

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL

HENRIQUE LUIZ ROESSLER/RS - FEPAM

DEPARTAMENTO DE QUALIDADE AMBIENTAL - DQA

DIVISÃO DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL – DIPLAN

DIVISÃO DE MONITORAMENTO AMBIENTAL – DIMAM

SERVIÇO DE INTELIGÊNCIA GEOESPACIAL - SIGEO

QUALIDADE AMBIENTAL DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

**Revisão Sistemática da Dispersão de PTS em Relação à Distância
das Fontes de Emissão**

RELATÓRIO TÉCNICO

Porto Alegre/RS
Novembro de 2024

FEPAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL

Renato das Chagas e Silva

DIRETORIA TÉCNICA

Gabriel Simioni Ritter

DQA - DEPARTAMENTO DE QUALIDADE AMBIENTAL

Glaucus Vinicius Biasetto Ribeiro

DIMAM - DIVISÃO DE MONITORAMENTO AMBIENTAL

Márcio D'Avila Vargas

Elaboração Técnica

Leonardo Mikael Lipp Nissinen



SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	5
2.OBJETIVO.....	6
3.METODOLOGIA.....	7
4.RESULTADOS	8
5.CONCLUSÕES	10
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	11



LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AERMIC: American Meteorological Society/Environmental Protection Agency
Regulatory Model Improvement Committee

FEPAM: Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler

km: quilometro

MPG: Modelo de Pluma Gaussiano

m³/h: metro cúbico por hora

PTS: Partículas totais suspensas

µm: micrometro

µg/m³: micrograma por metro cúbico



1. INTRODUÇÃO

À medida que as cidades continuam a crescer e expandir suas fronteiras, a proximidade entre zonas urbanas e industriais tem aumentado significativamente. Essa integração crescente expõe um maior número de pessoas aos riscos associados à poluição do ar, que é um dos tópicos mais discutidos pela sociedade, especialmente pelos moradores próximos a centros industriais. Um indicador da redução da qualidade do ar é a presença de partículas totais suspensas (PTS), comumente encontradas nessas regiões.

Partículas totais suspensas são todas partículas que ficam suspensas no ar na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, etc. Quando quantificadas por amostradores usuais de monitoramento da qualidade do ar, correspondem a partículas cujo diâmetro aerodinâmico é superior a 50 μm . PTS são frequentemente relacionadas ao maior dano ligado à perda de visibilidade, formação de poeiras e deposição em plantas e objetos. Entretanto, uma parte das partículas que compõe o PTS é inalável, ou seja, possuem tamanho aerodinâmico menor que 10 μm e, portanto, são capazes de penetrar no sistema respiratório humano e causar maiores problemas à saúde.

Globalmente, há um grande número de estudos tratando experimentalmente da dispersão de PTS provenientes de indústrias, que tornam possível a análise de diversos casos para a elaboração de previsões estimadas sem a necessidade do monitoramento da qualidade do ar. Esses estudos utilizam modelos matemáticos e simulações que consideram variáveis ambientais e topográficas para prever como as partículas se dispersam e quais são suas possíveis concentrações em diferentes distâncias da fonte.

Portanto, a previsão das concentrações de poluentes em função da distância da fonte, baseada em diversos estudos sobre o assunto, é de grande importância para a garantia da qualidade de vida da população.



2. OBJETIVO

O objetivo deste relatório é analisar e sintetizar os resultados de estudos existentes que investigam a dispersão de PTS provenientes de empreendimentos em áreas urbanas. Através da revisão e comparação de modelos de dispersão e experimentos já realizados, o relatório visa estimar as concentrações de PTS em função da distância das fontes emissoras, compreendendo os padrões de dispersão identificados em diversos estudos, e avaliar os impactos na qualidade do ar.



3. METODOLOGIA

Analisando estudos de casos que empregaram modelagens e observações de dispersão atmosférica, foi adotada uma abordagem de revisão bibliográfica e análise de dados existentes para avaliar a dispersão de PTS em diferentes contextos.

Adicionalmente, para garantir uma visão abrangente, foram pesquisados diversos estudos que utilizaram outros modelos de previsão da qualidade do ar, permitindo uma análise comparativa das metodologias aplicadas em diferentes contextos geográficos.

A principal limitação deste relatório é a dependência dos dados de estudos existentes, o que implica que as características da fonte emissora, como vazão, e as condições atmosféricas locais, como vento e umidade, podem variar significativamente em cada caso. Tais variações afetam diretamente a dispersão de PTS, o que pode limitar a aplicabilidade dos resultados para regiões diferentes das estudadas.



4. RESULTADOS

A partir da análise dos estudos revisados, foi possível identificar padrões consistentes na dispersão de partículas totais suspensas (PTS) e seus impactos sobre a saúde pública em diferentes contextos industriais. A utilização de modelos em simulações de dispersão mostrou-se fundamental para estimar a extensão dos impactos ao redor de fontes emissoras.

Na Turquia, Demirarslan & Yener (2022) adotaram o modelo AERMOD, desenvolvido pela AERMIC, para simular a dispersão de PTS provenientes de atividades mineradoras. AERMOD foi escolhido por sua capacidade de considerar fatores como a topografia e as condições meteorológicas locais. Estações de monitoramento foram instaladas em distâncias de 1 km a 10 km das fontes de emissão. Concluiu-se que há uma relação inversamente proporcional da concentração com a distância, e, portanto é mais seguro que zonas residenciais estejam pelo menos a 5 km de plantas industriais.

Outro estudo investigou as emissões de PTS de fábricas de cimento na em uma província na Indonésia, utilizando o programa SCREEN3 (Rauf et al. 2021). Este modelo foi adequado para simular dispersão em longa distância e em terrenos complexos, capturando variações climáticas dinâmicas. Medições de PTS por 24 horas foram realizadas em um raio de até 6 km das fábricas, e a concentração diminuiu gradativamente com a distância, com um pico de 133,24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ entre 500 e 600 m e um mínimo de 18,48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a 5 km da fonte.

Por sua vez, Darwin et al. (2010) exploraram como as mudanças climáticas influenciam a dispersão de partículas na Índia, estimando com o Modelo de Pluma Gaussiano (MPG) e comparando com resultados experimentais para validação do modelo. Os resultados indicaram que a maior concentração média foi a partir de 250 m da fonte, e diminuindo gradativamente após 500 m. Ainda, concluiu-se que as partículas se dispersam mais longe em climas quentes e secos.

Variáveis como a altura das chaminés e a intensidade das emissões mostraram-se determinantes na dispersão das PTS. Fontes de emissão

Av. Borges de Medeiros, 261 • Porto Alegre, RS • 90020-021



localizadas em terrenos complexos, como áreas montanhosas, revelaram que a topografia pode amplificar ou atenuar a dispersão das partículas, criando "zonas de sombra" onde as concentrações podem ser maiores ou menores do que o esperado.

Além disso, as condições meteorológicas, particularmente a velocidade e a direção dos ventos, desempenham um papel crucial na distribuição das PTS. Ventos fortes tendem a espalhar as partículas por distâncias maiores, enquanto condições estáveis e úmidas podem limitar essa dispersão, concentrando as partículas em áreas específicas próximas da fonte (Darwin et al. 2010).

Outros estudos também foram revisados, e, em geral, os modelos indicam que PTS tendem a se dispersar de forma mensurável em um raio de até 15 km a partir de uma fonte, com as concentrações mais críticas sendo observadas nos primeiros 5 km. Essa faixa de 5 km ao redor das fontes emissoras foi identificada como a zona de maior risco para a saúde pública, onde as partículas se acumulam em níveis potencialmente perigosos, variando de 15 a 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ por 24 horas, dependendo das condições locais de emissão e das características atmosféricas.

Os impactos na saúde, com base na análise dos estudos, apontam para um aumento significativo em doenças respiratórias, cardiovasculares e neurológicas em populações expostas a altas concentrações de PTS, especialmente em crianças e idosos.



5. CONCLUSÕES

A análise dos estudos sobre a dispersão de partículas totais suspensas (PTS) em áreas próximas a indústrias ressalta a relevância de utilizar modelos preditivos, como AERMOD, CALPUFF e o Modelo de Pluma Gaussiano, para estimar a propagação dessas partículas e os impactos associados à saúde pública. Esses modelos têm se mostrado eficazes na identificação das áreas mais afetadas, principalmente em zonas de até 5 km das fontes emissoras, onde as concentrações de PTS são mais elevadas e os riscos para a saúde respiratória e cardiovascular são maiores.

Os estudos indicam que, em geral, a partir de 15 km de uma fonte, as concentrações de PTS se tornam ínfimas e oferecem mínimo risco à população, o que torna a medição nessa distância desnecessária. Portanto, é preciso priorizar a observação em raios de até 5 km, com um foco ainda maior entre 200 m a 1 km, já que essa zona foi apontada com a maior concentração do poluente.

Contudo, é importante destacar que a previsão da dispersão de PTS enfrenta limitações significativas devido à complexidade e variabilidade dos fatores envolvidos. Condições atmosféricas, como vento, umidade, temperatura e mudanças sazonais, juntamente com a topografia do terreno, influenciam diretamente a dispersão das partículas. Essas variáveis são altamente dinâmicas e difíceis de prever com precisão, o que dificulta a obtenção de estimativas completamente confiáveis sobre os níveis de poluição em áreas específicas.

Portanto, embora os modelos sejam ferramentas valiosas, a variabilidade das condições meteorológicas e geográficas impõe desafios que limitam a aplicabilidade universal das previsões. Isso reforça a necessidade de monitoramento constante e adaptável, bem como de políticas regulatórias que levem em conta as particularidades locais. Apenas por meio de uma abordagem integrada será possível mitigar os impactos negativos da poluição do ar e proteger a saúde das populações urbanas.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Rauf, Annisa Utami et al. **Community Health Risk Assessment of Total Suspended Particulates near a Cement Plant in Maros Regency, Indonesia**. Journal of health & pollution vol. 11,30 210616. 17 Jun. 2021, <https://doi.org/10.5696/2156-9614-11.30.210616>.

Demirarslan, K.O., Yener, İ. **Investigation of total suspended particulate matter dispersion from quarries in Artvin, Turkey, using AERMOD and its relationship with topography**. Air Qual Atmos Health 15, 2313–2327 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11869-022-01253-5>.

DARWIN, A. et al. **Studies on Seasonal Variation in the Dispersion of Suspended Particulate Matter from a Point Source**. [s.l: s.n.]. Disponível em: [https://neptjournal.com/upload-images/NL-7-29-\(29\)-B-1485.pdf](https://neptjournal.com/upload-images/NL-7-29-(29)-B-1485.pdf). Acesso em: 8 jul. 2024.

ABRIL, G. A. et al. **Particulate matter concentrations originating from industrial and urban sources: Validation of atmospheric dispersion modeling results**. Atmospheric Pollution Research, v. 7, n. 1, p. 180–189, jan. 2016.

CHEN, K. S. et al. **Measurement and receptor modeling of atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons in urban Kaohsiung, Taiwan**. Journal of Hazardous Materials, v. 166, n. 2-3, p. 873–879, 30 jul. 2009.

TARTAKOVSKY, D.; BRODAY, D. M.; STERN, E. **Evaluation of AERMOD and CALPUFF for predicting ambient concentrations of total suspended particulate matter (TSP) emissions from a quarry in complex terrain**. Environmental Pollution, v. 179, p. 138–145, ago. 2013.

DIONNE, J.; WALKER, T. R. **Air pollution impacts from a pulp and paper mill facility located in adjacent communities, Edmundston, New Brunswick, Canada and Madawaska, Maine, United States**. Environmental Challenges, v. 5, n. 5, p. 100245, dez. 2021.

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Poluentes**. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes/>. Acesso em: 15 jul. 2024.

