

DOI: 10.35621/23587490.v7.n1.p2272-2289

## **CORRELAÇÃO ENTRE FATORES CLIMÁTICOS, POLUENTES E INTERNAÇÕES POR DOENÇA PULMONAR OBSTRUTIVA CRÔNICA: UM ESTUDO DA CIDADE DE SÃO PAULO, BRASIL**

*CORRELATION BETWEEN CLIMATE FACTORS, POLLUTANTS AND HOSPITALIZATIONS DUE TO CHRONIC OBSTRUCTIVE PULMONARY DISEASE: A STUDY OF THE CITY OF SAO PAULO, BRAZIL*

Luiz Felipe Diniz Cavalcanti<sup>1</sup>  
Eduardo Henrique Lima Batista<sup>2</sup>  
Julia Domingues Morales<sup>3</sup>  
Maria Alenita de Oliveira<sup>4</sup>

**RESUMO: OBJETIVO:** Analisar correlação entre concentrações mensais de poluentes atmosféricos, variações climáticas e taxas de internações hospitalares por DPOC na cidade de São Paulo. **MÉTODO:** Estudo de série temporal, abrangendo o período de janeiro de 2014 a dezembro de 2015. Coletou-se dados mensais das internações por “bronquite, enfisema e outras doenças pulmonares obstrutivas crônicas” em São Paulo, a partir do DATASUS, e calculou-se as taxas de internação por 100.000 habitantes baseado em estimativas populacionais do IBGE. Dados sobre umidade relativa do ar, temperatura média, precipitação total e concentrações de poluentes atmosféricos (material particulado fino e monóxido de carbono) foram obtidos de dados diários do Sistema de Informações Ambientais (SISAM) e calculadas médias mensais ou, no caso da precipitação, a somatória mensal. Para as correlações entre as variáveis utilizou-se o teste de correlação de Pearson. **RESULTADOS:** As taxas de internações mensais por DPOC apresentaram correlação positiva com o material particulado inalável ( $\rho=0,869$ ; p-valor  $<0,01$ ) e monóxido de carbono ( $\rho=0,80$ ; p-valor  $<0,01$ ), enquanto apresentou correlação

---

<sup>1</sup> Acadêmico do Curso de Medicina da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Brasil E-mail: luizfcavalcanti09@gmail.com.

<sup>2</sup> Acadêmico do Curso de Medicina da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Brasil E-mail: eduardohenriqueb@gmail.com.

<sup>3</sup> Acadêmica do Curso de Medicina da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Brasil E-mail: juliadmorales96@gmail.com.

<sup>4</sup> Médica pneumologista. Professora da disciplina de Pneumologia da Universidade Federal da Paraíba. E-mail: alenitaoliveira@uol.com.br.

negativa com temperatura ( $\rho=-0,771$ ; p-valor  $<0,01$ ) e precipitação mensal total ( $\rho=-0,730$ ; p-valor  $<0,01$ ). O teste de correlação entre internações e a umidade do ar não foi estatisticamente significativa. **CONCLUSÃO:** As taxas de internação por DPOC apresentaram correlação positiva com os níveis de poluentes na cidade de São Paulo durante o período analisado. Políticas para a implantação de monitoramento dos níveis de poluentes atmosféricos bem como a intensificação de medidas que os reduzam são obrigatórias, frente ao seu impacto na saúde.

**Palavras chave:** DPOC. Mudança climática. Poluição ambiental.

**ABSTRACT: OBJECTIVE:** To analyze the correlation between monthly concentration of atmospheric pollutants, climatic variations and hospitalizations due to COPD at the city of São Paulo. **METHOD:** Time-series ecological study covering the period of January 2014 to December 2015. The data about hospitalizations due to “bronchitis, emphysema and other chronic obstructive pulmonary diseases” were collected from DATASUS and were used to calculate the hospitalization rate per 100.000 inhabitants based on IBGE’s population estimations. Data concerning the relative humidity, average temperature, total precipitation and atmospheric pollutants (fine particulate matter and carbon monoxide) were collected from daily data available at the Sistema de Informações Ambientais (SISAM) and then used to calculate monthly averages or, in the case of precipitation, the monthly sum. The correlation between the variables were tested with the Pearson’s correlation test. **RESULTS:** Monthly hospitalization rates due to COPD showed positive correlation with fine particulate matter ( $\rho=0,869$ ; p-value  $<0,01$ ) and carbon monoxide ( $\rho=0,80$ ; p-value  $<0,01$ ), while showed negative correlation with temperature ( $\rho=-0,771$ ; p-value  $<0,01$ ) and total monthly precipitation ( $\rho=-0,730$ ; p-valor  $<0,01$ ). Pearson’s correlation test between the hospitalization rates and relative humidity did not result in a statistically significant coefficient value. **CONCLUSION:** Pollutants can be associated with hospitalization rates due to COPD during the 2014-2015 period. It is essential to improve policies focusing on reducing the atmospheric pollutants concentrations and on the constant monitoring of their concentrations.

**Keywords:** COPD. Climate change. Environmental pollution.

## **INTRODUÇÃO**

A poluição do ar é um problema grave no meio urbano. Diversos estudos demonstram evidências da relação entre níveis da poluição atmosférica e o risco de consequências negativas a saúde (ABE; EL KHOURI MIRAGLIA, 2016). Nas grandes cidades, como São Paulo, a poluição do ar, o tempo e clima foram se transformando, refletindo em piora da qualidade do ar e efeitos térmicos locais (como as ilhas de calor). Essas mudanças provocam impacto na qualidade de vida da população (MORAES *et al.*, 2019), destacando-se à saúde respiratória.

De acordo com a Resolução nº 03/90, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), poluentes atmosféricos são definidos como qualquer forma de matéria ou energia com intensidade, tempo, concentração ou características que possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, à fauna e à flora, à qualidade de vida da comunidade e danoso a materiais. Tendo em vista esses impactos negativos que os poluentes podem causar, há forte interesse científico no estudo dessas partículas (SANTOS *et al.*, 2019).

Entre os poluentes atmosféricos que servem como indicadores da qualidade do ar temos o monóxido de carbono (CO) e o material particulado (SANTOS *et al.*, 2019).

O material particulado atmosférico (MP) é composto por uma junção complexa de partículas líquidas e sólidas (os aerossóis), de tamanho variando de poucos nanômetros até 100  $\mu\text{m}$ , presentes em suspensão no ar. Essa variação no tamanho está relacionada ao potencial do material em provocar danos à saúde humana. As chamadas partículas inaláveis (diâmetro aerodinâmico menor que 10  $\mu\text{m}$ ) podem penetrar no sistema respiratório e causar danos desde a mucosa nasal até as vias respiratórias mais inferiores, com risco de agravamento de doenças respiratórias. As partículas inaláveis são subdivididas em grossas e finas, sendo as grossas com diâmetro entre 2,5 e 10  $\mu\text{m}$  (MP<sub>2,5-10</sub>) e as finas com diâmetro menor que 2,5  $\mu\text{m}$  (MP<sub>2,5</sub>) (DE SOUZA *et al.*, 2010). O MP<sub>2,5</sub> inclui poluentes como sulfato e nitrato, que

penetram nos pulmões e no sistema cardiovascular, causando risco à saúde (SANTOS *et al.*, 2019).

No pulmão, o material particulado que não consegue ser eliminado pelo *clearance* mucociliar sofre ação dos fagócitos, com destaque para os macrófagos alveolares. Essas células são fundamentais na fagocitose e processamento intracelular das partículas. Entretanto, a mobilização de macrófagos alveolares e seu processo de fagocitose liberam grandes quantidades de radicais livres, proteases e mediadores pró-inflamatórios, que auxiliam na instalação de processo inflamatório pulmonar agudo ou perpetuação de uma inflamação crônica pré-instalada (LING; VAN EEDEN, 2009), sendo esse último caso relacionado a exacerbações de DPOC. A depender da composição do MP, pode haver morte ou danos aos macrófagos alveolares, de modo que há liberação do conteúdo interno das células, intensificando ainda mais o processo inflamatório (LING; VAN EEDEN, 2009). O tamanho do MP também pode influenciar nesse processo, de modo que as partículas com menores diâmetros são mais pró- inflamatórias que as de maior diâmetro (LING; VAN EEDEN, 2009).

Dados da Organização Mundial da Saúde (OMS) indicam que cerca de 92% da população mundial vive em regiões nas quais os níveis de qualidade do ar excedem as diretrizes para a média anual de partículas com diâmetro inferior a 2,5 micrômetros (MP<sub>2,5</sub>), cujo valor máximo recomendado é de 10 µg.m<sup>-3</sup> (SANTOS *et al.*, 2019).

Diferentemente do MP<sub>2,5</sub>, o monóxido de carbono (CO) é um gás em temperatura ambiente, apresentando-se inodoro e incolor na atmosfera. Em condições normais, o monóxido de carbono compõe um pequeno percentual dos gases atmosféricos. Entretanto, algumas situações podem provocar um aumento da sua concentração, com destaque para queimadas e circulação excessiva de automóveis, que além de emitirem uma grande quantidade de fuligem (matéria particulado), também emite monóxido de carbono (CO), devido a combustão incompleta da matéria (RIBEIRO; ASSUNÇÃO, 2002).

Estudos realizados em vários países mostram uma relação entre os níveis de poluição e morbidade de doenças cardiorrespiratórias (DEVRIES; KRIEBEL; SAMA, 2017; FAJERSZTAJN *et al.*, 2017; MO *et al.*, 2018).

Uma revisão sistemática a respeito dos efeitos dos poluentes no risco de exacerbações na DPOC identificou associação significativa entre exposição a curto prazo ao O<sub>3</sub> e NO<sub>2</sub>, bem como de um risco relativo aumentado em exposições ao monóxido de carbono, entretanto o risco foi menor para este, quando comparado aos dois primeiros (LI *et al.*, 2016). Estudo canadense abrangendo 16 cidades correlacionou positivamente concentrações de monóxido de carbono atmosféricos e hospitalizações por doenças respiratórias (BURNETT *et al.*, 1997).

Os efeitos dos fatores meteorológicos sobre as taxas de internação na DPOC também são amplamente estudados. Estudo retrospectivo realizado em Madrid identificou que as admissões hospitalares por exacerbações e mortalidade intra-hospitalar foram maiores nas épocas do ano mais frias (outono para o inverno) (DE MIGUEL-DÍEZ *et al.*, 2019).

No Brasil, poucos estudos foram publicados sobre a relação entre fatores climáticos, poluentes e a morbidade respiratória por DPOC. Um estudo demonstrou relação da temperatura e umidade relativa do ar baixas com aumento na prevalência de doenças como bronquite crônica, asma e pneumonia (CRUZ *et al.*, 2016).

Diante dos diversos efeitos negativos que os poluentes podem trazer a saúde e da influência da variação climática na saúde respiratória e a escassez de estudos nacionais sobre o tema, o presente estudo visa analisar o comportamento das taxas de internação mensais por DPOC na cidade de São Paulo, e identificar possíveis correlações com os fatores climáticos e poluentes presentes na atmosfera.

## **METODOLOGIA**

Trata-se de um estudo ecológico de série temporal, a respeito do comportamento das taxas de internações mensais por Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica na cidade de São Paulo, e sua relação com poluentes atmosféricos e fatores climáticos, durante o período de 1 de janeiro de 2014 a 31 de dezembro de 2015. Justifica-se o uso do período citado devido a disponibilidade dos dados sobre a

concentração de poluentes na cidade, cujos 2 anos mais atuais encontrados no sistema utilizado foram 2014 e 2015.

Realizou-se, inicialmente, a coleta dos dados necessários. Os dados sobre o número absoluto de internações durante o período foram obtidos a partir do Sistema de Informações Hospitalares do Sistema Único de Saúde (SIH/SUS), disponível para acesso público no site do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS), selecionando-se apenas aquelas cuja causa foi “bronquite, enfisema e outras doenças pulmonares obstrutivas crônicas”, de acordo com a Classificação Estatística Internacional de Doenças Relacionadas a Saúde (CID-10). Foram incluídas no estudo apenas as internações de indivíduos residentes na cidade de São Paulo, durante os meses de janeiro de 2014 a dezembro de 2015.

Já os dados acerca da população da cidade de São Paulo nos anos de 2014 e 2015 foram obtidos a partir de estimativas populacionais anuais fornecidas no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Por não fornecer estimativas mensais da população dos municípios, o cálculo das taxas de internações mensais por 100 mil habitantes foi feito considerando a população de cada mês igual a estimativa da população no ano estudado. Dado que as estimativas anuais do IBGE consideram como referência o dia 1º de julho, ou seja, próximo a metade do ano, espera-se que o valor das estimativas anuais se aproxime da mediana da população mensal para aquele ano, de modo que não haja interferência significativa nos cálculos. A partir da obtenção do número estimado de habitantes da cidade de São Paulo, dividiu-se o número de internações de cada mês pelas estimativas anuais e depois multiplicou-se por 100.000, com o intuito de calcular as taxas de internações mensais por 100 mil habitantes.

Com relação aos dados sobre fatores climáticos e poluentes atmosféricos, foram coletados do Sistema de Informações Ambientais (SISAM), sistema de acesso público disponibilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Escolheu-se analisar o comportamento mensal das concentrações médias de monóxido de carbono (em ppb) e de Material Particulado Inalável Fino (MP<sub>2,5</sub>), bem como da precipitação mensal (em milímetros) e das médias de temperatura (em graus Celsius) e da umidade relativa do ar (em percentual). Os dados fornecidos pelo SISAM possuem caráter diário, logo foi necessário agrupar os dados em

meses, por meio do software *Excel 365*, e depois calcular as médias mensais de todos os indicadores, com exceção da precipitação diária, em que houve soma dos valores diários.

Inicialmente, todos os dados coletados foram tabulados no programa *Excel 365*, para o *Windows 10*, sendo posteriormente utilizado, para as análises estatísticas, o *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)*, na versão 25.0, também para o sistema operacional *Windows 10*.

Após a tabulação e organização dos dados, foi realizado o teste de correlação de Pearson para analisar se houve correlação entre as taxas de internação mensais e as variáveis climáticas/poluentes durante o período pesquisado. Foram consideradas estatisticamente significantes as correlações que apresentaram um valor de  $p < 0,05$ . Coeficientes de correlação de Pearson negativos indicam comportamento de crescimento ou diminuição inverso entre as duas variáveis analisadas, enquanto os coeficientes de correlação positivos indicam que ambas possuem comportamentos semelhantes.

Os dados utilizados no estudo são de domínio público, não identificando participantes da pesquisa, de modo que não necessita de aprovação do sistema CEP/CONEP.

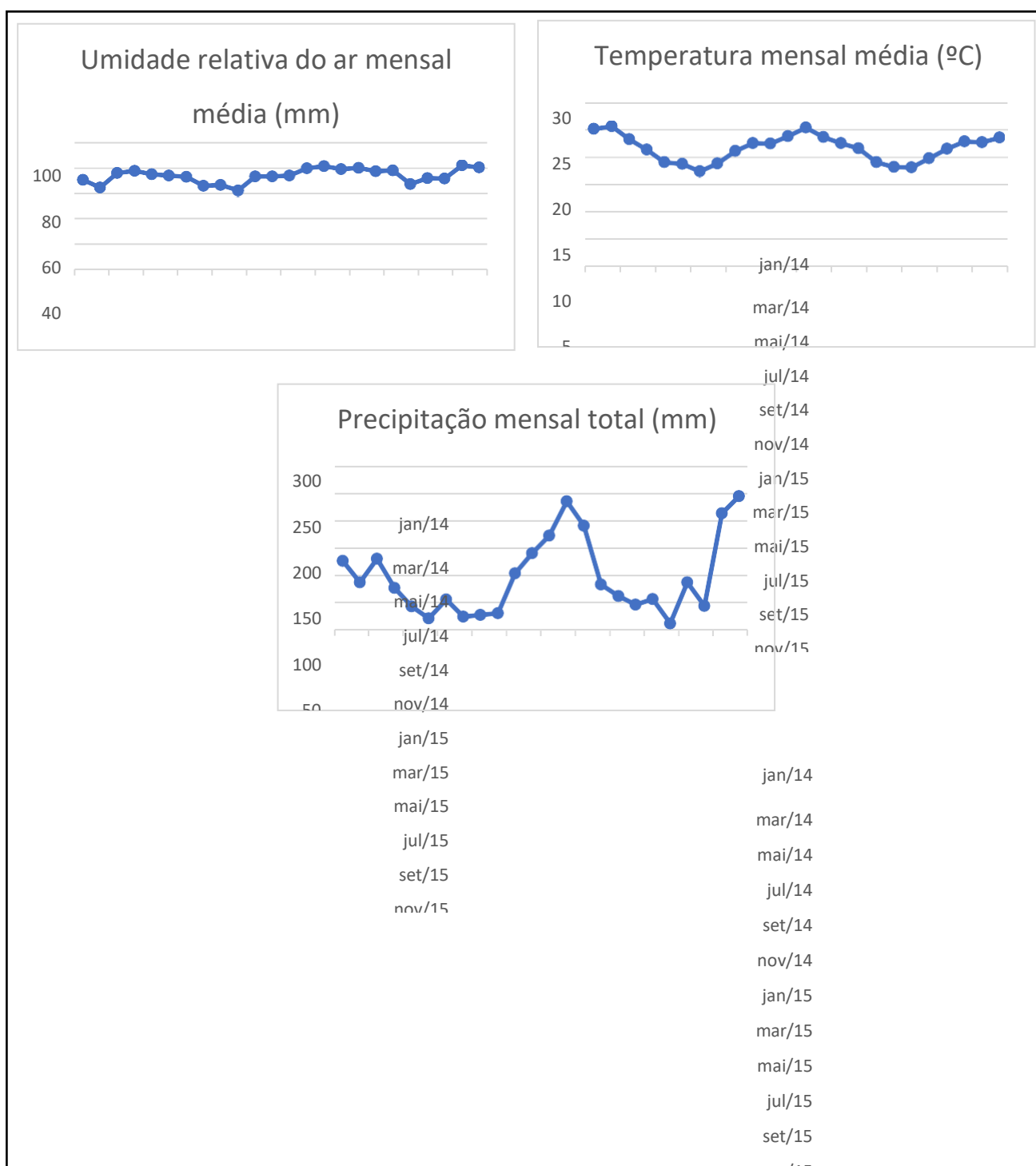
## **RESULTADOS**

Durante o período entre 1 de janeiro de 2014 e 31 de dezembro de 2015, a concentração mensal média durante os dois anos foi de 201,99 ppb (DP  $\pm$  50,91) para o monóxido de carbono. Já para o  $MP_{2,5}$ , a concentração mensal média foi de 58,61  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (DP  $\pm$  20,82). Em ambos os poluentes, os picos de concentração mensal predominaram no terceiro trimestre dos anos, e as menores concentrações ocorrem no primeiro trimestre.

Com relação aos fatores climáticos, a umidade relativa do ar mensal média foi de 73,41% (DP  $\pm$  5,57), enquanto a temperatura média foi de 21,46 °C (DP  $\pm$  2,43) e a precipitação mensal média foi de 96,47 mm. Os segundos trimestres dos dois anos

foram os que apresentaram maiores valores de umidade relativa do ar, enquanto os terceiros trimestres apresentaram os menores. Já para os valores de temperatura e precipitação, o primeiro trimestre representou os maiores valores, enquanto o terceiro trimestre apresentou os menores.

Figura 1. Valores mensais dos fatores climáticos (temperatura, umidade relativa do ar e precipitação mensal) no período de janeiro de 2014 a dezembro de 2015.





A taxa média de internações por DPOC no mês, por 100 mil habitantes, foi de aproximadamente 2,36. Essas se concentraram em maior quantidade nos segundos e terceiros trimestres do ano, enquanto no primeiro e quarto trimestre foram menores.

A análise de correlação de Pearson entre as taxas de internações mensais por DPOC e as respectivas concentrações médias mensais de poluentes demonstrou uma correlação positiva e estatisticamente significativa para ambos os agentes. O coeficiente de correlação de Pearson foi maior para a análise entre as taxas de internação e as concentrações de material particulado inalado, com valor do coeficiente  $\rho=0,869$  (p-valor  $<0,01$ ), enquanto o coeficiente de correlação relativo às concentrações de monóxido de carbono foi de  $\rho=0,80$  (p-valor  $<0,01$ ). O teste de correlação de Pearson entre as concentrações mensais de monóxido de carbono e material particulado resultou em alto coeficiente de correlação ( $\rho=0,951$ ; p-valor  $<0,01$ ).

Tabela 1. Comportamento mensal das variáveis estudadas durante o ano de 2014 e 2015.

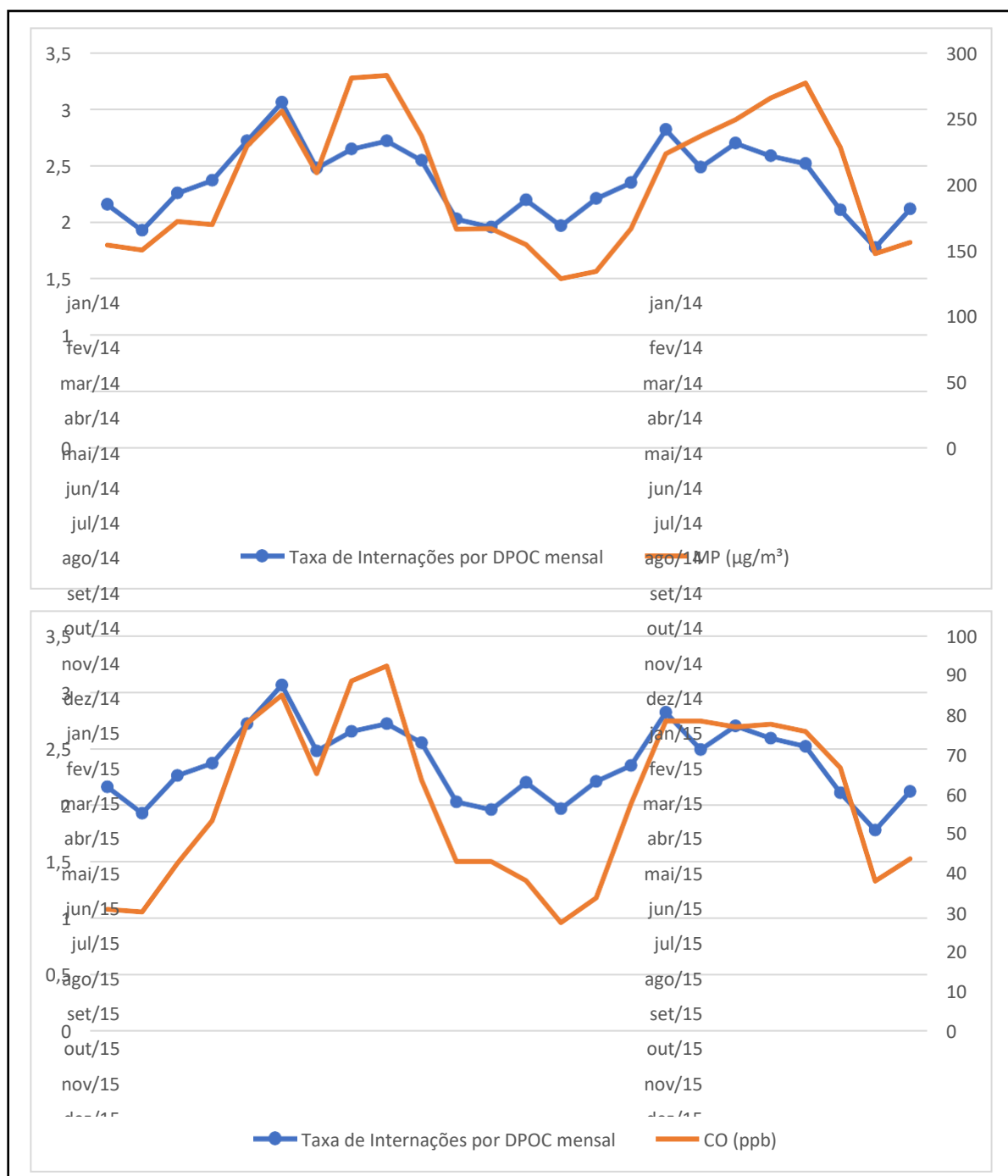
Mês/Ano	Tx (DPOC)	CO (ppb)	MP <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	UR (%)	T (°C)	Precipitação mensal total (mm)
jan/14	2,16	154,46	30,9	69,95	24,96	126,49
fev/14	1,93	150,78	30,21	64,15	25,47	87
mar/14	2,26	172,29	42,49	75,59	23,14	130,27
abr/14	2,37	170,12	53,29	77,15	21,23	77,11
mai/14	2,72	229,42	77,76	74,29	18,98	43,13
jun/14	3,06	255,81	84,84	73,57	18,63	21,43
jul/14	2,48	209,29	65,03	72,47	17,31	55,5
ago/14	2,65	280,96	88,4	65,45	18,7	24,28
set/14	2,72	282,91	92,24	66,03	20,97	27,76
out/14	2,55	236,84	63,47	61,8	22,38	30,67
nov/14	2,03	166,6	42,92	72,76	22,33	103,28
dez/14	1,96	166,93	42,93	72,66	23,66	140,53
jan/15	2,2	154,71	38,13	73,36	25,25	172,72
fev/15	1,97	129,03	27,58	79,07	23,53	235,44
mar/15	2,21	134,65	33,82	80,75	22,38	190,96
abr/15	2,35	166,82	57,57	78,6	21,44	83,11
mai/15	2,82	223,61	78,38	79,59	18,94	61,77
jun/15	2,49	237,03	78,39	76,86	18,09	46,17
jul/15	2,7	249,49	76,84	77,49	18,02	56,27
ago/15	2,59	265,89	77,61	66,61	19,69	12,11
set/15	2,52	277,05	75,77	71,28	21,41	87,49
out/15	2,11	228,27	66,52	71,07	22,73	43,62
nov/15	1,78	148,1	38,03	81,47	22,56	213,71
dez/15	2,12	156,57	43,66	79,86	23,4	244,54

Tx (DPOC): Taxa de internação por DPOC mensal (por 100 mil habitantes); CO (ppb): Concentração mensal média de monóxido de carbono na atmosfera em ppb; MP<sub>2,5</sub> (µg/m<sup>3</sup>): concentração mensal média de material particulado de diâmetro

*inferior a 2,5 micrômetros; T (°C): Média mensal da temperatura; UR (%): Média mensal da umidade relativa do ar.*

O teste de correlação entre taxas de internação e os fatores climáticos resultou em correlações negativas e estatisticamente significantes para temperatura média mensal e precipitação total no mês. O coeficiente de correlação de Pearson foi maior para a análise entre as taxas de internação e temperatura, com valor  $\rho=-0,771$  ( $p$ -valor  $<0,01$ ). Já para a correlação com a precipitação total mensal, o coeficiente foi de  $\rho=-0,730$  ( $p$ -valor  $<0,01$ ). O teste de correlação com a umidade relativa do ar não forneceu resultados estatisticamente significantes.

Figura 2. Gráficos dos comportamentos mensais das taxas de internação e concentrações de MP<sub>2,5</sub> e CO entre janeiro de 2014 e dezembro de 2015.



## **DISCUSSÃO**

O presente estudo identificou correlação positiva entre as taxas de internação mensais por DPOC e exposição a CO e MP<sub>2,5</sub> ambientais, com significância estatística. Esse resultado é condizente com diversos outros estudos que já demonstraram correlação positiva entre poluentes e internações.

A correlação do MP<sub>2,5</sub> com a poluição ambiental reside no fato de ser considerado um dos mais eficazes transportadores de poluentes aéreos para o interior do corpo. Com isso, uma série de componentes sólidos e líquidos com diversas propriedades podem compor essa molécula e causar diversos efeitos adversos a saúde humana, sendo responsável pelos maiores gastos do Estado com internações e suporte intensivo (MACHIN; NASCIMENTO, 2018).

Em estudo retrospectivo asiático utilizando admissões hospitalares por DPOC durante 7 anos, a exposição a concentrações maiores de MP<sub>2,5</sub> foi associada a um risco elevado de hospitalizações por DPOC, mesmo após a análise ser corrigida para os copoluentes monóxido de carbono e dióxido de nitrogênio (TIAN *et al.*, 2014). De acordo com Sint *et al.* (SINT; DONOHUE; GHIO, 2008), há evidências consideráveis que partículas aéreas decorrentes de poluição ambiental podem contribuir com exacerbações de DPOC pré-existentes, aumentando a morbimortalidade da doença.

Apesar da associação entre os níveis de poluição e interferência na saúde respiratória a curto prazo, os seus impactos a longo prazo ainda não bem estabelecidos. Estudo asiático observou que houve aumento de 3% nas exacerbações de DPOC a cada 1 mg/m<sup>3</sup> de aumento na concentração de monóxido de carbono (LIANG *et al.*, 2019), enquanto revisão sistemática demonstrou que o aumento de 1 mg/m<sup>3</sup> na concentração de CO provocou aumento de 2% (na América do Norte) e 4% (na Europa) nas admissões hospitalares por DPOC. O estudo alerta ainda para a insuficiência de dados de países localizados fora da Europa e América do Norte (MOORE *et al.*, 2016).

Segundo o CONAMA, a média aritmética anual da concentração de MP<sub>2,5</sub> não deve superar 20 microgramas por metro cúbico, devendo esse limite ser reduzido para 10 gradualmente, enquanto a concentração de monóxido de carbono em 8 horas não deve superar 9 ppm. Observa-se que São Paulo, nos dois anos de análise, apresentou concentração média de MP<sub>2,5</sub> superior ao máximo estabelecido (58,61 µg/m<sup>3</sup>).

Estudos indicam que grande parte do MP<sub>2,5</sub>, na Região Metropolitana de São Paulo, apresenta origem veicular, seja pela emissão direta desse poluente, ou seja pela emissão de gases, com destaque para compostos orgânicos voláteis e o dióxido de enxofre, que reagem na atmosfera e dão origem material particulado secundário. Também temos a emissão veicular como a principal fonte de monóxido de carbono na cidade de São Paulo (CETESB, 2019).

Devido a gravidade das emissões de poluentes por meios de locomoção, programas federais que atuam no controle da poluição do ar por veículos (Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE) e motocicletas (Programa de Controle da Poluição do Ar por Motociclos e Veículos Similares - PROMOT) têm trabalhado fortemente na cobrança aos fabricantes de inclusão de tecnologias mais avançadas para atender aos limites da emissão de poluentes, que vêm se tornando cada vez mais restritivos. Entretanto, a redução da carga de poluentes individualmente (ou seja, por veículo utilizado), devido ao avanço tecnológico presente na renovação da frota, já com os limites mais restritivos, é contraposta a um aumento gradual da frota, ao uso individual intensivo de veículos e ao aumento dos congestionamentos na Região Metropolitana de São Paulo (CETESB, 2019).

Os fatores meteorológicos interferem no sistema respiratório de maneira distinta aos poluentes. A temperatura do ar, por exemplo, é considerada um dos atributos ambientais que contribuem para agravamento das doenças respiratórias, visto que sua variação pode interferir na fisiologia do organismo e deixá-lo mais propício às condições que aumentam risco de internações e mortalidade. As temperaturas reduzidas, por exemplo, são relacionadas com diminuição da capacidade e função pulmonar, bem como com propagação de vírus e bactérias, fatores que podem predispor exacerbações na DPOC (MORAES *et al.*, 2019).

Dentre as limitações do presente estudo, discute-se o fato das concentrações utilizadas serem estimativas da cidade como um todo. Entretanto, sabe-se que regiões com maior concentrações de automóveis e outras fontes de eliminação de poluentes possuem efeitos mais proeminentes decorrentes da poluição. Entretanto, buscou-se reduzir esse viés ao também considerar as internações de toda a cidade, sem distingui-la por local de notificação.

Outra limitação decorre da possibilidade de viés de confundimento ao analisar a influência individual do CO e do MP<sub>2,5</sub> sobre as taxas de internação. Isso porque, como demonstrado, houve correlação positiva, alta e estatisticamente significativa entre as concentrações mensais de CO e MP<sub>2,5</sub> durante o período. Dessa forma, pode ocorrer das influências sobre as internações serem mais afetadas por um deles, enquanto a variação conjunta do outro apenas acompanhar o comportamento mensal das concentrações.

De acordo com o último relatório da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) sobre a qualidade do ar no estado durante o ano de 2018, houve melhora nas concentrações de poluentes no ar da Região Metropolitana de São Paulo em relação ao início dos anos 2000. Entretanto, os desafios acerca do controle da poluição na região permanecem evidentes, pois constatou-se aumento da distribuição percentual da classificação de qualidade do ar em ruim e muito ruim, bem como da diminuição do percentual de qualidade boa, em relação aos dois anos anteriores (2016 e 2017).

Dessa forma, a situação da poluição do ar na Região Metropolitana de São Paulo requer não apenas inovações tecnológicas de veículos e no uso de combustíveis, mas também medidas integradas de diversos setores da sociedade, incluindo: redução do número de viagens motorizadas e congestionamentos, com redução das distâncias percorridas durante o trajeto; incremento na oferta dos transportes públicos não poluentes; aumento da eficiência do transporte público por ônibus (CETESB, 2019); bem como consciência na utilização dos meios de transporte individuais, buscando utilizá-los em grupo (sistema de rodízios).

## **CONCLUSÃO**

Fatores climáticos e poluentes são comumente conhecidos por seus inúmeros efeitos na saúde dos indivíduos. Com as mudanças climáticas e ambientais vivenciadas nas últimas décadas, o conhecimento acerca do impacto desses aspectos na vida das pessoas é essencial para a criação de medidas voltadas especificamente para a promoção e prevenção da saúde da população diante dessa nova realidade.

As doenças respiratórias, em especial a doença pulmonar obstrutiva crônica, afetam uma boa parcela da população brasileira. Os pacientes portadores dessa doença costumam ter crises associadas a fatores intrínsecos e/ou extrínsecos, sendo os extrínsecos relativos a, principalmente, características do meio em que se vive.

Nessa perspectiva, observa-se que, no município de São Paulo, as internações por conta de DPOC possuem um comportamento sazonal, possuindo uma variação ao longo dos meses. Essa variação foi semelhante à do monóxido de carbono e de material particulado inalável. A correlação entre os níveis de monóxido de carbono e de material particulado inalável com a taxa de internações por DPOC foi estatisticamente significativa, o que demonstra que há uma associação entre esses fatores e um impacto desses poluentes na saúde desses pacientes.

Desse modo, observa-se que, no município de São Paulo, os fatores poluentes apresentaram associação com a taxa de internações por DPOC nos anos de 2014 e 2015. Nesse contexto, é importante a criação e intensificação de medidas que visem a redução da concentração dos poluentes no ar, além do acompanhamento contínuo dos seus níveis. Ademais, é essencial a realização de novos estudos para uma maior análise do impacto desses fatores na saúde dos pacientes com DPOC.



#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABE, K. C.; EL KHOURI MIRAGLIA, S. G. Health impact assessment of air pollution in São Paulo, Brazil. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 13, n. 7, p. 694, 2016.
- BURNETT, R. T. *et al.* Association between ozone and hospitalization for respiratory diseases in 16 Canadian cities. **Environmental Research**, v. 72, n. 1, p. 24-31, 1997.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade do ar no estado de São Paulo - 2018**. São Paulo: [s.n.].
- CRUZ, D. M. DA *et al.* Hospitalization, deaths, expenses respiratory diseases and its relationship with climate change in the municipality of San Carlos - SP, Brazil. **Medicina (Ribeirao Preto. Online)**, v. 49, n. 3, p. 248-257, 2016.
- DE MIGUEL-DÍEZ, J. *et al.* Analysis of environmental risk factors for chronic obstructive pulmonary disease exacerbation: A case-crossover study (2004-2013). **PLoS one**, v. 14, n. 5, p. 1-11, 23 maio 2019.
- DE SOUZA, P. A. *et al.* Caracterização do material particulado fino e grosso e composição da fração inorgânica solúvel em água em São José dos Campos (SP). **Química Nova**, v. 33, n. 6, p. 1247-1253, 2010.
- DEVRIES, R.; KRIEBEL, D.; SAMA, S. Outdoor Air Pollution and COPD-Related Emergency Department Visits, Hospital Admissions, and Mortality: A Meta-Analysis. **COPD: Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease**, v. 14, n. 1, p. 113-121, 2 jan. 2017.
- FAJERSZTAJN, L. *et al.* Short-term effects of fine particulate matter pollution on daily health events in Latin America: a systematic review and meta-analysis. **International Journal of Public Health**, v. 62, n. 7, p. 729-738, 2017.
- LI, J. *et al.* Major air pollutants and risk of COPD exacerbations: A systematic review and meta-analysis. **International Journal of COPD**, v. 11, p. 3079-3091, 2016.
- LIANG, L. *et al.* Associations between daily air quality and hospitalisations for acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease in Beijing, 2013-17: an ecological analysis. **The Lancet Planetary Health**, v. 3, n. 6, p. 270-279, 2019.
- LING, S. H.; VAN EEDEN, S. F. Particulate matter air pollution exposure: role in the development and exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease. **International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease**, v. 4, p. 233-243, 2009.
- MACHIN, A. B.; NASCIMENTO, L. F. C. Efeitos da exposição a poluentes do ar na saúde das crianças de Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 34, n. 3, p. 1-9, 2018.
- MO, Z. *et al.* Acute effects of air pollution on respiratory disease mortalities and outpatients in Southeastern China. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 3461, 2018.
- MOORE, E. *et al.* Global associations between air pollutants and chronic obstructive pulmonary disease hospitalizations: A systematic review. **Annals of the American Thoracic Society**, v. 13, n. 10, p. 1814-1827, 2016.
- MORAES, S. L. DE *et al.* Variáveis meteorológicas e poluição do ar e sua associação com

internações respiratórias em crianças: estudo de caso em São Paulo, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 35, n. 7, p. 1-16, 2019.

RIBEIRO, H.; ASSUNÇÃO, J. V. DE. Efeitos das queimadas na saúde humana. **Estudos Avançados**, v. 16, n. 44, p. 125-148, 2002.

SANTOS, F. S. DOS *et al.* Avaliação da influência das condições meteorológicas na concentração de material particulado fino (MP<sub>2,5</sub>) em Belo Horizonte, MG. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 24, n. 2, p. 371-381, 2019.

SINT, T.; DONOHUE, J. F.; GHIO, A. J. Ambient air pollution particles and the acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease. **Inhalation Toxicology**, v. 20, n. 1, p. 25-29, 2008.

TIAN, L. *et al.* Ambient carbon monoxide and the risk of hospitalization due to chronic obstructive pulmonary disease. **American Journal of Epidemiology**, v. 180, n. 12, p. 1159-1167, 5 dez. 2014.