



Encontro Internacional sobre Gestão
Empresarial e Meio Ambiente

A PREVALÊNCIA DAS POLÍTICAS PÚBLICAS COMO FERRAMENTA NA REDUÇÃO DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA, DE ORIGEM VEICULAR, NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

ALEIXO LEOPOLDO DA CUNHA MENEZES

Universidade Nove de Julho - Uninove
aleixo.leopoldo@gmail.com

CÁSSIA MARIA VIEIRA MARTINS DA CUNHA MENEZES

Universidade Nove de Julho - Uninove
css_martins@yahoo.com

JOÃO CARLOS DA SILVA

joaorael@uol.com.br

GUSTAVO SILVEIRA GRAUDENZ

Universidade Nove de Julho - Uninove
graudenz@uninove.br

A PREVALÊNCIA DAS POLÍTICAS PÚBLICAS COMO FERRAMENTA NA REDUÇÃO DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA, DE ORIGEM VEICULAR, NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

RESUMO

Atualmente as metrópoles constituem-se em polos de atividades, comerciais e de serviços, tornando-se geradoras de viagens, transportando pessoas e bens, contribuindo para um acúmulo de veículos no sistema viário e resultando em congestionamentos de tráfego. Este trabalho objetiva verificar a relação entre os congestionamentos de tráfego e a concentração de poluentes atmosféricos emitidos por veículos, no Município de São Paulo e os impactos das políticas públicas para a redução dessa poluição. Os dados são relativos ao período de 1996 a 2009, obtidos junto à Companhia de Engenharia e Tráfego e à Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Observou-se um aumento na extensão dos congestionamentos e um comportamento inverso com relação aos poluentes. Utilizando-se um coeficiente de correlação não paramétrica, verificou-se não haver correlação direta entre os poluentes medidos e a extensão da fila de congestionamento, o que promove considerações sobre quais fatores estariam relacionados a esse resultado. Inferiu-se, que, as concentrações de poluentes apresentaram redução ao longo do período, não exibindo uma relação direta entre o incremento de congestionamentos e a concentração de poluentes na atmosfera, ressaltando a contribuição das políticas públicas no controle e emissões veiculares e os avanços tecnológicos na emissão de poluentes.

Palavras-chave: Congestionamento; Poluição; Climatologia; Urbanização; Políticas públicas.

THE PREVALENCE OF PUBLIC POLICY AS A TOOL TO REDUCE AIR POLLUTION , THE VEHICLE ORIGIN, IN THE CITY OF SÃO PAULO

ABSTRACT

Currently, cities are centers of activity, commercial and service, becoming generators of trips, carrying people and goods, contributing to an accumulation of vehicles in the road system and resulting in traffic jams. This study aims to investigate the relationship between traffic congestion and the concentration of air pollutants emitted by vehicles in the city of São Paulo and the impacts of public policies to reduce this pollution. The data relate to the period from 1996 to 2009, obtained from the Company and Traffic Engineering and Environmental Company of the State of São Paulo. There was an increase in the length of congestion and an inverse behavior with respect to pollutants. By using a non-parametric correlation coefficient, there is no direct correlation between measured pollutants and extent of congestion, which promotes consideration of factors which are related to this result. It was inferred, that the concentrations of pollutants decreased over the period, without showing a direct relationship between the increase of congestion and the concentration of pollutants in the atmosphere, highlighting the contribution of public policies to control and vehicle emissions and technological advances the emission of pollutants.

Keywords: Congestion; Pollution; Climatology; Urbanization; Public policy.

INTRODUÇÃO

Devido à industrialização e aos avanços tecnológicos, surgiram na Europa do final do século XVIII, os primeiros motores fabris em substituição à mão-de-obra humana ou tração animal, que foram também adaptados às carruagens existentes, propiciando o surgimento dos primeiros veículos automotores que, de um sistema de tração movido a vapor, logo foi substituído por motores à explosão, alimentados por combustíveis de origem fóssil.

Essa transformação aconteceu no contexto da Revolução Industrial primeiramente na Inglaterra. O desenvolvimento decorrente dessa revolução causou o crescimento das cidades e a existência de um número cada vez maior de veículos automotores, levando à criação de sistemas viários adequados à circulação de pessoas e veículos, apropriados às novas necessidades de deslocamentos através dos seus vários modais de transportes. Neste contexto, os combustíveis fósseis desempenharam um importante papel, devido à grande abrangência na utilização de seus derivados e à matriz energética existente.

No início do século XX surgiram os primeiros sinais de degradação ambiental, com efeitos nocivos à saúde, provocada primeiramente pelas emissões das indústrias e, em seguida, acrescida pelas dos veículos automotores.

Em 1911, na Inglaterra, ocorre o primeiro grande desastre de cunho ambiental, com centenas de pessoas mortas, devido à fumaça da queima do carvão combinada pela névoa propiciada pelas condições climáticas, num evento denominado *SMOG*, termo cunhado pelo médico britânico Dr. Des Voeux, através da junção das palavras inglesas *Smoke e Fog*.

Na cidade de São Paulo, atualmente, devido à sua “desindustrialização”, assim como ocorreu nos demais grandes centros mundiais, com as indústrias se esquivando dos custos das grandes cidades e se transferindo para outros municípios, os altos índices de poluentes lançados à atmosfera se referem, principalmente, às emissões dos escapamentos dos veículos automotores contribuindo, entre outras consequências, para a ocorrência de fenômenos como o aumento do efeito estufa e a destruição da camada de Ozônio, também contribuindo com o conseqüente surgimento de ocorrência de enfermidades em várias espécies do nosso planeta e, provavelmente, com as alterações climáticas observadas recentemente.

Segundo o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (2011), as cidades são, ao mesmo tempo, fontes de grande poluição e de oportunidades para o fomento da sustentabilidade. As pessoas das cidades consomem 60-80% da energia produzida em todo o mundo e são responsáveis por proporções aproximadamente semelhantes de emissões de carbono.

O presente estudo procura observar o comportamento dos poluentes atmosféricos, relacionando-os com a ocorrência de congestionamento de tráfego de veículos e a dimensão de uma eventual interrelação entre eles. A observação desta relação poderá apresentar dados importantes que poderão contribuir para indicar a necessidade de adoção de medidas mitigadoras para o problema. As questões relacionadas aos impactos à saúde humana não serão aprofundados neste trabalho, cujo objetivo principal é perpetrar uma análise na relação entre os congestionamentos de veículos e a concentração de gases poluentes provenientes dos seus motores.

OBJETIVO

Este estudo tem como objetivos verificar a possível relação entre a extensão do congestionamento de tráfego e a concentração de poluentes na atmosfera da Cidade de São Paulo, e a influência das ações das políticas públicas, nos resultados. Esta

identificação de uma possível relação entre a ocorrência de congestionamentos e o nível da concentração dos poluentes na atmosfera é um fator de avaliação dos resultados das ferramentas utilizadas pelas políticas públicas no sentido da redução nas emissões de poluentes.

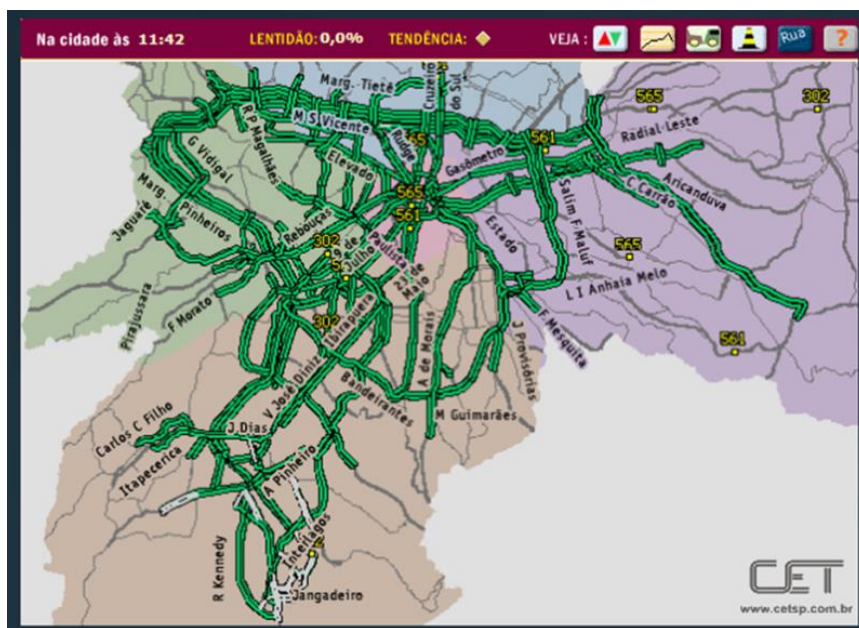
METODOLOGIA

As informações para este estudo foram coletadas a partir de uma revisão da literatura sobre os eventos de congestionamentos veiculares e suas prováveis interrelações com as emissões de poluentes veiculares, tendo como ferramenta de apoio a construção de um banco de dados estatístico com informações relativas ao tráfego e à qualidade do ar na Cidade de São Paulo e as ações relativas às políticas públicas adotadas no sentido de reduzir as emissões veiculares.

Esta revisão da literatura, com autores nacionais e estrangeiros, serviu de base para uma compreensão mais abrangente do assunto foco deste estudo, com o objetivo de formar um referencial teórico, incluindo resultados semelhantes e discrepantes em outras pesquisas sobre esta questão das emissões de poluentes veiculares e a ações das políticas públicas.

A coleta de dados dos congestionamentos na Cidade de São Paulo foi obtida através da Companhia de Engenharia de Tráfego (CET), que realiza a medição das lentidões a cada meia hora diariamente conforme ilustra a figura 1.

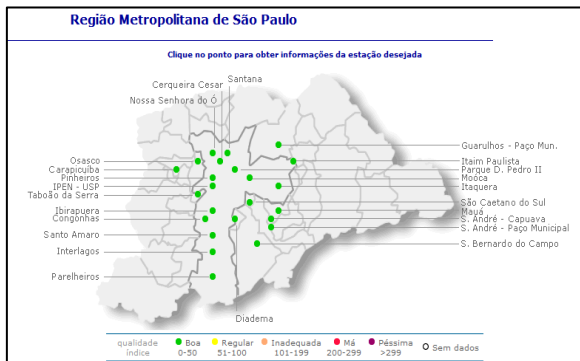
FIGURA 1 - Mapa de Fluidez do sistema viário com as vias monitoradas e consideradas estratégicas para o sistema viário de São Paulo.



Fonte: Companhia de Engenharia de Tráfego – CET (2014b)

A coleta de dados da concentração de poluentes na atmosfera foi concedida pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), coletados diariamente através das estações da região metropolitana, como ilustra a figura 2. Dados calculados de maneira individualizada de acordo com as características de cada poluente, para efeito deste estudo os poluentes aqui apresentados são considerados, pela Organização Mundial da Saúde (OMS), como prejudiciais a saúde humana.

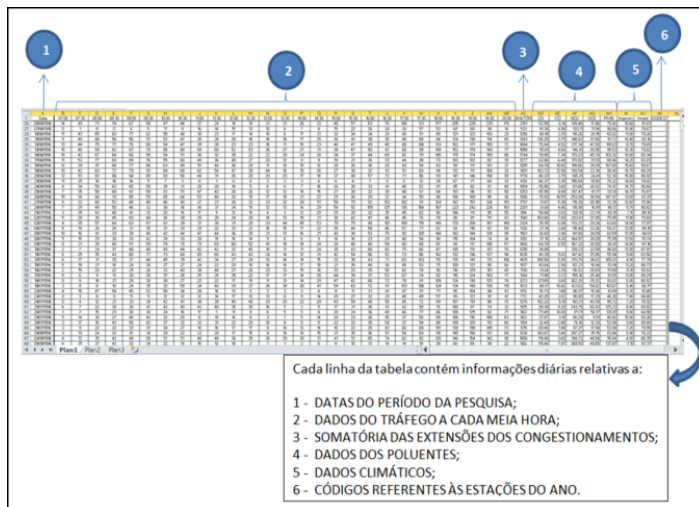
FIGURA 2 - Posicionamento das estações de monitoramento da CETESB



Fonte: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2014a)

Foi realizada uma tabulação dos dados obtidos e consolidados em uma tabela, esta análise estatística considerou o período entre 02 de maio de 1996 até 31 de dezembro de 2009. Uma tabela descritiva (neste trabalho representada pela figura 3 por ser na sua origem uma tabela de grande extensão e volume de informações) apresenta os dados diários de congestionamento, dados climáticos e referentes aos poluentes atmosféricos: como o Ozônio (O_3), o Gás Carbônico (CO), o Dióxido de Nitrogênio (NO_2), o Dióxido de Enxofre (SO_2) e o Material Particulado menor que $10 \mu m$ (PM_{10}), bem como os dados climáticos como a Temperatura Mínima (T_{mpmin}) e a Umidade Média ($h_{méd}$),

FIGURA 3 - Tabela utilizada para a tabulação e análise dos dados



FONTE: Menezes (2014)

Nessa tabela observou-se a interrelação entre o comportamento dos poluentes e a extensão dos congestionamentos. Para obter-se matematicamente o nível de relação dessas variáveis foi utilizado o coeficiente de correlação de postos de Spearman (ρ).

ANÁLISE E RESULTADOS

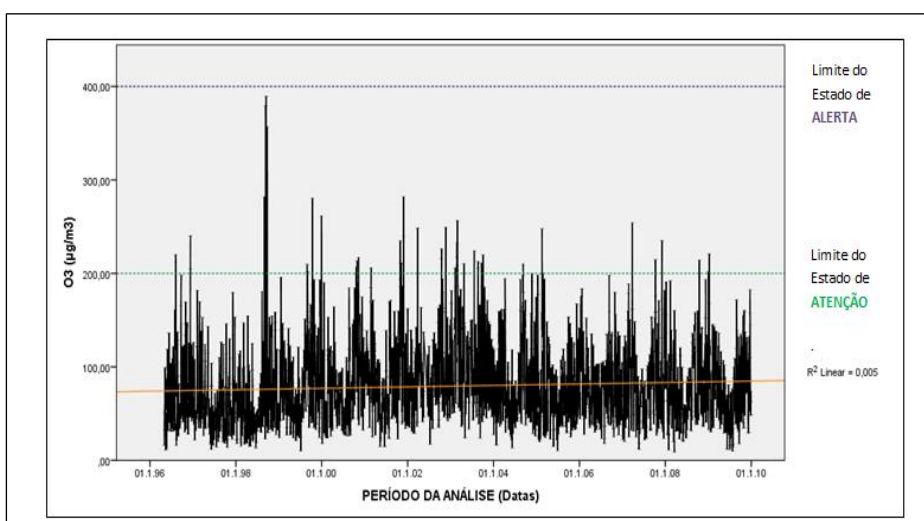
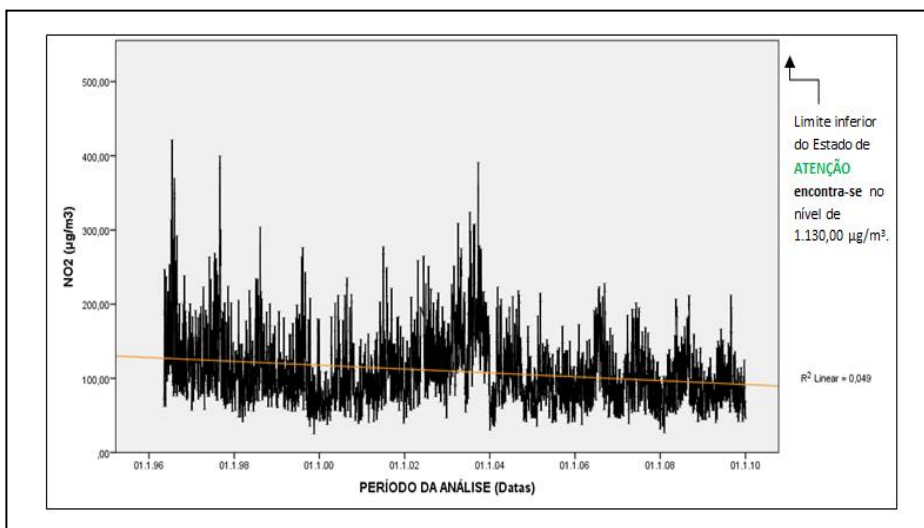
Com relação aos poluentes analisados, foram considerados os parâmetros estabelecidos pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2014). O Ozônio (O_3) registrou um aumento da sua concentração, provavelmente por ser um poluente secundário, porém, sem atingir o estado de alerta. Nas emissões do Monóxido de Carbono (CO) foi indicada uma queda desse poluente, não tendo sido observada a ultrapassagem do limite

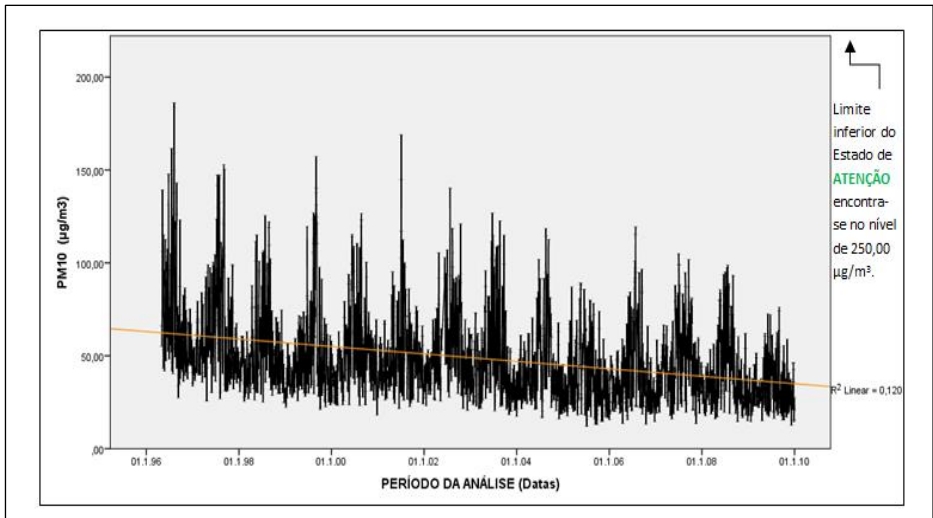
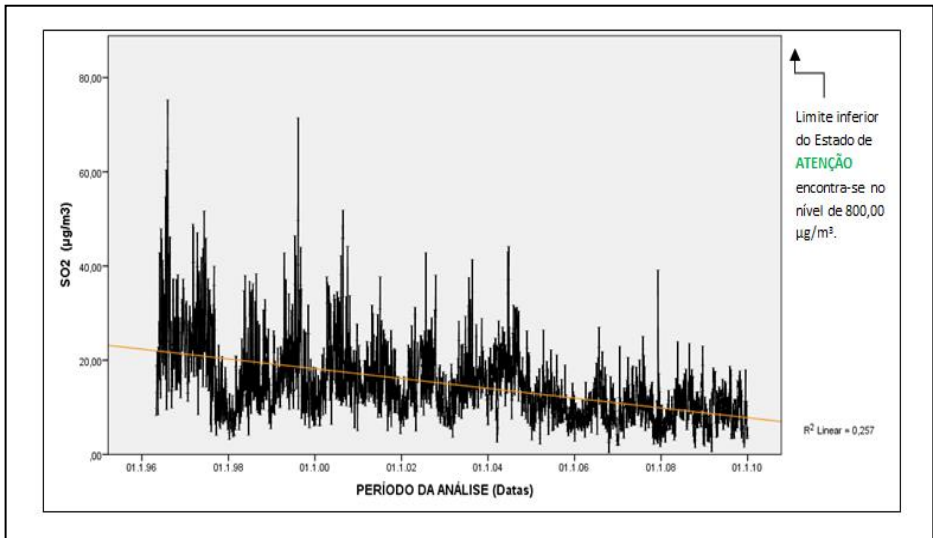
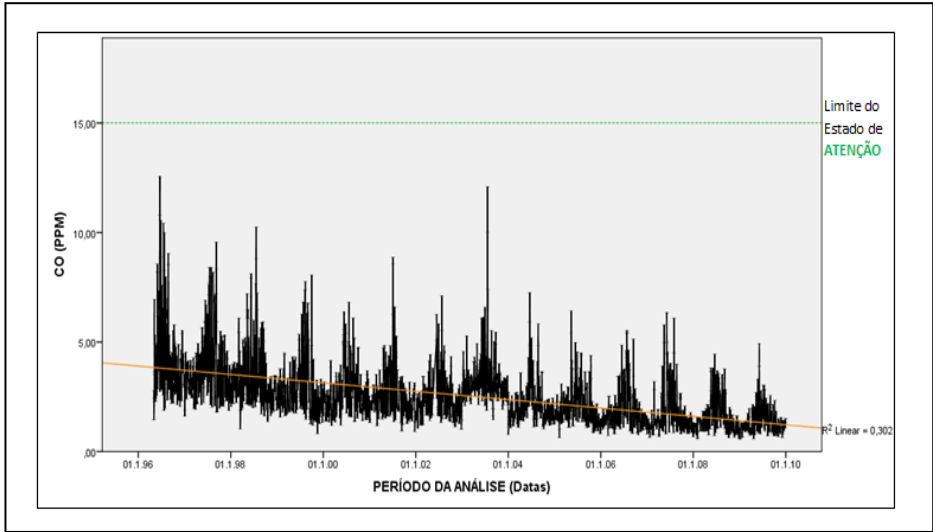
do estado de atenção. O Dióxido de Nitrogênio (NO_2) e o Dióxido de Enxofre (SO_2) apresentaram uma redução durante o período do estudo, porém menos acentuada se comparada ao CO. Já a concentração de partículas inaláveis teve uma redução inferior ao CO e do SO_2 , mas superior ao Dióxido NO_2 .

Também foram observados os dados climáticos, como a temperatura mínima e a umidade média, que são importantes para entender o comportamento dos poluentes e do tráfego de veículos, assim como as interrelações entre congestionamento, poluentes e as estações do ano. Foi observada uma elevação da temperatura mínima e uma redução na umidade mínima, com uma incidência inferior a 60% em alguns momentos, o qual a OMS considera prejudicial a saúde humana, mas na média geral a umidade mínima foi de 68,46%, estando acima do limite fixado pela OMS.

Diante desses resultados observou-se um aumento na extensão das filas dos congestionamentos e um decréscimo na concentração dos poluentes estudados, à exceção do O_3 . A figura 4 ilustra o comportamento dos poluentes ao longo do período estudado e a figura 5 a variação da extensão da fila de congestionamento.

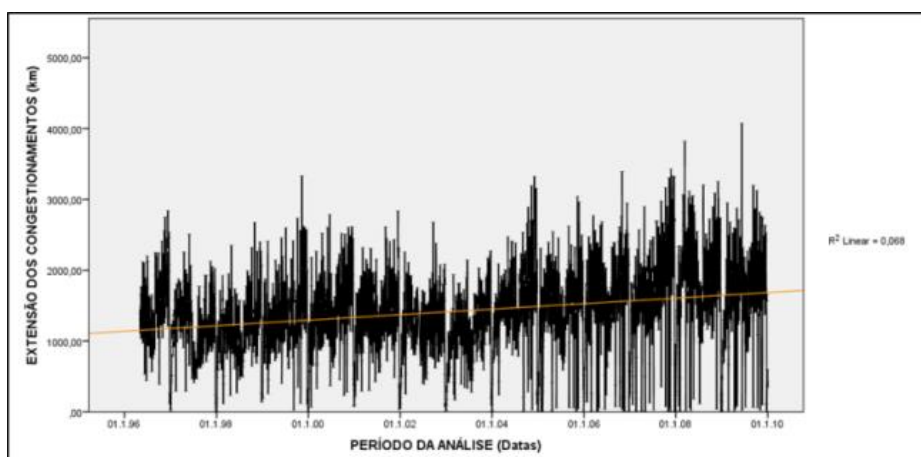
FIGURA 4 – Comportamento dos poluentes atmosféricos: NO_2 , O_3 , CO, SO_2 e PM 10





FONTE: Menezes (2014)

FIGURA 5 - Variação da extensão da fila de congestionamento



FONTE: Menezes (2014)

Esta constatação sugere que a extensão da fila, motivada por um congestionamento de veículos, não interferiu, diretamente, na concentração desses poluentes atmosféricos. A verificação, realizada através do coeficiente de correlação de Spearman, conforme figura 6, indica uma relação muito fraca.

FIGURA 6 - Correlações de Spearman – Resultados

CORRELAÇÕES								
			FILA	O3	CO	NO2	SO2	PM ₁₀
Spearman's rho	FILA	Coefficiente de correlação	1,000	-0,017	0,141*	-0,018	-0,055**	-0,053**
		Significância bilateral		0,329	0,000	0,289	0,001	0,002
		N	3451	3450	3450	3445	3449	3451

Fonte: Elaborado pelo autor

Estudando os fatores que, possivelmente, tiveram importância nos resultados alcançados, podemos citar alguns como:

1. A não sobreposição das variáveis monitoradas pela CET e CETESB;
2. A heterogeneidade das estações de monitoramento de gases e dados meteorológicos;
3. A implantação do rodízio municipal de veículos;
4. A utilização de combustíveis alternativos menos poluentes;
5. A modernização da frota de ônibus na capital;
6. As políticas públicas visando à redução na emissão de poluentes de origem veicular;
7. A obrigatoriedade de novas gerações de propulsores respeitarem o limite máximo na emissão de poluentes;
8. O aumento da frota de veículos bicompostíveis *flex*;

9. A variação da concentração de etanol na gasolina;
10. O estímulo à utilização de bicicletas.

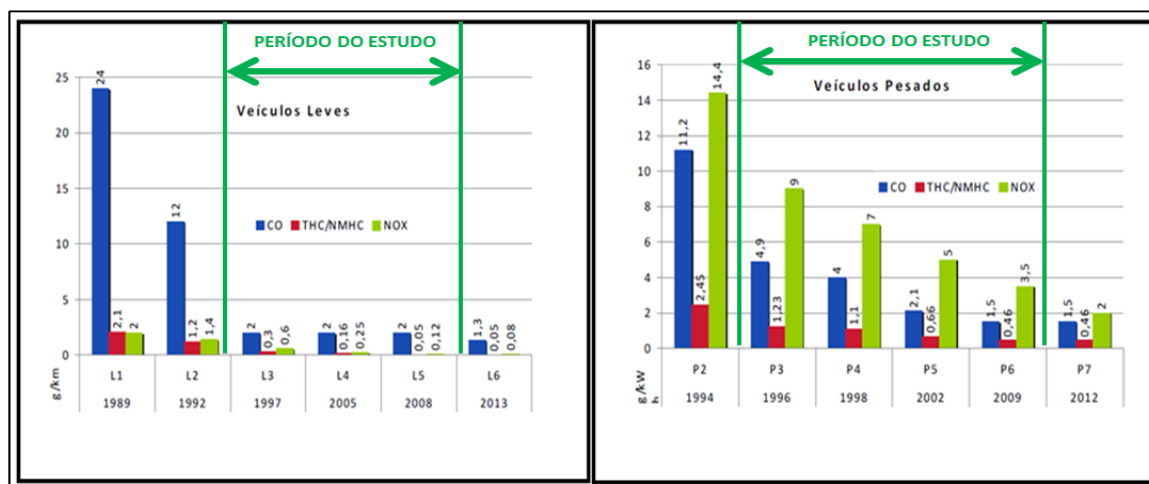
Conforme podemos verificar acima, excetuando-se os itens 1 e 2, os demais tem uma forte relação com a adoção de políticas públicas com o objetivo de redução nas emissões de poluentes atmosféricos, mais especificamente os itens 4, 6 e 7, onde no item 6 destaca-se o O Programa de Controle de Emissões Veiculares (PROCONVE), implantado, em 1986, por uma resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e coordenado através do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), órgão do Ministério do Meio Ambiente (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2014), vem impondo níveis cada vez menores à emissão de poluentes pelos motores de veículos fabricados no país.

De acordo com o observado na figura 7, onde, no período do presente trabalho, entre 1996 e 2009, verifica-se que, para os veículos leves (até 3.856 kg PBT), a emissão do CO (Monóxido de Carbono) manteve-se inalterada após uma redução considerável da fase L2 (1992) para a L3 (1997), de, aproximadamente 83%. As emissões do THC/MNHC (Hidrocarbonetos) foram reduzidas, entre a fase L3(1997) e a L5(2008), em 83% e do NOX (Óxidos de Nitrogênio), em 80%.

Para os veículos pesados (acima de 3.856 kg PBT), no período abrangido pelo estudo, foram implantados 4 fases, P3, P4, P5 e P6, que reduziram as emissões dos poluentes CO (Monóxido de Carbono), THC/NMHC (Hidrocarbonetos) e NOX (Óxidos de Nitrogênio), em, respectivamente, 69%, 63% e 61%.

Essas reduções nas emissões dos poluentes, com percentuais tão elevados, sugerem a importância e o impacto desse programa, na redução da poluição no período, denotando a importância do desenvolvimento e adoção de políticas públicas eficazes.

FIGURA 7 - Evolução na redução dos poluentes, observados em cada etapa dos programas do PROCONVE, para veículos leves e pesados.



Fonte: adaptado pelo autor com dados da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2011b)

O resultado destaca a importância das políticas públicas voltadas à redução da poluição atmosférica, através da participação de órgãos governamentais por meio de medidas

regulamentadoras e o desenvolvimento e a aplicação, por parte da indústria automobilística, da tecnologia necessária para atender a essas regulamentações.

Alguns trabalhos realizados em outros países também identificaram a redução de poluentes atmosféricos, como o trabalho desenvolvido por pesquisadores da Universidade de Harvard, para avaliar a exposição da população às partículas finas, PM_{2,5}, e a mortalidade, em seis cidade norte-americanas, entre 1974 e 2009, e que observou a redução na emissão desse poluente, também coerente com a redução verificada no presente estudo, com relação ao MP10.

Em outro estudo intitulado “*Fine-Particulate Air Pollution and Life Expectancy in United State*” publicado pela revista científica “*The New England Journal of Medicine*”, os autores analisaram 51 áreas metropolitanas no entorno das maiores cidades americanas e observaram que, devido às políticas públicas adotadas nas décadas de 80 e 90, a concentração desse poluente, PM_{2,5}, apresentou redução em todas as regiões estudadas (POPE III; EZZATI; DOCKERY, 2009).

E, também, outra pesquisa, desenvolvida pela equipe do professor Pinhas Alpert, do Departamento de Geofísica e Ciências Planetárias da Universidade de Tel Aviv, utiliza as imagens de três satélites, MODIS –Terra, MODIS-Aqua e MISR, e compara a situação da camada de poluentes (monitoringofaerosolopticaldepth (AOD)), em 2002 e 2012, na atmosfera de 189 cidades ao redor do mundo, onde a Cidade de São Paulo apresentou uma redução na sua camada de poluição identificada pelos três satélites: MODIS-Terra = -17,2 %; MODIS-Aqua = -16,7% e MISR = -11,8%.

CONCLUSÕES

Assim, de acordo com o resultado obtido, podemos concluir que, na presente análise, os aumentos das filas de congestionamentos observados, não se refletiram no aumento da concentração de poluentes na atmosfera, durante o período do estudo, inferindo na ausência de uma relação direta entre ambos os fenômenos. Com relação aos poluentes as maiores correlações foram observadas entre o CO, SO₂, NO₂ e PM₁₀, considerados primários.

Também é importante observar que estudando os fatores considerados para a análise dos resultados encontrados, todos têm a sua parcela de contribuição, desde a renovação da frota de veículos, até a utilização crescente de combustíveis de fontes renováveis, sejam puros ou adicionados aos combustíveis de origem fóssil, todavia é importante destacar a importância das políticas públicas voltadas à redução da poluição atmosférica, através da participação de órgãos governamentais que, por meio de medidas regulamentadoras, como, por exemplo, o PROCONVE, definiram parâmetros para os limites nas emissões de poluentes provenientes dos motores dos veículos.

BIBLIOGRAFIA

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. (2014). **Qualidade do ar. Padrões de qualidade do ar**. São Paulo: CETESB, 2014. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/informa%C3%A7%C3%B5es-b%C3%A1sicas/22->>. Acesso em: 10 jan. 2014.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO. (2014). **Inspeção veicular ambiental**. São Paulo: CET, 2014a. Disponível em: <<http://www.cetsp.com.br/consultas/inspecao-veicular-ambiental.aspx>>. Acesso em: 10 jan. 2014.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO. **Trânsito Agora**. São Paulo: CET, 2014b. Disponível em: <<http://www.cetsp.com.br/transito-agora/mapa-de-fluidez.aspx>>. Acesso em: 10 jan. 2014.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. (2012). **Indústria automobilística e sustentável. encontro da indústria para a sustentabilidade**. Brasília: CNI, 2012. Disponível em: <http://www.cni.org.br/portal/data/files/FF80808137E2C2CF01380120568575BE/ANF_AVEA_RIO20_web.pdf>. Acesso em: 21 maio 2013.

MARTINS, L. C. ET AL . (2001). **Relação entre poluição atmosférica e atendimentos por infecção de vias aéreas superiores no município de São Paulo: avaliação do rodízio de veículos**. Revista Brasileira de Epidemiologia, São Paulo, v. 4, n. 3, p. 220-229, nov. 2001.

MENEZES, A. L. C. (2014). **Congestionamento de tráfego de veículos e emissões de poluentes atmosféricos veiculares: Uma análise das suas interrelações no município de São Paulo**. Dissertação de mestrado, Universidade Nove de Julho, São Paulo, SP, Brasil.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Informações sobre o CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em: 10 jan. 2014.

POPE III, C. A.; EZZATI, M.; DOCKERY, D. W. **Fine-particulate air pollution and life expectancy in the United States**. The New England Journal of Medicine. v. 360; n. 4, p. 376-386, Jan. 22, 2009.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. (2011). **Relatório do Desenvolvimento Humano 2011: sustentabilidade e equidade: um futuro melhor para todos**. New York: UNDP, 2011.