

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MARCELA ANUNCIÇÃO DE SOUZA

INFLUÊNCIA DO CONFINAMENTO DURANTE O PERÍODO DE PANDEMIA NA
QUALIDADE DO AR EM DIFERENTES REGIÕES DE SÃO PAULO

CURITIBA
2022

MARCELA ANUNCIÇÃO DE SOUZA

INFLUÊNCIA DO CONFINAMENTO DURANTE O PERÍODO DE PANDEMIA NA
QUALIDADE DO AR EM DIFERENTES REGIÕES DE SÃO PAULO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de MBA em Projetos Sustentáveis e Inovações Ambientais, do Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, como pré-requisito para obtenção do título de especialista.

Orientadora: Prof. Dra. Greyce Charlyne Benedet Maas

CURITIBA
2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha mãe, Rita, que sempre acreditou em tudo que me propus a fazer. Que sempre me motivou a ser melhor a cada dia. E que, mesmo diante de tantas adversidades, nunca me permitiu desistir.

À minha orientadora, professora Greyce Charlyne Benedet Maas que, com muita paciência me guiou durante a produção deste trabalho.

Aos colegas de turma, pelas trocas de informações neste período, mesmo que virtualmente.

Muito Obrigada!

“Eu sou porque nós somos”

Filosofia Africana

RESUMO

No dia 31 de dezembro de 2019, autoridades chinesas reportaram a Organização Mundial da Saúde (ONU) a irrupção do novo coronavírus, causador de diversos problemas de saúde. Com a expansão do vírus ao redor do globo, governos tomaram medidas de restrição diversas a fim de mitigar os impactos causados pela doença. Desde a tomada do confinamento, a NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) e a ESA (*European Space Agency*) vêm reportando impactos significativos na qualidade do ar. O objetivo deste estudo foi analisar e comparar os efeitos do período de maior rigidez da quarentena sobre a qualidade do ar em diferentes regiões do estado de São Paulo no ano de 2020 em relação aos anos anteriores de 2019, 2018 e 2017. As regiões avaliadas foram: Congonhas, Marginal Tietê, Guarulhos, Parque Dom Pedro II, São José dos Campos e São José do Rio Preto. Os indicadores de poluição utilizados foram monóxido de carbono, material particulado fino e óxidos de nitrogênio, e o período avaliado foi de 01 de março até 30 de abril. Foram também consideradas as condições climáticas para analisar as condições de dispersão dos poluentes nas regiões de estudo. Os resultados mostraram redução significativa de monóxido de carbono em todas as regiões avaliadas com exceção de Guarulhos e São José do Rio Preto que não apresentavam dados disponíveis para essa variável. O material particulado fino apresentou redução significativa apenas para a região de Congonhas, enquanto os óxidos de nitrogênio apresentaram redução significativa para Congonhas, Marginal Tietê e Parque Dom Pedro II, indicando melhora na qualidade do ar durante as restrições de circulação urbana em relação aos anos anteriores. Regiões aeroportuárias e rodovias de grande fluxo veicular apresentaram reduções nas concentrações de poluentes para o ano de 2020 mais acentuadas quando comparadas aos anos anteriores.

Palavras-Chave: poluição do ar, coronavírus, lockdown

ABSTRACT

On December 31, 2019, Chinese authorities reported to the World Health Organization (UN) the outbreak of the new coronavirus, causing several health problems. With the spread of the virus around the globe, governments have taken various restriction measures in order to mitigate the impacts caused by the disease. Since taking the confinement, NASA (National Aeronautics and Space Administration) and ESA (European Space Agency) have been reporting significant impacts on air quality. The objective of this study was to analyze and compare the effects of the period of greater rigidity of the quarantine on air quality in different regions of the state of São Paulo in 2020 compared to previous years of 2019, 2018 and 2017. The evaluated regions were: Congonhas, Marginal Tietê, Guarulhos, Parque Dom Pedro II, São José dos Campos, and São José do Rio Preto. The pollution indicators used were carbon monoxide, fine particulate matter and nitrogen oxides, and the period evaluated was from March 1st to April 30th. Climatic conditions were also considered to analyze the conditions of dispersion of pollutants in the regions. The results showed a significant reduction in carbon monoxide in all regions evaluated, with the exception of Guarulhos and São José do Rio Preto, which did not have available data for the variables. Fine particulate matter showed a significant reduction only for the Congonhas region, while nitrogen oxides showed a significant reduction for Congonhas, Marginal Tietê and Parque Dom Pedro II, indicating an improvement in air quality during urban circulation restrictions compared to previous years. Airport regions and highways with large vehicular flow showed greater reductions in pollutant concentrations for the year 2020 when compared to previous years.

Keywords: Air pollution, coronavirus, lockdown

SUMÁRIO

| | |
|---------------------------------|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 9 |
| 2. OBJETIVOS | 11 |
| 2.1 OBJETIVO GERAL | 11 |
| 2.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 11 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS..... | 12 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES..... | 14 |
| 5. CONCLUSÕES | 17 |
| 6. REFERÊNCIAS..... | 18 |

1. INTRODUÇÃO

Com a proliferação do novo Coronavírus, diversas cidades ao redor do mundo tomaram medidas para conter o avanço da doença. Escolas, estabelecimentos locais e universidades foram fechados e até mesmo voos foram cancelados. No Brasil, cada estado optou por diferentes abordagens ao surto do vírus.

No dia 24 de março de 2020 no estado de São Paulo entrou em vigor o decreto nº 64.881 que determinava quarentena de quinze dias em todo o estado. A medida impôs o fechamento de estabelecimentos que não estivessem entre aqueles considerados como essenciais, como saúde, alimentação, bancos, segurança pública e limpeza urbana. A ação do governo tinha como intenção conter o avanço do novo Coronavírus (SÃO PAULO, 2020).

Durante esse período, no entanto, de acordo com os dados do Sistema de Monitoramento (Simi) do governo, a adesão a quarentena foi em média de apenas 54%, enquanto a meta ideal de adesão da população considerada pelas autoridades de saúde para conter a proliferação da Covid-19 seria de pelo menos 60% (Figura 1).

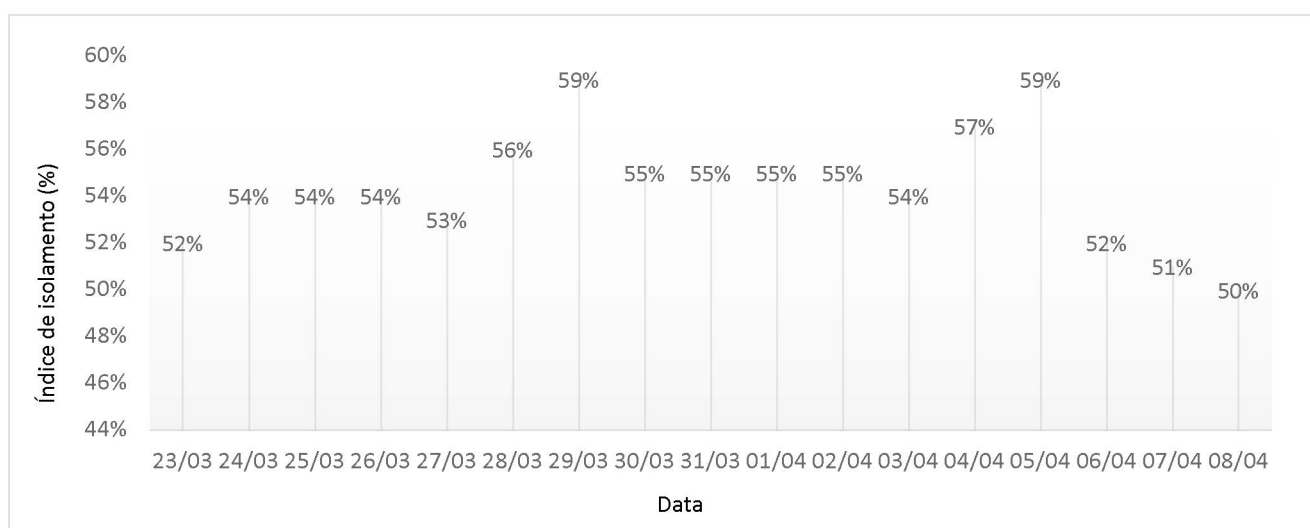


FIGURA 1 – EVOLUÇÃO DOS ÍNDICES DE ISOLAMENTO SOCIAL NO ESTADO DE SÃO PAULO ATÉ 8 DE ABRIL DE 2020

FONTE: SISTEMA DE MONITORAMENTO INTELIGENTE DO GOVERNO DE SÃO PAULO (2020)

Diversos estudos, vêm acompanhando os impactos da doença em diversos aspectos da vida humana, incluindo os aspectos ambientais. Apesar dos impactos negativos que o avanço da pandemia tem causado, a implantação da quarentena trouxe

algumas mudanças ambientais que podem ser consideradas como positivas sob certos aspectos. De acordo com Kanniah (2020), uma significativa queda na poluição do ar pôde ser observada durante o período de confinamento em diversos países do sul asiático. Isso se deve as rígidas leis de isolamento que reduziram atividades humanas e industriais. Em Wuhan, cidade chinesa que estabeleceu “*lockdown*” geral em 23 de janeiro de 2020, detectou-se que no período de 25 de janeiro a 25 de fevereiro houve redução de óxido nítrico (NO) em cerca de 50% em comparação com o mesmo período no ano anterior (WANG E SU, 2020).

Ainda, de acordo com Wang e Su (2020), foi possível detectar, nos primeiros três meses de 2020, o declínio na emissão de pelo menos cinco poluentes chaves quando comparadas a anos anteriores, entre eles os materiais particulados (PM_{2,5}), NO₂ e CO, sendo esse declínio de 14,8%, 25% e 6,2%, respectivamente.

No oeste da Índia, quando comparado os períodos de lockdown com o de pré-lockdown, também se observou significativa melhora na qualidade do ar. As concentrações de PM_{2,5} e de NO₂ sofreram redução de 38-78% e 30-84%, respectivamente. Neste mesmo estudo, o período de janeiro a abril de 2020 fora comparado com o mesmo de 2019, resultando numa redução média de 39% para as concentrações de PM_{2,5}, 59% de NO₂ e de 25% de CO. Mostrando como a redução do tráfego urbano, das atividades industriais e até mesmo as atividades da usina elétrica presente no local de estudo afetou significativamente a qualidade do ar (SELVAM et al, 2020).

Sobre os poluentes estudados, segundo Pinheiro (2013), as principais fontes antrópicas de MP são os processos industriais, suspensão de poeira do solo, queima de combustíveis, entre outros. O material particulado pode ainda ser formado na atmosfera a partir das reações químicas entre gases emitidos principalmente nas atividades de combustão, como óxidos de nitrogênio (NO_x), compostos orgânicos voláteis (COVs) e dióxido de enxofre (SO₂).

O Material particulado MP_{2,5} foi escolhido como indicador de poluição neste estudo devido sua abundância e por provocar diversos efeitos adversos a saúde humana. MP_{2,5}, se refere a partículas que por serem mais finas, podem penetrar o sistema respiratório até os pulmões (BRITO, 2018). Em relação aos óxidos de nitrogênio (NO_x), sua elevada concentração na atmosfera apresenta diversos perigos a saúde humana e ao meio ambiente. NO₂ e NO podem reagir com outros elementos químicos presentes na atmosfera formando chuva ácida, extremamente danosa ao ecossistema. Ainda, NO₂ em

sua forma gasosa é altamente tóxico, causando corrosão do tecido pulmonar, tosse e dificuldades respiratórias diversas. NO_x é produto da combustão de petróleo, carvão, gás natural, e outros combustíveis presentes em veículos urbanos (WANG; SU, 2020).

O terceiro poluente analisado neste estudo é o CO, um dos principais elementos contribuinte para a poluição do ar, presente na queima de combustíveis fósseis, e também responsável por diversos danos a saúde humana. Estudos revelam que a exposição a CO está associada a problemas de desenvolvimento cerebral em fetos, aumento do risco de desenvolvimento de autismo, e outros diversos processos críticos relacionados ao desenvolvimento cerebral de crianças pré e pós-natais (LEVY, 2015).

Finalmente, embora o isolamento social possa ser visto como algo indesejado por muitos, este pode melhorar a qualidade do ar em grandes centros urbanos. Compreender como esse fenômeno ocorre, pode ser fundamental para um desenvolvimento urbano mais sustentável.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Este estudo tem como objetivo analisar a influência do período de isolamento social na qualidade do ar em diferentes regiões de São Paulo. O estudo visa comparar o período de maior rigidez do isolamento em 2020 com os anos anteriores.

2.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar as variações dos indicadores CO, $\text{MP}_{2.5}$ e NO_x na qualidade do ar durante o período de distanciamento social causado pela COVID-19 em 2020 com a média dos anos anteriores 2019, 2018 e 2017.
- Identificar, comparar e analisar as variações dos indicadores em seis pontos do estado de São Paulo a partir de dados obtidos através da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) considerando a influência das condições climáticas sobre os indicadores nesses períodos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletados dados referentes a qualidade do ar em estações da cidade de São Paulo em seis pontos: Marginal Tietê – Pontes dos Remédios (rodovia urbana), Congonhas (região de aeroporto), Guarulhos – Poço Municipal (região industrial), São José dos campos – Jd. Satélite (região industrial), Parque D. Pedro II (região central) e São José do Rio Preto (região agropecuária), como mostra a figura 2. Os dados foram disponibilizados pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2020).

Foram analisadas as concentrações de três indicadores de poluição, materiais particulados com diâmetro de menos de $2.5 \mu\text{m}$ ($\text{MP}_{2.5}$), monóxido de carbono e óxidos de nitrogênio. Para cada um dos pontos selecionados, coletaram-se dados referentes a 24 horas durante o período de 01 de março a 30 de abril para o ano de 2020 e para os três anos anteriores (2019, 2018 e 2017).

Foram ainda coletados dados referentes as condições atmosféricas, dos mesmos pontos, a fim de analisar se a variação climática poderia afetar a qualidade do ar nesses períodos. Os parâmetros atmosféricos analisados foram velocidade do vento, temperatura e umidade relativa para os anos de 2017 a 2020, e para sete dias antes do início do período de isolamento, quinze dias durante e sete dias após .

Os valores das variáveis medidas foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey para comparação entre médias para um nível de 5% de probabilidade.

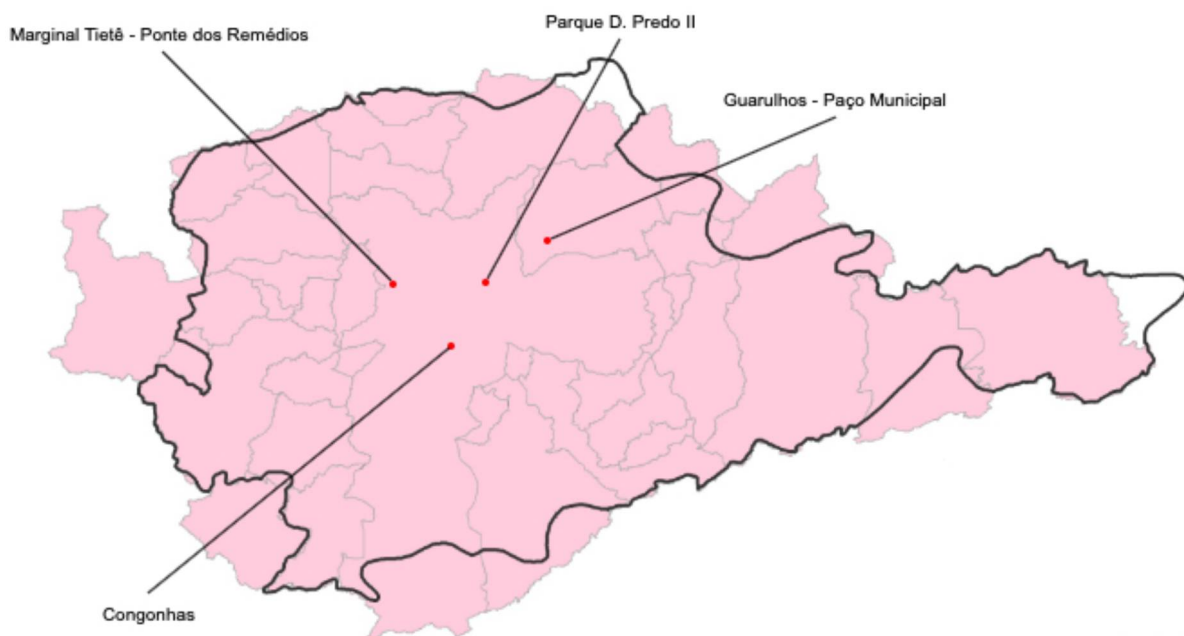
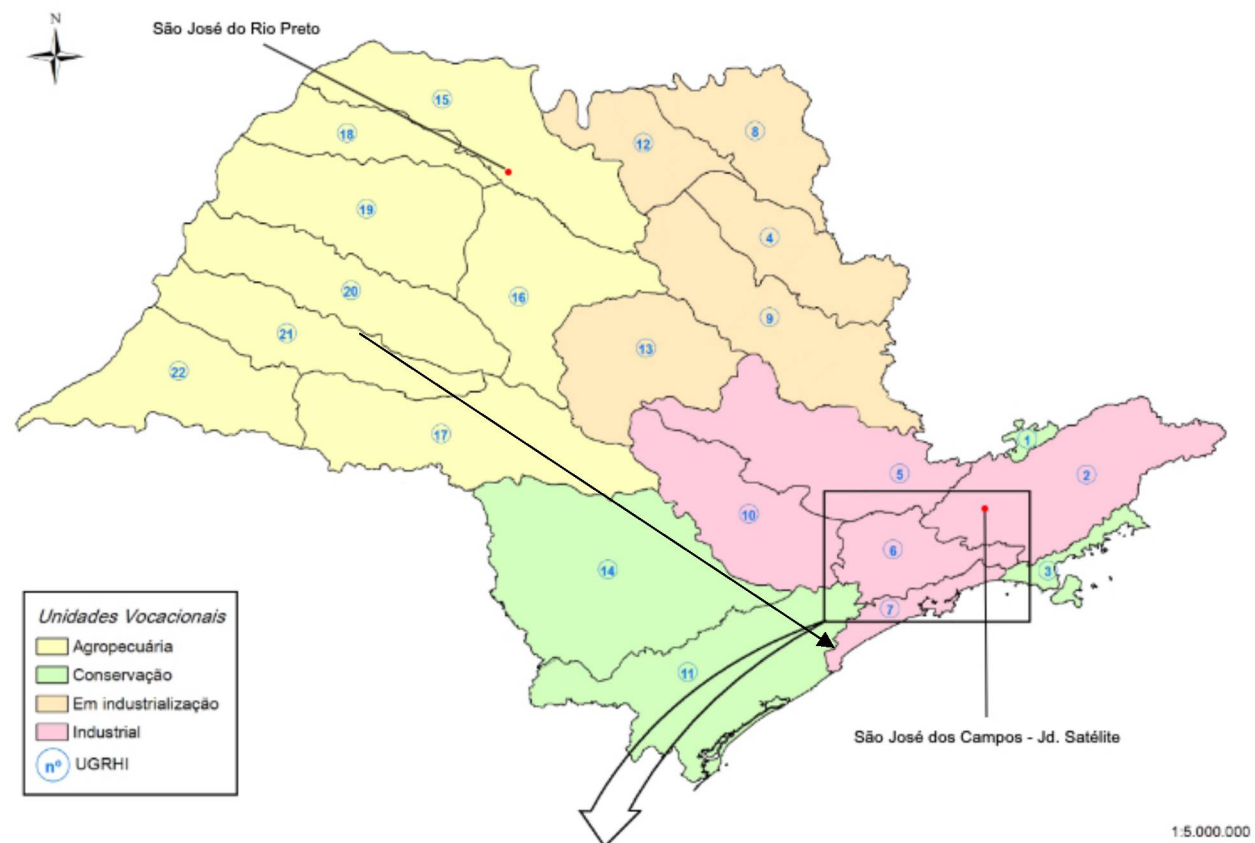


FIGURA 2 – Regiões de São Paulo onde foram coletados os dados de indicadores de poluição e os parâmetros atmosféricos.

FONTE: CETESB (ADAPTADO), 2018

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos revelam redução significativa da concentração de alguns dos poluentes avaliados durante o período de distanciamento social, quando comparados ao mesmo período nos três anos anteriores, como mostra a tabela 1.

Tabela 1 – Valores médios de monóxido de carbono, material particulado fino e óxidos de nitrogênio para os períodos de 01 de março a 30 de abril no ano de 2020 e para o mesmo período na média dos 3 anos anteriores (2019, 2018 e 2017) em seis regiões do estado de São Paulo

| Local | Período | Variável | | |
|-----------------------|-------------------------|----------|----------------------------|-----------|
| | | CO (ppm) | MP2,5 (µg/m ³) | NOx (ppb) |
| Congonhas | 2020 | 0,51b | 13,91b | 48,14b |
| | Média 3 anos anteriores | 0,73a | 16,16a | 63,94a |
| | CV (%) | 24,62 | 29,25 | 30,01 |
| Marginal Tietê | 2020 | 0,46b | 14,42a | 42,87b |
| | Média 3 anos anteriores | 0,67a | 15,08a | 61,64a |
| | CV (%) | 50,89 | 39,31 | 52,42 |
| Guarulhos | 2020 | - | 13,28a | - |
| | Média 3 anos anteriores | - | 14,89a | 17,10 |
| | CV (%) | - | 35,41 | - |
| Parque Dom Pedro II | 2020 | 0,18b | 14,30a | 15,62b |
| | Média 3 anos anteriores | 0,34a | 14,14a | 25,43a |
| | CV (%) | 38,19 | 36,00 | 42,85 |
| São José dos Campos | 2020 | 0,20b | 9,25a | 7,82a |
| | Média 3 anos anteriores | 0,30a | 9,54a | 9,12a |
| | CV (%) | 26,61 | 35,22 | 43,75 |
| São José do Rio Preto | 2020 | - | 11,51a | 13,68a |
| | Média 3 anos anteriores | - | 10,76a | 13,17a |
| | CV (%) | - | 31,05 | 52,82 |

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$); CV%: coeficiente de variação.

Fonte: A autora (2021)

Nas regiões onde se encontra um dos maiores aeroportos do estado, Congonhas, houve redução em todos os poluentes analisados durante o período de lockdown, em relação a média do mesmo período para os três anos anteriores. O indicador com a mais significativa redução foi o CO, sendo esta de 30,13%, seguido do NO_x, 24,7%, e finalmente MP_{2,5} com redução de 13,9%. Tal fenômeno pode ter sido causado devido a redução do número de voos, e conseqüentemente, a diminuição da circulação de

veículos na área. Entre março e abril as companhias Gol, Latam e Azul reduziram os voos domésticos e internacionais em cerca de 92% (RELATÓRIO DE CONJUNTURA DO SETOR AÉREO, 2020).

Na Marginal Tietê, região de elevado fluxo de veículos, observou-se significativas reduções de CO e NO_x, sendo estas de aproximadamente 31,4% e 30,4%, respectivamente.

Para a região central da cidade, Parque D. Pedro II, assim como na Marginal Tietê, houve reduções de cerca de 47% de CO e 38,6% de NO_x.

Em uma das maiores regiões industriais do estado, São José dos Campos, houve redução somente da concentração de CO, sendo esta de cerca de 33,3%. De acordo com Alvarenga (2020), durante o período da pandemia, a produção industrial no país apresentou queda recorde em cerca 19%. Considerando que, São José dos Campos é um importante polo industrial, tal evento pode ter ocasionado a redução significativa na concentração de CO na cidade.

Em São José do Rio Preto, região agropecuária do estado, não apresentou dados disponíveis de CO para análise, e não houve variações significativas de MP_{2,5} e de NO_x. De acordo com o Portal G1, São José do Rio Preto esteve entre as cidades com os piores índices de isolamento do estado tendo apenas 44% da população respeitando as restrições de circulação. Tal circunstância pode ter sido responsável por manter as concentrações dos poluentes semelhantes a períodos em que não houveram restrições de mobilidade urbana.

Todas as regiões estudadas, exceto Congonhas, não apresentaram variações estatisticamente significativas de PM_{2,5}. Semelhante observações foram feitas por Berman e Ebisu (2020), onde na parte continental dos Estados Unidos, durante o período de 13 de março a abril de 2020 quando comparado aos anos de 2019, 2018 e 2017, as concentrações do poluente apresentou pequena redução, no entanto não apresentou significância estatística.

Uma análise das condições climáticas também se fez necessária para compreender os resultados obtidos, uma vez que, as variações meteorológicas têm grande impacto na dispersão de poluentes na atmosfera. Constantes variações atmosféricas favorecem um ambiente de maior instabilidade, favorecendo assim a dispersão de poluentes (SRIMURUGANANDAM, 2010).

Foram calculadas as médias das umidades relativas (%), da velocidade dos ventos (m/s) e das temperaturas (°C) para os pontos de interesse nos períodos anteriormente indicados, como mostra a tabela 2.

Tabela 2 – Médias das variáveis meteorológicas em relação ao ano 2020 e os anos anteriores 2019, 2018 e 2017 nos períodos: 7 dias antes, 15 dias durante e 7 dias após a quarentena.

| Local | Umidade relativa (%) | | | | Vento (m/s) | | | | Temperatura °C | | | |
|---------------------|----------------------|---------------|----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|---------------|
| | 2020 | 2019 | 2018 | 2017 | 2020 | 2019 | 2018 | 2017 | 2020 | 2019 | 2018 | 2017 |
| Marginal Tietê | 70,3 (5,0) | 76,6 (5,9) | 73,0 (4,3) | 74,1 (7,3) | 2,36 (0,5) | 2,19 (0,3) | 1,93 (0,2) | 2,36 (0,3) | 24,1 (2,9) | 22,4 (2,6) | 24,2 (1,2) | 20,2 (1,7) |
| | 67,8 (5,1) | 66,1 (8,1) | 72,4 (6,1) | 70,1 (7,3) | 2,3 (0,5) | 1,9 (0,5) | 1,8 (0,3) | 2,1 (0,4) | 23,6 (4,3) | 23,6 (1,6) | 23,4 (1,2) | 21,5 (1,7) |
| | 68,9 (5,6) | 80,2 (9,3) | 67,0 (4,3) | 75,3 (4,9) | 2,38 (0,5) | 1,88 (0,2) | 2,09 (0,3) | 2,2 (0,3) | 22,5 (4,7) | 21,3 (1,8) | 23,0 (0,7) | 22,3 (2,5) |
| Congonhas | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Guarulhos | - | 90,7 (4,6) | 77,6 (3,6) | 78,0 (6,9) | 1,7 (0,3) | 1,8 (0,5) | 1,4 (0,1) | 1,4 (0,2) | 22,1 (1,8) | 22,9 (2,2) | 23,7 (1,0) | 20,3 (1,6) |
| | - | - | 76,8 (4,8) | 73,5 (6,4) | 1,7 (0,6) | 1,4 (0,5) | 1,4 (0,5) | 1,3 (0,2) | 21,3 (1,4) | 22,5 (1,1) | 22,8 (1,1) | 20,9 (1,5) |
| | - | - | 71,9 (4,6) | 78,5 (3,7) | 1,6 (0,2) | 1,6 (0,4) | 1,3 (0,2) | 1,4 (0,2) | 19,0 (1,3) | 21,4 (1,5) | 22,5 (0,7) | 21,9 (2,4) |
| São J. dos Campos | 73,5 (5,3) | 78,0 (5,2) | - | 73,8 (7,1) | 2,0 (0,3) | 1,9 (0,2) | - | 2,2 (0,3) | 22,5 (1,7) | 23,0 (2,5) | - | 21,5 (1,6) |
| | 69,0 (4,6) | 69,8 (5,0) | 72,4 (4,5) | 70,8 (5,2) | 2,1 (0,3) | 2,0 (0,4) | 1,8 (0,2) | 1,8 (0,3) | 22,3 (1,4) | 23,3 (1,4) | 23,9 (0,9) | 21,7 (1,5) |
| | 69,1 (4,4) | 80,0 (7,3) | 69,5 (3,0) | 75,8 (3,5) | 2,0 (0,3) | 1,7 (0,2) | 2,01 (0,3) | 2,0 (0,3) | 20,0 (1,6) | 22,0 (1,6) | 22,9 (0,6) | 22,9 (2,1) |
| Parque D. Pedro II | 72,1 (5,0) | 79,8 (6,7) | 78,6 (3,3) | 79,3 (6,4) | 1,4 (0,3) | 1,4 (0,2) | 1,2 (0,2) | 1,4 (0,2) | 23,1 (2,2) | 22,2 (2,8) | 23,7 (0,9) | 20,3 (1,5) |
| | 70,9 (5,2) | 70,5 (7,4) | 76,3 (2,0) | 74,0 (6,9) | 1,4 (0,3) | 1,3 (0,3) | 1,4 (0,2) | 1,4 (0,2) | 21,9 (1,4) | 23,2 (1,6) | 22,9 (1,2) | 21,2 (1,6) |
| | 72,2 (5,4) | 83,3 (7,4) | 70,8 (4,4) | 80,6 (4,9) | 1,4 (0,2) | 1,2 (0,1) | 1,4 (0,3) | 1,4 (0,1) | 19,1 (0,7) | 21,1 (1,6) | 22,7 (0,6) | 21,9 (2,4) |
| São J. do Rio Preto | 74,4 (8,2) | 80,4 (4,9) | 74,0 (5,3) | 73,8 (11,6) | 1,9 (0,5) | 2,0 (0,5) | 2,0 (0,4) | 2,3 (0,4) | 24,7 (2,8) | 25,2 (1,9) | 28,4 (1,0) | 25,8 (1,7) |
| | 69,8 (10,1) | 65,6 (9,5) | 74,9 (11,7) | 65,4 (13,1) | 2,1 (0,5) | 2,0 (0,4) | 2,0 (0,4) | 2,3 (0,4) | 26,0 (1,2) | 27,3 (0,8) | 26,1 (1,3) | 26,0 (1,7) |
| | 66,8 (9,9) | 85,3 (9,7) | 62,6 (3,2) | 78,1 (7,5) | 2,0 (0,4) | 2,05 (0,2) | 2,3 (0,4) | 2,0 (0,2) | 24,1 (1,9) | 24,6 (1,2) | 26,8 (1,0) | 26,5 (1,2) |

7 dias antes 15 dias durante 7 dias depois

(-) Dado não disponível

FONTE: A AUTORA (2021)

Segundo Srimuruganandam (2010), elevadas velocidades dos ventos e umidades relativa favorecem a dispersão do material particulado, uma vez que os ventos ajudam a dispersão e diluição das partículas na atmosfera enquanto, a umidade relativa, favorece a deposição das partículas por absorção das moléculas de água. Por outro lado, de acordo com Nwosisi (2021), elevadas temperaturas, por ocasionarem a redução das umidades relativas, favorecem a concentração presente dos poluentes.

Dentro do período de 15 dias de isolamento na região da Marginal Tietê para o ano de 2019, obteve-se média da velocidade dos ventos de $1,9 \pm 0,5$ m/s, enquanto que em 2020, para o mesmo período, o valor calculado foi de $2,3 \pm 0,5$ m/s. A maior velocidade dos ventos combinada ao baixo tráfego de carros pode ter influenciado para a menor concentração de material particulado na região no ano de 2020.

No relatório de qualidade do ar para o estado de São Paulo desenvolvido pela CETESB para o ano de 2020, observou-se redução das concentrações médias de diversos poluentes, pois de maneira geral, 2020 foi meteorologicamente mais favorável à dispersão de material particulado que 2019, além disso, as efetivas medidas de restrições para combater o avanço do Corona vírus mitigou a circulação de veículos e, conseqüentemente as emissões de partículas para a atmosfera.

Debone (2020) em seu estudo, constatou que, durante o período de 16 março a 14 de junho, houve redução na concentração de material particulado no ar da cidade de São Paulo em cerca de 45% para o indicador $MP_{2,5}$, e de 33% para NO_2 em relação ao mesmo período de 2019. Ainda, de acordo com Freitas (2020), na área metropolitana de São Paulo, de 22 á 28 de março de 2020, ocorreu diminuição de $3,7 \mu g.m^{-3}$ de $MP_{2,5}$.

De acordo com Le (2020), a redução dos materiais particulados $MP_{2,5}$, durante o período de confinamento foi detectada em diferentes partes do mundo, chegando a uma média de 38%. Tais estudos ajudam a corroborar os efeitos do confinamento social durante a pandemia causada pela Covid-19 na melhora da qualidade do ar.

5. CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo mostram reduções estatisticamente significativas de monóxido de carbono em todas as regiões avaliadas com exceção de Guarulhos e São José do Rio Preto que não apresentavam dados disponíveis para as devidas análises.

Houve redução estatisticamente significativa nas concentrações de $MP_{2,5}$ apenas para a região de Congonhas, enquanto o indicador NO_x apresentou redução significativa para Congonhas, Marginal Tietê e Parque Dom Pedro II, indicando melhora na qualidade do ar durante as restrições de circulação urbana em relação a média dos três anos anteriores ao ano de início da pandemia.

A redução de veículos tem significativa influência na melhora da qualidade do ar em grandes cidades e, apesar de todos os efeitos negativos causados pela avanço da pandemia, pode-se usar esta situação para considerar novas tecnologias para a melhora da mobilidade urbana e melhores condições para possibilitar o trabalho remoto.

Esta difícil situação causada pelo Coronavírus fortalece a necessidade de refletir sobre fontes emissores de poluição, alternativas para melhorar a qualidade do ar e desenvolver políticas públicas para um desenvolvimento urbano mais sustentável.

6. REFERÊNCIAS

AEROPORTO de Congonhas tem queda de 98% em voos durante pandemia do novo coronavírus. 27 abr. 2020. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2020/04/27/aeroportos-de-congonhas-e-cumbica-tem-patios-com-avioes-parados-e-queda-no-numero-de-voos-durante-pandemia-em-sp.ghtml>>. Acesso em: 21 abr. 2021.

ADESÃO AO ISOLAMENTO SOCIAL EM SÃO PAULO, Sistema de Monitoramento Inteligente. 2020. Disponível em: <<https://www.saopaulo.sp.gov.br/coronavirus/isolamento/>>. Acesso em: 20 abr. 2021.

ALVARENGA, Darlan. Com pandemia, produção industrial tem tobo recorde de 18,8% em abril, diz IBGE. [S. l.], 3 jun. 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/noticia/2020/06/03/producao-industrial-tomba-188percent-em-abril-diz-ibge.ghtml>. Acesso em: 1 fev. 2022.

BERMAN, Jesse D.; EBISU, Keita. Changes in U.S. air pollution during the COVID-19 pandemic. **Science of The Total Environment**, v. 739, ed. 139864, 15 out. 2020.

BRASIL. Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil. Relatório de Conjuntura do Setor Aéreo. Brasília, abril de 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/centrais-de-conteudo/conjuntura-setor-aereo-abril-2020-vf-pdf>>. Acesso em: 15 janeiro 2022.

BRITO, GFS SODRÉ; FF ALMEIDA, O. FV. Impacto do Material Particulado na Qualidade do Ar. **Revista Virtual de Química**, p. 1335-1354, 2018.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 3, de 28 de junho de 1990. **Padrões de qualidade do ar**, Brasília: Diário Oficial da União, p. 15937-15939, 22 ago. 1990.

DEBONE, Daniela; V. DA COSTA, Mariana; GEK MIRAGLIA, Simone. 90 days of COVID-19 social distancing and its impacts on air quality and health in Sao Paulo, Brazil. **Sustainability**, p. 12-18, 10 set. 2020.

DORIA decreta quarentena no estado de SP até o dia 7 de abril para impedir avanço do coronavírus. 21 mar. 2020. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2020/03/21/doria-decreta-quarentena-no-estado-de-sp-ate-o-dia-7-de-abril-para-impedir-avanco-do-coronavirus.ghtml>>. Acesso em: 7 maio 2021.

FREITAS, E.D.; Ibarra-Espinosa, S.A.; Gavidia-Calderón, M.E.; Rehbein, A.; Abou Rafee, S.A.; Martins, J.A.; Martins, L.D.; Santos, U.P.; Ning, M.F.; Andrade, M.F.; Trindade, R.I.F. Mobility Restrictions and Air Quality under COVID-19 Pandemic in São Paulo, Brazil. **Preprints**, 2020040515. 2020.

KANNIAH, Kasturi Devi *et al.* COVID-19's impact on the atmospheric environment in the Southeast Asia region. **Science of The Total Environment**, 2020.

LE, Van Vang; HUYNH, Thanh Tung; ÖLÇER, Aykut; HOANG, Anh Tuan; LE, Anh Tuan; NAYAKE, Swarup Kumar; PHAM, Van Viet. A remarkable review of the effect of lockdowns during COVID-19 pandemic on global PM emissions. **Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects**, p. 1-16, 3 dez. 2020.

LEVANTAMENTO mostra que 44% dos moradores de Rio Preto cumprem o isolamento social. 11 abr. 2020. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/sao-jose-do-rio-preto-aracatuba/noticia/2020/04/11/levantamento-mostra-que-44percent-dos-moradores-de-rio-preto-cumprem-o-isolamento-social.ghtml>>. Acesso em: 15 maio 2021.

LEVY, Richard J. Carbon monoxide pollution and neurodevelopment: A public health concern. **Neurotoxicology and Teratology**, v. 49, p. 31-40, 2015.

NAKADA, Liane Yuri Kondo; CUSTODIO URBAN, Rodrigo. COVID-19 pandemic: Impacts on the air quality during the partial lockdown in São Paulo state, Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 730, ed. 139087, 15 ago. 2020.

NWOSISI, Michael Chukwuemeka; OLUSEGUN, Oguntoke; ADEWALE, Matthew Taiwo. Dispersion modeling of PM 10 from selected flow stations in the Niger Delta, Nigeria: implications on soot pollution. **Environmental Systems Research**, p. 1-16, 2021.

PINHEIRO, GLÁUBER ZETTLER. Projetos de Monitoramento da Qualidade do Ar em Porto Alegre. **Secretaria Municipal do Meio Ambiente**, Porto Alegre, 2013.

QUALIDADE NO ESTADO DE SÃO PAULO 2020. São Paulo: CETESB, 1996-2021. ISSN 0103-4103. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/ar/publicacoes-relatorios/>>.

RODRÍGUES-URREGO, DANIELA. Air quality during the COVID-19: PM2. 5 analysis in the 50 most polluted capital cities in the world. **Environmental Pollution**, p. 115042, 2020.

RUPANI, P. F *et al.* Coronavirus pandemic (COVID-19) and its natural environmental impacts. **International Journal of Environmental Science and Technology** , p. 1-12, 2020.

SÃO PAULO. DECRETO n° 64.881, de 22 de março de 2020. Decreta quarentena no Estado de São Paulo, no contexto da pandemia do COVID-19 (Novo Coronavírus), e dá providências complementares. Diário Oficial, São Paulo, V.130, n° 37, 2020.

SELVAM, S. *et al.* SARS-CoV-2 pandemic lockdown: Effects on air quality in the industrialized Gujarat state of India. **Science of the Total Environment**, v. 737, ed. 140391, 1 out. 2020

SRIMURUGANANDAM, Bathmanabhan; SARAGUR MADANAYAK , Shiva Nagendra. Analysis and interpretation of particulate matter–PM10, PM2. 5 and PM1 emissions from the heterogeneous traffic near an urban roadway. **Atmospheric Pollution Research**, p. 184-194, 2010.

THE MINISTRY of Ecology and Environment reports on the state of surface water and ambient air quality throughout the country in March and January-March. 14 abr. 2020. Disponível em: <http://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk15/202004/t20200414_774254.html>. Acesso em: 20 abr. 2021.

WANG, Qiang; MIN, Su. A preliminary assessment of the impact of COVID-19 on environment–A case study of China. **Science of the Total Environment**, p. 138915, 2020.