

# Poluição do ar e internação por insuficiência cardíaca congestiva em idosos no município de Santo André

Air pollution and congestive heart failure hospital admissions on elderly in Santo André

Carolina Pinto Rodrigues Evo<sup>1</sup>, Bruno Knobel Ulrych<sup>1</sup>, Bruno Takegawa<sup>1</sup>, Guilherme Soares<sup>1</sup>, Gustavo Nogueira<sup>1</sup>, Leonardo Ogawa de Oliveira<sup>1</sup>, Morgan Golfetti<sup>1</sup>, Pedro Henrique Milazzotto<sup>1</sup>, Lourdes Conceição Martins<sup>1</sup>

## Resumo

**Introdução:** A poluição atmosférica nos centros urbanos tem sido identificada como um grave problema de saúde pública, de modo mais concreto, desde o começo do século 20. **Objetivo:** Avaliar a relação entre a poluição do ar e as internações de idosos por insuficiência cardíaca congestiva (ICC), no Município de Santo André. **Casuística e métodos:** Estudo ecológico de séries temporais. Informações sobre internação de idosos (mais de 60 anos) por ICC (Código Internacional de Doenças 10<sup>a</sup> revisão: I50) para o município de Santo André foram obtidas junto ao DATASUS. Informações sobre nível diário de PM<sub>10</sub>, temperatura mínima e umidade média foram obtidas junto à CETESB. Foi realizada a análise descritiva, a correlação de Pearson e o modelo linear generalizado de regressão de Poisson para estimar os efeitos dos poluentes no desfecho no dia da exposição e até 20 dias após, controlando-se para sazonalidades de longa e curta duração, feriados e fatores meteorológicos. **Resultados:** A média de internação de idosos por ICC durante o período de estudo foi de 0,71 (dp = 0,91), variando entre zero a seis casos por dia. Para um aumento de 24,6 µg/m<sup>3</sup> de PM<sub>10</sub>, observou-se um aumento de 3,8% (IC95% = 0,4-7,2) nas internações por ICC no mesmo dia da exposição. **Conclusão:** O estudo mostrou um efeito agudo dos níveis de PM<sub>10</sub> sobre as internações de idosos por ICC no município de Santo André.

**Palavras-chave:** Poluição do ar; insuficiência cardíaca congestiva; idoso.

## Abstract

**Background:** Air pollution in urban centers has been identified as a serious public health issue, more specifically, from the early 20<sup>th</sup> century. **Objective:** To evaluate the relationship between air pollution and hospital admissions of elderly patients for congestive heart failure (CHF) in the Municipality of Santo André. **Methods:** An ecological time series. Information on admission of elderly CHF for the municipality of Santo André was obtained from DATASUS. Information on daily level of PM<sub>10</sub>, mean minimum temperature and humidity were obtained from CETESB. We performed a descriptive analysis, Pearson correlation, and the generalized linear Poisson regression model to estimate the effects of pollutants on the outcome from the day of the exposition and 20 days after, controlling for seasonality, weather variables and short-term trend. **Results:** The average of CHF admissions during the period of study was 0.71 (sd = 0.91), ranging from zero to six cases per day. An increase of 24.6 mg/m<sup>3</sup> in PM<sub>10</sub> was associated with an increase of 3.8% (CI95% = 0,4-7,2) in hospitalizations for CHF in the same day of exposure. **Conclusion:** The study showed an acute effect of PM<sub>10</sub> on hospital admissions of elderly patients for CHF in the municipality of Santo André.

**Keywords:** Air pollution; heart failure; aged.

**Recebido:** 18/5/2010

**Revisado:** 17/10/2010

**Aprovado:** 14/12/2010

Trabalho realizado na Faculdade de Medicina do ABC (FMABC), Santo André (SP), Brasil.

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva - UNISANTOS, Santos (SP), Brasil.

Endereço para correspondência: Carolina Pinto Rodrigues Evo – Rua Antúrios, 112 – CEP 03415-000 – Vila Formosa – São Paulo (SP) – E-mail: carolina\_evo@hotmail.com

## Introdução

A poluição atmosférica nos centros urbanos tem sido identificada como um grave problema de saúde pública, de modo mais concreto, desde o começo do século 20<sup>1</sup>.

Nos últimos anos, observa-se uma preocupação mundial de realizar a medição dos poluentes do ar nas grandes cidades de modo a verificar a relação entre a concentração dos poluentes com o desenvolvimento de patologias, especialmente as do trato respiratório e as do sistema cardiovascular. Entre os principais poluentes estão SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO e PM<sub>10</sub>, este representa as partículas com diâmetro aerodinâmico menor ou igual a 10 micrômetros<sup>2</sup>.

Estudos realizados nos EUA têm demonstrado associações entre as variações diárias na poluição do ar e os problemas cardiovasculares, baseando-se nas admissões hospitalares. Essas alterações ocorrem, principalmente, no controle do sistema nervoso cardíaco, podendo levar a arritmias; também, a viscosidade do sangue e os níveis de colesterol se elevam em altas temperaturas, enquanto a pressão arterial e o fibrinogênio aumentam em baixas temperaturas<sup>3</sup>.

Comparado com as doenças respiratórias e os efeitos cardiovasculares devido ao PM<sub>10</sub>, foram encontradas respostas adversas agudas observadas no mesmo dia ou, no máximo, no dia seguinte. Recentemente, investigando os efeitos do PM<sub>10</sub> nas mortes cardiovasculares em cidades europeias, foi utilizado um modelo de lag distribuído, desde o dia 0 para o dia 40, que mostrou cinco vezes mais efeito do que o estimado para o dia e para o dia após a exposição. Isso é altamente relevante para as estimativas da poluição do ar, atribuindo efeitos adversos na saúde<sup>4</sup>.

Em estudos realizados no Brasil também é possível observar a relação entre a poluição do ar e as doenças cardiovasculares. Em Itabira, Minas Gerais, verificou-se que, a cada acréscimo de 10 ug/m<sup>3</sup> de PM<sub>10</sub>, havia um incremento de 4,5% nas internações por essa classe de doenças, na faixa etária de 45 a 64 anos. No estudo de São Paulo, o mesmo aumento no PM<sub>10</sub> esteve relacionado a um aumento entre 1 e 1,5% nas internações por doenças cardiovasculares em idosos<sup>5,6</sup>.

Numerosos estudos epidemiológicos, principalmente da América do Norte e Europa, compilaram dados indicando os efeitos nocivos dos poluentes atmosféricos. Destes poluentes, a exposição aguda a uma elevada concentração de material particulado (PM) tem sido associada aos problemas cardiovasculares. A inalação de PM pode causar diversas respostas biológicas, tais como alterações na atividade do sistema nervoso simpático, inflamação sistêmica, aumento de fibrinogênio e vasoconstrição arterial, que, posteriormente, pode levar à síndrome coronariana aguda, insuficiência cardíaca, arritmia e outras doenças cardíacas. É possível que a magnitude dos efeitos e a evolução no tempo diferem de acordo com cada doença cardíaca específica<sup>7,8</sup>.

Muitos estudos têm demonstrado uma relação adversa entre a exposição ao PM fino ambiente (PM<sub>2,5</sub>) e saúde cardiovascular<sup>9,10</sup>. Esta relação varia conforme as diferenças geográficas, predominando

nos grandes centros. Essas diferenças podem estar relacionadas aos distintos perfis demográficos de composição e estado de saúde das populações<sup>11,12</sup>. Em estudo realizado por Zanobetti *et al.*, com 26 cidades norte-americanas, observou-se que, para cada 10 µg/m<sup>3</sup> de aumento no nível de PM<sub>2,5</sub>, o risco de internação por insuficiência cardíaca congestiva (ICC) foi de 2,74% (IC 95% = 1,30-4,2)<sup>13</sup>.

Em São Paulo, estudos em ratos mostram que a exposição crônica à poluição atmosférica causa um processo inflamatório em vias aéreas superiores. Além disso, há trabalhos que comprovam uma correlação entre o aumento da entrada de casos de problemas cardiorrespiratórios em hospitais com o aumento da poluição do ar em diferentes grupos etários<sup>6,14</sup>.

O objetivo deste estudo foi avaliar a relação entre a poluição do ar e as internações de idosos por ICC no Município de Santo André.

## Casuística e métodos

Este é um estudo ecológico de séries temporais<sup>15</sup>. No presente estudo, foram incluídos os pacientes internados no Município de Santo André em hospitais conveniados ao Sistema Único de Saúde (SUS), entre 1 de janeiro de 2000 a 31 de dezembro de 2007, por ICC (CID10: I50).

Foram obtidos dados horários sobre os níveis de PM<sub>10</sub> junto à Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Para o cálculo do nível diário de PM<sub>10</sub>, utilizou-se a média de 24 horas. Informações sobre temperatura mínima e umidade média foram obtidas junto à CETESB.

Foram feitas as análises descritivas de todas as variáveis do estudo, por meio de seus valores de tendência central e de dispersão. Com o objetivo de se verificar se havia uma associação linear entre os poluentes do ar e entre estes e as variáveis meteorológicas, a análise de correlação foi realizada pelo coeficiente de correlação de Pearson.

Em modelos lineares generalizados de regressão de Poisson, as internações por ICC foram consideradas a variável dependente e os níveis diários de PM<sub>10</sub>, a independente. Como variáveis de controle foram incluídas a temperatura mínima, umidade média, dias da semana, feriados e o número de dias transcorridos.

Foi utilizado o alisador *natural cubic spline* para ajustar a dependência específica de cada variável resposta na sazonalidade de longa duração. O número de pontos de inflexão ou os graus de liberdade do alisador foram escolhidos para minimizar a soma da autocorrelação dos resíduos e o critério de informação de Akaike<sup>16</sup>.

Para as estimativas de estrutura de defasagem e efeito, foi utilizado um modelo de distribuição polinomial para o PM<sub>10</sub>. O uso desse método está baseado no fato das exposições ambientais poderem causar efeitos deletérios no dia da exposição, no dia seguinte ou em até vários dias após a exposição. Portanto, as internações que ocorrem em um determinado dia podem ser resultado da exposição que ocorreu no mesmo dia mais as exposições que ocorreram em cada um dos dias precedentes. No presente estudo, foram estimados os efeitos das

exposições ao  $PM_{10}$  em uma estrutura de defasagem de 21 dias (dia da exposição e até 20 dias após a exposição), utilizando-se polinômios de sexto grau que permitem estimativas flexíveis e mais estáveis do que os modelos sem restrição<sup>17,18</sup>.

Os resultados foram apresentados como o acréscimo no número de internações hospitalares por ICC e seus respectivos intervalos de confiança de 95%, para cada dia do período de defasagem analisado, devido a aumentos de um interquartil na concentração do  $PM_{10}$  (24,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). A variação interquartil pode ser definida como a diferença entre o terceiro e o primeiro quartil dos valores de uma determinada variável. Adotou-se o nível de significância  $p = 5\%$  em todas as análises.

## Resultados

Durante o período do estudo, foram 2.919 dias de observações. A média diária de internações por ICC para o período de estudo foi de 0,71 ( $dp = 0,91$ ), variando de zero a seis casos por dia.

A Tabela 1 apresenta a análise descritiva para  $PM_{10}$ , temperatura mínima e umidade média. Durante o período de estudo, o  $PM_{10}$  ultrapassou seu padrão de qualidade do ar médio anual (50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), mas nunca ultrapassou o seu limite diário de qualidade do ar (150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Quanto à temperatura, não foram observadas temperaturas mínimas muito baixas, apenas um dia foi obtida mínima de 2,05°C, a umidade média ficou em torno de 81%, porém com alguns dias chegando a 36%.

A If apresenta a análise de correlação de Pearson. Observa-se uma correlação inversamente proporcional entre  $PM_{10}$  e as variáveis meteorológicas. Há uma relação diretamente proporcional entre as internações por ICC e  $PM_{10}$  e inversamente proporcional com as variáveis meteorológicas ( $p < 0,05$ ). Observa-se também uma correlação diretamente proporcional entre temperatura e umidade.

Na Figura 1, observam-se as estimativas de efeito e estrutura de defasagem do  $PM_{10}$  nas internações de idosos por ICC. Nota-se um efeito agudo e estatisticamente significativo no dia da exposição, não se observando efeitos positivos para os demais dias do período. Para o aumento de um interquartil (24,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de  $PM_{10}$ , observou-se um aumento nas internações de idosos por ICC em 3,8% ( $IC_{95\%} = 0,4-7,2$ ).

## Discussão

O presente estudo mostrou que há um efeito agudo e estatisticamente significativo entre os níveis de  $PM_{10}$  e as internações de idosos por ICC no município de Santo André.

Foi utilizado um estudo de séries temporais, utilizando-se dados do DATASUS, que apresentam algumas limitações, pois as internações têm por finalidade uma cobrança financeira e, dependendo da doença e do período, podem sofrer distorções na base de dados. Para tentar minimizar esse limite, utilizamos um banco de dados de sete anos. O estudo de séries temporais é muito utilizado quando se pretende verificar a relação entre poluição do ar e morbidade e/ou mortalidade.

Os conhecimentos atuais sugerem que os poluentes exercem efeitos diretos no sistema cardiovascular, no sangue e em receptores pulmonares e indiretos via estresse oxidativo e resposta inflamatória<sup>19</sup>.

Foram incluídas, nos modelos, as variáveis de confusão mais frequentemente utilizadas nos estudos ecológicos de séries temporais que analisam os efeitos de variáveis ambientais na saúde, realizados anteriormente na cidade de São Paulo. O uso dos modelos de defasagem com distribuição polinomial atendeu à necessidade de explorar de modo mais preciso as potenciais diferenças na defasagem entre as exposições a fatores ambientais e os desfechos considerados.

Estudos realizados no Brasil<sup>6,14</sup> e no exterior observaram efeitos positivos entre níveis de  $PM_{10}$  e as internações de idosos por doenças cardiovasculares e, especialmente, por ICC<sup>18-20</sup>. Porém, esses efeitos diferem de local para local<sup>13</sup>.

Em São Paulo, um aumento de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  nos níveis de  $PM_{10}$  esteve associado a um incremento nas hospitalizações em idosos por doenças do aparelho circulatório de 1,0 e 1,5% para doenças isquêmicas do coração<sup>16</sup>. Já este estudo demonstrou um efeito de quase 4% no aumento das internações por ICC, devido ao aumento de um interquartil no nível de  $PM_{10}$ .

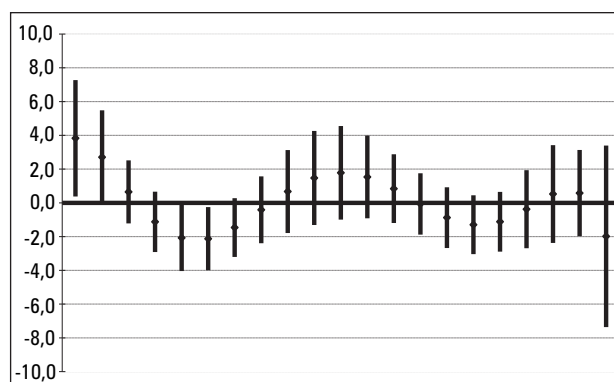
**Tabela 1** - Análise descritiva para  $PM_{10}$ , temperatura mínima e umidade média no Município de Santo André, de 2000 a 2007

	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão
$PM_{10}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	4,89	141,02	36,62	20,92
Temperatura mínima (°C)	2,05	24,52	15,81	3,49
Umidade média (%)	36,33	98,24	81,12	10,19

**Tabela 2** - Análise de correlação de Pearson entre os poluentes, variáveis climáticas e ICC no Município de Santo André, 2000 a 2007

	$PM_{10}$	Temperatura	Umidade	ICC
$PM_{10}$	1			
Temperatura	-0,12*	1		
Umidade	-0,62*	0,04*	1	
ICC	0,08*	-0,05*	-0,05*	1

ICC: insuficiência cardíaca congestiva; \* $p < 0,05$ .



**Figura 1** - Estrutura de defasagem das estimativas diárias de aumento percentual e respectivo intervalo de confiança de 95%, nas internações por ICC, devido ao aumento de um interquartil na concentração de  $PM_{10}$  (24,06  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Como em outros estudos, o efeito da poluição do ar nas internações por ICC foi agudo, ou seja, ocorreu no dia da exposição<sup>4,6,13</sup>.

Apesar de não ser possível uma comparação da magnitude de efeitos entre os estudos pela falta de estudos realizados no Município de Santo

André, o presente estudo evidencia uma importante contribuição dos poluentes do ar nas admissões hospitalares de idosos por ICC, mostrando que, mesmo em níveis menores de concentração, a poluição do ar continua afetando os moradores do Município.

## Referências

- Committee of the Environmental and Occupational Health of the American Thoracic Society. Health effects of outdoor pollution. *Am J Respir Crit Care Med.* 1996;153:3-50.
- Sanhueza P, Vargas C, Mellado P. Impacto de la contaminación del aire por PM10 sobre la mortalidad diaria en Temuco. *Rev Med Chil.* 2006;134(6):754-61.
- Koken PJM, Piver WT, Ye F, Elixhauser A, Olsen LM, Portier CJ. Temperature, Air Pollution, and Hospitalization for Cardiovascular Diseases among Elderly People in Denver. *Environ Health Perspect.* 2003;111(10):1312-7.
- Zanobetti A, Schwartz J, Samoli E, Gryparis A, Touloumi G, Peacock J, et al. The temporal pattern of respiratory and heart disease mortality in response to air pollution. *Environ Health Perspect.* 2003;111:1188-93.
- Braga ALF, Pereira LAA, Procópio M, de André PA, Saldiva PHN. Associação entre poluição atmosférica e doenças respiratórias e cardiovasculares na cidade de Itabira, Minas Gerais, Brasil. *Cad Saúde Pública.* 2007;23(Sup 4):S570-8.
- Gouveia N, Freitas CU, Martins LC, Marcilio IO. Hospitalizações por causas respiratórias e cardiovasculares associadas à contaminação atmosférica no Município de São Paulo, Brasil. *Cad Saúde Pública.* 2006;22(12):2669-77.
- Brook RD, Franklin B, Cascio W, Hong Y, Howard G, Lipsett M, et al. Air pollution and cardiovascular disease: a statement for healthcare professionals from the Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association. *Circulation.* 2004;109:2655-71.
- Simkhovich BZ, Kleinman MT, Kloner RA. Air pollution and cardiovascular injury epidemiology, toxicology, and mechanisms. *J AM Coll Cardiol.* 2008;52:719-26.
- EPA. Air Quality Criteria for Particulate Matter. 2004;2(2).
- Pope AC, Dockery DW. Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect. *J Air Waste Manage Assoc.* 2006;56:709-42.
- Annesi-Maesano I, Agabiti N, Pistelli R, Couilliot MF, Forastiere F. Subpopulations at increased risk of adverse health outcomes from air pollution. *Eur Respir J.* 2003;21(Sup 40):57s-63s.
- Ostro B, Feng WY, Broadwin R, Malig BJ, Green RS, Lipsett MJ. The impact of components of fine particulate matter on cardiovascular mortality in susceptible populations. *Occup Environ Med.* 2008;65:750-6.
- Zanobetti A, Franklin M, Koutrakis P, Schwartz J. Fine particulate air pollution and its components in association with cause-specific emergency admissions. *Environmental Health.* 2009;8:58-64.
- Martins LC, Pereira LA, Lin CA, Santos UP, Prioli G, Luiz Odo C, et al. The effects of air pollution on cardiovascular diseases: lag structures. *Rev Saúde Pública.* 2006;40(4):677-83.
- Medronho RA. *Epidemiologia.* São Paulo: Atheneu; 2002. p.493.
- Akaike H. Theory and an extension of the maximum likelihood principle. In: Petrov BN, Csaki F, eds. *International Symposium on Information Theory.* Budapest, Hungary: Akademiai Kiado. 1973:267-81.
- Schwartz J. The distributed lag between air pollution and daily deaths. *Epidemiology.* 2000;11(3):320-6.
- Zanobetti A, Schwartz J, Samoli E, Gryparis A, Touloumi G, Peacock J, et al. The temporal pattern of respiratory and heart disease mortality in response to air pollution. *Environmental Health Perspectives.* 2003;111(9):1188-93.
- Wellenius GA, Bateson TF, Mittleman MA, Schwartz J. Particulate air pollution and the rate of hospitalization for congestive heart failure among medicare beneficiaries in Pittsburgh, Pennsylvania. *Am J Epidemiol.* 2005;161(11):1030-6.
- Symons JM, Wang L, Guallar E, Howell E, Dominici F, Schwab M, et al. A Case-Crossover Study of Fine Particulate Matter Air Pollution and Onset of Congestive Heart Failure Symptom Exacerbation Leading to Hospitalization. *Am J Epidemiol.* 2006;164:421-33.