



INFLUÊNCIA DA METEOROLOGIA NA CONCENTRAÇÃO DO POLUENTE ATMOSFÉRICO PM_{2,5} NA RMRJ E NA RMSP

Fernanda Pinto Guerra ⁽¹⁾
Regina Maura de Miranda

Endereço ⁽¹⁾: Rua Dr. João Batista Soares de Faria, n°. 113, apto. 161, Santana, São Paulo – SP, CEP: 02403- 050. Fone: (11) 7695-4759. E-mail: fernanda.guerra@usp.br / fe.pguerra@gmail.com

RESUMO

O presente projeto visa a análise da poluição, por meio do material particulado fino, conhecido como PM_{2,5}, na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) e na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). A mesma será avaliada ao longo do período compreendido entre Maio de 2007 e Agosto de 2008, tendo como base o trabalho de campo desenvolvido por pesquisadores da Universidade de São Paulo (LPAE et al). Outra vertente principal do trabalho é a correlação dos níveis de poluição encontrados nessas regiões e em determinados períodos com as condições meteorológicas das mesmas, estabelecendo padrões para a influência da meteorologia na concentração dos poluentes.

Um fator de alta relevância, é que apesar de a legislação brasileira ainda não apresentar limites para as concentrações aceitáveis de PM_{2,5}, nas regiões metropolitanas estudadas em grande parte do período amostrado as concentrações observadas estão superiores ao limite recomendado pela Organização Mundial de Saúde (OMS). Assim, a motivação para o desenvolvimento desse trabalho e de outras linhas de pesquisa relacionadas ao tema se dá devido à importância do mesmo à saúde humana e à sustentabilidade ecossistêmica. Além da necessária busca de alternativas tecnológicas e de maior rigidez na legislação e, especialmente, na fiscalização, para que as emissões sejam menores e mais controladas. A confecção de trabalhos como esse, dessa forma, se torna essencial para que haja a conscientização e a comprovação da real necessidade de diminuição dos padrões de emissão observados atualmente.

PALAVRAS-CHAVE: material particulado (MP_{2,5}), poluição atmosférica, meteorologia, RMSP, RMRJ.

INTRODUÇÃO

Durante muito tempo, até o início do século XX, não havia preocupações a respeito da qualidade do ar e sim uma sensação de que o mesmo sempre estaria presente, tanto em quantidade, quanto em qualidade adequadas para a manutenção da vida humana, vegetal e animal. Contudo, a atmosfera sofreu constantes mudanças, desde o início de sua existência, tais modificações fizeram com que, hoje, sua composição e suas propriedades sejam distintas das que possuía originalmente. A poluição ocorre por fatores antrópicos e, também, de forma natural, pensando somente nesse segundo fator, pode-se falar que tal questão sempre existiu na atmosfera terrestre naturalmente e, dessa forma, não merece a nossa atenção. Entretanto, com o passar dos anos, a atmosfera perdeu o seu potencial de autodepuração, devido à intensificação, de forma expressiva, das emissões dos poluentes atmosféricos lançados por processos criados pelo homem. Anteriormente, quando a poluição era somente um fenômeno natural, havia ventos suficientes, chuvas e correntes de ar capazes de dispersar esses poluentes.

A constatação de que os atributos atmosféricos já não eram os mesmos iniciou, praticamente, a partir da Revolução Industrial, período em que se intensificou a produção nas indústrias, com o uso de tecnologias dependentes das fontes primárias de energia fóssil como o carvão mineral. Com isso, apareceram os problemas de saúde da população, por causa da poluição do ar. Quando houve o aumento das atividades urbano-industriais, com a criação dos grandes e populosos centros urbanos, observou-se um crescimento demasiado na concentração dos poluentes e na abrangência simultânea espacial dessas substâncias com os locais de moradia da população. Nessa época, também, cresceu substancialmente o número de pesquisadores que têm como objeto de estudo tanto a atmosfera de forma geral, quanto os poluentes contidos nesta.

Um evento que evidenciou a importância da qualidade do ar, apesar de não ser diretamente sobre tal assunto, foi a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, de 1992. A convenção tratou das mudanças climáticas como uma questão importante que influencia a humanidade como um todo e, entre outros

objetivos deliberados, estava o de estabilizar as concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera, existindo, dessa forma, propostas que visassem o controle da emissão dos poluentes, mostrando, assim, que tal tema já possuía relevância, que ainda era principiante, mas começava a atingir a escala mundial.

Considera-se poluição atmosférica toda e qualquer mudança que acontece nas propriedades ou na composição da atmosfera e que possa tornar o ar inconveniente, impróprio ou nocivo ao bem-estar público geral, isto é, à vida humana, animal e vegetal. Essa poluição, como falado anteriormente, pode ser ocasionada por processos que ocorrem de forma natural, tais como brumas marinhas, erupções vulcânicas, meteoritos que chegam à atmosfera carregando material pulverizado, e as queimadas naturais de florestas. Ou ainda, por processos criados artificialmente, pelo homem, como, por exemplo, a combustão dos motores automotivos e os processos industriais: queima de carvão, lenha, óleo combustível e outras tecnologias utilizadas que acabam emitindo, para o ambiente, substâncias nocivas lançadas em quantidade e diversidade cada vez maiores.

O aerossol atmosférico é produzido por diferentes fontes, mas, principalmente, pela queima de combustível, pelos processos industriais e pela névoa salina. A permanência na atmosfera desse material particulado (PM – do inglês, “particulate matter”) dependerá das condições meteorológicas da região. Contudo, pode-se dizer que, em condições normais, o poluente fica na baixa troposfera por até um mês e na estratosfera por cerca de dois a três meses. Toda substância, quando adicionada à alta troposfera ou à estratosfera permanece um longo período em circulação e aumenta de forma significativa o seu impacto potencial ao meio ambiente. Já os efeitos causados na saúde por esses materiais dependerão de suas propriedades físico-químicas, do seu diâmetro médio e do tempo em que o indivíduo manteve contato direto com os poluentes.

Conforme o tamanho e forma de ocorrência do material particulado há uma subclassificação desse poluente em: partículas totais em suspensão, fumaça e partículas inaláveis. Essas últimas podem ainda ser divididas em partículas inaláveis grossas (PM₁₀), que possuem diâmetro aerodinâmico entre 2,5 e 10 µm e partículas inaláveis finas (PM_{2,5}), com diâmetro menor do que 2,5 µm. As partículas inaláveis conseguem aumentar a velocidade das reações químicas que transformam os poluentes primários em secundários mais nocivos, como, por exemplo, em substâncias cancerígenas, atuando, dessa forma, como um catalisador. Os principais efeitos das partículas inaláveis ocorrem sobre a saúde humana e animal no sistema respiratório, as inaláveis finas possuem um caráter ainda mais preocupante, pelo fato de conseguirem atingir os alvéolos pulmonares. Sobre o clima, os impactos desses poluentes ocorrem na redução da visibilidade e na absorção e dispersão da luz, causando efeitos como o chamado “nevoeiro” em áreas urbanas e também o “céu avermelhado” que, na maioria das vezes, é visto quando o Sol se nasce ou se põe.

As condições meteorológica são fatores importantes para a definição do nível da poluição atmosférica, por influenciarem o tempo de permanência do poluente no local lançado. Isso ocorre, porque, assim que o contaminante é emitido para a atmosfera terrestre, sofre a ação de variáveis como velocidade e direção do vento, taxa de precipitação, temperatura, instabilidade do ar, entre outras. A relação que poluente terá com essas variáveis, ou seja, com o perfil climatológico de um local, que determinará se o mesmo permanecerá no ar sob a forma emitida, se irá mudar sua composição, ou ainda, se irá ser disperso para um novo lugar. Outras características da região, olhando de forma mais específica para a micro-escala, tais como, topografia, a existência ou não de edifícios, o tipo de solo e a quantidade e espécie de vegetação existente, também irão determinar o caminho do poluente emitido na atmosfera terrestre. Essas características locais possuem a capacidade de modificar o micro-clima de determinada região, podendo, por exemplo, levar à formação de fenômenos como as ilhas de calor. Esse clima local modificado em relação às extremidades externas que tem a capacidade de deixar aquele espaço com um micro-clima mais ou menos favorável a dispersão dos poluentes, melhorando ou piorando a qualidade do ar no local específico.

O presente trabalho correlaciona a poluição do ar causada especificamente pelas partículas inaláveis finas (PM_{2,5}) com o perfil meteorológico das regiões metropolitanas do Rio de Janeiro (RMRJ) e de São Paulo (RMSP). Essas regiões foram escolhidas por serem ótimos exemplos de áreas urbanas com grandes conglomerados populacionais e, ao mesmo tempo, importantes potências econômicas brasileiras. As duas regiões apresentam grande quantidade de emissão de poluentes por causa, principalmente, do alto número de veículos e indústrias. Os primeiros crescem cada vez mais, devido às facilidades oferecidas nas compras e trocas dos automóveis, bem como à precariedade do sistema público de transporte, que não consegue transportar a população de forma adequada. A quantidade de indústrias, apesar de estar praticamente estabilizada, emite uma quantidade gigantesca de poluentes na produção das mercadorias mais diversas, contudo, têm uma grande importância para as regiões por gerarem uma oferta grande de empregos, ajudando a economia local e nacional.

METODOLOGIA

O presente trabalho baseia-se em referência bibliográfica para a coleta dos dados de monitoramento ambiental da seguinte maneira: os dados relacionados à concentração dos poluentes foram extraídos do Relatório de Estudo

“Avaliação dos aspectos ambientais, de saúde e sócio-econômicos envolvidos com a implementação do PROCONVE em seis Regiões Metropolitanas”, desenvolvido, em 2009, pelo LPAE (Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental), da Faculdade de Medicina da USP, e pelo LAPAT (Laboratório de Análise de Processos Atmosféricos), do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo.

Já os dados referentes às variáveis climatológicas da Região Metropolitana do Rio de Janeiro e de São Paulo foram extraídos da REDEMET ([Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica](#)), sendo que as informações da região do Rio de Janeiro foram medidas pela estação SBGL, localizada no aeroporto do Galeão, e, de São Paulo, pela estação SBGR, localizada no aeroporto de Guarulhos.

Os locais de disposição dos equipamentos para coletar as amostras de poluentes foram definidos atendendo ao critério de estarem localizados, se possível, há pelo menos 50 metros de distância de uma via de tráfego intenso, devido à grande influência das fontes poluidoras automotivas. Além disso, o local de instalação do equipamento deve conter uma área protegida, com disponibilidade de energia elétrica, e também, de um local adequado para guardar os filtros antes e após sua exposição.

Local de Amostragem – Região Metropolitana do Rio de Janeiro

Na Região Metropolitana do Rio de Janeiro, o equipamento ficou instalado no Edifício do Centro de Ciências da Saúde. Tal prédio fica localizado na Avenida Carlos Chaga Filho, s/nº, dentro da Cidade Universitária, no bairro de Ilha do Fundão. Tem altitude zero em relação ao nível do mar e a seguinte coordenada geográfica: latitude 22º 50,47' e longitude 43º 14,16'. A instituição que cuidou do equipamento e das amostragens realizadas no período foi o Instituto de Biofísica Carlos Chaga Filho, da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Abaixo segue foto aérea do campus, na qual é importante observar que há uma grande quantidade tanto de vegetação, quanto de prédios nas proximidades do local amostrado:

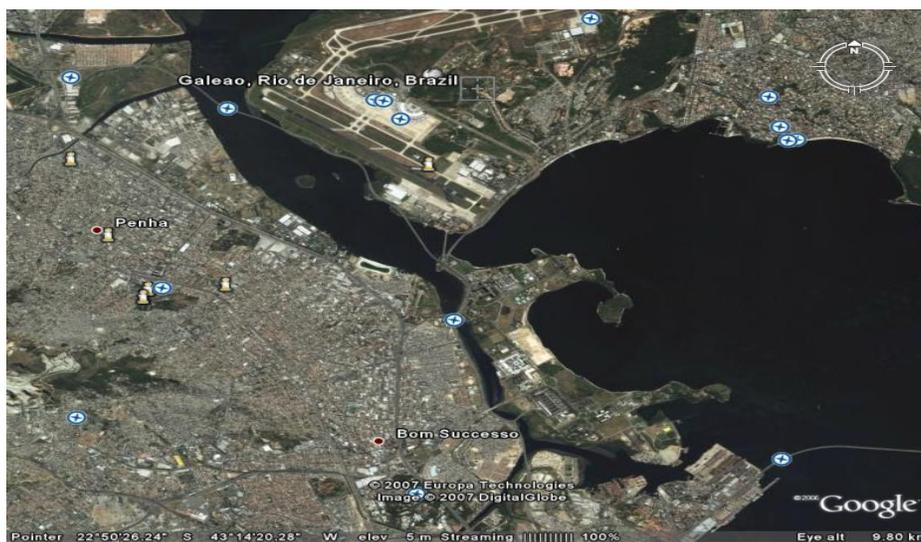


Figura 1: Foto Aérea do Edifício Centro de Ciências da Saúde (GOOGLE MAPS, 2007).

Local de Amostragem – Região Metropolitana de São Paulo

Na Região Metropolitana de São Paulo, o equipamento ficou instalado na Faculdade de Medicina, da Universidade de São Paulo, localizada na Avenida Dr. Arnaldo, nº. 455, no bairro de Jardins, bem próximo à famosa Rua Teodoro Sampaio. Esse local, diferentemente do localizado no Rio de Janeiro, possui altitude 824 metros em relação ao nível do mar e a seguinte coordenada geográfica: latitude 23º 33,32' e longitude 46º 40,02'. A instituição que cuidou do equipamento e das amostragens realizadas no período foi a própria Faculdade de Medicina.

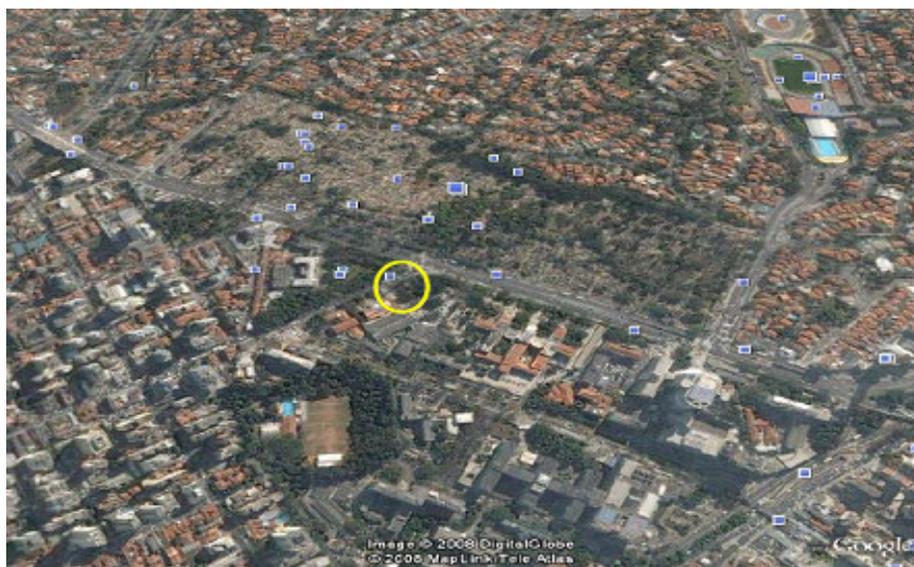


Figura 2: Foto Aérea da Faculdade de Medicina (GOOGLE MAPS, 2008).

O local de amostragem escolhido em São Paulo também possui uma boa quantidade de prédios e vegetação ao redor e possui distância de apenas 15 metros das vias principais de tráfego intenso. O equipamento para medição do poluente ficou localizado há uma altura de 2 metros acima do solo.

Os equipamentos posicionados possuem a capacidade de monitorar o material particulado inalável fino, com partículas de diâmetros aerodinâmicos menores ou iguais a $2,5 \mu\text{m}$, que possuem grande capacidade de penetrar no sistema respiratório humano. As coletas dessa fração de material particulado foram feitas com frequência diária no campo para, posterior, análise laboratorial, por meio da gravimetria, que aferiu o volume de $\text{PM}_{2,5}$ contido em cada filtro. O período de amostragem em cada região metropolitana foi de um ano corrido, sendo que em São Paulo foi realizada do período de 15 de Junho de 2007 a 16 de Agosto de 2008 e, no Rio de Janeiro, de 03 de Maio de 2007 a 07 de Setembro de 2008.

Abaixo segue foto do equipamento de amostragem, com a identificação de seus componentes principais:



Figura 3: Arranjo Esquemático do Coletor de Material Particulado (LPAE et al., 2009)

O componente responsável, de forma direta, pela coleta e classificação do material particulado inalável fino é o impactador, que está identificado com detalhes na figura abaixo:

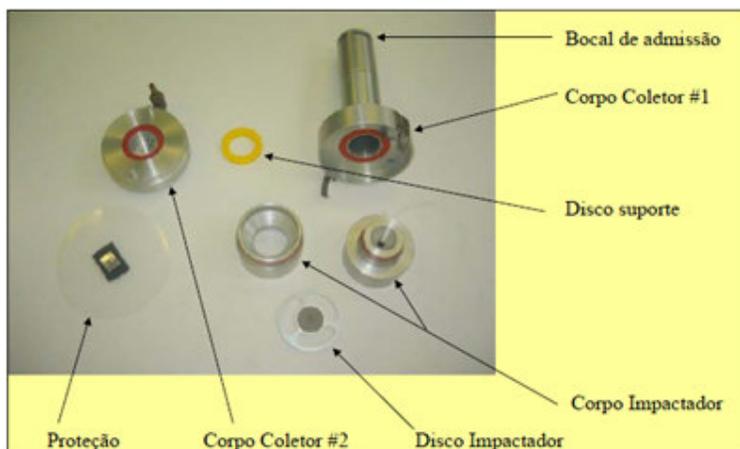


Figura 4: Vista Explodida do Impactador (LPAE et al., 2009)

O equipamento para coletar o material particulado foi desenvolvido pela Escola de Saúde Pública de Harvard e funciona, basicamente, da seguinte maneira: a parte superior do impactador captura o ar pelas suas aberturas laterais, esse fluxo de ar capturado é direcionado para passar pelo disco impactador, que é um disco poroso. As partículas com diâmetro maior que o ponto de corte não conseguem desviar do disco, se chocam com ele e aderem a um óleo mineral que foi depositado nessa região. Para que o ponto de corte seja mantido de forma adequada, há um ajuste de vazão do ar em 10 lpm. O material particulado que continua em suspensão no fluxo de ar, após o choque com o disco impactador, é coletado em um filtro instalado na parte inferior do impactador, que possui diâmetro de 37 milímetros.

Esse filtro foi levado para análise em laboratório, onde realizaram o método gravimétrico: trata-se de pesar os filtros antes e depois da amostragem em campo, dessa forma, obtém-se a massa do material particulado que foi depositado sob o filtro. Para que o processo de pesagem não sofra influências externas é necessário que haja o controle da temperatura e umidade local, assim, após voltarem do campo, os filtros ficam acondicionados por um período mínimo de 24 horas nesse ambiente controlado.

Outro procedimento realizado para evitar erros foi a diminuição da carga eletrostática do filtro, que quando está alta, dificulta seu manuseio e, de forma conseqüente, sua pesagem. Para isso, utilizou-se um aparelho denominado eliminador de cargas eletrostáticas. Os equipamentos foram acomodados em uma mesa de pesagem, que possui amortecedores de vibração, necessários para a utilização de balanças com alta sensibilidade, menor do que 1 µg. Na Figura abaixo é possível observar a mesa de pesagem contendo o eliminador de cargas eletrostáticas, à direita, e a balança utilizada para a pesagem dos filtros, à esquerda:

A concentração média do poluente, no local e período amostrado, foi calculada utilizando-se os valores do volume total de ar que passou pelo filtro e da massa pesada de material particulado presente no mesmo.

Com a massa do poluente PM_{2,5} medidas ao longo de um ano nas duas regiões metropolitanas analisadas e com os dados meteorológicos obtidos por meio das estações da REDEMET, cruzaremos esses dois tipos de dados, Com isso, obteremos a tendência do relacionamento que as variáveis climatológicas têm com a poluição atmosférica das regiões. Por meio da observação de pontos específicos que não obedecem ao padrão esperado, faremos estudos de casos, a fim de descobrir o que ocorreu em tal período que o diferenciou dos demais aferidos.

Dessa forma, com tais dados será possível atingir tanto o objetivo geral do trabalho, que é o de avaliar a influência das variáveis meteorológicas sobre a concentração do material particulado inalável fino (PM_{2,5}) nas regiões metropolitanas do Rio de Janeiro e de São Paulo, quanto alcançar os objetivos específicos do presente projeto, que vão desde a demonstração da relação da climatologia com o nível de poluição atmosférica, que será feita por meio da tabulação de dados em gráficos, até a avaliação do comprometimento das regiões metropolitanas com a qualidade do ar, tendo como base os padrões recomendados pela Organização Mundial de Saúde (OMS).

RESULTADOS OBTIDOS

As figuras 5 e 6 mostram, respectivamente, os dados da RMRJ e da RMSP ao longo de todo o período em que foram feitas as medições em campo pelo LPAE et al., 2009. Dessa forma, é possível analisar as concentrações dos poluentes $PM_{2,5}$ e de BC, ao longo de todo o tempo amostrado.

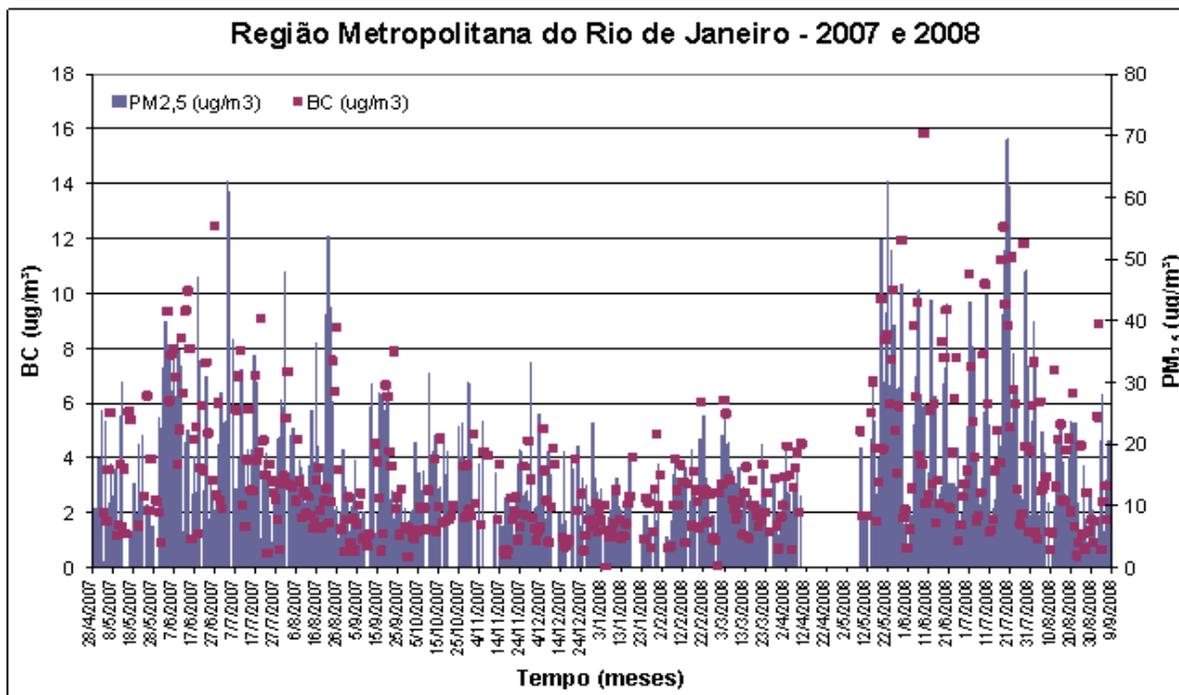


Figura 5: Período Completo de Amostragem – RMRJ.

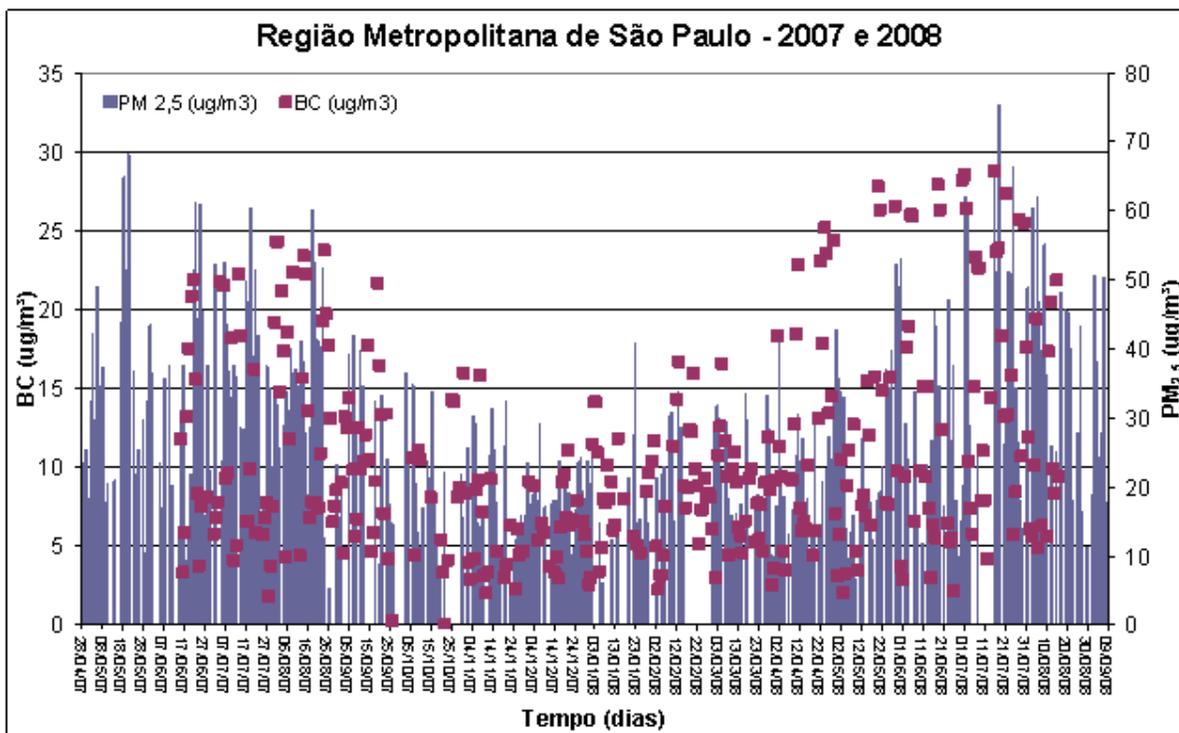


Figura 6: Período Completo de Amostragem – RMSP.

Atentando-se mais especificamente para o poluente $PM_{2,5}$, foco de análise do presente projeto, observa-se na figura 5, correspondente à RMRJ, que em, aproximadamente, quatro dias a concentração desse poluente estava maior ou bem próxima à $60 \mu g/m^3$. Já para a RMSP, representada na figura 6, houveram cerca treze dias em que a concentração desse poluente estava maior ou igual a $60 \mu g/m^3$. Como o padrão internacional de emissão dessas partículas finas, estabelecido pela Organização Mundial de Saúde (OMS) é de $25 \mu g/m^3$, esses dias obtiveram uma poluição maior do que o dobro da emissão aceitável como o limite para não prejudicar a saúde da população. A RMRJ apresentou oitenta e um dias concentrações acima da recomendada pela OMS, e a RMSP, cento e sessenta dias com a concentração superior aos $25 \mu g/m^3$ considerados seguros à saúde humana.

Outro fator de bastante relevância que pode ser observado nos dois gráficos é que todos esses dias com maiores concentrações observadas aconteceram, de forma mais predominante, no período de inverno, principalmente, nos meses de Julho, Junho, Agosto e Setembro. Isso ocorre porque a poluição se relaciona com a precipitação e com a velocidade dos ventos, que funcionam como mecanismos dispersores dos poluentes.

As concentrações dos poluentes *black carbon* (BC) e material particulado fino ($PM_{2,5}$), apesar de apresentarem uma escala bastante distinta possuem uma tendência de emissão semelhante, mostrando assim que há uma relação entre as fontes emissoras desses contaminantes. As figuras 7 e 8, a seguir, evidenciam as médias mensais de 24hs e a porcentagem do poluente BC (*black carbon*) no $PM_{2,5}$ (material particulado fino) para a RMRJ e para a RMSP, respectivamente:

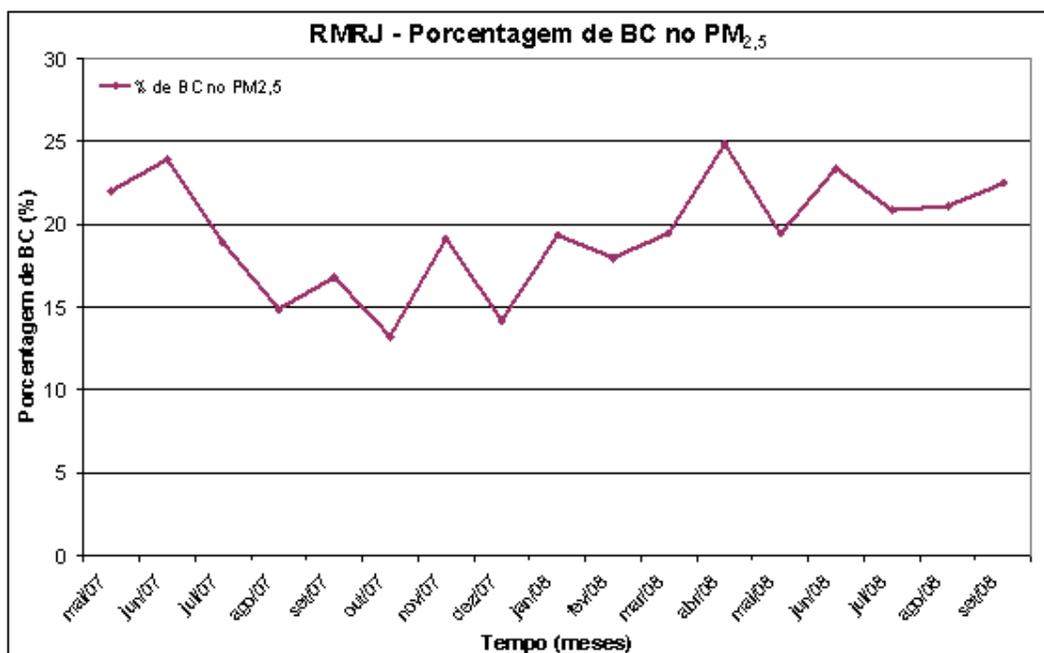


Figura 7: Porcentagem de BC na RMRJ.

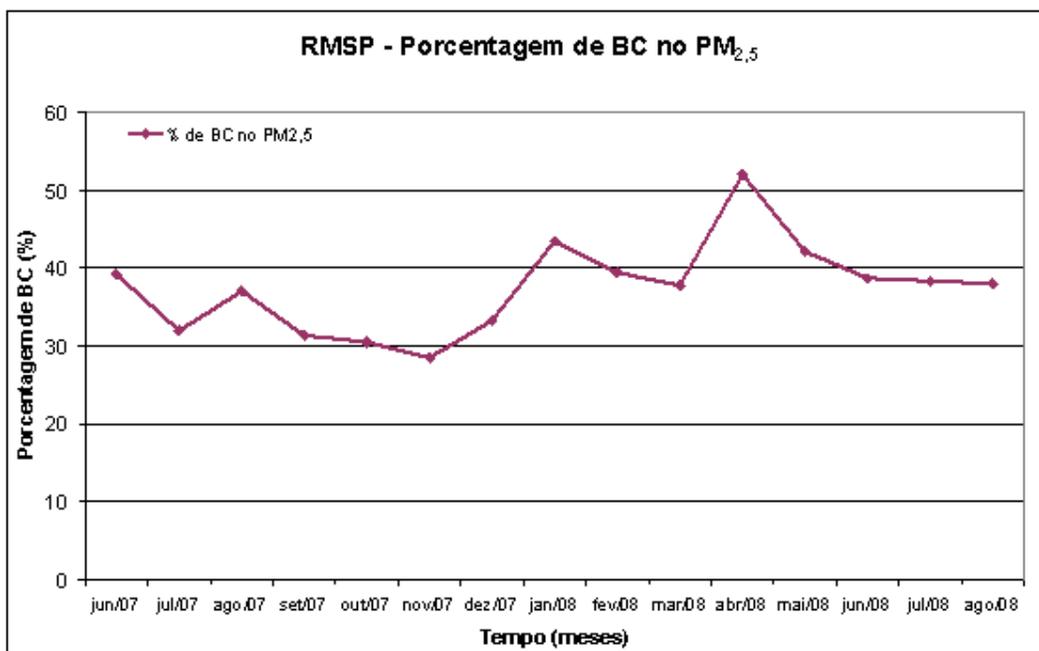


Figura 8: Porcentagem de BC na RMSP.

A figura 9 apresenta as médias das concentrações do poluente PM_{2,5} para a RMRJ e para a RMSP nos seguintes períodos: período de inverno, considerando os meses de Maio, Junho, Julho, Agosto, Setembro e Outubro; para o período de verão, que engloba os meses de Novembro, Dezembro, Janeiro, Fevereiro, Março e Abril e para o período todo em que foi realizada a amostragem.

Período	RMRJ		RMSP	
	Médias PM _{2,5} (Mg/m ³)	% BC	Médias PM _{2,5} (Mg/m ³)	% BC
1 ano	17	19,6	27,7	37,3
Inverno	18,3	18,5	31,1	35,2
Verão	12,5	19	20,7	39,5

Figura 9: Médias por período e porcentagem de BC no PM_{2,5}

Observa-se que as concentrações do PM_{2,5} são mais altas no inverno para as duas regiões metropolitanas, já a porcentagem de BC contida no PM_{2,5} permanece praticamente estável em todos os períodos analisados, demonstrando somente a correlação existente entre as fontes emissoras desses dois poluentes.

As figuras 10 e 11 apresentam as concentrações do material particulado fino e as variáveis meteorológicas que mais influenciam os poluentes, que são os volumes precipitados de chuva e a velocidade do vento, na Região Metropolitana do Rio de Janeiro e de São Paulo, respectivamente.

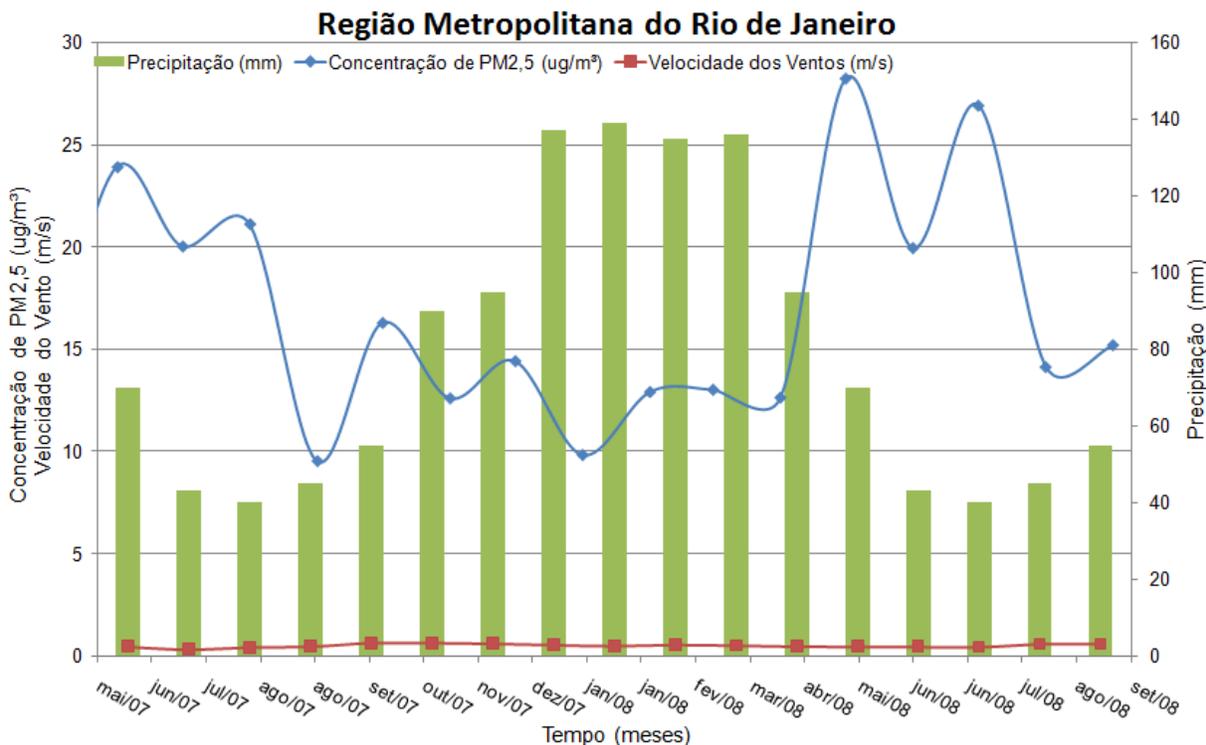


Figura 10: Região Metropolitana do Rio de Janeiro

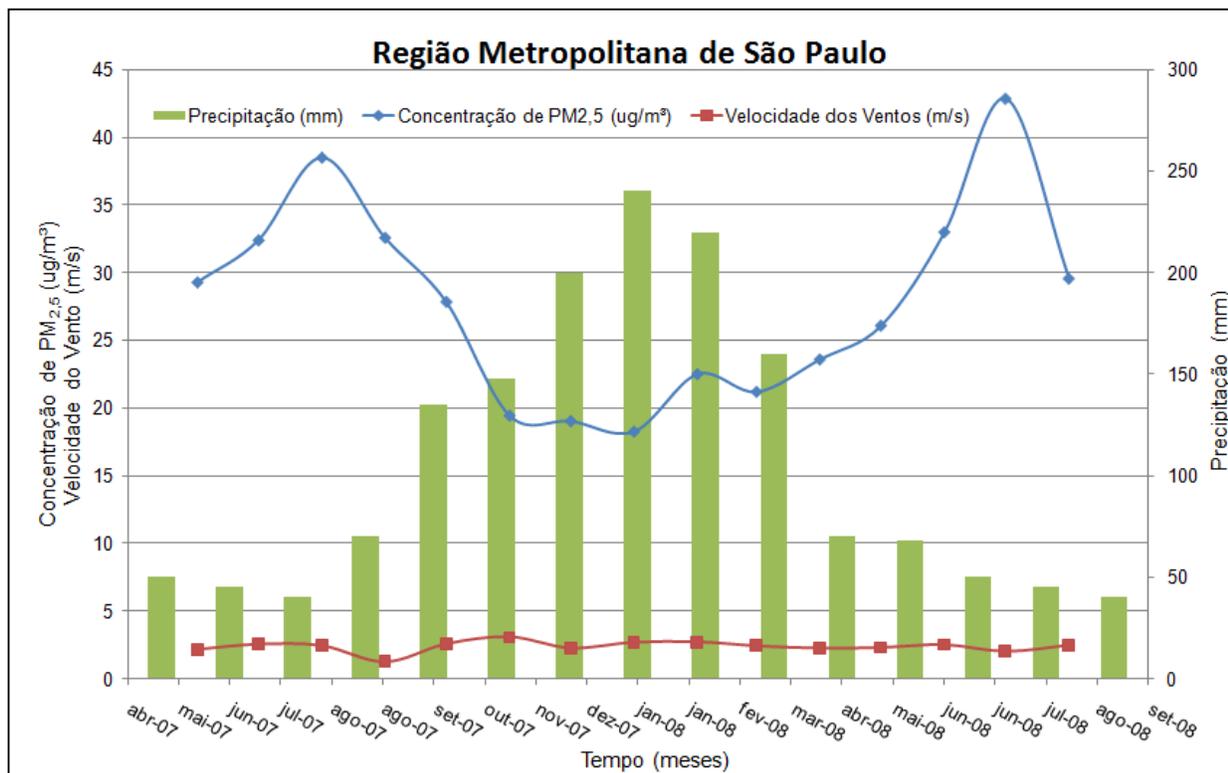


Figura 11: Região Metropolitana de São Paulo

Os dois parâmetros mostrados nos gráficos possuem relação inversa com a concentração do $PM_{2,5}$. As chuvas fazem com que a atmosfera seja lavada carregando os poluentes (efeitos *washout* e *rainout*). Dessa forma, conforme há um maior volume precipitado, a concentração do poluente diminui de forma efetiva. A velocidade do vento também influencia de forma direta a concentração dos poluentes porque quanto maior essa velocidade, maior a dispersão.

Desse modo, observa-se que as variáveis meteorológicas que tem relacionamento direto com a concentração dos poluentes de forma geral são as velocidades do vento e as precipitações. De qualquer maneira, todos os outros dados meteorológicos vão determinar a ocorrência e a intensidade dos ventos e das chuvas. Alguns outros fatores climatológicos que devem ser estudados para aprofundar o estudo da relação poluente-climatologia são: a temperatura e a temperatura do ponto de orvalho, a pressão, a umidade relativa, entre outros.

CONCLUSÕES / RECOMENDAÇÕES

A preocupação mundial acerca da emissão das partículas finas e da necessidade do gerenciamento das mesmas têm crescido de forma substancial, desde 1997, quando houve o estabelecimento de padrões de qualidade do ar para $PM_{2,5}$ no Estados Unidos. Os critérios para definir a concentração permitida desse poluente se basearam, especialmente, nos efeitos adversos que altas emissões causam à saúde humana e levando em consideração também o quesito visibilidade e a sua influência sob o bem estar da população. Esse padrão de qualidade do ar estabelecido nos Estados Unidos foi de uma emissão máxima de partículas do $PM_{2,5}$ de $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para média diária e de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para média anual.

No Brasil, ainda não há padrão de emissão para o material particulado fino, entretanto, já é reconhecida a necessidade da existência de um padrão nacional, que está sendo viabilizado. Enquanto, esse não entra em vigor, utiliza-se como base para os estudos nacionais o padrão internacional, estabelecido pela Organização Mundial de Saúde (OMS), que é mais restritivo do que o dos Estados Unidos, sendo o padrão diário de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e o padrão anual é de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Deve haver uma atenção maior acerca das emissões do material particulado fino, principalmente, levando em consideração os efeitos adversos que esse poluente causa à população de uma localidade. Espera-se que, com o estabelecimento do padrão de emissão permitido nacionalmente, haja uma maior consciência dos prejuízos da alta emissão e, especialmente, uma maior fiscalização, tanto das fontes emissoras fixas, isto é, indústrias, quanto das móveis, ou seja, dos automóveis.

A diminuição das emissões só ocorrerá se houver a mudança de comportamento juntamente com a da legislação, essa deve envolver os três atores atuantes na sociedade atual, que são as organizações governamentais, as empresas privadas e a sociedade civil. Além dos esforços conjuntos, o desenvolvimento e a utilização de novas tecnologias menos poluidoras são determinantes para que as emissões diminuam de forma notável. Para estimular a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias motoras de baixa poluição, as universidades e as organizações mantenedoras das pesquisas podem incentivar esse tipo de projeto. A fim de estimular tais desenvolvimentos e também a maior utilização de tecnologias já existentes, como os carros movidos à etanol, por exemplo, pode haver ações governamentais que valorizem o uso desses carros no lugar dos outros, seja por incentivos na compra dos carros, ou até mesmo, pela internalização do custo da alta poluição no uso do combustível ou dos automóveis mais poluidores.

O que não pode ocorrer é a paralisação da sociedade frente à situação de poluição intensiva em que se encontram tanto as regiões metropolitanas estudadas, quanto a grande parte das regiões urbanizadas e industrializadas do Brasil e do mundo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. LPAE, Faculdade de Medicina da USP, LAPAt, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP. 2009. Avaliação dos Aspectos Ambientais, de Saúde e Sócio-Econômicos Envolvidos com a Implementação do PROCONVE em Seis Regiões Metropolitanas. Brasil.
2. Andrade, M.F., Miranda, R.M., Fornaro, A., Kerr, A., Oyama, B., André, P. A., Saldiva, P. 2010. Vehicle emissions and $PM_{2,5}$ mass concentrations in six Brazilian cities. *Air Quality, Atmosphere and Health*, DOI 10.1007/s11869-010-0104-5.
3. Miranda, R. M., Andrade, M.F., Astolfo, R., André, P. A., Saldiva, P. 2010. Urban in pollution: a representative survey of $PM_{2,5}$ mass concentrations in six Brazilian cities. *Air Quality, Atmosphere and Health*, DOI 10.1007/s11869-010-0124-1.
4. Seinfeld, J. H., Pandis, S.N. 1998. *Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change*. John Wiley & Sons, NY, 1326 p.