

Associação entre poluição atmosférica e doenças respiratórias e cardiovasculares na cidade de Itabira, Minas Gerais, Brasil

Association between air pollution and respiratory and cardiovascular diseases in Itabira, Minas Gerais State, Brazil

Alfésio Luís Ferreira Braga^{1,2}
Luiz Alberto Amador Pereira¹
Marly Procópio³
Paulo Afonso de André¹
Paulo Hilário do Nascimento Saldiva¹

Abstract

The city of Itabira, Minas Gerais State, Brazil, is located in the Espinhaço Mountain Range, an area that features large-scale mechanized iron ore pit mines. The current study evaluates the acute effects of inhalable particulate matter (PM₁₀) in terms of emergency room visits due to respiratory and cardiovascular diseases in Itabira. Generalized additive Poisson regression models were adopted, controlling for temperature, humidity, and both short and long-term seasonality. Increases of 10µg/m³ in PM₁₀ were associated with increases in respiratory emergency room visits of 4% (95%CI: 2.2-5.8), at lags 0 and 1 for children and adolescents younger than 13 years of age, and of 12% (95%CI: 8.5-15.5) on the three subsequent days for adolescents (13 to 19 years of age). For cardiovascular diseases, the effect was acute (4%; 95%CI: 0.8-8.5) and mainly for the 45 to 64 age group. These results show that PM₁₀ generated by open pit mining can lead to health problems in the exposed population.

Particulate Matter; Air Pollution; Respiratory Tract Diseases; Cardiovascular Diseases

¹ Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

² Faculdade de Medicina, Universidade de Santo Amaro, São Paulo, Brasil.

³ Secretaria Municipal de Saúde de Itabira, Itabira, Brasil.

Correspondência

A. L. F. Braga
Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo.
Av. Dr. Arnaldo 455, 1º andar, São Paulo, SP
01246-903, Brasil.
abraga@unisa.br

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 XX¹. São duas as principais fontes de emissão associadas à contaminação do ar urbano: as indústrias, desde o início da revolução industrial até os dias atuais, e os veículos automotores, que vêm se transformando na principal fonte de emissão a partir da segunda metade do século XX².

Os estudos realizados, de forma sistemática, nas últimas três décadas, têm contribuído para a identificação de grupos suscetíveis, das características físico-químicas dos poluentes do ar e dos principais efeitos adversos atribuídos à sua exposição¹.

Os poluentes gasosos e o material particulado inalável gerados a partir da queima de combustíveis fósseis apresentam efeitos diretos sobre o sistema respiratório, em especial, de crianças e idosos. Esses efeitos têm sido medidos através de aumentos nos atendimentos de pronto-socorro^{3,4,5}, internações hospitalares^{6,7,8}, e mortalidade^{9,10,11,12,13,14}.

O impacto dos poluentes do ar nas doenças cardiovasculares apresenta algumas características peculiares. Atinge, predominantemente, adultos e idosos, e tem magnitude inferior ao observado para as doenças respiratórias e efeito mais agudo^{15,16,17,18,19}.

Além das emissões industriais e veiculares, características dos grandes aglomerados urbanos, em cidades menores existem outras fontes de emissão de poluentes que podem colocar em risco a saúde dos seus habitantes. A queima de biomassa tem se mostrado uma importante fonte de poluentes do ar. Tanto as queimadas de florestas quanto aquelas realizadas deliberadamente promovem danos consideráveis à saúde das populações expostas²⁰. Em regiões canavieiras, estudos mostram que o material particulado gerado pela queima da palha da cana de açúcar antes da colheita aumenta sintomas²¹ e internações hospitalares por doenças respiratórias²² em crianças e adultos.

Uma outra fonte de poluição do ar por material particulado pode ser encontrada em áreas de atividade de mineração. A cidade de Itabira, Minas Gerais, Brasil, está localizada na Serra do Espinhaço onde existem grandes jazidas de minério de ferro que são extraídas em lavra mecanizada a céu aberto, o que provoca grande emissão de material particulado para a atmosfera através de escavação; explosão; ressuspensão do material pela movimentação de escavadeiras, tratores e caminhões; perdas nos transportes terrestre e ferroviário; pelas fugas nas plantas de beneficiamento e pela ação dos ventos nos depósitos a céu aberto²³. As minas estão localizadas dentro do perímetro urbano e, portanto, levando à exposição direta dos habitantes. Esta situação tem sido motivo de preocupação para a comunidade e uma rede de monitoramento da qualidade do ar foi implantada através de acordos ambientais entre o município e a empresa de lavra.

Este estudo foi desenvolvido para avaliar os efeitos da exposição ao material particulado gerado através da atividade de mineração sobre os atendimentos de pronto-socorro por doenças respiratórias em crianças e idosos.

Métodos

O presente trabalho é um estudo ecológico de séries temporais. Dados diários de atendimento de pronto-socorro por doenças respiratórias (Classificação Internacional de Doenças, 10ª Revisão – CID-10: J00-J99) em crianças e adolescentes (menores de 19 anos) e idosos (com mais de 64 anos), e por doenças cardiovasculares (CID-10: I00-I99) em pacientes com mais de 44 anos foram obtidos do hospital do município, para o período entre 1º de janeiro de 2003 e 30 de junho de 2004.

As concentrações diárias de material particulado inalável (PM₁₀) foram fornecidas pela rede automática de monitoramento da Companhia Vale do Rio Doce. A rede é formada por quatro

estações de monitoramento localizadas no perímetro urbano da cidade. A mesma rede forneceu os dados diários de temperatura mínima e umidade relativa do ar média.

Foram calculadas estatísticas descritivas para todos os poluentes atmosféricos, temperatura mínima, umidade relativa do ar e atendimentos por doenças respiratórias e cardiovasculares.

As análises foram feitas para todos os atendimentos e também foram estratificadas por faixa etária. Para doenças respiratórias as faixas etárias utilizadas foram menores de 13 anos, entre 14 e 19 anos, e maiores de 64 anos. Para doenças cardiovasculares foram utilizadas as faixas etárias acima de 45 anos e de 45 a 64 anos. Os totais diários de atendimentos a doenças respiratórias e cardiovasculares e em cada uma das faixas etárias foram considerados variáveis dependentes e os níveis médios diários de PM₁₀ foram consideradas variáveis independentes. As variáveis de controle foram: (a) os dias da semana, variável indicadora utilizada para o ajuste de sazonalidade de curta duração; (b) o número total de dias transcorridos no período do estudo, e que serve para o ajuste da sazonalidade de longa duração; (c) feriados, como variável indicadora, para controlar a sazonalidade provocada pelos feriados nos atendimentos de emergência; e (d) temperatura média diária (°C) e a umidade relativa do ar (média diária em porcentagem), utilizadas para o ajuste de fatores meteorológicos.

Para estimar a associação existente entre as variações diárias na concentração do poluente e os totais diários de atendimentos por doenças respiratória e cardiovascular foram utilizados modelos aditivos generalizados (MAG)²⁴ de regressão de Poisson específicos para cada um dos desfechos. Foi utilizada uma função de alisamento não paramétrica (Loess)²⁵ para o controle da sazonalidade de longa duração assumindo uma relação potencialmente não linear entre a sazonalidade e os atendimentos de emergência. A finalidade da função de alisamento de tempo é remover os padrões sazonais básicos de longa duração, eliminando a variabilidade devida ao acaso²⁶. Os parâmetros de alisamento em cada modelo foram escolhidos de forma a minimizar o critério de informação de Akaike²⁷. Para evitar erros de estimativa decorrentes dos parâmetros padrão da função MAG no pacote S-Plus 4.5 (Mathsoft Inc., Seattle, Estados Unidos), que não garantem convergência nos seus procedimentos de estimação iterativa, resultando em estimativas enviesadas para coeficientes e erros padrão quando funções não paramétricas são utilizadas nos modelos de regressão²⁸, foram adotados parâmetros de convergência mais restritivos. Além disso, o alisador não paramétrico

foi adotado para apenas uma variável, o que ajuda a minimizar os erros de estimativa. Após análise de sensibilidade dos modelos assumiram-se relações lineares entre os atendimentos e as variáveis PM_{10} , temperatura média, umidade média.

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 poluidores. O que quer dizer que os atendimentos observados em um dia específico podem estar relacionados à poluição do referido dia, como também com a poluição observada em dias anteriores. Para uma definição mais precisa do modelo a ser utilizado, a determinação de uma estrutura de defasagem (*lag*) adequada é fundamental.

Para as estimativas de efeitos do PM_{10} nos atendimentos foram utilizadas as concentrações diárias do poluente e as concentrações de dias anteriores (até uma semana) em modelos utilizando médias defasagens e médias móveis.

Os resultados foram expressos em termos de aumento percentual nos atendimentos por doenças respiratórias e cardiovasculares para acréscimos de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ na concentração de PM_{10} . Em todas as análises, utilizou-se o nível de significância de 5%. As análises foram feitas pelos programas S-Plus 4.5 e SPSS 10.0 (SPSS Inc., Chicago, Estados Unidos).

Resultados

Durante o período de estudo ocorreram 18.194 atendimentos por doenças respiratórias e 2.022

atendimentos por doenças cardiovasculares. A Tabela 1 apresenta a análise descritiva dos desfechos de morbidade, estratificados por faixas etárias, para toda a cidade de Itabira, durante o período do estudo. Ocorreram mais atendimentos por doenças respiratórias durante o período estudado, e a faixa etária de menores de 13 anos foi a que apresentou maior número de eventos. Para as doenças cardiovasculares foram observados mais eventos na faixa etária entre 45 e 64 anos de idade.

A Figura 1a apresenta a distribuição temporal do total de atendimentos por doenças respiratórias e dos atendimentos de menores de 13 anos. Observa-se um claro padrão sazonal com picos nos períodos de inverno e com uma tendência de aumento no número de eventos entre o primeiro e o segundo anos do estudo. O pequeno número diário de casos de doenças cardiovasculares não favorece a percepção de um padrão sazonal tão nítido quanto o observado para doenças respiratórias.

A Tabela 2 apresenta a análise descritiva para as variáveis meteorológicas (temperatura média e umidade relativa do ar) e para PM_{10} (média das quatro estações de monitoramento). Observam-se valores de PM_{10} que ultrapassaram os padrões de qualidade do ar para o valor máximo diário ($150\mu\text{g}/\text{m}^3$) no período entre setembro e novembro de 2003. Entretanto, a média do período esteve abaixo dos padrões anuais ($50\mu\text{g}/\text{m}^3$). A análise da temperatura evidencia uma cidade com temperaturas moderadas.

Na Figura 1b observa-se uma sazonalidade nas concentrações do PM_{10} , com aumento mais acentuado nos meses de inverno (de abril a agos-

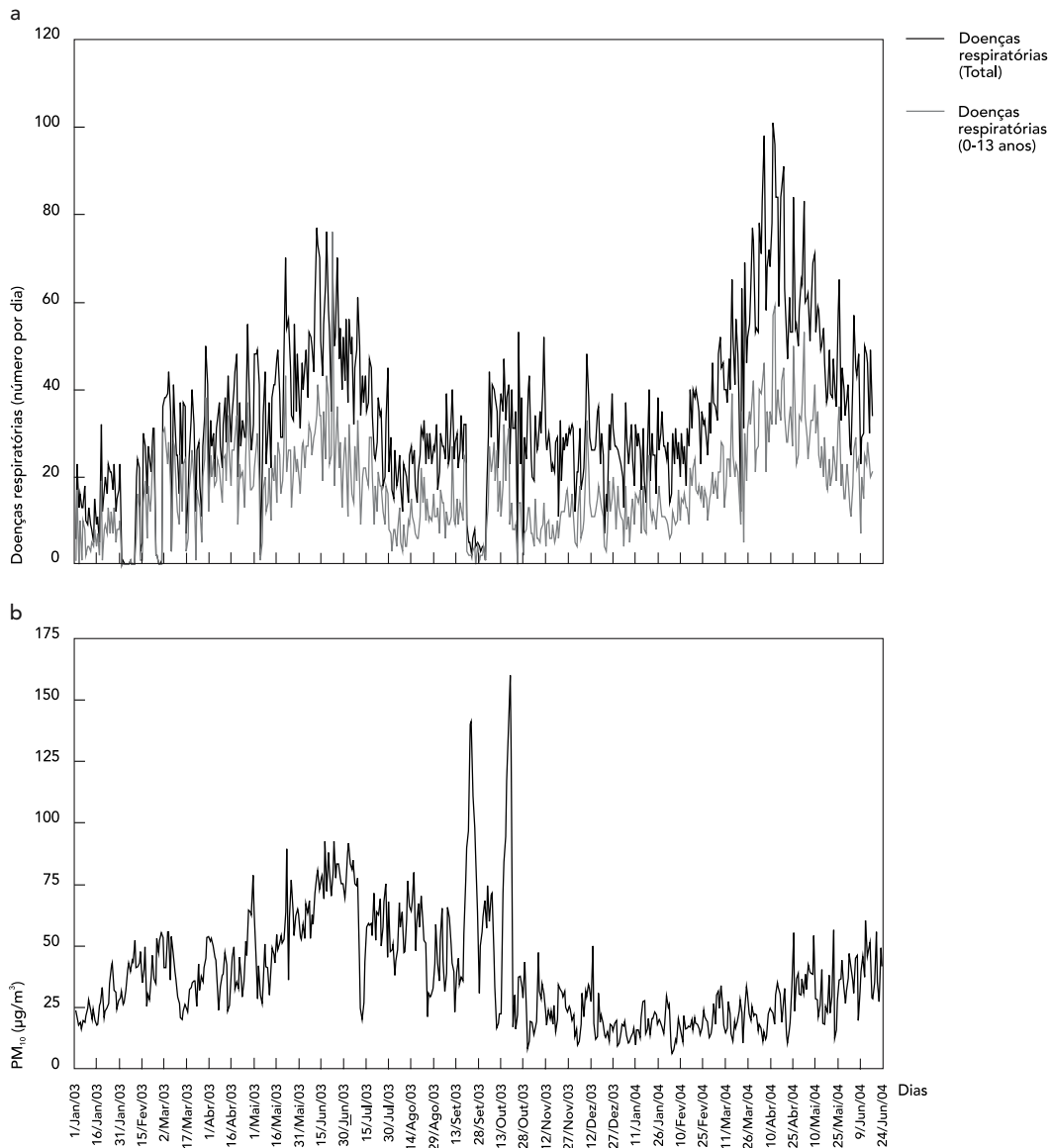
Tabela 1

Análise descritiva da contagem diária dos atendimentos em pronto socorro por doenças respiratórias e cardiovasculares, nas faixas etárias selecionadas. Itabira, Minas Gerais, Brasil, no período de 1° de janeiro de 2003 a 23 de junho de 2004.

		Doenças respiratórias			Doenças cardiovasculares		
		< 13 anos	Adolescentes de 13-19 anos	≥ 65 anos	Adultos entre 45-64 anos	≥ 65 anos	
Dias avaliados	532	532	532	532	532	532	532
Média	34,2	17,5	2,3	1,7	3,8	1,3	1,0
Erro padrão	0,8	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
Mínimo	0	0	0	0	0	0	0
Máximo	101	76	11	10	13	6	5
Percentis							
25	23	10	1	0,3	2	0	0
50	32	16	2	1	3	1	1
75	44	24	3	2	5	2	2

Figura 1

Número diário de atendimentos de pronto-socorro por doenças respiratórias para todas as idades e para as crianças menores de 13 anos (1a), e concentração média diária de PM_{10} (1b) entre janeiro de 2003 e junho de 2004.



to). Além disso, ocorreram dois dias com picos de concentração, entre setembro e outubro de 2003, devido à ocorrência de queimadas na região. Estes dias foram excluídos das análises.

As Figuras 2 e 3 apresentam as estimativas de aumento percentual (com intervalos de confiança de 95%) dos atendimentos por doenças respiratórias e cardiovasculares, respectivamente, devido a aumentos de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ na

concentração de PM_{10} na cidade de Itabira. Nos dois primeiros dias após a exposição ao PM_{10} , pode-se esperar aumentos de 4% (IC95%: 2,2-5,8) no número de atendimentos por doenças respiratórias entre menores de 13 anos. Para os adolescentes, o efeito é maior podendo atingir acréscimos de até 12% (IC95%: 9,5-14,5) no número de atendimentos nos 3 dias subsequentes à exposição (Figura 2).

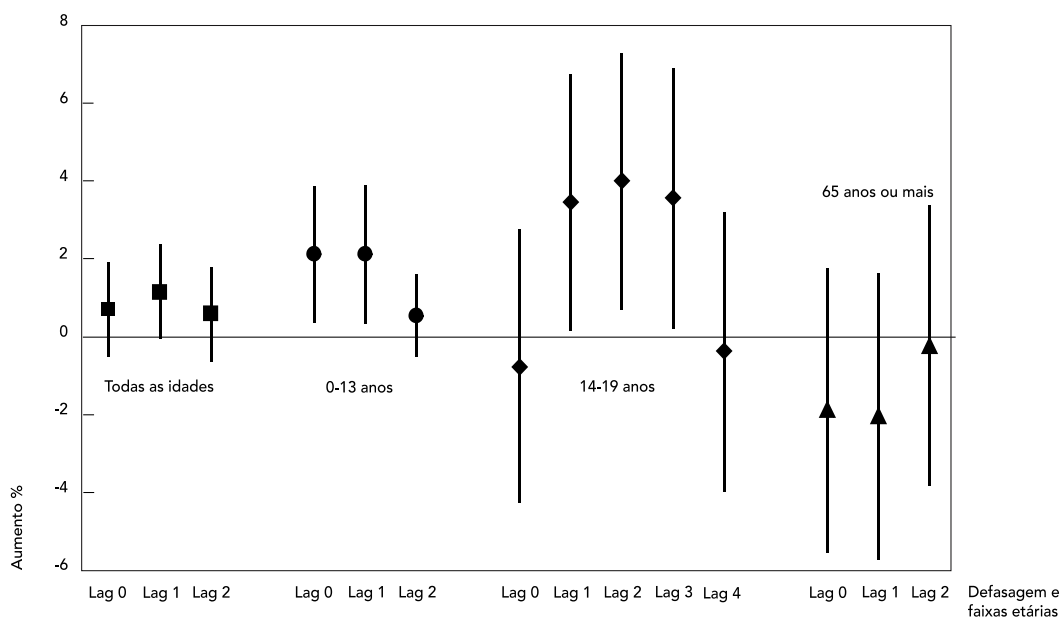
Tabela 2

Estadística descritiva das concentrações do material particulado inalável (PM_{10}) e variáveis meteorológicas. Itabira, Minas Gerais, Brasil, no período de 1º de janeiro de 2003 a 23 de junho de 2004.

	Temperatura média (°C)	Umidade relativa do ar média (%)	PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Dias avaliados	499	499	547,0
Média	20,8	63,4	38,6
Erro padrão	0,1	0,6	1,0
Mínimo	14,3	21,6	6,1
Máximo	27,2	97,6	160,0
Percentis			
25	18,9	54,3	21,3
50	21,0	64,0	32,9
75	22,6	73,1	50,9

Figura 2

Aumento percentual e intervalo de confiança de 95% nos atendimentos por doenças respiratórias devido a um aumento de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ na concentração de PM_{10} na cidade de Itabira, Minas Gerais, Brasil, estratificado por faixa etária e com análise de estrutura de defasagem.



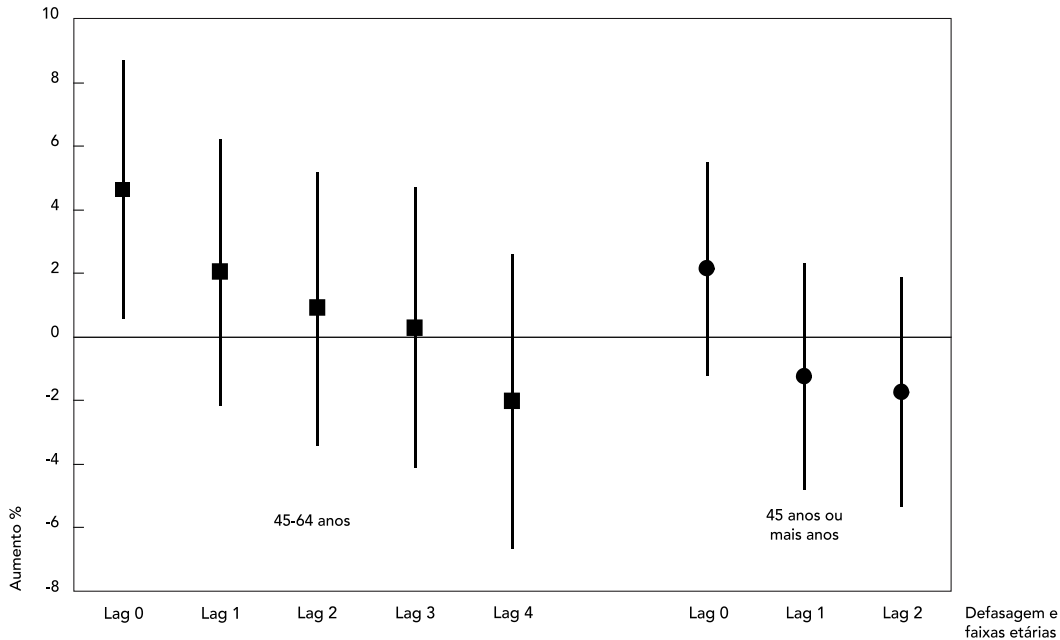
Para as doenças cardiovasculares, observouse um efeito agudo que pode levar a aumentos de mais de 4% (IC95%: 0,8-8,5) nos atendimentos de emergência no dia do aumento da concentração do poluente (Figura 3). O efeito parece ser maior para os pacientes com idade entre 45

e 64 anos do que para aqueles com mais de 64 anos.

Além da diferença na magnitude do efeito, fica claro que o efeito da poluição nas doenças respiratórias é mais prolongado, atingindo três a quatro dias após a exposição, do que o efeito

Figura 3

Aumento percentual e intervalo de confiança de 95% nos atendimentos por doenças cardiovasculares devido a um aumento de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ na concentração de PM_{10} na cidade de Itabira, Minas Gerais, Brasil, estratificado por faixa etária e com análise de estrutura de defasagem.



agudo, no mesmo dia da exposição, observado para as doenças cardiovasculares.

Discussão

Este estudo mostra que a poluição do ar na cidade de Itabira está associada a aumentos nos atendimentos de pronto-socorro por doenças respiratórias entre crianças e adolescentes e por doenças cardiovasculares entre adultos. Além disso, os efeitos respiratórios se mostraram mais prolongados do que os efeitos cardiovasculares.

A motivação do presente estudo veio de uma demanda da comunidade, assustada pela visão diária de nuvens de poeira avermelhada tomando os ares da cidade de Itabira. As características geográficas da região onde está localizada a cidade conspiram diariamente para a piora da qualidade do ar. A cidade é formada por uma sucessão de colinas e vales. A área de lavra é composta pelas minas de Conceição, Cauê e o Complexo Dois Córregos, além das áreas de beneficiamento do Cauê e da Conceição produtoras de minério de

ferro granulado, fino e concentrado, e as áreas de depósito de material estéril e de recomposição vegetal²⁹. Estas áreas estão localizadas no perímetro urbano do município, aumentando a exposição dos habitantes a uma mistura de minério de ferro, predominante, e poluentes gerados a partir da queima de combustíveis fósseis e, menos frequentemente, de biomassa.

A forma mais rápida de avaliar os efeitos deletérios dessa exposição foi adotar um estudo de série temporal, ferramenta reconhecida como adequada para este fim¹. Sua metodologia tem sido aprimorada e utilizada sistematicamente por nosso grupo em estudos realizados nas cidades de São Paulo^{3,4,5}, Araraquara²¹, Piracicaba²² e Curitiba³⁰.

Aqueles que pesquisam os efeitos da poluição do ar na saúde sabem que estudos bem executados e programas de vigilância da qualidade do ar demandam, além de metodologia adequada, dados com qualidade que mostrem as condições locais de poluição e de meteorologia, além das informações de saúde adotadas para o estudo. A implantação da rede automática de monitora-

mento de poluição do ar na cidade de Itabira permitiu a coleta do particulado inalável menor que $10\mu\text{m}$ em base horária, permitindo a obtenção de médias diárias para todo o período de estudo. A mesma rede disponibilizou medidas diárias de temperatura e umidade. Já os dados de saúde foram definidos de forma a se obter uma estimativa mais precisa em relação aos efeitos agudos. Atendimentos de pronto-socorro são eventos menos raros do que as internações hospitalares e, por isso, foram adotados neste estudo.

Em relação às doenças cardiovasculares, existem vários estudos que têm demonstrado ser a poluição atmosférica um fator de aumento de risco. Em estudo realizado por Martins²⁹ em São Paulo, foi observado um aumento do risco de doenças isquêmicas do coração de 3% na faixa etária entre 45 e 64 anos para aumentos de $25\mu\text{g}/\text{m}^3$. No presente estudo, o aumento estimado nos atendimentos de pronto-socorro por doenças cardiovasculares para cada aumento de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ na concentração de PM_{10} foi de 4,5%. A magnitude do efeito encontrado em Itabira é semelhante à encontrada em estudos realizados em São Paulo e mostra que as variações de PM_{10} também interferem no perfil de morbidade por doenças cardiovasculares no Município de Itabira. Entretanto, a concentração de PM_{10} em Itabira apresenta médias e variações que ficam aquém daquelas observadas em cidades maiores como São Paulo e, portanto, levarão a efeitos máximos inferiores aos observados em áreas com maiores concentrações de material particulado.

Em cidades onde os níveis de poluentes são até mais baixos do que em Itabira, como é o caso de Toronto, no Canadá, estudos com hospitalizações por doenças cardiovasculares, eventos menos freqüentes que os atendimentos de pronto-socorro, mostram efeitos de magnitude semelhantes aos encontrados em Itabira³¹.

É importante deixar claro que a maioria dos estudos epidemiológicos que avaliam efeitos agudos e crônicos do PM_{10} sobre as doenças respiratórias e cardiovasculares mostram uma relação linear entre a exposição e os desfechos³². Isso significa que não existe nível seguro de concentração desse poluente e que os efeitos são observados mesmo em níveis de concentração muito abaixo dos padrões de qualidade do ar adotados.

Dos 6.570 atendimentos por doenças respiratórias de crianças com menos de 13 anos que ocorrem na cidade de Itabira ao longo de um ano, trezentos deles estão relacionados com a poluição do ar por material particulado. Essa é a esti-

mativa de efeito agudo e não contempla os efeitos acumulados da exposição ao poluente. Em relação às doenças respiratórias em adolescentes, dos 825 atendimentos anuais, aproximadamente oitenta deles se devem aos efeitos agudos da poluição.

Nos períodos de 10 a 20 de setembro e 18 a 22 de outubro de 2003, aconteceram dois incêndios nas vizinhanças da cidade de Itabira que podem justificar as altas concentrações registradas para PM_{10} (até $160\mu\text{g}/\text{m}^3$). Mesmo retirando esses períodos das análises, não houve modificação do efeito encontrado no presente estudo, o que reforça a associação entre os desfechos analisados e a variação diária na concentração de material particulado. Diante desses resultados, conclui-se que os aumentos episódicos nas concentrações de material particulado (total e inalável) não interferiram nas estimativas de efeito ao longo do período de estudo.

Sabe-se que em São Paulo e outros grandes centros urbanos, o material particulado inalável é gerado, predominantemente, pela queima de combustível fóssil em altas temperaturas. Esse material tem sido analisado em relação aos seus componentes principais e seus efeitos sobre os tecidos têm sido identificados³³. Em cidades onde a principal fonte de emissão de material particulado inalável e fino tem sido a queima de biomassa²², análises têm mostrado que os elementos relacionados à queima deste material apresentam efeitos importantes sobre a morbidade respiratória. Em Itabira ainda não há uma análise sobre a contribuição percentual das diferentes fontes de emissão de material particulado. Além disso, estudos toxicológicos são necessários para a caracterização da toxicologia das partículas geradas pela quebra mecânica no processo de produção e transporte do minério de ferro.

Em resumo, este estudo mostrou que em Itabira, cidade onde a mineração a céu aberto de minério de ferro é a fonte aparentemente mais relevante de emissão de material particulado inalável, ocorrem efeitos adversos da exposição da população a este poluente. Esse resultado justifica a implementação de medidas voltadas a minimizar as emissões resultantes da mineração e monitorar a qualidade do ar que vêm sendo adotadas tanto por parte da empresa responsável quanto por parte das autoridades públicas. Além disso, análises de componentes elementares e de toxicidade das partículas podem ajudar a esclarecer, adequadamente, o papel de cada fonte emissora de PM_{10} que contribui para a piora da qualidade do ar em Itabira.

Resumo

A cidade de Itabira, Minas Gerais, Brasil, está localizada na Serra do Espinhaço, onde existem grandes jazidas de minério de ferro que são extraídas em lavra mecanizada a céu aberto. Este estudo foi realizado para avaliar os efeitos agudos do material particulado inalável (PM_{10}) sobre os atendimentos em pronto-socorro por doenças respiratórias e cardiovasculares no Município de Itabira. Modelos aditivos generalizados de regressão de Poisson foram utilizados, controlando-se para temperatura, umidade e sazonalidades de longa e curta duração. Aumentos de $10\mu g/m^3$ no PM_{10} foram associados com aumentos nos atendimentos de pronto-socorro por doenças respiratórias de 4% (IC95%: 2,2-5,8), no dia e no dia seguinte, para crianças menores de 13 anos, e de 12% (IC95%: 8,5-15,5), nos três dias subsequentes para os adolescentes entre 13 e 19 anos. Dentre os atendimentos por doenças cardiovasculares, o efeito foi agudo (4%; IC95%: 0,8-8,5), principalmente para os indivíduos com idade entre 45 e 64 anos. Esses resultados mostram que o PM_{10} gerado principalmente através de mineração a céu aberto pode acarretar prejuízos à saúde da população exposta.

Material Particulado; Poluição do Ar; Doenças Respiratórias; Doenças Cardiovasculares

Colaboradores

A. L. F. Braga participou da elaboração do desenho do estudo, da coleta das informações, da montagem do banco de dados, da análise estatística e da elaboração do manuscrito. L. A. A. Pereira participou da elaboração do desenho do estudo, da coleta das informações, da montagem do banco de dados, da análise estatística e da elaboração do manuscrito. M. Procópio participou da coleta de dados e da montagem do banco. P. A. André participou da elaboração do desenho do estudo e da coleta de dados e da elaboração do manuscrito. P. H. N. Saldiva participou da elaboração do desenho do estudo, da análise estatística e da elaboração do manuscrito.

Referências

1. 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.
2. Saldiva PHN, Braga ALF, Pereira LAA. Health effects of ambient levels of air pollution. In: Hogan DJ, Berquó E, Costa HSM, editors. Population and environment in Brazil: Rio + 10. Campinas: Comissão Nacional de População e Desenvolvimento/Associação Brasileira de Estudos Populacionais/Núcleo de Estudos de População, Universidade Estadual de Campinas; 2002. p. 207-23.
3. Lin CA, Martins MA, Farhat SCL, Pope III CA, Conceição GMS, Anastácio MVM, et al. Air pollution and respiratory illness of children in São Paulo, Brazil. *Paed Peri Epidemiol* 1999; 13:475-88.
4. Martins LC, Latorre MRDO, Saldiva PHN, Braga ALF. Air pollution and emergency room visits due to chronic lower respiratory diseases in the elderly: an ecological time-series study in São Paulo, Brazil. *J Occup Environ Med* 2002; 44:622-7.
5. Farhat SCL, Paulo RLP, Shimoda TM, Conceição GMS, Lin CA, Braga ALF, et al. Effect of air pollution on paediatric respiratory emergency room visits and hospital admissions. *Braz J Med Biol Res* 2005; 38:227-35.
6. Braga ALF, Saldiva PHN, Pereira LAA, Menezes JJC, Conceição GMS, Lin CA, et al. Health effects of air pollution exposure on children and adolescents in São Paulo, Brazil. *Pediatr Pulmonol* 2001; 31:106-13.
7. Dominici F, Peng RD, Bell ML, Pham L, McDermott A, Zeger SL, et al. Fine particulate air pollution and hospital admission for cardiovascular and respiratory diseases. *JAMA* 2006; 8:1127-34.
8. Medina-Ramón M, Zanobetti A, Schwartz J. The effect of ozone and PM_{10} on hospital admissions for pneumonia and chronic obstructive pulmonary disease: a national multicity study. *Am J Epidemiol* 2006; 15:579-88.

9. Neas LM, Schwartz J, Dockery D. A case-crossover analysis of air pollution and mortality in Philadelphia. *Environ Health Perspect* 1999; 107:629-31.
10. Conceição GM, Miraglia SG, Kishi HS, Saldiva PHN, Singer JM. Air pollution and child mortality: a time-series study in São Paulo, Brazil. *Environ Health Perspect* 2001; 109(3 Suppl):347-50.
11. Braga ALF, Zanobetti A, Schwartz J. Do respiratory epidemics confound the association between air pollution and daily deaths? *Eur Respir J* 2000; 16:723-8.
12. Freitas C, Bremner SA, Gouveia N, Pereira LA, Saldiva PH. Internações e óbitos e sua relação com a poluição atmosférica em São Paulo, 1993 a 1997. *Rev Saúde Pública* 2004; 38:751-7.
13. Lacasana M, Esplugues A, Ballester F. Exposure to ambient air pollution and prenatal and early childhood health effects. *Eur J Epidemiol* 2005; 20:183-99.
14. Ostro B, Broadwin R, Green S, Feng WY, Lipsett M. Fine particulate air pollution and mortality in nine California counties: results from CALFINE. *Environ Health Perspect* 2006; 114:29-33.
15. Braga ALF, Zanobetti A, Schwartz J. The lag structure between particulate air pollution and respiratory and cardiovascular deaths in ten US cities. *J Occup Environ Med* 2001; 43:927-33.
16. Zanobetti A, Canner MJ, Stone PH, Schwartz J, Sher D, Eagan-Bengston E, et al. Ambient pollution and blood pressure in cardiac rehabilitation patients. *Circulation* 2004; 12:2184-9.
17. De Paula-Santos U, Braga AL, Giorgi DM, Pereira LA, Grupi CJ, Lin CA, et al. Effects of air pollution on blood pressure and heart rate variability: a panel study of vehicular traffic controllers in the city of São Paulo, Brazil. *Eur Heart J* 2005; 26:193-200.
18. Laden F, Schwartz J, Speizer FE, Dockery DW. Reduction in fine particulate air pollution and mortality: extended follow-up of the Harvard Six Cities Study. *Am J Respir Crit Care Med* 2006; 15:667-72.
19. Wellenius GA, Schwartz J, Mittleman MA. Particulate air pollution and hospital admissions for congestive heart failure in seven United States cities. *Am J Cardiol* 2006; 1:404-8.
20. Arbex MA, Cançado JED, Pereira LAA, Braga ALF, Saldiva PHN. Queima de biomassa e efeitos sobre a saúde. *J Bras Pneumol* 2004; 30:158-75.
21. Arbex MA, Bohm GM, Saldiva PH, Conceição GM, Pope 3rd AC, Braga AL. Assessment of the effects of sugar cane plantation burning on daily counts of inhalation therapy. *J Air Waste Manag Assoc* 2000; 50:1745-9.
22. Cançado JE, Saldiva PH, Pereira LA, Lara LB, Artaxo P, Martinelli LA, et al. The impact of sugar cane-burning emissions on the respiratory system of children and elderly. *Environ Health Perspect* 2006; 114:725-9.
23. Santi AMM, Suzuki RY, Oliveira RG. Monitoramento da qualidade do ar no município de Itabira, MG: avaliação dos resultados em anos recentes (1997/99) e das perspectivas de modernização da rede de monitoramento no contexto do licenciamento ambiental corretivo da CVRD. In: Anais do 27^o Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Porto Alegre: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental; 2000. p. 1-12.
24. Hastie T, Tibshirani R. Generalized additive models. London: Chapman and Hall; 1990.
25. Cleveland WS, Devlin SJ. Locally-weighted regression and smoothing scatterplots. *J Am Stat Assoc* 1988; 74:829-36.
26. Martins LC, Latorre MRDO, Cardoso MRA, Gonçalves FLT, Saldiva PHN, Braga ALF. Poluição atmosférica e atendimentos por pneumonia e gripe em São Paulo, Brasil. *Rev Saúde Pública* 2002; 36:88-94.
27. Akaike H. Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. In: Petrov BN, Csaki F, editors. 2nd International Symposium on Information Theory. Budapest: Akademiai Kiado; 1973. p. 267-81.
28. Dominici F, MacDermott A, Zeger SL, Samet JM. On the use of generalized additive models in time-series studies of air pollution and health. *Am J Epidemiol* 2002; 156:193-203.
29. Martins LC. Efeitos da poluição do ar e dos fatores meteorológicos nas doenças cardiovasculares na Cidade de São Paulo [Tese de Doutorado]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2004.
30. Bakonyi SMC, Danni-Oliveira IM, Martins LC, Braga ALF. Poluição atmosférica e doenças respiratórias em crianças na cidade de Curitiba, PR. *Rev Saúde Pública* 2004; 38:695-700.
31. Burnett RT, Smith-Doiron M, Stieb D, Cakmak S, Brook JR. Effects of particulate and gaseous air pollution on cardiorespiratory hospitalizations. *Arch Environ Health* 1999; 54:130-9.
32. Pope 3rd CA. Invited commentary: particulate matter-mortality exposure-response relations and threshold. *Am J Epidemiol* 2000; 152:407-12.
33. Laden F, Neas LM, Dockery DW, Schwartz J. Association of fine particulate matter from different sources with daily mortality in six U.S. cities. *Environ Health Perspect* 2000; 108:941-7.

Recebido em 02/Mai/2006

Versão final reapresentada em 13/Nov/2006

Aprovado em 15/Jan/2007