



Dióxido de nitrogênio e ozônio na atmosfera do campus UFAM - Manaus

Felipe da Fonseca de Souza^{1*}(PG), Karenn Silveira Fernandes¹ (PQ).

¹Universidade Federal do Amazonas, Departamento de Química, Laboratório de Métodos Espectroscópicos, Av. Rodrigo Otávio Jordão Ramos, 6200, Coroado I, 69080-900, Manaus AM, Brasil.

* felipefonseca784@gmail.com

Palavras-Chave: Dióxido de nitrogênio, ozônio, UFAM.

Introdução

Desde a Revolução Industrial, o avanço dos processos industriais, aliado à expansão urbana e ao crescimento populacional, continua contribuindo para a emissão de poluentes atmosféricos, impactando diretamente a qualidade do ar e, consequentemente a saúde humana e o meio ambiente. Dentre esses poluentes, podemos destacar o dióxido de nitrogênio (NO₂) e o ozônio troposférico (O₃), que se evidenciam pela sua importância nos processos fotoquímicos atmosféricos e por seus efeitos nocivos à saúde humana.¹

O dióxido de nitrogênio é oriundo principalmente da queima de combustíveis fósseis, por sua vez, o ozônio, embora contribua na filtração da radiação ultravioleta na estratosfera, torna-se um poluente nocivo quando presente na troposfera, onde é formado por reações fotoquímicas entre precursores como os óxidos de nitrogênio (NO_x) e compostos orgânicos voláteis (COVs).²

A concentração desses poluentes pode variar dependendo de características locais, como condições climáticas e fluxo veicular. Nesse contexto, o Campus Senador Virgílio Filho da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), localizado na cidade de Manaus e situado em meio a um fragmento florestal urbano (6,7 milhões de m²)³, configura um ambiente propício para a investigação de NO₂ e O₃. Diante disso, este trabalho teve como objetivo quantificar as concentrações de NO₂ e O₃ troposférico no campus da UFAM, em Manaus, contribuindo para a compreensão da qualidade do ar nesta região.

Material e Métodos

Para a área de estudo, foram escolhidos 4 pontos de amostragem no Campus Senador Virgílio Filho, conforme a Figura 1.

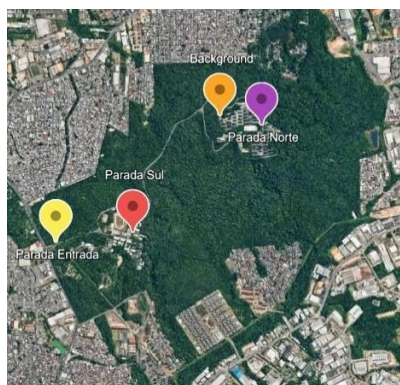


Figura 1. Pontos de amostragem no Campus Senador Virgílio Filho

O ponto Parada Entrada é referente a parada de ônibus na entrada do campus e está localizado próximo a uma avenida com bastante movimentação veicular. O ponto Parada Sul, trata-se de uma parada de ônibus localizada no setor sul, próximo da faculdade de educação física e fisioterapia (FEFF). O ponto Parada Norte, localiza-se mais adentro do campus, na parada de ônibus do setor norte. O Ponto Background (Bkg) é atribuído ao prédio da central analítica, também localizado no setor norte. Todos os pontos tratam-se de locais abertos com livre circulação de ar.

Para a coleta foram utilizados amostradores passivos da Radiello®, constituídos por um cartucho químico-adsorvente. Cartuchos revestidos com trietanolamina (TEA) foram utilizados para NO₂, e cartuchos preenchidos com sílica gel revestida com 1,2-di(4-piridil)etileno, para O₃.

A amostragem de ambos os gases ocorreu no período de 5 dias ininterruptos, por duas semanas nos meses de abril, maio e junho de 2025.

Para a quantificação, empregou-se a metodologia descrita no manual do amostrador, baseada na técnica de espectrofotometria, no comprimento de onda de 573 nm para NO₂ e 430 nm para O₃.

Resultados e Discussão

Os valores obtidos de NO₂ variaram entre 2,90 a 6,11 µg.m⁻³ (Entrada), 4,47 a 8,82 µg.m⁻³ (Sul), 3,49 a 10,56 µg.m⁻³ (Norte) e 1,26 a 6,40 µg.m⁻³ (Background), conforme pode ser observado na Figura 2.

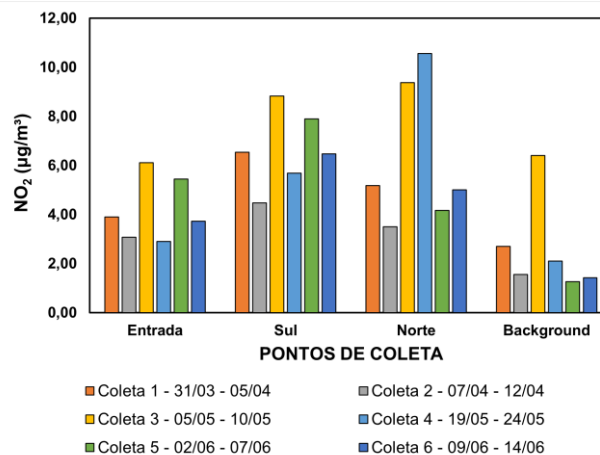


Figura 2. Concentração de NO₂ em todos os períodos de coleta em 2025

O teste de normalidade para o NO₂ resultou em p-valor < 0,05 para o ponto Bkg, indicando que os dados desse ponto

não seguem uma distribuição normal, dessa forma, seguiu-se com teste de Kruskal-Wallis, com o objetivo de verificar se havia diferenças estatisticamente significativas entre os grupos, o que foi confirmado ($p < 0,05$), por fim, para identificar entre quais pontos ocorreram as diferenças, prosseguiu-se com o teste de Dunn, que apontou diferença significativa entre o Bkg e os pontos Sul e Norte, sugerindo baixa influência antrópica em Bkg.

Enquanto para o O_3 , os valores ficaram em torno de 1,74 a 3,91 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (Norte), 0,71 a 5,90 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (Sul), 1,95 a 3,88 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (Norte) e 0,41 a 2,94 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (Background), conforme a Figura 3.

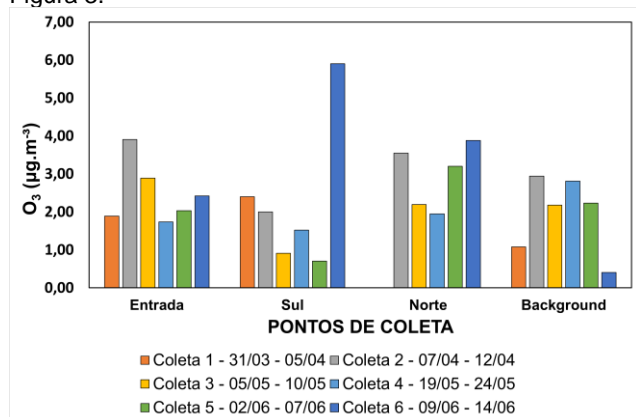


Figura 3. Concentração de O_3 em todos os períodos de coleta em 2025

Para o O_3 , todos os pontos apresentaram distribuição normal, entretanto, a ANOVA não apontou diferença significativa (p -valor $> 0,05$), indicando que os grupos não diferem de forma estatisticamente significativa entre si.

Com o objetivo de analisar a relação entre as variações de concentração de NO_2 e O_3 , a Figura 4 apresenta um gráfico que evidencia uma tendência oposta entre esses poluentes determinadas em coletas.

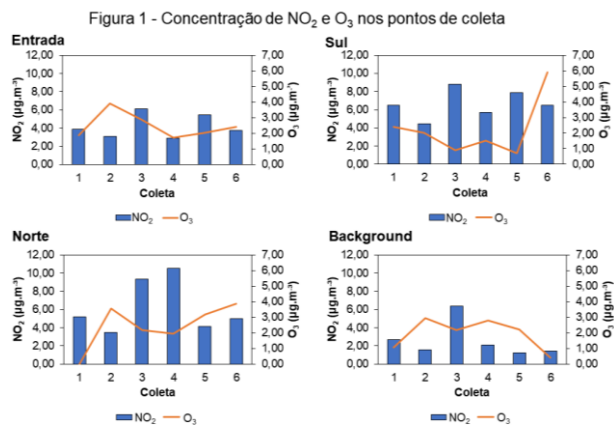


Figura 4. Concentração de NO_2 e O_3 nos pontos de coleta

Apesar da tendência gráfica, o teste de correlação (Pearson) não indicou significância estatística entre NO_2 e O_3 . Essa ausência de correlação, assim como a falta de diferenças estatísticas entre os pontos para o O_3 , levou à hipótese de que os níveis de ozônio sejam influenciados por fatores adicionais, como a emissão de COVs biogênicos da floresta do Campus e a deposição seca nos estômatos das folhas⁴, os quais poderiam atuar como fonte ou sumidouro locais de O_3 .

Em relação à literatura, os valores de NO_2 obtidos neste trabalho foram, em sua maioria, menores nos pontos da Entrada e Background, quando comparados aos de Marinho⁵, que encontrou 7,58 e 5,82 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ na Colônia dos Japoneses e na Marina Tauá, respectivamente. Já Schiochet⁶ reportou 24,5 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ para NO_2 e 17,2 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ para O_3 no ponto Canaã

(em frente à UFAM), ambos superiores aos encontrados neste estudo.

Em relação a Resolução 506/2024 do CONAMA⁷, que estabelece o limite de 240 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ em 1 hora para o NO_2 e de 130 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ para o O_3 em 8 horas, percebe-se que em todos os pontos e coletas, os valores obtidos ficaram abaixo do limite da resolução.

Conclusões

Neste trabalho determinou-se a concentração de dióxido de nitrogênio e ozônio troposférico na atmosfera do Campus Senador Virgílio Filho da UFAM. Considerando os valores de NO_2 o Background apresentou as menores concentrações, sendo um indicativo de uma região com pouca influência externa.

A análise da relação entre os dois gases levou ao levantamento da hipótese de que a concentração de O_3 pode estar sendo influenciada pela vegetação do campus, seja por meio da emissão dos COVs ou deposição seca nos estômatos das folhas.

De modo geral, todos os valores de concentração de NO_2 e O_3 obtidos ficaram abaixo do limite estipulado pela Resolução do CONAMA, portanto, constatou-se que os níveis desses gases no campus, não estão em concentrações que podem trazer risco a saúde humana.

Agradecimentos

Capes, CNPq, FAPEAM, FINEP, UFAM, Central Analítica e o Laboratório de Métodos Espectroscópicos (LAMESP).

Referências

- [1] ROCHA, C. G.; CARDOSO, A. A. Gases de nitrogênio reativo como precursores do aerossol atmosférico: reações de formação, processos de crescimento e implicações ambientais. Química Nova, v. 44, n. 4, p. 460-472, 2021.
- [2] BAIRD, C.; CANN, M. Química Ambiental. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.
- [3] UFAM. UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS. História. Disponível em: <https://www.ufam.edu.br/historia.html>.
- [4] WEDOW, J. M.; AINSWORTH, E. A.; LI, S. Plant biochemistry influences tropospheric ozone formation, destruction, deposition, and response. Trends in Biochemical Sciences, v. 46, n. 12, p. 992-1002, dez. 2021.
- [5] MARINHO, N. J. Mapeamento da distribuição de NO_2 na cidade de Manaus. 2007. 132 f. Dissertação (Mestrado em Química Ambiental) – Universidade Federal do Amazonas, 2007.
- [6] SCHIOCHET, M. F. C. Determinação dióxido de nitrogênio, ozônio, dióxido de enxofre, acetaldeído e formaldeído na atmosfera da cidade de Manaus, AM. 2017. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Paraná, 2017.
- [7] Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 506, de 5 de julho de 2024. Estabelece padrões nacionais de qualidade do ar e diretrizes para o seu monitoramento. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 9 jul. 2024.