

## ANÁLISE GEOESPECIAL DOS POLUENTES DO AR EM MUNICÍPIOS GAÚCHOS: IMPACTO DO AUMENTO DE TEMPERATURA NOS NÍVEIS DE PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub> E OZÔNIO

LEOPOLDO DOS SANTOS DA SILVA<sup>1</sup>; DR. PROF. FLAVIO MANOEL RODRIGUES  
DA SILVA JÚNIOR<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Universidade Federal de Pelotas - UFPel1 – Leopoldo.gp@hotmail.com*

<sup>3</sup>*Universidade Federal de Pelotas - UFPel – f.m.r.silvajunior@gmail.com*

### 1. INTRODUÇÃO

A introdução aborda a grave questão da poluição ambiental, responsável por aproximadamente 9 milhões de mortes prematuras globalmente, sendo 6,7 milhões delas atribuídas à poluição do ar FULLER et al., (2022). Apesar de uma tendência global de redução dos poluentes atmosféricos, essa redução não é uniforme, e muitos países em desenvolvimento e subdesenvolvidos enfrentam aumento nos níveis de poluentes SHADDICK et al., (2020). No Brasil, com sua rica biodiversidade e biomas sensíveis como a Amazônia e o Cerrado, problemas como incêndios e perda de habitat devido à expansão agrícola e mineradora são significativos MOURA & DA SILVA JÚNIOR, (2023). As mudanças climáticas agravam a poluição do ar ao aumentar a temperatura, o que intensifica a concentração de poluentes como o ozônio, cuja formação é acelerada por processos fotoquímicos KAUR & PANDEY, (2021); KINNEY, (2019). A mortalidade associada à poluição do ar deve aumentar, especialmente entre os idosos, com poluentes como PM<sub>2,5</sub> e ozônio sendo ligados a maiores riscos de mortalidade e hospitalizações por doenças cardiovasculares e respiratórias CHEN et al., (2020); HU et al., (2022); YAZDI et al., (2022). Apesar da importância do Brasil, a rede de monitoramento da qualidade do ar é limitada, especialmente em cidades menores e áreas rurais DA SILVA JÚNIOR et al., (2023), embora existam recomendações da OMS para expandir o monitoramento OMS, (2021). Este estudo visa analisar os níveis de poluentes atmosféricos (PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub> e O<sub>3</sub>) e avaliar o impacto do aumento da temperatura e da poluição do ar em 24 municípios do Rio Grande do Sul.

### 2. METODOLOGIA

A metodologia do estudo se concentra na implementação de sistemas de monitoramento de poluentes atmosféricos em municípios do Rio Grande do Sul. A seleção dos locais de monitoramento, incluindo Porto Alegre, Pelotas, Rio Grande, e Candiota, é estratégica, priorizando áreas com alta densidade populacional e intensa atividade industrial, onde o risco de poluição é elevado. O monitoramento visa identificar os níveis de poluentes, avaliar os impactos na saúde pública e no meio ambiente.

Além das áreas urbanas e industriais, o estudo também inclui municípios com características geográficas e climáticas variadas, como Bagé e Carlos Gomes, para

compreender como esses fatores influenciam a dispersão dos poluentes. A abordagem permite o desenvolvimento de estratégias de mitigação mais eficazes e a formulação de políticas públicas informadas.

A colaboração com instituições acadêmicas e grupos de pesquisa, como a FURG e o LEFT, é essencial para garantir a precisão dos dados coletados e avançar no conhecimento sobre poluição atmosférica. Essas parcerias visam melhorar as tecnologias de monitoramento e apoiar a sustentabilidade ambiental e a proteção da saúde dos cidadãos.

## 2.1 - DADOS AMBIENTAIS

A coleta e análise de dados sobre poluentes atmosféricos são essenciais para compreender a qualidade do ar e seus impactos. O estudo utiliza dados do satélite "Copernicus Atmospheric Monitoring Service" e do aplicativo The Weather Channel, além de informações meteorológicas do INMET, para avaliar as variações sazonais dos poluentes (PM2,5, PM10 e O3) ao longo do ano. A definição brasileira das estações do ano é empregada para identificar padrões relacionados às atividades humanas e fenômenos naturais. A correção dos dados é crucial para assegurar a precisão das análises, o que ajuda pesquisadores e formuladores de políticas a desenvolver estratégias para melhorar a qualidade do ar e proteger a saúde pública.

## 2.2 - CENÁRIOS SIMULADOS DE AUMENTO DE TEMPERATURA

Para simular cenários de aumento de temperatura, o estudo utilizou a técnica de Machine Learning com o método Support Vector Machine, validado por meio de validação cruzada para garantir a confiabilidade dos resultados. O modelo foi treinado com dados diários de 2022, considerando variáveis meteorológicas (temperatura, precipitação, umidade, pressão atmosférica e índice UV) como independentes e poluentes (PM2,5, PM10 e O3) como dependentes. Uma análise de correlação de Pearson investigou as associações entre variáveis meteorológicas. A simulação da atmosfera futura incorporou aumentos de temperatura de 0,5 °C e 4,0 °C, analisando como esses aumentos afetariam variáveis meteorológicas correlacionadas com a temperatura (como umidade e índice UV). A simulação dos poluentes foi realizada após a modelagem da atmosfera futura, baseando-se em cenários do IPCC (2021) para prever os efeitos do aumento de temperatura nos poluentes atmosféricos.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3-1 OZÔNIO

No cenário de aumento de temperatura de 0,5 °C para os meses de janeiro e fevereiro, a concentração de ozônio em Porto Alegre varia entre 81 e 100 µg/m<sup>3</sup>. Este aumento é observado em comparação com os níveis atuais. No cenário mais

alarmante de aumento de temperatura de 4,0 °C para o mesmo período, a concentração de ozônio sobe para uma faixa de 100 a 120 µg/m<sup>3</sup>. De acordo com a Resolução Conama Nº 506, essa faixa é classificada como MODERADA (101 - 130 µg/m<sup>3</sup> em 8 horas), enquanto níveis de 0 a 100 µg/m<sup>3</sup> são classificados como BOA (verde).

### 3-2 PM2,5

No cenário de aumento de temperatura de 0,5 °C para os meses de maio a setembro, a concentração de pm2,5 em Porto Alegre aumenta para uma faixa de 13 a 15 µg/m<sup>3</sup>. No cenário mais alarmante de aumento de temperatura de 4,0 °C para os meses de junho e agosto, a concentração de PM2,5 permanece na mesma faixa de 13 a 15 µg/m<sup>3</sup>. De acordo com o Índice de Qualidade do Ar (IQA) e a Resolução Conama Nº 506, essa faixa é classificada como BOA (0 - 15 µg/m<sup>3</sup> em 8 horas), enquanto concentrações de 16 a 50 µg/m<sup>3</sup> em 24 horas são classificadas como MODERADAS (amarelo).

### 3-3 PM10

No cenário de aumento de temperatura de 0,5 °C para os meses de abril a outubro, observa-se um aumento na concentração de PM10 em Porto Alegre, Imbé, Pelotas, Carlos Gomes, Sananduva e Tupanci do Sul, variando entre 16 e 20 µg/m<sup>3</sup>. No cenário mais alarmante de aumento de temperatura de 4,0 °C para os meses de maio a setembro, a concentração de PM10 nas mesmas localidades também varia entre 16 e 20 µg/m<sup>3</sup>. Segundo o Índice de Qualidade do Ar (IQA) e a Resolução Conama Nº 506, essa faixa de concentração é classificada como BOA (0 - 45 µg/m<sup>3</sup> em 8 horas), enquanto concentrações entre 46 e 100 µg/m<sup>3</sup> em 24 horas são classificadas como MODERADAS (amarelo).

## 4. CONCLUSÕES

As análises mostram que o aumento da temperatura tem um impacto significativo na qualidade do ar em Porto Alegre e em outras localidades do estado. Com um aumento de temperatura de 0,5 °C, a concentração de ozônio nos meses de janeiro e fevereiro sobe para 81 a 100 µg/m<sup>3</sup>, classificada como "MODERADA" no Índice de Qualidade do Ar (IQA), o que pode representar riscos para a saúde pública, especialmente para crianças e idosos. Nos meses de maio a setembro, o PM2,5 aumenta ligeiramente para 13 a 15 µg/m<sup>3</sup>, e de abril a outubro, o PM10 eleva-se para 16 a 20 µg/m<sup>3</sup>, impactando a qualidade do ar.

Com um aumento mais acentuado de temperatura de 4,0 °C, os níveis de ozônio podem chegar a 100 a 120 µg/m<sup>3</sup>, também classificados como "MODERADA", mas com um risco maior para a saúde. O PM2,5 e o PM10 podem atingir as mesmas faixas mencionadas anteriormente, mas com impactos mais pronunciados devido ao aumento das temperaturas.

Esses resultados indicam que o aquecimento global pode intensificar a poluição atmosférica. É crucial que as políticas públicas sejam ajustadas para enfrentar esses desafios, incluindo o fortalecimento do monitoramento da qualidade do ar, controle de emissões e aumento da conscientização pública sobre os riscos da poluição. Estratégias de mitigação e adaptação serão essenciais para minimizar os impactos adversos na saúde e no meio ambiente, promovendo um futuro mais sustentável e saudável.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHEN, K.; VICEDO-CABRERA, A. M.; DUBROW, R. Projeções da carga de mortalidade relacionada à temperatura ambiente e à poluição do ar em cenários combinados de mudanças climáticas e envelhecimento populacional: uma revisão. **Current Environmental Health Reports**, [S.I.], v. 7, p. 243–255, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40572-020-00281-6>.
- DA SILVA JÚNIOR, F. M., et al. Poluição do ar — um olhar além das grandes cidades. **Integrated Environmental Assessment and Management**, [S.I.], v. 19, n. 2, p. 295–297, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/team.4720>.
- FULLER, R.; LANDRIGAN, P.J.; BLOWERS, L.; KELLER, K.; SOSHERA, L.; OAKS, M.; FULD, E.; BOYLE, B.; CARAVAN, C.; WIDELY, M. The global health impact of pollution: data on pollution-related premature deaths. **The Lancet Planetary Health**, Londres, v. 5, n. 3, p. 123-133, 2022.
- KAUR, R.; PANDEY, P. Poluição do ar, mudanças climáticas e saúde humana em cidades da Índia: uma breve revisão. **Frontiers in Sustainable Cities**, [S.I.], v. 3, 705131, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/frsc.2021.705131>.
- KINNEY, P. L. Interações entre mudanças climáticas, poluição do ar e saúde humana. **Current Environmental Health Reports**, [S.I.], v. 5, n. 1, p. 179–186, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40572-018-0188-x>.
- MOURA, F. R. DE; DA SILVA JÚNIOR, F. M. R. Agenda 2030: discussão sobre prioridades brasileiras enfrentando os desafios da poluição do ar e das mudanças climáticas. **Environmental Science and Pollution Control Series**, [S.I.], v. 30, n. 3, p. 8376–8390, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-24601-5>.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). Diretrizes globais de qualidade do ar da OMS: matéria particulada (PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub>), ozônio, dióxido de nitrogênio, dióxido de enxofre e monóxido de carbono. 30 nov. 2021. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/345329/9789240034228eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- SHADDICK, G.; THOMAS, M. L.; MUDU, P.; RUGGERI, G.; GUMY, S. Metade da população mundial está exposta ao aumento da poluição do ar. **NPJ Climate and Atmospheric Science**, [S.I.], v. 3, n. 1, p. 23, 2020.