

Análise da qualidade do ar na cidade de Ponta Grossa-PR: Aplicação das ferramentas R e *OpenAir*

Analysis of air quality data in the city of Ponta Grossa-PR: Application of R and *OpenAir* tools

Leonardo José Rossoni Quadros¹, Yara de Souza Tadano²

RESUMO

O material particulado com diâmetro aerodinâmico menor ou igual a 2,5 micrômetros ($MP_{2,5}$) é um poluente atmosférico que pode provocar doenças respiratórias e circulatórias na população. Seus mecanismos de ação no corpo humano ainda foram pouco desvendados e medidas já vêm sendo tomadas para diminuir a exposição deste poluente à população. O objetivo deste trabalho foi realizar uma análise estatística dos dados de qualidade do ar, com foco no $MP_{2,5}$, da cidade de Ponta Grossa, Paraná, utilizando a ferramenta estatística R e o pacote *OpenAir*. Os dados diários, de outubro de 2016 até abril de 2018, foram aplicados em diversas funções do pacote *OpenAir* e os gráficos e valores obtidos foram utilizados para determinar, de modo geral, a qualidade do ar da cidade paranaense. O presente estudo constatou que a cidade apresentou considerável melhora no decorrer do tempo observado e identificou como, possivelmente, as principais fontes de emissão de $MP_{2,5}$, a combustão veicular e doméstica.

PALAVRAS-CHAVE: material particulado; qualidade do ar; saúde, *OpenAir*.

ABSTRACT

The particulate matter with an aerodynamic diameter equal or less than 2.5 micrometers ($PM_{2.5}$) is an atmospheric pollutant that can lead to respiratory and circulatory diseases in the population. $PM_{2.5}$'s action mechanisms in the human body are still poorly understood and measures have already been taken to lessen this pollutant's exposure to the population. The objective of this work was to make a statistical analysis of the air quality data, focused on $PM_{2.5}$, in the city of Ponta Grossa, Paraná, utilizing the statistical tool R and the *OpenAir* package. Daily data, from October 2016 to April 2018, were fed to many *OpenAir* functions and the graphs and values obtained were utilized to generally determine the air quality in the city. The present study concluded that the city has shown improvement in air quality at that time span and the main sources of emissions were, possibly, car and home combustion processes.

KEYWORDS: particulate matter; air quality; health, *OpenAir*.

INTRODUÇÃO

A poluição do ar, das águas e do solo é, em escala global, uma preocupação relativamente recente. A forma como ela afeta a biosfera e os seres humanos está sendo extensivamente estudada (Sastrey, 2002; Anderson, 2009; Schwarzenbach et al, 2010). No que toca a qualidade do ar, diversos poluentes influenciam numa piora da qualidade de vida da população, incluindo o material particulado com diâmetro aerodinâmico menor ou igual a 2,5 micrômetros ($MP_{2,5}$).

A inalação de $MP_{2,5}$ pode acarretar problemas na saúde pulmonar e circulatória. A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (U.S. EPA, 2023) apresenta uma lista destes problemas, incluindo ataques cardíacos não fatais, arritmia cardíaca, asma e função pulmonar diminuída. Estes efeitos são variáveis de organismo para organismo e da concentração de $MP_{2,5}$ inalado.

¹ Bolsista voluntário. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, PR, Brasil. E-mail: leonardoq@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 1231757699312321.

² Docente no DAMAT. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, PR, Brasil. E-mail: yarataadano@utfpr.edu.br. ID Lattes: 1411041491592598.



A Organização Mundial da Saúde (OMS), divulgou em 2021, uma nova diretriz de qualidade do ar, que continha as concentrações máximas válidas para o curto e longo prazo de $MP_{2,5}$, respectivamente, concentração dentro de 24 horas e anual. O valor máximo de concentração diária estabelecido pela diretriz compreende 99% dos dias do ano, fazendo com que de 3 a 4 dias no ano, as concentrações atmosféricas registradas possam ser maiores que os limites estabelecidos (OMS, 2021). Esta consideração é feita para os casos de anomalias atmosféricas que, por vezes, impedem a dispersão dos poluentes, elevando a concentração do dia.

A Tabela 1 apresenta as recomendações diárias e anuais de $MP_{2,5}$ segundo a diretriz da OMS. Os pontos intermediários são uma forma de acompanhar o progresso em direção ao nível de concentração da diretriz de qualidade do ar. Cada órgão responsável deve acompanhar o avanço e garantir que não haja recuo na qualidade do ar, isto é, não regredir etapas.

Tabela 1 - Recomendações diárias e anuais da diretriz de qualidade do ar e pontos intermediários de $MP_{2,5}$ da OMS.

	Anuais ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Diárias ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Ponto intermediário 1	35	75
Ponto intermediário 2	25	50
Ponto intermediário 3	15	37,5
Ponto intermediário 4	10	25
Nível da diretriz de qualidade do ar	5	15

Fonte: OMS (2021).

Diversos fatores estão relacionados ao impacto do $MP_{2,5}$ na saúde, desde a distribuição do poluente na atmosfera (dependente das condições atmosféricas, deposição, acumulação, etc.), a composição variada de químicos na mistura, até o estilo de vida da população. Dessa forma, a criação de uma diretriz com valores “seguros” de concentração de $MP_{2,5}$ é complexa e não uniforme ao redor do planeta (Enstrom, 2005).

A toxicidade proveniente da exposição ao poluente $MP_{2,5}$ e os mecanismos de ação dentro do corpo ainda são vastamente estudados (Silva e Fiorin, 2020; Tamashiro, 2021; Seagrave et al. 2006; Wegesser, Pinkerton e Last, 2009).

A cidade de Ponta Grossa (PR) é a 4ª maior cidade do Estado, 81,3% dos domicílios ponta-grossenses apresentam esgotamento sanitário adequado, representando a 27ª posição no Paraná. Apresenta, ainda, o 78º maior PIB per capita e a 15ª posição em relação ao salário médio dos trabalhadores formais do Estado, respectivamente, as posições 635 e 414 do país (IBGE, 2010; 2020; 2021). Devido ao seu tamanho e desenvolvimento, a cidade se torna uma região urbana de interesse para estudos de poluentes atmosféricos e seus impactos na saúde do ser humano.

A determinação das concentrações seguras para a exposição deste poluente, assim como métodos de mitigação de emissões e dos danos na saúde se fazem um

importante tópico da atualidade, condizentes com o 3º Objetivo do Desenvolvimento Sustentável.

Diante disso, o objetivo do presente estudo foi analisar a qualidade do ar da cidade de Ponta Grossa-PR, utilizando a ferramenta R e o pacote *OpenAir*.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados da cidade de Ponta Grossa foram analisados com o pacote *OpenAir* do *software* R (R Core Team, 2023; Carslaw e Hopkins, 2012). A seguir, serão apresentados detalhes da metodologia empregada neste estudo.

COLETA DE DADOS

Os dados foram coletados com o uso de um impactador Harvard, instalado nas dependências da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), localizada no centro da cidade de Ponta Grossa (PR). Os dados foram coletados diariamente entre os dias 28 de novembro de 2016 e 1 de julho de 2018 e a escolha do local ocorreu por diversos fatores, como possibilidade de acesso diário, disponibilidade de energia elétrica, facilidade de instalação do equipamento e por ser um espaço aberto - permitindo uma amostragem representativa da concentração que atinge os transeuntes (Nishida, 2018). Este resumo apresenta apenas um trecho da análise de dados da qualidade do ar, se limitando ao período de abril a dezembro de 2017. A análise em completude dos dados, de 2016 a 2018 está presente no texto completo.

A concentração de $MP_{2,5}$ foi calculada de acordo com a Equação 1 (Polezer, 2015 e Silva, 2019), o resultado é dado em $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Os dados atmosféricos, como temperatura, pressão e umidade relativa do ar foram obtidos com o Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR) e os dados de internação coletados do site do DATASUS, referentes aos dados do Sistema Único de Saúde (SUS).

$$MP_{2,5}(\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}) = \frac{\text{Massa depositada } (\mu\text{g}) \cdot 1000}{\text{Vazão}(10 \cdot \text{L} \cdot \text{min}^{-1}) \cdot \text{Período de coleta } (\text{min})} \quad (1)$$

FERRAMENTA R E OPENAIR

A ferramenta utilizada para realizar as análises foi o pacote *OpenAir*, desenvolvido por Carslaw e Ropkins (2012). As funções provenientes do pacote têm por finalidade a análise de dados de qualidade do ar e, por consequência, foram utilizadas para realizar a análise dos dados de Ponta Grossa com relação ao $MP_{2,5}$.

A ferramenta e o pacote *OpenAir* foram escolhidos devido à fácil aplicação, confiabilidade dos resultados e por serem gratuitos. Pesquisas como a presente são importantes para a divulgação não somente de resultados significativos para a problemática ambiental e de saúde, mas também para a divulgação de ferramentas como o *OpenAir* – gratuita e útil para estes fins. A principal função utilizada nesta análise foi a *polarPlot*, apesar da utilização de várias outras.

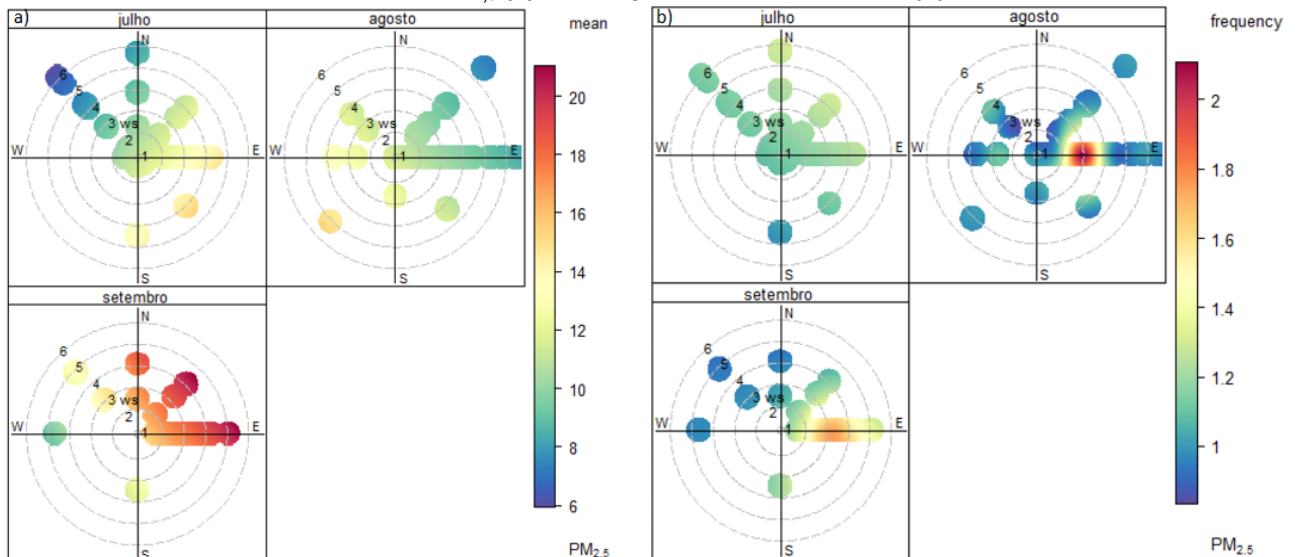
RESULTADOS E DISCUSSÃO



Por meio do gráfico gerado pela função *summaryPlot*, pôde-se identificar um período de maiores concentrações de $MP_{2,5}$ na atmosfera (de julho a setembro de 2017) em relação aos demais meses do mesmo ano. A utilização desta função foi primaz para a análise, pois possibilitou identificar o ponto de interesse – intervalo com concentrações atípicas no ano de 2017.

Após a sumarização dos dados, os episódios de alta de $MP_{2,5}$ nos meses de julho a setembro de 2017 foram analisados utilizando a função *polarPlot*. Conforme apresenta o Gráfico 1, os dados foram dispostos com relação à direção e velocidade do vento e as escalas de cores seguiram duas estatísticas, a média (Gráfico 1a) e a frequência (Gráfico 1b).

Gráfico 1 - *polarPlot* dos meses de julho, agosto e setembro de 2017 exibindo as concentrações médias de $MP_{2,5}$ (a) e a frequência de ocorrência (b)



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Através do Gráfico 1, nota-se que os episódios de maiores concentrações de $MP_{2,5}$ na atmosfera não são apenas episódios atípicos, mas sim, um crescimento não relacionado às más condições de dispersão. Esta afirmação pode ser feita observando que durante um longo período (de julho a setembro) as concentrações se mantiveram mais altas (11,61; 11,33 e 17,85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de $MP_{2,5}$, respectivamente) em comparação com os três meses anteriores (7,16; 7,73 e 6,46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de $MP_{2,5}$, para, respectivamente, abril, maio e junho) e posteriores (6,93; 5,71 e 5,84 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de $MP_{2,5}$, para, respectivamente, outubro, novembro e dezembro).

As causas deste aumento podem variar. Entretanto, pode-se sugerir que, principalmente no mês de setembro de 2017, houve maior atividade veicular na cidade, emitindo primária ou secundariamente $MP_{2,5}$, possivelmente, somada a uma baixa na umidade relativa do ar neste período, o que dificulta a deposição do poluente. O mês de setembro registrou a menor média de umidade relativa do ar de todo o período de dados disponíveis, sendo igual a 65,22%.

Pela análise dos dados referentes à cidade de Ponta Grossa, pode-se perceber que, a partir do ano de 2017, a cidade apresentou considerável melhora nos valores diários de concentração de $MP_{2,5}$ em suspensão. Entretanto, episódios como o excesso de setembro de 2017 precisam ser evitados.

As condições de qualidade do ar da cidade estão dentro dos limites da diretriz de qualidade do ar da OMS ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$), apesar do limite de 99% do ano (261 a 262 dias) com concentrações inferiores às máximas permitidas não ter sido respeitado em nenhum dos anos analisados. É visto que a qualidade do ar pode ter afetado a saúde da população na maior parte dos anos, propiciando piora na saúde pulmonar e circulatória. A umidade relativa do ar na cidade pode contribuir para uma maior deposição do material particulado e, apesar da ausência de ventos calmos (velocidade menor que 0,5 m/s), entende-se que a ressuspensão do $\text{MP}_{2,5}$ é baixa e insignificante no quadro geral.

CONCLUSÃO

Diante do presente estudo, pode-se perceber que a qualidade do ar da cidade até o início de 2018 estavam caminhando para os limites “seguros” dispostos pela OMS e já estavam de acordo com a CONAMA, mesmo com as altas concentrações de $\text{MP}_{2,5}$ na metade de 2017. A umidade relativa do ar na cidade (majoritariamente acima de 70% no período analisado) pode contribuir para uma maior deposição do material particulado e, apesar da ausência de ventos calmos, entende-se que a ressuspensão do $\text{MP}_{2,5}$ é baixa e insignificante no quadro geral. A predominância de ventos a oeste sugere que as maiores fontes de $\text{MP}_{2,5}$ estejam a leste. Novos estudos devem ser realizados em busca destas fontes e dos meios para diminuir sua concentração direta ou indiretamente (através da diminuição nas emissões). Tendo em vista que a cidade não apresentou registros de ventos fortes, crê-se que as principais fontes são combustão veicular, comercial e residencial. Finalmente, é interessante verificar os dados de incidência de doenças circulatórias e respiratórias na cidade de forma mais abrangente e, então, realizar uma nova análise, mais minuciosa, para determinar se, de fato, a correlação entre as concentrações de $\text{MP}_{2,5}$ na atmosfera e a saúde populacional coincidem com a literatura. Novos trabalhos de análise da qualidade do ar devem ser encorajados para verificar as condições atmosféricas no dia a dia e seus impactos sobre a saúde populacional, sendo um tópico importante para a saúde pública, ambiental e para o desenvolvimento sustentável.

Agradecimentos

Agradeço imensamente à minha orientadora Yara de Souza Tadano pelo incentivo, paciência e confiança. Agradeço à UTFPR pela oportunidade de pesquisar por meio do edital de iniciação científica voluntária e de ser aluno numa instituição federal de renome. Finalmente, agradeço a minha família e amigos pelo apoio moral e emocional.

Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, H. R. **Air pollution and mortality**: A history. Atmospheric Environment, v. 43, n. 1, p. 142-152, 2009.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 491 de 19 de novembro de 2018. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Diário oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 19 nov 2018.

CARSLAW, D. C.; ROPKINS, K. **Openair — An R package for air quality data analysis**. Environmental Modelling & Software, [S.L.], v. 27-28, p. 52-61, jan. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2011.09.008>.

DA SILVA, L. K. B.; FIORIN, P. B. G. **Efeitos da exposição ao material particulado fino (mp2, 5) em zebrafish**: uma revisão bibliográfica. Salão do Conhecimento, v. 6, n. 6, 2020.

ENSTROM, J. E. **Fine particulate air pollution and total mortality among elderly Californians, 1973–2002**. Inhalation toxicology, v. 17, n. 14, p. 803-816, 2005.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo brasileiro 2010, 2020, 2021**.

Organização Mundial da Saúde. **WHO global air quality guidelines**. Geneva, 2021.

POLEZER, G. **Materiais antropogênicos suspensos na atmosfera de Curitiba**. Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais – PIPE. Curitiba, 2015. 146 f.

SASTRY, N. **Forest fires, air pollution, and mortality in Southeast Asia**. Demography, v. 39, p. 1-23, 2002.

SEAGRAVE, J. et al. **California wildfires of 2008: coarse and fine particulate matter Toxicity**. Environmental Health Perspectives, v. 114, n. 9, pp. 1387-1393, 2006.

SCHWARZENBACH, R. P. et al. **Global water pollution and human health**. Annual review of environment and resources, v. 35, p. 109-136, 2010.

TAMASHIRO, L. K. **Efeito da exposição ao material particulado inalável fino (MP2, 5) presente no ar da cidade de São Paulo na qualidade funcional dos espermatozóides de camundongos**. 2021.

WEGESSER, T. C.; PINKERTON, K. E.; LAST, J. A. **Lung toxicity of ambient particulate matter from southeastern U.S. sites with different contributing sources**: relationships between composition and effects. Environmental Health Perspectives, v. 117, n. 6, pp. 893-897, 2009.

EPA – U. S. Environmental Protection Agency. **Health and Environmental Effects of Particulate Matter (PM)**. Disponível em: <https://www.epa.gov/pm-pollution/health-and-environmental-effects-particulate-matter-pm>. Acesso em: 12 set. 2023.

R Core Team (2023). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <<https://www.R-project.org/>>.