

Relação entre poluição atmosférica e atendimentos por infecção de vias aéreas superiores no município de São Paulo: avaliação do rodízio de veículos

Air pollution and emergency room visits for upper airway respiratory infection disease in São Paulo city: evaluation of vehicle restriction

Lourdes Conceição Martins

Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental
Departamento de Patologia
Faculdade de Medicina
Universidade de São

Maria do Rosário Dias de Oliveira Latorre

Departamento de Epidemiologia
Faculdade de Saúde Pública
Universidade de São Paulo

Correspondência para/Correspondence to:
Av. Dr. Arnaldo, 715 01246-904 - São Paulo, SP
E-mail: mdrddola@usp.br

Paulo Paulo Hilário Nascimento Saldiva

Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental
Departamento de Patologia
Faculdade de Medicina
Universidade de São Paulo

Alfésio Luís Ferreira Braga

Departamento de Pediatria
Faculdade de Medicina
Universidade de Santo Amaro São Paulo

Auxílio financeiro:

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP: 98/037917)

CNPq (bolsa de pesquisador - CNPq: 300328/97-9)

Resumo

Alguns países têm adotado o rodízio de veículos como uma das formas de diminuir os níveis de poluição atmosférica. Nos anos de 1996 a 1998, a região metropolitana de São Paulo implantou o rodízio estadual obrigatório. Tinha como objetivo a diminuição da poluição atmosférica nos períodos de inverno. A partir de 1997 foi implantado, no centro expandido da cidade de São Paulo, o rodízio municipal que objetivava reduzir congestionamentos. Este estudo ecológico de séries temporais tem como objetivo investigar a associação entre os níveis diários de poluentes do ar (CO, O₃, SO₂, NO₂ e PM₁₀) e os atendimentos de idosos com infecções de vias aéreas superiores (IVAS), do Pronto Socorro Médico do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. Foram estimados modelos aditivos generalizados de regressão de Poisson, ajustados para sazonalidade (funções não-paramétricas de alisamento), fatores climáticos (termos lineares), indicadores de dias da semana, períodos de rodízio e número diário de atendimentos por doenças não respiratórias. Os efeitos dos poluentes do ar foram estimados com base nos seus valores médios diários e nas médias móveis de dois a sete dias. Monóxido de carbono (CO) e dióxido de enxofre (SO₂) estiveram diretamente associados à IVAS sendo essa associação robusta, resistindo à inclusão das variáveis de controle. O rodízio de veículos reduziu os níveis médios dos poluentes; entretanto, não foi observada diminuição nos atendimentos por IVAS em idosos.

Palavras chave: Poluição do ar. Idoso. Serviços médicos de emergência. Infecções respiratórias. Estudo de séries temporais

Abstract

Some countries have adopted vehicular restriction in order to reduce air pollution levels. In São Paulo metropolitan region, the vehicle restriction was adopted from 1996 to 1998, in order to reduce air pollution, during wintertime. Since 1997, a similar project was implemented during the whole year in the central area of São Paulo in order to improve the urban traffic. This time series study was developed to investigate the relationship between daily levels of air pollutants (CO, NO₂, SO₂, PM₁₀ and O₃) and the daily numbers of elderly patients with upper respiratory infection diseases (URID) attended at the Clinics Hospital emergency room service of the University of São Paulo Medical School, during this period. Generalized additive Poisson regression models were estimated and adjusted by seasonality (non-parametric smoother functions), weather (non-parametric smoother functions and linear terms), weekdays indicator, vehicular restriction indicator periods and the daily number of non respiratory admissions. The effects of air pollutants were estimated based on daily levels and 2 to 7 day moving average. Carbon monoxide (CO) and sulphur dioxide (SO₂) were associated with URID and these correlations were resistant even with the inclusion of control variables. The vehicular restriction reduced the pollutants levels. However, no reduction in emergency room visits for URID was detected.

Keywords: Air pollution. Aged respiratory tract infections. Time series

Introdução

A poluição atmosférica, mesmo apresentando concentrações abaixo dos níveis permitidos pelos órgãos competentes, tem afetado de forma significativa a vida dos seres terrestres e, embora o mecanismo biológico específico ainda esteja em estudo, diversos autores sustentam que a relação entre poluição atmosférica e efeitos deletérios na saúde da população é causal.¹⁻⁵

Crianças e adolescentes têm se mostrado bastante susceptíveis aos efeitos da poluição do ar.^{5,6} Nestes grupos etários, acréscimos no número de internações por doenças respiratórias têm sido associados a acréscimos nos níveis de poluentes atmosféricos urbanos. O mesmo se observa entre os idosos. Entretanto, neste grupo, além de promover aumentos na morbidade e na mortalidade por doenças respiratórias, os poluentes do ar apresentam efeitos deletérios sobre a morbidade e a mortalidade por causas cardiovasculares.^{3,4,7,8}

As doenças respiratórias de vias aéreas inferiores, tanto as infecciosas quanto as inflamatórias (Doença pulmonar obstrutiva crônica - DPOC), têm sido alvo de investigação⁹. Entretanto, as infecções de vias aéreas superiores (IVAS) têm merecido pouca atenção, apesar de serem doenças agudas. Há diversas formas de se medir morbidade por IVAS e, dentre elas, optou-se por utilizar os atendimentos de Pronto Socorro de um Hospital escola de referência, pois há maior probabilidade de confiabilidade dos dados.

No município de São Paulo (MSP) são duas as fontes de poluentes atmosféricos: as estacionárias (como as indústrias e processos de combustão) e as fontes móveis (veículos automotores). Neste município já se obteve o controle quase que total da poluição industrial¹⁰. Em uma tentativa de controlar a emissão de gases através dos automóveis foi instituído o rodízio de veículos.

No MSP foram implantados dois tipos de rodízio. O primeiro foi o rodízio estadual obrigatório, que tinha como objetivo diminuir a poluição atmosférica. Ele foi implantado em toda a região metropolitana de São

Paulo durante os períodos de inverno dos anos 1996 (em caráter experimental), 1997 e 1998, de segunda a sexta-feira, das 7h às 20h. A restrição à circulação foi definida de acordo com o final da placa dos veículos, excluindo-se de circulação os veículos de dois finais de placa por dia. No ano de 1999, por determinação da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, a medida foi suspensa e passou a ter caráter excepcional, sendo ativada apenas nas situações de emergência¹⁰. Em 1997 implantou-se o rodízio municipal cujo objetivo primário era a redução de congestionamentos. Ainda hoje os veículos não circulam das 7h às 10h e das 17h às 20h, de segunda a sexta-feira, seguindo os mesmos critérios de restrição do rodízio estadual.

Outras cidades utilizam o rodízio de veículos como medida de redução da concentração de poluentes. Tanto a cidade do México como a cidade de Santiago do Chile possuem larga experiência na adoção destas medidas. Na cidade do México o rodízio é adotado em todos os dias do ano¹¹. Em Santiago faz parte de um programa de controle dos episódios de poluição extrema. Um sistema permanente de monitoramento da qualidade do ar prevê quais os dias em que as concentrações de poluentes poderão atingir níveis acima do aceitável e o programa de restrição de veículos é acionado. É interessante notar que nenhum destes lugares fez a análise dos efeitos do rodízio na redução dos níveis de poluição do ar.

Este estudo ecológico de séries temporais foi desenvolvido com o objetivo de investigar os efeitos causados pela poluição atmosférica nos atendimentos por IVAS em idosos do MSP, nos períodos de inverno com e sem rodízio, entre 1996 e 1998.

Material e Métodos

O estudo ecológico de séries temporais é um estudo epidemiológico cuja unidade de observação é um grupo de indivíduos. Esse grupo de indivíduos é geralmente definido por uma área geográfica, que pode ser a população de um estado, de uma cidade ou até mesmo de um bairro. Neste tipo de estudo não

são conhecidas informações dos indivíduos. A população analisada funciona como seu próprio controle ao longo do tempo¹².

Foram incluídas informações (causa básica de atendimento e idade) sobre atendimentos de idosos (pessoas com 65 anos ou mais) no Pronto Socorro Médico do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (PSM-HCFMUSP), no período entre 1º de maio de 1996 e 30 de setembro de 1998, por IVAS (CID – 10ª Revisão (CID10 – J00 a J06)). Os dados de atendimento do PSM-HCFMUSP foram obtidos em duas fontes de dados: na Divisão de Arquivo Médico (maio de 1996 a junho de 1997) e na Companhia de Processamento de Dados do Estado de São Paulo (PRODESP) (agosto de 1997 a setembro de 1998). Devido a mudanças ocorridas no sistema de processamento de dados do Hospital das Clínicas não se teve acesso aos dados referentes ao mês de julho de 1997.

Foram obtidos dados sobre níveis diários de material particulado (PM₁₀), monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre (SO₂), dióxido de nitrogênio (NO₂) e ozônio (O₃) na CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). A CETESB dispõe de 13 estações fixas na cidade de São Paulo e, para todos os poluentes, a coleta de dados compreendia um período de 24 horas, que se iniciava à primeira hora do dia¹⁰. Foi calculada a média aritmética para cada poluente do ar por dia, levando-se em consideração o número de estações que mediam o referido poluente, considerando-as representativas da poluição no MSP⁵. Na Tabela 1 descreveu-se o número de estações, método de análise e tipo de medição para cada poluente atmosférico.

Informações sobre temperatura mínima e média diária de umidade relativa do ar foram obtidas no Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo (IAG-USP).

Foram analisados três períodos de inverno (Tabela 2): o período P1 refere-se ao inverno de 1996, que neste estudo foi considerado período sem rodízio pois teve a duração de apenas 20 dias, P2 ao inverno com

Tabela 1 - Descrição do número de estações, método de análise e medição**Table 1** - Description of the number of stations, method of analysis and pollutant samples collected

Poluentes	Número das estações	Método de análise	Medição
PM ₁₀ (mg/m ³)	12	Monitor Beta	Média 24 horas
CO (ppm)	5	Infravermelho não dispersivo	Maior média móvel de 8 horas
SO ₂ (mg/m ³)	13	Fluorescência de pulso	Média 24 horas
O ₃ (mg/m ³)	4	Ultravioleta	Média máxima diária
NO ₂ (mg/m ³)	4	Ultravioleta	Média máxima diária

Tabela 2 - Descrição dos períodos de rodízio**Table 2** - Description of vehicle restriction periods

Época	Período	Rodízio
1/05/96 a 30/09/96	P1	Sem rodízio
23/06/97 a 30/09/97	P2	Rodízio total
04/05/98 a 25/09/98	P3	Rodízio total

Onde: rodízio total é o rodízio estadual obrigatório

Where: total restriction is the Estadual vehicular restriction

rodízio de 1997, e P3 ao inverno com rodízio de 1998. Foram comparadas as médias diárias dos poluentes atmosféricos e do número de atendimentos no Pronto Socorro, nos períodos de inverno, através da análise de variância (ANOVA). Nas comparações múltiplas foi utilizado o teste de Tukey – HSD (*Honest Significant Difference*).

Para caracterizar a relação existente entre os poluentes do ar entre si e com o número diário de atendimentos de Pronto-Socorro foram calculados coeficientes de correlação de Pearson. O número diário de atendimentos de idosos por IVAS no PSM-HCFMUSP foi considerado como variável dependente e como variáveis independentes os níveis médios diários dos poluentes atmosféricos. Como variáveis de controle foram analisados dias da semana (variável indicadora), períodos de rodízio (variável indicadora), número de dias transcorridos (função não-paramétrica de alisamento), fatores climáticos (termos lineares), e número diário de atendimentos por doenças não-respiratórias (para controlar problemas de ordem operacional como greves, etc).

Para controlar a sazonalidade de longa duração foi utilizada a variável n° de dias transcorridos (o n° de dias transcorridos é o número total de dias entre o dia de análise e o início do estudo (1/5/1996)) e para sazonalidade de curta duração foram utilizados os dias da semana (dummy). Para retirar o efeito da variabilidade devida ao acaso (ruído branco) foi utilizada uma função não-paramétrica de alisamento (*loess*), para a variável n° de dias transcorridos. O *loess*, ou seja, alisador móvel de regressão, é uma função não-paramétrica que permite controlar uma dependência não-linear da variável de interesse (atendimentos por IVAS). Parâmetros de alisamento também foram definidos para temperatura e umidade, com lags (intervalos, ou seja, n° total de dias da série dividido por 180 ou 90 dias) testados de forma que minimizasse o critério de informação de Akaike¹³. Para temperatura e umidade os termos lineares foram os que se mostraram mais ajustados.

Elaboraram-se modelos aditivos generalizados (MAG) de regressão de Poisson¹⁴ para cada ano separadamente e para o período como um todo. Como os atendimentos de Pronto Socorro são eventos de contagem e, portanto, apresentam distribuição de Poisson, foi utilizado o MAG que é uma técnica de análise que permite, em um mesmo modelo, termos paramétricos e funções não-paramétricas. Neste estudo assumiu-se uma relação linear entre os poluentes e os atendimentos de pronto socorro.

As manifestações biológicas dos efeitos da poluição sobre a saúde aparentemente

apresentam um comportamento que mostra uma defasagem em relação à exposição do indivíduo aos agentes poluidores⁵. O que quer dizer que os atendimentos observados em um dia específico devem estar relacionados à poluição do referido dia, assim como ao da poluição observada em dias anteriores. Por isso, nos modelos, testaram-se os valores diários dos poluentes bem como as médias móveis de dois a sete dias.

Foi feita análise de resíduos para se verificar o ajuste do modelo final e possíveis vieses. Adotou-se o nível de significância de 5% em todas as análises.

Resultados

O número total de atendimentos por IVAS, segundo períodos de rodízio, encontra-se na Tabela 3. Não se observaram diferenças nas médias diárias de atendimentos por IVAS entre os três períodos de inverno analisados ($p = 0,298$).

A Tabela 4 apresenta uma descrição dos níveis médios dos poluentes atmosféricos nos períodos com e sem rodízio. Entre os anos de 1996 e 1997 ocorreram aumentos não significativos nas concentrações de CO, NO₂ e PM₁₀. Entretanto, observa-se uma diminuição

Tabela 3 - Análise descritiva para o número de atendimentos por IVAS por período de rodízio
Table 3 - Descriptive statistics for emergency room visits for IVAS from vehicle restriction periods

Período	Nº de atendimento por IVAS	Nº de dias do período	Média diária
P1	52	126	0,41
P2	39	69	0,57
P3	81	148	0,55

$p = 0,298$

Tabela 4 - Análise descritiva dos poluentes atmosféricos por período de rodízio
Table 4 - Descriptive statistics for the air pollutants from vehicle restriction periods

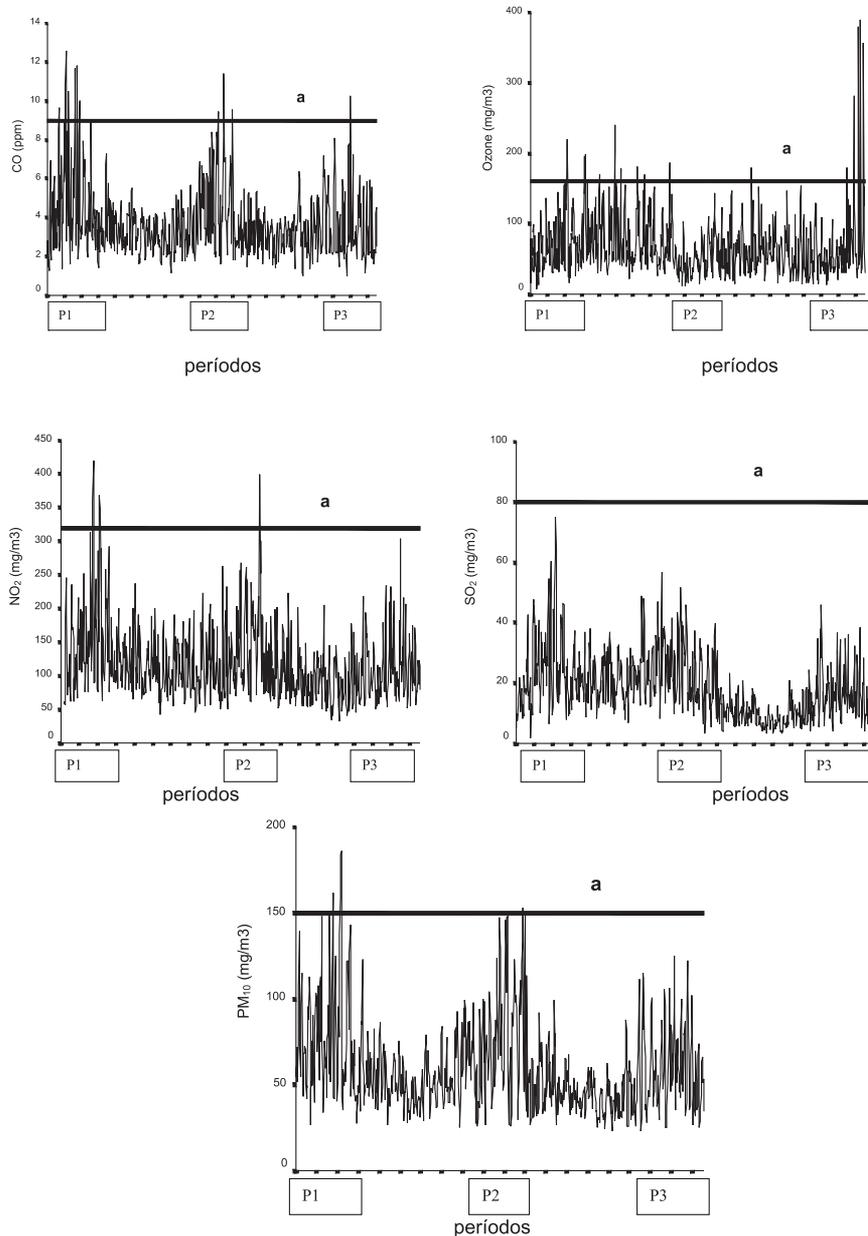
Período	O ₃ (mg/m ³)	CO (ppm)	NO ₂ (mg/m ³)	SO ₂ (mg/m ³)	PM ₁₀ (mg/m ³)
P1					
N	125	125	117	126	126
média (dp)	69,3 (37,6)	4,5 (2,5)	141,1 (61,6)	22,6 (11,3)	73,5 (29,2)
min - max	7,8 - 198,2	1,25 - 12,6	56,1 - 421,6	1,96 - 60,4	26,8 - 161,7
P2					
N	100	100	100	100	100
Média (dp)	55,9 (26,2)	4,7 (2,2)	144,9 (65,7)	18,7 (9,4)	77,3 (34,3)
min - max	14,3 - 143,3	1,6 - 11,4	61,4 - 399,6	3,4 - 45,9	26,2 - 153,0
P3					
N	148	148	148	148	148
média (dp)	66,9 (57,3)	3,7 (1,8)	110,2 (46,4)	16,9 (8,4)	59,8 (24,8)
min - max	13,3 - 389,5	1,03 - 10,3	50,7 - 303,8	3,9 - 46,0	22,8 - 125,5
p*	ANOVA: $p > 0,05$	ANOVA: $p < 0,05$ P1 vs P3 ($p = 0,010$) P2 vs P3 ($p = 0,0021$)	ANOVA: $p < 0,05$ P1 vs P3 ($p < 0,001$) P2 vs P3 ($p < 0,001$)	ANOVA: $p < 0,05$ P1 vs P2 ($p = 0,013$) P1 vs P3 ($p < 0,001$)	ANOVA: $p < 0,05$ P1 vs P3 ($p < 0,001$) P2 vs P3 ($p < 0,001$)

onde: dp: desvio padrão; p*: nível descritivo da diferença entre os níveis médios dos poluentes
Where: dp: standard deviation; p*: p-value between periods differences

ção significativa nos níveis médios dos poluentes atmosféricos quando se compararam os três períodos de inverno, exceto para o O_3 , sendo que as diferenças significativas estão entre os anos 1996 e 1998.

Na Figura 1 temos a série histórica dos poluentes. Em 1996, o O_3 ultrapassou o limite aceitável de qualidade do ar por 9 vezes, o

CO 10 vezes, o NO_2 2 vezes e o PM_{10} 6 vezes. Já em 1997, tanto o O_3 quanto o CO ultrapassaram esse limite por 4 vezes, enquanto que o NO_2 e PM_{10} por duas vezes nesse mesmo ano. Para o ano de 1998 somente o O_3 ultrapassou o limite aceitável em 6 vezes e o CO em uma vez. O SO_2 nunca ultrapassou os limites aceitáveis de qualidade do ar. Duran-



onde: **a** é o nível aceitável de qualidade do ar
 where: **a** is the accepted air quality levels

Figura 1 - Concentrações médias diárias para os principais poluentes atmosféricos
Figure 1 - Daily mean concentrations for the air pollution

te todo o período os poluentes estavam correlacionados entre si significativamente, sendo que as maiores correlações foram observadas entre os poluentes primários (PM₁₀, CO, SO₂ e NO₂), enquanto que o número de atendimentos diários por IVAS esteve positivo e estatisticamente correlacionado apenas com CO, SO₂ e PM₁₀ (Tabela 5).

Em 1996 verificou-se que, quando analisados separadamente, todos os poluentes, exceto o CO, estavam associados ao número de atendimentos por IVAS, independente

das variáveis de controle. Ao se fazer a análise conjunta dos poluentes, apenas o PM₁₀ mantém sua significância, mostrando que sua correlação é independente dos demais poluentes (Tabela 6).

Para o ano de 1997 observou-se que, quando analisados separadamente, nenhum dos poluentes esteve estatisticamente correlacionado com o número de atendimentos por IVAS, embora o CO estivesse no limite da significância estatística.

No ano de 1998, o único poluente esta-

Tabela 5 - Matriz de correlação de Pearson entre as médias diárias dos poluentes atmosféricos e atendimentos por IVAS

Table 5 - Pairwise Pearson correlation coefficients among the pollutants means levels and IVAS emergency room visits

Poluentes	CO	NO ₂	SO ₂	PM ₁₀	O ₃	IVAS
CO	1,00	0,62 *	0,51 *	0,73 *	0,07	0,14 *
NO ₂		1,00	0,67 *	0,83 *	0,44 *	0,06
SO ₂			1,00	0,72 *	0,28 *	0,12 *
PM ₁₀				1,00	0,35 *	0,13 *
O ₃					1,00	-0,01

* correlação estatisticamente significativa (p < 0,05) / * significant correlations (p < 0.05)

Tabela 6 - Modelos aditivos generalizados finais

Table 6 - Final generalized additive models

Ano	Poluente	β (p) ^A	β (p) ^B
1996	CO (média móvel de 4 dias)	0,128 (0,067)	-
	NO ₂ (média móvel de 2 dias)	0,005 (0,038) *	-0,003 (0,404)
	SO ₂ (média móvel de 4 dias)	0,025 (0,031) *	-0,008 (0,640)
	PM ₁₀	0,012 (0,005) *	0,017 (0,024) *
	O ₃	0,007 (0,006) *	0,004 (0,147)
1997	CO (média móvel de 5 dias)	0,155 (0,064)	-
	NO ₂ (média móvel de 6 dias)	0,001 (0,850)	-
	SO ₂ (média móvel de 7 dias)	0,048 (0,084)	-
	PM ₁₀ (média móvel de 7 dias)	0,002 (0,750)	-
	O ₃	-0,002 (0,500)	-
1998	CO (média móvel de 7 dias)	0,227 (0,027) *	-
	NO ₂	0,001 (0,963)	-
	SO ₂ (média móvel de 5 dias)	0,012 (0,569)	-
	PM ₁₀	-0,001 (0,960)	-
	O ₃ (média móvel de 6 dias)	0,007 (0,104)	-
1996 - 1998	CO (média móvel de 4 dias)	0,125 (0,016) *	0,085 (0,098)
	NO ₂ (média móvel de 5 dias)	0,0004 (0,841)	-
	SO ₂ (média móvel de 6 dias)	0,025 (0,004) *	0,014 (0,180)
	PM ₁₀	0,001 (0,593)	-
	O ₃	0,002 (0,220)	-

* coeficientes estatisticamente significativos / * statistical coefficients

A: modelo ajustado por temperatura mínima, umidade média, dias da semana, dias corridos e número de atendimentos por problemas não respiratórios. Para 1998 e 1996-98 ajustado também por períodos de rodízio.

B: modelo ajustado por todas as variáveis significativas na análise univariada.

A: model adjusted by minimum temperature, mean humidity, days of the week, time and number of visits for non-respiratory problems. For 1998 and 1996-98 adjusted to vehicle restriction too.

B: model adjusted for all statistically pollutants in the single analysis.

tisticamente correlacionado com o número de atendimentos por IVAS foi o CO, independente das variáveis de controle.

Ao ser considerada a série histórica de 1996 a 1998, quando analisados separadamente, os poluentes estatisticamente correlacionados com o número de atendimentos por IVAS foram CO e SO₂. Na análise conjunta dos poluentes todos perdem a sua significância, mostrando não haver efeito independente entre eles.

A análise dos resíduos mostrou que tinham distribuição normal, com média zero, sem presença de viés ou valores aberrantes.

Discussão

Episódios de poluição como os ocorridos no vale de Meuse, Donora na Pensilvânia, e em Londres⁵, onde aumentos inesperados de poluição atmosférica levaram a um repentino excesso de mortes e de atendimentos hospitalares por problemas respiratórios, foram os primeiros a chamar a atenção das autoridades governamentais sobre os danos que a poluição atmosférica causa na morbidade e mortalidade por problemas respiratórios.

Duas faixas etárias são as mais suscetíveis à poluição do ar: as crianças e os idosos, e é de se esperar que pessoas com problemas respiratórios prévios sofram mais com a elevação dos níveis de poluição do ar. Neste estudo optou-se por trabalhar com os últimos, pois não se conhecia o efeito da poluição nos atendimentos em idosos por problemas respiratórios, ao passo que em crianças este efeito já tinha sido estudado em outros trabalhos realizados no Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (LPAE - FMUSP)¹⁵⁻¹⁷. Pelo fato de existirem estações medidoras de poluição espalhadas pelo Município de São Paulo, este Município foi escolhido para realização deste trabalho.

Neste estudo decidiu-se trabalhar com dados de atendimento no PSM-HC, por ser este um hospital escola, o que permitiria maior confiabilidade nos diagnósticos. Ana-

lisou-se IVAS por ser uma infecção respiratória que poderia ser boa marcadora para os efeitos de poluição atmosférica em idosos. Além do mais, alguns componentes gasosos da poluição atmosférica (SO₂, por exemplo) possuem alta solubilidade e, portanto, alta taxa de absorção pelas vias aéreas superiores¹⁸.

O uso de modelos de regressão, cada vez mais sofisticados, permite o controle mais eficaz de fatores de confusão que poderiam interferir na análise dos dados. O MAG também permite melhor interpretação dos resultados obtidos, por captar melhor o efeito da poluição atmosférica do que o modelo linear generalizado (MLG)¹⁴; isso porque o MAG permite ajustar curvas de alisamento não lineares para variáveis como temperatura, umidade, e tempo. A regressão de Poisson foi utilizada por possibilitar a análise de dados de contagem, como o número de atendimentos no PSM-HCFMUSP.

Este é o primeiro estudo que procurou avaliar o efeito do rodízio de veículos no Município de São Paulo não só no controle da poluição, mas no efeito desta em doenças respiratórias em idosos.

O rodízio estadual tinha como “vilão” principal o CO e o objetivo primordial era diminuir o nível deste poluente com a retirada de automóveis das ruas. Já o rodízio municipal não tem por objetivo diminuir poluição e, sim, evitar congestionamentos que ocorrem tão constantemente na cidade de São Paulo, nos horários de pico (manhã e tarde). Verificou-se que houve uma redução dos níveis médios de todos os poluentes desde a implantação do rodízio, com exceção do O₃.

Alguns países usam o rodízio de automóveis como forma de reduzir poluição atmosférica, como o México e Chile que já possuem este sistema há anos, mas nunca estudaram o efeito do rodízio na saúde da população. Outros países como França e Itália somente utilizam o rodízio de veículos em situações de emergência. Este estudo mostrou que o rodízio de veículos na região metropolitana de São Paulo pode ser útil no controle dos picos de poluição atmosférica,

e na redução das médias diárias de CO, PM₁₀, NO₂ e SO₂. Além disso, observou-se que o efeito deletério dos poluentes, no que diz respeito a IVAS em idosos, vem diminuindo de ano a ano.

Pelo fato dos poluentes atmosféricos estarem correlacionados entre si, é muito difícil detectar-se o efeito de um único poluente. No período estudado, 1996 a 1998, a associação de IVAS com CO e SO₂ talvez represente o efeito dos outros poluentes atmosféricos.

Em resumo, observou-se que, em 1998, os poluentes estavam em níveis de padrões aceitáveis, e o efeito do CO no número de atendimentos por IVAS em idosos ainda foi significativo. No ano de 1996, quando o rodízio de veículos foi implantado durante um período muito curto (apenas 20 dias), todos os poluentes foram correlacionados à IVAS, porém o PM₁₀ teve um efeito independente. Recentemente o CO é o poluente mais significativo.

Em Spokane (lugar com níveis muito baixos de SO₂), Schwartz¹⁹ (1995) verificou a relação existente entre internações de idosos

por problemas respiratórios com PM₁₀ e O₃. Leon e col.²⁰ (1996), analisando o efeito da poluição atmosférica nas internações hospitalares por doenças respiratórias em três faixas etárias (0-14, 15-64, 65 e mais), encontraram uma associação significativa entre O₃ e internações em todas as faixas etárias estudadas. Burnett e col.²¹ (1997) encontraram associação entre internações hospitalares por doenças respiratórias em idosos e O₃.

Tanto este trabalho quanto os citados anteriormente mostram que, mesmo os poluentes atmosféricos estando dentro dos padrões permitidos de qualidade do ar, continuam afetando a morbidade e mortalidade por problemas respiratórios. Sugere-se que esses limites de qualidade do ar sejam reavaliados.

Nenhum estudo ecológico com as características deste poderá estabelecer uma clara inferência de causalidade, pelos critérios de Hill¹². A reprodutibilidade destes achados poderá contribuir para a detecção dos agentes causais associados à poluição atmosférica.

Referências

1. Dockery DW, Pope III CA. Acute respiratory effects of particulate air pollution. *Annu Rev Public Health* 1994; 15: 107-32.
2. Schwartz J. Air pollution and daily mortality: a review and meta analysis. *Environ Res* 1994; 64: 36-52.
3. Schwartz J. Air pollution and hospital admissions for the elderly in Detroit, Michigan. *Am J Respir Crit Care Med* 1994; 150: 648-55.
4. Schwartz J. Particulate air pollution and daily mortality: a synthesis. *Public Health Rev* 1991/92; 19: 39-60.
5. Braga ALF. **Quantificação dos efeitos da poluição do ar sobre a saúde da população pediátrica da cidade de São Paulo e proposta de monitoração** [Tese de Doutorado]. São Paulo: Faculdade de Medicina da USP; 1998.
6. Braga ALF et al. Air pollution and pediatric respiratory hospital admissions in São Paulo, Brazil. *J Environ Med* 1999; 1:95-102.
7. Schwartz J. Air pollution and hospital admissions for heart disease in eight U.S. Countries. *Epidemiology* 1999; 10:17-22.
8. Saldiva PHN, Pope CA, Schwartz J, Dockery DW, Lichtenfels AJ, Salge JM et al. Air pollution and mortality in elderly people: A time series study in São Paulo, Brazil. *Arch Environ Health* 1995; 50: 159-64.
9. Schwartz J. Air pollution and hospital admissions for respiratory disease. *Epidemiology* 1996; 7:20-8.
10. CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório de qualidade do ar na região metropolitana de São Paulo e em Cubatão - 1998**. São Paulo: CETESB; 1999.
11. CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Efeitos da operação rodízio/97 na qualidade do ar na região metropolitana de São Paulo - 1997**. São Paulo;1997.
12. Morgenstern H. Ecologic studies in epidemiology concepts, principles and methods. *Annu Rev Public Health* 1995;16: 61-81.
13. Akaike H. Information theory and na extension of the maximum likelihood principal. In: Petrov BN, Csaki F, editors. **Second International Symposium on Information Theory** 1973; Budapest, Hungary. Akademiae Kiado; Budapest: 1973. p. 267-81.

14. Hastie TJ, Tibshirani RJ. **Generalized additive models**. London: Chapman and Hall; 1995.
15. Chin AL et al. Air pollution and respiratory illness of children in São Paulo, Brazil. **Pediatr Perinatol Epidemiol** 1999; 13: 475-87.
16. Fährat SCL. **Efeitos da poluição atmosférica na cidade de São Paulo sobre doenças do trato respiratório inferior em uma população pediátrica** [Tese de Doutorado]. São Paulo: Faculdade de Medicina da USP; 1999.
17. Pereira LAA, Loomis D, Conceição GMS, Braga ALF, Arcas RM, Kishi H et al. Association between air pollution and intrauterine mortality in São Paulo, Brazil. **Environ Health Perspect** 1998; 106: 325-9.
18. Committee of the Environmental and Occupational Health Assembly of the American Thoracic Society. Health effects of outdoor pollution. **Am J Respir Crit Care Med** 1996; 153:3-50.
19. Schwartz J. Air pollution and hospital admissions for respiratory disease. **Epidemiology** 1995; 7:20-8.
20. Leon AP, Anderson HR, Bland JM, Strachan DP, Bower J. Effects of air pollution on daily hospital admissions for respiratory disease in London between 1987-88 and 1991-92. **J Epidemiol Community Health** 1996; 33 Suppl 1:S63-S70.
21. Burnett RT, Brook JR, Yung WT, Dales RE, Krewski D. Association between ozone and hospitalization for respiratory diseases in 16 Canadian cities. **Environ Res** 1997; 72:24-31.