Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Centro Biomédico
Instituto de Medicina Social

Marisa Moura

Qualidade do ar e atendimentos médicos de emergência por sintomas respiratórios em crianças residentes em Jacarepaguá, Rio de Janeiro

Rio de Janeiro
2006

Marisa Moura

Qualidade do ar e atendimentos médicos de emergência por sintomas respiratórios em crianças residentes em Jacarepaguá, Rio de Janeiro

Tese apresentada, como requisito para obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-graduação em Saúde Coletiva, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Epidemiologia.

Orientadora: Prof.ª Dra. Gulnar Azevedo e Silva Mendonça

Coorientador: Prof. Dr. Antonio Ponce de Leon

Rio de Janeiro

2006

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / CB/C

M926 Moura, Marisa.
Qualidade do ar e atendimentos médicos de emergência por sintomas respiratórios em crianças residentes em Jacarepaguá, Rio de Janeiro / Marisa Moura. – 2006.
191f.

Orientadora: Gulnar Azevedo e Silva Mendonça.
Coorientador: Antonio Ponce de Leon.
Tese (doutorado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Medicina Social.

1. Aparelho respiratório – Doenças – Jacarepaguá (Rio de Janeiro, RJ) – Teses. 2. Doenças respiratórias infantis – Jacarepaguá (Rio de Janeiro, RJ) – Teses. 3. Emergências médicas – Teses. 4. Ar – Qualidade – Jacarepaguá (Rio de Janeiro, RJ) – Teses. I. Mendonça, Gulnar Azevedo e Silva. II. Ponce de Leon, Antonio. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Medicina Social. IV. Título.

CDU 616.2-053.2

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese, desde que citada a fonte.

_____ _____

Assinatura Data

Marisa Moura

Qualidade do ar e atendimentos médicos de emergência por sintomas respiratórios em crianças residentes em Jacarepaguá, Rio de Janeiro

Tese apresentada, como requisito para obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-graduação em Saúde Coletiva, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Epidemiologia.

Aprovada em 12 de maio de 2006.

Prof. Dr. Antonio Ponce de Leon (Coorientador)

Banca Examinadora: _____

Prof.ª Dra. Gulnar Azevedo e Silva Mendonça (Orientadora)
Instituto de Medicina Social – UERJ

_____

Prof.ª Dra. Cláudia Medina Coeli
Instituto de Medicina Social – UERJ

_____

Prof. Dr. Hermano Albuquerque de Castro
Escola Nacional de Saúde Pública – FIOCRUZ

_____

Prof. Dr. Paulo Mauricio Campanha Lourenço
Instituto de Medicina Social – UERJ

_____

Prof.ª Dra. Sandra de Souza Hacon
Escola Nacional de Saúde Pública – FIOCRUZ

Rio de Janeiro

2006

DEDICATÓRIA

Ao meu pai, um grande homem, o meu melhor amigo.

RESUMO

MOURA, Marisa. *Qualidade do ar e atendimentos médicos de emergência por sintomas respiratórios em crianças residentes em Jacarepaguá, Rio de Janeiro.*2006. 192f. Tese (Doutorado em Saúde Coletiva) – Instituto de Medicina Social, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2006.

Resumo do artigo 1.Este estudo fez parte de uma investigação dos efeitos da poluição ambiental na saúde da população carioca. Teve como objetivo estimar a associação entre os atendimentos médicos de emergência por sintomas respiratórios em crianças residentes em Jacarepaguá, no Rio de Janeiro, entre abril de 2002 a março de 2003. Foi utilizado o método ecológico com séries temporais de dados diários de saúde e do meio ambiente. As variáveis de desfecho foram os atendimentos de emergência por sintomas nas vias aéreas superiores e nas vias aéreas inferiores realizados em três unidades de saúde pública de Jacarepaguá. Também se estimou os efeitos independentes da localização anatômica. Os poluentes atmosféricos monitorados em uma estação de Jacarepaguá foram PM_{10}, SO_2, NO_2, CO e O_3 e as variáveis de confundimento controladas foram os componentes estruturais de séries temporais como a tendência temporal e sazonalidade e também fatores meteorológicos como temperatura, umidade e precipitação de chuva. Como podem interferir nas associações estimadas também considerou-se os efeitos dos dias anormais do calendário e das infecções respiratórias. Na elaboração do modelo central, tendência temporal, sazonalidade e as variáveis meteorológicas foram ajustadas através de curvas suaves, *splines.*Variáveis indicadoras foram empregadas para corrigir efeitos do calendário. Utilizou-se polinômios cúbicos em períodos epidêmicos para eliminar interferências das infecções respiratórias. Modelos de regressão de Poisson justificaram-se pelo caráter de contagem das variáveis de desfecho. Foi adotado o nível de significância de 5%. Interrupções freqüentes no monitoramento dos poluentes atmosféricos podem ter interferido e determinaram a exclusão do SO_2 da análise. O O_3 foi o poluente associado a mais 1,4% dos atendimentos por todos os sintomas respiratórios e a mais 2,65% dos atendimentos por sintomas nas vias aéreas inferiores. Nenhum poluente atmosférico estava associado com maior número de atendimento por transtornos nas vias respiratórias superiores. Dado o elevado volume de atendimento pediátrico diário por sintomas respiratórios, os resultados apontam a necessidade de identificação e eliminação das fontes poluidoras de Jacarepaguá.

Palavras-chave: Poluição do ar. Queixas respiratórias. Séries temporais. Crianças.

ABSTRACT

Abstract of article 1. This study is part of a research on health´s effects of environmental pollution in the city of Rio de Janeiro. The main objective was to estimate the association between emergency medical consultations among children with respiratory synthoms, from april 2002 to march 2003, who lived in Jacarepaguá, a district of Rio. The ecological method was used, with time series of health and environmental daily data. The outcome variables were the emergency consultations for upper and lower respiratory syntoms which took place in 3 public health units in Jacarepagua district. The study also estimated the effects regardless the anatomic site. Atmospheric pollutants monitored in the same district were PM_{10}, SO_2, NO_2, CO and O_3 and controlled confounding variables were time trends, seasonal and other cyclical factors, temperature, humidity and rain volume. Special days (week ends and holidays) and respiratory diseases were considered, as well. In order to create the core model, time trends, seasonality and meteorological variables were adjusted, using *splines*. Indicator variables were used to correct calendar effects. Cubic polynomials were adopted in epidemic periods to remove respiratory infection´s interference. Poisson´s regression models were justified once the variables are countable. . Significance level of 5% was adopted. O_3 was associated to more than 1,4% of all the consultations related to respiratory syntoms and to more than 2,65% of the consultations related to lower respiratory diseases. None of the atmosferic pollutants were associated with a higher number of consultations due to upper respiratory syntoms. The great amount of pediatric consultations related to respiratory symptoms indicates that air pollutants sources must be identified and eliminated in Jacarepaguá.

Keywords: Air pollution. Respiratory complaints. Time series. Children.

RESUMO

Resumo do artigo 2. Asma brônquica é a doença crônica com maior prevalência na população infantil em diversos países e no Rio de Janeiro poucos estudos estimaram os efeitos da poluição do ar no agravamento desta patologia. O objetivo deste trabalho foi estimar a associação dos atendimentos pediátricos de emergência por sintomas de obstrução brônquica e os níveis dos poluentes atmosféricos em Jacarepaguá, no período de abril de 2002 a março de 2003. Devido a diferentes estágios de desenvolvimento físico e funcional, a variável de desfecho foi categorizada em três faixas etárias: menos de 2 anos, entre 3 e 6 anos e maiores do que 7 anos. O desenho epidemiológico foi o de estudos ecológicos de séries temporais com contagem diária dos eventos. Os dados de saúde foram obtidos dos registros diários das consultas de emergência de três unidades de saúde pública do bairro de Jacarepaguá. Os poluentes atmosféricos monitorados foram PM_{10}, SO_2, CO, NO_2 e O_3. A fim de eliminar a interferência de variáveis de confundimento, foram incluídos nos modelos de regressão de Poisson indicadores da tendência temporal, sazonalidade, temperatura, umidade e chuva. Também foram corrigidos os efeitos das epidemias de infecções respiratórias e de certos dias do calendário que tiveram comportamentos anormais, como os finais de semana e feriados. Curvas suaves, *splines,* foram empregadas para ajustar tendência temporal, sazonalidade e as variáveis meteorológicas. Para os dias anormais do calendário foram empregadas variáveis indicadoras. Polinômios cúbicos corrigiram os efeitos de epidemias de infecções respiratórias. Foi adotado o nível de significância de 5%. Devido ao elevado número de dias em que não foi medido, as análises do SO_2 foram suprimidas Efeito positivo e significativo no número de atendimentos, 6,7%, foi encontrado para o PM_{10} nas crianças menores do que 2 anos. A associação positiva do O_3 com os efeitos respiratórios nesta faixa etária, em torno de 3%, teve significado estatístico limítrofe ($p<0,06$). Este resultado indica a existência de um problema de saúde pública não reconhecido no Rio de janeiro e reforça a necessidade de identificação das principais fontes de poluentes em Jacarepaguá.

Palavras-chave: Poluição do ar. Asma brônquica. Séries temporais. Crianças

ABSTRACT

Abstract of article 2. Bronchial asthma is the most prevalent chronic disease among children. The objetctive of this study was to estimate the association between pediatric emergency consultations related to bronchial obstruction and air pollutants levels in Jacarepaguá, a district of Rio de Janeiro, on the period of april, 2002 to march, 2003. Considering the differences on physical and functional developing, outcome variables were categorized in 3 groups: < 2 years, 3 to 6 years and > 7 years. Epidemiological method chosen was ecological studies of time trends, with daily counting of the events. Health data was obtained from daily registration of 3 public health units on Jacarepagua. Atmospheric pollutants monitored were PM_{10}, SO_2, CO, NO_2 and O_3. In order to eliminate the interference of confounding variables, time trends and seasonality as well as metereologic factors, such as temperature, humidity and rain volume indicators were included in Poisson´s regression models. Respiratory diseases epidemics and also special days (weekends and holidays) effects were corrected.. Splines were used to adjust time trends seasonality and meteorological effects. Indicator variables were used to control for special days. Cubic polynomials corrected respiratory diseases epidemic. The level of significance adopted was 5%. A significant and positive relation (6,7%) was found between number of consultations and PM_{10} levels among children under 2 years. A positive association of O_3 and respiratory effects on this group - round 3% - has a boundary statistical significance ($p<0,06$). This result indicates the presence of a non recognized public health problem in Rio de Janeiro and points out that it is mandatory to identify the main pollutant sources in Jacarepaguá.

Keywords: Air pollution. Bronchial asthma. Time series. Children.

LLISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Destaque da Região de Jacarepaguá..... 67

Figura 2 – Todos os atendimentos pediátricos e os atendimentos pediátricos por queixas respiratórias nas três unidades de saúde pública de Jacarepaguá entre abril de 2002 e março de 2003..... 98

Figura 3 – Séries temporais dos atendimentos pediátricos de emergência por s**intomas respiratórios** nas três unidades de saúde pública de Jacarepaguá e por s**intomas nas vias respiratórias superiores e nas vias respiratórias inferiores** entre abril de 2002 e março de 2003..... 99

Figura 4 – Séries temporais das concentrações ambientais de PM_{10}, CO, NO_2 e O_3 em Jacarepaguá entre abril de 2002 a março de 2003..... 100

Figura 5 – Variação percentual e intervalos de confiança (95%) dos atendimentos pediátricos de emergência em unidades de saúde de Jacarepaguá por s**intomas respiratórios** para um aumento de 10 $\mu g/m^3$ de PM_{10}, NO_2 e O_3 e de 1000 $\mu g/m^3$ de CO entre abril de 2002 e março de 2003. Efeitos no mesmo dia (D0), após 1 (D1), após 2 dias (D2), após 3 dias (D3), a média móvel das concentrações dos poluentes de 2, 3, 4, 5, 6 e 7 dias (mm2, mm3, mm4, mm5, mm6, mm7, respectivamente)..... 103

Figura 6 – Variação percentual e intervalos de confiança (95%) dos atendimentos pediátricos de emergência em unidades de saúde de Jacarepaguá por s**intomas nas vias aéreas superiores** para um aumento de 10 $\mu g/m^3$ de PM_{10}, NO_2 e O_3 e de 1000 $\mu g/m^3$ de CO entre abril de 2002 e março de 2003. Efeitos no mesmo dia (D0), pós 1 (D1), após 2 dias (D2), após 3 dias (D3), a média móvel das concentrações dos poluentes de 2, 3, 4, 5, 6 e 7 dias (mm2, mm3, mm4, mm5, mm6, mm7, respectivamente).... 104

Figura 7 – Variação percentual e intervalos de confiança (95%) dos atendimentos pediátricos de emergência em unidades de saúde de Jacarepaguá por s**intomas nas vias aéreas inferiores** para um aumento de 10 $\mu g/m^3$ de PM_{10}, NO_2 e O_3 e de 1000 $\mu g/m^3$ de CO entre abril de 2002 e março de 2003. Efeitos no mesmo dia (D0), após 1 (D1), após 2 dias (D2), após 3 dias (D3), as médias móveis das concentrações dos poluentes de 2, 3, 4, 5, 6 e 7 dias (mm2, mm3, mm4, mm5, mm6,mm7, respectivamente)..... 105

Figura 4 – Séries temporais das concentrações ambientais de PM_{10}, CO, NO_2 e O_3 em Jacarepaguá entre abril de 2002 a março de 2003..... 133

Figura 8 – Séries temporais dos atendimentos pediátricos de emergência nas três unidades de saúde pública de Jacarepaguá por s**intomas de obstrução brônquica categorizados por faixas etárias** entre abril de 2002 e março de 2003..... 135

Figura 9 – Variação percentual e intervalos de confiança (95%) dos atendimentos

pediátricos de emergência em unidades de saúde de Jacarepaguá por s**intomas de obstrução brônquica** para um aumento de 10 µg/m^3 de PM_{10}, NO_2 e O_3 e de 1000 µg/m^3 de CO entre abril de 2002 e março de 2003. Efeitos no mesmo dia (D0), após 1 dia (D1), após 2 dias (D2), após 3 dias (D3), a média móvel das concentrações dos poluentes de 2, 3, 4, 5, 6 e 7 dias (mm2, mm3, mm4, mm5, mm6,mm7, respectivamente)..... 138

Figura 10 – Variação percentual e intervalos de confiança (95%) dos atendimentos pediátricos de emergência em unidades de saúde de Jacarepaguá por s**intomas de obstrução brônquica em crianças com idades menores do que 2 anos** para um aumento de 10 µg/m^3 de PM_{10}, NO_2 e O_3 e de 1000 µg/m^3 de CO entre abril de 2002 e março de 2003. Efeitos no mesmo dia (D0), após 1 dia (D1), após 2 dias (D2), após 3 dias (D3), a média móvel das concentrações dos poluentes de 2, 3, 4, 5, 6 e 7 dias (mm2, mm3, mm4, mm5, mm6, mm7, respectivamente)..... 139

Figura 11 – Variação percentual e intervalos de confiança (95%) dos atendimentos pediátricos de emergência em unidades de saúde de Jacarepaguá por s**intomas de obstrução brônquica em crianças com idades entre 3 e 6 anos** para um aumento de 10 µg/m^3 de PM_{10}, NO_2 e O_3 e de 1000 µg/m^3 de CO entre abril de 2002 e março de 2003. Efeitos no mesmo dia (D0), após 1 dia (D1), após 2 dias (D2), após 3 dias (D3), a média móvel das concentrações dos poluentes de 2, 3, 4, 5, 6 e 7 dias (mm2, mm3, mm4, mm5, mm6, mm7, respectivamente)..... 140

Figura 12 – Variação percentual e intervalos de confiança (95%) dos atendimentos pediátricos de emergência em unidades de saúde de Jacarepaguá por s**intomas de obstrução brônquica em crianças com idades maiores do que 7 anos** para um aumento de 10 µg/m^3 de PM_{10}, NO_2 e O_3 e de 1000 µg/m^3 de CO entre abril de 2002 e março de 2003. Efeitos no mesmo dia (D0), após 1 dia (D1), após 2 dias (D2), após 3 dias (D3), a média móvel das concentrações dos poluentes de 2, 3, 4, 5, 6 e 7 dias (mm2, mm3, mm4, mm5, mm6, mm7, respectivamente)..... 141

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Correlação de Pearson entre PM_{10}, CO, NO_2 e O_3 medidos em Jacarepaguá, entre abril de 2002 a março de 2003 101

Tabela 2 – Estatísticas descritivas das variáveis ambientais e dos atendimentos pediátricos de emergência por sintomas respiratórios nas vias aérea superiores e nas vias aéreas inferiores em Jacarepaguá entre abril de 2002 e março de 2003..... 101

Tabela 3 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos pediátricos de emergência por sintomas respiratórios nas vias aéreas superiores e nas vias aéreas inferiores para acréscimos da exposição a PM_{10}, NO_2, CO e O_3 entre abril de 2002 a março de 2003..... 102

Tabela 1 – Correlação de Pearson entre PM_{10}, CO, NO_2 e O_3 medidos em Jacarepaguá, entre abril de 2002 e março de 2003..... 134

Tabela 4 – Estatísticas descritivas das variáveis ambientais e dos atendimentos pediátricos de emergência por sintomas de obstrução brônquica em Jacarepaguá entre abril de 2002 e março de 2003 categorizados por faixas etárias..... 136

Tabela 5 – Aumento percentual e intervalo de confiança dos atendimentos pediátricos de emergência por sintomas de obstrução brônquica categorizados por faixas etárias para acréscimo da exposição a PM_{10}, NO_2, CO e O_3 entre abril de 2002 a março de 2003..... 137

LISTA DE ABREVIATURAS

CETESB –	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CO –	Monóxido de carbono
CONAMA –	Comissão Nacional do Meio Ambiente
D0 –	Dia da exposição
D1 –	Um dia após a exposição
D2 –	Dois dias após a exposição
DEP –	Partículas da Exaustão do Diesel
FEEMA –	Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente
MAG –	Modelos Aditivos Generalizados
MLG –	Modelos Lineares Generalizados
$mm_{(2,3,4,5,6,7)}$ –	Média móvel de 2,3,4,5,6,7 dias
NO_2 –	Dióxido de nitrogênio
NO_X –	Óxidos de nitrogênio
O_3 –	Ozônio
Partículas ultrafinas –	Partículas ambientais com diâmetros menores que 0,1µm
$PM_{2,5-0,1}$ –	Partículas ambientais com diâmetros entre 0,1 e 2,5µm
PM_{10} –	Partículas ambientais com diâmetro menor do que 10 micra
PROCONVE –	Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores
SMAC –	Secretaria Municipal do Meio Ambiente
SO_2 –	Dióxido de Enxofre
VR –	Vias Respiratórias
VRI –	Vias Respiratórias Inferiores
VRS –	Vias Respiratórias Superiores

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO

INTRODUÇÃO.....21

2 **REVISÃO DA LITERATURA**.....24

2.1 **Desenhos epidemiológicos**.....24

2.1.1 Estudos ecológicos com séries temporais.....24

2.1.2 Estudos de painel.....26

2.2 **Características da população infantil**.....27

2.3 **Indicadores de saúde (variáveis dependentes)**.....28

2.3.1 Por faixa etária das crianças.....28

2.3.2 Por gravidade do quadro clínico.....29

2.3.3 Por localização anatômica.....32

2.3.4 Por sintoma ou diagnóstico específico.....33

2.4 **Variáveis de confundimento e variáveis modificadoras de efeito em estudos ecológicos**.....34

2.4.1 Alergenos respiratórios ambientais.....35

2.4.1.1 Interação entre poluentes atmosféricos e aeroalergenos externos.....39

2.4.2 Infecções respiratórias.....41

2.5 **Poluentes ambientais (variáveis independentes)**.....43

2.5.1 Classificação dos poluentes.....44

2.5.2 Fontes dos poluentes.....46

2.5.3 Principais poluentes.....48

2.5.4 Principais combustíveis.....56

2.6 **Poluentes e saúde**.....58

3 **JUSTIFICATIVA**.....62

4 **OBJETIVO GERAL**.....65

4.1 **Objetivos Específicos**.....65

5 **METODOLOGIA**.....66

5.1 **Desenho do estudo**.....66

5.2 **Área geográfica de estudo**.....66

5.3 **População e período de estudo**.....68

5.4 Coleta de dados.....68

5.4.1 Dados de saúde....68
5.4.1.1 Estudo piloto....70
5.4.2 Dados ambientais....73
5.5 **Construção do banco de dados e análise estatística**....77
6 **ARTIGO 1**....
QUALIDADE DO AR E ATENDIMENTOS MÉDICOS DE EMERGÊNCIA POR TRANSTORNOS NAS VIAS RESPIRATÓRIAS SUPERIORES E INFERIORES EM CRIANÇAS RESIDENTES EM JACAREPAGUÁ, RIO DE JANEIRO
6.1 **Introdução**....87
6.2 **Material e métodos**....90
6.2.1 Desenho de estudo....90
6.2.2 População de estudo....90
6.2.3 Área geográfica de estudos....90
6.2.4 Coleta de dados....91
6.2.4.1 Informações de saúde....91
6.2.4.2 Informações ambientais....92
6.2.5 Definição de variáveis....94
6.2.6 Análise de dados....94
6.3 **Resultados**....97
6.3.1 Atendimentos totais e atendimentos por queixas respiratórias....97
6.3.2 Atendimentos médicos pediátricos de emergência por queixas respiratórias....98
6.3.3 Indicadores de poluição do ar....99
6.3.4 Estatísticas descritivas das variáveis ambientais e de saúde....101
6.3.5 Efeito do acréscimo da exposição aos poluentes nos atendimentos pediátricos....102
6.4 **Discussão**....105
6.5 **Referências**....114
7 **ARTIGO 2**
QUALIDADE DO AR E ATENDIMENTOS MÉDICOS DE EMERGÊNCIA EM CRIANÇAS COM SINTOMAS DE OBSTRUÇÃO BRÔNQUICA RESIDENTES EM JACAREPAGUÁ, RIO DE JANEIRO, CATEGORIZADAS POR FAIXAS ETÁRIAS

7.1 **Introdução**.....121

7.2 **Material e métodos**.....124

7.2.1 Desenho de estudo.....124

7.2.2 População de estudo.....125

7.2.3 Área geográfica de estudo.....125

7.2.4 Coleta de dados.....125

7.2.4.1 Informações de saúde.....125

7.2.4.2 Informações ambientais.....127

7.2.5 Análise dos dados.....128

7.3 **Resultados**.....132

7.3.1 Indicadores de poluição do ar.....132

7.3.2 Atendimentos médicos pediátricos de emergência por sintomas de obstrução brônquica.....134

7.3.3 Estatísticas descritivas das variáveis ambientais e de saúde.....135

7.3.4 Efeito do acréscimo da exposição aos poluentes nos atendimentos pediátricos.....136

7.4 **Discussão**.....141

7.5 **Referências**.....150

7.8 **Discussão geral**.....158

7.9 **Conclusões**.....162

7.10 **Referências**.....163

ANEXO A - Estatísticas descritivas dos poluentes atmosféricos após a imputação parcial e imputação total dos dados ausentes.....177

ANEXO B - Séries Temporais das Concentrações Ambientais de PM_{10}, SO_2, CO, NO_2 e O_3, em Jacarepaguá, no Período de Abril de 2002 a Março de 2003, após Imputação Parcial e Imputação Totais dos Dados.....179

ANEXO C - Sintomas respiratórios: modelo central.....181

ANEXO D – Sintomas nas vias respiratórias superiores: modelo central.....182

ANEXO E – Sintomas nas vias respiratórias inferiores: modelo central.....183

ANEXO F- Sintomas de obstrução brônquica: modelo central.....184

ANEXO G – Sintomas de obstrução brônquica em crianças com menos de 2 anos de idade: modelo central.....185

ANEXO H – Sintomas de obstrução brônquica em crianças com idade entre 3 e 6 anos: modelo central.....186

ANEXO I – Sintomas de obstrução brônquica em crianças com idade entre 7 e 12 anos: modelo central.....187

ANEXO J – Efeitos e intervalos de confiança do acréscimo da exposição a PM_{10}, NO_2, CO e O_3 nos atendimentos pediátricos de emergência em Unidades de Saúde de Jacarepaguá, por s**intomas respiratórios**, entre abril de 2002 e março de 2003.....188

ANEXO K – Efeitos e intervalos de confiança do acréscimo da exposição a PM_{10}, NO_2, CO e O_3 nos atendimentos pediátricos de emergência em Unidades de Saúde de Jacarepaguá, por s**intomas em vias respiratórias superiores**, entre abril de 2002 e março de 2003.....189

ANEXO L – Efeitos e intervalos de confiança do acréscimo da exposição a PM_{10}, NO_2, CO e O_3 nos atendimentos pediátricos de emergência em Unidades de Saúde de Jacarepaguá, por s**intomas em vias respiratórias inferiores**, entre abril de 2002 e março de 2003.....190

ANEXO M - Efeitos e intervalos de confiança do acréscimo da exposição a PM_{10}, NO_2, CO e O_3 nos atendimentos pediátricos de emergência em Unidades de Saúde de Jacarepaguá, por s**intomas de obstrução brônquica**, entre abril de 2002 e março de 2003.....191

ANEXO N – Efeitos e intervalos de confiança do acréscimo da exposição a PM_{10}, NO_2, CO e O_3 nos atendimentos pediátricos de emergência em Unidades de Saúde de Jacarepaguá, por **sintomas de obstrução brônquica em crianças com menos de 2 anos de idade**, entre abril de 2002 e março de 2003.....192

ANEXO O – Efeitos e intervalos de confiança do acréscimo da exposição a PM_{10}, NO_2, CO e O_3 nos atendimentos pediátricos de emergência em Unidades de Saúde de Jacarepaguá, por **sintomas de obstrução brônquica em crianças com idade entre 3 e 6 anos**, entre abril de 2002 e março de 2003.....193

ANEXO P – Efeitos e intervalos de confiança do acréscimo da exposição a PM_{10}, NO_2, CO e O_3 nos atendimentos pediátricos de emergência em Unidades de Saúde de Jacarepaguá, por **sintomas de obstrução brônquica em crianças com idade entre 7 e 12 anos**, entre abril de 2002 e março de 2003.....194

APRESENTAÇÃO

Este trabalho baseia-se em um estudo que fez parte de uma investigação acerca dos efeitos da qualidade do ar na saúde da população do município do Rio de Janeiro, realizada entre 2001 e 2003 e intitulada “Qualidade do Ar e Efeitos na Saúde da População do Município do Rio de Janeiro”. Para a sua execução, houve financiamento do Ministério do Meio Ambiente, e o envolvimento de profissionais do Instituto de Medicina Social (IMS) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), do Centro de Estudos da Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana (CESTEH) da Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), da Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA), da Secretaria Municipal do Meio Ambiente e da Secretaria Estadual de Saúde. Além deste, faziam parte, também, dois outros estudos que, através de diferentes metodologias, estimaram a relação entre os dados diários de poluição do ar e os efeitos na saúde. Em um deles, foi encontrada associação positiva e significativa entre as variáveis dependentes, mortalidade por doenças respiratórias em idosos e internações por doenças respiratórias agudas em idosos e crianças no Rio de Janeiro e os poluentes atmosféricos. No outro estudo, do tipo de painel, foi estimada a associação entre exposição à poluição do ar e a capacidade respiratória de escolares de 7 a 12 anos, residentes em Manguinhos, Rio de Janeiro. PM_{10} e NO_2 estavam associados significativamente com a piora dos parâmetros da função respiratória.

O estudo está apresentado, nesta tese, dentro do formato sugerido pelo Departamento de Epidemiologia, no qual, após a Introdução e fundamentação da metodologia, Justificativa e Objetivos, são inseridos dois artigos que investigaram os objetivos propostos.

1 INTRODUÇÃO

A contaminação do ar por substâncias químicas é conhecida há muitos séculos. Entretanto, somente no século XVIII, em Londres, houve tentativas de regulamentação da poluição do ar, através da proibição da queima doméstica de carvão. Mais tarde, a Revolução Industrial trouxe outra dimensão ao problema, com a construção de usinas para geração de energia para fábricas e residências e a criação de siderúrgicas, refinarias, fundições e outras formas de estabelecimentos causadores de contaminação da água, do ar e do solo.

Como em diversos ramos da Toxicologia, grandes acidentes ambientais contribuíram para o melhor conhecimento dos efeitos de substâncias químicas na saúde. Níveis anormalmente elevados de poluentes atmosféricos e consideráveis aumentos da mortalidade e morbidade ocorreram em Meuse Valley, Bélgica (1930), Donora, Pensilvânia (1948) e no grande fog em Londres (1952). Após estes desastres ambientais, maior importância foi dada à poluição do ar na gênese de danos à saúde humana (Klaassen *et al.*, 2001).

Na primeira metade do século XX, foram desenvolvidos vários estudos científicos nos USA (Salt Lake City, Nova York etc) e na Inglaterra, com a intenção de divulgar o problema e evidenciar a necessidade de criação de atos governamentais que levassem ao controle da situação.

Mas somente a partir de 1970 foram instituídas normas e desenvolvidas novas tecnologias, que visaram controlar as emissões de poluentes como CO, SO_2, NO_2, O_3, PM_{10} e chumbo e, conseqüentemente, melhorar a qualidade do ar (Bernard *et al.*, 2001).

Deve-se ressaltar que, embora estas medidas tenham alcançado sucesso nos países em que havia maior conscientização da necessidade da melhoria da qualidade do ar, elas não beneficiaram países de menor nível de desenvolvimento sócio-econômico. Nestes, além dos poluentes atmosféricos permaneceram em concentrações muito acima das recomendadas, outros fatores agravavam os efeitos respiratórios, como o aumento descontrolado da população urbana, a utilização de combustíveis inadequados e a ausência de programas de controle de emissão dos poluentes (Romieu *et al.*, 2002).

Nos dias atuais, apesar dos evidentes efeitos positivos da adoção de medidas que ocasionaram a diminuição da emissão de gases e partículas a partir de veículos automotivos e de fontes fixas de contaminação, existe uma tendência mundial ao crescimento do número de veículos automotivos. Segundo Cacciola *et al.* (2002), houve um aumento em dez vezes da frota veicular nos últimos 40 anos, e é esperado um número ainda maior no futuro. Certamente, este é um fato que gera preocupação, principalmente se for considerada a crescente utilização do óleo diesel como combustível em veículos pesados, como ônibus e caminhões. Existem evidências de que a combustão do diesel é a principal fonte de poluentes como o NO_2, O_3, CO e PM_{10} em zonas urbanas e, segundo Polosa *et al.*, (1999), veículos com motores a diesel emitem 100 vezes mais materiais particulados do que motores a gasolina.

Desde o século passado, inúmeros estudos epidemiológicos evidenciaram efeitos tóxicos na saúde ocasionados por elevados índices de poluição do ar. Todavia, mais recentemente, estudos conduzidos em muitos países mostraram resultados significativos, principalmente em populações mais susceptíveis, como as crianças (Trasande *et al.*, 2005), em regiões onde os níveis dos poluentes eram baixos e não ultrapassavam os

limites determinados pela *U.S Environmental Protection Agency* (U.S.EPA) e pela *Word Health Organization* – WHO - (Segala *et al.*, 1998). Estes resultados reforçam aqueles obtidos por exposições ambientais a substâncias químicas em geral, em que concentrações consideradas seguras podem causar efeitos danosos à saúde.

Na atualidade, os focos das investigações concentram-se nestes efeitos, uma vez que as conseqüências clínicas de exposições a elevadas concentrações já foram bem estabelecidas, e a relação causa efeito é mais evidente. A observação mais recente de efeitos respiratórios significativos causados por exposições a poluentes, mesmo em baixas concentrações, deve ter sido beneficiada pela utilização de desenhos ecológicos com a disposição dos dados em séries temporais e pelo emprego de técnicas estatísticas sofisticadas.

O interesse da comunidade científica mundial acerca da relação entre a qualidade do ar e os efeitos na saúde é recente. Na base de dados MEDLINE, em 1960, encontra-se somente uma publicação com a utilização das palavras-chave “pollution environmental”. Em 2004 este número ultrapassou 4000, e a maioria destas investigações procurou encontrar associações entre os níveis dos poluentes atmosféricos e os efeitos no aparelho respiratório. Como o ar ambiental está em contato direto com as vias respiratórias, e não há praticamente nenhuma barreira entre as suas estruturas e os constituintes do meio ambiente, os efeitos respiratórios são os mais evidentes.

A revisão da literatura mostra que há uma elevada inconsistência entre os resultados dos estudos sobre os efeitos agudos na saúde causados pela poluição do ar, o que é confirmado por vários autores (Fusco *et al.*, 2001, Atkinson *et al.*, 1999). As variações naturais da composição do ar ambiental, as interações entre os elementos, além

da utilização de diferentes metodologias comprometem a comparação dos resultados, e limitam a sua generalização.

Muitas dúvidas que ainda persistem poderão ser elucidadas com a realização de estudos multicêntricos, que utilizem uma metodologia padronizada, conforme o programa que envolveu vários países europeus, intitulado *Air Pollution and Health, European Aproach* (APHEA). Neste trabalho foram analisadas as associações entre mortalidade por causas específicas ou admissão hospitalar por problemas respiratórios ou cardiovasculares e concentrações ambientais de poluentes atmosféricos durante um período mínimo de cinco anos. Esta iniciativa, que utilizou dados agregados diários e foi realizada no final da década de 80, envolveu quinze cidades da Europa e revelou associações estatisticamente significativas entre as variáveis analisadas (Katsouyanni *et al.*, 1996).

2 REVISÃO DA LITERATURA

Nesta seção, serão discutidos alguns aspectos polêmicos envolvidos na estimativa da associação entre as exposições aos poluentes e os atendimentos de emergência por causa respiratória em crianças, verificado na revisão da literatura.

2.1 Desenhos Epidemiológicos

2.1.1 Estudos ecológicos com séries temporais

Atualmente, este método tem sido amplamente utilizado nas estimativas dos efeitos dos poluentes atmosféricos na saúde humana (Galán *et al.*, 2003; Braga *et al.*, 2001; Farhat *et al.*, 2005; Peel *et al.*, 2005; Hajat *et al.*, 1999). Estudos ecológicos de

séries temporais com contagem diária dos eventos de saúde e do meio ambiente são úteis quando se deseja estudar efeitos imediatos e, por isto, são indicados quando o desfecho é mortalidade ou admissão hospitalar, por exemplo (Castro *et al.*, 2003).

Nas séries temporais dos estudos ecológicos, os dados são apresentados na forma de conjuntos de informações feitas seqüencialmente durante um tempo e, ao contrário dos estudos observacionais cuja unidade é o indivíduo, aqui é uma unidade de tempo (Filleul *et al.*, 2001). Isto significa que são focalizados efeitos coletivos, e não parâmetros individuais. Como os dados são agregados, supõe-se que a exposição seja a mesma para todos os indivíduos. Esta característica das séries temporais, onde os aspectos individuais da exposição não são levados em conta, constitui uma crítica freqüente e uma importante limitação deste método.

Este desenho epidemiológico passou a ser um instrumento útil, principalmente após a década de 70, quando as mortalidades por causas respiratórias foram investigadas em Nova York (Schimmel & Murawski, 1976), em Tóquio (Lebowitz *et al.*, 1973), em 117 regiões metropolitanas nos USA (Lave & Seskin, 1973) e em Londres (Schwartz *et al.*, 1990). Entretanto, as poucas informações disponíveis sobre as variáveis meteorológicas e epidemias de doenças respiratórias infecciosas, naquele momento, impediram o adequado controle destes potenciais fatores de confundimento, limitando as conclusões destas pesquisas. Ainda assim, muitos estudos evidenciaram associações significativas entre mortalidade e poluição do ar.

No início da década de 90, foi possível a detecção de efeitos significativos na saúde por exposições a concentrações mais baixas. Isto foi devido à maior disponibilidade de bancos de dados dos níveis atmosféricos dos poluentes, dos dados

meteorológicos e de saúde. Nesta época, maiores avanços foram alcançados com o desenvolvimento de softwares, hardwares e de novos recursos estatísticos, como a técnica de alisamento para remover as tendências temporais das variáveis de confusão (Bell *et al.*, 2004).

No final do século passado, várias pesquisas encontraram resultados expressivos na abordagem das associações de curto prazo entre poluentes ambientais e atendimentos pediátricos de emergência por sintomas respiratórios, com a utilização deste tipo de metodologia, como por exemplo, Tellez-Rojo *et al.*, 1997; Ostro *et al.*, 1999; Atkinson *et al.*, 1999; Lin *et al.*, 1999; Hernández-Cadena *et al.*, 2000; Bakonyi *et al.*, 2004; Farhat *et al.*, 2005; Peel *et al.*, 2005.

2.1.2 Estudos de painel

Estudos de painel sobre os efeitos da poluição compreendem o acompanhamento longitudinal de um grupo de indivíduos expostos aos contaminantes do ar. Neste tipo de estudo, as exposições ambientais são analisadas ao nível agregado, e os efeitos são caracterizados por medidas individuais dos parâmetros da função pulmonar ou sintomas respiratórios durante alguns meses e pelo registro diário dos sintomas respiratórios. Uma vantagem deste método é que sintomas de menor gravidade, que não necessitaram de consulta médica, podem ser identificados. Supõe-se que este quadro seja o mais freqüente nas localidades onde os níveis da poluição do ar não são elevados. Os estudos de painel apresentam desvantagens em comparação com os estudos ecológicos porque, geralmente, as observações são efetuadas em uma população reduzida e em um período de semanas a meses.

2.2 Características da população infantil

Inúmeros mecanismos tornam os indivíduos nas faixas etárias extremas, crianças e idosos, mais susceptíveis a exposições a substâncias tóxicas presentes no meio ambiente. Nas crianças, o funcionamento ineficaz dos órgãos e sistemas pode ser evidenciado pela menor capacidade de eliminação das substâncias do organismo e pela imaturidade do sistema imunológico e pulmonar. Assim, este grupo etário se torna ainda mais sensível aos efeitos da poluição do ar e, geralmente, gera maior freqüência e gravidade das doenças respiratórias.

A formação do aparelho respiratório inicia-se na vida fetal e, somente na adolescência, atinge a maturidade. Exemplificando, o número de alvéolos de recém-natos aumenta de 24 milhões para 257 milhões aos quatro anos (Trasande *et al.*, 2005). A capacidade funcional total dos pulmões e o desenvolvimento completo do epitélio pulmonar só acontecem em torno dos seis anos de idade, o que resulta em maior permeabilidade epitelial nas crianças menores e maior susceptibilidade a agressões. Além disso, a superfície pulmonar, por quilo de peso, das crianças, é muito maior, e elas respiram 50% mais ar do que os adultos (Schwartz, 2004). Nas crianças, soma-se o fato de que suas vias aéreas são menores e mais estreitas (Thompson *et al.*, 2001), o que facilita a exposição e a conseqüente irritação, inflamação e obstrução em situações de agressão externa.

Além de características anatômicas diferentes dos adultos, as crianças têm outros fatores agravantes, como:

- maior exposição aos componentes ambientais, uma vez que, em geral, elas permanecem mais tempo em ambientes abertos, principalmente no verão, quando é maior a concentração dos poluentes fotoquímicos como o O_3.

- atividade física mais intensa, que causa aumento da ventilação pulmonar e maior inalação dos poluentes do ar (Schwartz, 2004).

A sensibilidade às agressões externas é proporcional à idade das crianças, já que aquelas abaixo dos dois anos de idade parecem ser ainda mais vulneráveis aos efeitos da poluição atmosférica do que as mais velhas (Braga *et al.*, 2001). Isto, provavelmente, devido ao menor desenvolvimento e maturação do sistema imunológico e pulmonar. Sendo assim, infecções respiratórias agudas das vias aéreas inferiores, como broncopneumonia e bronquiolite, em crianças com idades menores do que dois anos, tendem a ter maior gravidade, e estão fortemente relacionadas ao aumento das taxas de morbimortalidade. Ocorrem, geralmente, nos meses de temperaturas mais baixas, têm elevada contagiosidade e estão relacionadas à ocorrência de infecções por vírus sincicial respiratório e vírus influenza (Avendaño *et al.*, 1999).

Neste estudo, os efeitos alérgicos dos poluentes do ar em crianças foram analisados considerando-se as diferenças nas respostas em diferentes grupos etários. Este procedimento torna-se mais relevante quando asma brônquica é o desfecho estudado porque o diagnóstico é facilmente confundido com bronquiolite.

O diagnóstico diferencial entre bronquiolite e asma brônquica, em crianças pré-escolares, é muitas vezes complicado, já que ocasionam um quadro clínico semelhante e compatível com obstrução das vias respiratórias, como chiado no peito, dispnéia, tosse, cansaço e sibilos. O problema principal reside nas diferentes etiologias e medidas

terapêuticas adequadas em cada situação. Asma brônquica é uma doença imunológica com determinantes genéticos e ambientais. Bronquiolite é causada por vírus, e freqüente nas crianças com menos de dois anos, devido às pequenas dimensões das vias respiratórias nesta faixa etária. Por este motivo, alguns autores excluíram as crianças pertencentes a esta faixa etária dos estudos sobre os efeitos da poluição do ar na saúde de populações infantis. (Fauroux *et al.*, 2000). Outros preferiram agrupá-las como doenças causadoras de chiado ou como causadoras de obstrução brônquica (Farhat *et al.*, 2005).

2.3 Indicadores de saúde (variáveis dependentes)

Os efeitos agudos produzidos no aparelho respiratório de crianças, relacionados à exposição aos poluentes atmosféricos, foram estudados através de diferentes desfechos, o que pode ter contribuído para a inconsistência dos resultados. Os estudos mais completos classificaram os desfechos, principalmente, pelas idades das crianças, pela gravidade do quadro clínico, pela localização anatômica ou pelo quadro clínico preponderante.

2.3.1 Por faixa etária das crianças

Poucos autores consideraram as diferenças entre o nascimento e a adolescência no desenvolvimento e maturação das estruturas e funções do aparelho respiratório. Os diagnósticos clínicos de bronquiolite e asma brônquica na infância são exemplos da variedade de apresentações das doenças respiratórias, como descrito em item anterior. Em São Paulo, Braga *et al.* (2001) pesquisaram a associação dos níveis de poluição do ar e admissões hospitalares por queixas respiratórias em crianças de cinco faixas etárias – igual ou menor do que 2 anos, e idades entre 3 e 5, 6 e 13, 14 e 19 e todas as idades -- por um período de cinco anos. As crianças de até 2 anos foram as mais sensíveis, com

aumento de 9,4% das taxas de internações para variações interquartis de PM_{10}, seguidas por aquelas mais velhas que tiveram aumento de 5,1% do mesmo índice. Pneumonia e broncopneumonia foram as principais causas de internação das crianças menores, e asma brônquica foi mais freqüente nos grupos intermediários. A importância da variação na resposta das crianças aos estímulos respiratórios ambientais, de acordo com a faixa etária, foi focalizada por Wright (2002).

2.3.2 Por gravidade do quadro clínico

As investigações iniciais tiveram como desfecho a *mortalidade* respiratória, provavelmente pelo acesso mais fácil aos registros de óbitos em todas as faixas etárias na maioria dos países, e alguns revelaram associação significativa com os níveis ambientais dos poluentes (Loomis *et al.*, 1999; Bobak & Leon, 1999; Dockery *et al.*, 1992; Conceição *et al.*, 2001; Anderson *et al.*, 1996).

A introdução de métodos computacionais e a maior disponibilidade dos bancos de dados de domínio público acerca de eventos na saúde e da poluição do ar permitiu a observação de resultados mais refinados. Desta forma, estudos de séries temporais que utilizaram os dados de *admissões hospitalares* por causas respiratórias mostraram novas evidências da associação dos poluentes com distúrbios respiratórios agudos em crianças (Braga *et al.*, 1999; Farhat *et al.*, 2005; Ponce de Leon *et al.*, 1996; Gouveia &Fletcher, 2000). Porém, este desfecho detecta situações de maior gravidade clínica, que atingem somente uma pequena proporção da população (Xu *et al.*, 1995).

Estudos sobre as relações entre os poluentes atmosféricos e os *atendimentos médicos de emergência* e as *consultas ambulatoriais* por motivos respiratórios agudos não são muito prevalentes na literatura, apesar desta modalidade de atendimento ser

freqüente (Tenias *et al.*, 1998; Atkinson *et al.*, 1999; Lin *et al.*, 1999; Téllez-Rojo *et al.*, 1997; Ostro *et al.*, 1999; Fauroux *et al.*, 2000; Farhat *et al.*, 2005; Peel *et al.*, 2005). Isto resulta, provavelmente, da limitada disponibilidade de dados informatizados sobre morbidades nos bancos de dados de domínio público em muitos países e da dificuldade na validação dos diagnósticos clínicos. Nestes trabalhos, o desenho epidemiológico utilizado foi de estudo ecológico de séries temporais com contagem diária de eventos e que tem sido freqüentemente empregado em pesquisas acerca dos efeitos da poluição atmosférica na saúde.

A utilização de dados de saúde, obtidos a partir de atendimentos de emergência, pode contribuir para a ocorrência de associações espúrias entre os poluentes ambientais e os efeitos respiratórios. Isto acontece porque, nestes setores, muitos pacientes apresentam quadros clínicos instáveis e, somente a evolução, evidenciará a sua natureza. Também nas situações de emergência, a coleta e o registro das informações, com freqüência, são incompletos, induzindo conclusões equivocadas. Para atenuar estes problemas, os diagnósticos finais foram estabelecidos somente após a avaliação das crianças por dois médicos, em um estudo conduzido por Lin *et al.* (1999).

Repercussões clínicas leves no aparelho respiratório, sem necessidade de auxílio médico para a sua resolução, podem ocorrer após exposição a poluentes atmosféricos em concentrações ambientais pouco elevadas. Contudo, poucos estudos investigaram a associação dos níveis ambientais dos poluentes com estes casos. Registro de sintomas respiratórios, alteração das provas de função respiratória e maior uso de medicação broncodilatadora foram as variáveis de desfecho nos trabalhos de Peters *et al.*, 1997; Koe Nig *et al.*, 1993; Roemer *et al.*, 1993, respectivamente.

2.3.3 Por localização anatômica

Um número reduzido de estudos utilizou informações médicas obtidas em unidades de atendimento primário de saúde, onde as patologias são em geral de menor gravidade. Nestes locais, os atendimentos por queixas de saúde do trato respiratório superior como rinite, amigdalite, nasofaringite, sinusite são bastante freqüentes, principalmente na população infantil. Na cidade de Londres, em estudos de séries temporais, a elevação nos níveis ambientais de SO_2 do percentil 10 ao percentil 90 ocasionou aumento de 3,5% das consultas pediátricas por transtornos das vias aéreas superiores, excetuando rinite alérgica (Hajat *et al*., 2002). O mesmo autor também analisou somente os episódios de rinite alérgica como variável dependente para o mesmo aumento de SO_2 quatro dias antes das consultas e de O_3 no mesmo dia e nos três dias precedentes, e observou elevação significativa no número das consultas, principalmente no inverno, mesmo com concentrações baixas dos poluentes (Hajat *et al.*, 2001).

Riediker *et al* (2001) investigaram a influencia dos poluentes atmosféricos nos sintomas alérgicos das vias aéreas superiores e observaram relação positiva com níveis moderados de poluição. O resultado sugere que é maior a sensibilidade da mucosa nasal e conjuntival de indivíduos alérgicos a pólen em locais com maior nível de poluição.

Além da mucosa respiratória, outras estruturas das vias aéreas superiores também podem ser acometidas. Otite média é uma das infecções mais comuns entre as crianças, principalmente até os três anos de idade, e uma das principais causas de atendimento médico na infância. Além de poder surgir como complicação de uma infecção das vias aéreas superiores, há evidências da influencia da exposição aos poluentes ambientais na prevalência de sintomas das vias respiratórias. Apesar disto, poucos estudos focalizaram

a ocorrência de otite média como complicação de infecções do trato respiratório superior em relação à exposição aos poluentes ambientais. Heinrich *et al.* (2004) revisaram diversos estudos epidemiológicos sobre a ocorrência de otite média e a poluição do ar, e concluiram que, embora os dados sejam escassos, a hipótese de potenciais efeitos desencadeadores dos poluentes atmosféricos na otite média é válida, e deve continuar sendo investigada. Resultados mais consistentes foram vistos em crianças menores, onde o diagnóstico é mais prevalente.

2.3.4 Por sintoma ou diagnóstico específico

Os dados de morbidade e mortalidade foram apresentados ora como quantidades totais absolutas, independente do motivo do adoecimento (Gouveia & Fletcher, 2000, Fusco *et al*, 2001), ora relacionados a diagnósticos clínicos específicos, tais como asma brônquica (Tenias *et al.,* 1998), pneumonias (Peel *et al.,* 2005) e rinite alérgica (Hajat *et al.,* 2001).

Asma brônquica foi um evento respiratório bastante empregado como variável de desfecho nos estudos de poluição do ar (Galán *et al.*, 2003; Anderson *et al*., 1998; Fauroux *et al.,* 2000; Rios *et al*., 2004). O grande interesse por esta patologia é devido, provavelmente, às lacunas no conhecimento da fisiopatologia envolvendo fatores genéticos e ambientais, aliadas à sua elevada prevalência na população infantil, ao potencial de gravidade, às diferentes formas de apresentação na infância e à complexidade dos seus fatores de estabelecimento e de agravamento. No mundo atual, existem aproximadamente 300 milhões de pessoas, de todas as idades, portadoras de asma brônquica e, somente nos USA no ano de 2002, houve 1,9 milhão de atendimentos

de emergência, 484.000 hospitalizações e 4.261 mortes motivadas por asma (CDC, 2005; GINASTHMA, 2005).

Os sintomas de asma brônquica na idade pré-escolar são semelhantes aos das infecções respiratórias virais, que ocasionam um quadro clínico de bronquiolite, o que torna praticamente impossível a distinção entre as duas patologias. Para solucionar este problema, Faroux *et al.* (2000) excluíram crianças desta faixa etária e Farhat *et al.* (2005) consideraram os dois diagnósticos, asma brônquica e bronquiolite como doenças obstrutivas.

A maioria da literatura revista não mencionou os critérios que nortearam os encaminhamentos dos pacientes que procuraram atendimento hospitalar. A ausência desta informação pode ter levado à incorreta magnitude dos dados. Por exemplo, sabe-se que a inclusão dos casos clínicos, unicamente nos registros dos atendimentos de emergência ou nos de hospitalização, não é determinada somente pela sua gravidade, e que, em muitos países, a disponibilidade de leitos hospitalares é um fator limitante do número de hospitalizações naquele local. Excetua-se o estudo de Atkinson *et al.* em 1999, onde é referenciado que os casos mais graves foram encaminhados para o setor de internação.

A realização de triagem para os atendimentos infantis conforme a gravidade do quadro clínico também não foi indicada na literatura revista.

2.4 Variáveis de confundimento e variáveis modificadoras de efeito em estudos ecológicos

Nos estudos ecológicos de séries temporais, assim como em todos os estudos epidemiológicos, a observação de associações espúrias é minimizada através do controle

adequado das variáveis de confusão. As variáveis de confusão, neste caso, são as condições que possuem um modelo de variação diária e que podem interferir na associação dos poluentes ambientais e os efeitos na saúde. Usualmente, são os componentes próprios de séries temporais, como a tendência temporal, a sazonalidade e os fatores meteorológicos (Filleul *et al.*, 2001). Variáveis de controle, usuais em outros métodos de estudos epidemiológicos, tais como tabagismo, hábitos alimentares, escolaridade e renda familiar, não são cabíveis, já que não variam da mesma forma que os eventos de desfecho e os poluentes ambientais (Castro *et al.*, 2003). Em outras palavras, são características constantes da mesma população em um curto período de tempo.

Nos últimos anos, o ajuste das variáveis de confusão foi aprimorado pela utilização de técnicas estatísticas mais sofisticadas nas análises da relação da poluição do ar e os distúrbios respiratórios. Todavia, a adoção de diferentes metodologias, principalmente na seleção das variáveis de confusão, deve ter contribuído para a pouca consistência dos estudos. Não houve conflitos quanto à inclusão nos modelos de regressão da tendência temporal de longo prazo, dos ciclos sazonais, dos fatores meteorológicos e dos fatores do calendário. Porém, o mesmo não pode ser dito dos alergenos respiratórios e das epidemias de infecções respiratórias. Estas variáveis merecem algumas considerações.

2.4.1 Alergenos respiratórios ambientais

Alergenos respiratórios são substâncias capazes de desencadear respostas imunológicas através da produção de anticorpos IgE em indivíduos portadores de determinados erros genéticos. Isto acontece porque o sistema imunológico reage contra

estes elementos identificados como “agressoras”. Os alergenos, geralmente, são proteínas ou glicoproteínas contidas em produtos naturais ou substâncias químicas. No ar ambiental externo, incluem-se neste grupo, principalmente, os vários tipos de pólens e os fungos, que são elementos de origem biológica. Nos países em que o clima quente é predominante nos ambientes domiciliares, destaca-se a poeira domiciliar contendo resíduos da descamação da pele, fragmentos de insetos, ácaros, e fungos (Pandya *et al.*, 2002).

Além dos alergenos respiratórios, há vários fatores ambientais que facilitam a expressão dos gens responsáveis pelas alergias, favorecendo o aparecimento das manifestações respiratórias. São eles: as viroses respiratórias, a poluição ambiental e os irritantes respiratórios em geral, como os odores fortes, exercício intenso, baixa temperatura e fumaça de cigarro.

Os pólens são os gametas masculinos das plantas que, em determinadas épocas do ano, principalmente na primavera e no verão, são levados pelo vento em busca de hormônio feminino. Possuem tamanhos microscópicos, e causam 40% de todas as rinites e mais de 30% de todos os quadros de asma brônquica. As manifestações clínicas de lacrimejamento, conjuntivite, espirros em salvas, secreção nasal aquosa abundante e prurido nasal são características da exposição aos pólens, e são conhecidas como febre do feno. Os indivíduos sensíveis aos pólens apresentam hiper-atividade brônquica e podem ter sintomas de asma (MAILXMAIL, 2005).

Os tipos e as concentrações ambientais externas dos alergenos respiratórios, principalmente pólens e fungos, variam ao longo do tempo e entre as regiões. Desta forma, o potencial antigênico e a capacidade de causar irritação na mucosa não são os

mesmos entre os pólens das inúmeras espécies de flores. Estas características podem ter contribuído para os diferentes efeitos causados pela inclusão das medidas de pólens ambientais nos modelos estatísticos.

Conforme as cidades adquiriram características urbanas nos últimos quarenta anos, a prevalência de doenças alérgicas na população infantil tendeu a aumentar (O'Connell, 2003; Ball *et al.*, 2000; Ramsey *et al.*, 2004). A atuação isolada e as relações entre os fatores de risco têm sido investigadas. Atualmente, os focos recaem nos transtornos congênitos genéticos e imunológicos, infecções nos primeiros anos de vida, tabagismo materno durante a gravidez, aleitamento materno por menos de seis meses, fatores dietéticos, obesidade, baixo peso ao nascer e na menor freqüência de exposição às infecções e outros estímulos imunológicos na infância, que são responsáveis pelo desenvolvimento da resposta linfocitária adequada (hipótese da higiene) (O`Connell, 2003).

A ação dos alergenos atmosféricos na gênese de doenças respiratórias é reconhecida há muito tempo. Na literatura, existem inúmeros relatos da sua importância (Crighton *et al.*, 2001; Hiltermann *et al.*, 1998; D'Amato *et al.*, 2002; Gavett *et al.*, 2001), provavelmente, através de uma resposta inflamatória da mucosa brônquica nos indivíduos susceptíveis (Delfino *et al*, 1997). Entretanto, a importância deste ou daquele agente na origem das manifestações clínicas nas vias aéreas superiores e inferiores não foi elucidada.

A associação entre atendimentos médicos de emergência por asma em crianças e a concentração ambiental de pólen e esporos de fungos foi investigada em um estudo de séries temporais de base populacional in Ottawa, Canadá. Nesta pesquisa, os fatores de

confusão envolvidos foram sazonalidade, condições meteorológicas, infecções respiratórias virais e os poluentes atmosféricos. O resultado revelou aumento de 8,8% dos atendimentos de emergência por asma para elevações dos níveis ambientais dos esporos de fungos, e nenhum efeito significante entre os atendimentos de emergência por asma e diferentes tipos de pólens (Dales *et al.*, 2000). Resultados semelhantes foram obtidos por Delfino *et al.* (1997).

Na cidade de Londres, estudos de séries temporais que buscaram associações entre os poluentes atmosféricos e as patologias das vias respiratórias superiores tiveram resultados distintos. Nestes casos, os sintomas das vias aéreas superiores, principalmente rinite alérgica, estavam relacionados aos níveis ambientais de pólen e aos poluentes atmosféricos (Hajat *et al.*, 2001; Hajat *et al.*, 2002). Dales *et al*, 2000 confirmam a importância da exposição ao pólen como causa de rinite e conjuntivite.

Entretanto, D′Amato (2002) aponta para os sintomas de obstrução brônquica como a principal conseqüência da exposição de indivíduos predispostos aos alergenos ambientais, inclusive aos grãos de pólen. Segundo o autor, os alergenos agregam-se às partículas aéreas e, desta forma, podem induzir o surgimento dos sintomas respiratórios.

Contrariando a maioria das conclusões prévias, em recente publicação, Atkinson (2004) questionou não só a função dos alergenos do ar, pólens e esporos de fungos no surgimento dos efeitos respiratórios, como também a interferência dos poluentes atmosféricos e de fatores meteorológicos nas ações destas substâncias. Sugere que mais estudos serão necessários para a identificação dos tipos de alergenos implicados no agravamento da asma brônquica.

No Rio de Janeiro, não existe a monitorização sistemática dos alergenos respiratórios, e não foi localizada nenhuma publicação recente sobre as características dos pólens nesta cidade.

2.4.1.1 Interação entre poluentes atmosféricos e aeroalergenos externos

Na atualidade, vários autores acreditam que o aparecimento de muitos sintomas respiratórios resulte da ação de vários fatores ambientais, incluindo a poluição do ar, que sensibilizam as vias aéreas de indivíduos geneticamente susceptíveis às ações dos alergenos. Isto explicaria, ao menos em parte, o aumento no número de casos de doenças respiratórias alérgicas em todo o mundo, principalmente em áreas onde o processo de urbanização é crescente. (Cacciola *et al.*, 2002; D′Amato, 2002).

Entretanto, Peden (2003) afirmou que as evidências desta associação são insuficientes e que, uma vez que as interações entre os principais poluentes do ar e os aeroalergenos foram pouco estudadas, as informações disponíveis podem ser subestimadas. O mesmo autor indicou que os poluentes podem modificar ou aumentar a resposta aos alergenos e, provavelmente, o contrário também ocorre.

Na pesquisa de Dales *et al*. (2000), investigou-se os efeitos das concentrações ambientais de O_3, SO_2, NO_2 e SO_4 na associação de pólens e fungos com os atendimentos de emergência ocasionados por asma brônquica. Resultado positivo de pequena magnitude foi visto para O_3 nos atendimentos atribuídos aos esporos de fungos. Este efeito não foi afetado pela presença dos outros poluentes.

Anderson *et al* (1998), em um estudo de séries temporais em Londres - que teve como objetivo verificar a associação dos níveis ambientais de O_3, SO_2 e NO_2 e fumaça preta (*black smoke*) com as admissões de emergência por asma em crianças, adultos e

idosos - examinaram os possíveis efeitos de confusão de três espécies de pólens e a existência de interação entre estes e os poluentes. Concluíram que os efeitos não foram afetados pelos pólens, e que não houve interação entre eles. No mesmo trabalho, os autores comentam que estudos experimentais em animais e em humanos sugerem que, em indivíduos sensíveis, O_3, SO_2, NO_2, e PM_{10} podem agudizar episódios de asma brônquica por ação irritante direta, ou potencializando os efeitos dos alergenos.

Galán *et al.* (2003) incluiram, em seu estudo, os níveis ambientais de grãos de pólen como possível fator de confundimento da associação entre admissões de emergência por asma e poluentes atmosféricos em Madri entre 1995 e 1998. Assim como nas pesquisas de Anderson *et al.* (1998), Hajat *et al.* (1999) e Fauroux *et al.* (2000), foi observado que, em Madri, a associação foi independente e não foi modificada pelos efeitos dos vários tipos de pólens.

Embora vários estudos tenham indicado que os níveis diários de pólens, quando analisados em conjunto, não interferiram na relação entre a poluição ambiental e asma brônquica e outras patologias do trato respiratório inferior (Hajat *et al*., 1999), outros autores responsabilizam os fungos, na forma de esporos, por este efeito. Estes autores sugerem a inclusão dos fungos nesta forma nos estudos futuros, ao invés das espécies de pólens (Anderson *et al.*, 1998; Atkinson *et al.*, 1999; Dales *et al.*, 2000). Isto poderia ser justificado pelas diferentes dimensões destes alergenos. Os esporos de fungos, ao contrário dos pólens, são partículas pequenas que atingem as porções menores e mais internas das vias aéreas (Anderson *et al.*, 1998).

2.4.2 Infecções respiratórias

O ar inalado não contém somente gases, material particulado e alergenos respiratórios. Existem também microorganismos como bactérias, vírus e fungos, que facilmente alcançam a mucosa respiratória, devido ao contato direto desta estrutura com o ar ambiental.

Apesar dos mecanismos de defesa naturais, representados principalmente pelo *clearance* mucociliar, as infecções das vias respiratórias superiores, como gripe, sinusite, faringite, são bastante freqüentes. Em geral, as crianças em idade pré-escolar têm seis a dez resfriados ao ano (Telles Filho, 2005). Às vezes, os mecanismos de defesa são mais ineficazes e infecções mais severas se instalam, ou surgem como complicações de infecções brandas.

Crianças com idades inferiores a três anos com infecções respiratórias, apresentando chiado no peito, geralmente, têm bronquiolite. Nesta faixa etária, o vírus sincicial respiratório é a causa mais freqüente, e não há relação com doenças alérgicas. Em crianças mais velhas, as infecções virais são comumente causadas pelo rinovirus e, naquelas hipersensíveis, podem surgir sintomas agudos de asma. Outros vírus relacionados a exacerbações de asma são enterovirus, vírus influenza A e B, vírus parainfluenza, coronavirus, adenovirus (Tan, 2004, Crighton *et al.*, 2001).

Existem muitas evidências do envolvimento das infecções virais com as exacerbações de asma brônquica e, para Dales *et al.* (2000), as infecções virais são as causas mais importantes e, até mesmo, essenciais. Contudo, o preciso mecanismo, através do qual os vírus provocam os sintomas, permanece desconhecido. Alguns autores afirmam que existem fortes evidências de que os vírus aumentam a resposta brônquica

aos alergenos em indivíduos alérgicos (Telles Filho, 2005). Para outros, parece que as exposições a alergenos respiratórios e infecções virais possuem ações independentes e sinérgicas nos sintomas respiratórios (Gern, 2004)

Outros, ainda, analisaram a relação entre os poluentes do ar e as infecções respiratórias, principalmente as de origem viral, na gênese de vários distúrbios respiratórios, e alguns mecanismos foram propostos. Para Farhat *et al*. (2005), exposições a misturas de poluentes causam danos ao epitélio mucociliar e perda dos cílios, maior densidade do muco, maior resposta inflamatória e aumento da frequência de doenças inflamatórias e infecciosas. A irritação da mucosa brônquica causada pelos poluentes atmosféricos favorece e amplifica a ação lesiva dos microorganismos (Telles Filho, 2005), e contribui para a sensibilização da mucosa brônquica à ação dos alergenos ambientais, por aumentar a exposição de células do sistema imunológico.

Somente poucos autores utilizaram as infecções respiratórias como fatores de confusão. Nestes casos, os registros das epidemias de influenza foram utilizados como indicadora desta variável (Ponce de Leon *et al.*, 1996, Anderson *et al.*; 1998 Fauroux *et al.*, 2000; Fusco *et al.*, 2001; Atkinson *et al.*, 1999, Tenias *et al.*, 1998; Hajat *et al.*, 1999). Uma explicação seria que, assim como os níveis ambientais dos principais alergenos não são monitorados rotineiramente em muitas regiões, também não é sempre que existem dados informatizados dos atendimentos médicos ambulatoriais ou de emergência. Por este ou por outros motivos, o fato é que são necessários novos estudos acerca da interferência das infecções respiratórias na associação dos poluentes atmosféricos e os efeitos na saúde.

Segundo Braga *et al.* (2000), a efetividade da inclusão desta variável não foi sistematicamente analisada e, além disto, a utilização de epidemias de influenza pode não controlar adequadamente as epidemias respiratórias. Estes autores conduziram um estudo cujo objetivo foi avaliar a interferência de epidemias de doenças respiratórias na associação entre poluição do ar e mortalidade diária como variável dependente em cinco cidades dos Estados Unidos da América (USA). Admissão hospitalar por pneumonia foi escolhida como a variável indicadora das infecções respiratórias, uma vez que compreende outros microorganismos além do vírus influenza. Sempre que a média móvel de três dias das admissões hospitalares por pneumonia estava acima do seu percentil 90, foram considerados dias epidêmicos. Os períodos com mais de dez "dias epidêmicos" consecutivos foram considerados como epidemias. De maneira semelhante, Galán *et al.* (2003) ressaltaram que, em estudos sobre associações dos poluentes e a ocorrência de asma, melhor ajuste do modelo foi encontrado com o número diário de infecções respiratórias agudas, ao invés de infecções virais. Isto se justifica pela maior relação entre as infecções respiratórias agudas e a asma.

2.5 Poluentes ambientais (variáveis independentes)

Na atmosfera, existem milhares de substâncias químicas inaláveis que podem causar efeitos lesivos na saúde de acordo com as características da exposição, da concentração que atinge os órgãos-alvo e da resposta biológica do organismo. Apesar das toxicidades destas substâncias serem sistematicamente reavaliadas, persistem muitas lacunas -- principalmente na compreensão dos efeitos determinados pelas exposições

múltiplas, dos mecanismos de ação e do potencial para causar ou exacerbar determinadas patologias.

A imensa variedade de poluentes atmosféricos, liberados de diferentes fontes, inviabiliza a identificação de um mecanismo de toxicidade específico. Na prática, a ação de cada substância não é isolada, e os efeitos na saúde resultam de misturas de poluentes, que podem agir de forma sinérgica ou aditiva, cuja compreensão está longe de ser alcançada (Romieu *et al.*, 2002; Trasande *et al.*, 2005; Katsouyanni, 2003).

Os mecanismos de ação de alguns poluentes foram revelados por estudos em animais. No entanto, estas conclusões não podem ser extrapoladas com fidelidade para os seres humanos. O estudo das misturas de poluentes do ar é extremamente complexo e ainda está nas fases iniciais (Katsouyanni, 2003).

Segundo o Conselho Nacional do Meio Ambiente “entende-se como poluente atmosférico qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os 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“(BRASIL, 1990).

2.5.1 Classificação dos poluentes

Devido à diversidade nas suas apresentações, os poluentes podem ser classificados de várias formas:

→ *Segundo a composição química*: (CETESB, 2006)

Podem ser: - compostos de enxofre (SO_2, SO_3, H_2S, sulfatos)

- compostos de nitrogênio (NO, NO_2, NH_3, HNO_3, nitratos)
- compostos orgânicos de carbono (hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos, cetonas, ácidos orgânicos)
- monóxido de carbono
- compostos halogenados (HF, cloretos, fluoretos)
- material particulado no estado sólido ou líquido
- ozônio

→ *Segundo a origem da sua formação:*

Podem ser: - Primários: quando emitidos diretamente na atmosfera

Ex: SO_2, CO, PM_{10} e algumas espécies de NO_X

-Secundários: quando são formados no ar, como resultado de reações químicas entre outros poluentes ou gases atmosféricos, na presença de luz e/ou umidade.

Ex: O_3, algumas espécies de NO_X e partículas secundárias (como sulfatos).

→*Segundo a seu local preferencial:*

Podem ser: - *Indoor*: quando têm sua ação em ambientes fechados.

Ex: . produtos oriundos da combustão de gases de cozinha e de aparelhos de ar-condicionado.

.suspensão de partículas.

.fumaça

. poeira orgânica, que pode conter resíduos de pele e fezes de animais,fungos e microorganismos.

.produtos originados da combustão de outros materiais (como cigarro, madeira, CO e CO_2).

.determinados compostos orgânicos voláteis (aldeídos, álcoois, cetonas,...)

- *Outdoor*: quando permanecem, principalmente , no meio externo

.Ex: .SO_2, O_3, NOX, CO, PM_{10}
.compostos orgânicos voláteis

Os níveis ambientais deste último grupo de poluentes são adequados a desenhos ecológicos e compreenderam as variáveis explicativas consideradas neste estudo.

→*Segundo a forma em que se encontram na natureza:*

Podem ser: - Gases: SO_2, NO_X, O_3, CO
. compostos orgânicos voláteis (hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, benzeno, dioxinas e aldeídos).
- Partículas: Têm composição e tamanhos que influenciam mais, ou menos, os efeitos na saúde.
Ex: poeiras,brumas,fumaças.
Quanto ao seu diâmetro, classificam-se em:
-- Grossas (*coarse particles*)- PM_{10} -- entre 2,5 e 10µm
-- Finas (*fine particles*)- $PM_{0,1-2,5}$ – entre 0,1 e 2,5µm
-- Ultrafinas – menores que 0,1µm,

2.5.2 Fontes dos poluentes

Atualmente, nas grandes cidades, a principal fonte de contaminação do meio ambiente é a queima incompleta dos combustíveis fósseis utilizados em motores de veículos automotores, que gera e libera uma mistura de substâncias químicas irritantes e tóxicas, composta de hidrocarbonetos, gases e partículas. Consequentemente, o tráfego intenso de caminhões, carros e ônibus nas áreas urbanas das metrópoles produz concentrações atmosféricas dos principais poluentes muito acima dos limites aceitáveis. Maior preocupação existe pelo fato de que o consumo mundial de petróleo aumentou

cerca de três vezes a partir de 1960, e que existem mais de 500 milhões de veículos automotivos em todo o mundo (GEOCITIES, 2005).

Outras possíveis fontes são os grandes parques industriais e os estabelecimentos comerciais que utilizam solventes orgânicos, como as lavanderias, a exaustão dos combustíveis fósseis e a suspensão das partículas de poeira depositadas nas grandes avenidas. Maior concentração dos poluentes é devida também aos materiais oriundos da queima dos combustíveis empregados nos aviões e locomotivas, e os produtos gerados em fogões a lenha, hidrelétricas e em todas as atividades que envolvam a queima de carvão ou solventes orgânicos, óleos minerais e diesel (Trasande *et al.*, 2005).

Em determinadas regiões onde a atividade agrícola é intensa, e o uso de agrotóxicos é feito de forma inadequada, a possibilidade de contaminação do ar com estas substâncias deve ser considerada. Nos países de clima frio, a poluição do ar intradomiciliar também pode ser originada pelo uso de aquecedores a gás ou óleo e pela queima de madeira no interior das residências (Bernard *et al.*, 2001).

No final do século passado, foram adotadas medidas governamentais rigorosas, principalmente nos países mais desenvolvidos, para diminuir a produção e controlar a emissão dos poluentes. Desta forma, como exemplo, novos modelos de automóveis utilizam um catalisador que transforma CO, NO e determinados hidrocarbonetos em substâncias menos tóxicas, como CO_2 ou água. A ausência, ou a pouca eficácia, destas medidas nos países pouco desenvolvidos - aliada à maior aglomeração urbana e à utilização nos veículos automotivos de combustíveis não recomendados - acarretou a persistência de elevadas concentrações atmosféricas dos poluentes (Romieu *et al.*, 2002).

Segundo Katsouyanni *et al*. (2003), a mudança nas principais fontes de emissão contribuiu de forma expressiva para as alterações na mistura dos poluentes atmosféricos. Nos dias atuais, em países industrializados, cresce a percentagem de novos carros com motores a diesel, já que existe um forte estímulo à utilização destes veículos desde o início da década de 90, através da redução de tarifas e impostos. Isto ocorreu porque, ao contrário dos veículos a gasolina, o diesel produz 25% menos CO_2, principal contribuinte para o aquecimento global. Esta política deveria ser revista, uma vez que, hoje em dia, este combustível é a maior fonte de partículas inaláveis (D′Amato *et al.*, 2002).

Apesar das diferentes formas de os países conduzirem este problema, milhares de elementos químicos e biológicos inaláveis são produzidos e eliminados no ambiente continuamente, em maior ou menor quantidade. Nos últimos 50 anos, nos USA, mais de 80.000 novos produtos químicos foram sintetizados e distribuídos, e muitos foram liberados na atmosfera. Avaliações de toxicidade geral foram realizadas para algumas substâncias, porém, menor ênfase foi dada aos efeitos tóxicos em fetos e em crianças (Trasande *et al.*, 2005).

2.5.3 Principais poluentes

Em 1997, foram estabelecidos, nos USA, os níveis aceitáveis de qualidade do ar ambiental (*National Ambient Air Quality Standards*) de seis poluentes - NO_X, O_3, SO_2, PM_{10}, CO e chumbo - (*criteria air pollutants*), que passaram a ser incluídos na maioria dos estudos acerca dos efeitos da poluição atmosférica na saúde humana (American Academy of Pediatrics, 2004).

Alguns compostos dos **óxidos de nitrogênio** – NO_X – são componentes atmosféricos, e utilizados para designar a mistura de NO e NO_2 no ar. Motores de

veículos a gasolina ou a diesel, refinarias e siderúrgicas são as principais fontes de emissões ambientais de NO_X durante processos de combustão em altas temperaturas (Trasande *et al*, 2005).

O monóxido de nitrogênio ou óxido nítrico (NO) é um gás tóxico incolor, que reage com o O_2 e com o O_3 originando o dióxido de nitrogênio (NO_2), um gás avermelhado muito tóxico. Assim como o O_3, o NO_2 é um agente oxidante, embora menos reativo e, por isto, provavelmente menos potente. Exposições a óxidos de nitrogênio favorecem a instalação de infecções respiratórias e o surgimento de sinais de obstrução brônquica, e podem potencializar os efeitos respiratórios causados pelos alergenos do ar (Bernstein, 2004).

O **ozônio** – O_3 - é um gás azul, de odor picante característico. É um agente oxidante altamente reativo e muito tóxico. Origina-se das descargas elétricas na atmosfera e pela ação da luz do sol em hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio, resultantes da combustão interna de veículos e de fontes industriais. Por ser produzido em reações fotoquímicas na atmosfera e não ser emitido diretamente das fontes poluidoras possui um padrão de variação sazonal e diária diferentes dos outros poluentes. Ele é mais elevado no verão, em dias ensolarados e com poucos ventos, principalmente à tarde. Suas concentrações são mais baixas à noite, de madrugada e no inverno (Schwartz, 2004). Age como um potente irritante respiratório, causa dano tissular, reduz a função pulmonar e sensibiliza os pulmões a outros irritantes. É associado a um maior risco de exacerbações de asma brônquica devido à irritação e inflamação da mucosa respiratória, hiperreatividade brônquica e facilitação da ação dos alergenos (Bernstein *et al.*, 2004). O O_3 estava associado com crises de asma e

outras patologias respiratórias em uma série de etudos (Delfino *et al.*, 1997, Stieb *et al.*, 1996).

O **dióxido de enxofre** -SO_2 - é um gás amarelado, que possui odor característico de enxofre e, em contato com superfícies úmidas, é convertido em ácido sulfúrico, o que lhe confere elevado potencial irritante das vias aéreas superiores e inferiores. Além do SO_2, outros derivados do enxofre podem causar efeitos respiratórios, como os sulfatos e aerosóis ácidos. Em portadores de asma brônquica, pode ocasionar broncoconstricção reflexa, reversível, mesmo em concentrações ambientais bem menores do que a necessária para produzir o mesmo efeito em indivíduos sadios. Ao contrario do O_3, o efeito broncoconstrictor do SO_2 nos asmáticos ocorre após períodos curtos de exposição. O SO_2 é produzido na queima de combustíveis fósseis contendo enxofre, e é liberado na atmosfera como um resultado de combustão industrial de carbono e derivados de petróleo ricos em enxofre (D′Amato *et al*, 2002).

As concentrações ambientais diminuíram em mais de 50% nos últimos quinze anos nos países industrializados, devido à utilização de combustíveis com menos enxofre, à instalação de dispositivos em chaminés para diminuir a emissão de poluentes no meio ambiente, ao deslocamento de grandes indústrias para regiões afastadas das metrópoles e à instalação de usinas nucleares para a geração de energia (Telles Filho, 2005).

O mecanismo de ação do SO_2 é ainda incerto. A hipótese de o efeito respiratório ocorrer por uma ação direta na mucosa brônquica é sugerida por Katsouyanni *et al.* (1997), que também afirmam que os asmáticos são um grupo mais

sensível, embora com respostas variadas. A possibilidade de este gás ser um marcador de partículas finas também foi apontada por esta autora, uma vez que, no início do século XX, ambos eram derivados primariamente da combustão de carvão. Atualmente, não obstante o efeito de SO_2 aparente ser independente de partículas em modelos multipoluentes, na realidade, parece ser um indicador de características específicas de partículas (Katsouyanni *et al.*, 2003). Segundo D′Amato *et al.* (2002), exposições ao SO_2 também aumentam a resposta respiratória a outros agentes ambientais que exacerbam o broncoespasmo.

O **monóxido de carbono –** CO - é um dos importantes produtos resultantes da queima parcial de combustíveis carbonáceos, como a gasolina e o gás natural. A sua presença em altos níveis pode indicar a existência de outros poluentes não mensurados. Não existem evidências de que o CO tenha um efeito significante na função respiratória (O'Connell, 2003). A afinidade da hemoglobina com CO é 200-250 vezes maior do que com oxigênio. Aproximadamente 80-90% do CO absorvido se liga à hemoglobina para formar carboxihemoglobina no sangue, e os quadros clínicos de intoxicação por CO surgem como conseqüência da interferência no transporte do O_2. Estudos epidemiológicos recentes mostraram evidencias de associação de exposição ao CO e arritmias cardíacas, admissão hospitalar e mortalidade por doenças cardíacas (Katsouyanni *et al.*, 2003).

Os **materiais particulados** - PM - estão na atmosfera como uma mistura complexa de partículas heterogêneas, sólidas ou líquidas, com níveis de toxicidade que variam segundo seus tamanhos, formas, área, composições químicas e propriedades físicas.

Segundo D'Amato *et al*. (2002), o parênquima pulmonar humano retém $PM_{10-2,5}$, enquanto que partículas maiores do que 5µm e menores do que 10µm alcançam as porções proximais das vias aéreas, sendo eliminadas pelo *clearance* mucociliar se a mucosa das vias aéreas estiver intacta. Partículas maiores do que 10µm em geral são produtos de emissão industrial e depositam-se próximo a sua fonte.

A monitorização ambiental das partículas com diâmetros reduzidos, como as partículas finas e ultrafinas, deve ser estimulada. A verificação somente dos níveis atmosféricos de PM_{10} não dá a medida da proporção das partículas com diâmetros menores do que 2,5µm.

Suas dimensões aerodinâmicas podem indicar as suas origens. As $PM_{2,5-10}$ derivam, principalmente, de poeiras oriundas da erosão do solo e rochas, poeiras do solo e lixos de construções civis, e podem ter elevadas concentrações de óxidos minerais inorgânicos. Partículas finas e ultrafinas são, primordialmente, agregados de partículas menores, provenientes da queima incompleta de combustíveis de motores automotivos, de usinas e operações industriais, da combustão da madeira e outros materiais orgânicos. (American Academy of Pediatrics, 2004).

O **particulado da exaustão do diesel (DEP)** é responsável por mais de 90% do material particulado emitido nas grandes metrópoles (Telles Filho, 2005). É caracterizado por um núcleo carbonáceo com aproximadamente 18000 diferentes compostos orgânicos de alto peso molecular absorvidos na superfície. Contém significante proporção de carbono elementar e, devido ao seu tamanho reduzido, são facilmente inaláveis (Slaughter *et al.*, 2004).

Existem evidências de que as DEP depositadas na mucosa das vias aéreas se difundem através das membranas celulares graças aos hidrocarbonetos poliaromáticos (PAH) adsorvidos. Por meio de ações específicas nos núcleos celulares, PAHs podem modificar programas de crescimento e diferenciação celulares. As respostas respiratórias alérgicas podem ser facilitadas pelo DEP, uma vez que, supõe-se, alergenos aéreos liberados por grãos de pólens são adsorvidos na sua superfície. Isto prolongaria a retenção do alergeno e acarretaria uma aumentada resposta respiratória mediada por IgE (D′Amato *et al.*, 2002).

Alguns mecanismos de ação foram propostos a partir de estudos experimentais, destacando-se a estimulação de receptores irritativos pulmonares, as respostas celulares e tissulares mediadas por endotoxinas e as modificações covalentes de enzimas. Nos humanos, os efeitos mais bem caracterizados foram aqueles envolvidos nos processos inflamatórios pulmonares, através da liberação de citoquinas e leucócitos, e a produção de espécies reativas de oxigênio nos pulmões. Embora não se saiba qual componente das partículas é o responsável pela produção destas espécies de oxigênio, existem evidências da atuação de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, quinonas e determinados metais de transição, como vanádio, cobre, cromo, níquel, cobalto e ferro (Nel, 2005).

Outros possíveis mecanismos relacionam-se à toxicidade dos componentes orgânicos adsorvidos na superfície das partículas, à presença de um núcleo carbônico nestas partículas (Trasande *et al.*, 2005) e à ação dos alergenos respiratórios ambientais.

Além dos compostos de carbono, outros elementos fazem parte da composição das partículas em suspensão segundo a fonte de emissão, como: hidrocarbonetos derivados da combustão incompleta do carvão, cinzas inorgânicas produzidas pela combustão de combustíveis sólidos, sulfato de amônio, emissões industriais de óxido de ferro e poeiras de cimento (Duchiade, 1992).

Infelizmente, as agências regulamentadoras da qualidade do ar ainda não estabeleceram limites e normas de exposição para as partículas ultrafinas, que atingem as regiões mais internas da árvore respiratória, e que são os principais componentes das emissões veiculares (Nel, 2005).

Os riscos atribuídos a estas partículas não são completamente conhecidos, embora elas sejam mais abundantes no ar respirado e potencialmente mais tóxicas do que as partículas maiores, devido ao seu maior conteúdo de metais de transição (Bernstein *et al*, 2004).

No Brasil, a emissão de elementos químicos tóxicos por veículos automotivos é a principal causa da contaminação do ar nas principais metrópoles. Entretanto, poucas regiões têm os poluentes do ar ambiental aferidos rotineiramente e, apenas a cidade de São Paulo monitora, analisa e toma decisões a partir destas informações. Apesar da carência de registros, após a adoção de medidas governamentais - que visaram reduzir a produção e emissão de poluentes pelos veículos automotivos em todo o país - certamente houve uma melhora da qualidade do ar no final do século passado nas principais regiões urbanas, seguindo a tendência de vários países.

O PROCONVE, Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores, instituído em 1996, previa, entre outros itens, o desenvolvimento e a

adoção de tecnologias na indústria automotiva, como a injeção eletrônica e o uso de catalisadores. A adequação dos novos veículos às exigências legais possibilitou o sucesso deste programa, visto pela redução média de quase 90% na emissão de poluentes pelos veículos leves novos, em relação ao início do programa (Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente, 2005).

Além da implementação de novas tecnologias na fabricação dos motores, o PROCONVE também estipulou as características da qualidade dos combustíveis comercializados, para garantir um baixo potencial poluidor. Um importante avanço nesta direção ocorreu com a adição de etanol à gasolina como agente antidetonante, em substituição aos aditivos com chumbo. (COMCIÊNCIA, 2005)

De forma global, ainda causam grande preocupação a crescente frota de veículos automotivos e a utilização legal de combustíveis com elevado potencial poluidor, como o diesel, apesar das medidas restritivas implantadas.

Embora a poluição do ar não deva ser apontada como a única causa, suas conseqüências já foram observadas por vários pesquisadores, que verificaram maior prevalência e severidade das patologias respiratórias, principalmente doenças obstrutivas, em todas as faixas etárias nos últimos anos. (Trasande *et al.*, 2005). Segundo Pandya *et al.* (2002), o aumento da prevalência de asma na infância, nos USA, no período de 1980 a 1994, foi de 160% em crianças com menos de 4 anos, e de 74% em crianças acima desta idade.

2.5.4 Os principais combustíveis

- Gasolina

As gasolinas são constituídas por uma mistura complexa e de proporções variadas de hidrocarbonetos, derivados do refino do petróleo. A produção de monóxido de carbono -- ou de óxidos de nitrogênio e de dióxido de enxofre -- ocorre não só quando há queima de impurezas, como também quando a gasolina não reage totalmente com o O_2, isto é, a combustão da gasolina é parcial.

No Brasil, na década de 80, os derivados de chumbo (chumbo tetra etila, chumbo tetra metila) foram eliminados da gasolina. Uma nova tecnologia foi desenvolvida com a adição do etanol anidro à gasolina que mantém a octanagem do combustível, na ausência de chumbo. Todavia, a composição da gasolina foi alterada com a adição de novos aditivos, como o metilterciariobutil éter (MTBE), etilterciáriobutil éter (ETBE), álcool butílico terciário (TBA), metilciclopentadienilmanganês tricarbonila (MMT), etc... (COMCIÊNCIA, 2005).

- Diesel

A composição do diesel é bastante variada, devido às diferenças nas origens do petróleo utilizado como matéria prima e nos processos de refino. Basicamente, compreende hidrocarbonetos alifáticos com nove a vinte e oito átomos de carbono, e contém elevado teor de enxofre.

Nas últimas décadas, o aumento da frota de veículos com motores a diesel despertou a atenção de inúmeros pesquisadores sobre a importância deste combustível como fonte de poluentes do ar, e as consequências que a sua utilização acarreta na saúde.

Na Europa, atualmente, além dos ônibus e caminhões, é grande a quantidade de veículos de pequeno e médio porte que utiliza este combustível. Como dados positivos, existem a grande durabilidade e pequeno custo de manutenção dos motores, o baixo consumo do combustível, o seu menor preço e a economia resultante. Por outro lado, a utilização do diesel em veículos de combustão interna acarreta a combustão incompleta e formação dos elementos tóxicos.

A queima parcial do óleo forma a fuligem, que é uma fumaça negra característica da emissão de ônibus e caminhões, e composta, essencialmente, por partículas esféricas respiráveis, com diâmetros aerodinâmicos entre 0,1 e 0,5µm. Esta superfície proporcionalmente grande facilita a absorção de metais pesados, aerosóis ácidos, compostos orgânicos e pólens. A toxicidade destes compostos é incrementada pelo fato de estarem embebidas em substâncias oleosas em geral.

Os motores a diesel têm uma exaustão complexa e, apesar de emitirem menos CO do que os motores a gasolina, eles liberam na atmosfera dez vezes mais NO_2, aldeídos e partículas inaláveis. Além disto, o diesel é a maior fonte de partículas finas nas áreas urbanas (Telles Filho, 2005).

Segundo Rios *et al.* (2004), as partículas produzidas na exaustão do diesel compreendem aproximadamente 40% do PM_{10} atmosférico. Para D′Amato *et al* (2002), este índice é maior do que 90% nas maiores cidades do mundo.

- Etanol

No Brasil, o desenvolvimento de tecnologia apropriada permitiu a utilização de etanol nos motores dos veículos, e representou um importante avanço na produção de combustíveis com menor potencial poluidor. Nestes casos, as emissões de NO_X e SO_2 são

pequenas, mas os aldeídos formados são lesivos para a saúde humana (GEOCITIES, 2005).

- Gás natural

O gás natural é uma das fontes de energia com menor capacidade poluidora do meio ambiente e, cada vez mais, é utilizado nas indústrias, nas residências e em veículos, em substituição aos óleos e ao carvão. É composto por uma mistura variada de hidrocarbonetos leves, principalmente o gás metano, seguido do etano, propano e butano, que permanece no estado gasoso na temperatura ambiente e pressão atmosférica. A pequena capacidade poluidora é devida à sua combustão completa, que libera vapor de água e CO_2 (AMBIENTEBRASIL, 2005).

2.6 Poluentes e Saúde:

Desde o século passado, procura-se determinar a importância da poluição atmosférica na origem das doenças respiratórias, através de numerosos estudos epidemiológicos. Há uma ampla diversidade entre os contaminantes ambientais selecionados como variáveis explicativas, assim como nas respostas encontradas. Desta forma, verifica-se associação positiva entre as doenças respiratórias e a concentração atmosférica diária dos principais poluentes NO_2, CO, SO_2, O_3 e PM_{10} (Braga *et al.*, 2001; Gouveia & Fletcher, 2000). Além destes, também fumaça negra (Atkinson *et al.*, 1999), ou somente SO_2, NO_2, O_3 e fumaça negra (Tenias *et al*, 1998), ou PM_{10} e O_3 (Hernandez-Cadena *et al.*, 2000, Ostro *et al.*, 1999), ou SO_2, NO_2, CO e O_3 (Fusco *et al.*, 2001) ou O_3 e NO_2 (Téllez-Rojo *et al.*, 1997).

Os hidrocarbonetos são importantes constituintes dos combustíveis utilizados nos veículos automotores. No entanto, foram poucos os estudos que utilizaram informações das concentrações atmosféricas deste grupo de substâncias. Provavelmente, porque, em geral, eles não são reconhecidos como responsáveis primários de sintomas respiratórios. Apesar disto, o benzeno teve associação de maior magnitude com admissões hospitalares por doença respiratória em um estudo de séries temporais realizado por Oftedal *et al.* (2003) e, em outro. foi o único poluente associado com admissões infantis de emergência por asma (Thompson *et al*., 2001).

Segundo Sunyer *et al*. (1991), a inclusão de outros poluentes de maior efeito biológico - que não são rotineiramente monitorados, como os aerosóis ácidos derivados do SO_2, (sulfatos) - poderia explicar alguns efeitos na função respiratória, mesmo quando em níveis inferiores aos do SO_2. Os sulfatos ácidos, SO_2 e NO_2 podem produzir aumento da reatividade brônquica em indivíduos asmáticos, ainda que em baixas concentrações. Possivelmente, estes sulfatos foram os responsáveis pela flutuação diária do número de admissões hospitalares em um estudo desenvolvido em Ontário, Canadá (Maynard, 2001).

Na verificação de associação de poluentes aéreos e hospitalizações por doenças respiratórias agudas em Drammen, Noruega, durante um período de três anos, foi visto que, em um modelo de dois e três componentes, o benzeno estava mais fortemente associado com as admissões do que outros poluentes, como PM_{10} (Hagen *et al.*, 2000).

Peel *et al.* (2005), em um estudo recente sobre os efeitos da poluição do ar nos atendimentos de emergência por asma, DPOC, pneumonia e infecções das vias aéreas superiores, investigaram o comprometimento de componentes de partículas de tamanho

reduzido, e não usualmente monitorados como: $PM_{10-2,5}$, partículas ultrafinas, componentes das partículas (como elementos sulfatados e ácidos), carbono elementar, carbono orgânico e um índicador de metais de transição solúveis em água, além de SO_2, NO_2, PM_{10}, CO e O_3. Os resultados foram variados:

- em modelos com um poluente, considerando todas as idades e examinando os valores das médias móveis de três dias, aumentos de um desvio-padrão de O_3, NO_2, CO e PM_{10} ocasionaram um aumento de 1 a 3% das consultas por infecções das vias aéreas superiores.

- as consultas por DPOC tiveram aumentos de 2 a 3 % nos casos de aumentos de NO_2 e CO.

- elevações de $2\mu g/m^3$ dos materiais particulados, representados pelos carbonos orgânicos, ocasionaram 3% mais consultas por pneumonia.

- resultados significativos para asma foram encontrados na população infantil para aumentos de PM_{10}, NO_2 e CO.

- infecções das vias aéreas superiores em crianças, com idades menores do que dois anos, foram responsáveis pelo maior número de consultas, quando houve aumentos de PM_{10}, O_3, $PM_{10-2,5}$ e partículas de carbono orgânico, e em todas as crianças para aumentos também de NO_2 e CO.

Evidências recentes demonstraram que fragmentos finos de materiais particulados ($PM_{10-2,5}$) são as principais partículas ambientais responsáveis pelo aumento dos índices de mortalidade e morbidades. Segundo Romieu *et al.* (2002), em estudos que observaram a associação dos diversos poluentes atmosféricos com os atendimentos pediátricos de emergência por motivos respiratórios, foi visto elevado comprometimento de materiais

particulados finos com as doenças respiratórias em crianças. Pino *et al.* (2004), em um estudo de coorte no Chile, envolvendo quinhentos e quatro crianças de quatro meses de idade, acompanhadas até completarem um ano de vida, observaram que um aumento de $10\mu g/m^3$ de $PM_{10-2,5}$ relacionou-se a um risco 5% maior das crianças apresentarem bronquite asmática.

As evidências da relação entre as doenças respiratórias em crianças e a poluição do ar acumuladas nos últimos anos foram insuficientes para sensibilizar muitos profissionais de saúde, notadamente pediatras e pneumologistas infantis. Na revisão da literatura realizada neste trabalho, foram localizados diversos estudos epidemiológicos recentes sobre diferentes aspectos das doenças respiratórias alérgicas em crianças, onde não havia quaisquer referências à ação dos poluentes atmosféricos. (Tan, 2004; Bever, 2004).

3 JUSTIFICATIVA

Os efeitos respiratórios, em crianças, causados pelos poluentes atmosféricos, foram avaliados em várias regiões do mundo. Apesar do grande volume de publicações nos últimos anos, a inconsistência dos estudos pode ser atribuída a vários fatores e os resultados não devem ser extrapolados para regiões ainda não estudadas. Isto se deve, por um lado, à variada composição do ar inalado e das condições meteorológicas e topográficas e por outro, à diversidade das metodologias utilizadas nas investigações.

A maioria das pesquisas foi realizada em países desenvolvidos, localizados primariamente no hemisfério norte, onde os fatores climáticos, os níveis e fontes de contaminação do ar e os fatores socioeconômicos e culturais são bastante distintos dos demais países.

Além disto, a seleção dos poluentes analisados foi bastante desigual, o que também dificultou a comparação dos resultados. Alguns trabalhos investigaram os efeitos de todos os poluentes clássicos - NO_2, O_3, SO_2, CO e $PM_{10.}$ Outras pesquisas incluíram somente alguns deles e/ou materiais particulados na forma de fumaça negra. Hidrocarbonetos aromáticos, como benzenos e tolueno, e aerosóis ácidos, como os sulfatos e nitratos, foram incluídos em poucas investigações epidemiológicas e, em algumas, apresentaram resultados significativos.

Além de terem sido estudados os efeitos de poluentes diferentes, não houve constância na inclusão de potenciais variáveis de confusão - como os níveis diários de alergenos respiratórios e de infecções respiratórias - ou por discordância de sua importância e do seu melhor indicador, ou pela indisponibilidade destas informações.

Atualmente, nas regiões urbanas, a importância da poluição para ocasionar transtornos na saúde atribuídos à emissão de gases e partículas a partir de atividades industriais cedeu lugar àquela que resulta da combustão da gasolina e principalmente do diesel, presentes nos veículos automotores. O volume de veículos e a composição química dos combustíveis são bastante variáveis, o que causa distintas exposições ambientais entre as regiões.

Em resumo, a pouca consistência entre os resultados pode ser atribuída às diferenças metodológicas na seleção das populações, dos poluentes ambientais, dos indicadores de saúde, das variáveis de confusão e dos métodos de análises estatísticas. Estes fatores justificam investigações multicêntricas sobre os efeitos na saúde atribuídos aos poluentes, cujos resultados servirão para a adoção de medidas locais que visem a correção dos índices ou a diminuição destes, quando os efeitos forem observados em exposições a concentrações ambientais abaixo dos limites recomendados.

- A Situação no Brasil:

No Brasil, a Secretaria da Qualidade Ambiental do Ministério do Meio Ambiente considerava difícil estabelecer um quadro nacional da qualidade do ar, devido à falta de dados adequados. Algumas cidades elaboraram programas para monitorar e controlar a poluição do ar, mas inexiste um sistema federal centralizado para coletar estas informações (Csillag, 2000).

Em São Paulo, onde se concentram os maiores níveis de poluição, notadamente em sua região metropolitana, alguns estudos epidemiológicos mostraram efeitos significativos dos poluentes atmosféricos na saúde de crianças, relacionados à mortalidade por causas respiratórias ou atendimento de emergência ou admissão

hospitalar por complicações respiratórias (Nascimento *et al.*, 2006; Lin *et al.*, 1999; Gouveia & Fletcher, 2000; Farhat *et al.*, 2005; Braga *et al.*, 1999; Braga *et al.*, 2001). Além destes estudos conduzidos no estado de São Paulo, no Paraná, Bakonyi *et al.* (2004) e no Rio de Janeiro, Rios *et al.* (2004) e Daumas *et al.* (2004) encontraram associação positiva e significativa entre os níveis dos poluentes no ar inalado e transtornos respiratórios.

Como toda grande cidade, o Rio de Janeiro possui dinâmicas populacionais próprias e também condições climáticas, topográficas e índices de poluição bastante diferentes de outras regiões. No município do Rio de Janeiro, segundo dados do Censo de 2000, existem cerca de 89.360 crianças com até 12 anos de idade (Instituto Pereira Passos, 2005) e seis monitores automáticos da poluição do ar. Destes, dois estão localizados nos bairros de Jacarepaguá e Centro e são de responsabilidade da FEEMA. Outros quatros estão localizados nos bairros de Copacabana, Centro, São Cristóvão e Tijuca e pertencem a Secretaria Municipal do Meio Ambiente.

Desta forma, como os efeitos da poluição atmosférica na saúde da população infantil residente no Rio de Janeiro são pouco conhecidos, é aconselhável a condução de estudos locais para que o problema possa ser dimensionado adequadamente.

4 OBJETIVO GERAL

Estimar a associação de curto prazo entre a poluição ambiental e efeitos agudos no aparelho respiratório de crianças residentes nas regiões de Jacarepaguá e Cidade de Deus, na cidade do Rio de Janeiro.

4.1 Objetivos Específicos

Estimar a tendência temporal dos atendimentos médicos pediátricos de emergência devido a problemas respiratórios em três unidades de saúde da região de Jacarepeguá.

Elaborar curvas de tendência dos níveis diários de PM_{10}, SO_2, NO_2, CO e O_3.

Estimar a associação de curto prazo entre a poluição ambiental e todos os atendimentos médicos diários de emergência por sintomas respiratórios agudos de crianças residentes no bairro de Jacarepaguá no período de abril de 2002 a março de 2003, controlando-se por variáveis de confusão. Também foram considerados os sintomas específicos das vias aéreas superiores e das vias aéreas inferiores.

Estimar a associação de curto prazo entre a exposição à poluição do ar e atendimentos médicos de emergência diários por sintomas de obstrução brônquica, segundo três faixas etárias, em crianças residentes no bairro de Jacarepaguá entre abril de 2002 a março de 2003 na cidade do Rio de Janeiro, controlando-se por variáveis de confusão.

5 METODOLOGIA

5.1 Desenho do estudo

Estudo Ecológico de séries temporais com dados diários de saúde, poluição e fatores meteorológicos.

5.2 Área geográfica de estudo

O estudo foi conduzido na zona oeste do município do Rio de Janeiro, e envolveu crianças residentes na XVI e XXXIV Regiões Administrativas (RA), respectivamente, Jacarepaguá e Cidade de Deus, compreendendo uma área territorial total de 127,82 Km^2. As duas RAs estão geograficamente relacionadas, uma vez que Jacarepaguá limita toda área da Cidade de Deus. De acordo com o censo de 2000, a população de até 14 anos era de 109.649 em Jacarepaguá e de 10.820 na Cidade de Deus.

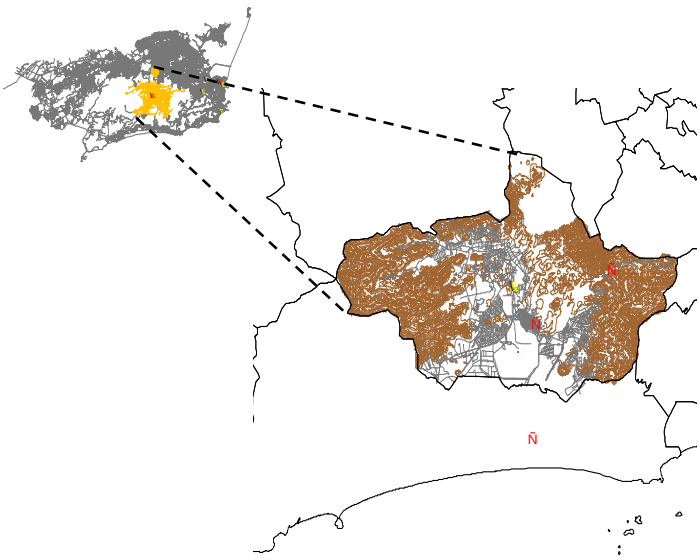
A RA de Jacarepaguá é subdividida em dez bairros, porém, apenas nove foram incluídos no estudo: Jacarepaguá, Anil, Gardênia Azul, Curicica, Freguesia, Pechincha, Taquara, Tanque e Praça Seca. Crianças residentes em Vila Valqueire foram excluídas porque a localização deste bairro é bastante afastada dos demais.

No bairro da Taquara está localizado o monitor de poluentes atmosféricos sob operação da FEEMA, que forneceu as informações ambientais de forma ininterrupta. (**FIGURA 1**).

A região é limitada pelo Oceano Atlântico e pelos maciços da Pedra Branca e da Tijuca, a oeste e a leste, respectivamente, o que dificulta a circulação dos poluentes atmosféricos (FETH, 2005).

Estas duas RAs foram escolhidas por terem uma rede pública de assistência médica com grande volume diário de atendimento pediátrico de emergência, e composta por unidades de saúde de diferentes níveis de complexidade. Além disto, um monitor automático, instalado centralmente garantia o registro diário ininterrupto dos principais poluentes atmosféricos.

FIGURA 1 - Destaque da Região de Jacarepaguá



A baixada de Jacarepaguá e a Barra da Tijuca tiveram acelerados processos de crescimento imobiliário e ocupação de espaços nos últimos 25 anos, responsáveis pela transformação de extensas áreas, pouco povoadas e predominantemente agrícolas, em áreas urbanas. Este processo persiste de forma rápida , desordenada e sem o incremento de infra-estruturas básicas adequadas. A direção do crescimento urbano para a zona oeste

foi favorecida pela ampliação da malha rodoviária, através da construção de vias expressas, túneis, estradas e elevados (IGEO, 2005).

Atualmente, estão instaladas na região de Jacarepaguá mais de duas centenas de estabelecimentos industriais, com elevado potencial de contaminação do meio ambiente. Marmorarias, fábricas de produtos químicos e, principalmente, o pólo farmacêutico de Jacarepaguá são os mais numerosos (Federação das Indústrias do Rio de Janeiro, 2005).

O volume de tráfego no município do Rio de Janeiro não é monitorado rotineiramente. As informações disponibilizadas pela Companhia Estadual de Trânsito do Rio de Janeiro (CET-RIO) referem-se a estudos pontuais e de curta duração. Entretanto, é evidente que, na observação da classificação das ruas de Jacarepaguá, que leva em conta uma hierarquia segundo o volume de tráfego, existe um acentuado predomínio das categorias das ruas destinadas ao tráfego exclusivamente local (Secretaria Municipal de Transportes Urbanos, 2005).

5.3 População e período de estudo

Foram incluídas no estudo as crianças com idades entre um mês e doze anos que procuraram atendimento médico de emergência, com queixas respiratórias, no Hospital Municipal Lourenço Jorge, no Hospital Cardoso Fontes ou na Unidade Integrada de Saúde Hamilton Land no período de 1 de abril de 2002 a 31 de março de 2003. Estas crianças residiam na área geográfica de estudo, e foram atendidas no mesmo dia em que procuraram as unidades de saúde.

5.4 Coleta de dados

5.4.1 Dados de saúde

As unidades de atendimento médico-pediátrico, selecionadas após o estudo piloto, foram: Hospital Municipal Lourenço Jorge, Hospital Cardoso Fontes e Unidade Integrada de Saúde Hamilton Land. (**FIGURA 1**)

Os principais estabelecimentos públicos localizados na área geográfica de estudo eram: - três hospitais gerais (Hospital Municipal Lourenço Jorge, Hospital Cardoso Fontes e Hospital Rafael de Paula Souza).

- um posto de assistência médica (PAM Jacarepaguá)
- um centro municipal de saúde (CMS Jorge Saldanha Bandeira de Mello)
- uma unidade integrada de saúde (UIS Hamilton Land).

Inicialmente, o estudo compreenderia três unidades de saúde com diferentes perfis de atendimento médico: um hospital geral de grande porte (Hospital Municipal Lourenço Jorge), um centro municipal de saúde (CMS Jorge Saldanha Bandeira de Mello) e uma unidade integrada de saúde (UIS Hamilton Land). Estas unidades possuíam serviço de pronto-atendimento médico-pediátrico geral, e assistiam um grande número de crianças por dia. Todavia, durante o estudo piloto esta composição foi alterada.

O PAM Jacarepaguá não foi considerado porque, além de estar localizado em uma região extrema, não oferecia atendimento médico de emergência e, por isto, não contemplava o critério da garantia da consulta no mesmo dia da sua solicitação.

Para a coleta dos dados, foi elaborado um instrumento específico para o registro das informações. Além da data de nascimento, endereço e bairro de moradia, nele, constavam sintomas e diagnósticos respiratórios freqüentes nas unidades pediátricas de emergência, selecionados após observações de outros estudos epidemiológicos, e

consultas a pediatras e pneumologistas. Caberia ao técnico assinalar os campos correspondentes aos sintomas e diagnósticos respiratórios de cada criança, extraídos da Ficha de Atendimento Médico. Este procedimento teve a finalidade de evitar que os técnicos interpretassem as informações anotadas pelos médicos, já que a Classificação Internacional de Doenças (CID) correspondentes aos sintomas e diagnósticos não é mencionada, gerando grande diversidade na descrição das manifestações clínicas. Este método possibilitou que os disturbios respiratórios fossem agrupados, na etapa de análise dos dados, segundo a localização anatômica nas vias respiratórias.

Um segundo instrumento, também preenchido pelos técnicos, diariamente, em cada unidade de saúde, compreendia o número total dos atendimentos pediátricos de emergência, o número de atendimentos de crianças residentes nos bairros selecionados e o número de atendimentos por sintomas respiratórios.

Três técnicos de nível superior foram selecionados e submetidos a um treinamento para a coleta de dados. Utilizaram-se técnicas de dinâmica de grupo para avaliar e desenvolver a iniciativa e criatividade, além de simulações de consultas médicas pediátricas por problemas respiratórios e atividades para familiarização com termos médicos. Nenhum dele tinha experiência com coleta de informações em unidades de saúde. Os profissionais encarregados da digitação não foram os mesmos. Dois digitaram as informações dos seis primeiros meses e outros três, as demais.

5.4.1.1 Estudo piloto

Durante o mês março de 2002, foi desenvolvido um estudo preliminar, que teve como objetivos selecionar as unidades de saúde que efetivamente fariam parte do estudo,

testar o instrumento de coleta dos dados de saúde e avaliar o desempenho da equipe de técnicos arrolada no processo de coleta de dados.

Com a finalidade de apresentar o projeto e solicitar a cooperação, ocorreram reuniões com os diretores das unidades, a princípio, selecionadas (Hospital Municipal Lourenço Jorge, UIS Hamilton Land, CMS Jorge Saldanha Bandeira de Mello), cujo apoio à pesquisa foi irrestrito.

O CMS Jorge Saldanha Bandeira de Mello foi excluído na fase inicial da pesquisa devido à forma de como as fichas dos atendimentos médicos eram arquivadas, impedindo a sua recuperação, em um momento posterior, para a compilação das informações médicas. Além disto, no período do estudo piloto, ocorria, no município do Rio de Janeiro, uma epidemia de dengue e, praticamente, todo o atendimento médico pediátrico desta unidade de saúde priorizava esta patologia. Optou-se, então, pela inclusão do Hospital Rafael de Paula Souza (Hospital de Curicica), que presta atendimento ambulatorial e de emergência a indivíduos portadores de patologias pulmonares. No entanto, este também foi logo excluído, por apresentar uma demanda pediátrica muito pequena. Assim, foi incluído outro hospital geral, o Hospital Cardoso Fontes.

Finalmente, selecionaram-se as unidades que compuseram o estudo: o Hospital Municipal Lourenço Jorge, o Hospital Cardoso Fontes e a UIS Hamilton Land. As duas primeiras unidades de saúde são grandes hospitais gerais, que prestam atendimentos médicos a indivíduos de todas as faixas etárias. Funcionam 24 horas por dia, durante toda a semana, e têm um grande o volume de atendimento diário. A UIS Hamilton Land está localizada em uma área densamente povoada, a Cidade de Deus, e seu funcionamento é

limitado aos dias úteis. Nas três unidades selecionadas, a consulta médica ocorre no mesmo dia em que o paciente solicita atendimento.

O instrumento de coleta dos dados de saúde, elaborado inicialmente, era muito extenso. Porém, não continha alguns sinais e sintomas freqüentes como opção e, desta forma, houve necessidade de sua adequação. Os campos constantes no instrumento final compreendem, além da identificação - idade, sexo, endereço, bairro – os motivos das consultas - tosse, otite, tratamento para pneumonia, gripe, irritação dos olhos, asma, doenças das vias aéreas superiores (VAS), doenças das vias aéreas inferiores (VAI), infecção respiratória aguda (IRA).

Foi organizado um manual, indicando diretrizes quanto às atitudes e os procedimentos que os técnicos deveriam adotar durante a coleta de dados nas unidades de saúde. Também foram incluídas orientações quanto ao preenchimento do instrumento de coleta e as rotinas do trabalho de campo.

À supervisora dos trabalhos de campo, cabia resolver questões imprevistas na coleta das informações, garantir a uniformidade do preenchimento do instrumento nas três unidades, organizar a digitação dos dados e manter a coordenação do projeto informada quanto à evolução desta etapa do projeto.

Apesar das precauções, o trabalho de coleta dos dados no Hospital Lourenço Jorge foi falho, já que o número reduzido de fichas selecionadas em determinados meses e os muitos atendimentos médicos que não foram compilados em certos dias comprometeram a sua qualidade. Assim sendo, as informações de alguns dias dos meses de junho, julho, agosto e setembro e de todos os dias dos meses de outubro, novembro,

dezembro, janeiro e fevereiro foram novamente coletadas e, consequentemente, redigitadas.

O trabalho de campo e a digitação dos dados foram interrompidos durante um ano, em outubro de 2002, devido à suspensão do financiamento da pesquisa. Após este período, houve necessidade de recrutamento e treinamento de alguns novos técnicos das equipes de coleta e digitação, uma vez que, após um ano, os anteriores estavam engajados em outras atividades.

5.4.2 Dados ambientais

Os indicadores de poluição do ar, monitorados e de interesse para este estudo foram: material particulado com volume aerodinâmico de até 10 microns (PM_{10}), dióxido de enxofre (SO_2), dióxido de nitrogênio (NO_2), monóxido de carbono (CO) e ozônio (O_3). Dados das concentrações horárias destes poluentes, no período de abril de 2002 a março de 2003, foram cedidos pela FEEMA, e obtidos a partir das medidas ininterruptas do monitor automático localizado na Estrada dos Bandeirantes, 1099, no bairro da Taquara em Jacarepaguá.

Os dados diários sobre as condições meteorológicas, umidade relativa e temperatura mínima, média e máxima, foram medidos na base aérea do Campo dos Afonsos localizada no bairro de Vila Valqueire. Este ponto de monitoramento foi selecionado devido à proximidade com a região de estudo. Considerou-se as informações das variáveis meteorológicas do mesmo dia da consulta médica (D0), de um dia (D1) e de dois dias (D2) anteriores. As médias acumuladas destas medidas (D0-D1, D1-D2, D0-D1-D2) também foram levadas em conta. Os dados de precipitação de chuva foram obtidos da Secretaria de Obras da cidade do Rio de Janeiro (Georio). O volume diário de

chuvas para a região de Jacarepaguá foi representado pela média aritmética dos volumes diários nas estações Tanque, Rio Centro e Cidade de Deus.

Motivos técnicos variados, que compreenderam desde falhas do mecanismo de transmissão dos dados até um incêndio no prédio da FEEMA, foram responsáveis pelas constantes interrupções nos registros dos poluentes atmosféricos. Ao final, o número de dias onde PM_{10}, CO e O_3 foram registrados foi reduzido em mais de 30%. Com o SO_2 e NO_2, a redução foi maior do que 40%. As conseqüências da diminuição dos dias de estudo foram agravadas com a concentração das principais falhas em três longos períodos, 08 a 30/04/2002, 01/12/2002 a 15/01/2003 e 10/02 a 16/03/2003. Por isto, a hipótese da interferência de erros sistemáticos na estimativa dos efeitos não pode ser afastada.

As falhas no monitoramento dos poluentes não tiveram relação direta com os níveis mais altos ou mais baixos (indicando a não existência de viés seletivo de mensuração).

Para garantir estimativas não enviesadas da associação das flutuações temporais das variáveis dependente, independente e de confusão, é necessário que as séries temporais sejam suficientemente longas, não inferiores a um ano (Filleul *et al.*, 2001). Os mesmos autores consideram três ou quatro anos os períodos mínimos para observação das variações temporais dos fatores de confusão e dos efeitos estimados. O período de estudos de 365 dias foi sugerido por Fauroux *et al.* (2000) como tendo sido a maior limitação do trabalho que observou associação dos atendimentos pediátricos de emergência por asma brônquica somente com o O_3.

A decisão de imputar os dados ausentes com as informações de monitores de outras regiões foi tomada com cautela. A observação dos efeitos durante 365 dias ocorreria às custas de elevada percentagem de imputação dos dados para a maioria dos poluentes. Por outro lado, a reposição das falhas de PM_{10}, SO_2 e CO somente nos dias isolados manteria reduzido o período total de observação, 262 dias. Já que a reposição do NO_2 e do O_3 compreendia, unicamente, os valores da estação do Centro, este valor foi ainda menor.

Maior problema ocorreu com o SO_2. As concentrações ambientais deste gás foram medidas em somente 194 dias. Para a reposição dos períodos isolados, 25% dos dias foram imputados e, 46% seriam necessários para a reposição de todos os dias sem registros ambientais. Assim, pode-se supor que não foi por acaso que os efeitos estimados deste gás foram injustificáveis e sem correspondência na literatura. Por isto, os efeitos relativos ao SO_2 foram analisados cuidadosamente.

A imputação de dados ambientais ausentes também foi adotada em estudos semelhantes. Daqueles revistos, em nenhum o período de estudos foi inferior a 24 meses e a perdas de informações foi tão elevada. Em um estudo conduzido na cidade de Roma, entre 1995 e 1997, sobre a associação dos níveis médios diários de contaminantes ambientais e admissões hospitalares por motivos respiratórios, a maior percentagem de dados ausentes ocorreu com partículas e foi inferior a 12%. Excetuando os materiais particulados que permaneceram com 2,6% de dados ausentes, os demais poluentes tiveram valores estimados para todos os dias sem registro (Fusco *et al.*, 2001). Hajat *et al.* (2002), verificando a ocorrência de sintomas das vias aéreas superiores relacionados com a poluição do ar, utilizaram o mesmo procedimento, mas não indicaram os valores

imputados. Em 2001, Braga *et al* utilizaram a reposição de dados ausentes com os valores médios dos dias anteriores e dos dias subseqüentes em um estudo de quase cinco anos sobre a poluição do ar e as admissões hospitalares de crianças e adolescentes portadoras de patologias respiratórias. Não foram atribuídos quaisquer valores para um período de dezoito meses de ausência de dados de NO_2. Recentemente, em Altanta (USA) foram imputados 17% dos valores de PM_{10}, 2% de O_3, 14% de NO_2, 6% de CO e 9% de SO_2 (Peel *et al.*, 2005). Em 1999, Hajat *et al*, diante de falhas nas medidas dos poluentes ambientais, utilizaram valores médios dos poluentes de outras estações na estimativa dos dados ausentes.

Neste estudo, foi empregado o método descrito por Junger *et al.* (2002), onde as estimativas obtidas são explicadas pela correlação espacial entre os níveis do mesmo poluente nos diferentes monitores e pela autocorrelação dos níveis deste poluente no mesmo monitor, ao longo do tempo. A boa correlação verificada entre os níveis dos poluentes atmosféricos em Jacarepaguá e em outras regiões da cidade permitiu a utilização desta metodologia (Mello & Matta, 2005).

Desta forma, os valores diários de PM_{10}, SO_2 e CO foram obtidos dos monitores automáticos da FEEMA, localizados em Jacarepaguá e no Centro, e dos monitores da Secretaria Municipal do Meio Ambiente, em São Cristóvão, Tijuca, Centro e Copacabana. Somente os monitores da FEEMA forneceram os registros diários de NO_2 e O_3.

Foram preferidos os resultados dos modelos mais conservadores, que compreendiam menor utilização de dados externos, apesar da redução do poder de análise imposto pelo menor período de observação. Esta decisão baseou-se na hipótese de que a

utilização de modelos contendo uma elevada percentagem de dados imputados de outras estações acarretaria maior incerteza nas estimativas do que um menor período de observação das variáveis.

A estatística descritiva das variáveis de saúde e do ambiente após a reposição das falhas no monitoramento dos poluentes atmosféricos tanto dos dias isolados como de todos os dias não monitorados é mostrada em ANEXO. Nas duas opções, foram calculadas as médias aritméticas diárias de cada poluente, que desta maneira, expressavam os indicadores de exposição diária da população.

5.5 Construção do banco de dados e análise estatística:

As mais recentes investigações sobre os efeitos agudos dos poluentes ambientais na saúde utilizaram o desenho epidemiológico de estudos ecológicos, onde os dados agregados são apresentados como séries temporais. As séries são construídas com as informações diárias dos eventos que apresentam variações em curto prazo, sejam eles os desfechos de saúde, ou os parâmetros ambientais. Neste tipo de estudo, na etapa de modelagem, inicialmente, são removidos os efeitos das variáveis de confundimento, isto é, os fatores que podem interferir tanto nas concentrações dos poluentes ambientais, como nos desfechos de saúde. Assim, definido o modelo central, os poluentes atmosféricos são incorporados ao modelo estatístico.

A metodologia de modelagem empregada neste estudo, também foi utilizada por outros autores (Bakonyi *et al.*, 2004; Farhat *et al.*, 2005; Peel *et al.*, 2005; Galán *et al.*, 2003). Situações particulares de cada investigação merecem tratamentos especiais dos dados. Assim sendo, recursos estatísticos foram empregados para corrigir os efeitos de determinadas variáveis de confundimento.

De um modo geral, os componentes estruturais das séries temporais são variáveis não identificadas individualmente. Compreendem:

-a **tendência temporal de longo prazo:**

Representa as situações que demonstram flutuações temporais que podem se manifestar em longo prazo, que devem ser controlados, uma vez que podem determinar associações espúrias. Um exemplo é o usual processo de urbanização em diversas regiões (Filleul *et al.*, 2001; Schwartz, 1996). Neste estudo, foram representadas no banco de dados como os dias transcorridos desde o início até o fim das observações.

–**os efeitos sazonais de curto prazo (sazonalidade)**:

Ajustar os efeitos da sazonalidade significa controlar as inúmeras variáveis, de origens diversas, que apresentam flutuações sistemáticas durante o ano, e podem confundir as associações dos poluentes atmosféricos e morbidades respiratórias.

Fatores do calendário como greves, feriados, dias ‘enforcados’ e finais de semana são situações pontuais, que não apresentam flutuações com o tempo, mas podem determinar interferências nas séries temporais, sem outras justificativas. Para o controle destes efeitos, inclui-se variáveis indicadoras. No caso dos feriados, a mesma variável indicadora é usada para os que têm o efeito na mesma direção, (positivo ou negativo), e magnitudes semelhantes.

Durante o período de estudo, ocorreram alterações na seleção dos atendimentos médicos de emergência, realizados no Hospital Lourenço Jorge. Nos seis primeiros meses, de abril a setembro de 2002, havia triagem dos pacientes, e os casos considerados de menor gravidade eram agendados para atendimento ambulatorial em outro dia. Em outubro de 2002, este procedimento foi suspenso e todas as crianças passaram a ser

atendidas no setor de emergência, no mesmo dia, independente da gravidade. Como conseqüência, a partir daquela data, ocorreu um marcante acréscimo no número de atendimentos diários de crianças. Para ajustar este efeito, uma variável indicadora foi introduzida no período em que a triagem não foi realizada. O mesmo procedimento foi adotado para os dias em que as fichas de atendimento médico não foram localizadas nas unidades de saúde e quando os atendimentos foram suspensos na UIS Hamilton Land. As duas situações foram pouco freqüentes e não foram associadas a variações dos poluentes atmosféricos.

No estudo de séries temporais, os efeitos de curto prazo da temperatura e da umidade relativa do ar precisam ser eliminados. A modelagem envolve, inicialmente, a observação de diferentes formas funcionais destas variáveis e períodos de latência e, por fim, a seleção daquela mais adequada para o ajuste. Isto se dá, a princípio, com a observação dos gráficos dos resíduos do modelo já ajustado para tendência temporal, sazonalidade e efeitos do calendário, contra os níveis de temperatura e umidade relativa. Também devem ser construídos os gráficos correspondentes a defasagens destas co-variáveis de até dois dias, uma vez que podem existir efeitos de temperatura e umidade com diferentes períodos de latência. A escolha deve ser feita entre os gráficos dos valores mínimos, médios e máximos, naquele em que a curva suavizada tende a uma reta, significando o melhor ajuste dos efeitos. Os dados de precipitação de chuva foram obtidos da Secretaria de Obras da cidade do Rio de Janeiro (Georio). O volume diário de chuvas para a região de Jacarepaguá foi representado pela média aritmética dos volumes diários nas estações Tanque, Rio Centro e Cidade de Deus.

As epidemias de doenças infecciosas respiratórias podem influenciar as relações entre os poluentes do ar e os efeitos na saúde e, sendo assim, seus efeitos devem ser controlados. A não consideração deste efeito em muitos estudos epidemiológicos pode ter ocasionado estimativas enviesadas. O método empregado no ajuste desta variável, em vários estudos, foi a utilização de variáveis indicadoras para cada período epidêmico de gripe por influenza (Atkinson *et al.*, 1999; Galán *et al.*, 2003).

No município do Rio de Janeiro, os dados dos atendimentos médicos ambulatoriais e de emergência das unidades de saúde pública não são informatizados rotineiramente. Somente os registros de mortalidade e admissões hospitalares constam dos bancos de dados oficiais. Portanto, nesta pesquisa, utilizou-se como variável proxy dos atendimentos de emergência por doenças infecciosas respiratórias agudas, as internações infantis por doenças respiratórias agudas. Em um trabalho semelhante, Galán *et al.* (2003) preferiram utilizar os registros diários de infecções respiratórias agudas, ao invés de epidemias de influenza. Em outro estudo, conduzido por Braga *et al.* (2000), em que a variável de desfecho foi mortalidade diária por causas respiratórias, admissões hospitalares diárias por pneumonia foi o parâmetro de confusão relativo às infecções respiratórias.

A utilização de diagnósticos mais abrangentes tem a vantagem de ampliar as opções das patologias respiratórias além de gripe por influenza. Por outro lado, em locais como o Rio de Janeiro-- onde não existem registros informatizados dos atendimentos de emergência--, a utilização dos casos oriundos somente das internações hospitalares tem a desvantagem da subordinação das taxas de internação à disponibilidade de leitos hospitalares e, desta forma, os índices podem estar subdimensionados.

As epidemias de doenças respiratórias infecciosas, em geral, iniciam e terminam de uma forma gradual. Assim, variáveis indicadoras não expressam o seu comportamento de uma forma adequada. Uma alternativa foi proposta por Braga *et al.,* (2000), e adotada neste estudo. Inicialmente, os dias epidêmicos foram identificados com a observação dos dias em que a média móvel de três dias das admissões hospitalares por pneumonia estava acima de seu percentil 90. Somente para os dias isolados, utilizou-se uma variável indicadora. Foram considerados epidemias, os períodos com mais de dez dias epidêmicos consecutivos e, para cada epidemia, uma variável foi criada correspondendo ao número do dia do episódio. A modelagem de cada episódio permitiu a observação do comportamento de cada epidemia e isto ocorreu com a aplicação de polinômios cúbicos para cada uma dessas variáveis. Desta forma, verificou-se a elevação inicial, a queda do número de atendimentos médicos ao final de cada epidemia e também a sua contribuição para o evento de saúde.

Não houve consenso entre palinólogos sobre a importância das concentrações ambientais dos diversos tipos de pólens no município do Rio de Janeiro e, sobre este assunto, não foram identificadas publicações recentes. A correlação destes elementos com outras substâncias distribuídas na atmosfera e a interferência na associação dos poluentes atmosféricos com os atendimentos pediátricos por problemas respiratórios não puderam ser avaliadas, porque os pólens não são medidos sistematicamente nesta cidade.

A modelagem da relação entre os atendimentos pediátricos de emergência por motivos respiratórios (variável dependente) e os níveis diários dos poluentes atmosféricos (variável independente) foi feita com modelos de regressão de Poisson. Estes modelos assumem que o logaritmo do número de atendimentos pediátricos de emergência por

sintomas respiratórios tem associação linear com as variáveis explicativas (Romieu *et al*., 1995). Modelos de regressão de Poisson se aplicam, uma vez que o indicador de efeito - atendimento médico por queixas respiratórias - são dados de contagem e têm distribuição de Poisson. Nestes modelos, os efeitos são independentes e aleatórios no tempo e no espaço. Por isto, tem que ser considerada a possibilidade do atendimento médico de uma criança por motivos respiratórios em um dia poder estar relacionado ao mesmo evento no dia anterior. A fim de que fossem evitadas associações espúrias devido à autocorrelação entre os eventos, foram examinados os gráficos de resíduos dos modelos de Poisson (Romieu *et al.*, 1995). Os modelos centrais de cada efeito estimado não apresentavam padrões de autocorrelação.

As relações entre os desfechos na saúde e os fatores de confundimento não são constantes e, muitas vezes, assumem formas complexas. Para que não ocorram associações espúrias, é imprescindível que o modelo escolhido seja o que melhor explique estas relações e, para isto, existem alguns métodos estatísticos:

a-Modelos Lineares Generalizados (MLG), com funções paramétricas de alisamento, foram utilizados para a remoção dos efeitos das variáveis de confusão durante algum tempo e muitos estudos acerca dos efeitos da poluição na saúde (Pönkä & Virtanen, 1996; Gouveia & Fletcher, 2000; Hajat *et al.*, 1999). Foi a metodologia padrão utilizada nos estudos da APHEA (Katsouyanni *et al.*, 1996).

Este tipo de modelo é útil quando as relações são lineares, e o ajuste é feito com a inclusão no modelo de variáveis indicadoras e funções paramétricas, como as funções lineares, quadráticas, termos de seno e co-seno de diferentes seqüências, polinômios de ngraus etc... Os MLG englobam os modelos de regressão linear simples e múltipla,

regressão logística, regressão de Poisson e outros. A utilização destes modelos, nos casos em que a relação entre as variáveis de confundimento e os desfechos na saúde não são lineares, pode gerar resultados pouco fidedignos. Um exemplo clássico são as diversas formas que a relação entre a temperatura e umidade do ar e os efeitos respiratórios pode assumir e que deveriam ser conhecidas a priori (Schwartz *et al.*, 1996).

b-Modelos Aditivos Generalizados (MAG) é atualmente o método mais empregado nas estimativas dos efeitos de curto prazo dos poluentes ambientais na saúde (Daumas *et al.*, 2004; Lin *et al.*, 1999; Bakonyi *et al.*, 2004; Peel *et al.*, 2005; Braga *et al.*, 2002, Ostro *et al.*, 1999). Permitem o controle das covariáveis que variam agudamente com o tempo, como sazonalidade, variáveis meteorológicas e outras tendências temporais, e nestes modelos, as relações destas variáveis com o evento de desfecho não precisam ser necessariamente lineares, ou nem mesmo ter a forma definida (Galán *et al.*, 2003), o que lhes confere grande flexibilidade. Estes modelos compreendem funções não-paramétricas, que são estimadas através de curvas de alisamento sobre a covariável que se deseja controlar.

Um alisador é uma função de X e Y, com o mesmo domínio de X, definida para todo X0 ou, algumas vezes, apenas para os Xi. Desta maneira, para cada valor Xi, o alisador associa um valor f(Xi), e os valores desta função serão mais “suaves” do que os valores de Y (Gleice *et al.*, 2001). Como exemplos de alisadores, temos a média móvel, *splines*, *loess*. Um fator importante a ser observado é que o alisador não deve capturar a variabilidade diária do efeito investigado.- mortalidade, admissão hospitalar, atendimento médico, por exemplo - já que esta pode ser explicada pelos poluentes atmosféricos.

Em cada etapa da modelagem, na determinação do modelo central, a incorporação de cada variável é seguida da análise detalhada dos resíduos. Teoricamente, neste modelo, foram removidos todos os efeitos das variáveis de confusão. É esperado que a série de resíduos tenha uma distribuição normal, com média igual a zero e variância constante.

Vários testes e métodos gráficos são usualmente empregados para a seleção das covariáveis. Algumas ferramentas diagnósticas, usualmente empregadas na investigação sobre os efeitos dos poluentes ambientais na saúde, são:

- função de autocorrelação e função de autocorrelação parcial dos resíduos, que têm a finalidade de detectar estruturas de dependência dos resíduos passados em relação a um instante t da série.
- periodograma, que detecta estruturas periódicas ainda não ajustadas.
- teste de normalidade para verificar se os resíduos possuem características de ruído branco. (Junger *et al.*, 2003).

Estes testes foram repetidos, tantas vezes quanto foi necessário, até a obtenção de um modelo considerado satisfatório em relação aos pressupostos estatísticos requeridos,

A utilização dos MAG não exclui outros modelos no controle das variáveis. Assim, por exemplo, os efeitos periódicos não ajustados pelas curvas suaves dos MAG, e identificados pela análise dos resíduos, podem ser removidos por termos seno co-seno no modelo.

Os desfechos na saúde podem ter um comportamento defasado de alguns dias em relação à exposição do indivíduo aos agentes poluidores, ou podem resultar de exposições acumuladas nos dias anteriores. Quer dizer, eventos que ocorrem num

determinado dia estão associados aos níveis de poluição daquele dia e/ou de dias anteriores. Desse modo, são testados os valores diários dos poluentes defasados de até três dias, bem como as médias de períodos de dois a sete dias antes do evento.

Finalmente, os parâmetros médios diários da exposição da população aos poluentes atmosféricos, durante o período de estudo, foram incluídos no modelo de regressão separadamente e, os seus efeitos, analisados.

Resultados das equações de regressão de Poisson geram diretamente os valores dos Riscos Relativos (RR), mas neste estudo, ao invés de RR, os resultados serão apresentados como aumentos percentuais nos números de atendimentos pediátricos de emergência por queixas respiratórias. Os aumentos percentuais apresentados correspondem a um aumento de 10 $\mu g/m^3$ nos níveis dos poluentes (exceto para o CO, para o qual o aumento de 1 ppm foi considerado), e foram calculados através da expressão: % RR = (RR - 1)*100. Adotou-se o nível de significância $\alpha = 5\%$ em todas as análises.

Artigo 1

Qualidade do Ar e Atendimentos Médicos de Emergência por Transtornos nas Vias Respiratórios Superiores e Inferiores em Crianças Residentes em Jacarepaguá, Rio de Janeiro

1 INTRODUÇÃO

A compreensão dos mecanismos fisiopatológicos envolvidos com as doenças respiratórias infantis persiste com várias lacunas, apesar dos avanços científicos nos campos da genética, imunologia e ecologia, e representa um enorme desafio para pesquisadores de todo o mundo. Sem dúvida, a exposição a componentes do ar ambiental, incluindo microorganismos, alergenos e poluentes atmosféricos, e as características próprias dos indivíduos expostos são determinantes nas manifestações clínicas. Os portadores de determinantes genéticos específicos e de patologias debilitantes e os indivíduos com idades extremas, idosos e crianças, possuem maiores riscos de adoecimento por terem instrumentos de defesa física e imunológica funcionando de forma inadequada. Além disto, a mucosa do aparelho respiratório, em contato direto com o ar ambiente, é extremamente sensível aos fatores ambientais, o que contribui para a elevada prevalência de sintomas respiratórios, principalmente em populações residentes em áreas mais poluídas.

O volume aerodinâmico dos poluentes pode determinar o seu local preferencial de atuação, uma vez que o diâmetro das vias aéreas diminui progressivamente a partir das porções mais externas. Os compostos maiores tendem a ficar retidos nas porções superiores do trato respiratório, e estão relacionados a afecções alérgicas e infecciosas como rinite, sinusite e faringite. Somente os compostos com volumes pequenos alcançam

as estruturas mais internas e sensíveis das vias aéreas, como os bronquíolos e alvéolos, que são, potencialmente, sedes de lesões de maior gravidade. Atualmente, gases e partículas ultrafinas provenientes da queima parcial de combustíveis fósseis em veículos automotivos, principalmente o diesel, são apontados como um dos fatores responsáveis pela maior prevalência de asma brônquica e outras doenças alérgicas (Pandya *et al.*, 2002).

O ar das grandes metrópoles contém milhares de substâncias tóxicas, que são constantemente liberadas em diferentes formas químicas. Através de inúmeras reações, compostos mais agressivos que os originais podem ser formados no meio ambiente, contribuindo para piorar a qualidade do ar. Além disto, os agentes químicos podem ter seus efeitos amplificados por ações sinérgicas com agentes infecciosos respiratórios (Gern, 2004) e também potencializar a ação dos aeroalergenos, tais como pólens e fungos (Cacciola *et al.*, 2002), amplamente disseminados na natureza.

Nos países desenvolvidos, a melhora da qualidade do ar nos centros urbanos foi devida a um conjunto de ações que compreenderam, não só o desenvolvimento de alternativas para os combustíveis fósseis com menor potencial poluidor, como também o desenvolvimento tecnológico de equipamentos industriais e automotivos, que diminuiu efetivamente a emissão de contaminantes atmosféricos. Ao mesmo tempo, houve a implantação de programas rígidos de controle das emissões ambientais. Em muitos países subdesenvolvidos, a persistência de elevadas concentrações atmosféricas dos poluentes é conseqüência da ineficácia das iniciativas governamentais, aliada ao rápido crescimento urbano e à utilização de combustíveis inadequados (Romieu *et al.*, 2002).

No final do século passado, surgiu o interesse na elucidação da relação entre os poluentes do ar e morbidades respiratórias infantis. Associações positivas e significativas foram vistas em Cidade Juarez (Hernández-Cadena *et al.*, 2000), México (Tellez-Rojo *et al*., 1997), Londres (Atkinson *et al*., 1999), Havana (Romero-Placeres *et al.*, 2004) e Atlanta (Peel *et al.*, 2005), onde a variável dependente foi a contagem dos atendimentos pediátricos de emergência por queixas respiratórias. Resultados semelhantes foram vistos no Brasil, na cidade de São Paulo por Braga *et al.* (2001), Lin *et al.* (1999), Farhat *et al.* (2005) e em Curitiba por Bakonyi *et al.* (2004). A pouca consistência da magnitude e significado estatístico dos resultados pode ser parcialmente explicada pelas diferenças nas metodologias adotadas, seja nos poluentes aferidos e no tipo de efeito analisado, seja no nível de sofisticação dos modelos estatísticos utilizados.

Poucos estudos epidemiológicos focalizaram as porções superiores das vias respiratórias como sede dos efeitos nocivos da poluição do ar. Isto ocorreu, apesar das patologias neste local terem elevada prevalência na população infantil e serem freqüentes os diagnósticos de sinusite, faringite, rinite alérgica e gripe em unidades básicas de saúde.

A maioria das investigações acerca dos efeitos dos poluentes atmosféricos na saúde foi conduzida nos países mais desenvolvidos, localizados no hemisfério norte. Estes países apresentam características meteorológicas, composição físicoquímica dos poluentes e parâmetros socioeconômicos, em geral, bastante distintos das demais regiões do planeta. Além disto, a forma dinâmica com que se comporta a composição química dos elementos na atmosfera na mesma região, em períodos distintos e em várias regiões diferentes, impede a extrapolação dos resultados para outras regiões.

O Rio de Janeiro é a segunda cidade brasileira com maior número de habitantes, 5.857.904 (Instituto Pereira Passos, 2005), sendo superada somente pela cidade de São Paulo. No Rio de Janeiro, assim como ocorre com os dados da saúde da população carioca em geral, pouco se sabe sobre a influência dos poluentes do ar nos problemas respiratórios, especialmente da população infantil.

O objetivo deste trabalho foi estimar associações de curto prazo entre as variações dos poluentes atmosféricos e dos atendimentos médicos de emergência de crianças por distúrbios respiratórios, incluindo os de vias aéreas superiores e os de vias aéreas inferiores, em uma região na cidade do Rio de Janeiro.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Desenho de Estudo

Foi feito um estudo ecológico de séries temporais em Jacarepaguá, Rio de Janeiro, com a elaboração de séries temporais com dados diários de saúde, dos poluentes atmosféricos e dos fatores meteorológicos.

2.2 População de Estudo

Foram incluídas todas as crianças com idades entre um mês e doze anos, atendidas nos setores de emergência do Hospital Municipal Lourenço Jorge, Hospital Cardoso Fontes e Unidade Intermediária de Saúde Hamilton Land, no período de 1 de abril de 2002 a 31 de março de 2003, com sintomas respiratórios agudos. Além disto, elas deveriam residir em nove dos dez bairros da região administrativa de Jacarepaguá ou na Cidade de Deus, na zona oeste do município do Rio de Janeiro. As crianças residentes em

um bairro de Jacarepaguá, Vila Valqueire, foram excluídas pela localização bastante afastada dos demais.

2.3 Área Geográfica de Estudo

Com exceção de Vila Valqueire, o estudo compreendeu os bairros de Jacarepaguá e a Cidade de Deus, na zona oeste do Rio de Janeiro. A RA de Jacarepaguá engloba todos os limites da Cidade de Deus que tem uma superfície de apenas 1,21 Km^2. As duas regiões correspondem a uma área de 127,82 Km^2, onde a circulação do ar é dificultada pelos maciços de Pedra Branca e da Tijuca, a oeste e a leste, respectivamente. A disponibilidade de um monitor automático que aferia os principais poluentes atmosféricos de forma ininterrupta e de uma rede pública de unidades de saúde com diferentes graus de complexidade, que atendia uma grande população infantil, foram os motivos que nortearam a seleção da região de estudo.

2.4 Coleta de Dados

2.4.1 Informações de Saúde

No período de estudos, as três unidades de saúde selecionadas eram as instituições públicas, localizadas nas regiões de Jacarepaguá e Cidade de Deus, que tinham expressivo volume de atendimento médico pediátrico geral e que, independente da gravidade do problema, as consultas eram realizadas no mesmo dia em que eram solicitadas. O Hospital Municipal Lourenço Jorge e o Hospital Cardoso Fontes são grandes hospitais públicos gerais que funcionam 24 horas por dia, durante toda a semana. A UIS Hamilton Land está localizada em uma área densamente povoada, a Cidade de Deus, e o seu funcionamento é limitado aos dias úteis.

Cabia a profissionais graduados em diferentes áreas e previamente treinados, separar, a cada dia, as fichas dos atendimentos médicos de emergência, das crianças residentes na área de estudo. Deste grupo eram selecionadas as que foram devidos a disturbios respiratórios. Após esta etapa, a presença dos sinais, sintomas ou diagnósticos respiratórios era assinalada em um instrumento próprio. Este continha campos específicos para freqüentes causas respiratórias de atendimentos pediátricos de emergência como: gripe, otite, irritação nos olhos, tosse e asma. Além destas, os motivos das consultas poderiam ser incluídos nos campos das Doenças das Vias Aéreas Superiores, Doenças das Vias Aéreas Inferiores e/ou Infecções Respiratórias Agudas. A criação deste instrumento foi necessária, porque os registros dos médicos não mencionavam a Classificação Internacional de Doença (CID) ou qualquer outra classificação dos sintomas e diagnósticos clínicos que permitisse a uniformização dos dados. Este método permitiu que, no momento da análise dos resultados, todos os distúrbios respiratórios assinalados fossem agrupados segundo as suas localizações nas vias aéreas superiores ou nas vias aéreas inferiores.

Também foi verificado, a cada dia, o número total de atendimentos pediátricos de emergência, o número de crianças atendidas residentes nos bairros selecionados e quantas destas crianças apresentavam sintomas respiratórios.

2.4.2 Informações Ambientais

As concentrações ambientais de material particulado com volume aerodinâmico de até 10 microns (PM_{10}), dióxido de enxofre (SO_2), dióxido de nitrogênio (NO_2), monóxido de carbono (CO) e ozônio (O_3), extraídas dos registros de um monitor automático, localizado em um bairro de Jacarepaguá sob a responsabilidade da Fundação

Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA), foram os indicadores de poluição do ar. Os valores médios de cada poluente foram calculados para cada dia e representaram a exposição da população infantil.

A fim de minimizar a ocorrência de associações espúrias, fatores de confusão foram controlados. Para isto, inicialmente, os dados diários das condições meteorológicas, umidade relativa e temperatura mínima, média e máxima, foram medidos na base aérea do Campo dos Afonsos localizada no bairro de Vila Valqueire. Este ponto de monitoramento foi selecionado devido à proximidade com a região de estudo. Considerou-se as informações das variáveis meteorológicas do dia do atendimento (D0), do dia anterior (D1) e de dois dias anteriores (D2). Os efeitos acumulados foram verificados pela média de dois ou três dias (M01, M12, M012). Os dados de precipitação de chuva foram obtidos da Secretaria de Obras da cidade do Rio de Janeiro (Georio). O volume diário de chuvas para a região de Jacarepaguá foi representado pela média aritmética dos volumes diários nas estações Tanque, Rio Centro e Cidade de Deus.

Transtornos imprevistos no monitoramento dos poluentes em Jacarepaguá, durante o ano, causaram a suspensão dos registros de todos os poluentes tanto em dias isolados como em vários dias consecutivos. Assim, no total, houve o monitoramento de 246 dias de PM_{10}, 201 dias de NO_2, 244 dias de CO, 237 dias de O_3 e de somente 194 dias de SO_2. Diante da grande redução das informações do SO2 optou-se por excluir este elemento da análise. Para contornar a situação dos demais poluentes, foram imputados dados aos poluentes somente quando as falhas ocorreram em períodos curtos ou em dias isolados. Desta forma, o período total de estudos ficou restrito a 262 dias, uma vez que não foram imputados os dados para três extensos períodos, entre 08 a 30/04/2002,

01/12/2002 a 15/01/2003 e 10/02 a 16/03/2003 que totalizavam 103 dias. O período total foi menor para o NO_2 e O_3 porque eles eram medidos somente nas estações de Jacarepaguá e do Centro, e a imputação dos dados do monitor de Jacarepaguá dependia, unicamente, da estação do Centro. O não funcionamento simultâneo destas duas estações, em alguns dias, acarretou ausência adicional dos dados.

O procedimento de imputação dos dados seguiu metodologia descrita por Junger *et al.* (2002) e envolveu informações dos poluentes coletadas em outras estações de monitoramento da cidade, localizadas no Centro, Copacabana, São Cristóvão e Tijuca. Resumidamente, a autocorrelação dos níveis dos poluentes no mesmo monitor ao longo do tempo e a correlação espacial entre os níveis do mesmo poluente nos diferentes monitores explicariam as estimativas dos níveis ambientais dos poluentes. A boa correlação entre os valores dos poluentes ambientais coletados em Jacarepaguá e nas outras regiões da cidade possibilitou a utilização destes dados (Mello & Matta, 2005).

2.5 Definição de Variáveis

O número de crianças atendidas no setor de emergência nas três unidades de saúde com sintomas respiratórios e residentes nas áreas selecionadas foi a variável dependente. As médias diárias dos níveis ambientais de PM_{10}, NO_2, CO e O_3 foi a variável independente. Tendência temporal, sazonalidade, variáveis meteorológicas, dias anômalos do calendário e epidemias de doenças infecciosas respiratórias compreenderam as variáveis de confusão da associação estimada.

2.6 Análise de Dados

O uso de Modelos de regressão de Poisson justificaram-se pela característica da variável de defecho (contagem dos atendimentos médicos). Modelos Aditivos

Generalizados (MAG) foram empregados no controle de fatores de confundimento, uma vez que a relação entre a variável de desfecho e as variáveis de controle não são necessariamente lineares e esta classe de modelos permite ajustes de efeitos paramétricos e não paramétricos. Os MAG foram implementados no programa S-Plus.

A tendência temporal e a sazonalidade de médio e longo prazo foram controladas com a utilização de *splines*, que são funções suaves dos dados. O mesmo recurso foi empregado para afastar as interferências das variáveis meteorológicas.

A influência do comportamento anormal dos dados nos finais de semana, nos feriados, dias entre os feriados e os finais de semana e nos dias da Copa do Mundo de 2002 foi removida com a inclusão de variáveis indicadoras no modelo estatístico. Mesmo procedimento foi adotado para outros dias em que não houve atendimento pediátrico na UIS Hamilton Land ou que as fichas de atendimento foram extraviadas. As concentrações ambientais dos poluentes não interferiram nestes eventos. No caso dos feriados, a mesma variável indicadora foi empregada para os dias que tinham o efeito na mesma direção (positivo ou negativo) e magnitudes semelhantes.

A partir de outubro de 2002, o Hospital Lourenço Jorge deixou de adotar o sistema de triagem dos pacientes segundo a gravidade das manifestações clínicas, o que causou notório crescimento do número diário de consultas. Para controlar este efeito, adicionou-se uma variável indicadora para os dias onde a triagem não ocorreu.

Infecções respiratórias podem confundir a associação dos poluentes do ar e os atendimentos médicos por queixas respiratórios. Todavia, no Rio de Janeiro os dados dos atendimentos médicos de emergência não são informatizados. Os registros municipais das admissões hospitalares pediátricas por pneumonia, entre abril de 2002 e março de

2003, obtidos de arquivos do Banco de Dados de Informações dos Serviços de Saúde do Sistema Unificado de Saúde do Brasil (SUS), foram utilizados no controle das infecções respiratórias agudas. Os diagnóstcos das pneumonias foram selecionados de acordo com a Classificação Internacional de Doenças (CID), 10° revisão (CID10 - J12 a J18). Os procedimentos para a determinação dos períodos epidêmicos foram semelhantes aos adotados por Braga *et al.* (2000). A aplicação de polinômios cúbicos para cada período epidêmico, ao invés de variáveis indicadoras, possibilitou a remoção destes efeitos e também a observação do gradual aumento e declínio das epidemias de infecções respiratórias.

Não existem registros sistemáticos das concentrações ambientais de alergenos ambientais no município do Rio de Janeiro e, por isto, a interferência deste parâmetro não pode ser analisada.

Na determinação do modelo central, isto é, aquele no qual os efeitos das variáveis de confundimento foram removidos e a série de resíduos apresenta uma distribuição normal, com média igual a zero e variância constante, análises detalhadas e criteriosas dos resíduos seguiram a introdução de cada covariável. Após este procedimento, os termos correspondentes aos poluentes atmosféricos foram adicionados de forma linear e os efeitos estimados separadamente.

Por poder existir um período de latência entre a exposição aos poluentes ambientais e o aparecimento de sintomas respiratórios agudos, também devem ser consideradas as concentrações dos poluentes nos dias anteriores à consulta médica. Neste estudo, foram investigados os efeitos respiratórios associados aos níveis de poluição no dia da consulta (D0) e nos três dias anteriores (D1, D2, D3). O efeito acumulado foi

avaliado com as médias móveis dos níveis dos poluentes de dois a sete dias (mm2, mm3, mm4, mm5, mm6, mm7).

Os valores dos Riscos Relativos correspondentes a aumento de 1000 $\mu g/m^3$ nos níveis de CO e de 10 $\mu g/m^3$ nos demais poluentes foram obtidos diretamente das equações de regressão de Poisson. Aumentos percentuais nos números de atendimentos médicos facilitam a compreensão e foram calculados através da expressão: % RR = (RR - 1) × 100. O nível de significância α=5% foi adotado.

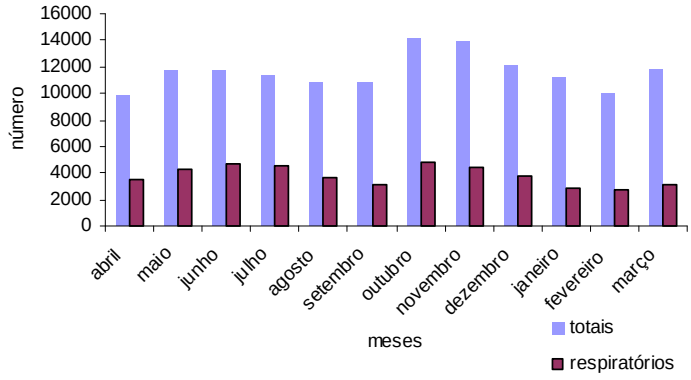
3 RESULTADOS

O Hospital Cardoso Fontes, o Hospital Municipal Lourenço Jorge e a UIS Hamilton Land prestaram 139.350 atendimentos médicos de emergência a crianças residentes nas regiões de Jacarepaguá e Cidade de Deus entre abril de 2002 e março de 2003. Destes atendimentos, 45.595 foram motivados por distúrbios respiratórios. Houve o registro de 17.477 diagnósticos ou sintomas das vias aéreas inferiores e 28.754 das vias aéreas superiores.

3.1 Atendimentos Totais e Atendimentos por Queixas Respiratórias

A **FIGURA 2** mostra a relação entre os atendimentos médicos pediátricos de emergência por todas as causas e aqueles por sintomas respiratórios, em cada mês do período do estudo. Esta relação foi maior nos meses com temperaturas mais baixas, em junho 39% e em julho 40% e menor nos meses de verão, em torno de 26%. Crescimento do número de consultas por todas as causas ocorreu a partir de outubro e, possivelmente, está relacionado à suspensão do processo de triagem no Hospital Municipal Lourenço Jorge.

FIGURA 2 – Todos os Atendimentos Pediátricos e os Atendimentos Pediátricos por Queixas Respiratórias nas três Unidades de Saúde Pública de Jacarepaguá, entre abril de 2002 e março de 2003

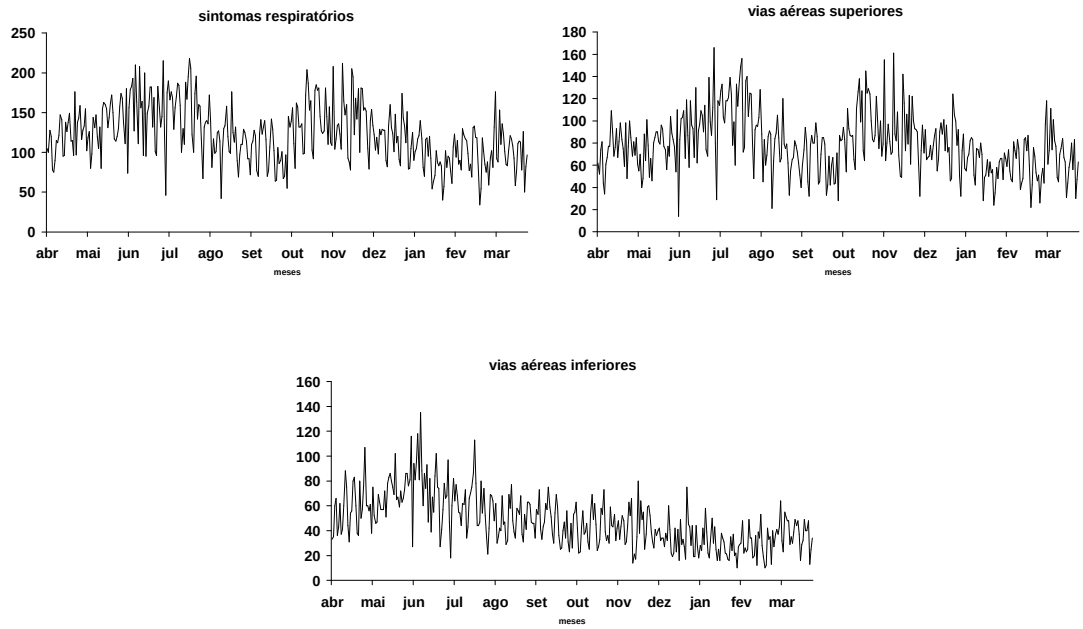


3.2 Atendimentos Médicos Pediátricos de Emergência por Queixas Respiratórias

As distribuições temporais dos atendimentos pediátricos em cada desfecho são mostradas na **FIGURA 3**. Os dois hospitais públicos funcionaram ininterruptamente, durante o período.

Nas três séries, são vistos picos do número dos atendimentos próximo ao início dos meses de clima mais frio. Um aumento dos atendimentos totais e dos atendimentos por sintomas nas vias aéreas superiores ocorreu no início de outubro aproximadamente.

FIGURA 3 – Séries Temporais dos Atendimentos Médicos Pediátricos de Emergência por **Sintomas Respiratórias** nas três Unidades de Saúde Pública de Jacarepaguá e por **Sintomas nas Vias Respiratórias Superiores e nas Vias Respiratórias Inferiores**, entre abril de 2002 e março de 2003

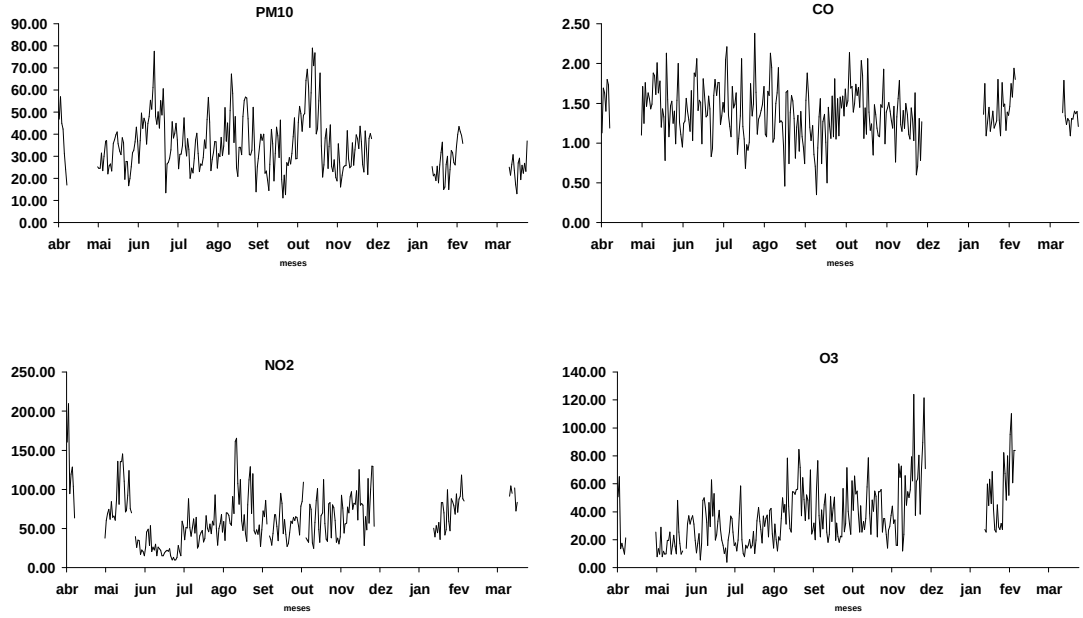


3.3 Indicadores de Poluição do Ar

Na **FIGURA 4** são exibidas as descrições temporais dos valores diários de PM_{10}, CO, NO_2 e O_3. As concentrações médias dos poluentes atmosféricos não ultrapassaram,

em nenhum dia do período do estudo, os limites primários recomendados pela resolução Comissão Nacional do Meio Ambiente (CONAMA): média diária de 150µg/m^3 de ar para as partículas inaláveis, média de 8 horas de 10.000µg/m^3 (9 ppm) para CO, média horária de 160µg/m^3 de O_3 e de 320µg/m^3 para NO_2 (BRASIL, 1990).

FIGURA 4 - Séries Temporais das Concentrações Ambientais de PM_{10}, CO, NO_2 e O_3, em Jacarepaguá, entre abril de 2002 a março de 2003



A matriz dos coeficientes de correlação de Pearson durante o período de estudo são indicados na **TABELA 1.** Todos os resultados foram positivos, com exceção de CO e O_3, e estatisticamente significativos a um nível de 5%.

TABELA 1 - Correlação de Pearson entre PM_{10}, CO, NO_2 e O_3 Medidos em Jacarepaguá, entre abril de 2002 a março de 2003 *

	PM10	CO	NO2	O3
PM10	1			
CO	0,33	1		
NO2	0,21	0,19	1	
O3	0,23	-0,13	0,3	1

* p<0,05

3.4 Estatísticas Descritivas das Variáveis Ambientais e de Saúde

As estatísticas descritivas das variáveis de saúde e do ambiente são mostradas na **TABELA 2**. As médias aritméticas diárias de cada poluente expressavam os indicadores de exposição diária da população.

TABELA 2 - Estatísticas Descritivas das Variáveis Ambientais e dos Atendimentos Pediátricos de Emergência por Sintomas Respiratórios nas Vias Aéreas Superiores e nas Vias Aéreas Inferiores, em Jacarepaguá, entre abril de 2002 e março de 2003

	n	% imp	média	dp	min	p25	p50	p75	máx
VAS E VAI			126,54	38,85	40	99	123,5	156	218
VAI			51,03	21,38	10	35	48	64,75	135
VAS			81,1	28,69	14	62	79,5	97,75	166
Temp.mínima			22,14	2,97	15	19,8	22,5	24,4	28,6
Temp. média			26,31	3,08	18,01	24,34	26,36	28,64	32,7
Temp. máxima			31,16	4,04	19	29	31,3	34	40
Umidade (%)			76,42	8,11	52,58	70,75	76,37	81,54	95,5
Chuva (mm)			3,59	10,30	0	0	0	0,72	76,87
PM_{10} ($\mu g/m^3$)	262	6,11	34,67	12,49	11,22	25,65	32,82	41,53	79,04
CO (1000 $\mu g/m^3$)	262	6,87	1,37	0,34	0,35	1,17	1,39	1,6	2,38
NO_2 ($\mu g/m^3$)	250	19,6	62,78	32,96	9,6	38,5	59	81,45	209,8
O_3 ($\mu g/m^3$)	248	4,43	36,78	21,75	4	19,87	31,85	50,17	123,9

n-número total de dias de observações

dp-desvio padrão

p-percentil

VAI-vias aéreas inferiores

VAS-vias aéreas superiores

% imp-percentagem de dados imputados

3.5 Efeito do Acréscimo da Exposição aos Poluentes nos Atendimentos Pediátricos

A **TABELA 3** apresenta os aumentos percentuais dos atendimentos médicos correspondentes aos aumentos das exposições aos poluentes e os intervalos de confiança. São apresentados os resultados estatisticamente significativos a 5%. Somente o O_3 teve resultado positivo e estatisticamente significativo. O CO apresentou associação negativa e significativa nos três efeitos estimados, principalmente nos dias que seguiram o aumento da exposição. As tabelas com todos os resultados encontrados podem ser solicitadas aos autores.

TABELA 3 – Aumento Percentual e Intervalo de Confiança dos Atendimentos Pediátricos de Emergência por Sintomas Respiratórios para Acréscimos da Exposição a PM_{10}, NO_2, CO e O_3 entre abril de 2002 a março de 2003

Localização	Poluente	Lag	aum %	IC (95%)		p-valor
Vias Respiratórias	O3	0	1,40	0,03	2,79	0,05
VAI	O3	0	2,65	0,69	4,64	0,007

VAI-vias aéreas inferiores
aum % - aumento percentual

As representações gráficas das variações percentuais e respectivos intervalos de confiança dos atendimentos médicos pediátricos por sintomas respiratórios e por sintomas localizados nas vias respiratórias superiores e inferiores, para aumento da exposição aos poluentes atmosféricos, são apresentados nas **FIGURAS 5**, **FIGURA 6** e **FIGURA 7**.

FIGURA 5 - Variação Percentual e Intervalos de Confiança (95%) dos Atendimentos Pediátricos de Emergência em Unidades de Saúde de Jacarepaguá por **Sintomas Respiratórios** para um Aumento de 10 $\mu g/m^3$ de PM_{10}, NO_2 e O_3 e de 1000 $\mu g/m^3$ de CO entre abril de 2002 e março de 2003. Efeitos no mesmo dia (D0), após 1 (D1), após 2 dias (D2), após 3 dias (D3), a média móvel das concentrações dos poluentes de 2, 3, 4, 5, 6 e 7 dias (mm2, mm3, mm4, mm5, mm6, mm7, respectivamente)

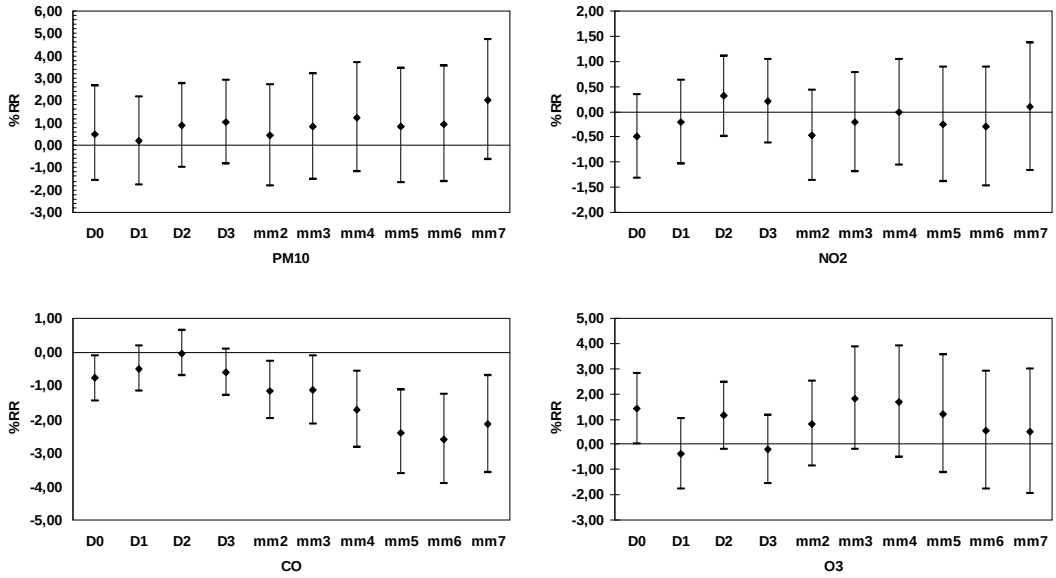


FIGURA 6 - Variação Percentual e Intervalos de Confiança (95%) dos Atendimentos Pediátricos de Emergência em Unidades de Saúde de Jacarepaguá por **Sintomas nas Vias Aéreas Superiores** para um aumento de 10 µg/m^3 de PM_{10}, NO_2 e O_3 e de 1000 µg/m^3 de CO entre abril de 2002 e março de 2003. Efeitos no mesmo dia (D0), após 1 (D1), após 2 dias (D2), após 3 dias (D3), a média móvel das concentrações dos poluentes de 2, 3, 4, 5, 6 e 7 dias (mm2, mm3, mm4, mm5, mm6, mm7, respectivamente)

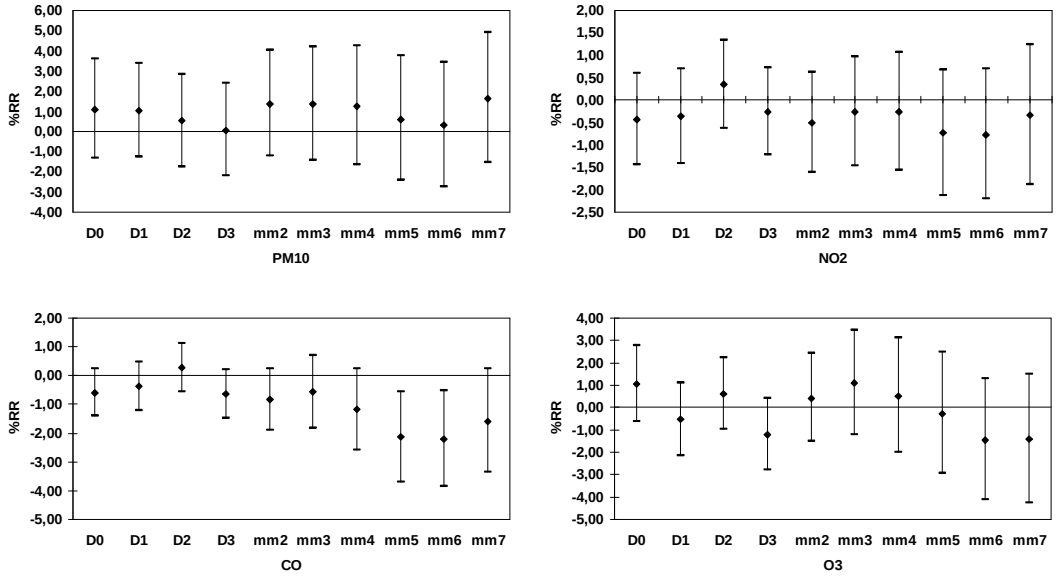
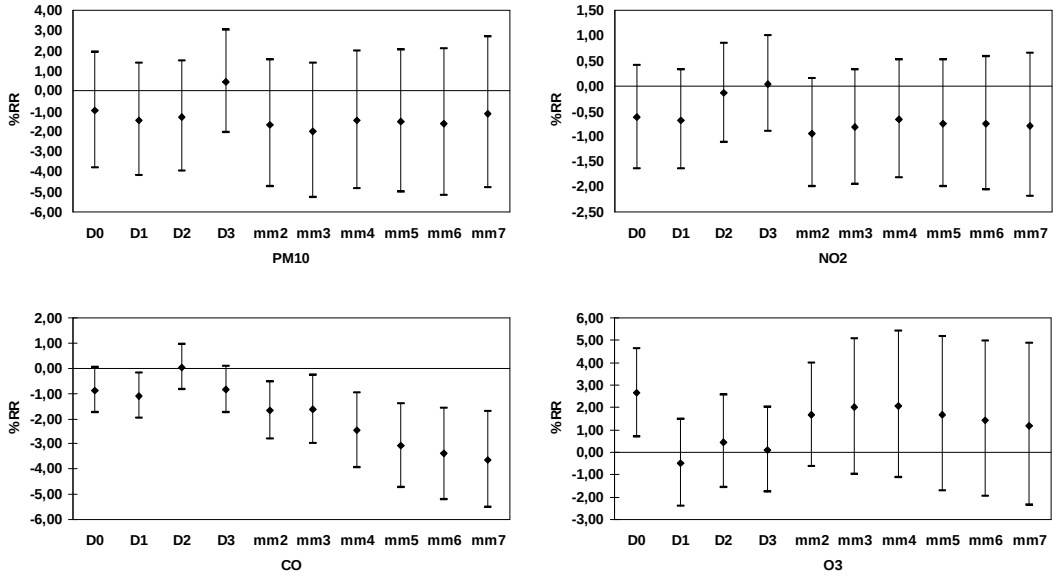


FIGURA 7- Variação Percentual e Intervalos de Confiança (95%) dos Atendimentos Pediátricos de Emergência em Unidades de Saúde de Jacarepaguá por **Sintomas nas Vias Aéreas Inferiores** para um aumento de 10 µg/m^3 de PM_{10}, NO_2 e O_3 e de 1000 µg/m^3 de CO, entre abril de 2002 e março de 2003. Efeitos no mesmo dia (D0), após 1 (D1), após 2 dias (D2), após 3 dias (D3), as médias móveis das concentrações dos poluentes de 2, 3, 4, 5, 6 e 7 dias (mm2, mm3, mm4, mm5, mm6, mm7, respectivamente)



4 DISCUSSÃO

O O_3 foi o poluente atmosférico associado ao aumento estatisticamente significativo do número de atendimentos pediátricos de emergência por queixas respiratórias, no mesmo dia da exposição, durante o período de estudos. Este efeito foi evidente nos modelos que incluíam todos os atendimentos pediátricos por causa respiratória e naqueles que continham, obrigatoriamente, sintomas nas vias respiratórias inferiores. Apesar do rigor na coleta e na análise dos dados, estes resultados devem ser vistos com cautela, principalmente pela expressiva redução no período inicial de observação dos níveis dos poluentes atmosféricos.

Alguns questionamentos surgem com a comparação dos resultados deste estudo com os de outros semelhantes. A princípio, o mecanismo fisiológico da respiração não é condizente com uma resposta do organismo a agressões agudas que causem

manifestações clínicas durante um período restrito a 24 horas, a menos que os efeitos sejam de muito pouca intensidade. Em estudos epidemiológicos semelhantes, a maior demanda aos serviços de emergência permaneceu durante alguns dias, após as exposições aos poluentes (Peel *et al.*, 2005; Hernández-Cadena *et al.*, 2000; Ostro *et al.*, 1999). Por outro lado, em Jacarepaguá, os níveis ambientais de O_3, mantiveram-se baixos, e é possível que o efeito do aumento da exposição tenha sido imediato, pouco expressivo e de rápida resolução. Desta maneira, esta associação é verdadeira.

Em segundo lugar, é estranho que, entre cinco poluentes analisados, somente o O_3 estivesse associado à maior percentagem de adoecimento. Mesmo de pequena magnitude, efeitos de outros poluentes atmosféricos poderiam ter sido evidenciados, caso as falhas na monitorização não tivessem envolvido vários dias contínuos. Por fim, os componentes atmosféricos, em uma região geográfica limitada, em geral, têm uma origem comum e possuem elevada relação linear. Embora resultado negativo tenha ocorrido somente entre o O_3 e o CO, a maior correlação de Pearson observada entre os poluentes foi com o PM_{10} e o CO, 0,33. As características das emissões de poluentes na atmosfera em Jacarepaguá podem justificar, ao menos em parte, a reduzida colinearidade.

Jacarepaguá é uma região da zona oeste da cidade do Rio de Janeiro, que tem características próprias da contaminação do ar. Além das características topográficas que dificultam a circulação do ar, a origem dos poluentes em Jacarepaguá é diferente de outras regiões, e a contribuição do grande parque industrial não pode ser desprezada. Segundo dados do Cadastro das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro, o número de estabelecimentos industriais lá localizados, mais de duas centenas, é superior à soma das indústrias em três regiões administrativas da zona oeste do Rio de Janeiro, com área

semelhante a Jacarepaguá: Bangu, Campo Grande e Santa Cruz (Federação das Indústrias do Rio de Janeiro, 2005). Diferentemente de outras áreas da cidade, o inexpressivo perfil urbano de Jacarepaguá também é comprovado pelo posicionamento ao final do ranking das regiões mais urbanizadas do município do Rio de Janeiro e pela grande extensão de áreas verdes (Instituto Pereira Passos, 2005).

Apesar das falhas do monitoramento do ar não terem tido relação direta com os níveis mais altos ou mais baixos (indicando a não existência de viés seletivo de mensuração), o excesso de dias contínuos excluídos pode ter causado um erro sistemático na estimativa dos efeitos e ser responsável por resultados espúrios. Apesar da magnitude deste erro ser incerta, devido ao desconhecimento do comportamento dos poluentes nos períodos excluídos, algumas considerações são imperiosas. As concentrações ambientais do O_3 são geralmente maiores no verão, quando é maior a presenças de luz ultravioleta. Embora oitenta dias do verão tivessem sido excluídos, o O_3 estava associado à maior demanda de atendimentos respiratórios. Apesar das freqüentes interrupções no monitoramento, a observação da série temporal do $O_{3,}$ na **FIGURA 4**, sugere, ao menos, duas hipóteses: 1- o pico no nível ambiental ocorrido durante o inverno (e também do seu precursor, o NO_2) causou uma elevação na exposição, capaz de produzir efeitos respiratórios nas crianças mais susceptíveis; 2- os crescentes níveis do O_3 ao final da primavera persistiram nos meses de verão e determinaram a maior procura às unidades de saúde. Entretanto, o monitoramento foi interrompido no início do verão, durante um longo período. Talvez, efeito mais relevante e com maior significado estatístico teria sido encontrado, caso vários dias do verão não tivessem sido excluídos.

As intensidades dos efeitos sugerem que os poluentes ambientais não causaram grande impacto no aparelho respiratório da população infantil, e que a grande demanda pelas consultas por motivos respiratórios durante o período de estudos deve ser atribuída a outros fatores de risco como infecções e alergias. Pode ser também que os desfechos selecionados não sejam adequados para estimar associações com os poluentes atmosféricos em Jacarepaguá. Segundo (Hajat *et al.*, 1999), as doenças das vias respiratórias em geral, e também as doenças específicas das porções inferiores são grupos bastante heterogêneos de patologias que podem diluir os efeitos das doenças que possuem as associações mais específicas do O_3, como aquela que ocorreria com a asma brônquica. Esta hipótese poderia justificar os poucos relatos do envolvimento do O_3 com este desfecho. Mesmo assim, o O_3 estava associado ao maior número de consultas pediátricas, em alguns estudos epidemiológicos em que hospitalização ou atendimentos pediátricos de emergência por causa respiratória, sem a indicação de um diagnóstico específico, foi a variável dependente. Ostro *et al.* (1999) em Santiago, Chile, verificaram um aumento de 5,4% nas consultas de emergência por doenças respiratórias, em crianças de 3 a 15 anos, para aumento de 50 ppb de O_3. Gouveia *et al.* (2000) observaram que, para aumento dos níveis ambientais de O_3 de 119$\mu g/m^3$, as admissões hospitalares diárias por sintomas respiratórios foram acrescidas em 5%, em crianças menores de 5 anos de idade. No mesmo grupo, aumento de 119$\mu g/ m^3$ de O_3 elevou em 5% as internações por pneumonia. Em Ciudad Juarez no México, Hernandez-Cadena *et al.* (2000) verificaram um aumento de 3% nas consultas de emergência por enfermidades respiratórias após aumento de 20 ppb de O_3.

O O_3 foi o poluente mais freqüentemente associado com atendimentos de emergência por asma brônquica (Galán *et al*., 2003). O mesmo resultado foi visto na Europa (Sunyer *et al.*, 1997; Tenias *et al.*, 1998; Fauroux *et al.*, 2000) e na América (Romieu *et al.*, 1995; Stieb *et al.*, 1996; Yang *et al.*, 1997). Embora as magnitudes das associações tenham variado consideravelmente, na maioria dos estudos, os maiores efeitos ocorreram logo após a exposição (Sunyer *et al.*,1997; Tenias *et al.*, 1998; Fauroux *et al.*, 2000; Romieu *et al.*, 1995; Galán *et al.*, 2003). Também em Jacarepaguá, a temporalidade da maior exposição ao O_3 e a demanda por consultas médicas por transtornos nas vias respiratórias inferiores tornam asma brônquica um diagnóstico possível de elevada incidência.

O comportamento do O_3 é peculiar e ainda incerto. Ele é um poluente secundário porque não é eliminado diretamente no ambiente, e resulta de reações químicas que envolvem compostos nitrogenados, hidrocarbonetos e luz ultravioleta (Bakonyi *et al.*, 2004), podendo ser gerado longe das fontes poluidoras. É um gás tóxico e, devido ao seu elevado poder oxidante, pode causar inflamação e lesões severas nas estruturas parenquimatosas pulmonares. Níveis de exposições pouco elevados causam irritação e sintomas de obstrução brônquica nos indivíduos susceptíveis (Delfino *et al.*, 1997; Stieb *et al.*, 1996; Tellez-Rojo *et al.*, 1997).

Não existem evidências de que exista um padrão linear na relação da exposição a O_3 e os eventos respiratórios. Para alguns, a observação de atenuação dos sintomas, em humanos e em animais, depois de repetidas exposições por longos períodos a baixas concentrações, indica um nível de tolerância ou adaptação (Fauroux *et al.*, 2000). Segundo Kley *et al.* (1999), isto não significa a ausência de efeitos adversos a nível

tissular, apesar da aparente redução de efeitos na função pulmonar. Para Bell *et al.* (2006), mesmo em concentrações consideradas seguras, o O_3 pode causar efeitos adversos à saúde. Por outro lado, Buchdahl *et al.* (1996) ao estimar a associação do O_3 com episódios agudos de chiado no peito, encontrou uma relação não linear, em forma de U, em que concentrações de O_3 acima e abaixo de um nível crítico estavam associadas à maior incidência de sintomas respiratórios. Desta forma, é complexa a suposição de que os efeitos respiratórios poderiam ter sido observados, caso não tivessem ocorrido interrupções no monitoramento dos poluentes durante o período de estudos.

Embora não cause lesões aparentes, o CO é um indicador da presença de substâncias geradas pela combustão de partículas (Fusco *et al.*, 2001) e pela queima de combustíveis fósseis não monitoradas usualmente, como hidrocarbonetos e partículas finas. Por este motivo, o efeito negativo do CO em todos os desfechos não é facilmente justificável.

A participação dos poluentes do ar na geração ou agravamento dos transtornos nas vias respiratórias superiores foi pouco investigada e ainda é discutível. Lin *et al.* (1999) em um estudo realizado por três anos na cidade de São Paulo, verificou associação significativa de PM_{10} e O_3 e os atendimentos pediátricos de emergência por sintomas no trato respiratório superior. Em Londres, um estudo de séries temporais estimou os efeitos dos poluentes do ar nos atendimentos pediátricos por rinite alérgica em unidades de cuidados primários de saúde, durante três anos. O aumento do 10° ao 90° percentil das concentrações de SO_2 esteve associado a acréscimo de 24,5% no número de consultas após quatro dias da exposição. A mesma variação do O_3, no dia da consulta e nos três dias anteriores, associou-se a um acréscimo significativo de 37,6%. Associações mais

consistentes, alguns dias após a exposição, foram justificadas pela natureza não emergencial do quadro alérgico (Hajat *et al.*, 2001). Em 2002, Hajat *et al*, utilizando os mesmos dados, excluíram o diagnóstico de rinite alérgica e, como resultado, em crianças, somente o SO_2, mesmo em concentrações baixas, apresentou uma associação consistente, principalmente nos meses de clima frio.

No estudo de Jacarepaguá, embora os sintomas nas porções superiores das vias respiratórias estivessem presentes em aproximadamente 30.000 consultas, um número quase 40% maior do que nas consultas médicas com sintomas nas vias inferiores, nenhum efeito dos poluentes estudados foi observado. Talvez, os distúrbios nas vias aéreas superiores associados à exposição aos poluentes atmosféricos não tenham tido a sensibilidade requerida para serem detectados nos setores de emergência. Mesmo nas crianças menores, a gravidade dos sintomas respiratórios superiores ocasionados pela maior exposição aos poluentes pode ter sido insuficiente para justificar maior demanda aos setores de emergência.

Dois picos são identificados nas séries temporais dos atendimentos médicos por transtornos nas vias respiratórias superiores, correspondentes ao início do inverno e a primavera. Durante o inverno, distúrbios vasoespásticos na mucosa nasal e o maior tempo de permanência em ambientes fechados facilitam a maior incidência de infecções respiratórias. Na primavera, em muitas regiões, a polinização torna as crianças sensíveis mais propensas ao surgimento de sintomas respiratórios alérgicos. Porém, não há registros sistemáticos da distribuição ambiental de pólens durante o ano no Rio de Janeiro, e as informações acerca das características das florações são controvertidas. Por este motivo, não foi possível estimar a influência deste alergeno ambiental na relação dos

poluentes com os efeitos na saúde, no estudo de Jacarepaguá. Qualquer conclusão sobre a importância da exposição aos alergenos ambientais, como fator de confundimento, neste tipo de estudo, poderia ser incorreta, devido à utilização irregular desta variável. Possivelmente, fatores locais relacionados aos tipos de floração são responsáveis pelos resultados conflitantes e impedem a extrapolação para outras regiões.

Estudos epidemiológicos, nos quais a variável dependente são os atendimentos médicos de emergência e as variáveis independentes são os valores diários dos poluentes ambientais, são limitados pela impossibilidade de aferição da confiabilidade destas informações. Além disto, situações adversas próprias aos atendimentos médicos em setores de emergência facilitam a ocorrência de viés de informação e impressões médicas iniciais incorretas. Para minimizar este efeito, os diagnósticos clínicos das crianças com problemas respiratórios foram estabelecidos por mais de um profissional de saúde, no estudo de Lin *et al.* (1999). Como vantagem, ao contrário dos estudos em que o efeito estimado envolve admissão hospitalar, o número de eventos diários dos atendimentos médicos de emergência não é limitado pela disponibilidade de leitos hospitalares.

No estudo em Jacarepaguá, a origem de viés também pode ser atribuída à não utilização, nas unidades de atendimento, de padrões de classificação dos diagnósticos, amplamente utilizados em outros estudos epidemiológicos. Além disso, apesar da adoção de medidas preventivas, como treinamento e supervisão, deve ser considerada a possibilidade de que tenham ocorrido falhas dos técnicos encarregados dos trabalhos de campo. Estas podem ter ocorrido no cumprimento dos critérios de inclusão da população infantil, na extração dos sintomas, sinais e diagnósticos clínicos das fichas de atendimento médico e do preenchimento do instrumento de coleta de dados, devido ao

caráter exaustivo e repetitivo desta tarefa, principalmente nos dois grandes hospitais gerais. Ressalta-se os que os técnicos responsáveis por esta etapa tinham experiências semelhantes neste tipo de invsetigação e nenhum exercia outras funções em unidades de saúde pública..

Os efeitos na saúde associados à poluição do ar foram pouco explorados na população residente na cidade do Rio de Janeiro e daí uma das importâncias deste estudo. Apesar da redução do período de observação, associação positiva e significativa foi encontrada entre os níveis ambientais dos poluentes atmosféricos e os atendimentos médicos de emergência por sintomas respiratórios na população infantil em Jacarepaguá, após controle dos fatores de confundimento. Como também foi visto em outros trabalhos, estes resultados ocorreram com as concentrações dos poluentes atmosféricos abaixo dos limites recomendados, indicando a necessidade de revisão dos parâmetros considerados seguros.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aekplakorn W, Loomis D, Vichit-Vadakan N, Shy C, Wongtim S, Vitayanon P. Acute Effect of Sulphur Dioxide from a Power Plant on Pulmonary Function of Children, Thailand. International Journal of Epidemiology 2003;32:854–861
2. Atkinson RW, Anderson HR, Strachan DP, Bland JM, Bremner SA, Ponce de Leon A. Short-term Association between Outdoor Air Pollution and Visits to Accident and Emergency Departments in London for Respiratory Complaints. Eur Respir J 1999;13:257-265
3. Bakonyi SMC, Danni-Oliveira IM, Martins LC, Braga ALF. Air Pollution and Respiratory Diseases among Children in Brazil. Rev Saúde Pública 2004;38(5):695-700
4. Bell ML, Peng RD, Dominici F. The Exposure–Response Curve for Ozone and Risk of Mortality and the Adequacy of Current Ozone Regulations. Environmental Health Perspectives 2006;114(4):
5. Braga ALF, Saldiva PHN, Pereira LAA, Menezes JJC, Conceição GMS, Lin CA, Zanobetti A, Schwartz J Dockery DW. Health Effects of Air Pollution Exposure on Children and Adolescents in São Paulo, Brazil. Pediatr Pulmonol 2001;31:106-113
6. Braga ALF, Zannobetti A, Schwartz J. Do Respiratory Epidemics Confound the Association between Air Pollution and Daily Deaths?. Eur Resp J 2000;16:723-728
7. BRASIL. Resolução CONAMA n°003, de 28 de junho de 1990. Diário Oficial da União de 22/04/90. Seção I, Págs 15.937 a 15.939

8. Cacciola RR, Sarvà M, Polosa R. Adverse Respiratory Effects and Allergic Susceptibility in Relation to Particulate Air Pollution:Flirt with Disaster. Allergy 2002;57:281-286
9. Delfino RJ, Zeiger RS, Seltzer JM, Street DH, Matteucci RM, Anderson PR, Koutrakis P. The Effect of Outdoor Fungal Spore Concentrations on Daily Asthma Severity. Environ Health Perspect 1997;105:622-635
10. Farhat SCL, Paulo RLP, Shimoda TM, Conceição GMS, Lin CA, Braga ALF, Warth MPN, Saldiva PHN. Effect of Air Pollution on Pediatric Respiratory Emergency Room Visits and Hospital Admission. Braz J Med Biol Res 2005;38:227-235
11. Fauroux B, Sampil M, Quénel P, Lemoullec Y. Ozone:A Trigger for Hospital Pediatric Asthma Emergency Room Visits. Pediatr Pulmonol 2000;30:41-46
12. Federação das Industrias do Rio de Janeiro (FIRJAN). Cadastro Industrial do Estado do Rio de Janeiro, 2005
13. Filleul L, Zeghnoun A, Declercq C, Le Goaster C, Le Tertre A, Eilstein D, Medina S, Saviuc P, Prouvost H, Cassadou S, Pascal L, Quénel. Relations à Court Terme entre la Pollution Atmosphérique Urbaine et la Mortalité Respiratoire: la Place des Études Temporelles. Exemple de l'Étude des 9 Villes (PSAS-9). Rev Mal Respir 2001,18 :387-395
14. Fusco D, Forastiere F, Michelozzi P, Spadea T, Ostro B, Arcà M, Perucci CA. Air Pollution and Hospital Admissions for Respiratory Conditions in Rome, Italy. Eur Respir J. 2001;17:1143-1150

15. Galán I, Tobias A, Banegas JR, Aranguez E. Short-term Effects of Air Pollution on Daily Asthma Emergency Room Admissions. Eur Resp J 2003;22:802-808
16. Gern JE. The Spectrum of Severe Wheezing in Childhood. J Allergy Clin Immunol 2004;114:236-238
17. Gouveia N, Fletcher T. Respiratory Diseases in Children and Outdoor Air Pollution in São Paulo, Brazil: a Time Series Analysis. Occup Environ Med 2000;57:477-483
18. Hajat S, Anderson HR, Atkinson RW, Haines. Effects of Air Pollution on General Practitioner consultations for Upper Respiratory Disease in London. Occup Environ Med 2002;59:294-299
19. Hajat S, Haines A, Atkinson RW, Bremner SA, Anderson HR, Emberlin J. Association between Air Pollution and Daily Consultations with General Practitioners for Allergic Rhinitis in London, United Kingdom. Am J Epidemiol 2001;153:704-714
20. Hernández-Cadena L, Téllez-Rojo MM, Sanin-Aguirre LH, Lacasaña-Navarro M, Campos A, Romieu I. Relación entre Consultas a Urgencias por Enfermidad Respiratoria y Contaminación Atmosférica en Ciudad Juárez, Chihuahua. Salud Publica Mex 2000;42:288-297
21. Instituto Pereira Passos. Armazem de Dados. Disponível em http://portalgeo.rio.rj.gov.br/portalgeo/index.asp Acessado em dezembro de 2005
22. Junger WL. Imputação de Dados Faltando em Séries Temporais Multivariadas Via Algoritmo EM. Instituto de Matemática e Estatística. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2002

23. Katsouyanni K, Touloumi G, Spix C, Schwartz J, Balducci F, Medina S, Rossi G, Wojtyniak B, Sunyer J, Bacharova L, Schouten JP, Ponka A, Anderson HR. BMJ 1997;314:1658

24. Katsouyanni K. Ambient Air Pollution and Health. British Medical Bulletin 2003;68:143-156

25. Kley D, Kleinmann M, Sanderman H, Krupa S. Photochemical oxidants: state of the science. Environ Pollut. 1999;100(1-3):19-42

26. Lin CA, Martins MA, Farhat CL, Pope III CA, Conceição GMS, Anastácio VM, Hatanaka M, Andrade WC, Hamaue WR, Bohm GM, Saldiva PHN. Air Pollution and respiratory illness of Children in São Paulo, Brazil. Paediatric and Perinatal Epidemiology 1999;13:475-488

27. Mello, CF, Matta F. Uma Aplicação de Estatística Multivariada para Identificação de Cenários de Concentração de Poluentes. Monografia apresentada ao Departamento de Estatística da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 2005

28. Ostro BD, Eskeland GS, Sanchez JM, Feyzioglu. Air Pollution and Health Effects: A Study of Medical Visits among Children in Santiago, Chile. Eviron Health Perspect 1999;107(1):69-73

29. Pandya RJ, Solomon G, Kinner A, Balmes JR. Diesel Exhaust and Asthma: Hypotheses and Molecular Mechanism of Action. Environ Health Perspect 2002;110 (suppl 1):103-112

30. Peel JL, Tolbert PE, Klein M, Metzger KB, Flanders WD, Todd K, Mulholland JA, Ryan PB, Frumkin H. Ambient Air Pollution and Respiratory Emergency Department Visits. Epidemiology 2005;16:164-174

31. Peters A, Wichmann H, Tuch T, Heinrich J, Heyder J. Respiratory Effects are Associated with the Number of Ultrafine Particles. Am J Respir Crit Care 1997;155:1376-1383
32. Romero-Placeres M, Más-Bermejo P, Lacasaña-Navarro M, Téllez Rojo-Sollis MM, Aguilar-Valdés J, Romieu I. Contaminación Atmosférica, asma bronquial e Infecciones Respiratorias Agudas en Menores de Edad, de La Habana. Salud Publica Mex 2004;46:222-233
33. Romieu I, Meneses F, Sienra-Monge JJ, Huerta J, Velasco SR, White MC, Etzel RA, Hernandez-Avila M. Effects of Urban Air Pollutants on Emergency Visits for Childhood Asthma in Mexico City. Am J Epidemiol 1995;141:546-553
34. Romieu I, Samet JM, Smith KR, Bruce N. Outdoor Air Pollution and Acute Respiratory Infections among Children in Developing Countries. Occup Environ Med 2002;44(7):640-649
35. Secretaria Municipal de Transportes (SMTR). Dados fornecidos por consulta a CET-RIO em julho 2005.
36. Stieb DM, Burnett RT, Beveridge RC, Brook JR. Association between Ozone and Asthma Emergency Department Visits in Saint John, New Brunswick, Canada. Environ Health Perspect 1996;104(12):1354-1360
37. Sunyer J, Spix C., Quénel P, Ponce de Leon A, Ponka A, Barumandzadeh T, Touloumi G, Bacharova L, Wojtyniak B, Vonk J, Bisanti L, Schwartz J, Katsouyanni K. Urban Air Pollution and Emergency Room Admission for Asthma in Four European Cities: the APHEA Project. Thorax 1997;52:760-765

38. Sunyer J, Atkinson R, Ballester F. Le Tertre A, Ayres JG, Forastiere F, Forsberg B, Vonk JM, Bisanti L, Anderson RH, Schwartz J, Katsouyanni K. Respiratory Effects of Sulphur Dioxide: a Hierarchical Muilticity Analysis in the APHEA 2 Study. Occup Environ Med 2003;60:1-3

39. Telles Filho, PD′Almeida. Asma Brônquica. Disponível em http://www.asmabronquica.com.br/medical/ Acessado em Janeiro de 2006

40. Tellez-Rojo MM, Romieu I, Polo-Peña M, Ruiz-Velasco S, Meneses-González F, Hernández-Avila M. Efecto de la Contaminación Ambiental sobre las Consultas por Infecciones Respitatorias en Niños de la Ciudad de México. Salud Publica Mex 1997;39(6):513-522

41. Yang W, Jennison, BL, Omaye ST. Air Pollution and Asthma Emergency Room Visits in Reno, Nevada. Inhalation Toxicol 1997;9:15-29

ARTIGO 2

Qualidade do Ar e Atendimentos Médicos de Emergência em Crianças com Sintomas de Obstrução Brônquica Residentes em Jacarepaguá Categorizadas por Faixas Etárias

1 INTRODUÇÃO

Desde a Antiguidade, encontram-se referências à asma brônquica nos papiros de Ebers em 1550 AC, na Ilíada de Homero e em relatos de Hipócrates, que atribuiu esta condição a um castigo divino (Telles Filho, 2005). Ao longo do tempo, tornou-se uma das patologias mais investigadas em todo o mundo e, apesar de ter se beneficiado do acelerado avanço no conhecimento das áreas de imunologia e genética, muitas questões ainda não foram elucidadas**.**

Asma brônquica é a doença crônica mais presente na infância. Nas últimas décadas, sua prevalência e de outras patologias de natureza alérgica, como rinite e eczema, aumentaram nas áreas urbanas das grandes metrópoles de todo o mundo (O′Connell, 2002; Ball *et al.*, 2000; Ramsey *et al.*, 2004). Apesar de ser uma patologia de baixa letalidade, é responsável pela limitação das atividades habituais da infância em um grande número de crianças. Estima-se que existam atualmente 300 milhões de pessoas asmáticas em todo o mundo, que serão acrescidas de mais 100 milhões até o ano de 2025, devido, em parte, ao crescente processo de urbanização e à poluição (Masoli *et al.*, 2004). Em alguns países, como o Brasil, Costa Rica, Panamá, Peru e Uruguai, 20 a 30% das crianças são portadoras desta patologia (World Health Organization, 2005).

A determinação e os agravamentos da asma brônquica são condicionados por fatores genéticos e ambientais, que atuam para a manutenção do processo inflamatório crônico das vias respiratórias, principal fator fisiopatológico da asma, através de mecanismos que envolvem eosinófilos, mastócitos, células epiteliais, macrófagos, células epiteliais, fibroblastos, células de músculo liso e células T ativadas (Pandya *et al.*, 2002). Indivíduos asmáticos são hipersensíveis a uma variedade de estímulos que provocam um

exagerado efeito broncoconstrictor agudo, característico da doença, e que se manifesta, em geral, como chiado no peito, sibilos, dispnéia, cansaço e tosse noturna (National Institutes of Health, 1997). Os estímulos ambientais são numerosos e compreendem principalmente os poluentes atmosféricos, os alergenos ambientais, vírus respiratórios e outras condições irritantes das vias aéreas, como exercício físico intenso, baixas temperaturas e elevada umidade do ar. Além destes, os processos alérgicos respiratórios também podem ser estimulados por contaminantes ambientais intradomiciliares, como a fumaça de cigarro e as poeiras domiciliares contendo pelos de animais, ácaros, esporos de fungos, polens, entre outros.

A contribuição dos poluentes atmosféricos no surgimento dos sintomas respiratórios agudos, característicos da asma brônquica, após exposições aos diferentes irritantes ambientais, principalmente alergenos e agentes virais, não foi ainda bem esclarecida. Algumas evidências sugerem que as lesões nas vias respiratórias e no parênquima pulmonar, causadas por exposições aos poluentes atmosféricos, exacerbam as ações lesivas dos vírus e dos alergenos (Peden, 2003, Hiltermann *et al.*, 1998).

A variação da composição química e da concentração dos poluentes atmosféricos contribui para a indefinição da sua importância na gênese das doenças respiratórias. Segundo O'Connell (2003), os poluentes não causam alergia, mas são capazes de agravar os sintomas da asma, alterar a função pulmonar e aumentar a resposta brônquica de indivíduos hipersensíveis a estímulos externos. Para Fusco *et al.* (2001), a resposta inflamatória às infecções respiratórias relacionadas à asma é alterada por exposição a agentes oxidantes, como o O_3 e, provavelmente, também a partículas finas, causando agravamento dos sintomas e aumento da prevalência de infecções respiratórias. Por outro

lado, Gavett *et al* (2001) acreditam que a indução da asma está relacionada à aquisição de sensibilidade imunológica a alergenos e à progressão para doença detectável clinicamente.

Distintos níveis de amadurecimento e desenvolvimento anatômico das estruturas dos sistemas imunológico e pulmonar, desde o nascimento até a puberdade, determinam variações nas respostas aos estímulos ambientais. Nos primeiros anos de vida, especialmente até os 2 primeiros anos, o reduzido tamanho das vias respiratórias possibilita a diminuição da luz dos brônquios durante os processos inflamatórios de infecções virais. Nesta idade, o principal agente envolvido é o vírus sincicial respiratório (Wright, 2002). As manifestações respiratórias - chiado no peito, sibilos, cansaço e tosse são indistinguíveis do quadro clínico característico de asma brônquica e, por isto, constantes erros nos diagnósticos etiológicos são cometidos (Buchdahl *et al.*, 1996). Segundo Telles Filho (2005), em crianças, infecção viral comumente ocasiona sibilos, mas somente 15% desenvolverão asma brônquica. A partir dos seis anos de idade, a associação temporal com a exposição aos alergenos, a evolução recorrente dos episódios clínicos agudos e a presença de parâmetros biológicos específicos, que caracterizam as alterações imunológicas das doenças alérgicas, distinguem as crianças portadoras de asma brônquica. Alergia respiratória e infecções virais parecem ser fatores de risco independentes e sinérgicos para o desenvolvimento de sintomas de obstrução brônquica nesta etapa (Gern, 2004).

A maior prevalência de asma brônquica e outras doenças respiratórias alérgicas em todo o mundo, nas últimas décadas, tornam o problema preocupante. Nos países desenvolvidos, apesar da implementação de medidas que diminuíram a emissão

ambiental dos poluentes clássicos, pode ser explicada, ao menos parcialmente, pela maior utilização de veículos automotivos com motores de combustão interna a diesel que geram produtos biologicamente associados a doenças alérgicas. Nos países subdesenvolvidos, as inadequadas condições de habitação e de higiene, o crescimento populacional urbano acelerado e desordenado e o ineficiente controle da qualidade dos combustíveis automotivos e de suas emissões atmosféricas mantêm impróprios os parâmetros da qualidade do ar e a elevada prevalência das doenças respiratórias em todas as faixas etárias.

O Rio de Janeiro é a segunda cidade brasileira mais populosa, sendo superada somente por São Paulo (Instituto Pereira Passos, 2005). Mesmo assim, os efeitos respiratórios da poluição do ar na população infantil foram pouco estudados e são escassos os dados epidemiológicos sobre a prevalência de asma brônquica e outras doenças alérgicas na população carioca (Boechat *et al.,* 2005).

O objetivo deste estudo foi estimar a associação entre as variações diárias dos níveis dos poluentes atmosféricos e dos atendimentos médicos de emergência por doenças obstrutivas das vias respiratórias na população infantil residente em Jacarepaguá e na Cidade de Deus, na cidade do Rio de Janeiro, considerando diferentes grupos etários.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Desenho de Estudo

O desenho epidemiológico de estudo ecológico de séries temporais foi adotado com observações diárias das variáveis de saúde, dos poluentes atmosféricos e dos fatores meteorológicos de Jacarepaguá, Rio de Janeiro.

2.2 População de Estudo

Foram incluídas todas as crianças, com idades compreendidas entre um mês e doze anos, que procuraram atendimento médico de emergência com queixas respiratórias agudas no Hospital Municipal Lourenço Jorge, Hospital Cardoso Fontes e na Unidade Integrada de Saúde Hamilton Land no período de 1 de abril de 2002 a 31 de março de 2003.

2.3 Área Geográfica de Estudo

As regiões de estudo localizam-se a oeste da cidade do Rio de Janeiro e compreendem nove dos dez bairros da RA de Jacarepaguá e também a RA da Cidade de Deus. A exclusão de um bairro foi justificada pelo grande afastamento dos demais. A RA de Jacarepaguá compreende uma área de 126,61 Km^2. Destes, 31,4% são florestas e áreas úmidas com vegetação. A RA da Cidade de Deus tem uma superfície de apenas 1,21 Km^2 e é limitada em toda a sua extensão pelos bairros de Jacarepaguá. É uma região com elevada densidade populacional, apresentando 98,59% de área urbanizada. As populações infantis de Jacarepaguá e Cidade de Deus eram de 109.649 e 10.820, respectivamente, na ocasião do censo populacional de 2000 (Instituto Pereira Passos, 2005).

A região de Jacarepaguá, incluindo a Cidade de Deus, possui características naturais que dificultam a circulação dos poluentes atmosféricos, uma vez que é limitada a oeste pelo Maciço da Pedra Branca, a leste pelo Maciço da Tijuca, ao norte pelo encontro destes dois maciços e ao sul pelo Oceano Atlântico.

2.4 Coleta de dados

2.4.1 Informações de saúde

O Hospital Municipal Lourenço Jorge e o Hospital Cardoso Fontes são os maiores hospitais públicos da região e têm um ininterrupto e elevado volume diário de atendimento médico de emergência. A UIS Hamilton Land está localizada na Cidade de Deus e o seu funcionamento é limitado aos dias úteis. Estas instituições servem principalmente a uma população de crianças de famílias com baixa renda, principalmente a UIS Hamilton Land, pela sua localização próxima à Cidade de Deus.

Profissionais com graduação em diferentes áreas, previamente treinados, separavam, a cada dia, as fichas dos atendimentos médicos de emergência de crianças até 12 anos residentes na área de estudo, motivados por transtornos respiratórios. Após esta etapa, eram extraídos para um instrumento próprio, os sinais, sintomas ou diagnósticos respiratórios freqüentes em serviços pediátricos de emergência. Assim, este instrumento continha campos específicos para gripe, otite, irritação nos olhos, tosse e asma. Além destas, os motivos das consultas poderiam ser incluídos nos campos das Doenças das Vias Aéreas Superiores, Doenças das Vias Aéreas Inferiores e/ou Infecções Respiratórias Agudas. A criação deste instrumento foi necessária, porque os registros médicos não eram enquadrados segundo a Classificação Internacional de Doença (CID) ou qualquer outra classificação dos sintomas e diagnósticos clínicos.

Devido às diversas formas das manifestações clínicas ocasionadas pela redução da luz dos brônquios e na ausência de uniformização das anotações, o campo – ASMA - foi assinalado sempre que nos registros médicos houvesse a indicação de *asma brônquica*, *bronquiolite, chiado no peito* ou *sibilos*, que estão freqüentemente relacionadas às doenças obstrutivas das vias aéreas infantis. Este procedimento foi necessário, já que era

freqüente a anotação médica de somente um sinal ou sintoma, sem a menção de um provável diagnóstico.

Também foi verificado, a cada dia, o número total de atendimentos pediátricos de emergência, o número de crianças atendidas residentes nos bairros selecionados e quantas destas crianças apresentavam sintomas respiratórios.

2.4.2 Informações Ambientais

As médias diárias do material particulado com volume aerodinâmico de até 10 microns (PM_{10}), do dióxido de enxofre (SO_2), dióxido de nitrogênio (NO_2), monóxido de carbono (CO) e do ozônio (O_3) foram inicialmente os indicadores de exposição da população à poluição do ar. As concentrações horárias destes poluentes foram coletadas de uma estação automática de monitoramento, sob responsabilidade da FEEMA, localizada centralmente em Jacarepaguá.

Durante o período inicial de estudos de 365 dias, ocorreram várias interrupções no monitoramento dos poluentes em Jacarepaguá. Todavia, estas falhas não tiveram relação com os níveis dos poluentes ambientais estudados. Ao final, houve o registro de 246 dias de PM_{10}, 201 dias de NO_2, 244 dias de CO, 237 dias de O_3 e de somente 194 dias de SO_2. Diante da expressiva redução das informações ambientais do SO2 optou-se por não analisar os efeitos respiratórios deste poluente.

As falhas no monitoramento ocorreram tanto em curtas sequências de dias como em três longos períodos de vários dias consecutivos, 08 a 30/04/2002, 01/12/2002 a 15/01/2003 e 10/02 a 16/03/2003. A fim de minimizar possíveis associações espúrias, imputaram-se informações dos monitores localizados no Centro, Copacabana, São Cristóvão e Tijuca, para as falhas em dias isolados ou em curtos períodos. A boa

correlação entre os valores dos poluentes ambientais coletados em Jacarepaguá e nas outras regiões da cidade possibilitou a utilização destes dados (Mello & Matta, 2005). A metodologia adotada no processo de imputação foi semelhante à descrita por Junger *et al.* (2002), onde as estimativas obtidas são explicadas pela correlação espacial entre os níveis do mesmo poluente nos diferentes monitores e pela autocorrelação dos níveis deste poluente no mesmo monitor, ao longo do tempo.

A opção de repor somente as ausências dos pequenos intervalos fez com que o período total de observações de PM_{10} e NO_2 fosse de 262 dias. Este valor foi menor para o NO_2 e O_3, 250 e 248, respectivamente, porque a opção de reposição compreendia somente a estação do Centro.

Os dados diários sobre as condições meteorológicas, umidade relativa e temperatura mínima, média e máxima, foram medidos na base aérea do Campo dos Afonsos localizada no bairro de Vila Valqueire. Este ponto de monitoramento foi selecionado devido à proximidade com a região de estudo. Considerou-se as informações das variáveis meteorológicas do dia corrente, dos dois dias anteriores e da média de cada dois dias anteriores. Os dados de precipitação de chuva foram obtidos da Secretaria de Obras da cidade do Rio de Janeiro (Georio). O volume diário de chuvas para a região de Jacarepaguá foi representado pela média aritmética dos volumes diários nas estações Tanque, Rio Centro e Cidade de Deus.

2.5 Análise dos Dados

A variável dependente - atendimentos pediátricos de emergência por sintomas de obstrução brônquica - foi estratificada segundo grupos etários: igual ou menor do que 2 anos, entre 3 e 6 anos e mais de 7 anos e menos de 12 anos. As variáveis independentes

foram as concentrações médias diárias dos poluentes atmosféricos, PM_{10}, NO_2, CO e O_3. Tendência temporal, sazonalidade, condições meteorológicas, dias anômalos durante o ano e epidemias de infecções respiratórias compreenderam as variáveis de confusão. Assumiu-se a distribuição de Poisson, uma vez que a variável de desfecho - número diário de atendimentos médicos - são eventos contáveis.

Nas estimativas dos efeitos dos poluentes atmosféricos na saúde, a interferência das variáveis ambientais que possuem flutuações diárias precisa ser removida. Para isto, atualmente, tem sido empregada uma classe de modelos denominada Modelos Aditivos Generalizados (MAG) que são bastante flexíveis, uma vez que permitem ajustes, em um mesmo modelo, de efeitos paramétricos e não paramétricos. Neste estudo foram utilizadas curvas *splines*, que são funções suaves dos dados, para o ajuste dos efeitos da tendência temporal, sazonalidade de médio e longo prazo e das covariáveis meteorológicas, temperatura e umidade relativa. Para contemplar possível latência temporal, foram feitos gráficos dos resíduos dos modelos já ajustados, pelos níveis de temperatura e umidade mínimos, médios e máximos de até dois dias antes e a média deste período. O dia selecionado para ser incluído no modelo correspondia ao gráfico em que a curva suavizada tendia a uma reta, mostrando ausência de padrões e indicava o melhor ajuste dos efeitos da temperatura e umidade.

Dias do calendário que tiveram comportamentos anômalos, como os finais de semana, feriados, dias entre os feriados e os finais de semana e os dias da Copa do Mundo de 2002 também foram incluídos nos modelos de regressão, como variáveis indicadoras. No caso dos feriados, a mesma variável indicadora foi empregada para os

dias que tinham o efeito na mesma direção (positivo ou negativo) e magnitudes semelhantes.

Durante os seis primeiros meses de estudo, em uma das unidades de saúde, havia um sistema de triagem das crianças que seriam atendidas no mesmo dia. Somente aquelas com sintomas mais graves e que demandavam um atendimento imediato eram selecionadas. As demais tinham as consultas agendadas para dias subsequentes no ambulatório médico. Para ajustar este efeito uma variável indicadora foi usada para o período onde não houve a triagem.

Por motivos variados, não relacionados aos níveis dos poluentes atmosféricos, os atendimentos médicos da UIS Hamilton Land foram suspensos em certos dias ou as fichas de atendimento médico foram extraviadas. No Hospital Municipal Lourenço Jorge, não foram localizadas as fichas dos atendimentos pediátricos de três dias do mês de fevereiro de 2003. Também uma variável indicadora foi empregada para controlar este efeito.

Não foi possível estimar a interferência dos alergenos do ar, tais como pólens e fungos, na ação dos poluentes atmosféricos, uma vez que não foram localizados registros sistemáticos das concentrações ambientais de alergenos respiratórios no Rio de Janeiro.

As infecções respiratórias agudas podem causar sintomas indistinguíveis dos produzidos pela poluição atmosférica e, assim, os seus efeitos devem ser eliminados. Para o controle das epidemias de infecções respiratórias, empregaram-se os registros das admissões hospitalares pediátricas por pneumonia no município do Rio de Janeiro entre abril de 2002 e março de 2003, obtidos de arquivos do Banco de Dados de Informações dos Serviços de Saúde do Sistema Unificado de Saúde do Brasil (SUS). Os diagnóstcos

das pneumonias foram selecionados de acordo com a Classificação Internacional de Doenças (CID), 10° revisão (CID10 - J12 a J18). A metodologia usada na determinação dos períodos epidêmicos foi semelhante à referida por Braga *et al* (2000). O ajuste desta variável se deu com a aplicação de polinômios cúbicos a cada período epidêmico.

Análises detalhadas e criteriosas dos resíduos seguiam a introdução de cada uma destas covariáveis com a finalidade de garantir a ausência de relação residual. Da mesma forma, não houve a presença de padrões que sugerissem a presença de autocorrelação.

As manifestações respiratórias agudas relacionadas aos poluentes atmosféricos podem estar defasadas de alguns dias da exposição. Por isto, é importante que a análise compreenda também os níveis dos poluentes nos dias anteriores. Neste estudo, foram considerados os níveis de poluição no dia da consulta (D0) e nos três dias anteriores (D1, D2, D3). O efeito acumulado foi avaliado com as médias móveis das concentrações dos poluentes de dois a sete dias (mm2, mm3, mm4, mm5, mm6, mm7).

As equações de regressão de Poisson originam diretamente valores de Risco Relativo e corresponderam a aumento de 10 $\mu g/m^3$ nos níveis de cada poluente, analisados separadamente, com exceção de CO, para o qual o aumento de 1000 $\mu g/m^3$ foi considerado. O nível de significância de 5% foi adotado. A apresentação dos resultados como variações percentuais dos atendimentos médicos facilita a compreensão dos valores do Risco Relativo. Este indicador é calculado através da expressão: % RR = (RR - 1) × 100.

3 RESULTADOS

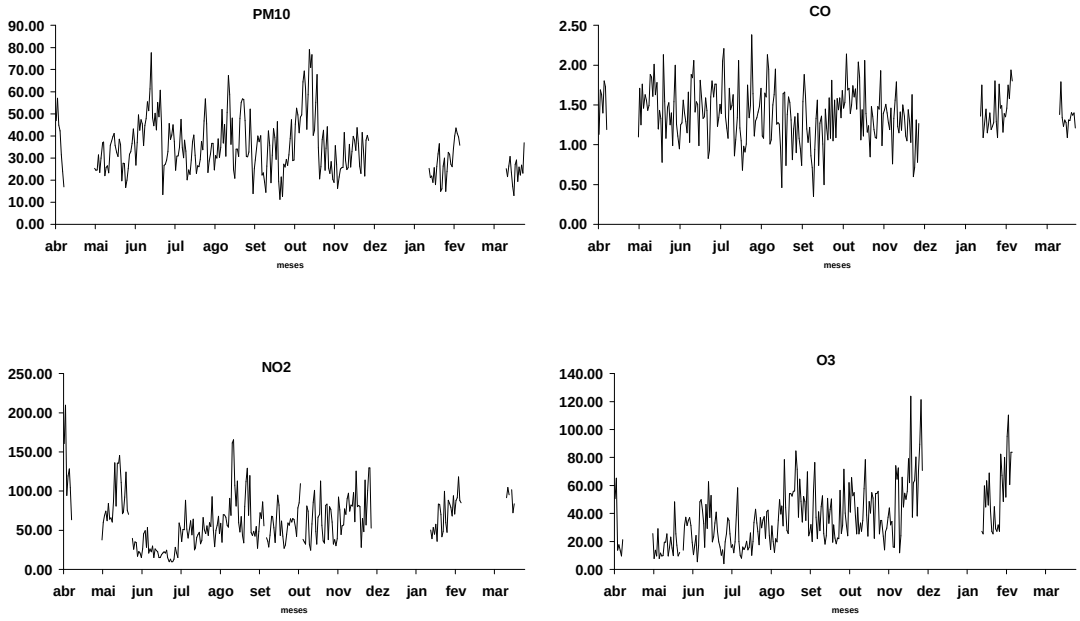
Entre abril de 2002 e março de 2003, houve 139.350 atendimentos médicos pediátricos de emergência, dos quais 45.595 (32%) foram motivados por distúrbios respiratórios em crianças residentes nas regiões de Jacarepaguá e Cidade de Deus. Sintomas de obstrução das vias respiratórias inferiores causaram 7.300 atendimentos, aproximadamente 42% de todos os atendimentos médicos motivados por sintomas nas vias aéreas inferiores (17.477 atendimentos). Em relação às idades das crianças, aquelas com idades inferiores a 2 anos corresponderam a 2841 atendimentos e as crianças com idades entre 3 e 6 anos e as maiores do que 7 anos ocasionaram 2893 e 1067 consultas, respectivamente. Por falhas técnicas, nem todas as fichas de atendimento médico pediátrico tinham todos os campos preenchidos, Por omissão da idade ou da data do nascimento das crianças, os sintomas descritos em 499 consultas não puderam ser categorizados pelos grupos etários.

3.1 Indicadores de Poluição do Ar

As concentrações médias dos poluentes atmosféricos não ultrapassaram, em nenhum dia do período do estudo, os limites primários recomendados pela resolução da Comissão Nacional do Meio Ambiente (CONAMA): média diária de 150$\mu g/m^3$ de ar para as partículas inaláveis, média de 8 horas de 10.000$\mu g/m^3$ (9 ppm) para CO, média horária de 160$\mu g/m^3$ de O_3 e de 320$\mu g/m^3$ para NO_2 (Brasil, 1990).

A **FIGURA 4** indica as distribuições temporais das médias diárias de PM_{10}, CO, NO_2 e O_3 consideradas na exposição ambiental da população infantil residente em Jacarepaguá entre abril de 2002 e março de 2003.

FIGURA 4 - Séries Temporais das Concentrações Ambientais de PM_{10}, CO, NO_2 e O_3, em Jacarepaguá, entre abril de 2002 a março de 2003



Os poluentes atmosféricos encontram-se dispersos em uma mistura dinâmica de gases e partículas o que torna complicada a identificação isolada dos elementos implicados nos efeitos agudos na saúde. A matriz de correlação entre os poluentes é indicada na **TABELA 1**. Com exceção do O_3 e CO, associação positiva foi verificada entre todos os poluentes.

TABELA 1 - Correlação de Pearson entre PM_{10}, CO, NO_2 e O_3 Medidos em Jacarepaguá entre abril de 2002 a março de 2003 *

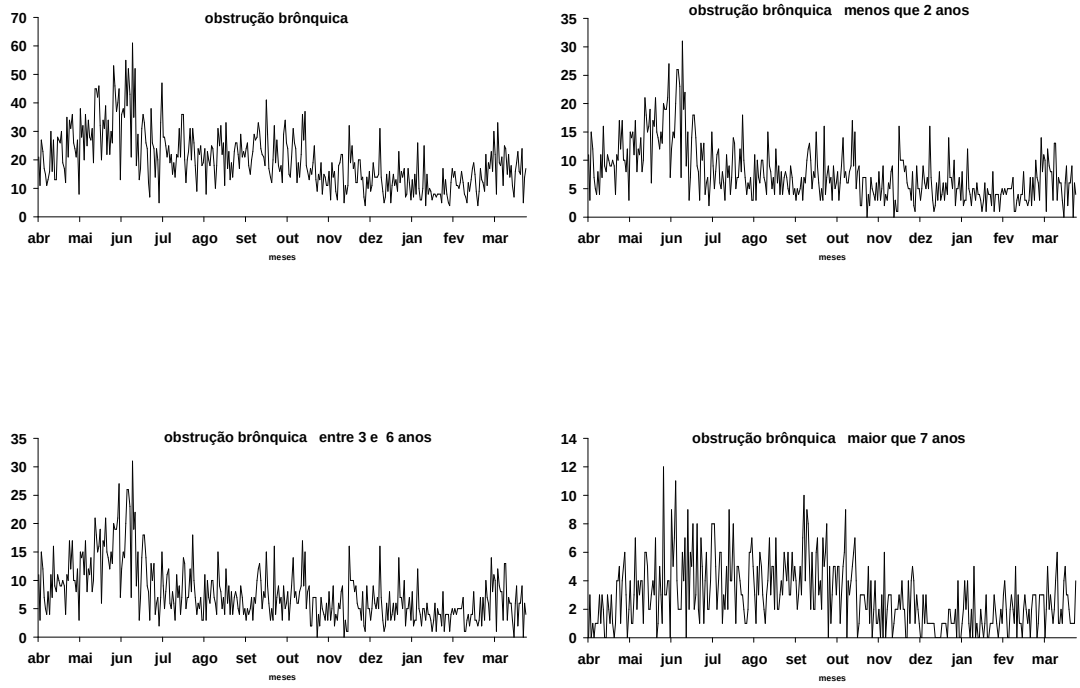
	PM10	CO	NO2	O3
PM10	1			
CO	0,33	1		
NO2	0,21	0,19	1	
O3	0,23	-0,13	0,3	1

* p<0,05

3.2 Atendimentos Médicos Pediátricos de Emergência por Sintomas de Obstrução Brônquica

As quatro séries temporais dos atendimentos médicos estão na FIGURA 8. Nota-se um aumento do número de consultas no início do período mais frio do ano, principalmente no grupo das crianças menores. Ao contrário das demais, neste grupo de crianças, não houve elevação do número de consultas durante a primavera.

FIGURA 8- Séries Temporais dos Atendimentos Pediátricos de Emergência nas três Unidades de Saúde Pública de Jacarepaguá por **Sintomas de Obstrução Brônquica Categorizados por Faixas Etárias** entre abril de 2002 e março de 2003



3.3 Estatísticas Descritivas das Variáveis

A **TABELA 4** exibe as estatísticas descritivas das variáveis ambientais e de saúde.

TABELA 4 – Estatísticas Descritivas das Variáveis Ambientais e dos Atendimentos Pediátricos de Emergência por Sintomas de Obstrução Brônquica em Jacarepaguá entre abril de 2002 e março de 2003 Categorizados por Faixas Etárias

	n	% imp	média	dp	min	p25	p50	p75	máx
Total	262	0	21,58	10,49	4	14	20	27	61
0-2 anos	262	0	8,22	5,4	0	4	7	10	31
3-6 anos	262	0	8,44	4,52	0	5	8	11	23
7-12 anos	262	0	3,36	2,39	0	2	3	5	12
Temp.mínima	365	0	22,14	2,97	15	19,8	22,5	24,4	28,6
Temp. média	365	0	26,31	3,08	18,01	24,34	26,36	28,64	32,7
Temp. máxima	365	0	31,16	4,04	19	29	31,3	34	40
Umidade (%)	365	0	76,42	8,11	52,58	70,75	76,37	81,54	95,5
Chuva (mm)	365	0	3,59	10,30	0	0	0	0,72	76,87
PM_{10} ($\mu g/m^3$)	262	6,11	34,67	12,49	11,22	25,65	32,82	41,53	79,04
CO (1000 $\mu g/m^3$)	262	6,87	1,37	0,34	0,35	1,17	1,39	1,6	2,38
NO_2 ($\mu g/m^3$)	250	19,6	62,78	32,96	9,6	38,5	59	81,45	209,8
O_3 ($\mu g/m^3$)	248	4,43	36,78	21,75	4	19,87	31,85	50,17	123,9

n-número total de dias de observações

dp-desvio padrão

p-percentil

% imp-percentagem de dados imputados

3.4 Efeito do acréscimo da exposição aos poluentes nos atendimentos pediátricos

A **TABELA 5** mostra os aumentos percentuais estatisticamente significativos dos atendimentos médicos pediátricos por sintomas de obstrução brônquica nas três faixas etárias e em todas as crianças.

Nas crianças menores de 2 anos de idade, um aumento das concentrações ambientais de PM_{10} de 10 $\mu g/m^3$ associou-se a um aumento de quase 7% da demanda por

cuidados pediátricos de emergência por obstrução das vias respiratórias. O mesmo valor na exposição ao O_3 ocasionou um efeito de menor intensidade, em torno de 3%, na mesma faixa etária e quase alcançou significado estatístico ($p<0,06$). As estimativas dos efeitos respiratórios agudos em todas as crianças e nos outros grupos etários não tiveram resultados positivos e estatisticamente significativos.

Associação negativa foi encontrada com o NO_2 e CO e os atendimentos pediátricos das crianças de todas idades e também daquelas com menos de 2 anos de idade, principalmente nos dias seguintes à maior exposição aos poluentes atmosféricos.

Os efeitos encontrados para todos os poluentes analisados podem ser obtidos por solicitação aos autores.

TABELA 5 – Aumento Percentual e Intervalo de Confiança dos Atendimentos Pediátricos de Emergência por Sintomas de Obstrução Brônquica para Acréscimo da Exposição a PM_{10}, NO_2, CO e O_3 entre abril de 2002 a março de 2003

Idades	Poluente	Lag	aum %	IC (95%)		p-valor
TODAS						
0 a 2	PM10	0	6,72	1,70	11,99	0,01
	O3	0	3,04	-0,16	6,34	0,06

aum % - aumento percentual

As representações gráficas das alterações percentuais de todos os atendimentos pediátricos de emergência por sintomas de obstrução brônquica e dos atendimentos categorizados por faixas etárias são mostradas nas **FIGURAS 9, 10, 11, 12**.

FIGURA 9 - Variação Percentual e Intervalos de Confiança (95%) dos Atendimentos Pediátricos de Emergência em Unidades de Saúde de Jacarepaguá por **Sintomas de Obstrução Brônquica** para um Aumento de 10 µg/m^3 de PM_{10}, NO_2 e O_3 e de 1000 µg/m^3 de CO entre abril de 2002 e março de 2003. Efeitos no mesmo dia (D0), após 1 dia (D1), após 2 dias (D2), após 3 dias (D3), a média móvel das concentrações dos poluentes de 2, 3, 4, 5, 6 e 7 dias (mm2, mm3, mm4, mm5, mm6, mm7, respectivamente)

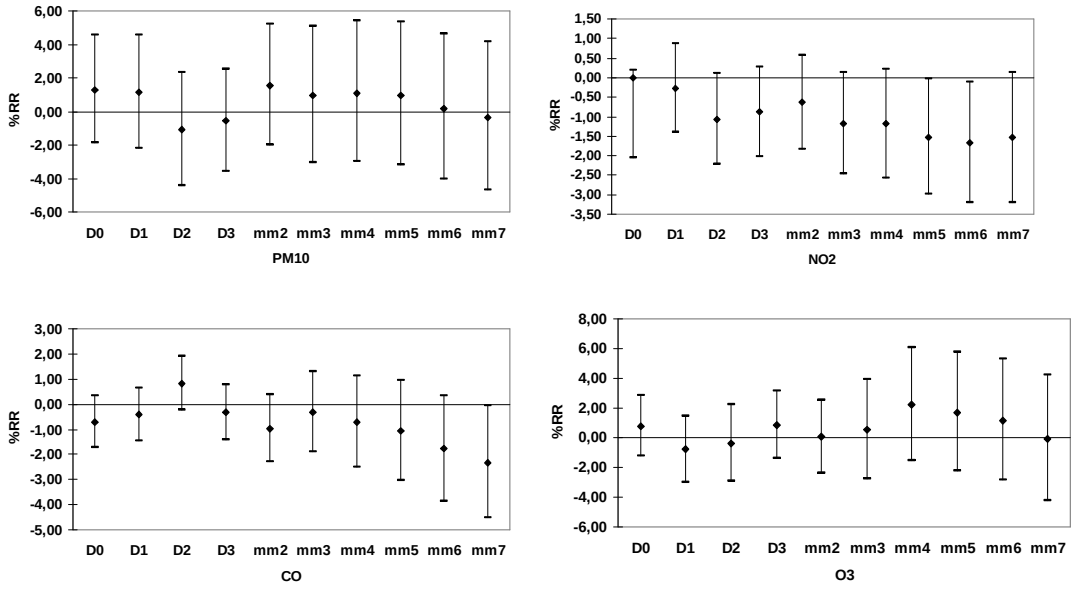


FIGURA 10 - Variação Percentual e Intervalos de Confiança (95%) dos Atendimentos Pediátricos de Emergência em Unidades de Saúde de Jacarepaguá por **Sintomas de Obstrução Brônquica em Crianças com Idades Menores do que 2 Anos** para um Aumento de 10 µg/m^3 de PM_{10}, NO_2 e O_3 e de 1000 µg/m^3 de CO entre abril de 2002 e março de 2003. Efeitos no mesmo dia (D0), após 1 dia (D1), após 2 dias (D2), após 3 dias (D3), a média móvel das concentrações dos poluentes de 2, 3, 4, 5, 6 e 7 dias (mm2, mm3, mm4, mm5, mm6, mm7, respectivamente)

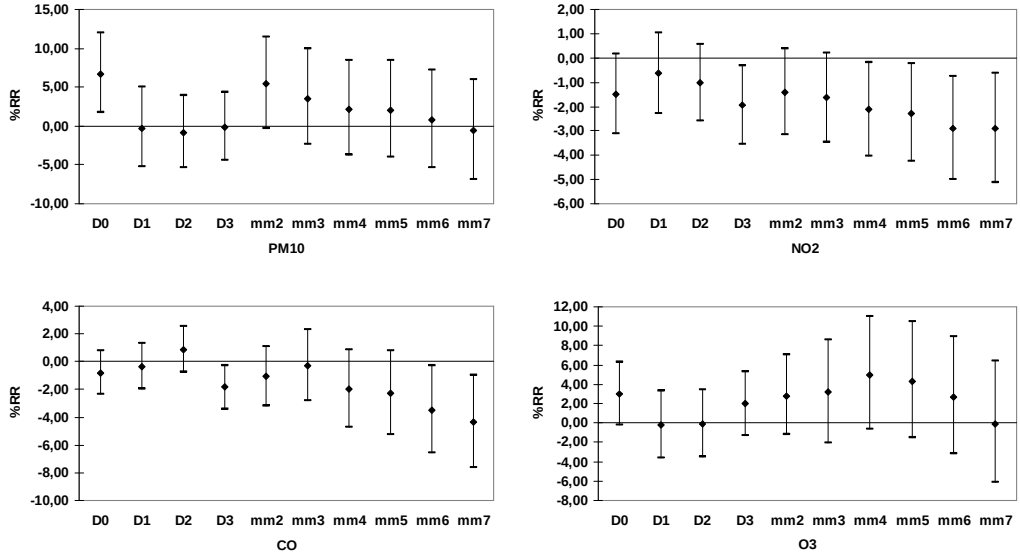


FIGURA 11 - Variação Percentual e Intervalos de Confiança (95%) dos Atendimentos Pediátricos de Emergência em Unidades de Saúde de Jacarepaguá por **Sintomas de Obstrução Brônquica em Crianças com Idades entre 3 e 6 Anos** para um Aumento de 10 µg/m^3 de PM_{10}, NO_2 e O_3 e de 1000 µg/m^3 de CO entre abril de 2002 e março de 2003. Efeitos no mesmo dia (D0), após 1 dia (D1), após 2 dias (D2), após 3 dias (D3), a média móvel das concentrações dos poluentes de 2, 3, 4, 5, 6 e 7 dias (mm2, mm3, mm4, mm5, mm6, mm7, respectivamente)

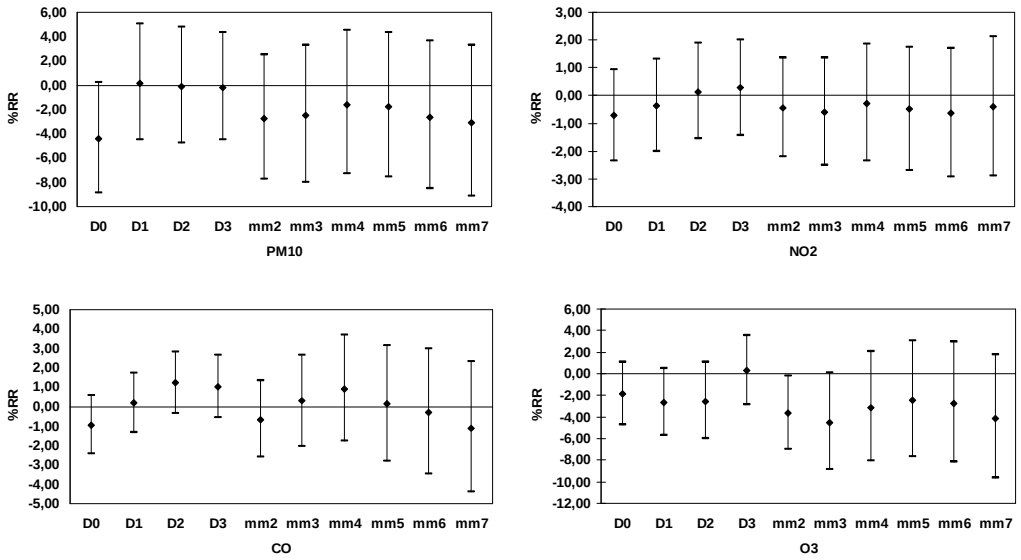
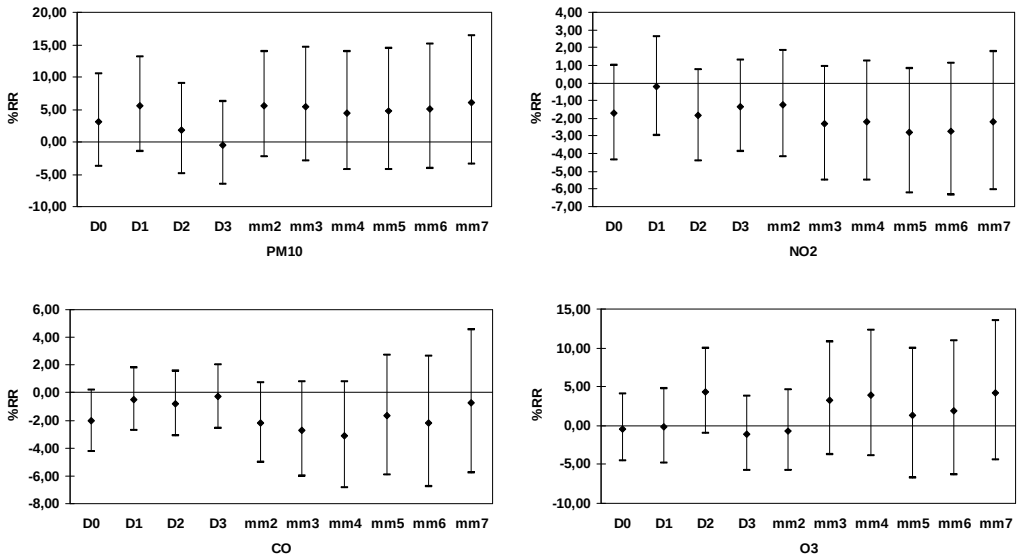


FIGURA 12 - Variação Percentual e Intervalos de Confiança (95%) dos Atendimentos Pediátricos de Emergência em Unidades de Saúde de Jacarepaguá por **Sintomas de Obstrução Brônquica em Crianças com Idades Maiores do que 7 Anos** para um Aumento de 10 µg/m^3 de PM_{10}, NO_2 e O_3 e de 1000 µg/m^3 de CO entre abril de 2002 e março de 2003. Efeitos no mesmo dia (D0), após 1 dia (D1), após 2 dias (D2), após 3 dias (D3), a média móvel das concentrações dos poluentes de 2, 3, 4, 5, 6 e 7 dias (mm2, mm3, mm4, mm5, mm6, mm7, respectivamente)



4 DISCUSSÃO

Os resultados sugerem que a exposição aos poluentes atmosféricos esteve associada a um aumento significativo dos atendimentos médicos de emergência de crianças por sintomas de obstrução brônquica.

A análise estatística dos estudos ecológicos com dados de séries temporais diárias, tendo em conta as variações temporais de longo e médio prazo, necessita que as séries sejam suficientemente longas para que os fenômenos sejam evidenciados e os resultados sejam isentos de viés. O reduzido período de observações, no máximo 262 dias para a maioria dos poluentes, foi a principal limitação neste estudo, apesar das falhas na monitorização dos poluentes não terem estado relacionadas com os níveis de poluição atmosférica.

O estreitamento da luz dos brônquios, em crianças, causa manifestações respiratórias, como chiado no peito, sibilos, dispnéia, cansaço e tosse noturna. Até 2 anos de idade, este quadro está associado na maioria dos casos, a infecções respiratórias de origem viral e é indistinguível de asma brônquica. Em geral, a evolução é benigna, com ausência de recorrências e de outras manifestações alérgicas como rinite e eczemas. Somente uma parcela pequena, geralmente as crianças que apresentam episódios obstrutivos freqüentes e graves de bronquite e bronquiolite, está relacionada ao diagnóstico de asma brônquica em idades mais avançadas (Pino *et al.*, 2004). A fim de diminuir os erros nos diagnósticos clínicos, Fauroux *et al.* (2000) e Chew *et al.* (1999) não incluíram as crianças menores na população de estudos e Farhat *et al* (2005) adotaram o termo de *doenças das vias aéreas* para designar as manifestações de obstrução brônquica, na infância, de causa alérgica e por agentes virais em todas as faixas etárias.

Os poluentes atmosféricos analisados não estavam associados a acréscimos nos atendimentos pediátricos de emergência por asma brônquica ou bronquiolite, considerando todas as faixas etárias no estudo de Jacarepaguá. Este resultado não foi compartilhado por outros autores. Farhat *et al* (2005), durante um ano de observação, encontraram aumento das internações por asma brônquica ou bronquiolite, em crianças com menos de 13 anos de idade, associado ao NO_2. Os autores indicaram a possibilidade de este gás ter sido um indicador da mistura dos poluentes provenientes das emissões automotivas. Atkinson *et al* (1999), entre 1992 e 1994, em Londres, viram associações positivas e significativas entre os atendimentos pediátricos por asma brônquica e SO_2, NO_2, PM_{10}, CO e fumaça negra. Aumento da demanda por atendimentos de emergência por crianças apresentando chiado no peito e maior exposição a PM_{10} e O_3 foi encontrado por Lin *et al* (1999), em São Paulo, entre maio de 1991 e abril de 1993. Em Jacarepaguá, possivelmente, os efeitos dos poluentes ambientais nos grupos etários ficaram diluídos quando o desfecho de saúde envolveu toda a população infantil.

Neste trabalho, o impacto da exposição a PM_{10} foi focalizado nas crianças com menos de 2 anos de idade. A identificação do efeito respiratório, somente na parcela da população infantil portadora de determinada característica que a distingue das demais, realça a importância desta especificidade no resultado observado. Neste estudo, uma hipótese é que a freqüência da procura por cuidados de emergência infantil ocasionada por asma brônquica, doença imunológica comum nas crianças mais velhas, não foi influenciada pelos poluentes atmosféricos. Ao contrário, nas crianças com menos de 2 anos de idade, a procura por atendimento médico por sintomas de obstrução brônquica, freqüentemente associada a agentes virais nesta idade, esteve associada aos níveis de

PM_{10} e, com menos certeza, ao O_3. Pode-se concluir que as dimensões reduzidas das vias respiratórias nas crianças menores, exacerbando as manifestações clínicas das infecções virais, tornaram estas crianças mais susceptíveis às ações dos poluentes do que às alterações imunológicas características da asma brônquica. Este resultado também poderia ser explicado pela maior preocupação dos pais com os distúrbios na saúde de crianças mais jovens, que demandariam cuidados médicos imediatos, mesmo em casos de menor gravidade. Por outro lado, nas as crianças mais velhas, os sintomas respiratórios que por ventura surgiram após a exposição, não tiveram gravidade que requeresse atendimento em unidades de emergência ou foram tardios, além do período de observação.

Poucos estudos levaram em consideração as variações anatômicas e funcionais durante a infância, e categorizaram, por faixas etárias, as estimativas dos efeitos respiratórios dos poluentes do ar. Desta maneira, fica limitada a avaliação da consistência dos resultados. Braga *et al* (2001), em São Paulo, investigaram as admissões hospitalares por motivos respiratórios segundo quatro grupos etários de crianças e adolescentes. Pneumonia foi a causa de admissão mais freqüente no grupo de até 2 anos de idade, aproximadamente 70%, seguida de bronquite, bronquiolite e asma brônquica com índice de quase 20%. Nas crianças mais velhas, doenças crônicas de amígdalas e adenóides foram os principais motivos de hospitalização. Houve maior número de internações de crianças menores de 2 anos de idade para aumento da exposição a PM_{10}, O_3, SO_2, CO e NO_2, equivalente a um intervalo interquartil. Maior efeito ocorreu com PM_{10} e com exceção do O_3, a hipótese nula pôde ser rejeitada com 99,9% de certeza. As faixas de idade entre 3 e 5 anos e, principalmente entre 14 e 19 anos, tiveram resultados positivos e

significativos com a exposição a PM_{10} e a CO. Nenhum efeito estatisticamente significativo foi observado com as crianças com idades entre 6 e 13 anos. Entretanto, em nenhum grupo etário foram considerados os diagnósticos respiratórios relacionados às internações, o que impede a comparação com o trabalho de Jacarepaguá.

Embora, no estudo de Braga *et al* (2001) e no de Jacarepaguá, os efeitos estimados das crianças não tenham sido os mesmos -admissão hospitalar por distúrbios respiratórios e atendimento de emergência por sintomas respiratórios obstrutivos, respectivamente, ambos classificaram os resultados segundo faixas etárias, e observaram maior efeito associado à exposição a poluentes atmosféricos nas crianças com idades inferiores a dois anos.

O aumento da concentração de PM_{10} associou-se a maior número de atendimentos de emergência nas crianças com idades entre 6 e 12 anos. Nesta idade, os sintomas obstrutivos das vias respiratórias têm mais probabilidade de serem conseqüências dos fenômenos imunológicos de asma brônquica do que nas crianças menores. Este efeito, embora sem significado estatístico, esteve presente no mesmo dia da exposição, nos dias anteriores e levando-se em conta indicadores de exposição acumulada. A reduzida média diária de atendimentos de crianças deste grupo, em torno de três por dia, pode ter sido insuficiente para alcançar o significado estatístico escolhido.

Assim como no estudo em Jacarepaguá, PM_{10} esteve envolvido no aumento dos atendimentos médicos de emergência por agudização de asma brônquitca em Seattle (Norris *et al*, 1999; Schwartz *et al*, 1993) e em Santa Clara County (Lipsett *et al*, 1997). Os materiais particulados são compostos por elementos sólidos e líquidos, e estão presentes na atmosfera como um mistura complexa, cuja toxicidade varia com o seu

tamanho e composição físico-química (Rios *et al*, 2004). Estudos recentes sugeriram que a maior utilização do diesel nos motores de veículos automotivos nas grandes metrópoles e as partículas geradas pela sua exaustão podem estar associadas ao aumento das doenças alérgicas respiratórias (Pandya *et al.*, 2002). Devido aos reduzidos diâmetros aerodinâmicos, <2,5 µm, atingem as porções mais internas das vias respiratórias e são potencialmente mais tóxicas (Bernstein *et al.*, 2004; Nel, 2005).

Quanto ao impacto dos poluentes atmosféricos na asma brônquica, o O_3 é o agente mais extensivamente investigado (Peden, 2003). Inúmeros estudos epidemiológicos ressaltaram a importância do O_3, e demonstraram uma relação entre a concentração ambiental deste agente e eventos agudos de asma brônquica (Galán *et al.*, 2003; Sunyer *et al.*, 1997; Tenias *et al*., 1998; Fauroux *et al*., 2000, Romieu *et al*., 1995, Stieb *et al*, 1996; Yang *et al.*, 1997). Ao contrário, Lierl *et al* (2003) sugerem que PM_{10}, e não o O_3,é o principal agente envolvido nos episódios de asma brônquica. Segundo Peden *et al* (2003), as divergências genéticas, culturais e regionais entre as populações podem justificar o O_3 ser um importante poluente em uma área e não em outra.

Com a observação das séries temporais dos atendimentos pediátricos por sintomas de obstrução brônquica, nota-se que a distribuição temporal sugere maior incidência de sintomas no início do inverno nas crianças de todas as faixas etárias. Outro pico de consultas médicas é visto próximo à primavera, somente nas séries temporais das crianças maiores do que 2 anos. Fisiologicamente, as reações alérgicas características de asma brônquicas surgem após o período pré-escolar e, no estudo de Jacarepaguá, poderia corresponder ao segundo pico de sintomas brônquicos somente nas crianças maiores. Os pólens são reconhecidos alergenos respiratórios e esta época do ano corresponde à etapa

de polinização de algumas espécies de flores em muitos países, quando aumenta a sua concentração ambiental, e é maior a incidência de sintomas respiratórios em indivíduos alérgicos. Contudo, a inclusão dos indicadores dos níveis ambientais de grãos de pólen, como possível fator de confundimento da associação entre os poluentes atmosféricos e efeitos respiratórios, nem sempre causou alterações significativas (Galán *et al* 2003, Anderson *et al* 1998, Hajat *et al* 1999, Fauroux *et al* 2000). Neste estudo, este efeito não pode ser estimado porque, no Rio de Janeiro as informações acerca das espécies de pólens e períodos de polinização são conflitantes, e a monitorização sistemática dos níveis ambientais não é realizada.

A relação entre a exposição às partículas ambientais e as infecções respiratórias agudas é incerta. Zelikoff *et al.*, (1999) apud Braga *et al.*, (2001) sugeriram que as partículas podem facilitar e propagar doenças infecciosas, "especificamente pneumonia". Para Yang *et al* (1996), episódios de agudização de asma podem ser desencadeados diretamente por condições atmosféricas, como clima frio e seco, ou o clima frio pode estar relacionado ao aumento da incidência de doenças respiratórias infecciosas, que subsequentemente causariam exacerbação da asma.

A origem dos poluentes em Jacarepaguá é peculiar, variada e diferente de outras regiões da cidade e pode determinar uma composição do ar inalado que justifique, ao menos parcialmente, os resultados observados. Aparentemente, a queima de combustíveis fósseis nos motores de veículos e as emissões industriais dividem a responsabilidade da composição da mistura de poluentes do ar inalado em Jacarepaguá. A contribuição do amplo parque industrial, para os índices ambientais, deve ser elevada, já que lá estão

instaladas mais de duas centenas de estabelecimentos (Federação das Indústrias do Rio de Janeiro, 2005).

Viés de informação pode ocorrer quando a variável dependente compreende informações provenientes de setores de emergência médica, tendo a confiabilidade dos diagnósticos clínicos, neste tipo de estudo, sido questionada por Buchdahl *et al* (1996). Quando populações infantis estão envolvidas, as incorreções podem ser geradas tanto pelo fornecimento equivocado das informações pelos responsáveis das crianças, como pela impressão médica precoce e errônea, comum nas situações de emergência. Erros no diagnóstico de asma brônquica são freqüentes, segundo Romieu *et al*, (1995), devido à variedade de sintomas clínicos que a asma pode produzir em crianças. Porém, este viés, em geral, é não diferencial, pois, na consulta médica, o profissional de saúde desconhece os níveis ambientais dos poluentes. Em um estudo conduzido por Lin *et al* (1999) em São Paulo, todos os diagnósticos clínicos foram confirmados por dois médicos, o que deve ter reduzido a incidência de viés.

No estudo de Jacarepaguá, a metodologia de seleção de fichas e extração das informações de saúde também pode ter causado incertezas na estimativa do efeito, apesar da semelhança da experiência dos técnicos neste tipo de invsetigação. A seleção das fichas de atendimento requeria atenção e seguia alguns critérios: presença de sintomas respiratórios, idades até 12 anos e residência na região pré-selecionada. Na maior parte do período, o volume de atendimentos pediátricos diário foi elevado e requereu a manipulação de centenas de fichas a cada dia. Isto, acrescido do caráter repetitivo desta tarefa, pode ter causado erros nesta etapa. No entanto, caso tenham ocorrido, foram aleatórios durante todo o ano, e não sofreram interferências da poluição do ar. Ressalta-se

que a experiência dos técnicos responsáveis pela coleta dos dados era semelhante neste tipo de investigação.

Apesar das falhas no monitoramento dos poluentes atmosféricos, o acréscimo de quase 7% do número diário de consultas de emergência por sintomas obstrutivos nas vias respiratórias, associado aos níveis ambientais de $PM_{10,}$ indica a existência de um importante problema de saúde pública no município do Rio de Janeiro. Um aumento de 3%, quase significativo destas consultas atribuído ao O_3 realça a necessidade de identificação e eliminação das fontes de contaminação do ar em Jacarepaguá. Certamente, uma grande contribuição será fornecida com a análise espacial dos resultados.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Anderson HR, Ponce de Leon A, Bland JM, Bower JS, Emberlin J, Strachan DP. Air Pollution, Pollens, and Daily Admissions for Asthma in London 1987-92. Thorax 1998;53:842-848
2. Atkinson RW, Anderson HR, Strachan DP, Bland JM, Bremner SA, Ponce de Leon A. Short-term Association between Outdoor Air Pollution and Visits to Accident and Emergency Departments in London for Respiratory Complaints. Eur Respir J 1999;13:257-265
3. Atkinson RW, Strachan DP. Role of Outdoor Aeroallergens in Asthma Exacerbations:Epidemiological Evidence. Thorax 2004;59:277-278
4. Bakonyi SMC, Danni-Oliveira IM, Martins LC, Braga ALF. Air Pollution and Respiratory Diseases among Children in Brazil. Rev Saúde Pública 2004;38(5):695-700
5. Ball TM, Castro-Rodriguez JA, Griffith KA, Holberg CJ, Martinez FD, Wright AL. Siblings, Day-Care Attendance, and the Risk of Asthma and Wheezing during Childhood. N Engl J Med 2000;343:538-543

6. Bernstein JA (editor) Alexis N, Barnes C, Bernstein L, Bernstein JA, Nel A, Peden D, Diaz-Sanchez D, Tarlo SM, Williams PB (colaboradores). Health Effects of Air Pollution. J Allergy Clin Immunol 2004;114:1116-1123
7. Bobak M, Leon DA. The Effect of Air Pollution on Infant Mortality Appears Specific for Respiratory Causes in the Postneonatal Period. Epidemiology 1999;10:666-670
8. Boechat JL, Rios JL, Sant'Anna CC, França AT. Prevalence and severity of asthma symptoms in school-age children in the city of Duque de Caxias, Rio de Janeiro, Brazil. J Bras Pneumol 2005;31:111-117
9. Braga ALF, Saldiva PHN, Pereira LAA, Menezes JJC, Conceição GMS, Lin CA, Zanobetti A, Schwartz J Dockery DW. Health Effects of Air Pollution Exposure on Children and Adolescents in São Paulo, Brazil. Pediatr Pulmonol 2001;31:106-113
10. Braga ALF, Zannobetti A, Schwartz J. Do Respiratory Epidemics Confound the Association between Air Pollution and Daily Deaths?. Eur Resp J 2000;16:723-728
11. BRASIL. Resolução CONAMA n°003, de 28 de junho de 1990. Diário Oficial da União de 22/04/90. Seção I, Págs 15.937 a 15.939
12. Buchdahl R, Parker A, Stebbings T, Babiker A. Association between Air Pollution and Acute Childhoood Wheezy Episodes:Prospective Observational Study. BMJ 1996;312:661-665

13. Cacciola RR, Sarvà M, Polosa R. Adverse Respiratory Effects and Allergic Susceptibility in Relation to Particulate Air Pollution:Flirt with Disaster. Allergy 2002;57:281-286
14. Chew FT, Goh DYT, Ooi BC, Saharom R, Hui JKS, Lee BW. Association of Ambient Air Pollution Levels with Asthma Exacerbation among Children in Singapore. Allergy 1999;54:320-329
15. D′Amato G, Liccardi G, D′Amato M, Cazzola M. Outdoor Air Pollution, Climatic Changes and Allergic Bronquial Asthma. Eur Respir J 2002,20:763-776
16. Farhat SCL, Paulo RLP, Shimoda TM, Conceição GMS, Lin CA, Braga ALF, Warth MPN, Saldiva PHN. Effect of Air Pollution on Pediatric Respiratory Emergency Room Visits and Hospital Admission. Braz J Med Biol Res 2005;38:227-235
17. Fauroux B, Sampil M, Quénel P, Lemoullec Y. Ozone:A Trigger for Hospital Pediatric Asthma Emergency Room Visits. Pediatr Pulmonol 2000;30:41-46
18. Federação das Industrias do Rio de Janeiro (FIRJAN). Cadastro Industrial do Estado do Rio de Janeiro, 2005
19. Fundação Estadual de Engenharia e Meio Ambiente (FEEMA) Disponível em http://www.feema.rj.gov.br/admin_fotos/INVENTARIO_%20Relatorio.pdf. Acessado em dezembro de 2005
20. Filleul L, Zeghnoun A, Declercq C, Le Goaster C, Le Tertre A, Eilstein D, Medina S, Saviuc P, Prouvost H, Cassadou S, Pascal L, Quénel. Relations à Court Terme entre la Pollution Atmosphérique Urbaine et la Mortalité Respiratoire: la

Place des Études Temporelles. Exemple de l'Étude des 9 Villes (PSAS-9). Rev Mal Respir 2001,18 :387-395

21. Fusco D, Forastiere F, Michelozzi P, Spadea T, Ostro B, Arcà M, Perucci CA. Air Pollution and Hospital Admissions for Respiratory Conditions in Rome, Italy. Eur Respir J. 2001;17:1143-1150
22. Galán I, Tobias A, Banegas JR, Aranguez E. Short-term Effects of Air Pollution on Daily Asthma Emergency Room Admissions. Eur Resp J 2003;22:802-808
23. Gavett SH, Koren HS. The Role of Particulate Matter in Exacerbation of Atopic Asthma. Int Arch Allergy Immunol 2001;124:109-112
24. Gern JE. The Spectrum of Severe Wheezing in Childhood. J Allergy Clin Immunol 2004;114:236-238
25. Gouveia N, Fletcher T. Respiratory Diseases in Children and Outdoor Air Pollution in São Paulo, Brazil: a Time Series Analysis. Occup Environ Med 2000;57:477-483
26. Hajat S, Haines A, Goubet SA, Atkinson RW, Anderson HR. Associations of Air Pollution with Daily GP Consultations for Asthma and other Lower Respiratory Conditions in London. Thorax 1999;54(7):597-605
27. Hiltermann TJN, Stolk J, van der Zee SC, Brunekreef B, de Bruijne CR, Fisher PH, Ameling CB, Sterk PJ, Hiemstra PS, van Bree L. Asthma Severity and Susceptibility to Air Pollution. Eur Resp J 1998;11:686-693
28. Instituto Pereira Passos (IPP). Armazém de Dados. Disponível em http://portalgeo.rio.rj.gov.br/serie_rfoco/municipio/index.htm Acessado em 03/10/2005

29. Junger WL. Imputação de Dados Faltando em Séries Temporais Multivariadas Via Algoritmo EM. Instituto de Matemática e Estatística. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2002

30. Lierl, MB, Hornung RW. Relationship of Outdoor Air Quality to Pediatric Asthma Exacerbations. Ann Allergy Asthma Immunol 2003;90:28-33

31. Lin CA, Martins MA, Farhat CL, Pope III CA, Conceição GMS, Anastácio VM, Hatanaka M, Andrade WC, Hamaue WR, Bohm GM, Saldiva PHN. Air Pollution and respiratory illness of Children in São Paulo, Brazil. Paediatric and Perinatal Epidemiology 1999;13:475-488

32. Lipsett M, Hurley S, Ostro B. Air Pollution and Emergency Room Visits for Asthma in Santa Clara County, California. Environ Health Perspect 1997;105(2):216-222

33. Masoli M, Fabian D, Holt S, Beasley R. The Global Burden of Asthma Report, 2004

34. Maynard RL. Asthma and Urban Air Pollution (editorial). Clin Exp Allergy 2001;31(4):518-520

35. Mello, CF, Matta F. Uma Aplicação de Estatística Multivariada para Identificação de Cenários de Concentração de Poluentes. Monografia apresentada ao Departamento de Estatística da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2005

36. National Institutes of Health (NIH). National Heart, Lung and Blood Institute. Clinical Practice Guidelines. Expert Panel Report 2. 1997; 97-4051

37. Nel A. Air Pollution-Related Illness:Effects of Particles. Science 2005;308:804-805

38. Norris G, YoungPong SN, Koening JQ, Larson TV, Sheppard L, Stout JW. An Association between Fine Particles and Asthma Emergency Department Visits for Children in Seattle. Environ Health Perspect 1999;107:489-493

39. O'Connell E. Pediatric Allergy: a Brief Review of Risk Factors Associated with Developing Allergic Disease in Childhood. Ann Allergy Asthma Immunol 2003;90(Suppl 3):53-58

40. Pandya RJ, Solomon G, Kinner A, Balmes JR. Diesel Exhaust and Asthma: Hypotheses and Molecular Mechanism of Action. Environ Health Perspect 2002;110 (suppl 1):103-112

41. Peden D. Does Pollution Cause Asthma Exacerbations in Children? (editorial). Ann Allergy Asthma Immunol 2003; Jan;90(1):1-2

42. Peel JL, Tolbert PE, Klein M, Metzger KB, Flanders WD, Todd K, Mulholland JA, Ryan PB, Frumkin H. Ambient Air Pollution and Respiratory Emergency Department Visits. Epidemiology 2005;16:164-174

43. Pino P, Walter T, Oyarzum M, Villegas R, Romieu I. Fine Particulate Matter and Wheezing Ilnesses in the First Year of Life. Epidemiology 2004;15:702-708

44. Ramsey CD, Celedón JC. The Hygiene Hypothesis and Asthma. Curr Opin Pulm Med 2004;11:14-20

45. Rios JLM, Boechat JL, Sant`Anna CC, França AT. Atmospheric Pollution and the Prevalence of Asthma:Study among Schoolchildren of 2 Areas in Rio de Janeiro, Brazil. Ann Allergy Asthma Immunol 2004;92:629-634

46. Romero-Placeres M, Más-Bermejo P, Lacasaña-Navarro M, Téllez Rojo-Sollis MM, Aguilar-Valdés J, Romieu I. Contaminación Atmosférica, asma bronquial e

Infecciones Respiratorias Agudas en Menores de Edad, de La Habana. Salud Publica Mex 2004;46:222-233

47. Romieu I, Meneses F, Sienra-Monge JJ, Huerta J, Velasco SR, White MC, Etzel RA, Hernandez-Avila M. Effects of Urban Air Pollutants on Emergency Visits for Childhood Asthma in Mexico City. Am J Epidemiol 1995;141:546-553
48. Schwartz J, Larson TV, Pierson WE, Koenig JQ. Particulate Air Pollution and Hospital Emergency Room Visits for Asthma in Seattle. Am Rev Respir Dis 1993;147:826-831
49. Secretaria Municipal de Transportes do Rio de Janeiro (SMTR) Registros fornecidos pela SMTR em 2005
50. Stieb DM, Burnett RT, Beveridge RC, Brook JR. Association between Ozone and Asthma Emergency Department Visits in Saint John, New Brunswick, Canada. Environ Health Perspect 1996;104(12):1354-1360
51. Sunyer J, Spix C., Quénel P, Ponce de Leon A, Ponka A, Barumandzadeh T, Touloumi G, Bacharova L, Wojtyniak B, Vonk J, Bisanti L, Schwartz J, Katsouyanni K. Urban Air Pollution and Emergency Room Admission for Asthma in Four European Cities: the APHEA Project. Thorax 1997;52:760-765
52. Telles Filho, PD´Almeida. Asma Brônquica. Disponível em http://www.asmabronquica.com.br/medical/ Acessado em 7/10/2005
53. Tenias JM, Ballester F, Rivera ML. Association between Hospital Emergency Visits for Asthma and Air Pollution in Valencia, Spain. Occup Environ Med 1998;55:541-547

54. Trasande L & Thurston GD. The Role of Air Pollution in Asthma and other Pediatric Morbidities. Update Review. J Allergy Clin Immunol 2005;115:689-699

55. World Health Organization (WHO). Disponível em http://www.who.int/respiratory/asthma/scope/en/index.html Acessado em 29/09/2005

56. Wright AL. Epidemiology of Asthma and Recurrent Wheeze in Childhood. Clinical Reviews in Allergy and Immunology 2002;22:33-43

57. Yang W, Jennison, BL, Omaye ST. Air Pollution and Asthma Emergency Room Visits in Reno, Nevada. Inhalation Toxicol 1997;9:15-29

58. Zelikoff JT, Nadjieko C, Fang K, Gordon T, Premdass C, Cohen MD. Short-Term, Low Dose Inhalation of Ambient Particulate Matter Exacerbates Ongoing Pneumococcal Infections in Streptococcus Pnemoniae- Infected Rats. In:Phalen RF, Bell YM editors.Proceedings of the III Colloquium on Particulate Air Pollution and human Health, Vol 8. Irvine, CA:Air Pollution Health Effects Laboratory, University of calofornia, 1999;94-101

8 DISCUSSÃO GERAL

Assim como este estudo, outras investigações recentes evidenciaram associações positivas e significativas entre os poluentes ambientais e doenças respiratórias agudas, em crianças de todas as faixas etárias (Atkinson *et al*, 1999, Farhat *et al*, 2005, Romero-Placeres *et al*, 2004, Galán *et al*, 2003). Todavia, os resultados têm pouca consistência porque, além da diversidade dos fatores relacionados às exposições, como os poluentes analisados e os níveis de exposição, a utilização de diferentes metodologias torna a comparação dos resultados complicada, mesmo entre os estudos que utilizaram o desenho temporal dos estudos ecológicos. A seleção e as formas de controle das variáveis de confundimento, o número de eventos diários, o período de observação e as técnicas estatísticas de análise são alguns dos aspectos metodológicos que não foram uniformes. Além disto, a grande maioria das pesquisas foi conduzida em países desenvolvidos, localizados no hemisfério norte. Embora válidos, estes resultados não devem ser extrapolados para outros locais, principalmente para países menos desenvolvidos,

localizados em regiões com clima quente, com características demográficas e sociais diversas e que em geral, a poluição do ar significa um importante problema de saúde pública.

Nos estudos ecológicos de séries temporais, a fim de que sejam obtidas estimativas não enviesadas da relação a curto prazo entre o efeito na saúde e a poluição atmosférica, os fatores que podem modificar esta associação devem ser incluídos nos modelos de regressão. Neste caso, a unidade de análise não é o individuo, mas o tempo. Características individuais, como por exemplo, nível sócio-econômico, sexo, idade, tabagismo, que ao nível da população podem ser considerados, em média, como constantes de um dia para o outro, não constituem fatores de confusão (Filleul, 2001). Por outro lado, nos estudos ecológicos, a principal limitação apontada por vários autores é a estimativa da exposição de forma agregada na população (Romieu *et al*, 1995, Galán *et al*, 2003).

Estudos recentes sugeriram que a maior utilização do diesel nos motores de veículos automotivos nas grandes metrópoles e as partículas geradas pela sua exaustão podem estar associadas ao aumento das doenças alérgicas respiratórias em seres humanos (Pandya *et al*, 2002). Devido aos reduzidos diâmetros aerodinâmicos, <2,5 µm, atingem as porções mais internas das vias respiratórias e são potencialmente mais tóxicas (Bernstein *et al*, 2004; Nel, 2005). Estas partículas possuem um núcleo de carbono elementar, envolvido por milhares substâncias químicas absorvidas na sua ampla superfície, que lhe acrescentam maior toxicidade. Para Telles Filho (2006), existem em torno de 18.000 diferentes compostos orgânicos de alto peso molecular absorvidos na superfície do núcleo carbônico, incluindo ácidos, aldeídos, hidrocarbonetos aromáticos

policíclicos, quinonas e elementos de transição. Possivelmente, os principais metais envolvidos são o cobre, vanádio, cromo, níquel, cobalto e ferro (Nel, 2005). Rios *et al*, (2004) também creditam a toxicidade de PM_{10} às partículas provenientes da exaustão do diesel, além de aerosóis ácidos, bioaerosóis e metais. Por sua vez, O'Connell (2003) relaciona esta propriedade à sílica, íons metálicos, resíduos metálicos e endotoxinas.

Alguns autores acreditam que, nos indivíduos geneticamente predispostos, os poluentes atmosféricos participam tanto no desenvolvimento da sensibilização imunológica a alergenos, como na exacerbação de asma brônquica, que envolvem a produção de anticorpos específicos da classe das imunglobulinas E (Gavett *et al*, 2001). Enquanto que a última hipótese é indicada por vários autores (Peden, 2003, Trasande *et al*, 2003), o mesmo não acontece com o papel das partículas atmosféricas como agentes causadores da asma brônquica. No processo de indução, alguns agentes podem aumentar a sensibilização aos alergenos, modulando a resposta imunológica ou facilitando o acesso de alergenos inalados a células do sistema imunológico, através de lesões no epitélio das vias aéreas (D'Amato *et al*, 2002, Gavett *et al*, 2001). Desta forma, as células epiteliais brônquicas expostas sintetizam e liberam mediadores inflamatórios que regulam a ação de células inflamatórias e contribuem para as manifestações respiratórias (Rios *et al*, 2004, Pino *et al*, 2004). Estudos em humanos e animais sugerem que persistentes exposições a alergenos, como fragmentos de pólens, poeiras contendo resíduos de pelos e fezes de animais e, provavelmente, materiais particulados ultrafinos oriundos da exaustão do diesel, podem induzir sensibilização a alergenos em indivíduos com apropriada predisposição genética (Cacciola *et al*, 2002, Gavett *et al*, 2001, Maynard, 2001).

As exacerbações da asma surgem após reexposições subseqüentes aos alergenos ou após exposição a variados agentes inespecíficos, causadores de inflamação pulmonar e hipersensibilidade das vias aéreas, como vírus, fumaça de cigarros e certos poluentes ambientais (Gavett *et al*, 2001).

No Brasil, apesar de algumas iniciativas para melhorar a qualidade do ar, um longo caminho ainda terá que ser percorrido para que seja garantido um "ar limpo" nas metrópoles.

A princípio, a ausência de informações quanto a presença no meio ambiente de substâncias tóxicas inaláveis existe não somente para os poluentes atmosféricos investigados neste estudo, mas para milhares de substâncias químicas provenientes de atividades industriais e da queima de combustíveis em veículos automotivos. Não sabemos o que respiramos e como conseqüência podemos adoecer sem que a causa primária seja determinada. Na realidade, desconhecemos a dimensão do problema. Para que esta situação se reverta é fundamental a determinação do diagnóstico da situação através da realização de estudos epidemiológicos nas regiões mais urbanizadas.

Entretanto para a obtenção de resultados fidedignos, a qualidade das informações, tanto do ambiente quanto da saúde requerem uma precisão que não foi possível neste estudo. Talvez a existência de mais estações de monitoramento ou a garantia de soluções mais rápidas de problemas técnicos na medição dos poluentes teriam permitido resultados mais expressivos. Em relação aos dados da saúde, uma vez que poucos estudos epidemiológicos utilizam os registros das fichas de atendimento, provavelmente, os profissionais de saúde não são estimulados a preenchê-las de uma forma que possibilite a utilização posterior das informações. Outro motivo seria um número insuficiente de

pessoal médico que reduziria o tempo disponível para o registro das informações. Independente da sua causa, a obtenção tanto dos dados ambientais como dos dados de saúde foi problemática e exigiu intervenções freqüentes para o cumprimento dos objetivos proposto.

9 CONCLUSÕES

1 Incertezas nas estimativas dos efeitos dos poluentes atmosféricos podem ter sido causadas pelas muitas falhas no monitoramento ambiental durante o período do estudo.

2 PM_{10} e O_3 foram os poluentes associados à maior percentagem de atendimentos pediátricos por motivos respiratórios, como em estudos semelhantes.

3 O grupo infantil que estava associado a sintomas de obstrução brônquica foi o das crianças com menos de 2 anos e correspondeu a 2841 atendimentos. Por outro lado, houve 7300 atendimentos médicos pelos mesmos motivos em crianças de todas as faixas etárias e 17.477 por sintomas nas vias aéreas inferiores. Provavelmente, os atendimentos médicos no grupo de menor idade foram diluídos no número total de atendimentos e, por isto, todos os

atendimentos por sintomas obstrutivos não apresentaram associação significativa.

4 Somente o grupo das crianças com idades inferiores a 2 anos, no qual, em geral, os sintomas de obstrução brônquica não estão associados a transtornos alérgicos, apresentou sintomas associados à exposição aos poluentes ambientais.

5 Os atendimentos médicos pediátricos de emergência por queixas respiratórias estavam associados aos poluentes atmosféricos em concentrações abaixo dos limites máximos recomendados após controle de variáveis de confundimento.

10 REFERÊNCIAS

1. AMBIENTEBRASIL. Disponível em http://ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./energia/index.html&conteudo=./energia/gasnatural.html Acessado em setembro de 2005
2. American Academy of Pediatrics. Committee on Environmental Health. Ambient Air Pollution:Health Hazards to Chuldren. Pediatrics 2004;1699-1707
3. Anderson HR, Ponce de Leon A, Bland JM, Bower JS, Emberlin J, Strachan DP. Air Pollution, Pollens, and Daily Admissions for Asthma in London. 1987-92. Thorax 1998;53:842-848
4. Anderson HR, Ponce de Leon A, Bland JM, Bower JS, Strachan DP. Air Pollution and Daily Mortality in London: 1987-92. BMJ 1996;312(7032):665-669
5. Atkinson RW, Anderson HR, Strachan DP, Bland JM, Bremner SA, Ponce de Leon A. Short-term Association between Outdoor Air Pollution and Visits to

Accident and Emergency Departments in London for Respiratory Complaints. Eur Respir J 1999;13:257-265

6. Atkinson RW, Strachan DP. Role of Outdoor Aeroallergens in Asthma Exacerbations:Epidemiological Evidence. Thorax 2004;59:277-278
7. Avendaño LFC, Céspedes AL, Stecher XG, Palomino MAM. Influencia de Virus Respiratorios, Frio y Contaminación Aérea en la Infección Respiratória Aguda Baja del Lactente. Rev Méd Chile 1999;127(9):
8. Bakonyi SMC, Danni-Oliveira IM, Martins LC, Braga ALF. Air Pollution and Respiratory Diseases among Children in Brazil. Rev Saúde Pública 2004;38(5):695-700
9. Ball TM, Castro-Rodriguez JA, Griffith KA, Holberg CJ, Martinez FD, Wright AL. Siblings, Day-Care Attendance, and the Risk of Asthma and Wheezing during Childhood. N Engl J Med 2000;343:538-543
10. Bell ML, Samet JM, Dominici F. Time-Series Studies of Particular Matter. Ann Rev Public Health 2004;25:247-280
11. Bernard SM, Samet JM, Grambsch A, Ebi KL, Romieu I. The Potential Impacts of Climate Variability and Change on Air Pollution-Related Health Effects in the United States. Environ Health Perspect 2001;109(suppl 2):199-209
12. Bernstein JA (editor) Alexis N, Barnes C, Bernstein L, Bernstein JA, Nel A, Peden D, Diaz-Sanchez D, Tarlo SM, Williams PB (colaboradores). Health Effects of Air Pollution. J Allergy Clin Immunol 2004;114:1116-1123
13. Bever HV. Wheezing During the First Year os Life:Is It Asthma? Indian Pediatrics 2004;41:1101-1104

14. Bobak M, Leon DA. The Effect of Air Pollution on Infant Mortality Appears Specific for Respiratory Causes in the Postneonatal Period. Epidemiology 1999;10:666-670
15. Braga ALF, Conceição GMS, Pereira LAA, Kishi HS, Pereira JCR, Andrade MF, Gonçalves FLT, Saldiva PHN, Latorre MRDO. Air Pollution and Pediatric Respiratory Hospital Admission in São Paulo, Brazil. J Environ Med 1999;1:95-102
16. Braga ALF, Saldiva PHN, Pereira LAA, Menezes JJC, Conceição GMS, Lin CA, Zanobetti A, Schwartz J Dockery DW. Health Effects of Air Pollution Exposure on Children and Adolescents in São Paulo, Brazil. Pediatr Pulmonol 2001;31:106-113
17. Braga ALF, Zannobetti A, Schwartz J. Do Respiratory Epidemics Confound the Association between Air Pollution and Daily Deaths?. Eur Resp J 2000;16:723-728
18. BRASIL. Resolução CONAMA n°003, de 28 de junho de 1990. Diário Oficial da União de 22/04/90. Seção I, Págs 15.937 a 15.939
19. Cacciola RR, Sarvà M, Polosa R. Adverse Respiratory Effects and Allergic Susceptibility in Relation to Particulate Air Pollution:Flirt with Disaster. Allergy 2002;57:281-286
20. Castro HA, Gouveia N, Escamilla-Cejudo JA. Questões Metodológicas para a Investigação dos Efeitos da Poluição do Ar na Saúde. Rev Bras Epidemiol 2003;6(1):1-15

21. CDC. Center of Disease Control. Disponível em http://www.cdc.gov/nchs/products/pubs/pubd/hestats/asthma/asthma.htm Acessado em 9/01/2006

22. CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Governo do estado de São Paulo. Disponível em http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar_saude.asp. Acessado em 13/02/2006

23. Conceição GM, Miraglia SG, Kishi HS, Saldiva PH, Singer JM. Air Pollution and Child Mortality:a Time-Series Study in São Paulo, Brazil. Environ Health Perspect 2001;109 Suppl 3:347-350

24. Crighton EJ, Mamdani MM, Upshur REG. A Population Based Time Series Analysis Hospitalisation in Ontario, Canada:1988 to 2000. BMC Health Serv Res. 2001;1(1):7. Epub 2001 Aug 10

25. Csillag C. Turning point. Environmental health in Brazil. Environ.Health Perspect 2000, 108(11):A504-A511

26. D′Amato G, Liccardi G, D′Amato M, Cazzola M. Outdoor Air Pollution, Climatic Changes and Allergic Bronquial Asthma. Eur Respir J 2002,20:763-776

27. D′Amato G. Environmental Urban Factors (Air Pollution and Allergens) and the Rising Trends in Allergic Respiratory Diseases. Allergy 2002;57(suppl.72):30-33

28. Dales RE, Cakmak S, Burnett RT, Judek S, Coates F, Brook JR. Influence of Ambient Fungal Spores on Emergency Visits for Asthma to a Regional Children's Hospital. Am J Respir Crit Care Med 2000;162:2087-2090

29. Daumas RP, Mendonça GAS, Ponce de Leon A. Poluição do Ar e Mortalidade em Idosos no Município do Rio de Janeiro: Análise de Série Temporal. Cad Saúde Pública 2004;20(1):311-319
30. Delfino RJ, Zeiger RS, Seltzer JM, Street DH, Matteucci RM, Anderson PR, Koutrakis P. The Effect of Outdoor Fungal Spore Concentrations on Daily Asthma Severity. Environ Health Perspect 1997;105:622-635
31. Dockery DW, Schwartz J, Spengler JD. Air Pollution and Daily Mortality: Association with Particulates and Acid Aerosols. Environ Res 1992;59(2):362-373
32. Duchiade MP. Poluição do Ar e Doenças Respiratórias: uma Revisão. Cad Saúde Públ 1992;8(3):311-330
33. Farhat SCL, Paulo RLP, Shimoda TM, Conceição GMS, Lin CA, Braga ALF, Warth MPN, Saldiva PHN. Effect of Air Pollution on Pediatric Respiratory Emergency Room Visits and Hospital Admission. Braz J Med Biol Res 2005;38:227-235
34. Fauroux B, Sampil M, Quénel P, Lemoullec Y. Ozone:A Trigger for Hospital Pediatric Asthma Emergency Room Visits. Pediatr Pulmonol 2000;30:41-46
35. Federação das Industrias do Rio de Janeiro (FIRJAN). Cadastro Industrial do Estado do Rio de Janeiro, 2005
36. FETH. Disponível em http://www.feth.ggf.br/Barra.htm Acesado em 29/09/2005
37. Filleul L, Zeghnoun A, Declercq C, Le Goaster C, Le Tertre A, Eilstein D, Medina S, Saviuc P, Prouvost H, Cassadou S, Pascal L, Quénel. Relations à Court Terme entre la Pollution Atmosphérique Urbaine et la Mortalité Respiratoire: la

Place des Études Temporelles. Exemple de l'Étude des 9 Villes (PSAS-9). Rev Mal Respir 2001,18 :387-395

38. Fusco D, Forastiere F, Michelozzi P, Spadea T, Ostro B, Arcà M, Perucci CA. Air Pollution and Hospital Admissions for Respiratory Conditions in Rome, Italy. Eur Respir J. 2001;17:1143-1150
39. Galán I, Tobias A, Banegas JR, Aranguez E. Short-term Effects of Air Pollution on Daily Asthma Emergency Room Admissions. Eur Resp J 2003;22:802-808
40. Gavett SH, Koren HS. The Role of Particulate Matter in Exacerbation of Atopic Asthma. Int Arch Allergy Immunol 2001;124:109-112
41. GEOCITIES. Disponível em http://geocities.com/quimica_hp/catal.htm Disponível em outubro de 2005.
42. Gern JE. The Spectrum of Severe Wheezing in Childhood. J Allergy Clin Immunol 2004;114:236-238
43. GINASTHMA. Disponível em http://www.ginasthma.com/ReportItem.asp?l1=2&l2=2&intId=94 Acessado em dezembro de 2005
44. Gouveia N, Fletcher T. Respiratory Diseases in Children and Outdoor Air Pollution in São Paulo, Brazil: a Time Series Analysis. Occup Environ Med 2000;57:477-483
45. Hagen JA, Nafstad P, Skrondal A, Bjorkly S, Magnus P. Association between Outdoor Air Pollutants and Hospitalisation for Respiratory Diseases. Epidemiol 2000;11:136-140

46. Hajat S, Anderson HR, Atkinson RW, Haines. Effects of Air Pollution on General Practitioner consultations for Upper Respiratory Disease in London. Occup Environ Med 2002;59:294-299

47. Hajat S, Haines A, Atkinson RW, Bremner SA, Anderson HR, Emberlin J. Association between Air Pollution and Daily Consultations with General Practitioners for Allergic Rhinitis in London, United Kingdom. Am J Epidemiol 2001;153:704-714

48. Hajat S, Haines A, Goubet SA, Atkinson RW, Anderson HR. Associations of Air Pollution with Daily GP Consultations for Asthma and other Lower Respiratory Conditions in London. Thorax 1999;54(7):597-605

49. Heinrich J, Raghuyamshi VS. Air Pollution and Otitis Media:A Review of Evidence from Epidemiologic Studies. Curr Allergy Asthma Rep 2004;4:302-309

50. Hernández-Cadena L, Téllez-Rojo MM, Sanin-Aguirre LH, Lacasaña-Navarro M, Campos A, Romieu I. Relación entre Consultas a Urgencias por Enfermidad Respiratoria y Contaminación Atmosférica en Ciudad Juárez, Chihuahua. Salud Publica Mex 2000;42:288-297

51. Hiltermann TJN, Stolk J, van der Zee SC, Brunekreef B, de Bruijne CR, Fisher PH, Ameling CB, Sterk PJ, Hiemstra PS, van Bree L. Asthma Severity and Susceptibility to Air Pollution. Eur Resp J 1998;11:686-693

52. IGEO. Disponível em http://www.igeo.uerj.br/VICBG-2004/Eixo1/el_030.htm Acessado em 29/09/2005

53. Instituto Pereira Passos (IPP). Armazém de Dados. Disponível em http://portalgeo.rio.rj.gov.br/serie_rfoco/municipio/index.htm Acessado em 03/10/2005

54. Junger WL. Imputação de Dados Faltando em Séries Temporais Multivariadas Via Algoritmo EM. Instituto de Matemática e Estatística. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2002

55. Junger WL, Cunha-Cruz J, Cunha Cynthia, Ponce de Leon A, Mendonça GAS. Poluição do Ar e Efeitos na saúde: Uma Abordagem dos Estudos de Séries temporais. Disponível em http://www.ims.uerj.br/~ares-rio/download/junger_aidis2003.pdf Acessado em 12/03/2006

56. Katsouyanni K, Schwartz J, Spix C, Touloumi G, Zmirou D, Zanobetti A, Wojtyniak B, Vonk JM, Tobias A, Ponka A, Medina S, Bachárová L, Anderson HR. Short Term Efects of Air Pollution on Health: a European Approach using Epidemiologic Time Series Data:the APHEA Protocol. J Epidemiol Community Health 1996; 50(Suppl 1):S12-S18

57. Katsouyanni K, Touloumi G, Spix C, Schwartz J, Balducci F, Medina S, Rossi G, Wojtyniak B, Sunyer J, Bacharova L, Schouten JP, Ponka A, Anderson HR. BMJ 1997;314:1658

58. Katsouyanni K. Ambient Air Pollution and Health. British Medical Bulletin 2003;68:143-156

59. Klaassen CD. Casarett & Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons. Hardcover McGraw-Hill Professional; 6 edition 2001

60. Koe Nig J, Larson T, Hanley Q, Rebolledo V, Dumler K, Checkoway H. Pulmonary Function Changes in Children Associated with Fine Particles Matter. Environ Res 1993;63:26-38

61. Lave LB; Seskin EP. An analyses of the association between U.S. mortality and air pollution. J.Am.Stat.Assoc 1973; 68:284-90

62. Lebowitz MD; Toyama T; McCarroll J. The relationship between air pollution and weather as stimuli and daily mortality as response in Tokyo, Japan wiyh comparisons with other cities. Environ Res 1973;6:327-33

63. Lin CA, Martins MA, Farhat CL, Pope III CA, Conceição GMS, Anastácio VM, Hatanaka M, Andrade WC, Hamaue WR, Bohm GM, Saldiva PHN. Air Pollution and respiratory illness of Children in São Paulo, Brazil. Paediatric and Perinatal Epidemiology 1999;13:475-488

64. Loomis D, Castillejos M, Gold DR, McDonnell W, Borja-Aburto VH. Air Pollution and Infant Mortality in Mexico City. Epidemiology 1999;10:118-123

65. MAILXMAI. Disponível em http://www.mailxmail.com/curso/vida/alergias/capitulo12.htm Acessado em 25/01/2006

66. Maynard RL. Asthma and Urban Air Pollution (editorial). Clin Exp Allergy 2001;31(4):518-520

67. Mello, CF, Matta F. Uma Aplicação de Estatística Multivariada para Identificação de Cenários de Concentração de Poluentes. Monografia apresentada ao Departamento de Estatística da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2005

68. Nascimento LFC, Pereira LAA, Braga ALF, Módolo MCC, Carvalho Jr JA. Effects of Air Pollution on Children's Health in a City in Southeastern Brazil. Rev Saúde Pública 2006;40(1):1-5

69. Nel A. Air Pollution-Related Illness:Effects of Particles. Science 2005;308:804-805

70. O'Connell E. Pediatric Allergy: a Brief Review of Risk Factors Associated with Developing Allergic Disease in Childhood. Ann Allergy Asthma Immunol 2003;90(Suppl 3):53-58

71. Oftedal B, Nafstad P, Magnus Per, Bjorkly S, Skrondal, A. Traffic Related Air Pollution and Acute Hospital Admission for Respiratory Diseases in Drammen, Norway 1995-2000. Eur J Epidemiol 2003;18:671-675

72. Ostro BD, Eskeland GS, Sanchez JM, Feyzioglu. Air Pollution and Health Effects: A Study of Medical Visits among Children in Santiago, Chile. Eviron Health Perspect 1999;107(1):69-73

73. Pandya RJ, Solomon G, Kinner A, Balmes JR. Diesel Exhaust and Asthma: Hypotheses and Molecular Mechanism of Action. Environ Health Perspect 2002;110 (suppl 1):103-112

74. Peden D. Does Pollution Cause Asthma Exacerbations in Children? (editorial). Ann Allergy Asthma Immunol 2003; Jan;90(1):1-2

75. Peel JL, Tolbert PE, Klein M, Metzger KB, Flanders WD, Todd K, Mulholland JA, Ryan PB, Frumkin H. Ambient Air Pollution and Respiratory Emergency Department Visits. Epidemiology 2005;16:164-174

76. Peters A, Wichmann H, Tuch T, Heinrich J, Heyder J. Respiratory Effects are Associated with the Number of Ultrafine Particles. Am J Respir Crit Care 1997;155:1376-1383

77. Pino P, Walter T, Oyarzum M, Villegas R, Romieu I. Fine Particulate Matter and Wheezing Ilnesses in the First Year of Life. Epidemiology 2004;15:702-708

78. Ponce de Leon A, Anderson HR, Bland JM, Strachan DP, Bower J. Effects of Air Pollution om Daily Hospital Admissions for respiratory Disease in London between 1987-88 and 1991-92. J Epidemiol Comm Health 1996;50(Suppl 1):S63-S70

79. Polosa R, Salvi S. Particulate Air Pollution from Motor Vehicles: a Putative Proallergic Hazard? Can Respir J 1999;6:436-441

80. Pönkä A, Virtanen M. Asthma and Ambient Air Pollution in Helsinki. J Epidemiol Comm Health 1996;50(Supp 1):S59-S62

81. Ramsey CD, Celedón JC. The Hygiene Hypothesis and Asthma. Curr Opin Pulm Med 2004;11:14-20

82. Riediker M, Monn C, Koller T, Stahel W, Wüthrich B. Air Pollutants Enhance Rhinoconjuntivitis Symptoms in Pollen-Allergic Individuals. Ann Allergy Asthna Immunol 2001;87(4):311-318

83. Rios JLM, Boechat JL, Sant`Anna CC, França AT. Atmospheric Pollution and the Prevalence of Asthma:Study among Schoolchildren of 2 Areas in Rio de Janeiro, Brazil. Ann Allergy Asthma Immunol 2004;92:629-634

84. Roemer W, Hoek G,Brunekreef B. Effect of Ambient Winter Air Pollution on Respiratory Health of Children with Chronic Respiratory Symptoms. Am Rev Resp Dis 1993;147:118-124

85. Romieu I, Meneses F, Sienra-Monge JJ, Huerta J, Velasco SR, White MC, Etzel RA, Hernandez-Avila M. Effects of Urban Air Pollutants on Emergency Visits for Childhood Asthma in Mexico City. Am J Epidemiol 1995;141:546-553

86. Romieu I, Samet JM, Smith KR, Bruce N. Outdoor Air Pollution and Acute Respiratory Infections among Children in Developing Countries. Occup Environ Med 2002;44(7):640-649

87. Schimmel H; Murawski TJ. The relation of air pollution to mortality. J.Occup.Med 1976; 18(5):316-33

88. Schwartz J. Air Pollution and Children′s Health. Pediatrics 2004;113(suppl 4):1037-1043

89. Schwartz J; Marcus A. Mortality and air pollution in London: A time series analysis. Am.J.Epidemiol 1990;131:185-94

90. Schwartz J, Spix C, Touloumi G, Bachárová L, Barumamdzadeh T, le Tertre A, Piekarksi T, Ponce de Leon A, Pönkä A, Rossi G, Saez M, Schouten JP methodological Issues in Studies od Air Pollution and Daily Counts of Death or Hospital Admissions. J Epidemiol Comm Health 1996;50(Suppl 1):S3-S11

91. Secretaria Municipal de Transportes do Rio de Janeiro (SMTR) Registros fornecidos pela SMTR em 2005

92. Segala C, Fauroux B, Just J, Pascual L, Grimfeld A, Neukirch F. Short-term of Winter Air Pollution on Respiratory Health of Asthmatic Children in Paris. Eur Respir J 1998;11:677-685

93. Slaughter JC, Kim E, Sheppard L, Sullivan JH, Larson TV, Claiborn. Association between Particulate Matter and Emergency Room Visits, Hospital Admissions and Mortality in Spokane, Washington. J Exposure Annalysis Environ Epidemiol 2004;1-7.

94. Stieb DM, Burnett RT, Beveridge RC, Brook JR. Association between Ozone and Asthma Emergency Department Visits in Saint John, New Brunswick, Canada. Environ Health Perspect 1996;104(12):1354-1360

95. Sunyer J, Antò JM, Murillo C, Saez M. Effects of Air Pollution on Emergency Room Admission for Chronic Obstrutive Pulmonary Disease. Am J Epidemiol 1991;134:277-86

96. Tan WC. Viruses in Asthma Exacerbations. Curr Opin Pulm Med 2004;11:21-26

97. Telles Filho, PD′Almeida. Asma Brônquica. Disponível em http://www.asmabronquica.com.br/medical/ Acessado em 7/10/2005

98. Tellez-Rojo MM, Romieu I, Polo-Peña M, Ruiz-Velasco S, Meneses-González F, Hernández-Avila M. Efecto de la Contaminación Ambiental sobre las Consultas por Infecciones Respitatorias en Niños de la Ciudad de México. Salud Publica Mex 1997;39(6):513-522

99. Tenias JM, Ballester F, Rivera ML. Association between Hospital Emergency Visits for Asthma and Air Pollution in Valencia, Spain. Occup Environ Med 1998;55:541-547

100. Thompson AJ, Shields MD, Patterson CC. Acute Asthma Exacerbations and Air Pollutants in Children Living in Belfast, Northern Ireland. Arch Environm Health 2001;56(3):234-241

101. Trasande L & Thurston GD. The Role of Air Pollution in Asthma and other Pediatric Morbidities. Update Review. J Allergy Clin Immunol 2005;115:689-699

102. Wright AL. Epidemiology of Asthma and Recurrent Wheeze in Childhood. Clinical Reviews in Allergy and Immunology 2002;22:33-43

103. Xu X, Li B, Huang H. Air Pollution and Unschedule Hospital Outpatient and Emergency Room Visits. Environ Health Perspect 1995;103:286-289

ANEXO A – Estatísticas descritivas dos poluentes atmosféricos após a imputação parcial e imputação total dos dados ausentes

	n		% imp		média		dp		min		p25		p50		p75	
	IP	IT	IP	IT	IP	IT	IP	IT	IP	IT	IP	IT	IP	IT	IP	
PM10 (µg/m3)	262	365	6,11	32,5	34,67	34,06	12,49	11,7	11,22	11,22	25,65	25,64	32,82	32,08	41,53	
SO2 (µg/m3)	262	365	25,8	46,85	6,67	6,48	3,42	3,26	0	0	4,33	4,26	6,63	6,43	8,44	
CO (1000 µg/m3)	262	365	6,87	33,15	1,37	1,38	0,34	0,29	0,35	0,35	1,17	1,22	1,39	1,38	1,6	
NO2 (µg/m3)	250	255	19,6	21,2	62,78	63,88	32,96	36,77	9,6	9,6	38,5	39,2	59	58,83	81,45	
O3 (µg/m3)	248	254	4,43	6,68	36,78	37,35	21,75	22,48	4	4	19,87	19,9	31,85	32,79	50,17	

n-número total de dias de observações

dp-desvio padrão

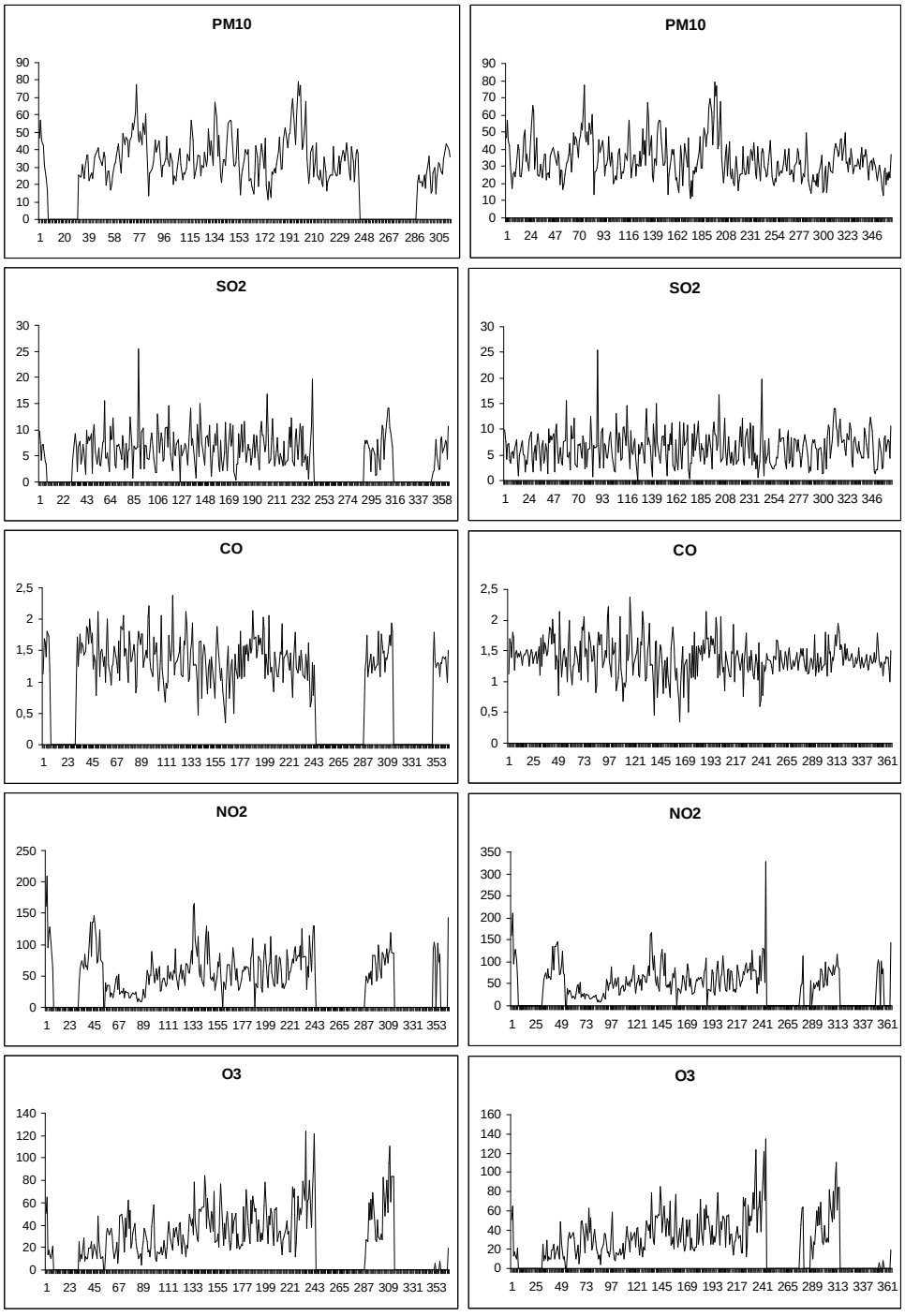
p-percentil

IP (Imputação Parcial)-imputação de períodos curtos sem registros

IT (Imputação Total)-imputação de todos os dias sem registros

ANEXO B - Séries Temporais das Concentrações Ambientais de PM_{10}, SO_2, CO, NO_2 e O_3, em Jacarepaguá, no Período de Abril de 2002 a Março de 2003, após Imputação Parcial e Imputação Totais dos Dados

REPOSIÇÃO PARCIAL REPOSIÇÃO TOTAL



ANEXO C - Sintomas respiratórios: modelo central

```
# todos atendimentos respiratórios


ferresp1 <- REPUBLICA+SEBASTIAO+ANONOVO+CHRISTI
ferresp2 <- ZUMBI+TRABALHO+NATAL+CARNAVAL+TIRADENTES
```

```
ferresp3 <- INDEPENDENCIA+APARECIDA+FINADOS

last.gam_gam(resp~s(tempo,7)
             +wave(n,30,365,"sin")+wave(n,30,365,"cos")
             +wave(n,60,365,"sin")+wave(n,60,365,"cos")
             +TER+QUA+QUI+SEX+SAB+DOM
             +ferresp1+ferresp2+ferresp3
             +copa
             +hland.mis+ljorge.mis
             +rain
             +triagem
             +epidemia2+epidemia2^2+epidemia2^3
             +s(tmpmin2,9)
             +s(wetm01,7)

             ,family=quasi(link=log,variance=mu), data=atendjpa,
   na.action=na.exclude
             ,control=gam.control(epsilon=1e-14,bk.epsilon=1e-
   14,maxit=1e3,bk.maxit=1e3,trace=T))

+ENFORCA
```

ANEXO D – Sintomas nas vias respiratórias superiores: modelo central

```
# vas
fervas1 <- CARNAVAL+ANONOVO+CHRISTI
fervas2 <- REPUBLICA+NATAL+TRABALHO+SEBASTIAO+ZUMBI+APARECIDA
fervas3 <- TIRADENTES+FINADOS+INDEPENDENCIA
```

```
last.gam_gam(vas~s(tempo,7)
             +wave(n,30,365,"sin")+wave(n,30,365,"cos")
             +wave(n,52,365,"sin")+wave(n,52,365,"cos")
             +TER+QUA+QUI+SEX+SAB+DOM
             +fervas1+fervas2+fervas3
             +copa
             +hland.mis+ljorge.mis
             +triagem
             +epidemia2+epidemia2^2+epidemia2^3
             +s(tmpmin,5)
             +s(wet,7)

             ,family=quasi(link=log,variance=mu), data=atendjpa,
   na.action=na.exclude
             ,control=gam.control(epsilon=1e-14,bk.epsilon=1e-
   14,maxit=1e3,bk.maxit=1e3,trace=T))

+rain
+ENFORCA
```

ANEXO E – Sintomas nas vias respiratórias inferiores: modelo central

```
# vai
fervai1 <- REPUBLICA+NATAL+ANONOVO+SEBASTIAO
fervai2 <- TIRADENTES+CHRISTI+TRABALHO+ZUMBI
```

```
fervai3 <- CARNAVAL+FINADOS+INDEPENDENCIA+APARECIDA

last.gam_gam(vai~s(tempo,7)
             +TER+QUA+QUI+SEX+SAB+DOM
             +fervai1+fervai2+fervai3
             +copa
             +hland.mis+ljorge.mis
             +epidemia2+epidemia2^2+epidemia2^3
             +triagem
             +s(tmpmax,9)
             +s(wet2,5)

             ,family=quasi(link=log,variance=mu), data=atendjpa,
   na.action=na.exclude
             ,control=gam.control(epsilon=1e-14,bk.epsilon=1e-
   14,maxit=1e3,bk.maxit=1e3,trace=T))

+rain
+ENFORCA
```

ANEXO F- Sintomas de obstrução brônquica: modelo central

```
# asma
ferasma1 <- REPUBLICA+SEBASTIAO+TRABALHO
```

```
ferasma2 <- TIRADENTES+NATAL+ANONOVO+FINADOS+CHRISTI
ferasma3 <- INDEPENDENCIA+ZUMBI+CARNAVAL+APARECIDA

last.gam_gam(asma~s(tempo,7)
             +TER+QUA+QUI+SEX+SAB+DOM
             +copa
             +ferasma1+ferasma2+ferasma3
             +hland.mis+ljorge.mis
             +epidemia2+epidemia2^2+epidemia2^3
             +rain
             +s(tmpmax2,7)
             +s(wet2,9)

             ,family=quasi(link=log,variance=mu), data=atendjpa,
   na.action=na.exclude
             ,control=gam.control(epsilon=1e-14,bk.epsilon=1e-
   14,maxit=1e3,bk.maxit=1e3,trace=T))

+triagem
+ENFORCA
```

ANEXO G – Sintomas de obstrução brônquica em crianças com menos de 2 anos de idade: modelo central

```
# asma0a2
ferasma0a21 <- REPUBLICA+SEBASTIAO+TRABALHO
ferasma0a22 <- TIRADENTES+NATAL+ANONOVO
ferasma0a23 <- FINADOS+INDEPENDENCIA+ZUMBI+APARECIDA+CARNAVAL+CHRISTI

last.gam_gam(asma0a2~s(tempo,9)
             +TER+QUA+QUI+SEX+SAB+DOM
             +ferasma0a21+ferasma0a22+ferasma0a23
             +hland.mis+ljorge.mis
             +epidemia2+epidemia2^2+epidemia2^3
             +s(tmpmaxm02,7)
             +s(wetm02,7)

             ,family=quasi(link=log,variance=mu), data=atendjpa,
   na.action=na.exclude
             ,control=gam.control(epsilon=1e-14,bk.epsilon=1e-
   14,maxit=1e3,bk.maxit=1e3,trace=T))

             +triagem
             +ENFORCA
             +rain
             +copa
```

ANEXO H – Sintomas de obstrução brônquica em crianças com idade entre 3 e 6 anos: modelo central

```
# asma2a6
ferasma2a61 <- FINADOS+TRABALHO+SEBASTIAO+ANONOVO
```

```
ferasma2a62 <- NATAL+ZUMBI+CHRISTI+TIRADENTES+REPUBLICA
ferasma2a63 <- INDEPENDENCIA+APARECIDA+CARNAVAL

last.gam_gam(asma2a6~s(tempo,7)
             +TER+QUA+QUI+SEX+SAB+DOM
             +ferasma2a61+ferasma2a62+ferasma2a63
             +hland.mis+ljorge.mis
             +epidemia2+epidemia2^2+epidemia2^3
             +s(tmpmax2,7)
             +s(wet2,7)

             ,family=quasi(link=log,variance=mu), data=atendjpa,
   na.action=na.exclude
             ,control=gam.control(epsilon=1e-14,bk.epsilon=1e-
   14,maxit=1e3,bk.maxit=1e3,trace=T))

             +rain
             +triagem
             +ENFORCA
             +copa
```

ANEXO I – Sintomas de obstrução brônquica em crianças com idade entre 7 e 12 anos: modelo central

```
# asma6a12
ferasma6a121 <- REPUBLICA+SEBASTIAO+TIRADENTES+NATAL+ANONOVO
ferasma6a122 <- FINADOS+TRABALHO+ZUMBI+CHRISTI+CARNAVAL
ferasma6a123 <- INDEPENDENCIA+APARECIDA

last.gam_gam(asma6a12~s(tempo,5)
             +TER+QUA+QUI+SEX+SAB+DOM
             +ferasma6a121+ferasma6a122+ferasma6a123
             +hland.mis+ljorge.mis
             +triagem
             +epidemia2+epidemia2^2+epidemia2^3
             +rain
             +s(tmpmax2,5)
             +s(wet2,5)

             ,family=quasi(link=log,variance=mu), data=atendjpa,
   na.action=na.exclude
             ,control=gam.control(epsilon=1e-14,bk.epsilon=1e-
   14,maxit=1e3,bk.maxit=1e3,trace=T))

             +ENFORCA
             +copa
```

ANEXO J – Efeitos e intervalos de confiança do acréscimo da exposição a PM_{10}, NO_2, CO e O_3 nos atendimentos pediátricos de emergência em Unidades de

Saúde de Jacarepaguá, por **sintomas respiratórios**, entre abril de 2002 e março de 2003

Exposição a PM10	%RR	IC (95%)		p-valor
dia corrente	0,52	-1,59	2,67	0,62
defasagem de 1 dia	0,18	-1,76	2,17	0,84
defasagem de 2 dias	0,86	-1,01	2,77	0,37
defasagem de 3 dias	1,02	-0,83	2,91	0,3
média de 2 dias	0,43	-1,80	2,72	0,71
média de 3 dias	0,81	-1,51	3,20	0,5
média de 4 dias	1,22	-1,20	3,69	0,33
média de 5 dias	0,86	-1,66	3,44	0,51
média de 6 dias	0,93	-1,63	3,55	0,47
média de 7 dias	2,01	-0,63	4,73	0,14

Exposição a CO	%RR10	LCL10	UCL10	p-valor
dia corrente	-0,79	-1,45	-0,12	0,01
defasagem de 1 dia	-0,50	-1,17	0,17	0,15
defasagem de 2 dias	-0,04	-0,72	0,65	0,9
defasagem de 3 dias	-0,62	-1,30	0,07	0,08
média de 2 dias	-1,15	-2,00	-0,29	0,008
média de 3 dias	-1,13	-2,14	-0,11	0,02
média de 4 dias	-1,72	-2,85	-0,57	0,004
média de 5 dias	-2,39	-3,63	-1,14	0,0003
média de 6 dias	-2,61	-3,93	-1,26	0,0002
média de 7 dias	-2,16	-3,59	-0,70	0,003

Exposição a NO2	%RR10	LCL10	UCL10	p-valor
dia corrente	-0,49	-1,32	0,33	0,23
defasagem de 1 dia	-0,21	-1,03	0,62	0,62
defasagem de 2 dias	0,31	-0,49	1,11	0,44
defasagem de 3 dias	0,21	-0,61	1,04	0,62
média de 2 dias	-0,47	-1,37	0,43	0,29
média de 3 dias	-0,21	-1,19	0,77	0,66
média de 4 dias	-0,02	-1,07	1,05	0,98
média de 5 dias	-0,26	-1,38	0,88	0,66
média de 6 dias	-0,30	-1,47	0,88	0,62
média de 7 dias	0,09	-1,17	1,37	0,89

Exposição a O3	%RR10	LCL10	UCL10	p-valor
dia corrente	1,40	0,03	2,79	0,05
defasagem de 1 dia	-0,40	-1,78	1,01	0,58
defasagem de 2 dias	1,13	-0,19	2,47	0,08
defasagem de 3 dias	-0,22	-1,56	1,15	0,76
média de 2 dias	0,82	-0,86	2,52	0,33
média de 3 dias	1,83	-0,19	3,88	0,08
média de 4 dias	1,68	-0,51	3,91	0,12
média de 5 dias	1,18	-1,12	3,54	0,33
média de 6 dias	0,53	-1,79	2,91	0,64
média de 7 dias	0,48	-1,97	2,98	0,71

ANEXO K – Efeitos e intervalos de confiança do acréscimo da exposição a PM_{10}, NO_2, CO e O_3 nos atendimentos pediátricos de emergência em Unidades de Saúde de Jacarepaguá, por s**intomas em vias respiratórias superiores**, entre abril de 2002 e março de 2003

Exposição a PM10	%RR	IC (95%)		p-valor
dia corrente	1,10	-1,35	3,61	0,37
defasagem de 1 dia	1,04	-1,26	3,40	0,38
defasagem de 2 dias	0,51	-1,77	2,85	0,65
defasagem de 3 dias	0,05	-2,21	2,37	0,95
média de 2 dias	1,37	-1,24	4,04	0,31
média de 3 dias	1,35	-1,41	4,19	0,33
média de 4 dias	1,27	-1,64	4,26	0,40
média de 5 dias	0,60	-2,44	3,74	0,69
média de 6 dias	0,30	-2,76	3,46	0,84
média de 7 dias	1,63	-1,56	4,93	0,31

Exposição a CO	%RR10	LCL10	UCL10	p-valor
dia corrente	-0,59	-1,41	0,25	0,17
defasagem de 1 dia	-0,36	-1,20	0,48	0,38
defasagem de 2 dias	0,28	-0,56	1,12	0,52
defasagem de 3 dias	-0,66	-1,50	0,19	0,12
média de 2 dias	-0,83	-1,89	0,25	0,12
média de 3 dias	-0,58	-1,83	0,70	0,36
média de 4 dias	-1,17	-2,58	0,26	0,11
média de 5 dias	-2,15	-3,69	-0,58	0,008
média de 6 dias	-2,21	-3,85	-0,54	0,009
média de 7 dias	-1,58	-3,36	0,23	0,09

Exposição a NO2	%RR10	LCL10	UCL10	p-valor
dia corrente	-0,43	-1,44	0,59	0,4
defasagem de 1 dia	-0,37	-1,42	0,68	0,62
defasagem de 2 dias	0,35	-0,63	1,33	0,49
defasagem de 3 dias	-0,25	-1,23	0,73	0,6
média de 2 dias	-0,50	-1,62	0,62	0,38
média de 3 dias	-0,26	-1,48	0,97	0,68
média de 4 dias	-0,25	-1,55	1,06	0,69
média de 5 dias	-0,74	-2,13	0,67	0,29
média de 6 dias	-0,77	-2,21	0,68	0,3
média de 7 dias	-0,35	-1,90	1,23	0,67

Exposição a O3	%RR10	LCL10	UCL10	p-valor
dia corrente	1,05	-0,63	2,76	0,21
defasagem de 1 dia	-0,52	-2,12	1,11	0,52
defasagem de 2 dias	0,63	-0,96	2,25	0,43
defasagem de 3 dias	-1,20	-2,80	0,42	0,15
média de 2 dias	0,43	-1,51	2,40	0,67
média de 3 dias	1,09	-1,22	3,46	0,36
média de 4 dias	0,52	-1,99	3,09	0,69
média de 5 dias	-0,26	-2,91	2,47	0,84
média de 6 dias	-1,45	-4,11	1,29	0,3
média de 7 dias	-1,41	-4,24	1,50	0,34

ANEXO L – Efeitos e intervalos de confiança do acréscimo da exposição a PM_{10}, NO_2, CO e O_3 nos atendimentos pediátricos de emergência em Unidades de Saúde de Jacarepaguá, por s**intomas em vias respiratórias inferiores**, entre abril de 2002 e março de 2003

Exposição a PM10	%RR	IC (95%)		p-valor
dia corrente	-0,98	-3,82	1,94	0,51
defasagem de 1 dia	-1,46	-4,22	1,38	0,3
defasagem de 2 dias	-1,29	-3,98	1,47	0,36
defasagem de 3 dias	0,43	-2,09	3,02	0,74
média de 2 dias	-1,66	-4,75	1,53	0,29
média de 3 dias	-2,03	-5,31	1,37	0,24
média de 4 dias	-1,49	-4,86	2,00	0,4
média de 5 dias	-1,54	-5,00	2,05	0,4
média de 6 dias	-1,61	-5,16	2,08	0,39
média de 7 dias	-1,15	-4,82	2,66	0,55

Exposição a CO	%RR10	LCL10	UCL10	p-valor
dia corrente	-0,86	-1,75	0,03	0,06
defasagem de 1 dia	-1,09	-1,98	-0,20	0,02
defasagem de 2 dias	0,04	-0,86	0,94	0,94
defasagem de 3 dias	-0,85	-1,76	0,06	0,07
média de 2 dias	-1,69	-2,82	-0,55	0,003
média de 3 dias	-1,63	-2,96	-0,27	0,02
média de 4 dias	-2,47	-3,96	-0,96	0,002
média de 5 dias	-3,09	-4,74	-1,41	0,0004
média de 6 dias	-3,40	-5,19	-1,57	0,0004
média de 7 dias	-3,65	-5,54	-1,71	0,0003

Exposição a NO2	%RR10	LCL10	UCL10	p-valor
dia corrente	-0,62	-1,64	0,41	0,24
defasagem de 1 dia	-0,68	-1,66	0,31	0,17
defasagem de 2 dias	-0,14	-1,11	0,84	0,78
defasagem de 3 dias	0,04	-0,91	1,01	0,92
média de 2 dias	-0,94	-2,00	0,14	0,09
média de 3 dias	-0,83	-1,95	0,31	0,14
média de 4 dias	-0,66	-1,83	0,52	0,26
média de 5 dias	-0,76	-2,01	0,51	0,23
média de 6 dias	-0,74	-2,06	0,59	0,26
média de 7 dias	-0,79	-2,20	0,64	0,28

Exposição a O3	%RR10	LCL10	UCL10	p-valor
dia corrente	2,65	0,69	4,64	0,007
defasagem de 1 dia	-0,49	-2,41	1,46	0,62
defasagem de 2 dias	0,45	-1,60	2,54	0,67
defasagem de 3 dias	0,10	-1,76	2,00	0,92
média de 2 dias	1,65	-0,65	4,01	0,15
média de 3 dias	1,99	-1,00	5,08	0,18
média de 4 dias	2,07	-1,15	5,40	0,2
média de 5 dias	1,65	-1,72	5,14	0,33
média de 6 dias	1,44	-1,97	4,97	0,4
média de 7 dias	1,18	-2,38	4,86	0,51

ANEXO M- Efeitos e intervalos de confiança do acréscimo da exposição a PM_{10}, NO_2, CO e O_3 nos atendimentos pediátricos de emergência em Unidades de Saúde de Jacarepaguá, por s**intomas de obstrução brônquica**, entre abril de 2002 e março de 2003

Exposição a PM10	%RR	IC (95%)		p-valor
dia corrente	1,29	-1,88	4,56	0,43
defasagem de 1 dia	1,13	-2,17	4,55	0,51
defasagem de 2 dias	-1,09	-4,40	2,33	0,53
defasagem de 3 dias	-0,55	-3,55	2,53	0,72
média de 2 dias	1,54	-2,03	5,23	0,40
média de 3 dias	0,95	-3,02	5,08	0,65
média de 4 dias	1,11	-3,01	5,41	0,60
média de 5 dias	0,98	-3,20	5,34	0,65
média de 6 dias	0,18	-4,05	4,59	0,94
média de 7 dias	-0,35	-4,68	4,18	0,88

Exposição a CO	%RR10	LCL10	UCL10	p-valor
dia corrente	-0,71	-1,73	0,32	0,18
defasagem de 1 dia	-0,42	-1,45	0,63	0,43
defasagem de 2 dias	0,81	-0,26	1,89	0,14
defasagem de 3 dias	-0,33	-1,42	0,78	0,56
média de 2 dias	-0,97	-2,28	0,37	0,16
média de 3 dias	-0,31	-1,88	1,29	0,70
média de 4 dias	-0,71	-2,50	1,12	0,45
média de 5 dias	-1,07	-3,04	0,94	0,30
média de 6 dias	-1,79	-3,87	0,34	0,10
média de 7 dias	-2,31	-4,50	-0,08	0,04

Exposição a NO2	%RR10	LCL10	UCL10	p-valor
dia corrente	0,00	-2,05	0,19	0,11
defasagem de 1 dia	-0,27	-1,41	0,88	0,65
defasagem de 2 dias	-1,06	-2,23	0,12	0,08
defasagem de 3 dias	-0,88	-2,03	0,28	0,14
média de 2 dias	-0,64	-1,84	0,58	0,30
média de 3 dias	-1,17	-2,47	0,14	0,08
média de 4 dias	-1,18	-2,58	0,23	0,10
média de 5 dias	-1,53	-2,99	-0,04	0,05
média de 6 dias	-1,66	-3,19	-0,11	0,04
média de 7 dias	-1,54	-3,19	0,14	0,07

Exposição a O3	%RR10	LCL10	UCL10	p-valor
dia corrente	0,79	-1,23	2,86	0,45
defasagem de 1 dia	-0,78	-2,99	1,48	0,49
defasagem de 2 dias	-0,40	-2,96	2,22	0,76
defasagem de 3 dias	0,86	-1,37	3,15	0,45
média de 2 dias	0,07	-2,36	2,55	0,96
média de 3 dias	0,54	-2,75	3,94	0,75
média de 4 dias	2,20	-1,53	6,07	0,25
média de 5 dias	1,71	-2,21	5,80	0,40
média de 6 dias	1,14	-2,86	5,31	0,58
média de 7 dias	-0,09	-4,23	4,24	0,97

ANEXO N – Efeitos e intervalos de confiança do acréscimo da exposição a PM_{10}, NO_2, CO e O_3 nos atendimentos pediátricos de emergência em Unidades de Saúde de Jacarepaguá, por **sintomas de obstrução brônquica em crianças com menos de 2 anos de idade**, entre abril de 2002 e março de 2003

Exposição a PM10	%RR	IC (95%)		p-valor
dia corrente	6,72	1,70	11,99	0,01
defasagem de 1 dia	-0,24	-5,18	4,97	0,93
defasagem de 2 dias	-0,79	-5,35	4,00	0,74
defasagem de 3 dias	-0,10	-4,42	4,41	0,96
média de 2 dias	5,39	-0,33	11,43	0,07
média de 3 dias	3,56	-2,40	9,88	0,25
média de 4 dias	2,18	-3,76	8,49	0,48
média de 5 dias	2,07	-3,97	8,49	0,51
média de 6 dias	0,77	-5,33	7,25	0,81
média de 7 dias	-0,61	-6,83	6,01	0,85

Exposição a CO	%RR10	LCL10	UCL10	p-valor
dia corrente	-0,79	-2,38	0,82	0,34
defasagem de 1 dia	-0,36	-1,99	1,29	0,66
defasagem de 2 dias	0,87	-0,73	2,51	0,29
defasagem de 3 dias	-1,85	-3,42	-0,25	0,02
média de 2 dias	-1,06	-3,18	1,10	0,34
média de 3 dias	-0,28	-2,80	2,31	0,83
média de 4 dias	-1,96	-4,70	0,86	0,17
média de 5 dias	-2,26	-5,23	0,82	0,15
média de 6 dias	-3,48	-6,59	-0,27	0,04
média de 7 dias	-4,35	-7,62	-0,97	0,01

Exposição a NO2	%RR10	LCL10	UCL10	p-valor
dia corrente	-1,49	-3,13	0,18	0,08
defasagem de 1 dia	-0,64	-2,28	1,03	0,45
defasagem de 2 dias	-1,04	-2,61	0,56	0,20
defasagem de 3 dias	-1,95	-3,57	-0,32	0,02
média de 2 dias	-1,42	-3,17	0,36	0,12
média de 3 dias	-1,63	-3,46	0,23	0,09
média de 4 dias	-2,13	-4,02	-0,20	0,03
média de 5 dias	-2,26	-4,27	-0,21	0,03
média de 6 dias	-2,90	-4,98	-0,78	0,01
média de 7 dias	-2,90	-5,14	-0,61	0,01

Exposição a O3	%RR10	LCL10	UCL10	p-valor
dia corrente	3,04	-0,16	6,34	0,06
defasagem de 1 dia	-0,17	-3,59	3,37	0,92
defasagem de 2 dias	-0,12	-3,50	3,39	0,95
defasagem de 3 dias	1,96	-1,29	5,32	0,24
média de 2 dias	2,82	-1,23	7,04	0,18
média de 3 dias	3,16	-2,02	8,62	0,24
média de 4 dias	5,00	-0,64	10,97	0,08
média de 5 dias	4,29	-1,57	10,49	0,16
média de 6 dias	2,70	-3,18	8,95	0,38
média de 7 dias	-0,08	-6,14	6,36	0,98

ANEXO O – Efeitos e intervalos de confiança do acréscimo da exposição a PM_{10}, NO_2, CO e O_3 nos atendimentos pediátricos de emergência em Unidades de Saúde de Jacarepaguá, por **sintomas de obstrução brônquica em crianças com idade entre 3 e 6 anos**, entre abril de 2002 e março de 2003

Exposição a PM10	%RR	IC (95%)		p-valor
dia corrente	-4,39	-8,83	0,27	0,07
defasagem de 1 dia	0,16	-4,47	5,03	0,95
defasagem de 2 dias	-0,08	-4,73	4,80	0,97
defasagem de 3 dias	-0,20	-4,53	4,32	0,93
média de 2 dias	-2,75	-7,71	2,48	0,30
média de 3 dias	-2,51	-7,95	3,26	0,39
média de 4 dias	-1,57	-7,28	4,49	0,60
média de 5 dias	-1,79	-7,57	4,35	0,56
média de 6 dias	-2,63	-8,52	3,63	0,40
média de 7 dias	-3,11	-9,14	3,32	0,34

Exposição a CO	%RR10	LCL10	UCL10	p-valor
dia corrente	-0,96	-2,46	0,56	0,22
defasagem de 1 dia	0,19	-1,34	1,74	0,81
defasagem de 2 dias	1,21	-0,36	2,81	0,13
defasagem de 3 dias	1,03	-0,57	2,65	0,21
média de 2 dias	-0,66	-2,59	1,32	0,51
média de 3 dias	0,29	-2,04	2,68	0,81
média de 4 dias	0,92	-1,79	3,70	0,51
média de 5 dias	0,12	-2,83	3,15	0,94
média de 6 dias	-0,30	-3,45	2,95	0,86
média de 7 dias	-1,10	-4,39	2,30	0,52

Exposição a NO2	%RR10	LCL10	UCL10	p-valor
dia corrente	-0,73	-2,37	0,94	0,39
defasagem de 1 dia	-0,35	-2,00	1,33	0,68
defasagem de 2 dias	0,14	-1,56	1,88	0,87
defasagem de 3 dias	0,27	-1,42	1,99	0,75
média de 2 dias	-0,45	-2,22	1,34	0,62
média de 3 dias	-0,59	-2,50	1,36	0,55
média de 4 dias	-0,27	-2,34	1,84	0,80
média de 5 dias	-0,49	-2,69	1,75	0,67
média de 6 dias	-0,64	-2,93	1,71	0,59
média de 7 dias	-0,42	-2,88	2,10	0,74

Exposição a O3	%RR10	LCL10	UCL10	p-valor
dia corrente	-1,90	-4,74	1,04	0,20
defasagem de 1 dia	-2,69	-5,73	0,45	0,09
defasagem de 2 dias	-2,55	-6,04	1,08	0,17
defasagem de 3 dias	0,30	-2,86	3,55	0,86
média de 2 dias	-3,69	-7,02	-0,23	0,04
média de 3 dias	-4,49	-8,84	0,06	0,05
média de 4 dias	-3,14	-8,05	2,04	0,23
média de 5 dias	-2,47	-7,72	3,07	0,38
média de 6 dias	-2,77	-8,15	2,91	0,33
média de 7 dias	-4,11	-9,67	1,80	0,17

ANEXO P – Efeitos e intervalos de confiança do acréscimo da exposição a PM_{10}, NO_2, CO e O_3 nos atendimentos pediátricos de emergência em Unidades de Saúde de Jacarepaguá, por **sintomas de obstrução brônquica em crianças com idade entre 7 e 12 anos**, entre abril de 2002 e março de 2003

Exposição a PM10	%RR	IC (95%)		p-valor
dia corrente	3,13	-3,77	10,53	0,38
defasagem de 1 dia	5,58	-1,45	13,11	0,12
defasagem de 2 dias	1,82	-4,91	9,03	0,61
defasagem de 3 dias	-0,42	-6,63	6,21	0,90
média de 2 dias	5,50	-2,25	13,87	0,17
média de 3 dias	5,48	-2,96	14,66	0,21
média de 4 dias	4,50	-4,21	14,01	0,32
média de 5 dias	4,68	-4,23	14,41	0,31
média de 6 dias	5,01	-4,17	15,07	0,30
média de 7 dias	6,01	-3,50	16,45	0,22

Exposição a CO	%RR10	LCL10	UCL10	p-valor
dia corrente	-2,06	-4,24	0,16	0,07
defasagem de 1 dia	-0,48	-2,74	1,83	0,68
defasagem de 2 dias	-0,79	-3,07	1,54	0,50
defasagem de 3 dias	-0,30	-2,56	2,02	0,80
média de 2 dias	-2,18	-5,01	0,73	0,14
média de 3 dias	-2,69	-6,04	0,77	0,13
média de 4 dias	-3,09	-6,85	0,82	0,12
média de 5 dias	-1,69	-5,93	2,74	0,45
média de 6 dias	-2,17	-6,77	2,64	0,37
média de 7 dias	-0,76	-5,77	4,52	0,77

Exposição a NO2	%RR10	LCL10	UCL10	p-valor
dia corrente	-1,71	-4,36	1,00	0,22
defasagem de 1 dia	-0,20	-2,96	2,65	0,89
defasagem de 2 dias	-1,85	-4,41	0,78	0,17
defasagem de 3 dias	-1,34	-3,88	1,27	0,31
média de 2 dias	-1,20	-4,16	1,84	0,43
média de 3 dias	-2,34	-5,49	0,93	0,16
média de 4 dias	-2,19	-5,52	1,26	0,21
média de 5 dias	-2,77	-6,25	0,84	0,13
média de 6 dias	-2,71	-6,35	1,09	0,16
média de 7 dias	-2,20	-6,04	1,79	0,28

Exposição a O3	%RR10	LCL10	UCL10	p-valor
dia corrente	-0,39	-4,59	4,01	0,86
defasagem de 1 dia	-0,17	-4,88	4,76	0,94
defasagem de 2 dias	4,29	-1,01	9,88	0,12
defasagem de 3 dias	-1,12	-5,74	3,73	0,65
média de 2 dias	-0,71	-5,79	4,64	0,79
média de 3 dias	3,32	-3,65	10,79	0,36
média de 4 dias	3,87	-3,89	12,26	0,34
média de 5 dias	1,28	-6,67	9,91	0,76
média de 6 dias	1,91	-6,30	10,84	0,66
média de 7 dias	4,16	-4,43	13,52	0,35