

Associação do material particulado (PM₁₀) as internações por doenças respiratórias em uma cidade de médio porte uma perspectiva de custo a saúde pública no período de 2016 a 2018

Association of particulate matter (PM₁₀) to hospitalizations for respiratory diseases in a medium-sized city a cost perspective to public health from 2016 to 2018

DOI:10.34117/bjdv6n9-369

Recebimento dos originais: 08/08/2020

Aceitação para publicação: 16/09/2020

Paola Cristina Ribeiro

Mestrado

Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho (UNESP)

Endereço: Av. Dr. Ariberto Pereira da Cunha, 333 - Pedregulho, Guaratinguetá - SP, 12516-410

E-mail: paola.cristina@unesp.br

Luiz Fernando Costa Nascimento

Formação acadêmica mais alta Doutorado

Instituição de atuação atual Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho (UNESP)

Endereço: Av. Dr. Ariberto Pereira da Cunha, 333 - Pedregulho, Guaratinguetá - SP, 12516-410

E-mail: fernando.nascimento@unesp.br

RESUMO

A poluição do ar vem aumentando nas cidades, utilizando dados reais das concentrações de poluentes e dados de internações obtidos do portal do Ministério da Saúde, categorizados por sexo, realizou-se uma análise multipolvente sendo encontrada associação positiva ao PM10; com incremento de 10 µg/m³ às concentrações, teríamos um aumento de 46% das internações; redução de 10 µg/m³ implica em economia aproximada de R\$ 2 milhões, destacando a importância da redução de poluentes atmosféricos.

Palavras-chave: aparelho respiratório, poluição do ar, internações, estudo ecológico.

ABSTRACT

The air pollution has been increasing in the cities, using real data of the concentrations of pollutants and data of internments obtained from the portal of the Ministry of Health, categorized by sex, a multipolluting analysis was carried out being found positive association to PM10; with an increase of 10 µg/m³ to the concentrations, we would have an increase of 46% of the internments; reduction of 10 µg/m³ implies an economy of approximately R\$ 2 million, highlighting the importance of the reduction of atmospheric pollutants.

Keywords: respiratory system, air pollution, admissions, ecological study.

1 INTRODUÇÃO

As internações por doenças respiratórias foram responsáveis por um custo de cerca de 800 milhões de reais no estado de São Paulo em um período de três anos (2016-2018), sendo que em Taubaté uma cidade de médio porte foram gastos cerca de 7 milhões de reais no mesmo período. Tais valores tem chamado a atenção de pesquisadores para este e outros problemas de saúde os quais também foram associados à poluição atmosférica. (DATASUS, 2020)

A poluição atmosférica em sua grande parte é produzida por processos antropogênicos, nas grandes metrópoles é devido as emissões industriais e aumento da frota veicular, no caso de Taubaté situada no Vale do Paraíba, a cidade tem uma fator agravante, pois é cercada por duas grandes serras, a serra do mar e a serra da Mantiqueira, dificultando a dispersão dos poluentes.(CETESB,2020; IBGE,2020)

Os principais poluentes do ar são: o material particulado (PM_{10}), monóxido de carbono(CO), dióxido de nitrogênio (NO_2), dióxido de enxofre(SO_2) e o Ozônio (O_3). O PM_{10} é o material particulado com diâmetro menor que $10\mu m$, considerado uma partícula inalável, pois pode penetrar no Sistema respiratório. Já o CO é um gás inodoro e incolor derivado da queima incompleta de combustíveis de origem orgânica, sua principal fonte são os veículos automotores. O SO_2 é proveniente da queima de combustíveis que possuem enxofre, e um dos principais causadores da chuva ácida.o O_3 e o NO_2 são poluentes secundário, formados pela reação química dos compostos orgânicos voláteis e o nitrogênio, sendo prejudicial a saúde e a vegetação. (Cetesb, 2020)

Para o controle dos poluentes nas cidades a Organização Mundial da Saúde (OMS) tem padrão de qualidade do ar a serem seguidos, no caso de cidades como Taubaté esses valores são controlados pela Cetesb, que são dados reais obtidos de uma central de monitoramento automática, estudos em cidade que não possuem uma central de monitoramento tem ressaltando a importância de ser criar banco de dados estudos para o controle dos poluentes atmosféricos. (CETESB, 2020; OMS, 2005; Silva et al ,2019)

Estudos vêm encontrando associações positivas entre os poluentes atmosféricos e internações por doenças respiratórias e cardiovasculares, tanto em grandes metrópoles como São Paulo, quanto em cidades de médio porte como Taubaté, apresentando significância em doenças como o aumento da pressão arterial, asma, pneumonia, isquêmicas do coração, entre outras, além disso, alguns desses estudos apontam uma diferença de resposta entre os sexos. (Braga et al,2007; Gouveia et al,2017; Nardoci et al,2013; Nascimento et al,2017; Ribeiro et al, 2018)

Tendo em vista o alto custo gerado pelo excesso de poluição, seus malefícios a saúde humana e ao ambiente, este estudo tem como objetivo analisar a associação entre as internações por doenças

respiratórias e o poluentes do ar no município de Taubaté, cidade de médio porte situada no estado de São Paulo - Brasil, durante o período de três anos, e separá-la de acordo com o sexo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo ecológico de series associou os poluentes do material particulado (PM₁₀), monóxido de carbono (CO), Ozônio O₃, dióxido de nitrogênio (NO₂) e dióxido de enxofre (SO₂) em uma análise multipolvente, as internações por doenças respiratórias do capítulo X, CID J12 a J18; J20 a J29; J44 e J45. Os dados dos poluentes e as internações foram levantados durante o período de janeiro de 2016 a dezembro de 2018.

O estudo foi realizado na cidade de Taubaté, no estado de São Paulo, a cidade possui aproximadamente 311 mil habitantes, dimensão territorial de 625 km² e clima subtropical úmido, com grande importância econômica e industrial ela é cortada por uma das principais rodovias do país, a Rodovia Presidente Dutra, que liga duas grandes capitais, Rio de Janeiro e São Paulo. (IBGE, 2020; Kottec, 2006)

Os dados das internações foram obtidos do portal DATASUS, do governo federal, os arquivos baixados de forma compacta foram expandidos, através do programa TabWin, disponibilizado pelo próprio portal, separados por município de residência, e posteriormente separando as doenças respiratórias correspondentes ao capítulo X, filtradas pelo CID J12 a J18, J44 e J45.

Os poluentes do ar foram baixados do sistema de qualidade do ar da CETESB, denominado QUALAR, disponibilizados pela rede de monitoramento que permite o estudo de poluentes do ar em cidades que possuem estação de medição. A média diária dos poluentes O₃, NO₂, SO₂, CO e PM₁₀ foram disponibilizadas para o período do referente estudo. A rede de monitoramento da CETESB permite o estudo de poluentes do ar em cidades que possuem estação de medição.

Para análise dos dados foram consideradas como variável dependente: o número de internações por doenças respiratórias obtidos no portal do Sistema Único de Saúde – DATASUS [CID J12 a J18; J20 a J29; J44 e J45], que são pneumonias, bronquite, doença pulmonar obstrutiva crônica e asma, respectivamente. As variáveis independentes foram às concentrações dos poluentes O₃, NO₂, SO₂, CO, PM₁₀, temperatura (T) e umidade relativa do ar (UR).

A análise foi realizada pelo programa STATA versão 7, onde os dados são analisados pelo modelo da regressão linear de Poisson, expressos em média, desvio-padrão, valores mínimo e máximo do período avaliado. A regressão é expressa pela equação (1):

$$\text{Ln (HA)} = \beta_0 + \beta_1 (\text{CONC}) + \beta_2 (\text{RH}) + \beta_3 (\text{T}) + \beta_4 (\text{SEASON}) + \beta_5 (\text{D}) \quad (1)$$

onde:

β 's são coeficientes de regressão;

HA é a quantidade de internações;

CONC é a concentração de poluentes do ar;

RH é o valor da umidade relativa;

T é o valor da temperatura;

SEASON é a tendência de longo prazo (sazonalidade);

e D é o dia da semana. 10

Como os efeitos dos poluentes podem ser sentidos dias após a exposição, utilizamos uma defasagem de 7 dias [lag7], e análises foram feitas no modelo multipolvente, com intervalo de confiança de 95%, os coeficientes apresentados são transformados risco relativo [IRR], expresso pela expressão (2):

$$\text{RR} = \exp(\text{coeff})$$

Para verificar se os sexos feminino [fem] e masculino [masc] apresentavam resposta diferente quando expostos aos poluentes, eles foram analisados separadamente com intervalo de confiança de 95%, representado pela equação (3);

$$Q_1 - Q_2 \pm 1.96 \sqrt{(SE_1^2) + (SE_2^2)}$$

onde:

Q1 e Q2 são os coeficientes da categorias;

SE1 e SE2 são os respectivos desvios padrão.

Nas análises foram calculados um incremento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, para ambos os sexos e para o masculino e feminino separadamente, representados em risco relativo [IRR], representados pela equação (4):

$$\text{AP} = [\exp (\beta * \Delta C) - 1] * 100 \quad (1)$$

Onde:

β é o valor da regressão de poisson; e ΔC é a variação da concentração do poluente, que neste caso foi 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Para o incremento na concentração do PM₁₀, para ambos os sexos, e para o sexo feminino e masculino, nos utilizamos o risco atribuído proporcional (RAP), onde $RAP = [RR-1/RR]$. O excesso das internações foi calculado pela equação $PAF = (RAP * N)$, onde PAF é a população atribuível fracional e N é o número das internações para ambos os sexo e separadamente para o feminino e masculino. O número de internações e custo total foi obtido no site DATASUS.

O presente estudo não foi submetido à Comissão de Ética em Pesquisa, pois não se tem acesso a identificação dos pacientes das internações.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

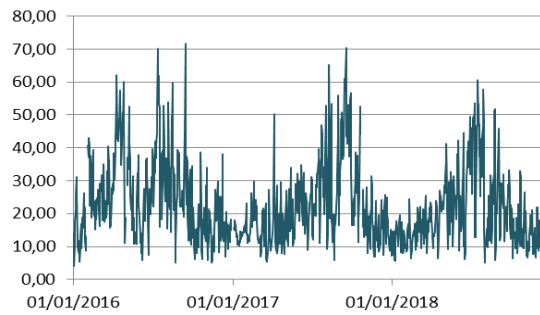
Foram observadas 1638 internações correspondentes às doenças respiratórias do CID J12 a J18, J20 a J299; J44 e J45, sendo que dessas internações 797 correspondem ao sexo feminino e 841 ao sexo masculino, durante o período de janeiro de 2016 a dezembro de 2018. Tais internações geraram um custo aproximado de 4 milhões de reais. Os valores de media e desvio padrão das internações estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Média (MEAN) e desvio padrão (DP), com valores mínimos (MIN) e máximos (MAX) dos respectivos poluentes e internações na cidade de Taubaté, 2016 a 2018.

	MEAN (DP)	MIN	MAX
O₃	41,8(13,8)	1,9	94,9
PM₁₀	22,3(11,9)	4,1	71,8
CO	372,9(127,4)	0	1491,3
NO₂	16,1(6,9)	2,9	50,3
SO₂	1,0(0,5)	0	4,7
TEMP	21,8(3,2)	11,1	28,4
UMID	71,9(9,6)	38,6	95,5
INT	1,5(1,3)	0	7
MASC	0,8(0,9)	0	5
FEM	0,7(0,9)	0	4

De acordo com a evolução da concentração dos poluentes pode ser observada que o PM₁₀ e o O₃ apresentaram comportamentos sazonais, sendo que o PM₁₀ apresentou picos nos valores de concentração nos meses frios e o O₃ nos meses quentes. Ao analisar o PM₁₀ na figura 1, pode-se observar que ele teve picos de até 71,8 µg/m³ valor acima do considerado seguro pela OMS, o mesmo também apresentou associação positiva as internações por doenças cardiovasculares. Já o CO e o NO₂ não ultrapassaram os limites definidos pela OMS e também não apresentaram associação positiva as internações.

Figura 1. Evolução temporal da concentração de Material particulado (PM10)
MP10



Para as doenças respiratórias [J12 a J18; J20 a J26; J44 e J45] os efeitos dos poluentes com defasagem de até 7 dias [lag0 a lag7], apresentaram associação positiva ao poluente PM10 para ambos os sexos [lag1, lag4, lag5, lag6 e lag7]. Enquanto que os demais poluentes não apresentaram associação positiva. Os valores do risco relativo da associação do PM10 para ambos os sexos podem ser observados na tabela 2.

Tabela 2. Valores do Índice de Risco relativo com intervalo de confiança de 95%, IRR(intervalo 95%), na cidade de Taubaté-SP, 2016-2018.

AMBOS	
Lag0	1,0065 [0,9985-1,0147]
Lag1	1,0094 [1,0016-1,0172]
Lag2	0,9997 [0,9918-1,0077]
Lag3	1,0049 [0,9969-1,0130]
Lag4	1,0121 [1,0042-1,0200]
Lag5	1,0129 [1,0052-1,0208]
Lag6	1,0110 [1,0031-1,0189]
Lag7	1,0160 [1,0079-1,0241]

Tais valores corroboram com o estudo feito em Cubatão onde o PM₁₀ também apresentou picos em alguns dias, no entanto no referente estudo o poluente apresentou associação positiva às internações por doenças cardiovasculares no período de 2003 a 2008. (Nardoci et al, 2013)

Foi encontrada uma diferença de resposta entre os sexos, que podem ser observados na tabela 3. Onde o sexo feminino apresentou uma resposta mais precoce e uma maior associação ao poluente PM₁₀ [no lag0, lag3, lag4 e lag7] do que o sexo masculino.

Tabela 3. Valores do Índice de Risco relativo com intervalo de confiança de 95%, IRR(intervalo 95%), separados de acordo com o sexo, na cidade de Taubaté-SP, 2016-2018.

	MASC	FEM
Lag0	1.0001 [0.9887- 1.0117]	1.0128 [1.0015 -1.0243]
Lag1	1.0139 [1.0032- 1.0249]	1.0047 [0.9936 -1.0160]
Lag2	0.9981 [0.9869- 1.0093]	1.0015 [0.9901 -1.0130]
Lag3	0.9987 [0.9875- 1.0099]	1.0114 [1.0000 -1.0229]
Lag4	1.0097 [0.9988 - 1.0208]	1.0147 [1.0034 -1.0261]
Lag5	1.0151 [1.0043 - 1.0259]	1.0109 [0.9996 -1.0223]
Lag6	1.0113 [1.0005 - 1.0223]	1.0108 [0.9993 -1.0223]
Lag7	1.0184 [1.0073 - 1.0296]	1.0134 [1.0018 -1.0251]

Outros estudos apontaram associação entre doenças cardiovasculares e a poluição do ar estratificados pelo sexo como o de RIBEIRO et al. (2019), onde foi relatado a associação entre as $PM_{2.5}$ e as doenças isquêmicas do coração, e ambos os sexos apresentaram significância, e o estudo realizado na cidade de São José dos Campos, TUAN et al (2016), também aponta para associação do infarto agudo do miocárdio e os poluentes CO e SO_3 , apresentando diferença entre os sexos, no caso do SO_3 só foi encontrada significância para o sexo feminino.

Se aumentarmos $10 \mu g/m^3$ de PM_{10} para os casos que apresentaram associação, teremos um aumento percentual de 46% [lag7] para ambos os sexos, atribuindo esse aumento percentual a cerca de 760 internações.

Quando colocamos essa atribuição em custos, podemos observar que caso venha acontecer um aumento na concentração de PM_{10} na atmosfera em cerca de $10 \mu g/m^3$ ocasionaria um aumento nos custos das internações em cerca de 2 milhões de reais, do mesmo modo que se diminuíssemos essa concentração poderíamos obter uma economia de aproximadamente 2 milhões de reais em um período de três anos. Tal apontamento se mostra relevante, pois Taubaté se trata de uma cidade de médio porte, se aplicado a grandes metrópoles o custo pode ser ainda maior, outro estudo realizado em São José dos Campos, uma cidade também de médio porte apontou um custo aproximado de 800 mil dólares, assim como em nosso estudo onde as internações por doenças cardiovasculares geraram um custo aproximado de 12 milhões de reais, de modo que se diminuíssemos a emissão do ozônio e do NO_2 em $10 \mu g/m^3$ teríamos uma economia de até 900 mil reais, destacando a importância da redução das emissões dos poluentes. (Chaves et al, 2017)

4 CONCLUSÃO

O poluente atmosférico PM₁₀ apresentou uma associação positiva às doenças respiratórias do CID J12 a J18, J20 a J29; J44 e J45 no período de três anos, na cidade de Taubaté- SP. Sendo que eles apresentaram respostas diferentes quando analisados os sexos separadamente, tendo o sexo masculino uma resposta mais tardia. Isso ressalta a importância de se realizar as análises com os sexos separadamente. Outro fator importante foi o elevado custo das internações em uma cidade de médio porte, apontando que se diminuíssemos 10 µg/m³ teríamos uma economia de 2 milhões de reais no prazo de três anos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Professor Dr. Luiz Fernando Costa Nascimento por todo ensinamento, a Universidade Estadual de São Paulo Júlio Mesquita Filho pela excelência no ensino.

REFERÊNCIAS

Braga ALF, Pereira LAA, Procópio M, André. PA, Saldiva PHN. Associação entre poluição atmosférica e doenças respiratórias e cardiovasculares na cidade de Itabira, Minas Gerais, Brasil. *Cad. Saúde Pública* 2007; 23(4): 570-8.

Chaves LE, Nascimento LFC, Rizol PMSR. Fuzzy model to estimate the number of hospitalizations for asthma and pneumonia under the effects of air pollution. *Rev Saude Publica* 2017,51:55.

DATASUS – PORTAL DA SAÚDE. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sih/cnv/niuf.def>>. Acesso em: 28/07/2020

Gouveia N, Corralo FP, Ponce de Leon AC, Juger W, Freitas CU. Air pollution and hospitalizations in the largest Brazilian metropolis. *Rev Saude Publica* 2017, 51:117.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=355410>> . Acesso em: 28/07/2020.

Kottek M, Grieser J, Beck C, Rudolf B, Rube F. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift* 2006, 15(3): 259–63.

Nardoci AC, Freitas CU, Ponce de Leon AC, Juger W, Gouveia N. Poluição do ar e doenças respiratórias e cardiovasculares: estudo de séries temporais em Cubatão, São Paulo, Brasil. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro 2013, 29 (9): 1867-76.

Nascimento AP, Santos JM, Mill JG, Souza JB, Reis Junior NC, Reisen VA. Association between the concentration of fine particles in the atmosphere with acute respiratory diseases in children. *Rev Saude Publica* 2017, 51:3.

OMS (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE). Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005. Summary of risk assessment. Geneva, 2005.

Ribeiro PC, Nascimento LFC, Almeida AA, Targa MS, Cesar ACG. Fine particulate matter and ischemic heart diseases in relation to sex. An ecological time series study, *Sao Paulo Med J* 2019, 137(1): 60-5.

Silva A C, Gomes A C F, Roque B S F, Santos N P. Monitoramento quantitativo de material particulado na região central de Goiânia, Braz. *J. of Develop.* 2019, v. 5, n. 11, p. 25459 -25467.

Tuan TS, Venancio TS, Nascimento LFC. Efeitos da Exposição a Poluentes do Ar no Infarto Agudo do Miocárdio, Segundo Gêneros. *Arq Bras Cardiol* 2016, 107(3): 216-22.