

## **A POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA EM RIO CLARO E SANTA GERTRUDES-SP; SAZONALIDADE E QUANTIFICAÇÃO DOS PARTICULADOS PM10 E PM2.5, NOS ANOS DE 2020 E 2022.**

Pedro Henrique Vieira Silva <sup>1</sup>  
Karime Pechutti Fante <sup>2</sup>

### **INTRODUÇÃO**

Compreender a atmosfera urbana, e seus aspectos físico-químicos, é essencial para proteção e a prevenção de impactos na saúde e qualidade de vida da população cotidiana. Alinhado à lógica do processo capitalista de produção muitas dessas alterações da atmosfera urbana, físicas e químicas, são oriundas de processos minero-industriais que assumem um papel importante na constituição de problemáticas associadas à qualidade do ar e do agravamento da poluição atmosférica.

No âmbito das cidades de Rio Claro/SP e Santa Gertrudes/SP essa preocupação é emergente e toma grandes proporções, uma vez que abriga em seu território, e na região circunvizinha, um dos mais importantes polos cerâmicos do país. O Estado de São Paulo tem um papel de destaque na produção nacional de revestimentos cerâmicos, hoje representa 70% da produção nacional, sendo que cerca de 92% da produção de todo o Estado está localizada no Polo Cerâmico Santa Gertrudes, de acordo com informações da ASPACER (2024), Associação Paulista das Cerâmicas de Revestimentos.

A constante transformação do meio urbano, e as emissões antropogênicas, têm gerado o desencadeamento de impactos urbanos na atmosfera, como é evidenciada em Oke (2017, p. 7) “[...] there are two sets of urban features that modify the atmosphere: those related to changes in surface properties and those due to anthropogenic emissions”. Somado a esta constatação Monteiro (1976), alerta que atividades derivadas da produção industrial e da circulação de veículos concentram uma quantidade importante de gases e impurezas na atmosfera urbana, a ponto de se tornar pernicioso e com possibilidade de se propagar pela circulação local para o ambiente próximo.

O contato cotidiano com determinados aerossóis, como PM2.5 (Material Particulado do tipo fino com até 2.5 microns de diâmetro), PM10 (Material Particulado

---

<sup>1</sup> Graduando do Curso de Geografia da Universidade Estadual Paulista – Júlio de Mesquita Filho – Campus de Rio Claro - UNESP, phv.silva@unesp.br ;

<sup>2</sup> Prof<sup>a</sup> Dra. Karime Pechutti Fante, vinculada ao Departamento de Geografia e Planejamento Ambiental – DGPA, Universidade Estadual Paulista – Campus de Rio Claro – UNESP, karime.fante@unesp.br

do tipo mais espesso, com até 10 microns de diâmetro), UFP (Partículas Ultrafinas, com 0.1 micrometro de diâmetro, ou menos) e PTS (partículas totais em suspensão) podem ser extremamente prejudiciais à saúde dos indivíduos que os inalam. Spira-Cohen et al. (2011, p. 2) *apud* Garcia-Algar et al., (2014) esclarece que, a exacerbada exposição é possível desencadear infecções respiratórias agudas, câncer de pulmão, doença pulmonar obstrutiva crônica e doenças cardiovasculares. Brook *et. al.* (2010) *apud* Lelieveld *et. al.*, (2019, p. 1591- tradução nossa) complementa que a “exposição crônica a maiores níveis de partículas finas prejudica a função vascular, que pode levar ao infarto do miocárdio, hipertensão arterial, acidente vascular cerebral (AVC) e insuficiência cardíaca.” Esses casos de exposição e impactos fisiológicos podem ser assimilados em Garcia-Algar et al. (2014), Harr et al. (2022), Korc e Hauchman (2021), Kwon, Ryu, Carlsten, (2020), Lelieveld et al. (2019), Salerno et al., (2023).

Não obstante, em Rio Claro e Santa Gertrudes, os principais tipos de poluentes tem origem mineral, onde dentro do processo de produção cerâmico, como a moagem, os sedimentos passam por processos de redução dos diâmetros das partículas, a fim de homogeneizar as diferentes materiais primas utilizadas na massa cerâmica (Amorós *et al* 1988 *apud* Prado *et al* 2007, p. 614), gerando ao final do processo partículas com granulometria extremamente finas que, se em contato com a população, podem ser a ignição de indesejáveis distúrbios voltados à saúde.

Embasados por esta discussão, o artigo se dedica a estudar a sazonalidade das emissões de materiais particulados PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>, bem como comparar e quantificar as diferenças entre as cidades de Rio Claro e Santa Gertrudes-SP, nos anos de 2020, representativo do período pandêmico do SARS-CoV-2 (Covid 19) e 2022, período de flexibilização das atividades após vacinação nacional.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Para execução da pesquisa e identificação dos períodos mais críticos de poluição atmosférica, em Rio Claro e Santa Gertrudes, foram utilizados os dados da plataforma QUALAR, compilados e organizados pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB).

Considerou-se para esta pesquisa as informações horárias dos materiais particulados 10 e 2.5, representativos dos anos de 2020, ápice das paralisações industriais e isolamento social devido a pandemia do do SARS-CoV-2 (Covid 19) e 2022, período

mais recente, com série completa de dados, e que representou o retorno às atividades presenciais, após flexibilização das atividades devido a vacinação nacional.

Ao que se refere ao processamento e tratamento dos dados foram realizados, com auxílio de fórmulas no Excel, a transformação dos dados brutos em tabelas de dados com sínteses mensais e anuais. Foram calculados o número de horas mensais e anuais com determinadas classes de poluição atmosférica, conforme determinações da CETESB (quadro 1) e cálculos percentuais para ambos os municípios.

Os parâmetros de qualidade do ar empregados no trabalho são estabelecidos pela CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Na esfera legislativa, a política Estadual de São Paulo dispõe de parâmetros a serem seguidos para que se mantenha a qualidade do ar em níveis aceitáveis à população. Conforme mencionado pela Companhia, tais diretrizes foram atualizadas em 2008, tendo base no proposto pela OMS, Organização Mundial de Saúde, em 2005. Como produto desse processo, foi originado o Decreto Estadual nº 59113 de 23/04/2013, que visa “[...] à redução progressiva das emissões de fontes fixas de poluição atmosférica” (CETESB, 2024). Sobre esse assunto é possível visualizar o quadro 1, que dispõe sobre os parâmetros aceitos para qualidade do ar considerando os diferentes poluentes e aerossóis.

Quadro 1 - Índice de qualidade do ar pela CETESB

Qualidade	N1 Boa	N2 Moderada	N3 Ruim	N4 Muito Ruim	N5 Péssimo
Partículas inaláveis MP 10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	0 - 50	>50 - 100	>100 - 150	>150 - 250	>250
Partículas finas MP 2,5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	0 - 25	>25 - 50	>75 - 125	>125	>125

Fonte: CETESB

Na sequência foram gerados gráficos mensais e anuais comparativos sobre os diferentes diâmetros de aerossóis: partículas inaláveis MP 10 e de partículas finas MP 2.5, para os anos de 2020 e 2022, para as cidades de Rio Claro e Santa Gertrudes.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da interpretação gráfica é possível elucidar a qualidade do ar no período mensal e anual dos materiais particulados 10 e 2.5, quantificados tanto no Município de Rio Claro quanto de Santa Gertrudes nos anos de 2020 e 2022.

Para a cidade Santa Gertrudes, ao analisar o MP 10, do ano de 2020, percebe-se que o ar apresentou qualidade “boa” em ao menos 80% dos dias nos meses de janeiro, fevereiro, novembro e dezembro. Todavia, nos meses de abril, maio, junho, julho, agosto,

setembro e outubro a qualidade do ar atinge menos de 60% dos horários analisados com qualidade “boa”. Dentre os meses mais críticos percebe-se um agravamento significativo durante os meses de inverno: julho, agosto, setembro e também em outubro que apresenta qualidade do ar extremamente baixa, com menos de 50% das horas analisadas com qualidade do ar “boa”. Neste mesmo período as piores condições da qualidade do ar são mais frequentes. Ressalta-se, por exemplo, o mês de outubro de 2020, quando constatou-se que cerca de 40% das horas analisadas foram consideradas “moderadas”, dado superior a condição “boa”, com cerca de 20% das horas analisadas e também o mês de Setembro, quando identificou-se 15,8% das horas com a condição “muito ruim” e 4,6% como “péssimo”, os piores resultados para o ano de 2020 (Figura 1).

Figura 1. MP10. Frequência horária das classes de qualidade do ar, por mês, durante o ano 2020, em Santa Gertrudes-SP.

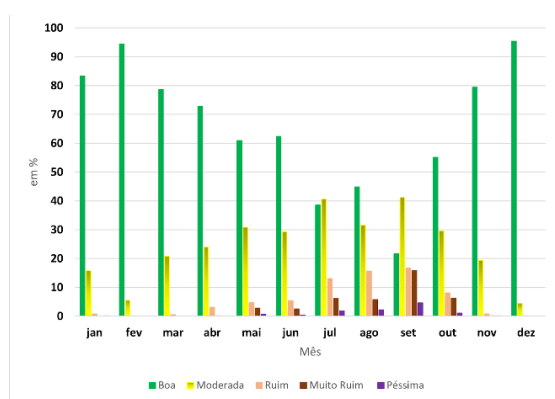
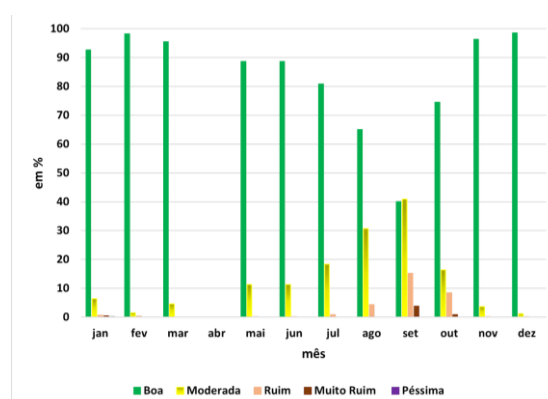


Figura 2. MP2.5. Frequência horária das classes de qualidade do ar, por mês, durante o ano 2020, em Santa Gertrudes-SP.



Enquanto à análise voltada aos padrões do Material Particulado 2.5 em Santa Gertrudes, em 2020, é possível observar a qualidade “boa” presente de maneira constante em ao menos 80% em 8 meses de 11 compilados (houve falhas nos dados de abril) e preceito semelhante à queda na qualidade do ar presente nos meses de agosto, setembro, outubro. Nesta temporalidade, o índice “moderado” se evidencia com maior recorrência (tanto que supera em 40,9% contra 40,1 do ar “bom” em setembro) e também apontam em diversas ocasiões as qualidade do ar no âmbito “ruim”, traduzidas em 4,3%; 15,2% e 8,4% das horas em, respectivamente, agosto, setembro e outubro, e até mesmo “muito ruim”, representadas por 3,8% e 0,9% das horas, respectivamente, em setembro e outubro.

Não obstante, os aspectos quantitativos que englobam a qualidade do ar no município de Rio Claro, em 2020, com o Material Particulado 10 (Figura 7), observa-se a repetição de um padrão semelhante ao de Santa Gertrudes no espectro atrelado à

qualidade do ar. Salienta-se essa dinâmica conforme são enrijecidas as presenças das qualidades “moderada” e “ruim” ao longo de todos os meses desde maio até novembro. Nesse contexto Rio Claro em relação à Santa Gertrudes, indica menos representações das qualidades “muito ruim”, mencionada em julho (0,4%), agosto (2,7%), setembro (7,3%) e outubro (1,4%), e “péssima”, presente em julho (0,1%), setembro, outubro, ambas com 0,6%, e novembro com 0,1%.

Enquanto ao Material Particulado de 2.5 microns de diâmetro (Figura 8), no contexto rio-clarense, possui comportamento semelhante ao MP 10. Ressalta-se, no entanto, uma exacerbada queda na qualidade no mês de setembro, onde a qualidade “moderada” (38,6%) supera a “boa” (38,3%), com o despontamento da “ruim” (17,6%) e “muito ruim” (5,3%) e ainda com uma breve presença da “péssima” (0,1%).

Figura 7. MP10. Frequência horária das classes de qualidade do ar, por mês, - 2020, Rio Claro SP.

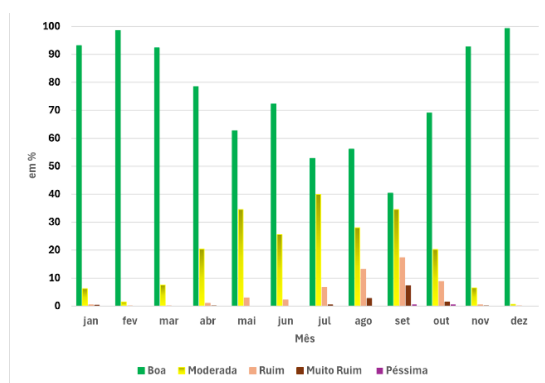
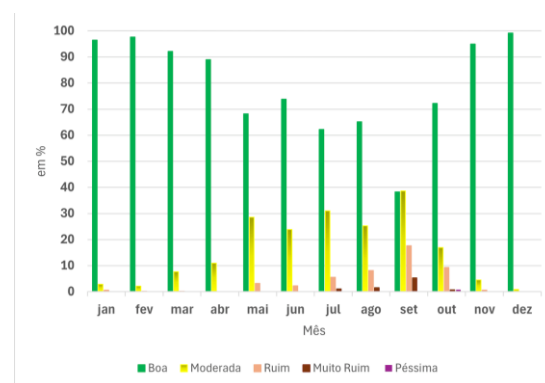


Figura 8. MP2.5. Frequência horária das classes de qualidade do ar, por mês - 2020, Rio Claro SP.



Outrossim, é válido evidenciar a análise no âmbito do comportamento das condições “ruim”, “muito ruim” e “péssima”, é perceptível observar, nas Figuras de 3 à 4, que tais categorias se encontram comumente espalhadas nos meses de maio, junho, julho, agosto e setembro em ambas categorias de Material Particulado e todos os anos analisados. Estas configurações de baixa qualidade do ar são presentes e recorrentes com maior intensidade no ano de 2020, quando em comparação com o ano de 2022 no município de Santa Gertrudes. Observa-se como marcante a presença de determinadas condições, no momento em que elas se tornam recorrentes, representam um sério alerta à saúde pública, visto que são fatores que possuem impactos diretos na qualidade de vida da população em geral (quadro 2).

Por fim, a última análise gráfica se encontra pautada no âmbito das frequências das qualidades de ar “ruim”, “muito ruim” e “péssima” em Rio Claro no ano de 2022.

Percebe-se uma intensificação dos piores indicadores nos meses desde abril até outubro, no entanto os valores do MP10, se apresentam em maior grau de intensidade quando comparado ao MP2.5 onde constatou-se como “ruim” valores superiores de até 20,5% (MP 10) e de até 15,1% (MP 2.5) durante o mês de julho (Figuras 5 e 6).

Quadro 2 - Qualidade do ar e efeitos à saúde

Ruim	Toda a população pode apresentar sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta. Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar efeitos mais sérios na saúde.
Muito ruim	Toda a população pode apresentar agravamento dos sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta e ainda falta de ar e respiração ofegante. Efeitos ainda mais graves à saúde de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas).
Péssima	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupos sensíveis.

Fonte: CETESB

Figura 3. MP 10. Frequência horária “ruim”, “muito ruim” e “péssima” do ar, por mês, - 2022, Santa Gertrudes-SP.

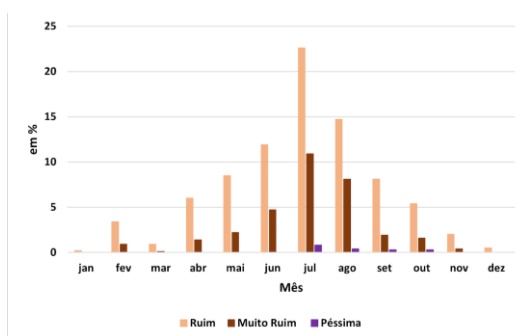


Figura 4. MP 2.5. Frequência horária “ruim”, “muito ruim” e “péssima” do ar, por mês - 2022, Santa Gertrudes-SP.

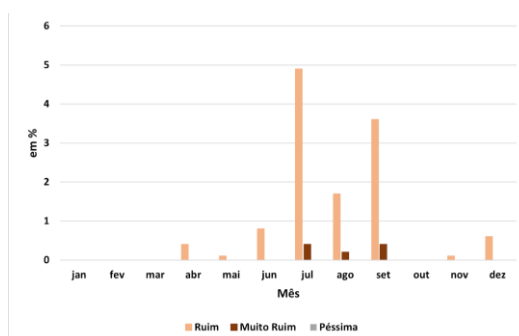


Figura 5. MP10. Frequência horária “ruim”, “muito ruim” e “péssima” do ar, por mês - 2022, Rio Claro SP.

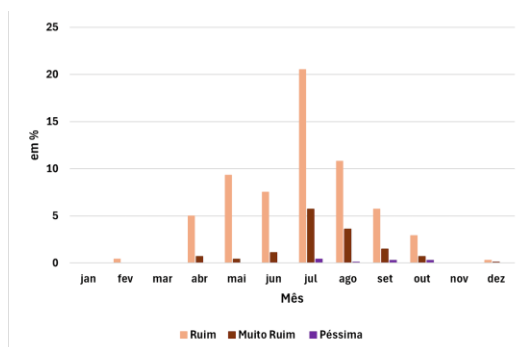
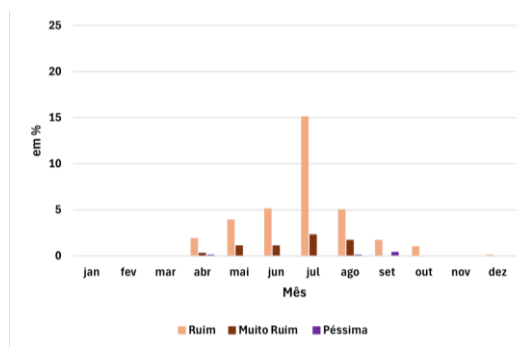


Figura 6. MP2.5 Frequência horária “ruim”, “muito ruim” e “péssima” do ar, por mês - 2022, Rio Claro SP.



Ao comparar 2020 e 2022, observa-se como piores padrões de qualidade do ar os observados em 2020 tanto para Rio Claro quanto Santa Gertrudes. Em Rio Claro, os meses críticos de 2020 (julho, setembro, outubro e novembro) tiveram índices de qualidade do ar péssima variando de 0,1% a 0,6%, enquanto em 2022 esses valores foram menores, variando de 0,3% a nulo. No contexto de Santa Gertrudes, são retratados que os índices de qualidade do ar péssima em 2020 (de julho à novembro) foram de até 4,6%, enquanto em 2022 foram muito inferiores, chegando a nulo em vários meses. Tal constatação deverá ser aprofundada no desenvolver futuro da pesquisa, contudo poderá representar dinâmicas da produção das indústrias, alteração nos padrões de emissões, filtros e logística de transporte dos sedimentos e matéria-prima, padrões e manifestações atmosféricas (precipitação, umidade e circulação atmosférica).

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Com o levantamento e análise da qualidade do ar dos municípios de Rio Claro e Santa Gertrudes, conclui-se que se configura nestes espaços um contexto de más condições atmosféricas e de poluição do ar.

A constante transformação do meio urbano, atrelado às emissões antropogênicas e minero-industriais, e a dinâmica atmosférica conferem a esta região condições de qualidade péssima, muito ruim, ruim e moderada do ar durante vários meses do ano, com destaque para 2020, quando os valores atingiram 47,2%; 43,9% e 59,6% da qualidade do ar nos meses de julho, agosto e setembro em Rio Claro e 61,5%; 55,2% e 78,3% em Santa Gertrudes.

As duas cidades configuraram-se como produtoras nacionais de materiais cerâmicos e de revestimento, contudo, ao analisar o material particulado PM<sub>2.5</sub> verificou-se que seu comportamento possui também uma queda abrupta na qualidade do ar no ano de 2020, com ênfase nos meses de julho, agosto e setembro, apresentando respectivamente, com as qualidades péssima, muito ruim, ruim e moderada em Rio Claro com 37,8%; 34,9% e 61,7%, enquanto que Santa Gertrudes, nos mesmos meses, possui 19,2%; 35% e 59,9%, ainda apresentando resultados ruins, mas menos intensos que os registrados no município vizinho.

Ao analisar os padrões da qualidade do ar nos anos representativos do período pandêmico, 2020, e subsequente, 2022, verificou-se que a dinâmica de enrijecimento das atividades, devido às indicações da Organização Mundial da Saúde (OMS), pouco

contribuiu para a redução do material particulado 10 e 2.5 circulantes, uma vez que os menores padrões de poluição foram identificados no período seguinte, em 2022, quando as medidas protetivas foram flexibilizadas, após vacinação nacional. Salienta-se em 2020, que Rio Claro teve 7 meses com MP10 e 6 meses com MP2.5 abaixo de 80% de boa qualidade do ar, enquanto em 2022, esses números mudaram para 6 meses com MP10 e 4 meses com MP2.5 abaixo de 80%. Não obstante, em Santa Gertrudes, tanto em 2020 quanto em 2022, foram registrados 9 meses com MP10 abaixo de 80% de boa qualidade do ar, já no MP2.5, foram 3 meses abaixo de 80% em 2020 e 5 meses em 2022. Ressalta-se que este dado carece de maiores informações e, especialmente, melhor compreensão sobre a dinâmica de produção e logística fabril e sobre os padrões atmosféricos dos referidos anos, algo que deverá ser analisado em pesquisas futuras.

**Palavras-chave:** Material Particulado; Qualidade do Ar; Poluição Atmosférica; Rio Claro; Santa Gertrudes.

## REFERÊNCIAS

- ASPACER. **Associados da ASPACER**. Disponível em: <<https://www.aspacer.com.br/conheca/socios/>>. Acesso em: 12 abr. 2024
- CETESB. **Padrões de Qualidade do Ar | Qualidade do Ar**. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/padroes-de-qualidade-do-ar/>. Acesso em: 10/07/2024
- GARCIA-ALGAR, O. et al. Different Exposure of Infants and Adults to Ultrafine Particles in the Urban Area of Barcelona. **Environ Monit Assess**, 30 nov. 2014.
- HARR, L. et al. PM2.5 Exposure Differences Between Children and Adults. **Urban Climate**, v. 44, n. 101198, p. 15, 26 mai. 2022.
- KORC, M.; HAUCHMAN, R. Advancing Environmental Public Health in Latin America and the Caribbean. **Rev Panam Salud Publica**, v. 118, 2021.
- KWON, H.-S.; RYU, M. H.; CARLSTEN, C. Ultrafine particles: Unique Physicochemical Properties Relevant to Health and Disease. **Experimental & Molecular Medicine**, v. 52, p. 318, 2020.
- LELIEVELD, J. et al. Cardiovascular Disease Burden from Ambient Air Pollution in Europe Reassessed Using Novel Hazard Ratio Functions. **European Society of Cardiology**, v. 40, p. 1591, 22 fev. 2019.
- MONTEIRO, C.A. de F. **Teoria e clima urbano**. 1 ed. São Paulo: USP/IGEOG, 1976.
- OKE, T. R. **Urban Climates**. [s.l.] Cambridge Cambridge University Press, 2017.
- PRADO, A. C. et al. Propriedades Reológicas De matérias-primas Do Polo Cerâmico De Santa Gertrudes Provenientes Da Formação Corumbataí (região De Rio Claro, SP). **Rem: Revista Escola de Minas**, 4 jul. 2007.
- QUALAR. **Sistema de Informações da Qualidade do Ar**. Disponível em: <https://qualar.cetesb.sp.gov.br/qualar/reIMensalDadosHorarios.do?method=pesquisarInit>. Acesso em 12/07/2024
- SALERNO, P. R. V. O. et al. The Cardiovascular Disease Burden Attributable to Particulate Matter Pollution in South America: Analysis of the 1990 – 2019 Global Burden of Disease. **The Royal Society for Public Health**, v. 224, 3 out. 2023.