



Comportamento dos poluentes do ar durante e após *lockdown* em uma cidade de médio porte

Ronan Adler Tavella^{a,b}, Lucas da Silva Salimene^b, Sabrina Morales Ulguim^b, Romulo Reginato Gabriel^b, Flavio Manoel Rodrigues da Silva Júnior^{a, b*}

^aPrograma de Pós-graduação em Ciências da Saúde, Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Rio Grande, RS, Brasil

^bLaboratório de Ensaio Farmacológicos e Toxicológicos, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Rio Grande, RS, Brasil

Histórico do Artigo

Recebido em:

02/11/2021

Aceito em:

29/11/2021

Palavras-chave:

Poluição do ar;
pandemias, SARS-Cov-2;
Ozônio; Brasil

Keywords:

Air pollution; pandemics;
SARS-Cov-2; Ozone;
Brazil

RESUMO

A Pandemia da COVID-19 é, sem dúvida, o maior problema de saúde pública do século, até o momento. Entre as ações sancionadas pelos governos para conter a propagação do vírus estão as medidas de bloqueio e confinamento, conhecidas como *lockdown*. Vários locais do mundo mostraram melhoria da qualidade do ar decorrente da redução da mobilidade urbana durante os períodos de confinamento. No entanto, os resultados no Brasil ainda foram escassos. O objetivo do estudo foi avaliar o comportamento dos poluentes do ar em um *lockdown* de curta duração (64 horas) no município de Pelotas, RS. As concentrações de O₃, CO, PM_{2.5}, NO₂ e SO₂ foram medidas durante e após (até 30 horas) o *lockdown* por meio de dados de satélite e foram comparadas a média dos sete dias anteriores. Com exceção do NO₂, todos os poluentes foram reduzidos durante o período do *lockdown* e os níveis mantidos mesmo após 30 horas do fim do bloqueio. A redução dos níveis de ozônio durante o *lockdown* é bastante questionada, em nível mundial, e parece estar relacionada a cidades menos populosas e com baixas concentrações de NO₂. O estudo mostrou que um curto período de confinamento é suficiente para reduzir os níveis de poluentes no ar.

Air pollutants behavior during and after *lockdown* in a medium-sized city

ABSTRACT

The COVID-19 Pandemic is undoubtedly the greatest public health problem of the century, to date. Among the actions sanctioned by governments to curb the spread of the virus are blocking and confinement measures, known as *lockdown*. Several locations around the world have shown an improvement in air quality due to reduced urban mobility during periods of lockdown. However, results in Brazil are still scarce. The aim of the study was to evaluate the behavior of air pollutants in a short-term *lockdown* (64 hours) in the city of Pelotas, RS. The concentrations of O₃, CO, PM_{2.5}, NO₂ and SO₂ were measured during and after (up to 30 hours) the lockdown using satellite data and the average concentrations of the previous seven days were compared. With the exception of NO₂, all pollutants were reduced during the lockdown period and levels maintained even 30 hours after its end. The reduction in ozone levels during the lockdown is widely questioned worldwide, and seems to be related to less populated cities and with low concentrations of NO₂. The study showed that a short period of confinement is sufficient to reduce the levels of pollutants in the air.

1. Introdução

A Pandemia da COVID-19, doença causada pelo vírus denominado SARS-Cov-2, induziu governos de todo o mundo a adotarem medidas restritivas de mobilidade urbana e distanciamento social (1,2). Embora o objetivo destas ações fosse a redução das taxas de infecção pelo vírus, as medidas adotadas trouxeram à tona outros temas, entre eles a questão ambiental (3). Entre estes tópicos, a redução dos níveis de poluentes atmosféricos

* Autor correspondente: f.m.r.silvajunior@gmail.com (Silva Júnior F.M.R.)

tem sido objeto de inúmeros estudos ao redor do mundo (4). Estudos em diferentes regiões do mundo têm mostrado que as medidas de bloqueio ou confinamento são responsáveis pela redução de tráfego veicular e, em alguns casos, de atividade industrial, com uma consequente diminuição da emissão de poluentes para a atmosfera (5-13).

“*Lockdown*” tem sido o nome empregado para as medidas de confinamento adotadas pelos governos. Para a redução da mobilidade humana, os decretos ou leis municipais incluem ações que vão desde fechamento parcial ou total de comércios e serviços até impedir as pessoas de circularem nas ruas e avenidas das cidades (1,2). No Brasil, o *lockdown* foi adotado em algumas cidades, tais como: São Luiz (MA), Fortaleza (CE) e Recife (PE). A duração do *lockdown* foi de nestas cidades foi entre 10 e 14 dias e incluía o fechamento total de comércios e serviços não-essenciais para manutenção da vida e da saúde, bem como o controle municipal do fluxo de pessoas e veículos (14,15). Em agosto de 2020, Pelotas, uma cidade com aproximadamente 330 mil habitantes, situada no sudeste do Rio Grande do Sul, experimentou um *lockdown* com medidas mais restritivas e com duração de 64 horas. Além do controle do fluxo de pessoas e do fechamento de comércios e serviços não-essenciais, o Decreto Municipal fechou temporariamente serviços essenciais, tais como supermercados e agropecuárias (16).

Como mencionado anteriormente, a implementação de medidas de confinamento e distanciamento social mostraram ser efetivas para a redução de poluentes atmosféricos, especialmente para os poluentes dióxido de nitrogênio (NO₂), dióxido de enxofre (SO₂), partículas inaláveis finas (PM_{2,5}) e grossas (PM₁₀) e monóxido de carbono (CO). Por outro lado, inúmeros estudos apontam o aumento na concentração de ozônio em grandes cidades causado pela adoção dessas medidas. Todos esses poluentes apresentam importância no cenário ambiental e de saúde humana. Além disso, a Organização Mundial de Saúde (OMS) em seu guia de qualidade do ar de 2021 reconhece que todos esses poluentes possuem impactos significativos na saúde de milhões de pessoas ao redor do mundo (17). Apesar da adoção dessas medidas ter impactado a concentração desses poluentes em diferentes localidades, os estudos em outras partes do mundo foram realizados observando períodos longos de *lockdown*, tais como em cidades da Europa (9,10), China (13), Índia (8) e Estados Unidos da América (5). Assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar a dinâmica dos poluentes atmosféricos após implementação do *lockdown* na cidade de Pelotas-RS, comparando com a média dos sete dias que antecederam a implementação do decreto municipal.

2. Material e métodos

Area de estudo

A região de estudo compreendeu dados da poluição atmosférica da cidade de pelotas, uma cidade com aproximadamente 330.000 habitantes, localizada na região sul do Brasil. Essa cidade inovou em sua região e, apesar de estar com medidas de distanciamento social por algumas semanas, experimentou um *lockdown* com duração de apenas 64 horas. Nessas condições, além de controlar o fluxo de pessoas e encerrar negócios e serviços não essenciais, o decreto municipal encerrou temporariamente serviços essenciais como supermercados, lojas agrícolas e postos de gasolina.

Monitoramento dos poluentes atmosféricos

Os níveis dos poluentes atmosféricos (O₃, NO₂, SO₂, PM_{2,5} e CO) foram coletados de dados de satélites do Serviço de Monitoramento Atmosférico Copernicus da European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF), extraídos manualmente, em

tempo real, a partir do aplicativo The Weather Channel (IBM, EUA). A unidade de medida adotada para todos os poluentes foi $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

O período de avaliação incluído no presente estudo foi entre 01 e 12 de agosto de 2020. Os dados diários entre 01 e 07 de agosto de 2020 foram utilizados a fim de obter a média dos sete dias que antecederam o *lockdown*. Para avaliação da dinâmica dos poluentes do ar durante o período do *lockdown* e pós-*lockdown*, oitenta e quatro registros foram coletados, iniciando 15 horas após o início do período compreendido pelo decreto municipal (11 h do dia 09 de agosto de 2020) e encerrando 30 horas após o final do *lockdown* (23 h do dia 12 de agosto de 2020). Para a elaboração dos gráficos foi utilizado o software GraphPad Prism 8.2.

3. Resultados e discussão

A Figura 1 apresenta a dinâmica temporal dos poluentes atmosféricos durante e após o período de *lockdown* na cidade de Pelotas, RS. O comportamento do ozônio e do monóxido de carbono foram similares durante o período avaliado, exibindo uma queda durante o *lockdown* e uma subsequente estabilização dos seus níveis em concentrações inferiores à média dos sete dias anteriores. Embora tenha apresentado picos acima da média histórica durante o período estudado, o comportamento do $\text{PM}_{2,5}$ também foi de redução durante e após o *lockdown*, com uma estabilização em níveis bem abaixo da média dos sete dias anteriores. Diferente dos demais poluentes, o NO_2 e SO_2 tiveram picos diários que normalmente ultrapassavam a média histórica, ainda que a maior parte dos registros de SO_2 foram abaixo desta média.

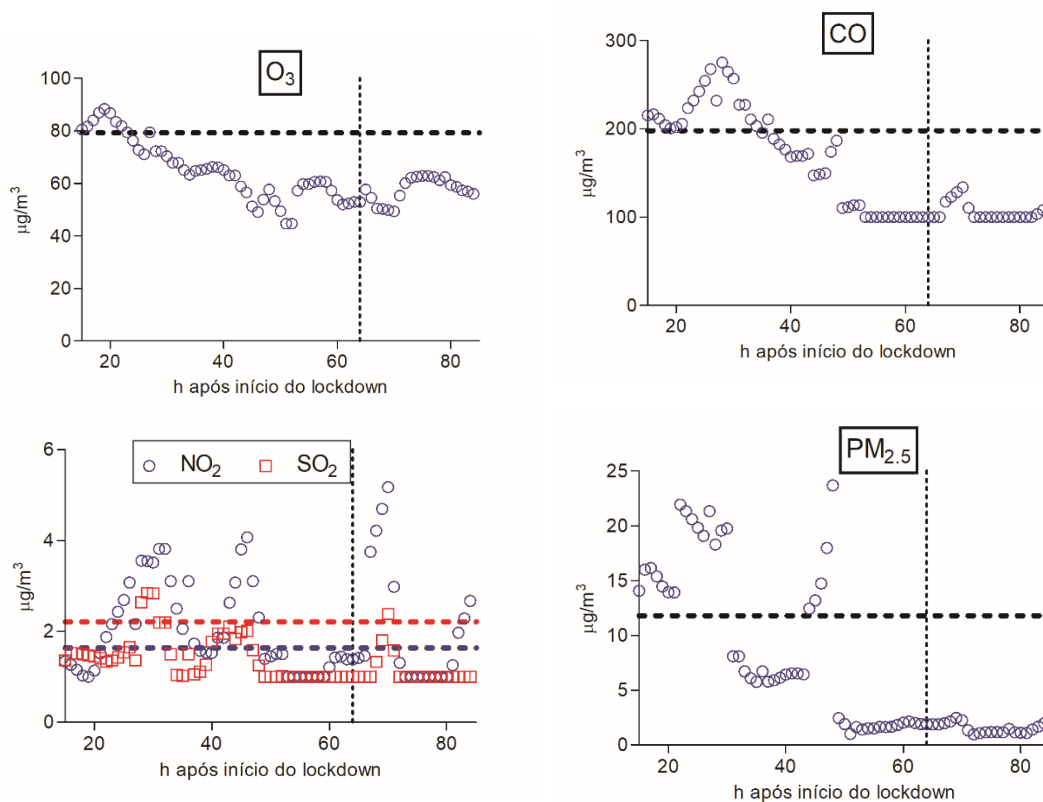


Figura 1 – Comportamento temporal dos poluentes atmosféricos durante e após o período de *lockdown* em Pelotas, RS, Brasil. A linha tracejada horizontal representa a média da concentração do poluente nos sete dias anteriores ao início do *lockdown*. A linha tracejada vertical indica o momento do término do *lockdown*.

A Tabela 1 traz a média dos poluentes atmosféricos nos sete dias anteriores ao *lockdown*, durante e após o período de *lockdown*, bem como o percentual de registros que estiveram abaixo da média histórica no período compreendido durante e após o *lockdown*. Ozônio, monóxido de carbono, PM_{2,5} e dióxido de enxofre tiveram médias abaixo da média dos sete dias anteriores durante o período do *lockdown* e redução ainda maior no período de 30 h que compreendia o pós-*lockdown*. O percentual de registros abaixo da média histórica foi entre 70 e 90 %. Por outro lado, o dióxido de nitrogênio apresentou médias superiores à média dos sete dias anteriores, tanto no período do *lockdown* quanto no período pós-*lockdown* e um percentual de 54% dos registros foi inferior à média histórica para este poluente.

Tabela 1 – Média da concentração dos poluentes atmosféricos antes, durante e após o período de *lockdown* na cidade de Pelotas, RS, Brasil e percentual de valores registrados durante e após o *lockdown* abaixo da média dos sete dias anteriores

	O ₃	CO	PM _{2,5}	NO ₂	SO ₂
Semana anterior (média)	79,3	197,8	11,8	1,6	2,1
Durante <i>lockdown</i> (média)	67,2	191,6	11,5	2,2	1,6
Após <i>lockdown</i> * (média)	57,2	104,2	1,6	1,8	1,1
% de valores abaixo da média dos 7 dias anteriores	85,7%	70%	70%	54,3%	90%

*30 horas após o final do *lockdown* de 64h.

Esta redução dos níveis de poluentes em decorrência de medidas de confinamento também foi encontrada em outros estudos ao redor do mundo e também no Brasil (5-13, 18-20). O principal padrão de comportamento dos poluentes encontrado nestes estudos foi de diminuição nas concentrações de NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}, SO₂ e CO, e um consequente aumento nos níveis de O₃. Entretanto, estes estudos foram realizados em grandes cidades e metrópoles, com elevada concentração populacional, assim esse comportamento pode ser dito característico a esta localidade, mas não para cidades de menor porte populacional. Além disso, até onde sabemos, este é o primeiro estudo que avaliou a dinâmica dos poluentes em um *lockdown* de curta duração e, mais ainda, revelando dados que esta medida foi efetiva para a redução dos níveis de poluentes. Os estudos chineses e europeus abordaram períodos iguais ou superiores a um mês de *lockdown* (13,18), enquanto os estudos brasileiros investigaram períodos entre 30 e 90 dias de medidas de distanciamento social (7,19,20). Essas reduções observadas em nosso estudo são positivas tanto para o meio ambiente da localidade avaliada como também para toda a saúde da população afetada. Entretanto, apesar de expressivas reduções, os níveis de poluentes observados na cidade de Pelotas não ultrapassam os níveis estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde em seu guia de qualidade do ar (17).

Outra peculiaridade é que os estudos ao redor do mundo relataram diminuição de NO₂ e um consequente aumento do O₃ (7-11,13,18-20). Por outro lado, o presente estudo demonstrou redução dos níveis de CO, PM_{2,5} e SO₂, mas um comportamento atípico para O₃ e NO₂. O ozônio teve comportamento similar ao CO, enquanto os níveis de NO₂ estiveram durante boa parte do *lockdown* e do pós-*lockdown* acima da média histórica para o município. Embora a presença de NO₂ esteja extremamente relacionada ao tráfego veicular e atividade industrial, os níveis deste poluente na cidade de Pelotas são bem inferiores aos demais locais do mundo onde foram realizados os estudos sobre a relação entre as medidas de confinamento e a redução dos níveis de poluentes. Esta pode ser uma

razão para o período de *lockdown* no município não influenciar uma queda acentuada deste poluente. Importante ressaltar que as condições meteorológicas no período estudado foram uniformes, não apresentando alterações significativas, fazendo com que essa variável não influenciasse nos resultados observados.

Neste mesmo sentido, os estudos que tiveram reduções acentuadas nos níveis de NO₂ (7-11,13,18-20) tiveram um aumento significativo nos níveis de O₃ e os autores apontam que as elevadas concentrações de NO₂ na atmosfera são importantes para a manutenção de níveis baixos de O₃. Assim, nos cenários onde os níveis de NO₂ foram reduzidos significativamente este aumento de ozônio é um comportamento esperado. Por outro lado, em regiões com baixas concentrações de NO₂, este poluente pode influenciar pouco nos níveis de O₃. Neste cenário, outros compostos ganham maior importância, tais como os compostos orgânicos voláteis (COVs) (6,21,22). Esta é provavelmente a situação vivenciada no cenário do presente estudo. Isso acontece porque o ozônio troposférico é uma das espécies químicas mais complexas da atmosfera, sendo ele formado durante o dia por processos químicos não lineares a uma taxa que é determinada pelas concentrações atmosféricas de COVs e óxidos de nitrogênio. O comportamento aprofundado de formação do ozônio e como a dinâmica de achados científicos durante a pandemia de COVID-19 influenciou a observação desse poluente é encontrado em Tavella e Da Silva Júnior (22).

Por fim, outra situação peculiar do cenário estudado é a manutenção/redução dos níveis de poluentes atmosféricos mesmo após o fim do período de *lockdown*. Esta condição realça os benefícios ambientais e de saúde pública destas medidas de confinamento, atrelado à redução das atividades laborais e do tráfego de veículos automotores. Este realce está atrelado diretamente a informação disponibilizada pela OMS em seu guia sobre a qualidade do ar desenvolvido em 2021 (17), a qual afirma que entre sete a oito milhões de pessoas morrem todos os anos devido a poluição atmosférica. Assim, a redução apontada em nosso estudo, como efeito direto da mudança de hábitos da população de Pelotas, gera melhores condições ambientais e também de saúde para a população desta cidade.

Apesar dos múltiplos achados, nosso estudo apresenta algumas limitações. Primeiramente, nossos dados não foram comparados com dados históricos de monitoramento de poluentes atmosféricos de outros anos, ficando nossa comparação do período de *lockdown* limitada a um período no qual não havia *lockdown* mas havia medidas de distanciamento social impostas, talvez com isso amenizando o impacto nas reduções observadas. Além disso, não foram considerados a influência dos parâmetros meteorológicos na dinâmica dos poluentes. Ainda assim, a redução apontada no estudo aliada ao conhecimento de que a exposição humana aos poluentes atmosféricos está relacionada a uma série de problemas de saúde, incluindo doenças no sistema respiratório e cardiovascular (22), revela que a condição apresentada no estudo pode ser usada para uma reflexão sobre o uso excessivo de meios de transporte, sobretudo os automóveis e servir de subsídio para estudos de adequação dos níveis dos poluentes aos novos limites empregados pela PMS (17)

4. Conclusão

Com exceção do NO₂, a concentração dos demais poluentes estudados reduziu durante o período de *lockdown* e os baixos níveis foram mantidos mesmo após 30 h do fim do período de confinamento. Para estes poluentes, um percentual entre 70 e 90% dos registros durante o período analisado estiveram abaixo da média dos sete dias anteriores ao início do *lockdown*. Assim, nosso estudo demonstrou que um *lockdown* curto, de 64 horas, é suficiente para implicar em elevadas reduções nos níveis de poluentes no ar.

5. Referências

1. Bonaccorsi G, Pierrri F, Cinelli M, Flori A, Galeazzi A, Porcelli F, et al. Economic and social consequences of human mobility restrictions under COVID-19. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2020; 117(27): 15530-15535.
2. Lau H, Khosrawipour V, Kocbach P, Mikolajczyk A, Schubert J, Bania J, Khosrawipour T. The positive impact of *lockdown* in Wuhan on containing the COVID-19 outbreak in China. *Journal of travel medicine*. 2020; 27(3): taaa037.
3. Chakraborty I, Maity P. COVID-19 outbreak: Migration, effects on society, global environment and prevention. *Science of the Total Environment*. 2020; 728: 138882
4. Tavella RA, Da Silva-Júnior FMR. COVID-19 and air pollution: what do we know so far? *Vittalle-Revista de Ciências da Saúde*. 2020; 32(1): 22-31.
5. Berman JD, Ebisu K. Changes in U.S. air pollution during the COVID-19 pandemic. *Science of the Total Environment*. 2020; 739: 139864.
6. Tavella RA, Fernandes CLF, Penteado JO, De Lima Brum R, Florencio Ramires P, Coutelle Honscha L, Volção LM, Dos Santos M, Muccillo-Baisch AL, Da Silva Júnior, FMR. Unexpected reduction in ozone levels in a mid-size city during COVID-19 *lockdown*. *International Journal of Environmental Health Research*, 2021; 1-14.
7. Nakada LYK, Urban RC. COVID-19 pandemic: Impacts on the air quality during the partial *lockdown* in São Paulo state, Brazil. *Science of the Total Environment*. 2020; 730: 139087.
8. Sharma S, Zhang M, Anshika, Gao J, Zhang H, Kota SH. Effect of restricted emissions during COVID-19 on air quality in India. *Science of the Total Environment*. 2020; 728: 138878.
9. Sicard P, De Marco A, Agathokleous E, Feng Z, Xu X, Paoletti E, et al. Amplified ozone pollution in cities during the COVID-19 *lockdown*. *Science of the Total Environment*. 2020; 735: 139542.
10. Tobías A, Carnerero C, Reche C, Massagué J, Via M, Minguillón MC, et al. Changes in air quality during the *lockdown* in Barcelona (Spain) one month into the SARS-CoV-2 epidemic. *Science of the Total Environment*. 2020; 726: 138540.
11. Zambrano-Monserrate MA, Ruano MA. Has air quality improved in Ecuador during the COVID-19 pandemic? A parametric analysis. *Air Quality, Atmosphere and Health*. 2020; 1–10.
12. Leão MLP, Penteado JO, Ulguim SM, Gabriel RR Dos Santos, M, Brum AN, Zhang L, da Silva Júnior, FMR. Health impact assessment of air pollutants during the COVID-19 pandemic in a Brazilian metropolis. *Environmental Science and Pollution Research*, 2021; 28(31): 41843-41850.
13. Chen K, Wang M, Huang C, Kinney PL, Anastas PT. Air pollution reduction and mortality benefit during the COVID-19 outbreak in China. *The Lancet Planetary Health*. 2020; 4(6): e210-e212.
14. Alves SMC, Ramos EMB, Delduque MC. Decretação de *lockdown* pela via judicial: medida (des) necessária? *Cadernos de Saúde Pública*. 2020; 36: e00116020.
15. Brasil, Estado do Maranhão. DECRETO N° 35.7849 DE 03 DE MAIO DE 2020 [Internet]. 2020. Available from: <https://sedihpop.ma.gov.br/files/2020/05/DECRETO-35.784-DE-3-DE-MAIO-DE-2020.pdf>
16. Brasil, Cidade de Pelotas, Estado do Rio Grande do Sul. DECRETO N° 6.300, DE 05 DE AGOSTO DE 2020 [Internet]. 2020. Available from: <http://leismunicipa.is/kryha>
17. World Health Organization. WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide: executive summary. 2021.
18. He G, Pan Y, Tanaka T. The short-term impacts of COVID-19 *lockdown* on urban air pollution in China. *Nature Sustainability*. 2020; 1-7.
19. Dantas G, Siciliano B, França BB, da Silva CM, 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*. 2020; 729: 139085.
20. Debone D, da Costa M, Miraglia S. 90 Days of COVID-19 Social Distancing and Its Impacts on Air Quality and Health in Sao Paulo, Brazil. *Preprints 2020: 2020080022*.
21. Kumar A, Singh D, Anandam K, Kumar K, Jain VK. Dynamic interaction of trace gases (VOCs, ozone, and NO_x) in the rural atmosphere of sub-tropical India. *Air Quality, Atmosphere & Health*. 2017; 10(7): 885-896.
22. Tavella RA, da Silva Júnior FMR. Watch out for trends: did ozone increased or decreased during the COVID-19 pandemic?. *Environmental Science and Pollution Research*, 2021; 1-6.
23. Cohen AJ, Brauer M, Burnett R, Anderson HR, Frostad J, Estep K, et al. Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *Lancet*. 2017; 389: 1907e1918.