



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

O IMPACTO DA PARALIZAÇÃO DOS CAMINHONEIROS NA QUALIDADE DO AR NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

Vinícius Rozante

Relatório de Iniciação Científica do
Programa PIBIC, orientado pelos
Drs. Ariane Frassoni e Enver Ra-
mirez

URL do documento original:

<<http://urlib.net/>>



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

O IMPACTO DA PARALIZAÇÃO DOS CAMINHONEIROS NA QUALIDADE DO AR NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

Vinícius Rozante

Relatório de Iniciação Científica do
Programa PIBIC, orientado pelos
Drs. Ariane Frassoni e Enver Ra-
mirez

URL do documento original:

<<http://urlib.net/>>

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

O IMPACTO DA PARALIZAÇÃO DOS CAMINHONEIROS
NA QUALIDADE DO AR NA REGIÃO METROPOLITANA DE
SÃO PAULO / Vinícius Rozante. – : , 2020.

p. ; ()

() – , , .

: .

CDU



Esta obra foi licenciada sob uma Licença [Creative Commons Atribuição-NãoComercial 3.0 Não Adaptada](#).

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License](#).

Informar aqui sobre marca registrada (a modificação desta linha deve ser feita no arquivo publicacao.tex).

RESUMO

A poluição do ar tornou-se um dos fatores que mais afetam a qualidade de vida da população, ocasionando prejuízos à saúde humana e ao meio ambiente. O presente estudo demonstra a relação direta existente entre a diminuição do tráfego de veículos pesados e, conseqüentemente, veículos leves durante a greve dos caminhoneiros no período de 21 a 31 de maio de 2018 e a concentração de poluentes atmosféricos na RMSP. Os resultados das concentrações de monóxido de carbono (CO) e ozônio (O₃) (posteriormente expandido à óxido de nitrogênio – NO, e dióxido de nitrogênio –NO₂) foram avaliados na forma de ciclos diurnos, comparando uma média dos três anos anteriores (2013-2017*, sem greve) com 2018 (com a greve) durante o mesmo período. Foram escolhidas cinco estações para realizar o estudo: Cerqueira César, Cidade Universitária IPEN-USP, Marginal Tiete-Ponte dos Remédios, Grajau-Parelheiros e São Caetano do Sul, entretanto, até o presente momento, foram estudadas as duas últimas, de modo que a continuação do projeto estudará as demais localidades. Na estação Grajau-Parelheiros, houve 42% de diminuição de CO e aumento de 66% de O₃. Na estação São Caetano do Sul, houve 36% na diminuição de CO e o O₃ aumentou em 82%. Durante o período da greve, ocorreu redução intensa no poluente primário avaliado (CO), diretamente associados à emissão veicular. Houve aumento de ozônio, que pode estar associado ao aumento da incidência de radiação solar em 2018 e também à diminuição de NO (poluente que consome o O₃, diminuindo a sua concentração). Entretanto, será necessário realizar estudos mais aprofundados para determinar a causa do aumento do O₃.

Palavras-chave: Poluição do ar. Greve dos caminhoneiros. Região Metropolitana de São Paulo. Emissão veicular.

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
2.1 Área de estudo e locais de monitoramento na Região Metropolitana de São Paulo.	4
3.1 Concentração de CO (ppm) na RMSP, em média horária, do período anterior à greve (2013-2017*) em comparação ao período com greve (2018) para as localidades de Grajaú Parelheiros e São Caetano do Sul, respectivamente.	8
3.2 Concentração de O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) na RMSP, em média horária, do período anterior à greve (2013-2017*) em comparação ao período com greve (2018) para as localidades de Grajaú Parelheiros e São Caetano do Sul, respectivamente.	8

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RMSP	–	Região Metropolitana de São Paulo
COVs	–	Compostos Orgânicos Voláteis
CO	–	Monóxido de Carbono
O ₃	–	Ozônio
NO _x	–	Oxidos de Nitrogênio
ppb	–	Parte Por Bilhão
HCs	–	Hidrocarbonetos
MP	–	Material Particulado
CETESB	–	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
NO	–	Monóxido de Nitrogênio
NO ₂	–	Dióxido de Nitrogênio
QUALAR	–	Qualidade do Ar
IPEN-USP	–	Instituto de Pesquisas de Energéticas e Nucleares
OH	–	Radical Hidroxila
CH ₄	–	Metano
HO ₂	–	Radicais Hidroperóxidos
CH ₂ O	–	Formaldeído

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1 INTRODUÇÃO	1
2 DADOS E METODOLOGIA	3
2.1 Descrição do método de aquisição dos dados	3
2.2 Análise dos dados	4
3 RESULTADOS	7
4 CONCLUSÕES	11
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	13

1 INTRODUÇÃO

Nos tempos atuais, o estudo sobre o impacto da poluição do ar na qualidade de vida da população tornou-se de extrema importância. A emissão de gases provenientes da queima de combustíveis fósseis de veículos automotores comprometem diariamente, de forma significativa, a qualidade do ar na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) pela grande quantidade de monóxido de carbono (CO), compostos orgânicos voláteis (COV's) e óxidos de nitrogênio (NOx), que por sua vez serão convertidos à ozônio (O₃) na atmosfera.

Essa importância no estudo do impacto destes poluentes na atmosfera é observado quando analisado alguns projetos ao redor do mundo. Na localidade de Israel, uma análise realizada para um feriado nacional demonstrou uma diminuição de, pelo menos, 80% nas concentrações de NO em diferentes locais, enquanto que o ozônio aumentou cerca de 8 ppbv no centro urbano durante o dia e aumentou 20-30 ppbv durante a noite (LEVY, 2013.). Na Índia, uma diminuição de cerca de 50% no monóxido de carbono (CO) e ozônio (O₃) foi observada durante uma greve de caminhões em todo o país (SHARMA A. R.; KHAROL, 2010.). Para a Itália e Espanha, ao contrário do esperado, as greves de transporte público levaram a um maior uso de veículos particulares e, conseqüentemente, causou o aumento da concentração de alguns poluentes, tais como CO e alguns hidrocarbonetos (MEINARDI, 2008.; BASAGAÑA, 2018.).

Em grandes centros urbanos, o setor de transporte frequentemente corresponde a uma grande porcentagem das fontes de poluição do ar. Para a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), veículos leves e pesados emitiram cerca de 97% do monóxido de carbono (CO), 80% dos hidrocarbonetos (HCs), 40% do material particulado (MP) e 70% dos óxidos de nitrogênio (NOx) na região, segundo relatório da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) (CETESB., 2019).

Os níveis de concentração de poluentes dependem de diversos fatores, tais como condições atmosféricas e taxas de emissão de poluentes (BRASSEUR G.P.; ORLANDO, 1999). Em grandes áreas urbanas, tal como RMSP, é possível supor que as mudanças no perfil de circulação dos veículos também impactarão na emissão e concentração destes poluentes.

Durante o período compreendido entre 21 e 31 de maio de 2018, ocorreu no Brasil uma greve nacional de caminhoneiros, a qual exigia a redução dos preços dos combustíveis e melhorias nas condições de trabalho

(<https://www.bbc.com/portuguese/brasil-44302137>), sendo este o período de estudo do projeto.

Os objetivos deste estudo foram analisar as concentrações de CO, NO, NO₂ e O₃ em cinco estações da rede CETESB que representam microambientes do centro urbano e de fundo urbano durante o período da greve dos caminhoneiros. A análise foi realizada por meio de ciclos diurnos a partir do período da greve de 2018, comparando com a média do mesmo período dos três anos anteriores, quando não houve greve. Os resultados mostraram que a greve causou fortes diminuições das concentrações dos poluentes atmosféricos primários analisados (CO e NO) e um aumento no ozônio (O₃).

O projeto tem como objetivo principal analisar/quantificar o impacto causado pela frota de caminhões na qualidade do ar na região metropolitana de São Paulo (RMSP). Dentre os objetivos específicos podem-se destacar o estudo do comportamento do ciclo diurno dos principais gases que são emitidos pelos caminhões a diesel na presença e ausência da frota, quantificar, em termos de porcentagens, a influência da frota de caminhões na concentração desses gases traço na atmosfera sobre a RMSP e, por fim, correlacionar a concentração destes gases poluentes a fim de verificar a contribuição da emissão direta da fonte e a formação secundária destes gases na atmosfera.

2 DADOS E METODOLOGIA

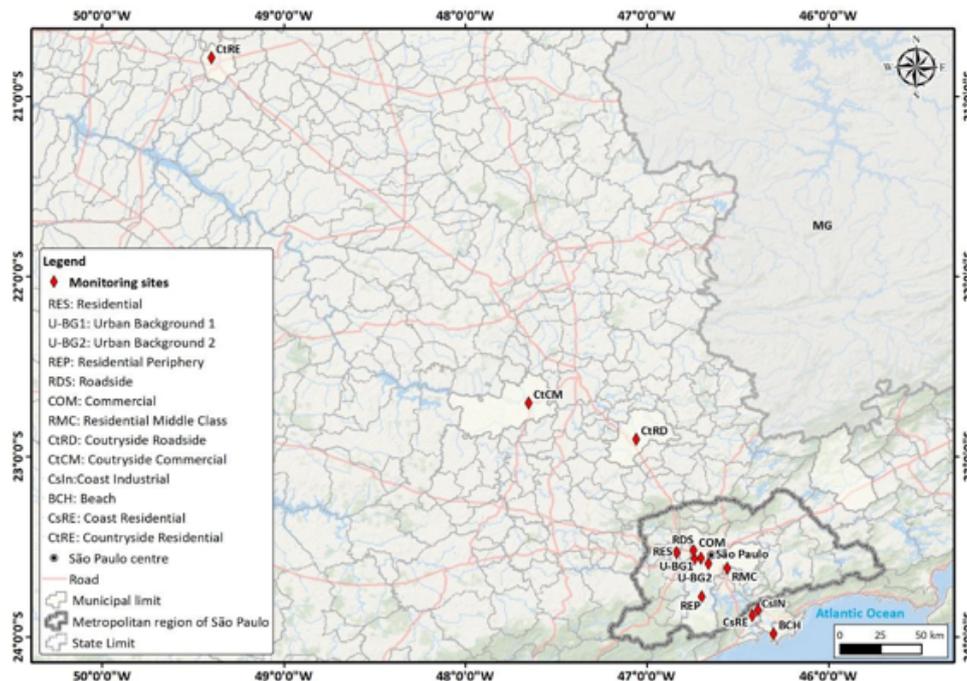
2.1 Descrição do método de aquisição dos dados

A aquisição da base de dados a ser analisada no projeto foi obtida na plataforma Qualidade do Ar (QUALAR) no site da CETESB (<http://qualar.cetesv.sp.gov.br/qualar/home.do>). O ano de referência do estudo foi 2018 e, como método comparativo, utilizou-se o intervalo dos quatro anos anteriores, 2013-2017* (sendo o ano de 2014 excluído por conta das altas precipitações, interferindo no processo de análise). Na primeira etapa do projeto foram selecionadas duas estações de monitoramento, Grajau-Palheiros e São Cartano do Sul, estendendo, posteriormente, para outras localidades da RMSP : Cerqueira César, Cidade Universitária IPEN-USP e Marginal Tiete-Ponte dos Remédios.

A Figura 2.1 mostra as sete localidades de monitoramento para análise seguindo os seguintes critérios: disponibilidade de dados, qualidade dos dados (ao mínimo 75% da série temporal dos períodos utilizados) e uso do solo: veicular ou calçada, comercial (uso misto do solo), residencial e urbano, de acordo com as recomendações da Organização Mundial da Saúde (OMS) (WHO, 2000).

Tais critérios foram importantes para garantir que os impactos da greve de caminhões fossem de fato levados em conta toda a megacidade em diferentes microambientes urbanos.

Figura 2.1 - Área de estudo e locais de monitoramento na Região Metropolitana de São Paulo.



Fonte: Produção do autor.

2.2 Análise dos dados

Ciclos diurnos foram calculados para a análise da evolução horária dos poluentes computando uma média para cada hora do dia no período analisado. O cálculo a seguir foi executado para cada poluente (O₃ e CO, analisando-se, posteriormente, para os gases NO e NO_x) a cada hora do dia, resultando em um gráfico de média de 24 horas para cada poluente em todos os locais de monitoramento.

$$\bar{x}_i = \frac{(x_{i,j_1} + x_{i,j_2} + \dots + x_{i,j_n})}{n} \quad (2.1)$$

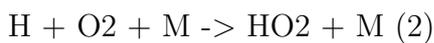
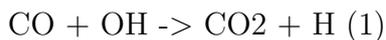
Na qual \bar{x}_i = média do poluente x na hora i, para cada dia j por um número n de dias.

Comparou-se os ciclos diurnos para a greve, entre 21/05/2018 a 31/05/2018, com os ciclos diurnos para a média de 2013-2017* para todos os poluentes no mesmo período para melhor caracterizar uma média de um período sem greve, como já foi feito em trabalhos anteriores (SILVA, 2012). A utilização dos ciclos diurnos torna mais

fácil a identificação do impacto horário das emissões veiculares sobre os poluentes atmosféricos (MAYER, 1999).

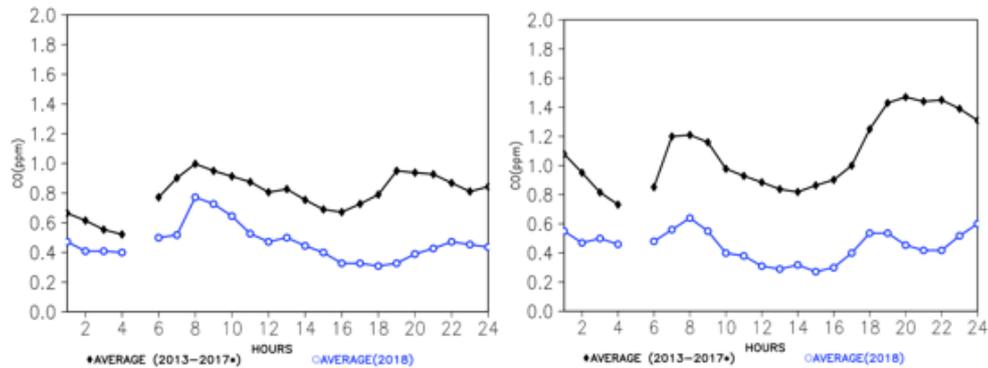
3 RESULTADOS

Na Figura 3.1 são apresentadas as concentrações médias horárias de CO para o período de estudo (21/05/2018 a 31/05/2018) em comparação ao mesmo período referente aos anos sem greve (2013-2017*). É possível observar que a concentração de monóxido de carbono aumenta a partir das 6:00 até 9:00, devido ao maior tráfego veicular. Após este horário, ocorre uma diminuição em sua concentração, a qual volta a subir das 17:00 até 20:00 horas, novamente devido ao pico de trânsito urbano da RMSP. A maneira com que o CO é emitido e produzido é baseada, principalmente, em reações químicas na atmosfera entre o radical hidroxila (OH), metano (CH₄) e outros hidrocarbonetos (HC). A concentração do gás na atmosfera da RMSP é majoritariamente proveniente a partir da emissão primária e de forma veicular. Na troposfera, os radicais hidroperóxidos (HO₂) são formados a partir da reação de oxidação do radical livre hidroxila (OH) com o monóxido de carbono (CO).



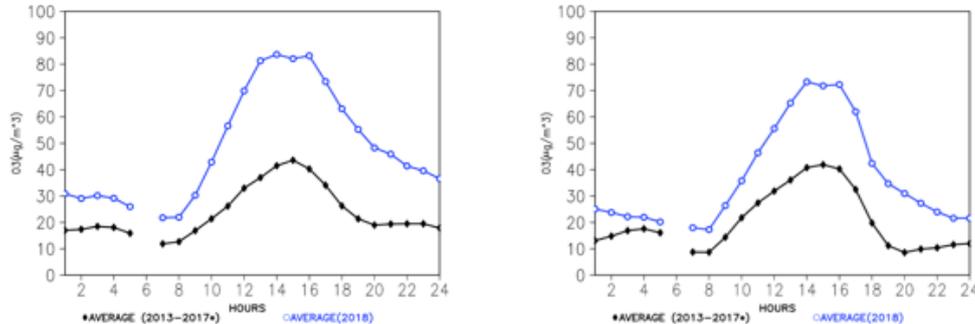
A reação (1) é uma reação rápida, independente da temperatura. Na atmosfera, a principal fonte de CO é a oxidação do metano pelo OH, que produz o formaldeído (CH₂O) e depois o monóxido de carbono. Esta reação, junto com a reação (1), consome a maior parte da OH na troposférico. Por conta da baixa capacidade de absorção de radiação infravermelha, o CO não é considerado um gás de efeito estufa. O balanço atmosférico deste gás mostra a destruição do metano e a produção de CO₂, O₃ e aerossóis de sulfato, que podem afetar o clima. Estudos indicam que uma eventual diminuição na concentração global de CO aumentaria o radical OH e tal evento elevaria a taxa de sumidouro de CH₄. É válido ressaltar que a grande concentração de CO é considerada tóxica para o homem, pois pode causar intoxicação aguda, deixando sequelas ou promovendo a morte por asfixia. Estudos mostram que a interação da hemoglobina com o monóxido de carbono é cerca de 240 vezes maior do que com o oxigênio (O₂), portanto, forma-se carboxihemoglobina em vez de oxihemoglobina. Devido a esses fatores, o monitoramento desse gás é de extrema importância, mesmo que não ultrapasse os padrões de qualidade do ar como ocorre na RMSP.

Figura 3.1 - Concentração de CO (ppm) na RMSP, em média horária, do período anterior à greve (2013-2017*) em comparação ao período com greve (2018) para as localidades de Grajaú Parelheiros e São Caetano do Sul, respectivamente.



Fonte: Produção do autor.

Figura 3.2 - Concentração de O₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) na RMSP, em média horária, do período anterior à greve (2013-2017*) em comparação ao período com greve (2018) para as localidades de Grajaú Parelheiros e São Caetano do Sul, respectivamente.



Fonte: Produção do autor.

Na Figura 3.2 são apresentadas as concentrações médias horárias de O₃ para o período de estudo (21/05/2018 a 31/05/2018) em comparação ao mesmo período referente aos anos sem greve (2013-2017*). É possível observar que a concentração de ozônio aumenta a partir das 9:00, uma explicação para este evento está na conversão dos poluentes primários na atmosfera em decorrência do primeiro horário de pico da frota veicular. O pico de concentração do ozônio ocorre no período com maior disponibilidade de luz solar, dentre 13:00 e 15:00 horas, facilitando a reação de

formação do gás na atmosfera decorrente dos gases primários. No período da noite, ocorre o oposto ao apresentado anteriormente, na qual ocorre um consumo do O₃ por parte do NO₂ formando de NO₃, fenômeno a ser estudado na continuação do projeto. Foi observado que o monóxido de carbono, poluente primário diretamente associado às emissões veiculares, diminuiu drasticamente em 2018 durante todas as horas do dia. Diferenças estatisticamente significativas entre os períodos com e sem greve foram observadas nas estações analisadas para esses poluentes. Para o O₃ as concentrações aumentaram em todos os locais de monitoramento, particularmente durante a tarde período de maior disponibilidade de radiação. Segundo dados retirados da plataforma QUALAR da CETESB, no intervalo de anos compreendido entre 2013-2017 houve uma radiação solar média de $110,6 \text{ W/m}^2$ e para o ano da greve, 2018, este valor foi de 180 W/m^2 , sustentando a hipótese de que parte do aumento esteja relacionado com o efeito da radiação.

4 CONCLUSÕES

Neste estudo avaliou-se as diferenças entre as concentrações de poluentes durante o período da greve dos caminhoneiros de 2018, comparada à média de anos anteriores (2015-2017). Os resultados mostram diferenças significativas entre os dois períodos analisados (com greve e sem greve). Para alguns gases, tipo CO, a redução na frota de caminhões diminuiu consideravelmente a concentração em todas as estações analisadas. Já o Ozônio apresentou um comportamento contrário, ou seja, um aumento durante o período de greve. Parte deste aumento provavelmente está relacionado com o aumento da radiação solar na região (cerca de 62,7%) e a, também, a possível influência dos NOx, efeito que será explorado nas próximas etapas do projeto, juntamente com outras localidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BASAGAÑA, X. e. a. Effect of public transport strikes on air pollution levels in barcelona (spain). **Science of The Total Environment**,, v. 610–611, p. 1076–1082, 2018. 1
- BRASSEUR G.P.; ORLANDO, J. G. T. Atmospheric chemistry and global change. [s.l.] **Oxford University Press**, 1999. 1
- CETESB. Air quality report for the sao paulo state 2018. [s.l.] **Environmental Agency of the State of São Paulo**, 2019. 1
- LEVY, I. A national day with near zero emissions and its effect on primary and secondary pollutants. **Atmospheric Environment**,, v. 77, p. 202–212, 2013. 1
- MAYER, H. Air pollution in cities. **Atmospheric environment**,, v. 33, n. 24-25, p. 4029–4037, 1999. 5
- MEINARDI, S. e. a. Influence of the public transportation system on the air quality of a major urban center. a case study: Milan, italy. **Atmospheric Environment**,, v. 42, n. 34, p. 7915–7923, 2008. 1
- SHARMA A. R.; KHAROL, S. K. B. K. V. S. Influence of vehicular traffic on urban air quality – a case study of hyderabad, india. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**,, v. 15, n. 3, p. 154–159, 2010. 1
- SILVA, C. B. P. e. a. D. Evaluation of the air quality benefits of the subway system in são paulo, brazil. **Journal of environmental management**,, v. 101, p. 191–196, 2012. 4
- WHO. Air quality guidelines for europe, 2. ed. ed, who regional publications european series. world health organization, regional office for europe, copenhagen. **Science of The Total Environment**,, 2000. 3

