

Poluição do ar e doenças respiratórias e cardiovasculares: estudo de séries temporais em Cubatão, São Paulo, Brasil

Air pollution and respiratory and cardiovascular diseases: a time series study in Cubatão, São Paulo State, Brazil

La contaminación del aire y las enfermedades respiratorias y cardiovasculares: estudio de series temporales en Cubatão, São Paulo, Brasil

Adelaide Cassia Nardocci ¹
Clarice Umbelino de Freitas ²
Antonio Carlos Monteiro Ponce de Leon ³
Washington Leite Junger ³
Nelson da Cruz Gouveia ²

Abstract

This study evaluated the association between air pollution and hospital admissions due to respiratory and cardiovascular diseases in Cubatão, São Paulo State, Brazil. Generalized additive Poisson regression models were used to model daily concentrations of particulate matter (PM₁₀), sulfur dioxide (SO₂), and ozone (O₃) and daily hospital admissions counts. Explanatory variables were temperature, relative humidity, day of the week, and holidays. For each increment of 10µg/m³ in PM₁₀, we found an excess of 4.25% (95%CI: 2.82; 7.1), 5.74% (95%CI: 3.80; 7.71), and 2.29% (95%CI: 0.86; 3.73) in admissions due to respiratory diseases for all ages, respiratory diseases in children under 5 years old, and cardiovascular diseases in adults over 39 years of age, respectively. For SO₂, the increase was 3.51% (IC95%: 1.24; 5.83) for cardiovascular diseases in adults more than 39 years. For O₃, the increase was 2.85% (IC95%: 0.77; 4.98) for cardiovascular diseases in adults more than 39 years of age and 3.91% (IC95%: 1.37; 6.51) for respiratory diseases in children under 5 years old. Air pollution has serious impacts on health in Cubatão, thus emphasizing the need for air quality control policies.

Air Pollution; Respiratory Tract Diseases; Cardiovascular Diseases; Time Series Studies

Resumo

Foi avaliado o impacto da poluição do ar nas internações por doenças respiratórias e cardiovasculares em residentes do Município de Cubatão, São Paulo, Brasil. Utilizaram-se modelos de séries temporais, com modelos aditivos generalizados, em regressão de Poisson, testando como variáveis independentes as concentrações diárias de material particulado (PM₁₀); dióxido de enxofre (SO₂) e o ozônio (O₃). Como variáveis de controle a temperatura, umidade, dias da semana e feriados. Para cada incremento de 10µg/m³ de PM₁₀, encontrou-se um excesso de internações de 4,25% (IC95%: 2,82; 5,71); 5,74% (IC95%: 3,80; 7,71) e 2,29% (IC95%: 0,86; 3,73) para doenças respiratórias totais, doenças respiratórias em menores de 5 anos e doenças cardiovasculares em maiores de 39 anos, respectivamente. O SO₂ apresentou relação com as doenças cardiovasculares em maiores de 39 anos de 3,51% (IC95%: 1,24; 5,83) e o O₃ com as doenças cardiovasculares em maiores de 39 anos: 2,85% (IC95%: 0,77; 4,98) e doenças respiratórias em menores de 5 anos: 3,91% (IC95%: 1,37; 6,51). Os efeitos da poluição atmosférica na saúde em Cubatão são pronunciados, indicando a necessidade de melhoria das políticas de controle.

Poluição do Ar; Doenças Respiratórias; Doenças Cardiovasculares; Estudos de Séries Temporais

¹ Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
² Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
³ Instituto de Medicina Social, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

Correspondência
A. C. Nardocci
Departamento de Saúde Ambiental, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo.
Av. Dr. Arnaldo 715, 1^a andar, São Paulo, SP 01246-904, Brasil.
nardocci@usp.br

Introdução

Cubatão, Estado de São Paulo, Brasil, é um dos pólos industriais mais importantes e complexos do país, composto por indústrias do setor petroquímico, siderúrgico e de fertilizantes. Na década de 1970 e 1980, ficou conhecida como uma das cidades mais poluídas do mundo em função das grandes emissões industriais, da topografia acidentada e de condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes.

Segundo dados da Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental de São Paulo (CETESB) ¹, são 230 fontes industriais prioritárias de queima de combustíveis fósseis, as quais lançam anualmente para a atmosfera 3,7x10³ toneladas de CO, 1,9x10³ toneladas de HC, 6,3x10³ toneladas de NOx, 16,4x10³ toneladas de SOx e 5,2x10³ toneladas de material particulado.

Apesar dos esforços empreendidos e da redução sistemática da emissão de poluentes nas últimas décadas, os padrões de qualidade do ar são frequentemente ultrapassados, em especial na Vila Parisi e no Vale do Mogi. No entanto, mesmo com uma situação crítica de poluição, são poucos os estudos que avaliam o impacto da poluição do ar na saúde da população ^{2,3,4,5}.

Os estudos de séries temporais epidemiológicas têm sido tradicionalmente utilizados para o estabelecimento de associação entre efeitos de curto-prazo na saúde e a exposição aos poluentes atmosféricos ^{6,7,8,9}. Apresentam como vantagens a possibilidade de uso de dados secundários os quais são de baixo custo e de fácil obtenção no Departamento de Informática do SUS (DATASUS. <http://www.datasus.gov.br>). As análises estatísticas, apesar de serem complexas, podem ser realizadas com o uso da biblioteca ARES do pacote estatístico R (The R Foundation for Statistical Computing, Viena, Áustria; <http://www.r-project.org>), onde os métodos são padronizados e o acesso é público ¹⁰.

A avaliação do impacto global da poluição do ar na saúde, por meio de estudos de séries temporais, é importante para fortalecer a implantação da vigilância em saúde ambiental pelo setor saúde. Seu resultado mostra a estimativa direta do risco de adoecimento da população em função da variação das concentrações dos poluentes atmosféricos. Os impactos identificados podem ser monitorados ao longo do tempo, permitindo a avaliação da eficácia de medidas de controle.

Este trabalho tem por objetivo a realização de estudo de séries temporais das internações hospitalares por doenças respiratórias e cardiovasculares e sua relação com a poluição do ar na cidade de Cubatão, como parte do *Projeto de*

Avaliação de Impacto da Poluição do Ar nas Cidades Brasileiras, do Ministério da Saúde.

Método

O Município de Cubatão está localizado a 40km da capital do estado, São Paulo (Figura 1). A maior parte da área total do município (142km²) é recoberta por vegetação (77%) e a região urbana ocupa cerca de 10km², o que corresponde a 6% da área desta Unidade Federativa. A atividade industrial, principal atividade econômica, ocupa 15km² e a população, segundo o *Censo Demográfico* de 2010 (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. <http://www.ibge.gov.br>), é de 118.720 habitantes.

O município conta atualmente com três estações de monitoramento da qualidade do ar operadas pela CETESB, as quais estão localizadas na área industrial (Vila Parisi); no centro da cidade; e no Bairro Vale do Mogi, medindo as concentrações horárias de material particulado (PM₁₀), ozônio (O₃), dióxido de nitrogênio (NO₂), dióxido de enxofre (SO₂) e variáveis meteorológicas: temperatura e umidade. Neste estudo foi considerada para fins de análise apenas a estação localizada na área urbana de Cubatão. As demais estações de monitoramento da qualidade do ar existentes no município (Vila Parisi e Vale do Mogi) não foram utilizadas. A primeira por se encontrar muito próxima ao parque industrial e a segunda devido ao fato de ter seu início de operação muito recente. A partir dos dados meteorológicos e de poluentes horários, foram calculados valores diários segundo: médias diárias para material particulado, dióxido de enxofre, temperatura e umidade. Para o ozônio e o dióxido de nitrogênio foi utilizada a maior concentração horária do dia ¹.

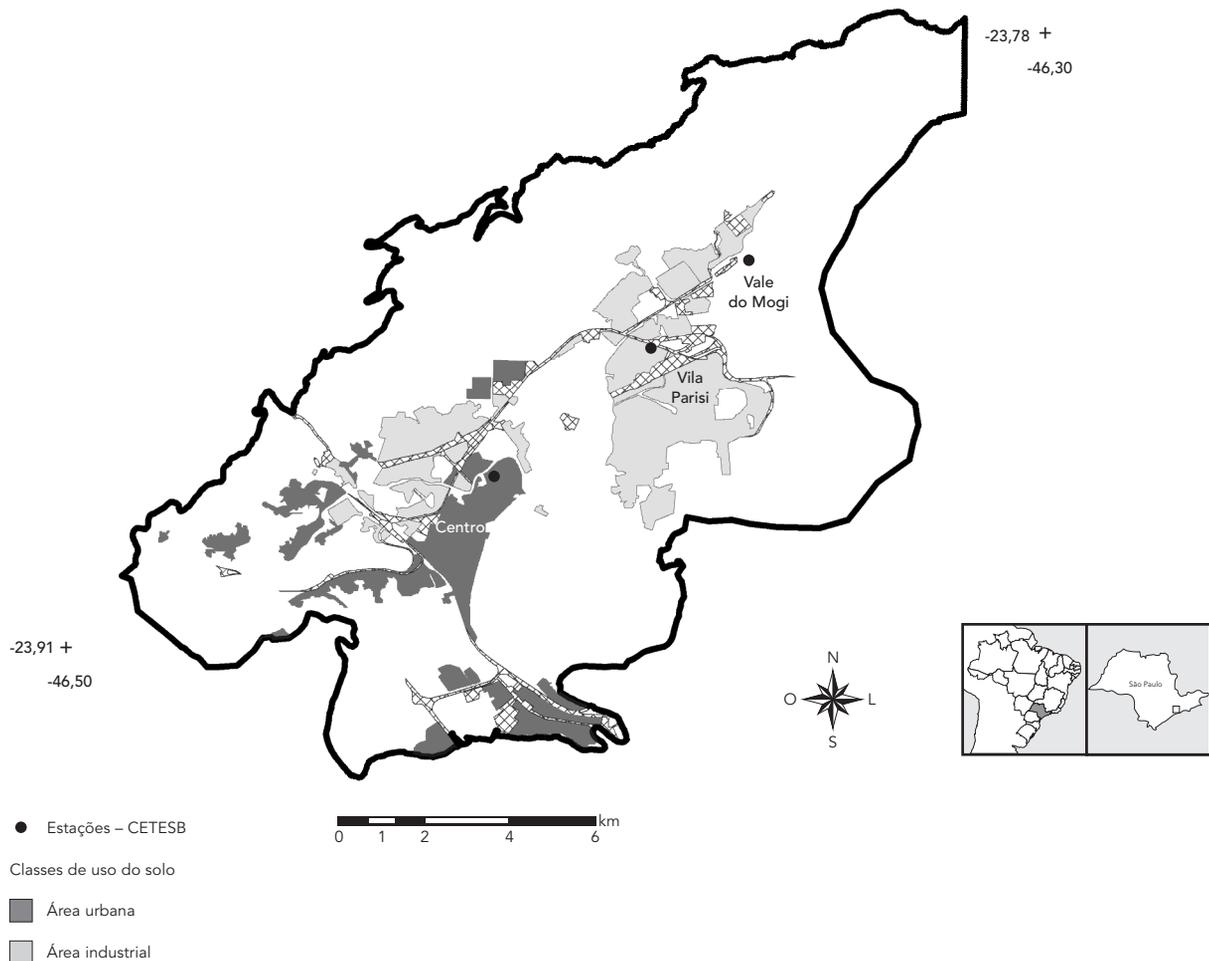
Dados de internações hospitalares foram obtidos do Sistema de Informações Hospitalares (SIH) do DATASUS para o município em estudo, de 2000 a 2008, período este considerado inicialmente para análise.

Na medida em que foram observadas grandes lacunas de informações de poluentes neste período e com a finalidade de facilitar a seleção daquele a ser considerado nas análises, foi construído portal de informações no âmbito do *Projeto de Avaliação de Impacto da Poluição do Ar nas Cidades Brasileiras* (<http://www.observandosao paulo.com.br/>).

O portal construído refere-se às Autorizações de Internação Hospitalar (AIH) sistematizadas pelo DATASUS, onde os dados foram agrupados por dia, ou seja, contagens diárias de internações pelas causas investigadas: doenças respiratórias (CID10: J00-J99) totais; doenças respiratórias

Figura 1

Localização do Município de Cubatão, São Paulo, Brasil; uso do solo e estações de monitoramento da qualidade do ar.



(CID10: J00-J99) em menores de 5 anos (DRC) e doenças cardiovasculares (CID10: I00-I99) em maiores de 39 anos (DCV), as quais se utilizou como variáveis dependentes nos modelos. Foram então agregadas as variáveis de poluentes, meteorológicas e variáveis indicadoras dos feriados nacionais, estaduais e da cidade de Cubatão. As bases foram avaliadas para obtenção do maior período em que se dispusesse de informações diárias de poluentes, temperatura e umidade, aceitando-se perda de no máximo 15% dos dias no período para cada variável ambiental. Após esta avaliação foi eleito o período de estudo de 2003 a 2008 por apresentar maior completude dos dados.

Como variável de exposição se utilizaram os valores das concentrações de PM_{10} , O_3 e SO_2 e como controles, foram introduzidas nos modelos a temperatura e a umidade relativa do ar.

A análise de séries temporais foi realizada com a biblioteca ARES para o aplicativo R disponível em Junger ¹⁰, assumindo-se um nível de significância de 5% em todas as defasagens, simples ou cumulativas, utilizadas. Foram construídos modelos explicativos para contagens de internações pelas causas pesquisadas ao longo do tempo. Os modelos propostos pertencem à classe de modelos aditivos generalizados (GAM), com a opção de regressão de Poisson, segundo a equação:

$$\ln(E(Y_t)) = \beta X_{1t} + \sum_{i=2}^p S_i(X_{it})$$

Onde Y_t e X_{1t} são os números de eventos mórbi-dos e o nível de um dado poluente no dia t , respectivamente; X_{it} são as variáveis preditoras, que inclui o tempo, e S_i são as funções de amaciamento, utilizando *natural splines*. Após a construção do modelo de trabalho (*core model*) contendo todas as variáveis de controle e da verificação de sua adequação, foram introduzidos, individualmente, os poluentes em defasagens de até cinco dias (*lag simples*) e verificado também o efeito cumulativo neste período, utilizando um modelo polinomial de defasagens distribuídas ¹¹.

Na função de amaciamento para tempo utilizaram-se 1 e 3 graus de liberdade (gl) por ano para doenças cardiovasculares e respiratórias, respectivamente. Para a média diária de temperatura e umidade foram utilizados 3 e 2 graus de liberdade para todo o período. Foram acrescentadas também variáveis indicadoras (dicotômicas) para os dias da semana e os feriados, tendo-se testado a sua significância. Os feriados com significância de até 0,09 foram agrupados segundo a direção do seu efeito: positiva ou negativa. No processo de modelagem da série temporal buscou-se minimizar o AIC (critério de informação de Akaike) e otimizar a função de autocorrelação parcial (PACF).

O efeito dos poluentes foi estimado acrescentando cada poluente ao modelo de trabalho de forma linear, fornecendo o risco relativo percentual para cada incremento de 10µg/m³.

Resultados

A Tabela 1 apresenta os parâmetros descritivos básicos das séries temporais usadas na modelagem estatística. Verifica-se um número grande de dias sem informação da concentração de poluentes, mas apenas para o NO₂ a perda foi superior a 15% e, portanto, este poluente não foi analisado.

Na avaliação da distribuição dos dados, as doenças respiratórias em crianças menores de 5 anos apresentou padrão de distribuição semelhante às internações por doenças respiratórias totais, com sazonalidade característica, tendo maior frequência nos meses de inverno. A série temporal de doenças cardiovasculares em maiores de 39 anos apresenta pouca sazonalidade no período de estudo.

De 2003 a 2008, na estação Centro, embora tenha havido uma tendência de queda no percentual dos dias com boa qualidade do ar ¹, as concentrações de PM₁₀ não variaram significativamente ao longo do período estudado, mantendo uma média anual em torno de 33µg/m³, apresentando picos de concentração bastante elevados. As concentrações médias anuais de ozônio oscilaram de 22 a 43µg/m³. Para o SO₂, observou-se aparente tendência de queda no nível médio anual, que em 2003 foi de 16µg/m³ e em 2008, alcançou apenas 13µg/m³.

Dentre os critérios de ajuste dos modelos, houve adequado controle da PACF. A distribuição dos resíduos padronizados dos modelos ajustados foi comparada com a distribuição normal padronizada em todas as análises, tendo-se obtido melhor adequação para as doenças

Tabela 1

Parâmetros descritivos básicos. Cubatão, São Paulo, Brasil, período 2003 a 2008.

Parâmetro	n	Número de dias sem informação	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	p25	p50	p75
Doenças respiratórias totais	2.192	0	2,14	1,65	0,00	11,00	1,00	2,00	3,00
Doenças respiratórias em menores de 5 anos	2.192	0	1,21	1,26	0,00	8,00	0,00	1,00	2,00
Doenças cardiovasculares em maiores de 39 anos	2.192	0	1,51	1,34	0,00	7,00	0,00	1,00	2,00
PM ₁₀	2.052	140	34,27	15,58	5,80	187,65	23,45	31,40	42,46
NO ₂	1.380	812	23,92	11,51	0,09	80,00	15,00	21,95	30,84
O ₃	1.988	204	28,85	13,78	0,00	98,78	19,21	26,43	35,87
SO ₂	1.931	261	13,93	10,07	0,00	93,96	6,56	12,35	18,91
T (°C)	2.101	91	23,87	2,65	15,98	32,62	21,91	23,86	25,74
Unidade relativa (%)	2.053	139	84,86	9,91	40,10	99,00	78,45	85,87	92,83

respiratórias totais e menor adequação dos modelos para doenças respiratórias em menores de 5 anos e doenças cardiovasculares em maiores de 39 anos.

Para doenças respiratórias totais, os efeitos estimados para o modelo de defasagem simples foram estatisticamente significativos apenas para o PM₁₀ no lag 3. No modelo de defasagem distribuída polinomialmente, o risco relativo percentual foi de 4,25% (IC95%: 2,82; 5,71) para o PM₁₀ para um incremento de 10µg/m³ e apresentou valor negativo para o SO₂: -3,2% (IC95%: -5,26; -1,21), como mostra a Figura 2.

Os resultados mostram associações estatisticamente significativas entre o aumento do nú-

mero de internações de crianças menores de 5 anos por doenças respiratórias e o aumento do PM₁₀ para os lag 2 e 3 e para O₃ no lag 3 (Figura 3). Os resultados dos modelos para exposição a SO₂ não foram significativos.

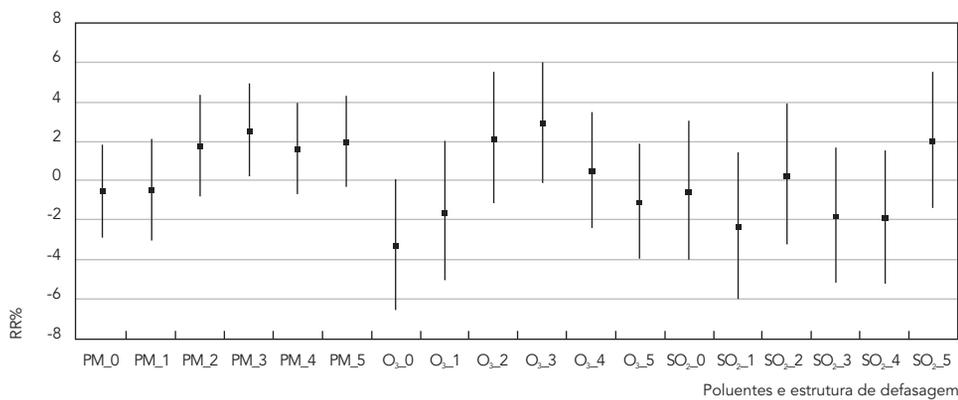
Os efeitos da poluição estimados utilizando o modelo polinomial de defasagem mostram que um aumento de 10µg/m³ de PM₁₀ e O₃ está associado a um aumento de 5,7% (IC95%: 3,80;7,51) e 3,9% (IC95%: 1,57;6,51) nas internações de crianças menores que 5 anos, respectivamente.

Para doenças cardiovasculares em adultos com 40 anos ou mais o modelo de defasagem simples não mostrou resultados significativos. No modelo polinomial, as associações foram

Figura 2

Risco relativo percentual (RR%) para incrementos de 10µg/m³ de PM₁₀, O₃ e SO₂, usando defasagem simples e distribuição polinomial, para internações por doenças respiratórias totais.

2a) RR% para estrutura de defasagem simples



2b) RR% para estrutura de defasagem polinomial

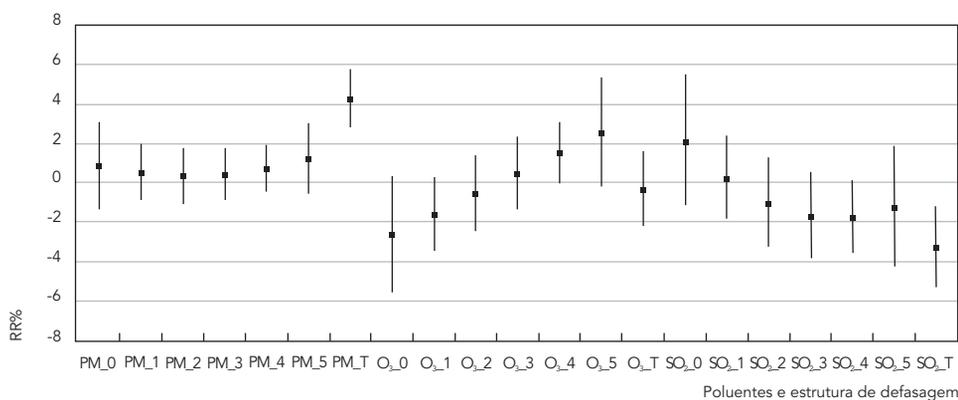
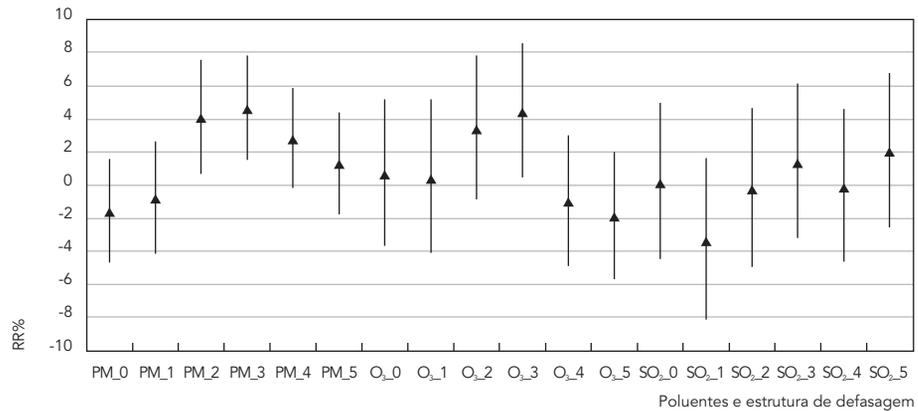


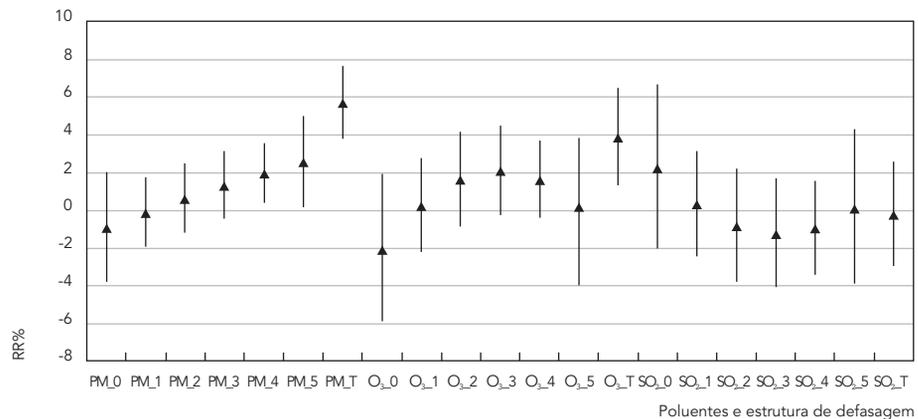
Figura 3

Risco relativo percentual (RR%) para incrementos de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} , O_3 e SO_2 , usando defasagem simples e distribuição polinomial, para internações por doenças respiratórias em menores de 5 anos.

3a) RR% para estrutura de defasagem simples



3b) RR% para estrutura de defasagem polinomial



estatisticamente significativas para PM_{10} , O_3 e SO_2 , sendo os valores de riscos relativos para um aumento de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ de 2,3% (IC95%: 0,86; 3,73); 2,8% (IC95%: 0,77; 4,98) e 3,5% (IC95%: 1,23; 5,83), respectivamente, como mostra a Figura 4.

Discussão

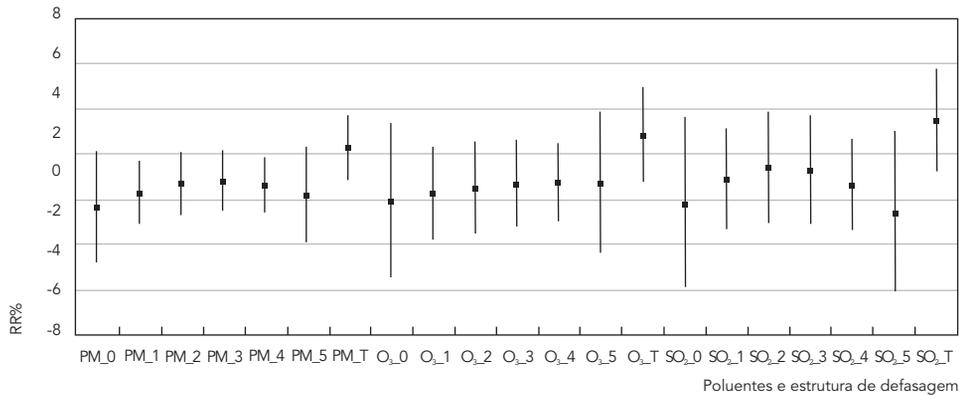
Os estudos de séries temporais encontraram associação significativa entre as concentrações no ar de PM_{10} e internações por doenças respiratórias totais, internações por doenças respira-

tórias em menores de 5 anos e internações por doenças cardiovasculares em adultos maiores de 39 anos.

Para o O_3 foram encontrados resultados significativos apenas nos modelos cumulativos de distribuição polinomial para doenças respiratórias em menores de 5 anos e doenças cardiovasculares em maiores de 39 anos. Para o SO_2 resultado significativo foi encontrado apenas para doenças cardiovasculares em maiores de 39 anos. Destaca-se que os resultados obtidos para doenças cardiovasculares em maiores de 39 anos devem ser utilizados com cautela devido ao precário ajuste do modelo.

Figura 4

Risco relativo percentual (RR%) para incrementos de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} , O_3 e SO_2 , usando a distribuição polinomial, para internações por doenças cardiovasculares em maiores de 39 anos.



Os estudos de séries temporais, quando avaliam efeitos da poluição na saúde, levam em conta apenas os impactos de curto prazo. Considerando que a cidade de Cubatão é cronicamente poluída, os resultados obtidos podem estar subestimados quanto aos danos de longo prazo.

Este estudo analisou apenas os dados obtidos na estação de monitoramento da poluição do ar localizada no centro da cidade por julgá-los mais representativos da exposição da população, propiciando uma estimativa de danos mais realista. Como pode ser observado na Figura 1, as estações Vila Parisi e Vale do Mogi se encontram fora da área urbana do município.

Os dados de internações utilizados referem-se apenas à AIH registrados no DATASUS e compreendem as informações obtidas nos hospitais conveniados ao Sistema Único de Saúde (SUS). No Município de Cubatão, as internações dos hospitais particulares representam uma pequena parcela de eventos (7%). Tendo em conta o baixo percentual de participação de Comunicação de Internação Hospitalar, julgamos que a sua influência nos resultados obtidos não seja expressiva.

Apesar da escolha de um período para análise com menor proporção de dados faltantes, falhas ainda ocorreram, mas apenas para o SO_2 , a proporção de dados faltantes foi maior que 10% e, portanto, os riscos calculados devem ser interpretados com cautela.

Os parâmetros utilizados para diagnóstico dos modelos “core model” dão conta de um bom ajuste da sazonalidade de curto e médio prazos.

Julgamos que este fenômeno, próprio das doenças respiratórias e cardiovasculares, não tenha influenciado nos coeficientes de relação dose-resposta encontrados.

Diversas publicações científicas no mundo relacionam a poluição do ar aos desfechos pesquisados no presente estudo, no entanto a comparação dos achados nem sempre é possível devido à dissimilaridade do método, do desfecho em análise e grupo etário avaliado. Em extensa revisão da literatura, Arbex et al.¹² levantaram trabalhos relacionados aos impactos agudos e crônicos da poluição atmosférica no aparelho respiratório, colocando esta como um problema rival ao uso do tabaco. Avaliando a relação entre internações hospitalares por doenças respiratórias e cardiovasculares em seis cidades francesas, Host et al.¹³ encontraram excesso de risco relativo para cada incremento de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ de 4,4% (IC95%: 0,9; 8,0) e o primeiro desfecho. Utilizando a mesma medida de incremento de PM_{10} , estudo multicêntrico na Califórnia (Estados Unidos)¹⁴ encontra excesso de risco de 1,3% (IC95%: 0,1; 2,5) para mortes decorrentes de doenças cardiovasculares.

Nossos achados chegam a resultados similares para as internações por doenças respiratórias totais e resultados mais robustos para doenças cardiovasculares em maiores de 39 anos. Os níveis médios anuais de PM_{10} da área urbana de Cubatão foram menores que os encontrados no Município de São Paulo no período considerado neste estudo¹, e estiveram abaixo do padrão de qualidade do ar estabelecido pelo Conselho Na-

cional de Meio Ambiente de $50\mu\text{g}/\text{m}^3$. No entanto, os efeitos na saúde ainda são pronunciados.

Apesar do histórico de altas concentrações de poluentes, na cidade de Cubatão foram encontrados poucos estudos sobre os impactos na saúde da população desta localidade. Considerando publicações realizadas até década de 1990, são relatados impactos nas taxas de morbidade hospitalar por doenças respiratórias³ e alterações na função respiratória em crianças^{2,4}.

Em 2006, comparando o impacto da exposição aguda à poluição na performance cardiovascular de bombeiros das cidades de Bertioga, São Paulo (controle) e Cubatão, Oliveira et al.¹⁵ encontraram redução significativa na performance dos bombeiros de Cubatão nos níveis submáximos de exercício físico. Jasinski et al.⁵, em estudo de séries temporais com modelos lineares generalizados, encontraram impactos significativos para a saúde em crianças para o PM_{10} e O_3 . Neste estudo, dependendo da existência de dados de poluentes, as estimativas de efeito foram calculadas para a média dos valores das estações Centro e Vila Parisi ou para cada uma das estações em separado. Os autores relatam que, para aumentos de uma amplitude interquartilica nas médias móveis de sete dias do PM_{10} ($56,5\mu\text{g}/\text{m}^3$, ambas as estações) e de cinco dias do O_3 ($46,7\mu\text{g}/\text{m}^3$, estação Centro), os aumentos nas internações hospitalares foram de 9,6% (IC95%: 3,0; 16,1) e 2,4% (IC95%: 0,1; 4,7) respectivamente. A significância dos efeitos variou de acordo com a estação considerada, exceto para o O_3 , cujos dados são monitorados apenas na estação Centro.

Mesmo tendo-se utilizado abordagem diversa, os resultados encontrados no presente estudo reforçam as conclusões de Jasinski et al.⁵. Na presente análise foram utilizados dados de um período posterior e a mesma metodologia empregada para avaliação do impacto da poluição do ar na saúde em diversas cidades brasileiras, o que permitirá comparações e o cálculo de risco para o conjunto das cidades.

Estudos do impacto da poluição do ar na saúde utilizando séries temporais podem ser utilizados para o estabelecimento de vigilância dos efeitos de curto prazo da poluição do ar na morbidade respiratória e cardiovascular dando subsídios para as ações de controle e alerta aos serviços de saúde quando da ocorrência de picos de poluição. A realização destes estudos prescindem da coleta e da disponibilidade de dados de boa qualidade de forma contínua. Neste sentido, esforços devem ser feitos para não haver interrupção na coleta e ainda, para a expansão da rede de monitoramento da qualidade do ar. Ressalta-se que o monitoramento das variáveis climáticas também é imprescindível em todas as estações para viabilizar o ajuste adequado dos modelos e a melhoria dos resultados. Por outro lado, esforços também devem ser empreendidos pelo setor saúde, para a aquisição e sistematização de todas as informações de morbidade hospitalar dos serviços públicos e privados. Na cidade de Cubatão, considerando a gravidade da situação de poluição do ar recomenda-se a implantação do registro informatizado dos atendimentos ambulatoriais, em especial, para crianças.

Resumen

Se utilizaron análisis de series temporales con modelos aditivos generalizados en regresión de Poisson, además, para la prueba de las variables independientes se consideraron las concentraciones diarias de material particulado (PM_{10}), dióxido de azufre (SO_2) y ozono (O_3). Como variables de control se consideraron: la temperatura, humedad, los días de la semana y festivos. Por cada incremento de PM_{10} $10\mu\text{g}/\text{m}^3$, se encontró un exceso de hospitalizaciones de un 4,25% (IC95%: 2,82; 5,71), 5,74% (IC95%: 3,80; 7,71) y 2,29% (IC95%: 0,86; 3,73) para las enfermedades respiratorias en todas las edades, las enfermedades respiratorias en niños menores de 5 años y la enfermedad cardiovascular en adultos mayo-

res de 39 años, respectivamente. El SO_2 se relacionó con las enfermedades cardiovasculares en adultos mayores de 39 años en el 3,51% (IC95%: 1,24; 5,83) y O_3 con enfermedades cardiovasculares en adultos mayores de 39 años: 2,85% (IC95%: 0,77; 4,98) y enfermedades respiratorias en niños menores de 5 años: 3,91% (IC95%: 1,37; 6,51). Los efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud en Cubatão son elevados, lo que indica la necesidad de revisión en las políticas públicas de control.

Contaminación del Aire; Enfermedades Respiratorias; Enfermedades Cardiovasculares; Estudios de Series Temporales

Colaboradores

A. C. Nardocci participou da análise e interpretação dos dados e elaboração e revisão crítica do artigo. C. U. Freitas contribuiu na aplicação do método e interpretação dos resultados, na elaboração e revisão crítica do artigo. A. C. M. Ponce de Leon colaborou no desenvolvimento e aplicação do método, elaboração e revisão crítica do artigo. W. L. Junger contribuiu no desenvolvimento do método, elaboração e revisão crítica do artigo. N. C. Gouveia participou da elaboração e revisão crítica do artigo.

Agradecimentos

A Adriano Ferrari pela construção de portal de informações de internações e poluentes. A. C. M. Ponce de Leon agradece o suporte do CNPq (processo nº 306620/2010-3). Ao Ministério da Saúde pelo financiamento.

Referências

1. Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental de São Paulo. Relatório da qualidade do ar: 2008. <http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/qualidade-do-ar/31-publicacoes-e-relatorios> (acessado em 28/Set/2012).
2. Hofmeister VA, Fischer FM. Spirometric changes in normal children living in different areas with air pollution, Cubatão (Brazil). In: Okada A, Manninen O, editors. Recent advances in researches on the combined effects of environmental factors. Kanazawa: Kyoei Co.; 1987. p. 525-44.
3. Rocha LE, Freitas CU, Ferreira JNN, Faria CG, Kumagai FU. Dados comparativos de morbidade hospitalar do município de Cubatão e do Estado de São Paulo (Brasil). *Rev Saúde Pública* 1988; 22:118-31.
4. Spektor DM, Hofmeister VA, Artaxo P, Brague JA, Echelar F, Nogueira DP, et al. Effects of heavy industrial pollution on respiratory functions in the children of Cubatão, Brazil: a preliminary report. *Environ Health Perspect* 1991; 94:51-4.
5. Jasinski R, Pereira LA, Braga ALF. Poluição atmosférica e internações hospitalares por doenças respiratórias e crianças e adolescentes em Cubatão, São Paulo, Brasil, entre 1997-2004. *Cad Saúde Pública* 2011; 27:2242-52.
6. Gouveia N, Mendonça G, Leon A, Correia J, Junger W, Freitas C, et al. Poluição do ar e efeitos na saúde nas populações de duas grandes metrópoles brasileiras. *Epidemiol Serv Saúde* 2003; 12:29-40.
7. Freitas C, Bremner AS, Gouveia N, Pereira LA, Saldiva PH. Internações e óbitos e sua relação com a poluição atmosférica em São Paulo, 1993-1997. *Rev Saúde Pública* 2004; 38:751-7.
8. Farhat S, Paulo R, Shimoda T, Conceição G, Braga A, Warth M, et al. Effect of air pollution on pediatric respiratory emergency room visits and hospital admissions. *Braz J Med Biol Res* 2005; 38:227-35.
9. Cendon S, Pereira LAA, Braga ALF, Conceição GMS, Cury Junior A, Romaldini H, et al. Air pollution effects on myocardial infarction. *Rev Saúde Pública* 2006; 40:414-9.

10. Junger WL. Análise, imputação de dados e interfaces computacionais em estudos de séries temporais epidemiológicas [Tese de Doutorado]. Rio de Janeiro: Universidade Estadual do Rio de Janeiro; 2008.
11. Zanobetti A, Schwartz J, Samoli E, Gryparis A, Touloumi G, Atkinson R, et al. The temporal pattern of mortality responses to air pollution: a multicity assessment of mortality displacement. *Epidemiology* 2002; 13:87-93.
12. Arbex MA, Santos UP, Martins LC, Saldiva PHN, Pereira LAA, Braga ALF. A poluição do ar e o sistema respiratório. *J Bras Pneumol* 2012; 38:643-55.
13. Host S, Larrieu S, Pascal L, Blanchard M, Declercq C, Fabre P, et al. Short-term associations between fine and coarse particles and hospital admissions for cardiorespiratory diseases in six French cities. *Occup Environ Med* 2008; 65:544-51.
14. Malig BJ, Ostro BD. Coarse particles and mortality: evidence from a multi-city study in California. *Occup Environ Med* 2009; 66:832-9.
15. Oliveira RS, Barros Neto TL, Braga ALF, Raso V, Pereira LA, Morette SR, et al. Impact of acute exposure to air pollution on the cardiorespiratory performance of military firemen. *Braz J Med Biol Res* 2006; 39:1643-9.

Recebido em 11/Out/2012

Versão final reapresentada em 15/Fev/2013

Aprovado em 18/Abr/2013