PADRÕES DE QUALIDADE DO AR NO ESTADO DO ACRE, BRASIL

Antonio Willian Flores de Melo [1], Sonaira Souza da Silva [1], Liana O. Anderson [2], Alejandro Antonio Fonseca Duarte [3], Marcelo Ferreira de Freitas [4] e I. Foster Brown [3,5]

[1]Universidade Federal do Acre, Laboratório de Geoprocessamento ao Meio Ambiente, Estrada da Canela Fina, KM 12 Gleba Formoso - São Francisco, Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil, {willian.flores@ufac.br; sonaira.silva@ufac.br}; Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Nacionais, Estrada Doutor Altino Bondensan, 500, Distrito de Eugênio de Melo, São José dos Campos, São Paulo, Brasil, liana.anderson@cemaden.gov.br; [3]Universidade Federal do Acre, Rodovia BR 364, Km 04, Distrito Industrial, Rio Branco, Acre, Brasil, alejandro.duarte@ufac.br; [4]Ministério Público do Estado do Acre, Rua Marechal Deodoro, 472, Centro, Rio Branco, Acre, Brasil, mfreitas@mpac.mp.br; [5]Woodwell Climate Research Center, 149 Woods Hole Road Falmouth, MA, USA, fbrown@woodwellclimate.org

RESUMO

Analisamos as concentrações de material particulado de até 2,5 µm de diâmetro (PM2.5) medidas pela Rede de Qualidade do Ar do Acre, usando sensores de baixo custo PurpleAir PA-II-SD, para o período de 1 junho de 2019 a 31 de dezembro de 2021 e chegamos às conclusões que seguem. A qualidade do no Acre excede os padrões recomendado pela OMS durante o período seca amazônico. Os meses de agosto e setembro são os mais críticos, principalmente no período do dia entre 17:00 e 7:00 horas. Os municípios mais afetados ficam localizados no leste do Acre, região com maior densidade demográfica e maior atividade antrópica. Nossos resultados relacionam a deterioração da qualidade do Ar no Acre com o aumento da incidência de queimadas na região.

Palavras-chave — Qualidade do ar, Amazônia, Acre, sensores de baixo custo, PM2.5.

ABSTRACT

We analyzed the concentrations of particulate matter up to 2.5 µm in diameter (PM2.5) mensured by the Acre Air Quality Network, using low-cost PurpleAir PA-II-SD sensors, for the period from June 1, 2019, to December 31, 2021, and we have come to the following conclusions. The quality of Acre exceeds the standards recommended by the WHO during the Amazon dry period. The months of August and September are the most critical, especially between 5:00 pm and 7:00 am. The most affected municipalities are in eastern Acre, a region with the highest population density and greater human activity. Our results relate the deterioration of air quality in Acre with the increase in the incidence of fires in the region.

Key words — *Air quality, Amazon, Acre, low-cost sensors, PM2.5.*

1. INTRODUÇÃO

A poluição do ar é um dos grandes problemas de saúde pública dos tempos atuais [1], [2]. A exposição continuada aumenta as taxas de mortalidade, a morbidade e diminui a expectativa de vida [3]. Somente em 2017, cera de 6,7 milhões de pessoas morreram prematuramente em decorrência desse problema, cerca de 11,6% de todas as mortes ocorridas no mundo [4]. Mais de 80% da população mundial vivem em regiões onde são excedidos os padrões de qualidade do ar recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS) [5].

O problema não está restrito aos grandes centros urbanos, regiões como a Amazônia podem apresentar altos índices de poluição do ar durante a estação seca [6], [7]. Anualmente milhares de hectares de floresta são derrubadas na Amazônia [8] e o fogo é método predominante para mineralizar a biomassa proveniente desse processo [9], [10]. As queimadas emitem grandes quantidades de material particulado para a atmosfera, prejudicando a qualidade do ar e causando problemas à saúde humana [11]–[13].

Nos últimos anos estão sendo utilizados sensores instalados em satélites [14], [15] e sensores de baixo custo relacionados à Ciência Cidadã para o monitoramento da qualidade do ar [16], [17]. Embora estes sejam de uma tecnologia em desenvolvimento e existem desafios de calibração e avalição de incertezas associadas às medições [17], mas que, por outro lado, têm grande utilidade no monitoramento em tempo real da qualidade do ar devido à possibilidade de estabelecer redes muitos de sensores relativamente próximos. Assim, facilita-se a identificação de altas concentrações de material particulado e padrões espaço-temporais da qualidade do ar, auxiliando a tomada de decisões por gestores públicos.

Em junho 2019, tornou-se operacional a maior rede de monitoramento da qualidade do ar na Amazônia, baseada em sensores PurpleAir PA-II-SD [18] de baixo custo e conceito inovador de uso da Internet das Coisas e disponibilização dos dados em tempo real. Foram instalados 30 destes sensores, distribuídos nas sedes dos 22 municípios do Estado do Acre. Esta ação foi realizada pelo Ministério Público do Estado do

Acre em parceria com a Universidade Federal do Acre e cooperação com Prefeituras, Batalhão Ambiental, Corpo de Bombeiros, Defesa Civil, Promotorias de Justiça, Centros de Educação e outas intuições.

Usamos os dados gerados pela Rede de Qualidade do Acre objetivando responder as seguintes perguntas: (i) Como varia a qualidade do ar no Acre sazonalmente durante o ano? (ii) Quais os meses e horas ao longo do dia em que a concentração de material particulado (PM2.5) excede o que recomenda a OMS? (iii) Quais os municípios do Acre mais críticos em termos de concentração de material particulado? (iv) É possível relacionar as concentrações de material particulado (PM2.5) com a ocorrência de focos de calor?

2. MATERIAL E MÉTODOS

Nosso trabalho foi desenvolvido no Acre, estado localizado no extremo oeste do Brasil, bioma Amazônia. Onde foi conformada em junho de 2019 uma rede de qualidade do ar composta de 30 sensores de baixo custo produzidos pela PurpleAir, Inc., modelo PurpleAir PA-II-SD [18]. O sensor contém dois medidores laser que quantificam partículas sólidas em suspensão no ar. As partículas são classificas por tamanho para medir a concentração em µg/m^3 de material particulado PM1, PM2.5 e PM10. As medições são feitas em intervalos de ~80 s, e os dados enviados para disponibilização em internet, em tempo real, bem como seu armazenamento no banco de dados mundial [19].

No presente trabalho, para o período de 1 junho de 2019 a 31 de dezembro de 2021 foram usados dados diários de PM2.5, corrigidos pela conversão LRAPA (Lane Regional Air Protection Agency) [20]. Os dados foram processados e geradas médias de 24 horas, considerando a hora padrão do Acre (GMT-5), no intervalo de 00:00:00 a 23:59:59 para cada dia. Usando a mesma hora padrão, também foram geradas médias de concentração a cada 1 hora para o período estudado.

Para responder à pergunta (i), geramos um banco de dados contendo a média de 24 horas de PM2.5, individualizada por município, além da média geral por dia no período estudado. A partir desse banco de dados foi possível plotar os dados e gerar as informações de variação da concentração de material particulado (PM2.5) ao longo do período estudado. Esses dados também foram comparados com o limite recomendado pela OMS para média de 24 horas de PM2.5, que é 15 µg/m^3 [21], onde foram geradas estatísticas para identificar os períodos críticos.

Para responder à pergunta (ii), geramos uma matriz correlacionando as horas do dia e os meses do ano em relação média de 1 horas de PM2.5, usando a técnica de mapa de calor. Para tanto contamos o número de ocorrência de horas com concentração de PM2.5 maior que 15 µg/m^3. Objetivamos, com essa análise, identificar as horas e meses mais críticos em termos de qualidade do ar, considerando todos o conjunto de dados gerado para o período analisado.

Para responder à pergunta (iii), quantificamos os dias por ano em que cada município do Acre teve concentração de PM2.5 maior que 15 µg/m^3. Finalmente, para responder à pergunta (iv), realizamos uma correlação entre a quantidade de focos de calor e a concentração de PM2.5 por para o período analisado. Todas as análises foram realizadas no ambiente do Software R [22].

3. RESULTADOS

No Acre, considerando o período estudado, a concentração de material particulado aumenta consideravelmente no período de seca na Amazônia (Figura 1). Menos de 1% dos registros (n=25) da concentração de PM2.5 foram maiores que os limite máximo recomendado pela OMS (15 µg/m^3) no período chuvoso (jan-jun), ao passo que no período seco (jul-nov) mais que 30% dos registros (n=3.298) foram maiores. No período estuado, houve 176 dias em que, na média, a concentração de material particulado (PM2.5) foi maior que o limite máximo da OMS (Figura 1), todos no período seco.

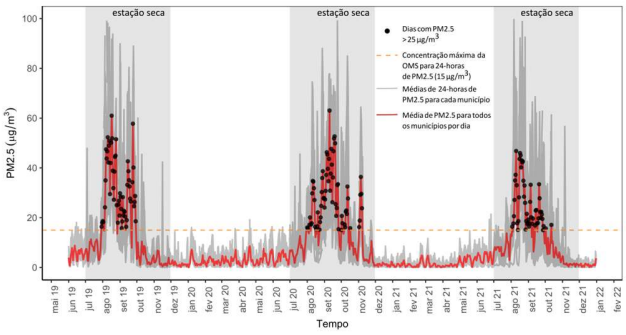


Figura 1. Concentração de material particulado (PM2.5) no período de junho de 2019 a dezembro de 2021 para os municípios do Acre. As linhas cinzas representam a concentração de PM2.5 nos municípios individualmente e a linha vermelha a média dos municípios.

A qualidade do ar se deteriora, consideravelmente, nos meses de agosto e setembro, principalmente no período da noite, entre 17 horas e 7 horas (Figura 2). Nesses dois meses, no período da noite, foi registrado entre 1000 e 1428 horas com concentração de material particulado (PM2.5) acima de 15 µg/m^3. O mapa de calor (Figura 2), demostra que a qualidade do ar começa a se deteriorar no mês de junho, inicialmente no período da noite e atinge seu máximo no mês de agosto, perpassando por setembro, após esse período tende a melhorar, mas ainda se estende até novembro.

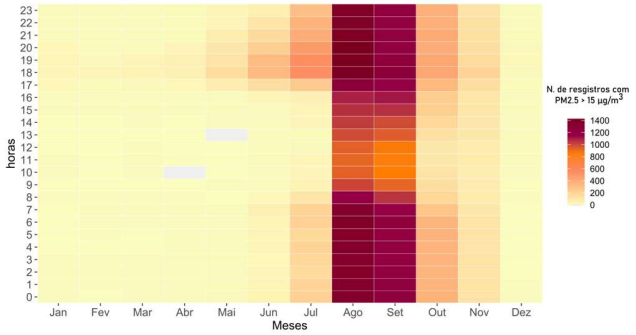


Figura 2. Mapa de calor relacionando os meses do ano com as horas do dia em função do número de registros de horas com média de concentração de material particulado (PM2.5) maior que 15 µg/m³.

Vários municípios do Acre tiveram mais de 50 dias com concentração PM2.5 acima do recomenta a OMS para média de 24 horas (Figura 3). O município de Brasiléia, teve a maior quantidade, 93 dias com qualidade do ar acima do padrão da OMS. Quase que a totalidade desses municípios está localizada na região leste do estado, onde concentra-se a maior intensidade de atividades antrópicas, bem como, a grande maioria da população residente. Os municípios localizados no oeste do estado, foram aqueles com melhor qualidade do ar, tais como Cruzeiro do Sul, Mâncio Lima, Marechal Thaumaturgo, Jordão, Rodrigues Alves e Porto Walter (Figura 3).

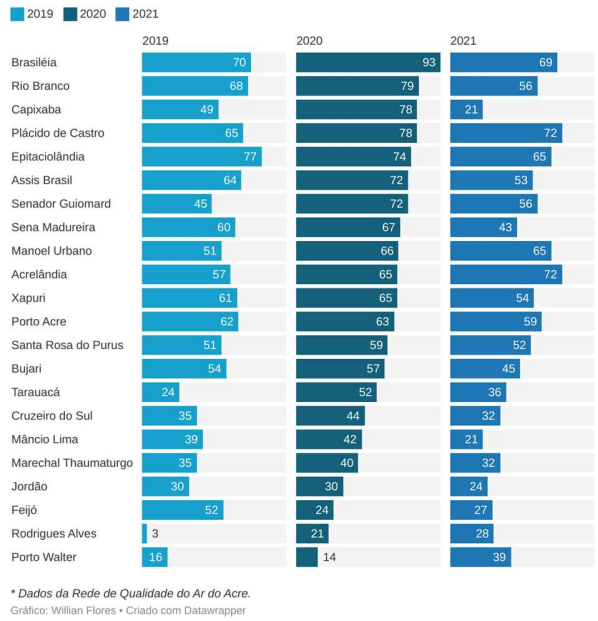


Figura 3. Quantidade de dias acima do padrão de qualidade do ar, definido pela OMS, para os municípios do Estado do Acre, no período de 2019 a 2021.

O aumento da concentração de material particulado (PM2.5) está correlacionado (r= 0,8) com o aumento da ocorrência de focos de calor (Figura 4). Embora não tenhamos inserido na análise fatores que são preponderentes, como direção dos ventos e contribuição de focos de calor ocorridos fora dos limites do estado, as informações contidas na Figura 4 mostram uma alta correlação entre a ocorrência de queima de biomassa em atividades agropecuárias e a deterioração da qualidade do ar no Acre.

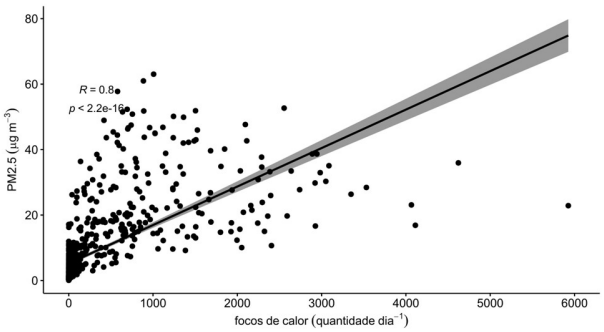


Figura 4. Relação entre ocorrência de focos de calor e a concentração de material particulado (PM2.5) no Acre. Fonte: [23] (focos de calor).

4. DISCUSSÃO

A constatação de que no Estado do Acre a qualidade do ar tem índices que, em ao menos dois meses, superam, em muito, os padrões recomendados pela OMS, traz um grande alerta para as consequências desse fato à saúde pública e ao meio ambiente, em médio e longo prazos. Coker et al., 2022 [24], identificaram uma associação significativa entre altas concentrações diárias de PM2.5, medidas com sensores da Rede Qualidade do Ar do Acre, com hospitalizações por enfermidades respiratórias no município de Rio Branco, Acre.

Os dados e as informações sobre qualidade do ar no Acre, devem ser usados por tomadores de decisão para fomentar políticas públicas visando diminuir os fatores causadores, bem como, fortalecer os aparatos públicos para enfrentar as consequências desse problema. Para isso será necessário aumentar e diversificar a comunicação e divulgação dessas informações com linguagem adequada e para os atores com mandato nas questões envolvidas. O grupo ao qual os autores estão ligados, tem desenvolvido ações nesse sentido, um exemplo é a página web Acre Qualidade do Ar, disponível no link <http://acrequalidadedoar.info/>, que visa disponibilizar os dados produzidos pela Rede de Qualidade do Ar do Acre, já processados e permite que o público em geral, bem como, os técnicos das Prefeituras Municipais e do Governo do Estado do Acre tenham acesso.

5. CONCLUSÕES

A qualidade do no Acre, considerando a concentração de material particulado (PM2.5), excende os padrões recomendados pela OMS durante a estação da seca amazônica. Os meses de agosto e setembro são os mais críticos, principalemnte no período do dia entre as 17:00 e as 07:00 horas. Os municípios mais afetados ficam localizados no leste do Acre, região com maior densidade demográfica e maior atividade antrópica. Os resultaodos relacionam a deterioração da qualidade do Ar no Acre com o aumento da incidência de queimadas na região.

É necessário continuar avançado no fortalecimento da Rede de Qualidade do Ar do Acre para garantir a continuidade da coleta dos dados e aumentar a robustez do banco de dados históricoo sobre qualidade do ar. Isso irá permitir realizar análises mais complexas e a geração de padrões que possibilitem tomadas de decisão com maior precisão pelos gestores públicos.

6. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi fruto de uma colaboração efetiva entre cientistas e profissionais do Ministério Público do Acre que conseguiram adquirir, montar e fazer manutenção de sensores nos diversos municípios do Acre. O trabalho teve o apoio do CNPq (Projeto Acre Queimadas, 442650/2018-3).

7. REFERÊNCIAS

[1] S. S. Babatola. Global burden of diseases attributable to air pollution, *Journal of Public Health in Africa*, v. 9, dez. 2018.
[2] P. J. Landrigan. Air pollution and health, *The Lancet Public Health*, v. 2, p. e4–e5, jan. 2017.
[3] A. J. Cohen *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, *The Lancet*, v. 389, p. 1907–1918, maio 2017.
[4] H. Ritchie e M. Roser. Air Pollution, *Our World in Data*, 2021.
[5] M. Amann *et al.* Reducing global air pollution: the scope for further policy interventions, *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, v. 378, p. 20190331, out. 2020.
[6] I. F. Brown *et al.* Monitoramento de fumaça em tempo real mediante sensores de baixo custo instalados na Amazônia Sul-Ocidental, em *Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, São Jose dos Campos, 2019, p. 2658–2661.
[7] A. F. Duarte, I. F. Brown, e K. Longo. Events of high particulate matter (smoke) concentrations in eastern Acre and their spatial relationship with regional biomass burning: the case of September 2005, em *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, São José dos Campos, 2007, p. 1689–1699.
[8] INPE. Programa de monitoramento da Amazônia e demais biomas, *TerraBrasilis*, 2022. http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal_amazon/rates (acessado 24 de agosto de 2022).
[9] L. E. O. C. Aragão *et al.* Environmental change and the carbon balance of Amazonian forests, *Biological Reviews*, p. n/a-n/a, fev. 2014.
[10] S. S. da Silva *et al.* Burning in southwestern Brazilian Amazonia, 2016–2019, *Journal of Environmental Management*, v. 286, p. 112189, maio 2021.
[11] M. A. M. Costa *et al.* Real-time sampling of particulate matter smaller than 2.5 μm from Amazon forest biomass combustion, *Atmospheric Environment*, v. 54, p. 480–489, jul. 2012.
[12] L. da S. V. Jacobson *et al.* Acute effects of particulate matter and black carbon from seasonal fires on peak expiratory flow of schoolchildren in the Brazilian Amazon, *PLoS ONE*, v. 9, p. e104177, ago. 2014.
[13] C. L. Reddington *et al.* Air quality and human health improvements from reductions in deforestation-related fire in Brazil, *Nature Geoscience*, v. 8, p. 768–771, out. 2015.
[14] Y. F. Elshorbany *et al.* The status of air quality in the United States during the COVID-19 pandemic: a remote sensing perspective, *Remote Sensing*, v. 13, p. 369, jan. 2021.
[15] P. F. Levelt *et al.* Air quality impacts of COVID-19 lockdown measures detected from space using high spatial resolution observations of multiple trace gases from Sentinel-5P/TROPOMI, *Atmospheric Chemistry and Physics*, v. 22, p. 10319–10351, ago. 2022.
[16] F. Karagulian *et al.* Review of the performance of low-cost sensors for air quality monitoring, *Atmosphere*, v. 10, p. 506, ago. 2019.
[17] N. Castell *et al.* Can commercial low-cost sensor platforms contribute to air quality monitoring and exposure estimates?, *Environment International*, v. 99, p. 293–302, fev. 2017.
[18] PurpleAir. Outdoor air quality monitor: PurpleAir PA-II, *PurpleAir*, 2022. https://www2.purpleair.com/products/purpleair-pa-ii?variant=40067691708513 (acessado 29 de outubro de 2022).
[19] PurpleAir. API - PurpleAir, *PurpleAir*, 2022. https://api.purpleair.com/ (acessado 30 de outubro de 2022).
[20] K. K. Barkjohn, B. Gantt, e A. L. Clements. Development and application of a United States-wide correction for PM2.5 data collected with the PurpleAir sensor, *Atmospheric Measurement Techniques*, v. 14, p. 4617–4637, jun. 2021.
[21] WHO. *WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*. World Health Organization, Geneva, 2021.
[22] R Core Team. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2021.
[23] INPE. Programa queimadas, *BDQueimadas*, 2022. https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas (acessado 3 de março de 2022).
[24] E. S. Coker *et al.* Association between PM2.5 and respiratory hospitalization in Rio Branco, Brazil: demonstrating the potential of low-cost air quality sensor for epidemiologic research., *Environmental Research*, v. 214, p. 113738, nov. 2022.