



X-036 - INCIDÊNCIA DE DOENÇAS RESPIRATÓRIAS DEVIDO À EXPOSIÇÃO AO MATERIAL PARTICULADO ATMOSFÉRICO EM TRÊS MUNICÍPIOS DE MÉDIO PORTE

Simone Andréa Pozza*

Engenheira Química pela Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Mestrado e Doutorado em Engenharia Química pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Livre-docente em Ciências Ambientais pela Unicamp. Professora Associada na Faculdade de Tecnologia (FT) da Unicamp.

Priscila Boleta Gonçalves

Engenheira Ambiental pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Mestre e Doutoranda em Tecnologia na área de Ambiente pela Unicamp.

Danilo Covaes Nogarotto

Estatístico pela Unicamp. Mestre em Estatística pela Unicamp. Doutor em Tecnologia na área de Ambiente pela Unicamp.

Jéssica Cristina Dores Eulálio

Engenheira Ambiental pela Unicamp.

Rúbia Cristina Rufino

Engenheira Ambiental pela Unicamp.

Endereço: Rua Paschoal Marmo, 1888 – Jardim Nova Itália - Limeira - SP - CEP: 13484-332 - Brasil - Tel: (19) 981084039 - *e-mail: spozza@unicamp.br

RESUMO

Um dos problemas ambientais que vem ganhando destaque nos últimos anos, em escala global, é a poluição do ar, devido ao seu potencial de causar danos ao meio ambiente e à saúde da população. Um dos principais poluentes presentes na atmosfera é o Material Particulado (MP). O MP apresenta potencial de causar efeitos deletérios à saúde humana, sendo o dano associado ao tamanho da partícula, ou seja, quanto menor for o tamanho da partícula, maior será o seu potencial nocivo. O presente trabalho utilizou o software AirQ+ para avaliar o impacto causado na mortalidade de doenças respiratórias devido a exposição de MP_{2,5} e MP₁₀ nos municípios de Limeira/SP, Ribeirão Preto/SP e São José do Rio Preto/SP em três diferentes faixas etárias (menor do que 5 anos, maior do que 30 anos e todas as idades), no período de 2017 a 2021. Os efeitos da poluição do ar sob a saúde foram quantificados por meio do software AirQ+. Para exposição a curto prazo a MP₁₀, adotou-se o período de 1 ano e, para longo prazo a MP_{2,5}, foi considerado um período de 3 anos para o município de Limeira, uma vez que não havia dados de monitoramento anterior ao ano de 2019 e, um período de 5 anos para os demais municípios. Os resultados mostraram que o aumento da concentração de poluentes está relacionado com o aumento do número de mortes prematuras, além da incidência, a qual possui influência direta na análise.

PALAVRAS-CHAVE: Poluição atmosférica, MP_{2,5}, MP₁₀, AirQ+.

INTRODUÇÃO

A poluição do ar é um problema global que afeta tanto o meio ambiente quanto a saúde da população e está diretamente relacionada às atividades humanas, como a globalização e a industrialização. Um dos principais poluentes atmosféricos é o Material Particulado (MP), que pode ser subdividido de acordo com seu tamanho, sendo as frações mais conhecidas o MP_{2,5} e MP₁₀, que têm seus diâmetros aerodinâmicos até 2,5 µm e até 10 µm, respectivamente (BRASIL, 2018).

O MP pode ser proveniente de atividades de combustão, ressuspensão de poeira do solo, queima de biomassa, atividades industriais, emissões de veículos automotores, dentre outras fontes. Essas partículas podem causar problemas de saúde, como tosse, cansaço, doenças cardiovasculares e pulmonares. Ressaltando que o dano é inversamente proporcional ao tamanho da partícula (SEINFELD e PANDIS, 2016). De acordo com a



SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO
DE ENGENHARIA SANITÁRIA
E AMBIENTAL



Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico, do inglês *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD, 2012), se a poluição atmosférica não for controlada até 2050, será a principal causa de mortes no mundo. Algumas localidades apresentam maior incidência de doenças devido a atividades humanas significativas.

O software AirQ+ permite relacionar dados de doenças respiratórias, características dos municípios e qualidade do ar, calculando o número de mortes e internações atribuíveis à poluição atmosférica (ROVIRA et.al., 2020; WHO, 2023). Ansari (2019) utilizou o AirQ+ em seu estudo e concluiu que em torno de 6710 mortes prematuras foram atribuídas à exposição a longo prazo para MP_{2,5} devido a concentração ultrapassar o valor de corte (10 µg/m³).

Desta forma, este estudo focou em três municípios paulistas, de médio porte: Limeira, Ribeirão Preto e São José do Rio Preto. Para se ter um panorama relacionando saúde da população com poluição atmosférica desses três locais, foi utilizado o software AirQ+ (ROVIRA et.al., 2020; WHO, 2023). Os coeficientes de regressão, concentrações de MP₁₀ e MP_{2,5}, taxas de incidência de doenças para cada faixa etária e população foram utilizados para calcular o risco relativo de mortalidade por exposição à MP (BAHRAMI ASL et al., 2018).

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado em três locais: Limeira, com 580,711 km² e 308.482 habitantes, destaca-se como polo industrial e produtor de cana-de-açúcar. Ribeirão Preto, com 650,916 km² e 711.825 habitantes e é um polo tecnológico e industrial. São José do Rio Preto, com 431,944 km² e 408.258 habitantes e é um grande polo industrial.

Os dados de saúde dessas localidades, de 2017 a 2021, foram obtidos no Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) (Ministério da Saúde, 2021). Utilizando o mesmo portal, encontrou-se a população específica referente a faixa etária maior de 30 anos, menor de 5 e todas as idades, e número de internações e, pelo estudo de Ostro (2004), determinou-se um coeficiente β, sendo 0,008 para mortalidade por todas as causas e exposições a MP₁₀, 0,00166 para mortalidade respiratória exposição a MP₁₀ e 0,15515, para mortalidade cardiopulmonar e exposição a MP_{2,5}.

A taxa de incidência foi calculada (Equação 1), sendo adotado o fator n de 100.000 habitantes.

$$\text{Incidência} = \text{Internações} / ((\text{População específica}) * n) \quad \text{Equação (1)}$$

Os dados diários das concentrações dos poluentes MP_{2,5} e MP₁₀ (em µg/m³) foram obtidos pelo Sistema de Informações de Qualidade do Ar (QUALAR) (CETESB, 2021). A partir desses dados calculou-se as médias anuais.

A partir destes dados, foi utilizado o software AirQ+ para avaliar os efeitos da poluição do ar na saúde. Para exposição a curto prazo a MP₁₀, adotou-se o período de um ano para todos os locais. Para exposição à MP_{2,5}, a longo prazo, foram considerados três anos para Limeira e cinco anos para São José do Rio Preto e Ribeirão Preto. O software gerou estimativas de mortes prematuras evitáveis caso as concentrações de poluentes respeitassem os limites da OMS. O cálculo do Risco Relativo (RR), Fração Atribuível à População (que é a parcela da taxa de incidência que poderia ser reduzida caso a exposição causadora fosse eliminada), População em Risco, Mortes Prematuras e Mortes Prematuras a cada 100.000 habitantes, realizado pelo AirQ+ foram calculados considerando as Equações 2 a 6:

$$\text{RR} = e^{(\beta \cdot (X - X_0))} \quad \text{Equação (2)}$$

onde:

β = coeficiente de regressão para cada mortalidade relacionada ao poluente.

X = concentração média (µg/m³)

X₀ = concentração base (µg/m³)

$$\text{Fração Atribuível à População} = (\text{RR} - 1) / \text{RR} \quad \text{Equação (3)}$$

População em Risco = (Incidência x População Específica)/100000 Equação (4)

Mortes Prematuras = População em risco x Fração Atribuível à População Equação (5)

Mortes Prematuras por 100.000 habitantes = (Mortes Prematuras)/(População em Risco x 100000)
equação (6)

RESULTADOS OBTIDOS

Inicialmente, calculamos o número de mortes prematuras que poderiam ser evitadas em indivíduos acima de 30 anos (Figura. 1).

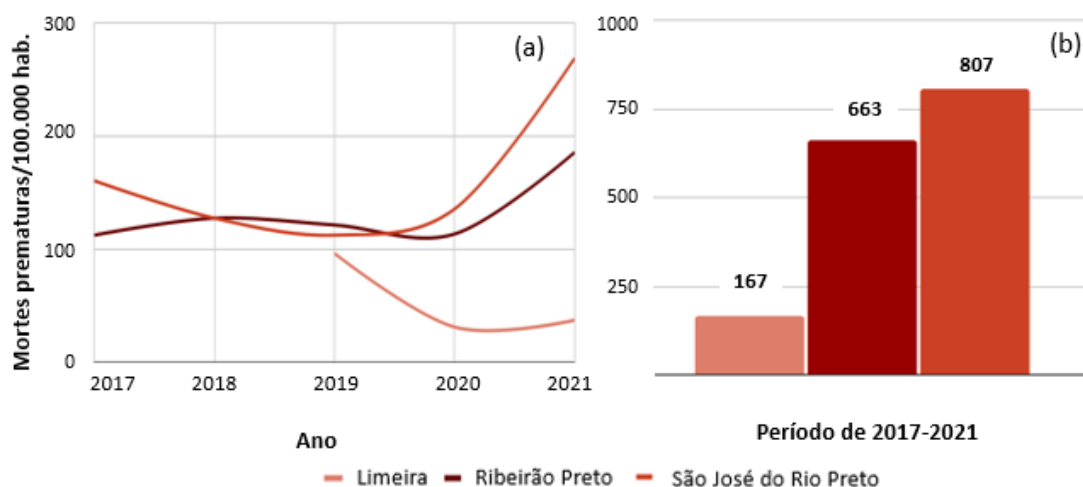


Figura 1: Mortes prematuras/100.000 habitantes (> 30 anos) para concentrações de MP_{2,5} de curta (a) e longa (b) exposição.

Conforme Figura 1, São José do Rio Preto aumentou 40% e Ribeirão Preto 39% nas mortes prematuras do período, em indivíduos acima de 30 anos. Em Limeira, entre 2019-2020 percebe-se diminuição de 67% e aumento em 2021 de 16%. São José do Rio Preto teve o maior número de mortes prematuras para longa exposição.

Na Figura 2, observa-se que Limeira possui menores concentrações de MP, bem como menor número de mortes prematuras. Em Ribeirão Preto, tanto o número de mortes prematuras, quanto a concentração de MP aumentaram ao longo dos anos. São José do Rio Preto, teve diminuição no número de mortes e na concentração do poluente até 2020, já em 2021 houve aumento do número de mortes e diminuição na concentração de MP_{2,5}, isto ocorreu devido a incidência ter aumentado.

Considerando todas as faixas etárias, em Limeira houve aumento de 67% no número de mortes (Figura 3). Em São José do Rio Preto, nos três primeiros anos, houve diminuição de 60% e em 2020 aumento de 40%. Ribeirão Preto aumentou 20% o número de mortes entre 2017-2018, diminuiu 20% em 2018-2019 e entre 2019-2021 aumentou 60%. Limeira teve menos mortes prematuras a longo prazo.

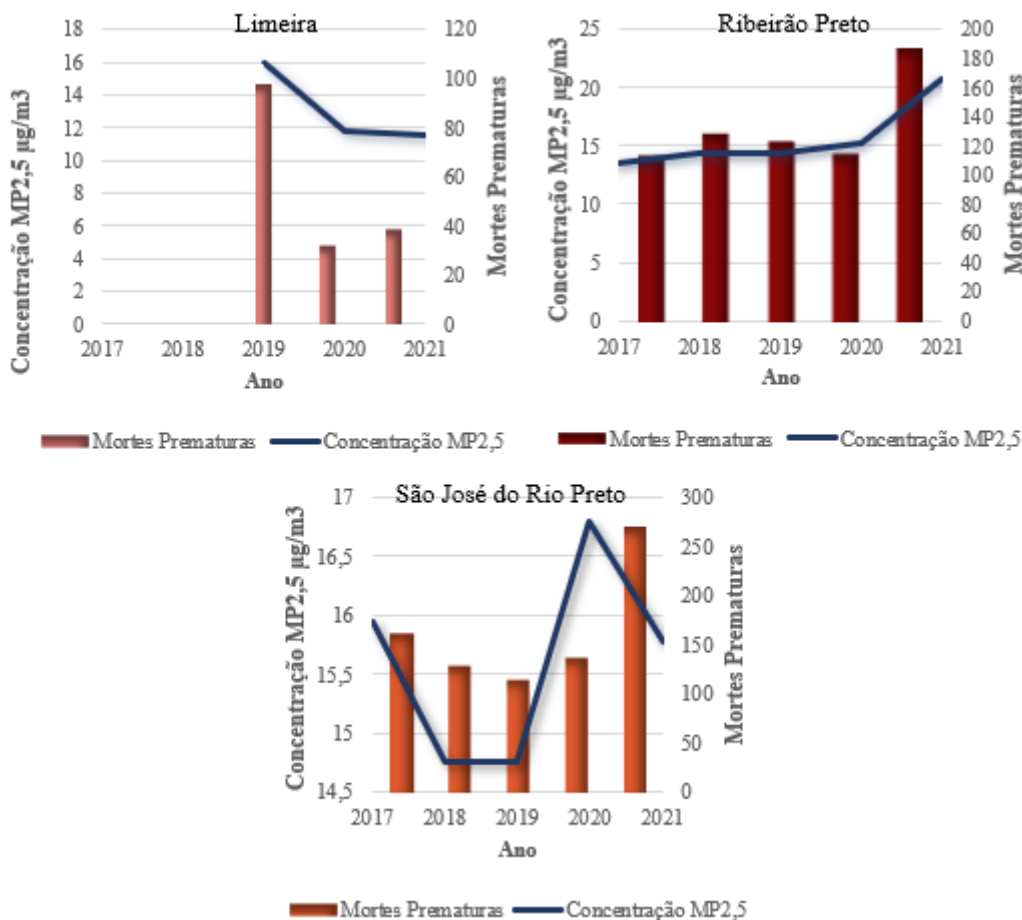


Figura 2: Mortes prematuras acima dos 30 anos e a concentração de MP2,5.

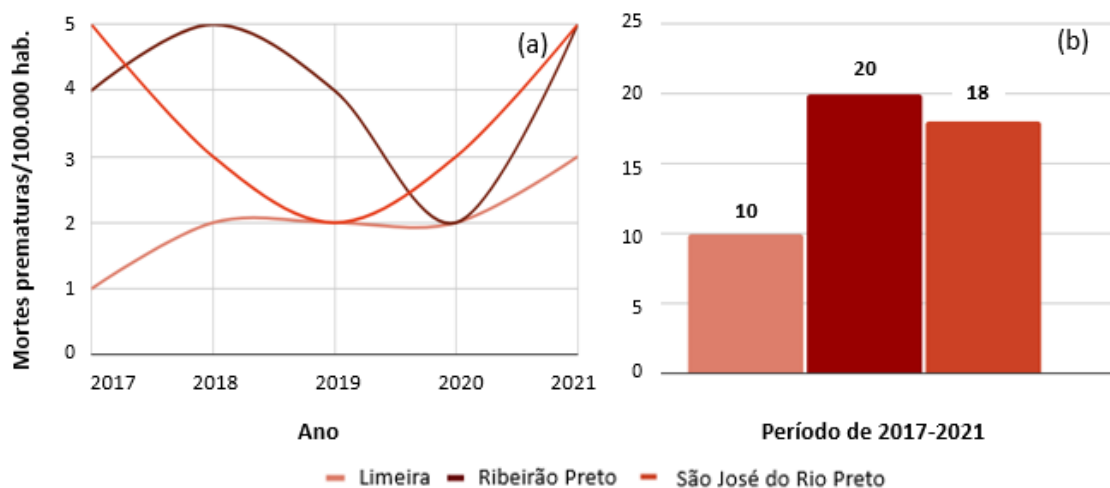


Figura 3: Mortes prematuras/100.000 habitantes (todas as idades), para concentrações de MP10 de curta (a) e longa (b) exposição.

A Figura 4 apresenta a relação entre o número de mortes prematuras em todas as idades e a concentração de MP10.

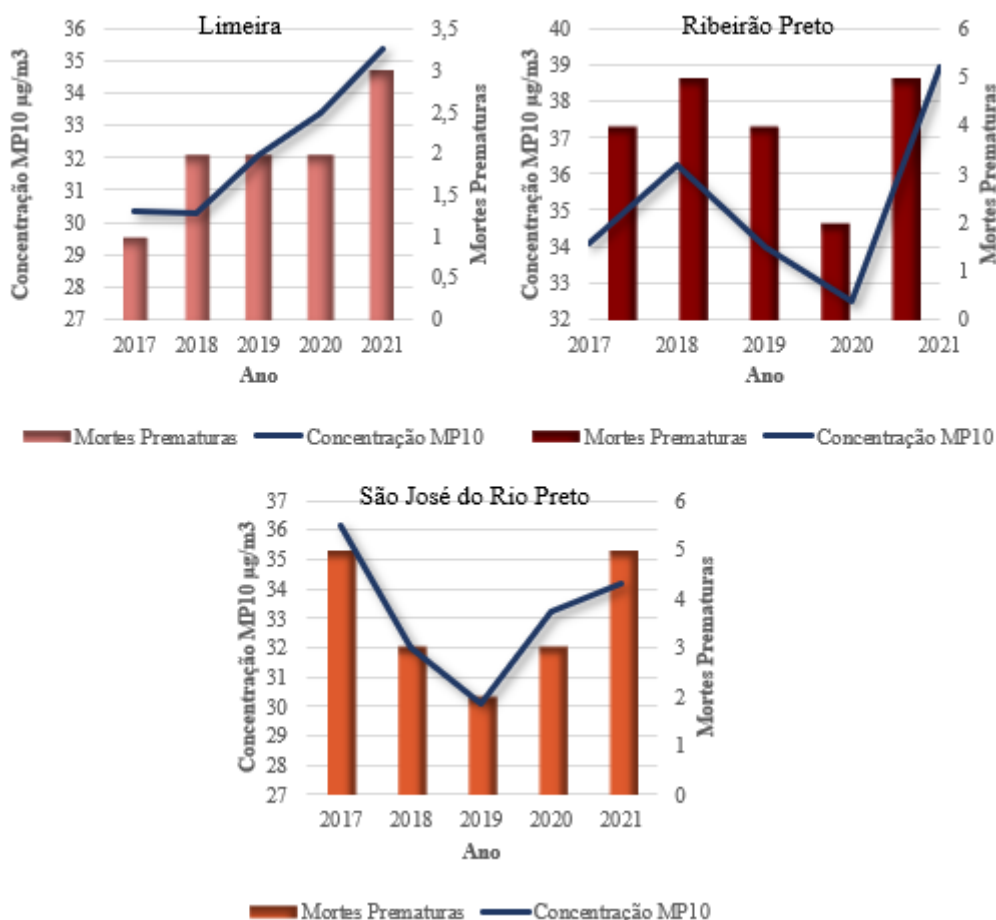


Figura 4: Mortes prematuras em todas as idades e a concentração de MP₁₀.

São José do Rio Preto apresentou diminuição no número de mortes prematuras de 81% entre 2017-2020 e aumento em 2021 de 64% para menores de 5 anos (Figura 5). Ribeirão Preto mostrou aumento de 19% em 2017-2018, diminuição de 25% em 2019 e novo aumento de 68% em 2020-2021. Limeira nos três primeiros anos apresentou aumento de 23%, em 2020 redução de 46% e aumento de 45% em 2021. Não houve diferenças significativas entre os municípios para longa exposição.

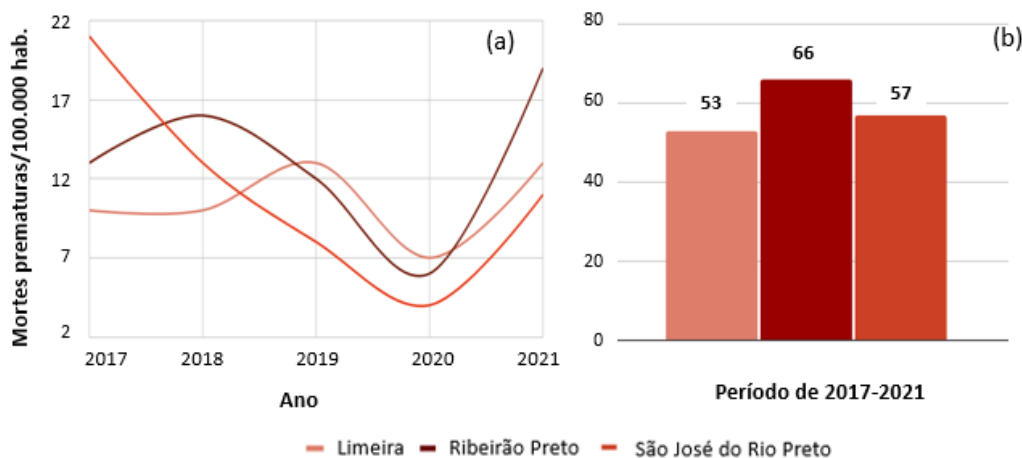


Figura 5: Mortes prematuras/100.000 habitantes (< 5 anos) para concentrações de MP₁₀, de curta (a) e longa (b) exposição.



A Figura 6 apresenta a relação entre o número de mortes prematuras abaixo dos 5 anos e a concentração de MP₁₀.

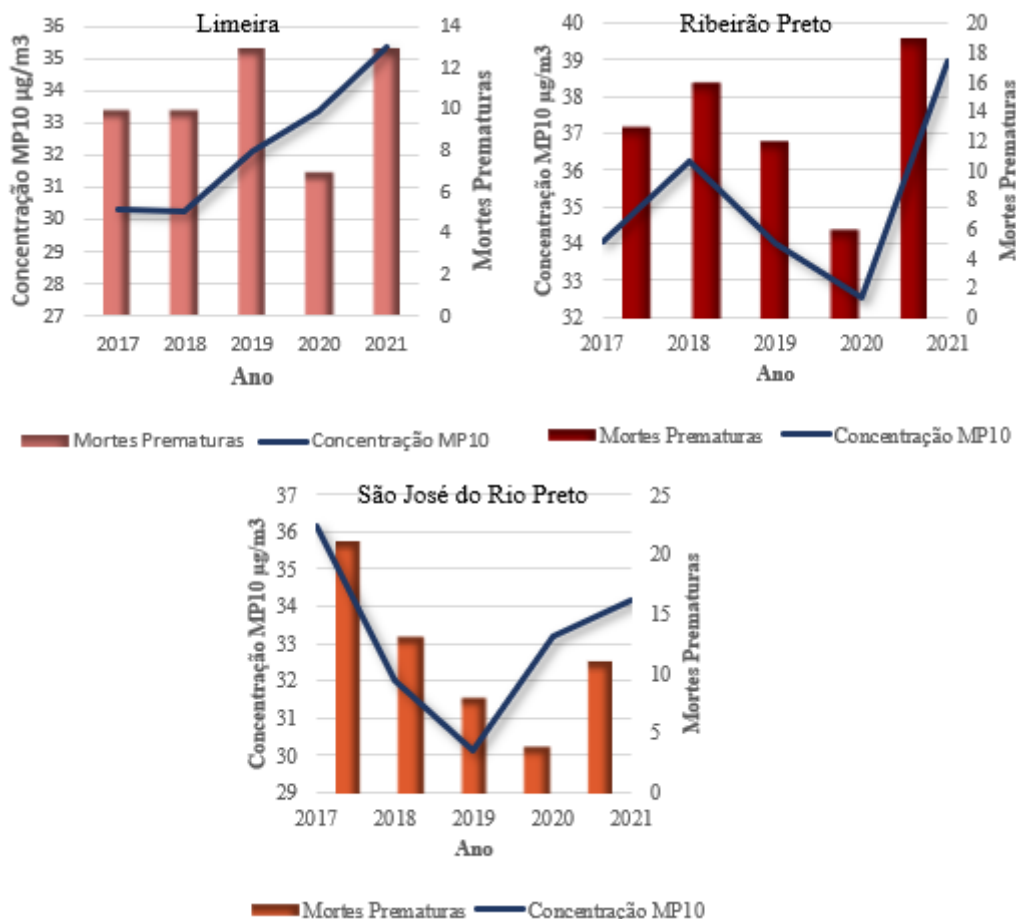


Figura 6: Mortes prematuras abaixo dos 5 anos e a concentração de MP₁₀.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nota-se que tanto a concentração, quanto o número de mortes aumentaram ao longo dos cinco anos. Ao observar somente as concentrações, percebe-se que os valores não aumentaram significativamente, todavia, a incidência teve um aumento significativo indicando que o número de mortes pode estar diretamente relacionado com a incidência.

Em relação à faixa etária, notou-se que acima de 30 anos para MP_{2,5}, considerando um período de 5 anos, apresentou 1637 mortes prematuras, já analisando todas as idades para o MP₁₀ no mesmo período, tem-se 48 mortes prematuras e por fim, analisando as idades até 5 anos, tem-se 176 mortes prematuras. Com isso, constata-se que o MP_{2,5} é realmente mais nocivo à saúde humana se comparado ao MP₁₀, uma vez que o MP_{2,5} é considerado partículas inaláveis finas que atingem camadas mais profundas do sistema respiratório.

Entre os três municípios, percebe-se que a exposição ao MP_{2,5}, resultou em um maior número de mortes prematuras em São José do Rio Preto. Já a exposição ao MP₁₀ foi mais nociva em Ribeirão Preto, especificamente na faixa etária menor do que 5 anos, indicando que as crianças são mais susceptíveis à exposição ao poluente atmosférico, se comparadas aos adultos.

Em suma, considerando os resultados, tem-se que Limeira apresentou redução no número de mortes prematuras em relação ao MP_{2,5} e aumento em relação ao MP₁₀. Já os municípios de Ribeirão Preto e São José do Rio Preto apresentaram aumento tanto para MP_{2,5}, quanto para MP₁₀. O aumento na concentração de MP_{2,5}



e MP_{10} em Ribeirão Preto pode ter sido devido a um fenômeno atípico, conhecido como tempestade de areia, ocorrido no ano de 2021 (VEJA, 2021). O fenômeno surge em períodos de estiagem, quando há ventos com alta velocidade, capazes de levantar uma quantidade relevante de partículas presentes no solo para atmosfera, podendo se deslocar por longas distâncias (ANSARI, 2019).

CONCLUSÕES

Este estudo empregou o programa AirQ+ para avaliar os efeitos na taxa de mortalidade por doenças respiratórias devido à exposição às partículas $MP_{2,5}$ e MP_{10} em faixas etárias específicas (menos de 5 anos, acima de 30 anos e todas as idades) durante o período de 2017 a 2021. As localidades abrangidas foram Limeira/SP, Ribeirão Preto/SP e São José do Rio Preto/SP.

A pesquisa examinou as concentrações dessas partículas e sua correlação com o aumento de casos de doenças respiratórias. Estes, por sua vez, estão associados à incidência, a qual impacta diretamente o número de óbitos. A análise limitou-se às concentrações, incidências e número de mortes, sem considerar outros elementos que poderiam influenciar os resultados, como condições climáticas, atividades econômicas locais, fatores atípicos (como incêndios e tempestades de areia durante períodos de seca) e outros aspectos relacionados à qualidade do ar e à saúde da população.

Os resultados indicam que o aumento na concentração de poluentes está vinculado ao crescimento de mortes prematuras, além da incidência, a qual desempenha um papel crucial na análise. O software foi importante nesse processo, fornecendo uma estimativa do número de mortes prematuras e auxiliando na avaliação do impacto da exposição a poluentes na saúde. O programa apresenta vantagens como facilidade de uso e a capacidade de operar offline.

No entanto, algumas dificuldades foram identificadas no uso do software, como sua natureza fechada, sem a possibilidade de visualizar as fórmulas internas, e a limitação de entrada de dados apenas em base anual. Adicionalmente, o programa ainda carece de opções abrangentes de doenças.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANSARI, M., EHRAMPOUSH, M. H. *Meteorological correlates and AirQ+ health risk assessment of ambient fine particulate matter in Tehran, Iran. Environmental Research*, v.170, p.141-150, 2019.
2. BAHRAMI ASL, F., LEILI, M., VAZIRI, Y., SALAHSHOUR ARIAN, S., CRISTALDI, A., OLIVERI CONTI, G., FERRANTE, M. *Health impacts quantification of ambient air pollutants using AirQ model approach in Hamadan, Iran. Environmental research*, v. 161, p. 114-121, 2018.
3. BRASIL. *Resolução no 491, de 19 de novembro de 2018. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Complementa e altera a Resolução N° 03 de 28/06/90.*
4. CETESB. *Qualar: Qualidade do Ar. Qualidade do Ar.* 2021. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/qualar/>. Acesso em: 10 set. 2021.
5. MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Portal do Datasus.* Disponível em: <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=01>. Acesso em: 29 de setembro de 2021
6. OECD - Organization for Economic Co-operation and Development. *OECD Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction.* OECD: 2012
7. OSTRO, Bart & WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Outdoor air pollution: assessing the environmental burden of disease at national and local levels / Bart Ostro.* Occupational and Environmental Health Team, 2004
8. ROVIRA, J., DOMINGO, J. L., SCHUHMACHER, M. *Air quality, health impacts and burden of disease due to air pollution (PM10, PM2.5, NO2 and O3): Application of AirQ+ model to the Camp de Tarragona County (Catalonia, Spain). Science of The Total Environment*, v.703, 135538, 2020.
9. SEINFELD, J. H.; PANDIS, S. N. *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change.* 3. ed. New York: 2016.
10. VEJA, 2021. *Tempestade de areia assusta moradores do interior de São Paulo.* Disponível em: <https://veja.abril.com.br/brasil/tempestade-de-areia-assusta-moradores-do-interior-de-sao-paulo/>. Acesso em: 25 out. 2022.
11. WHO - World Health Organization. *AirQ+: software tool for health risk assessment of air pollution.* 2023. Disponível em: <https://www.who.int/tools/airq>. Acesso em: 16 nov. 2023.