

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

**RELAÇÃO PERCENTUAL QUANTITATIVA ENTRE MP10 E PTS NO
MONITORAMENTO DA QULIDADE DO AR EM GUAÍBA**

RELATÓRIO TÉCNICO

**Porto Alegre/RS
Abril de 2021**

FEPAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL

Marjorie Kauffmann

DIRETORIA TÉCNICA

Renato das Chagas e Silva

DQA - DEPARTAMENTO DE QUALIDADE AMBIENTAL

Glaucus Vinicius Biasetto Ribeiro

DIMAM - DIVISÃO DE MONITORAMENTO AMBIENTAL

Márcio D'Avila Vargas

Elaboração Técnica

Arieli dos Santos

Márcio D'Avila Vargas



SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 OBJETIVO.....	10
3 METODOLOGIA.....	11
4 RESULTADOS	12
5 CONCLUSÕES	16
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICOS.....	17



LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente

°C: graus Celsius

FEPAM: Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler

FMC: fumaça

g/m³: grama por metro cúbico

km: quilometro

L/min: litro por minuto

MP: Material Particulado

MP₁₀: Material particulado de tamanho aerodinâmico de até 10 µm

MP_{2,5}: Material particulado de tamanho aerodinâmico de até 2,5 µm

m³/h: metro cúbico por hora

PTS: Partículas totais em suspensão

TEOM: Tapered element oscillating microbalance

µm: micrometro

µg/m³: micrograma por metro cúbico



Lista de Figuras

Figura 1. Percentual de MP ₁₀ em PTS: 2019	12
Figura 2. Percentual de MP ₁₀ em PTS: 2020	14



Lista de Tabelas

Tabela 1. Média aritmética mensal e anual para PTS e MP₁₀ em 2019 12

Tabela 2. Média aritmética mensal e anual para PTS e MP₁₀ em 2020 13



1 INTRODUÇÃO

Com o decorrer dos anos o desenvolvimento urbano e industrial originou um aumento nas emissões de poluentes atmosféricos. Como consequência das ações humanas, o expressivo acréscimo dessas substâncias na atmosfera tem trazido danos à saúde humana, aos materiais, à fauna e à flora. Os poluentes emitidos podem ser divididos entre poluentes primários, aqueles emitidos diretamente pelas fontes de emissão (natural ou antropogênica) e poluentes secundários, aqueles formados na atmosfera através da reação química entre poluentes primários e componentes naturais já presentes na atmosfera.

Um importante poluente presente na atmosfera é o Material Particulado, que pode ser formado por uma variedade de compostos. Algumas dessas partículas podem ser grandes e escuras e, portanto, visíveis aos olhos humanos como a fumaça ou a fuligem. Outras partículas são tão pequenas que podem ser vistas somente através de um microscópio. Sua origem pode ser tanto de fontes naturais como névoas marinhas, pólenes, poeiras e vulcões, como de fontes antropogênicas como motores de veículos, caldeiras industriais, queima de biomassa, fumaça de cigarros, entre outras. O Material Particulado é usualmente classificado em função de seu tamanho aerodinâmico como: Partículas Totais em Suspensão (PTS), Material Particulado de 10 μm (MP_{10}), Material Particulado de 2,5 μm ($\text{MP}_{2,5}$) e Fumaça (FMC).

Partículas Totais em Suspensão são todas as 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 menor ou igual a 100 μm . O PTS normalmente está relacionado a maior dano ligado a 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.

As Partículas Inaláveis podem ser subdivididas em partículas grossas, com diâmetro menor que 10 μm (MP_{10}) e partículas finas, de diâmetro menor que 2,5 μm ($\text{MP}_{2,5}$). Tais partículas podem ficar retidas na parte superior



do sistema respiratório ou penetrar mais profundamente (representam a fração de $MP_{2,5}$), alcançando os alvéolos pulmonares podendo causar aumento de atendimentos hospitalares e mortes prematuras, assim como insuficiências respiratórias pela deposição deste poluente nos pulmões. Atualmente o monitoramento de $MP_{2,5}$ tem se tornado cada vez mais frequente e necessário, visto que se trata da fração mais fina que consegue penetrar mais profundamente nos pulmões. Seguindo esta tendência, o Brasil estabeleceu em 2018 padrão de qualidade ambiental para $MP_{2,5}$ através da Resolução CONAMA 491/2018.

As estações de monitoramento das redes de qualidade do ar normalmente não medem a quantidade de PTS e MP_{10} (ou mesmo $MP_{2,5}$) simultaneamente, em função do custo elevado de se manter dois analisadores para medir material particulado. Tipicamente nas redes semiautomáticas, com amostradores de grande volume, o poluente medido é o PTS, enquanto nas redes automáticas de monitoramento o poluente usualmente medido é o MP_{10} . A possibilidade de medir um ou outro poluente é decorrência da escolha de separador inercial de partículas utilizado no amostrador (cabecote), podendo ser alterado entre um ou outro para sua medição. Todas as estações da rede automática da FEPAM, rede Ar do Sul, medem MP_{10} , e somente uma das estações (estação Guaíba/Parque 35) mede simultaneamente PTS e MP_{10} . Nenhuma das estações de rede de monitoramento Ar do Sul da FEPAM mede atualmente $MP_{2,5}$.

Também, em termos de monitoramento no Estado do Rio Grande do Sul, vários monitoramentos realizados por indústrias, em função de condicionante de licença, e pela extinta Rede Semiautomática da FEPAM tem resultados de medições somente para PTS. Como o tamanho do Material Particulado está diretamente relacionado ao seu potencial em provocar efeitos adversos à saúde humana, verificar a fração percentual de MP_{10} presente no PTS torna-se importante para uma avaliação mais profunda dos diversos resultados de PTS que são obtidos. Além disso, como alguns Estudos de Dispersão Atmosférica tem indicado o uso de uma relação constante entre estes poluentes para estimar suas concentrações a partir de resultados de



dados primários de monitoramento de apenas um deles, uma análise mais detalhada desta questão tornou-se necessária.



2 OBJETIVO

O objetivo do presente relatório é comparar o percentual de MP_{10} contido no PTS no monitoramento da qualidade do ar em estação da rede automática da FEPAM localizada no município de Guaíba e verificar se existiria uma relação proporcional constante entre esses poluentes.



3 METODOLOGIA

Os dados do monitoramento foram obtidos da estação automática Guaíba/Parque 35, integrante da rede Ar do Sul da FEPAM, localizada na cidade de Guaíba no Estado do Rio Grande do Sul. A estação está situada próxima ao centro de Guaíba (1,5 km a leste) e próxima à zona sul de Porto Alegre (na outra margem do Lago Guaíba), tendo forte influência de emissões urbanas, mas também industriais oriundas da fábrica de celulose localizada a cerca de 3 km da estação. Foram considerados os dados de monitoramento dos anos de 2019 e 2020.

O instrumento utilizado para as amostragens de PTS e MP₁₀ foi o TEOM 1405 Monitor, que consiste de um instrumento “gravimétrico” que puxa o ar ambiente através de um filtro a uma taxa de fluxo constante, pesando continuamente o filtro e calculando as concentrações de massa de Material Particulado (mede em tempo real a concentração em massa de Material Particulado suspenso no fluxo de gás). As seguintes condições foram utilizadas: taxa de fluxo de 16,7 L/min (1 m³/h), temperatura do fluxo de amostra 30°C e médias de 24 horas.

Foram consideradas 8312 amostras horárias de PTS e MP₁₀ em 2019, sendo 714 obtidas em janeiro, 656 em fevereiro, 701 em março, 645 em abril, 727 em maio, 694 em junho, 720 em julho, 663 em agosto, 660 em setembro, 679 em outubro, 720 em novembro e 733 em dezembro. Em 2020 foram 8509 amostras horárias, sendo 701 em janeiro, 668 em fevereiro, 727 em março, 647 em abril, 744 em maio, 707 em junho, 735 em julho, 749 em agosto, 708 em setembro, 692 em outubro, 717 em novembro e 724 em dezembro.

Para os resultados da média mensal e anual foi realizado o cálculo da Média Aritmética Simples, $\bar{x} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n}$, onde **n** era o número total de amostras horárias. Para a razão percentual de MP₁₀ em PTS foi realizado o cálculo de razão percentual simples para cada média (mensais e anuais), ou seja, $(MP_{10} \div PTS) \times 100\%$.



4 RESULTADOS

Na Tabela 1 está descrita as médias mensais e anuais para PTS e MP₁₀ na estação Guaíba/Parque 35 para o ano de 2019. Se observa que na média anual foi encontrado cerca de 88,43 ± 3,97 % de MP₁₀ presente no PTS conforme demonstrado na Figura 1.

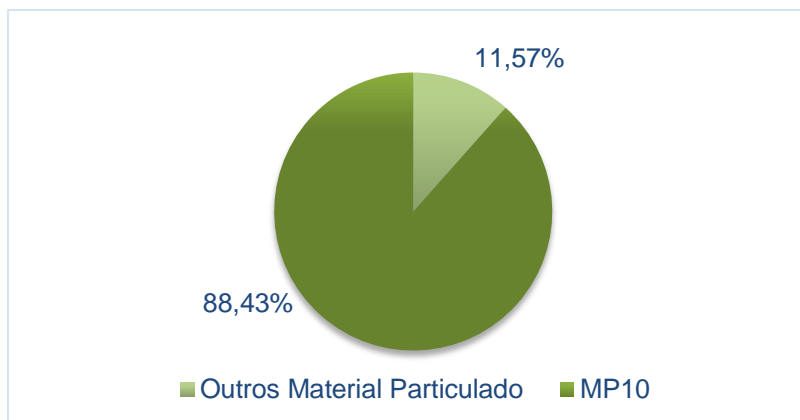
Tabela 1. Média aritmética mensal e anual para PTS e MP₁₀ em 2019.

Mês	Concentração média PTS (µg/m ³)	Concentração média MP ₁₀ (µg/m ³)	Percentual de MP ₁₀ no PTS (%)
Janeiro	23,68	20,78	87,75
Fevereiro	25,94	21,98	84,72
Março	26,27	23,06	87,80
Abril	28,89	24,92	86,25
Maio	22,11	19,34	87,49
Junho	41,62	35,04	84,19
Julho	30,01	25,89	86,26
Agosto	35,15	30,97	88,13
Setembro	28,07	26,95	95,99
Outubro	27,43	24,83	90,51
Novembro	28,38	27,21	95,88
Dezembro	50,31	43,38	86,22
Média Anual	30,66 ± 8,06	27,03 ± 6,72	88,43 ± 3,87

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 1. Percentual de MP₁₀ em PTS: 2019.





Fonte: Elaborado pelo autor.

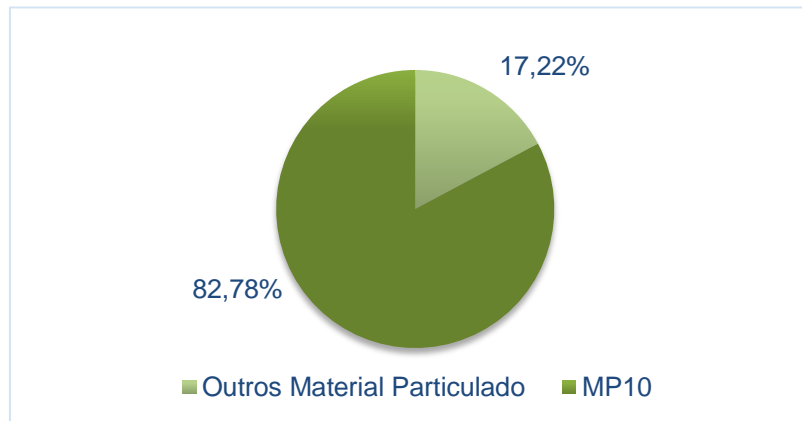
Na Tabela 2 estão os dados obtidos para o ano de 2020. Quando comparado por mês, a fração de MP₁₀ contida no PTS variou entre 71,22 a 92,20%. Na média anual foi encontrado cerca de 82,78 ± 6,21 % de MP₁₀ presente no PTS conforme demonstrado na Figura 2.

Tabela 2. Média aritmética mensal e anual para PTS e MP₁₀ em 2020.

Mês	Concentração média PTS (µg/m ³)	Concentração média MP ₁₀ (µg/m ³)	Percentual de MP ₁₀ em PTS (%)
Janeiro	27,68	24,82	89,67
Fevereiro	28,71	24,07	83,84
Março	34,43	28,59	83,03
Abril	36,68	29,57	80,61
Mai	40,38	32,08	79,43
Junho	29,54	22,57	76,40
Julho	39,67	31,45	79,27
Agosto	37,86	32,34	85,43
Setembro	23,85	21,99	92,20
Outubro	24,85	22,35	89,95
Novembro	23,72	20,92	88,16
Dezembro	27,40	19,51	71,22
Média Anual	31,23 ± 6,23	25,85 ± 4,67	82,78 ± 6,21

Fonte: Elaborado pelo autor.



Figura 2. Percentual de MP₁₀ em PTS: 2020.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em termos gerais, os dados do monitoramento da estação automática de Guaíba nos anos de 2019 e 2020 indicam que o PTS medido continha, de forma geral, teores de cerca de 80 a 90% de MP₁₀ na sua composição. Considerando todos os dados avaliados, se verifica que o percentual de MP₁₀ no PTS varia bastante se a comparação for feita tomando os resultados das médias mensais. Esta variação irá se acentuar se comparados os valores diários e tende a se aproximar quando se analisa as médias anuais.

Numa busca bibliográfica, foram encontradas várias pesquisas que relacionam PTS e MP₁₀ em determinadas regiões. Tantadprasert et al. (2011) fez um estudo em parques públicos do Bangkok Metropolitan Administração na Tailândia, durante a estação chuvosa, setembro 2009 e outubro 2009, e na estação de inverno, janeiro 2010 e fevereiro 2010, onde verificou a correlação estatística entre a concentração de PTS e MP₁₀. No período chuvoso foi observado que a razão MP₁₀/PTS teve variação média de $0,42 \pm 0,05$ a $0,69 \pm 0,05$, e no período de inverno obteve uma variação média de $0,59 \pm 0,04$ a $0,69 \pm 0,07$. KERMANI, et al. (2003) apresenta diferentes estudos onde as proporções de MP₁₀ em PTS obtidas foram de 54 %, 87 % e 50 % na Suíça, Itália e México, respectivamente.

Meulen et al. (1986) ressalta em seu estudo que não existe uma relação linear fixa entre PTS e MP₁₀, e que existem diferentes episódios de níveis elevados de concentração para algum dos poluentes, conseqüentemente, os padrões de qualidade do ar do PTS não podem ser



substituídos pelos MP_{10} simplesmente usando os resultados analisados em diversos estudos, pois isso poderia resultar em padrões de MP_{10} desiguais. Recomenda que a amostragem de PTS e MP_{10} seja realizada de forma separada. E a relação entre os poluentes pode ser considerada como uma forma de tratar os dados, mas as medições e o tratamento individual devem ser feitas de forma separada para PTS e MP_{10} .



5 CONCLUSÕES

Os dados de monitoramento simultâneo de PTS e MP_{10} obtidos na estação automática de qualidade do ar localizada no bairro Parque 35 no município de Guaíba para os anos de 2019 e 2020 mostraram que o PTS medido continha, de forma geral, teores de cerca de 80 a 90% de MP_{10} na sua composição.

As proporções de MP_{10} em PTS obtidas em diferentes estudos na literatura mostram em geral resultados semelhantes, embora com tendência ao PTS conter menor fração percentual de partículas inaláveis que o obtido em Guaíba. Isto reforça que os resultados refletem uma situação específica daquele local no período considerado, não existindo um padrão linear preciso na razão entre PTS e MP_{10} que possa ser aplicada para outra região ou mesmo para a própria região de estudo, visto que condições atmosféricas e tipo de emissão do entorno podem afetar os resultados no período considerado.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICOS

BROOK, J. R. et al. **The Relationship Among TSP, PM₁₀, PM_{2.5}, and Inorganic Constituents of Atmospheric Particulate Matter at Multiple Canadian Locations**. Journal of the Air & Waste Management Association: vol. 47, pág. 2-19, 1997. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/10473289.1997.10464407>. Acesso em: 19 abr. 2021.

Companhia Ambiental do estado de São Paulo. **Poluentes**. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes/>. Acesso em: 20 mar. 2021.

Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. **Qualidade do Ar**. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/index.asp>. Acesso em: 08 mar. 2021.

BERICO, M. et al. **Atmospheric aerosol in an urban area - measurements of TSP and PM₁₀ standards and pulmonary deposition assessments**. Atmospheric Environment: Vol. 31, Issue 21, pág. 3659-3665, 1997. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1352231097002045>. Acesso em: 19 abr. 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução Nº 491, de 19 de novembro de 2018**: dispões sobre padrões de qualidade do ar. Brasília, DF, 2019. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/51058895. Acesso em: 10 mar. 2021.

MEULEN, A. V. et al. **PM₁₀: Results of a One-Year Monitoring Survey in the Netherlands**. JAPCA: vol. 37, issue 7, pág. 812-818, 1986. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/08940630.1987.10466272>. Acesso em: 19 abr. 2021.

Instituto Estadual do Ambiente. **Relatório da qualidade do ar do Estado do Rio de Janeiro – ano base 2015**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/RQAr_2015.pdf. Acesso em: 26 mar. 2021.

QUEIROZ, P. G. M. et al. **Composição elementar do material particulado presente no aerossol atmosférico do município de Sete Lagoas, Minas Gerais**. São Paulo: Química Nova, vol. 30, nº5, 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422007000500035. Acesso em: 26 mar. 2021.

SOUZA, P. A. et al. **Caracterização do material particulado fino e grosso e composição da fração inorgânica solúvel em água em São José dos Campos (SP)**. São Paulo: Química Nova, vol. 33, nº 6, 2010. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422010000600005. Acesso em: 19 abr. 2021.



TANTADPRASERT, A. et al. **Ambient TSP and PM10 concentrations in Public Parks of Bangkok, Thailand.** Environment and Natural Resources J.: vol. 9, nº 1, pág. 24-30, 2011. Disponível em: <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/enrj/article/view/82446>. Acesso em: 19 abr. 2021.

KERMANI, M. et al. **Chemical Composition of TSP and PM10 and their Relations with Meteorological Parameters in the Ambient Air of Shariati Hospital District.** Iranian J. Publ Health: vol. 32, nº 4, pág. 68-72, 2003. Disponível em: <https://ijph.tums.ac.ir/index.php/IJPH/article/view/1944>. Acesso em: 19 abr. 2021.

