

Gisllayne Silvestre

Docente de Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)
gislayne.littrell@gmail.com

Francisco Jablinski Castelhana

Professor do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte
(UFRN)
francisco.castelhana@ufrn.br

RESUMO

A urbanização do espaço geográfico favorece uma crescente concentração de material particulado fino na atmosfera, sendo estes provenientes predominantemente das atividades antrópicas, apresentando consequências a curto e longo prazo e sendo responsáveis por doenças respiratórias simples e agudas. O presente artigo objetiva destacar os municípios do Rio Grande do Norte com as maiores concentrações de $PM_{2.5}$ durante o período de 2003-2018. Para isso, a pesquisa foi realizada a partir do levantamento de dados de sensoriamento remoto, onde foi possível obter as médias diárias mensais e anual, e posterior realização de mapas e tabelas, além de pesquisa nas literaturas nacionais e internacionais para a análise dos resultados. Foi observado que os municípios com maiores concentrações de $PM_{2.5}$ são Jardim do Seridó, Parelhas, Senador Georgino Avelino, Parnamirim, São José do Seridó, Santana do Seridó e Carnaúba dos Dantas. Notou-se assim, que as microrregiões Seridó Ocidental e Seridó Oriental obtiveram destaques, haja vista que estes apresentam características climáticas distintas daquelas localizadas na costa leste e norte potiguar, como a baixa pluviosidade e temperaturas mais elevadas.

Palavras-chave: Qualidade do ar. Material particulado fino. Rio Grande do Norte.

ABSTRACT

The urbanization of geographic space has favored a growing concentration of fine particulate matter in the atmosphere, predominantly from anthropic and non-anthropic activities, with short and long-term consequences, being responsible for simple and acute respiratory diseases. That way, this article aims to highlight the municipalities of Rio Grande do Norte with the highest concentrations of $PM_{2.5}$ during the period 2003-2019. For this, the research was carried out using remote sensing data, where it was possible to obtain the daily monthly and annual averages and later the creation of maps and tables, in addition to research in national and international literature to analyze the results. It was observed that the municipalities with the highest concentrations of $PM_{2.5}$ are Jardim do Seridó, Parelhas, Senador Georgino Avelino, Parnamirim, São José do Seridó, Santana do Seridó and Carnaúba dos Dantas. It was noted that the micro-regions Seridó Ocidental and Seridó Oriental were highlighted, where they have different climatic characteristics from those located on the east coast and north of Rio Grande do Norte. In addition, it was found that some of these municipalities with higher concentrations of $PM_{2.5}$ have mining and quarrying activities, which may considerably favor the large amount of this pollutant, given that several studies related to small particles, health and mining sites have been found.

Keywords: Air quality. Fine particulate matter. Rio Grande do Norte.



RESUMEN

La urbanización del área geográfica ha llevado a una creciente concentración de material particulado fino en la atmósfera, predominantemente proveniente de actividades antropogénicas, con consecuencias a corto y largo plazo y responsable de enfermedades respiratorias simples y agudas. Este artículo pretende destacar los municipios de Rio Grande do Norte con mayores concentraciones de PM_{2.5} durante el período 2003-2019. Para ello, la investigación se llevó a cabo utilizando datos de teledetección, donde fue posible obtener promedios diarios, mensuales y anuales, y luego se elaboraron mapas y tablas, así como la investigación en la literatura nacional para analizar los resultados. Los municipios con mayores concentraciones de PM_{2.5} fueron Jardim do Seridó, Parelhas, Senador Georgino Avelino, Parnamirim, São José do Seridó, Santana do Seridó y Carnaúba dos Dantas. Destacaron las microrregiones del Seridó Occidental y Seridó Oriental, ya que tienen características climáticas diferentes a las situadas en las costas este y norte de Rio Grande do Norte. Además, se encontró que algunos de estos municipios con mayores concentraciones de PM_{2.5} tienen actividades mineras y canteras, lo que puede favorecer considerablemente la gran cantidad de este contaminante, considerando que se han encontrado varios estudios relacionados con partículas pequeñas, salud y sitios mineros.

Palabras clave: Calidad del aire. Partículas finas. Rio Grande do Norte.

1.INTRODUÇÃO

O advento da revolução industrial condicionou, em diversas áreas, as emissões de dióxido de carbono e queima de combustíveis fósseis (Jonsson, 2012), determinantes para acelerar as mudanças climáticas, onde observamos as alterações das temperaturas, com ondas de calor extremas e variações de precipitação, que acabam agravando os quadros de inundações e secas em diversos países (Kabisch et al., 2017). Essas consequências são globalmente perceptíveis e com grande acentuação nas décadas recentes, sendo responsáveis por modificar o espaço geográfico global.

O crescente consumo de bens industrializados demandam queima de biomassa, queima de combustíveis fósseis em combustão, como fonte de energia, entre outros, reverberam um aumento de poluentes na atmosfera terrestre.

Existem diversos tipos de materiais presentes no ar provenientes dessas fontes emissoras, como o dióxido de enxofre e trióxido de enxofre, os hidrocarbonetos, os óxidos de nitrogênio e os materiais particulados. Almeida (1999) ressalta que o material particulado fino, conhecido como PM_{2.5}, é formado por partículas de diversos componentes químicos, muito finos, podendo ser sólidos ou líquidos, dispersos no ar, com dimensão menor ou igual a 2,5 µm e percorrendo longas distâncias mediante processo de dispersão. Devido ao seu tamanho diminuto, podem entrar nas vias respiratórias com muita facilidade, provocando asma, pneumonia e câncer de pulmão.

Em estudo para a região do semiárido setentrional nordestino que contempla parte do estado do Rio Grande do Norte, Dias et. al., (2023) encontraram associação positiva entre os poluentes atmosféricos, especialmente o material particulado fino de 2,5 µm, e a mortalidade por Covid-19, impulsionada pelo incremento de 1,27 g/m³ do poluente na média de longo prazo.



Além da saúde humana, podem ser prejudiciais ao meio ambiente, causando chuvas ácidas e aumento da temperatura global. Esse tipo de poluente advém também de material orgânico de origem natural, como o pólen, mas são mais comumente encontrados nas regiões urbanas, dada a concentração de queima de combustíveis fósseis nestas áreas (Almeida, 1999).

A partir disso, ao realizar essa pesquisa, optamos em compreender quais municípios do estado do Rio Grande do Norte apresentam maiores concentrações do poluente $PM_{2.5}$, ao passo que foi observado que são poucos os estudos relacionados especificamente a esse tema nesse estado, tornando essa pesquisa importante para analisar a quantidade e presença do poluente na região, sendo, dessa maneira, o objetivo geral da presente pesquisa. Para tanto, analisou-se, a partir de dados de sensoriamento remoto, em um período de dezesseis anos (2003-2018) (período máximo pelos quais os dados foram disponibilizados) através de mapas temáticos, contendo as médias diárias mensais e anual, bem como as áreas as quais constata maiores concentrações desse poluente.

2. METODOLOGIA

Para compreender a dinâmica de como o $PM_{2.5}$ se comporta no estado do Rio Grande do Norte, o presente artigo fez uso de um levantamento de dados de sensoriamento remoto, buscando concentrações desse poluente na atmosfera, provenientes de emissões de queimadas e emissões urbanas e industriais, bem como ressuspensão de poeira, disponibilizados no Sistema de Informações Ambientais Integrado a Saúde (SISAM), plataforma do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), no período de 2003 a 2018 onde os dados foram coletados em escala temporal diária para nível de município. Cabe ressaltar que essa temporalidade se refere ao tempo máximo que os dados foram disponibilizados.

Para essa espacialização, houve a inserção desses dados utilizando as informações de shapefiles do site do INPE e posteriormente utilizando o software Qgis 3.20, onde foi possível a construção dos mapas temáticos com informações essenciais para analisar a relação desses poluentes por microrregião. Por fim, os dados foram organizados em tabelas, e outras informações foram adquiridas por levantamento bibliográfico em literaturas nacionais e internacionais sobre a temática, permitindo complementar as informações e obter uma análise mais ampla em se tratando das informações sobre a concentração de material particulado fino no território potiguar.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A presente pesquisa apresenta as médias diárias trimestrais e média diária anual através do levantamento de dados, onde posteriormente foi realizado mapas temáticos com a finalidade de

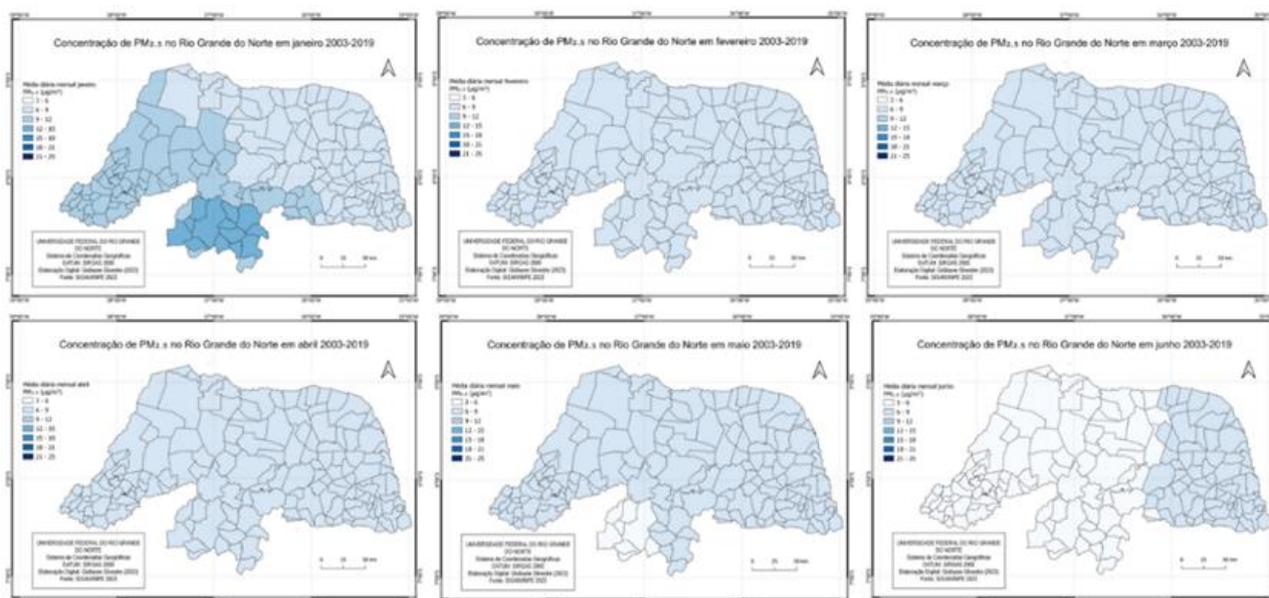


realizar uma análise da concentração de material particulado fino no Rio Grande do Norte do período de janeiro a dezembro de 2003 a 2018.

3.1 MÉDIAS DIÁRIAS MENSAIS DA CONCENTRAÇÃO DE PM_{2.5} NO RIO GRANDE DO NORTE PARA O PRIMEIRO SEMESTRE

Observando os mapas da Figura 1, que contém as médias mensais de concentração de material particulado fino no Rio Grande do Norte para o primeiro semestre, é possível notar como há uma tendência diferenciada para cada mês, isto é, para todos os seis mapas dos seis meses iniciais há uma concentração de PM_{2.5} em diferentes partes do estado. Percebe-se como no mês de janeiro houve valores que chegaram entre 12-15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ no Seridó Ocidental e Seridó Oriental e conforme o passar dos meses, há uma diminuição gradativamente, até apresentar valores entre 3-6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ em quase todo RN, exceto na porção da costa leste do estado. Assim, as médias diárias mensais para esse primeiro semestre revelam uma dispersão de material particulado fino em todo RN, onde se verifica maiores valores no mês de janeiro e menores valores no mês de junho principalmente no Seridó Ocidental e Seridó Oriental e menores valores em janeiro e maiores valores em junho para a costa leste do estado.

Figura 1 – Média mensal de concentração de material particulado fino no Rio Grande do Norte no primeiro semestre do período de 2003 a 2018.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do Sistema de Informações Ambientais Integrado à Saúde (SISAM), plataforma do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), (2023).

Em se tratando das médias diárias mensais para o primeiro semestre, os municípios que se destacam com maiores concentrações do poluente de análise são: Jardim do Seridó, Parelhas, Senador Georgino Avelino e Parnamirim, como podem ser visualizados na Tabela 1.



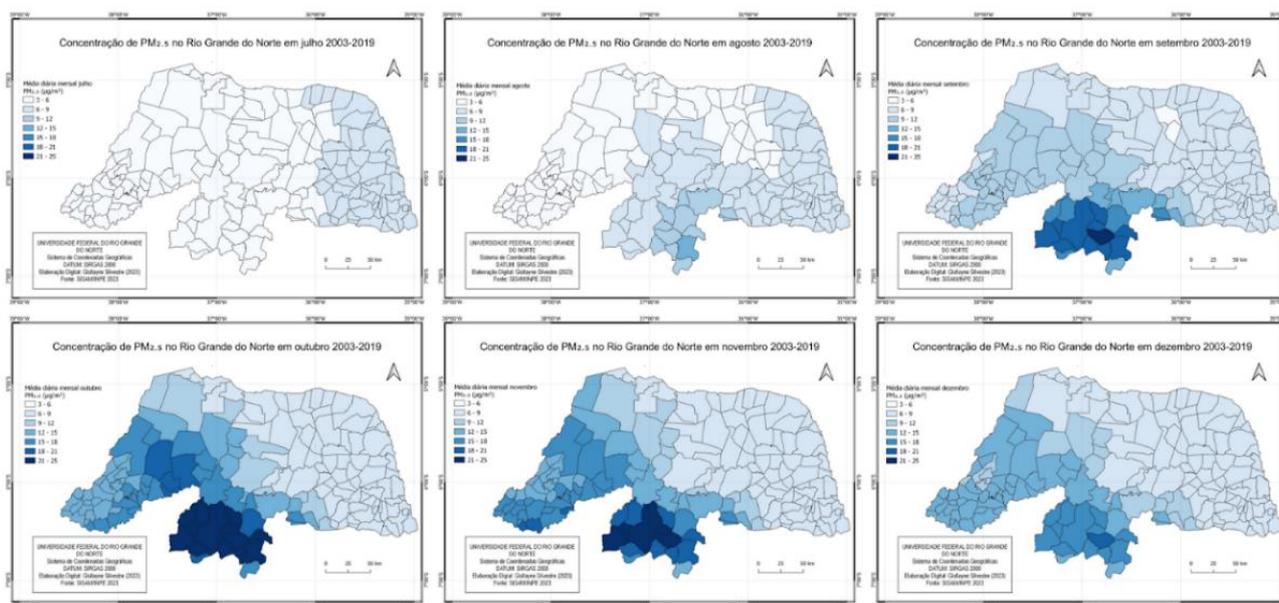
Tabela 1 – Municípios do RN com maior concentração de material particulado fino para o primeiro semestre, de acordo com cada mês.

Município	Média diária anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Jardim do Seridó	14,46
Parelhas	8,81
Senador Georgino Avelino	8,64
Parnamirim	8,61
Senador Georgino Avelino	8,08
Senador Georgino Avelino	7,51

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do Sistema de Informações Ambientais Integrado à Saúde (SISAM), plataforma do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), (2023).

Para o segundo semestre, percebe-se como as médias mensais apresentam uma divergência nesses últimos meses em comparação ao primeiro semestre, pois até o mês de julho, ainda houve uma diminuição da concentração de material particulado fino no Rio Grande do Norte e a partir do mês de agosto, os valores tendem a aumentar cada vez mais até o mês de outubro, chegando a 21-25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ no Seridó Oriental e Seridó Ocidental. Para essas duas microrregiões, houve a diminuição de $\text{PM}_{2.5}$ em alguns municípios no mês de novembro e ficando com valores entre 15-21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ em dezembro, podendo ser visualizado na Figura 2.

Figura 2 – Média mensal de concentração de material particulado fino no Rio Grande do Norte no segundo semestre do período de 2003 a 2018.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do Sistema de Informações Ambientais Integrado à Saúde (SISAM), plataforma do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), (2023).



Dessa maneira, conforme o passar dos meses, houve baixos valores de concentração de $PM_{2.5}$ em todo o RN, principalmente no Oeste potiguar, e conforme os meses, até o final do ano, há um aumento considerável nesta região. Na tabela 2 é possível observar os municípios com maiores concentrações desse poluente em se tratando das médias diárias mensais para o segundo semestre, onde se destacam: Senador Georgino Avelino, Parelhas e Jardim do Seridó.

Tabela 2 – Municípios do RN com maior concentração de material particulado fino para o segundo semestre, de acordo com cada mês.

Município	Média diária anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Senador Georgino Avelino	7,49
Parelhas	12,33
Jardim do Seridó	22,22
Jardim do Seridó	24,43
Jardim do Seridó	22,21
Jardim do Seridó	18,3

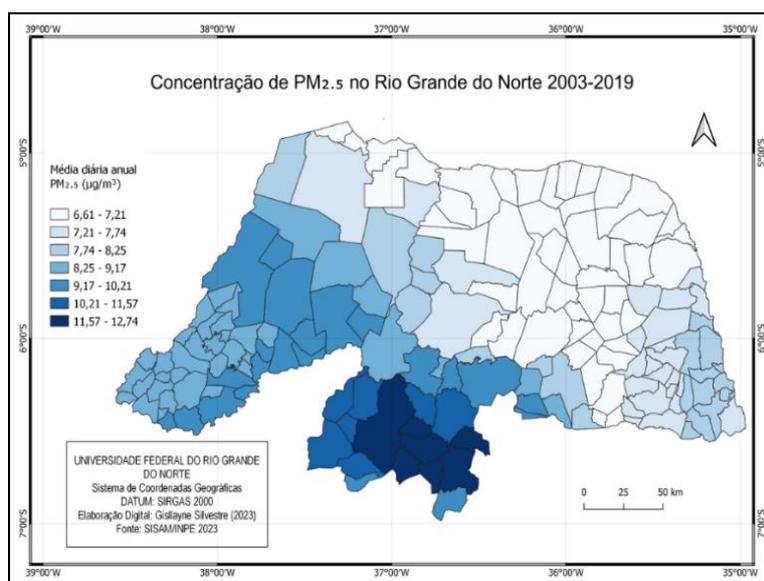
Fonte: Elaboração própria a partir de dados do Sistema de Informações Ambientais Integrado à Saúde (SISAM), plataforma do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), (2023).

3.2 MÉDIA DIÁRIA ANUAL DA CONCENTRAÇÃO DE $PM_{2.5}$ NO RIO GRANDE DO NORTE NO PERÍODO DE 2003 A 2018

Finalmente, analisando a média diária anual, os municípios que obtiveram maior concentração de material particulado fino no período de dezesseis anos no território potiguar se acentua no interior do estado, mais precisamente na porção seridoense, onde os valores mais altos estão inseridos na porção oeste do estado, principalmente nas microrregiões Seridó Ocidental e Seridó Oriental, com valores entre 11,57-12,74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Enquanto isso, verificamos que conforme se desloca para o litoral, há uma diminuição significativa, chegando a valores entre 6,61-7,21 (Figura 3).



Figura 3 – Média diária anual de concentração de material particulado fino no Rio Grande do Norte no período de 2003 a 2018.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do Sistema de Informações Ambientais Integrado à Saúde (SISAM), plataforma do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), (2023).

De acordo com a Tabela 3, revelam que os municípios de Jardim do Seridó, São José do Seridó, Parelhas, Santana do Seridó e Carnaúba dos Dantas se destacaram, com maiores quantidades desse poluente no período de dezesseis anos.

Tabela 3 – Municípios do RN com maior média diária anual de concentração de material particulado fino.

Município	Média diária anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Jardim do Seridó	12,72
São José do Seridó	12,37
Parelhas	12,19
Santana do Seridó	12,16
Carnaúba dos Dantas	12,03

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do Sistema de Informações Ambientais Integrado à Saúde (SISAM), plataforma do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), (2023).

Tendo em vista a descrição dos mapas e valores obtidos para as médias diárias mensais e média diária anual, buscar compreender o padrão apresentado para o período de dezesseis anos, com grande quantidade de material particulado fino em alguns meses para alguns municípios e pouco valor para outros meses em outros municípios, é imprescindível para resolver tal problemática.

Constata-se que municípios inseridos próximos do litoral do estado apresentam valores menores de concentração de $\text{PM}_{2.5}$. São municípios como a capital do estado e regiões metropolitanas, os quais apresentam maior avanço urbano, onde a quantidade de indústrias e de

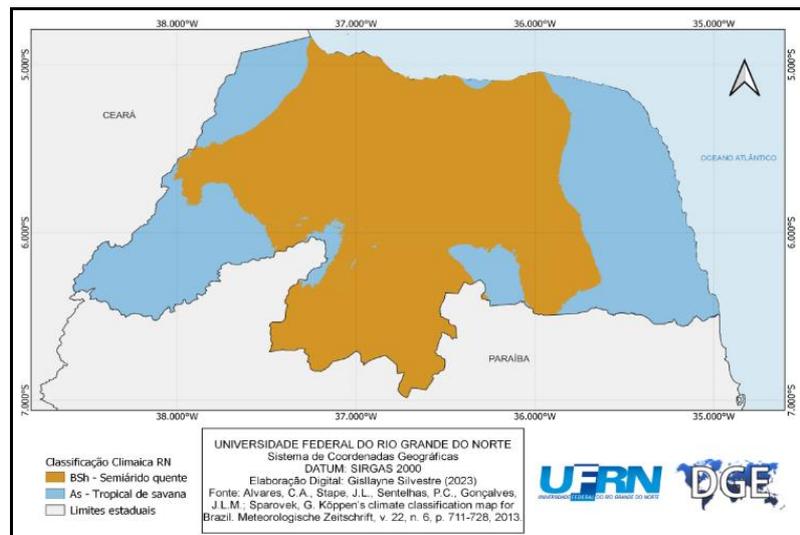


veículos são mais acentuadas. Mas apesar disso, é perceptível como nessa porção do estado as quantidades de partículas finas não superam àquelas situadas no seridó potiguar.

Buscando compreender essa dinâmica, a análise de como o clima no RN se comporta, bem como as suas variáveis climáticas e fatores climáticos existentes no Nordeste, podem auxiliar na explicação dessa abordagem, ao passo que a forma como o poluente tende a ser disperso no ar revela a quantidade visível em determinadas regiões.

De acordo com Nascimento (2021), o Rio Grande do Norte é um dos nove estados que está localizado na Região Nordeste do Brasil, limitando-se ao norte e leste com o Oceano Atlântico, destacando que devido à sua localização geográfica, ou seja, por estar próximo da Linha do Equador, é perceptível como este passa a influenciar o clima desse local, bem como apresentando uma amplitude térmica anual baixa de até 10°C, isto é, apresenta temperaturas altas quase o ano todo, além disso, a insolação anual varia entre 2.400 e 2.700 horas (Nascimento et al., 2021). Ainda, considerando a classificação de Köppen-Geiger, o RN apresenta dois tipos climáticos: tropical de savana (localizado principalmente a leste - costa oriental e oeste do estado) e semiárido quente (restante do estado) (Figura 4).

Figura 4 – Mapa com a classificação climática de Köppen-Geiger para o Rio Grande do Norte.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados de Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., Gonçalves, J.L.M.; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013., (2023).

Observando os dois tipos de clima incidentes do RN, um dos fatores de diferenciação pode estar relacionado à precipitação. O volume de chuvas, bem como o seu regime é um condicionante para a dispersão do material particulado fino, pois algumas regiões apresentam um regime pluviométrico considerável, como no litoral oriental, e que vão diminuindo conforme adentra para o interior do estado, ocasionando a semiaridez, inserida em muitas áreas do RN.



É perceptível como essa concentração de chuva está relacionada com as estações do ano do Rio Grande do Norte, pois no verão e no inverno há a predominância considerável de chuvas, principalmente no litoral do estado. Assim, além das estações do ano, um outro fator condicionante do regime pluvial no RN são os ventos alísios do Sudeste (Silva, 2003). O estado potiguar possui localização geográfica que favorece a ação eólica, ao passo que por apresentar uma extensa cobertura marinha, não se encontra obstáculos, acentuando a intensidade, continuidade e constância dos ventos alísios (Silva, 2003) e conseqüentemente, favorecendo aumento no regime de chuva no outono e inverno e onde tende a diminuir ao passar para o interior. No entanto, cidades localizadas em regiões serranas, mesmo com clima semi-árido, por possuírem elevadas altitudes, entram como exceção, observando temperaturas mais baixas, presença de quantidade significativa de vegetação e muitas vezes volumes de chuvas mais abundantes. Temos como exemplo o município de Martins, a 645 metros de altitude, apresentando uma média pluviométrica de 1.230 mm e temperatura média de 23°C (Medeiros et al., 2021).

Silva (2003) coloca que em locais próximos à costa oceânica, esses ventos alísios possuem relação com os efeitos de mesoescala no litoral do RN, em baixa camada atmosférica, bem como as brisas marítimas. Essas ocorrem durante o dia, quando os raios solares irradiam tanto o mar, quanto o continente, pois como a superfície deste segundo tende a aquecer mais e rapidamente, o ar quente tende a subir, sendo repostado pelo ar frio do mar.

Silva (2003) descreve como a brisa marítima tem início próximo a linha da costa, porém durante todo o dia, esta pode chegar de 20 a 40 km e até mesmo 100 km. Dessa maneira, as brisas marítimas podem afetar a temperatura e umidade do ar, além de modificar a direção dos ventos alísios (Silva, 2003).

Em suma, os ventos alísios de sudeste também são responsáveis pela dinâmica pluviométrica no litoral do Rio Grande do Norte, e a maneira como esses ventos alísios e as brisas marítimas são responsáveis pelo movimento de massa de ar do leste potiguar pode ser a justificativa que permite a remoção de $PM_{2.5}$ no litoral leste. Apesar disso, há a necessidade de se compreender o fator que torna possível a grande concentração de material particulado fino nas microrregiões de destaque.

Ressalta-se que municípios do RN onde possuem pedreiras, atividades mineradoras e demais neste ramo, são responsáveis pelo levantamento de grande quantidade de materiais muito finos.

Almeida (1999), aborda em seu estudo sobre materiais particulados no estado do Rio de Janeiro como esses poluentes menores foram encontrados em maior concentração em locais de mineração, ao mesmo tempo em que materiais particulados maiores foram encontrados em grande quantidade em regiões urbanas.



Ainda, atividades de mineração englobam imensa produção de poluentes, ficando dispersos no ar, bem como os óxidos de carbono, óxidos de nitrogênio, óxidos de enxofre, hidrocarbonetos e os materiais particulados, onde esse último ganha destaque por estar inserido em praticamente todas as atividades da mineração (Almeida, 1999).

Além disso, outros estudos demonstraram que a presença de atividades de mineração acentuam claramente a poluição do ar. Patra, Gautam e Kuma (2016) colocam que atividades minerais que ocorrem na superfície acabam sendo mais preocupantes, pois os métodos para a sua realização requer perfuração, detonação, carregamento, e descarregamento (Braga et al., 2007), os quais acabam colocando em suspensão diversas partículas consideradas prejudiciais à saúde e mesmo quando esses materiais estão parados, devido à presença eólica, acabam sendo transportados (Patra, Gautam e Kuma, 2016).

Ainda, outros autores como Morozesk et al. (2021) também realizaram estudo relacionado a pequenas partículas encontradas em uma mineradora de ferro, em Itabira-MG. Os autores destacam que a análise do $PM_{2.5}$ é importante para determinar a qualidade do ar, ao passo que a mesma tem considerável facilidade de se deslocar por longas distâncias e penetrar o sistema respiratório, entretanto, os monitoramentos da qualidade do ar em cidades de mineração acabam sendo inviáveis devido a falta de recurso por parte das agências ambientais, cabendo as próprias mineradoras e pesquisadores realizarem esses monitoramentos (Morozesk et al., 2021).

De qualquer maneira, a necessidade por uma explicação sobre maiores concentrações de $PM_{2.5}$ em alguns municípios do Seridó, acentuam uma curiosidade acerca dessa divergência em relação às outras cidades. Cabe salientar como futuras pesquisas de campo nesses lugares, localizados na região seridoense potiguar, são imprescindíveis para levantamento de dados sobre as atividades realizadas que podem ser responsáveis pelo aumento desse tipo de poluente.

4. CONCLUSÕES

Através do presente artigo, foi possível visualizar como o material particulado fino se encontra nos municípios do Rio Grande do Norte, onde o levantamento de dados revelaram que algumas cidades localizadas no interior do estado, mais precisamente no Seridó, contém grande concentração desse poluente, apresentando valores alarmantes. Tendo em vista essa problemática, buscou-se compreender os motivos pelos quais o $PM_{2.5}$ apresenta valores mais elevados em alguns municípios do Seridó, principalmente em Jardim do Seridó, Parelhas, São José do Seridó, Santana do Seridó e Carnaúba dos Dantas.

Como foi visto, nessas cidades existem atividades de mineração e pedreiras, podendo ser o motivo que apresenta valores alarmantes de $PM_{2.5}$ nesses locais, tornando imprescindível um



estudo minucioso das atividades desse ramo, onde a análise em campo, bem como uma medição próxima e exclusivamente nesses locais, podem proporcionar resultados mais completos acerca dessa pesquisa.

REFERÊNCIAS

Almeida, Ivo Torres de. **A poluição atmosférica por material particulado na mineração a céu aberto**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3134/tde-31012002-170628/pt>>. Acesso em: 24 junho 2023.

Braga, Alfésio Luís Ferreira. et al. Associação entre poluição atmosférica e doenças **respiratórias e cardiovasculares na cidade de Itabira, Minas gerais, Brasil**. *Cad Saude Publica*. 2007;23 Supl 4:S570-78. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/SH7yDyS89QH667ZxGnxR49g/?lang=pt>. Acesso em: 25 jul. 2024.

Dias, Mariana Andreotti. et al. **Poluição do ar e mortalidade por Covid-19 nos municípios do Semiárido Setentrional Nordestino**. In: Encontro Nacional Migrações, Ambiente e Trabalho. Desenvolvimento em disputa: continuidades e rupturas, 2024, Campinas. Anais do XIII Encontro Nacional sobre Migrações, VII Encontro do GT População, Espaço e Ambiente, e IV Encontro do GT População, Trabalho e Proteção Social. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2023. p. 599-606.

Jonsson, Fredrik Albritton. **The Industrial Revolution in the Anthropocene**. *The Journal of Modern History*, vol. 84, no. 3, 2012, pp. 679–96. Disponível em: <https://doi.org/10.1086/666049>. Acesso em: 08 jul. 2024.

Kabisch, Nadja, et al. **Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas: Linkages between Science, Policy and Practice**. *Ecology and Society*, Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-56091-5>. Acesso em: 08 jul. 2024.

Medeiros, Jacimária Fonseca de. Cestaro, Luiz Antonio. Queiroz, Larissa Silva Caracterização climática da serra de Martins – RN. **Revista de Geociências do Nordeste**. Rio Grande do Norte, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/21397>. Acesso em: 29 maio 2023.

Morozesk, Mariana. et al. **Airborne particulate matter in na iron mining city: Characterization, cell uptake and cytotoxicity effects of nanoparticles from PM2.5, PM10 and PM20 on human lung cells**. *Environ. Adv.* 2021, 6, 100125. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2021.100125>. Acesso em: 18 jul. 2024

Nascimento, Renan Loureiro Xavier. Souza, Camilo Cavalcante de. Oliveira, Marcos Antonio das Neves de. **Caderno de caracterização: estado do Rio Grande do Norte**. Codevasf. Brasília/DF, 2021. Disponível em: <https://www.codevasf.gov.br/aceso-a-informacao/institucional/biblioteca-geral-rocha/publicacoes/outras-publicacoes/caderno-de-caracterizacao-estado-do-rio-grande-do-norte.pdf/view>. Acesso em 09 maio 2023.

Patra, Aditya. Gautam, Sneha. Kunar, Prashant. **Emissions and human health impact of particulate matter from surface mining operation-a review**, *Environ. Technol. Innovation*, n° 5, p. 236-249. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2016.04.002>. Acesso em: 14 jul. 2014.



Silva, Gustavo Rodrigues. **Características de vento da região Nordeste: Análise, Modelagem e Aplicações para Projetos de Centrais Eólicas**. Recife/PE: Universidade Federal de Pernambuco, 2003. (Dissertação, mestrado em Engenharia Mecânica). Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/45696/1/>. Acesso em: 30 maio 2023