

Ana Cristina Gobbo Cesar<sup>I,II</sup>

Luiz Fernando C Nascimento<sup>III,IV</sup>

João Andrade de Carvalho Jr<sup>V</sup>

# Associação entre exposição ao material particulado e internações por doenças respiratórias em crianças

## Association between exposure to particulate matter and hospital admissions for respiratory diseases in children

---

### RESUMO

O objetivo desse estudo foi estimar a associação entre exposição a material particulado com menos de 2,5 micra de diâmetro aerodinâmico e internações por doenças respiratórias em crianças. Foi realizado estudo ecológico de séries temporais com indicadores diários de internação por doenças respiratórias, em crianças de zero a dez anos de idade, residentes em Piracicaba, SP, entre 1º de agosto de 2011 e 31 de julho de 2012. Utilizou-se modelo aditivo generalizado da regressão de Poisson. Os riscos relativos foram  $RR = 1,008$ ;  $IC95\% 1,001; 1,016$  para o *lag* 1 e  $RR = 1,009$ ;  $IC95\% 1,001; 1,017$  para o *lag* 3. O incremento de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de material particulado com menos de 2,5 micra de diâmetro implicou aumento no risco relativo entre 7,9 e 8,6 pontos percentuais. Concluiu-se que a exposição ao material particulado com menos de 2,5 micra de diâmetro aerodinâmico esteve associada às internações por doenças respiratórias em crianças.

**DESCRITORES:** Pneumonia. Asma. Doenças Respiratórias. Poluentes do Ar. Poluição do Ar. Material Particulado. Saúde da Criança. Estudos de Séries Temporais.

<sup>I</sup> Instituto Básico de Biociências. Universidade de Taubaté. Taubaté, SP, Brasil

<sup>II</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - Campus Bragança Paulista. Bragança Paulista, SP, Brasil

<sup>III</sup> Departamento de Medicina. Universidade de Taubaté. Taubaté, SP, Brasil

<sup>IV</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Universidade de Taubaté. Taubaté, SP, Brasil

<sup>V</sup> Departamento de Energia. Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá. Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho". Guaratinguetá, SP, Brasil

### Correspondência | Correspondence:

Luiz Fernando C. Nascimento  
Av. Tiradentes, 500  
12030-180 Taubaté, SP, Brasil  
E-mail: luiz.nascimento@unitau.com.br

Recebido: 28/1/2013  
Aprovado: 19/8/2013

Artigo disponível em português e inglês em:  
[www.scielo.br/rsp](http://www.scielo.br/rsp)

## ABSTRACT

The aim of this study was to estimate the association between exposure to particulate matter less than 2.5 microns in diameter and hospitalization for respiratory diseases. It was an ecological time series study with daily indicators of hospitalization for respiratory diseases in children up to 10 years, living in Piracicaba, SP, Southeastern Brazil, between August 1, 2011 and July 31, 2012. We used generalized additive model for the Poisson regression. The relative risks were RR = 1.008; 95%CI 1.001;1.016 for lag 1 and RR = 1.009; 95%CI 1.001;1.017 for lag 3. The increment of 10 µg/m<sup>3</sup> in particulate matter less than 2.5 microns in diameter implies increase in relative risk between 7.9 and 8.6 percentage points. In conclusion, exposure to particulate matter less than 2.5 microns in diameter was associated with hospitalization for respiratory diseases in children.

**DESCRIPTORS:** Pneumonia. Asthma. Respiratory Tract Diseases. Air Pollutants. Air Pollution. Particulate Matter. Child Health. Time Series Studies.

## INTRODUÇÃO

As doenças respiratórias podem estar associadas a fatores como poluentes do ar, tanto os gerados por fontes móveis como por queima de biomassa.<sup>3,5,7</sup>

Dados do Ministério da Saúde relatam mais de 70 mil internações em 2011 referentes a crianças com até dez anos de idade, o que gerou despesa de mais de R\$ 60 milhões.<sup>a</sup>

Entre os poluentes do ar implicados com as internações por doenças respiratórias em crianças, destaca-se o material particulado com menos de 10 micra de diâmetro aerodinâmico,<sup>7</sup> sobretudo a fração com menos de 2,5 micra de diâmetro aerodinâmico.<sup>3,5</sup>

O Brasil desempenha papel importante na emissão de poluentes decorrentes da queima de biomassa. Os dados preliminares da safra brasileira, de 2012 a 2013, de cana de açúcar preveem a moagem de aproximadamente 600 mil toneladas, com 56,0% no estado de São Paulo.<sup>b</sup> As plantações de cana de açúcar cobrem cerca de 80,0% do solo em Piracicaba, SP, gerando grande quantidade de material particulado pela queima de canaviais.<sup>3</sup>

O município de Piracicaba é um dos principais produtores de açúcar e álcool do mundo e responsável pela

emissão de gases e partículas na atmosfera decorrentes da queima da palha da cana.

O objetivo deste trabalho foi estimar a associação entre exposição ao PM<sub>2.5</sub> e internações por doenças respiratórias em crianças.

## MÉTODOS

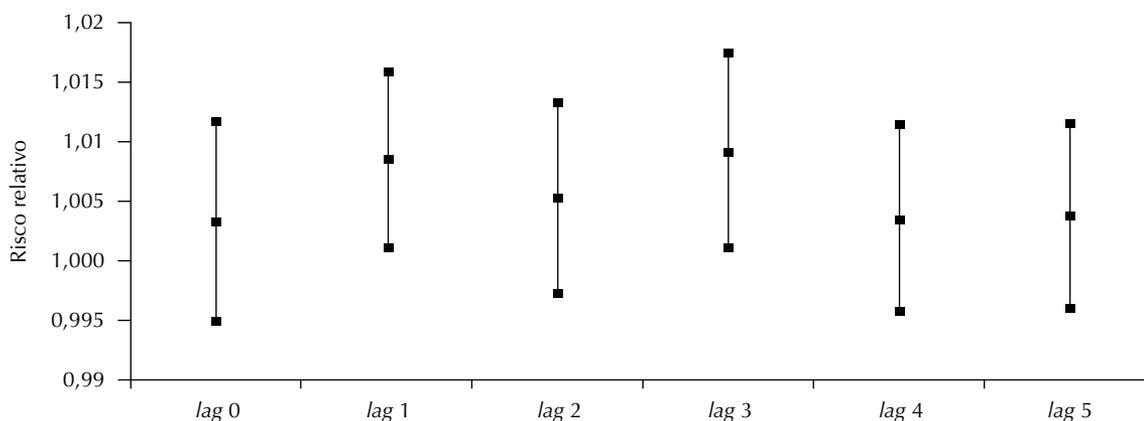
Estudo ecológico de séries temporais com indicadores diários de internação por doenças respiratórias (CID 10: J12.0 a J18.9, J45.0, J45.1, J45.8, J45.9 e J46), em crianças de zero a dez anos de idade e residentes em Piracicaba, de 1º de agosto de 2011 a 31 de julho de 2012. Esses dados foram obtidos do Datasus.<sup>1</sup> Foram selecionados os níveis diários estimados de monóxido de carbono (CO em ppb), ozônio (O<sub>3</sub> em µg/m<sup>3</sup>), óxidos de nitrogênio (NOx em µg/m<sup>3</sup>) e material particulado (PM<sub>2.5</sub> em µg/m<sup>3</sup>) obtidos pelo sistema CATT-BRAMS.<sup>4,6</sup> Os dados de temperatura e umidade foram obtidos do portal da ESALQ-USP<sup>c</sup> e foi calculada a temperatura aparente, que é função da temperatura e umidade.<sup>2</sup>

Piracicaba situa-se a 22°43' de latitude sul e 47°39' de longitude oeste, a altitude de 547 metros. Dista 164 km

<sup>a</sup> Ministério da Saúde. DATASUS. Departamento de Informática do SUS. Morbidade Hospitalar do SUS - por local de residência - SP. Brasília (DF); 2013 [citado 2013 jan 21]. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sih/cnv/nrsp.def>

<sup>b</sup> União da Indústria de Cana de Açúcar. Histórico de Produção e Moagem - Safra 2012/2013. São Paulo; 2013 [citado 2013 jun 23]. Disponível em: <http://www.unicadata.com.br/historico-de-producao-e-moagem.php?idMn=32&tipoHistorico=4&acao=visualizar&idTabela=1424&safr=2012%2F2013&estado=RS%2CSC%2CPR%2CSP%2CRJ%2CMG%2CES%2CMS%2CMT%2CGO%2CDF%2CBA%2CSE%2CAL%2CPE%2CPB%2CRN%2CCE%2CPI%2CMA%2CTO%2CPA%2CAP%2CRO%2CAM%2CAC%2CRR>

<sup>c</sup> Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Departamento de Engenharia de Biosistemas. Piracicaba; 2013 [citado 2013 jan 18]. Disponível em: <http://www.leb.esalq.usp.br/posto.html>



**Figura.** Riscos relativos para doenças respiratórias em crianças com até 10 anos e respectivos intervalos de confiança de 95% para o poluente PM<sub>2,5</sub> em cada estrutura de defasagem. Piracicaba, SP, 1º de agosto de 2011 a 31 de julho de 2012.

da capital e 75 km de Campinas. Seu território abrange cerca de 1.400 km<sup>2</sup> e abriga pouco mais de 350 mil habitantes. Apresenta frota veicular estimada em cerca 199 mil automóveis e motocicletas, e 12 mil ônibus e caminhões em 2012 (IBGE).<sup>d</sup>

Usou-se o teste de correlação de Pearson para avaliar as possíveis correlações entre as internações e os níveis estimados de PM<sub>2,5</sub>.

Os efeitos da exposição aos poluentes ambientais podem acarretar na internação no mesmo dia ou em dias posteriores. Assim, foram investigados os efeitos no aparelho respiratório no dia da internação (*lag* 0) e nos cinco dias subsequentes (*lag* 1 a *lag* 5). Usou-se o modelo aditivo generalizado de regressão de Poisson, pois o desfecho é uma variável quantitativa discreta. Os resultados do risco de internação referem-se à exposição ao PM<sub>2,5</sub> ajustado pelos outros poluentes e pela temperatura aparente. Utilizou-se o programa Statistica v7 para as análises.

Os efeitos estimados foram os riscos relativos (RR), correspondentes ao incremento de 10 µg/m<sup>3</sup> nos níveis de PM<sub>2,5</sub>. Os RR foram convertidos para aumentos percentuais. O nível de significância de 5% foi adotado nas análises.

## RESULTADOS

Ocorreram 437 internações por doenças respiratórias em indivíduos de zero a dez anos. A média diária de internações foi 1,2 (dp = 1,3), mínimo de 0,0 e máximo de 8,0. A concentração média diária de PM<sub>2,5</sub> foi 28,6 µg/m<sup>3</sup> (dp = 16,7) e não ultrapassou os limites estabelecidos pela CETESB.<sup>e</sup> Os valores mínimo e máximo foram, respectivamente, 1,0 e 113,0 µg/m<sup>3</sup>. Os níveis diários

excederam o estabelecido em alguns dias, atingindo o padrão regular na qualidade do ar. A diferença interquartil do PM<sub>2,5</sub> foi 17,2 µg/m<sup>3</sup> e a média diária da temperatura aparente foi 19,8°C (dp = 3,2). As internações apresentaram correlação positiva com o PM<sub>2,5</sub> (r = 0,12; p < 0,05). A temperatura aparente mostrou correlação negativa com o PM<sub>2,5</sub> (r = -0,08; p > 0,05) e com as internações (r = -0,20; p < 0,01).

Os coeficientes de regressão e os respectivos erros-padrão para o PM<sub>2,5</sub> em cada estrutura de defasagem apresentaram valores de *p* significativos para os *lags* 1 e 3, após ajuste pelos demais poluentes e temperatura aparente, e controlados por dia da semana e sazonalidade.

Os riscos relativos e seus respectivos intervalos de confiança de 95% mostraram associação positiva entre as internações e o PM<sub>2,5</sub> (RR = 1,008; IC95% 1,001;1,016 para o *lag* 1 e RR = 1,009; IC95% 1,001;1,017 para o *lag* 3). O aumento de 10 µg/m<sup>3</sup> de PM<sub>2,5</sub> implicou aumento no risco relativo entre 7,9 (*lag* 1) e 8,6 (*lag* 3) pontos percentuais (Figura).

## DISCUSSÃO

O sistema CATT-BRAMS,<sup>4,6</sup> utilizado neste estudo, considera a dinâmica atmosférica. Trata-se de modelo matemático, que abrange a América do Sul e que leva em conta a emissão e o transporte de diferentes gases e partículas de aerossóis, obtidos por satélites que monitoram as queimadas, gerando estimativas diárias para diferentes poluentes. Uma das vantagens da utilização desse modelo é sua aplicação em cidades, onde não há estações monitoradoras de poluentes. O uso dos dados estimados por esse sistema, validados por Ignotti et al,<sup>5</sup> permite baratear os

<sup>d</sup> Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades: São Paulo – Piracicaba. Brasília (DF); 2013 [citado 2013 jan 18]. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php?codmun=353870&search=S%C3%A3o%20Paulo|Piracicaba>

<sup>e</sup> Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Padrões de qualidade do ar. São Paulo; 2013 [citado 2013 jan 18]. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/Informa?es-B?sicas/22- Padr?es-e-?ndices>

custos de pesquisa e agilizar o processo de análise dos efeitos da poluição atmosférica na saúde.

As internações por doenças respiratórias em crianças até dez anos associaram-se positiva e significativamente com o PM<sub>2,5</sub> após um e três dias da exposição.

Estudos epidemiológicos mostram que a exposição a poluentes gasosos e material particulado está associada a maior incidência de sintomas das vias aéreas inferiores, como tosse, dispneia e sibilância, especialmente em crianças.<sup>1</sup>

No município de Piracicaba, SP, além dos poluentes liberados pela queima de combustíveis fósseis, de abril a novembro acontece queima da palha da cana de açúcar, responsável pela liberação de material particulado e gases no ambiente. Segundo Cançado et al,<sup>3</sup> pioneiros nos estudos realizados na cidade, a queima dos canaviais na pré-colheita aumenta a poluição atmosférica na região. Ignotti et al,<sup>5</sup> avaliando a poluição atmosférica decorrente da queima de biomassa na região da Amazônia brasileira, mostraram associação positiva da exposição ao PM<sub>2,5</sub> com a ocorrência de doenças respiratórias, especialmente nos grupos etários mais vulneráveis (idosos e crianças < 5 anos).

Não foi avaliada a aplicação da lei paulista nº 11.241/02,<sup>f</sup> que dispõe sobre a eliminação gradual da queima da palha da cana de açúcar nem suas possíveis implicações sociais.

Este estudo observou correlação negativa entre internações e temperatura aparente, que considera a experiência fisiológica da exposição combinada da umidade e temperatura. Isso permitiu avaliar a resposta dessas variáveis sobre a saúde do indivíduo com maior eficiência.<sup>2</sup>

A frota veicular pode contribuir com a liberação de poluentes. Estes, junto com os poluentes liberados pela queima da palha da cana, contribuem para o aumento das internações no inverno, quando há menor umidade e temperatura. Isso prejudica a dispersão da poluição atmosférica.

O fato de as medidas do CATT-BRAMS serem estimadas numa altitude de 40 m e não em regiões mais próximas do solo, em que as concentrações podem ser diferentes, pode representar uma limitação deste estudo.

Em conclusão, a exposição ao material particulado com menos de 2,5 micra de diâmetro aerodinâmico (PM<sub>2,5</sub>) esteve associada às internações por doenças respiratórias em crianças.

## REFERÊNCIAS

1. Arbex MA, Santos UP, Martins LC, Paulo Saldiva HN, Pereira LAA, Braga ALF. A poluição do ar e o sistema respiratório. *J Bras Pneumol*. 2012;38(5):643-55. DOI:10.1590/S1806-37132012000500015
2. Barnett AG, Tong S, Clements ACA. What measure of temperature is the best predictor of mortality? *Environ Res*. 2010;110(6):604-11. DOI:10.1016/j.envres.2010.05.006
3. Cançado JED, Saldiva PHN, Pereira LAA, Lara LBLS, Artaxo P, Martinelli LA, et al. The Impact of Sugar Cane-Burning Emissions on the Respiratory System of Children and the Elderly. *Environ Health Perspect*. 2006;114(5):725-9. DOI:10.1289/ehp.8485
4. Freitas SR, Longo KM, Dias MAFS, Chatfield R, Dias PLS, Artaxo P, et al. The Coupled Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System (CATTBRAMS). Part 1: Model description and evaluation. *Atmos Chem Phys Discuss*. 2007;(7):8525-69. DOI:10.5194/acpd-7-8525-2007
5. Ignotti E, Valente JG, Longo KM, Freitas SR, Hacon SDS, Netto PA. Impact on human health of particulate matter emitted from burning in the Brazilian Amazon region. *Rev Saude Publica*. 2010;44(1):121-30. DOI:10.1590/S0034-89102010000100013
6. Longo KM, Freitas SR, Setzer A, Prins E, Artaxo P, Andreae MO. The Coupled Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System (CATTBRAMS). Part 2: Model sensitivity to the biomass burning inventories. *Atmos Chem Phys Discuss*. 2007;(7):8571-96. DOI:10.5194/acpd-7-8571-2007
7. 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 Saude Publica*. 2006;40(1):77-82. DOI:10.1590/S0034-89102006000100013

Trabalho subvencionado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp – Processo nº 2011/18629-7). Os autores declaram não haver conflito de interesses.

<sup>f</sup> São Paulo. Lei nº 11.241, de 19 de setembro de 2002. Dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar e dá providências correlatas. Diário Oficial Estado São Paulo. 22 set 2002 [citado 2013 jan 18]. Disponível em: [www.cqgp.sp.gov.br/gt\\_licitacoes/legislacao/lei\\_11241\\_02.htm](http://www.cqgp.sp.gov.br/gt_licitacoes/legislacao/lei_11241_02.htm)