

Análise da Poluição Atmosférica no Bairro Maracanã em Santarém/PA
Analysis of Atmospheric Pollution in the Maracanã neighborhood in Santarém/PA**Analysis of Atmospheric Pollution in the Maracanã neighborhood in Santarém/PA**

Edson Agnaldo Imbelloni Martins¹, Ana Carla dos Santos Gomes², Sarah Suely Alves Batalha³,
Adriane dos Santos Raiol⁴, Domingas de Oliveira Almeida⁵, Glauce Vitor da Silva⁶

DOI: <https://10.52719/bjas.v6i2.6513>

Resumo

A poluição atmosférica pode ser definida como a existência de substâncias, em quantidade capaz de alterar sua composição e equilíbrio na atmosfera, sendo prejudiciais ao meio ambiente e as formas de vida. Os poluentes atmosféricos estão ligados diretamente a problemas ambientais e a saúde. Diante disso esse trabalho teve como objetivos analisar os níveis de PM_{2,5} e PM₁₀ e as condições meteorológicas no bairro Maracanã-Santarém/PA nos meses de abril e maio de 2023. Os dados foram coletados através do Kit de monitoramento e qualidade do ar do projeto Rede Piloto de Inovação da Qualidade do Ar na Região Oeste do Pará: Cuidadores do Ar. Constatou-se que os maiores valores de PM_{2,5} e PM₁₀ foram no mês de maio com 999,90 µg/m³ e 1830,20 µg/m³ respectivamente. Foi observado um decréscimo de 1,06°C na média da temperatura de um mês para o outro, e a umidade manteve-se sua média em torno de 65%. Espera-se que os resultados encontrados possam contribuir para o desenvolvimento de estratégias de políticas públicas e ambientais bem como a conscientização da população.

Palavras-chave: Amazônia. Material particulado. Poluição do ar.

Abstract

Atmospheric pollution can be defined as the existence of a substance, in a quantity capable of altering its composition and balance in the atmosphere, being pertinent to the environment and forms of life. Atmospheric emissions are directly related to environmental and health problems. Therefore, this work aimed to analyze the levels of PM_{2.5} and PM₁₀ and the environmental conditions in the Maracanã-Santarém/PA neighborhood in the months of April and May 2023. The data was collected through the air quality and monitoring kit of the Air Quality Innovation Pilot Network project in the Western Region of Pará: Air Caregivers. It was found that the highest values of PM_{2.5} and PM₁₀ were in the month of May with 999.90

¹ Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, Pará, Brasil, edson21imbelloni@gmail.com

² Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, Pará, Brasil, anacarlaseg02@gmail.com

³ Escola de Ensino Técnico do Estado do Pará Francisco Coimbra Lobato, Santarém, Pará, Brasil, sarah.batalha@docente.sectet.pa.gov.br

⁴ Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, Pará, Brasil, adrianeraiol99@gmail.com

⁵ Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, Pará, Brasil, glauce.silva@ufopa.edu.br

⁶ Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, Pará, Brasil, glauce.silva@ufopa.edu.br

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ and $1830.20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectively. A decrease of 1.06°C in the average temperature was observed, and humidity remained at an average of around 65%. It is expected that the results found can contribute to the development of public and environmental policy strategies as well as raising public awareness.

Keywords: Air pollution. Amazon. Particulate matter.

Introdução

A poluição atmosférica pode ser definida como a existência de substâncias, em quantidade capaz de alterar sua composição e equilíbrio na atmosfera, sendo prejudiciais ao meio ambiente e as formas de vida. Desde a Revolução Industrial o homem tem modificado o mundo não apenas visando a sobrevivência, mas em acordo a seus interesses econômicos em detrimento dos danos consequentes. Os processos industriais, a vida nas grandes cidades com tráfego intenso de veículos, a vida cotidiana cercada de equipamentos tecnológicos, todas essas ações humanas modernas geram resíduos que, sem a destinação ou tratamento adequados causam danos ao meio ambiente, mas especialmente a saúde de populações humanas e animais. (Lopes, 2010 & Drumm et al., 2014). Em 2019, ano em que as Academias Nacionais de Ciências e Medicina da África do Sul, Alemanha, Brasil e Estados Unidos da América lançaram uma iniciativa política-científica para a redução da poluição atmosférica, a Organização das Nações Unidas (ONU) elegeu a poluição atmosférica e a mudança do clima, juntas, como o principal tema de atenção à saúde. (ONU, 2019 & Assaf et al., 2019).

Dentre as matérias consideradas poluentes atmosféricos, destacam-se os gases e material particulado proveniente, sobretudo de fontes antrópicas, como os veículos automotores, as indústrias e a incineração de resíduos sólidos e estão ligados diretamente a problemas ambientais e de saúde pública, uma vez que as emissões veiculares, juntamente com as emissões de fontes estacionárias, são as principais responsáveis pela presença dos mais variados compostos na atmosfera. Os poluentes que apresentam maior importância na química da baixa troposfera, podem ser citados: o monóxido de carbono (CO), os óxidos de nitrogênio (NOx), o óxido de enxofre (SO₂), o ozônio (O₃), a fumaça e os materiais particulados convencionalmente conhecido pela sigla PM proveniente do inglês *particulate matter*. Essas partículas de aerossóis são observadas na natureza que variam desde alguns nanômetros (como por exemplo, aglomerados moleculares) até algumas centenas de microns (partículas de poeira do solo ou grãos de pólen). As partículas de aerossóis podem ser divididas em dois grupos, referentes ao seu tamanho: particulados com diâmetro maior que $2,5\mu\text{m}$, denominados particulados da moda grossa (PM₁₀) e aqueles com diâmetros menores

de 2,5µm, chamados de particulados da moda fina (PM_{2,5}). (Gomes, 2009; Andrade, 2012; Castro et al., 2013).

O PM 2,5 pode ser o fator de risco ambiental que representa o maior perigo para a saúde pública. O Global Burden of deases (GBD) classifica PM 2,5 como o quinto principal fator de risco para morte, com a exposição a PM 2,5 causando 4,2 milhões de mortes (7,6% das mortes globais) e perda de 10,31 milhões de anos de vida ajustados por incapacidade (4,2% das mortes globais). (Cohen, 2017). Tal como afirma a Organização Mundial de Saúde (OMS), 9 em cada 10 pessoas em áreas urbanas estão expostas a elevados níveis de PM 2,5 (concentração média anual >10 µg/m³) provenientes da poluição atmosférica exterior, e cerca de 3 mil milhões de pessoas utilizam combustíveis não renováveis estão expostos a grave poluição do ar interior (Organização Mundial da Saúde [OMS], 2019).

Numerosos estudos epidemiológicos descreveram uma associação entre níveis aumentados de PM 10 e exacerbações de doenças das vias aéreas em pacientes com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) e asma Papa e Dockery (1999). Além disso, estudos de séries temporais mostram que também há aumento de mortes cardiovasculares e de internações hospitalares associadas a aumentos nos níveis de PM, existe uma relação entre exposição crônica a níveis elevados de PM 10 e câncer. (Donaldson et al., 2003)

Fatores variados influenciam diretamente na qualidade do ar, tais como a intensidade e a distribuição dos poluentes na atmosfera, a topografia, as formas de ocupação do solo, bem como pelas condições meteorológicas vigentes (França et al., 2019), como a temperatura do ar, a umidade relativa do ar, a velocidade e a direção dos ventos e a precipitação (Carvalho et al., 2004; Lyra et al., 2006; Waldheim et al., 2006; Guerra et al., 2011). Lyra et al. (2006) atestaram que a elevação da temperatura, o aumento da velocidade do vento e a ascendência da altura da camada de mistura influenciam na diminuição da concentração de poluentes.

Em paralelo às questões ambientais mais amplas e preocupações com impactos de longo prazo, há uma corrente de preocupação imediatista, pois o lançamento de poluentes no ambiente promove implicações sociais e econômicas em curto prazo. Os eventos de queimadas e incêndios florestais tornam os ambientes impactados mais expostos a subsequentes impactos climáticos e antropogênicos, reduzindo a quantidade de biomassa da floresta e conseqüentemente os estoques de carbono, além de causar alterações climáticas (Hargrave, et al., 2013 & Santos et al., 2017). Com a crescente demanda internacional por reduções nas emissões de carbono, controlar o uso indiscriminado de fogo na região pode ser uma eficiente estratégia para reduzir o desmatamento e a emissão de carbono (Thaler et al., 2019). Porém o Brasil registrou 131.327 queimadas florestais até o mês de agosto em 2019.

Só na Amazônia, foram registrados 43.573 focos, segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A queimada de origem rural proveniente dos poluentes gasosos e do material particulado fino apresentam efeitos diretos para o sistema respiratório. A poluição atmosférica, gerada pela queima de biomassa tem sido associada ao aumento de mortalidade por doenças respiratórias (Mascarenhas et al., 2008).

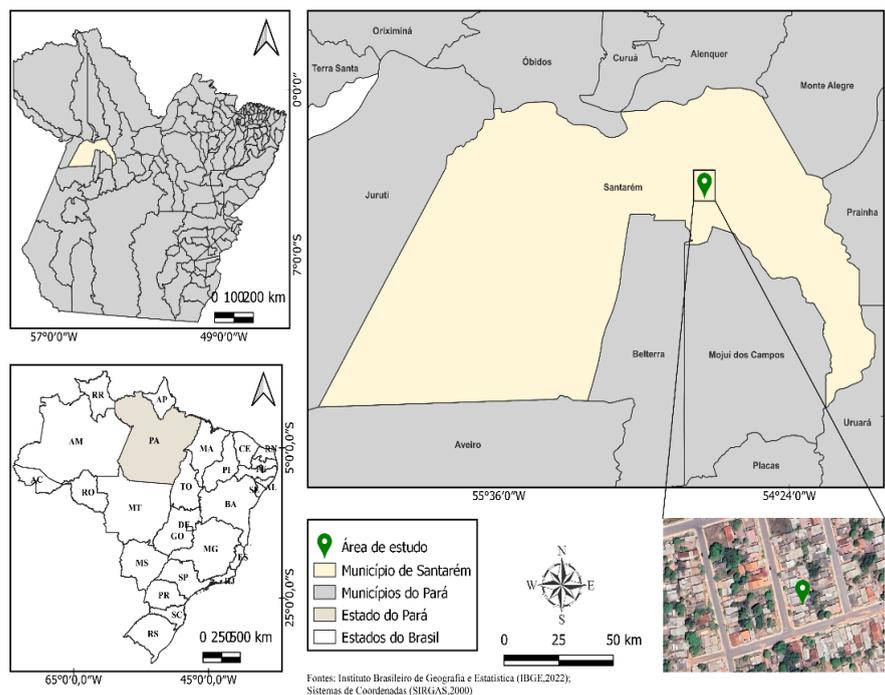
Os vários poluentes contribuem para desequilíbrios ambientais, mas a poluição atmosférica assume protagonismo quando o assunto se refere às doenças respiratórias. Para Gonçalves et al. (2012), este desequilíbrio é influenciado pelo acelerado crescimento populacional, pelas variações no padrão de consumo e pela intensificação das atividades de força econômica, capazes de exercer pressões sobre o nível de qualidade de vida das populações expostas. Essas alterações no uso e na ocupação do solo são responsáveis por emissões expressivas de partículas de aerossóis para a atmosfera por meio das queimadas, tanto de áreas de pastagem quanto de floresta, afetando grupos sociais mais vulneráveis, como crianças e idosos (Barcellos et al., 2009). O ar poluído é significativamente danoso à saúde, dessa forma, se a população está sob atmosfera contaminada, não há alternativas pontuais a serem realizadas, mas sim ações em contextos mais amplos, tendo como objetivo a melhoria da qualidade do ar para todos os indivíduos (Dapper et al. 2016).

A poluição atmosférica é uma questão global que causa grandes perdas econômicas. É particularmente grave nos países em desenvolvimento, nos quais a qualidade do ar tem se deteriorado muito e de forma consistente. Estima-se que no Brasil a degradação da qualidade do ar atmosférico possa causar aproximadamente 20 mil óbitos/ano, valor cinco vezes maior ao de morte causado pelo tabagismo ambiental/passivo, e 10,7 mil mortes/ano resultante da poluição do ar em ambientes internos (Arbex et al., 2012). Os grupos que têm se mostrado mais passível aos efeitos da poluição atmosférica são as crianças e os idosos, apresentando sintomas indicativos como a diminuição da função pulmonar, crescimento do uso de medicamentos, destacando-se os idosos, assim como mudanças no sistema imunológico de pessoas normais (Moreira et al., 2015). Neste contexto o objetivo do trabalho é analisar os níveis de material particulado PM10 e PM2,5 e as condições meteorológicas no Bairro do Maracanã – Santarém/PA nos meses de abril e maio de 2023.

Material e Métodos

A área de estudo foi o bairro Maracanã no município de Santarém, que está localizado a oeste do estado do Pará. População com 306.480 habitantes (IBGE, 2021), sendo o terceiro município paraense mais populoso, ocupa uma área de 22.887.080 km². O bairro é asfaltado, com pouca arborização, possui grande tráfego de veículos e construções de alvenaria, com coordenadas geográficas são: 2°27'02.3"s 54°42'03.3"w (Pereira et al., 2021). O clima da região é quente e úmido, com temperatura média anual variando de 25 a 28 °C com regime pluviométrico de aproximadamente 1.920 mm por ano. As temperaturas mais elevadas ocorrem nos meses de junho a novembro, enquanto o período de maior precipitação pluviométrica é de dezembro a maio. Foram utilizados dados de temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%), material particulado Pm_{2,5} e Pm₁₀ (µg/m³), disponibilizados pelo kit de monitoramento da qualidade do ar do projeto Cuidadores do Ar nos meses de abril e maio de 2023.

Figura 1
Mapa da localização do município de estudo

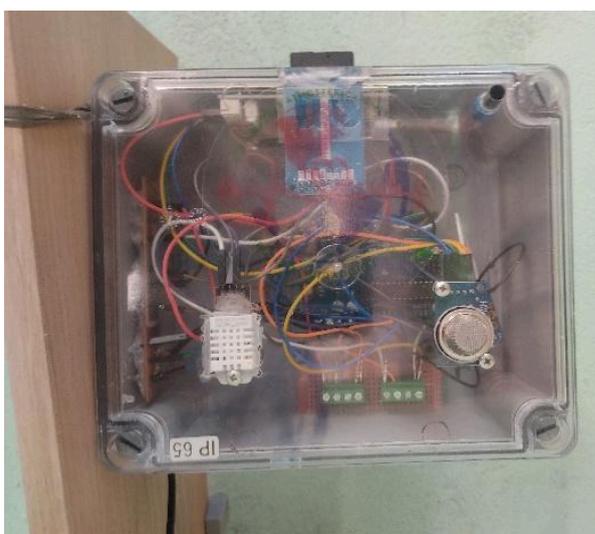


O Kit de monitoramento foi construído com sensores de baixo custo e é composto por um Arduino Uno, um Sensor SDS011 para realizar as medidas de concentrações de material particulado, um Sensor AM2302 para medir temperatura e umidade relativa do ar, um Sensor MQ135 para verificar a presença de gases tóxicos no ambiente, um tubo de metal para a passagem de ar e por fim um cartão de memória onde ficam armazenados os dados coletados

(Figura 2). Trabalhos como de Budde (2018) e Oveira (2015); validaram os sensores utilizados. Devarakonda (2013), propõe o uso de rede de sensores distribuídos e desenvolveu uma rede de sensores para monitoramento da poluição do ar em tempo real.

Figura 2

Kit de monitoramento do ar



Fonte:

Resultados e Discussão

Destaca-se que o mês de abril apresentou o valor máximo do PM_{2,5} 646,60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (desvio padrão de 12,57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), o PM₁₀ foi de 758,30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (desvio padrão de 15,57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) concentrações mais de 10 vezes superiores ao recomendado pela legislação ambiental, Andrade et al. (2022) atribui ao comportamento cultural do morador de cidades do interior da Amazônia que ainda utilizam a prática da queima de lixo e biomassa. A temperatura do ar apresentou amplitude térmica de 14,2° C, ressaltando o valor máximo de 40,8°C inversamente a umidade relativa mostrou mínima de 40% mesmo abril pertencente ao período chuvoso da região.

Tabela 1

Estatística descritiva das variáveis para o mês de abril

Descritivas	MP _{2,5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MP ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Temperatura do ar (°C)	Umidade Relativa (%)
-------------	---	--	---------------------------	-------------------------

Mínimo	0,01	0,20	26,6	40,10
Mediana	2,60	6,30	30,90	66,90
Desvio Padrão	12,57	15,57	2,94	7,77
Média	4,78	9,64	30,28	64,71
Máximo	646,90	758,30	40,8	95,00

Fonte:

Na Tabela 2, referente ao mês de maio, observa-se também concentrações superiores aos padrões da legislação, o valor máximo do PM_{2,5} foi de 999,90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (desvio padrão 29,71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), PM₁₀ 1830,20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, (desvio padrão 33,74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). A amplitude térmica reduz de abril para maio (11,68 °C) e a umidade continua apresentando mínima em 40,15% o mês de maio pertence ao período de transição do chuvoso para o menos chuvoso na região (Alves, 2023).

Tabela 2
Estatística descritiva das variáveis para o mês de maio

Descritivas	MP _{2,5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MP ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Temperatura do ar (°C)	Umidade Relativa (%)
Mínimo	0,03	0,10	26,05	40,15
Mediana	1,80	4,30	30,80	69,40
Desvio Padrão	29,71	33,74	3,06	7,77
Média	6,05	7,82	29,22	66,94
Máximo	999,90	1830,20	40,90	88,75

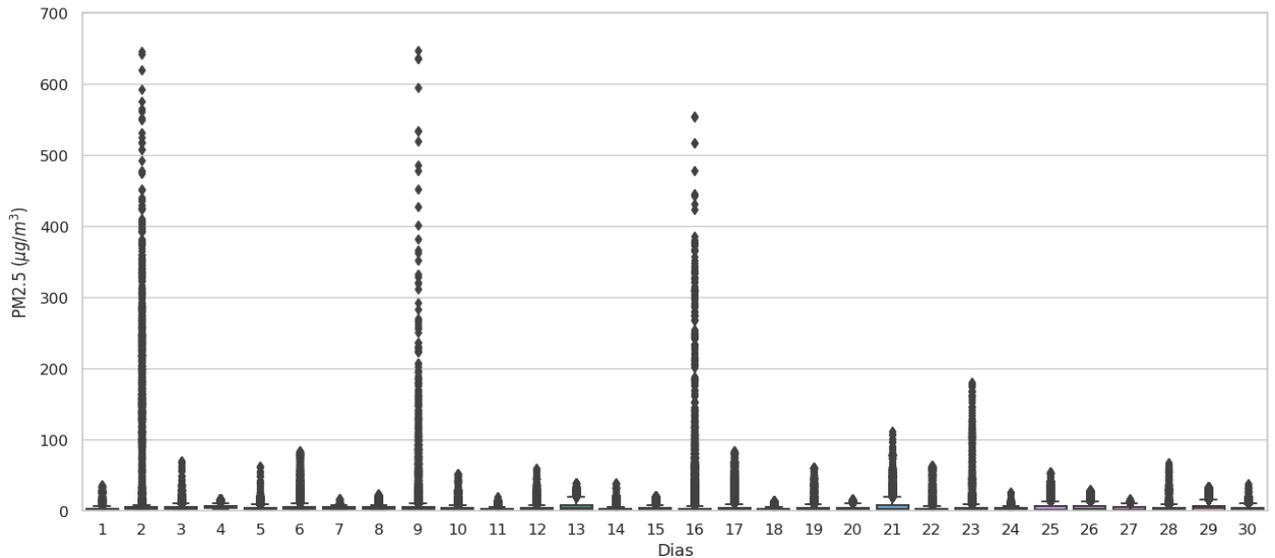
Fonte:

Na figura (3) (a) observa-se que no mês de abril os dias 2, 9 e 16 registraram altas concentrações de material particulado PM_{2,5} com valores em torno de 646,90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 640,90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e 575,90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente. De acordo com Emmanuel (2000) esses altos valores podem estar associados a fumaças provenientes de queimas. Na figura (3)(b) podemos

observar a variabilidade do PM_{2,5} durante o mês de abril ficou entre 0 e 10 µg/m³. Destaca-se os dias 13 e 21 com as maiores variabilidades, vale ressaltar que as médias diárias de todos os dias do mês de ficaram abaixo de 10 µg/m³, estando dentro dos limites estabelecidos pela OMS (15 µg/m³ (Média de 24 horas)).

Figura 3 (a)

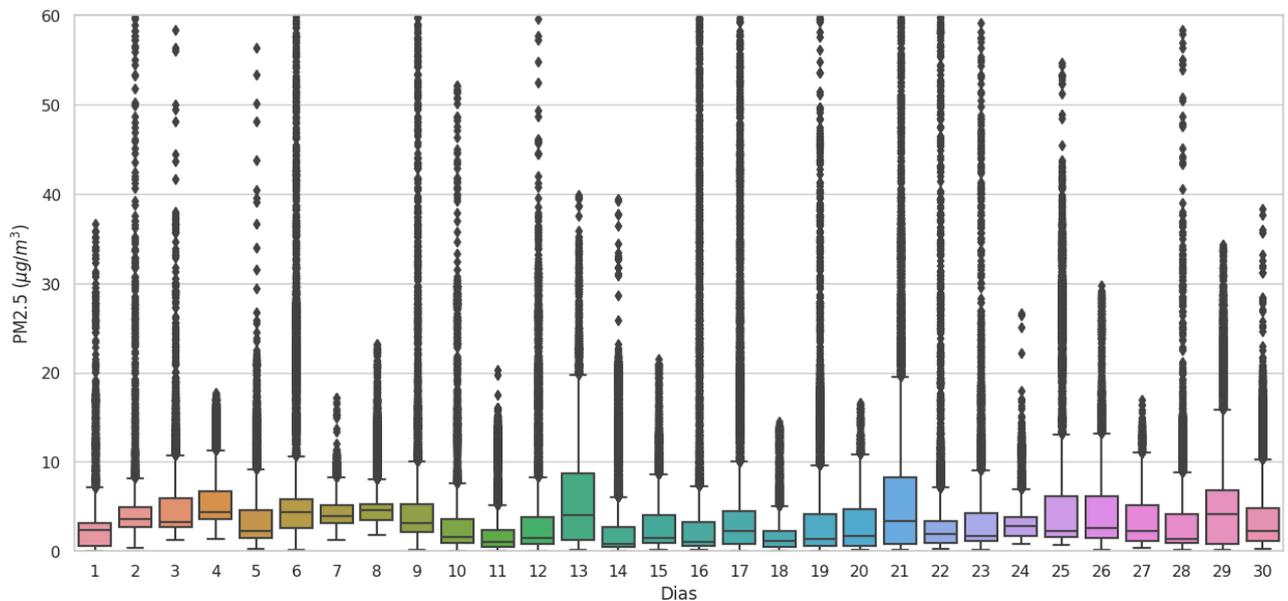
Comportamento diário de material particulado PM_{2,5} para o mês de abril de 2023.



Fonte:

Figura 3(b)

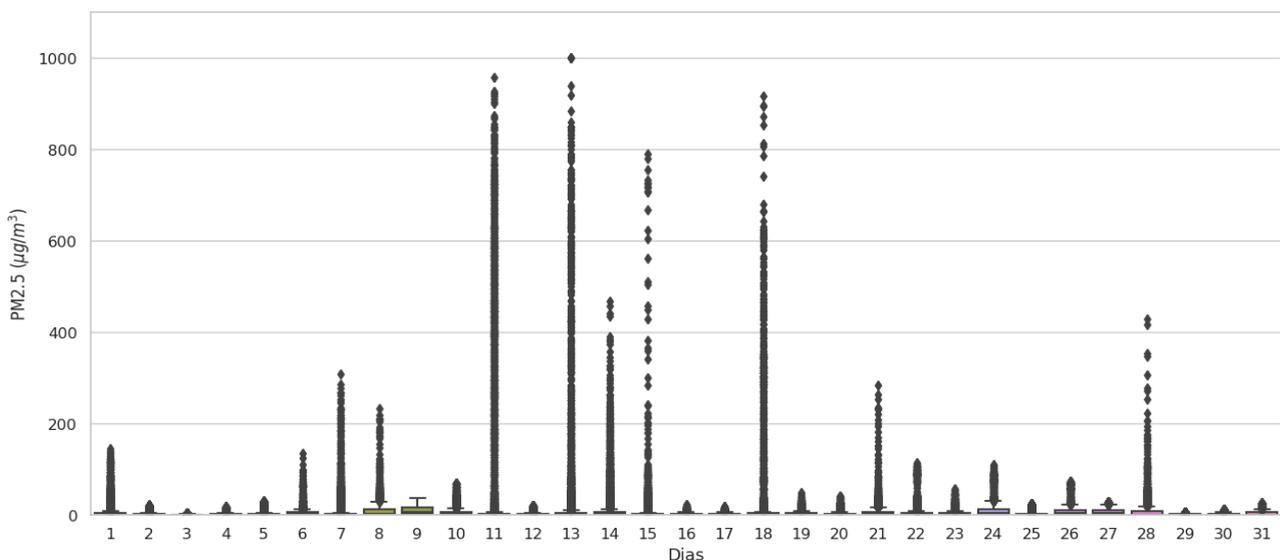
Comportamento diário de material particulado PM_{2,5} com filtro em 60 µg/m³ para o mês de abril.



Fonte:

Na figura (4)(a) observa-se que no mês de maio os dias 11, 13, 14, 15 e 18 registraram altas concentrações de material particulado PM_{2,5} com destaque para o dia 13 que registou 999,90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. De acordo com o Índice de Qualidade de Vida do Ar (AQLI), a exposição sustentada a 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ adicionais de PM 2,5 reduz a expectativa de vida em 0,98 anos (Chen et al., 2017). Na figura (4)(b) podemos observar a variabilidade do PM_{2,5} durante o mês de maio, destaca-se o dia 9 com a maior variabilidade do mês, não deixando de mencionar que média de todos os dias ficou abaixo de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 4(a)

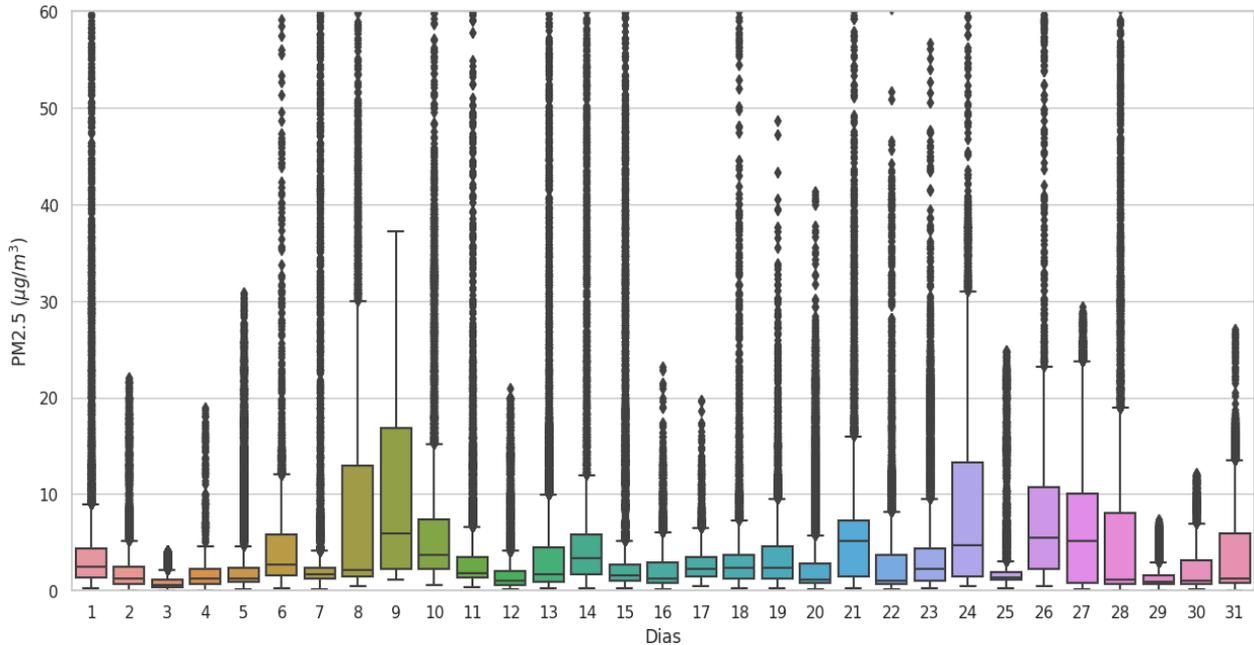


Comportamento diário de material particulado PM_{2,5} para o mês de maio de 2023.

Fonte:

Figura 4(b)

Comportamento diário de material particulado $PM_{2,5}$ com filtro em $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para o mês de maio de 2023.

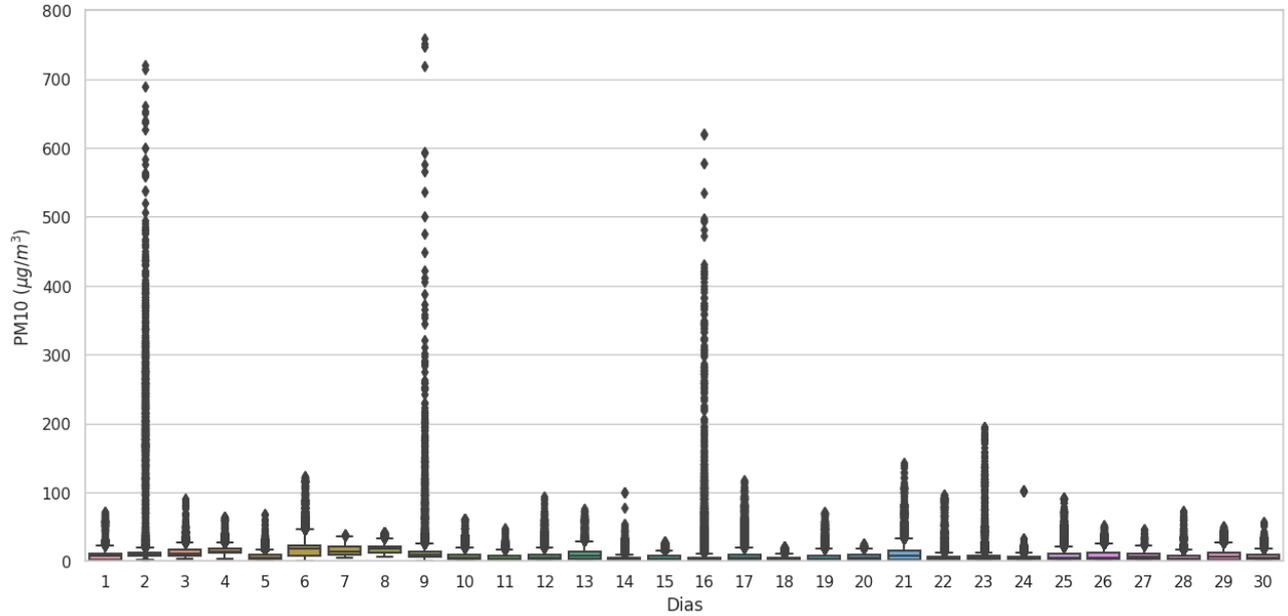


Fonte:

Na figura (5)(a) observa-se que no mês de abril os dias 2, 9 e 16, apresentaram as maiores concentrações de PM_{10} , com valores em torno de $720,47\mu\text{g}/\text{m}^3$, $758,30\mu\text{g}/\text{m}^3$ e $629,20\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente. De acordo com Inpe (2019) episódios de queimadas no local ou nas proximidades do equipamento de monitoramento podem ter causado esses altos valores nos dias em questão. Na figura (5)(b) podemos observar a variabilidade do pm_{10} durante o mês de abril, destaca-se o dia 6 por obter a maior variabilidade, sua média próxima a $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ ficando abaixo da média diária estabelecido pela OMS ($50\mu\text{g}/\text{m}^3$ (média 24 horas)), e sua máxima foi superior a $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 5(a)

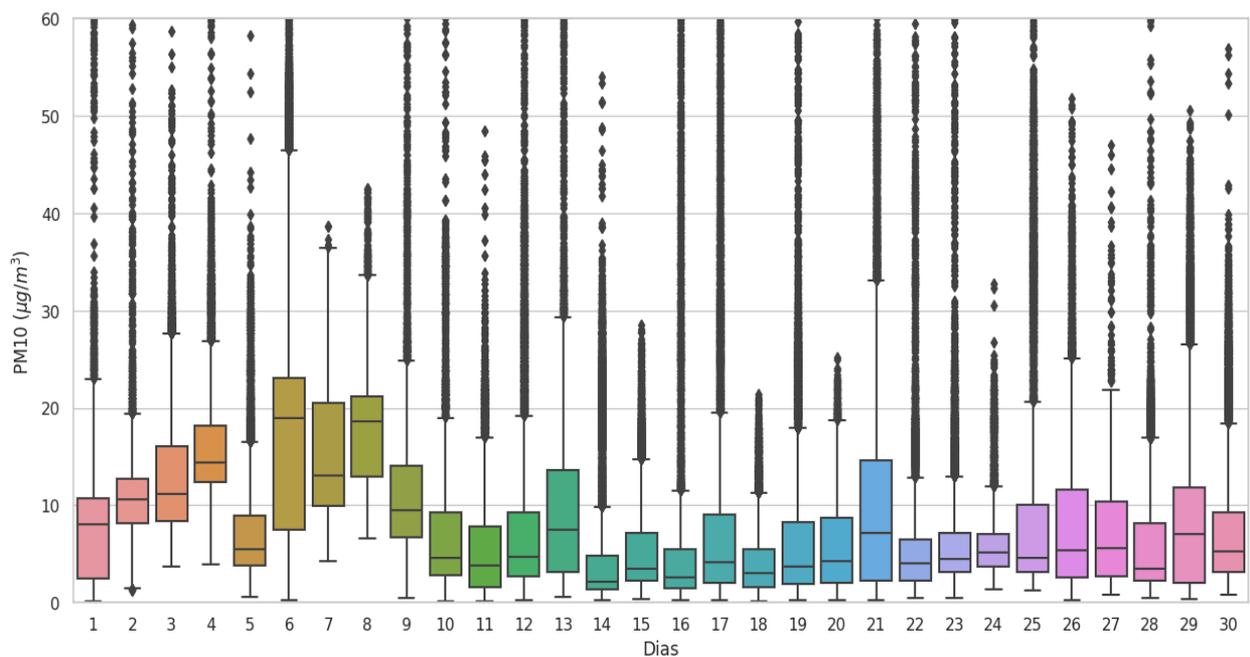
Comportamento diário de material particulado PM10 para o mês de abril de 2023.



Fonte:

Figura 5(b)

Comportamento diário de material particulado PM10 com filtro em 60 µg/m³ para o mês de abril de 2023.

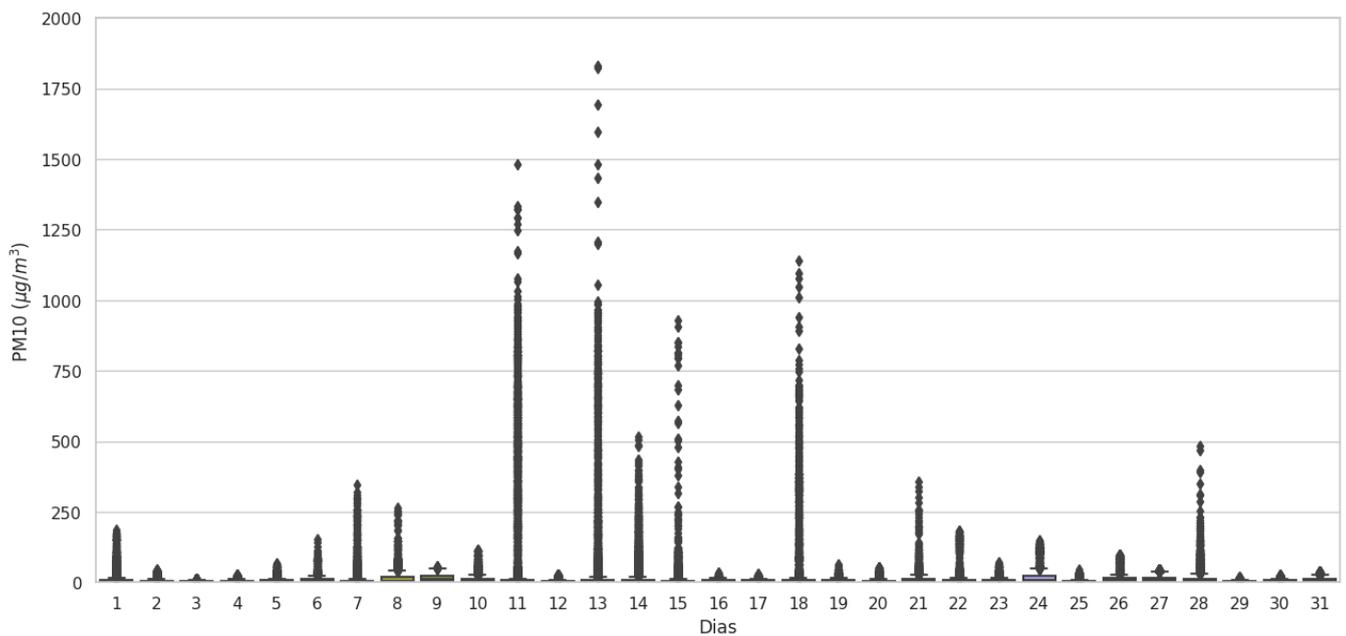


Fonte:

Na figura(6)(a) observa-se que no mês de maio os dias 11, 13, e 18, foram os dias que apresentaram as maiores concentrações de PM10, com destaque para o dia 13 que registrou 1830,20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Na figura(6)(b) podemos observar a variabilidade do PM10 no mês de maio, segundo Keywood, Ayers, Gras, Giller e Cohen (1999) uma exposição prolongada ao PM10 indica efeitos diretos a saúde (incluindo mortalidade). destaca-se o dia 9 que tem a maior variabilidade e sua média acima de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e sua máxima com 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Não deixando de mencionar o dia 24 que também registra grande variabilidade e com a máxima próxima a 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 6(a)

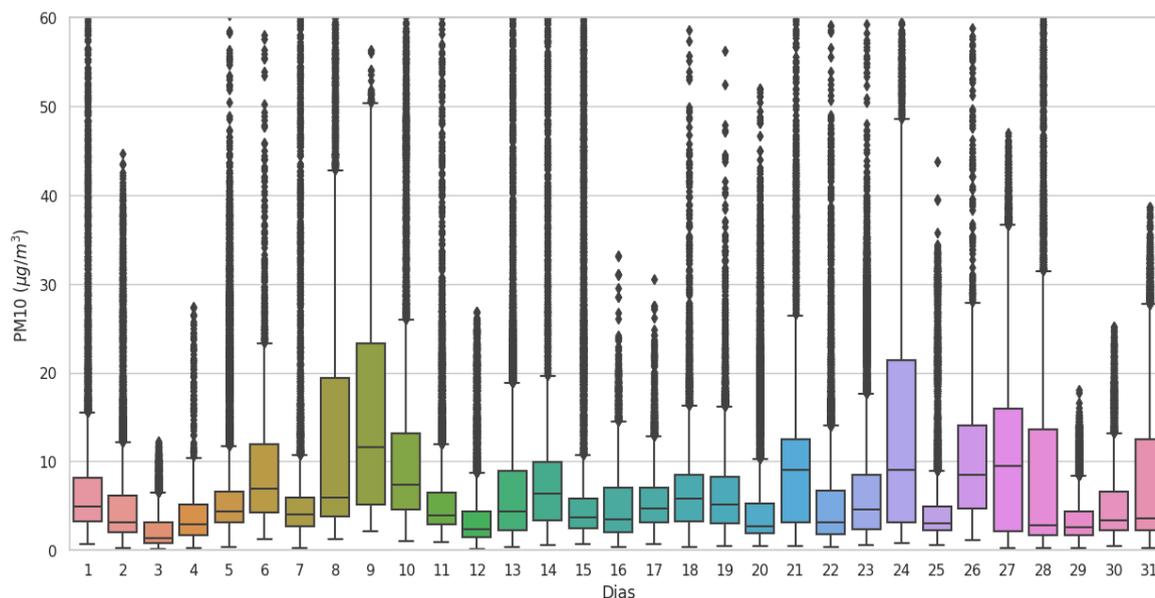
Comportamento diário de material particulado PM10 para o mês de maio de 2023.



Fonte:

Figura 6(b)

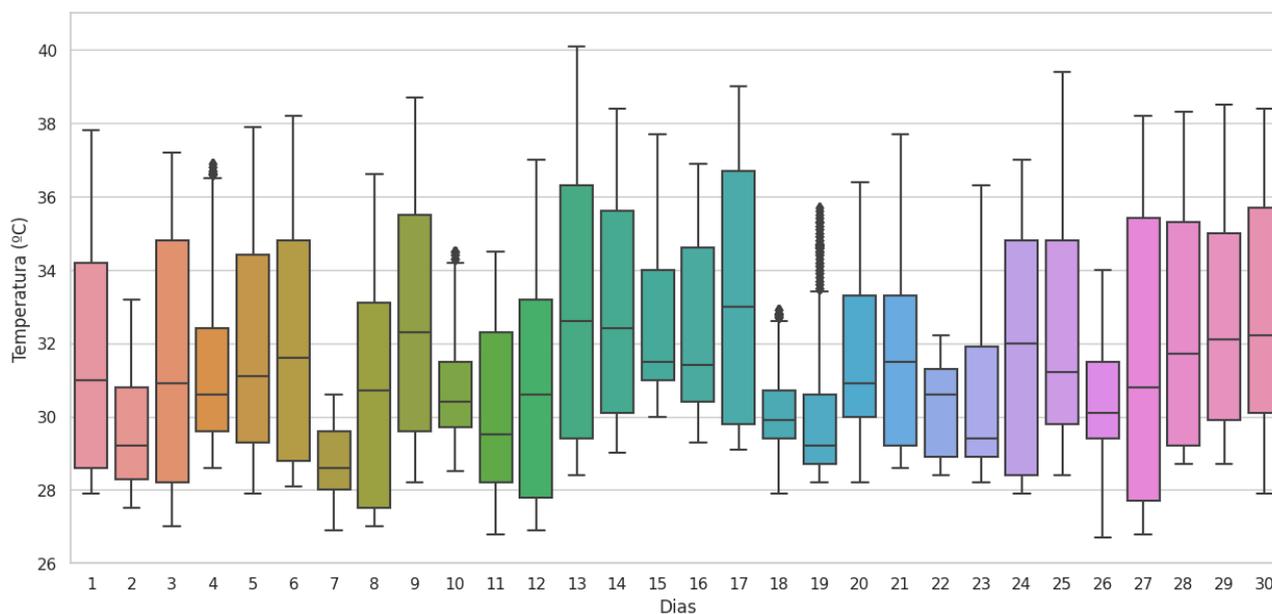
Comportamento diário de material particulado PM10 com filtro em $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para o mês de maio de 2023.



Fonte:

Na figura (7) observa-se o comportamento da temperatura do ar, constatou-se que 10 dias ficaram com valores acima de 38°C no mês de abril, no dia 13 foi registrado a máxima $40,8^\circ\text{C}$, temperaturas consideradas altas para o mês. Segundo Alves (2023) o mês de abril mostra-se como um dos meses mais chuvosos da região, obtendo sua máxima em torno de $31,5^\circ\text{C}$. Contudo essas altas temperaturas podem estar relacionadas ao El Niño em geral na Amazônia ocorre uma diminuição da precipitação ocasionando altas temperaturas na região (Oliveira et al., 2019). Estudo apresentado por Gonzales et al. (2013), relaciona as diferenças encontradas na precipitação sobre a regiões norte e nordeste da América do Sul estando associada as anomalias de Temperatura da Superfície do Mar (TSM). A mínima foi registrada no dia 26 com 27°C . Ressaltando a presença de outliers nos dias 4, 10, 18 e 19.

Figura 7
BoxPlot diário da temperatura do mês de abril de 2023

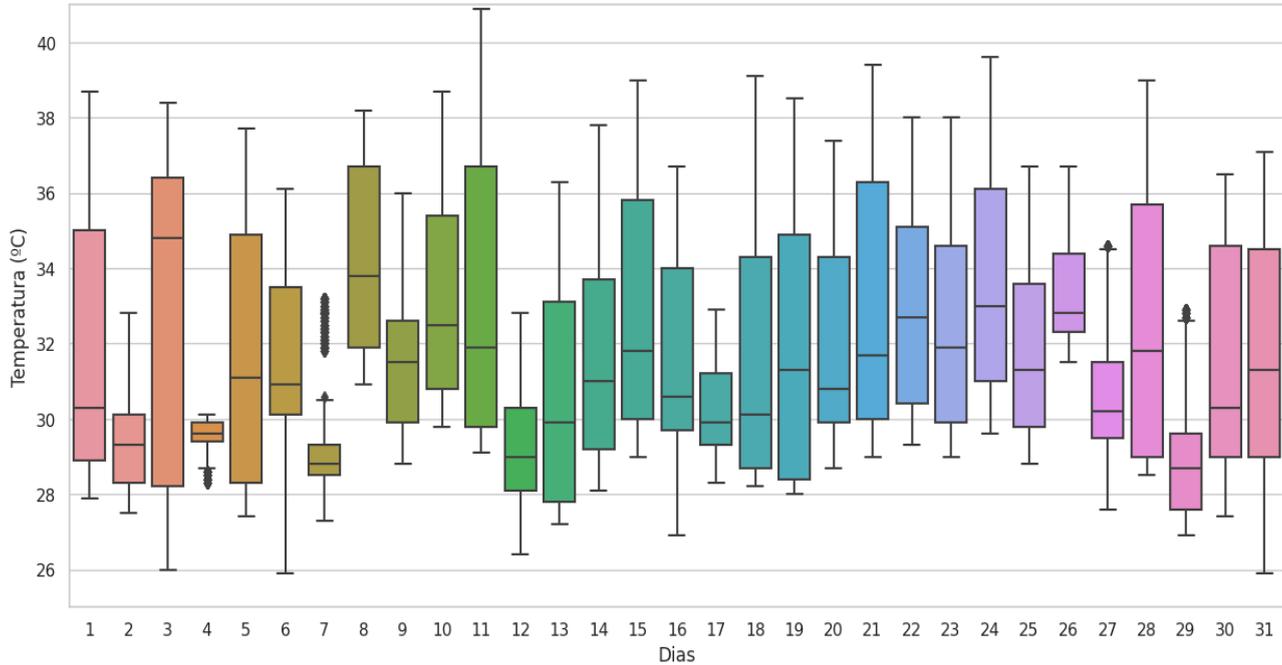


Fonte:

Na figura (8) observa-se o comportamento da temperatura no mês de maio, constatou-se que 10 dias ficaram acima de 38°C, no dia 11 foi registrado a máxima 40,90°C, varia entre 26°C e 37°C, com média mensal em 31,66°C. nota-se que o dia 3 foi que apresentou a maior variabilidade. Segundo Venturieri (2007) é possível levantar a hipótese que essas altas temperaturas podem ser resultante do processo de ocupação de espaço baseado na agricultura mecanizada de grãos presente desde do início dos anos 2000 no município. Nos dias 31 a mínima ficou em 26°C. Nota-se a presença de outliers nos dias 4, 10, 18, 19, 27 e 29.

Figura 8

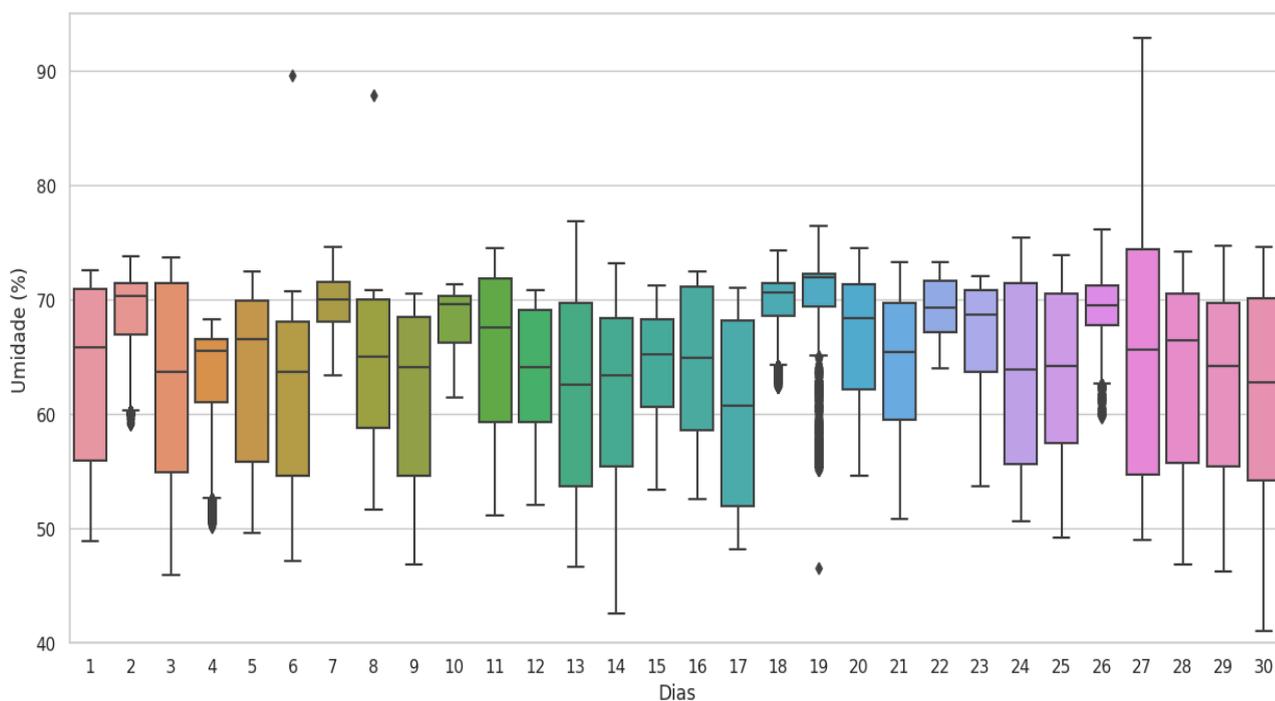
BoxPlot diário da temperatura do mês de maio de 2023



Fonte:

Na Figura (9) observa-se o comportamento da umidade relativa do ar e destaca-se que ao longo do mês de abril constatou-se apenas três dias com valores superiores a 80%, sendo dois outliers nos dias 6 e 8 e um valor máximo (95%) no dia 27, no entanto o que chama atenção é o inverso onde destaca-se que 14 dias apresentaram valores inferiores a 50%.

Figura 9
BoxPlot diário da umidade relativa do mês de abril de 2023

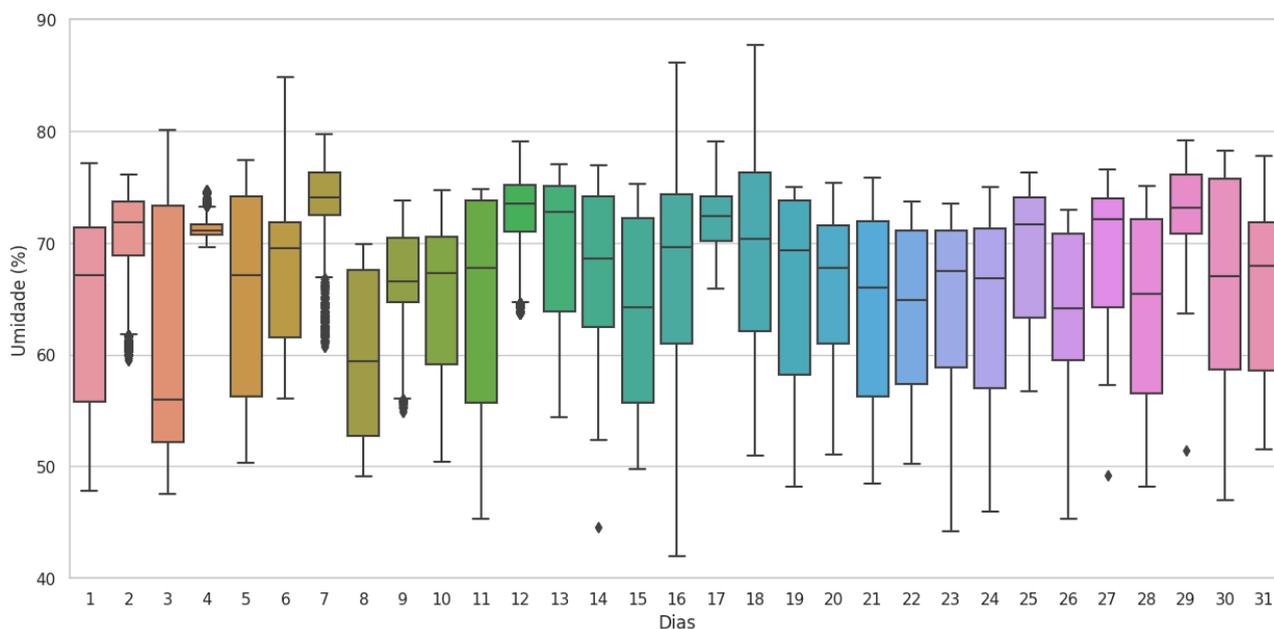


Fonte:

Na figura (10) observa-se o comportamento da umidade relativa do ar destaca-se que ao longo do mês de maio constatou-se apenas quatro dias com valores superiores 80%, sendo eles dia 3, 6, 16 e um valor máximo de (88,75%), no entanto o que chama a atenção é o inverso onde destacam-se 15 dias com valores abaixo de 50%, sendo dois outliers nos dias 14 e 27.

Figura 10

BoxPlot diário da umidade relativa do mês de maio de 2023



Fonte:

Conclusão

Conclui-se que nos meses analisados ainda que pertencentes ao período chuvoso da região, apresentou níveis altos de poluição atmosférica com acréscimo na média mensal de $1,27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ do $\text{PM}_{2,5}$ de abril para maio, contudo houve um decréscimo na média mensal do PM_{10} de $1,82 \mu\text{g}/\text{m}^3$. O comportamento das variáveis meteorológicas esteve acima da normal climatológica, possivelmente devido a influência do fenômeno El niño. Acredita-se na hipótese que a prática da queima de lixo urbano no bairro adicionado a ocorrência de temperatura mais elevadas e índices baixos de umidade foram o que contribuíram para elevação da concentração de particulados na atmosfera. Espera-se que os resultados encontrados possam contribuir para o desenvolvimento de estratégias de políticas públicas e ambientais bem como a conscientização da população.

Referências

- Alves, Deyviane Ramos et al. (2023). Análise de dados meteorológicos e de internações por pneumonia no município de Santarém-PA. *Revista Brasileira de Climatologia*, 32, 226-249.
- Andrade, Valdir S. et al. (2012). Influência do Material Particulado (Pm_{2.5}) de Queimadas e Variáveis Meteorológicas na Morbidade Respiratória de Crianças em Manaus, AM. *Revista GeoNorte*, 3(4), 744-758.
- Arbex, M. A., Santos, U. P., Martins, L. C., Saldiva, P. H. N., Pereira, L. A. A., Braga, & A. L. F. (2012). A poluição do ar e o sistema respiratório. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, 38(5), 643-655. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1806-37132012000500015>
- Arduino, C. C. (2017). ArduinoUno: documentation. Cc: Arduino. <https://store.Arduino.cc/Arduino-uno-rev3>.
- Assaf et al. (2019). Academy of Science of South Africa. Air Pollution and Health - A Science-Policy Initiative. *Annals of Global Health*, 85(1), 140, 1-9. Doi: <https://doi.org/10.5334/aogh.2656>.
- Budde, Matthias et al. (2018). Potencial e limitações do sensor de partículas SDS011 de baixo custo para monitoramento da qualidade do ar urbano. *ProScience*, 6(12).
- Ca Papa, D. W. Dockery. Epidemiologia dos efeitos de partículas ST Holgate , JM Samet , HS Koren , RL Maynard (Eds.) , Poluição do ar e saúde , Academic Press , San Diego (1999) , pp???????
- Castro, A. H. S., Araújo, R. S., Silva, G. M. M. (2013). Qualidade do ar-parâmetros de controle e efeitos na saúde humana: uma breve revisão. *Holos*, 5, 107-121.
- Chen, X., Liu, J., Zhou, J., Wang, J., Chen, C., Song, Y., et al. (2018). O material particulado urbano (PM) suprime a defesa antibacteriana das vias aéreas. *Respir. Res.* 19(5). Doi: 10.1186/s12931-017-0700-0.

- Cohen, A. J, Brauer, M., Burnett, R., Anderson, H. R, Frostad, J., & Estep, K. et al. (2017). Estimativas e tendências de 25 anos da carga global de doenças atribuíveis à poluição do ar ambiente: uma análise de dados do estudo da carga global de doenças de 2015. *Lancet* 389, 1907–1918. Doi: 10.1016/S0140-6736(17)30505-6
- Dapper, S. N., Spohr, C., & Zanini, R. R. (2016). Poluição do ar como fator de risco para a saúde: uma revisão sistemática no estado de São Paulo. *Estudos Avançados [on-line]*, 30(86), 83-97.
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142016000100083
- Donaldson, Ken et al. (2003). Estresse oxidativo e sinalização de cálcio nos efeitos adversos de partículas ambientais (PM10). *Biologia e Medicina dos Radicais Livres*, 11, 1369-1382.
- Drumm, F. C., Gerhardt, A. E., Fernandes, G. D., Chagas, P., Sucolotti, M. S., & Kemerich, P. D. C. (2014). Poluição atmosférica proveniente da queima de combustíveis derivados do petróleo em veículos automotores. *REGET*, 18(1), 66-78. Doi: <https://doi.org/10.5902/2236117010537>
- Emmanuel, Shanta Cristina. (2000). Impacto na saúde pulmonar da neblina causada por incêndios florestais: a experiência de Cingapura. *Respirologia*, 5(2), 175-182.
- Freitas, Beatriz de Souza et al. (2022). Análise de associações entre internações de diabetes mellitus e condições atmosféricas no período de 2010 a 2020 no município de Santarém, Pará. *Revista Brasileira de Climatologia*, (30), 647-667.
- Gomes, E. P. (2009). *Levantamento das principais fontes de emissões atmosféricas na cidade de Manaus*. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas, Brasil.
- GONZALEZ, Rosimeire, Araújo, R. V. A. L. A. C. M. T. K. R. A. F. D. S. A Influência do evento El Niño – Oscilação Sul e Atlântico Equatorial na precipitação sobre as regiões norte e nordeste da América do Sul.

- Hargrave, J. & Kis-Katos, K. (2013). Economic causes of deforestation in the Brazilian Amazon: A panel data analysis for the 2000s. *Environmental and Resource Economics*, 54, 471- 494.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. *Banco de Dados de queimadas*. 2019.
<http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/bdqueimadas>
- Keyword, M. D, Ayers, G. P, Gras, J. L, Gillet, R. W, Cohen, D. D (1999). Realizações entre dados de concentração de massa segregada por tamanho e concentração de número de partículas ultrafinas em áreas urbanas. *Ambiente Atmosférico* 33, 2907–2913 ACTA AMAZONICA, MANAUS, v. 43, n. 4, p. 469-480, 2013.
- Lopes, A. R. S. (2010, jul./dez.). História Ambiental: uma demanda Contemporânea. *Cad. Pesq. Cdhis*, 23(2).
- Moreira, J. K. R., Lima, A. C. M., Cardoso, B. A., & Vinagre, M. V. A. (2015). Avaliação da Qualidade do Ar Através de Parâmetros Biológicos e Visuais nos Bairros de São Brás, Nazaré e Cidade Velha, Belém (PA). *Educação Ambiental em Ação*, 53, 1-16.
- Oliveira, Reumally Nunes de et al. A variabilidade da chuva na Amazônia Central: El Niño e La Niña.
- Oliveira Júnior, Arilson José et al. (2015). Avaliação da precisão de medição do sensor de temperatura e umidade relativa do ar AM2302. In: 4 JORNACITEC.
- Organização das Nações Unidas. (2019). *Sustainable Development Goals*. Climate Action, News, Press material.
- Organização Mundial da Saúde. (2019). *Estatísticas Mundiais de Saúde 2019 Monitoramento da Saúde para os ODS*. Genebra: Organização Mundial da Saúde.
- Pereira Júnior, A., Marques, J. R. A, Souza, L. H. S. de, Castro, B. F. de; Jesus, E. dos S.; Gutjahr, A. L. N., & Morales, G. P. (2021). Ações antrópicas no bairro Maracanã e avaliação de impactos ambientais em Santarém – PA. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, 15, e433101523172. Doi: 10.33448/rsd-v10i15.23172.