

**ASSOCIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO DA FRAÇÃO FINA DE MATERIAL PARTICULADO POR
DOENÇAS RESPIRATÓRIAS EM CRIANÇAS EM UM MUNICÍPIO DE PORTE MÉDIO***ASSOCIATION OF FINE FRACTION EXPOSURE OF RESPIRATORY DISEASE PARTICULATE
MATTER IN CHILDREN IN A MEDIUM-SIZED MUNICIPALITY**ASOCIACIÓN DE EXPOSICIÓN A FRACCIÓN FINA DE PARTÍCULAS DE ENFERMEDADES
RESPIRATORIAS EN NIÑOS DE UN MUNICIPIO DE TAMAÑO MEDIANO**Ana Carolina dos Santos Cursino¹ (Carolina_cursino19@outlook.com)**Kátia Cristina Cota Mantovani¹ (katia@fatecguaratingueta.edu.br)**Luiz Fernando Costa Nascimento² (fernando.nascimento@unesp.br)**¹ Faculdade de Tecnologia de Guaratinguetá (Fatec)**² Universidade Estadual Paulista (UNESP)***Resumo**

O objetivo deste estudo é estimar a associação entre exposição à fração fina do material particulado e internações por doenças respiratórias em crianças residentes São José do Rio Preto, SP. Compreende em um estudo ecológico de séries temporais, realizado no município de São José do Rio Preto – SP, no período de 01.01.2015 e 31.12.2017, de crianças com até 10 anos de idade. Utilizaram-se dados diários sobre o número de internações obtidos do DATASUS e os poluentes da CETESB, ajustados pela temperatura mínima e umidade relativa do ar. Foi utilizado o modelo generalizado da Regressão de Poisson para estimar os riscos relativos das exposições no desfecho – internação e foram consideradas defasagens de zero até cinco dias, com intervalo de confiança de 95% e com o $\alpha=5\%$. Ocorreram 2.096 internações (1.160 meninos e 936 meninas); para o sexo feminino obteve-se risco relativo (RR) de 1,054 no lag 5 e nos meninos a exposição foi significativa no lag 5 com um RR de 1,047 no modelo unipolvente, para ambos, o resultado de exposição apresenta significância em quase todos os lags e o risco relativo chegou a 1,041. Identificou-se que a exposição à fração fina tem efeito significativo nas internações hospitalares por doenças respiratórias em ambos os sexos em longo prazo.

Palavras-chave: Poluição do ar; Saúde infantil; Doenças respiratórias; Partículas grossas.

Abstract

The aim of this study is to estimate the association between exposure to fine fraction of particulate matter and hospitalizations for respiratory diseases in resident children. It comprises an ecological study of time series, carried out in the municipality of São José do Rio Preto - SP, from 01.01.2015 to 31.12.2017, of children up to 10 years old. Daily data on the number of hospitalizations obtained from DATASUS and CETESB pollutants, adjusted by minimum temperature and relative humidity, were used. The generalized Poisson Regression model was used to estimate the relative risks of exposures at the hospitalization endpoint, and lags of zero to five days were considered, with a 95% confidence interval and $\alpha = 5\%$. There were 2,096 hospitalizations (1,160 boys and 936 girls); for females a relative risk (RR) of 1.054 was obtained in lag 5 and in boys the exposure was significant in lag 5 with a RR of 1.047 in the unipolvent model, for both, the exposure result is significant in almost all lags. and the relative risk arrived in 1,041. Exposure to fine fraction has been found to have a significant effect on long-term hospitalizations for respiratory disease in both sexes.

Keywords: Air Pollution; Children's health; Respiratory diseases; Coarse particles.

Resumen

El objetivo de este estudio es estimar la asociación entre la exposición a una fracción fina de partículas y hospitalizaciones por enfermedades respiratorias en niños residentes. Comprende un estudio ecológico de series temporales, realizado en el municipio de São José do Rio Preto - SP, del 01.01.2015 al 31.12.2017, de niños de hasta 10 años. Se utilizaron datos diarios sobre el número de hospitalizaciones obtenidas de contaminantes DATASUS y CETESB, ajustados por temperatura mínima y humedad relativa. El modelo de regresión de Poisson generalizado se utilizó para estimar los riesgos relativos de exposición en el resultado de la hospitalización, y se consideraron retrasos de cero a cinco días, con un intervalo de confianza del 95% y $\alpha = 5\%$. Hubo 2,096 hospitalizaciones (1,160 niños y 936 niñas); para las mujeres se obtuvo un riesgo relativo (RR) de 1.054 en el retraso 5 y en los niños la exposición fue significativa en el retraso 5 con un RR de 1.047 en el modelo unipolvente, para ambos, el resultado de la exposición es significativo en casi todos los retrasos. y el riesgo relativo llegó hace 1,041. Se ha descubierto que la exposición a la fracción fina tiene un efecto significativo en las hospitalizaciones a largo plazo por enfermedad respiratoria en ambos sexos.

Palabras clave: Contaminación del aire; Salud infantil; Enfermedades respiratorias; Partículas finas.

Introdução

Em 2018, ocorreu no Brasil cerca de 1,2 milhão de internação por doenças respiratórias gerando despesa de aproximadamente R\$ 1,2 bilhão, com cerca de 96 mil óbitos; sendo que em São Paulo ocorreram cerca de 225 mil internações, com um custo de aproximadamente R\$ 250 milhões e 23 mil óbitos, e em São José do Rio Preto ocorreram 3.013 internações, com um custo de aproximadamente 5 milhões e 313 óbitos (DATASUS, 2019).

As doenças respiratórias foram responsáveis por 19% de todas as mortes no Brasil em 2018. Neste mesmo ano, o óbito por essa causa entre as crianças menores de 01 ano foi de cerca de 7%, entre 01 e 04 anos foi de 27% e entre 05 a 09 anos foi de 18,5% (DATASUS, 2019).

Alguns estudos como de Botelho *et al.* (2003), Gonçalves-Silva (2006), Macedo *et al.* (2007), Ribeiro (2008), Sousa *et al.* (2012) apontam que os fatores associados às doenças respiratórias em crianças ocorrem por presença de mofo e umidade na casa, condições de moradias insalubres, histórico de alergia respiratória como a asma, irritação brônquica de causas infecciosas e não infecciosas, como fumaça de cigarro e processos alérgicos.

Mas, existem outros estudos que têm mostrado associação entre a exposição aos poluentes do ar, entre eles: material particulado, ozônio, monóxido de carbono, dióxido de enxofre e outros, e internações hospitalares por doenças respiratórias (BAKONYI *et al.*, 2004; NASCIMENTO *et al.*, 2006; SILVA *et al.*, 2013; CESAR *et al.*, 2013). Os estudos mostram que as faixas etárias mais suscetíveis são as crianças de 0 a 10 anos e adultos acima de 40 anos. São poucos os estudos que tratam da poluição do ar associado a doenças respiratórias em municípios de médio porte dentre eles temos: São José dos Campos (NASCIMENTO *et al.*, 2006), Piracicaba (CESAR *et al.*, 2013), Araraquara (SOUZA e NASCIMENTO, 2016; ARBEX, 2001), São José do

Rio Preto (PATTO *et al.*, 2016), Sorocaba (NEGRISOLI e NASCIMENTO, 2013; GAVINIER e NASCIMENTO, 2013), entre outros.

Segundo o Instituto Ambiental do Paraná (IAP, 2019), a poluição do ar é causada por fontes fixas ou móveis. As fontes fixas são: indústrias, as usinas termoelétricas (que utilizam carvão, óleo combustível ou gás, bem como os incineradores de resíduos). Entre as fontes fixas, existem as naturais, como maresia e vulcanismo, que podem influenciar a composição do ar. As fontes móveis são os veículos automotores, juntamente com os trens, aviões e embarcações marítimas. Os veículos se destacam nas cidades como as principais fontes poluidoras e são divididos em: leves de passageiro (utilizam principalmente gasolina ou álcool como combustível); leves comerciais (utilizam gás natural veicular (GNV) ou óleo diesel) e veículos pesados (somente de óleo diesel).

Por meio da análise dos poluentes do ar, é possível ter uma perspectiva da interferência dos mesmos em doenças respiratórias nas crianças. O estudo em questão poderá fornecer dados para o Sistema de saúde pública e para o setor financeiro do Brasil, podendo vir a auxiliar no controle da poluição do ar, conseqüentemente, na prevenção das internações pelas doenças associadas a este aparelho.

Este estudo teve como objetivo estimar os efeitos da exposição à fração fina (PM_{2,5}) em internações hospitalares por doenças respiratórias entre crianças de 0 a 10 anos, residentes do município de São José do Rio Preto - SP.

1. Métodos

1.1 Local de estudo

O local de estudo foi o município São José do Rio Preto, localizado no interior do estado de São Paulo-Brasil, pertencente à mesorregião e microrregião de mesmo nome, a noroeste da capital do estado e distando de 440 km. É um dos principais polos industriais, culturais e de serviços do interior de São Paulo, destacando a atividade sucroalcooleira. Segundo a pesquisa do Censo (2010), a população é cerca de 400 mil habitantes e possui frota automobilística de 320 mil veículos.

Está a uma altitude média de 489 metros, com área de 430 km. Em São José do Rio Preto, o clima é tropical, o verão tem muito mais pluviosidade que o inverno. A temperatura média é 22,8 °C e coordenadas geográficas 49° 22' oeste e 20° 49' sul.

Possui uma taxa de urbanização da ordem de 94,08%; o município contava em 2009, com 53 estabelecimentos de Saúde-SUS. A taxa de mortalidade infantil média na cidade é de 8.42 para 1.000 nascidos vivos. O seu Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é de 0,797, considerado como elevado em relação ao estado (IBGE, 2017).

1.2 Coleta de dados

Trata-se de estudo ecológico com dados relativos a internações por doenças respiratórias (Cid-10 de J-00.0 a J-99.9) em crianças, na faixa etária de 0 a 10 anos, residentes em São José do Rio Preto – SP, entre 01.01.2015 a 31.12.2017.

Os dados das internações foram obtidos do portal do Sistema Único de Saúde do Brasil (DATASUS, 2019), quanto aos dados dos poluentes foram retirados do site da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2019).

O Ozônio (O₃) é um poluente secundário altamente oxidante na troposfera (camada inferior da atmosfera); o dióxido de Nitrogênio (NO₂), um gás poluente com ação altamente oxidante, sua presença na atmosfera é fator chave na formação do ozônio troposférico; o Material Particulado (PM), uma mistura complexa de sólidos com diâmetro reduzido, cujos componentes apresentam características físicas e químicas diversas. Em geral, o material particulado é classificado de acordo com o diâmetro das partículas, devido à relação existente entre diâmetro e possibilidade de penetração no trato respiratório, sendo o PM₁₀ aquele com diâmetro aerodinâmico inferior a 10 micrómetros (µm); neste estudo foi analisada a fração fina (PM_{2,5}). (ECYCLE, 2019)

Os valores médios, mínimos, máximos e respectivos desvios padrão das variáveis dessa pesquisa foram calculados pelo Stata e estão apresentados na Tabela 1. Os coeficientes fornecidos pela Regressão de Poisson estão na tabela 2. Foi calculado o aumento percentual do risco (AUM %) para internação por doenças respiratórias considerando um aumento de 5 µg/m³ de acordo com a expressão: $AUM (\%) = (\exp. Coef^{*5} - 1)$.

Os valores obtidos para os riscos relativos de acordo com o intervalo interquartil serão apresentados, em forma de figuras, com seus intervalos de confiança de 95%. A significância estatística adotada neste estudo será de 5% (alfa = 5%).

Por se tratar de análise de dados que estão disponíveis na rede e podem ser acessados publicamente, não sendo possível a identificação dos sujeitos deste estudo.

1.3 Sobre o Modelo

Para verificar a associação entre o número de internações por doenças respiratórias e os poluentes (O₃, NO₂ e PM_{2,5}), foram realizadas análises utilizando Regressão de Poisson.

Segundo Paula (2004), o modelo linear generalizado (MLG) representa a união de modelos lineares e não lineares com uma distribuição da família exponencial, que é formada pela distribuição normal, Poisson, binomial, gama, normal inversa e incluem modelos lineares tradicionais (erros com distribuição normal), bem como modelos logísticos. Para Maccullagh e Nelder (1989) e Tadano (2006 e 2007), os MLG são definidos por uma distribuição de

probabilidade, membro da família exponencial de distribuições e são formados pelas componentes aleatória e sistemática.

A equação abaixo relaciona a média da variável resposta μ à estrutura definida pelo MLG:

Equação: $\mu(E) = \beta_0 + \beta_1(X_1) + \dots + \beta_n(X_n)$.

Segundo Maccullagh, o coeficiente de regressão $\beta = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$ representa o vetor de parâmetros a ser estimado. Cada distribuição tem uma função de ligação especial, chamada de função de ligação canônica que ocorre quando $\eta = \theta_i$, onde θ é o chamado parâmetro de localização ou parâmetro canônico, e no caso da Regressão de Poisson η será o $\ln(\mu)$.

2. Resultados

Foram incluídas 2.096 internações (1.160 meninos e 936 meninas) no período estudado (2015 a 2017), com média de 1,68 casos por dia (DP = 0,95). As médias diárias e seus desvios padrões (DP), mínimo – máximo (min-max) dos poluentes, temperatura e umidade do ar relativa estão na Tabela 1:

Tabela 1: Estatísticas descritivas dos poluentes com suas médias e respectivos desvios padrões (DP), valores min-max, temperatura e umidade, Internações para meninos e meninas, em São José do Rio Preto, SP, 2015-2017.

Poluentes	Média (DP)	Min – Max
PM ₁₀ ($\mu\text{g} / \text{m}^3$)	34,7 (20,9)	7,0 – 105,0
PM _{2,5} ($\mu\text{g} / \text{m}^3$)	15,1 (9,4)	3,0 – 53,0
Fração Grossa ($\mu\text{g} / \text{m}^3$)	19,6 (12,5)	2,0 – 72,0
NO ₂ ($\mu\text{g} / \text{m}^3$)	49,1 (24,5)	8,0 – 135,0
O ₃ ($\mu\text{g} / \text{m}^3$)	63,7 (24,2)	5,0 – 153,0
TEMP (°C)	31,2 (3,9)	2,4 – 40,5
UR (%)	46,4 (16,4)	13,0 – 100,0
Internações Meninos	1,1 (1,2)	0,0 – 7,0
Internações Meninas	0,9 (1,0)	0,0 – 5,0

Fonte: Elaborado pelos próprios autores (2019)

Durante a validação dos resultados, cerca de 4% dos dados eram faltantes. Percebe-se que o PM_{2,5} correspondeu a 43,7% do PM₁₀. As 2.096 internações que ocorreram devido a doenças do aparelho respiratório nas crianças tiveram um alto custo para o setor público, pois o valor médio por internação é de R\$ 934,00 e tem-se um gasto total de aproximadamente R\$ 2 milhões somente no período estudado.

A seguir, encontram-se os coeficientes e seus respectivos erros padrões, separado por sexo (Masculino, Feminino e Ambos), que envolveu a fração fina (PM_{2,5}) e outros poluentes, com duração de até cinco dias:

Tabela 2: Valores dos coeficientes da regressão de Poisson e respectivos erros padrão (se) entre parênteses, para masculino, feminino e ambos, segundo lags de 0 a 5 dias, São José do Rio Preto - SP, 2015 - 2017.

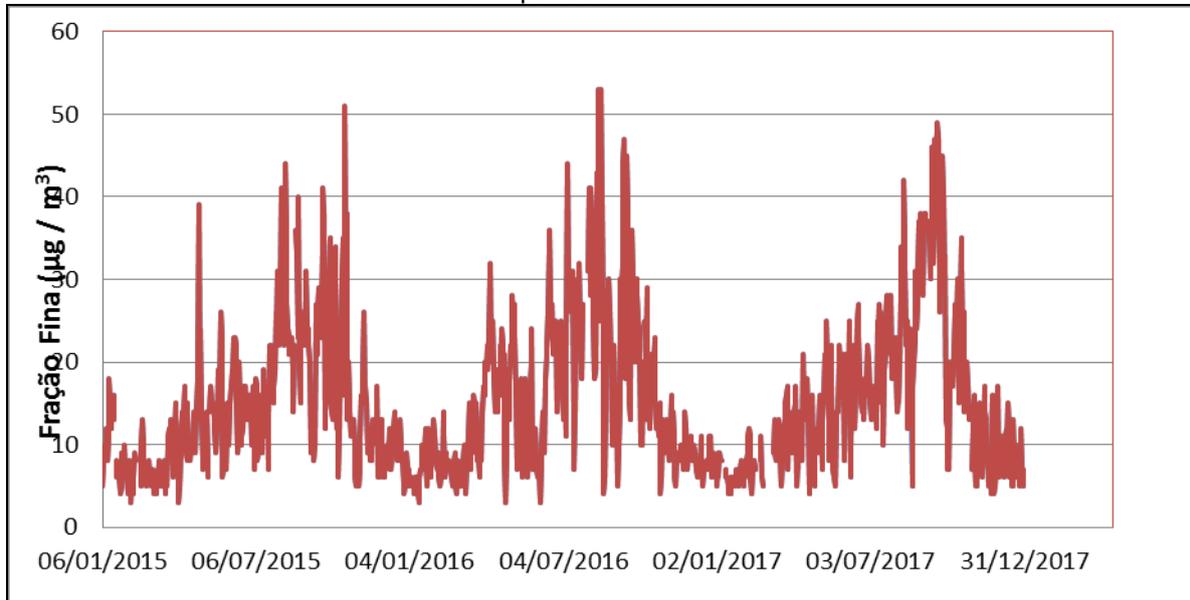
Lag	Fração Fina (se)	Fração Fina + O3 (se)	Fração Fina + NO2 (se)	Fração Fina + NO2 + O3 (se)
Lag0	M (-0,00024) (0,00445)	0,00124 (0,00466)	(-0,00501) (0,00520)	(-0,00208) (0,00540)
	F 0,00642 (0,00478)	0,00949 (0,00497)	0,00143 (0,00558)	0,00425 (0,00578)
	A 0,00756 (0,00161)	0,00963 (0,00178)	0,00760 (0,00211)	0,01008 (0,00227)
Lag1	M 0,00648 (0,00434)	0,00812 (0,00455)	0,00199 (0,00505)	0,00398 (0,00528)
	F 0,00368 (0,00488)	0,00858 (0,00510)	0,00317 (0,00563)	0,00930 (0,00586)
	A 0,00515 (0,00168)	0,00722 (0,00184)	0,00147 (0,00220)	0,00334 (0,00236)
Lag2	M (-0,00098) (0,00449)	(-0,00046) (0,00473)	(-0,00702) (0,00528)	(-0,00651) (0,00556)
	F 0,00363 (0,00492)	0,00811 (0,00515)	0,00221 (0,00566)	0,00726 (0,00595)
	A 0,00552 (0,00166)	0,00749 (0,00184)	0,00138 (0,00220)	0,00394 (0,00237)
Lag3	M (-0,00027) (0,00450)	0,00120 (0,00472)	(-0,00076) (0,00519)	0,00096 (0,00545)
	F 0,00186 (0,00494)	0,00529 (0,00518)	(-0,00461) (0,00582)	(-0,00061) (0,00607)
	A 0,00690 (0,00164)	0,00884 (0,00182)	0,00091 (0,00220)	0,00275 (0,00237)
Lag4	M 0,00753 (0,00439)	0,00748 (0,00464)	(-0,00392) (0,00510)	0,00487 (0,00537)
	F (-0,00515) (0,00505)	(-0,00155) (0,00530)	(-0,00983) (0,00591)	(-0,00541) (0,00619)
	A 0,00812 (0,00162)	0,00982 (0,00180)	0,00375 (0,00217)	0,00544 (0,00233)
Lag5	M 0,00924 (0,00434)	0,01034 (0,00454)	0,00528 (0,00503)	0,00679 (0,00525)
	F 0,01054 (0,00483)	0,01549 (0,00504)	0,00410 (0,00568)	0,01012 (0,00591)
	A 0,00783 (0,00166)	0,00833 (0,00183)	0,00526 (0,00217)	0,00561 (0,00233)

Fonte: Elaborado pelos próprios autores (2019).

Nesta tabela, estão fornecidos os valores do modelo para exposições à fração fina nas crianças, ressaltando que para ambos o resultado à exposição de poluentes é mais suscetível em quase todos os lags, enquanto para o sexo masculino e feminino o efeito da exposição ocorre somente em longo prazo (lag5).

A Figura 1 mostra a série temporal, no qual se se identifica uma sazonalidade que ocorre nos três anos estudados. Percebe-se que, nos meses de chuvosos há uma diminuição na concentração do poluente, enquanto em meses mais frios e secos há um aumento de concentração:

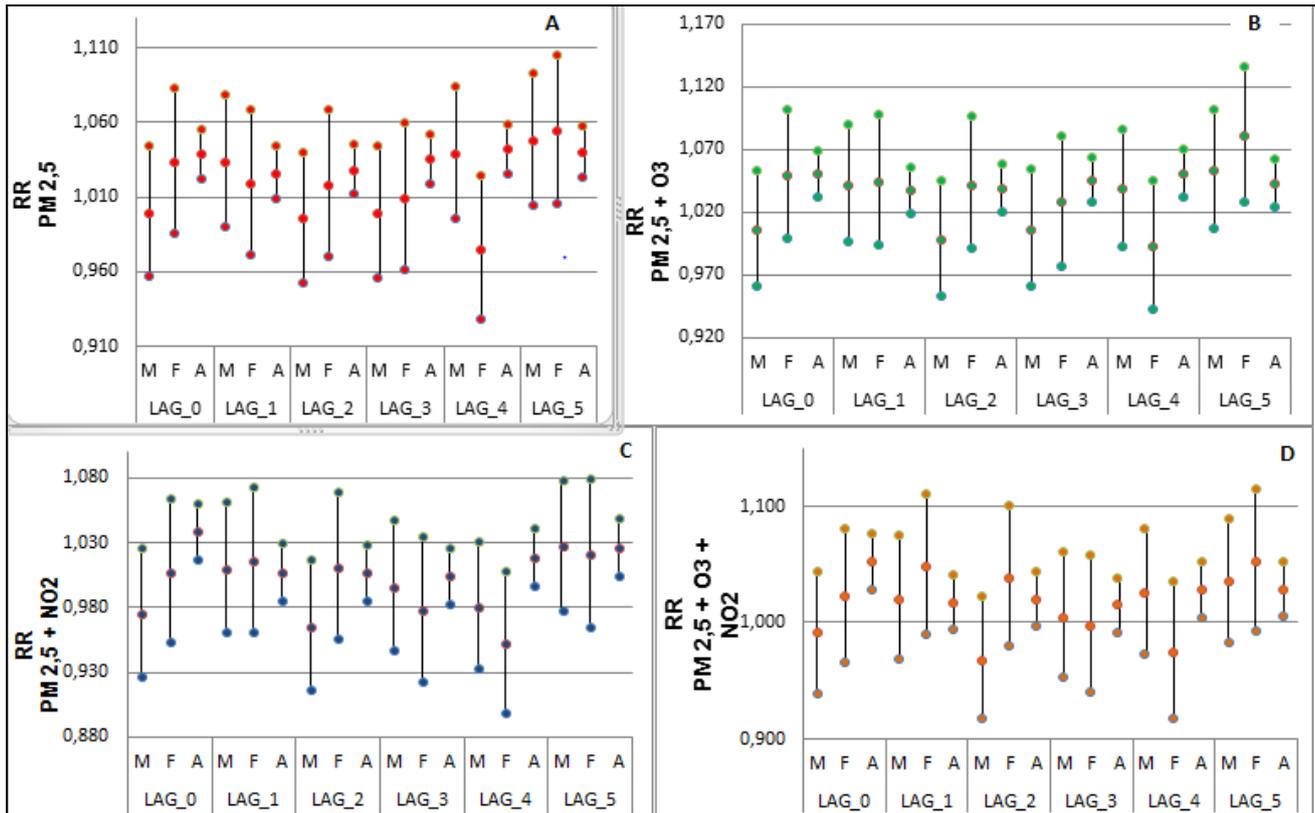
Figura 1: Série Temporal da concentração da fração grossa em $\mu\text{g} / \text{m}^3$ no município de São José do Rio Preto no período de 2015-2017.



Fonte: Elaborado pelos próprios autores (2019).

Os riscos relativos segundo aumento de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nas internações, separado por sexo e ambos são mostrados na Figura 2 (A, B, C e D):

Figura 2: Riscos relativos para internação em crianças, pela exposição ao material particulado (fração grossa) no modelo unipolvente e multipolvente, segundo sexo masculino, feminino e ambos, São José do Rio Preto, SP; 2015 - 2017.



Fonte: Elaborado pelos próprios autores (2019).

Pode ser observado que o RR do modelo unipolvente (PM_{2,5}) atinge um valor de até 1,054 para o sexo feminino no lag 5; para os meninos o RR chega até 1,047 no lag 5; em ambos apresenta um RR até 1,041 no lag 4, porém tem significância para o lag 0, 1, 2, 3 e 5 também.

No modelo contendo a fração fina e o O₃, tem-se um RR de 1,081 no lag 5 para as meninas, e na comparação com os meninos, tem-se o RR=1,053 somente no lag 5; quanto a ambos o RR atinge um valor de até 1,050 no lag 4, e mostra efeito em todos os lags.

Em conjunto com o NO₂ a fração fina apresenta significância para ambos, onde o RR chega a 1,039 no lag 0, também mostra significância no lag 5 com um RR de até 1,027.

No modelo multipolvente (PM_{2,5}, NO₂ e O₃), a exposição aos poluentes apresenta significância para ambos com um RR de até 1,052 no lag 0, mas apresenta significância também no lag 4 e 5.

Por meio dessas análises, verifica-se que o risco relativo é sempre maior na exposição em longo prazo (lag 5) para o sexo feminino e masculino, no modelo unipolvente (PM_{2,5}) e em conjunto com o Ozônio (O₃). Ao analisar ambos os sexos, observa-se que os efeitos dos poluentes apresentam significância em praticamente todos os lags.

Ao aplicar uma diminuição de 5 µg/m³, as internações hospitalares para o sexo feminino diminuiriam em 5,6%, o que resultaria em 52 internações a menos, resultando uma economia de até R\$ 52.000,00 nos três anos e, para o sexo masculino, ocorreria uma diminuição de 4%, que

geraria 46 internações a menos, tendo uma economia de R\$ 46.000,00 no período estudado. Somando os dois sexos teria uma economia de cerca de R\$ 100.000,00 para os cofres públicos.

3. Discussão

Este estudo identificou o impacto da exposição à fração fina nas internações hospitalares de crianças por doenças respiratórias e mostrou que os efeitos desse poluente são similares para ambos os sexos.

Constatou-se que a fração fina corresponde a 43,7% do PM₁₀. Em um estudo realizado por Patto et al. (2016), foi identificado que a fração fina (PM_{2,5}) corresponde com 60% a 70% na sua concentração. Essas oscilações podem ocorrer devido às atividades de queimadas no município, as variáveis climáticas da região e pelas fontes móveis urbanas e estacionárias do local estudado.

Para Gomes *et al.* (2014), constatou que no Brasil as concentrações máximas de material particulado (PM₁₀) em seis regiões metropolitanas do país estavam acima dos limites estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS) em todos os anos de 1995 a 2012, embora esses níveis estivessem dentro dos limites estabelecidos por Agências governamentais brasileiras.

No estudo de Antunes *et al.*, aponta o crescimento que a produção sucroalcooleira tem trazido para o mercado econômico brasileiro, gerando mais de U\$\$ 2 bilhões de dólares com a produção de cana-de-açúcar e exportação de açúcar, porém essas atividades vêm trazendo impactos ambientais com a queima da palha de cana-de-açúcar. Um dos pontos mais críticos sobre essa queima são as emissões de gases do efeito estufa na atmosfera e a poluição do ar atmosférico pela fumaça e fuligem.

Essas queimadas ocorrem principalmente durante a estação seca de abril a novembro, coincidindo com o período de baixas precipitações e piores condições de dispersão da fumaça e de partículas da fuligem, o que agrava seus efeitos sobre a qualidade do ar, provocando transtornos pela sujeira nas residências domésticas e causando doenças dermatológicas, cardiovasculares e respiratórias na população devido à poluição atmosférica. Verificou-se pelo gráfico da série temporal, que a concentração de fração grossa aumenta nesse período.

Ainda que exista a Lei nº 11.241 de 2002 do Estado de São Paulo, que controla a queima da cana-de-açúcar para despalha e que instalou um cronograma para que a totalidade dos canaviais deixe de ser queimados, é possível que essas queimas ainda existam. A norma exige um planejamento de adequar as áreas de produção ao plano de eliminação de queimadas, com o prazo para até o ano de 2017, que inclui o período dessa pesquisa de 2015 a 2017.

Verificou-se que existe uma possível associação entre as doenças respiratórias em crianças e as queimadas da palha da cana de açúcar, que existiam na região de São José do Rio Preto.

No município de Araraquara (entre março a junho de 2009), foi analisada a relação das queimadas com as doenças respiratórias em crianças menores de cinco anos, abordando controle diário das faltas escolares, razões alegadas, concentração total de partículas em suspensão ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) e umidade do ar, verificaram que a relação entre o percentual de faltas por motivo respiratório e concentração de material particulado no mês de março e no período de abril a junho apresentou comportamento distinto: aumento das faltas com o aumento da concentração do material particulado (MAURO *et al.*, 2015).

Em Cuiabá, estado de Mato Grosso (região da Amazônia), identificou-se um crescimento de $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ nos níveis de exposição ao $\text{PM}_{2.5}$ foi associado a aumentos de 9,1%, 9,2% e 12,1% das internações hospitalares de crianças, relacionados às médias móveis de 1, 2 e 5 dias, respectivamente. O nível de exposição ao material particulado foi associado a aumentos de 11,4%, 21,6% e 22,0% em crianças, referentes às médias móveis de 1, 5 e 6 dias, respectivamente, para a estação seca (SILVA *et al.*, 2013).

Em Chaves *et al.* (2017), realizou um estudo em São José dos Campos-SP, onde foram registradas 1.710 internações por pneumonia e asma, com média diária de 4,9 internações (DP=2,9). Os dados de saída do modelo mostraram correlação positiva e significativa ($R = 0,38$) com os dados reais; as acurácias avaliadas para o modelo foram maiores para o dióxido de enxofre nos lag 0 e 2 e para o material particulado no lag 1.

Cesar *et al.* (2013), foi estimado a associação entre a exposição ao material particulado com menos de 2,5 micra de diâmetro aerodinâmico e internações por doenças respiratórias em crianças de 0 a 10 anos de idade em Piracicaba, SP. Os riscos relativos foram $RR = 1,008$; IC 95% 1,001; 1,016 para o lag 1 e $RR = 1,009$; IC 95% 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 em um 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.

Deste modo, é possível que as crianças apresentem maior suscetibilidade à exposição aos poluentes devido a maior ventilação minuto, ao metabolismo basal acelerado e à intensa atividade física e um sistema imunológico, ainda não totalmente desenvolvido apresenta grande suscetibilidade às infecções respiratórias.

Ainda afirmam que estudos nas regiões canavieiras do estado de São Paulo mostraram que variações nas concentrações do material particulado, durante o período da queima da cana-de-açúcar, estão relacionadas com aumento de inalações em serviços de emergência e aumento de internações hospitalares em crianças, adultos e idosos por asma e hipertensão.

Isso mostra o quanto às internações por doenças respiratórias causam um grande impacto nos cofres públicos, se os municípios seguissem as leis e trabalhassem para aumentar a

qualidade do ar diminuindo as atividades de queimas esse dinheiro poderia ser revertido para outras áreas públicas.

Este estudo pode ter limitações, dentre elas: falta de informações sobre as condições de moradia das crianças, presença de fumantes nas residências, os dados são de fontes secundárias (podendo não haver a contabilização de internações por convênios médicos, reinternações, planos de saúde, além de moradores das cidades vizinhas que fornecem o endereço de São José do Rio Preto).

Apesar das possíveis limitações descritas, foi possível identificar o impacto da exposição à fração fina resultando em internações hospitalares de crianças, por doenças respiratórias e mostrou que os efeitos desse poluente são similares para cada sexo.

Referências

ANTUNES, João Francisco Gonçalves; AZANIA, Carlos Alberto Mathias; AZANIA, Andréa A. Padua Mathias. **Cultivar: Impactos ambientais das queimadas de cana-de-açúcar**. Disponível em: <https://www.grupocultivar.com.br/ativemanager/uploads/arquivos/artigos/27-01_gc_cana.pdf> Acesso em: 04 de ago. de 2019.

ARBEX, Marcos Abdo. **Avaliação dos efeitos do material particulado proveniente da queima da plantação de cana-de-açúcar sobre a morbidade respiratória na população de Araraquara-SP**. 2001. Tese (Doutorado em Ciência) - Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

BAKONYI, Sonia Maria Cipriano; DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco; MARTINS, Lourdes Conceição; BRAGA, Alfésio Luís Ferreira. **Poluição atmosférica e doenças respiratórias em crianças na cidade de Curitiba, PR**. Rev. Saúde Pública, 2004; 38: 695-700.

BOTELHO, Clovis; CORREIA, Aldemir Lopes; SILVA, Ageo Mário Cândido da; MACEDO, Alex Gonçalves; SILVA, Clystenes Odir Soares. **Fatores ambientais e hospitalizações em crianças menores de cinco anos com infecção respiratória aguda**. Cad. Saúde Pública, 2003; 19: 1771-1780.

CESAR, Ana Cristina Gobbo; NASCIMENTO, Luiz Fernando Costa; JR, João Andrade Carvalho. **Associação entre exposição ao material particulado e internações por doenças respiratórias em crianças**. Rev. Saúde Pública, 2013; 47: 1209-1212.

CHAVES, Luciano Eustáquio; NASCIMENTO, Luiz Fernando Costa; RIZOL, Paloma Maria da Silva Rocha. **Modelo nebuloso para estimar o número de hospitalizações por asma e pneumonia sob os efeitos da poluição do ar**. Rev. Saúde Pública, 2017; 51: 55.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB, 2019). Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/ar/padroes-de-qualidade-do-ar/>> Acesso em: 22 de ago. de 2019.

DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA DO SUS – DATASUS. Ministério Da Saúde. Cadernos de Informação de Saúde. <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sih/cnv/nruf.def>. Acesso: 05 de set. de 2019.

ECYCLE. Conheça os principais poluentes atmosféricos. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/2510-poluentes-atmosfericos>> Acesso em: 19 nov. 2019.

GAVINIER, Samara S.; NASCIMENTO, Luiz Fernando Costa. **Material particulado e internações por doenças isquêmicas do coração em Sorocaba, SP.** Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science, 2013; 8: 228-36.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ (IAP). Fontes de Poluição Atmosférica. Disponível em: <<http://www.iap.pr.gov.br/pagina-1415.html>> Acesso em: 10 de out. de 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). São José do Rio Preto. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-jose-do-rio-preto/panorama>> Acesso em: 27 de agosto de 2017.

INSTITUTO DE MATEMÁTICA E ESTATÍSTICA. Modelos de regressão com apoio computacional. São Paulo, Universidade de São Paulo, 2004. Disponível em: <<http://www.ime.usp.br/~giapaula/livro.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2018.

GOMES, JF; MIRANDA, Rosa Maria Mendes; CARVALHO, Patrícia A; QUINTINO, ML. **Efeito dos modos de transferência de metal e da composição do gás de proteção na emissão de partículas ultrafinas na soldagem de aço MAG.** Soldagem & Inspeção, 2014; vol. 19: No. 2 pp. 168-176.

GONÇALVES-SILVA, Regina M.V.; VALENTE, Joaquim G., LEMOS-SANTOS, Márcia G. F.; SICHIERI, Rosely. **Tabagismo no domicílio e doença respiratória em crianças menores de cinco anos.** Cad. Saúde Pública, 2006; 22: 579-586.

MACCULLAGH, P; NELDER, John A. **Generalized linear models.** 2 ed. Flórida, EUA: Chapman & Hall, 1989.

MACEDO, Silvia Eliane Cardozo; MENEZES, Ana Maria Baptista; ALBERNAZ, Elaine; POST, Paulo; KNORST, Marli. **Fatores de risco para internação por doença respiratória aguda em crianças até um ano de idade.** Rev. Saúde Pública, 2007; 41: 351-358.

MAURO, Carla Cabrini; FERRANTE, Vera Lúcia Silveira Bota; ARBEX, Marcos Abdo; RIBEIRO, Maria Lúcia; MAGNANI, Romeu. **Pré-colheita queima e saúde cana: a associação entre faltas escolares e queima de canaviais.** Rev. Saúde Pública, 2015; 49: 25.

NASCIMENTO, Luiz Fernando Costa; PEREIRA, Luiz Alberto A.; BRAGA, Alféio Luís Ferreira; MÓDOLO, Maria Carolina C.; JR; João Andrade Carvalho. **Efeitos da poluição atmosférica na saúde infantil em São José dos Campos, SP.** Rev. Saúde Pública, 2006; 40: 77-82.

NEGRISOLI, Juliana; NASCIMENTO, Luiz Fernando Costa. **Poluentes atmosféricos e internações por pneumonia em crianças.** Rev. paul. Pediatr., 2013; 31: 501-506.

PATTO, Nicole Vargas; NASCIMENTO, Luiz Fernando Costa; MANTOVANI, Kátia Cristina Cota; VIEIRA, Luciana Cristina Pompeu Ferreira da Silva; MOREIRA, Demerval Soares. **Exposição a partículas finas e internações por pneumonia: Efeitos no número de internações e seus custos.** Rev. Assoc. Med. Bras., 2016; 62: 342-346.

RIBEIRO, Helena. **Queimadas de cana-de-açúcar no Brasil: efeitos à saúde respiratória.** Rev. Saúde Pública, 2008; 42: 370-376.

SILVA, Ageo Mário Cândido da; MATTOS, Ines Echenique; IGNOTTI, Eliane; HACON, Sandra de Souza. **Material particulado originário de queimadas e doenças respiratórias.** Rev. Saúde Pública, 2013; 47: 345-352.

SOUSA, Clóvis Arlindo de; CÉSAR, Chester Luiz Galvão; BARROS, Marilisa Berti de Azevedo; CARANDINA, Luana; GOLDBAUM, Moisés; PEREIRA, Júlio Cesar Rodrigues. **Doenças**

respiratórias e fatores associados: estudo de base populacional em São Paulo, 2008-2009.
Rev. Saúde Pública, 2012; 46: 16-25.

SOUZA, Laís Salgado Vieira de; NASCIMENTO, Luiz Fernando Costa. **Poluentes atmosféricos e interações por pneumonia em crianças: uma análise de séries temporais.** Rev. Assoc. Med. Bras., 2016; 62: 151-156.

TADANO, Yara de Souza; UGAYA, Cássia Maria Lie; FRANCO, Admilson Teixeira. **Análise estatística do impacto da poluição atmosférica na saúde populacional.** In: RIO OIL & GAS 2006 EXPO AND CONFERENCE, 13, 2006, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: Editora IBP, 2006 a.

TADANO, Yara de Souza. **Análise do impacto de MP10 na saúde populacional: estudo de caso em Araucária, PR.** Curitiba, 2007. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica e de Materiais) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Recebido em 20/12/2020

Aceito em 10/09/2020