unesp UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

NILSON CESAR GALVÃO VIEIRA

UTILIZAÇÃO DE DADOS FORNECIDOS POR SATÉLITES PARA DETERMINAÇÃO DE RISCOS AMBIENTAIS

Guaratinguetá

2016

NILSON CESAR GALVÃO VIEIRA

UTILIZAÇÃO DE DADOS FORNECIDOS POR SATÉLITES PARA DETERMINAÇÃO DE RISCOS AMBIENTAIS

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica na área de Projetos.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Costa Nascimento

Guaratinguetá

2016

Vieira, Nilson Cesar Galvão
V658u Utilização de dados fornecidos por satélites para determinação de riscos ambientais / Nilson Cesar Galvão Vieira – Guaratinguetá, 2016.
106 f. : il.
Bibliografia: f. 96-106

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2016.
Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Costa Nascimento

1. Ar – poluição 2. Monóxido de carbono 3. Poisson, Distribuição de 4. Aparelho respiratório – doenças I. Título

CDU 614.71(043)

unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

NILSON CÉSAR GALVÃO VIEIRA

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
"MESTRE EM ENGENHARIA MECÂNICA"

PROGRAMA: ENGENHARIA MECÂNICA
ÁREA: ENERGIA

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

Prof. Dr. Edson Cocchieri Botelho
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. LUIZ FERNANDO COSTA NASCIMENTO
Orientador / UNESP - FEG

Profª. Drª. ELIANA VIEIRA CANETTIERI
UNESP - FEG

Profª. Drª. ANDRÉA PAULA PENELUPPI MEDEIROS
UNITAU

Janeiro de 2016

DADOS CURRICULARES

NILSON CESAR GALVÃO VIEIRA

NASCIMENTO:	03.09.1971 – GUARATINGUETÁ/SP
FILIAÇÃO:	Manoel Antunes Vieira Margarida Maria Galvão Vieira
1988 / 1991	Técnico em Mecânica Colégio Técnico Industrial UNESP – Guaratinguetá
1996 / 2002	Curso de Tecnologia Gestão Empresarial Faculdade de Tecnologia de Guaratinguetá - SP
2001 / 2004	Licenciatura em Matemática Centro Universitário Salesiano de São Paulo Campus de Lorena - UNISAL
2014 / 2016	Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, nível de Mestrado, na Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá da UNESP

AGRADECIMENTOS

À Deus nosso criador maior, pelo dom da vida e de permitir a realização de mais uma grande conquista em minha vida;

Ao *Profº. Dr. Luiz Fernando Costa Nascimento*, pela confiança, orientação, ensinamentos e oportunidade;

Aos professores *Mauro Peres, Elias Tomazini, José Brandão, Ana Paula e José Perrella* que contribuíram direta ou indiretamente com a concretização deste projeto.

À minha querida esposa e amiga *Luciana* pela grande ajuda, paciência e incentivos neste estudo, principalmente nos momentos mais difíceis;

Ao meu pai *Manoel* e minha mãe *Margarida* por terem oferecido todos os recursos materiais e principalmente espirituais para que eu pudesse chegar até aqui;

Ao meu irmão *Nélio*, sua esposa *Ana Cecília* e minhas sobrinhas;

Aos meus amigos da *Fatec – Guaratinguetá*, em especial a *Profª Deborah, Profª Renata, Profª Sandra, Profº João Ultramari* e ao *Profº Erivelto*, pelo apoio durante todo o percurso do mestrado.

À *Universidade Estadual Paulista – UNESP / FEG*, por incentivar e apoiar a pesquisa científica.

Enfim, a todos os familiares, amigos e colegas que fazem parte da minha jornada.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor,
mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que
deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.

Marthin Luther King

Vieira, N. C. G. **Utilização de dados fornecidos por satélites para determinação de riscos ambientais.** 2016. 106 f. Tese (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2016.

RESUMO

Uma das principais causas de morbidade por problemas respiratórias em crianças e idosos é a poluição do ar. Os efeitos na saúde devido a exposição aos poluentes atmosféricos e a baixa qualidade do ar vem causando um aumento nas internações hospitalares. Esse estudo teve como objetivo desenvolver um modelo preditivo através do Modelo Linear Generalizado de Regressão de *Poisson* para analisar os efeitos da exposição de CO e $PM_{2,5}$ sobre as internações hospitalares da rede pública no município de Rio Branco, AC, por problemas respiratórios em duas faixas etárias de ambos os sexos, de 0 a 14 anos e de iguais ou mais de 50 anos, durante o período de 01 de julho de 2012 a 30 de junho de 2013. A metodologia utilizada fundamenta-se na pesquisa de estudo ecológico de série temporal. A variável dependente considerada foi o número de internações hospitalares por doenças respiratórias CID 10 correspondentes aos códigos J 00 a J 99, cujos dados foram obtidos pelo DATASUS. As variáveis independentes consideradas foram a concentração diária de poluentes CO e $PM_{2,5}$ (CCATT-BRAMS), número de queimadas (SISAM), umidade relativa do ar e temperatura mínima (INMET). Ajustes por tendência temporal e efeitos do calendário foram incluídos no modelo. Na análise unipoluente, devido a um incremento interquartil (25%-75%) para o CO (25 ppb) e $PM_{2,5}$ (1,5 $\mu g/m^3$), observou-se respectivamente, um aumento de 2,1% e 27,9% no aumento de internações para a faixa etária de iguais ou mais de 50 anos. E na análise multipoluente também com incremento interquartil, observou-se um aumento de 17,8% para a faixa etária de 0 a 14 anos e de 34,2% para a faixa etária de iguais ou mais de 50 anos. Os dados obtidos pelo aumento percentual forneceram uma variação de 1,13 % a 34,2 % no risco de internação, ou seja, aproximadamente 348 internações a mais, gerando para os cofres do município um custo de aproximadamente R$ 520 mil.

PALAVRAS – CHAVE: Poluição do ar. Material particulado. Monóxido de carbono. Doenças do aparelho respiratório. Regressão de *Poisson*.

Vieira, N. C. G. **Use of satellite data to determine environmental risks.** 2016. 106 f. Thesis (Master's degree in Mechanical Engineering) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2016.

ABSTRACT

A major cause of morbidity due to respiratory problems in children and elderly is air pollution. Health effects due to exposure to air pollution and poor air quality is causing an increase in hospital admissions. This study aimed to develop a predictive model by Generalized Linear Model Poisson Regression to analyze the effects of CO exposure and $PM_{2.5}$ on the hospitalization of the public network in Rio Branco, AC, for respiratory problems two age groups of both sexes, 0-14 years and of equal or more than 50 years during the period 1 July 2012 to 30 June 2013. The methodology used is based on the number of ecological research study temporal. The dependent variable was considered the number of hospital admissions for respiratory diseases ICD-10 codes corresponding to the J 00 and J 99, whose data were obtained by DATASUS. The independent variables considered were the daily concentration of pollutants CO and $PM_{2.5}$ (CCATT-BRAMS), number of fires (SISAM), relative humidity and minimum temperature (INMET). Adjustments for time trend and calendar effects were included in the model. In unipoluente analysis, due to an increase interquartile (25% -75%) to CO (25 ppb) and $PM_{2.5}$ (1.5 g / m^3) was observed respectively, an increase of 2.1% and 27, 9% increase in hospitalizations for children aged equal or more than 50 years. And in multipoluente analysis also with interquartile increase, there was an increase of 17.8% for the age group 0-14 years and 34.2% for the age group of equal or more than 50 years. And in multipoluente analysis also with interquartile increase, there was an increase of 17.8% for the age group 0-14 years and 34.2 % for the age group of the same or more than 50 years. The data obtained by the percentage increase provided a range of 1.13 % to 34.2% in the risk of hospitalization, or approximately 348 hospitalizations more, generating for the municipal coffers a cost of approximately R$ 520 thousand.

KEYWORDS: Air pollution. Particulate matter. Carbon monoxide. Respiratory system diseases. Poisson Regression.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Monitoramento do CO (ppb) pelo CCATT-BRAMS em 03/07/2015.....	46
Figura 2	Localização do município de Rio Branco no Estado de Acre.....	49
Figura 3	Vista parcial de Rio Branco, AC.....	50
Figura 4	Atividade econômica em Rio Branco, AC (2012).....	51
Figura 5	Rio Branco, capital do Acre, tomada por fumaça.....	51
Figura 6	CCATT-BRAMS – CPTEC/INPE – Monóxido de Carbono (ppb) 40m – Total.....	54
Figura 7	Portal do DATASUS das opções SIHSUS.....	55
Figura 8	Arquivo para baixar planilhas DATASUS.....	56
Figura 9	Links referentes aos arquivos para obtenção da planilha DATASUS através de downloads.....	57
Figura 10	Planilha DATASUS filtrada com os dados de interesse para esse estudo.....	58
Figura 11	Planilha para gerar o número de internações diárias.....	58
Figura 12	Portal do SISAM.....	59
Figura 13	Portal do SISAM - Opção Tabulação.....	60
Figura 14	Planilha referente a consulta do número de queimadas em Rio Branco - AC, durante o período de 01/07/2012 a 30/06/2013.....	60
Figura 15	Portal do INMET.....	61
Figura 16	Portal INMET - BDMEP – Estações e Dados.....	62
Figura 17	Portal INMET - BDMEP – Série Histórica – Dados Diários.....	62
Figura 18	Portal INMET - BDMEP - Dados Históricos.....	63
Figura 19	Planilha referente a obtenção dos dados diários da temperatura mínima (TEMP) e da umidade relativa do ar (UR) da estação 82915.....	63
Figura 20	Distribuição mensal das internações por doenças respiratórias em Rio Branco, AC, por faixa etária de 0 a 14 anos e de 50 anos ou mais no período do 2º semestre de 2012 a 1º semestre de 2013.....	65
Figura 21	Evolução temporal da umidade relativa do ar (UR) em Rio Branco, AC, no período de 1º de julho de 2012 a 30 de junho de 2013.....	68

Figura 22 Evolução temporal do número de queimadas (QUEIMADAS) em Rio Branco, AC, no período de 1º de julho de 2012 a 30 de junho de 2013..... 68
Figura 23 Evolução temporal da temperatura mínima (TEMP) em Rio Branco, AC, no período de 1º de julho de 2012 a 30 de junho de 2013..... 69
Figura 24 Evolução temporal das Concentrações diárias de CO (ppb) medidas em Rio Branco, AC, no período de 1º de julho de 2012 a 30 de junho de 2013..... 69
Figura 25 Evolução temporal das concentrações diárias de $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$) medidas em Rio Branco, AC, no período do 2º semestre de 2012 e 1º semestre de 2013..... 70
Figura 26 Concentração diária de $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$) em Rio Branco, AC, no mês de setembro de 2012..... 70
Figura 27 Gráfico Unipoluente (CO) do Risco Relativo (RR) para doenças respiratórias referentes a faixa etária iguais ou mais de 50 anos durante o 2º semestre de 2012 e para 2º semestre de 2012 ao 1º semestre de 2013..... 89
Figura 28 Gráfico Unipoluente ($PM_{2,5}$) do Risco Relativo (RR) para doenças respiratórias referentes a faixa etária iguais ou mais de 50 anos durante o 2º semestre de 2012, 1º semestre de 2013 e para 2º semestre de 2012 ao 1º semestre de 2013..... 90
Figura 29 Gráfico Multipoluente (CO e $PM_{2,5}$) do Risco Relativo (RR) para doenças respiratórias referentes a faixa etária de 0 a 14 anos durante o 2º semestre de 2012 e para 2º semestre de 2012 ao 1º semestre de 2013..... 91
Figura 30 Gráfico Multipoluente (CO e $PM_{2,5}$) do Risco Relativo (RR) para doenças respiratórias referentes a faixa etária iguais ou mais de 50 anos durante o 1º semestre de 2013..... 91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Padrões de qualidade do ar para os principais poluentes segundo a Environmental Protection Agency (EPA) dos Estados Unidos..... 25

Tabela 2 Composição do ar seco..... 32

Tabela 3 Fontes e características dos principais poluentes na atmosfera..... 34

Tabela 4 Classificação Indicadores dos Poluentes do Ar de acordo com a sua composição..... 36

Tabela 5 Padrões Nacionais de qualidade do ar (Resolução CONAMA 003 de 28/06/1990)..... 43

Tabela 6 Critérios para episódios agudos de poluição do ar (Resolução CONAMA 003 de 28/06/1990)..... 44

Tabela 7 Estrutura do índice de qualidade do ar..... 45

Tabela 8 Análise descritiva das variáveis dependentes (número de internações), em Rio Branco, AC, no período do 2º semestre de 2012 a 1º semestre de 2013..... 65

Tabela 9 Análise descritiva referente a média de idade das pessoas internadas por problemas respiratórios, em Rio Branco, AC, no período do 2º semestre de 2012 a 1º semestre de 2013..... 66

Tabela 10 Análise descritiva dos poluentes atmosféricos CO (ppb), $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$), número de queimadas (QUEIMADAS), temperatura mínima (TEMP) e umidade relativa do ar (UR) em Rio Branco, AC, no período do 2º semestre de 2012 a 1º semestre de 2013..... 66

Tabela 11 Análise descritiva dos poluentes atmosféricos CO (ppb), $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$), número de queimadas (QUEIMADAS), temperatura mínima (TEMP) e umidade relativa do ar (UR) em Rio Branco, AC, para 2º semestre de 2012 e para 1º semestre de 2013..... 67

Tabela 12 Correlação entre as variáveis em estudo para a faixa etária de 0 a 14 anos, Rio Branco, AC, no período de 1º de julho de 2012 a 30 de junho de 2013..... 71

Tabela 13 Correlação entre as variáveis em estudo para a faixa etária de igual ou maior a 50 anos, Rio Branco, AC, no período de 1º de julho de 2012 a 30 de junho de 2013..... 72

Tabela 14 Análise unipoluente do CO (ppb) para doenças respiratórias com defasagem (*lag* 0 a *lag* 7) para a faixa etária de 0 a 14 anos durante o período de 01 de julho de 2012 a 31 de dezembro de 2012 no município de Rio Branco, AC..... 73
Tabela 15 Análise unipoluente do CO (ppb) para doenças respiratórias com defasagem (*lag* 0 a *lag* 7) para a faixa etária de 0 a 14 anos durante o período de 01 de janeiro de 2013 a 30 de junho de 2013 no município de Rio Branco, AC..... 74
Tabela 16 Análise unipoluente do CO (ppb) para doenças respiratórias com defasagem (*lag* 0 a *lag* 7) para a faixa etária de 0 a 14 anos durante o período de 01 de julho de 2012 a 30 de junho de 2013 no município de Rio Branco, AC..... 74
Tabela 17 Análise unipoluente do CO (ppb) para doenças respiratórias com defasagem (*lag* 0 a *lag* 7) para a faixa etária iguais ou mais de 50 anos durante o período de 01 de julho de 2012 a 31 de dezembro de 2012 no município de Rio Branco, AC..... 75
Tabela 18 Análise unipoluente do CO (ppb) para doenças respiratórias com defasagem (*lag* 0 a *lag* 7) para a faixa etária iguais ou mais de 50 anos durante o período de 01 de janeiro de 2013 a 30 de junho de 2013 no município de Rio Branco, AC..... 75
Tabela 19 Análise unipoluente do CO (ppb) para doenças respiratórias com defasagem (*lag* 0 a *lag* 7) para a faixa etária iguais ou mais de 50 anos durante o período de 01 de julho de 2012 a 30 de junho de 2013 no município de Rio Branco, AC..... 76
Tabela 20 Análise unipoluente do $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$) para doenças respiratórias com defasagem (*lag* 0 a *lag* 7) para a faixa etária de 0 a 14 anos durante o período de 01 de julho de 2012 a 31 de dezembro de 2012 no município de Rio Branco, AC..... 76
Tabela 21 Análise unipoluente do $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$) para doenças respiratórias com defasagem (*lag* 0 a *lag* 7) para a faixa etária de 0 a 14 anos durante o período de 01 de janeiro de 2013 a 30 de junho de 2013 no município de Rio Branco, AC..... 77

Tabela 22 Análise unipoluente do $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$) para doenças respiratórias com defasagem (*lag* 0 a *lag* 7) para a faixa etária de 0 a 14 anos durante o período de 01 de julho de 2012 a 30 de junho de 2013 no município de Rio Branco, AC..... 77

Tabela 23 Análise unipoluente do $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$) para doenças respiratórias com defasagem (*lag* 0 a *lag* 7) para a faixa etária iguais ou mais de 50 anos durante o período de 01 de julho de 2012 a 31 de dezembro de 2012 no município de Rio Branco, AC..... 78

Tabela 24 Análise unipoluente do $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$) para doenças respiratórias com defasagem (*lag* 0 a *lag* 7) para a faixa etária iguais ou mais de 50 anos durante o período de 01 de janeiro de 2013 a 30 de junho de 2013 no município de Rio Branco, AC..... 78

Tabela 25 Análise unipoluente do $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$) para doenças respiratórias com defasagem (*lag* 0 a *lag* 7) para a faixa etária iguais ou mais de 50 anos durante o período de 01 de julho de 2012 a 30 de junho de 2013 no município de Rio Branco, AC..... 79

Tabela 26 Análise multipoluente do CO (ppb) e $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$) para doenças respiratórias com defasagem (*lag* 0 a *lag* 7) para a faixa etária de 0 a 14 anos durante o período de 01 de julho de 2012 a 31 de dezembro de 2012 no município de Rio Branco, AC..... 80

Tabela 27 Análise multipoluente do CO (ppb) e $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$) para doenças respiratórias com defasagem (*lag* 0 a *lag* 7) para a faixa etária de 0 a 14 anos durante o período de 01 de janeiro de 2013 a 30 de junho de 2013 no município de Rio Branco, AC..... 81

Tabela 28 Análise multipoluente do CO (ppb) e $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$) para doenças respiratórias com defasagem (*lag* 0 a *lag* 7) para a faixa etária de 0 a 14 anos durante o período de 01 de julho de 2012 a 30 de junho de 2013 no município de Rio Branco, AC..... 82

Tabela 29 Análise multipoluente do CO (ppb) e $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$) para doenças respiratórias com defasagem (*lag* 0 a *lag* 7) para a faixa etária iguais ou mais de 50 anos durante o período de 01 de julho de 2012 a 31 de dezembro de 2012 no município de Rio Branco, AC..... 83

Tabela 30 Análise multipoluente do CO (ppb) e $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$) para doenças respiratórias com defasagem (*lag* 0 a *lag* 7) para a faixa etária iguais ou mais de 50 anos durante o período de 01 de janeiro de 2013 a 30 de junho de 2013 no município de Rio Branco, AC..... 84

Tabela 31 Análise multipoluente do CO (ppb) e $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$) para doenças respiratórias com defasagem (*lag* 0 a *lag* 7) para a faixa etária iguais ou mais de 50 anos durante o período de 01 de julho de 2012 a 30 de junho de 2013 no município de Rio Branco, AC..... 85

Tabela 32 Cálculo do risco relativo (RR) para modelo Unipoluente (CO) para doenças respiratórias referentes a faixa etária iguais ou mais de 50 anos no município de Rio Branco, AC..... 87

Tabela 33 Cálculo do risco relativo (RR) para modelo Unipoluente ($PM_{2,5}$) para doenças respiratórias referentes a faixa etária iguais ou mais de 50 anos no município de Rio Branco, AC..... 87

Tabela 34 Cálculo do risco relativo (RR) para modelo Multipoluente (CO e $PM_{2,5}$) para doenças respiratórias referentes a faixa etária de 0 a 14 anos no município de Rio Branco, AC..... 88

Tabela 35 Cálculo do risco relativo (RR) para modelo Multipoluente (CO e $PM_{2,5}$) para doenças respiratórias referentes a faixa etária iguais ou mais de 50 anos no município de Rio Branco, AC..... 89

LISTA DE ABREVIAÇÕES E SIGLAS

AC	Acre
AIH	Arquivo de Internações Hospitalares
AP	Aumento Percentual
Ar	Argônio
As	Arsénio
BDMEP	Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa
C_2H_3NO	Isocianato de Metila
CATT-BRAMS	*Coupled Chemistry Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System*
Cd	Cádmio
CEC	*Comission of the European Communities*
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo
CID	Classificação Internacional de Doenças
CO	Monóxido de Carbono
CO_2	Dióxido de Carbono
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COV	Compostos Orgânico Voláteis
CPTEC/INPE	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
C_xH_y	Hidrocarbonetos
DATASUS	Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde
DBC	Data Base Container
DBF	Data Base File
DP	Desvio Padrão
DPOC	Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica
EPA	Agência de Proteção Ambiental norte-americana
Exp	Expoente
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente

FMC	Fumaça
H_2S	Ácido Sulfídrico
H_2SO_4	Ácido Sulfúrico
HCl	Ácido Clorídrico
He	Hélio
HF	Fluoreto de Hidrogênio ou Ácido Fluorídrico
HNO_3	Ácido Nítrico
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IC	Intervalo de Confiança
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INTER	Internação
IQAr	Índice de Qualidade do Ar
MAA	Média Aritmética Annual
MAX	Máximo
MGA	Média Geométrica Annual
MIN	Mínimo
MT	Mato Grosso
N_2	Nitrogênio
Ne	Neônio
NH_3	Amônia
Ni	Níquel
NO	Óxido Nítrico
NO_2	Dióxido de Nitrogênio
NO_x	Óxidos de Nitrogênio
O_2	Oxigênio Molecular
O_3	Ozônio

ºC	Graus Celsius
OMS	Organização Mundial de Saúde
PAN	Peroxiacetilnitrato
Pb	Chumbo
PM_{10}	Material Particulado Grosso menor que 10µm
$PM_{2,5}$	Material Particulado Fino menor que 2,5µ
Pol	Variação a ser acrescentada na concentração do poluente em análise
ppb	Partículas por bilhão
ppm	Partículas por milhão
PQAr	Padrões da Qualidade do Ar
PTS	Partículas Totais em Suspensão
RD	Reduzida
RR	Risco Relativo
SIHSUS	Sistema de Informações Hospitalares do Sistema Único de Saúde
SISAM	Sistema de Informações Ambientais
SO_2	Dióxido de Enxofre
SO_3	Trióxido de Enxofre ou Ácido Sulfúrico
SO_4	Sulfatos ou ânion Sulfato
SP	São Paulo
SUS	Sistema Único de Saúde
TEMP	Temperatura
UR	Umidade Relativa do Ar
UVs	Raios Ultravioletas
β	Coeficientes obtidos da regressão de *Poisson*

SUMÁRIO

1	**INTRODUÇÃO……...**	**19**
2	**OBJETIVOS……**	**21**
2.1	OBJETIVO GERAL……	21
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS……	21
3	**JUSTIFICATIVA……**	**21**
4	**REVISÃO BIBLIOGRÁFICA……...**	**22**
4.1	HISTÓRICO SOBRE À EXPOSIÇÃO AOS POLUENTES DO AR.....	22
4.2	COMPONENTES DO AR.....	31
4.3	POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA.....	32
4.3.1	FONTES E POLUENTES ATMOSFÉRICOS.....	33
4.3.2	EFEITOS DOS POLUENTES NA SAÚDE.....	36
4.4	QUALIDADE DO AR.....	41
4.5	MODELO NUMÉRICO AMBIENTAL CCAT-BRAMS.....	45
4.6	ESTUDOS ECOLÓGICOS.....	47
5	**MATERIAL E MÉTODO.....**	**49**
5.1	LOCAL DE ESTUDO.....	49
5.2	METODOLOGIA.....	52
5.3	BANCO DE DADOS……	54
6	**RESULTADOS E DISCUSSÃO.....**	**64**
6.1	RESULTADOS.....	64
6.2	ANÁLISE UNIPOLUENTE.....	72
6.2.1	DOENÇAS RESPIRATÓRIAS (CID 10 - J 00 A J 99).....	72
6.3	ANÁLISE MULTIPOLUENTE.....	79
6.3.1	DOENÇAS RESPIRATÓRIAS (CID 10 - J 00 A J 99).....	79
6.4	RISCO RELATIVO (RR).....	86
6.5	AUMENTO PERCENTUAL NOS RISCOS (AP).....	92
7	**CONCLUSÃO……..**	**95**
	REFERÊNCIA……	**96**

1 INTRODUÇÃO

Segundo o Ministério da Saúde, entre julho de 2012 a junho de 2013 ocorreram no Brasil cerca de 1,3 milhão de internações por doenças do aparelho respiratório, sendo no estado do Acre 4.758 internações e no município de Rio Branco 1.415 internações, gerando um custo de pouco mais de R$ 1 bilhão para o governo federal e mais de R$ 3,5 milhões para o estado do Acre (DATASUS, 2014).

A poluição gerada nos centros urbanos de hoje é resultado, principalmente, da queima dos combustíveis fósseis como, por exemplo, carvão mineral e derivados do petróleo (gasolina, óleo diesel e gás natural). Estes combustíveis são responsáveis pela geração de energia que, alimenta os setores industrial, elétrico e de transportes de grande parte das economias do mundo. A queima destes produtos tem lançado, ao longo do tempo, grande quantidade de gás carbônico (CO_2), monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre (SO_2), óxidos de nitrogênio (NOx), material particulado e outros poluentes na atmosfera terrestre.

Braga *et al*. (2001) define poluição do ar quando uma ou mais substâncias químicas estão presentes em concentrações suficientes para causar danos aos seres humanos.

Vários estudos foram feitos sobre associação entre poluição do ar e mortalidade, com isso, as atenções se voltaram principalmente para as internações e admissões hospitalares por causas respiratórias. Observou-se que os registros dos atendimentos e das internações hospitalares entre crianças e idosos eram influenciados pelo aumento das concentrações de poluentes na atmosfera, tornando-os mais suscetíveis aos efeitos dos poluentes (GOUVEIA *et al*, 2006).

Por meio desses estudos mencionados, foram elaborados relatórios técnicos sobre padrões de qualidade do ar e regulamentadas normas de concentrações fixas de poluentes e tempo de exposição que estão associados aos efeitos no homem, animais, na vegetação e no ambiente (WHO, 2005).

Em estudos epidemiológicos, o modelo de Regressão de *Poisson* é o modelo estatístico mais utilizado na análise da relação entre os poluentes atmosféricos e o número de internações por doenças respiratórias, pois se torna muito útil para avaliar a relação entre uma ou mais variáveis independentes e uma única variável dependente (MARTINS, 2000).

As variáveis observadas tais como números de indústrias, fluxo de veículos, dias da semana, entre outras, recebem interferências devido à existência de estruturas de tendências e flutuações sazonais sobre os estudos da poluição do ar e saúde. Também influências como umidade relativa do ar, vento e temperatura, estão presentes na dispersão dos poluentes na

atmosfera e na natureza de diversas doenças respiratórias (ALMEIDA, 2006; GOUVEIA *et al*, 2004).

Estudos desenvolvidos têm demonstrado que as doenças respiratórias causadas pela exposição a esses poluentes, não ocorrem somente em grandes centros urbanos, mas também em cidades de médio porte como São José dos Campos, SP, (NASCIMENTO *et al*, 2006), Piracicaba, SP (CESAR *et al*, 2013), Sorocaba, SP (NEGRISOLI & NASCIMENTO, 2013), Araraquara, SP (ARBEX *et al*, 2014).

Através da análise das concentrações dos poluentes ambientais é possível ter uma perspectiva da interferência deles nas doenças respiratórias no município de Rio Branco, AC.

Rio Branco é um município brasileiro, capital do estado do Acre, com uma população aproximada de 370 mil habitantes, o qual a coloca como a sexta maior cidade da Região Norte do Brasil, sendo relatadas ocorrências sazonais de queimadas.

Com isso, o estudo em questão poderá fornecer dados para o sistema de saúde pública e para o setor financeiro do Brasil, podendo vir a auxiliar no controle da poluição atmosférica e, consequentemente, na prevenção das internações pelas doenças respiratórias associadas a poluição do ar.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é identificar os efeitos da exposição a poluentes atmosféricos ligados às internações hospitalares por doenças respiratórias em duas faixas etárias de ambos os sexos, de 0 a 14 anos e de iguais ou mais de 50 anso, ocorrido no município de Rio Branco, AC.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar as taxas de internação por doenças respiratórias DATASUS - (Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde) e SISAN (Sistema de Informações Ambientais), de 01 de julho de 2012 a 30 de junho de 2013, utilizando o Stata 10.
- Estimar e avaliar as concentrações de monóxido de carbono (CO) e material particulado fino ($PM_{2,5}$) do município estudado, no período de 01 de julho de 2012 a 30 de junho de 2013.
- Calcular o risco relativo (RR) e o aumento percentual (AP) da exposição aos poluentes do ar nestas internações através do Modelo Linear Generalizado de Regressão de *Poisson* para estimar o número de internações por doenças respiratórias pela exposição aos poluentes do ar.

3 JUSTIFICATIVA

Diante da magnitude do problema poluição do ar e internações por doenças respiratórias, esse projeto se propõe a desenvolver um modelo preditivo através do Modelo Linear Generalizado de Regressão de *Poisson* em uma região com poucos estudos com essa abordagem.

O Modelo de Regressão de *Poisson* é uma ferramenta útil para avaliar a relação entre uma única variável resposta (variável dependente, prevista) e uma ou mais variáveis explicativas (variáveis independentes, preditoras ou covariáveis) (MARTINS, 2000). O modelo possui algumas características importantes como a normalidade dos dados, ou seja, os dados devem possuir uma distribuição aproximadamente normal e a linearidade, ou seja, a magnitude da relação linear entre duas variáveis. A linearidade pode ser observada através de um diagrama de dispersão (HAIR JR. *et al*., 2005).

4 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

4.1 HISTÓRICO SOBRE À EXPOSIÇÃO AOS POLUENTES DO AR

Desde os primórdios da humanidade, o ar já se contaminava por meio das forças da natureza, como atividades vulcânicas e incêndios causados por raios. Aproximadamente 800 mil anos antes de Cristo, com a descoberta do fogo, o homem, inconscientemente, inicia o processo de comprometimento da qualidade do ar, e consequentemente a sofrer os seus efeitos nocivos à sua saúde (BRAGA *et al*, 2001).

As cidades da era pré-cristã, já sofriam com a qualidade do ar, onde o carvão era usado como combustível. Já na era pós-cristã, nos seus primeiros séculos, a situação foi piorando, onde na Inglaterra, foram baixados os primeiros atos de controle de emissão de fumaça no final do século XIII. A poluição do ar teve um crescimento significativo a partir da metade do século XVIII, com o início da Revolução Industrial na Inglaterra e pelo crescimento das cidades. Toneladas de poluentes começavam a ser jogadas na atmosfera das cidades industriais da Europa com a queima do carvão mineral (fonte de energia para as máquinas da época). A partir deste momento, o homem teve que conviver com o ar poluído, se tornando um grave problema desde a primeira metade do século XX, principalmente com a presença cada vez maior dos automóveis que vieram a somar com as indústrias, como fontes poluidoras (BRAGA *et al*, 2001).

Ocorreram dois marcos importantes de poluição excessiva em algumas cidades da Europa e Estados Unidos. Em 1930, em uma pequena cidade industrial no Vale de *Meuse*, Bélgica (FIRKET, 1931) e em 1948, na cidade de *Donora*, Pensilvânia, (SCHRENK *et al*., 1949). No primeiro caso, devido à ausência de ventos no início de dezembro que impediram a dispersão dos poluentes, foi registrado um aumento do número de pessoas com doenças respiratórias e agravamento de pessoas com problemas cardiorrespiratórios. Relatos confirmaram que até dois dias após o início do episódio, houve um excesso de mortes. Já no segundo caso, também com condições meteorológicas desfavoráveis, algo semelhante ocorreu nos últimos cinco dias do mês de outubro, onde houve relatos em que a mortalidade aumentou cerca de seis vezes naquela região.

No inverno de 1952, ocorreu o episódio mais grave acerca dos danos causados pelos poluentes do ar na cidade de Londres. Devido à inversão térmica, que é um fenômeno meteorológico em que a camada de ar frio que está acima da camada do solo, obstrui a dispersão e a movimentação de massas de ar mais quentes que estão próximas do solo, formando assim,

uma espécie de tampa, impediu a dispersão dos poluentes causados pelas indústrias e aquecedores domiciliares (carvão como combustível). Essa inversão térmica permaneceu aproximadamente durante três dias, onde, em relação a períodos semelhantes, ocasionou um aumento de quatro mil mortes (BRAGA *et al*, 2001).

Depois da ocorrência desses trágicos casos, pesquisadores direcionaram seus estudos para a necessidade de medidas de controle ambiental, visando à redução nos níveis de emissão de poluentes atmosféricos.

Em 1956 na Europa, deu-se início ao desenvolvimento de ações controladoras sobre a emissão de poluentes atmosféricos, devido ao episódio ocorrido na cidade de Londres em 1952. O governo forneceu subsídios à população, obrigando a troca do sistema a carvão por gás, eletricidade ou óleo diesel.

No início dos anos 60, os Estados Unidos, criaram um programa federal de poluição atmosférica, cuja responsabilidade era monitorar a emissão dos diversos poluentes atmosféricos, estabelecendo padrões de qualidade do ar, onde especificou seis poluentes atmosféricos que seriam controlados como: monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrogênio (NO_2), dióxido de enxofre (SO_2), ozônio (O_3), chumbo (Pb) e partículas totais. A fim de efetivar esse controle, criou-se a Agência de Proteção Ambiental norte-americana (EPA).

Com dados do nevoeiro londrino, Martin & Bradley (1960) realizaram na década de 60, um estudo com técnicas estatísticas de correlação e regressão linear simples, utilizando concentrações de poluentes atmosféricos e número de mortes diárias como variáveis, cujos resultados obtidos comprovaram que elevações na mortalidade diária foram provocadas pelas elevações nas concentrações dos poluentes. No referido estudo também foram discutidos os efeitos das variáveis meteorológicas, mas não incluídas na análise.

As técnicas estatísticas aplicadas na determinação dos efeitos dos poluentes na saúde humana sofreram uma grande evolução em 1966, onde Sterling (1966) demonstrou em seus estudos a utilização dos dias da semana e feriados no seu modelo, ou seja, uma correlação alta e estatisticamente significativa, devido a atividades industriais e a sazonalidade do fluxo de veículos.

Na década de 70 ocorreram importantes avanços sobre inovações tecnológicas computacionais e estatísticas e também nos estudos de medidas de controle na emissão dos diversos poluentes atmosféricos. Através dos muitos estudos e com propostas e discussões, a Comunidade Europeia trouxe informações sobre a certeza da existência de danos à saúde causados pelas altas concentrações de poluentes atmosféricos. No campo das inovações tecnológicas computacionais ocorreu o uso dos computadores para analisar a saúde humana

perante os efeitos da atuação da poluição do ar e também o desenvolvimento de *softwares* estatísticos. Para o controle de sazonalidade e dos fatores meteorológicos, destacou-se a utilização dos modelos de regressão linear múltipla, ainda assim, não seria uma boa alternativa para o controle, devido a correlação entre duas ou mais variáveis do modelo de regressão, resultando em estimativas incorretas dos efeitos da poluição na saúde. (SHIMMEL & MURAWSKI, 1976).

Ainda na década de 70, mais precisamente em 1976 na Europa, foram estabelecidos padrões de qualidade do ar pelo CEC (*Comission of the European Communities*) para material particulado, oxidantes fotoquímicos, SO_2, CO e NO_2. O que fez com que várias indústrias migrassem para países com pouquíssima ou nenhuma legislação e controle ambiental, ocasionando aumento das concentrações de poluentes atmosféricos nos países em desenvolvimento. Para ilustrar um destes episódios, no dia 3 de dezembro de 1984, em *Bhopal*, Índia, ocorreu um grande vazamento do Isocianato de Metila (C_2H_3NO), que é utilizado na síntese de inseticidas na forma de gás e é extremamente tóxico, onde cerca de 1700 pessoas morreram devido a um edema pulmonar, ocasionada pela reação exotérmica do Isocianato de Metila, que vazou de uma indústria próxima à cidade. (SALDIVA, *et al*, 1995).

Nos anos 80, foram feitas publicações em relação à determinação dos efeitos provocados pela poluição atmosférica na saúde utilizando o modelo de regressão múltipla como principal ferramenta, ou seja, através de formas paramétricas, monitorar os fatores meteorológicos, o que não acontecia em anos anteriores. Nos estudos de Hatzakis *et al*. (1986), por intermédio de um modelo de regressão múltipla com controle de potenciais fatores de confusão sobre os efeitos de SO_2 e fumaça na cidade de Atenas (1975-1982), independentemente da sazonalidade, umidade, temperatura, variações seculares e possíveis interações entre fatores meteorológicos e estações do ano, concluiu uma associação estatisticamente significativa entre os níveis de SO_2 e a mortalidade diária.

Através de um estudo que investiga a presença de doenças em um grupo ou população em um dado momento do tempo, fornecendo um retrato de como o desfecho está relacionado com a exposição naquele determinado momento, Sobral (1989) realizou uma comparação com diferentes níveis de concentração de poluentes com alunos com problemas respiratórios em duas grandes áreas da cidade de São Paulo, onde encontrou entre essas duas variáveis uma associação estatisticamente positiva.

Em 1990, vários estudos epidemiológicos e experimentais foram realizados, sendo conferidos à EPA (Agência de Proteção Ambiental norte-americana) poderes para a elaboração

de manuais de orientação e critérios técnicos de controle das substâncias tóxicas, com base nos seus efeitos à saúde, como padrões de qualidade do ar (Tabela 1).

Tabela 1: Padrões de qualidade do ar para os principais poluentes segundo a EPA dos Estados Unidos.

Poluentes	**Padrões primários**	**Tempo médio**
Partículas inaláveis	50 µg/m³	Média aritmética annual
(PM_{10})	150 µg/m³	Nível limite para 24 horas
Ozônio (O_3)	0,12 ppm (235 µg/m³)	Média de 1 hora máxima diária
Dióxido de enxofre (SO_2)	0,03 ppm (80 µg/m³)	Média aritmética anual
	0,14 ppm (365 µg/m³)	Nível máximo em 24 horas
Monóxido de carbono (CO)	9 ppm (10 µg/m³)	Média máxima de 8 horas
	35 ppm (40 µg/m³)	Nível máximo em 1 hora
Dióxido de nitrogênio (NO_2)	0,053 ppm (100 µg/m³)	Média aritmética annual

Fonte: Bascon (1996).

Os modelos lineares generalizados (NELDER & WEDDERBRUN, 1972) surgiram na década de 90, que permitiam a utilização de distribuições provenientes da família exponencial. Normalmente o efeito calendário era controlado por variáveis *dummy* e os polinômios harmônicos ajustavam a tendência e a sazonalidade. Os modelos aditivos generalizados (HASTIE & TIBISHIRANI, 1995) se tornaram a principal ferramenta estatística na segunda metade da década de 90, que fornecia maior flexibilidade das relações entre a variável resposta e as covariáveis.

Os efeitos deletérios da poluição atmosférica à saúde humana têm sido investigados vertiginosamente ao longo das últimas décadas e com isso despertado a atenção de muitos pesquisadores quanto ao aprimoramento de estudos usando os mais variados modelos e tendo como meta elucidar todo e qualquer questionamento.

Schwartz & Morris, (1995), investigaram a associação entre internações cardiovasculares em pessoas com 65 anos ou mais e a poluição atmosférica (PM_{10}, SO_2, CO e O_3) na cidade de *Detroit*, no estado de *Michigan*, EUA, entre os anos de 1986 a 1989. Depois do controle das tendências sazonais e outras tendências temporais, constatou-se que os números de internações diárias por doenças isquêmicas do coração estavam associados com as concentrações médias diárias do poluente PM_{10}. Mas os poluentes SO_2, CO e O_3 não fizeram nenhuma contribuição independente para internações de doenças isquêmicas do coração.

Ostro *et al*., (1999), concentraram seus estudos em análises de séries temporais de 2 anos de atendimentos médicos diários em Santiago, Chile, sobre os efeitos dos poluentes atmosféricos em crianças, onde as contagens foram computadas tanto para sintomas respiratórios superiores ou inferiores e para crianças das faixas etárias de 3-15 anos de idade e com idade inferior a 2 anos. Foram obtidas medições diárias de temperatura e umidade relativa do ar, de PM_{10} e O_3, a partir de instrumentos localizados no centro de Santiago. O resultado obtido através da análise de regressão múltipla, indicou uma associação estatisticamente significativa entre o número de atendimentos médicos por sintomas respiratórios em ambas as faixas etárias citadas acima e o PM_{10}. Para crianças com menos de 2 anos de idade, uma elevação de 50µg/m^3 devido a variação interquartílica (amplitude interquartílica é a diferença entre o terceiro e o primeiro quartis, onde se aproveita 50% dos dados, pouco influenciada pelos valores extremos) na medida de dispersão de PM_{10} está associada a aumentos de 4 a 12% nos sintomas do trato respiratório inferior. Para crianças das faixas etárias de 3-15 anos de idade os aumentos de sintomas variam entre 3 a 9%. Elevações de 5% foram registradas nos atendimentos explicados pela variação interquartílica de 50 ppb do poluente O_3.

Changa *et al*, (2005), efetuaram um estudo para determinar a associação entre os níveis de poluentes atmosféricos e internações hospitalares por doenças cardiovasculares no período de 1997 a 2001 em Taipé, Taiwan. No estudo foram encontradas estatisticamente associações positivas significativas entre os níveis de partículas de PM_{10}, dióxido de nitrogênio (NO_2), monóxido de carbono (CO), e ozônio (O_3), evidenciando aumentos de 8,5%, 17,7%, 9% e 18,9% respectivamente nos atendimentos por doenças cardiovasculares para os dias mais quentes ($T \geqslant 20\ ^\circ C$). Em dias frios ($T < 20\ ^\circ C$), todos os poluentes, exceto O_3 e SO_2, se mostraram associados a aumentos no número de atendimentos por doenças cardiovasculares, sendo verificados aumentos de 14,2%, 11,2% e 7,3%, explicado por uma variação interquartílica dos poluentes PM_{10}, NO_2 e O_3 respectivamente, evidenciando que elevados índices dos poluentes atmosféricos, aumentam o risco de admissões hospitalares.

Zanobetti (2006), examinou a associação entre os poluentes atmosféricos (PM_{10}, $PM_{2,5}$, fumaça preta, O_3, NO_2 e CO) e o número de atendimentos hospitalares por infarto do miocárdio e pneumonia na cidade de *Boston*, EUA, no período compreendido entre 1995 a 1999. Foi obtido um maior efeito para as defasagens de 0 a 1 dia para o infarto do miocárdio, propiciando aumentos de 12,7% para uma variação de 16.8 ppb de NO_2, 8,65% para 16.32 µg/m^3 de $PM_{2,5}$ e 8,34% para 17.1 µg/m^3 de fumaça preta respectivamente. Para a pneumonia os efeitos maiores provocaram aumentos de 11,7% para uma variação de 17.1 µg/m^3 de fumaça preta, seguido por

$PM_{2,5}$ com 6,5% de aumento para uma variação de 17.1 μg/m^3 e CO com 5,45% de aumento para uma variação de 0.475 ppm.

Qian *et al*, (2007), usando dados de 2001 a 2004, investigaram se o efeito de concentrações de PM_{10} na mortalidade diária é intensificada pelas altas temperaturas em *Wuhan*, China. Para investigar a poluição, a mortalidade e os dados de variáveis independentes, foi utilizado um modelo aditivo generalizado. Observaram-se efeitos das interações de forma consistente e estatisticamente significante entre $PM_{10.}$ Os efeitos foram mais fortes no PM_{10} em dias de alta temperatura (a temperatura média diária de 33,1 °C), menos forte em dias de baixa temperatura (2,2 °C), e mais fraco em dias à temperatura normal de (18,0 °C). Os efeitos foram mais significativos para a classe mais idosa do estudo.

No Brasil, na cidade de São Paulo, Gouveia & Fletcher (2000) para verificar a relação existente entre a poluição atmosférica e a morbidade do aparelho respiratório em crianças através das internações diárias, fizeram uso do modelo aditivo generalizado com regressão de *Poisson* através dos poluentes atmosféricos como PM_{10}, SO_2, NO_2, O_3 e CO e variáveis meteorológicas diárias como temperatura mínima e umidade relativa do ar, resultando em um aumento significativo nos atendimentos por doenças respiratórias.

Martins *et al*, (2002), a partir de dados obtidos de atendimentos diários de um hospital escola no Município de São Paulo, Brasil, por pneumonia e gripe em idosos e também dados obtidos na Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental com níveis diários de SO_2, NO_2, O_3, CO e PM_{10}, umidade relativa do ar e temperatura mínima, no período de 1996 e 1998, investigaram os efeitos causados pela poluição atmosférica utilizando o Modelo Linear Generalizado de Regressão de *Poisson*. O estudo foi ajustado para dias da semana, número de dias transcorridos, umidade relativa do ar, temperatura mínima, rodízio de veículos e o número de atendimentos por doenças respiratórias, cujos resultados demonstraram, independentemente das variáveis de controle, que a pneumonia e a gripe estão associadas diretamente com os poluentes O_3 e SO_2.

Paralelamente nos municípios de São Paulo e Rio de Janeiro, Brasil, Gouveia *et al*, (2003), realizaram um estudo com indivíduos menores de 5 anos e maiores ou igual a 65 anos. Para o município de São Paulo, Brasil, utilizou-se o período entre 1º de maio de 1996 e 31 de abril de 2000 (quatro anos) para todas as análises e para o município do Rio de Janeiro, Brasil, foi utilizado o período de janeiro de 1990 a dezembro de 1993 (primeiro período) para as análises de mortalidade; e o período de agosto de 2000 a novembro de 2001 (segundo período) para as análises de internações hospitalares. Os resultados encontrados demonstraram associações estatisticamente significativas para o aumento dos níveis de poluição com os

aumentos nas hospitalizações e mortalidade, sendo utilizado os modelos aditivos generalizados para ajustar os dados e variações de 10μg/m^3 para os poluentes PM_{10}, PTS, SO_2, NO_2, O_3 e 1ppm para o CO, cujos dados foram obtidos através de informações diárias sobre internações hospitalares e mortalidade, níveis médios diários dos poluentes do ar e das variáveis temperatura e umidade relativa do ar.

Lin *et al*, (2003), realizaram um estudo entre a relação de poluentes atmosféricos do ar e doenças cardíacas como angina e infarto do miocárdio através de dados obtidos de atendimentos diários no período de janeiro de 1994 a agosto de 1995 de um centro de emergência da cidade de São Paulo, Brasil. Dados meteorológicos como temperatura e umidade relativa do ar e médias diárias dos poluentes como PM_{10}, CO, O_3, NO_2 e SO_2 também foram utilizados. Foram empregados os Modelo Linear Generalizado de Regressão de *Poisson* onde as doenças cardiovasculares estavam associadas positivamente com todos os poluentes em questão.

Na cidade de Curitiba, Brasil, Bakonyi *et al*, (2004), em seus estudos com referência entre os anos de 1999 e 2000, utilizaram o modelo aditivo generalizado para verificar a relação existente entre doenças respiratórias e poluição atmosférica em crianças hospitalizadas, a partir de dados meteorológicos (temperatura e umidade relativa do ar), fumaça, NO_2, O_3 e níveis de concentração de PM_{10}. Empregou as concentrações médias diárias dos poluentes como variáveis independentes e o número diário de atendimento como variável dependente, sendo ajustada para temperatura mínima e umidade relativa do ar, dias da semana e número de dias transcorridos. Na investigação foram constatados os efeitos dos poluentes sobre as doenças respiratórias.

Para verificar a associação entre o câncer de pulmão e a poluição atmosférica em idosos com idade acima de 65 anos na cidade do Rio de Janeiro, Brasil, entre setembro de 2000 e dezembro de 2001, Junger *et al*., (2005), utilizaram o modelo aditivo generalizado na análise estatística, a partir de informações nos óbitos por neoplasias malignas dos brônquios e dos pulmões. Os poluentes envolvidos no estudo foram CO, PM_{10}, NO_2, SO_2 e O_3, assim como fatores meteorológicos como umidade relativa do ar e temperatura. Os resultados indicaram que o aumento dos números de óbitos por câncer de pulmão estava associado com o CO, com uma defasagem de três dias.

Nascimento *et al*, (2006), utilizaram os modelos aditivos generalizados de regressão de *Poisson* em um estudo ecológico de séries temporais no período de 2000 e 2001 na cidade de São José dos Campos, SP, Brasil, cujo objetivo era demonstrar a associação entre a poluição atmosférica e as internações por pneumonia. No estudo foram utilizados dados de temperatura

e umidade relativa do ar, dados diários de poluentes como SO_2, O_3 e PM_{10}, e dados diários sobre os números de internações por pneumonia. Os resultados obtidos no estudo mostraram que o SO_2, O_3 e PM_{10}, apresentaram nas internações por pneumonia, efeitos defasados, decaindo rapidamente a partir de três a quatro dias após a exposição aos poluentes, no entanto, ao longo de oito dias observou-se que no aumento na concentração média de PM_{10}, houve acréscimo nas internações por pneumonia.

Gouveia *et al*, (2006), analisaram internações ocorridas em 1º de maio de 1996 e 31 de abril de 2000 por causas respiratórias e cardiovasculares em crianças (menores de 5 anos) e idosos (com 65 anos ou mais) residentes no município de São Paulo, Brasil, em relação aos dados diários de poluentes NO_2, SO_2, O_3, CO e PM_{10}, por meio de modelos aditivos generalizados com regressão de *Poisson*. Para caracterizar a relação existente entre os diversos poluentes e os fatores meteorológicos foram calculados coeficientes de correlação de *Pearson*. Esse estudo mostrou que os poluentes atmosféricos, com exceção do ozônio, mostraram uma associação significativa com as doenças cardiovasculares e doenças respiratórias.

No município de Itabira, MG, Brasil, Braga *et al*, (2007), analisaram os efeitos nocivos do PM_{10} (material particulado inalável) sobre os atendimentos por doenças respiratórias em crianças e adolescentes (menores de 19 anos) e idosos (com mais de 64 anos), e por doenças cardiovasculares em pacientes com mais de 44 anos. Os dados foram obtidos do hospital do município, para o período entre 1º de janeiro de 2003 e 30 de junho de 2004. Foram utilizados modelos aditivos generalizados de regressão de *Poisson*, controlando-se para sazonalidade de longa e curta duração, temperatura e umidade. Os resultados obtidos foram expressos em termos de aumento percentual nos atendimentos por doenças respiratórias e cardiovasculares para acréscimos de $10\mu g/m^3$ na concentração de PM_{10}.

Moura *et al*, (2008), para avaliar a relação entre as doenças respiratórias agudas em crianças e a poluição do ar, realizaram um estudo ecológico de séries temporais no período de abril de 2002 a março de 2003, em três unidades públicas de saúde do bairro de Jacarepaguá, município do Rio de Janeiro, Brasil. Foram utilizados os modelos aditivos generalizados de regressão de *Poisson* através de dados diários de CO, PM_{10}, NO_2, SO_2 e O_3 e de números de atendimentos por transtorno nas vias aéreas superiores e nas vias aéreas inferiores. Os resultados encontrados foram que somente o O_3 apresentou resultado positivo e estatisticamente significativo, tanto por atendimentos por queixas respiratórias como para os atendimentos por sintomas nas vias aéreas inferiores. Para os demais poluentes atmosféricos não foram observados resultados significativos.

Arbex *et al*, (2012) avaliaram através de registros de atendimentos de urgência por pneumonia do Hospital São Paulo da cidade de Araraquara –SP, Brasil, a associação entre a incidência de atendimentos e a variação diária das partículas totais em suspensão durante a queima da cana de açúcar. Foi realizado um estudo ecológico de séries temporais através de registros diários a partir de 01 de fevereiro de 2005 a 31 de julho de 2007, onde o número diário de atendimentos foi usado como variável dependente para Modelo Linear Generalizado de Regressão de *Poisson* e a concentração das partículas foi a variável independente. Foram constatadas associações durante o aumento da concentração das partículas em suspensão em relação ao aumento dos números de atendimentos diários devido à influência das partículas geradas da queima de cana-de-açúcar por um longo período de tempo em exposição.

Cesar *et al*, (2013), realizaram um estudo ecológico de séries temporais para determinar a associação entre o número diário de internações por doenças respiratórias em crianças de zero a dez anos residentes na cidade de Piracicaba – SP, Brasil, e os níveis diários dos poluentes CO, O_3, NO_x e $PM_{2,5}$ no período de 1º de agosto de 2011 a 31 de julho de 2012. Os dados diários de internações foram obtidos pelo DATASUS e os níveis diários estimados dos poluentes foram obtidos pelo sistema CATT-BRAMS. Foi calculada a temperatura aparente, que é função da temperatura e umidade, obtidas do portal da ESALQ-USP (Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – Universidade de São Paulo). Foram utilizados o teste de correlação de *Pearson* para analisar as correlações possíveis entre as internações e o $PM_{2,5}$, o modelo aditivo generalizado de regressão de *Poisson* e o programa *Statistica* v7 para as análises com um nível de significância de 5%. Os resultados encontrados neste estudo apresentaram uma associação positiva e significativa entre as internações por doenças respiratórias em crianças até dez anos e o $PM_{2,5}$ (com menos de 2,5 micra de diâmetro aerodinâmico) após um e três dias da exposição. Foi observado também uma correlação negativa entre internações e temperatura aparente.

Negrisoli *et al*., (2013), realizaram na cidade de Sorocaba – SP, Brasil, um estudo ecológico de séries temporais para analisar a associação entre a exposição a os níveis diários de poluentes atmosféricos (PM_{10}, NO, NO_2 e O_3) e os registros diários das internações hospitalares por pneumonia em crianças de zero a dez anos de idade durante o período de 01 de janeiro de 2007 a 31 de dezembro de 2008. As correlações entre as variáveis de interesse foram avaliadas pelo coeficiente de *Pearson* e para análise utilizaram o Modelo Linear Generalizado de Regressão de *Poisson*. Com o programa computacional *Stata* 10, avaliaram o risco de internação segundo as defasagens de zero até cinco dias, ajustado para temperatura mínima e umidade média do ar. Seus resultados permitiram evidenciar a associação entre a exposição aos poluentes atmosféricos PM_{10} e NO_2 e as internações por pneumonia.

Na região da Amazônia, mais precisamente na cidade de Cuiabá, estado de Mato Grosso, Silva *et al.*, (2013), realizaram um estudo de série temporal com o objetivo de analisar os efeitos da exposição de níveis diários de material particulado fino $PM_{2,5}$ de queimadas sobre as internações por doenças respiratórias em crianças e idosos durante o ano de 2005. Utilizaram como variável a temperatura e umidade relativa, ajustadas por sazonalidade, efeitos de calendário e tendência temporal. Nesse estudo foi utilizado a Regressão de *Poisson* por modelos aditivos generalizados. Associou-se um crescimento de 10 mg/m^3 nos níveis de exposição ao PM com o aumento de 9,1%, 9,2% e 12,1% das internações hospitalares de crianças, relacionados às médias móveis de 1, 2 e 5 dias. E referentes às médias móveis de 1, 5 e 6 dias, o nível de exposição ao material particulado foi associado a aumentos de 11,4%, 21,6% e 22,0% em crianças. Em relação aos idosos não foram observadas associações significativas.

4.2 COMPONENTES DO AR

O planeta Terra possui um conjunto de ecossistemas denominado de biosfera, cujo termo foi introduzido no século XIX.

A biosfera abrange todos os ecossistemas que estão presentes, desde 16.000 m acima do nível do mar até 6.000 m abaixo, pois nestes diferentes locais, as condições ambientais também variam. É a camada do globo terrestre habitada pelos seres vivos, ou seja, onde a vida animal e vegetal se processa. Esta camada é mantida por elementos encontrados na litosfera (espaço formado por solo e rochas), na hidrosfera (espaço ocupado por água, aproximadamente 2/3 da terra) e na atmosfera (FEAM, 2006).

O ar que envolve toda a superfície da terra influencia a vida na hidrosfera e na litosfera. A atmosfera é ainda dividida em cinco regiões como troposfera (do nível do mar até 12 km de altura) que é a única região que tem contato direto com os seres vivos e é o principal domínio de estudo dos meteorologistas, pois suas principais substâncias químicas encontradas nela são o nitrogênio (N_2), oxigênio (O_2), dióxido de carbono (CO_2) e vapor d'água. A segunda região é a estratosfera (fim da troposfera até 50 km acima do solo), onde ocorre a formação da camada de ozônio devido a reação do oxigênio com os raios ultravioletas (UVs) e são encontradas espécies químicas como N_2, O_2, o Ozônio (O_3) e algum vapor d'água. Acima desta camada, situa-se a Ionosfera, estendendo-se por 3.000 Km, sendo o N_2 e O_2, O_2^+, NO^+ e O^+ as principais espécies químicas, ocorrendo reações de ionização de espécies moleculares e iônicas, presentes nesta região. O Espaço Exterior encontra-se acima da Estratosfera (FEAM, 2015).

O ar é uma mistura complexa resultante de vários elementos (gases, vapor dágua, microorganismos, poeira e fuligem) que constituem a atmosfera da Terra, onde seus componentes variam de um dia para outro e de lugar para lugar.

Os principais elementos químicos que compõem o ar da Terra são o Nitrogênio (N_2) com 78% da atmosfera e o Oxigênio (O_2) com 21%. O restante é ocupado pelo Gás Carbônico (CO_2) com 0,03% e pelos Gases Nobres com 0,93%, como argônio (Ar), hélio (He), neônio (Ne), e outros. O nível da quantidade de vapor dágua, microorganismos e impurezas dependem de alguns fatores como, por exemplo, o clima, os ventos e a poluição, tornando-se componentes variáveis do ar atmosférico.

Os dois primeiros elementos (N_2 e O_2) compõem praticamente a totalidade, como mostra a tabela 2 com maiores detalhes.

Tabela 2 - Composição do ar seco

Molécula	%	Partes por Milhão
Nitrogênio	78,08	780.000,0
Oxigênio	20,95	209.460,0
Argônio	0,93	9.340,0
Dióxido de Carbono	0,035	350,0
Neônio	0,0018	18,0
Hélio	0,00052	5,2
Metano	0,00014	1,4
Criptônio	0,00010	1,0
Óxido Nitroso	0,00005	0,5
Hidrogênio	0,00005	0,5
Ozônio	0,000007	0,07
Xenônio	0,000009	0,09

Fonte: UFPR (2015)

4.3 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA:

A poluição atmosférica sempre existiu, de uma forma natural ou provocada pelo homem. Da forma natural como a queimada acidental de biomassa, tempestade de pó e erupções vulcânicas e a provocada pelo homem como queima de combustíveis fósseis nos motores a

combustão e nas indústrias siderúrgicas e, mais recentemente nos veículos automotivos (CARVALHO, 2000; NISHIOKA, 2000; CANÇADO, 2006).

Para Castro (2003) e Nascimento (2006), a poluição atmosférica é causada por processos físicos, químicos e dinâmicos que conduzem à emissão de gases e partículas por certas fontes de combustão e sua acumulação na atmosfera. Essas emissões, considerados poluentes atmosféricos, potencialmente tóxicos quando inalados por pessoas ou animais, afetam a vida das plantas e o ambiente em geral, ao modificarem a atmosfera do planeta Terra.

4.3.1 FONTES E POLUENTES ATMOSFÉRICOS:

De acordo com a Resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) nº 3 de 28/06/1990 Artigo 1º, Parágrafo Único: "Entende-se como poluente atmosférico qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar:

I – impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde;

II – inconveniente ao bem-estar público;

III – danoso aos materiais, à fauna e flora.

IV – prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade".

A tabela 3 mostra os poluentes regulamentados pela Resolução CONAMA Nº.3, considerados indicadores da qualidade do ar, bem como suas características, suas origens e seus efeitos ao meio ambiente.

Por origem, pode-se dividir os poluentes em primários e secundários. Poluentes primários são emitidos diretamente por uma fonte na atmosfera, lançando particulados, monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x), hidrocarbonetos (C_xH_y) entre outros. Já os poluentes secundários são aqueles formados na atmosfera a partir de reações químicas entre os poluentes primários e/ou constituintes naturais da atmosfera como óxidos de nitrogênio (NO_x) ou trióxido de enxofre (SO_3), ozônio (O_3) lançados pelas indústrias (DUCHIADE, 1992; BRAGA, 2001; GOMES; 2002).

Tabela 3 – Fontes e características dos principais poluentes na atmosfera.

POLUENTES	CARACTERÍSTICAS	FONTES PRINCIPAIS	EFEITOS GERAIS SOBRE A SAÚDE
Partículas totais em suspensão (PTS)	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça ou fuligem etc. Faixa de tamanho < 10 micra.	Processos Industriais e veículos motorizados (exaustão), poeira de rua ressuspensa, queima de biomassa. Fontes naturais: pólen, aerossol marinho e solo.	Quanto menor o tamanho da partícula, maior o efeito sobre a saúde. Causam efeitos significativos em pessoas com doenças pulmonares, asma e bronquite.
Partículas Inaláveis (MP_{10}) e fumaça.	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensos no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça fuligem etc. Faixa de tamanho < que 10 micra.	Processos de combustão (indústria e veículos automotores), aerossol secundário (formação na atmosfera).	Aumento de atendimentos hospitalares e mortes prematuras.
Dióxido de Enxofre (SO_2)	Gás incolor, com forte odor, semelhante ao gás produzido na queima de palitos de fósforo. Pode ser transformado em SO_3, que na presença de vapor de água, passa rapidamente a H_2SO_4. É um importante precursor dos sulfatos, um dos principais componentes das partículas inaláveis.	Processos que utilizam queima de óleo combustível, refinaria de petróleo, veículos a diesel, polpa e papel.	Desconforto na respiração, doenças respiratórias, agravamento de doenças respiratórias e cardiovasculares já existentes. Pessoas com asma, doenças crônicas de coração e pulmão são mais sensíveis ao SO_2.
Dióxido de nitrogênio (NO_2)	Gás marrom avermelhado, com odor forte e muito irritante, pode levar a formação de ácido nítrico, nitratos (os quais contribuem para o aumento das partículas inaláveis na atmosfera) e compostos orgânicos tóxicos.	Processos de combustão envolvendo veículos automotores, processos industriais, usinas térmicas que utilizam óleo ou gás, incinerações.	Aumento da sensibilidade a asma e a bronquite, diminui a resistência às infecções respiratórias.
Monóxido de carbono (CO)	Gás incolor, inodoro e insípido.	Combustão incompleta em veículos automotores.	Altos níveis de CO estão associados a prejuízos dos reflexos e da capacidade de estimar intervalos de tempo, ao aprendizado de trabalho e visual.
Ozônio (O_3)	Gás incolor e inodoro nas concentrações ambientais e o principal componente da névoa fotoquímica.	Não é emitido diretamente na atmosfera. É produzido fotoquimicamente pela radiação solar sobre os óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis.	Irritação dos olhos e vias respiratórias, diminuição da capacidade pulmonar. Exposições a altas concentrações podem resultar em sensações de aperto no peito, tosse e chiado na respiração. O O_3 tem sido associado ao aumento de admissões hospitalares.

Fonte: RMAI (2012).

As fontes são basicamente duas, as fontes fixas e as fontes móveis. As fontes fixas são aquelas que ocupam uma área relativamente limitada, permitindo uma avaliação direta na fonte, como indústrias, usinas termoelétricas que utilizam carvão, óleo combustível ou gás e também as naturais como maresia e vulcanismo. As fontes móveis são as que se dispersam pela comunidade, não sendo possível a avaliação na base de fonte por fonte, como os veículos automotores, junto com os trens, aviões e embarcações marítimas (CARVALHO, 2000; NISHIOKA, 2000; BRAGA, 2001; CANÇADO, 2006). Os veículos se sobressaem nas cidades como as principais fontes poluidoras e são divididos em: leves de passageiro (utilizam principalmente gasolina ou álcool como combustível); leves comerciais (utilizam gás natural veicular ou óleo diesel); e veículos pesados (somente de óleo diesel) (CETESB, 2014).

As fontes de emissão, a concentração dos poluentes e suas interações do ponto de vista físico (diluição, que depende do clima e condições meteorológicas) e químico (reações químicas atmosféricas e radiação solar) e ainda o grau de exposição dos receptores, ou seja, o ser humano, animais, plantas e microorganismos, são parâmetros relevantes no processo de contaminação atmosférica (GOMES, 2002; ARBEX, 2004).

O poluente lançado na atmosfera está sujeito a basicamente quatro situações simultâneas: dispersão, transformação, remoção e acumulação (SEINFELD et. al., 1978 apud ABRANTES, 2002, p.39).

- **Dispersão:** está intimamente ligada a topografia do local e condições meteorológicas;
- **Transformação:** é a alteração do poluente por reações químicas, depende da reatividade deste com a temperatura da atmosfera, a intensidade solar, ou da reação e concentração com outros compostos existentes no local.
- **Remoção:** o poluente pode ser removido da atmosfera, pode trocar de meio, sedimentando ou sendo carregado pelas águas da chuva para o solo ou corpos d'água;
- **Acumulação:** ou absorção, que é a disposição final do poluente, no solo, nos leitos dos corpos d'água ou por bioacumulação, isto é, o composto acumula-se nos organismos vivos.

Os principais poluentes atmosféricos são o óxido nítrico (NO), dióxido de nitrogênio (NO_2), monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre (SO_2), Ozônio (O_3) e o material particulado (DUCHIADE, 1992; COMMITTEE, 1996; BRAGA, 2001; CASTRO, 2003; CANÇADO, 2006; WHO, 2015).

O nível de poluição atmosférica é medido pela quantidade de substâncias poluentes presentes no ar. O grande número de substâncias que pode ser encontrado na atmosfera é muito elevado, o que torna difícil a tarefa de estabelecer uma classificação.

Segundo a CETESB, os poluentes são classificados de acordo com a sua composição como demonstrado na tabela 4.

Tabela 4 – Classificação Indicadores dos Poluentes do Ar de acordo com a sua composição.

Compostos de Enxofre	**Compostos de Nitrogênio**	**Compostos Orgânicos**	**Monóxido de Carbono**	**Compostos Halogenados**	**Metais Pesados**	**Material Particulado**	**Oxidantes Fotoquímicos**
SO_2	NO	Hidrocarbo-netos álcoois		HCl	Pb	Mistura de compostos	O_3
SO_3	NO_2	aldeídos		HF	Cd	no estado	Formaldeído
Compostos de Enxofre Reduzido: (H_2S, Mercaptana, Dissulfeto de carbono, etc)	NH_3	cetonas	CO	Cloretos	As	sólido	acroleína
	HNO_3	ácidos orgânicos		Fluoretos	Ni	ou	PAN
sulfatos	nitratos				Etc.	Líquido	etc.

Fonte: CETESB (2015).

4.3.2 EFEITOS DOS POLUENTES NA SAÚDE:

Segundo Schwartz, (2001), a exposição aos poluentes ambientais é reconhecida como um importante fator de risco para a ocorrência de determinadas doenças respiratórias e não respiratórias.

Existem vários poluentes no ar que podem afetar a saúde, dentre eles podemos citar as partículas totais em suspensão (PTS), dióxido de nitrogênio (NO_2), monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre (SO_2), ozônio (O_3), óxido de nitrogênio (NO_x) e o material particulado (DUCHIADE, 1992; COMMITTEE, 1996; BRAGA, 2001; CASTRO, 2003; CANÇADO, 2006; WHO, 2006).

- **Partículas Totais em Suspensão (TPS):**

As PTS são compostas de material particulado sólido ou líquido que ficam suspensos no ar, na forma de neblina, aerossol, fumaça e fuligem com uma faixa de tamanho < 10 micra. Sua fonte principal é através de processos industriais e veículos motorizados (exaustão), poeira

de rua ressuspensa, queima de biomassa e também de origens de fontes naturais, como pólen, aerossol marinho e solo (PINTO e GRANT, 1999; CETESB 2000).

Seus efeitos gerais sobre a saúde é que quanto menor o tamanho da partícula, maior o efeito nocivo, causando efeitos significativos em pessoas com doenças pulmonares, asma e bronquite.

- **Dióxido de Nitrogênio (NO_2):**

Gás marrom avermelhado, com odor forte e muito irritante, pode levar a formação de ácido nítrico, nitratos (os quais contribuem para o aumento das partículas inaláveis na atmosfera) e compostos orgânicos tóxicos. Processos de combustão envolvendo veículos automotores, processos industriais, usinas térmicas que utilizam óleo ou gás, incinerações são suas fontes principais. Seus efeitos é o aumento da sensibilidade à asma e a bronquite, diminuindo a resistência às infecções respiratórias.

- **Monóxido de Carbono (CO):**

É um gás incolor, inodoro e insípido, extremamente tóxico, é resultante da queima incompleta de substâncias que contém carbono (CETESB, 2000). É entre os óxidos neutros, poluentes atmosféricos, o mais abundante e de controle mais difícil e é classificado como um asfixiante sistêmico (BOHM, 1996).

As maiores concentrações de monóxido de carbono (CO) ocorrem principalmente em áreas urbanas devido ao consumo de combustíveis tanto pelos veículos como pelas indústrias.

As concentrações de CO no ambiente natural variam entre 0,01 e 0,23mg/m^3. Em ambientes urbanos, concentrações medidas em período igual ou superior a 8 horas são geralmente inferiores a 20mg/m^3 e os níveis em 1 hora são menores que 60mg/m^3. As concentrações mais altas estão próximas às ruas e avenidas principais, já que são locais onde os veículos, estacionamentos subterrâneos e túneis em rodovias e os motores à combustão operam com ventilação inadequada. Nestas condições, as concentrações podem atingir níveis acima de 115mg/m^3 por muitas horas (WHO, 1999).

O CO em altas concentrações e em ambientes fechados é um dos mais perigosos agentes tóxicos tanto para o homem como para os animais, pois uma vez que é inodoro e incolor, dificilmente é percebido pelos sentidos.

O monóxido de carbono pode matar por asfixia, uma vez que, devido sua grande afinidade química com a hemoglobina do sangue, cerca de 210 vezes maior que afinidade do oxigênio com a hemoglobina, tende a combinar-se rapidamente com esta, ocupando o espaço

destinado ao transporte de oxigênio, impedindo que ela transporte o oxigênio durante o processo de respiração (ALVAREZ; LACAVA; FERNANDES, 2002).

Altos níveis de CO, está associado a prejuízos dos reflexos e da capacidade de estimar intervalos de tempo, ao aprendizado de trabalho e visual.

- **Dióxido de Enxofre (SO_2):**

O SO_2 é um gás ácido, incolor, irritativo, sendo considerado um dos mais frequentes poluentes atmosféricos. Esse gás exala forte odor, semelhante ao produzido na queima de palitos de fósforos. É um precursor dos sulfatos (SO_4), que é um dos principais componentes das partículas inaláveis, sendo altamente agressiva, por terem diâmetro muito pequeno, inferior a 1µ, podendo penetrar nas regiões mais profundas do pulmão (BOHM, 1996; WHO, 1999; CETESB 2015.).

O SO_2 pode se transformar em SO_3 e com a umidade atmosférica em ácido sulfúrico (H_2SO_4), sendo um dos componentes da chuva ácida. Resulta principalmente da queima de combustíveis que contém enxofre, como óleo diesel, óleo combustível industrial e gasolina, o que contribui também para a redução da visibilidade na atmosfera. (CETESB, 2015). Seu efeito causa desconforto na respiração, doenças respiratórias, agravamento de doenças respiratórias e cardiovasculares já existentes. Pessoas com asma, doenças crônicas de coração e pulmão são mais sensíveis ao SO_2.

- **Ozônio (O_3):**

O ozônio é um gás incolor, altamente reativo, considerado como um poluente secundário. Distinta da camada de ozônio da estratosfera, que fica 10 km acima da superfície da Terra, o poluente ozônio na troposfera é formado pela reação fotoquímica impulsionada pela ação da luz ultravioleta sobre os poluentes precursores de óxidos de nitrogênio (NOx), e compostos orgânicos voláteis (COV). Concentrações de ozônio nas zonas urbanas possuem ascensão no período da manhã, picos elevados no período da tarde, e diminuição durante a noite. Os níveis mais elevados de ozônio, bem como a frequência da sua recorrência, refletem a dependência global e são dependentes das condições meteorológicas.

O sistema respiratório é o principal alvo deste poluente oxidante. As respostas induzidas pela exposição ao ozônio incluem: redução na função pulmonar, agravamento de doenças respiratórias pré-existentes (como a asma), aumento diário de internações hospitalares e emergências provocadas por causas respiratórias, além de elevações nos níveis de mortalidade.

Quatro grupos de pessoas são particularmente sensíveis ao ozônio quando estão ativos ao ar livre: crianças, adultos saudáveis ao realizarem exercícios físicos ao ar livre, pessoas com doenças respiratórias preexistentes e os idosos.

Dependendo da exposição do indivíduo ao ozônio, seus efeitos maléficos podem provocar lesões nas células atingindo as partes mais distais das vias aéreas, provocando e agravando rinite, otite, amidalite, sinusite, bronquite e pneumonia são exemplos de doenças e reações alérgicas que podem ser causadas pelos efeitos do ozônio, além do envelhecimento precoce dos tecidos dos pulmões. Com a inalação do ozônio, os cílios das vias aéreas, que removem as impurezas, são os primeiros a serem destruídos. Então, a capacidade de defesa do corpo diminui, propiciando o aparecimento das enfermidades (SALDIVA *et al*, 1995).

- **Material Particulado (MP):**

O material particulado é constituído de poeiras, fumaças e todo tipo de partículas líquidas e sólidas em suspensão no ar. Sua composição e tamanho dependem das fontes de emissão. O tamanho das partículas é expresso em relação ao seu tamanho aerodinâmico, definido como o diâmetro de uma esfera densa que tem a mesma velocidade de sedimentação que a partícula em questão (DUCHIADE, 1992; CARVALHO, 2000; GOMES, 2002).

Em geral, as partículas podem ser divididas em dois grupos: o grupo representado pelas partículas grandes, com diâmetro entre 2,5 e 30 μm de diâmetro, também chamadas "tipo grosseiro" (*coarse mode*), de combustões descontroladas, dispersão mecânica do solo ou outros materiais da crosta terrestre, que apresentam características básicas, contendo silício, titânio, alumínio, ferro, sódio e cloro. Pólens e esporos, materiais biológicos, também se encontram nesta faixa; e o grupo de partículas menores que correspondem às partículas de diâmetro inferior a 2,5 μm, essas partículas são derivadas da combustão de fontes móveis e estacionárias, como automóveis, incineradores, siderurgias e termoelétricas, elas possuem maior acidez, podendo atingir as porções mais inferiores do trato respiratório, prejudicando as trocas gasosas. Seus principais componentes são o carbono, chumbo, vanádio, bromo e os óxidos de enxofre e nitrogênio, que na forma de aerossóis são a maior fração das partículas finas (DUCHIADE, 1992; CARVALHO, 2000; BRAGA, 2001; GOMES, 2002; CANÇADO, 2006).

O tamanho das partículas está diretamente associado ao seu potencial para causar problemas à saúde, sendo que quanto menores maiores os efeitos provocados. O particulado pode também diminuir a visibilidade na atmosfera.

Atualmente consideram-se as partículas finas (inferior a 2,5 μm de diâmetro) e as partículas grosseiras (superior a 2,5 μm), tendo origem, mecanismos e composição química diferentes. As partículas inaláveis podem ter dimensões entre 100 e 0,01μm. Uma vez inaladas depositam-se nas vias aéreas superiores e inferiores a vários níveis. As dimensões superiores a 100μm não atingem o pulmão, mas as inferiores a 10μm podem atingi-lo por inalação (DUCHIADE, 1992; BRAGA, 2001; GOMES, 2002).

- **Partículas Inaláveis (MP_{10}):**

Podem ser definidas de maneira simplificada como aquelas cujo diâmetro aerodinâmico é menor que 10 μm. Dependendo da distribuição de tamanho na faixa de 0 a 10 μm, podem ficar retidas na parte superior do sistema respiratório ou penetrar mais profundamente, alcançando os alvéolos pulmonares (CETESB, 2014).

As partículas de PM_{10} depositam-se principalmente no trato respiratório superior, enquanto que as partículas ultrafinas são capazes de atingir os alvéolos pulmonares (KAMPA. M, *et al*, 2008).

- **Partículas Inaláveis Finas ($MP_{2,5}$):**

Podem ser definidas de maneira simplificada como aquelas cujo diâmetro aerodinâmico é menor que 2.5 μm. Devido ao seu tamanho diminuto, penetram profundamente no sistema respiratório, podendo atingir os alvéolos pulmonares. Representa em torno de 70% a 80% do MP_{10}. (CETESB, 2014).

As partículas finas ($PM_{2,5}$) são originadas por fontes naturais e antropogênicas. As fontes naturais são atribuídas à poeira do solo, ao sal do mar, aos distúrbios geológicos, aos restos biológicos, aos incêndios florestais e a oxidação de gases biogênicos reativos, enquanto as partículas das fontes antropogênicas são decorrentes da queima de combustíveis fósseis por fontes fixas e móveis, as emissões fugitivas, e várias atividades industriais, comerciais e residenciais (CHAN & YAO, 2008) e (VIANA *et al*., 2008).

A exposição por longo prazo a altas concentrações de material particulado pode aumentar o risco de câncer no pulmão, doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), e arteriosclerose, ao passo que a exposição de curto prazo pode causar exacerbação de outras doenças respiratórias, incluindo bronquite e asma, bem como mudanças na variabilidade da frequência cardíaca (BRUNEKREEF & HOLGATE, 2002), (DOMINICI *et al*., 2007), (ELLIOTT *et al*., 2007), (HALES & HOWDEN-CHAPMAN, 2007), (POPE III, 2004), (SAMET *et al*., 2000) e (SORENSEN *et al*., 2003).

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), as $MP_{2,5}$ provocam efeitos adversos para a saúde a nível de sistema respiratório e cardiovascular, sendo toda a população afetada. Em comum, a susceptibilidade a poluição das partículas de 2,5 μm varia com a idade e estado de saúde.

- **Fumaça (FMC):**

Está associada ao material particulado suspenso na atmosfera proveniente dos processos de combustão. O método de determinação da fumaça é baseado na medida de refletância da luz que incide na poeira (coletada em um filtro), o que confere a este parâmetro a característica de estar diretamente relacionado ao teor de fuligem na atmosfera (CETESB, 2015).

- **Óxido de Nitrogênio (NOx)**

São formados durante processos de combustão. Em grandes cidades, os veículos geralmente são os principais responsáveis pela emissão dos óxidos de nitrogênio. O NOx (NO + NO_2) sob a ação de luz solar se transforma em NO_2 e tem papel importante na formação de oxidantes fotoquímicos como o ozônio. O NO_2 proporciona ao ser humano uma agradável sensação ao ser inalado, isso porque ele tem propriedades anestésicas, porém é tóxico. O composto aumenta a sensibilidade à asma e à bronquite, principalmente em crianças e idosos, além de ser irritante para os pulmões e diminuir a resistência a infecções respiratórias.

Além destes poluentes que servem como indicadores de qualidade do ar, a CETESB monitora outros parâmetros, como por exemplo, o chumbo, regulamentado conforme o Decreto Estadual nº 59.113 DE 23/04/2013(CETESB, 2015).

A interação entre as fontes de poluição e a atmosfera definirá o nível de qualidade do ar, que determina, por sua vez, o surgimento de efeitos adversos da poluição do ar sobre os receptores (CANÇADO, 2006). Sendo assim, o grupo de poluentes que serve como indicadores de qualidade do ar, aceitos universalmente e que foram definidos em razão da frequência de ocorrência e de seus efeitos adversos, são os descritos e caracterizados a seguir (CETESB, 2015).

4.4 QUALIDADE DO AR:

Importante destacar que a qualidade do ar pode mudar em função das condições meteorológicas que determinam maior ou menor diluição dos poluentes, mesmo que mantidas as emissões. Verificando assim, que períodos com baixa umidade do ar e pouco vento,

dificultam a dispersão e levam a um aumento da concentração de alguns poluentes, como o monóxido de carbono, material particulado e dióxido de enxofre. Nos períodos mais ensolarados, como primavera e verão, há tendência clara no aumento da concentração do ozônio, por ser um poluente secundário que depende da intensidade de luz solar para ser formado.

No ano de 1958, a Organização Mundial de Saúde (OMS), reconheceu que a poluição atmosférica era uma ameaça à saúde e ao bem-estar das pessoas no mundo todo. Por isso passou a sugerir procedimentos preventivos e ações a serem desenvolvidas por seus países membros, visando à prevenção de danos à saúde pública.

Com o objetivo de garantir a proteção da saúde e do bem-estar das pessoas, os padrões de qualidade do ar definem legalmente os limites máximos para a concentração de determinados componentes na atmosfera. Além disso, esses padrões de qualidade do ar são baseados em estudos científicos dos efeitos produzidos por poluentes específicos e fixados em níveis que possam propiciar adequada margem de segurança.

Através da Portaria Normativa Nº 348 de 14/03/90, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) estabeleceu os padrões nacionais de qualidade do ar e os respectivos métodos de referência, ampliando o número de parâmetros anteriormente regulamentados através da Portaria GM Nº 0231 de 27/04/76. Os padrões estabelecidos através dessa portaria foram submetidos ao Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) em 28/06/90 e transformados na Resolução CONAMA Nº 03/90.

A resolução CONAMA, de 28 de junho de 1990 estabelece, em nível nacional, os padrões primários e secundários de qualidade do ar para os seguintes parâmetros: partículas totais em suspensão, fumaça, partículas inaláveis, monóxido de carbono, ozônio, dióxido de enxofre e dióxido de nitrogênio. A razão da escolha desses parâmetros como indicadores de qualidade do ar está ligada à sua maior frequência de ocorrência e aos efeitos adversos que causam sobre os receptores (SCHWARTZ, 1994; COMMITTEE, 1996; CROCE, 1998; CASTRO, 2003).

O Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, 1992) defini padrões de qualidade do ar para alguns poluentes nocivos à saúde humana, conforme tabela 5.

Tabela 5 - Padrões Nacionais de qualidade do ar (Resolução CONAMA 003 de 28/06/1990)

Poluente	**Tempo de amostragem**	**Padrão primário (μg/m³)**	**Padrão secundário (μg/m³)**
Partículas totais em suspensão (PTS)	24 horas (1)	240	150
	MGA (2)	80	60
Dióxido de enxofre	24 horas	365	100
	MAA (3)	80	40
Monóxido de carbono	1 hora (1)	40.000 (35 ppm)	40.000 (35 ppm)
	8 horas	10.000 (9 ppm)	10.000 (9 ppm)
Ozônio	1 hora (1)	160	160
Fumaça	24 horas (1)	150	100
	MAA (3)	60	40
Partículas inaláveis (PI)	24 horas (1)	150	150
	MAA (3)	50	50
Dióxido de nitrogênio	1 hora (1)	320	190
	MAA (3)	100	100

(1) Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano.
(2) MGA - Média geométrica anual.
(3) MAA - Média aritmética anual.
Fonte: Braga (2001).

Na tabela 5, consideram-se como padrão primário de qualidade do ar as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população. Podem ser entendidos como níveis máximos toleráveis de concentração de poluentes atmosféricos, constituindo-se em metas de curto e médio prazo. Já o padrão secundário de qualidade do ar as concentrações de poluentes atmosféricos abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna e à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral. Podem ser entendidos como níveis desejados de concentração de poluentes, constituindo-se em meta de longo prazo.

A OMS publicou em 2005, através de um documento, uma revisão dos valores-guia para os poluentes atmosféricos visando à proteção da saúde humana, onde os padrões de qualidade do ar (PQAr) dependem da abordagem empregada para balancear riscos à saúde, viabilidade técnica, considerações econômicas e vários outros fatores políticos e sociais que também dependem do nível de desenvolvimento e da capacidade do Estado de gerenciar a qualidade do ar.

Antes de adotarem os valores propostos como padrões nacionais, a OMS reconhece que os governos devem considerar cuidadosamente suas circunstâncias locais para formularem políticas de qualidade do ar e também recomenda que o estabelecimento de padrões visa atingir as menores concentrações possíveis no contexto de limitações locais, prioridades em termos de saúde pública e capacidade técnica.

A Tabela 6 apresenta os parâmetros estabelecidos pela CETESB para episódios agudos de poluição do ar. Quando as partículas inaláveis finas ($PM_{2,5}$) chegam a um nível de concentração de 125 µg/m³ é declarado um estado de atenção, quando o nível de concentração alcança 210 µg/m³ o estado muda para alerta e quando o nível ultrapassa 250 µg/m³ o estado é de emergência. O mesmo ocorre para os demais poluentes da tabela com seus respectivos valores de concentrações.

Os padrões federais de qualidade do ar assim como os parâmetros para episódios agudos de poluição do ar estabelecidos na Resolução CONAMA nº 03/90 (BRASIL, 2014) podem ser visualizados no site do Ministério de Meio Ambiente.

Tabela 6 - Critérios para episódios agudos de poluição do ar (Decreto Estadual nº 59113 de 23/04/2013).

Parâmetros	**Atenção**	**Alerta**	**Emergência**
$PM_{2,5}$ (µg/m^3) - 24h	125	210	250
PM_{10} (µg/m^3) - 24h	250	420	500
Dióxido de enxofre (µg/m^3) - 24h	800	1.600	2.100
Dióxido de nitrogênio (µg/m^3) - 1h	1.130	2.260	3.000
Monóxido de carbono (ppm) - 8h	15	30	40
Ozônio (µg/m^3) - 8h	200	400	600

Fonte: Cetesb (2014).

Quando há ocorrência de condições metereológicas que desfavoreçam a dispersão dos poluentes é decretado, portanto, estado de Atenção, Alerta ou Emergência.

Baseando-se em uma longa experiência desenvolvida nos EUA, foi criado um Índice de Qualidade do Ar (IQAr), que é uma ferramenta matemática utilizada para transformar as concentrações medidas dos diversos poluentes em um único valor adimensional que possibilita a comparação com os limites legais de concentração para os diversos poluentes.

A CETESB utiliza como parâmetros para a formação da estrutura dos IQAr, os seguintes poluentes: monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrogênio (NO_2), dióxido de enxofre (SO_2),

fumaça (FMC), ozônio (O_3), partículas inaláveis (PM_{10}) e partículas inaláveis finas ($PM_{2,5}$), onde para cada um destes é calculado um índice conforme a sua medição, obtendo um valor adimensional.

Através dessas medições, se obtém os índices, onde o ar recebe uma qualificação através de uma nota para a sua qualidade do ar, conforme demonstra a tabela 7.

Tabela 7 – Estrutura do índice de qualidade do ar.

Qualidade	**Índice**	**MP_{10} ($\mu g/m^3$) 24h**	**$MP_{2,5}$ ($\mu g/m^3$) 24h**	**O_3 ($\mu g/m^3$) 8h**	**CO (ppm) 8h**	**NO_2 ($\mu g/m^3$) 1h**	**SO_2 ($\mu g/m^3$) 24h**
N1 – Boa	0 - 40	0 - 50	0 - 25	0 - 100	0 – 9	0 - 200	0 – 20
N2 - Moderada	41 - 80	>50 - 100	>25 - 50	>100 – 130	>9 – 11	>200 - 240	>20 – 40
N3- Ruim	81 - 120	>100 – 150	>50 - 75	>130 – 160	>11 – 13	>240 - 320	>40 – 365
N4- Muito Ruim	121 - 200	>150 - 250	>75 - 125	>160 – 200	>13 – 15	>320 - 1130	>365 – 800
N5- Péssima	>200	>250	>125	>200	>15	>1130	>800

Fonte: Cetesb (2014).

Tanto a classificação BOA como REGULAR indicam que a qualidade do ar obedece aos padrões legais, ou seja, abaixo do PQAr primário.

Embora a qualidade do ar de uma estação seja avaliada para todos os poluentes monitorados, a sua classificação é determinada pelo maior índice (pior caso), isto é, para efeito de divulgação, utiliza-se o índice mais elevado.

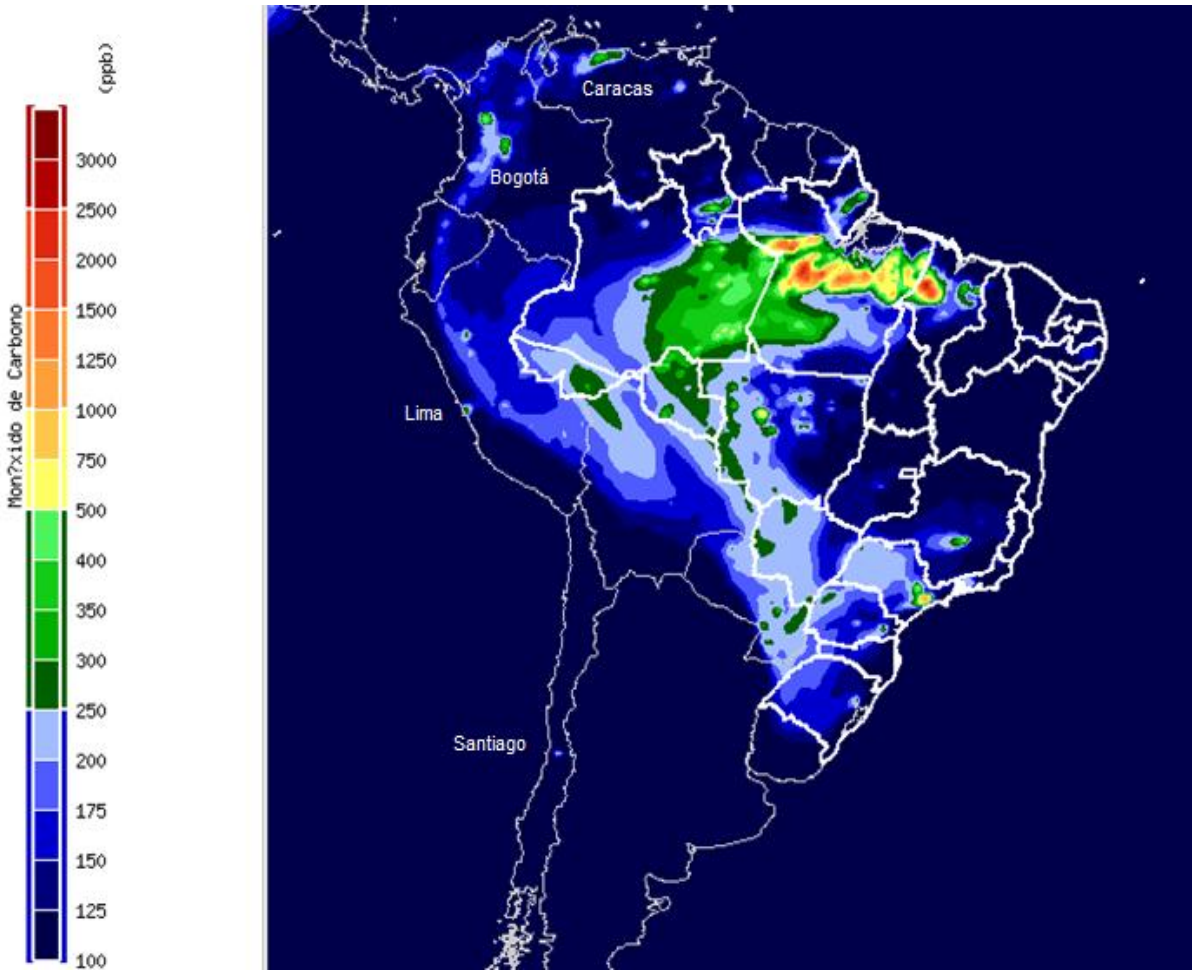
4.5 MODELO NUMÉRICO AMBIENTAL CCATT-BRAMS

Coupled Chemistry Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System (CCATT-BRAMS) é um modelo numérico ambiental desenvolvido por Freitas (2007) e Longo (2007). Esse modelo é utilizado na previsão diária da qualidade do ar para a América do Sul (figura1) que vem sendo utilizado operacionalmente, desde 2003 pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE). Com resolução horizontal de 25 Km e 38 níveis na vertical, com frequência de saída de 3 horas com 72 horas de integração. Esse modelo é capaz de simular o transporte, reatividade química, a emissão e remoção de gases e aerossóis na atmosfera.

O CCATT-BRAMS acopla o modelo CCATT de transporte de gases traço e aerossóis (FREITAS *et al*., 2007) a um modelo numérico e previsão de tempo BRAMS (FREITAS *et al*., 2007) e resolve em um determinado intervalo de tempo o termo de reatividade química. Esse modelo adota uma grade tridimensional que cobre regiões do globo terrestre com uma resolução horizontal de 150, 30 e 15 km, composta por uma grade vertical especificada em níveis de pressão atmosférica e uma grade horizontal de latitudes e longitudes.

Figura 1 - Monitoramento do CO (ppb) pelo do CCATT – BRAMS em 03/07/2015.



Fonte: Cptec-inpe (2015).

4.6 ESTUDOS ECOLÓGICOS

Na busca de relação causa-efeito, os estudos epidemiológicos têm como objetivo a elucidação das doenças e dos seus determinantes no que diz respeito a sua frequência e distribuição espacial e temporal, com isso descrever os agravos que ocorrem, apontar as causas e orientar a indicação dos meios de controle e profilaxia.

Os estudos ecológicos se tornam o principal delineamento para estudos envolvendo a poluição do ar e saúde, cujo desenho se orienta para observação de populações de diferentes áreas geográficas para pesquisa de associação de eventos (GOUVEIA & FLETCHER, 2000).

Para Medronho, (2006), os estudos ecológicos têm como objetivo gerar hipóteses etiológicas, testar hipóteses etiológicas e analisar a efetividade de internações na população a respeito da ocorrência de uma determinada doença.

Na investigação biomédica, as fontes de dados utilizadas são as observações diretas de indivíduos, mas podem utilizar também observações de grupos, organizações ou locais, as chamadas variáveis ecológicas.

Estas variáveis podem ser de três tipos:

- **Agregação:** características individuais dentro de cada grupo.

Exemplos: percentagem de fumantes, renda familiar média, entre outros;

- **Ambientais:** características físicas do local onde os membros de cada grupo residem.

Exemplos: nível da poluição do ar, número de horas com luz solar, entre outros;

- **Globais:** São requisitos de organizações, grupos ou lugares.

Exemplos: Densidade populacional ou demográfica, tipo de sistema de saúde, entre outros.

Os estudos ecológicos podem ser classificados em duas dimensões:

- **Método de medição da exposição:**

Podem ser classificados em:

- Exploratórios: não existe um fator específico em estudo ou não é medido;

- Analíticos: existe um fator específico que é medido e incluído na análise.

- **Método de agregação dos indivíduos:**

Podem ser identificados em função do:

- Lugar (desenho de múltiplos grupos): analisar associações ecológicas entre doença e exposições existentes entre vários grupos, num mesmo tempo.

- Tempo (desenho de tendência temporal): analisar associações ecológicas entre doenças e exposições tendo em conta as suas alterações ao longo do tempo, num mesmo local.

- Combinação de lugar e tempo (desenho misto): analisar associações ecológicas entre doenças e exposições tendo em conta as suas alterações ao longo do tempo e em vários locais.

Vários métodos estatísticos podem ser utilizados para analisar a associação entre doenças e determinados fatores através dos dados ecológicos sobre exposição e frequência da doença, possibilitando também calcular estimativas de medidas de efeito como risco relativo ou a diferença de riscos. Os métodos estatísticos mais utilizados envolvem a utilização de métodos de correlação ou regressão e de modelos lineares, simples ou múltiplos.

As principais vantagens dos estudos ecológicos são:

- Facilidade de execução na possibilidade de usar variadas fontes de dados secundários (informações já existentes que são utilizadas – tabuladas e analisadas);
- Rapidez na obtenção dos resultados;
- Baixo custo;
- Analisar determinadas questões mesmo que não seja possível estudar as populações a nível individual, por razões financeiras, temporais ou outras;
- Única maneira de determinar efeitos ecológicos, que são especialmente relevantes quando se pretende avaliar o impacto de determinados processos de mudança social ou intervenções na comunidade (ex.: políticas).
- Exigência em termos de apresentação e análise de dados é muito menor.

Há também desvantagens como:

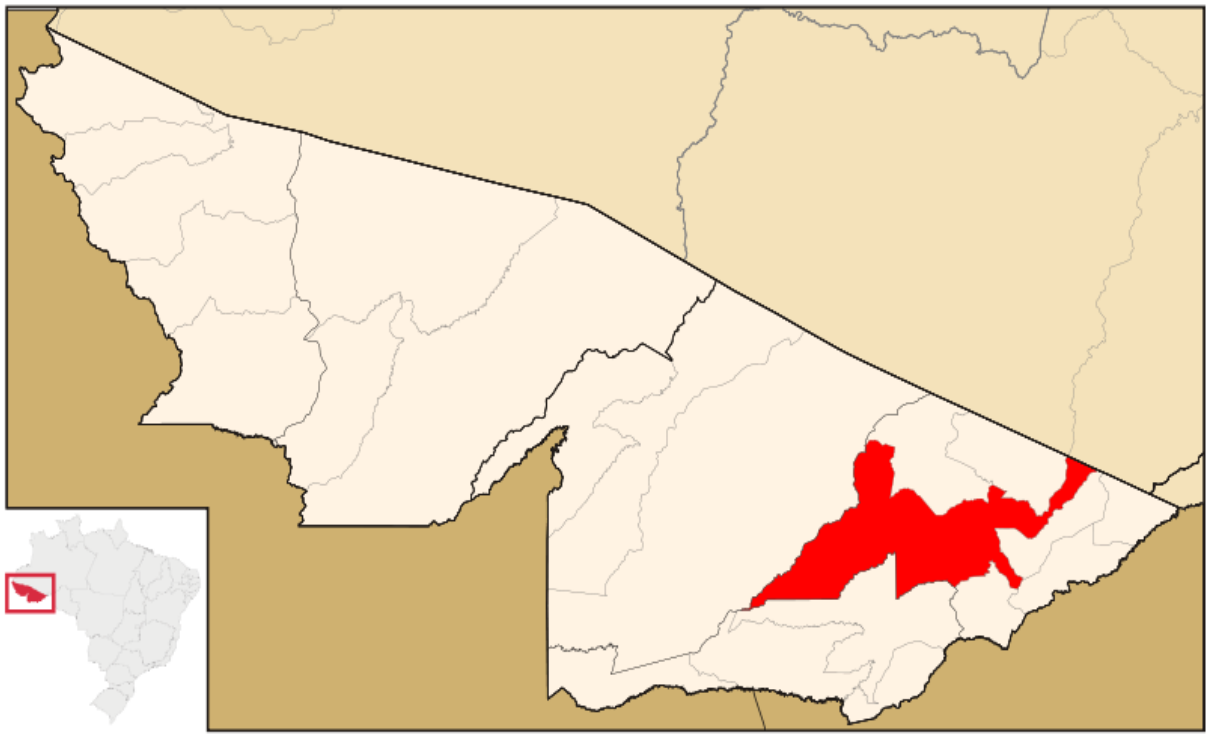
- Limitações inerentes ao fato de serem estudos observacionais;
- Uso de dados secundários de precisão e validade variáveis e que podem ser inadequados ou estar incompletos.
- Falácia ecológica, ou seja, inferências causais em relação a indivíduos tendo como base observações de grupos e advém da distribuição conjunta do fator em estudo e dos cofatores dentro dos próprios grupos.
- Controle de variáveis de confusão é mais difícil pela ausência de informação sobre a distribuição conjunta do fator em estudo e dos cofatores em causa.
- Fatores sociodemográficos e ambientais costumam apresentar uma maior correlação entre si do que em análises de base individual. Isto acarreta estatisticamente na dificuldade em separar os efeitos específicos dessas variáveis.

5 MATERIAL E MÉTODO

5.1 LOCAL DE ESTUDO

Rio Branco (figura 2) é um município brasileiro, capital do estado do Acre, distante 3.123 quilômetros de Brasília, capital federal; suas coordenadas geográficas são 9º 58’ S e 67º 48’ O. Segundo estimativa do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), até agosto de 2014, a cidade possui uma população aproximada de 370 mil habitantes, o qual a coloca como a sexta maior cidade da Região Norte do Brasil, porém com um crescente potencial de consumo. Sua área territorial é de 9 222,58 km², sendo o quinto município do estado em tamanho territorial. De toda essa área, 50,70 km² estão em perímetro urbano, o que classifica Rio Branco como sendo a 62ª maior do país com um Índice de Desenvolvimento Humana (IDHM) em 0,727.

Figura 2 - Localização do município de Rio Branco no Estado de Acre



Fonte: Wikipédia (2015).

O povoamento da região de Rio Branco se deu no início do século XIX, com a chegada de nordestinos. O desenvolvimento do município ocorreu durante um grande período dado pelo Ciclo da Borracha. Nesta época ocorreu ainda uma miscigenação da população, com traços

do branco nordestino com índios *Kulinaã*, sendo que houve também influência de povos vindos de outras regiões do mundo, como turcos, portugueses, libaneses e outros.

Rio Branco possui um clima quente e chuvoso. Dentre as capitais amazônicas, é a que tem o clima mais agradável, caracterizado por temperaturas mínimas frequentemente próximas de 20°C e máximas próximas de 30°C e influências de frentes frias durante alguns meses do ano. O clima é equatorial, com temperatura média anual ao redor dos 25°C e precipitação de chuvas anual de 2.000mm. Sua altitude está entre 140 a 220 metros (figura 3).

Figura 3 – Vista parcial da cidade de Rio Branco, AC.

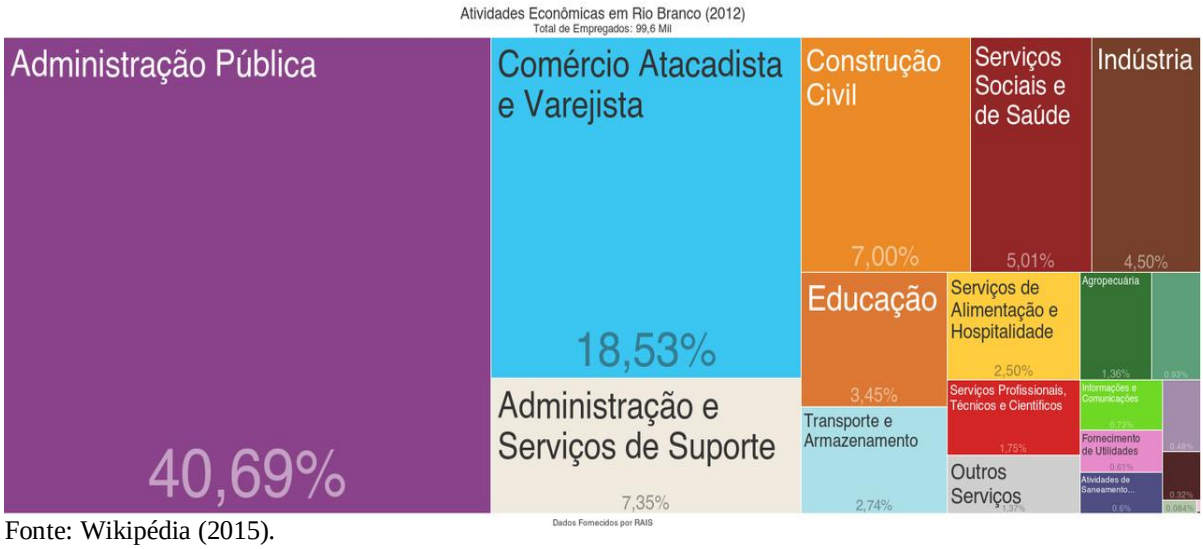
Fonte: Wikipédia (2015).

Historicamente, a economia acriana baseia-se no extrativismo vegetal, sobretudo na exploração da borracha, que foi responsável pelo povoamento da região. Atualmente, a madeira é o principal produto de exportação do estado, que também é grande produtor de castanha-do-pará, fruto do açaí e óleo da copaíba.

Os cultivos de mandioca, milho, arroz, feijão, frutas e cana-de-açúcar são a base da agricultura. A indústria, por sua vez, atua nos seguintes segmentos: alimentício, madeireiro, cerâmica, mobiliário e têxtil.

A figura 4 resume a atividade econômica em outros setores do município de Rio Branco/AC (2012)

Figura 4 – Atividade econômica em Rio Branco,AC, (2012)



Fonte: Wikipédia (2015).

São nos meses de agosto e setembro que normalmente são registradas as maiores temperaturas do ano, podendo chegar aos 37 °C, baixos índices de umidade relativa do ar e precipitação, o que favorece a ocorrência de fumaça das queimadas nessa época (figura 5).

Figura 5 – Rio Branco, capital do Acre, tomada por fumaça.

Fonte: G1 (2015).

5.2 METODOLOGIA:

A pesquisa tem como propósito básico desenvolver um estudo ecológico de série temporal através da associação do número de internações hospitalares por doenças respiratórias em crianças de 0 a 14 anos e adultos com idades iguais ou mais de 50 anos de ambos os sexos residentes no município de Rio Branco, AC, durante o período de 01 de julho de 2012 a 30 de junho de 2013. Os dois grupos etários foram escolhidos por serem os mais vulneráveis aos efeitos da poluição atmosférica (SILVA *et al*, 2013).

Para que se tenha uma maior eficiência no controle dos fatores de confusão que possam interferir na análise de dados foi empregado o uso de Modelo Linear Generalizado de Regressão de *Poisson*, que permiti analisar o número de internações que são dados de contagem com as doenças do aparelho respiratório, pode evidenciar assim uma associação entre a exposição aos poluentes (CO e $PM_{2,5}$) e as internações ocorridas no município de Rio Branco, AC, durante o 2º semestre de 2012 ao 1º semestre de 2013.

Dessa forma, foram considerados como variáveis dependentes o número de internações hospitalares por doenças respiratórias CID 10 (Classificação Internacional de Doenças, 10ª revisão) correspondentes aos códigos J 00 a J 99 em dois grupos etários, sendo um grupo envolvendo crianças de 0 a 14 anos e outro grupo envolvendo adultos com idades iguais ou maiores de 50 anos. Esses dados foram obtidos do portal do DATASUS (Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde).

Foram considerados como variáveis independentes as concentrações dos poluentes CO, $PM_{2,5}$, número de queimadas (QUEIMADAS), umidade relativa do ar (UR) e temperatura mínima (TEMP), fatores esses que podem interferir direta ou indiretamente no quadro de doenças respiratórias. As informações sobre os poluentes (CO e $PM_{2,5}$) foram obtidas pelos dados estimados do modelo CCATT-BRAMS (CPTEC-INPE, 2014) sob forma de média diária, já os dados diários de queimadas foram obtidos pelo SISAM (Sistema de Informações Ambientais) e as informações sobre umidade relativa do ar e temperatura mínima foram obtidas pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) com agência em Cuiabá, MT.

Foi realizada distribuição de frequência das diferentes variáveis expressas com média, desvio padrão e valores de mínimo e máximo, usando o programa computacional *Stata*10, onde serão consideradas as concentrações dos poluentes: monóxido de carbono (CO) e material particulado ($PM_{2,5}$) e ajustados com a umidade relativa do ar (UR), temperatura mínima (TEMP), queimada e dias da semana.

Como os efeitos da exposição podem se fazer notar mais agudamente tanto no mesmo dia da exposição como em dias posteriores será utilizado também defasagem de 0 a 7 dias (*lag*), embora não exista um consenso desta janela de dias. Martins *et al*, (2006), analisaram minuciosamente a estrutura da defasagem do efeito da poluição na morbidade de idosos.

Foram criados modelos unipoluentes para o CO e também para o $PM_{2,5}$, ajustados por temperatura, umidade do ar, queimada e dias da semana. Com os coeficientes obtidos foram calculados o risco relativo (RR) para internações por doenças respiratórias de acordo com as defasagens, utilizando a equação (1). O nível de significância adotado foi de 5%.

$$RR = \exp^{(\beta)} \qquad (1)$$

onde:

β = coeficientes obtidos da regressão de *Poisson*

Para Tadano, (2007), o risco relativo é uma medida muito importante para quantificar o impacto da poluição atmosférica na saúde populacional, bem como para alertar a população quanto aos riscos causados pela poluição.

Para cálculo do aumento percentual nos riscos de internação por doenças respiratórias foi utilizada um acréscimo de 1,5 μg/m³ para a concentração do poluente $PM_{2,5}$ por conta da diferença interquartil (terceiro e o primeiro quartis) e para a concentração do poluente CO foi utilizada um acréscimo de 25 ppb (parte por bilhão) também por conta da diferença interquartil. Martins *et al*, (2002) na cidade de São Paulo, Brasil, mostraram que um aumento equivalente ao valor interquartil para o O_3 (38,80 μg/m^3) e SO_2 (15,05 μg/m^3) levaram a um acréscimo de 8,07% e 14,51%, respectivamente, no número de atendimentos por pneumonia e gripe em idosos.

Para este estudo, foram obtidos aumentos percentuais (AP) dos Riscos Relativos (RR) para as internações, para cada situação. Esse aumento percentual foi adquirido pela equação (2), adaptada de Frreitas *et al*. (2004).

$$AP = [\exp^{(\beta * pol)} - 1] * 100 \qquad (2)$$

onde:

β = coeficientes obtidos da regressão de Poisson

pol = variação a ser acrescentada na concentração do poluente em análise.

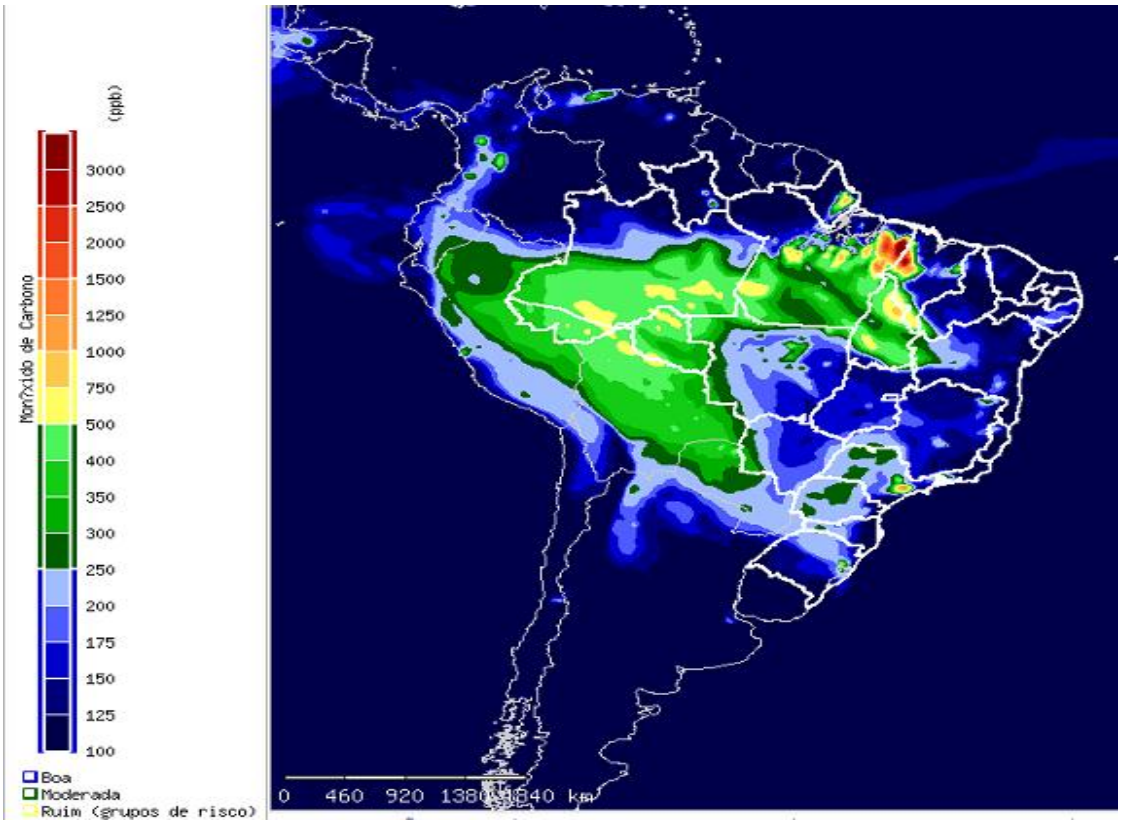
Com estas informações realizou-se as análises descritivas de todas as variáveis e estimou-se as correlações entre as variáveis de interesse por meio dos coeficientes de correlação de *Pearson* estudados durante o 2º semestre de 2012 e 1º semestre de 2013. Foram confeccionadas também curvas de evolução temporal das variáveis independentes investigadas para análise deste estudo.

5.3 BANCO DE DADOS:

Através do portal do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - CPTEC-INPE (www.cptec.inpe.br), foram obtidos os dados dos níveis diários de CO e do $PM_{2,5}$, de acordo com a rotina *Coupled Chemistry Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modelling System* - CCATT-BRAMS. (CPTEC-INPE, 2014).

A concentração diária estimada de cada poluente no sistema CCATT-BRAMS é obtida a partir da leitura do gráfico fornecido, como ilustrado pela figura 6.

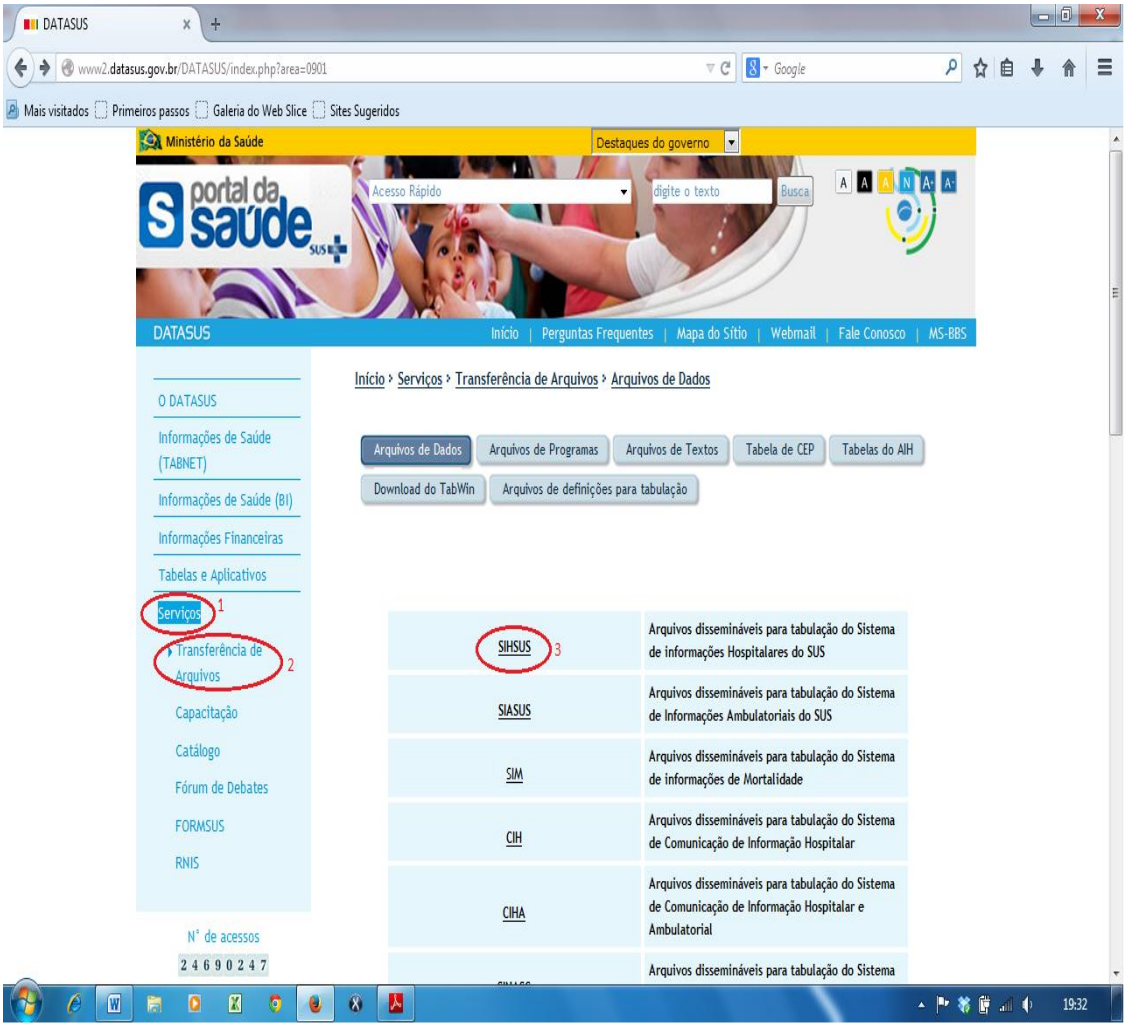
Figura 6 - CCATT-BRAMS - CPTEC/INPE - Monóxido de Carbono (ppb) 40m - Total



Fonte: Cptec-inpe (2015).

A coleta dos dados referentes as internações diárias por doenças respiratórias foram adquiridas através do portal DATASUS (www2.datasus.gov.br/DATASUS/índex.php), seguindo a rotina de clicar: 1 - serviços, 2 - transferência de arquivos, 3 – SIHSUS, conforme a figura 7.

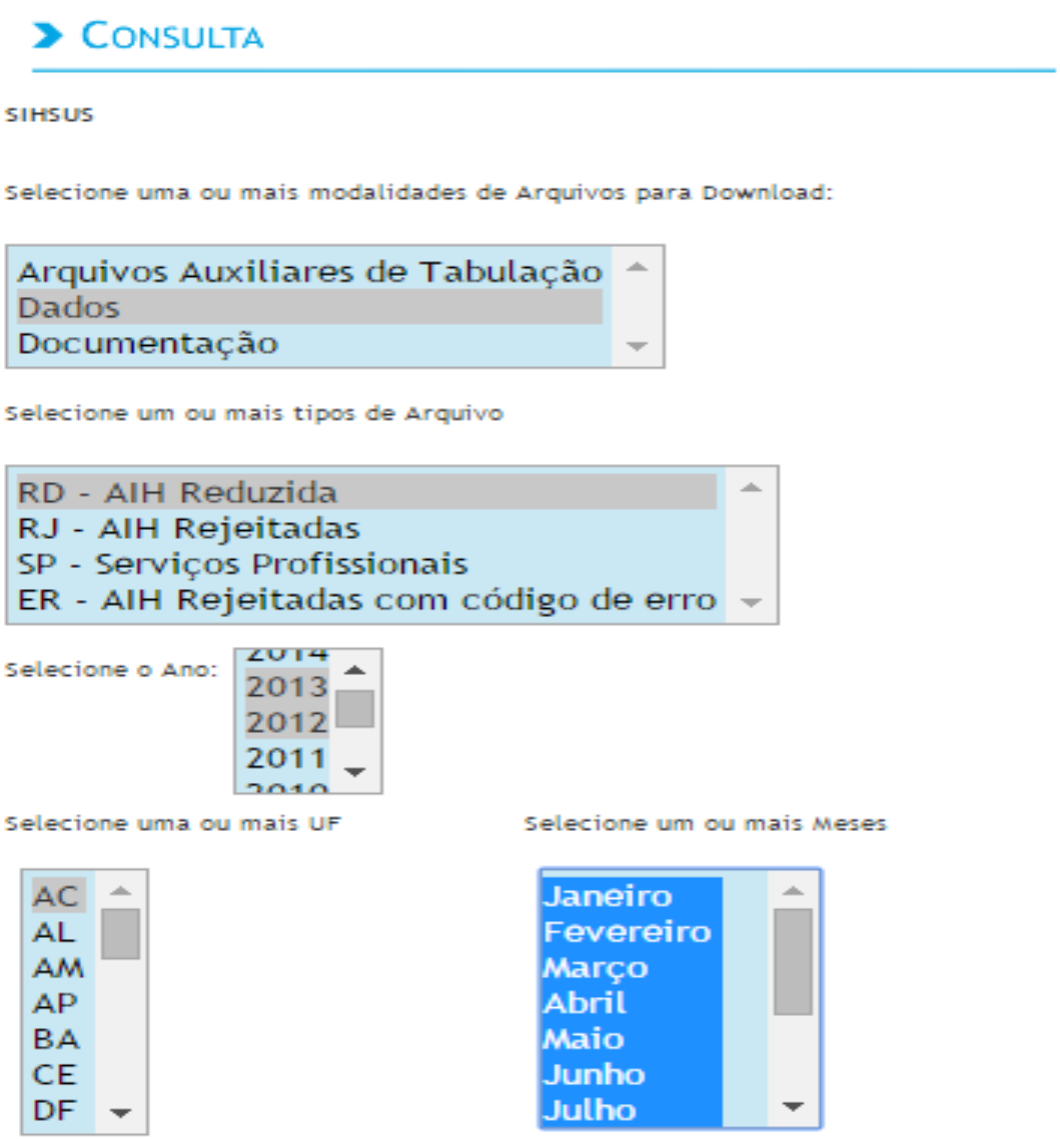
Figura 7 - Portal do DATASUS das opções SIHSUS



Fonte: DATASUS (2015).

Em seguida selecionar: dados, RD – AIH Reduzida, 2012 e 2013, AC, selecionar os meses referentes ao 2º semestre de 2012 e do 1º semestre de 2013, enviar (figura 8).

Figura 8 - Arquivo para baixar planilhas DATASUS.



Fonte: DATASUS (2015).

Posteriormente aparecerão os *links* referentes aos arquivos para fazer *downloads*, selecionando os meses de julho a dezembro de 2012 e janeiro a junho de 2013 para o estudo, conforme ilustra a figura 9.

Figura 9 - *Links* referentes aos arquivos para obtenção da planilha DATASUS através de *downloads*.

Fonte: DATASUS (2015).

Após a realização dos downloads dos arquivos desejados, eles foram expandidos (arquivo em DBF) pelo programa TabWin, que é disponibilizado pelo próprio portal, pois os arquivos são abaixados na forma compactada (arquivo em DBC).

A planilha DATASUS possui 93 colunas, cujos dados foram apresentados em formato de tabela. Foram selecionadas para esse estudo as colunas referentes as informações ao código do município de Rio Branco (120040), nascimento, sexo, data internação, data de saída, diagnostico principal (doenças respiratórias – CID 10 correspondentes aos códigos J 00 a J 99), idade (crianças de 0 a 14 anos e adultos com idades iguais ou maiores de 50 anos), dias de permanência e morte, conforme ilustra a figura 10.

Figura 10 - Planilha DATASUS filtrada com os dados de interesse para esse estudo.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	MUNIC_RES	NASC	SEXO	DT_INTER	DT_SAIDA	DIAG_PRINC	IDADE	DIAS_PERM	MORTE
2	120040	20120117	3	20130218	20130222	J040	1	4	0
3	120040	20100823	1	20130302	20130308	J040	2	6	0
4	120040	19821020	3	20130517	20130520	J040	30	3	0
5	120040	19570718	1	20121031	20121108	J121	55	8	0
6	120040	19690718	1	20121230	20130108	J122	43	9	1
7	120040	20120204	3	20120701	20120709	J128	4	8	0
8	120040	20110717	1	20120703	20120713	J128	11	10	0
9	120040	20110226	3	20120705	20120716	J128	1	11	0
10	120040	20120517	3	20120707	20120710	J128	1	3	0
11	120040	20120227	3	20120709	20120714	J128	4	5	0
12	120040	20110603	1	20120710	20120712	J128	1	2	0
13	120040	20120216	1	20120711	20120722	J128	4	11	0
14	120040	20110914	1	20120711	20120724	J128	9	13	0
15	120040	20120428	3	20120712	20120717	J128	2	5	0

Fonte: DATASUS (2015).

A partir da planilha acima (figura 10), foi feita a separação referente aos dois grupos etários em duas novas planilhas, uma para crianças de 0 a 14 anos (figura 11) e a outra para adultos com idades iguais ou mais de 50 anos. Após essa separação, realizou-se a contagem do número de internações diárias referentes ao 2º semestre de 2012 (figura 11) e 1º semestre de 2013.

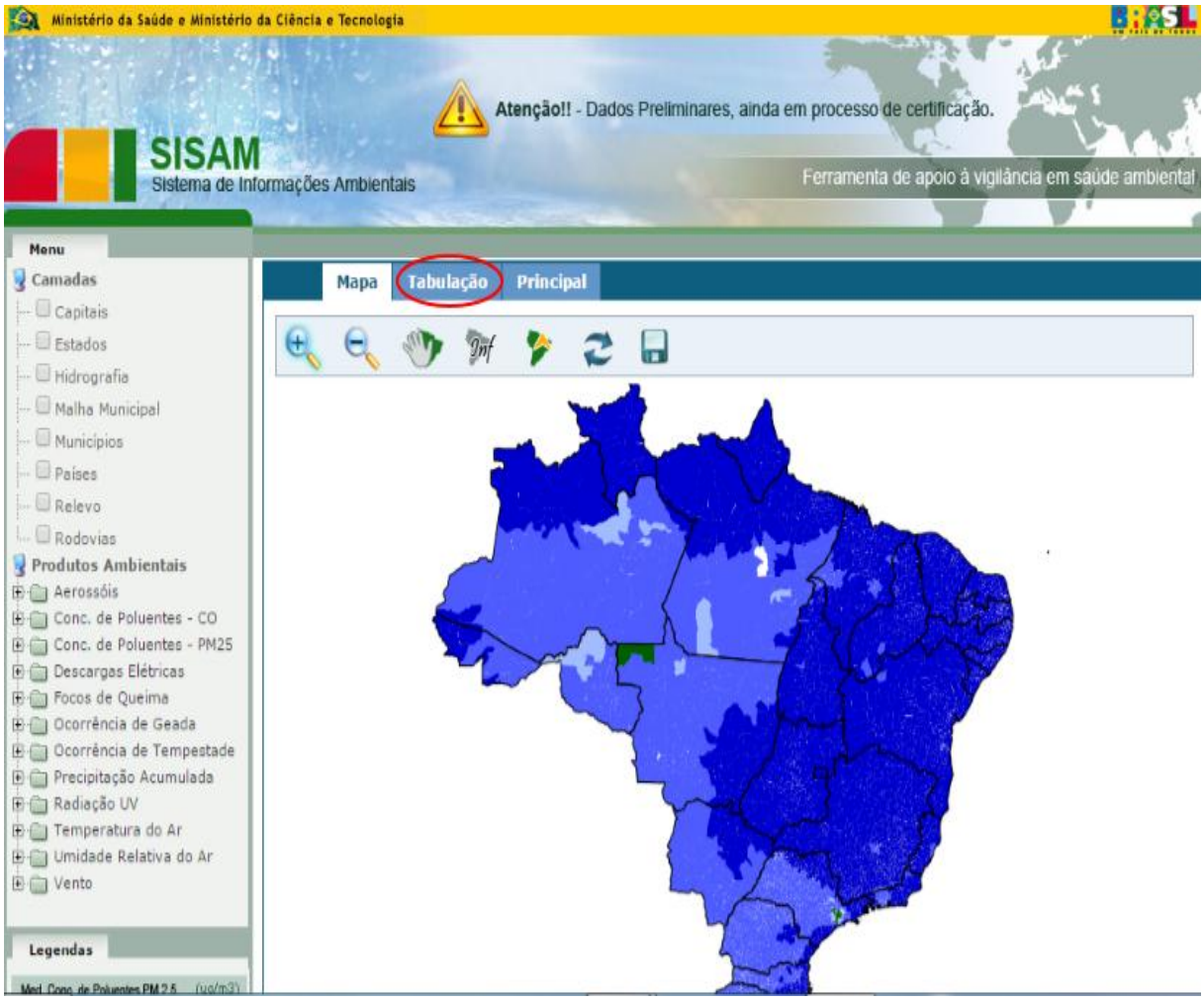
Figura 11 - Planilha para gerar o número de internações diárias.

MUNIC_RES	NASC	SEXO	DT_INTER	DT_SAIDA	DIAG_PRINC	IDADE	DIAS_PERM	MORTE	Rótulos de Linha	Contagem de DT_INTER
120040	20120204	3	20120701	20120709	J128	4	8	0	20120701	2
120040	20120226	3	20120701	20120717	J219	4	16	0	20120703	2
120040	20120420	3	20120703	20120710	J219	2	7	0	20120704	2
120040	20110717	1	20120703	20120713	J128	11	10	0	20120705	2
120040	20110128	3	20120704	20120710	J219	1	6	0	20120706	1
120040	20090526	1	20120704	20120715	J158	3	11	0	20120707	1
120040	20110226	3	20120705	20120716	J128	1	11	0	20120709	5
120040	20120521	1	20120705	20120724	J219	1	19	0	20120710	6
120040	20071204	3	20120706	20120709	J158	4	3	0	20120711	5
120040	20120517	3	20120707	20120710	J128	1	3	0	20120712	6
120040	20100103	3	20120709	20120725	J158	2	16	0	20120713	6
120040	20080913	1	20120709	20120721	J158	3	12	0	20120717	1
120040	20120227	3	20120709	20120714	J128	4	5	0	20120718	3
120040	20120217	1	20120709	20120719	J219	4	10	0	20120719	1
120040	20120119	1	20120709	20120724	J219	5	15	0	20120720	2
120040	20110603	1	20120710	20120712	J128	1	2	0	20120721	4
120040	20120413	3	20120710	20120713	J219	2	3	0	20120724	2
120040	20100228	1	20120710	20120711	J353	2	1	0	20120725	3
120040	20061212	3	20120710	20120711	J353	5	1	0	20120726	3
120040	20050802	1	20120710	20120711	J352	6	1	0	20120727	2
120040	20001124	3	20120710	20120711	J353	11	1	0	20120728	2
120040	20100625	3	20120711	20120720	J158	2	9	0	20120729	1

Fonte: DATASUS (2015).

Para a coleta dos números de queimadas, os dados foram obtidos através do portal SISAM (http://sisam.cptec.inpe.br/sisam/index.php), conforme figura 12 e em seguida clicar em tabulação.

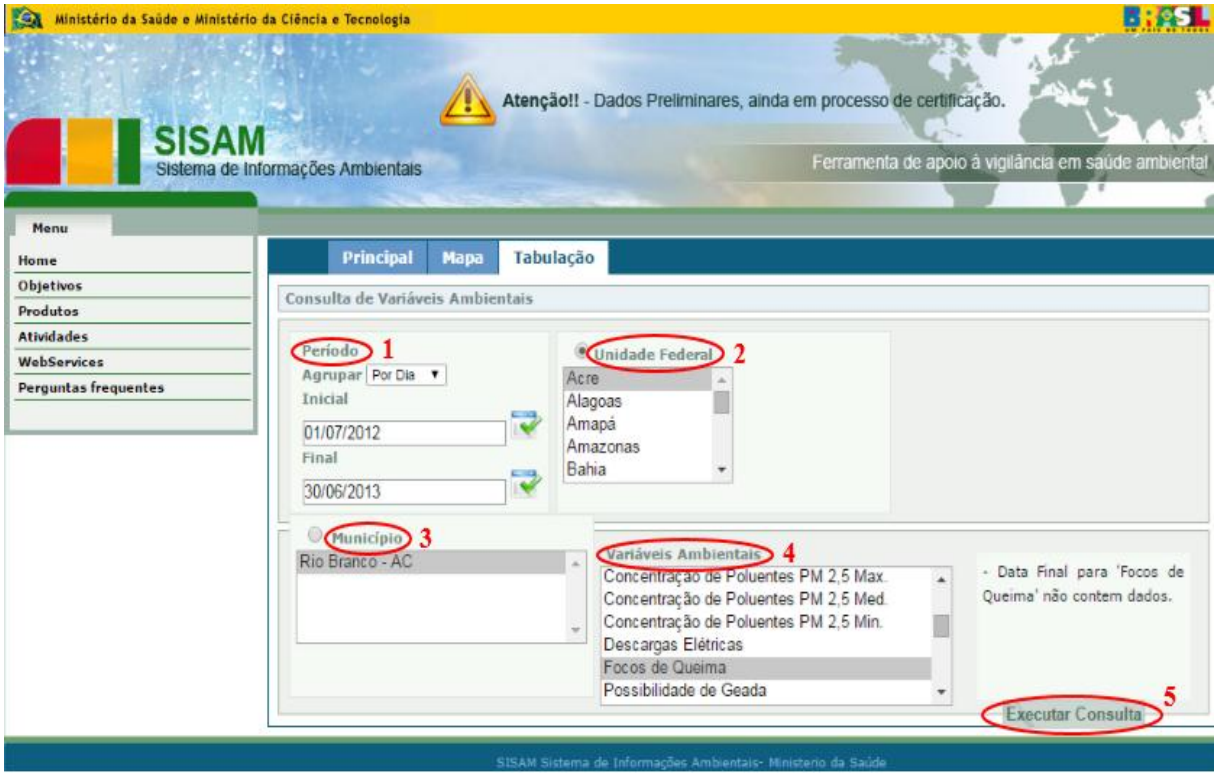
Figura 12 - Portal do SISAM.



Fonte: SISAM (2015).

Posteriormente seguir a rotina de clicar em: 1 - período (inicial: 01/07/2012 e final: 30/06/2013), 2 – unidade federal (Acre), 3 – município (Rio Branco – AC), 4 – variáveis ambientais (Focos de Queima), 5 – executar consulta, conforme figura 13.

Figura 13 – Portal do SISAM - Opção Tabulação.



Fonte: SISAM (2015).

Após executar consulta, será abaixada uma planilha (figura 14) com o número de queimadas para o período de 01/07/2012 a 30/06/2013 do município de Rio Branco - AC.

Figura 14 – Planilha referente a consulta do número de queimadas em Rio Branco - AC, durante o período de 01/07/2012 a 30/06/2013.

Região	Estado	Nome	Data	Focos de Queima - Ocorrência
Norte	Acre	Rio Branco	2012-07-01	0
			2012-07-02	0
			2012-07-03	0
			2012-07-04	0
			2012-07-05	0
			2012-07-06	0
			2012-07-07	0
			2012-07-08	0
			2012-07-09	0
			2012-07-10	0
			2012-07-11	0
			2012-07-12	0
			2012-07-13	0
			2012-07-14	0
			2012-07-15	2
			2012-07-16	0

Fonte: SISAM (2015).

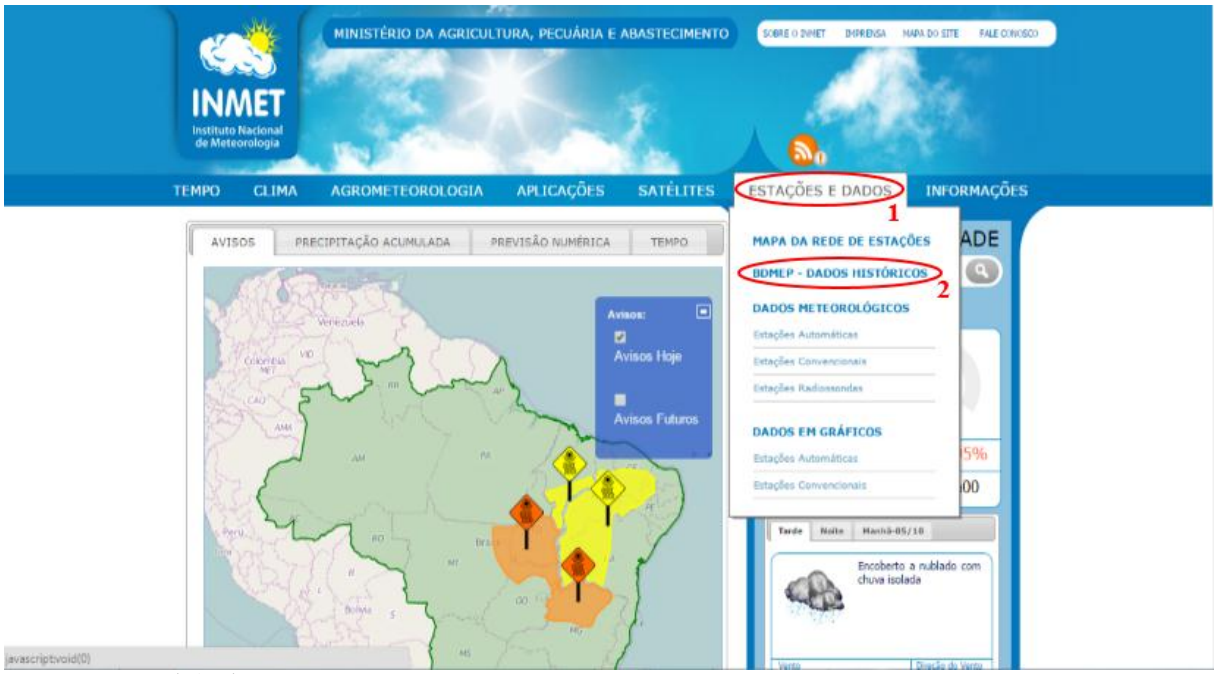
Foram coletados os dados da temperatura mínima (TEMP) e da umidade relativa do ar (UR) em suas médias diárias, estimados pelo portal do INMET - Instituto Nacional de Meteorologia (www.inmet.gov.br/portal), conforme figura 15.

Figura 15 – Portal do INMET.

Fonte: INMET (2015).

A partir deste portal, seguir a rotina de clicar em: 1 – estações e dados, 2 – BDMEP - Dados históricos, conforme figura 16.

Figura 16 – Portal INMET - BDMEP – estações e dados.



Fonte: INMET (2015).

Ao acessar BDMEP - Dados Históricos, clicar em Série Histórica - Dados Diários e seguir a rotina de: 1 - preencher os campos início e fim para o período de 01/07/2012 a 30/06/2013, 2 – região Norte, 3 – estado Acre, 4 – selecionar variáveis Temp. Mínima (ºC) e Umidade Relativa Média (%), 5 – pesquisa, conforme figura 17.

Figura 17 - Portal INMET - BDMEP – Série Histórica – Dados Diários.

Fonte: INMET (2015).

Após executar pesquisa, foi apresentada uma nova página (figura 18), e em seguida clicar em: 1 - Rio Branco, 2 - baixar dados, para obter a planilha (figura 19) com os dados referentes aos dados diários da temperatura mínima (TEMP) e da umidade relativa do ar (UR) da estação 82915.

Figura 18 – Portal INMET - BDMEP - Dados Históricos.

Fonte: INMET (2015).

Figura 19 – Planilha referente a obtenção dos dados diários da temperatura mínima (TEMP) e da umidade relativa do ar (UR) da estação 82915.

```
--------------------
BDMEP - INMET
--------------------
Estação              : RIO BRANCO - AC (OMM: 82915)
Latitude  (graus)    : -9.96
Longitude (graus)    : -67.8
Altitude  (metros)   : 160.00
Estação Operante
Inicio de operação: 01/01/1929
Periodo solicitado dos dados: 01/07/2012 a 30/06/2013
Os dados listados abaixo são os que encontram-se digitados no BDMEP
--------------------
Obs.: Os dados aparecem separados por ; (ponto e vírgula) no formato txt.
      Para o formato planilha XLS, siga as instruções
--------------------
Estacao;Data;Hora;TempMinima;Umidade Relativa Media;
82915;01/07/2012;0000;;82.75;
82915;01/07/2012;1200;19.8;;
82915;02/07/2012;0000;;84.25;
82915;02/07/2012;1200;20;;
82915;03/07/2012;0000;;82;
82915;03/07/2012;1200;20.4;;
82915;04/07/2012;0000;;82.25;
82915;04/07/2012;1200;20.4;;
82915;05/07/2012;0000;;81.25;
82915;05/07/2012;1200;18.8;;
82915;06/07/2012;0000;;83.75;
82915;06/07/2012;1200;19.4;;
82915;07/07/2012;0000;;85.25;
82915;07/07/2012;1200;20.1;;
82915;08/07/2012;0000;;85.25;
82915;08/07/2012;1200;15.2;;
82915;09/07/2012;0000;;85.75;
82915;09/07/2012;1200;14.5;;
82915;10/07/2012;0000;;82.75;
82915;10/07/2012;1200;14.8;;
82915;11/07/2012;0000;;83;
82915;11/07/2012;1200;16.7;;
82915;12/07/2012;0000;;78.75;
82915;12/07/2012;1200;16.5;;
82915;13/07/2012;0000;;77.5;
```

Fonte: INMET (2015).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO:

6.1 RESULTADOS

São diversas causas de hospitalizações em todo o mundo, sendo que as internações decorrentes por doenças respiratórias, englobam um grande contingente representativo da população mundial.

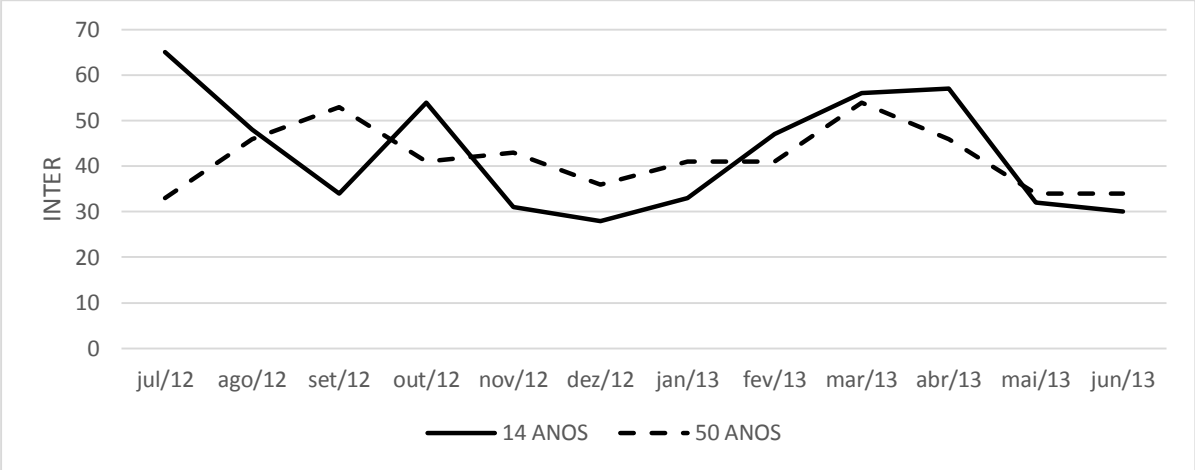
Segundo o Ministério da Saúde (DATASUS, 2015), entre 01 de julho de 2012 a 30 de junho de 2013, ocorreram no Brasil cerca de 1,3 milhão de internações por doenças do aparelho respiratório, gerando um custo de pouco mais de R$ 1 bilhão para o Governo Federal. No estado do Acre ocorreram 4.758 internações gerando para o governo estadual um custo de mais de R$ 3 milhões e no município de Rio Branco, AC, ocorreram 1.017 internações por doenças do aparelho respiratório com um custo de mais de R$ 1,5 milhão neste período para o município.

Essas análises foram feitas em 2 semestres, tendo em vista a ocorrência do número maior de queimadas no 2º semestre de 2012 quando comparada com o 1º semestre de 2013 e também uma outra análise para os 12 meses.

Foram internadas com problemas respiratórios CID 10 (J 00 a J 99) no município de Rio Branco, AC, durante o período de 01/07/2012 a 30/06/2013 um total de 1017 pessoas, onde foram consideradas duas faixas etárias, uma de 0 a 14 anos e a outra de igual ou maior a 50 anos. Essas são as faixas etárias mais suscetíveis ao adoecimento por doenças respiratórias decorrentes dos poluentes do ar (SILVA *et al*, 2013).

No 2º semestre de 2012 foram internadas 512 pessoas, sendo 260 internações para faixa etária de 0 a 14 anos e 252 internações para faixa etária de 50 anos ou mais. Para o 1º semestre de 2013 ocorreram 505 internações, com 255 internações para a faixa etária de 0 a 14 anos e 250 internações para a faixa etária de 50 anos ou mais, conforme ilustra a figura 20.

Figura 20 - Distribuição mensal das internações por doenças respiratórias em Rio Branco, AC, por faixa etária de 0 a 14 anos e de 50 anos ou mais no período do 2º semestre de 2012 a 1º semestre de 2013.



No período estudado, a média diária de internações foi igual a 1,41±1,39 para a faixa etária de 0 a 14 anos e para a faixa etária de igual ou maior a 50 anos a média diária de internações foi igual a 1,38±1,21. O diagnóstico mais frequente para a faixa etária de 0 a 14 anos foi de pneumonia viral (J12.8), e para a faixa etária de igual ou maior a 50 anos foi de pneumonia não especificada (J18.9). A tabela 8 apresenta a média de internações das variáveis dependentes (INTER), desvio padrão (DP), valor mínimo (MIN) e valor máximo (MAX) referentes ao 2º semestre de 2012 a 1º semestre de 2013 das duas faixas etárias.

Tabela 8 – Análise descritiva das variáveis dependentes (número de internações), em Rio Branco, AC, no período do 2º semestre de 2012 a 1º semestre de 2013.

	≤ 14 ANOS		**≥ 50 ANOS**	
	2º SEM/2012	**1º SEM/2013**	**2º SEM/2012**	**1º SEM/2013**
INTER	1,41	1,41	1,37	1,38
DP	1,48	1,30	1,18	1,25
MIN.	0	0	0	0
MAX.	6	6	7	7

INTER: média do número de internações; DP: desvio padrão da média; MIN.: número mínimo de internação no dia; MAX.: número máximo de internações no dia.

Em relação à média de idade das pessoas internadas por problemas respiratórios no período estudado para a faixa etária de 0 a 14 anos foi igual a 5,03± 3,49 anos e a mediana, de 4 anos, enquanto 55,73% eram do sexo masculino e para a faixa etária de igual ou maior a 50 anos a média de idade foi igual a 71,79±11,55 anos e a mediana, de 72 anos, para 55,38% do

sexo masculino. A tabela 9 apresenta a média de idade (IDADE) das pessoas internadas por problemas respiratórios, desvio padrão (DP), valor mínimo (MIN) e valor máximo (MAX) referentes ao 2º semestre de 2012 e ao 1º semestre de 2013 das duas faixas etárias.

Tabela 9 – Análise descritiva referente a média de idade das pessoas internadas por problemas respiratórios, em Rio Branco, AC, no período do 2º semestre de 2012 a 1º semestre de 2013.

	≤ 14 ANOS		**≥ 50 ANOS**	
	2º SEM/2012	**1º SEM/2013**	**2º SEM/2012**	**1º SEM/2013**
IDADE	5,02	5,04	70,37	73,23
DP	3,42	3,56	11,31	11,63
MIN.	1	0	50	50
MAX.	14	14	98	98

IDADE: média de idade; DP: desvio padrão da média; MIN.: número mínimo da idade; MAX.: número máximo da idade.

A análise descritiva desse estudo com os valores obtidos para as variáveis independentes Monóxido de carbono (CO), Material particulado ($PM_{2,5}$), número de queimadas (QUEIMADAS), temperatura mínima (TEMP), umidade relativa do ar (UR), estão expressas na tabela 10, com média, desvio padrão (DP), valor mínimo (MIN) e valor máximo (MAX) referentes ao 2º semestre de 2012 a 1º semestre de 2013 das duas faixas etárias.

Tabela 10 – Análise descritiva dos poluentes atmosféricos CO (ppb), $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$), número de queimadas (QUEIMADAS), temperatura mínima (TEMP) e umidade relativa do ar (UR) em Rio Branco, AC, no período do 2º semestre de 2012 a 1º semestre de 2013.

	Média	**DP**	**MIN – MAX**
CO	177,82	134,75	76,92 – 1452,30
$PM_{2,5}$	17,09	11,58	11,62 – 146,33
QUEIMADAS	1,20	4,75	0 – 46
TEMP (°C)	26,72	2,27	19,20 – 32,57
UR (%)	85,05	6,40	62 – 98,75

CO: monóxido de carbono; $PM_{2,5}$: material particulado com menos de 2,5 µm de diâmetro; QUEIMADAS: média do número de queimadas; DP: desvio padrão das queimadas; MIN.: número mínimo de queimadas; MAX.: número máximo de queimadas; TEMP: temperatura mínima; UR: umidade relativa do ar.

Baseado na divulgação da resolução CONAMA, de 28 de junho de 1990, referente aos padrões de qualidade do ar (tabela 5) para os poluentes CO e $PM_{2,5}$, as diretrizes determinam que os níveis não devem ultrapassar 9000 ppb e 25 $\mu g/m^3$ respectivamente. De acordo com a tabela 10, os resultados encontrados em média, mostrou que nenhum poluente ultrapassou as

diretrizes, porém, em relação a concentrações máximas, somente o $PM_{2,5}$ teve sua concentração máxima acima do estabelecido pela resolução CONAMA Nº 03/90.

Cesar *et al*, (2013), em seus estudos sobre associação entre exposição ao $PM_{2,5}$ e internações por doenças respiratórias em crianças no município de Piracicaba, SP, também verificaram que a concentração média diária de $PM_{2,5}$ (28,6 $\mu g/m^3$) não ultrapassou os limites estabelecidos.

A temperatura mínima (TEMP) no município de Rio Branco, AC, variou de 19,20 º C a 32,57 º C, resultando em uma média de 26,72 º C com um desvio padrão de 2,27 º C. A umidade relativa do ar (UR) obteve uma média de 85,05% com um desvio padrão de 6,40%.

Foi feita também uma análise descritiva separadamente para o 2º semestre de 2012 e para o 1º semestre de 2013 com os mesmos valores obtidos para as variáveis independentes (CO, $PM_{2,5}$, QUEIMADAS, TEMP e UR). Todas estão expressas na tabela 11, referentes as duas faixas etárias.

Tabela 11 – Análise descritiva dos poluentes atmosféricos CO (ppb), $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$), número de queimadas (QUEIMADAS), temperatura mínima (TEMP) e umidade relativa do ar (UR) em Rio Branco, AC, para 2º semestre de 2012 e para 1º semestre de 2013.

	2º SEM/2012			**1º SEM/2013**		
	Média	**DP**	**Mín. – Máx.**	**Média**	**DP**	**Mín. – Máx.**
CO	235,72	170,44	76,92 – 1452,30	119,39	16,74	80,65 – 209,26
$PM_{2,5}$	21,34	15,14	11,81 – 146,33	12,75	0,93	11,62 – 17,32
QUEIMADAS	2,35	6,49	0 – 46	0,03	0,194	0 – 2
TEMP (°C)	27,71	2,62	19,20 – 32,57	25,71	1,2	22,13 – 28,93
UR (%)	82,4	6,93	62 – 97,25	87,81	4,44	75,75 – 98,75

CO: monóxido de carbono; $PM_{2,5}$: material particulado com menos de 2,5 µm de diâmetro; QUEIMADAS: média do número de queimadas; DP: desvio padrão das queimadas; MIN.: número mínimo de queimadas; MAX.: número máximo de queimadas; TEMP: temperatura mínima; UR: umidade relativa do ar.

Para os resultados encontrados em cada semestre estudado separadamente, observou-se que com exceção da variável UR (%) para o 1º semestre de 2013, todos os demais resultados apresentaram valor médio maior para o 2º semestre de 2012.

Em relação a umidade relativa do ar (UR), pode-se observar que a média da umidade relativa do ar no 2º semestre de 2012 (82,4%) é mais baixa que a média da umidade relativa do ar no 1º semestre de 2013 (87,81%), conforme mostra a figura 21. Com a umidade relativa do ar menor, esse fenômeno favorece a ocorrência das queimadas, pois foi o que se observou neste estudo, com uma maior quantidade de número de queimadas no 2º semestre de 2012 (figura 22). Botelho *et al*, (2003), verificaram ao analisar atendimentos por doenças respiratórias em

Cuiabá, que a probabilidade de internação hospitalar no período de seca era 7,3 % maior que a comparada ao período das chuvas.

A temperatura mínima (TEMP) apresentou no 2º semestre de 2012 um aumento médio de 2º C em relação ao 1º semestre de 2013 (figura 23).

Figura 21 – Evolução temporal da umidade relativa do ar (UR) em Rio Branco, AC, no período de 1º de julho de 2012 a 30 de junho de 2013.

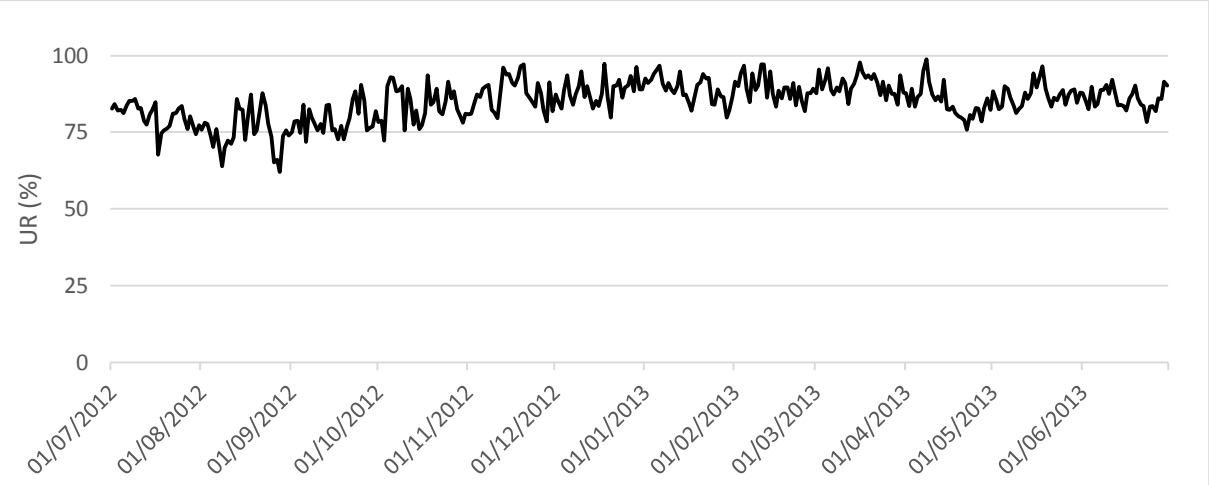


Figura 22 – Evolução temporal do número de queimadas (QUEIMADAS) em Rio Branco, AC, no período de 1º de julho de 2012 a 30 de junho de 2013.

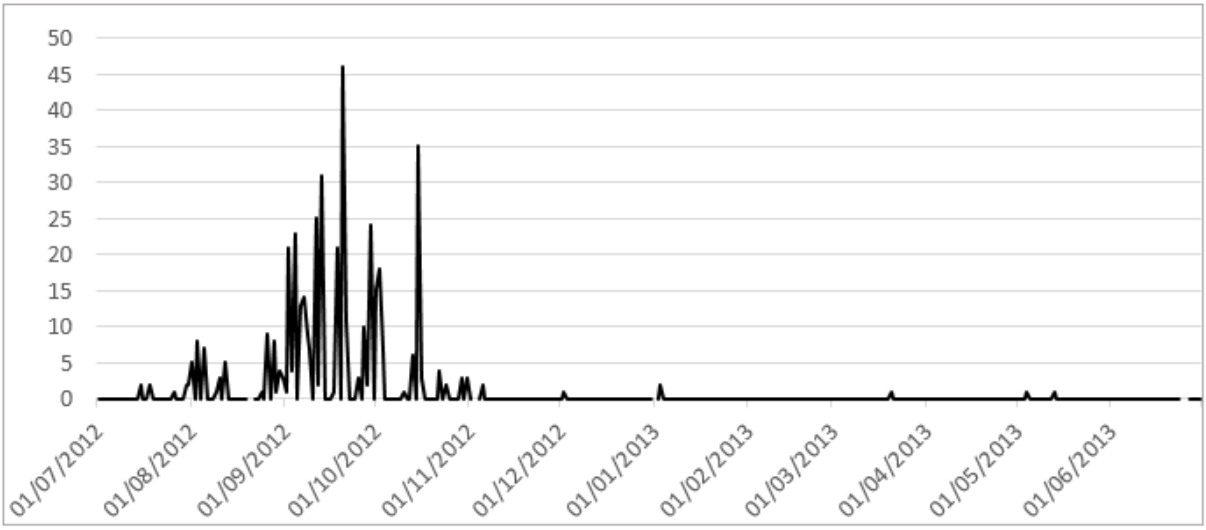
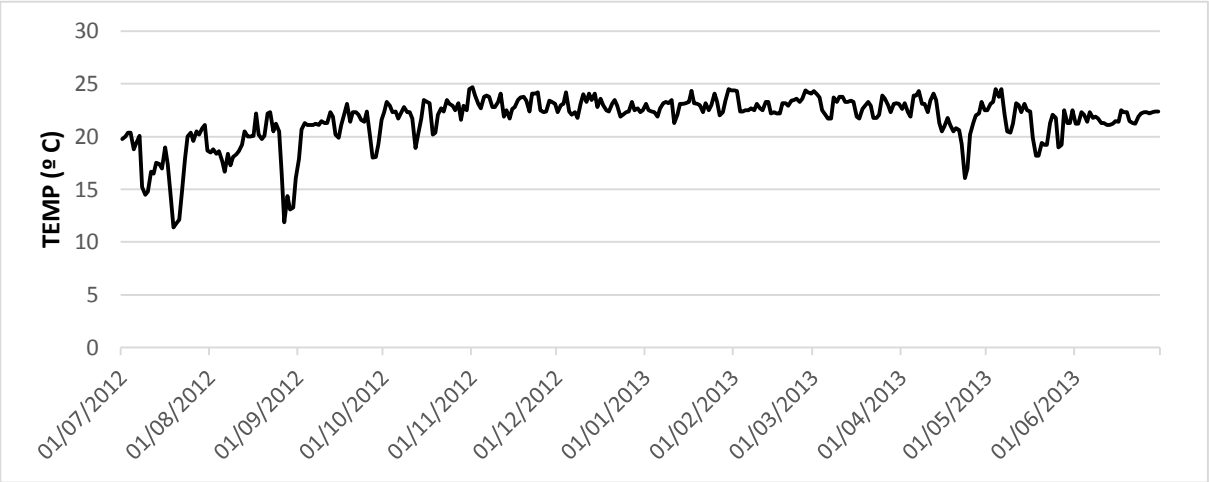


Figura 23 – Evolução temporal da temperatura mínima (TEMP) em Rio Branco, AC, no período de 1º de julho de 2012 a 30 de junho de 2013.



As figuras 24 e 25 apresentam as curvas de evolução temporal para os poluentes CO (ppb) e $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$) referente a 1º de julho de 2012 a 30 de junho de 2013, no qual as concentrações destes poluentes demonstraram uma leve significância referente ao 2º semestre de 2012 sem ultrapassarem os limites estabelecidos pela resolução CONAMA Nº 03/90, evidenciando também uma relação entre o maior número de queimadas que ocorre na região neste período. Contudo observou-se um aumento no número de internações para a faixa etária de igual ou maior a 50 anos para os meses de agosto e setembro, demonstrando a influência da sazonalidade na presença do poluente na atmosfera.

Figura 24 - Evolução temporal das concentrações diárias de CO (ppb) medidas em Rio Branco, AC, no período de 1º de julho de 2012 a 30 de junho de 2013.

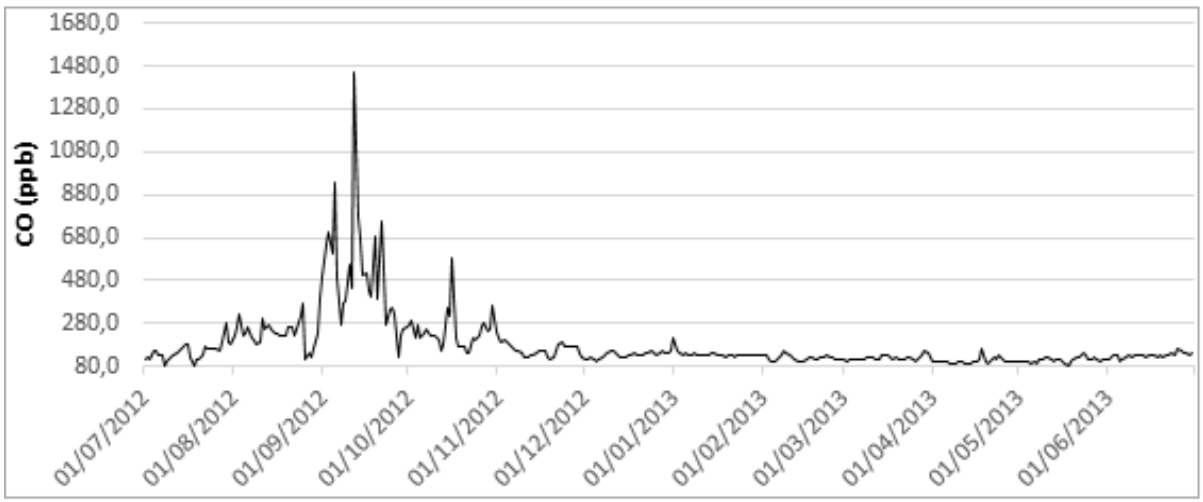
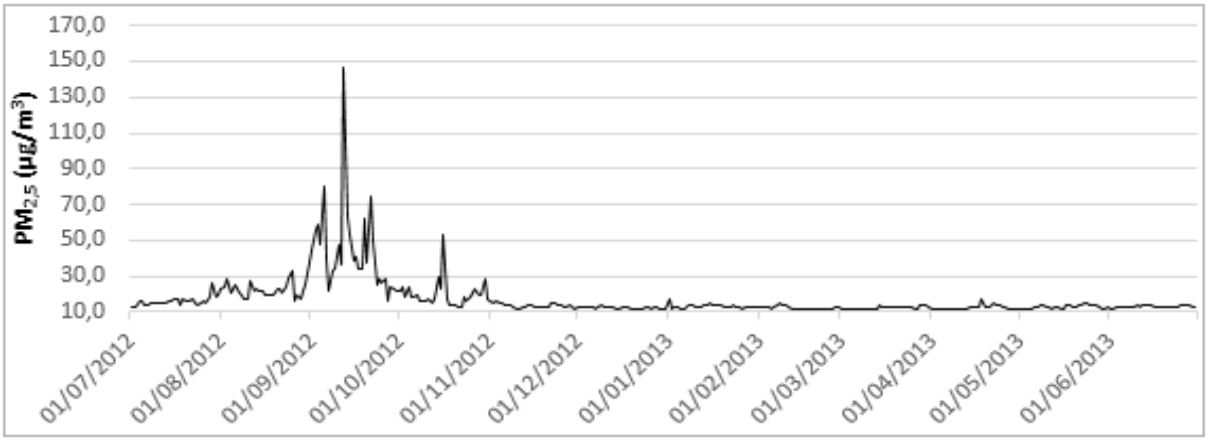


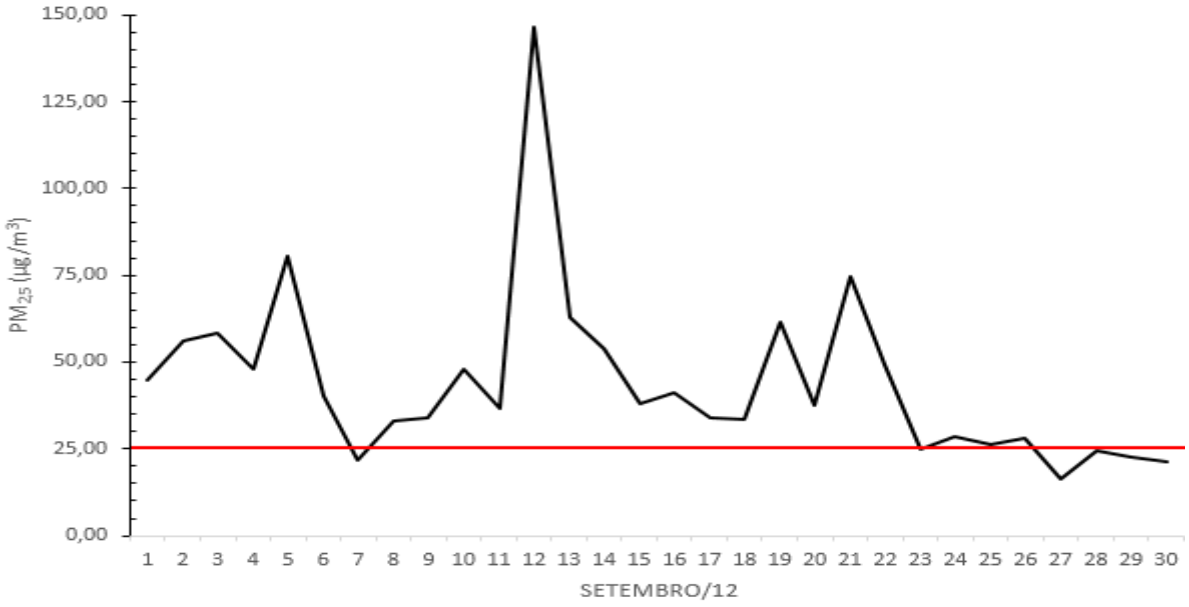
Figura 25 – Evolução temporal das concentrações diárias de $PM_{2,5}$ (µg/m^3) medidas em Rio Branco, AC, no período do 2º semestre de 2012 e 1º semestre de 2013.



Os resultados (médias) encontrados dos poluentes não ultrapassaram os padrões anuais de qualidade do ar (tabela 7) no período estudado, mas observou-se um aumento de 50,65% entre o valor médio do CO (235,72 ppb) no 2º semestre de 2012 em relação ao valor médio do CO (119,39 ppb) no 1º semestre de 2013. O mesmo ocorreu para o valor médio do $PM_{2,5}$ (21,34 µg/m^3) no 2º semestre de 2012 em relação ao valor médio do $PM_{2,5}$ (12,75 µg/m^3) no 1º semestre de 2013, resultando em um aumento de 50,65%.

Na figura 26, observa-se que os níveis de concentração de $PM_{2,5}$ (µg/m^3) excederam o limite de qualidade do ar em setembro de 2012, com valores de até 146,33 µg/m^3, quase três vezes superiores ao parâmetro estabelecido pela Organização Mundial de Saúde (OMS).

Figura 26 - Concentração diária de $PM_{2,5}$ (µg/m^3) em Rio Branco, AC, no mês de setembro de 2012.



Silva *et al*, (2013), também realizaram um estudo na região amazônica, no município de Cuiabá, MT, entre exposição ao $PM_{2,5}$ e internações em crianças < 5 anos e idosos ≥ 65 nos hospitais conveniados ao Sistema Único de Saúde (SUS) de 1° de janeiro a 31 de dezembro de 2005. Neste estudo encontraram uma concentração média diária de 11,9 $\mu g/m^3$ para o $PM_{2,5}$ e puderam verificar uma associação entre exposição ao $PM_{2,5}$ com as internações por doenças respiratórias em crianças < 5 anos, sendo de 9,1%, para o *lag* 0 (IC95% 1,8%;18,1%), de 9,2% para o *lag* 2 (IC95% 0,1%;19,4%) e de 12,0% para o *lag* 5 (IC95% 0,2%;25,5%). As associações foram maiores no período seco. Nesse último período houve incremento de 11,4% para o *lag* 1 (IC95% 1,7%;22,2%), de 21,6% para o *lag* 5 (IC95% 4,9%;41,1%) e de 22,0% para o *lag* 6 (IC95% 4,3%;42,8%). Neste estudo de Silva *et al*, (2013), não foram encontradas associações estatisticamente significantes entre exposição ao $PM_{2,5}$ e internação de idosos por doenças respiratórias.

A tabela 12 apresenta a análise da Correlação de *Pearson* para as variáveis do estudo referentes a faixa etária de 0 a 14 anos para o período de 1º de julho de 2012 a 30 de junho de 2013. As internações por doenças respiratórias (INTER 14) apresentaram correlação positiva embora não significativa com o $PM_{2,5}$ e negativa para o CO. Entre os poluentes foram observadas fortes correlações positivas entre si. Com excessão das variáveis meteorológicas, a variável QUEIMADAS apresentou correlação positiva para as demais variáveis. As variáveis meteorológicas apresentaram correlações negativas com os poluentes mas positivamente significativas entre si.

Tabela 12 - Correlação entre as variáveis em estudo para a faixa etária de 0 a 14 anos, Rio Branco, AC, no período de 1º de julho de 2012 a 30 de junho de 2013.

	INTER 14	CO	$PM_{2,5}$	QUEIMADAS	TEMP (°C)	UR (%)
INTER 14	1					
CO	- 0,03	1				
$PM_{2,5}$	0,02	0,98**	1			
QUEIMADAS	0,09	0,40**	0,37**	1		
TEMP (°C)	- 0,09	- 0,08	- 0,15**	- 0,06	1	
UR (%)	- 0, 05	- 0,36**	- 0,38**	- 0,31**	0,53**	1

INTER 14: nº de internações para faixa etária de 0 a 14 anos; CO: Monóxido de Carbono (ppb); $PM_{2,5}$: Material Particulado ($\mu g/m^3$); QUEIMADAS: nº de queimadas; TEMP: Temperatura Mínima; UR: Umidade Relativa do ar.**p. valor < 0,01

A tabela 13 apresenta a análise da Correlação de *Pearson* para as variáveis do estudo referentes a faixa etária de igual ou maior a 50 anos para o período de 1º de julho de 2012 a 30 de junho de 2013. Observou-se fortes correlações entre os poluentes e as internações por

doenças respiratórias. Os poluentes CO e $PM_{2,5}$ estão positivamente correlacionados entre si. O número de internação teve correlação positiva significativa com os poluentes. Martins *et al* (2002), estudando o número de internações por pneumonia e gripe em pessoas com 65 anos ou mais, durante os anos de 1996 e 1998 na cidade de São Paulo, Brasil, observaram uma correlação positiva e siginificativa com o material particulado (0,12).

A temperatura mínima (TEMP) e a umidade relativa do ar (UR) estão inversamente correlacionados com o CO, $PM_{2,5}$ e QUEIMADAS, mas correlacionados positivamente com o número de internações (INTER 50). O aumento dos índices de temperatura e umidade do ar estariam influenciando na dispersão dos poluentes no ar, ocasionando uma diminuição da concentração de partículas, melhora da qualidade do ar e diminuição no número de internações por doenças respiratórias. Nascimento *et al* (2006) também observaram resultado semelhante em seus estudos com internações por problemas respiratórios em crianças de 0 a 10 anos de idade, na cidade de São José dos Campos, Brasil, durante o período de 2004 a 2005.

Tabela 13 - Correlação entre as variáveis em estudo para a faixa etária de igual ou maior a 50 anos, Rio Branco, AC, no período de 1º de julho de 2012 a 30 de junho de 2013.

	INTER 50	CO	$PM_{2,5}$	QUEIMADAS	TEMP (°C)	UR (%)
INTER 50	1					
CO	0,12*	1				
$PM_{2,5}$	0,11*	0,98**	1			
QUEIMADAS	0,05	0,40**	0,37**	1		
TEMP (°C)	0,06	- 0,08	- 0,15**	- 0,06	1	
UR (%)	0,03	- 0,36**	- 0,38**	- 0,31**	0,53**	1

INTER 50: nº de internações para faixa etária de igual ou maior a 50 anos; CO: Monóxido de Carbono (ppb); $PM_{2,5}$: Material Particulado ($\mu g/m^3$); QUEIMADAS: nº de queimadas; TEMP: Temperatura Mínima; UR: Umidade Relativa do ar; **p. valor < 0,01; *p. valor < 0,05.

6.2 ANÁLISE UNIPOLUENTE

6.2.1 DOENÇAS RESPIRATÓRIAS (CID 10 - J 00 a J 99)

As tabelas abaixo apresentam análise unipoluente para o CO e para o $PM_{2,5}$, referentes ao 2º semestre de 2012 ao 1º semestre de 2013 e também para os dois semestres simultaneamente, sendo separados pelas duas faixas etárias em estudo. Para que não haja uma associação significativa entre o poluente em estudo e o risco de internação por doenças respiratórias, os valores do *z-Score* devem não ser inferior a -1,96 e/ou superior a 1,96.

Caso ocorra que os valores do *z-Score* sejam inferiores a -1,96 (valor negativo), isso indica que quanto maior a exposição do indivíduo ao poluente, é melhor para a sua saúde, acarretando o chamado efeito paradoxal, ou seja, quanto mais contato com o poluente melhor para a saúde.

A tabela 14 indica que não ocorreu interferência do poluente CO no risco de internação por doenças respiratórias para a faixa etária de 0 a 14 anos durante o período de 2º semestre de 2012, pois os valores de *z-Score* não foram inferiores a -1,96 e/ou superiores a 1,96.

Tabela 14 - Análise unipoluente do CO (ppb) para doenças respiratórias com defasagem (*lag* 0 a *lag* 7) para a faixa etária de 0 a 14 anos durante o período de 01 de julho de 2012 a 31 de dezembro de 2012 no município de Rio Branco, AC.

Defasagem	Coeficiente	Erro Padrão	*z-Score*
Lag 0	-0,000369	0,000432	-0,86
Lag 1	0,000427	0,000346	1,23
Lag 2	-0,000183	0,000422	-0,43
Lag 3	-0,000179	0,000485	-0,37
Lag 4	-0,000246	0,000482	-0,51
Lag 5	0,000563	0,000340	1,65
Lag 6	0,000148	0,000382	0,39
Lag 7	0,000093	0,000384	0,24

A tabela 15 indica que houve interferência do poluente CO no mesmo dia (l*ag* 0) no risco de internação por doenças respiratórias para a faixa etária de 0 a 14 anos durante o 1º semestre de 2013, pois os valores de *z-Score* foram inferiores a -1,96, evidenciando efeito paradoxal deste poluente.

Tabela 15 - Análise unipoluente do CO (ppb) para doenças respiratórias com defasagem (*lag* 0 a *lag* 7) para a faixa etária de 0 a 14 anos durante o período de 01 de janeiro de 2013 a 30 de junho de 2013 no município de Rio Branco, AC.

Defasagem	Coeficiente	Erro Padrão	*z-Score*
Lag 0	-0,011442	0,004079	-2,80
Lag 1	-0,007695	0,004010	-1,92
Lag 2	-0,001407	0,003841	-0,37
Lag 3	-0,001659	0,003893	-0,43
Lag 4	-0,001556	0,003992	-0,39
Lag 5	-0,003871	0,004122	-0,94
Lag 6	-0,005908	0,004132	-1,43
Lag 7	-0,002414	0,004096	-0,59

A tabela 16 indica que não ocorreu interferência do poluente CO no risco de internação por doenças respiratórias para a faixa etária de 0 a 14 anos durante o 2º semestre de 2012 e 1º semestre de 2013, pois os valores de *z-Score* não foram inferiores a -1,96 e/ou superiores a 1,96.

Tabela 16 - Análise unipoluente do CO (ppb) para doenças respiratórias com defasagem (*lag* 0 a *lag* 7) para a faixa etária de 0 a 14 anos durante o período de 01 de julho de 2012 a 30 de junho de 2013 no município de Rio Branco, AC.

Defasagem	Coeficiente	Erro Padrão	*z-Score*
Lag 0	-0,000569	0,000419	-1,36
Lag 1	0,000323	0,000334	0,97
Lag 2	-0,000199	0,000389	-0,51
Lag 3	-0,000331	0,000434	-0,76
Lag 4	-0,000399	0,000436	-0,92
Lag 5	0,000321	0,000326	0,98
Lag 6	0,000066	0,000363	0,18
Lag 7	-0,000075	0,000369	-0,20

A tabela 17 indica que houve interferência do poluente CO no risco de internação por doenças respiratórias no mesmo dia (*lag* 0), um dia (*lag* 1) e dois dias (*lag* 2) da exposição referente a faixa etária iguais ou mais de 50 anos, durante o 2º semestre de 2012, pois os valores de *z-Score* foram superiores a 1,96.

Tabela 17 - Análise unipoluente do CO (ppb) para doenças respiratórias com defasagem (*lag* 0 a *lag* 7) para a faixa etária iguais ou mais de 50 anos durante o período de 01 de julho de 2012 a 31 de dezembro de 2012 no município de Rio Branco, AC.

Defasagem	Coeficiente	Erro Padrão	*z-Score*
Lag 0	**0,000705**	**0,000323**	**2,18**
Lag 1	**0,000738**	**0,000314**	**2,35**
Lag 2	**0,000739**	**0,000325**	**2,28**
Lag 3	0,000371	0,000389	0,95
Lag 4	0,000425	0,000374	1,14
Lag 5	0,000176	0,000365	0,48
Lag 6	-0,000161	0,000413	-0,39
Lag 7	0,000141	0,000378	0,37

A tabela 18 indica que houve interferência do poluente CO após cinco dias (*lag* 5) no risco de internação por doenças respiratórias para a faixa etária iguais ou mais de 50 anos durante o 1º semestre de 2013, pois os valores de *z-Score* foram inferiores a -1,96, evidenciando efeito paradoxal deste poluente.

Tabela 18 - Análise unipoluente do CO (ppb) para doenças respiratórias com defasagem (*lag* 0 a *lag* 7) para a faixa etária iguais ou mais de 50 anos durante o período de 01 de janeiro de 2013 a 30 de junho de 2013 no município de Rio Branco, AC.

Defasagem	Coeficiente	Erro Padrão	*z-Score*
Lag 0	-0,001543	0,003895	-0,40
Lag 1	0,005327	0,003663	1,45
Lag 2	0,000552	0,003867	0,14
Lag 3	0,000223	0,003918	0,06
Lag 4	-0,006827	0,004070	-1,68
Lag 5	-0,009728	0,004183	-2,33
Lag 6	-0,004471	0,004189	-1,07
Lag 7	0,000048	0,004041	0,01

A tabela 19 indica que houve interferência do poluente CO no risco de internação por doenças respiratórias no mesmo dia (*lag* 0), um dia (*lag* 1) e dois dias (*lag* 2) da exposição referente a faixa etária iguais ou mais de 50 anos, durante o 2º semestre de 2012 e 1º semestre de 2013, pois os valores de *z-Score* foram superiores a 1,96.

Tabela 19 - Análise unipoluente do CO (ppb) para doenças respiratórias com defasagem (*lag* 0 a *lag* 7) para a faixa etária iguais ou mais de 50 anos durante o período de 01 de julho de 2012 a 30 de junho de 2013 no município de Rio Branco, AC.

Defasagem	Coeficiente	Erro Padrão	*z-Score*
Lag 0	**0,000751**	**0,000306**	**2,46**
Lag 1	**0,000823**	**0,000294**	**2,79**
Lag 2	**0,000724**	**0,000305**	**2,37**
Lag 3	0,000143	0,000353	0,41
Lag 4	0,000237	0,000347	0,68
Lag 5	0,000175	0,000353	0,50
Lag 6	-0,000178	0,000392	-0,45
Lag 7	0,000122	0,000360	0,34

A tabela 20 indica que não ocorreu interferência do poluente $PM_{2,5}$ no risco de internação por doenças respiratórias para a faixa etária de 0 a 14 anos durante o período de 2º semestre de 2012, pois os valores de *z-Score* não foram inferiores a -1,96 e/ou superiores a 1,96.

Tabela 20 - Análise unipoluente do $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$) para doenças respiratórias com defasagem (*lag* 0 a *lag* 7) para a faixa etária de 0 a 14 anos durante o período de 01 de julho de 2012 a 31 de dezembro de 2012 no município de Rio Branco, AC.

Defasagem	Coeficiente	Erro Padrão	*z-Score*
Lag 0	-0,005484	0,005129	-1,07
Lag 1	0,004985	0,003607	1,38
Lag 2	-0,001909	0,004732	-0,40
Lag 3	-0,003143	0,005813	-0,54
Lag 4	-0,003496	0,005751	-0,61
Lag 5	0,006051	0,003592	1,68
Lag 6	-0,000370	0,004446	-0,08
Lag 7	-0,000559	0,004438	-0,13

A tabela 21 indica que não ocorreu interferência do poluente $PM_{2,5}$ no risco de internação por doenças respiratórias para a faixa etária de 0 a 14 anos durante o período de 1º semestre de 2013, pois os valores de *z-Score* não foram inferiores a -1,96 e/ou superiores a 1,96.

Tabela 21 - Análise unipoluente do $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$) para doenças respiratórias com defasagem (*lag* 0 a *lag* 7) para a faixa etária de 0 a 14 anos durante o período de 01 de janeiro de 2013 a 30 de junho de 2013 no município de Rio Branco, AC.

Defasagem	Coeficiente	Erro Padrão	*z-Score*
Lag 0	-0,142294	0,079944	-1,78
Lag 1	-0,041877	0,074466	-0,56
Lag 2	0,037145	0,071279	0,52
Lag 3	-0,072706	0,078245	-0,93
Lag 4	-0,012863	0,074531	-0,17
Lag 5	-0,016768	0,074486	-0,23
Lag 6	-0,117925	0,080371	-1,47
Lag 7	-0,110202	0,079654	-1,380

A tabela 22 indica que não ocorreu interferência do poluente $PM_{2,5}$ no risco de internação por doenças respiratórias para a faixa etária de 0 a 14 anos durante o período de 2º semestre de 2012 e 1º semestre de 2013, pois os valores de *z-Score* não foram inferiores a -1,96 e/ou superiores a 1,96.

Tabela 22 - Análise unipoluente do $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$) para doenças respiratórias com defasagem (*lag* 0 a *lag* 7) para a faixa etária de 0 a 14 anos durante o período de 01 de julho de 2012 a 30 de junho de 2013 no município de Rio Branco, AC.

Defasagem	Coeficiente	Erro Padrão	*z-Score*
Lag 0	-0,006529	0,005070	-1,29
Lag 1	0,004926	0,003505	1,41
Lag 2	-0,001582	0,004465	-0,35
Lag 3	-0,004916	0,005411	-0,91
Lag 4	-0,005028	0,005369	-0,94
Lag 5	0,004223	0,003498	1,21
Lag 6	-0,000667	0,004329	-0,15
Lag 7	-0,001986	0,004402	-0,45

A tabela 23 indica que houve interferência do poluente $PM_{2,5}$ no risco de internação por doenças respiratórias após um dia (*lag* 1), e dois dias (*lag* 2) da exposição referente a faixa etária iguais ou mais de 50 anos, durante o 2º semestre de 2012, pois os valores de *z-Score* foram superiores a 1,96.

Tabela 23 - Análise unipoluente do $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$) para doenças respiratórias com defasagem (*lag* 0 a *lag* 7) para a faixa etária iguais ou mais de 50 anos durante o período de 01 de julho de 2012 a 31 de dezembro de 2012 no município de Rio Branco, AC.

Defasagem	Coeficiente	Erro Padrão	*z-Score*
Lag 0	0,006612	0,003472	1,90
Lag 1	**0,007526**	**0,003294**	**2,28**
Lag 2	**0,007579**	**0,003423**	**2,21**
Lag 3	0,003072	0,004393	0,70
Lag 4	0,003505	0,004192	0,84
Lag 5	0,002257	0,003888	0,58
Lag 6	-0,002314	0,004690	-0,49
Lag 7	0,000922	0,004186	0,22

A tabela 24 indica que houve interferência do poluente $PM_{2,5}$ no risco de internação por doenças respiratórias após um dia (*lag* 1) da exposição referente a faixa etária iguais ou mais de 50 anos, durante o 1º semestre de 2013, pois o valor de *z-Score* foi superior a 1,96.

Tabela 24 - Análise unipoluente do $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$) para doenças respiratórias com defasagem (*lag* 0 a *lag* 7) para a faixa etária iguais ou mais de 50 anos durante o período de 01 de janeiro de 2013 a 30 de junho de 2013 no município de Rio Branco, AC.

Defasagem	Coeficiente	Erro Padrão	*z-Score*
Lag 0	-0,012255	0,075097	-0,16
Lag 1	**0,164159**	**0,064540**	**2,54**
Lag 2	0,044590	0,070651	0,63
Lag 3	0,037052	0,069916	0,53
Lag 4	-0,034753	0,074776	-0,46
Lag 5	-0,066577	0,078093	-0,85
Lag 6	-0,035558	0,079267	-0,45
Lag 7	0,022846	0,074195	0,31

A tabela 25 indica que houve interferência do poluente $PM_{2,5}$ no risco de internação por doenças respiratórias no mesmo dia (*lag* 0), um dia (*lag* 1) e dois dias (*lag* 2) da exposição referente a faixa etária iguais ou mais de 50 anos, durante o 2º semestre de 2012 ao 1º semestre de 2013, pois os valores de *z-Score* foram superiores a 1,96.

Tabela 25 - Análise unipoluente do $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$) para doenças respiratórias com defasagem (*lag* 0 a *lag* 7) para a faixa etária iguais ou mais de 50 anos durante o período de 01 de julho de 2012 a 30 de junho de 2013 no município de Rio Branco, AC.

Defasagem	Coeficiente	Erro Padrão	*z-Score*
Lag 0	**0,007673**	**0,003349**	**2,29**
Lag 1	**0,008913**	**0,003142**	**2,84**
Lag 2	**0,007923**	**0,003282**	**2,41**
Lag 3	0,001012	0,004072	0,25
Lag 4	0,002363	0,003936	0,60
Lag 5	0,003339	0,003800	0,88
Lag 6	-0,001642	0,004556	-0,36
Lag 7	0,001449	0,004085	0,35

6.3 ANÁLISE MULTIPOLUENTE

6.3.1 DOENÇAS RESPIRATÓRIAS (CID 10 - J 00 a J 99)

As tabelas abaixo apresentam análise multipoluente para o CO e para o $PM_{2,5}$, referentes ao 2º semestre de 2012 ao 1º semestre de 2013 e para os dois semestres simultaneamente, sendo separados pelas duas faixas etárias em estudo. Para que não haja uma associação significativa entre o poluente em estudo e o risco de internação por doenças respiratórias, os valores do *z-Score* devem não ser inferior a -1,96 e/ou superior a 1,96.

A tabela 26 referente a faixa etária de 0 a 14 anos durante o 2º semestre de 2012, indica que houve interferência do poluente $PM_{2,5}$ com valores de *z-Score* inferiores a -1,96, evidenciando efeito paradoxal deste poluente à interferência do poluente CO após seis dias (*lag* 6) e 7 dias (*lag* 7) para o risco de internação por doenças respiratórias, cujos valores de *z-Score* foram superiores a 1,96.

Tabela 26 - Análise multipoluente do CO (ppb) e $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$) para doenças respiratórias com defasagem (*lag* 0 a *lag* 7) para a faixa etária de 0 a 14 anos durante o período de 01 de julho de 2012 a 31 de dezembro de 2012 no município de Rio Branco, AC.

Defasagem	Poluentes	Coeficiente	Erro Padrão	*z-Score*
Lag 0	CO	0,003202	0,002529	1,27
	$PM_{2,5}$	-0,042124	0,029963	-1,41
Lag 1	CO	-0,001225	0,002074	-0,59
	$PM_{2,5}$	0,017814	0,021908	0,81
Lag 2	CO	-0,000464	0,002280	-0,20
	$PM_{2,5}$	0,003191	0,025451	0,13
Lag 3	CO	0,002288	0,002605	0,88
	$PM_{2,5}$	-0,029801	0,031300	-0,95
Lag 4	CO	0,001278	0,002576	0,50
	$PM_{2,5}$	-0,018336	0,030686	-0,60
Lag 5	CO	0,000217	0,002062	0,11
	$PM_{2,5}$	0,003761	0,022084	0,17
Lag 6	**CO**	**0,006566**	**0,002517**	**2,61**
	$PM_{2,5}$	-0,074330	0,029822	-2,49
Lag 7	**CO**	**0,005073**	**0,002468**	**2,06**
	$PM_{2,5}$	-0,057454	0,028906	-1,99

A tabela 27 referente a faixa etária de 0 a 14 anos durante o 1º semestre de 2013, indica que houve interferência do poluente $PM_{2,5}$ para o risco de internação por doenças respiratórias no mesmo dia (*lag* 0) e um dia (*lag* 1) com valores de *z-Score* inferiores a -1,96, evidenciando efeito paradoxal deste poluente.

Tabela 27 - Análise multipoluente do CO (ppb) e $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$) para doenças respiratórias com defasagem (*lag* 0 a *lag* 7) para a faixa etária de 0 a 14 anos durante o período de 01 de janeiro de 2013 a 30 de junho de 2013 no município de Rio Branco, AC.

Defasagem	Poluentes	Coeficiente	Erro Padrão	*z-Score*
Lag 0	CO	-0,011910	0,005429	-2,19
	$PM_{2,5}$	0,014037	0,107516	0,13
Lag 1	CO	-0,011613	0,005425	-2,14
	$PM_{2,5}$	0,111982	0,104162	1,08
Lag 2	CO	-0,005458	0,005343	-1,02
	$PM_{2,5}$	0,111611	0,102375	1,09
Lag 3	CO	0,001572	0,005323	0,3
	$PM_{2,5}$	-0,093338	0,104753	-0,89
Lag 4	CO	-0,002027	0,005435	-0,37
	$PM_{2,5}$	0,012998	0,101919	0,13
Lag 5	CO	-0,006070	0,005611	-1,08
	$PM_{2,5}$	0,059561	0,102805	0,58
Lag 6	CO	-0,003230	0,005541	-0,58
	$PM_{2,5}$	-0,077275	0,106681	-0,72
Lag 7	CO	0,002991	0,005641	0,53
	$PM_{2,5}$	-0,147691	0,106305	-1,39

A tabela 28 referente a faixa etária de 0 a 14 anos durante o 2º semestre de 2012 e 1º semestre de 2013, indica que houve interferência do poluente $PM_{2,5}$ para o risco de internação por doenças respiratórias para um dia (*lag* 1) com valores de *z-Score* superiores a 1,96.

Tabela 28 - Análise multipoluente do CO (ppb) e $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$) para doenças respiratórias com defasagem (*lag* 0 a *lag* 7) para a faixa etária de 0 a 14 anos durante o período de 01 de julho de 2012 a 30 de junho de 2013 no município de Rio Branco, AC.

Defasagem	Poluentes	Coeficiente	Erro Padrão	*z-Score*
Lag 0	CO	-0,000735	0,001855	-0,4
	$PM_{2,5}$	0,002017	0,022035	0,09
Lag 1	CO	-0,002895	0,001659	-1,75
	$PM_{2,5}$	**0,035904**	**0,017831**	**2,01**
Lag 2	CO	-0,001422	0,001770	-0,8
	$PM_{2,5}$	0,014401	0,020173	0,71
Lag 3	CO	0,001257	0,001961	0,64
	$PM_{2,5}$	-0,019936	0,024278	-0,82
Lag 4	CO	0,000090	0,001929	0,05
	$PM_{2,5}$	-0,006099	0,023512	-0,26
Lag 5	CO	-0,001417	0,001658	-0,85
	$PM_{2,5}$	0,019475	0,018048	1,08
Lag 6	CO	0,002974	0,001854	1,6
	$PM_{2,5}$	-0,034760	0,022191	-1,57
Lag 7	CO	0,002198	0,001843	1,19
	$PM_{2,5}$	-0,027216	0,021968	-1,24

A tabela 29 referente a faixa etária iguais ou mais de 50 anos durante o 2º semestre de 2012 indica que não ocorreu interferência dos poluentes CO e $PM_{2,5}$ no risco de internação por doenças respiratórias, pois os valores de *z-Score* não foram inferiores a -1,96 e/ou superiores a 1,96.

Tabela 29 - Análise multipoluente do CO (ppb) e $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$) para doenças respiratórias com defasagem (*lag* 0 a *lag* 7) para a faixa etária iguais ou mais de 50 anos durante o período de 01 de julho de 2012 a 31 de dezembro de 2012 no município de Rio Branco, AC.

Defasagem	Poluentes	Coeficiente	Erro Padrão	*z-Score*
Lag 0	CO	0,003620	0,002067	1,75
	$PM_{2,5}$	-0,031969	0,022722	-1,41
Lag 1	CO	0,001429	0,001980	0,72
	$PM_{2,5}$	-0,007459	0,021148	-0,35
Lag 2	CO	0,001396	0,002016	0,69
	$PM_{2,5}$	-0,007123	0,021643	-0,33
Lag 3	CO	0,003241	0,002316	1,4
	$PM_{2,5}$	-0,032862	0,026556	-1,24
Lag 4	CO	0,003815	0,002286	1,67
	$PM_{2,5}$	-0,038554	0,026142	-1,47
Lag 5	CO	-0,001011	0,002114	-0,48
	$PM_{2,5}$	0,012986	0,022666	0,57
Lag 6	CO	0,001339	0,002339	0,57
	$PM_{2,5}$	-0,017130	0,026527	-0,65
Lag 7	CO	0,001989	0,002251	0,88
	$PM_{2,5}$	-0,020701	0,025114	-0,82

A tabela 30 referente a faixa etária iguais ou mais de 50 anos durante o 1º semestre de 2013, indica que houve interferência do poluente $PM_{2,5}$ após um dia (*lag* 1) para o risco de internação por doenças respiratórias, cujos valores de *z-Score* foram superiores a 1,96 e também houve interferência do poluente CO após cinco dias (*lag* 5) com valores de *z-Score* inferiores a -1,96, evidenciando efeito paradoxal deste poluente durante a exposição no risco de internação por doenças respiratórias.

Tabela 30 - Análise multipoluente do CO (ppb) e $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$) para doenças respiratórias com defasagem (*lag* 0 a *lag* 7) para a faixa etária iguais ou mais de 50 anos durante o período de 01 de janeiro de 2013 a 30 de junho de 2013 no município de Rio Branco, AC.

Defasagem	Poluentes	Coeficiente	Erro Padrão	*z-Score*
Lag 0	CO	-0,002052	0,005272	-0,39
	$PM_{2,5}$	0,014650	0,102197	0,14
Lag 1	CO	-0,002297	0,005245	-0,44
	$PM_{2,5}$	**0,195850**	**0,097089**	**2,02**
Lag 2	CO	-0,002356	0,005491	-0,43
	$PM_{2,5}$	0,076173	0,102141	0,75
Lag 3	CO	-0,002530	0,005587	-0,45
	$PM_{2,5}$	0,070096	0,101137	0,69
Lag 4	CO	-0,010722	0,005589	-1,92
	$PM_{2,5}$	0,108306	0,106239	1,02
Lag 5	CO	-0,013395	0,005534	-2,42
	$PM_{2,5}$	0,108962	0,107707	1,01
Lag 6	CO	-0,005660	0,005493	-1,03
	$PM_{2,5}$	0,035313	0,105472	0,33
Lag 7	CO	-0,001482	0,005511	-0,27
	$PM_{2,5}$	0,041755	0,102344	0,41

A tabela 31 referente a faixa etária iguais ou mais de 50 anos durante o 2º semestre de 2012 e 1º semestre de 2013 indica que não ocorreu interferência dos poluentes CO e $PM_{2,5}$ no risco de internação por doenças respiratórias, pois os valores de *z-Score* não foram inferiores a -1,96 e/ou superiores a 1,96.

Tabela 31 - Análise multipoluente do CO (ppb) e $PM_{2,5}$ ($\mu g/m^3$) para doenças respiratórias com defasagem (*lag* 0 a *lag* 7) para a faixa etária iguais ou mais de 50 anos durante o período de 01 de julho de 2012 a 30 de junho de 2013 no município de Rio Branco, AC.

Defasagem	Poluentes	Coeficiente	Erro Padrão	*z-Score*
Lag 0	CO	0,001882	0,001647	1,14
	$PM_{2,5}$	-0,012796	0,018432	-0,69
Lag 1	CO	0,000591	0,001592	0,37
	$PM_{2,5}$	0,002577	0,017401	0,15
Lag 2	CO	0,000435	0,001617	0,27
	$PM_{2,5}$	0,003242	0,017760	0,18
Lag 3	CO	0,001367	0,001769	0,77
	$PM_{2,5}$	-0,014349	0,020493	-0,7
Lag 4	CO	0,000810	0,001733	0,47
	$PM_{2,5}$	-0,006657	0,019806	-0,34
Lag 5	CO	-0,002736	0,001683	-1,63
	$PM_{2,5}$	0,033057	0,018379	1,8
Lag 6	CO	-0,000861	0,001799	-0,48
	$PM_{2,5}$	0,008122	0,020763	0,39
Lag 7	CO	-0,000054	0,001746	-0,03
	$PM_{2,5}$	0,002055	0,019871	0,10

Os resultados obtidos pela regressão de Poisson neste estudo para todos os poluentes analisados (CO e $PM_{2,5}$), ajustados pela temperatura mínima (TEMP), umidade relativa do ar (UR) e o número de queimadas (QUEIMADAS) controlados por dia da semana, forneceram dados

Neste estudo, onde se utilizou o modelo linear generalizado de regressão de *Poisson* para analisar os poluentes CO e $PM_{2,5}$, ajustados pela temperatura mínima (TEMP), umidade relativa do ar (UR) e o número de queimadas (QUEIMADAS) controlados por dia da semana, foram obtidos os Coeficientes, Erro Padrão (EP) e o Valor do Teste (*z-Score*) para cada um dos poluentes em cada estrutura de defasagem de 0 a 7 dias (*lag* 0 a *lag* 7). Com esse modelo foi calculado o risco relativo (RR) para as internações por doenças respiratórias para o município de Rio Branco, AC, com intervalos de confiança de 95%.

6.4 RISCO RELATIVO (RR)

Segundo Everitt (2003), o risco relativo (RR) é uma medida da associação entre uma exposição (por exemplo, a concentração de poluentes atmosféricos) e um desfecho (por exemplo, número de internações). Sua utilização se torna interessante em análises de regressão de contagens, tipicamente quando a distribuição dos dados segue uma *Poisson*.

Para o modelo de regressão de *Poisson*, o risco relativo (RR) é dado pela equação (1)

$$RR = \exp^{(\beta)} \qquad (1)$$

onde:

β = coeficientes obtidos da regressão de *Poisson*

Isso indica que o risco de um indivíduo exposto a uma concentração de poluente contrair uma doença específica é RR vezes maior que uma pessoa que não foi exposta a esta concentração. Para Chor *et al*, (2000), considera que o risco de adoecer aumenta continuamente à medida que aumenta o nível de exposição.

Neste estudo foram citados somente os riscos relativos (RR) das ocorrências em que houveram interferência dos poluentes CO e $PM_{2,5}$ ao risco de internação por doenças respiratórias para o 2º semestre de 2012, para o 1º semestre de 2013 e para os dois semestres simultaneamente, sendo separados pelas duas faixas etárias em estudo.

Na tabela 32, o cálculo do risco relativo (RR) para o modelo Unipoluente (CO) para doenças respiratórias referente a faixa etária iguais ou mais de 50 anos, pode-se observar na análise dos dados uma associação positiva com as internações em diferentes defasagens em relação ao poluente CO. Exposição ao CO para *lag* 0, *lag* 1 e *lag* 2 no 2º semestre de 2012 e exposição ao CO para *lag* 0, *lag* 1 e *lag* 2 no 2º semestre de 2012 ao 1º semestre de 2013.

Tabela 32 - Cálculo do risco relativo (RR) para modelo Unipoluente (CO) para doenças respiratórias referentes a faixa etária iguais ou mais de 50 anos no município de Rio Branco, AC.

	RISCO RELATIVO (IC 95%) (≥ 50 ANOS) UNIPOLUENTE - CO		
Defasagem	**2º SEMESTRE/12**	**1º SEMESTRE/13**	**2º SEM/12 e 1º SEM/13**
Lag 0	**1,0007 [1,0001 - 1,0013]***	0,9985 [0,9909 - 1,0061]	**1,0008 [1,0002 - 1,0014]***
Lag 1	**1,0007 [1,0001 - 1,0013]***	1,0053 [0,9981 - 1,0126]	**1,0008 [1,0002 - 1,0014]***
Lag 2	**1,0007 [1,0001 - 1,0014]***	1,0006 [0,9930 - 1,0082]	**1,0007 [1,0001 - 1,0013]***
Lag 3	1,0004 [0,9996 - 1,0011]	1,0002 [0,9926 - 1,0079]	1,0001 [0,9995 - 1,0008]
Lag 4	1,0004 [0,9997 - 1,0012]	0,9932 [0,9853 - 1,0012]	1,0002 [0,9996 - 1,0009]
Lag 5	1,0002 [0,9995 - 1,0009]	0,9903 [0,9822 - 0,9985]	1,0002 [0,9995 - 1,0009]
Lag 6	0,9998 [0,9990 - 1,0006]	0,9955 [0,9874 - 1,0037]	0,9998 [0,9991 - 1,0006]
Lag 7	1,0001 [0,9994 - 1,0009]	1,0000 [0,9922 - 1,0080]	1,0001 [0,9994 - 1,0008]

*P < 0,05

Na tabela 33, o cálculo do risco relativo (RR) para o modelo Unipoluente ($PM_{2,5}$) para doenças respiratórias referente a faixa etária iguais ou mais de 50 anos, pode-se observar na análise dos dados uma associação positiva com as internações em diferentes defasagens em relação ao poluente $PM_{2,5}$. Exposição ao $PM_{2,5}$ para *lag* 1 e *lag* 2 no 2º semestre de 2012, exposição ao $PM_{2,5}$ para *lag* 1 no 1º semestre de 2013 e exposição ao $PM_{2,5}$ para *lag* 0, *lag* 1 e *lag* 2 no 2º semestre de 2012 ao 1º semestre de 2013.

Tabela 33 - Cálculo do risco relativo (RR) para modelo Unipoluente ($PM_{2,5}$) para doenças respiratórias referentes a faixa etária iguais ou mais de 50 anos no município de Rio Branco, AC.

	RISCO RELATIVO (IC 95%) (≥ 50 ANOS) UNIPOLUENTE - $PM_{2,5}$		
Defasagem	**2º SEMESTRE/12**	**1º SEMESTRE/13**	**2º SEM/12 e 1º SEM/13**
Lag 0	1,0067 [0,9998 - 1,0135]	0,9878 [0,8526 - 1,1445]	**1,0077 [1,0011 - 1,0143]***
Lag 1	**1,0075 [1,0010 - 1,0140]***	**1,1784 [1,0384 - 1,3373]***	**1,0090 [1,0028 - 1,0152]***
Lag 2	**1,0076 [1,0008 - 1,0144]***	1,0456 [0,9104 - 1,2009]	**1,0080 [1,0015 - 1,0145]***
Lag 3	1,0031 [0,9945 - 1,0118]	1,0377 [0,9049 - 1,1902]	1,0010 [0,9931 - 1,0090]
Lag 4	1,0035 [0,9953 - 1,0118]	0,9658 [0,8342 - 1,1183]	1,0024 [0,9947 - 1,0101]
Lag 5	1,0023 [0,9947 - 1,0099]	0,9356 [0,8028 - 1,0903]	1,0033 [0,9959 - 1,0108]
Lag 6	0,9977 [0,9886 - 1,0069]	0,9651 [0,8262 - 1,1273]	0,9984 [0,9895 - 1,0073]
Lag 7	1,0009 [0,9928 - 1,0091]	1,0231 [0,8846 - 1,1833]	1,0015 [0,9935 - 1,0095]

*P < 0,05

Na tabela 34, o cálculo do risco relativo (RR) para o modelo Multipoluente (CO e $PM_{2,5}$) para doenças respiratórias referente a faixa etária de 0 a 14 anos, pode-se observar na análise dos dados uma associação positiva com as internações em diferentes defasagens em relação aos poluentes CO e $PM_{2,5}$. Exposição ao CO para *lag* 6 e *lag* 7 no 2º semestre de 2012 e exposição ao $PM_{2,5}$ para *lag* 1 no 2º semestre de 2012 ao 1º semestre de 2013.

Tabela 34 - Cálculo do risco relativo (RR) para modelo Multipoluente (CO e $PM_{2,5}$) para doenças respiratórias referentes a faixa etária de 0 a 14 anos no município de Rio Branco, AC.

		RISCO RELATIVO (IC 95%) (≤ 14 ANOS) MULTIPOLUENTE - CO e $PM_{2,5}$		
Defasagem	**Poluentes**	**2° SEMESTRE/12**	**1° SEMESTRE/13**	**2° SEM/12 e 1° SEM/13**
Lag 0	CO	1,0032 [0,9982 - 1,0082]	0,9882 [0,9777 - 0,9987]	0,9993 [0,9956 - 1,0029]
	PM2,5	0,9588 [0,9041 - 1,0167]	1,0141 [0,8214 - 1,2520]	1,0020 [0,9597 - 1,0462]
Lag 1	CO	0,9988 [0,9947 - 1,0028]	0,9885 [0,9780 - 0,9990]	0,9971 [0,9939 - 1,0004]
	PM2,5	1,0180 [0,9752 - 1,0626]	1,1185 [0,9119 - 1,3718]	**1,0366 [1,0010 - 1,0734]***
Lag 2	CO	0,9995 [0,9951 - 1,0040]	0,9946 [0,9842 - 1,0050]	0,9986 [0,9951 - 1,0020]
	PM2,5	1,0032 [0,9544 - 1,0545]	1,1181 [0,9148 - 1,3665]	1,0145 [0,9752 - 1,0554]
Lag 3	CO	1,0023 [0,9972 - 1,0074]	1,0016 [0,9912 - 1,0121]	1,0013 [0,9974 - 1,0051]
	PM2,5	0,9706 [0,9129 - 1,0321]	0,9109 [0,7418 - 1,1185]	0,9803 [0,9347 - 1,0280]
Lag 4	CO	1,0013 [0,9962 - 1,0063]	0,9980 [0,9874 - 1,0087]	1,0001 [0,9963 - 1,0039]
	PM2,5	0,9818 [0,9245 - 1,0427]	1,0131 [0,8296 - 1,2371]	0,9939 [0,9492 - 1,0408]
Lag 5	CO	1,0002 [0,9962 - 1,0043]	0,9939 [0,9831 - 1,0049]	0,9986 [0,9953 - 1,0018]
	PM2,5	1,0038 [0,9612 - 1,0482]	1,0614 [0,8677 - 1,2983]	1,0197 [0,9842 - 1,0564]
Lag 6	**CO**	**1,0066 [1,0016 - 1,0116]***	0,9968 [0,9860 - 1,0077]	1,0030 [0,9993 - 1,0066]
	PM2,5	0,9284 [0,8757 - 0,9842]	0,9256 [0,7510 - 1,1409]	0,9658 [0,9247 - 1,0088]
Lag 7	**CO**	**1,0051 [1,0002 - 1,0100]***	1,0030 [0,9920 - 1,0141]	1,0022 [0,9986 - 1,0058]
	PM2,5	0,9442 [0,8922 - 0,9992]	0,8627 [0,7004 - 1,0625]	0,9732 [0,9321 - 1,0160]

*P < 0,05

Na tabela 35, o cálculo do risco relativo (RR) para o modelo Multipoluente (CO e $PM_{2,5}$) para doenças respiratórias referente a faixa etária iguais ou mais de 50 anos, pode-se observar na análise dos dados uma associação positiva com as internações em diferentes defasagens em relação ao poluente $PM_{2,5}$. Exposição ao $PM_{2,5}$ para *lag* 1 no 1º semestre de 2013.

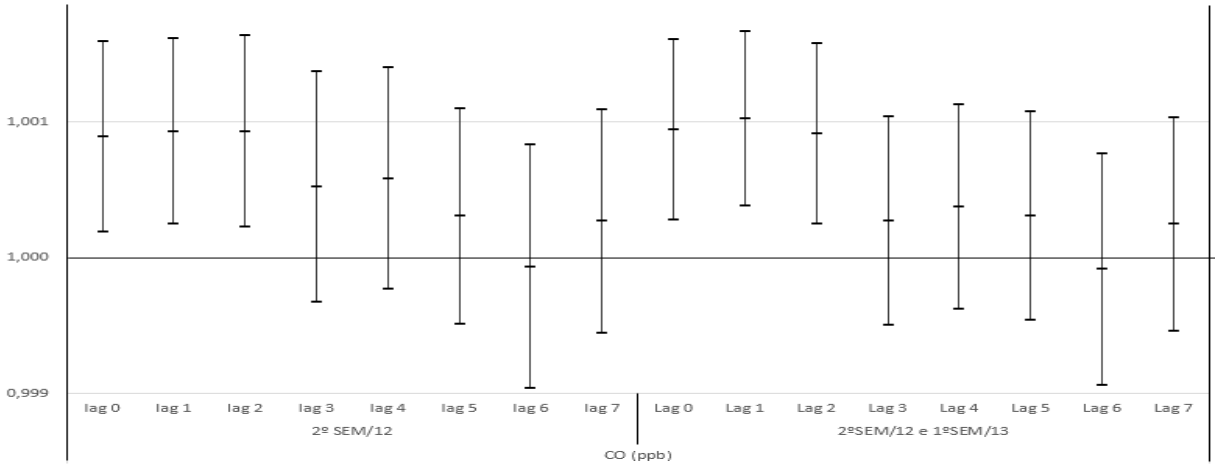
Tabela 35 - Cálculo do risco relativo (RR) para modelo Multipoluente (CO e $PM_{2,5}$) para doenças respiratórias referentes a faixa etária iguais ou mais de 50 anos no município de Rio Branco, AC.

		RISCO RELATIVO (IC 95%) (≥ 50 ANOS) MULTIPOLUENTE - CO e $PM_{2,5}$		
Defasagem	**Poluentes**	**2° SEMESTRE/12**	**1° SEMESTRE/13**	**2° SEM/12 e 1° SEM/13**
Lag 0	**CO**	1,0036 [0,9995 - 1,0077]	0,9979 [0,9877 - 1,0083]	1,0019 [0,9986 - 1,0051]
	PM2,5	0,9688 [0,9266 - 1,0129]	1,0148 [0,8306 - 1,2398]	0,9874 [0,9524 - 1,0237]
Lag 1	CO	1,0015 [0,9976 - 1,0053]	0,9977 [0,9875 - 1,0080]	1,0006 [0,9975 - 1,0037]
	PM2,5	0,9922 [0,9520 - 1,0342]	**1,2163 [1,0056 - 1,4713]***	1,0026 [0,9690 - 1,0374]
Lag 2	CO	1,0014 [0,9975 - 1,0054]	0,9976 [0,9870 - 1,0084]	1,0004 [0,9973 - 1,0036]
	PM2,5	0,9927 [0,9514 - 1,0357]	1,0791 [0,8834 - 1,3183]	1,0032 [0,9689 - 1,0388]
Lag 3	CO	1,0032 [0,9987 - 1,0078]	0,9975 [0,9866 - 1,0085]	1,0014 [0,9979 - 1,0048]
	PM2,5	0,9681 [0,9190 - 1,0197]	1,0726 [0,8797 - 1,3078]	0,9858 [0,9469 - 1,0262]
Lag 4	CO	1,0039 [0,9994 - 1,0084]	0,9893 [0,9786 - 1,0002]	1,0008 [0,9974 - 1,0042]
	PM2,5	0,9618 [0,9138 - 1,0124]	1,1144 [0,9049 - 1,3724]	0,9934 [0,9555 - 1,0327]
Lag 5	CO	0,9990 [0,9949 - 1,0031]	0,9867 [0,9761 - 0,9975]	0,9973 [0,9940 - 1,0006]
	PM2,5	1,0130 [0,9690 - 1,0590]	1,1151 [0,9029 - 1,3772]	1,0336 [0,9970 - 1,0715]
Lag 6	CO	1,0013 [0,9968 - 1,0059]	0,9944 [0,9837 - 1,0051]	0,9991 [0,9956 - 1,0027]
	PM2,5	0,9829 [0,9332 - 1,0353]	1,0359 [0,8425 - 1,2738]	1,0082 [0,9680 - 1,0500]
Lag 7	CO	1,0020 [0,9977 - 1,0065]	0,9985 [0,9878 - 1,0094]	0,9999 [0,9965 - 1,0034]
	PM2,5	0,9789 [0,9321 - 1,0281]	1,0426 [0,8531 - 1,2742]	1,0021 [0,9638 - 1,0419]

*P < 0,05

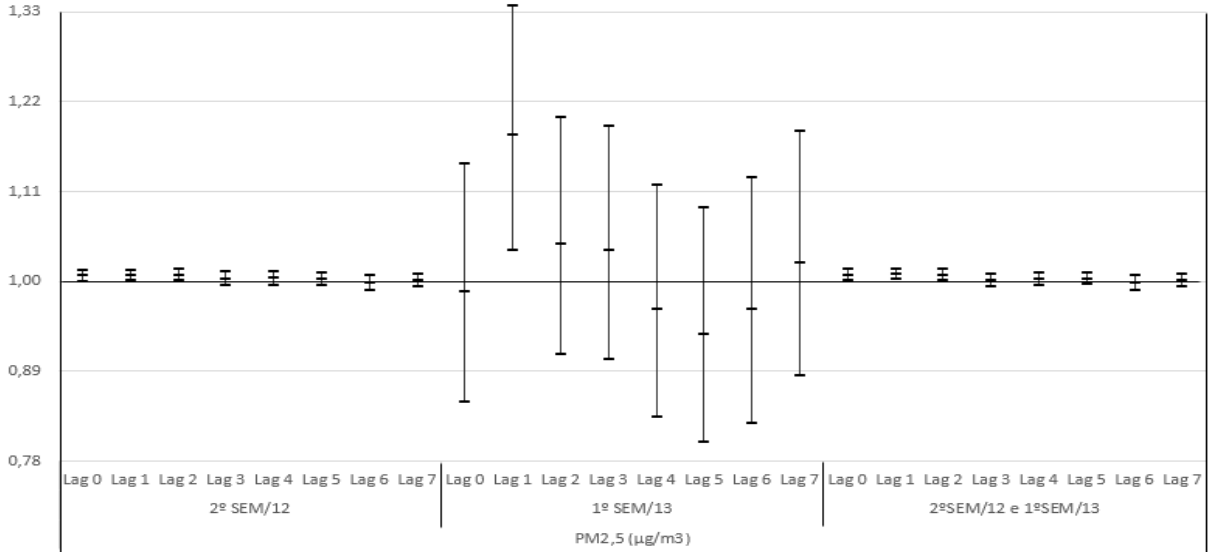
A figura 27 apresenta os dados obtidos na tabela 32 para modelo Unipoluente (CO) para doenças respiratórias referentes a faixa etária iguais ou mais de 50 anos com os respectivos intervalos de confiança. Os valores que se apresentam acima de 1 (um) do eixo y para o risco de internações estão relacionados com o poluente CO para *lag* 0, *lag* 1 e *lag* 2 no 2º semestre de 2012 e também para *lag* 0, *lag* 1 e *lag* 2 no 2º semestre de 2012 ao 1º semestre de 2013.

Figura 27 – Gráfico Unipoluente (CO) do Risco Relativo (RR) para doenças respiratórias referentes a faixa etária iguais ou mais de 50 anos durante o 2º semestre de 2012 e para 2º semestre de 2012 ao 1º semestre de 2013.



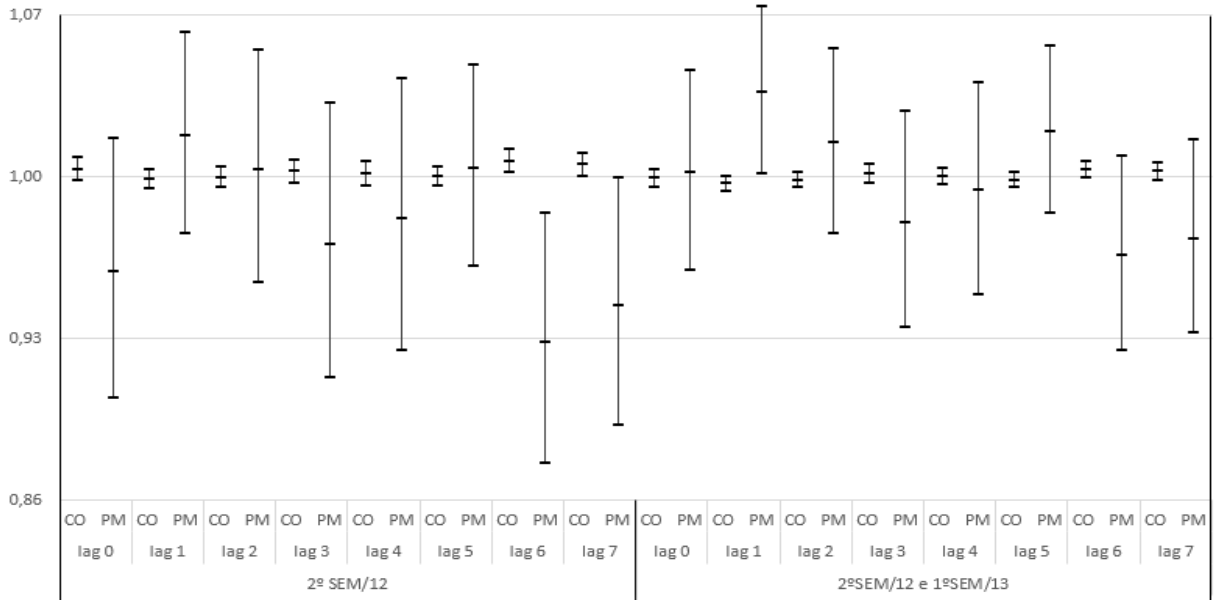
A figura 28 apresenta os dados obtidos na tabela 33 para modelo Unipoluente ($PM_{2,5}$) para doenças respiratórias referentes a faixa etária iguais ou mais de 50 anos com os respectivos intervalos de confiança. Os valores que se apresentam acima de 1 (um) do eixo y para o risco de internações estão relacionados com o poluente $PM_{2,5}$ para *lag* 1 e *lag* 2 no 2º semestre de 2012, para *lag* 1 no 1º semestre de 2013 e também para *lag* 0, *lag* 1 e *lag* 2 no 2º semestre de 2012 ao 1º semestre de 2013.

Figura 28 – Gráfico Unipoluente ($PM_{2,5}$) do Risco Relativo (RR) para doenças respiratórias referentes a faixa etária iguais ou mais de 50 anos durante o 2º semestre de 2012, 1º semestre de 2013 e para 2º semestre de 2012 ao 1º semestre de 2013.



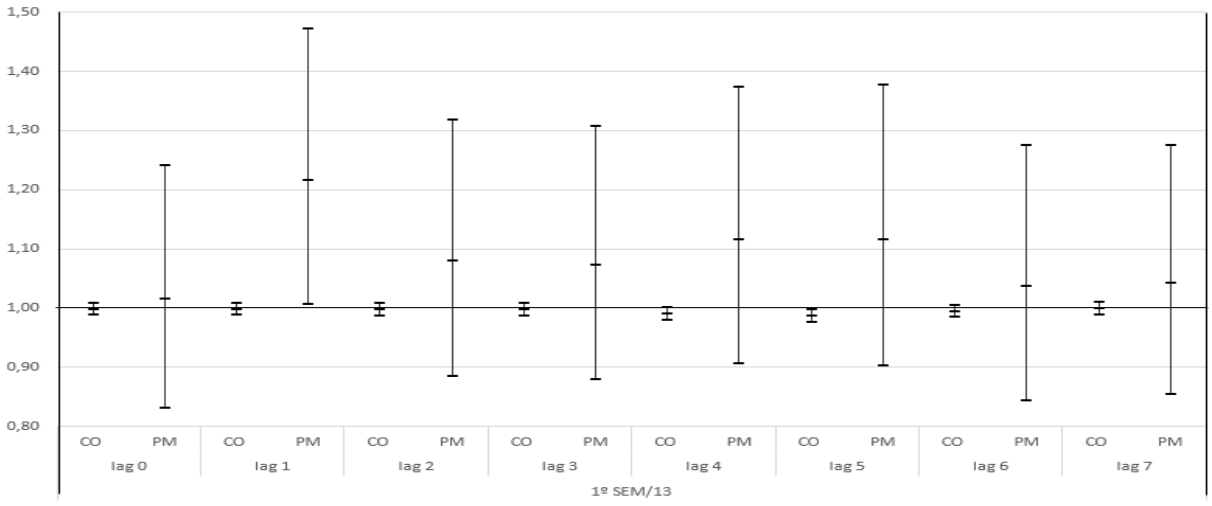
A figura 29 apresenta os dados obtidos na tabela 34 para modelo Multipoluente (CO e $PM_{2,5}$) para doenças respiratórias referentes a faixa etária de 0 a 14 anos com os respectivos intervalos de confiança. Os valores que se apresentam acima de 1 (um) do eixo y para o risco de internações estão relacionados com o poluente CO para *lag* 6 e *lag* 7 no 2º semestre de 2012 e com o poluente $PM_{2,5}$ para lag 1 no 2º semestre de 2012 ao 1º semestre de 2013.

Figura 29 – Gráfico Multipoluente (CO e $PM_{2,5}$) do Risco Relativo (RR) para doenças respiratórias referentes a faixa etária de 0 a 14 anos durante o 2º semestre de 2012 e para 2º semestre de 2012 ao 1º semestre de 2013.



A figura 30 apresenta os dados obtidos na tabela 35 para modelo Multipoluente (CO e $PM_{2,5}$) para doenças respiratórias referentes a faixa etária iguais ou mais de 50 anos com os respectivos intervalos de confiança. Os valores que se apresentam acima de um do eixo y para o risco de internações estão relacionados com o poluente $PM_{2,5}$ para *lag* 1 no 1º semestre de 2013.

Figura 30 – Gráfico Multipoluente (CO e $PM_{2,5}$) do Risco Relativo (RR) para doenças respiratórias referentes a faixa etária iguais ou mais de 50 anos durante o 1º semestre de 2013.



6.5 Aumento Percentual nos Riscos (AP)

Com esses RR obtidos, avaliou-se o aumento percentual do risco de internações associadas a cada poluente com acréscimos de 1,5 µg/m³ nas concentrações do $PM_{2,5}$ e 2 5 ppb (parte por bilhão) nas concentrações do CO, através da equação (2), adaptada de Frreitas *et al*. (2004).

As defasagens entre exposição e o evento internação também foram semelhantes às encontradas na análise do risco relativo (RR) sem aumento.

Para Silva *et al*, (2013), a poluição do ar originária de queimadas acontece demaneira diversa daquela de centros urbanos. Nesses centros, é caracterizada por exposição por longos períodos e baixos níveis de poluentes, enquanto a queima de biomassa tem como principal característica a sazonalidade bem definida.

Embora no município de Rio Branco, AC, não tenha órgãos ambientais fiscalizadores com estações medidoras para as concentrações de poluentes, este estudo utilizou dados estimados coletados pelo CATT-BRAMS, que fornece com boa precisão a concentração do CO e do $PM_{2,5}$ na região amazônica. Os resultados obtidos neste estudo evidenciaram a influência do CO e do $PM_{2,5}$ sobre a ocorrência de internações por doenças respiratórias na faixa etária iguais ou mais de 50 anos.

Uma possível limitação deste estudo em identificar os efeitos da exposição a poluentes atmosféricos ligado às internações hospitalares por doenças respiratórias no município de Rio Branco, AC, pode ser o erro do diagnóstico da codificação da doença (CID) vindo a superestimar ou subestimar o número de internações registradas pelo DATASUS e também as internações em hospitais particulares do município, já que neste estudo só foram computadas as internações pelo Sistema Único de Saúde (SUS). Importante salientar que muitos indivíduos não são conduzidos aos hospitais para internações, pois são atendidas e medicadas nos postos de saúde ou pronto socorro, sendo liberadas para casa.

O presente estudo observou que o 2º semestre de 2012 apresentou a maior frequência de queimadas (46 focos no dia 20 de setembro de 2012) por ser um período de menor quantidade de chuva, embora a umidade relativa do ar (UR) apresentou uma média de 82,4%.

Este estudo encontrou associação positiva para o modelo unipoluente entre o risco de internação por doenças respiratórias para a faixa etária de igual ou maior que 50 anos e o CO (RR = 1,0007; IC95% 1,0001;1,0013 para o *lag* 0, RR = 1,0007; IC95% 1,0001;1,0013 para o *lag* 1 e RR = 1,0007; IC95% 1,0001;1,0014 para o *lag* 2) durante o 2º semestre de 2012. Para o 1º semestre de 2013 houve interferência do poluente CO para o *lag* 5 evidenciando efeito

paradoxal deste poluente. E para o 2º semestre de 2012 ao 1º semestre de 2013, obteve RR = 1,0008; IC95% 1,0002;1,0014 para o *lag* 0, RR = 1,0008; IC95% 1,0002;1,0014 para o *lag* 1 e RR = 1,0007; IC95% 1,0001;1,0013 para o *lag* 2.

Também encontrou uma associação positiva entre o risco de internação por doenças respiratórias para a faixa etária de igual ou maior que 50 anos e o $PM_{2,5}$ para o modelo unipoluente (RR = 1,0075; IC95% 1,0010;1,0140 para o *lag* 1 e RR = 1,0076; IC95% 1,0008;1,0144 para o *lag* 2) durante o 2º semestre de 2012. Para o 1º semestre de 2013 obteve (RR = 1,1784; IC95% 1,0384;1,3373 para o *lag* 1). Já no 2º semestre de 2012 ao 1º semestre de 2013, obteve RR = 1,0077; IC95% 1,0011;1,0143 para o *lag* 0, RR = 1,0090; IC95% 1,0028;1,0152 para o *lag* 1 e RR = 1,0080; IC95% 1,0015;1,0145 para o *lag* 2. Não houve associações significativas para a faixa etária de 0 a 14 anos no modelo unipoluente para o CO e para o $PM_{2,5}$.

Nascimento *et al*, (2013), em seus estudos sobre associação entre exposição ao $PM_{2,5}$ e internações por doenças respiratórias em crianças no município de Piracicaba, SP, concluíram que a exposição ao $PM_{2,5}$ esteve associada às internações por doenças respiratórias em crianças de 0 a 10 anos de idade (RR = 1,008; IC95% 1,001;1,016 para o *lag* 1 e RR = 1,009; IC95% 1,001;1,017 para o *lag* 3.

Para o modelo multipoluente (CO e $PM_{2,5}$) foram observadas associações significativas na faixa etária de 0 a 14 anos com o CO (RR = 1,0066; IC95% 1,0016;1,0116 para o *lag* 6 e RR = 1,0051; IC95% 1,0002;1,0100 para o *lag* 7) durante o 2º semestre de 2012 e com o $PM_{2,5}$ (RR = 1,0366; IC95% 1,0010;1,0734 para o *lag* 1) durante o 2º semestre de 2012 ao 1º semestre de 2013. Para a faixa etária de igual ou mais de 50 anos houve associação positiva com o $PM_{2,5}$ (RR = 1,2163; IC95% 1,0056;1,4713 para o *lag* 1) durante o 1º semestre de 2013.

Mesmo que os valores dos riscos relativos (RR) obtidos sejam de pequena magnitude, deve se considerar a ação dos poluentes CO e $PM_{2,5}$ na saúde das duas faixas etárias estudadas, pois os resultados encontrados deixam claro uma aproximação quantitativa do impacto da poluição atmosférica na saúde da população de Rio Branco, AC. Aumentos nas concentrações do CO em 25 ppb (parte por bilhão) e $PM_{2,5}$ em 1,5 $\mu g/m^3$ aumentam mais o risco.

Com incremento interquartil (25%-75%) de 25 ppb (parte por bilhão) de CO no modelo unipoluente para a faixa etária iguais ou mais de 50 anos, o risco de internação implicou em um aumento entre 1,8 e 2,1 pontos percentuais. Um aumento interquartil (25%-75%) na concentração diária do $PM_{2,5}$ de 1,5 $\mu g/m^3$ no modelo unipoluente para a faixa etária iguais ou mais de 50 anos levaram a um acréscimo de 1,13 e 27,9 pontos percentuais no risco de internação por doenças respiratórias.

Para o modelo multipoluente (CO e $PM_{2,5}$) também com incremento interquartil (25%-75%), o risco de internação para a faixa etária de 0 a 14 anos implicou em um aumento entre 5,5 e 17,8 pontos percentuais e para a faixa etária iguais ou mais de 50 anos implicou em um aumento de 34,2 pontos percentuais.

Esses poluentes atmosféricos lançados pela queimada causam sérios distúrbios respiratórios, inclusive com a necessidade de se recorrer a atendimento hospitalizar e ambulatorial.

Por este trabalho ser um modelo preditivo para internações por doenças respiratórias decorrentes da exposição ao CO e $PM_{2,5}$, os dados aqui obtidos pelo aumento percentual forneceram uma estimativa em relação ao custo gasto pelo município de Rio Branco, AC, em relação as internações. Segundo o DATASUS, (2015), o município de Rio Branco, AC, registrou 1.017 internações por doenças respiratórias no período de 01 de julho de 2012 a 30 de junho de 2013, gerando para o município um custo de mais de R$ 1,5 milhão, ou seja, um gasto de R$ 1.500,00 por internação.

Os dados obtidos pelo aumento percentual forneceram uma variação de 1,13 % a 34,2 % no risco de internação, ou seja, aproximadamente 348 internações a mais. Esta informação é de grande valia para o gestor público, pois mostra a importância de gerar políticas públicas no sentido de diminuir as concentrações destes poluentes (CO e $PM_{2,5}$) e consequentemente diminuir também o número de internações, o que irá gerar para os cofres do município uma economia em torno de R$ 520 mil.

7 CONCLUSÃO

Este trabalho mostrou a exequibilidade de se trabalhar com dados estimados por modelagem onde não há estações ambientais e também a importância de se estudar por semestres e para o ano inteiro, pois os efeitos são diferentes.

São poucos os estudos sobre os efeitos da poluição em municípios de médio porte onde ocorrem altas concentrações de queimadas, refletindo consequentemente no aumento das internações por doenças respiratórias.

Como as internações são dados discretos, os mesmos foram analisados utilizando o Modelo Linear Generalizado de Regressão de *Poisson*, pois esse modelo fornece o risco relativo da associação entre a exposição aos poluentes (CO e $PM_{2,5}$) e as internações ocorridas no município de Rio Branco, AC, durante o 2º semestre de 2012 ao 1º semestre de 2013.

Os resultados do presente estudo ecológico identificaram na análise unipoluente associações positivas entre a exposição ao CO com as internações por doenças respiratórias na faixa etária iguais ou mais de 50 anos para o 2º semestre de 2012 (*lag* 0, *lag* 1 e *lag* 2), e para o 2º semestre de 2012 ao 1º semestre de 2013 (*lag* 0, *lag* 1 e *lag* 2). Para a exposição ao $PM_{2,5}$ houve associação positiva para o 2º semestre de 2012 (*lag* 1 e *lag* 2), para o 1º semestre de 2013 (*lag* 1) e para o 2º semestre de 2012 ao 1º semestre de 2013 (*lag* 0, *lag* 1 e *lag* 2). Não houve associação positiva entre a exposição ao CO e $PM_{2,5}$ para a faixa etária de 0 a 14 anos.

Na análise multipoluente foram identificadas associações positivas entre a exposição ao CO e $PM_{2,5}$ com as internações por doenças respiratórias na faixa etária de 0 a 14 anos durante o 2º semestre de 2012 (*lag* 6 e *lag* 7) e 2º semestre de 2012 ao 1º semestre de 2013 (*lag* 1) e para a faixa etária iguais ou mais de 50 anos houve associação somente para o $PM_{2,5}$ no 1º semestre de 2013 (*lag* 1).

Com as informações obtidas neste trabalho, espera-se contribuir para a gestão pública e também para a conscientização da importância da implantação de políticas públicas que busquem melhorias para a saúde humana e economia para os cofres públicos.

REFERÊNCIAS

ABRANTES, Rui de. **Caracterização preliminar das emissões de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos e aldeídos de veículos do ciclo diesel. 2002.** Dissertação (Mestrado em 2002) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, 2002.

ALFARO M E, Nawrot TS, Nemmar A, Nemery B. **Particulate matter in the environment: pulmonary and cardiovascular effects.** Curr Opin Pulm Med.(2007) p.13:98–106.

ALMEIDA, M. A. I., 2006. **Modelo Aditivo Generalizado (MAG) no estudo da relação entre o número de atendimentos hospitalares por causas respiratórias e a qualidade do ar.** Dissertação de Mestrado, Vitória: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental: Universidade Federal do Espírito Santo.

ALVAREZ JR., Olímpio de Melo; LACAVA, Carlos Ibsen Vianna; FERNANDES, Paulo Sergio. **Emissões atmosféricas**. Brasília: SENAI/DN, 2002. p. 308-309.

ARBEX. M. A.; et al. Queima da biomassa e efeitos sobre a saúde. **J Bras. Pneumol**., v.30, n.2, p. 158-175, 2004.

ARBEX M. A. , Pereira L. A. A., Oliveira R. C., Saldiva P. H. N., Braga L. A. F. **The effect of air pollution on pneumonia-related emergency department visits in a region of extensive sugar cane plantations: a 30-month time-series study.** Journal of Epidemiology & Community Health; Jul. 2014, Vol. 68 Issue 7, p669.

ARBEX M. A., Santos U. P., Martins L. C., Saldiva P. H. N., Pereira L. A. A., Braga L. A. F. **Air pollution and the respiratory system**. J Bras Pneumol 2012; 38:643-655.

ATKINSON, R. W.; BREMNER, S. A.; ANDRESON, H. R.; STRACHAN, D. P.; BLAND, J. M.; LEON, A. P. 1999. **Short-term associations between emergency hospital admissions for respiratory and cardiovascular disease and outdoor air pollution in London.** Arch. Environmental Health 54, 398-411.

BAINES, J. **Preserve a atmosfera**. Tradução Sávio de Tarso, Isabel Ribeiro Lima. 2. ed. São Paulo: Scipione, 1993. 47 p.

BAKONYI, S. M. C.; OLIVEIRA, I. M. D.; MARTINS; L.C.; BRAGA, F. L. A., 2004. **Poluição atmosférica e doenças respiratórias em crianças na cidade de Curitiba, PR**. Revista de Saúde Pública 38 , 695-700.

BARNETT A. G., Tong S., Clements A. C. A. **What measure of temperature is the best predictor of mortality.** Environmental Researh 2010, p.110:604–11.

BOHM, G. M. **Como os principais poluentes provocam doenças**. 1996. Disponível em: http://www.saudetotal.com/saude/doencpol/doencpol.htm. Acessado em 18 de março de 2015.

BOTELHO, C., CORREIA, A. L., SILVA, A. M. C., MACEDO, A. G., SILVA, C. O. S. **Fatores ambientais e hospitalizações em crianças menores de 5 anos com infecção respiratória aguda**. Cad Saúde Pública. 2003; 19:1771-1780.

BRAGA, A. L. F. et al. **Associação entre poluição atmosférica e doenças respiratórias e cardiovasculares na cidade de Itabira, Minas Gerais, Brasil**. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 2007.

BRAGA, A. L. F.; PEREIRA, L. A. A.; SALDIVA, P. H. N. Poluição atmosférica e seus efeitos na saúde humana. J. Pneumol. Soc. Bras. Pneumol.eTisiol., Supl 1, p. 10-16, 2001.

BRAGA, A. L. F., BOHM, G. M., PEREIRA, L. A. A., SALDIVA, P. H. N. Poluição atmosférica e saúde humana. Revista USP, São Paulo, n.51, p. 58-71, setembro/novembro 2001.

BRAGA, A. L. F., SALDIVA, P. H. N., PEREIRA, L.A.A., MENEZES, J.J.C., CONCEIÇÃO, G.M.S., LIN, C.A., et al. **Health effects on fair polluituin exposoure on children and adolescentes in São Paulo, Brazil.** Pediatr Pulmonol 2001; 1:106-13

BRUNEKREEF, B.; HOLGATE, S.T. **Air pollution and health**. The lancet, v.360, n.9341, p.1233 - 1242, 2002.

BURNETT, R. T.; BROOK, J. R.; YUNG, W. T.; DALES, R. E.; KREWSKI, D., 1997. **Association between ozone and hospitalization for respiratory diseases in 16 Canadian** cities. Environmental Respiratory 72, 24-31.

CANÇADO J.E.D.; SALDIVA PHN, PEREIRA LAA, LARA LBLS, ARTAXO P, MERTINELLI LA, et al. **The Impact of Sugar Cane-Burning Emissions on the Repsiratory System of Chidren and the Elderly**. Environ Helath PErspect 2006;114:735-739

CANÇADO, J. E. D.; et al. Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica. **J. Bras. Pneumol.** v. 32, Supl 1, p. 5-11, 2006.

CARVALHO, F. G.; et al. Estudo das partículas totais em suspensão e metais associados em áreas urbanas**. Química Nova**, v.23, n.5, p. 614-617, 2000.

CASTRO, H. A.; et al. Questões metodológicas para a investigação dos efeitos da poluição do ar na saúde. **Rev. Bras. Epidemiol**., v.6, n.2, 2003.

CESAR A.C.G., NASCIMENTO L.F.C., CARVALHO Jr. J.A. **Associação entre exposição ao material particulado e internações por doenças respiratórias em crianças**. Rev. Saúde Pública 2013; 47 (6): 1209-1212.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1999. Relatório de qualidade do ar na região metropolitana de São Paulo e em Cubatão, São Paulo.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1999. Relatório de qualidade do ar no estado de São Paulo. 1999. São Paulo: CETESB, 2000.53p.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/Informa??es-B?sicas/21-Poluentes. Acesso em: 23/03/2015.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 27/03/2015.

CHAN, C.K., YAO, X. **Air pollution in mega cities in China**. Atmospheric Environment, v.42, n.1, p.1 - 42, 2008.

CHANGA, C. C.; TSAIB, S. S.; HOA, S. C.; YANG, C. Y., 2005. **Air pollution and hospital admissions for cardiovascular disease in Taipei,Taiwan**. Environmental Research 98, 114-119.

COMITEE OF ENVIROMENTAL AND OCCUPATIONAL HEALTH ASSEMBLY OF THE AMERICAN THORACIC SOCIETY. Health effects of outdoor air poluition. **Am. J. respir. Crit. Care Med.**, v.154, p.3-50, 1996.

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente; **Resolução Conama 03/90.** Estabelece critérios de classificação da balneabilidade. Disponível em: http:// www.mma.gov.br/port/conama.

CPTEC- INPE - (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos) do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) **dados poluentes do ar. – CATT-BRAMS,** 2014.

CROCE, M. et al. Poluição ambiental e alergia respiratória. **Medicina, Ribeirão Preto,** v.31, p.144-153, 1998.

BRASIL. Ministério da Saúde. Departamento de Informática do SUS (DATASUS). http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=0205&VObj=http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?sim/cnv/inf10 acessado em 23 de fevereiro de 2015.

DOCKERY, D. W., POPE C. A., 1994. **Acute respiratory e_ects of particulate air pollution.** Annual Revist Public Health 15, 107-132.

DOMINICI, F.; PENG, R.D.; ZEGER, S.L.; WHITE, R.H.; SAMET, J.M. Particulate air pollution and mortality in the United States: did the risks change from 1987 to 2000. **American Journal of Epidemiology**, v.166, n.8, p.880 - 888, 2007.

DUCHIADE, M. P. Poluição do ar e doenças respiratórias: Uma revisão. **Cad. Saúde Públ**., v. 8, n.3, p. 311-330, 1992.

ELLIOTT, P.; SHADDICK, G.; WAKEFIELD, J.C.; DE HOOGH, C.; BRIGGS, D.J. **Long term associations of outdoor air pollution with mortality in Great Britain**. Thorax, v.62, n.12, p.1088 - 1094, 2007.

EVERITT, B. S. **Modern medical statistics**. Nova Iorque: Oxford University Press Inc., 2003.

FEAM – **Fundação Estadual do Meio Ambiente**. 2006. Disponível em: http://www.feam.br. Acesso em 16 março 2015.

FIRKET, J. 1931. **Sur les causes des accidents survenus dans la vallee de la Meuse, lorsdes brouillards de decembre 1930**. bulletin de l scademie Royale Medicine de Belgique 11, 683.

FREITAS, C.; BREMNER, A.S.; GOUVEIA, N. *et al.* Internações e óbitos e sua relação com a poluição atmosférica em São Paulo, 1993 a 1997. *Revista Saúde Pública*, v. 38, n. 6, p. 751-757, 2004.

FREITAS S. R.; LONGO, K. M.; SILVA DIAS, M.; CHATFIELD, R.; SILVA DIAS, P.; ARTAXO, P.; ANDREAE M. O.; GRELL, G.; RODRIGUES, L. F.; FAZENDA, A.; PANETTA J. The Coupled Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System (CATT-BRAMS). Part 1: Model description and evaluation. Atmos. Chem. Phys. Discuss., 7, 8525-8569, 2007.

GOMES, M. J. M. Ambiente e pulmão. **J. Pneumol,** v. 28, n.5, p. 261-269, 2002.

GOUVEIA, N.; FLETCHER, T. 2000. **Respiratory diseases in children and outdoor air pollution in São Paulo, Brazil**. a time series analysis. Occup Environ Med 57, 477-483.

GOUVEIA, N.; MENDONÇA, G.A.S.; PONCE de LEON A; CORREIA, JEM; JUNGER, W.L.; FREITAS, C.U; 2003. **Poluição do ar e efeitos na saúde nas populações de duas grandes metrópoles brasileiras**. Epidemiol Serv. Saúde 12, 29-40.

GOUVEIA, N.; BREMNER, S. A.; NOVAES, H. M., 2004. **Association between ambient air pollution and birth weight in São Paulo, Brazil**. Journal Epidemiologic Community Health 58, 11-17.

GOUVEIA, N.; FREITAS, C.U., MARTINS, L. C., MARCILIO, I. O.**; Respiratory and cardiovascular hospitalizations associated with air pollution in the city of São Paulo, Brazil.** Cad. Saúde Pública vol.22 nº.12 Rio de Janeiro Dec. 2006

GOUVEIA, N, HABERMANN M. **Tráfego veicular e mortalidade por doenças do aparelho circulatório em homens adultos**. Rev. Saúde Pública 2012; 46(1): 26-33.

G1. Globo Notícias. Disponível em: http://g1.globo.com/ac/acre/noticia/2014/07/. Acesso em 11/04/2015.

HAIR Jr., J. F. et al. **Análise multivariada de dados**. São Paulo: Bookman, 2005.

HALES, S.; HOWDEN-CHAPMAN, P. **Effects of air pollution on health**. BMJ, v.335, n. 7615, p.314 - 315, 2007.

HASTIE, T. J.; TIBSHIRANI, R. J., 1995. **Generalized additive models**. London: Chapman and Hall.

HATZAKIS, A., 1986. **Short term e_ects of air pollution on mortality in Athenas**. International Journal Epidemiologic 1, 73-81.

IGNOTI E, VALENTE J. G., LONGO K. M., FREITAS S. R., HACON S. D. S., NETTO P.: **Impact on human health of particulate matter emitted from burning in the Brazilian Amazon region**. Revista Saúde Pública 2010, 44:121-130.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Disponível em: http://www.inmet.gov.br/portal/. Acesso em: 11/03/2015.

JUNGER, W. L.; LEON, A. P.; MENDONC_ A, G. A. S., 2005. **Associação entre mortalidade diária por câncer de pulmão e poluição do ar no município do Rio de Janeiro: um estudo ecológico de séries temporais**. Revista Brasileira de Cancerologia 51(2), 111-115.

KAMPA, M.; NISTIKAKI, A.; TSAOUSIS, V.; MALIARAKI, N.; NOTAS, G.; CASTANAS, E., 2002. A new automated method for the determination of the Total Antioxidant Capacity (TAC) of human plasma, based on the crocin bleaching assay. BMC Clin. Pathol. 2, 3.

KOIFMAN S, LEON AP, MATTOS IE, OLIVEIRA MS. **Differential susceptibility according to gender in the association between air pollution and mortality from respiratory diseases**. Cad. Saúde Pública 2011; 27(9): 1827-1836.

LIN, C.A.; PEREIRA, L.A.; CONCEICÇÃO, G.M.S.; KISHI, H.S.; MILANI, R.; BRAGA, A.L.F. 2003. **Association between air pollution and ischemic cardiovascular emergency room visits**. Environmental Respiratory 92, 57-63.

LICHTENFELS, A. J.; SALGE, J. M., 1995. Air pollution and mortality in elderly people: A time series study in São Paulo, Brazil. Arch. Environmental Health 50, 159-164.

LONGO, K.; FREITAS S. R.; SETZER A.; PRINS E.; ARTAXO P. y ANDRADE M. **The Coupled Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System (CATT-BRAMS).** Part 2: Model sensitivity to the biomass burning inventories. Atmos. Chem. Phys. Discuss., 8571-8595, 2007.

MARTIM, A. E.; BRADLEY, D. M., 1960. **Mortality, fog and Atmospheric pollution**. Mon. Bull. Minist. Health Lab. Ser. 9, 56-73.

MARTINS, L. C. **Relação entre poluição atmosférica e algumas doenças respiratórias em idosos: avaliação do rodízio de veículos no município de São Paulo. São Paulo, 2000.** 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo.

MARTINS, L. C.; LATORRE, M. R. D. O.; CARDOSO, M. R. A. 2002. **Poluição atmosférica e atendimentos por pneumonia e gripe em São Paulo, Brasil.** Revista de Saúde Pública 36, 88-94.

MARTINS, L. C., PEREIRA, L. A. A., LIN C. A., SANTOS, U. P., PRIOLI, G., LUIZ, O. C., *et al*. 2006. **The effects of air pollution on cardiovascular diseases: lag structures.** Rev. Saúde Pública. Aug; 40(4):677-83.

MEDRONHO Roberto A, Dianna M de Carvalho, Katia V Bloch, Ronnir R Luiz, Guilherme L Werneck. Epidemiologia, Estudos Ecológicos. 2006 p 191-198.

MOURA, M.; JUNGER, W.L.; MENDONC_ A, G.A.S; PONCE DE LEON, A. 2008. Qualidade do ar e transtornos respiratórios agudos em crianças. Rev. Saúde Pública 42(3),503-511.

NASCIMENTO LFC, Pereira LAA, Braga ALF, Módolo MCC, Carvalho Jr JA. **Efeitos da poluição atmosférica na saúde infantil em São José dos Campos**, SP. Revista Saúde Pública, 2006, 40 (1): 77-82.

NASCIMENTO LFC e FRANCISCO JB. **Particulate matter and hospital admission due to arterial hypertension in a medium-sized Brazilian city**. Cad. Saúde Pública. 2013; 29(8): 1565-1571.

NEGRISOLI J. e Nascimento LFC. **Poluentes atmosféricos e internações por pneumonia em crianças**. Rev. paul. pediatr. vol.31 no.4 São Paulo Dec. 2013.

NELDER, J. A.; WEDDERBURN, R. W. M., 1972. **Generalized Linear Models**. Journal of the Royal Statistical Society A 135, 370-384.

NISHIOKA, D. C.; et al. Estudos dos efeitos da poluição atmosférica na mortalidade neonatal e fetal na cidade de São Paulo, Brasil. **Rev. Méd. São Paulo**, v. 79, n. 2/ 4, p. 81-89, 2000.

OSTRO, B. D., ESKELAND, G. S., S_ANCHEZ, J. M. e FEYZIOGLU T., 1999. **Air pollution and health effects: A study of medical visits among children in Santiago, Chile**. Environmental Health Perspect 107(1), 69-73.

PINTO, J. P.; GRANT, L. D. Approaches to monitoring of air pollutants and evaluation of health impacts produced by biomass burning. 1999. Disponível em: <http://www.who.int/environmental-information/vegetation-fires/Health-Guidelines>. Acessado em 28 de março de 2015.

POPE III, C.A. Air pollution and health-good news and bad. **New England Journal Medicine**, v.351, n.11, p.1057 - 1067, 2004.

QIAN, Z.; HE, Q.; LIN, H.M.; KONG, L.; BENTLEY, C. M.; LIU, W.; ZHOU, D., 2007. **High Temperatures Enhanced Acute Mortality Effects of Ambient Particle Pollution in the "Oven" City of Wuhan, China.** Environ Health Perspect; DOI:10.1289/ehp.10847

RMAI. Revista Meio Ambiente Industrial, ano IV, ed 23, número 22, jan/fev de 2012. Disponível em:< http://www.uenf.br/uenf/centros/cct/qambiental/ar_outrospol.html>. Acessado em 3 de setmbro de 2014.

SALDIVA, P. H. N.; POPE C. A. III; SCHWARTZ, J.; DOCKERY, D. W.; LICHTENFELS, A. J. F. C.; SALGE, J. M.; BARONE, I.; BÖHM, G. M. **"Air Pollution and Mortality in Elderly People: a Time-series Study in São Paulo, Brazil"**, in Arch. Environ. Health 50, 1995, pp. 159-63.

SAMET, J.M.; DOMINICI, F.; CURRIERO, F.C., COURSAC, I.; ZEGER, S.L. Fine particulate air pollution and mortality in 20 US cities, 1987 - 1994. **New England Journal Medicine**, v.343, n.24, p.1742 - 1749, 2000.

SCHWARTZ, J., 1992. **Particulate air pollution and daily mortality: a synthesis**. Public Health Revist 19, 39-60.

SCHWARTZ, J.; et al. Acute effects the summer air pollution on respiratory symptom reporting in children. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v.150, p. 1234-1242, 1994.

SCHWARTZ, J.; MORRIS, R., 1995. **Air pollution and hospital admissions for cardiovascular disease in Detroit, Michigan**. American Journal Epidemiologic

SCHWARTZ, J., 2000. **Harvesting and long term exposure effects in the relationship between air pollution and mortality**. American Journal Epidemiologic 151, 440-448.

SCHWARTZ, J., 2001. **Air pollution and blood markers of cardiovascular risk**. Environmental Health Perspective (Suppl. 3), 405-409.

SCHRENK, H.H.; HEIMANN, H.; CLAYTON, G.D.; GAFAFER, W.M.; WEXLER, H. 1949. **Air pollution in Donora, PA**. Public Health Bulletin 306.

SCHIMMEL, H. & MURAWSKI, T. J., 1976. **The relation of air pollution to mortality**. Journal of Occupation Medicine, 18: 316-333

SILVA, A. M. C.; MATOS, I. E.; IGNOTTI, E.; HACON, S. S., 2013. **Material particulado originário de queimadas e doenças respiratórias.** Rev Saúde Pública 2013;47(2):345-52

Brasil. Ministério da Saúde e Ministério da Ciência e Tecnologia. Sistema de Informações Ambientais. SISAM. Disponível em: http://sisam.cptec.inpe.br/msaude/info.consulta.logic. Acesso em: 05/02/2015.

SOBRAL, H. R. **Air pollution and respiratory diseases in children in São Paulo, Brazil**, 1989. Soc. Sci Med, 29 (8):959-964.

SORENSEN, M.; AUTRUP, H.; MOLLER, P. **Linking exposure to environmental pollutants with biological effects**. Mutat. Res., v.544, n.2 - 3, p.255 - 271, 2003.

STERLING, T. D., 1966. **Urban morbility and air pollution**. A first report, Mon. Bull. Minist. Health Lab. Ser. 9, 56-73.

TADANO, Y. S. **Análise do impacto de MP10 na saúde populacional:** estudo de caso em Araucária, PR. Curitiba, 2007. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica e de Materiais) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

UFPR. Disponível em: http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/cap1/cap1-2.html. Acesso em: 12/02/2015

VIANA, M.; KUHLBUSCH, T.A.J.; QUEROL, X.; ALASTUEY, A.; HARRISON, R.M.; HOPKE, P.K.; WINIWARTER, W.; VALLIUS, M.; SZIDAT, S.; PRÉVÔT, A.S.H.; HUEGLIN, C.; BLOEMEN, H.; WÅHLIN, P.; VECCHI, R.; MIRANDA, A.I.; KASPER-GIEBL, A.; MAENHAUT, W.; HITZENBERGER, R. Source apportionment of particulate matter in Europe: a review of methods and results. **Journal of Aerosol Science**, v.39, n.10, p.827 - 849, 2008.

ZANOBETTI, 2006. **Airborne Particulates are a risk factor for hospital admissions for hearth and lung disease**. Environmental Heart Prospective 106, 1071-1077

Wikipédia. Disponível em : https://pt.wikipedia.org/wiki/Rio_Branco#/media/File:Acre_Municip_RioBranco.svg. Acesso em 10/04/2015.

WHO – World Health Organization. **Air quality guidelines global update 2005.** Disponível em: <http://www.who.int/air/guideline>. Acesso em 16 março 2015.