas. O mês mais quente, Março, conta com temperatura média de 25,0 °C, sendo a média máxima de 31,0 °C e a mínima de 19,0 °C. E o mês mais frio, Julho, com média de 19,0 °C, sendo 26,0 °C e 12,0 °C as médias máxima e mínima, respectivamente. A precipitação média anual é de 1.331,0 milimetros, sendo Agosto o mês mais seco, quando ocorrem apenas 25,0 milimetros de chuvas. Em Janeiro, o mês mais chuvoso, a média é de 226,5 milimetros. Nos últimos anos, os dias quentes e secos durante o inverno têm sido cada vez mais frequentes, não raro ultrapassar a temperatura de 30,0 °C, especialmente entre Julho e Setembro, segundo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (INMET, 2010). Durante a época das secas e também das chuvas, são comuns registros de queimadas, principalmente na zona rural da Cidade, promovendo o lançamento de poluentes na atmosfera, contribuindo para deterioração da qualidade do ar (CETESB, 2009).

Presidente Prudente, está no extremo-oeste do estado de São Paulo, distante 558,0 quilômetros da Capital. Ocupa área de 562,1 km² (quilômetros quadrados), sendo que 16,5 km² (quilômetros quadrados) são de área urbana. Sua população é de 220.599,0 habitantes conforme Instituto Brasileiro de Geografia e Estatistica – IBGE (IBGE, 2013). A Cidade tem uma temperatura média anual de 22,7 °C. A precipitação média anual é de 1.361,0 mm; sendo Agosto o mês mais seco com 42,0 mm e Janeiro o mais chuvoso com 218,0 mm. Quedas nos índices de umidade relativa do ar, são comuns durante os meses do inverno, podendo atingir médias de 10,0 % e

15,0 %. Muito semelhante ao deserto do Saara na África, segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), (INMET, 2010). Em relação à frota automobilística, a Cidade de Presidente Prudente tem aproximadamente cem (100) mil unidades (CETESB, 2009).

#### 3.4- Dados de Morbidade Respiratória e Cardiovascular

Registros diários de internações hospitalares por doenças respiratórias; segundo o Código Internacional de Doenças – CID: 10<sup>a</sup> Revisão: 519 – 620; e J00 - J99), para crianças até cinco (5) anos de idade e idosos com sessenta e cinco (65) anos de idade ou mais; e registros diários de internações hospitalares por doenças cardiovasculares; segundo o Código Internacional de Doenças – CID: 10<sup>a</sup> Revisão: 329 – 429; e 100 – 199), para idosos com 65 anos de idade ou mais; para o período de 1º de janeiro de 2009 até 31 de Dezembro de 2011, foram fornecidos pelo Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde – DATASUS. As internações hospitalares, bem como todos os procedimentos realizados durante o período de internação, devem ser notificados ao SUS através do preenchimento da Autorização de Internação Hospitalar (AIH). Essas informações são então registradas e arquivadas. O banco de dados utilizado para este estudo foi extraído do registro dos pagamentos efetuados pelo SUS aos prestadores de serviço, o qual está disponível na forma de CD-ROM ou diretamente na página do DATASUS na rede mundial de computadores. As informações contidas nesses arquivos incluem o número do Cadastro Geral do Contribuinte, no caso o CGC do hospital, a cidade, a idade do paciente, o sexo, o código de endereçamento postal da moradia do paciente (CEP), a causa da internação, através da Classificação Internacional de Doenças (CID), o tempo de internação, a data da alta (ou do óbito) e outros diversos procedimentos realizados durante a internação, como utilização de sangue pelo paciente, dias de internação em UTI. Foram selecionadas as internações de todos os hospistais conveniados ao SUS, ocorridas durante o período de estudo, nas cidades de São Paulo, Campinas, Ribeirão Preto, Bauru, Presidente Prudente e Curitiba.

#### 3.5- Determinação das variáveis do estudo

#### 3.5.1 – Variáveis Dependentes

Os números totais diários de internações por todas as doenças respiratórias de crianças (RESPCRI), com até cinco anos (5) de idade; e os números totais diários de internações por todas as doenças respiratórias (RESPID) e cardiovasculares (CARDID) em idosos com sessenta e cinco (65) anos de idade ou mais; em cada uma das cidades estudadas foram consideradas variáveis dependentes.

#### 3.5.2 – Variáveis Independentes ou Explicativas

#### 3.5.2.1 – Concentração diária de PM<sub>10</sub>

Utilizamos as concdentrações médias diárias de MP<sub>10</sub> medidos pela CETESB para todas as Cidade do estudo, como variável independente ou explicativa.

### 3.5.2.2 - Indicador de PM<sub>10</sub>

Foi construído um indicador da concentração de MP<sub>10</sub> com utilização de dados meteorológicos (Temperaturas; média, máxima e mínima e também temperatura de ponto de orvalho *(dewpoint)*, Umidade Relativa do

Ar e Visibilidade Horizontal) para todas as cidades do estudo, conforme metodologia já utilizada anteriormente no estudo de **Prioli** (2007). A visibilidade horizontal guarda estreita relação com a concentração de material particulado, o tipo de partícula e a umidade relativa do ar. Sua utilização para a construção de indicadores de concentração de material particulado é produto da utilização das medições diárias da Visibilidade Horizontal, em Quilômetros (Km) e utiliza metodologia semelhante a dos autores (Knobel *et al.*, 1995; Vajanapoon et *al.*, 2002 e O´neill *et al.*, 2002).

O Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAGCA-USP) (IAGCA-USP, 2013 e 2005) também participou deste estudo, e nos orientou na utilização dos dados meteorológicos - medidas diárias de temperaturas: mínima, média e máxima; temperatura de ponto de orvalho (dewpoint) (em graus Célsius); umidade relativa do ar (em percentagem), e visibilidade horizontal (em metros ou quilômetros), desta forma definimos assim, o primeiro Modelo com aplicação do modelo de regressão, utilizando as variáveis meteorológicas, que inicialmente foi utilizada nos estudos de Prioli (2007) e posteriormente neste estudo.

No presente estudo foi testado o modelo de regressão linear com variáveis meteorológicas, contendo a variável: Visibilidade horizontal, medida diretamente nos aeroportos de cidades brasileiras, conforme segue:

 $[PM_{10}E] = \alpha + \beta_1$  \* umidade relativa máxima +  $\beta_2$  \* ponto de orvalho +

 $\beta_3$  \* temperatura média +  $\beta_4$  \* visibilidade horizontal (7)

Onde: A Temperatura Ponto de Orvalho é a Temperatura Dewpoint.

Como parâmetros para avaliar as adequações dos modelos foram utilizados os coeficientes de explicação das retas (na regressão linear) para cada modelo e as correlações de Pearson (r²) entre os indicadores e o MP<sub>10</sub> medidos.

#### 3.5.3 - Variáveis de Confusão e de Controle

Foi criada uma variável com o número de dias transcorridos para controle da sazonalidade de longa duração. Para o controle de sazonalidade de curta duração foram definidas duas variáveis: dias da semana e número de dias transcorridos. A inclusão dessa última variável tem se mostrado importante nos estudos realizados pelo nosso grupo utilizando internações hospitalares (Braga *et al.*, 2001).

Temperatura mínima e umidade relativa do ar média foram as duas variáveis meteorológicas definidas para entrarem nos modelos de estimativa de efeito. Sua importância como variável de confusão em estudos semelhantes a este está definitivamente estabelecida (Saldiva *et al.*, 1995; Lin *et al.*, 1999; Braga *et al.*, 2001; Martins *et al.*, 2002; Lin *et al.*, 2004).

Os efeitos da poluição atmosférica sobre a saúde humana apresentam um comportamento que mostra uma defasagem entre a exposição dos indivíduos aos agentes poluidores e os seus efeitos. Contudo, as internações observadas em um dia específico estão relacionadas à poluição do referido dia e, também, com a poluição observada nos dias anteriores.

#### 3.6- Análise estatística

#### 3.6.1 - Análise descritiva

Inicialmente realizou-se uma análise descritiva das principais variáveis de interesse, citadas anteriormente, calculando-se suas médias, desvios-padrão e o número de eventos no período total de estudo.

#### 3.6.2 - Correlação de Pearson.

Com a finalidade de se obter uma avaliação inicial de como as variáveis principais do modelo estão relacionadas entre si, calculou-se o coeficiente de correlação de Pearson para as variáveis MP<sub>10</sub>, temperaturas médias, temperaturas mínimas e máximas, temperatura de ponto de orvalho *(dew-point)*, umidade relativa do ar e visibilidade, para todas as cidades do estudo, São Paulo, Campinas, Ribeirão Preto, Bauru, Presidente Prudente e Curitiba.

#### 3.6.3- Estimativas do Efeito

Foram utilizados modelos lineares generalizados de regressão de Poisson. Os Modelos Lineares Generalizados (GLM) foram primeiramente apresentados por Nelder e Wedderburn (1972) e permitem a inclusão de funções semi-paramétricas de alisamento para melhor ajuste das dependências não lineares entre a variável de interesse e algumas variáveis de controle.

Para estimar o efeito do MP<sub>10</sub> e de seus indicadores nas internações por doenças respiratórias em crianças até cinco (5) anos e idosos com sessenta e cinco (65) anos ou mais e para as internações por doenças cardiovasculares em idosos com sessenta e cinco (65) anos ou mais, foram construídos modelos específicos para cada cidade, ou seja, um modelo para o poluente medido e outro para o poluente estimado.

Para o controle da sazonalidade de longa duração foi utilizada a função semi-paramétrica de alisamento chamada "natural cubic spline" (Green e Silverman, 1994).

As cidades incluídas neste estudo, não apresentam temperaturas baixas durante todo o ano, nem mesmo durante os períodos de inverno. Em cidades como estas, nosso grupo mostrou que a dependência das doenças respiratórias e doenças cardiovasculares em relação à temperatura é linear.

#### 3.6.3.1 - Modelo de Defasagem Distribuída

Utilizamos modelos com defasagem distribuída, pois a exposição a poluição do ar, pode causar efeitos prejudiciais e agravos na saúde humana, demonstrados pelas internações por doenças respiratórias e cardiovasculares no dia da exposição, no dia seguinte, ou até vários dias após a exposição. Portanto, as internações que ocorrem em um determinado dia, podem ser resultado da exposição ocorrida no mesmo dia, associadas as as exposições ocorridas em cada um dos dias precedentes. Para dados com distribuição normal, suprimindo-se as co-variáveis, um modelo de defasagem distribuída, pode assumir a seguinte fórmula:

$$Log[E(Yt)] = \alpha + (\beta_0 * X_t) + ...... (\beta_q * X_{t-q}) + \varepsilon$$
 (8)

Onde: em que  $X_{t-q}$  é a exposição ambiental de interesse, por exemplo, poluentes do ar, e "q" são os dias antes do evento estimado, por exemplo, internações hospitalares. O efeito total da exposição ambiental é a soma dos efeitos estimados dos "q" dias subseqüentes. Portanto, pode ser escrita

como:  $\beta_0 + ... + \beta_q$ . Entretanto, a alta correlação entre dados de dias consecutivos, torna instável estimativas individuais para cada " $\beta_q$ ".

Para solucionar este problema, foi imposto um fator de restrição que faz com que os " $\beta_q$ s" variem suavemente como uma função polinomial dos dias do período de defasagem analisado. Este modelo de defasagem com distribuição polinomial tem "q" dias e "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 as internações hospitalares por doenças respiratórias e cardiovasculares e explorar a estrutura de defasagem (lag) entre a exposição a esses fatores e o desfecho analisado, foi utilizado modelos de defasagem com distribuição polinomial para os poluentes.

Foram estimados os efeitos das exposições aos poluentes aplicando estrutura de defasagem (*lag*) de sete (7) dias, ou seja, do dia da internação (Dia zero) ou dia inicial da exposição, até o sexto (6º) ou seis (6) dias, após a exposição); utilizando-se "polinômios de terceiro grau" que permitem estimativas flexíveis e mais estáveis do que os modelos sem restrição (Zanobetti *et al.*, 2002, Martins, 2004).

Assim, o modelo para as três (3) variáveis ficou definido assim:

$$Log [E (RESPcriança)] = \alpha + (\beta_0 * X_t) + \dots (\beta_q * X_{t-q}) + \varepsilon_t$$
 (9)

$$Log [E (RESPidoso)] = \alpha + (\beta_0 * X_t) + ...... (\beta_q * X_{t-q}) + \epsilon_t$$
 (10)

$$Log [E (CARDidoso)] = \alpha + (\beta_0 * X_t) + \dots (\beta_q * X_{t-q}) + \epsilon_t (11)$$

Os resultados foram apresentados como aumentos percentuais nas internações hospitalares para aumento de 10,0 µg/m³ na concentração de MP<sub>10</sub> para os modelos indicadores foram definidos através das fórmulas:

AP (RESPCRI) = 
$$((e^{(\beta POL * 10)}) - 1) * 100$$
 (12)

AP (RESPID) = 
$$((e^{(\beta POL * 10)}) - 1) * 100$$
 (13)

AP (CARDID) = 
$$((e^{(\beta POL * 10)}) - 1) * 100$$
 (14)

Onde: AP (RESPCRI, RESPID e CARDID) é o aumento percentual nas internações hospitalares por doenças respiratórias e doenças cardivasculares é a função exponencial,  $\beta$  *POL* é o coeficiente de regressão do poluente/indicador. O intervalo de confiança do aumento percentual é dado por:

$$IC_{95\%}[AP(RESPCRI)] = [(e^{[(\beta POL * 10) \pm (1.96 * EP (\beta POL) * 10)]}) - 1] *100$$
 (15)

$$IC_{95\%}[AP(RESPID)] = [(e^{[(\beta POL * 10) \pm (1.96 * EP (\beta POL) * 10)]}) - 1] *100$$
 (16)

$$IC_{95\%}[AP(CARDID)] = [(e^{[(\beta POL * 10) \pm (1,96 * EP (\beta POL) * 10)]}) - 1] *100$$
 (17)

Onde: *IC*<sub>95%</sub> é o intervalo de confiança de 95,0 %.

Utilizamos o programa Statistical Package for Social Science (SPSS) for Windows na montagem dos bancos de dados, nas análises descritivas, análises de correlação e também nas análises de regressões. Utilizamos o programa estatístico S-PLUS para Windows versão 4.5, foi utilizado para as análises de regressão de Poisson.

## 4. RESULTADOS

#### 4- RESULTADOS

# 4.1 – Coeficiente de Correlação de *Pearson* (r) do Material Particulado Medido pela CETESB, do Indicador de Material Particulado Estimado e das Variáveis Meteorológicas.

As Tabelas de 3 á 8, mostram os valores dos Coeficientes de Correlação de Pearson (r) entre o Material Particulado Medido pela CETESB (MP10 Medido) e o Indicador de Material Particulado Estimado (MP10 Estimado) e as variáveis meteorológicas estudadas para cada uma das cidades estudadas.

A Tabela 3 mostra o coeficiente de correlação (r) entre o MP<sub>10</sub> Medido pela CETESB e o Indicador de MP<sub>10</sub> Estimado para a Cidade de São Paulo. Observa-se uma correlação positiva entre o valor medido e estimado.

Tabela 3 – Coeficientes de Correlação de *Pearson* do MP10 Medido pela CETESB e do indicador MP10 Estimado, e das Variáveis Meteorológicas para o período de estudo de 2009 á 2011 na Cidade de São Paulo – SP.

Variáveis	N	PM <sub>10</sub> Medido	PM <sub>10</sub> Estimado	Temp. Média	Umid. Relativa	Dewpoint	Visibilidade
PM <sub>10</sub> Medido <sup>(a)</sup> (µg/m³)	1095	1,000	0,560**	-0,005	0,022	-0,278**	-0,177**
PM <sub>10</sub> Estimado <sup>(a)</sup> (μg/m³)	1095	0,560**	1,000	0,157**	0,126**	-0,342**	0,029
Temp.Média <sup>(b)</sup> (°C)	1095	-0,005	0,157**	1,000	-0,301**	0,795**	0,209**
Umid.Relativa <sup>(c)</sup> (%)	1095	0,022	0,126**	-0,301**	1,000	-0,098**	-0,363**
Dewpoint <sup>(d)</sup> (°C)	1095	-0,278**	-0,342**	0,795**	-0,098**	1,000	-0,057**
Visibilidade <sup>(e)</sup> (Km)	1095	-0,177**	0,029	0,209**	-0,363**	-0,057**	1,000

(a): MP10 Medido pela CETESB e Indicador de MP10 Estimado; (b): temperatura média; (c): Umidade Relativa do Ar; (d): temperatura de ponto de orvalho - *dewpoin*t; (e): visibilidade horizontal; (f) para o Coeficientes de Correlação (r²): \*p < 0,05; \*\* p < 0,01.

A Tabela 4 apresenta o coeficiente de correlação de Pearson (r) entre o MP<sub>10</sub> Medido pela CETESB e o Indicador de MP<sub>10</sub> Estimado para a Cidade de Campinas. A correlação entre eles se mostrou similar ao da Cidade de São Paulo. Observa-se correlação inversa entre o MP<sub>10</sub>medido e o MP<sub>10</sub>estimado e a umidade relativa, dewpoint e visibilidade.

Tabela 4 – Coeficientes de Correlação de *Pearson* do MP10 Medido pela CETESB e do indicador MP10 Estimado, e das Variáveis Meteorológicas para o período de estudo de 2009 á 2011 na Cidade de Campinas – SP.

Variáveis	N	PM <sub>10</sub> Medido	PM <sub>10</sub> Estimado	Temp. Média	Umid. Relativa	Dewpoint	Visibilidade
PM <sub>10</sub> Medido <sup>(a)</sup> (µg/m³)	1095	1,000	0,570**	-0,093**	-0,0181**	-0,388**	-0,419**
PM <sub>10</sub> Estimado <sup>(a)</sup> (μg/m³)	1095	0,570**	1,000	0,086**	-0,326**	-0,551**	-0,085**
Temp.Média <sup>(b)</sup> (°C)	1095	-0,093**	0,086**	1,000	0,016	0,696**	0,137**
Umid.Relativa <sup>(c)</sup> (%)	1095	-0,181**	-0,326**	0,016	1,000	0,472	-,150**
Dewpoint <sup>(d)</sup> (°C)	1095	-0,388**	-0,551	0,696**	0,472**	1,000	0,010
Visibilidade <sup>(e)</sup> (Km)	1095	-0,419	-0,085**	0,137**	-0,150**	-0,010	1,000

(a): MP10 Medido pela CETESB e Indicador de MP10 Estimado; (b): temperatura média; (c): Umidade Relativa do Ar; (d): temperatura de ponto de orvalho - dewpoint; (e): visibilidade horizontal; (f) para o Coeficientes de Correlação ( $r^2$ ): \*p < 0,05; \*\* p < 0,01.

A Tabela 5 apresenta o coeficiente de correlação (r) entre o MP<sub>10</sub> Medido pela CETESB e o Indicador de MP<sub>10</sub> Estimado para a Cidade de Ribeirão Preto. A correlação entre o MP<sub>10</sub>medido e MP<sub>10</sub>estimado foi superior ao encontrado para as Cidades de São Paulo e Campinas.

Tabela 5 – Coeficientes de Correlação de *Pearson* do MP10 Medido pela CETESB e do indicador MP10 Estimado, e das Variáveis Meteorológicas para o período de estudo de 2009 á 2011 na Cidade de Ribeirão Preto- SP.

Variáveis	N	PM <sub>10</sub> Medido	PM <sub>10</sub> Estimado	Temp. Média	Umid. Relativa	Dewpoint	Visibilidade
PM <sub>10</sub> Medido <sup>(a)</sup> (µg/m³)	1095	1,000	0,680**	-0,230**	-0,553**	-0,696**	-0,037**
PM <sub>10</sub> Estimado <sup>(a)</sup> (μg/m³)	1095	0,680**	1,000	-0,005	-0,563	0,744**	0,172**
Temp.Média <sup>(b)</sup> (°C)	1095	-0,230**	-0,005	1,000	0,108**	0,569**	0,228**
Umid.Relativa <sup>(c)</sup> (%)	1095	-0,553**	-0,563**	-0,108**	1,000	0,562**	-0,392**
Dewpoint <sup>(d)</sup> (°C)	1095	0,696**	-0,744**	0569**	0,562**	1,000	0,096**
Visibilidade <sup>(e)</sup> (Km)	1095	-0,037	0,172**	0,288**	-0,392**	-0,096**	1,000

(a): MP10 Medido pela CETESB e Indicador de MP10 Estimado; (b): temperatura média; (c): Umidade Relativa do Ar; (d): temperatura de ponto de orvalho - *dewpoint*; (e): visibilidade horizontal; (f) para o Coeficientes de Correlação (r²): \*p < 0,05; \*\* p < 0,01.

A Tabela 6 apresenta o coeficiente de correlação (r) entre o MP<sub>10</sub> Medido pela CETESB e o Indicador de MP<sub>10</sub> Estimado para a Cidade de Baurú. Observa-se que a correlação entre eles se mostrou significativa e similar ao da Cidade de Presidente Prudente.

Tabela 6 – Coeficientes de Correlação de *Pearson* do MP10 Medido pela CETESB e do indicador MP10 Estimado, e das Variáveis Meteorológicas para o período de estudo de 2009 á 2011 na Cidade de Baurú – SP.

Variáveis	N	PM <sub>10</sub> Medido	PM <sub>10</sub> Estimado	Temp. Média	Umid. Relativa	Dewpoint	Visibilidade
PM <sub>10</sub> Medido <sup>(a)</sup> (µg/m³)	1095	1,000	0,730**	0,037	-0,578**	-0,597***	0,061*
PM <sub>10</sub> Estimado <sup>(a)</sup> (μg/m³)	1095	0,730**	1,000	0,221**	-0,542***	-0,584***	0,184**
Temp.Média <sup>(b)</sup> (°C)	1095	0,037	0,221**	1,000	-0,225**	0,521**	0,105**
Umid.Relativa <sup>(c)</sup> (%)	1095	-0,578**	-0,542**	-0,225**	1,000	0,517**	-0,373**
Dewpoint <sup>(d)</sup> (°C)	1095	-0,597**	-0,584**	0,521**	0,517**	1,000	-0,227**
Visibilidade <sup>(e)</sup> (Km)	1095	0,061*	0,184**	0,105**	0,373**	-0,227**	1,000

(a): MP10 Medido pela CETESB e Indicador de MP10 Estimado; (b): temperatura média; (c): Umidade Relativa do Ar; (d): temperatura de ponto de orvalho - *dewpoint*; (e): visibilidade horizontal; (f) para o Coeficientes de Correlação (r²): \*p < 0,05; \*\* p < 0,01.

A Tabela 7 apresenta o coeficiente de correlação (r) entre o MP<sub>10</sub> Medido pela CETESB e o Indicador de MP<sub>10</sub> Estimado para a Cidade de Presidente Prudente.

Tabela 7 – Coeficientes de Correlação de *Pearson* do MP10 Medido pela CETESB e do indicador MP10 Estimado, e das Variáveis Meteorológicas para o período de estudo de 2009 á 2011 na Cidade de Presidente Prudente – SP.

Variáveis	N	PM <sub>10</sub> Medido	PM <sub>10</sub> Estimado	Temp. Média	Umid. Relativa	Dewpoint	Visibilidade
PM <sub>10</sub> Medido <sup>(a)</sup> (μg/m³)	1095	1,000	0,710**	-0,066*	-0,641**	-0,681**	0,016
PM <sub>10</sub> Estimado <sup>(a)</sup> (μg/m³)	1095	0,710**	1,000	0,125**	-0,650**	-0,736**	0,256**
Temp.Média <sup>(b)</sup> (°C)	1095	-0,066*	0,0125**	1,000	-0,186**	0,459**	0,237**
Umid.Relativa <sup>(c)</sup> (%)	1095	-0,641**	-0,650**	-0,186**	1,000	0,0621**	-0,399*
Dewpoint <sup>(d)</sup> (°C)	1095	-0,681**	-0,736**	0,459**	0,621**	1,000	-0,120**

Visibilidade <sup>(e)</sup> (Km)	1095	0,016	0,256**	0,237**	-0,399**	0,120**	1,000

(a): MP10 Medido pela CETESB e Indicador de MP10 Estimado; (b): temperatura média; (c): Umidade Relativa do Ar; (d): temperatura de ponto de orvalho - dewpoint; (e): visibilidade horizontal; (f) para o Coeficientes de Correlação ( $r^2$ ): \*p < 0,05; \*\* p < 0,01.

A Tabela 8 apresenta o coeficiente de correlação (r) entre as variáveis meteorológicas e o Indicador de MP<sub>10</sub> Estimado para a cidade de Curitiba.

Tabela 8 – Coeficientes de Correlação de *Pearson* do Indicador indicador MP10 Estimado, e das Variáveis Meteorológicas para o período de estudo de 2009 á 2011 na Cidade de Curitiba – PR.

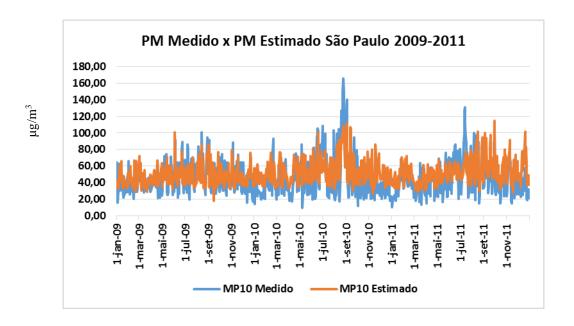
Variáveis	N	PM <sub>10</sub> Medido	PM <sub>10</sub> Estimado	Temp. Média	Umid. Relativa	Dewpoint	Visibilidade
PM <sub>10</sub> Medido <sup>(a)</sup>	*	*	*	*	*	*	*
(µg/m³)	1095	*	1,000	0,282**	-0,056	0,0153	-0,166**
PM <sub>10</sub> Estimado <sup>(a)</sup> (μg/m³)							
Temp.Média <sup>(b)</sup> (°C)	1095	*	0,282**	1,000	0,090**	0,862**	0,139**
Umid.Relativa <sup>(c)</sup> (%)	1095	*	-0,056	0,090***	1,000	0,243**	0,004
Dewpoint <sup>(d)</sup> (°C)	1095	*	-0,153**	0,862**	0,243**	1,000	0,084**
Visibilidade <sup>(e)</sup> (Km)	1095	*	-0,166**	0,139**	0,004	0,084	1,000

(a): MP10 Medido (Não existe) e Indicador de MP10 Estimado; (b): temperatura média; (c): Umidade Relativa do Ar; (d): temperatura de ponto de orvalho - *dewpoint*; (e): visibilidade horizontal; (f) para o Coeficientes de Correlação (r²): \*p < 0,05; \*\* p < 0,01.

# 4.2 – Gráficos das Séries de Tempos do Material Particulado Medido pela CETESB, do Indicador de Material Particulado Estimado para todas as Cidades Estudadas

As Figuras de 11 á 15 mostram os valores na Série de Tempos para os Indicadores de Material Particulado Medido pela CETESB (MP10 Medido) e os Indicadores de Material Particulado Estimado (MP10 Estimado) criados a partir de Variáveis Meteorológicas, para cada cidade estudada.

A Figura 11 mostra a Série de Tempo com os valores diários de MP<sub>10</sub> Medido pela CETESB e os valores diários do MP<sub>10</sub> Estimado para a Cidade de São Paulo e pode-se observar a similaridade entre os indicadores durante todo o período de estudo.



**Figura 11** — Mostra os valores médios das concentrações de MP<sub>10</sub> Medido e MP<sub>10</sub> Estimado no período de estudo na cidade de São Paulo.

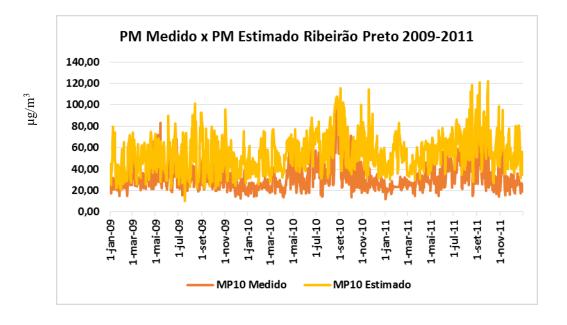
A Figura 12 mostra a Série de Tempo com os valores diários de MP<sub>10</sub> Medido pela CETESB e os valores diários do MP<sub>10</sub> Estimado para a Cidade de Campinas e pode-se observar a similaridade entre os indicadores principalmente nos dois terços iniciais do período do estudo.

PM Medido x PM Estimado Campinas 2009-2011 140,00 120,00 100,00 80,00 60,00 40,00 20,00 0,00 1-mai-09 1-jul-10 1-jul-11 .-mai-10 1-set-10 1-nov-10 1-nov-11 l-mai-11 1-set-11 1-nov-09 MP10 Medido MP10 Estimado

 $\mu g/m^3$ 

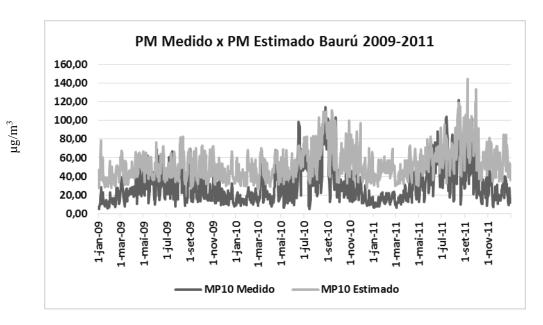
**Figura 12** — Mostra os valores médios das concentrações de MP<sub>10</sub> Medido e MP<sub>10</sub> Estimado no período de estudo na cidade de Campinas.

A Figura 13 mostra a Série de Tempo com os valores diários de MP<sub>10</sub> Medido pela CETESB e os valores diários do MP<sub>10</sub> Estimado para a Cidade de Ribeirão Preto e pode-se observar a similaridade entre os indicadores principalmente nos dois terços iniciais do período desta série de tempo.



**Figura 13** — Mostra os valores médios das concentrações de MP<sub>10</sub> Medido e MP<sub>10</sub> Estimado no período de estudo na cidade de Ribeirão Preto.

A Figura 14 mostra a Série de Tempo com os valores diários de MP<sub>10</sub> Medido pela CETESB e os valores diários do MP<sub>10</sub> Estimado para a Cidade de Baurú e pode-se observar a similaridade entre os indicadores, porém porém os valores do do MP<sub>10</sub> Estimado mostraram valores superiores nos dois terços finais do período desta série de tempo, produto da equação do modelo de regressão aplicado á todas as variáveis meteorológicas, simultaneamente.



**Figura 14** — Mostra os valores médios das concentrações de MP<sub>10</sub> Medido e MP<sub>10</sub> Estimado no período de estudo na cidade de Baurú.

A Figura 15 mostra a Série de Tempo com os valores diários de MP<sub>10</sub> Medido pela CETESB e os valores diários do MP<sub>10</sub> Estimado para a Cidade de Presidente Prudente e pode-se observar similaridade entre os dois (2) indicadores, com o Indicador para MP<sub>10</sub> Estimado com valores superiores.

**Figura 15** — Mostra os valores médios das concentrações de indicador de MP<sub>10</sub> Medido e MP<sub>10</sub> Estimado no período de estudo na cidade de Presidente Prudente.

#### 4.3 - Análise Descritiva das Variáveis do Estudo de Todas as Cidades

As Tabelas de 9 á 14, apresentam a Analise Descritiva das variáveis do estudo para todas as cidades.

A Tabela 9 apresenta á Análise Descritiva das variáveis do estudo para a Cidade de São Paulo – SP.

Tabela 9 – Análise descritiva do PM<sub>10</sub> Medido, do indicador de PM<sub>10</sub> Estimado a partir das variáveis meteorológicas, das variáveis meteorológicas e das internações por doenças respiratórias e cardiovasculares para o período de estudo de 2009 á 2011 na Cidade de São Paulo – SP.

Variáveis	N	Média Diária	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	IQR <sup>(i)</sup>
PM <sub>10</sub> Medido <sup>(a)</sup> (μg/m <sup>3</sup> )	1095	45,25	20,34	9,67	165,20	24,60
PM <sub>10</sub> Estimado <sup>(a)</sup> (µg/m³)	1095	51,67	14,30	18,22	114,83	17,62
Temp. Média <sup>(b)</sup> (°C)	1095	19,52	3,39	9,52	26,80	5,28
Umidade Relativa <sup>(c)</sup> (%)	1095	97,13	3,94	66,00	100,00	4,00
Dewpoint <sup>(d)</sup> (°C)	1095	15,56	3,32	3,18	21,44	5,13

Visibilidade <sup>(e)</sup> (Km)	1095	12,51	3,73	3,88	20,00	5,66
Respiratória Criança <sup>(f)</sup>	1095	38,95	19,03	2,00	118,00	19,00
Respiratória Idoso <sup>(g)</sup>	1095	37,57	9,50	15,00	91,00	12,00
Cardiovascular Idoso <sup>(h)</sup>	1095	103,40	35,22	39,00	647,00	42,00

(a): indicador de MP10; (b): temperatura média; (c): umidade relativa do ar; (d): temperatura de ponto de orvalho - dewpoint; (e): visibilidade horizontal; (f): internações de crianças por doenças respiratórias. (g): internações de idosos por doenças respiratórias. (h): internações de idosos por doenças cardiovasculares. (i): IQR: intervalo interquartil.

Observa-se na Tabela 9, para São Paulo, observa-se que O PM10 ultrapassou seu limite de qualidade do ar (120 µg/m³) 11 vezes durante o período de estudo. São Paulo é uma cidade com temperaturas moderadas e umidade relativa elevada.

A Tabela 10 apresenta á Análise Descritiva das variáveis do estudo para a Cidade de Campinas – SP.

Tabela 10 – Análise descritiva do PM<sub>10</sub> Medido, do indicador de PM<sub>10</sub> Estimado a partir das variáveis meteorológicas, das variáveis meteorológicas e das internações por doenças respiratórias e cardiovasculares para o período de estudo de 2009 á 2011 na Cidade de Campinas – SP.

Variáveis	N	Média Diária	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	IQR <sup>(i)</sup>
PM <sub>10</sub> Medido <sup>(a)</sup> (μg/m <sup>3</sup> )	1095	31,98	12,28	11,67	102,80	13,16
PM <sub>10</sub> Estimado <sup>(a)</sup> (µg/m³)	1095	54,47	17, 68	10,13	122,00	24,64
Temp. Média <sup>(b)</sup> (°C)	1095	20,86	3,27	9,10	28,01	4,70
Umidade Relativa <sup>(c)</sup> (%)	1095	94,41	6,55	55,00	100,00	9,00
Dewpoint(d) (°C)	1095	15,50	3,95	3,01	23,14	6,16
Visibilidade <sup>(e)</sup> (Km)	1095	15,53	3,25	3,69	20,00	4,50
Respiratória Criança <sup>(f)</sup>	1095	13,62	6,66	0,70	41,30	6,65

Respiratória Idoso <sup>(g)</sup>	1095	12,51	3,16	5,00	30,39	3,99
Cardiovascular Idoso <sup>(h)</sup>	1095	15,80	4,63	5,90	48,50	6,09

(a): indicador de MP10; (b): temperatura média; (c): umidade relativa do ar; (d): temperatura de ponto de orvalho - dewpoint; (e): visibilidade horizontal; (f): internações de crianças por doenças respiratórias. (g): internações de idosos por doenças respiratórias. (h): internações de idosos por doenças cardiovasculares. (i): IQR: intervalo interquartil

Observa-se pela Tabela 10, para Campinas, o valor médio do Material Particulado Estimado (MP10*E*) foi maior que a média do Material Particulado Medido (MP10) pela CETESB. Campinas mostrou-se uma cidade mais quente e umidade relativa do ar semelhantes aos observadas em São Paulo para o periodo de estudo.

A **Tabela 11** apresenta á Análise Descritiva das variáveis do estudo para a Cidade de Ribeirão Preto – SP.

Tabela 11 – Análise descritiva do PM<sub>10</sub> Medido, do indicador de PM<sub>10</sub> Estimado a partir das variáveis meteorológicas, das variáveis meteorológicas e das internações por doenças respiratórias e cardiovasculares para o período de estudo de 2009 á 2011 na Cidade de Ribeirão Preto – SP.

Variáveis	N	Média Diária	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	IQR <sup>(i)</sup>
PM <sub>10</sub> Medido <sup>(a)</sup> (μg/m <sup>3</sup> )	1095	32,19	19,43	6,02	129,39	26,45
PM <sub>10</sub> Estimado <sup>(a)</sup> (μg/m³)	1095	54,62	17,30	21,76	129,25	23,02
Temp. Média <sup>(b)</sup> (°C)	1095	24,02	2,96	11,30	30,42	4,00
Umidade Relativa <sup>(c)</sup> (%)	1095	92,30	8,15	49,00	100,00	8,00
Dewpoint <sup>(d)</sup> (°C)	1095	17,77	4,07	5,05	23,87	6,45
Visibilidade <sup>(e)</sup> (Km)	1095	17,61	2,89	3,74	20,00	3,58
Respiratória Criança <sup>(f)</sup>	1095	9,35	4,56	0,48	28,32	4,56
Respiratória Idoso <sup>(g)</sup>	1095	9,01	2,28	3,60	21,84	2,80
Cardiovascular Idoso <sup>(h)</sup>	1095	13,42	3,49	5,88	32,84	3,60

(a): indicador de MP10; (b): temperatura média; (c): umidade relativa do ar; (d): temperatura de ponto de orvalho - dewpoint; (e): visibilidade horizontal; (f): internações de crianças por doenças respiratórias. (g): internações de idosos por doenças respiratórias. (h): internações de idosos por doenças cardiovasculares. (i): IQR: intervalo interquartil

Observa-se na Tabela 11, em Ribeirão Preto, que o valor médio do Material Particulado Estimado (MP10*E*) foi maior que a média do Material Particulado Medido (MP10) pela CETESB. As caracaterísticas meteorológicas de Ribeirão Preto foram semelhantes as encontradas em Campinas.

A **Tabela 12** apresenta á Análise Descritiva das variáveis do estudo para a Cidade de Curitiba – PR:

Tabela 12 – Análise descritiva do PM<sub>10</sub> Medido, do indicador de PM<sub>10</sub> Estimado a partir das variáveis meteorológicas, das variáveis meteorológicas e das internações por doenças respiratórias e cardiovasculares para o período de estudo de 2009 á 2011 na Cidade de Curitiba – PR.

Variáveis	N	Média Diária	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	IQR <sup>(i)</sup>
PM <sub>10</sub> Medido <sup>(a)</sup> (µg/m³)	*	*	*	*	*	*
PM <sub>10</sub> Estimado <sup>(a)</sup> (µg/m³)	1095	53,79	15,42	19,36	104,22	21,14
Temp. Média <sup>(b)</sup> (°C)	1095	17,55	4,28	4,00	27,00	7,00
Umidade Relativa <sup>(c)</sup> (%)	1095	98,57	3,14	73,00	100,00	0,00
Dewpoint <sup>(d)</sup> (°C)	1095	13,85	4,01	(-4,00)	23,00	6,00
Visibilidade <sup>(e)</sup> (Km)	1095	11,89	3,57	3,97	20,00	5,34
Respiratória Criança <sup>(f)</sup>	1095	13,44	6,56	0,70	40,70	6,55
Respiratória Idoso <sup>(g)</sup>	1095	11,83	2,99	4,70	28,70	3,78
Cardiovascular Idoso <sup>(h)</sup>	1095	18,95	5,63	7,00	59,00	7,77

<sup>(</sup>a): indicador de MP10; (b): temperatura média; (c): umidade relativa do ar; (d): temperatura de ponto de orvalho - dewpoint; (e): visibilidade horizontal; (f): internações de crianças por doenças respiratórias. (g): internações de idosos por doenças respiratórias. (h): internações de idosos por doenças cardiovasculares. (i): IQR: intervalo interquartil

Na Tabela 12 para Curitiba, observa-se que o Material Particulado Estimado (MP10*E*) não ultrapassou o limite aceitável de qualidade do ar. A Cidade de Curitiba apresenta temperaturas médias, e umidade relativa do ar elevadas.

A Tabela 13 apresenta á Análise Descritiva das variáveis do estudo para a Cidade de Bauru – SP:

Tabela 13 – Análise descritiva do PM₁₀ Medido, do indicador de PM₁₀ Estimado a partir das variáveis meteorológicas, das variáveis meteorológicas e das internações por doenças respiratórias e cardiovasculares para o período de estudo de 2009 á 2011 na de Cidade de Bauru – SP.

Variáveis	N	Média Diária	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	IQR <sup>(i)</sup>
PM <sub>10</sub> Medido <sup>(a)</sup> (µg/m³)	1095	31,25	20,84	5,37	121,01	24,08
PM <sub>10</sub> Estimado <sup>(a)</sup> (µg/m³)	1095	53,40	17,38	26,53	144,05	22,96
Temp. Média <sup>(b)</sup> (°C)	1095	22,38	3,29	11,20	30,10	4,20
Umidade Relativa <sup>(c)</sup> (%)	1095	93,94	9,58	39,00	100,00	9,00
Dewpoint <sup>(d)</sup> (°C)	1095	17,09	4,00	3,40	23,80	6,60
Visibilidade <sup>(e)</sup> (Km)	1095	15,02	3,85	3,85	20,00	6,25
Respiratória Criança <sup>(f)</sup>	1095	3,63	1,77	0,19	11,01	1,77
Respiratória Idoso <sup>(g)</sup>	1095	2,37	0,60	0,95	5,76	0,75
Cardiovascular Idoso <sup>(h)</sup>	1095	5,37	1,47	2,07	9,96	2,22

(a): indicador de MP10; (b): temperatura média; (c): umidade relativa do ar; (d): temperatura de ponto de orvalho - dewpoint; (e): visibilidade horizontal; (f): internações de crianças por doenças respiratórias. (g): internações de idosos por doenças respiratórias. (h): internações de idosos por doenças cardiovasculares. (i): IQR: intervalo interquartil

Em Bauru, Tabela 13, o valor médio do Material Particulado Estimado (MP10*E*) foi maior que a média do Material Particulado Medido (MP10) pela

CETESB. As caracaterísticas meteorológicas de Bauru foram semelhantes às de Presidente Prudente.

A Tabela 14 apresenta a descrição das variáveis utilizadas nas análises da Cidade de Presidente Prudente – SP.

Tabela 14 – Análise descritiva do PM<sub>10</sub> Medido, do indicador de PM<sub>10</sub> Estimado a partir das variáveis meteorológicas, das variáveis meteorológicas e das internações por doenças respiratórias e cardiovasculares para o período de estudo de 2009 á 2011 na Cidade de Presidente Prudente – SP.

Variáveis	N	Média Diária	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	IQR <sup>(i)</sup>
PM <sub>10</sub> Medido <sup>(a)</sup> (μg/m <sup>3</sup> )	1095	20,35	12,90	3,41	101,33	15,54
PM <sub>10</sub> Estimado <sup>(a)</sup> (µg/m³)	1095	56,52	21,41	20,41	156,07	28,08
Temp. Média <sup>(b)</sup> (°C)	1095	23,27	3,46	8,60	30,80	4,20
Umidade Relativa <sup>(c)</sup> (%)	1095	89,91	12,66	27,00	100,00	15,00
Dewpoint <sup>(d)</sup> (°C)	1095	16,25	4,93	(-1,75)	23,66	7,91
Visibilidade <sup>(e)</sup> (Km)	1095	18,37	2,09	5,48	20,00	1,79
Respiratória Criança <sup>(f)</sup>	1095	5,06	2,47	0,26	15,34	2,47
Respiratória Idoso <sup>(g)</sup>	1095	3,38	0,85	1,35	8,19	1,08
Cardiovascular Idoso <sup>(h)</sup>	1095	6,11	1,74	2,30	13,90	2,52

(a): indicador de MP10; (b): temperatura média; (c): umidade relativa do ar; (d): temperatura de ponto de orvalho - dewpoint; (e): visibilidade horizontal; (f): internações de crianças por doenças respiratórias. (g): internações de idosos por doenças respiratórias. (h): internações de idosos por doenças cardiovasculares. (i): IQR: intervalo interquartil

Em Presidente Prudente, Tabela 14, o valor médio do Material Particulado Estimado (MP10*E*) foi maior que a média do Material Particulado Medido (MP10) pela CETESB. Não foram observadas ultrapassagens nos níveis médios diários do PM10medido e estimado. As caracaterísticas meteorológicas de Presidente Prudente foram semelhante às de Bauru.

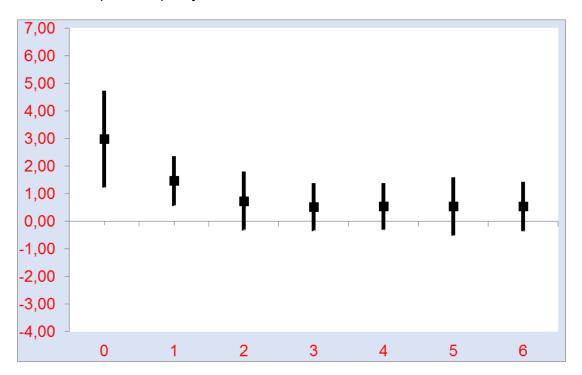
## 4.4 – Estimativas dos Efeitos da Exposição ao MP<sub>10</sub>

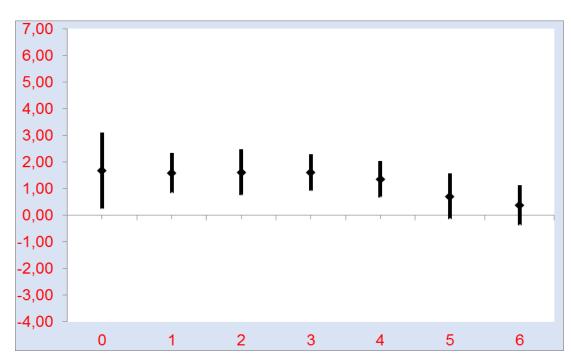
#### 4.4.1 - Internações por Doenças Respiratórias Crianças - RESPCRI.

As Figuras de 16 á 26 mostram as estimativas das concentrações do material particulado (MP10) utilizando o MP10 Medido pela CETESB e o indicador de MP10 Estimado construído através de variáveis meteorológicas e os efeitos do material particulado inalado na saúde em internações por doenças Respiratórias em Crianças até cinco (5) anos de idade nas cidades brasileiras.

#### 4.4.1.1 - Respiratórias Crianças (RESPCRI) em São Paulo.

Em São Paulo observou-se, que para cada aumento de 10µg/m3 no nivel do PM10medido (Figura 16), aumentos na internação no dia e um dia após a exposição; já para o PM10estimado (figura 17) observou-se efeito no dia e ate 4 dias após a exposição.



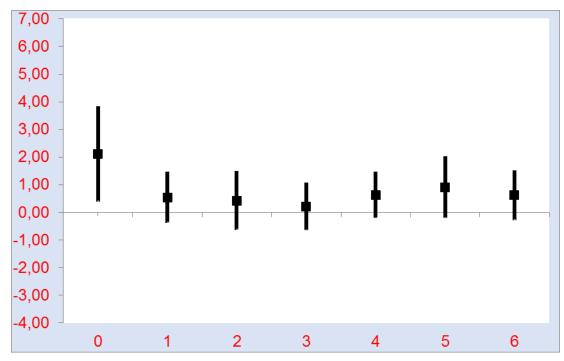


**Figura 16:** Estimativas dos efeitos para internações por doenças respiratórias em crianças para aumento de 10,0 microgramas por metro cúbico na cidade de São Paulo PM<sub>10</sub> Medido.

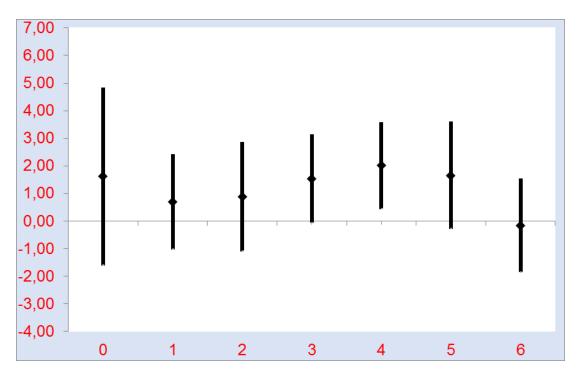
**Figura 17:** Estimativas dos efeitos para internações por doenças respiratórias em crianças para aumento de 10,0 microgramas por metro cúbico na cidade de São Paulo indicador PM<sub>10</sub> Estimado.

#### 4.4.1.2 - Respiratórias Crianças (RESPCRI) em Campinas.

Em Campinas observou-se, que para cada aumento de 10μg/m3 no nivel do PM10medido (Figura 18), aumentos na internação no dia da exposição; já para o PM10estimado (figura 19) observou-se efeito apenas no 4º dia após a exposição.



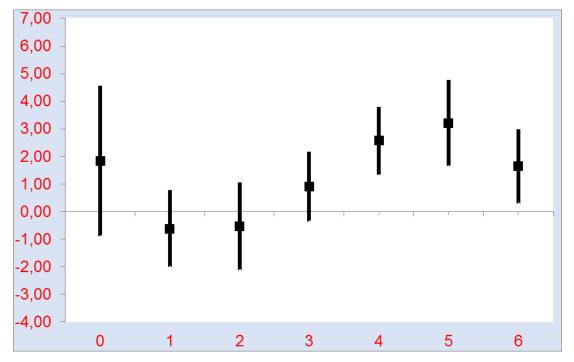
**Figura 18:** Estimativas dos efeitos para internações por doenças respiratórias em crianças para aumento de 10,0 microgramas por metro cúbico na cidade de Campinas PM<sub>10</sub> Medido.



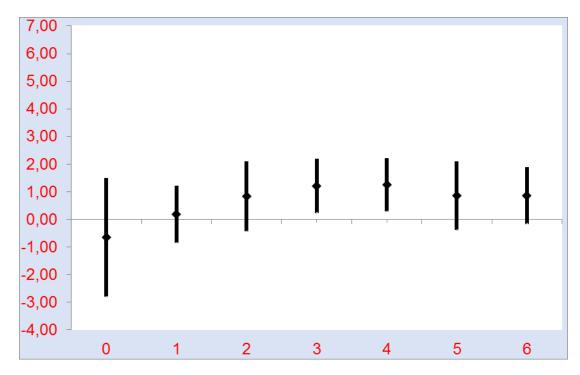
**Figura 19:** Estimativas dos efeitos para internações por doenças respiratórias em crianças para aumento de 10,0 microgramas por metro cúbico na cidade de Campinas Indicador PM10 Estimado.

# 4.4.1.3 - Respiratórias Crianças (RESPCRI) em Ribeirão Preto

Em Ribeirão Preto observou-se, que para cada aumento de 10μg/m3 no nivel do PM10medido (Figura 20), aumentos na internação no 4º, 5º e 6º após a exposição; já para o PM10estimado (figura 21) observou-se efeito no 3º e 4º dias após a exposição.



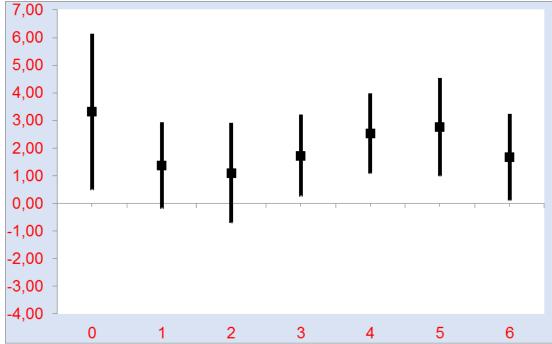
**Figura 20:** Estimativas dos efeitos para internações por doenças respiratórias em crianças para aumento de 10,0 microgramas por metro cúbico na cidade de Ribeirão Preto PM<sub>10</sub> Medido.



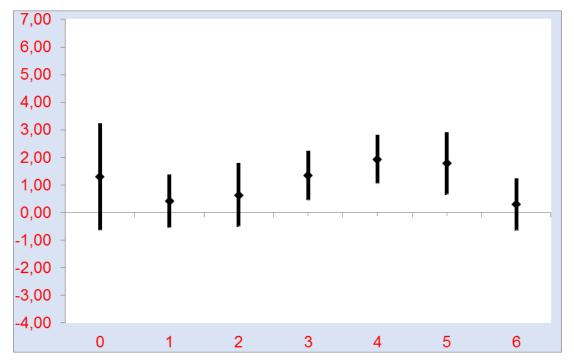
**Figura 21:** Estimativas dos efeitos para internações por doenças respiratórias em crianças para aumento de 10,0 microgramas por metro cúbico na cidade de Ribeirão Preto Indicador PM<sub>10</sub> Estimado.

#### 4.4.1.4 - Respiratórias Crianças (RESPCRI) em Bauru.

Em Bauru observou-se, que para cada aumento de 10μg/m3 no nivel do PM10medido (Figura 22), aumentos na internação no dia da exposição e do 3º ao 6º dia após a exposição; já para o PM10estimado (figura 23) observou-se efeito do 3º ao 5º dias após a exposição.



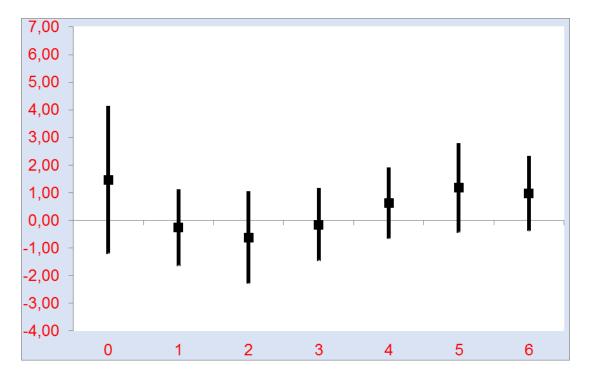
**Figura 22:** Estimativas dos efeitos para internações por doenças respiratórias em crianças para aumento de 10,0 microgramas por metro cúbico na cidade de Bauru PM10 Medido.



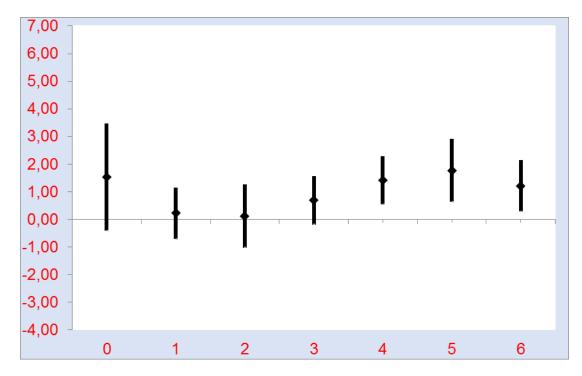
**Figura 23:** Estimativas dos efeitos para internações por doenças respiratórias em crianças para aumento de 10,0 microgramas por metro cúbico na cidade de Bauru Indicador PM<sub>10</sub> Estimado

# 4.4.1.5 - Respiratórias Crianças (RESPCRI) em Presidente Prudente.

Em Presidente Prudente não se observaram efeitos significativos nas internações de crianças por doenças respiratórias para cada aumento de 10μg/m3 do PM10medido (Figura 24), porém para o PM10estimado observou-se efeito positivo no 4º, 5º e 6º dia após a exposição (figura 25).



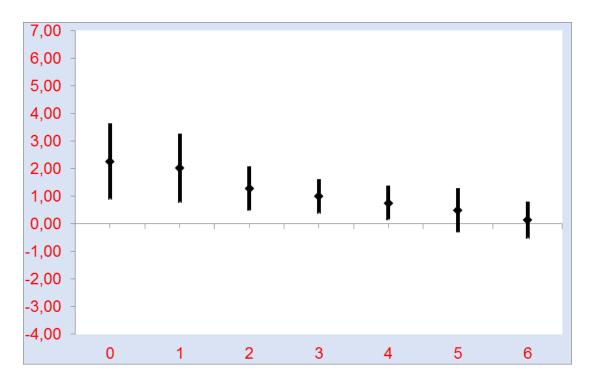
**Figura 24:** Estimativas de efeito para internações por doenças respiratórias em crianças para aumento de 10,0 microgramas por metro cúbico na cidade de Presidente Prudente PM<sub>10</sub> Medido.



**Figura 25:** Estimativas de efeito para internações por doenças respiratórias em crianças para aumento de 10,0 microgramas por metro cúbico na cidade de Presidente Prudente Indicador PM10 Estimado

# 4.4.1.6 - Respiratórias Crianças (RESPCRI) em Curitiba.

Em Curitiba, para cada aumento de 10µg/m3 no nivel do PM10estimado (figura 26) observa-se aumentos nas internações de crianças por doenças respiratórias no dia da exposição e até 4 dias apos a exposição.



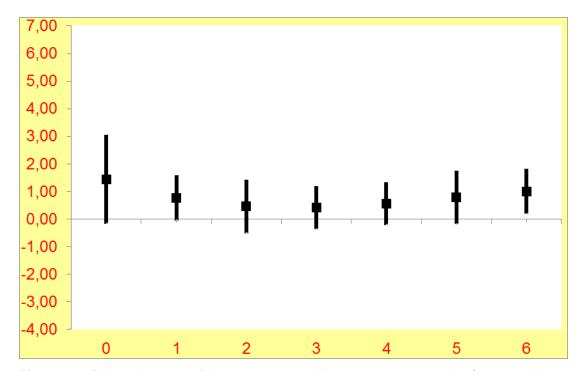
**Figura 26:** Estimativas dos efeitos para internações por doenças respiratórias em crianças para aumento de 10,0 microgramas por metro cúbico na cidade de Curitiba Indicador PM<sub>10</sub> Estimado

#### 4.4.2 - Internações por Doenças Respiratórias em Idosos - RESPID.

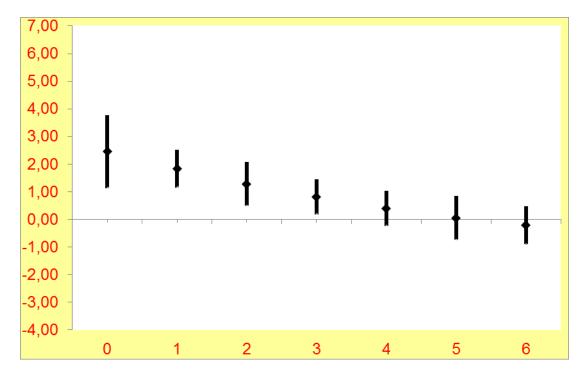
As Figuras de 27 a 37 apresentam as estimativas de efeito e a estrutura de defasagem do material particulado (MP10) Medido e o indicador de MP10 Estimado nas internações por doenças Respiratórias em Idosos nas cidades definidas no estudo.

#### 4.4.2.1 – Respiratórias Idosos (RESPID) em São Paulo.

Em São Paulo observa-se, que para cada aumento de 10µg/m3 no nivel do PM10medido (figura 27), aumentos na internação apenas seis dias após a exposição; já para o PM10estimado (figura 28) observou-se efeito no dia e ate 3 dias após a exposição.



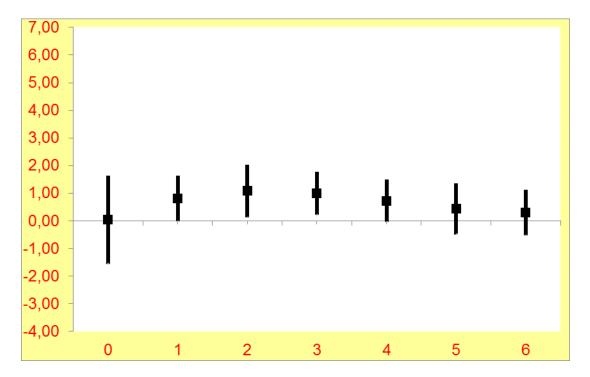
**Figura 27:** Estimativas dos efeitos para internações por doenças respiratórias em idosos para aumento de 10,0 microgramas por metro cúbico na cidade de São Paulo PM<sub>10</sub> Medido.



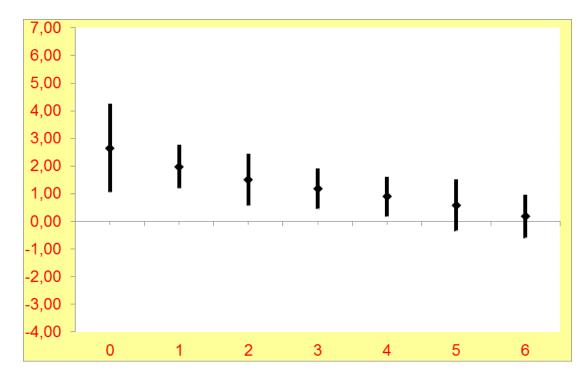
**Figura 28:** Estimativas dos efeitos para internações por doenças respiratórias em idosos para aumento de 10,0 microgramas por metro cúbico na cidade de São Paulo Indicador PM10 Estimado.

# 4.4.2.2 - Respiratórias Idosos (RESPID) em Campinas.

Para o município de Campinas, observa-se que para cada aumento de 10μg/m³ no nivel do PM10medido (figura 29), aumentos na internação de 2 a 3 dias após a exposição; já para o PM10estimado (figura 30) observou-se efeito no dia e ate 4 dias após a exposição.



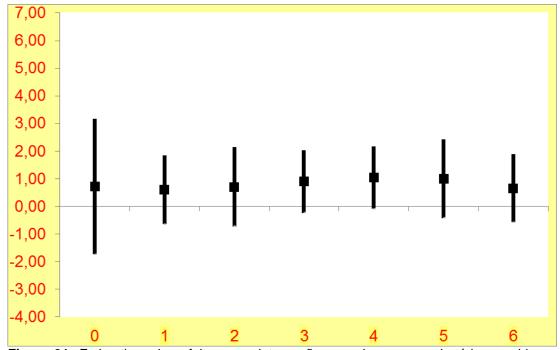
**Figura 29:** Estimativas dos efeitos para internações por doenças respiratórias em idosos para aumento de 10,0 microgramas por metro cúbico na cidade de Campinas PM<sub>10</sub> Medido.



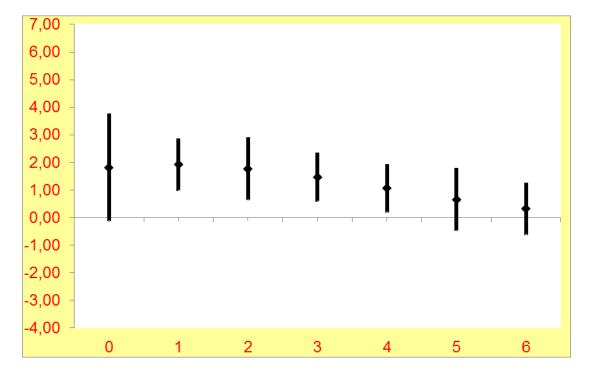
**Figura 30:** Estimativas dos efeitos para internações por doenças respiratórias em idosos para aumento de 10,0 microgramas por metro cúbico na cidade de Campinas Indicador PM<sub>10</sub> Estimado

#### 4.4.2.3 - Respiratórias Idosos (RESPID) em Ribeirão Preto.

Em Ribeirão Preto, observa-se que para cada aumento de 10µg/m3 no nivel do PM10medido (figura 31) não foram observados efeitos estatisticamente significativos nas internações de idosos por doenças respiratórias ao passo que para o PM10estimado (figura 32) observou-se efeito de 1 a 3 dias após a exposição.



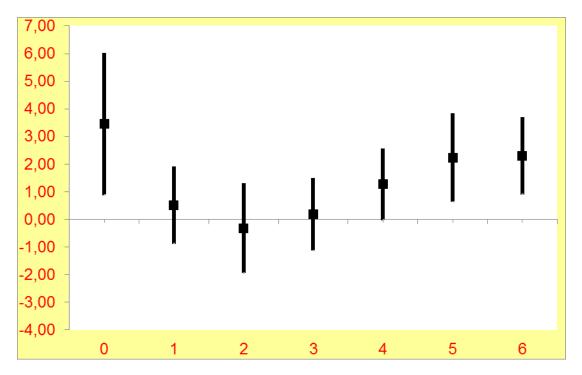
**Figura 31:** Estimativas dos efeitos para internações por doenças respiratórias em idosos para aumento de 10,0 microgramas por metro cúbico na cidade de Ribeirão Preto PM<sub>10</sub> Medido.



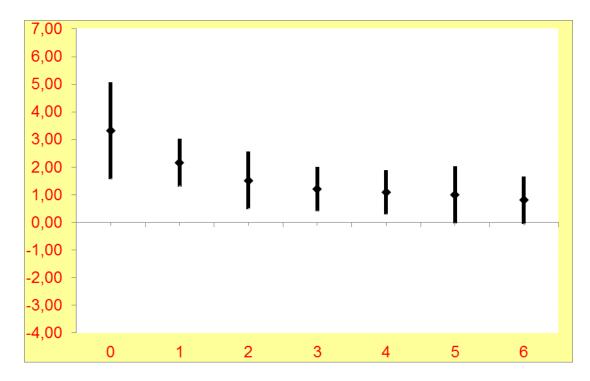
**Figura 32:** Estimativas dos efeitos para internações por doenças respiratórias em idosos para aumento de 10,0 microgramas por metro cúbico na cidade de Ribeirão Preto Indicador PM10 Estimado

# 4.4.2.4 - Respiratórias Idosos (RESPID) em Bauru.

Para o município de Bauru observa-se, que para cada aumento de 10μg/m3 no nivel do PM10medido (figura 33), aumentos na internação no dia e de 5 a 6 dias após a exposição; já para o PM10estimado (figura 34) observou-se efeito no dia e ate 4 dias após a exposição.



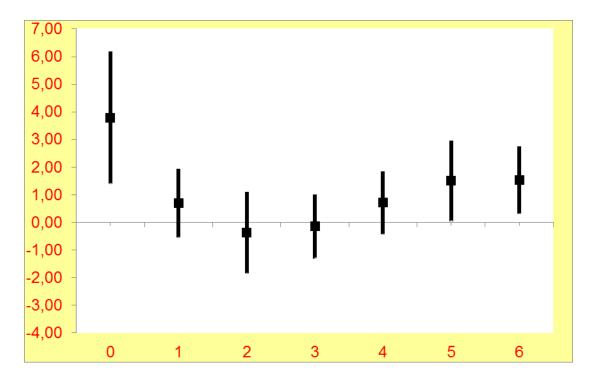
**Figura 33:** Estimativas dos efeitos para internações por doenças respiratórias em idosos para aumento de 10,0 microgramas por metro cúbico na cidade de Baurú PM10 Medido.



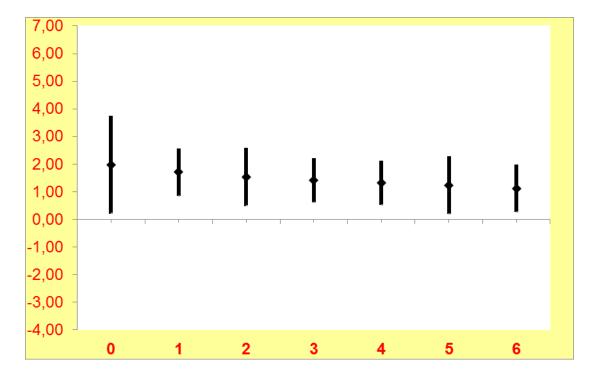
**Figura 34:** Estimativas dos efeitos para internações por doenças respiratórias em idosos para aumento de 10,0 microgramas por metro cúbico na cidade de Baurú Indicador PM<sub>10</sub> Estimado

#### 4.4.2.5 - Respiratórias Idosos (RESPID) em Presidente Prudente.

Em Presidente Prudente observou-se, que para cada aumento de 10μg/m3 no nivel do PM10medido (figura 35), aumentos na internação no dia e de 5 a 6 dias após a exposição; já para o PM10estimado (figura 36) observou-se efeito positivo para todos os dias do periodo, ou seja, no dia e ate 6 dias após a exposição.



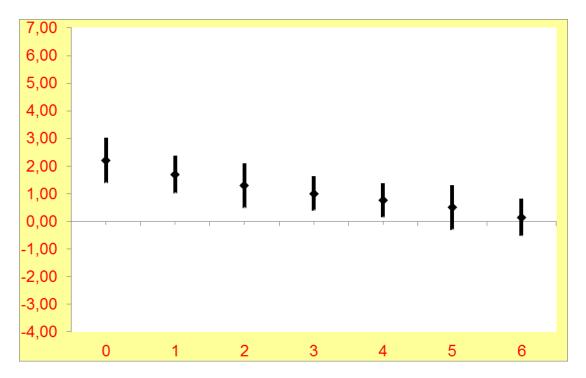
**Figura 35:** Estimativas dos efeitos para internações por doenças respiratórias em idosos para aumento de 10,0 microgramas por metro cúbico na cidade de Presidente Prudente PM10 Medido.



**Figura 36:** Estimativas dos efeitos para internações por doenças respiratórias em idosos para aumento de 10,0 microgramas por metro cúbico na cidade de Presidente Prudente Indicador PM10 Estimado

#### 4.4.2.6 - Respiratórias Idosos (RESPID) em Curitiba.

Na cidade de Curitiba apenas foi possível utilizar o PM10estimado, observa-se que para cada aumento de 10μg/m³ no nivel do PM10estimado (figura 37), aumentos na internação no dia e ate 4 dias após a exposição.



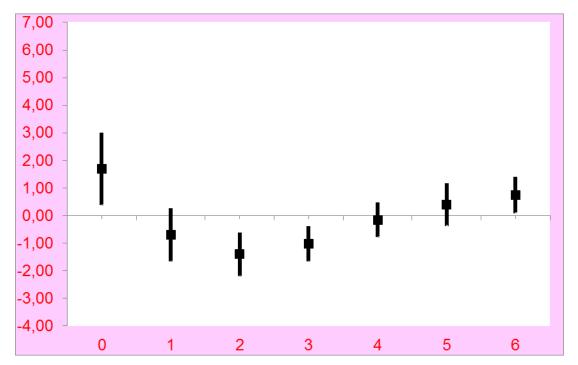
**Figura 37:** Estimativas dos efeitos para internações por doenças respiratórias em idosos para aumento de 10,0 microgramas por metro cúbico na cidade de Curitiba Indicador PM<sub>10</sub> Estimado

# 4.4.3 – Internações por Doenças Cardiovasculares em Idosos – CARDID.

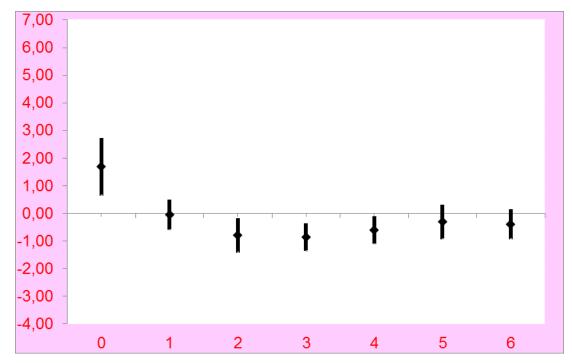
As Figuras de 38 a 48 apresentam as estimativas de efeito e a estrutura de defasagem do material particulado (MP10) Medido e o indicador de MP10 Estimado nas internações de idosos por doenças Cardiovasculares nas cidades definidas no estudo.

#### 4.4.3.1 - Cardiovasculares Idosos (CARDID) em São Paulo.

Em São Paulo observa-se, que para cada aumento de 10µg/m3 no nivel do PM10medido (figura 38), aumentos na internação no dia e 6 dias após a exposição; já para o PM10estimado (figura 39) observou-se efeito no dia da exposição. Nos dois modelos foram observados efeitos negativos ("Efeito colheita"), sendo que no modelo PM10medido este efeito foi de 2 a 3 dias após a exposição, e no modelo do PM10estimado este efeito foi de 2 a 4 dias após a exposição.



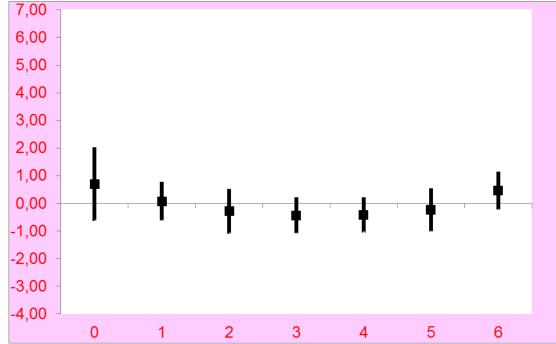
**Figura 38:** Estimativas de efeito para internações por doenças cardiovasculares em idosos para aumento de 10,0 microgramas por metro cúbico na cidade de São Paulo PM<sub>10</sub> Medido.



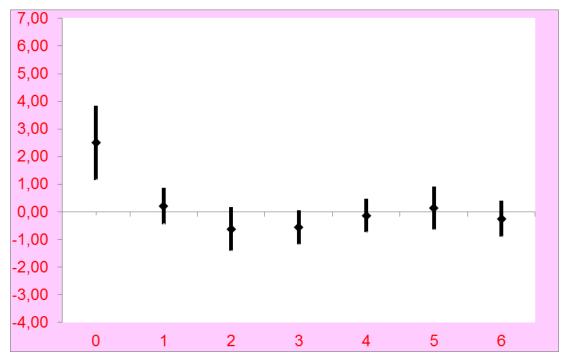
**Figura 39:** Estimativas de efeito para internações por doenças cardiovasculares em idosos para aumento de 10,0 microgramas por metro cúbico na cidade de São Paulo Indicador PM10 Estimado.

#### 4.4.3.2 - Cardiovasculares Idosos (CARDID) em Campinas.

Em Campinas observa-se, que para cada aumento de 10µg/m3 no nivel do PM10medido (figura 40), não foram observados aumentos na internação de idosos por doença cardiovascular; já para o PM10estimado (figura 41) observou-se efeito no dia da exposição.



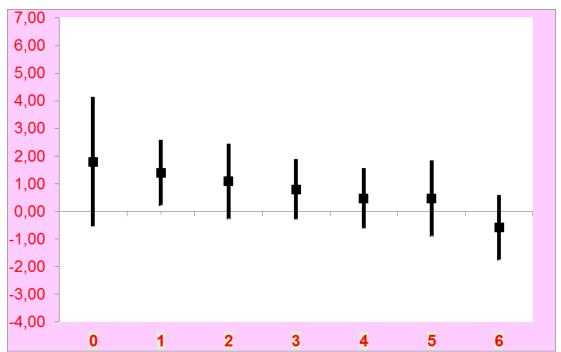
**Figura 40:** Estimativas dos efeitos para internações por doenças cardiovasculares em idosos para aumento de 10,0 microgramas por metro cúbico na cidade de Campinas PM<sub>10</sub> Medido.



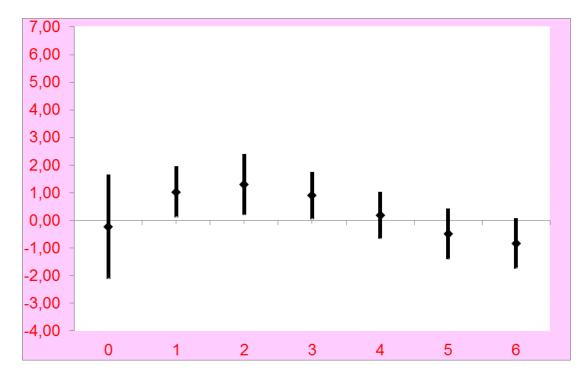
**Figura 41:** Estimativas dos efeitos para internações por doenças cardiovasculares em idosos para aumento de 10,0 microgramas por metro cúbico na cidade de Campinas Indicador PM10 Estimado

#### 4.4.3.3 - Cardiovasculares Idosos (CARDID) em Ribeirão Preto.

Em Ribeirão Preto observa-se, que para cada aumento de 10µg/m3 no nivel do PM10medido (figura 42), aumentos na internação de idosos por doença cardiovascular 1 dias após a exposição; já para o PM10estimado (figura 43) observou-se efeito no dia e ate 3 dias após a exposição.



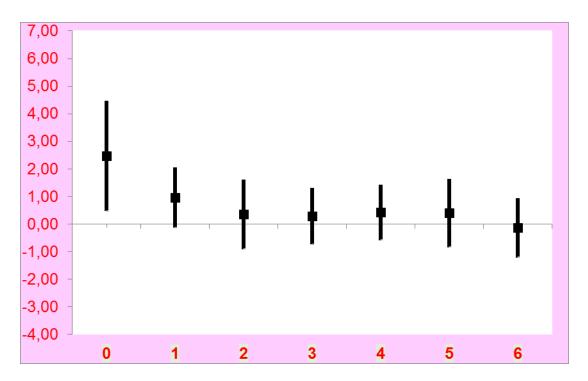
**Figura 42:** Estimativas dos efeitos para internações por doenças cardiovasculares em idosos para aumento de 10,0 microgramas por metro cúbico na cidade de Ribeirão Preto PM10 Medido.



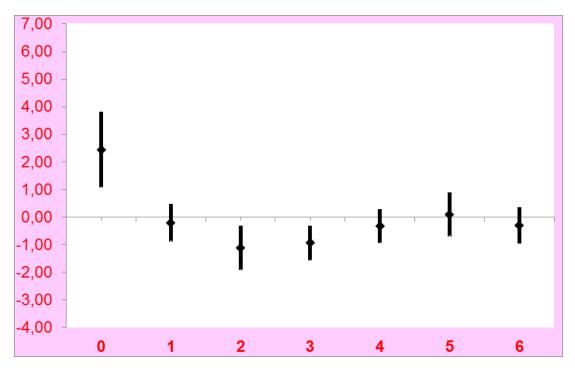
**Figura 43:** Estimativas dos efeitos para internações por doenças cardiovasculares em idosos para aumento de 10,0 microgramas por metro cúbico na cidade de Ribeirão Preto Indicador PM10 Estimado.

#### 4.4.3.4 - Cardiovasculares Idosos (CARDID) em Bauru.

Em Bauru observa-se, que para cada aumento de 10µg/m3 no nivel do PM10medido (figura 44), aumentos na internação apenas no dia após a exposição; já para o PM10estimado (figura 45) observou-se efeito no dia da exposição.



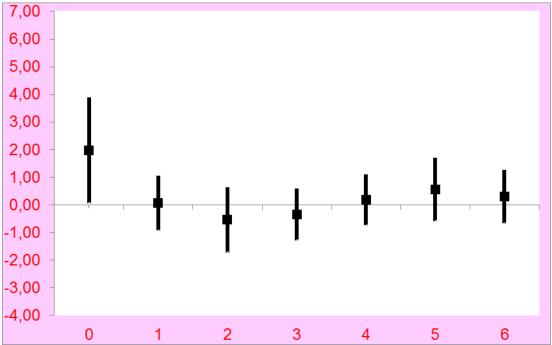
**Figura 44:** Estimativas dos efeitos para internações por doenças cardiovasculares em idosos para aumento de 10,0 microgramas por metro cúbico na cidade de Baurú PM<sub>10</sub> Medido.



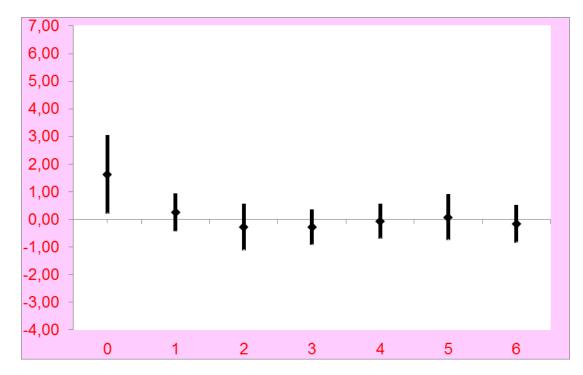
**Figura 45:** Estimativas dos efeitos para internações por doenças cardiovasculares em idosos para aumento de 10,0 microgramas por metro cúbico na cidade de Baurú Indicador PM10 Estimado.

#### 4.4.3.5 - Cardiovasculares Idosos (CARDID) em Presidente Prudente.

Para o município de Presidente Prudente observa-se, que para cada aumento de 10μg/m3 no nivel do PM10medido (figura 46), aumentos na internação apenas no dia da exposição; o mesmo efeito foi observado para o PM10estimado (figura 47).



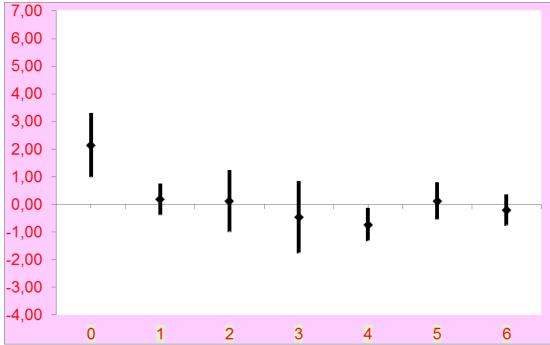
**Figura 46:** Estimativas dos efeitos para internações por doenças respiratórias em idosos para aumento de 10,0 microgramas por metro cúbico na cidade de Presidente Prudente PM10 Medido



**Figura 47:**Estimativas dos efeitos para internações por doenças cardiovasculares em idosos para aumento de 10,0 microgramas por metro cúbico na cidade de Presidente Prudente Indicador PM<sub>10</sub> Estimado.

# 4.4.3.6 - Cardiovasculares Idosos (CARDID) em Curitiba.

Na cidade de Curitiba apenas foi possível utilizar o PM10estimado, observa-se que para cada aumento de 10μg/m³ no nivel do PM10estimado (figura 48), aumentos na internação no dia da exposição.



**Figura 48:** Estimativas dos efeitos para internações por doenças cardiovasculares em idosos para aumento de 10,0 microgramas por metro cúbico na cidade de Curitiba Indicador PM10 Estimado

# 5. DISCUSSÃO

## 5- DISCUSSÃO

#### 5.1- Aspectos gerais

Existem inúmeros estudos de diversos autores, assim como de agências especializadas, e dentre elas, duas das mais conhecidas, a Interagência de Monitoramento e Proteção Visual e Ambiental – IMPROVE, e a Agência de Proteção Ambiental Americana - USEPA (USEPA, 1994; 1996 e 1996b), direcionados simplesmente para á visibilidade. A maioria desses estudos realizado por autores e agências mostram que a redução "sistemática" da visibilidade, ocorre principalmente devido as emissões de material particulado (MP<sub>10</sub>, MP<sub>2,5</sub>), e gases (NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>), por reações químicas e pelo transporte atmosférico (Horvath,1993a,b; Pitchford, 1994 e 1982; Knobel et al., 1995; Chow, 1995, 1992a,b; Malm, 1999 e 1994; Vajanapoom et al., 2002 e 2001; Tsai, et.al., 2002; O'neill et.al. 2002, Ghim et.al., 2005; Gyan et. al., 2005; Huang, at al., 2009; Trach, et al., 2010), pelos deslocamentos das massas de ar, e assim, piorando a qualidade do ar e as condições na atmosféra. Na maioria dos estudos realizados por esses autores citados, utilizam a aplicação de metodologias simples e também complexas, com utilização de equipamentos simples e também sofisticados na "medição da visibilidade", tanto nos aeroportos, onde a aviação é o principal motivo dos estudos ou talvez a mais importante, como também nos parques nacionais protegidos por lei, objeto muito comum principalmente nos Estados Unidos, Europa e Japão, onde as leis ambientais e de proteção regem há mais tempo, e ainda nas zonas rurais e complementando, nas zonas urbanas e industriais "talvez definida" como a principal "local" para aplicação dos estudos. No Brasil, em São Paulo, a presença de presença de estações fixas e/ou móveis, para o monitoramento das concentrações de material particulado, está sujeito à disponibilidade de recursos, eleição de prioridades por parte do poder público ou a implantação de redes de monitoramento por parte de empresas privadas por exigência do Ministério Público como medida compensatória. Desse modo existem cidades e regiões do Brasil onde a poluição do ar está presente e não há instrumentos para monitoraramento da qualidade do ar. Aproveitando todas as informações e metodologias desenvolvidas por estes autores e agencias, direcionamos nosso estudo para o desenvolvimento de um modelo indicador de material particulado (MP) a partir de variáveis meteorológicas medidas em aeroportos de cidades brasileiras, com condições de estimar os efeitos na saúde da população pela inalação de material particulado (MP), de forma simplificada e "mais similar" aos realizados pelos autores, Knobel et al., 1995; Vajanapoom et al., 2002 e 2001; Tsai, et.al., 2002; O'neill et.al. 2002, Ghim et.al., 2005; Gyan et. al., 2005; Huang, at al., 2009; Trach, et al., 2010, a fim de permitir comparações significativas.

A metodologia desenvolvida neste estudo esteve direcionada para a criação de um indicador estimativo com possibilidades de medir e comparar os efeitos diários e acumulados da exposição ao material particulado em cidades desprovidas de medição direta de material particulado por gravimetria. O ferramental metodológico desenvolvido neste estudo, proporcionou a criação de modelo indicador de material particulado (MP<sub>10</sub> estimado) criado a partir de variáveis meteorológicas para a cidade de São

Paulo, que permitiu a comparação dos valores estimados, com os valores medidos pela rede de monitoramento automática para material particulado (MP10) da CETESB, das estações de monitoramento espalhadas e/ou definidas planejadamente para as cidades de São Paulo, assim como nas cidades de Campinas, Ribeirão Preto, Bauru e Presidente Prudente.

A escolha das referidas cidades para o estudo, levou em conta a presença de medições nos aeroportos, com registros diários dos parâmetros meteorológicos necessários para a "construção do indicador" de material particulado. As cidades definidas para estudo, São Paulo, Campinas, Ribeirão Preto, Presidente Prudente, Bauru e Curitiba, são consideras de "grande" e de "médio" porte, e contam com frotas de veículos automotores em expansão, com atividades industrial crescente e algumas localizadas em áreas de abrangência das emissões provocadas pela queimadas.

A cidade de São Paulo difere das outras cinco (5) cidades, tanto pelo volume de emissões diárias, como pelas fontes principais de emissão de poluentes, pois é na Capital que está um dos maiores contribuidores da poluição, que são os veículos automotores (Martins et al., 2000 e 2002) enquanto que em Ribeirão Preto e Baurú, tem fontes de emissão de poluição mais similares a Cidade de Araraquara e Piracicaba, citadas em seus estudos por Arbex, 2002; Arbex, et al., 2000; Cançado, 2003; Cançado et al., 2006, onde a queima de biomassa aparece como maior contribuinte para a concentração de material particulado.

Utilizamos neste estudo, dados de morbidade obtidos dos arquivos do DATASUS, referentes às internações hospitalares (AIH), para as cidades de

São Paulo, Campinas, Ribeirão Preto, Bauru e Curitiba. Estes bancos não são geradas especificamente para estes estudos epidemiológicos, porém, esta fonte de dados tem sido utilizada constantemente pelo LPAE nas ultimas duas décadas (Braga, 1998; Braga et al., 2001) e tem-se mostrado importante ferramenta, com informações de morbidade. Adotamos as internações hospitalares por doenças respiratórias em crianças até cinco (5) anos, e em idosos com sessenta e cinco (65) anos ou mais, e em internações hospitalares por doenças cardiovascalares em idosos com 65 anos ou mais, como variável dependente, assumindo estar analisando efeitos mais severos sobre a saúde humana, resultantes da exposição aos poluentes do ar.

Em relação ao tipo de estudo, este é um "estudo ecológico" de "séries de temporais", no qual a base de dados utilizada é o conjunto das internações por doenças respiratórias e cardiovasculares em crianças e idosos, ao longo de uma série de tempo (Janeiro de 2009 á Dezembro de 2011), na cidades de São Paulo, Campinas, Ribeirão Preto, Bauru, Presidente Prudente e Curitiba. Este tipo de estudo apresenta como vantagens o "baixo custo" e o menor tempo utilizado para execução, quando comparado com estudos de "coorte ou caso-controle", uma vez que geralmente os dados necessários à realização desses estudos são colhidos para outras finalidades. Foram utilizados Modelos Lineares Generalizados (GLM) de Regressão de Poisson. Os mo odelos Lineares Generalizados (GLM) foram primeiramente apresentados por Nelder e Wedderburn (1972) e permitem a inclusão de funções semi-paramétricas de alisamento para melhor ajuste das

"dependências não-lineares" entre a "variável de interesse" e "algumas variáveis de controle". Para estimar o efeito do MP<sub>10</sub> e de seus indicadores nas internações por doenças respiratórias em crianças até cinco (5) anos e idosos com sessenta e cinco (65) anos ou mais e nas internações por doenças cardiovasculares em idosos com sessenta e cinco (65) anos ou mais, foram construídos "indicadores específicos para cada cidade estudada" e, no caso, um "indicador" para o "poluente estimado" para ser comparado ao "poluente medido". Para o "controle da sazonalidade de longa duração" foi utilizada a "função semi-paramétrica de alisamento" chamada "natural cubic spline" (Green e Silverman, 1994).

As "variáveis de controle" incluídas neste estudo foram aquelas utilizadas "regularmente" em estudos semelhantes que analisaram os efeitos da poluição urbana sobre a saúde humana. "Sazonalidade de curta e longa duração" e fatores meteorológicos, são reconhecidamente os principais fatores de confusão em epidemiologia ambiental. Entretanto, não podemos desconsiderar possibilidade de haver "outros fatores а ainda desconhecidos", relacionados a "exposição e a doença", uma vez que se trata de um dos poucos estudos analisando os efeitos da poluição atmosférica utilizando variáveis meteorológicas para estimar os efeitos na saúde por inalação de Material Particulado - MP10.

### 5.2- Correlações internas do presente estudo

Os resultados do nosso estudo mostram que ocorreu boa correlação (r² = 0,56), entre o indicador de Material Particulado (MP10) e o Indicador de Material Particulado Estimado (MP10*E*) na Cidade de São Paulo, onde

ocorrem os maiores índices de concentração de poluição por material particulado (MP10) assim como, o maior numero de internações e visitas aos prontos socorros de emergência por doenças respiratórias e cardiovasculares.

As correlações observadas entre os Indicadores de MP10 Medido e MP10 Estimado em Campinas e Ribeirão Preto, foram: r² = 0,57 e 0,67; respectivamente, e se mostram bem similares a correlações entre os indicadores Medidos e Estimados de São Paulo. Talvez as diferenças das correlações de São Paulo e Campinas com relação a Ribeirão Preto, se deêm pela diferença entre o "tamanho" da frota de veículos automotores leves e pesados, responsáveis por parte considerável das emissões de poluição na cidade. Para as cidade de Bauru e Presidente Prudente, as correlações entre os Indicadores de Material Particulado Estimado (MP10*E*) e Indicador de Material Medido foram respectivamente; r² = 0,73 e 0,71; e se comparadas aos Indicadores de MP10 Medido e Estimado de São Paulo, Campinas e Ribeirão Preto, mostraram correlação aproximadas.

Nas comparações mostradas pelos indicador de MP10 Medido para São Paulo e o Indicador de MP10 Estimado nas Cidades de São Paulo e Curitiba, para estimativas dos efeitos na saúde por internações hospitalares respiratórias e cardiovasculares em crianças até 5 anos e idosos com 65 anos ou mais, se mostram "similares" conforme podem ser observadas nos valores que seguem. Nas Internações por doenças respiratórias em crianças: em São Paulo; observam-se efeitos agudos no dia da internação (Dia Zéro), prolongando até "Um" (1) dia ou primeiro (1]) dia, após a exposição para o MP10 Medido e até quatro (4) dias ou quarto (4º dia) após a exposição para o

MP<sub>10</sub> Estimado. Para 10,0 (dez) µg/m<sup>3</sup> de aumento no MP<sub>10</sub> Medido pela CETESB, observa-se aumento nas internações de 2,98 % (IC 95%: 1,22-4,78), e para o indicador do MP<sub>10</sub> Estimado, de 1,67 % (IC 95%: 0,25-3,10). Em Curitiba observam-se efeitos agudos no dia da internação (Dia Zéro), prolongando, até quatro (4) dias ou até o quarto (4º) dia, após a exposição. Para 10,0 (dez) µg/m³ de aumento no indicador do MP<sub>10</sub> Estimado observase aumento nas internações de 2,27 % (IC 95%: 0,89-3,64). Nas Internações por doenças respiratórias em idosos: em São Paulo; observam-se efeitos agudos que iniciam somente no sexto (6º) dia após o dia da internação (Dia Zéro), sendo que nos dias anteriores ao sexto (6º) dia não houveram efeitos após a exposição ao poluente. para o MP<sub>10</sub> Medido e até tres (3) dias ou terceiro (3º) dia após a exposição para o MP<sub>10</sub> Estimado. Para 10,0 (dez) μg/m<sup>3</sup> de aumento no MP<sub>10</sub> Medido pela CETESB, observa-se aumento nas internações de 1,00 % (IC 95%: 0,19-1,81), e para o indicador do MP<sub>10</sub> Estimado, de 2,45 % (IC 95%: 1,13-2,45). Em Curitiba observam-se efeitos agudos no dia da internação (Dia Zéro) prolongandos até tres (3) dias ou até o terceiro (3º) dia após a exposição ao poluente. Para 10,0 (dez) µg/m³ de aumento no indicador do MP<sub>10</sub> Estimado observa-se aumento nas internações de 2,20 % (IC 95%: 1,38-3,03). Nas Internações por doenças cardiovasculares em idosos: em São Paulo; observam-se efeitos agudos no dia da internação (Dia Zéro), prolongando até um (1) dia ou o primeiro (1º dia) após a exposição para o MP<sub>10</sub> Medido e até um (1) dia ou primeiro (1º) dia após a exposição para o MP<sub>10</sub> Estimado. Para 10,0 (dez) μg/m<sup>3</sup> de aumento no MP<sub>10</sub> Medido pela CETESB, observa-se aumento nas internações de 1,63 % (*IC 95%:* 0,37-2,99), e para o indicador do MP<sub>10</sub> Estimado, de 1,68 % (*IC 95%:* 0,65-2,73). Em Curitiba observam-se efeitos agudos no dia da internação (Dia Zéro) prolongando até um (1) dia ou primeiro (1º) dia após a exposição. Para 10,0 (dez) μg/m³ de aumento no indicador do MP<sub>10</sub> Estimado observa-se aumento nas internações de 2,13 % (*IC 95%:* 0,98-3,29).

### 5.3- Correlação com outros estudos

A maioria dos estudos buscam na visibilidade, resultados que comprovem a sua eficiência como indicador e/ou marcador de poluição do ar. Assim a visibilidade pode ser pesquisada e estudada abordando metodologias diversas e consequentemente apresentar resultados e conclusões expressos das mais variadas formas, e dentre tantas "linhas" metodológicas, as mais apresentadas pelos muitos autores, são duas preferenciais: a primeira (1ª): como indicador de poluição do ar, e a segunda (2ª): também como indicador de poluição do ar, porém, associadas a estudo epidemiológico, mostrando os reais efeitos na saúde causados pela poluição do ar. Os estudos realizados por por Knobel et al., 1995; Vajanapoon, et al., 2001 e 2002; O'neill, et al., 2002; Tsai, et al., 2005; Ghin, et al., 2005; Huang et al., 2009; Trach et al., 2010; Ge et al., 2011, dentre muitos, são mais similares a segunda (2ª) linha de pesquisa. Segue os estudos mais importantes e as comparações e correlações ao nosso estudo.

Ghin et al., (2005), em seu estudo mostrou que a visibilidade poderia ser utilizada como um execelente indicador da qualidade do ar e que a mesma

poderia ser pré-avaliada, mesmo sem o auxilio de algum equipamento e tambem Tsai et al., (2003) em outro estudo em Taiwan, mostrou que a maioria da variação local da visibilidade esteve correlacionada com as mudanças na variabilidade das concentrações do material particulado – MP<sub>10</sub>. A diferença é que o nosso estudo estima e apresenta os efeitos na saúde do material aprticulado inalável – MP<sub>10</sub>.

Wan et al., 2010; no seu estudo mostra que a visibilidade reduzida está fortemente correlacionada com a concentração de MP10 existente na atmosfera, sugerindo que a "degradação" da mesma, dada á "baixa" visibilidade é diretamente proporcional à carga de partículas depositadas na mesma. Além disso, o estudo mostra que a correlação bastante significativa entre a "reduzida" visibilidade e a concentração de NO2, também demonstra que o impacto das emissões primárias de NO2 e poluentes secundários, formados através de processos fotoquímicos na atmosfera, tambem reduzem a visibilidade. O estudo ainda mostrou que o contínuo aumento do tráfego de veículos e falta de estratégias de controle de NOx, causou um aumento das concentrações de NO2 ambiente. Este estudo é similar ao nosso no tocante a visibilidade aplicada como marcador de poluição, todavia, "não mostra os efeitos" causados na saúde da população pela poluição do ar ou por inalação de material particulado ou gases. Já nosso estudo aborda nos resultados estes efeitos prolongados por até seis (6) dias ou defasagem (lag) de zero (0) a seis (6) dias, pelas internações hospitalares para doenças respiratórias e cardiovasculares, assim como os observados em outros estudos realizados em São Paulo por Lin (1997) e

Braga (1998), e também em outros estudos em outros paises (Pope III *et al.*,1991; Pope III e Dockery, 1992).

Xue, et al., em 2015, mostra as características de visibilidade, e os fatores que influenciam a mesma, como os poluentes do ar e as variáveis meteorológicas. Neste estudo a visibilidade atmosférica foi mostrada como: "valor médio diário" de no caso igual á 19,10 km (quilômetros), em Shanghai. Em outro momento a visibilidade apresentou um "ciclo sazonal", apresentando "valores médios de visibilidade máxima e mínima", nos meses de Setembro e Dezembro, com valores de 27,50 e 7,70 km (quilômetros), respectivamente. Foram calculadas correlações entre as variáveis meteorológicas (inclusive para a visibilidade) e os poluentes atmosféricos. A visibilidade apresentou correlação negativa com os materiais particulados: MP2.5, MP10, assim como com os gases: CO, NO2, SO2 e O3. Os dados meteorológicos foram estudados em modelos (ou grupos) para mostrar a contribuição conjunta das variáveis meteorológicas na visibilidade média diária. Os resultados mostraram que sob as condições meteorológicas de "alta temperatura" e "velocidade do vento normal", a visibilidade em Shanghai foi de "cerca" de 25,0 km (quilômetros), enquanto a mesma (visibilidade) foi reduzida para 16,0 km (quilômetros) sob condições meteorológicas de "baixa velocidade dos ventos" e "altas": temperaturas e úmidade relativa do ar. Foi executado ainda, análise dos componentes principais, para identificar a principal causa da variância na visibilidade e os resultados mostraram que a "baixa visibilidade" sobre Shanghai, foi devido a existência de "elevadas concentrações" de poluentes na atmosféra e estes

foram associados a "baixa velocidade do ventos", causando baixa dispersão, o que explicou a variância total de 44,99 %. Todos os resultados mostrados neste estudo forneceram novos conhecimentos para uma melhor compreensão das variações de visibilidade (âmplitude), sua contribuição direta como "indicador de concentração" de poluição atmosférica por material particulado e outros poluentes, como tambem fornecer uma politica sólida na melhorias das condições do ar. Este estudo reforça utilização da "visibilidade como marcador de poluição", mas "não apresenta" em sua abrangência, "a implicação dos efeitos na saúde de população" pela inalação do material particulado — MP10 ou gases, em Shanghai, porém, tem valor científico para nortear e incrementar outros estudos, da mesma forma que contribuiu para a "comparação" com o nosso estudo.

Chen et. al., em 2015, no sudoeste da China nas cidades de Chengdu e Chongqing, mostra que a visibilidade é "um bom indicador" da qualidade do ar, pois reflete as influências combinadas com os poluentes atmosféricos. Com o objetivo de mostrar as tendências da visibilidade e as relações as com vários fatores que influenciam na mesma foram analisados os dados diários de meteorologia e o indices de poluição nas referidas cidades. Foi constatato que visibilidade média anual durante o período de 1973 á 2010 apresentou valor médio diário de 8,10 Km (máximo) e 3,90 km (mínimo) em Chengdu; e 6,20 Km (máximo) e 4,30 km (mínimo) em Chongqing. O estudo mostrou que o MP10 (poluente primário) predomina na liderança do material particulado existente no ar atmosférico, em ambas as cidades, embora as concentrações tenham diminuído de, 127,9 microgramas por metro cúbico

(µg/m³) para 100,4 microgramas por metro cúbico (µg/m³) em Chengdu; e de 150,0 microgramas por metro cúbico (µg/m³) para 93,5 microgramas por metro cúbico (µg/m³) em Chongqing, antes do ano de 2005, valores estes considerados altos para o padrão de poluição mundial. O estudo apresentou redução da "visibilidade média diária" devido aos níveis extremamente elevados de MP10 ocorridos principalmente durante o inverno. O estudo ainda mostrou que a Visibilidade em ambas as cidades, "foi reduzida" em comparação aos anos de 1960 a 1970, observando-se a "profundidade" optica" da atmosfera e os índices da poluição. Na cidades estudadas, a análise dos componentes principais mostrou que a correlação entre a visibilidade e o MP10 em ambas, foi moderado. O estudo correlacionou fortemente a visibilidade com a umidade relativa do ar na cidade de Chongging, devido aos materiais particulados residentes na atmosféra terem absorvido "mais umidade" ou "maior quantidade de água", tornando-se assim "mais higroscópicos", condição ou propriedade adquirida pelos materiais particulados, considerada muito comum nesta região. A baixa velocidade dos ventos associada a alta umidade relativa do ar, aumenta sensivelmente a ocorrência de eventos de baixa visibilidade sob altas concentrações de MP10. Este estudo é bem completo e mostra que a visibilidade pode ser utilizada como marcador de poluição e tambem pode ser comparado ao nosso estudo, mesmo "não apresentando" na metodologia e nos resultados, as estimativas dos efeitos do material particulado inalável na saúde da população no sudoeste da China nas cidades de Chengdu e Chongqing.

Conforme abordamos no "primeiro" parágrafo, "na correlação dos estudos dos outros autores" com "o nosso"; salientamos sobre as variadas metodologias e linhas de pesquisas, utilizadas nos estudos com "medição de contrações de material particulado — MP por gravimetria" e correlação com "medidas de visibilidade" para indicar a poluição do ar, (Knobel *et al.*, 1995; Vajanapoon, *et al.*, 2001 e 2002; O'neill, *et al.*, 2002; Ghin, *et al.*, 2005; Tsai, *et al.*, 2005). Todavia nosso principal objetivo neste estudo, "complementa as metodologias" utilizadas por; Knobel *et al.*, 1995; Vajanapoon, *et al.*, 2001 e 2002; O'neill, *et al.*, 2005, Huang, *et al.*, 2009; *Trach, et al.*, 2010, e Gê, *et al.*, 2011; dentre outros, aplicando dados meteorológicos para criação de um indicador de material particulado, para estimar os efeitos do material particulado — MP10 inalável na saúde da população.

Knobel et al., (1995), em Taiwan, mostra em seu estudo epidemiológico utilizando variáveis e/ou indicadores meteorológicas como marcador da poluição, como tambem possibilitou a mensuração das concentrações de material particulado – MP, e verificação dos efeitos na saúde. Mostrou que a taxa de síndrome de morte súbita infantil (SIDS), por 1.000 nascidos vivos, foi três (3) vezes maior nos dias em que a visibilidade estava mais baixa (faixa de "Um" (1,0) até tres (3,0) quilmetros (km). Este estudo mostrou ainda, uma significante correlação entre a visibilidade e as variáveis: temperatura de sol, coeficientes de correlação horas com (Pearson/Spearmann) de 0,38/0,39 e 0,29/0,26 respectivamente. Além disso, a visibilidade esteve diretamente correlacionada com MP<sub>10</sub>. Este estudo é bem similar ao nosso. A diferença é que ele mostrou a mortalidade em crianças. Já nosso estudo mostrou a Morbidade por doenças respiratórias e cardiovasculares em idosos e crianças.

Vajanapoon et al., (2002) em Bangkok, na Tailândia, mostrou excesso de mortalidade diária correlacionada com MP<sub>10</sub> e visibilidade. O estudo mostrou que o aumento de índices de MP<sub>10</sub> e a redução da visibilidade estão associadas independemente com o aumento da mortalidade diária por todas as causas não externas, causas cardiovasculares, causas respiratórias e outras doenças. As associações obervadas foram mais fortes, com relação a doenças respiratórias, e para faixa etária maior ou igual á 65 anos. Os resultados dos modelos de MP<sub>10</sub>/mortalidade e de visibilidade/mortalidade foram considerados consistentes, e sugeriu que a visibilidade poderia ser utilizada como um marcador substituto de material particulado fino para a avaliação dos efeitos adversos da saúde, quando não existirem outros métodos de medição gravimétrica, disponíveis. Este estudo é bem similar ao nosso estudo, diferindo com relação a mortalidade, e pela inalação de MP10, combinado a redução da visibilidade (variável meteorológica).

Gyan et al., (2005), em Trinidad e Tobago, em estudo analisando 2.655 visitas com admissões hospitalares por crises de asma aguda em crianças que nos dias com "menor visibilidade", até sete (7,0) quilômetros (Km) uma média de dez (10,0) pacientes procuram atendimento médico, enquanto que nos dias menos poluídos, com até dezesseis (16,0) quilômetros (Km) de visibilidade, o número médio de atendimentos chegava a oito (8,0) pacientes. Este estudo é similar ao nosso no que tange as internações por doenças respiratórias e correlação com variáveis meteorológicas

(visibilidade), que podem ser observadas nas tabelas numeradas de nove (9,0) á quatorze (14,0) no nosso estudo para todas as seis (6,0) cidades estudas, porém não podem ser comparadas, nem individual, nem proporcionalmente, muito menos como mera contagem.

Huang et al., (2009), na China Continental, mostra que neste seu primeiro estudo realizado, "forte associação" entre visibilidade e os resultados adversos para á saúde para doenças cardiovasculares e respiratórias. Os resultados obtidos sugerem a possibilidade de usar a visibilidade como "um substituto" de "qualidade do ar" na pesquisa em saúde nos países em desenvolvimento, onde os dados de poluição do ar podem ser escassos e não rotineiramente monitorados. Que o seu estudo foi desenhado para avaliar a associação entre a visibilidade e a qualidade do ar, e para determinar se as variações na mortalidade diária, foram associados com as flutuações nos níveis de visibilidade. Entre vários poluentes, MP2,5 mostrou "forte correlação" com visibilidade. Visibilidade em conjunto com a Umidade Relativa, boa correlação sendo para MP2,5 (r<sup>2</sup>=0,64) e MP10 (r<sup>2</sup>=0,62). A "diminuição da Visibilidade" esteve "significativamente associada" com taxas de mortalidade elevadas, para todas as causas de doenças e para doenças cardiovasculares. No Intervalo de Confiança para variação interquartil para visibilidade de oito (de 8,0 km) apresentou resultados de 2,17 % (IC 95%: 0,46 % - 3,85%), 3,36% (IC 95%: 0,96% - 5,70%) e 3,02% (IC 95%: 1,32% -7,17%), para mortalidade total, doenças cardiovasculares e doenças respiratórias, respectivamente. Comparando este estudo ao nosso estudo afirmamos que: Este estudo mostra a "mortalidade para as doenças

respiratórias e cardiovasculares", já o nosso estudo mostra a "morbidade para para as doenças respiratórias e cardiovasculares". Este estudo também mostra as "variáveis meteorológicas (visibilidade e umidade relativa, associadas) como indicador de material particulado" - MP2,5 e MP10; e ainda mostra: as "boas correlações" entre variáveis meteorológicas (inclusive visibilidade) e o material particulado - MP2,5 e MP10; e finalmente a utilização de intervalo de confiança de 95,0% porvariação inter-quartil para o risco. Este foi um estudo bem interessante e muito útil para comparação entre as metodologias aplicadas. A diferença para nosso estudo foi a utilização de Estrutura de Defasagem (lag) de sete (7,0) dias para estimar os efeitos para inalação do material particulado – MP10.

Trach *et al.*, (2010) declara que Visibilidade em Hong Kong, "se deteriorou" significativamente ao longo de quarenta (40) anos, ou seja de 1980 até 2010; e mostra visibilidade "inferior" a oito (8,0) quilômetros (km), na ausência de névoa ou precipitação. O estudo apresenta resultados que correlacionam "visibilidade a mortalidade"; e tambem "associações" entre as mesmas, em grupos de faixa etárias definidos. Foram avaliados os "efeitos de mortalidade a curto prazo" na "redução diária" de visibilidade. Os resultados foram classificados assim: a) Para a "mortalidade não-acidental" - com variação interquartil (*IQR*) para "diminuição da visibilidade" ou seja, até até seis quilometros e meio (até 6,5 km) na defasagem (*lag*) 0-1 dias, foi associada ao "excesso de risco" (ER %): 1,13% (*IC* 95%: 0,49 - 1,76) para todas as idades e 1,37% (*IC* 95%: 0.65 - 2.09) para idade de 65 anos ou mais; b) Para "mortalidade cardiovascular" para : 1,31% (*IC* 95%: 0,13 -

2,49) para todas as idades; e 1,72% (IC 95%: 0,44 - 3,00) para idade de 65 anos ou mais; c) Para "mortalidade respiratória" para: 1,92% (IC 95%: 0,49 -3,35) para todas as idades; e 1,76% (IC 95%: 0,28 - 3,25) para idade de 65 anos ou mais. O Excesso de Risco (ER %), estimado para mortalidade diária, foi derivado de visibilidade e poluentes atmosféricos, e foram comparáveis em termos de: magnitude, Defasagem (lag) padrão e relações exposição-resposta; especialmente quando foi usado material particulado (MP10) na prevenção da mortalidade associada á visibilidade. Todavia a visibilidade pode fornecer "padrão útil" para avaliar impactos ao meio ambiente causados pelos poluentes e uma "abordagem válida" para análise de riscos na saúde pública e/ou coletiva devido á poluição do ar e mostrar benefícios da melhoria da qualidade do ar nos países em desenvolvimento, onde dados de monitoramento de poluentes são escassos. Este estudo é bem complexo e foi muito útil na comparação da metodologia utilizada. Utilizou dados meteorológicos inclusive visibilidade e estrutura de defasagem (lag) para estimar os efeitos para a mortalidade cardiovascular e respiratória.

Ge et al., (2011) em Shanghai, China, mostra que visibilidade diária foi usada para examinar as associações entre ela (a visibilidade diária) e as admissões hospitalares, apresentando "boa" correlação. Entre os vários poluentes medidos, o MP2,5 mostrou "forte" correlação com a visibilidade. A "diminuição" da Visibilidade foi significativamente associada com o aumento do risco de internação, em Shanghai. Uma diminuição inter-quartil para intervalo de confiança no segundo (2º) dia (*L01*); na média móvel,

correspondeu a 3,66 % (IC 95%: 1,02 % - 6,31 %); 4,06% (IC 95%: 0,84% -7,27%) e 4,32 % (IC 95%: 1,67% - 6,97%) no "aumento total" das admissões hospitalares, nas admissões hospitalares para doenças cardiovasculares e para respiratórias, respectivamente. Logo os resultados do estudo proporcionou a primeira evidência na China, em Shanghai, de que a "diminuição da visibilidade" tem um efeito sobre admissões hospitalares, e esse achado reforça e justificativa para limitar ainda mais os níveis de poluição do ar. Mostrando que visibilidade realmente, pode ser utilizada como marcador de poluição do ar, alem da sua ampla utilização em estudos para varias finalidades e metodologias aplicáveis em áreas sem monitoramento. Diferente dos outros estudos, este estudo mostrou que o indicador criado, permite a realização "de estudos de série temporal" e até mesmo "de estudos de "case cross-over", que permitem "maior poder de identificação de relação causal" entre "exposição e efeito". Outra característica importante apresentada, foi a possibilidade de utilizar "apenas variáveis meteorológicas" nas estimativas dos efeitos.

Em suma, nosso estudo forneceu evidências necessárias, mostradas pelos resultados, do desenvolvimento de ferramenta simples e capacitada com aplicação de metodologia diferenciada, para servir de modelo indicador e/ou marcador da poluição do ar, mensurando as concentrações de material particulado (MP10) a partir de variáveis meteorológicas para aplicação em estudos de epidemiologia ambiental para utilização em áreas desprovidas de sistemas de monitoramento dos poluentes do ar, desde que, no local e/ou cidades existam dados meteorológicos (em nosso estudo utilizamos:

temperaturas, umidade relativa do ar e visibilidade - de preferência os colhidos em aeroportos disponibilizados pela INFRAERO), internações por doenças hospitalares (em nosso estudo, internações de crianças e idosos em doenças respiratórias e cardiovasculares). Este nosso estudo mostrou que "pode ser dispensável" a utilização dos índices de concentração de material particulado Medido – MP Medido (em nosso estudo: o MP10); todos validados (em nosso estudo: por período mínimo de 36 meses), após aplicação da metodologia e apresentação dos resultados satisfatórios obtidos, comparados, o MP10 Medido e o MP10 Estimado, para as estimativas dos efeitos do material particulado – MP10 inalável, na saúde da população, em cidades urbanas brasileiras.

6. CONCLUSÕES

## 6- CONCLUSÕES

### 6.1- Gerais:

- Foi possível o desenvolvimento de um indicador da concentração de Material Particulado – MP; (MP10 Estimado) a partir da utilização de variáveis meteorológicas em áreas desprovidas de rede de monitoramento, comparamos os valores com as concentrações do PM10 (Medido pela CETESB), "sendo passível" os testes e validação do mesmo.
- O indicador (MP10 Estimado) para estimar as concentrações de Material Particulado - MP10 inalável e seus os efeitos na saúde, mostrou, "Boa Correlação" com o Indicador das concentrações de Material Particulado - MP10 (MP10 Medido CETESB) nas Cidade de São Paulo, assim como em Campinas, Ribeirão Preto, Baurú e Presidente Prudente.

### 6.2- Estimativas dos Efeitos na Estrutura de Defasagem (lag):

Nas estimativas dos Efeitos do Material Particulado - MP10 inalável; "Comparando" o Indicador de Material Particulado Estimado (MP10 Estimado) e o MP10 Medido pela CETESB (MP10 Medido) na Cidade de São Paulo, mostraram "Comportamento" das Estruturas de Defasagem (lag), "Semelhantes", ao da Cidade de Campinas; e "menos Semelhantes", aos das Cidades de Ribeirão Preto, Presidente Prudente e Baurú. Nas estimativas dos Efeitos do Material Particulado - MP10 inalável; "Utilizando" o Indicador de Material Particulado Estimado (MP10 Estimado) das Cidades de Campinas e Curitiba, se mostraram "com Caracteristicas Semelhantes"; e das Cidades de Ribeirão Preto, Presidente Prudente e Baurú, "com Caracteristicas menos Semelhante"; quando observadas e comparadas às Estrutura de Defasagem (*lag*) da Cidade de São Paulo.

### 6.3- Magnitude dos Efeitos na Estrutura de Defasagem (lag):

- Em São Paulo a Magnitude das Estimativas dos Efeitos observados na Defasagem para internações hospitalares respiratórias em crianças se mostraram "maiores" quando utilizaram o Indicador MP10 Estimado e quando comparadas ao Indicador Medido pela CETESB. Já para internações hospitalares respiratórias em idosos se mostraram "similares" quando utilizaram o Indicador MP10 Estimado e o Indicador Medido pela CETESB, assim como para as internações hospitalares cardiovasculares em idosos.
- Em Campinas a Magnitude das Estimativas dos Efeitos observados na Defasagem para internações hospitalares respiratórias em crianças se mostraram "similares" quando utilizaram o Indicador MP10 Estimado e o Indicador Medido pela CETESB. Nas internações hospitalares respiratórias em idosos, tambem se mostraram "similares" quando utilizaram o Indicador MP10 Estimado e o Indicador

Medido pela CETESB, assim como nas internações hospitalares cardiovasculares em idosos.

- Em Ribeirão Preto a Magnitude das Estimativas dos Efeitos observados na Defasagem para internações hospitalares respiratórias em crianças se mostraram "menores" quando utilizaram o Indicador MP10 Estimado e quando comparadas ao Indicador MP10 CETESB. Para as internações hospitalares respiratórias em idosos se mostraram "maiores" quando utilizaram o Indicador MP10 Estimado e quando comparadas ao Indicador Medido pela CETESB e para as internações hospitalares cardiovasculares em idosos se mostraram "menores" quando utilizaram o Indicador MP10 Estimado e quando comparadas ao Indicador MP10 Estimado e quando comparadas ao Indicador MP10 CETESB..
- Em Baurú a Magnitude das Estimativas dos Efeitos observados na Defasagem para internações hospitalares respiratórias em idosos se mostraram "maiores" quando utilizaram o Indicador MP10 Estimado e quando comparadas ao Indicador Medido pela CETESB. Já para internações hospitalares respiratórias em crianças se mostraram "similares" quando utilizaram o Indicador MP10 Estimado e o Indicador Medido pela CETESB, assim como para as internações hospitalares cardiovasculares em idosos.
- Em Presidente Prudente a Magnitude das Estimativas dos Efeitos observados na Defasagem para internações hospitalares respiratórias em crianças se mostraram "maiores" quando utilizaram o Indicador

MP10 Estimado e quando comparadas ao Indicador Medido pela CETESB. Para as internações hospitalares respiratórias em idosos se mostraram "maiores" quando utilizaram o Indicador MP10 Estimado e quando comparadas ao Indicador Medido pela CETESB. Já para internações hospitalares cardiovasculares em idosos se mostraram "similares" quando utilizaram o Indicador MP10 Estimado e o Indicador Medido pela CETESB.

A Magnitude das Estimativas dos Efeitos observados em Curitiba, pelas internações hospitalares respiratórias em crianças, "são semelhantes" as internações hospitalares respiratórias em idosos e ambas são "superiores" as internações hospitalares cardiovasculares em idosos, quando utilizamos o Indicador de Material Particulado Estimado (MP10 Estimado).

# 7. BIBLIOGRAFIA

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 dedissertações, teses e monografias. Elaborado por Anneliese Carneiro da Cunha, Maria Julia de A. L. Freddi, Maria F. Crestana, Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena. 3a ed. São Paulo: Divisão de Biblioteca e Documentação; 2011.

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

### 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN ASSOCIATION FOR AEROSOL RESEARCH AAAR. Aerosol and visibility. 1999. Disponível em:http://www.aaar.org/99annmtg.htm. Acesso em15 out 2005.
- 2. Andrade MD; Miranda RM; Fornaro A; Kerr A; Oyama B; de Andre PA; Saldiva PHN. Vehicle emissions and PM2.5 mass concentration in six Brazilian cities. Air Qual. Atmos. Health. **2012**; 5: 79 88.
- Arbex MA; Bohm GM; Saldiva PHN; Conceição GMS. Assessment of the effects of sugar cane plantation burning on daily counts of inhalation therapy. J Air & Waste Manage Assoc, 2000. v. 50, p. 1745-49.
- 4. Arbex MA. Avaliação dos efeitos do material particulado proveniente da queima da plantação da cana-de-açúcar sobre a morbidade respiratória na população de Araraquara – SP. São Paulo, 2002. 188 p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo.
- Arbex MA; Santos U de P; Martins LC; Saldiva PHN; Pereira LAAP;
   Braga ALF. A poluição do ar e o sistema respiratório. J Bras Pneum ol.
   2012; 38(5):643 655.
- Ballester F; Estarlich M; Iniguez C, et al. Air pollution exposure during pregnancy and reduced birth size: a prospective birth cohort study in Valencia, Spain. Environ Health. 2010; 9:6 – 17.

- Beatty TKM and Shimshack JP. Air pollution and children's respiratory health: A cohort analysis. Journal of Environmental Economics and Management. 2014; 67:39 – 57.
- 8. Bentayeb M; Simoni M; Norback D; Baldacci S; Maio S; Viegi G; Annesi-Maesano I. Indoor air pollution and respiratory health in the elderly. Journal of Environmental Science and Health, Part A. **2013**; 48:1783 1789.
- 9. Blackwell HR. Contrast thresholds of the humam eye. Journal of the Optical Society of America, v. 36, n.11, p. 624-43, Nov. **1946.**
- 10. Bonita R; Beaglehole R; Kjellström T. Basic epidemiology. Livraria Santos Editora Com. Imp. Ltda. 2.ed. São Paulo. 2010.
- 11. Braga ALF. Quantificação dos efeitos da poluição do ar sobre a saúde da população pediátrica da cidade de São Paulo e proposta de monitorização. São Paulo, 1998. 225p. Tese (Doutorado) Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo.
- 12. Braga ALF; Conceição GMS; Pereira LAA; Kishi H; Pereira JCR; Andrade MF; Gonçalves FLT; Saldiva PHN; Latorre MRDO. Air pollution and pediatric respiratory hospital admissions in Sao Paulo, Brazil. J. Environ. Med., 1999. v. 1, p. 95-102.
- 13.. Braga ALF; Saldiva PHN; Pereira LAA; Menezes JCC; Conceição GMS; Lin CA; Zanobetti A; Schwartz J; Dockery DW. Health effects of air pollution exposure on children an adolescents in São Paulo, Brazil. Pediatr. Pulmonol., 2001. v. 31, p. 106-13.
- 14. Braga ALF; Zanobetti A; Schwartz J. The effect of weather on respiratory and cardiovascular deaths in 12 U.S. cities. Environ. Health Perspect; **2001.** 110:859–863.
- 15. Braga ALF; Zanobetti A; Scwartz J. The time course of weather-related death. Epidemiology; **2001b**. 12:662-667.
- 16. Braga ALF; Pereira LAA; Procópio M; André PA; Saldiva PHN. Associação entre poluição atmosférica e doenças respiratórias e cardiovasculares na cidade de Itabira, Minas Gerais, Brasil Cad. Saúde Pública. 2007; 23(4):S570 - S578.

- 17. Brook RD; Franklin B; Cascio W; Hong Y; Howard G; Lipsett M; Luepker R; Mittleman M,; Samet J; Smith Jr SC; Tager I. Air Pollution and Cardiovascular Disease: A Statement for Healthcare Professionals From the Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association. Circulation. **2004**; 109: 2655 2671.
- 18. Burnett RT *et al.* An Integrated Risk Function for Estimating the Global Burden of Disease Attributable to Ambient Fine Particulate Matter Exposure. Environmental Health Perspectives. **2014**; 122(4).
- 19. Cançado JED. A poluição atmosférica e sua relação com a saúde humana na região canavieira de Piracicaba - SP. São Paulo, 2003. 201p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo.
- Cançado JED. et al. The impact of sugar cane-burning emissions on the respiration system of children and the elderly. Environ Health Perspect 2006: 114(5): 725-9
- 21. CETESB Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo 2009. Cetesb, 125p., São Paulo, **2009.**
- 22. CETESB Companhia ambiental do estado de São Paulo. Emissões veiculares no estado de São Paulo (2012) [online]. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/ar/emissoes/relatorio 2012.pdf
- 23. CETESB Companhia ambiental do estado de São Paulo . Relatório de qualidade do ar no estado de São Paulo (2013) [online]. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/qualidade do ar/31 publicacoes e relatorios.
- 24. CETESB Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo - 2012. Cetesb, 125p., São Paulo, 2013.
- 25. CETESB Companhia ambiental do estado de São Paulo. Emissão veicular (2014) [online]. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/Emi ssão - Veicular.

- 26. Clean Air Act, section 169A(a)(1), Public Law 84-159, as amended (42 USC §7401 et seq). Available online at: www.epa.gov/oar/caa/caa169A.txt
- 27. Chen Y; Xie SD. Long-term trends and characteristics of visibility in two megacities in southwest China: Chengdu and Chongqing. J Air Waste Manag Assoc. **2013.** Sep;63(9):1058-69.
- 28. CONAMA Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 03 de 28.06.1990. Estabelece padrões para a qualidade do ar. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 20.08.**1990**.
- 29. CONSEMA Conselho Estadual do Meio Ambiente. Deliberação CONSEMA 25/2012. Disponível em: < http://www.ambiente.sp.gov.br/consema/files/2012/04/DEL25.pdf.>. Acesso em: 05 Jan. **2014.**
- 30. Chiarelli PS; Pereira LAA; Saldiva PHN; Filho CF; Garcia MLB; Braga ALF; Martins LC. The association between air pollution and blood pressure in traffic controllers in Santo André, São Paulo, Brazil. Environmental Research . **2011**; 111:650 655.
- 31. Chow JC; Ono DM. PM<sub>10</sub> standards and nontraditional particulate source controls, Overview of the technical program. In: J.C. Chow & D.M. Ono. Eds., PM<sub>10</sub> standards and nontraditional particulate source controls, pp. xxvii-xxxv. A&WMA-EPA Transactions Series 22. Pittsburgh, Air & Waste Management Association. **1992a.**
- 32. Chow JC; Ono DM. PM<sub>10</sub> standards and nontraditional particulate source controls. A&WMA/EPA Transactions Series. n. 22. Pittsburgh, Air & Waste Management Association. **1992b.**
- 33. Chow JC. Measurement methods to determine compliance with ambient air quality standards for suspended particles. J. Air Waste Manage. Assoc.. **1995.** 45, 320-382.
- 34. Chen Y; Ebenstein A; Greenstone M; Hong bin L. (2013). Evidence on The impact of sustained exposure to air pollution on life expectancy from China's Huai River policy. Proc Natl Acad Sci USA . **2013**; 110:12936 12941.
- 35. CID 10 Classificação estatística internacional de doenças e problemas relacionados à saúde. Décima (10<sup>a</sup>) revisão. Editora da Universidade de São Paulo (Edusp), São Paulo, 1993.

- 36. CID 10 Classificação estatística internacional de doenças e problemas relacionados à saúde. Décima (10<sup>a</sup>) revisão. Editora da Universidade de São Paulo (Edusp), São Paulo, 1993b.
- 37. Correia AW; Pope III CA; Dockery DW; Wang Y; Ezzati M; Dominici F. The Effect of Air Pollution Control on Life Expectancy in the United States: An Analysis of 545 US counti es for the period 2000 to 2007. Epidemiology. **2013**; 24(1): 23 31.
- 38. Davel AP; Lemos M; Pastro LM; Pedro SC; de André PA; Hebeda C; Farsky SH; Saldiva PH; Rossoni LV. Endothelial dysfunction in the pulmonary artery induced by concentrated fine particulate matter exposure is associated with local but not systemic inflammation. Toxicology. **2012**; 295(1-3):39-46.
- 39. DENATRAN Departamento nacional de trânsito. Frota nacional por município em abril de **2014** [online]. Disponível em: http://www.denatran.gov.br/frota2014.htm.
- 40. Dockery DW, *et al.* Association between air pollution and mortality in six U.S. cities. The New England Journal of Medicine. **1993**; 329(24).
- 41. Dons E; Poppel MV; Panis LI; Prins SD; Berghmans P; Koppen G; Matheeussen C. Land use regression models as a tool for short, medium and long term exposure to traffic related air pollution. Science of the Total Environment. 476 – 477 (2014) 378 – 386
- 42. Farhat SCL. Efeitos da poluição atmosférica na cidade de São Paulo sobre doenças do trato respiratório inferior em uma população pediátrica. São Paulo, **1999**, 180p. Tese (Doutorado) Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.
- 43. Farhat SCL; Almeida MB; Vicente L; Silva Filho RF; Farhat, Rodrigues JC; Braga ALF. Ozone Is Associated With an Increased Risk of Respiratory Exacerbations in Patients With Cystic Fibrosis. CHEST. **2013**; 144(4):1186 1192.
- 44. Fajersztajn L; Veras M; Barrozo LV; Saldiva P. Air pollution: a potentially modifiable risk factor for lung cancer. Nature Reviews Cancer. **2013**; 13.
- 45. Fernandes SM e Carneiro AV. Tipos de Estudos Clínicos. II. Estudos de Coorte. Rev Port Cardiol . **2005**;24 (9):1151 1158.
- 46. Fircket J. Sur les causes des accidents survenus dans la vallée de la Meuse, lors des brouillards de décembre 1930. Bull. Acad. Roy. Med. Belg., **1931.** v. 11, p. 683-741.

- 47. Fleischer NL; Merialdi M; van Donkelaar A; Vadillo-Ortega F; Martin RV; Betra n AN; Souza JP; O'Neill MS. Outdoor Air Pollution, Preterm Birth, and Low Birth Weight: Analysis of the World Health Organization Global Survey on Maternal and Perinatal Health. Environmental Health Perspectives. **2014**;122:4.
- 48. Friedlander SK. Smoke, dust and haze: fundamentals of aerosol behavior. New York: John Wiley & Sons, **1977.**
- 49. Ge W; Chen R; Song W; Kan H. Daily visibility and hospital admission in Shanghai, China. Biomed Environ Sci. 2011 Apr;24(2):117-21. doi: 10.3967/0895-3988. **2011**. 02.005.
- 50. Ghin YS; Moon KC. Visibility Trends in Korea during the Past Two Decades. J. Air & Waste Manag. Assoc. **2005.** 55:73-82.
- 51. Gold DR; Jonathan H; Samet M. Air Pollution, Climate, and Heart Disease. Circulation. **2013**; 128:e411 e414.
- 52. Green PJ; Silverman BW. Non-parametric regression and generalized linear models. A Roughness Penalty Approach. London: Chapman and Hall, **1994.**
- 53. Gyan K; Henry W; Lacaille S; Lallo A; Lamsee-Ebanks C; McKay S; Antoine RM; Monteil A. African dust clouds are associated with increased paediatric asthma accident and emergency admissions on the Caribbean island of Trinidad. Int J Biometeorol. **2005.** 49: 371–6.
- 54. Hyder A; Lee HJ; Ebisu K; Koutrakis P; Belanger K; Bell ML. PM 2,5 Exposure and Birth Outcomes. Use of Satellite and Monitor Based Data. Epidemiology. **2014**; 25:1.
- 55. Hidy GM. Aerosols: an industrial and environmental science. Londres: Academic, **1984.** cap.1, p. 1-16, cap. 8, p. 479-579.
- Horvath H; Tryer A. A study of the aerosol of Santiago de Chile –
   II. Mass Extinction coefficient, visibilities and Angström exponents.
   Atmospheric Environment, 1993a. v. 27, n. 3, p. 385-395.
- 57. Horvath H; Tryer A. A study of the aerosol of Santiago de Chile I. Light Extinction coeficients. Atmospheric Environment, **1993b.** v. 27, n. 3, p. 371-84.
- 58. Horvath H. Conference on visibility and fine particles in Vienna. Atmospheric Environment, **1994.** v. 28, n. 5, p. 755-6, mar.

- 59. Huang W; Tan J; Kan H; Zhao N; Song W; Song G; Chen G; Jiang L; Jiang C; Chen R; Chen B. Visibility, air quality and daily mortality in Shanghai, China. Sci Total Environ. **2009** May 1;407(10):3295-300.
- 60. IAP –Instituto Ambiental do Paraná.Relatório da Qualidade do Ar na : Região Metropolitana de Curitiba, 2012
- 61. IARC International Agency for Research on Cancer. IARC. Solar and Ultraviolet Radiation. Volume 55. Lyon: Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, **1992.**
- 62. IARC International Agency for Research on Cancer. IARC. Some non-heterocyclic polycyclic aromatic hydrocarbons and some related exposures. Volume 92. Lyon: Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, **2010.**
- 63. IARC International Agency for Research on Cancer. IARC. Diesel engine exhaust carcinogenic. Press Release Number 213. Lyon: International Agency for Research on Cancer, **2012.**
- 64. IAGCA Instituto de Astronomia Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo USP, **2013.** http://www.iag.usp.br/
- 65. IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produto Interno Bruto dos municípios **2010** [online]. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pibmunicipios/2010.
- 66. IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatítica **(2013)** [online]. Disponível em: http://cidades.ibge. gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=355030&search =sao paulo|sao paulo.
- 67. IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística Ministério do Planejamento. IBGE, **2013** Cidades. Disponível em: www.ibge.gov.br/cidades/default.php>. Acesso em: 01 Fev. 2014.
- 68. IMPROVE (Interagency Monitoring of PROtected Visual Environments)
  Long Term Trends website: vista.cira.colostate.
  edu/improve/Data/GraphicViewer/Trends.htm,
- 69. IMPROVE (Interagency Monitoring of PROtected Visual Environments)
  Program website: vista.cira.colostate.edu/improve/Default.htm
- 70. INFRAERO Empresa de Infra-estrutura Aeroportuaria. Departamento

- de Navegação Aérea. Baseada nos Aeroportos de Congonhas SP e/ou Aeroporto Internacional de Guarulhos SP. **2006.**
- 71. INMET Instituto Nacional de Meteorologia, **2010.**http://www.inmet.gov.br/portal/
  http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=tempo2/ver-Proximos
  Dias&code=3304557
- 72. ISS Instituto de Saúde e Sustentabildade (ISS). Avaliaçao do Impacto da poluição atmosférica no estado de São Paulo sob a visão da saúde (2013) [online]. Disnponív el em: http://www.saudeesustentabilidade.org.br/site/wp\_content/uploads/2013/09/ Documentofinaldapesquisapadrao\_2409 FINAL sitev1.pdf.
- 73. Igbal M. An introduction to solar radiation. Londres: Academic; 1983.
- 74. Katsev IL; Zege EP. The modern theory of black object visibility and range. Atmospheric Environment, **1994.**v. 28, n°5, p.763-768, mar.
- 75. Karakaya A; Ates I. and Yucesoy B. Effects of occupational polycyclic aromatic hydrocarbon exposure on T-lymphocyte functions and natural killer cell activity in asphalt and coke oven workers. Hum Exp Toxicol. 2004; 23:317 322
- 76. Koton S; Molshatzki N; Yuval Vicki Myers V; Broday DM; Drory Y; Steinberg DM; Yariv Gerber Y. Cumulative exposure to particulate matter air pollution and long term post myocardial infarction outcomes. Preventive Medicine . **2013**; 57:339 344.
- 77. Knobel HH; Chen CJ; Liang KI. Sudden infant death syndrome in relation to weather and optometrically measured air pollution in Taiwam. American Academy Pediatrics; **1995**. 96:1106-1110.
- 78. Lara BLSL. Caracterização Química da Precipitação na Bacia do Rio Piracicaba: Variabilidade Espacial e Temporal. Piracicaba, 2000. Tese (Doutorado) Centro de Energia Nuclear na Agronomia (CENA), Universidade de São Paulo.
- 79. Lara BLSL; Artaxo P; Martinelli LA; Victória RL; Camargo PB; Krusche A. Chemical composition of rainwater and anthropogenic influences in the Piracicaba river basin, Southeast Brazil. Atmospheric Environment, **2001.** v. 35, p. 4937-4945.
- 80. Lin CA. Efeitos da poluição atmosférica sobre a morbidade respiratória aguda na população infantil de São Paulo. São Paulo. São Paulo, **1997.**

- 115 p. Tese (Doutorado) Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo.
- 81. Lin CA; Martins MA; Farhat SCL; Pope III CA; Conceição GSM; Anastácio MV; Hatanaka M; Andrade WC; Hamaue WR; Bohm GM; Saldiva PHN. Air pollution and respiratory illness of children in São Paulo, Brazil. Paediatr. Perinat. Epidemiol., **1999.** v. 13, p. 475-87.
- 82. Logan WPD. Mortality in London fog incident. Lancet, v. 1, p. 336-8, **1953**. Feb;1(6755):336–8.
- 83. Maimonides, M., The Preservation of Youth: Essays on Health,
  Translated from Arabic and with introduction by H.L. Gordon, New York,
  NY, USA, 1958. Full quote available online at:
  www.coejl.org/Hanukkah/documents/maimreading.shtml
- 84. Malm WC; Trijonis J; Sisler J; Pitchford M; Dennis R. Assessing the effects of SO2 emission changes on visibility. Atmos. Environ. **1994.** 28 (5), 1023-1034.
- 85. Malm WC. Introduction to visibility. Colorado State University, NPS Visibility program, U.S.A. **1999**.
- 86.MAPA MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO MAPA. Emissão de Gases de Efeito Estufa provenientes da Queima da Cana-de-açúcar. Disponível na Internet em :http://www.mct.gov.br/clima/comunic\_old, acessado em janeiro de **2003.**
- 87. Martinelli N; Olivieri O; Girelli D. Air particulate matter and cardiovascular disease: A narrative review. European Journal of Internal Medicine. **2013**; 24: 295 302
- 88. Martins LC. Relação entre poluição atmosférica e algumas doenças Respiratórias em idosos: avaliação do rodízio de veículos no Município de São Paulo. São Paulo. 2000. 126p. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo.
- 89. Martins LC; Latorre MRDO; Saldiva PHN; Braga ALF. Air pollution and emergency room visits due to chronic lower respiratory diseases in the elderly: an ecological time-series study in São Paulo, Brazil. JOEM. **2002**. 44(7): 622-627. **2002**
- 90. Martins LC. Efeitos da poluição do ar e dos fatores metereológicos nas doenças cardiovasculares na cidade de São Paulo. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004

- 91. Martins LC *et al.* The effects of air pollution on cardiovascular disease. Rev Saúde Pública . **2006**; 40:4.
- 92. Matsuda, M. Efeitos da Queima dos canaviais sobre a superfície ocular. São Paulo, 2009. 128 p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo.
- 93. Matsumoto G; Nakagawa NK; Vieira RP; Mauad T; da Silva LF; de André CD; Carvalho-Oliveira R; Saldiva PH; Garcia ML. The time course of vasoconstriction and endothelin receptor A expression in pulmonary arterioles of mice continuously exposed to ambient urban levels of air pollution. Environ Res. **2010**; 110(3):237-243.
- 94. Mauad T; Rivero DH; Oliveira RC, Lichtenfels AJ; Guimarães ET; Andre PA; Kasahara DI; Bueno HM; Saldiva PH. exposure to ambient levels of urban particles affects mouse lung development. Am J Respir Crit Care Med. **2008**; 178:721-728.
- 95. McCartney EJ. Optics of the atmosphere: scattering by molecules and particles. New York: John Wiley & Sons, 1976.
- 96. Middleton WEK. Vision through the atmosphere. Toronto: University of Toronto. Press, **1952**.
- 97. Miranda RM; Andrade MF; Fornaro A,; Astolfo R, Andre PA; Saldiva P. Urban air pollution: a representative survey of PM(2.5) mas concentrations in six Brazilian cities. Air Qual Atmos Health. **2012**; 5:63 77.
- 98. MMA Ministério do Meio Ambiente, 2014. Inventario\_de\_Emissoes\_ por\_Veiculos\_Rodoviarios\_2013. http://www.mma.gov.br/mma-emnumeros/emissoes-veiculares
- 99. Morgenstern H. Uses of ecological analysis in epidemiologic research. Am. J. Public Health, **1982**. v. 72, p. 1336-44.
- 100.Morgenstern H. Ecologic studies in epidemiology: concepts principles, and methods. Annu. Rev. Public Health, **1995.** v. 16, p. 61-81.
- 101.Nelder JA; Wedderburn RWM. Generalized Linear Models. J. R. Statist. Soc., 1972. v. A135, p. 370-384.
- 102. Nemery B; Hoet PH; Nemmar A. The Meuse Valley fog of 1930: an air

- pollution disaster. Lancet. 2001 Mar;357(9257):704-8.
- 103.Nemmar A; Al-Salam S; Subramaniyan D; Yasin J; Yuvaraju P; Beegam S, Ali BH. Influence of experimental type 1 diabetes on the pulmonary effects of diesel exhaust particles in mice. Toxicol Lett. **2013**; 217(2):170-176.
- 104.OCDE Environmental outlook to 2050: the consequences of inaction. The Organisation for Economic Co operation and Development [online] http://www.oecd.org/environment/oecdenvironmental outlookto2050theconsequencesofinaction.htm (2012).
- 105.Olmo N, et al. A review of low level air pollution and adverse effects on human health. Implacations for epidemiological studies and public policy. Clinics. **2011**; 66(4):681 90.
- 106.OMS Organização Mundial da Saúde 7 million premature deat hs annually linked to air pollution **(2014)** [online]. Disponível em: http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air pollution/en/.
- 107.OMS Organização Mundial da Saúde. Guidelines on: Optimal feeding of low brth weight infants in low and middle income countries (2011) [online]. Disponível em: http://www.who.int/maternal\_child\_ adolescent/documents/9789241548366. Pdf
- 108.OMS Organização Mundial da Saúde WHO guidelines for indoor air quality Select pollutants **(2010)** [online]. Disponível em: http://www.euro.who.int/\_\_data/assets/pdf\_file/0009/128169/e94535.pdf
- 109.OMS Organização Mundial da Saúde. Vigilância global, prevenção e controle das doenças respiratórias crônicas. Organização Mundial da Saúde. Lisboa, **2008.**
- 110.OMS Organização Mundial de Saúde. Diretrizes de qualidade do ar. OMS. Global update **2005.** Disponível em: <a href="http://www.euro.who.int/Document/">http://www.euro.who.int/Document/</a> E90038.pdf>. Acesso em: 10 Out. 2013.
- 111.OMS Organização Mundial da Saúde. Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005. [online]. Disponível em: http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO\_SDE\_PHE\_OEH\_06.02\_eng.pdf?u a=1
- 112.O'neill MS; Lommis D; Meza VT; Retama A; Gold D. Estimating particle exposure in the Mexico City metropolitan area. Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology, **2002.** 12:

145-56.

- 113.O'neill MS; Zanobetti A; Schwartz J. Modifiers of the temperature and mortality association in seven U.S. cities. Am J. Epidemiol, **2003**. 157:1074–82.
- 114.O'neill MS; Hajat S; Zanobetti A; Ramirez-Aguilar M; Schwartz J. Impact of control for air pollution and respiratory epidemics on the estimated associations of temperature and daily mortality. Int J Biometeorol (2005). 50: 121–129.
- 115.Özkaynak H and Spengler JD. Analysis of health effects resulting from population exposures to acid precipitation precursors. Environ. Health Perspect. **1985.** 63, 45-55.
- 116.Pereira LAA. Associação entre poluição atmosférica e perdas fetais tardias no município de São Paulo. São Paulo, **1998**. 155 p. Tese (Doutorado) Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo.
- 117.Pereira LAA; Loomis D; Conceição GM; Braga ALF; Arcas RM; K ishi HS; Singer JM; Bohm GM; Saldiva PHN. Association between air pollution and intrauterine mortality in São Paulo, Brazil. Environ Health Perspect. **1998**; 106(6):325 329.
- 118.Pinto MLA. Relação Empirica da Visibilidade com profundidade óptica, concentração de aerossóis e focos de queimadas em Alta Floresta e Cuiabá em 1993 e1994. 2001. 143 p. Dissertação de (Mestrado) Ministério da Ciencia e Tecnologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais- INPE. INPE-10097-TDI/893. São José dos Campos, São Paulo, Brasil.
- 119.Pitchford ML. The relationship of regional visibility to coarse and fine particle concentration in the Southwest. J. Air Pollut. Control Assoc. **1982.** 32, 814-821.
- 120.Pitchford ML; McMurray PH. Relationship between measured water fine particle vapour growth and chemistry of atmospheric aerosol for Grand Canyon, Arizona, in winter 1990. Atmos. Environ. **1994**. 28, 827-39.

- 121.Pope III CA; Dockery DW; Spengler JD; raizenne, ME. Respiratory health and PM<sub>10</sub> pollution: a daily time series analysis. Am. Rev. Respir. Dis. **1991.** v. 144, p. 668-74.
- 122.Pope III CA; Dockery DW. Acute health effects of PM<sub>10</sub> pollution on symptomatic and asymptomatic children. Am. Rev. Respir. Dis., **1992.** v. 145, p. 1123-8.
- 123.Pope III CA *et al.* Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of U.S. adults. Am J Respir Crit Care Med . **1995**; 151:669 674.
- 124.Pope III CA; Hansen ML; Long RW; Nielsen KR; Eatough NL; Wilson WE; Eatough DJ. Ambient Particulate Air Pol lution, Heart Rate Variability, and Blood Markers of Inflammation in a Panel of Elderly Subjects. Environmental Health Perspectives. **2004**; 112(3).
- 125.Pope III CA and Dockery DW. Health Effe cts of Fine Particulate Air Pollution: Lines that Connect. J. Air & Waste Manage. Assoc. **2006**; 56:709 742.
- 126.Pope III CA; Ezzati M; Dockery DW. Fine-particulate Air Pollution and Life Expectancy in the United States. N Engl J Med. **2009**; 360:376 86.
- 127.Pope III CA and Dockery DW. Air pollution and life expectancy in China and beyond. PNAS. 2013; 110(2):12861 12862.
- 128. Prioli G. A utilização de variáveis meteorológicas para estimar os efeitos do Material Particulado PM10 na saúde. São Paulo, **2007**. 136 p. Dissertação de (Mestrado) Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo.
- 129.REDEMET Rede de Meteorologia da Aeronáutica. http://www.redemet.aer.mil.br. 2016.
- 130.Ritz B; Qiu J, Lee PC; Lurmann F, Penfold B; Weiss RE, McConnell R; Arora C; Calvin Hobel C; Wilhelm M. Prenatal air pollution exposure and ultrasound measures of fetal growth in Los Angeles, California. Environmental Research . **2014;**130:7 13.
- 131.Romão R; Pereira LAAP; Saldiva PHN; Pinheiro PM; Braga ALF; Martins LC. The relationship between low birth weight and exposure to inhalable particulate matter. Cad. Saúde Pública. **2013**; 29(6):1101 1108.

- 132.Ross Z; Ito K; Johnson S; Yee M; Pezeshki G; Clougherty JE; Savitz D; Matte T. Spatial and temporal estimation of air pollutants in New York City: exposure assignment for use in a birth outcomes study. Environmental Health. **2013**;12:51.
- 133.Rothman JK; Greenland S. Modern Epidemiology, segunda edição, 1998.
- 134. Saldiva PHN; Lichtenfels AJFC; Paiva PSO; Barone IA; Martins MAA; Massad E; Pereira JCR; Xavier VP; Singer JM; Böhm GM. Association between air pollution and mortality due to respiratory diseases in children in São Paulo, Brazil: a preliminary report. Environ. Res. **1994**;65:218 225.
- 135.Saldiva PHN; Pope III CA; Schwartz J; Dockery DW; Lichtenfels AJ; Salge JM; Barone I; Böhm GM. Air pollution and mortality in elderly people: a time series study in São Paulo, Brazil. Arch. Environ. Health. **1995**; 50:159-163.
- 136. Saldiva PHN e Böhm GM. Animal indicator of adverse effects associated With air pollution. Ecos. Health. **1998**; 4:230-35.
- 137. Saldiva PHN. Air pollution and our lung disease patients. J Bras Pneumol. **2008**; 34(1):1.
- 138. Saldiva PHN. (Coords.). Meio ambiente e saúde: o desafio das metrópole. São Paulo: Ex Libris. **2010**, p.18-21.
- 139. Santos U. de P. Estudo de Alterações Cardiovasculares e Respiratórias em Indivíduos Expostos à Poluição Atmosférica na Cidade de São Paulo. São Paulo, **2002.** Tese (Doutorado) Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo.
- 140.Schrenk HH; Heimann H; Clayton GD; Garafer WM; Wexler H. Air pollution in Donora, PA: epidemiology of an unusual smog episode of October 1948. Washington, DC, 1949. Federal Security Agency, Public Health Bulletin n.306 apud BASCON et al., p.7, **1996.**
- 141.Schwartz J; Koenig J; Slater D; Larson T. Particulate air pollution and hospital emergency visits for asthma in Seattle. Am. Rev. Respir. Dis., 1993. v. 147, p. 826-31.
- 142.Schwartz J; Dockery DW; Neas LM; Wypij D; Ware JH; Spengler JD; Koutrakis P; Speizer Ferris BG. Acute effects of summer air pollution of respiratory symptom reporting in children. Am. J. Respir. Crit. Care Med., 1994. v. 5, p.1234-42.

- 143. Schwartz J. Air pollution and hospital admissions for the elderly in Detroit. Am. J. Respir. Crit. Care Med., **1994a.** v. 150, p. 648-55,
- 144. Schwartz, J. Air pollution and hospital admissions for the elderly in Birmingham, Alabama. Am. J. Epidemiol., **1994b** v. 139, p. 589-90.
- 145.Schwartz J. Short term fluctuations in air pollution and hospital admissions of the elderly for *respiratory* disease. Thorax; **1995.** *5*0, 531-538.
- 146.Schwartz J. Morris R. Air pollution and hospital admissions for cardiovascular disease in Detroit, Michigan. Am J Epidemiol, 1995. 142, 23-35.
- 147. Schwartz J. Air pollution and hospital admissions for *respiratory* disease. Epidemiol. **1996**; *7*, 20-28.
- 148.Schwartz J and Neas LM. Fine particles are more strongly associated than coarse particles with acute respiratory health effects in schoolchildren. Epidemiology . **2000**; 11(1):6 10
- 149. Seinfeld JH. Atmospheric chemistry and physics of air pollution. New York: John Wiley & Sons. **1986.**
- 150.Slama R; Morgenstern V; Cyrys J; Zutavern A; Herbarth O; Wichmann HE; Heinrich J; LISA Study Group. Traffic Related Atmospheric Pollutants Levels during Pregnancy and Offspring's Term Birth Weight: A Study Relying on a Land Use Regression Exposure Model. Environmental Health Perspectives. 2007;115:9.
- 151.Slama R; Ballester F; Casas M; Cordier S; Eggesbø M; Iniguez C, Nieuwenhuijsen M; Philippat C; Rey S; Vandentorren S; Vrijheid M. Epidemiologic Tools to Study the Influence of Environmental Factors on Fecundity and Pregnancy related Outcomes. Epidemiologic Reviews . **2014**;36.
- 152. Solomon PA; Sioutas C. Continuous and semicontinuous monitoring techniques for particulate matter mass and chemical components: a synthesis of findings from EPA's Particulate Matter Supersites Program and related studies. J Air Waste Manag Assoc. **2008**; 58(2):164-195.
- 153.Sly PD; Flack F. Susceptibility of Children to Environmental Pollutants.

- Ann. N. Y. Acad. Sci. **2008**;1140: 163 183.
- 154.Thach TQ; Wong CM; Chan KP; Chau YK; Chung YN; Ou CQ; Yang L; Hedley AJ.Daily visibility and mortality: assessment of health benefits from improved visibility in Hong Kong.Environ Res. **2010** Aug;110(6):617-23.
- 155.Tsai YI; Lin YH; Lee SZ. Visibility variation with air qualities in the metropolitan area in southern Taiwan. Water, Air and Soil Pollution 144: 19-40.**2003.**
- 156. Twomey S. Atmospheric aerosols. New York: Elsevier Scientific; 1977.
- 157.U.S. Environmental Protection Agency, Protecting Visibility: An EPA Report to Congress, EPA-450/5-79-008, Research Triangle Park, NC, USA, 1979. Available online at: vista.cira.colostate.edu/improve/Publications/Principle/ EPA\_Report/epa\_report.htm.
- 158.U.S. Environmental Protection Agency. EPA. Measuring Air Quality: The Pollutant Standards Index. Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC, EPA 451/K-94-001, **1994.**
- 159.U.S. Environmental Protection Agency. EPA. Toxicological profile for polycyclic aromatic hydrocarbons. US department of health and human services. **1995.**
- 160.U.S. Environmental Protection Agency. EPA. National Air Quality and Emissions Trends Report, 1995. Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC, 1996.
- 161.U.S. Environmental Protection Agency. EPA. Air Quality and Critéria for particulate matter. V.2. EPA /600/9-95/0016F. **1996b.**
- 162. Vajanapoon N. Particulate and air pollution and morality and Bangkok, Thayland. doctor Dissertation. University of North Carolina at Chapel Hill. **1999**.
- 163. Vajanapoom N; Shy CM; Neas LM; Loomis D. Estimation of particulate matter from visibility in Bangkok, Thailand. J Expo Anal Environ Epidemiol. **2001** Mar-Apr;11(2):97-102
- 164. Vajanapoon N; Shy CM; Neas LM; Lommis D. Associations of particulate matter and daily mortality in Bangkok, Thailand. Southeast Asian J Trop Med Public Health; **2002.** 33:389-399.

- 165. Vasconcelos PC; Artaxo P; Ciccioli P; Cecinato A; Brancaleoni E; Frattoni M. Determinação dos hidrocarbonetos saturados e policíclicos aromáticos na atmosfera Amazonica. Química Nova. **1998**; 21(4):385-393.
- 166. Veras MM; Caldini EG; Dolhnikoff M; Saldiva PHN. Air pollution and effects on reproductive system functions globally with particular emphasis on the brazilian population. J ournal of Toxicology and Environmental Health, Part B. **2010**; 13:1 15.
- 167. Veras MM; Damaceno Rodrigues NR; Silva RMG; Scoriza JN; Saldiva PHN; Caldini EG; Dolhnikoff M. Chronic exposure to fine particul ate matter emitted by traffic affects reproductive and fetal outcomes in mice. Environmental Research **2009**; 109:536 543.
- 168. Veras MM; Damaceno Rodrigues NR; Caldini EL; Ribeiro AACM; Mayhew TM; Saldiva PHN; Dolhnikoff M. Particulate Urban Air Pollution Affects the Functional Morphology of Mouse Placenta. Biology of Reproduction . 2008;79:578 584.
- 169. Vianello RL e Alves AR. A Meteorologia básica e aplicações. Viçosa: Imprensa Universitária UFV; **1991.**
- 170. Vieira SE; Stein RT; Ferraro AA; Pastro LD; Pedro SSC; Lemos M; Silva ER; Sly PD; Saldiva PHN. Los contaminantes atmosféricos urbanos son factores de riesgo significativos los contaminantes. Arch Bronconeumol . **2012**; 48(11):389 395.
- 171.Xue D; Li C; Liu Q. Visibility characteristics and the impacts of air pollutants and meteorological conditions over Shanghai, China. Environ Monit Assess. **2015.** Jun;187(6):363.
- 172.Wan JM; Lin M; Chan CY; Zhang ZS; Engling G; Wang XM; Chan IN; Li SY. Change of air quality and its impact on atmospheric visibility in central-western Pearl River Delta. Environ Monit Assess. **2011.** Jan;172(1-4):339-51.
- 173.Wang et al. 2013. Evaluation of Land Use Regression Models for NO2 and Particulate Matter in 20 European Study Areas: The Escape Project. Environ. Sci. Technol. **2013**; 47, 4357'4364.
- 174.Wang M, et al. Long-term exposure to elemental constituents of particulate matter and cardiovascular mortality in 19 European cohorts: Results from the Escape and Transphorm projects. Environment International. **2014**; 66:97 106.
- 175.Wanka ER; Bayerstadler A; Heumann C; Nowak D; Jörres RA; Fischer R. Weather and air pollutants have an impact on patients with respiratory diseases and breathing difficulties in Munich, Germany.

- Int J Biometeorol. **2014**; 58:249 262.
- 176.Weather History for Curitiba, Brazil Weather Underground. 2016. http://www.wunderground.com/history/airport/SBCT/2009/1/2/Daily History.html?req\_city=Curitiba&req\_state=&req\_statename=Brasil &reqdb.zip=00000&reqdb.magic=1&reqdb.wmo=83840
- 177.White, EG. Counsels on Health. 1923. Ellen G.White Estate, Inc. Traduzido pela Casa Publicadora Brasileira, Tatui, São Paulo, Brasil. Pág. 55. **2013.**
- 178.White EG. Finals Events. Ellen G. White Estate, Inc. Traduzido pela Casa Publicadora Brasileira (2001), Tatui, São Paulo, Brasil. Pág. 25. **2001**.
- 179.WHO World Health Organization. Health Guidelines for Vegetation Fire Events. ed. Schwela DH, Goldammer, JG, Morawska LH, Simpson O. Geneva, World Health Organization, **1999.**
- 180.WHO World Health Organization. Global Air Quality Guidelines. Geneva, **2005.**
- 181.WMO World Meteorological Organization. WMO/IGAC. Impacts of Megacities on Air Pollution and Climate [online]. Disponível em: [http://www.wmo.int/pages/prog/ arep/gaw/gaw reports.html] (2012).
- 182. Zanobetti A; Schwartz J; Samioli E; Gryparis A; Touloumi G; Atkinson R; Katsouyanni. The temporal pattern of mortality responses to air pollution: a multicity assessment of mortality displacement. **Epid**emiology, v. 13, n. 1, p. 87-93, **2002.**
- 183.Zhang L; Chen X; Xue X; Sun M; Han B; Li C; Ma J; Yu H; Sun Z; Zhao L; Zhao B; Liu Y; Chen J; Wang PP; B ai Z; Tang N. Long term exposure to high particulate matter pollution and cardiovascular mortality: A 12 year cohort study in four cities in northern China. Environment International. 2014; 62:41 47.

# 8. APÊNDICE

### Aprovação da CAPPesq para o Projeto nº 0232/09



# **APROVAÇÃO**

A Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa - CAPPesq da Diretoria Clínica do Hospital das Clínicas e da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, em sessão de 15/04/2009, APROVOU o Protocolo de Pesquisa nº 0232/09, intitulado: "ESTIMATIVA DA CONCENTRAÇÃO DO MATERIAL PARTICULADO INALÁVEL (PM10) ATRAVÉS DE VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E DE SEUS EFEITOS NA SAÚDE EM ÁREAS URBANAS BRASILEIRAS" apresentado pelo Departamento de PATOLOGIA.

Cabe ao pesquisador elaborar e apresentar à CAPPesq, os relatórios parciais e final sobre a pesquisa (Resolução do Conselho Nacional de Saúde nº 196, de 10/10/1996, inciso IX.2, letra "c").

Pesquisadores Responsáveis: Prof. Dr. Alfésio Luís Ferreira Braga; Prof. Dr. Chin An Lin

Pesquisador (a) Executante: Gildeoni Prioli

CAPPesq, 16 de Abril de 2009

E.A.

Prof. Dr. Eduardo Massad Presidente da Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa

### Aprovação da CAPPesq para o Projeto nº 0212/04



RECEBIDO SPGZB10404

### DIRETORIA CLÍNICA

Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa

# APROVAÇÃO

A Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa - CAPPesq da Diretoria Clínica do Hospital das Clínicas e da Faculdade de Medicina do Universidade de São Paulo em sessão de 14.04.04, APROVOU o Protocolo de Pesquisa nº 212/04, intitulado: "Visibilidade horizontal - um estudo de epidemiologia ambiental" apresentado pela ÁREA DE FISIOPATOLOGIA EXPERIMENTAL.

Pesquisador(a) Responsável: Prof. Dr. Alfésio Luiz Ferreira Braga

Pesquisador (a) Executante: Sr. Gildeoni Prioli

CAPPesq, 14 de Abril de 2004.

PROF. DR. EUCLIDES AYRÉS DE CASTILHO Presidente da Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa

Encaminhe-se à CPG-FMUSF para as devidas providências. S.P., 27,04,04

Prof.\* Dra. Mana Mitzi Brentan Coordenadora do Curso de Pos-Graduação do programa de Fisiopatologia Experimental

OBSERVAÇÃO: Cabe ao pesquisador elaborar e apresentar à CAPPesq, os relatórios parciais e final sobre a pesquisa (Resolução do Conselho Nacional de Saúde nº 196, de 10.10.1996, inciso IX.2, letra "c")



## Empresa Brasileira de Infra-Estrutura Aeroportuária SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DO SUDESTE GERÊNCIA DE NAVEGAÇÃO AÉREA DE SÃO PAULO

## DECLARAÇÃO

Eu, Lourdes Conceição Martins, RG 17.256.120-6, aluna de doutorado na Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, USP, estou recebendo os dados horários de velocidade e direção do vento, visibilidade, pressão, temperatura, temperatura do ponto de orvalho, umidade relativa e os dados diários de radiossondagem do período de 1996 a 2002 para serem utilizados exclusivamente no meu trabalho de doutorado e em trabalhos decorrentes deste e me comprometo a não repassar e tão pouco comercializar essas informações. Comprometo-me, também, a identificar a INFRAERO como fonte dessas informações nos trabalhos, e entregar à INFRAERO (Gerência de Navegação Aérea - GR) uma cópia dos trabalhos resultantes e apresentar para os empregados da INFRAERO uma palestra sobre os resultados obtidos na pesquisa.

Lourdes Conceição Martins RG 17.256.120-6

Márcia Maria Gomes Costa RG 17.563.848-2

1ª testemunha

Prof. Dr. Paulo Hilário Nascimento Saldiva RG 4.777.469

KG 4.777.469

Marcelo Cavedon Presti

RG 5.905.856. 2ª testemunha