

Divulgação científica sob a ótica dos alunos do ensino técnico de meio ambiente relativa ao impacto da COVID-19 sobre a qualidade do ar

Júlia Brito da Luz

Técnica em Meio Ambiente pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro

Andrey César de Lucena de Barros

Técnico em Meio Ambiente pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro

Eliane de Lima Martins

Técnica em Meio Ambiente pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro

David Augusto Vitorino da Silva Pinheiro

Técnico em Meio Ambiente pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro

Simone Lorena Quiterio de Souza

Doutora em Ciências pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, pesquisadora na área de emissões atmosféricas

✉ simone.quiterio@ifrj.edu.br

Recebido em 22 de dezembro de 2022

Aceito em 23 de outubro de 2024

Resumo:

Em função das medidas restritivas, devido a pandemia COVID-19, verificou-se uma mudança na qualidade do ar relacionada às concentrações de dióxido de enxofre (SO₂), dióxido de nitrogênio (NO₂), monóxido de carbono (CO), material particulado de 2,5 e 10 micrômetros (MP_{2.5}, MP₁₀) e ozônio (O₃) no período de lockdown em representativas cidades globais com mobilidade urbana alterada. Este trabalho é uma revisão integrativa que analisou dados retrospectivos sobre a qualidade do ar em trabalhos publicados, no período de março de 2020 a março de 2021, num cenário de restrição antrópica em 28 cidades globais, agrupadas em diferentes níveis com base na dinâmica econômica, política e burocrática. Diante dos resultados obtidos, dentre os poluentes avaliados, o O₃, teve sua concentração aumentada (63 %) ou reduzida (43,6 %), os demais apresentaram uma redução significativa, na faixa de 0,2 (MP_{2.5}) a 72,7 % (NO). Não obstante os resultados serem fugazes, o estudo mostrou que o período de lockdown proporcionou uma redução dos níveis de poluentes no ar e apontou estratégias contínuas de controle a fim de mantê-la reduzida, com o incentivo do aprimoramento do transporte público, a adoção de políticas públicas, aperfeiçoamento de estratégias de mitigação e apoio a medidas eficientes para proteger a saúde humana e o meio ambiente, garantindo o bem-estar social durante e após a pandemia de COVID-19. A revisão integrativa, tendo a qualidade do ar como assunto base, possibilitou aos alunos do curso técnico de meio ambiente o alicerce da arte de pesquisar, sendo está uma estratégia eficaz de ensino aprendizagem.

Palavras-chave: Qualidade do Ar, Medidas Restritivas, COVID-19, Cidade Global, Ozônio, Ensino Aprendizagem.

Scientific dissemination from the perspective of environmental technical education students on the impact of COVID-19 on air quality

Abstract:

Due to restrictive measures, due to the COVID-19 pandemic, there was a change in air quality related to concentrations of sulfur dioxide (SO₂), nitrogen dioxide (NO₂), carbon monoxide (CO), particulate matter of 2.5 and 10 micrometers (PM_{2.5}, PM₁₀) and ozone (O₃) during the lockdown period in

representative global cities with altered urban mobility. This work is an integrative review that analyzed retrospective data on air quality in published works, from March 2020 to March 2021, in a scenario of anthropogenic restrictions in 28 global cities, grouped at different levels based on economic dynamics, political and bureaucratic. Given the results obtained, among the pollutants evaluated, O₃ had its concentration increased (63 %) or reduced (43.6 %), the others showed a significant reduction, in the range of 0.2 (PM_{2.5}) to 72.7 % (NO). Despite the results being fleeting, the study showed that the lockdown period provided a reduction in the levels of pollutants in the air and pointed out continuous control strategies in order to keep it reduced, with the encouragement of improving public transport, the adoption of public policies, improving mitigation strategies and supporting efficient measures to protect human health and the environment, ensuring social well-being during and after the COVID-19 pandemic. The integrative review, with air quality as the base subject, provided students on the environmental technical course with the foundation of the art of research, making it an effective teaching-learning strategy.

Keywords: Air Quality, Restrictive Measures, COVID-19, Global City, Ozone, Teaching-Learning.

Divulgación científica desde la perspectiva de estudiantes de educación técnica ambiental sobre el impacto del COVID-19 en la calidad del aire

Resumen:

Debido a las medidas restrictivas, debido a la pandemia de COVID-19, se presentó un cambio en la calidad del aire relacionado con concentraciones de dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), monóxido de carbono (CO), material particulado de 2.5 y 10 micrómetros (PM_{2.5}, PM₁₀) y ozono (O₃) durante el período de bloqueo en ciudades globales representativas con movilidad urbana alterada. Este trabajo es una revisión integradora que analizó datos retrospectivos sobre la calidad del aire en trabajos publicados, de marzo de 2020 a marzo de 2021, en un escenario de restricciones antropogénicas en 28 ciudades globales, agrupadas en diferentes niveles en función de dinámicas económicas, políticas y burocráticas. Dados los resultados obtenidos, entre los contaminantes evaluados, el O₃ tuvo su concentración aumentada (63 %) o reducida (43,6 %), los demás mostraron una reducción significativa, en el rango de 0,2 (PM_{2,5}) a 72,7 % (NO). Aunque los resultados fueron fugaces, el estudio mostró que el período de confinamiento proporcionó una reducción de los niveles de contaminantes en el aire y señaló estrategias de control continuo para mantenerlos reducidos, incentivando la mejora del transporte público, la adopción de políticas públicas, mejorando las estrategias de mitigación y apoyando medidas eficientes para proteger la salud humana y el medio ambiente, garantizando el bienestar social durante y después de la pandemia de COVID-19. La revisión integradora, con la calidad del aire como tema base, brindó a los estudiantes de la carrera técnica ambiental las bases del arte de la investigación, convirtiéndola en una estrategia efectiva de enseñanza-aprendizaje.

Palabras clave: Calidad del Aire, Medidas Restrictivas, COVID-19, Ciudad Global, Ozono, Enseñanza-Aprendizaje.

INTRODUÇÃO

Em Wuhan, província de Hubei (China) surgiram casos de pneumonia em dezembro de 2019. Após sequenciamento genético de amostras do trato respiratório foi identificado um novo coronavírus (síndrome respiratória aguda grave coronavírus 2 - SARS-CoV-2) (FARIDI *et al.*, 2021; HUANG *et al.*, 2020). Em 31 de dezembro de 2019, as autoridades chinesas alertaram a Organização Mundial de Saúde (OMS) sobre a possível epidemia. Entretanto, desde 31 de

dezembro de 2019, o vírus se disseminou por todo o mundo (África, Ásia, Américas, Europa e Oceania) (JOHNS HOPKINS 2020). Em 12 de março de 2020 foi anunciado pela Organização Mundial de Saúde um quadro de pandemia (WHO, 2020). E, no Brasil foi confirmado o primeiro caso em 26 de fevereiro de 2020 em São Paulo (CRODA *et al.*, 2020).

A pandemia provocou um desafio as comunidades, organizações de saúde e a economia mundial (FARIDI *et al.*, 2021). Diante do aumento do número de casos em diversos países, grande parte destes adotaram medidas restritivas a fim de evitar a disseminação do vírus e o colapso na saúde, em especial em relação aos recursos hospitalares e as unidades de terapia intensiva (SICILIANO *et al.*, 2020a). Foram implementados bloqueios ou medidas de quarentena e/ou isolamento que causaram mudanças significativas diretas e/ou indiretas na educação, na economia, na cultura, no turismo e nas questões socioambientais em todo mundo (SICARD *et al.*, 2020; FARIDI *et al.*, 2021).

Em diversos países as atividades essenciais permaneceram em funcionamento, considerando o número de pessoas no ambiente e com horário diferenciado, como bancos, farmácias, supermercados, *pet-shops* e, as atividades industriais, de construção e de serviços de saúde não foram interrompidas. Entretanto, medidas restritivas foram adotadas em vários países, as mais comuns foram: distanciamento social, proibição de eventos públicos, fechamento de escolas, universidades, praias, parques, locais públicos religiosos e comércio não essencial, limitação quase total de circulação nas fronteiras externas/internas e redução significativa das viagens de trem, ônibus, metrô e avião, restringindo assim o uso do transporte coletivo. E, sempre que possível adotou-se o *home-office* (FARIDI *et al.*, 2021; LIU *et al.*, 2021; FU *et al.*, 2020; SICILIANO *et al.*, 2020 a,b). Tais medidas restringiram a circulação de pessoas nas ruas e espaços públicos, e assim segundo Faridi *et al.* (2021) houve uma redução de 37 a 94 % na circulação de pessoas caminhando pelas ruas, de 30 a 88 % no fluxo de veículos e de 45 a 94 % no uso do transporte público. Diante deste fato, diversos autores apontam que o *lockdown* na pandemia COVID-19 conteve consideravelmente a mobilidade humana, proporcionando à diminuição das emissões de poluentes do ar (COLLIVIGNARELLI *et al.*, 2020; MAHATO *et al.*, 2020; NAKADA & URBAN., 2020; SICARD *et al.*, 2020).

Grande parte das cidades globais sofrem impactos severos relacionados a poluição atmosférica, provocando em todo mundo cerca de sete milhões de mortes devido a danos causados ao sistema cardiorrespiratório (WHO, 2021). E, sem alterações substanciais nos

padrões de emissões atuais, contabiliza-se um incremento superior a 50 % nesse número de mortes até 2050 (LELIEVELD *et al.*, 2015). Promovendo assim a poluição do ar como a principal causa ambiental de mortes prematuras no mundo, superando a falta de saneamento e a poluição hídrica (OECD, 2012). Os principais poluentes emitidos e monitorados rotineiramente em cidades globais são compostos de nitrogênio ($\text{NO}_x = \text{NO}, \text{NO}_2$), monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre (SO_2) e partículas finas e inaláveis ($\text{MP}_{2.5}, \text{MP}_{10}$) cuja origem antrópica tem como principais fontes: combustão residencial, combustão em usinas de energia, processos industriais, agricultura e transporte (rodoviário e não rodoviário). O ozônio (O_3) é um poluente secundário, também monitorado, formado a partir de reações fotoquímicas, cujos precursores são NO_x e uma complexidade de compostos orgânicos voláteis (COV) (CETESB, 2021; FU *et al.*, 2020).

Lopuszanska e Samardakiewicz (2020) estudaram o impacto negativo da poluição atmosférica em relação ao sistema nervoso central. Sendo observado alterações no desenvolvimento cerebral, cognitivo e psicomotor de crianças e adolescentes. A revisão demonstrou que altas concentrações de poluentes atmosféricos estavam relacionadas a redução na capacidade de atenção, de memória, apresentando inteligência verbal e habilidades motoras finas prejudicadas. Diversos estudos avaliaram a associação entre poluentes atmosféricos e a admissão hospitalar por acidente vascular encefálico, doença pulmonar obstrutiva crônica, infarto do miocárdio, câncer de pulmão, asma e ao risco de morbidade e mortalidade (BODOR *et al.*, 2021; HU *et al.*, 2021; NHUNG *et al.*, 2020; ALI *et al.*, 2019; CHEN *et al.*, 2020). Desta forma, os poluentes atmosféricos estão associados ao desenvolvimento e/ou agravamento de doenças respiratórias, cardiovasculares e neurocomportamentais (FU *et al.*, 2020).

A saúde é um bem público e precisa ser preservado. Entretanto, o aumento da concentração dos poluentes atmosféricos, em especial devido ao uso e combustíveis fósseis, tem causado um impacto global de grande intensidade sobre o clima, ecossistemas e conseqüentemente agravando os problemas de saúde das populações. E, de forma geral, nos grandes centros urbanos, a qualidade do ar é extremamente influenciada pelas emissões de poluentes de fontes veiculares (SILVA & ARBILLA, 2022; TESSUM *et al.*, 2022; JAIN *et al.*, 2022).

Uma cidade global apresenta elevado grau de desenvolvimento a nível estrutural, político e econômico. Tais cidades controlam as principais decisões burocráticas, sediam as

principais organizações e instituições internacionais públicas e privadas, como multinacionais, bolsa de valores, centros universitários e de pesquisa de alta tecnologia, diversidade e qualidade de transporte, serviços urbanos de alta padrão e tecnologia avançada no setor de telecomunicações (MENDES, 2020). Em suma, segundo a Rede de Pesquisa *Globalization and World Cities* (GaWC), com sede em Loughborough e na Ghent University, uma cidade global se caracteriza por sua ampla conexão com o mundo e grau de integração com a economia mundial. Estas, segundo o nível de influência que exercem, se distribuem hierarquicamente em três níveis ou categorias, Alfa, Beta e Gama, baseadas no poder de influência desses centros urbanos. As Alfa++ são as mais integradas à economia global em relação as demais, sendo estas Nova York e Londres, os principais centros financeiros da atualidade, reunindo as decisões prioritárias e os serviços da economia internacional (GaWC, 2021). As Alfa+ complementam as Alfa++ em relação a serviços que intensificam a economia e as Alfa proporcionam a ligação entre as principais regiões econômicas à economia mundial. As cidades Beta aproximam regiões econômicas secundárias à economia mundial e as Gama são cidades que relacionam regiões econômicas menores à economia mundial (CIDADES GLOBAIS, 2021; GaWC, 2021; LUL, 2020).

As cidades globais também enfrentam problemas relacionados à poluição, congestionamento, falta de saneamento básico, falta de moradia e desemprego, entre outros (CIDADES GLOBAIS, 2021). Tal conjuntura favorece à rápida transmissão de doenças, visto que muitas pessoas vivem em uma pequena região geográfica, com relações comerciais e sociais (SIGLER *et al.*, 2021).

Diante do exposto, estudos recentes (LIU *et al.*, 2021; FARIDI *et al.*, 2021; HERNÁNDEZ-PANIAGUA *et al.*, 2021; BRAY *et al.*, 2021; FU *et al.*, 2020; CHEN *et al.*, 2020; CONNERTON *et al.*, 2020; MAHATO *et al.*, 2020; VENTER *et al.*, 2020; DEBONE *et al.*, 2020; NAKADA & URBAN, 2020; SICILIANO *et al.*, 2020a,b) indicaram que as medidas restritivas contribuíram para melhoria na qualidade do ar de representativas cidades globais. Desta forma, este trabalho teve como principal objetivo ensinar aos alunos do ensino técnico de meio ambiente a arte de pesquisar, realizando uma comparação, através de pesquisas já existentes, avaliando as alterações na qualidade do ar durante o *lockdown* em 28 cidades globais nos cinco continentes, tendo-se como perspectiva fornecer informações úteis em relação as estratégias de controle da qualidade do ar para o período pós-pandêmico, bem como os benefícios a saúde associados.

METODOLOGIA

Esta revisão integrativa foi realizada por alunos do curso técnico de Meio Ambiente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro *campus* Rio de Janeiro. Onde durante o período pandêmico, realizou-se a iniciação científica abordando os métodos e técnicas da metodologia científica. Aprendendo assim, a delimitação de uma pesquisa, a definição adequada de palavras-chave, a realização de levantamento bibliográfico com o uso de ferramentas de busca, bem como, leitura de artigos e extração de dados, para tratar e avaliar resultados. Sendo assim, foram capacitados didaticamente a fazer pesquisa bibliográfica através de um aprofundamento teórico e científico. Bem como, a escrever texto científico para congressos e revistas indexadas. Desta forma, torna-se salutar a divulgação de tal iniciativa, apontando a eficácia desta estratégia de ensino aprendizagem.

Tal pesquisa é de natureza exploratória, bibliográfica e documental, tratando-se de uma revisão integrativa, que teve como objetivo analisar pesquisas relevantes, e através dessas foi possível realizar uma síntese de variados estudos publicados, possibilitando conclusões gerais a respeito de uma determinada área de estudo, alterações da qualidade do ar durante a pandemia COVID-19 (MENDES *et al.*, 2008).

A revisão integrativa compreende cinco fases, a saber: seleção da pergunta norteadora (quais alterações têm sido observadas na qualidade do ar em cidades globais num cenário de restrição antrópica diante das primeiras medidas restritivas?); seleção da amostra (pesquisas em acordo com os critérios de inclusão e exclusão); particularidade dos estudos, isto é, são definidas as informações que serão coletadas dos estudos, a partir de critérios preestabelecidos; analisar e interpretar os resultados em consonância com os critérios de inclusão e exclusão e apresentação e divulgação dos resultados.

O objeto de estudo foi a geração de conhecimento a partir de artigos com dados retrospectivos relacionados ao tema qualidade do ar em tempos de pandemia.

A busca de artigos consistiu em consulta às seguintes bases de periódicos: *Science direct*, Portal de Periódicos do CAPES, Google Acadêmico e SciELO.

A fim de realizar a revisão integrativa foram estabelecidos alguns critérios de inclusão, a saber: artigos exclusivamente na língua inglesa; artigos relacionando o impacto do *lockdown* na qualidade do ar em cidades globais seguindo sua classificação; artigos publicados no

período de março de 2020 a março de 2021; definição das seguintes palavras-chave: covid-19, SARS-CoV-2, qualidade do ar e o nome da respectiva cidade global seguindo o critério de classificação em relação a influência que exercem mundialmente. Estas foram selecionadas após estudo sobre cidade global, objetivando avaliar as cidades globais em suas diferentes classificações, pois mesmo cidades desenvolvidas são agrupadas em diferentes níveis, em função de sua dinâmica econômica, política e burocrática. Sendo selecionadas 28 cidades globais, seguindo a classificação Alfa, Beta e Gama, a saber: Nova Iorque, Londres, Paris, Xangai, Tóquio, Sydney, Milão, Madrid, Moscou, Los Angeles, Cidade do México, São Paulo, Seul, Nova Deli, Istambul, Joanesburgo, Buenos Aires, Berlim, Roma, Santiago, Bogotá, Lima, Lagos, Rio de Janeiro, Hyderabad, Lahore, Edmonton e Islamabad.

A partir do tratamento e análise dos dados secundários, tem-se como expectativa fornecer considerações úteis em relação às estratégias de controle da qualidade do ar para o período pós-pandêmico, bem como os benefícios à saúde associados.

O critério de exclusão foi: artigos publicados após março de 2021 foram desconsiderados, viabilizando uma comparação entre as alterações ocorridas na qualidade do ar em cidades globais num cenário de restrição antrópica, em suas primeiras medidas restritivas. Cabe destacar que se tomou o cuidado em excluir os artigos que se repetiam entre as bases. Foram selecionados 30 artigos, sendo 11 no Portal de Periódicos Capes, 17 no *Science direct*, 1 no Google Acadêmico e 1 no SciELO. A partir desse resultado, foi elaborado um quadro para análise dos artigos selecionados, com as informações mais relevantes de cada pesquisa: Ferramentas de busca; título; autores; ano de publicação; periódico; país; objetivo; poluentes avaliados e resultados. O Quadro 1 apresenta a sistematização dos artigos selecionados

Quadro 1. Sistematização dos artigos selecionados para a revisão integrativa da literatura

Base de dados ou ferramentas de busca	Título	Autores	Ano de publicação	Periódico	País (es)	Objetivo	Poluentes avaliados	Resultados
Portal Capes	Spread of COVID-19, Meteorological Conditions and Air Quality in the City of Buenos Aires, Argentina: Two Facets Observed during Its Pandemic Lockdown.	Bolaño-Ortiz T. R.; Pascual-Flores, R. M.; Puliafito, S. E.; Camargo-Cacedo, Y.; Berná-Peña, L. L.; Ruggeri, M. F.; Cereceda-Balic, F. (2020).	2020	Atmosphere	Argentina	Estudar a disseminação e mortes causadas pela COVID-19 relacionado as condições meteorológicas	PM ₁₀ e NO ₂	O estudo mostra que a exposição a poluição do ar foi significativamente correlacionada com um risco aumentado de se infectar e morrer devido ao COVID-19.
Science direct	Impact of lockdown during the COVID-19 outbreak on multi-scale air quality.	Bray, C.D.; Nahas, A.; Battye, W.H.; Aneja, V.P.	2021	Atmospheric Environment	Europa, EUA, China e Índia	Examinar as mudanças de concentração de poluentes do ar (ou seja, monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrogênio (NO ₂), dióxido de enxofre (SO ₂), ozônio (O ₃) e partículas (PM _{2,5} e PM ₁₀) durante a período de março a abril de 2020.	CO, NO ₂ , SO ₂ , O ₃ , PM _{2,5} e PM ₁₀	O declínio nas concentrações de CO, NO ₂ , SO ₂ , PM _{2,5} e PM ₁₀ durante o período de análise e um aumento na concentração de ozônio.
Science direct	Nonuniform impacts of COVID-19 lockdown on air quality over the United States.	Chen, L.-W. A.; Chien, L.-C.; Li, Y.; Lin, G.	2020	Science of The Total Environment	EUA	Mostrar como os poluentes se comportaram com a diminuição das atividades econômicas e fornecer uma visão sobre potenciais benefícios para a saúde pública com uma gestão mais agressiva da qualidade do ar.	NO ₂ , CO, PM _{2,5} e PM ₁₀ , O ₃	No geral, os poluentes apresentaram comportamentos parecidos, exceto o O ₃ que teve aumento. Pois seu consumo está relacionado com a existência do NO ₂ , que teve emissões reduzidas durante os bloqueios.
Science direct	Lockdown for CoViD-2019 in Milan: What are the effects on air quality?	Collivignarelli, M. C.; Abbà, A., Bertanza, G.; Pedrazzani, R.; Ricciardi, P.; Carnevale Miino, M.	2020	Science of The Total Environment	Itália	Estudar o impacto do bloqueio parcial e total (PL e TL, respectivamente) na qualidade do ar na Cidade Metropolitana de Milão.	NOx, O ₃ , CO, SO ₂ , C ₆ H ₆ , PM ₁₀ e PM _{2,5} , carbono preto e NH ₃	A severa limitação da circulação de pessoas após o PL e a LT subsequente determinou uma redução significativa da concentração de poluentes principalmente devido a redução do tráfego de veículos queda apreciável de SO ₂ apenas na cidade de Milão. O O ₃ apresentou um aumento significativo.

Portal Capes	Air Quality during COVID-19 in Four Megacities: Lessons and Challenges for Public Health.	Connerton, P.; Vicente de Assunção, J.; Maura de Miranda, R.; Dorothee Slovic, A.; José Pérez-Martínez, P.; Ribeiro, H.	2020	International Journal of Environmental Research and Public Health	Brasil, França e EUA	Investigar os níveis de quatro poluentes atmosféricos	CO, O ₃ , PM _{2,5} e NO ₂	Os resultados indicaram reduções nos níveis de PM _{2,5} , CO e NO ₂ , com redução dos dois últimos apresentando significância estatística. Em contraste, os níveis de ozônio troposférico aumentaram, exceto em Los Angeles.
						- monóxido de carbono (CO), ozônio (O ₃), partículas finas (PM _{2,5}) e dióxido de nitrogênio (NO ₂) - durante		
						o mês de março de 2020, em comparação com 2015-2019.		
SCIELO	COVID-19 in Brazil: advantages of a socialized unified health system and preparation to contain cases.	Croda J; Oliveria WK; Frutuoso RL; Mandetta LH; Baia-da-Silva DC et al.	2020	Revista Sociedade Brasileira Medicina Tropical	Brasil	Apontar a evolução das condições de emergência em relação ao coronavírus e as ações públicas.	NA	O trabalho apresenta as diversas medidas foram implementadas, incluindo o ajustamento da questão legal relativa ao isolamento e a quarentena. Foram empreendidas no Brasil ações de preparação rápidas e robustas, enquanto os primeiros casos ainda não foram identificados na América Latina. O resultado desta preparação precoce deverá ser analisado em estudos futuros.
Science direct	The impact of COVID-19 partial lockdown on the air quality of the city of Rio de Janeiro, Brazil.	Dantas, G., Siciliano, B.; França, B. B.; da Silva, C. M.; Arbilla, G.	2020	Science of The Total Environment	Brasil	Discutir o impacto das medidas na qualidade do ar com base nas concentrações dos poluentes avaliados no período pré <i>lockdown</i> e durante o <i>lockdown</i> de 2019 no Rio de Janeiro, fornecendo, conseqüentemente, dados estatísticos sobre a variação da concentração dos poluentes	hidrocarbonetos, NOx, PM ₁₀ , NO ₂ , O ₃ , THC, O ₃ , CO	As concentrações variaram com diferenças substanciais entre os poluentes e entre as três estações de monitoramento estudadas. Os níveis de CO apresentaram as reduções mais significativas (30,3–48,5%), por estarem relacionados às emissões de veículos leves. O NO ₂ também mostrou reduções, enquanto os níveis de PM ₁₀ foram reduzidos apenas na primeira semana de bloqueio. As concentrações de O ₃ aumentaram provavelmente devido à diminuição do nível de óxidos de nitrogênio.

Portal Capes	90 Days of COVID-19 Social Distancing and Its Impacts on Air Quality and Health in São Paulo, Brazil.	Debone, D.; Costa, M.V da; Miraglia, S.G.E.K.	2020	Sustainability	Brasil	Discutir sobre as mudanças na qualidade do ar nos primeiros 90 dias de <i>lockdown</i> em São Paulo, destacando os impactos positivos na saúde e na economia, promovendo a adoção de medidas e estratégias para o aprimoramento da qualidade do ar, tal como a mitigação da poluição durante e após a crise global do COVID-19, em prol da manutenção do bem estar da saúde humana	PM ₁₀ , PM _{2,5} e NO ₂	Foi observada uma queda significativa na poluição do ar: 45% de PM ₁₀ , 46% de PM _{2,5} e 58% de NO ₂ , e foi estimado que essa melhoria significativa da qualidade do ar evitou mortes prematuras, custos sobre a saúde de aproximadamente US\$ 720 milhões sobre os custos de saúde. Os ganhos de saúde e econômicos associados à redução da poluição do ar dão uma perspectiva positiva dos esforços para manter a poluição do ar reduzida mesmo após a pandemia.
Science diretec	Season, not lockdown, improved air quality during COVID-19 State of Emergency in Nigeria.	Etchie, T. O.; Etchie, A. T.; Jauro, A.; Pinker, R. T.; Swaminathan, N.	2021	Science of The Total Environment,	Nigéria	Investigar se mudanças significativas na qualidade do ar na Nigéria ocorreram principalmente devido ao bloqueio do COVID-19 em todo o estado.	PM _{2,5} NOx e SO ₂	Durante o ano de 2020, foi encontrada uma queda de 21% ou 26% no nível médio de AODf em toda a Nigéria durante o bloqueio (abril) em comparação com o pré-bloqueio (março), ou durante a fase 1 de flexibilização (maio) em comparação com o bloqueio, respectivamente. Ao longo do período de 20 anos, os níveis de AODf foram os mais elevados em janeiro e os mais baixos em maio ou junho, mas não em abril.
Portal Capes	The effect of COVID-19 pandemic on human mobility and ambient air quality around the world: A systematic review.	Faridi, S.; Yousefian, F.; Janjani, H.; Niazi, S.; Azimi, F.; Naddafi, K.; & Hassanvand, M. S.	2021	Urban Climate	Malasia, China, Itália, Brasil, EUA, Índia, França e outros	Avaliar os efeitos que a Covid-19 teve na poluição atmosférica do mundo.	NO ₂ , SO ₂ , CO, O ₃ , PM ₁₀ , PM _{2,5} BTEX, BC	As medidas de bloqueio implementadas relacionadas com a pandemia COVID-19 diminuíram PM _{2,5} , NO ₂ , PM ₁₀ , SO ₂ e CO nos países e cidades em todo o mundo. O O ₃ aumentou durante as medidas de bloqueio.
Portal Capes	Impact of the COVID-19 Pandemic Lockdown on Air Pollution in 20 Major Cities around the World.	Fu, F.; Purvis-Roberts, K. L.; Williams, B.	2020	Atmosphere	China, Índia, Peru, Espanha, Irã, Rússia, Itália, França, Reino Unido, África do Sul, Austrália, EUA, Brasil, Alemanha, Coreia do Sul, Japão, Turquia.	Estimar a mudança na qualidade do ar em 20 grandes cidades em seis continentes com o advento da Covid-19.	NO ₂ , SO ₂ , CO, O ₃ , PM _{2,5} e PM ₁₀	Diminuição significativa das concentrações de NO ₂ , SO ₂ , CO, PM _{2,5} e PM ₁₀ foi observada em 20 megacidades do mundo em relação à 2019 e à média de 2017-2019 para o mesmo período.

Google Acadêmico	Impact of COVID -19 pandemic lockdown on distribution of inorganic pollutants in selected cities of Nigeria.	Fuwape, I. A.; Okpalaonwuka, C. T.; Ogunjo, S. T.	2020	Air Quality, Atmosphere & Health	Nigeria	Investigar o impacto do <i>lockdown</i> na poluição atmosférica de 3 cidades altamente povoadas na Nigéria.	NO ₂ , SO ₂ , O ₃ ,	Em relação ao NO ₂ os níveis aumentaram marginalmente em Lagos e Kaduna. No entanto, a cidade de Port Harcourt observou-se um decréscimo nos níveis de NO ₂ e SO ₂ . Níveis elevados de O ₃ foram observados durante o período de isolamento.
Portal Capes	COVID-19 lockdowns highlight a risk of increasing ozone pollution in European urban áreas.	Grange, S. K; Lee, J. D.; Drysdale, W. S.; Lewis, A. C.; Hueglin, C.; Emmenegger, L.; Carslaw, D.C.	2021	Atmospheric chemistry and physics	Itália, Espanha, França, Alemanha, Reino Unido, Suíça, Finlândia, Andorra, Áustria, Bélgica, Bulgária, Croácia, Chipre, Tcheco, Dinamarca, Estônia, Lituânia, Luxemburgo, Malta, Holanda, Macedônia do norte, Noruega, Polônia, Portugal, Romênia, Sérvia, Eslováquia, Suécia, Bósnia e Herzegovina	Analisar dados de 246 locais de monitorização da poluição atmosférica ambiente em 102 áreas urbanas e 34 países na Europa entre fevereiro e julho de 2020.	NO ₂ , O ₃	Em toda a Europa, estima-se que as concentrações de NO ₂ tenham sido 34 % e 32 % inferiores, enquanto o O ₃ era 30 % e 21 % mais elevado no ponto de máxima restrição da mobilidade.
Portal Capes	Impact of the COVID-19 Lockdown on Air Quality and Resulting Public Health Benefits in the Mexico City Metropolitan Area.	Hernández-Paniagua, I.Y.; Valdez, S.I.; Almanza, V.; Rivera-Cárdenas, C.; Grutter, M.; Stremme, W.; García-Reynoso, A.; Ruiz-Suárez, L.G.	2021	Frontiers in Public Health	México	Apresentar alterações nas concentrações de CO, NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , PM ₁₀ e PM _{2.5} com base em suas anomalias durante o Covid-19 parciais e total de bloqueios na Cidade do México.	CO, NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , PM ₁₀ e PM _{2.5}	Os resultados sugerem que, embora o NO ₂ tenha diminuído significativamente devido à redução das emissões dos veículos a motor, outros poluentes exigem políticas mais rigorosas de controle de emissões para sua redução. Estes resultados confirmam que para reduzir os níveis de O ₃ , as estratégias futuras devem ser introduzidas para reduzir as emissões de COV de outras fontes, em vez do que apenas de veículos a motor. Globalmente, a qualidade do ar melhorou durante o bloqueio em resposta à redução das concentrações de NO ₂ e PM _{2.5} , apesar do aumento dos níveis de O ₃ .

Science Direct	Temporary reduction in fine particulate matter due to 'anthropogenic emissions switch-off' during COVID-19 lockdown in Indian cities.	Kumar, P.; Hama, S.; Omidvarborna, H.; Sharma, A.; Sahani, J.; Abhijith, K.V.; Debele, S.E.; Zavala-Reyes, J.C.; Barwise, Y.; Tiwari, A.	2020	Sustainable Cities and Society	India	Investigar os impactos das medidas de mitigação Covid-19 na qualidade do ar ambiente em cinco cidades indianas (Chennai, Deli, Hyderabad, Kolkata e Mumbai), usando <i>in-situ</i> medições de 2015 a 2020.	PM _{2,5}	Foram observadas reduções substanciais nas concentrações de PM _{2,5} . De forma geral, cidades com maiores volumes de tráfego mostraram maiores reduções.
Portal Capes	Impacts of the COVID-19 lockdown on air quality and its association with human mortality trends in megapolis Mexico City.	Kutralam-Muniasamy, G.; Pérez-Guevara, F.; Roy, P.D.; Elizalde-Martínez, I.; Shruti, V.C.	2020	Air Quality, Atmosphere & Health	Mexico	Avaliar a qualidade do ar e sua associação com as taxas de mortalidade humana durante o bloqueio, estimando mudanças observadas em poluentes atmosféricos.	CO, NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , PM ₁₀ e PM _{2,5}	Poluentes como NO ₂ , SO ₂ e PM ₁₀ decresceram e o O ₃ cresceu durante o período de bloqueio em comparação para o período de pré-bloqueio, bem como a média histórica do mesmo intervalo dos últimos 5 anos.
Science Direct	Effects of COVID-19 lockdown on global air quality and health.	Liu, F.; Wang, M.; Zheng, M.	2021	Science of The Total Environment	Global	Quantificar os impactos de 8 tipos de medidas de bloqueio em relação as mudanças na qualidade do ar para manutenção da saúde humana e bem estar social.	NO ₂ , PM ₁₀ , SO ₂ , PM _{2,5} , CO, O ₃	O índice de qualidade do ar em relação ao NO ₂ , PM ₁₀ , SO ₂ , PM _{2,5} , CO reduziu, mas o O ₃ aumentou de 10 a 27%.
Science Direct	Effect of lockdown amid COVID-19 pandemic on air quality of the megacity Delhi, India.	Mahato, S.; Pal, S.; Ghosh, K. G.	2020	Science of The Total Environment	India	Com base na redução da poluição ocasionada pelo <i>lockdown</i> imposto na Índia, apresentar dados estatísticos da variação da qualidade do ar durante e antes do <i>lockdown</i> como complemento aos órgãos reguladores, demonstrando como o controle da fonte de poluição pode afetar, positivamente, a qualidade do ar.	PM ₁₀ , PM _{2,5} , SO ₂ , NO ₂ , CO, O ₃ e NH ₃	Os resultados demonstraram que, durante o bloqueio, a qualidade do ar é significativamente melhorada. Entre os poluentes selecionados, as concentrações de PM ₁₀ e PM _{2,5} registraram uma redução máxima em comparação com a fase de pré-bloqueio. Entre outros poluentes, o nível de NO ₂ e CO também reduziram durante a fase de bloqueio.

Science Direct	Investigating connections between COVID-19 pandemic, air pollution and community interventions for Pakistan employing geoinformation Technologies.	Mehmood, K.; Bao, Y.; Petropoulos, G.P.; Abbas, R.; Abrar, M.M.; Saifullah; Mustafa, A.; Soban, A.; Saud, S.; Ahmad, M.; Hussain, I.; Fahad, S.	2021	Chemosphere	Paquistão	Investigar o efeito de grandes intervenções em três das quatro províncias do Paquistão para o período desde o início do COVID-19 em 22 de março de 2020, até 30 de junho de 2020, quando os bloqueios começaram a ser facilitados.	NO ₂ , PM _{2.5}	Média máxima de PM _{2.5} foi registada para Lahore durante o bloqueio rigoroso (L). O valor obtido é três vezes maior do que o preconizado pela US-EPA e quatro vezes para as diretrizes da OMS. A maioria dos lugares de amostragem em Lahore apresentaram níveis de NO ₂ aumentados em comparação com 2019 durante o período "L".
Science Direct	Air quality variations in Northern South America during the COVID-19 lockdown.	Mendez-Espinosa, J. F.; Rojas, N. Y.; Vargas, J.; Pachón, J. E.; Belalcazar, L. C.; Ramírez, O.	2020	Science of The Total Environment	EUA	Analisar, o comportamento de poluentes atmosféricos durante a implementação da SARS-Bloqueio COV-2 em duas cidades populosas da região: Bogotá e Medellín na Colômbia.	PM ₁₀ , PM _{2.5} e NO ₂	A análise mostrou reduções de concentração de NO ₂ , PM ₁₀ e PM _{2.5} no período de bloqueio.
Science Direct	COVID-19 pandemic: Impacts on the air quality during the partial lockdown in São Paulo state, Brazil.	Nakada, L.Y.K.; Urban, R.C.	2020	Science of the Total Environment	Brasil	Avaliar os impactos na qualidade do ar em São Paulo – Brasil, durante o <i>lockdown</i> implementado para proporcionar o distanciamento social necessário devido à pandemia COVID-19.	PM ₁₀ , NO, NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , CO, NO, PM _{2.5}	Considerando que o Brasil está localizado no hemisfério sul e, portanto, apresenta diferenças meteorológicas relevantes quando comparadas com a Europa e Ásia, melhorias significativas na qualidade do ar foram observadas durante o <i>lockdown</i> parcial em São Paulo.
Science Direct	Lessons from the COVID-19 air pollution decrease in Spain: Now what?	Querol, X.; Massagué, J.; Alastuey, A.; Moreno T.; Gangoiti, G.; Mantilla, E.; Cornide, M. J.	2021	Science of The Total Environment	Espanha	Obter uma visão geral das mudanças de qualidade do ar com a Covid-19 em 11 metrópoles na Espanha.	CO, SO ₂ , O ₃ , PM ₁₀ , PM _{2.5} , NO, NO ₂ , NH ₃	Os níveis de NO ₂ caíram abaixo de 50% das diretrizes anuais da OMS para a qualidade do ar, mas as concentrações de PM _{2.5} foram reduzidas menos do que o esperado devido ao aumento das contribuições da queima de biomassa agrícola e doméstica, ou devido condições meteorológicas desfavoráveis a dispersão. Mesmo durante o bloqueio, o PM _{2.5} anual foi ultrapassado em cidades dentro das regiões nordeste e leste. Elevadas emissões de NH ₃ da agricultura. Média diária de O ₃ registou uma diminuição

								generalizada na área rural. A concentração de O ₃ foi ultrapassado durante o bloqueio e períodos de relaxamento completos em várias cidades.
Science Direct	Amplified ozone pollution in cities during the COVID-19 lockdown.	Sicard, P.; De Marco, A.; Agathokleous, E.; Feng, Z.; Xu, X.; Paoletti, E.; Calatayud, V.	2020	Science of The Total Environment	Italia, Espanha, China, França	Destacar o desafio de reduzir a formação de poluentes secundários, como o O ₃ , mesmo com medidas rigorosas para controlar as emissões primárias de poluentes.	O ₃	A média das concentrações de O ₃ aumentou nas estações urbanas em Nice, Roma, Turim, Valência e em Wuhan durante o bloqueio em 2020. Este aumento das concentrações de O ₃ é explicado principalmente por uma redução sem precedentes das emissões de NO _x , levando a uma menor formação de O ₃ pôr NO.
Portal Capes	The Impact of COVID-19 Partial Lockdown on Primary Pollutant Concentrations in the Atmosphere of Rio de Janeiro and São Paulo Megacities (Brazil).	Siciliano, B.; Carvalho, G.; da Silva, C. M.; Arbilla, G.	2020	Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology	Brasil	Analisar o impacto do distanciamento social medidos com a concentração de três poluentes primários: PM ₁₀ , NO ₂ e CO.	PM ₁₀ , NO ₂ e CO	Os níveis de CO apresentaram as reduções mais significantes (até 100%), uma vez que está relacionado com as emissões veiculares de veículo leve. O NO ₂ também apresentou reduções, enquanto os níveis de PM ₁₀ só foram reduzidos na 1ª semana de bloqueio.
Science Direct	Increased ozone levels during the COVID-19 lockdown: Analysis for the city of Rio de Janeiro, Brazil.	Siciliano, B.; Dantas, G.; Silva C.M. da; Arbilla, G.	2020	Science of the Total Environment	Brasil	Analisar os comportamentos dos poluentes NO _x , O ₃ e CO durante o período da pandemia.	NO _x , O ₃ e CO	Embora os níveis de CO e NO ₂ tenham diminuído significativamente, os níveis de PM ₁₀ só foram reduzidos na primeira semana de bloqueio parcial. Em contraste, os níveis de O ₃ aumentaram em todos os locais estudados.

Portal Capes	The socio-spatial determinants of COVID-19 diffusion: the impact of globalisation, settlement characteristics and population.	Sigler T.; Mahmuda, S.; Kimpton, A.; Loginova, J.; Wohland, P.; Charles-Edwards, E.; Corcoran, J.	2021	Global Health	Afeganistão, Azerbaijão, Burkina Faso, Costa Rica, Finlândia, Indonésia, Jordânia, México, Noruega, Catar, Singapura, Togo, Albânia, Bahrein, Camboja, Croácia, França, Irã, Kuwait, Moldávia, Omã, República da Coreia, África do Sul, Tunísia, Argélia, Bangladesh, Camarões, República Tcheca, Geórgia, Iraque, Letônia, Mongólia, Paquistão, Romênia, Espanha, Ucrânia, Argentina, Bielorrússia, Canadá, Dinamarca, Alemanha, Irlanda, Líbano, Marrocos, Panamá, Federação Russa, Sri Lanka, Emirados Árabes Unidos, Armênia, Bélgica, Chile, República Dominicana, Grécia, Israel, Lituânia, Nepal, Paraguai, Arábia Saudita, Suécia, Reino Unido, Austrália, Brasil, China, Equador, Hungria, Itália, Macedônia, Holanda, Peru, Senegal, Suíça, Estados Unidos, Áustria, Bulgária, Colômbia, Egito, Índia, Japão, Malásia, Nigéria, Polônia, Sérvia, Tailândia, Vietnã	Relatar a difusão do Covid-19 durante um período de seis semanas em março e abril de 2020.	NA	O modelo de regressão quântica sugere que a globalização, as características populacionais relacionadas com a elevada mobilidade humana e a interação preveem a difusão reportada da doença. O nível de desenvolvimento humano e a população total prevêem a difusão do Covid-19 em países com um elevado número de casos reportados (por milhão), enquanto o tamanho das famílias, as populações mais idosas e a globalização ligada à interação humana prevêem a difusão do Covid-19 em países com um número reduzido de casos reportados (por milhão). A densidade populacional e as características populacionais, tais como a população total, as populações mais idosas e o tamanho das famílias são fortes preditores nas primeiras semanas, mas têm um impacto silenciado ao longo do tempo na difusão relatada do Covid-19. Em contrapartida, os impactos da globalização interpessoal e comercial são reforçados ao longo do tempo, indicando que a mobilidade humana pode explicar melhor a difusão sustentada da doença.
--------------	---	---	------	---------------	--	--	----	--

Science Direct	Assessing the impact of COVID-19 pandemic on urban transportation and air quality in Canada.	Tian, X; An, C; Chen, Z; Tian, Z.	2021	Science of The Total Environment	Canadá	O estudo tem como objetivo, através do conhecimento estatístico adquirido nos tempos de pandemia e <i>lockdown</i> , fornecer uma nova visão sobre o uso dos transportes urbanos e propostas para a manutenção da qualidade do ar do país.	NO ₂ e CO	Devido ao bloqueio após o surto de COVID-19, o consumo de gasolina e as emissões estimadas de CO ₂ dos veículos urbanos no Canadá diminuíram continuamente com um nível mais baixo em abril de 2020. O Índice de Saúde da Qualidade do Ar (AQHI), revelou que o nível de congestionamento urbano e de concentração de NO ₂ e CO tinham uma forte relevância com o período COVID-19, enquanto o SO ₂ não mostrava uma relação significativa.
Science Direct	Air pollution and COVID-19 lockdown in a large South American city: Santiago Metropolitan Area, Chile.	Toro, R. A.; Catalán, F.; Urdanivia, F.R.; Rojas, J.P.; Manzano, C. A.; Seguel, R.; Gallardo, L.; Osses, M.; Pantoja, N.; Leiva-Guzman, M.A.	2021	Urban Climate	Chile	Apresentar um estudo comparativo entre as concentrações de PM ₁₀ , PM _{2,5} , NO _x , CO e O ₃ durante os meses de março a maio de 2020 e as concentrações correspondentes durante o mesmo período em 2017-2019.	O ₃ , NO ₂ , CO, NO, MP _s	As variações relativas médias das emissões de tráfego (entre 61% e 68%) implicaram reduções estatisticamente significativas de concentrações de NO _x , CO e PM _{2,5} , durante o período pandêmico em comparação com o período histórico. Em contrapartida, a concentração média de O ₃ aumentou 63% em 2020 face a 2017-2019. A resposta não linear observada nos níveis de poluição pode ser atribuída às alterações dos padrões de emissão veicular durante a pandemia e ao papel de outras fontes, como as emissões residenciais ou formação de poluentes secundários.
Portal Capes	COVID-19 lockdowns cause global air pollution declines.	Venter, Z. S.; Aunan, K.; Chowdhury, S.; Lelieveld, J.	2020	PNAS	NA	Analisar os comportamentos dos poluentes PM _{2,5} , O ₃ e NO ₂ durante o período do <i>lockdown</i> .	PM _{2,5} , O ₃ , NO ₂	Foi observado declínios no NO ₂ ao nível do solo e PM _{2,5} registadas por estações de qualidade do ar em 34 países durante 2020. Em contraste, o O ₃ aumentou 105%.
Science Direct	Enhanced atmospheric oxidation capacity and associated ozone increases during COVID-19 lockdown in the Yangtze River Delta.	Wang, Y.; Zhu, S.; Ma, J.; Shen, J.; Wang, P.; Wang, P.; & Zhang, H.	2021	Science of The Total Environment	China	Analisar os comportamentos dos poluentes NO _x , O ₃ , CO, SO ₂ e PM _{2,5} durante o período da pandemia.	PM _{2,5} , O ₃ , NO _x , SO ₂ , CO	Os resultados mostram um aumento significativo da capacidade de oxidação atmosférica (AOC) indicado por níveis de oxidantes aumentados (até +25%), induzindo a elevação da concentração de O ₃ durante o bloqueio.

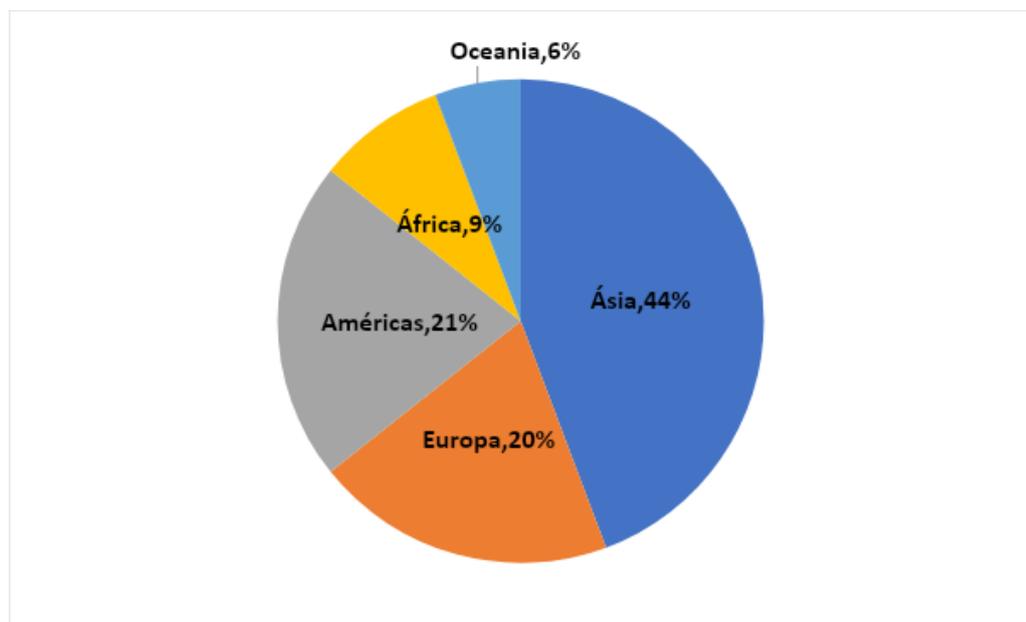
Fonte: Própria.

RESULTADOS

Contribuição científica

Considerando os mecanismos de busca apontados na metodologia, foram selecionados 30 artigos que foram examinados em relação ao ano (período do estudo), assunto, poluentes e região onde ocorreu a coleta de dados. O Gráfico 1 apresenta o resultado da contribuição para este trabalho de artigos relevantes publicados no período de coleta de dados (março 2020 a março 2021) dos respectivos continentes.

Gráfico 1. Percentual de contribuição de artigos no período de coleta de dados nos respectivos continentes.



Fonte: Própria.

Qualidade do ar nas cidades globais avaliadas

Diante dos artigos selecionados neste estudo, considerando os mecanismos de busca, o conceito de cidade global e suas classificações e os resultados retrospectivos avaliados verificou-se mudanças na qualidade do ar nas diversas cidades globais, estudando-se em especial os principais poluentes legislados: $MP_{2.5}$, MP_{10} , SO_2 , NO_2 , CO e O_3 . Os resultados de tal avaliação são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Variação percentual relativa (%) na qualidade do ar dos poluentes estudados durante o *lockdown* nas respectivas cidades globais em relação ao mesmo período em 2019.

Continente	País	Cidade Global	Classificação	Período de Coleta	Técnica de Coleta	O3	NO2	CO	SO2	NO	MP2,5	MP10	Referências
América do Norte	EUA	Nova Iorque	Alfa +++	25/01 até 07/03 (P0) e 15/03 até 25/04 (P1)	Data acquired from 28 long-term air quality stations across the U.S.	8,0%	-40,0%	-37,0%	NA	NA	-29,0%	NA	Chen et al., 2020
Europa	Inglaterra	Londres	Alfa +++	NA	NA	48,0%	-37,8%	-53,5%	0,6%	NA	-14,0%	-10,0%	Fu et al., 2020
Europa	França	Paris	Alfa +	NA	NA	12,2%	-39,3%	-33,3%	NA	NA	-28,2%	NA	Connerton et al., 2020
Ásia	China	Xangai	Alfa +	pré-bloqueio (5 de janeiro a 22); períodos de bloqueio (23 de janeiro a 29 de fevereiro)	-	12,0%	NA	-35,0%	-42,0%	NA	-34,0%	NA	Wang et al., 2021
Ásia	Japão	Tóquio	Alfa +	15/03 a 3/4 (Fu)	NA	-6,7%	-19,5%	7,3%	-28,1%	NA	-11,4%	-11,0%	Fu et al., 2020
Oceania	Austrália	Sydney	Alfa +	NA	NA	-11,0%	NA	-24,0%	NA	5,6%	-29,2%	-17,0%	Fu et al., 2020

Continentes	País	Cidade Global	Classificação	Período de Coleta	Técnica de Coleta	O3	NO2	CO	SO2	NO	MP2,5	MP10	Referências
Europa	Itália	Milão	Alfa	01/01/2020 a 01/04/2020	NA	252,3%	-61,4%	-57,6%	-25,4%	NA	-47,4%	-48,0%	<i>Collivignarelli et al., 2020</i>
Europa	Espanha	Madrid	Alfa	NA	NA	8,0%	-56,0%	-10,0%	-32,0%	NA	NA	NA	<i>Querol et al., 2021</i>
Europa	Rússia	Moscou	Alfa	NA	NA	6,4%	-39,8%	-18,7%	-25,8%	NA	-25,9%	-42,5%	<i>Fu et al., 2020</i>
América do Norte	EUA	Los Angeles	Alfa	25/01 até 07/03 (P0) e 15/03 até 25/04 (P1)	Data acquired from 28 long-term air quality stations across the U.S.	-17,0%	-34,0%	-34,0%	NA	NA	-41,0%	-57,0%	<i>Chen et al., 2020</i>
América do Norte	México	Cidade do México	Alfa	NA	NA	14,0%	-33,0%	-29,0%	-36,0%	NA	-19,0%	-25,0%	<i>Kutralam-Muniasamy et al., 2020</i>
América do Sul	Brasil	São Paulo	Alfa	24/03/20 - 20/04/20	-	31,5%	-46,5%	-64,8%	NA	-72,7%	NA	NA	<i>Nakada et al., 2020</i>
Ásia	Coreia do Sul	Seul	Alfa -	em 19/08/2021	-	10,2%	-25,8%	-14,6%	-20,8%	NA	-0,2%	0,2%	<i>Fu et al., 2020</i>
Ásia	Índia	Nova Deli	Alfa -	NA	NA	36,3%	-60,0%	-34,0%	-31,7%	NA	-27,6%	-45,9%	<i>Fu et al., 2020</i>
Ásia	Turquia	Istambul	Alfa -	NA	NA	-43,6%	-19,9%	2,9%	29,3%	NA	-3,4%	-19,0%	<i>Fu et al., 2020</i>
África	África do Sul	Joanesburgo	Alfa -	NA	NA	9,0%	-23,0%	5,0%	-13,9%	NA	-31,3%	-33,1%	<i>Fu et al., 2020</i>
América do Sul	Argentina	Buenos Aires	Alfa -	NA	NA	NA	-19,0%	NA	NA	NA	NA	-37,0%	<i>Bolaño-Ortiz et al., 2020</i>

Continente	País	Cidade Global	Classificação	Período de Coleta	Técnica de Coleta	O3	NO2	CO	SO2	NO	MP2,5	MP10	Referências
Europa	Alemanha	Berlim	Beta +	NA	NA	3,9%	-17,6%	NA	29,5%	NA	-22,5%	-10,3%	<i>Fu et al., 2020</i>
Europa	Itália	Roma	Beta +	NA	NA	2,9%	-36,4%	NA	-398,0%	NA	8,3%	-1,8%	<i>Fu et al., 2020</i>
América do Sul	Chile	Santiago	Beta +	Março, Abril, Maio de 2020	-	63,0%	-42,0%	-13,0%	NA	-66,0%	-11,0%	-5,2%	<i>Toro et al., 2021</i>
América do Sul	Colômbia	Bogotá	Beta +	20/03 a 30 de junho de 2020.	NA	NA	-60,0%	NA	NA	NA	-34,0%	-39,0%	<i>Mendez-Espinosa et al., 2020</i>
América do Sul	Peru	Lima	Beta	NA	NA	-42,9%	-50,5%	-61,8%	-35,2%	NA	-19,4%	-31,7%	<i>Fu et al., 2020</i>
África	Nigéria	Lagos	Beta -	Dados de janeiro até abril de 2020	Utilização do OMI (Ozone monitoring instrument) para coleta de O3, SO2, NO2, e aerossol.	2,2%	-1,4%	NA	54,1%	NA	NA	NA	<i>Etchie et al 2021 e Fuwape et al 2021</i>
América do Sul	Brasil	Rio de Janeiro	Beta -	30/03 até 24/05 (Bangu)	NA	17,0%	-32,1%	-30,4%	NA	NA	NA	2,5%	<i>Dantas et al., 2020</i>

Continentes	País	Cidade Global	Classificação	Período de Coleta	Técnica de Coleta	O3	NO2	CO	SO2	NO	MP2,5	MP10	Referências
Ásia	Índia	Hyderabad	Gama +	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-0,3%	NA	<i>Kumar et al., 2020</i>
Ásia	Paquistão	Lahore	Gama +	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-0,4%	NA	<i>Mehmood et al., 2021</i>
América do Norte	Canadá	Edmonton	Gama	01/05/2020	NA	NA	-50,0%	-33,3%	NA	NA	NA	NA	<i>Tian et al., 2021</i>
Ásia	Paquistão	Islamabad	Gama -	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	-37,0%	NA	<i>Mehmood et al., 2021</i>

Fonte: Própria.

DISCUSSÃO/ANÁLISE DE DADOS

Contribuição científica

No presente trabalho, cerca de 69 % do total de artigos selecionados de acordo com os critérios de inclusão mencionados, foram publicados em 2020 (particularmente de março a dezembro/2020) e os demais trabalhos foram publicados (31 %) em 2021 (considerado até o mês de março/2021). Este estudo englobou cinco continentes: Ásia, Europa, África, Américas e Oceania. Cerca de 44 % do total de estudos foram pesquisados na Ásia, seguido pelas Américas (21 %), Europa (20 %), África (9 %) e Oceania (6 %).

De acordo com os estudos, verificou-se que o maior número de estudos sobre o impacto da pandemia COVID-19 na qualidade do ar foi realizado em países asiáticos (44 %). E, segundo esta breve revisão (n = 30), cerca de 14,3 % foi identificado na Índia, seguido pela China (7,1 %) e Paquistão (4,3 %). Na Índia, a maior parte dos estudos foram realizados em cidades poluídas e globais, como Delhi, Mumbai, Calcutá e Hyderabad. Cerca de 60% dos estudos foram realizados na cidade global, Delhi (capital da Índia). Na China, muitos dos estudos foram realizados em Xangai (40 %).

Segundo este trabalho, o segundo maior número de estudos foi realizado em países das Américas (21 %). Sendo o maior número de estudos realizados no Brasil (4,3 %), seguido pelos Estados Unidos da América e México (2,9 %). No Brasil, a maior parte dos estudos foram realizados especificamente em duas cidades poluídas e globais: Rio de Janeiro e São Paulo. E, nos EUA, na cidade de Nova York, uma cidade global classificada com Alfa ++.

Depois das Américas, o destaque foi para o continente europeu. De acordo com esta breve revisão, 20 % do total de estudos foram coletados em países europeus. O maior número de estudos selecionados encontrou-se no Reino Unido (5,7 %), seguido pela Espanha (2,9 %) e Turquia (2,9 %). Na Europa o maior número de estudos foi realizado em Londres, que apresenta a mesma classificação de Nova York.

Na África (9 %), segundo este trabalho, estudos foram realizados na Nigéria, especificamente em Lagos (2,9 %). E, na Oceania (6 %), segundo a pesquisa realizada, a cidade com maior número de trabalhos foi Sydney (2,9 %).

Qualidade do ar nas cidades globais avaliadas

Nas primeiras semanas de *lockdown*, onde várias restrições foram impostas/sugeridas, a concentração da maioria dos poluentes reduziu segundo estudos apontados neste trabalho, entretanto tal atenuação não foi diretamente proporcional à redução do fluxo veicular ou a minimização de algumas atividades industriais, visto que além destes fatores antrópicos, a qualidade do ar depende também de outros fatores como a topografia e a meteorologia (DANTAS *et al.*, 2020; PITTS & FINLAYSON-PITTS, 2000).

Conforme discutido por Liu *et al.* (2021), como consequência do *lockdown*, os níveis de NO e NO₂ foram significativamente reduzidos. Essas tendências foram observadas na América do Norte, nas cidades de Nova York, Los Angeles (CHEN *et al.*, 2020) e Edmonton (TIAN *et al.*, 2021), que apresentaram uma diminuição de, respectivamente, -40,0 %, -34,0 % e -50,0 % para NO₂. Na Cidade do México (KUTRALAM-MUNIASAMY *et al.*, 2020) também foi observado esse mesmo efeito, de -33,0 %. Na América do Sul foram analisadas cidades como Rio de Janeiro (SICILIANO *et al.*, 2020), São Paulo (NAKADA & URBAN, 2020), Santiago (TORO *et al.*, 2021), Buenos Aires (BOLAÑO-ORTIZ *et al.*, 2020), Bogotá (MENDEZ-ESPINOSA *et al.*, 2020) e Lima (FU *et al.*, 2020), que obtiveram um decréscimo para NO₂ na faixa de -19,0 % a 60,0 % e -66,0 % e -72,7 % em Santiago e São Paulo para o NO, respectivamente. No continente Europeu, nas cidades de Paris (CONNERTON *et al.*, 2020), Madri (QUEROL *et al.*, 2021), Londres (FU *et al.*, 2020), Milão (COLLIVIGNARELLI *et al.*, 2020), Rússia (FU *et al.*, 2020), Berlim (FU *et al.*, 2020) e Roma (FU *et al.*, 2020) houve um declínio no intervalo de -17,6 % a -61,4 % para NO₂. Na África, na cidade de Lagos (FUWAPE *et al.*, 2021) uma diminuição de -1,4 % e em Joanesburgo, uma redução de -23,0 % (FU *et al.*, 2020) para NO₂ foi encontrada. E, por fim, na Ásia, nas cidades globais deste estudo, foi observado esse mesmo padrão de decréscimo na faixa de -19,5 % a -60,0 % (FU *et al.*, 2020). Essas minorações apresentadas se dão, de forma geral, pela ocorrência de uma diminuição do fluxo da frota veicular nas cidades e da atividade industrial nas mesmas. Diante dos resultados avaliados a partir de cidades globais representativas, observa-se que no continente Europeu houve uma redução máxima de NO₂ de -61,4 %, sendo semelhante ao maior valor do continente americano e asiático e 2,7 vezes maior que no continente africano. Na Oceania, na cidade de Sydney (FU *et al.*, 2020), um aumento de 0,56 % foi observado do poluente NO, esse valor pode ter ocorrido devido ao não seguimento das normas restritivas no tráfego.

Dentre as cidades globais estudadas, foi notória a diminuição substancial tanto de $MP_{2.5}$ como de MP_{10} . Em todos os continentes a faixa de variação de redução da concentração de $MP_{2.5}$ foi de -0,2 % em Seul (FU *et al.*, 2020) a -47,0 % em Milão (COLLIVIGNARELLI *et al.*, 2020). Destaca-se que o $MP_{2.5}$ é fortemente influenciado pelo transporte atmosférico de longa distância, logo, mudanças da atividade econômica podem promover a diluição ou a neutralização de tal poluente (VENTER *et al.*, 2020). E, para MP_{10} o intervalo foi de -1,8 % em Roma (FU *et al.*, 2020) a -57,0 % em Los Angeles (CHEN *et al.*, 2020). Esse declínio de MP é reflexo da diminuição das atividades antrópicas e da mudança dos fluxos de emissões de partículas primárias e secundárias, as quais também influenciaram na dinâmica das reações químicas atmosféricas, visto que é necessário haver espécies como nitrato e sulfato para formação de MP secundário (FREITAS *et al.*, 2009). No entanto, em Roma houve aumento de 8,3 % para $MP_{2.5}$ e no Rio de Janeiro um aumento sutil de 2,5 % para MP_{10} (DANTAS *et al.*, 2020). Tais dados são consequências da falta de adoção das medidas restritivas mais rígidas logo no início do período de bloqueio. Além disso, atividades essenciais como transporte de mantimentos, indústrias e comércios como farmácias e supermercados continuaram em exercício nesse período, o que pode ter contribuído para o aumento.

O SO_2 apresentou irregularidades em suas análises. Obteve sua maior redução no continente europeu na cidade de Roma (-398,0%) e a menor em Joanesburgo (-13,9 %) (FU *et al.*, 2020). Na Nigéria, em Lagos, houve um aumento em 54,1 % (ETCHIE *et al.*, 2021; FUWAPE *et al.*, 2021). Não limitante a Lagos, o mesmo ocorreu na Turquia, em Istambul, onde houve um aumento acentuado de 29,3 % (FU *et al.*, 2020), e na Alemanha, em Berlim, um incremento de 29,5 % (FU *et al.*, 2020). Os demais casos tiveram um pequeno aumento em suas concentrações (0,6 %).

Em relação ao CO o crescimento não foi acentuado. Dentre os casos ocorridos, tem-se, Tóquio, com aumento de 7,3 %, Joanesburgo, com 5,0 %, e, por último, Istambul, com 2,9 % (FU *et al.*, 2020). Assim como SO_2 , tal irregularidade se deve as poucas restrições locais dessas cidades globais estudadas.

O ozônio (O_3), entretanto, foi um dos poluentes que mais causou espanto aos analistas, pois seus resultados variaram para crescimento, indo na contramão da maioria dos poluentes anteriormente citados. Houve aumento no percentual do poluente em relação ao mesmo período dos anos anteriores a pandemia nas principais cidades globais, 8,0 % em Nova Iorque

(CHEN *et al.*, 2020) e 48,0 % em Londres (FU *et al.*, 2020). Este resultado é devido a regressão dos NO_x, que participam da reação de consumo do ozônio em regiões mais baixas da atmosfera. Entretanto, não foram apenas essas cidades que sofreram com a alta do O₃, pois foi observado na América do Norte, um incremento de 14,0 % na Cidade do México (KUTRALAM-MUNIASAMY *et al.*, 2020). Em Los Angeles verificou-se um decréscimo de -17,0 % (CHEN *et al.*, 2020), tal fato pode estar associado a mudanças meteorológicas inesperadas para o período, além da adesão a medidas de restrição mais severas. Na América do Sul foram consideradas as seguintes cidades globais: São Paulo (NAKADA & URBAN, 2020), Santiago (TORO *et al.*, 2021) e Rio de Janeiro (DANTAS *et al.*, 2020) que tiveram um acréscimo na faixa de 17,0 a 63 %. Em Lima (FU *et al.*, 2020), observou-se uma redução de -42,9 %, provavelmente devido a diminuição do serviço de motores de combustão, que são um dos principais emissores. Na Europa, nas cidades de Paris (CONNERTON *et al.*, 2020), Milão (COLLIVIGNARELLI *et al.*, 2020), Madrid (QUEROL *et al.*, 2021), Moscou, Berlim e Roma (FU *et al.*, 2020), os valores encontrados estavam no intervalo de 2,9 a 252,3 %. No continente africano, houve um incremento de 9,0% em Joanesburgo (FU *et al.*, 2020) e 2,2 % em Lagos (FUWAPE *et al.*, 2021). No continente asiático as cidades globais estudadas, como: Xangai (WANG *et al.*, 2021), Seul e Nova Deli (FU *et al.*, 2020), tiveram um aumento na faixa de 10,2 a 36,3 %. Observou-se que em Istambul (-43,6 %) e Tóquio (-6,7 %), houve uma redução da concentração de O₃ (FU *et al.*, 2020). Na Oceania, em Sydney, constatou-se um decréscimo de -11,0% (FU *et al.*, 2020), provavelmente seguindo os mesmos fatores de Los Angeles e Lima.

Essa variação do ozônio em relação aos demais poluentes abordados durante o bloqueio, se deve possivelmente devido a dois fatores, em especial, a saber: a redução das concentrações de NO_x por conta de uma redução na emissão veicular, proporcionando assim um aumento das concentrações máximas de O₃ (GRANGE *et al.*, 2021). Em condições como esta, o cenário urbano é controlado pelas concentrações (e especiação) de COV (compostos orgânicos voláteis) e, o outro fator se deve ao fato da concentração de MP₁₀ e MP_{2.5} ter diminuído significativamente, de forma geral, oportunizando uma maior incidência solar, e desta forma, acelerando as reações fotoquímicas, gerando um aumento na concentração de O₃ (MAHAATO *et al.*, 2020; SICILIANO *et al.*, 2020a; DANG & LIAO, 2019).

Sendo importante destacar que o aumento de O₃ na troposfera pode provocar variados e sérios problemas a saúde humana (ROY *et al.*, 2021).

Diante do exposto, tais resultados apontam que estratégias contínuas de controle da poluição do ar como melhoria do transporte público, uso de carros elétricos, otimização no uso da energia solar, melhoria da fiscalização no que diz respeito as emissões industriais são capazes de proteger a saúde humana e garantir o bem-estar social durante e após a pandemia de COVID-19.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo, o efeito das restrições por conta da COVID-19 na qualidade do ar foi avaliado mediante um levantamento bibliográfico durante um período previamente estipulado. Limitação da mobilidade urbana, distanciamento social, proibição de eventos públicos e a limitação quase total de circulação nas fronteiras externas/internas resultou em uma redução significativa da concentração de poluentes na atmosfera, com exceção do ozônio. Desta forma, o aprimoramento do transporte público, a adoção de políticas públicas eficientes, o aperfeiçoamento de estratégias de mitigação no controle da qualidade do ar, são medidas eficientes para proteger a saúde humana e o meio ambiente.

O artigo também proporcionou aos alunos do curso técnico de meio ambiente o conhecimento da arte de pesquisar, que é um procedimento, uma estratégia de ensino aprendizagem. Onde sendo o aluno orientado pelo professor, este promoverá ao aluno a oportunidade de ser capaz de procurar, compreender, apurar, sistematizar e usar as informações obtidas. Desta forma, os alunos puderam adquirir percepção e assim desenvolveram a capacidade de questionar, promover a investigação e construir o conhecimento, utilizando o estudo da qualidade do ar como ferramenta de pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, M.U.; LIU, G.; YOUSAF, B.; ULLAH, H.; ABBAS, Q.; MUNIR, M. A. M. A systematic review on global pollution status of particulate matter-associated potential toxic elements and health perspectives in urban environment. *Environmental geochemistry and health*, v.41, n. 3, p.1131-1162, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10653-018-0203-z>

BODOR, K.; MICHEU, M.M.; KERESZTESI, Á.; BIRSAN, M.; NITA, I.; BODOR, Z.; PETRES, S.; KORODI, A.; SZÉP, R. Effects of PM10 and Weather on Respiratory and Cardiovascular Diseases in the Ciuc Basin (Romanian Carpathians). **Atmosphere**, v.12, n.2, p. 289, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos12020289>

BOLAÑO-ORTIZ T. R.; PASCUAL-FLORES, R. M.; PULIAFITO, S. E.; CAMARGO-CAICEDO, Y.; BERNÁ-PEÑA, L. L.; RUGGERI, M. F.; CERECEDA-BALIC, F. (2020). Spread of COVID-19, Meteorological Conditions and Air Quality in the City of Buenos Aires, Argentina: Two Facets Observed during Its Pandemic Lockdown. **Atmosphere**, v.11, n.10, p. 1045, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/atmos11101045>

BRAY, C.D.; NAHAS, A.; BATTYE, W.H.; ANEJA, V.P. Impact of lockdown during the COVID-19 outbreak on multi-scale air quality. **Atmospheric Environment**, v.254, p. 118386, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2021.118386>

CETESB. **Qualidade do ar**. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes/>> Acesso em: 13 set. 2021.

CHEN, L.-W. A.; CHIEN, L.-C.; LI, Y.; LIN, G. Nonuniform impacts of COVID-19 lockdown on air quality over the United States. **Science of The Total Environment**, v. 745, p.141105, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141105>

CIDADES GLOBAIS. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/cidades-globais.htm>> Acesso em: 28 jul. 2021.

COLLIVIGNARELLI, M. C.; ABBÀ, A., BERTANZA, G.; PEDRAZZANI, R.; RICCIARDI, P.; CARNEVALE MIINO, M. Lockdown for CoVID-2019 in Milan: What are the effects on air quality? **Science of The Total Environment**, v. 732, p. 139280, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139280>

CONNERTON, P.; VICENTE DE ASSUNÇÃO, J.; MAURA DE MIRANDA, R.; DOROTHÉE SLOVIC, A.; JOSÉ PÉREZ-MARTÍNEZ, P.; RIBEIRO, H. Air Quality during COVID-19 in Four Megacities: Lessons and Challenges for Public Health. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v.17, n.14, p.5067, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph17145067>

CRODA J; OLIVERIA W.K.; FRUTUOSO R.L.; MANDETTA L.H.; BAIA-DA-SILVA D.C.; BRITO-SOUSA, J.D.; MONTEIRO, W.M.; LACERDA, M.V.G. COVID-19 in Brazil: advantages of a socialized unified health system and preparation to contain cases. **Revista Sociedade Brasileira Medicina Tropical**, v.53, e20200167, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/0037-8682-0167-2020>

DANG, R; LIAO, H. Radiative Forcing and Health Impact of Aerosols and Ozone in China as the Consequence of Clean Air Actions over 2012–2017. **Geophysical Research Letters**, v.46, n.12, p.511–519, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1029/2019GL084605>

DANTAS, G., SICILIANO, B.; FRANÇA, B. B.; DA SILVA, C. M.; ARBILLA, G. The impact of COVID-19 partial lockdown on the air quality of the city of Rio de Janeiro, Brazil. **Science of The Total Environment**, v. 729, p.139085, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139085>

DEBONE, D.; COSTA, M.V DA; MIRAGLIA, S.G.E.K. 90 Days of COVID-19 Social Distancing and Its Impacts on Air Quality and Health in São Paulo, Brazil. **Sustainability**, v. 12, p. 7440, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12187440>

ETCHIE, T. O.; ETCHIE, A. T.; JAURO, A.; PINKER, R. T.; SWAMINATHAN, N. Season, not lockdown, improved air quality during COVID-19 State of Emergency in Nigeria. **Science of The Total Environment**, v.768, p. 145187, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145187>

FARIDI, S.; YOUSEFIAN, F.; JANJANI, H.; NIAZI, S.; AZIMI, F.; NADDAFI, K.; & HASSANVAND, M. S. The effect of COVID-19 pandemic on human mobility and ambient air quality around the world: A systematic review. **Urban Climate**, v.38, p.100888, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100888>

FREITAS, A. DE M.; SOLCI, M. C. Caracterização do MP10 e MP2,5 e distribuição por tamanho de cloreto, nitrato e sulfato em atmosfera urbana e rural de Londrina. **Química Nova**, v.32, n.7, p. 1750–1754, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0100-40422009000700013>

FU, F.; PURVIS-ROBERTS, K. L.; WILLIAMS, B. Impact of the COVID-19 Pandemic Lockdown on Air Pollution in 20 Major Cities around the World. **Atmosphere**, v. 11, n. 11, p. 1189, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos11111189>

FUWAPE, I. A.; OKPALAONWUKA, C. T.; OGUNJO, S. T. Impact of COVID -19 pandemic lockdown on distribution of inorganic pollutants in selected cities of Nigeria. **Air Quality, Atmosphere & Health**, v.14, n 2, p 149–155, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11869-020-00921-8>

Globalization and World Cities (GaWC). Disponível em: <https://www.lboro.ac.uk/microsites/geography/gawc/> Acesso em: 28 jul. 2021.

GRANGE, S. K.; LEE, J. D.; DRYSDALE, W. S.; LEWIS, A. C.; HUEGLIN, C.; EMMENEGGER, L.; CARSLAW, D.C. COVID-19 lockdowns highlight a risk of increasing ozone pollution in European urban áreas. **Atmospheric chemistry and physics**, v. 21, n.5, p.4169-4185, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5194/acp-21-4169-2021>

HERNÁNDEZ-PANIAGUA, I.Y.; VALDEZ, S.I.; ALMANZA, V.; RIVERA-CÁRDENAS, C.; GRUTTER, M.; STREMMER, W.; GARCÍA-REYNOSO, A.; RUIZ-SUÁREZ, L.G. Impact of the COVID-19 Lockdown on Air Quality and Resulting Public Health Benefits in the Mexico City Metropolitan Area. **Frontiers in Public Health**. v. 9, p. 642630, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.642630>

HU, W.; CHEN, Y.; CHEN, J. Short-term effect of fine particular matter on daily hospitalizations for ischemic stroke: A time-series study in Yancheng, China. **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 208, p.111-518, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111518>

HUANG, C.; WANG, Y.; LI, X.; REN, L.; ZHAO, J.; HU, Y.; ZHANG, L.; FAN, G.; XU, J.; GU, X.; CHENG, Z.; YU, T.; XIA, J.; WEI, W.; WU, W.; XIE, X.; YIN, W.; LI, H.; CAO, B. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. **Lancet**, v. 395, p. 497-506, 2020. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30183-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30183-5)

JAIN, D.; BHATNAGAR, S.; SACHDEVA, K. Impact of degrading air quality on mode choice and emissions –Study of ten global cities. **World Development Sustainability**, v. 1, p. 100002, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wds.2022.100002>

John Hopkins University of Medicine, 2020. **Coronavirus Research Center**. <https://coronavirus.jhu.edu/map.html> Acesso em: 30 abr 2020.

KUMAR, P.; HAMA, S.; OMIDVARBORNA, H.; SHARMA, A.; SAHANI, J.; ABHIJITH, K.V.; DEBELE, S.E.; ZAVALA-REYES, J.C.; BARWISE, Y.; TIWARI, A. Temporary reduction in fine particulate matter due to ‘anthropogenic emissions switch-off during COVID-19 lockdown in Indian cities. **Sustainable Cities and Society**, v. 62, p. 102382, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102382>

KUTRALAM-MUNIASAMY, G.; PÉREZ-GUEVARA, F.; ROY, P.D.; ELIZALDE-MARTÍNEZ, I.; SHRUTI, V.C. Impacts of the COVID-19 lockdown on air quality and its association with human mortality trends in megapolis Mexico City. **Air Quality, Atmosphere & Health**, v. 14, p. 553–562. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11869-020-00960-1>

LELIEVELD, J.; EVANS, J.S.; FNAIS, M.; GIANNADAKI, D.; POZZER, A. The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale. **Nature**, v. 525, n.7569, p.367-371, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature15371>

LIU, F.; WANG, M.; ZHENG, M. Effects of COVID-19 lockdown on global air quality and health. **Science of The Total Environment**, v. 755, p. 142533, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142533>

LOPUSZANSKA, U.; SAMARDAKIEWICZ, M. The Relationship Between Air Pollution and Cognitive Functions in Children and Adolescents: A Systematic Review. **Cognitive and behavioral neurology**, v. 33, n. 3, p.157-178, 2020. DOI: [10.1097 / WNN.0000000000000235](https://doi.org/10.1097/WNN.0000000000000235)

Loughborough University London (LUL). **Londres e Nova York são as cidades mais conectadas do mundo - novos dados mostram**, 2020. Disponível em: <https://www.lborolondon.ac.uk/news-events/news/2020/london-connected-city/> Acesso em: 28 jul. 2021.

MAHATO, S.; PAL, S; GHOSH, K. G. Effect of lockdown amid COVID-19 pandemic on air quality of the megacity Delhi, India. **Science of The Total Environment**, v. 730, p. 139086, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139086>

MEHMOOD, K.; BAO, Y.; PETROPOULOS, G.P.; ABBAS, R.; ABRAR, M.M.; SAIFULLAH; MUSTAFA, A.; SOBAN, A.; SAUD, S.; AHMAD, M.; HUSSAIN, I.; FAHAD, S. Investigating connections between COVID-19 pandemic, air pollution and community interventions for Pakistan employing geoinformation Technologies. **Chemosphere**, v. 272, p.129809, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.129809>

MENDES, K.D.S.; SILVEIRA, R.C.C.P.; GALVÃO, C.M. Revisão integrativa: método de pesquisa para a Incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. **Texto & Contexto Enfermagem**, v.17, n.4, p. 758-764, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-07072008000400018>

MENDES, M.V.I. Mudança global do clima e as cidades no Antropoceno: escalas, redes e tecnologias. **Cadernos Metrópole**, v. 22, n. 48, p. 343-363, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2236-9996.2020-4801>

MENDEZ-ESPINOSA, J. F.; ROJAS, N. Y.; VARGAS, J.; PACHÓN, J. E.; BELALCAZAR, L. C.; RAMÍREZ, O. Air quality variations in Northern South America during the COVID-19 lockdown. **Science of The Total Environment**, v. 749, p. 141621, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141621>

NAKADA, L.Y.K.; URBAN, R.C. COVID-19 pandemic: Impacts on the air quality during the partial lockdown in São Paulo state, Brazil. **Science of the Total Environment**. v. 730, p. 1-5, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139087>

NHUNG, N.T.T.; SCHINDLER, C.; CHAU, N.Q.; HANH, P.T.; HOANG, L. T.; DIEN, T. M.; THANH, N. T. N.; KÜNZLI, N. Exposure to air pollution and risk of hospitalization for cardiovascular diseases amongst Vietnamese adults: Case-crossover study. **The Science of the total environment**, v. 703, p.134637-134637, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134637>

OECD **Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction**. Paris: OECD Publishing, 2012, 350 p. <https://www.oecd.org/environment/oecd-environmental-outlook-1999155x.htm>

PITTS JR. J.N.; FINLAYSON-PITTS, B.J. **Chemistry of the Upper and Lower Atmosphere: Theory, Experiments and Applications**. Flórida, New York: Academic Press, 2000. <https://www.sciencedirect.com/book/9780122570605/chemistry-of-the-upper-and-lower-atmosphere>

QUEROL, X.; MASSAGUÉ, J.; ALASTUEY, A.; MORENO T.; GANGOITI, G.; MANTILLA, E.; CORNIDE, M. J. Lessons from the COVID-19 air pollution decrease in Spain: Now what? **Science of The Total Environment**, v. 779, p.146380, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146380>

ROY, C.; FADNAVIS, S.; SABIN, T.P. The stratospheric ozone rich cold intrusion during El-Niño over the Indian region: Implication during the Indian summer monsoon. **International Journal of Climatology**, v. 41, p.E233-E248, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.6680>

SICARD, P.; DE MARCO, A.; AGATHOKLEOUS, E.; FENG, Z.; XU, X.; PAOLETTI, E.; CALATAYUD, V. Amplified ozone pollution in cities during the COVID-19 lockdown. **Science of The Total Environment**, v. 735, p.139542, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139542>

SICILIANO, B.; CARVALHO, G.; DA SILVA, C. M.; ARBILLA, G. The Impact of COVID-19 Partial Lockdown on Primary Pollutant Concentrations in the Atmosphere of Rio de Janeiro and São Paulo Megacities (Brazil). **Bulletin of**

Environmental Contamination and Toxicology, v. 105, p.2-8, 2020a. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00128-020-02907-9>

SICILIANO, B.; DANTAS, G.; SILVA C.M. DA; ARBILLA, G. Increased ozone levels during the COVID-19 lockdown: Analysis for the city of Rio de Janeiro, Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 737, p. 139765, 2020b. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139765>

SIGLER, T.; MAHMUDA, S.; KIMPTON, A.; LOGINOVA, J.; WOHLAND, P.; CHARLES-EDWARDS, E.; CORCORAN, J. The socio-spatial determinants of COVID-19 diffusion: the impact of globalization, settlement characteristics and population. **Global Health**, v.17, p. 56, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12992-021-00707-2>

SILVA, C.M. DA; ARBILLA, G. **Emissões Atmosféricas e Mudanças Climáticas**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2022. <https://www.freitasbastos.com.br/produto/emissoes-atmosfericas-e-mudancas-climaticas-47>

TESSUM, M.W.; ANENBERG, S.C.; CHAFE, Z.A.; HENZE, D.K.; KLEIMAN, G.; KHEIRBEK, I.; MARSHALL, J.D.; TESSUM, C.W. Sources of ambient PM2.5 exposure in 96 global cities. **Atmospheric Environment**, v. 286, p. 119234, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2022.119234>

TIAN, X.; AN, C.; CHEN, Z.; TIAN, Z. Assessing the impact of COVID-19 pandemic on urban transportation and air quality in Canada. **Science of The Total Environment**, v. 765, p.144270, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144270>

TORO, R. A.; CATALÁN, F.; URDANIVIA, F.R.; ROJAS, J.P.; MANZANO, C. A.; SEGUEL, R.; GALLARDO, L.; OSSES, M.; PANTOJA, N.; LEIVA-GUZMAN, M.A. Air pollution and COVID-19 lockdown in a large South American city: Santiago Metropolitan Area, Chile. **Urban Climate**, v. 36, p.100803, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100803>

VENTER, Z. S.; AUNAN, K.; CHOWDHURY, S.; LELIEVEL, J. COVID-19 lockdowns cause global air pollution declines. **PNAS**, v. 177, n.32, p. 18984–18990, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.2006853117>

WANG, Y.; ZHU, S.; MA, J.; SHEN, J.; WANG, P.; WANG, P.; & ZHANG, H. Enhanced atmospheric oxidation capacity and associated ozone increases during COVID-19 lockdown in the Yangtze River Delta. **Science of The Total Environment**, v. 768, p. 144796, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144796>

WHO. **Air Pollution**. Disponível em: <https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1> Acesso em: 09 set 2021.

WHO. World Health Organization. WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19 – 3 March 2020. Disponível em: < <https://www.who.int/dg/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---3-march-2020> > Acesso em: 29 abr 2020.



Este trabalho está licenciado com uma Licença [Creative Commons - Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).