

Efeitos da Exposição a Poluentes do Ar no Infarto Agudo do Miocárdio, Segundo Gêneros

Effects of Air Pollutant Exposure on Acute Myocardial Infarction, According to Gender

Tássia Soldi Tuan¹, Taís Siqueira Venâncio¹, Luiz Fernando Costa Nascimento^{1,2}

Departamento de Medicina – Universidade de Taubaté¹, Taubaté, SP; Departamento de Energia – Universidade Estadual Paulista – Campus de Guaratinguetá², Guaratinguetá, SP – Brasil

Resumo

Fundamento: Existem evidências sobre os efeitos da poluição do ar nas internações por doenças cardiovasculares, entre elas o infarto do miocárdio.

Objetivo: Estimar a associação entre exposição a poluentes do ar e internações por infarto segundo gêneros, entre 01 de Janeiro de 2012 e 31 de Dezembro de 2013, em São José dos Campos – SP.

Métodos: Estudo ecológico de série temporal com dados diários de internações por IAM dos poluentes CO, O₃, PM₁₀, SO₂, NO₂, segundo gêneros. Utilizou-se modelo linear generalizado da Regressão de Poisson para estimar os riscos relativos para internações com defasagens de 0 a 5 dias, ajustados por temperatura, umidade, sazonalidade e dias da semana.

Resultados: Foram 1837 internações por doenças isquêmicas do coração, sendo 636 mulheres e 1201 homens. Para o gênero feminino, os riscos foram significativos para o CO nos lag 0 (RR = 1,09), lag1 (RR = 1,08) e lag 5 (RR = 1,10) e para o SO₂ no lag 0 (RR = 1,10) e 3 (RR = 1,09). Para o gênero masculino houve significância para o CO no lag 3 e lag 5 (RR = 1,05). Sem distinção de gênero houve significância para o CO no lag 1 (RR = 1,05) e lag 5 (RR = 1,07) e no lag 0 para o SO₂ (RR = 1,06).

Conclusão: Os dados apresentados mostram o importante papel do CO e do SO₂ na gênese das internações por infarto e que as respostas à exposição aos poluentes são diferentes se analisadas por sexo e em conjunto, daí a importância de se estratificarem as análises. (Arq Bras Cardiol. 2016; 107(3):216-222)

Palavras-chave: Infarto do Miocárdio; Poluentes Ambientais; Identidade de Gênero; Dióxido de Enxofre; Monóxido de Carbono.

Abstract

Background: There is evidence of the effects of air pollution on hospital admissions due to cardiovascular diseases, including myocardial infarction.

Objective: To estimate the association between exposure to air pollutants and hospital admissions due to myocardial infarction according to gender, between January 1st 2012 and December 31st 2013, in São Jose dos Campos-SP.

Methods: An ecological time series study was carried out with daily data of admissions due to AMI, pollutants CO, O₃, PM₁₀, SO₂ and NO₂, according to gender. We used the Poisson regression generalized linear model to estimate the relative risks of hospital admissions with lags of 0-5 days, adjusted for temperature, humidity, seasonality and days of the week.

Results: There were 1837 admissions for ischemic heart diseases, with 636 women and 1201 men. For females, the risks were significant for CO in lag 0 (RR = 1,09), lag1 (RR = 1,08) and lag 5 (RR = 1,10) and SO₂ in lag 0 (RR = 1,10) and 3 (RR = 1,09). For men there was significance of the CO in, lag 3 and lag 5 (RR = 1,05). There was significance, regardless of gender, for CO at lag 1 (RR = 1,05) and lag 5 (RR = 1,07) and lag 0 for SO₂ (RR = 1,06).

Conclusion: The data presented show the important role of CO and SO₂ in the genesis of myocardial infarction admissions, and responses to pollutant exposure are different if analyzed by gender and together - hence the importance of a stratified analyses. (Arq Bras Cardiol. 2016; 107(3):216-222)

Keywords: Myocardial Infarction; Environmental Pollutants; Gender Identity; Sulfur Dioxide; Carbon Monoxide.

Full texts in English - <http://www.arquivosonline.com.br>

Correspondência: Luiz Fernando Costa Nascimento •

Universidade Estadual Paulista – Campus de Guaratinguetá. Av Ariberto Pereira da Cunha, 333. CEP 12516-410, Guaratinguetá, SP – Brasil

E-mail: luiz.nascimento@pq.cnpq.br

Artigo recebido em 23/11/15; revisado em 27/04/16; aceito em 03/05/16.

DOI: 10.5935/abc.20160117

Introdução

As inúmeras evidências que indicam que a poluição do ar em nosso meio é suficiente para causar danos à saúde e a demanda pela definição de processos reguladores referentes aos padrões de qualidade do ar tornam imprescindíveis o melhor detalhamento dessa associação, com a identificação de grupos populacionais especiais, patologias específicas e níveis ambientais nos quais o processo exposição-adoecimento ou morte acontecem. Dessa forma, informações provenientes de investigações sistemáticas com dados gerados localmente são de grande importância para subsidiar o planejamento e avaliação de programas de saúde voltados a essa questão.¹

As doenças cardiovasculares (DCV) continuam sendo a primeira causa de morte no Brasil, responsáveis por quase 32% de todos os óbitos. Além disso, são a terceira maior causa de internações no país. Entre elas, o infarto agudo do miocárdio (IAM) ainda é uma das maiores causas de morbidade e mortalidade. O estudo do IAM é fundamental pela alta prevalência, mortalidade e morbidade da doença. Estudos epidemiológicos revelam taxas de mortalidade geral ao redor de 30%, sendo que metade dos óbitos ocorre nas primeiras duas horas do evento e 14% morrem antes de receber atendimento médico.²

No Brasil, em 2014, foram registradas cerca de 95 mil internações por IAM no país; no Estado de São Paulo, 27 mil. (<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sim/cnv/obt10uf.def>).³

Estudos realizados em grandes centros e cidades de médio porte têm mostrado a associação entre as internações por IAM e a exposição a poluentes atmosféricos, sendo o material particulado (PM₁₀), o ozônio (O₃), o dióxido de enxofre (SO₂), o dióxido de nitrogênio (NO₂) e o monóxido de carbono (CO) os mais associados a internações por IAM.^{1,4-16}

Um dos poluentes, ainda pouco estudado, é o monóxido de carbono liberado no ambiente por fontes naturais (atividade vulcânica, descargas elétricas e emissão de gás natural) e como produto da combustão incompleta de combustíveis fósseis, sistemas de aquecimento, usinas termelétricas a carvão, queima de biomassa e tabaco, sua importância reside na ligação 240 vezes maior com a hemoglobina do que o oxigênio.

Outra evidência epidemiológica que vem crescendo em diferentes estudos é a categorização por gêneros. Muitos estudos apontam efeitos mais evidentes em mulheres do que em homens, mas a literatura ainda é inconsistente no que diz respeito a isso. Assim como o desfecho internação, há também evidências de maior mortalidade, em mulheres, para intervenções coronarianas percutâneas.⁵

Vários estudos em áreas como EUA, Canadá e Europa demonstraram diferenças de gênero, variando de acordo com a idade, na mortalidade por IAM e um maior risco de morte em mulheres mais jovens comparadas a seus homólogos masculinos e também efeitos diferentes nos riscos por internação devido a doenças respiratórias.^{6,17}

Este estudo tem por objetivo estimar a associação entre exposição a poluentes do ar e internações por IAM (em maiores de 50 anos), categorizadas por gêneros, entre o

período de 01 de janeiro de 2012 e 31 de dezembro de 2013, na cidade de São José dos Campos –SP.

Métodos

Trata-se de estudo ecológico de séries temporais com dados relativos a internações por IAM (Cid-10 de J20.0 a J24.0) em sujeitos de ambos os sexos, com mais de 50 anos de idade, residentes em São José dos Campos, SP. O período de estudo foi entre 01 de janeiro de 2012 e 31 de dezembro de 2013. Esses dados de internação foram obtidos do portal do DATASUS.³ Todas as ações realizadas durante o período de internação devem ser notificadas ao Sistema Único de Saúde (SUS) por meio do preenchimento da Autorização de Internação Hospitalar (AIH), que por sua vez é registrada, arquivada e os pagamentos dos procedimentos são efetuados pelo SUS aos devidos prestadores de serviço; dentre as variáveis obtidas neste portal, foram utilizadas aquelas relativas ao sexo do paciente, idade (em anos) e diagnóstico principal.

Local de estudo

São José dos Campos é um município brasileiro localizado no interior do estado de São Paulo, na mesorregião do Vale do Paraíba Paulista, distante 84 km a leste da Capital do Estado. Abriga uma população de cerca de 650 mil habitantes. Conta com uma frota veicular de aproximadamente 360 mil veículos; o município é cortado pela Via Dutra por onde passam cerca de 130 mil veículos por dia sendo a maioria de veículos pesados (ônibus e caminhões). Importante centro econômico com empresas na área de tecnologia, centros de ensino e pesquisa. Sua localização geográfica é 23°11' S e longitude 45°53' W.

Os poluentes estudados foram o PM₁₀, SO₂, O₃, NO₂ (µg/m³) e CO (ppb), sendo que os valores de PM₁₀, SO₂, NO₂ e CO foram quantificados pelas médias diárias, e para o O₃ o valor máximo de 8 horas. Tais valores foram quantificados pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB)¹⁸ que conta com uma estação medidora em São José dos Campos, além das informações sobre temperaturas mínima, média e máxima, umidade relativa do ar, sazonalidade e dias da semana. De tais informações, foram utilizadas a temperatura mínima e umidade média relativa do ar.

A internação é um evento de contagem, discreto, sendo indicada a Regressão de Poisson para estimar os riscos relativos das exposições no desfecho - internação. Foi construído um banco de dados com os dados diários de internação, para cada poluente e variável climática, sendo consideradas defasagens de zero a 5 dias porque os efeitos da exposição aos poluentes podem ser evidenciados não só no mesmo dia como, também, em dias posteriores. Assim sendo, foi escolhido um modelo linear generalizado da regressão de Poisson (MLG). Foram construídos modelos com um poluente isolado e com os quatro poluentes simultaneamente, ajustados pela temperatura mínima, umidade relativa do ar, sazonalidade e dias da semana. As análises foram realizadas considerando sexo feminino, sexo masculino e ambos os sexos para identificar possíveis diferenças nos riscos relativos para internação por infarto, segundo estes estratos. Foram obtidos os valores da correlação de Pearson entre as variáveis independentes e apresentados em tabela.

Para a análise, foi utilizado o programa Stata V10. Os coeficientes fornecidos pela regressão de Poisson foram transformados em riscos relativos (RR) com os respectivos intervalos de confiança de 95%. No caso de associação significativa entre exposição a determinado poluente e internação foram considerados os aumentos (AUM-RR) de 300 ppb para CO e $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para o SO_2 expresso em pontos percentuais, de acordo com a expressão $\text{AUM-RR} (\%) = (\exp^{\text{coef} + \text{AUM}} - 1) * 100$ em que *coef* é o valor numérico do coeficiente fornecido pela regressão de Poisson e AUM são os valores acima considerados para o CO e SO_2 . As variáveis foram apresentadas com os valores de suas médias e respectivos desvios padrão em uma tabela.

Por se tratar de estudo ecológico com dados disponibilizados na rede e de acesso público, além da impossibilidade de se identificar o sujeito objeto da análise, foi dispensado o parecer do Comitê de Ética. O nível de significância adotado foi alfa = 5%.

Resultados

Foram internados, por doenças isquêmicas do coração, 1837 indivíduos, sendo 636 mulheres (34,6%) e 1201 homens (65,4%). As concentrações médias dos poluentes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), desvios padrão, mínimo e máximo estão na tabela 1.

A tabela 2 apresenta a matriz de correlação entre as variáveis de estudo (poluentes ambientais, variáveis climáticas e número de internações) para ambos os sexos. Observaram-se fortes correlações entre os poluentes, exceto entre o O_3 e o CO.

A exposição aos poluentes, considerando aumento em suas concentrações de 300 ppb, mostrou-se associada ao CO em ambos os sexos nos lags 1 (RR = 1,05) e 5 (RR = 1,07), no sexo feminino nos lags 0 (RR = 1,09), 1 (RR = 1,08) e 5 (RR = 1,10) e no sexo masculino nos lags 3 (RR = 1,06) e 5 (RR = 1,05). Para o SO_2 os efeitos foram observados no lag 0 (RR = 1,06) para ambos os sexos, lags 0 (RR = 1,10) e 3 (RR = 1,09) para o sexo feminino, para o sexo masculino não foram identificadas exposições com significância estatística.

A partir dos valores obtidos pelo modelo linear generalizado e seus desvios padrão, foi calculado o intervalo de confiança para o risco relativo para internação por IAM.

Com um aumento de 300 ppb para o CO, os riscos relativos e respectivos intervalos de confiança (IC 95%) estão na figura 1

para ambos os gêneros, levando a um aumento de 10 pontos percentuais para o sexo feminino e até 7 pontos percentuais quando analisados ambos os sexos. No caso do SO_2 , como demonstrado na figura 2, o aumento de $2,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ implicou um aumento de até 5 pontos percentuais para ambos os gêneros, até 10 pp para o sexo feminino, para o sexo masculino, no entanto, não foi significativo.

Discussão

Este estudo, até onde é de nosso conhecimento, é o primeiro a fazer análise de exposição estratificada por sexo; identificou a importância dessa exposição ao CO e SO_2 na gênese das internações por doenças isquêmicas do coração, em indivíduos com mais de 50 anos, na cidade de São José dos Campos de forma diferente em homens e mulheres. Para o CO, os efeitos foram evidentes 1 e cinco dias após a exposição, quando analisados ambos os sexos; estratificando as internações por gênero, ocorreram no mesmo dia, um e cinco dias após a exposição para o sexo feminino e 3 e 5 dias para o masculino. Já para o SO_2 , os efeitos foram evidentes no lag 0 para ambos os sexos, lag 0 e 3 para o sexo feminino, não havendo significância estatística para o sexo masculino.

Por se tratar de um modelo multipolvente, outros poluentes foram analisados, porém não foi encontrada associação para tais.

A categorização por gênero vem sendo abordada em diversos estudos, demonstrando significância epidemiológica, porém ainda não existem estudos com explicação biológica para o devido fato.

Segundo Clougherty,¹⁷ muitos estudos sugerem que a resposta à exposição aos poluentes do ar difere para homens e mulheres ou meninas e meninos. A explicação, no entanto, ainda permanece pouco elucidada, enquanto modificações são observadas como um resultado de diferenças biológicas ligadas ao sexo (por exemplo, hormônios e tamanho corporal) ou diferenças de gêneros em padrões de atividades, coexposição ou acurácia na quantificação da exposição. E muitas modificações consistem na modificação desses dois fatores (padrão de exposição e resposta biológica).

Associação entre exposição ao SO_2 e DCV, em especial óbitos por acidente vascular cerebral, foi demonstrada em São José dos Campos, associada aos poluentes ozônio

Tabela 1 – Análise descritiva das variáveis do estudo: Média, desvio padrão (dp), valores mínimos e máximos (Min – Max). São José dos Campos-BR, 2012-2013

Variáveis	Média (dp)	Min – Max
Internações	2,5 (1,8)	0,0 -- 9,0
PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	22,6 (10,5)	6,0 -- 81,0
O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	74,1 (34,4)	1,0 -- 213,0
CO (ppb)	883 (459)	200 -- 3400
SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2,7 (2,3)	0,0 -- 29,0
NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	48,2 (17,7)	11,0 -- 112,0
Umidade %	57,4 (16,4)	24,0 -- 99,0
Temperatura mínima °C	15,6 (3,5)	4,4 -- 21,9

Tabela 2 – Matriz correlação de Pearson entre as variáveis atmosféricas, para ambos os sexos. São José dos Campos, São Paulo, 2012/2013

	Temp. min [#]	UR	PM ₁₀	SO ₂	CO	O ₃	NO ₂
Temp min	1						
UR	0,143 ^{***}	1					
PM ₁₀	-0,308 ^{***}	-0,329 ^{***}	1				
SO ₂	-0,058	-0,084 [*]	0,167 ^{***}	1			
CO	-0,288 ^{***}	0,001	0,360 ^{***}	0,099 [*]	1		
O ₃	0,197 ^{***}	-0,480 ^{***}	0,149 ^{***}	0,220 ^{***}	0,037	1	
NO ₂	-0,410 ^{***}	-0,169 ^{**}	0,517 ^{***}	0,128 ^{**}	0,358 ^{***}	0,171 ^{**}	1

Temp min: temperatura mínima UR: umidade relativa do ar. * valor de $p < 0,05$ **valor de $p < 0,01$.

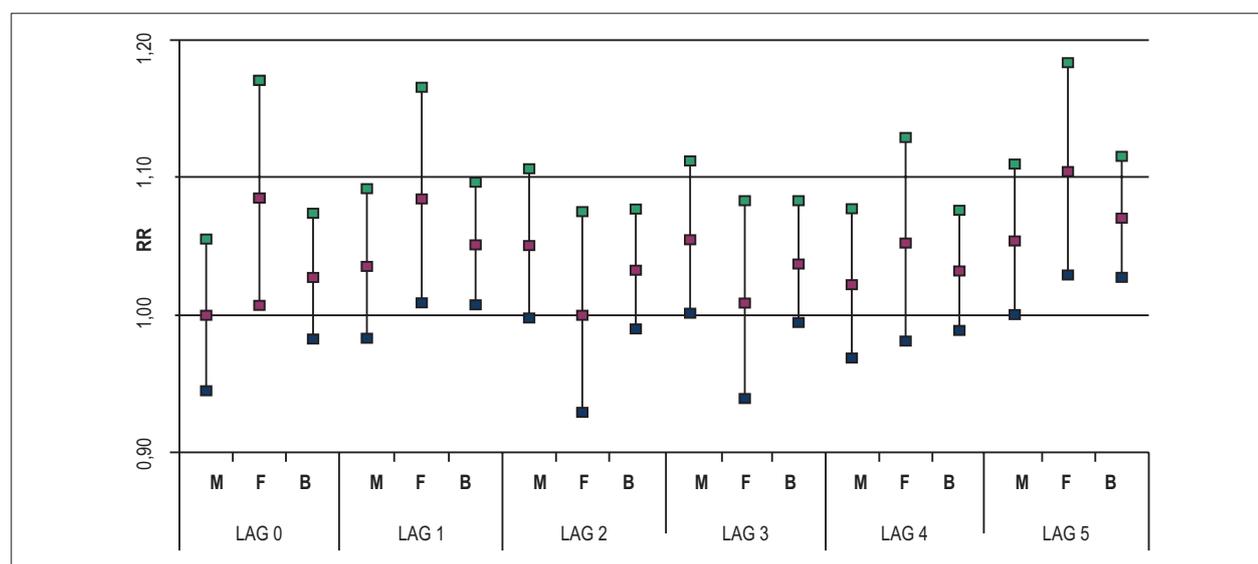


Figura 1 – Risco Relativo para a exposição ao CO de acordo com lag 0 a lag 5 para sexo masculino (M), sexo feminino (F) e ambos os sexos (B). São José dos Campos. 2012-2013.

e material particulado, em sujeitos com idade superior a 50 anos; as concentrações de SO₂ eram da ordem de 4 µg/m³.⁷ Em um estudo em São Paulo, a exposição ao SO₂ esteve associada às internações por doenças circulatórias e isquêmicas do coração,¹ e os efeitos foram semelhantes à exposição ao CO, mas em maior intensidade. Sunyer et al.⁸ também mostraram a associação entre exposição ao SO₂ e internações por DCV em sete cidades europeias; as concentrações desse poluente eram entre 5 e 21 µg/m³, e aumentos de 10 µg/m³, nessas concentrações, implicavam aumentos significativos entre 0,7% e 1,2% no número de internações por DCV, mais notadamente por doenças isquêmicas do coração. Atkinson et al.⁹ mostraram o efeito significativo da exposição ao SO₂ isoladamente e ajustado por sexo, idade, tabagismo, IMC e comorbidades como diabetes e hipertensão arterial nas internações por IAM, acidente vascular cerebral, arritmias e falência cardíaca.

Exposição ao SO₂ também foi significativa para internação por DCV segundo presença ou não de diabetes.¹⁰ Nosso estudo mostrou que aumentos da ordem de 2 µg/m³ nas concentrações

de SO₂, ajustado por concentrações de outros poluentes, implicam aumento significativo no risco para o sexo feminino (RR = 1,10) que contribuiu para o risco significativo quando não estratificado por sexo, isto é, para ambos os sexos (RR = 1,06) porque os efeitos da exposição não foram significativos para o sexo masculino.

No estudo aqui apresentado, a exposição ao CO, em São José dos Campos, também se mostrou significativa para internações por IAM. Tais achados concordam com aqueles encontrados por Gouveia et al.,¹ quando as concentrações foram 3240 ppb atingindo um máximo de 12600 ppb, valores muito acima dos observados em São José dos Campos que foram 883 ppb de média e máximo de 3400 ppb. Os riscos observados em São Paulo, segundo um aumento de 1000 ppb nas concentrações do CO foram da ordem de RR = 1,016 e a defasagem mais significante foi a média móvel de 2 dias. Exposição ao CO foi significativa para atendimentos de emergência por DCV com presença ou não de diabetes; essa associação foi mais evidente no mesmo dia da exposição (lag 0) em indivíduos não-diabéticos.¹⁰

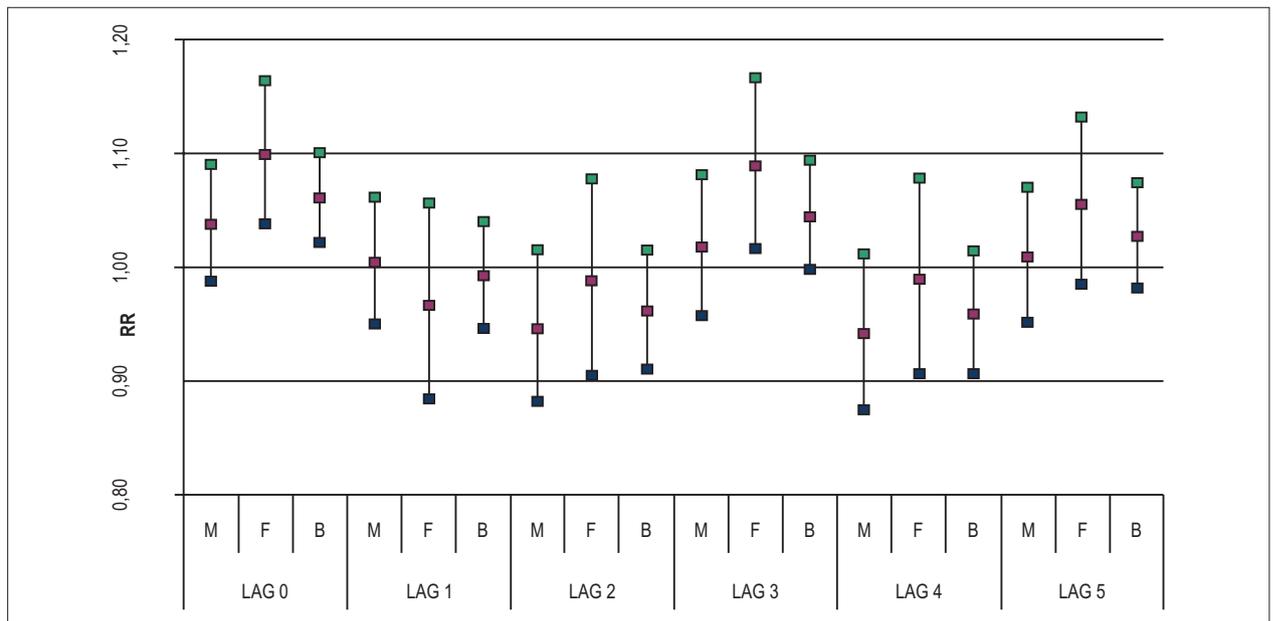


Figura 2 – Risco Relativo para a exposição ao SO₂ de acordo com lag 0 a lag 5 para sexo masculino (M), sexo feminino (F) e ambos os sexos (B). São José dos Campos. 2012-2013.

Em estudo realizado em Chicago, o efeito do CO em hospitalizações por insuficiência cardíaca era dependente da temperatura, com a magnitude do efeito aumentando com a diminuição da temperatura.¹¹ Concentração de monóxido de carbono registrada no dia da admissão exibiu, entre os poluentes, a associação mais forte e mais consistente com as taxas de hospitalização, ajustando, simultaneamente, para temperatura, ponto de orvalho e outros poluentes do ar para uma mudança de 1000 ppb a 3000 ppb, intervalo interquartil e risco relativo foi RR = 1,065 (IC 95% = 1,028-1,104).¹²

Um estudo desenvolvido na China analisou uma amostra de pacientes com IAM em diversos hospitais chineses em 2001, 2006 e 2011 e demonstrou que a taxa de mortalidade intra-hospitalar foi maior em mulheres do que em homens (17,2% vs 9,1%, $p < 0,01$; OR 2,07, 95% IC 1,85–2,33). O OR não ajustado para a mortalidade em mulheres, em comparação com o dos homens, era de 2,20 (95% IC 1,59–3,04), 2,21 (95% IC 1,74 para 2,79), 1,37 (95% IC 1,15 para 1,65) e 1,25 (IC 95% 0,97–1,63) para as idades < 60, 60–69, 70–79 e ≥ 80 anos, respectivamente. Após o ajuste para as características do paciente, as características do hospital e ano de estudo, o OR para a mortalidade, comparando mulheres com homens, foi 1,69 (95% IC 1,01 a 2,83), 1,64 (95% IC 1,24 a 2,19), 1,15 (IC de 95% para 0,90 1,46) e 0,82 (95% IC 0,60–1,11) para as idades <60, 60–69, 70–79 e ≥ 80 anos, respectivamente. A interação sexo-idade para mortalidade foi estatisticamente significativa ($p = 0,009$), mesmo após o ajuste para uma vasta gama de variáveis de confusão, e não variou ao longo do tempo ou em áreas rurais / urbanas.⁶

As associações entre exposições ao SO₂ e CO e internações por IAM coincidem com os achados de Koken et al.¹³ associando SO₂ ao aumento de hospitalização por arritmias cardíacas, e CO

significativamente associada a hospitalização por insuficiência cardíaca congestiva. Além disso, encontraram mais internações hospitalares por DCV em homens que em mulheres.

Em estudo realizado em São Paulo, foram encontrados efeitos maiores sobre insuficiência cardíaca congestiva no grupo masculino e sobre as DCV e doença isquêmica do coração no grupo feminino, reforçando a necessidade de estudos adicionais com foco na modificação do efeito da poluição do ar com relação à saúde por sexo.¹⁴ Kan et al.¹⁵ mostraram que os efeitos da exposição a poluentes do ar, SO₂ dentre eles, foram mais evidentes no sexo feminino; risco aumentado de morte por AVC foi encontrado em mulheres idosas seguindo exposição ao PM₁₀.^{15,16}

Por outro lado, Cakmak et al.¹⁹ não encontraram associação significativa entre doença cardíaca e poluição do ar influenciada por gênero. Em outro estudo, de acordo com a análise estratificada por gênero, nenhuma associação estatisticamente significativa foi encontrada entre poluentes e mortalidade por DCV em mulheres, e entre os homens, apenas a NO₂ foi significativamente associado à mortalidade por DCV.²⁰ Zeka et al.²¹ identificaram um efeito menor da exposição ao PM₁₀ na mortalidade por DCV em mulheres com idade acima de 60 anos do que em homens da mesma faixa etária, sendo que a explicação possível seria a ação hormonal. Nas mulheres, no período pós-menopausa (idade acima de 60anos), na exposição ao PM₁₀, o risco de mortalidade por doença cardíaca foi cinco vezes maior que nas mulheres no período pré-menopausa, ao passo que em homens nessas faixas etárias, o risco era duas vezes maior no grupo acima de 60 anos.²² Um estudo desenvolvido em Xangai, sobre o papel dos poluentes do ar na mortalidade diária, mostrou que o efeito da exposição ao SO₂ e NO₂ na mortalidade foi ligeiramente maior nas mulheres que nos homens, sendo que

a concentração média de SO_2 era da ordem de $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e a de NO_2 , $67 \mu\text{g}/\text{m}^3$; o poluente monóxido de carbono não foi incluído neste estudo.¹⁵

Chen et al.²³ encontraram risco de óbito por doença coronariana (DC), decorrente da exposição ao PM_{10} e $\text{PM}_{2,5}$, significativamente maior em mulheres que em homens, tanto na análise com um poluente quanto na análise multipolvente; exposição ao SO_2 não esteve associada ao óbito por DC. Um motivo para tal achado seria o fato de a deposição do PM_{10} e $\text{PM}_{2,5}$ ser mais localizada e mais intensa nas mulheres que nos homens; número menor de glóbulos vermelhos nas mulheres poderia torná-las mais sensíveis aos efeitos tóxicos dos poluentes do ar.²³

Em estudo com mais de 65 mil mulheres no período pós-menopausa, a exposição ao particulado fino esteve associada à incidência de doença cardiovascular e também ao óbito.

Limitações

Este estudo pode ter limitações; dentre elas podem ser destacadas as próprias de estudos ecológicos; não é possível apontar a causalidade entre exposição e desfecho, senão apontar associações entre as exposições e os desfechos; não é possível identificar se o sujeito que foi internado foi exposto e se o sujeito exposto foi internado; os erros nos diagnósticos registrados no Datasus, levando a subnotificações e sobrenotificações de casos de infarto. No entanto, o Datasus é uma fonte oficial, confiável, muito utilizada em estudos na área de efeitos da exposição a poluentes do ar e adoecimento. Também não foram incluídas as internações por planos de saúde e convênios médicos. Deve-se salientar que o Datasus não contempla informações sobre fatores ou comorbidade associados às doenças isquêmicas do coração como tabagismo, sobrepeso e obesidade, hipercolestolemia e doenças pregressas do aparelho circulatório. As concentrações foram consideradas homogêneas em toda a cidade, e foi assumido que as exposições ocorreram de forma homogênea e as pessoas tinham livre circulação pela cidade.

Não obstante essas limitações, além de apontar os riscos da exposição a poluentes do ar na gênese das internações por infarto do miocárdio em uma cidade de porte médio, a robustez do estudo reside no fato de existirem diferenças nas

respostas à exposição aos poluentes de acordo com o sexo e de que análises envolvendo exposição a poluentes do ar e doenças do aparelho circulatórios estratificadas por sexo devem ser adotadas.

Conclusões

Este estudo revelou, também, que a avaliação do impacto global da poluição do ar na saúde, por meio de estudos de séries temporais, é importante para fortalecer, pelo setor saúde, a implantação da vigilância em saúde ambiental. Seu resultado mostra a estimativa direta do risco de adoecimento da população em função da variação das concentrações dos poluentes atmosféricos. Sugerem-se que medidas preventivas e educativas, utilizando-se dos meios de comunicação, coloquem a população sempre informada sobre as condições ambientais de poluição, bem como os melhores locais de práticas de esportes e lazer.

Agradecimentos

Tássia Soldi Tuan agradece à Fundação do Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela bolsa concedida (processo 2014/11656-7).

Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa, Obtenção de dados, Análise e interpretação dos dados, Redação do manuscrito e Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Tuan TS, Venâncio TS, Nascimento LFC; Análise estatística: Nascimento LFC.

Potencial conflito de interesse

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Fontes de financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

Vinculação acadêmica

Não há vinculação deste estudo a programas de pós-graduação.

Referências

1. Gouveia N, Freitas CU, Martins LC, Marcilio IO. Respiratory and cardiovascular hospitalizations associated with air pollution in the city of São Paulo, Brazil. *Cad Saúde Pública*. 2006;22(12):2669-77.
2. Pesaro AE, Serrano Jr CV, Nicolau JC. Infarto agudo do miocárdio: síndrome coronariana aguda com supradesnível do segmento ST. *Rev Assoc Med Bras*. 2004;50(2):214-20.
3. Ministério da Saúde. Departamento de Informações e Informática do Sistema Único de Saúde, DATASUS. [Citado em 2015 Dez 12]. Disponível em: <http://w3.datasus.gov.br/datasus/index.php>.
4. Nascimento LF. Air pollution and cardiovascular hospital admissions in a medium-sized city in São Paulo State, Brazil. *Braz J Med Biol Res*. 2011;44(7):720-4.
5. Piegas LS, Haddad N. Percutaneous coronary intervention in Brazil: results from the Brazilian Public Health System. *Arq Bras Cardiol*. 2011;96(4):317-24.
6. Zheng X, Dreyer RP, Hu S, Spatz ES, Masoudi FA, Spertus JA, et al; China PEACE Collaborative Group. Age-specific gender differences in early mortality following ST-segment elevation myocardial infarction in China. *Heart*. 2015;101(5):349-55.
7. Amancio CT, Nascimento LF. Association of sulfur dioxide exposure with circulatory system deaths in a medium-sized city in Brazil. *Braz J Med Biol Res* 2012;45(11):1080-5.
8. Sunyer J, Ballester F, Tertre AL, Atkinson R, Ayres JG, Forastiere F, et al. The association of daily sulfur dioxide air pollution levels with hospital admissions for cardiovascular diseases in Europe (The APHEA-II study). *Eur Heart J*. 2003;24(8):752-60.

9. Atkinson RW, Carey IM, Kent AJ, van Staa TP, Anderson HR, Cook DG. Long-term exposure to outdoor air pollution and incidence of cardiovascular diseases. *Epidemiology*. 2013;24(1):44-53. Erratum in: *Epidemiology*. 2013;24(2):339.
10. Pereira Filho MA, Pereira LA, Arbex FF, Arbex M, Conceição GM, Santos UP, et al. Effect of air pollution on diabetes and cardiovascular diseases in São Paulo, Brazil. *Braz J Med Biol Res*. 2008;41(6):526-32.
11. Morris RD, Naumova EN. Carbon monoxide and hospital admissions for congestive heart failure: evidence of an increased effect at low temperatures. *Environ Health Perspect*. 1998;106(10):649-53.
12. Burnett RT, Dales RE, Brook JR, Raizenne ME, Krewski D. Association between ambient carbon monoxide levels and hospitalizations for congestive heart failure in the elderly in 10 Canadian cities. *Epidemiology*. 1997;8(2):162-7.
13. Koken PJ, 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.
14. Martins LC, Pereira LA, Lin CA, Santos UP, Prioli G, Luiz Odo O, et al. The effects of air pollution on cardiovascular diseases: lag structures. *Rev Saúde Pública*. 2006;40(4):677-83.
15. Kan H, London SJ, Chen C, Zhang Y, Song G, Zhao N, et al. Season, Sex, age, and education as modifiers of the effects of outdoor air pollution on daily mortality in Shanghai, China: the public health and air pollution in Asia (PAPA) Study. *Environ Health Perspect*. 2008;116(9):1183-8.
16. Hong YC, Lee JT, Kim H, Ha EH, Schwartz J, Christiani DC. Effects of air pollutants on acute stroke mortality. *Environ Health Perspect* 2002;110(2):187-91.
17. Clougherty JE. A growing role for gender analysis in air pollution epidemiology. *Cien saúde colet*. 2011;16(4):2221-38.
18. São Paulo (Estado). Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e Defesa do Meio Ambiente (CETESB). [Citado em 2015 Dez 12]. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>
19. Cakmak S, Dales RE, Judek S. Do gender, education, and income modify the effect of air pollution gases on cardiac disease? *J Occup Environ Med*. 2006;48(1):89-94.
20. Liu Y, Chen X, Huang S, Tian L, Lu Y, Mei Y, et al. Association between Air Pollutants and Cardiovascular Disease Mortality in Wuhan, China. *Int J Environ Res Public Health*. 2015;12(4):3506-16.
21. Zeka A, Zanobetti A, Schwartz J. Individual-level modifiers of the effects of particulate matter on daily mortality. *Am J Epidemiol*. 2006;163(9):849-59.
22. Miller KA, Siscovick DS, Sheppard L, Shepherd K, Sullivan JH, Anderson GL, et al. Long-term exposure to air pollution and incidence of cardiovascular events in women. *N Engl J Med*. 2007;356(5):447-58.
23. Chen LH, Knutsen SF, Shavlik D, Beeson WL, Petersen F, Ghamsary M, et al. The association between fatal coronary heart disease and ambient particulate air pollution: are females at greater risk? *Environ Health Perspect*. 2005;113(12):1723-9. Erratum in: *Environ Health Perspect*. 2006;114(1):A21.