



Impactos do Material Particulado na Saúde Humana: Uma Revisão Abrangente e Temporal

Impacts of Particulate Matter on Human Health: A Comprehensive and Temporal Review

Amanda Renata Moreira¹, Gabriela Giusti², Ana Carolina Godoy Albino², Diogo Aparecido Lopes Silva², Yara de Souza Tadano³

RESUMO

Este estudo teve como objetivo analisar a disponibilidade de dados de Risco Relativo (RR) no contexto brasileiro em relação ao material particulado (MP) e seus efeitos na saúde humana. O MP é conhecido por causar danos significativos à saúde, cuja gravidade depende da concentração na atmosfera e da suscetibilidade da população. Foram realizadas buscas na base de dados *ScienceDirect* usando a string "particulate matter" AND "Brazil" AND "relative risk", sem restrições de ano, idioma ou local. Um total de 55 estudos foi identificado, com foco principalmente na região sudeste, especialmente em São Paulo. Dois estudos destacaram-se, abrangendo um grande número de municípios brasileiros e analisando dados de mortalidade e internações hospitalares devido a doenças cardiorrespiratórias, oferecendo insights importantes sobre os efeitos do MP na saúde. No entanto, a disponibilidade de estudos que calculam RR para o Brasil ainda é limitada e requer mais estudo. A principal dificuldade é a obtenção de dados de concentração de MP na atmosfera, o que compromete a compreensão dos impactos do MP na saúde da população brasileira. Essa escassez de dados ressalta a necessidade de pesquisas mais abrangentes e a coleta de informações detalhadas para uma melhor compreensão e mitigação dos riscos associados ao MP no Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: Brasil; Material Particulado; Risco Relativo.

ABSTRACT

This study aimed to analyze the availability of Relative Risk (RR) data in the Brazilian context regarding particulate matter (PM) and its effects on human health. PM is known to cause significant health damage, the severity of which depends on its concentration in the atmosphere and population susceptibility. Searches were conducted in the ScienceDirect database using the string "particulate matter" AND "Brazil" AND "relative risk", with no restrictions on year, language, or location. A total of 55 studies were identified, primarily focusing on the Southeast region, especially São Paulo. Two studies stood out, encompassing many Brazilian municipalities and analyzing mortality and hospitalization data due to cardiopulmonary diseases, providing important insights into the effects of PM on health. However, the availability of RR studies in Brazil is limited and requires more studies. The main difficulty in obtaining data on atmospheric PM concentration, compromising the understanding of PM's impacts on the Brazilian population's health. This data scarcity underscores the need for more comprehensive research and detailed information collection to better understand and mitigate the risks associated with PM in Brazil.

KEYWORDS: Brazil; Particulate Matter; Relative Risk.

INTRODUÇÃO

Atualmente, a preocupação com a qualidade do ar e os seus efeitos na saúde humana vem crescendo, sendo foco de diversas pesquisas. Conforme aumenta a conscientização sobre os riscos associados à exposição a poluentes atmosféricos cada vez mais pesquisas abrangentes são desenvolvidas (POPE, et al., 2002). O material particulado

¹ Voluntária. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. E-mail: amandamoreira@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 8665754841670942.

² Grupo de Pesquisa em Engenharia da Sustentabilidade (Grupo EngS), Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, SP, Brasil. E-mail: gabriela.giusti@hotmail.com.br; carolinagodoyalbino@gmail.com; diogo.apls@ufscar.br.

³ Docente no DAMAT. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. E-mail: yarataadano@utfpr.edu.br. ID Lattes: 1411041491592598.



(MP) é um dos poluentes que tem recebido considerável atenção devido aos seus potenciais efeitos nocivos à saúde (FERREIRA et al., 2016).

Os estudos que associam a exposição ao MP com a saúde focam especialmente em doenças respiratórias, cardiovasculares e, de maneira alarmante, a mortalidade prematura (SALDIVA et al., 1994). Uma ferramenta estatística comumente utilizada para estimar esse risco é o cálculo do risco relativo (RR), que compara a frequência de eventos adversos à saúde entre grupos expostos e não expostos (SALDIVA et al., 1994).

Diante disso, o objetivo deste estudo foi realizar uma revisão bibliográfica sistemática (RBS), no intuito de analisar as pesquisas mais recentes sobre RR para MP. As diferentes abordagens para avaliar a associação entre exposição às partículas e seus efeitos na saúde, bem como as lacunas na compreensão atual deste cenário serão discutidas.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida utilizando a base de dados *Science Direct*. As palavras-chave escolhidas foram "*Particulate Matter*", "*Brazil*" e "*Relative Risk*", conectadas pelo operador "AND". Não foram aplicadas restrições de localização geográfica, idioma ou ano de publicação, resultando em um total de 64 artigos identificados. O período de pesquisa abrangeu de 1993 até o final de agosto de 2022, incluindo artigos em português e inglês.

Para classificar os artigos de acordo com a relevância, foi empregado o *Methodi Ordinatio*, conforme descrito por PAGANI et al. (2015). Este método atribui uma pontuação aos artigos com base no ano de publicação (AnoPub), número de citações (Ci) e fator de impacto das revistas (Fi). A Equação 1 apresenta o cálculo do índice *InOrdinatio*:

$$\text{InOrdinatio} = (\text{Fi} / 1000) + (\alpha * (10 - (\text{AnoPesq} - \text{AnoPub}))) + (\text{Ci}) \quad (1)$$

em que AnoPesq é o ano em que a pesquisa foi realizada e α é um coeficiente que reflete a importância atribuída pelo pesquisador ao ano de publicação do artigo, variando de 1 a 10 (Neste estudo, utilizou-se o valor 1). O fator de impacto das revistas seguiu a seguinte ordem de preferência: Journal Citation Report (JCR), CiteScore, SCImago Journal Rank (SJR) ou SNIP.

Após a classificação dos artigos, procedeu-se à leitura dos títulos e resumos. Dos 64 trabalhos iniciais, nove foram excluídos, sendo três deles com base no título e seis com base no resumo. Isso resultou em um total de 55 trabalhos a serem analisados. Cada artigo foi cuidadosamente examinado para coletar informações sobre os nomes dos autores, o local do estudo, o período de realização da pesquisa, a faixa etária da população estudada, o desfecho considerado (internações ou mortalidade), os poluentes analisados, o modelo estatístico utilizado, bem como outras variáveis consideradas, como o sexo da população e variáveis meteorológicas. Além disso, informações como a Classificação Internacional de Doenças (CID) e os valores do Risco Relativo (RR) e/ou coeficientes de regressão (β) também foram registrados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na seleção final de 55 trabalhos, a maioria teve como foco cidades e estados brasileiros como seu contexto de estudo. Essa abordagem abrangeu todas as regiões do Brasil, sendo notável o destaque dado à região Sudeste, a qual foi abordada em 38 dos estudos da amostra.



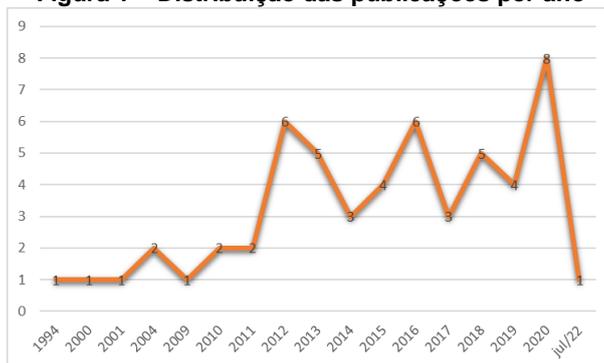
Vale ressaltar as análises conduzidas por Requia et al. (2016), que envolveram dados de concentração em cinco regiões do Brasil, abrangendo um total de 5.444 municípios. Não houve diferenciação de gênero, e não foram mencionadas as variáveis meteorológicas consideradas. A análise foi realizada para a população total, com foco nas internações hospitalares por doenças cardiorrespiratórias. Por outro lado, o estudo conduzido por Yu et al. (2021) englobou 1.814 cidades brasileiras e abordou o diagnóstico de incidência e mortalidade por câncer, levando em consideração variáveis como faixa etária, gênero, período de internação e custo total da internação.

Quanto aos dados de entrada e saída dos modelos identificados na amostra, a maioria dos trabalhos utilizou parâmetros climáticos, como temperatura, umidade relativa e pressão, juntamente com outras variáveis, como gênero, faixa etária e sazonalidade.

Os principais resultados obtidos se relacionam aos impactos na saúde, principalmente devido à exposição a poluentes como dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio, ozônio, monóxido de carbono e material particulado, que foi uma das palavras-chave consideradas na busca. A investigação demonstra que a maioria dos autores utilizou modelos estatísticos de Regressão de Poisson.

A análise da distribuição das publicações ao longo dos anos revela um padrão interessante. Embora os estudos na área tenham começado em 1994, houve uma interrupção nas publicações, que foram retomadas em 2000. No entanto, o marco mais notável ocorreu em 2012, quando o número de trabalhos publicados saltou para 6. A partir desse ponto, ocorreram flutuações, com períodos de menor e maior quantidade de publicações na amostra. Destaca-se um aumento significativo em 2020, com um total de 8 publicações, o que pode ser interpretado como um reflexo do crescente interesse nas preocupações relacionadas à saúde e à poluição atmosférica, conferindo ainda mais relevância ao tema.

Figura 1 – Distribuição das publicações por ano



Fonte: Autoria Própria.

A análise da distribuição regional das áreas de estudo revelou que a região Sudeste, em particular o estado de São Paulo, liderou com um total de 32 trabalhos. Outros estados também se destacaram, como Mato Grosso (7 estudos), sendo estes específicos para cidades em vez de abranger o estado como um todo. Na sequência, o estado do Espírito Santo (3 estudos), com estudos focados na capital, Vitória. Paraná e Rio de Janeiro apresentaram 2 trabalhos cada um, enquanto os estados de Minas Gerais e Santa Catarina foram representados por apenas um estudo de caso cada. Além disso, foram identificados 6 trabalhos que não especificaram os estados brasileiros em suas análises e um estudo que utilizou dados coletados em outros países.

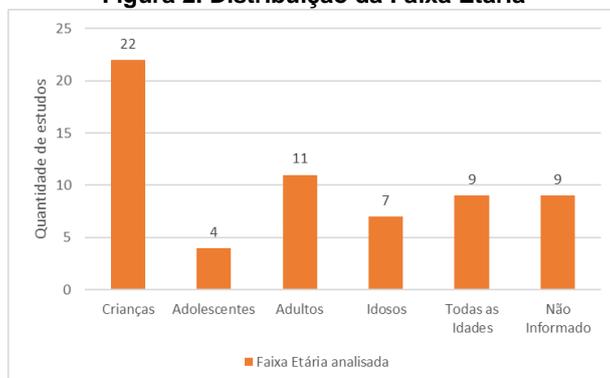


Os diagnósticos de saúde considerados no estudo desempenham um papel crucial a ser ponderado, uma vez que o RR pode variar significativamente de acordo com o tipo de problema de saúde considerado, bem como se os dados analisados se referem a morbidade ou mortalidade. A maioria dos estudos incluiu dados de internações hospitalares, totalizando 32 artigos. Além disso, um foco substancial foi dado aos índices de mortalidade associados à exposição ao MP, abordados em 18 dos trabalhos. Três trabalhos não mencionaram essa variável.

De forma geral, os estudos investigaram uma ampla gama de doenças, com ênfase em doenças cardiorrespiratórias e doenças respiratórias, como câncer, bronquite, asma, entre outras, conforme definidas nas categorias CID10-I e CID10-J.

A análise da faixa etária emerge como uma variável de considerável relevância, permitindo a identificação das faixas etárias para as quais existem dados abundantes, possibilitando, assim, a identificação da população mais suscetível aos efeitos da poluição atmosférica. Além disso, esse enfoque revela as faixas etárias que carecem de maior atenção em termos de estudos. Ao examinar a Figura 2, é notável que a maioria dos trabalhos se baseou em dados relativos a crianças, totalizando 22 artigos. Também é importante destacar que 9 estudos abordaram dados de todas as faixas etárias combinadas, enquanto outros 9 não especificaram a faixa etária da população.

Figura 2. Distribuição da Faixa Etária



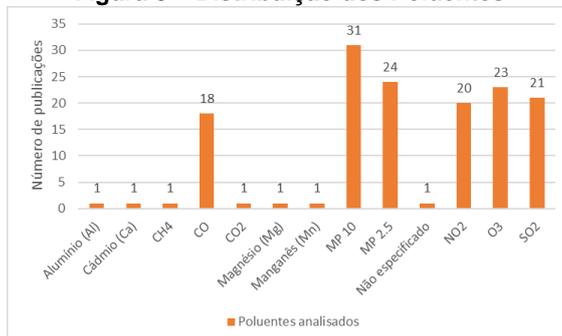
Fonte: Autoria Própria.

Dado que o foco principal deste estudo recai sobre o material particulado, a maior parte dos artigos na revisão direcionou sua atenção a esse poluente. Entre os 55 trabalhos examinados, 31 deles investigaram o MP₁₀ (Material Particulado com diâmetro aerodinâmico menor ou igual a 10 µm), enquanto 24 debruçaram-se sobre o MP_{2,5} (Material Particulado com diâmetro aerodinâmico menor ou igual a 2,5 µm). Contudo, é importante destacar que a maioria dos artigos não se limitou exclusivamente ao material particulado, abrangendo outros poluentes, tais como o Monóxido de Carbono (CO), o Dióxido de Nitrogênio (NO₂), o Dióxido de Enxofre (SO₂) e o Ozônio (O₃). A Figura 3 proporciona uma



visão clara da frequência com que cada poluente foi mencionado dentro da amostra de publicações analisadas.

Figura 3 – Distribuição dos Poluentes



Fonte: Autoria Própria.

CONCLUSÕES

Com base na revisão bibliográfica sistemática realizada neste estudo, observou-se que a crescente preocupação com a qualidade do ar e seus impactos na saúde humana tem impulsionado uma série de pesquisas, especialmente em relação ao material particulado (MP). Entretanto, ainda há escassez de estudos para o Brasil, com um foco significativo na região Sudeste do Brasil, especialmente o estado de São Paulo.

A análise dos diagnósticos de saúde considerados nos estudos destacou uma ampla variedade de doenças investigadas, com ênfase nas doenças cardiorrespiratórias e respiratórias. A faixa etária da população estudada também desempenhou um papel importante, com uma forte concentração de estudos em crianças. Além disso, a maioria dos trabalhos examinados não se limitou apenas ao MP, mas também considerou outros poluentes atmosféricos, proporcionando uma visão mais completa dos impactos na saúde relacionados à poluição atmosférica.

Este estudo ressalta a importância contínua da pesquisa interdisciplinar e abrangente sobre poluição atmosférica, especialmente no contexto do MP, para entender e abordar seus impactos na saúde da população. Estes estudos podem ser fundamentais para a formulação de políticas ambientais mais eficazes e para sensibilizar o público sobre a relevância da qualidade do ar.

Agradecimentos

Agradeço à UTFPR pela oportunidade de pesquisar por meio do edital de Iniciação Científica Voluntária.

Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

FERREIRA, T. M., FORTI, M.C., FREITAS, C. U., NASCIMENTO, F. P. JUNGER, W. L., GOUVEIA, N. Effects of particulate matter and its chemical constituents on elderly hospital admissions due to circulatory and respiratory diseases. **Int. J. Environ. Res. Public Health**, vol. 13, p.947. 2016. <https://doi.org/10.3390/ijerph13100947>.

PAGANI, R. N.; KOVALESKI, J. L.; RESENDE, L. M. Methodi Ordinatio: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor,



number of citation, and year of publication. **Scientometrics**, vol. 105, no 3, p. 2109–2135, dez. 2015. <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1744-x>.

POPE, C. A., BURNETT, R. T., THUN, M. J., CALLE, E. E., KREWSKI, D., ITO, K., THURSTON, G. D. (2002). Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. **JAMA**, vol. 287(9), p. 1132-1141, <https://doi.org/10.1001/jama.287.9.1132>.

REQUIA, W. J., KOUTRAKIS, P., ROIG, H. L., ADAMS, M. D., SANTOS, C.M. Association between vehicular emissions and cardiorespiratory disease risk in Brazil and its variation by spatial clustering of socio-economic factors. **Environmental Research**, vol. 150, p. 452-460, oct. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.06.027>.

SALDIVA, P. H. N., LICHTENFELS, A. J. F. C., PAIVA, P. S. O., BARONE, I. A., MARTINS, M. A., MASSAD, E., PEREIRA, J. C. R., XAVIES, V. P., SINGER, J. M., BOHM, G. M. Association between air pollution and mortality due to respiratory diseases in children in São Paulo, Brazil: A preliminary report. **Environmental Research**, vol. 65, p. 218-225, maio 1994. <https://doi.org/10.1006/enrs.1994.1033>.

YU, P., XU, R., COELHO, M. S. Z. S., SALDIVA, P. H. N., LI, S., ZHAO, Q., MAHAL, A., SIM, M., ABRAMSON, M., GUO, Y. The impacts of long-term exposure to PM2.5 on cancer hospitalizations in Brazil. **Environ. Int.**, vol. 154, p.106671. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106671>.