CLIMATE DATA HUB: MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR ESCOLAR COM MICRO:BIT E SENSORES DE CO, NH_3, NOx E CO_2

Isabela Santos da Silva, Isabela Silveira Brizon, Jorge Davi Vieira Horta, Laura Martins Manso, Argemiro Soares da Silva Sobrinho, Douglas Carlos Vilela

Sphere International School Av. Jorge Zarur, 650 – Jardim Aquarius, 12242-020, São José dos Campos – SP, Brasil.
isabela.silva@academicoesfera.com.br, isabela.brizon@academicoesfera.com.br, jorge.horta@academicoesfera.com.br, laura.manso@academicoesfera.com.br, argemirosss@gmail.com, douglas.vilela@academicoesfera.com.br

Resumo

O presente trabalho apresenta o projeto Climate Data Hub, desenvolvido na Sphere International School com o objetivo de monitorar e comparar a qualidade do ar em dois ambientes distintos da escola: o estacionamento e uma Área de Preservação Permanente (APP). Para a coleta de dados, foram utilizados dispositivos micro:bit V2 associados aos sensores MQ-7, destinado ao monitoramento de monóxido de carbono (CO), e MQ-135, utilizado para o monitoramento de NH_3, NOx e CO_2. As medições foram realizadas nos dois locais e os dados obtidos foram organizados em tabelas e gráficos, possibilitando a comparação dos parâmetros registrados. Os resultados indicaram concentrações predominantemente mais elevadas dos gases monitorados no estacionamento em comparação à APP, especialmente de monóxido de carbono (CO) e dos gases detectados pelo sensor MQ-135, embora tenham sido observados picos isolados de CO na APP. A partir da análise dos dados, o projeto busca avaliar a influência das diferentes características ambientais sobre a qualidade do ar e demonstrar a aplicação de tecnologias de baixo custo no monitoramento ambiental em espaços escolares.

Palavras-chave: Qualidade do ar. Monitoramento ambiental. Micro:bit. Sensores de gases. Poluição atmosférica.

Área do Conhecimento: Engenharia Ambiental e Sanitária

Introdução

A qualidade do ar constitui um importante aspecto da qualidade ambiental e da saúde humana, especialmente em espaços de permanência cotidiana, como ambientes escolares. Poluentes atmosféricos, como o monóxido de carbono e os óxidos de nitrogênio, podem estar associados a efeitos adversos à saúde, tornando relevante o acompanhamento de sua presença em locais frequentados diariamente. Em áreas escolares, a circulação e a permanência de veículos podem contribuir para o aumento da concentração de determinados poluentes, justificando o monitoramento de ambientes próximos ao tráfego. Revisões recentes indicam que a poluição atmosférica e outros fatores ambientais urbanos afetam a saúde e o desempenho escolar de crianças e adolescentes (Roche et al., 2024).

O desenvolvimento de sensores de baixo custo ampliou as possibilidades de monitoramento ambiental, permitindo a coleta de dados de forma mais acessível e contínua. Entretanto, a interpretação dessas medições deve considerar as características dos sensores e as condições do ambiente. Além disso, áreas com diferentes formas de ocupação e cobertura vegetal podem apresentar comportamentos distintos quanto à concentração e dispersão de poluentes atmosféricos. Nesse contexto, a comparação entre um estacionamento, caracterizado pela circulação de veículos, e uma Área de Preservação Permanente (APP), com maior presença de vegetação, permite investigar possíveis diferenças na qualidade do ar dentro de um mesmo ambiente escolar.

Diante desse contexto, o presente trabalho tem como objetivo monitorar e comparar a qualidade do ar no estacionamento e na Área de Preservação Permanente (APP) da Sphere International School, por meio do projeto Climate Data Hub. Para isso, foram utilizados dispositivos micro:bit V2 associados

aos sensores MQ-7 e MQ-135, destinados ao monitoramento de monóxido de carbono (CO) e de NH_3, NOx e CO_2, respectivamente. Os dados coletados foram organizados e analisados por meio de tabelas e gráficos, buscando identificar diferenças entre os dois locais e investigar sua possível relação com as características ambientais de cada área.

Metodologia

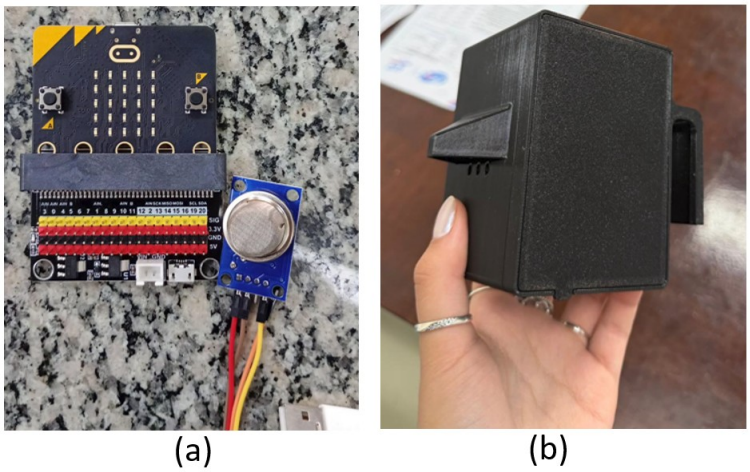
O estudo foi realizado na Sphere International School, em São José dos Campos (SP), em dois ambientes com características distintas: o estacionamento da escola, caracterizado pela circulação e permanência de veículos, e uma Área de Preservação Permanente (APP), com maior presença de vegetação. A escolha desses locais teve como finalidade possibilitar a comparação da qualidade do ar entre uma área diretamente influenciada pelo tráfego de veículos e uma área preservada dentro do mesmo ambiente escolar.

Para o monitoramento, foram utilizados dois dispositivos micro:bit V2 associados aos sensores MQ-7 e MQ-135. O sensor MQ-7 foi empregado no monitoramento de monóxido de carbono (CO), enquanto o MQ-135 foi utilizado para o monitoramento de NH_3, NOx e CO_2. Também foram registrados valores de temperatura durante as medições. Os dispositivos foram programados para realizar sucessivas leituras dos parâmetros monitorados, possibilitando acompanhar suas variações ao longo do período de coleta. A Figura 1 apresenta uma imagem da placa eletrônica do micro:bit V2 com os sensores e a caixa plástica confeccionada por impressão 3D para abrigar dispositivo.

A coleta de dados foi realizada durante 3 dias, sempre entre 14h e 16h, com duração de 2 horas por sessão. Esse intervalo foi selecionado de forma intencional por abranger o período que antecede a saída dos estudantes, realizada às 16h devido ao funcionamento integral da escola. Dessa maneira, buscou-se incluir nas medições do estacionamento o período de aumento progressivo do fluxo de veículos associado à saída escolar, permitindo observar possíveis alterações nos valores registrados pelos sensores.

Após as coletas, os dados obtidos no estacionamento e na APP foram organizados em tabelas e representados graficamente por meio do Climate Data Hub, site desenvolvido pelos próprios alunos responsáveis pelo projeto. A plataforma (https://climate-data-hub-sphere-2026.lovable.app/) foi criada com a finalidade de centralizar, organizar e apresentar os dados coletados de maneira clara e acessível, além de facilitar a exposição do trabalho e a comparação entre os diferentes parâmetros monitorados. Os registros foram analisados ao longo do tempo e comparados entre os dois locais, considerando principalmente os valores obtidos pelos sensores MQ-7 e MQ-135 e a temperatura registrada. A comparação buscou identificar diferenças no comportamento dos parâmetros monitorados e verificar possíveis relações entre os resultados e as características ambientais de cada área.

Figura 1 – Imagem (a) da placa eletrônica do micro:bit V2 e da caixa plástica para a sua instalação.



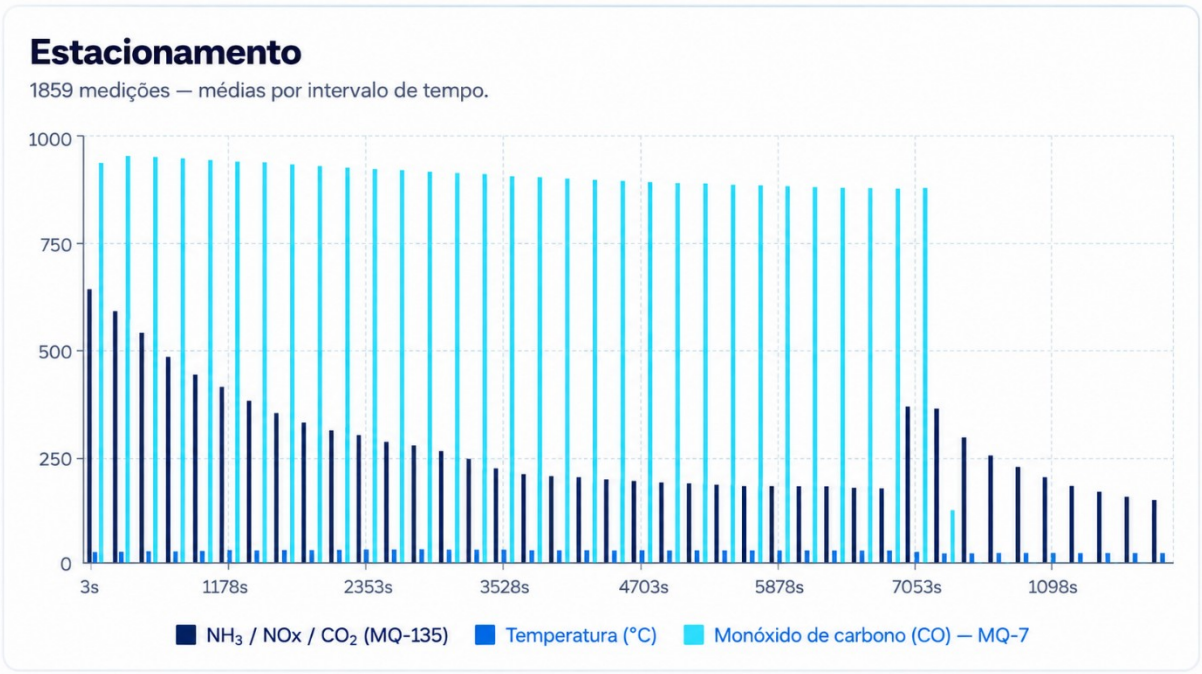
(a) (b)

Resultados

As medições realizadas durante os 3 dias de coleta permitiram comparar os parâmetros registrados no estacionamento e na Área de Preservação Permanente (APP). No conjunto de dados apresentado pelo Climate Data Hub, foram registradas 1.859 medições no estacionamento e 4.415 medições na APP. O painel geral apresentou, a partir das medições sintetizadas pelo sistema, valor médio de 116,9 para os registros do sensor MQ-135, associados a NH_3, NOx e CO_2, temperatura média de 23,4 °C e valor médio de 825,5 para o monóxido de carbono registrado pelo MQ-7. Ressalta-se que os valores dos sensores MQ-7 e MQ-135 correspondem a leituras relativas, em unidade arbitrária e sem calibração, sendo empregados de forma comparativa entre os ambientes e ao longo do tempo.

No estacionamento, os valores registrados pelos sensores apresentaram maior amplitude ao longo do período analisado. Os dados do MQ-135 atingiram valores elevados no início dos registros e apresentaram redução progressiva durante parte da coleta, embora tenham ocorrido novas elevações em determinados intervalos. O monóxido de carbono registrado pelo MQ-7 também apresentou valores elevados durante uma parcela significativa das medições. Em um dos intervalos representados na Figura 2, entre aproximadamente 1.173 e 1.318 segundos, os registros do MQ-135 variaram entre 77 e 82, enquanto os valores de CO permaneceram entre 739 e 757 e a temperatura registrada foi de 24 °C.

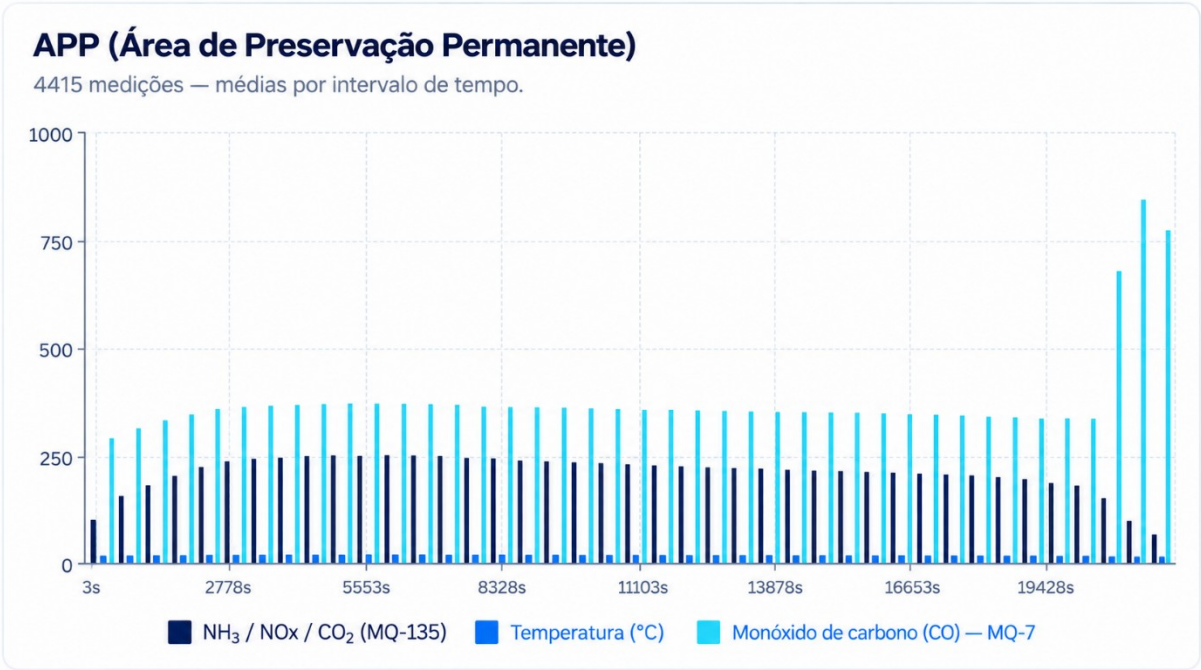
Figura 2 – Médias das medições realizadas no estacionamento ao longo do tempo.



Fonte: elaborado pelos autores (2026).

Na APP, os valores registrados pelo MQ-135 apresentaram comportamento mais estável durante grande parte do período analisado, mantendo-se predominantemente abaixo dos níveis observados no estacionamento. Os registros de CO também permaneceram inferiores durante a maior parte da coleta. Entretanto, foram identificados aumentos acentuados desse parâmetro nos intervalos finais representados na Figura 3, caracterizando picos isolados em relação ao comportamento predominante observado na área.

Figura 3 – Médias das medições realizadas na Área de Preservação Permanente ao longo do tempo.



Fonte: elaborado pelos autores (2026).

A comparação entre os dois ambientes mostrou, portanto, diferenças claras no comportamento dos parâmetros monitorados. De maneira geral, o estacionamento apresentou valores mais elevados para os registros associados ao MQ-135 e ao monóxido de carbono durante grande parte das medições, enquanto a APP apresentou valores predominantemente inferiores e mais estáveis, apesar da ocorrência de picos isolados de CO ao final de alguns registros. A temperatura apresentou menor variação em comparação aos parâmetros relacionados à qualidade do ar. Essa síntese comparativa entre os dois ambientes é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Síntese comparativa dos parâmetros monitorados nos dois ambientes.

Parâmetro	Estacionamento	APP
Nº de medições	1.859	4.415
CO - MQ-7 [1]	Predominantemente elevado durante a maior parte da coleta	Predominantemente inferior, com picos isolados ao final
NH_3/NOx/CO_2 - MQ-135 [1]	Valores mais altos e maior amplitude	Mais estáveis e inferiores
Temperatura	≈ 24 °C (pouca variação)	Semelhante; média geral de 23,4 °C
Comportamento geral	Níveis mais altos e maior variabilidade	Mais estável e predominantemente inferior

[1] Leituras relativas dos sensores (unidade arbitrária), sem calibração; uso comparativo.

Fonte: elaborado pelos autores (2026).

Discussão

Os resultados obtidos mostraram diferenças entre os dois ambientes monitorados, com valores geralmente mais elevados no estacionamento para o monóxido de carbono (CO) e para as leituras registradas pelo sensor MQ-135. Esse comportamento é compatível com a literatura sobre poluição atmosférica relacionada ao tráfego em ambientes escolares. No artigo de revisão, *A review of the effect of traffic-related air pollution around schools on student health and its mitigation*, publicado no *Journal of Transport & Health*, An et al. (2021) analisaram estudos sobre a exposição de estudantes a poluentes provenientes do tráfego e destacaram que áreas escolares próximas à circulação de veículos podem apresentar maior exposição a esses contaminantes. Os autores também ressaltam a importância de

medidas destinadas à redução da poluição relacionada ao tráfego nas proximidades das escolas. A relevância desse monitoramento também é sustentada pelas *WHO Global Air Quality Guidelines*, publicadas pela Organização Mundial da Saúde, que incluem o monóxido de carbono e o dióxido de nitrogênio entre os principais poluentes atmosféricos considerados em suas recomendações de proteção à saúde (OMS, 2021).

Na Área de Preservação Permanente, as leituras apresentaram, durante grande parte da coleta, valores inferiores e comportamento mais estável quando comparadas às do estacionamento. A menor influência direta do fluxo de veículos constitui uma possível explicação para essa diferença. An et al. (2021), na mesma revisão, apontam que a vegetação e barreiras formadas por árvores podem contribuir para reduzir a exposição a determinados poluentes provenientes do tráfego. Nesse sentido, Lindén et al. (2023) destacam que a remoção de poluentes por deposição sobre a vegetação urbana depende fortemente das características da própria vegetação. Entretanto, os resultados do presente estudo não permitem concluir que a vegetação tenha sido, isoladamente, responsável pelos menores valores registrados na APP, uma vez que outros fatores, como distância das fontes de emissão, circulação do ar e condições meteorológicas, também podem influenciar a dispersão dos poluentes. Dessa forma, os resultados indicam uma associação entre as características distintas dos ambientes e as diferenças observadas, mas não estabelecem uma relação causal exclusiva entre cobertura vegetal e qualidade do ar.

Os picos isolados de monóxido de carbono observados na APP também devem ser considerados na interpretação dos resultados. Essas oscilações podem estar relacionadas a alterações momentâneas nas condições ambientais, ao transporte de poluentes provenientes de outras áreas ou às próprias características dos sensores empregados. No artigo *Performance evaluation of low-cost air quality sensors: A review*, publicado na revista *Science of the Total Environment*, Kang et al. (2022) analisaram 112 estudos sobre sensores de baixo custo e verificaram que fatores como condições ambientais, instrumentos utilizados como referência e métodos de calibração podem influenciar significativamente seu desempenho. Portanto, a ocorrência de valores isoladamente elevados não deve ser interpretada automaticamente como evidência de uma mudança permanente na qualidade do ar daquele ambiente.

Essa limitação é particularmente relevante para a interpretação das leituras realizadas pelo MQ-135. No trabalho *Calibración sensor MQ-135 para detección de gases*, López Angulo (2024) estudou especificamente o uso desse sensor em dispositivos de baixo custo e demonstrou a importância de sua calibração para a obtenção de medições confiáveis, destacando ainda que variáveis como temperatura e umidade relativa podem interferir em sua resposta. Além disso, o MQ-135 apresenta sensibilidade a diferentes gases, o que exige cautela ao interpretar seus registros como concentrações específicas de cada substância. Dessa maneira, na ausência de calibração com equipamentos de referência, os valores obtidos neste trabalho são mais adequadamente utilizados para comparar o comportamento das leituras entre os dois ambientes e ao longo do tempo, e não para determinar concentrações absolutas individuais de NH_3, NOx ou CO_2 (López Angulo, 2024; Kang et al., 2022).

Conclusão

O presente estudo atingiu o objetivo de monitorar e comparar a qualidade do ar em dois ambientes distintos da Sphere International School, utilizando dispositivos micro:bit V2 associados aos sensores MQ-7 e MQ-135. Os resultados evidenciaram diferenças no comportamento dos parâmetros registrados entre o estacionamento e a Área de Preservação Permanente (APP). De modo geral, o estacionamento apresentou valores mais elevados de monóxido de carbono e períodos de maior intensidade nas leituras do MQ-135, enquanto a APP apresentou comportamento mais estável durante grande parte das medições, embora tenham sido observados picos isolados de CO.

Essas diferenças indicam que as características de uso e ocupação dos dois ambientes podem estar relacionadas às variações observadas na qualidade do ar, especialmente considerando o maior fluxo de veículos no estacionamento durante o período de saída escolar. Entretanto, por se tratar de sensores de baixo custo e sem calibração com equipamentos de referência, os valores obtidos devem ser interpretados principalmente de forma comparativa, não permitindo determinar com precisão concentrações absolutas de cada gás nem estabelecer relações causais definitivas.

O projeto demonstrou, ainda, a viabilidade da utilização de tecnologias acessíveis para o monitoramento ambiental em contexto escolar. A integração entre sensores, micro:bit e o site Climate

Data Hub, desenvolvido pelos próprios alunos, possibilitou coletar, organizar e visualizar os dados de maneira clara, aproximando programação, análise de dados e educação ambiental. Para estudos futuros, recomenda-se ampliar o período e os horários de coleta, realizar medições em diferentes condições meteorológicas e utilizar procedimentos de calibração que permitam aumentar a precisão e a confiabilidade dos resultados.

Referências

AN, F.; LIU, J.; LU, W.; JAREEMIT, D. A review of the effect of traffic-related air pollution around schools on student health and its mitigation. **Journal of Transport & Health**, v. 23, art. 101249, 2021. DOI: 10.1016/j.jth.2021.101249.

KANG, Y.; AYE, L.; NGO, T. D.; ZHOU, J. Performance evaluation of low-cost air quality sensors: a review. **Science of the Total Environment**, v. 818, art. 151769, 2022. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.151769.

LINDÉN, J.; GUSTAFSSON, M.; UDDLING, J.; WATNE, Å.; PLEIJEL, H. Air pollution removal through deposition on urban vegetation: the importance of vegetation characteristics. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 81, art. 127843, 2023. DOI: 10.1016/j.ufug.2023.127843.

LÓPEZ ANGULO, C. A. Calibración sensor MQ-135 para detección de gases. **Geoacta**, v. 45, n. 1, p. 57–61, 2024.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. **Genebra: World Health Organization**, 2021. ISBN 978-92-4-003422-8.

ROCHE, I. V.; UBALDE-LOPEZ, M.; DAHER, C.; NIEUWENHUIJSEN, M.; GASCON, M. The health-related and learning performance effects of air pollution and other urban-related environmental factors on school-age children and adolescents: a scoping review of systematic reviews. **Current Environmental Health Reports**, v. 11, n. 2, p. 300–316, 2024. DOI: 10.1007/s40572-024-00431-0.

Agradecimentos

Agradecemos a Sphere International School pelo fornecimento dos componentes necessários para a montagem no Climate Data Hub e auxílio à instalação dos mesmos nos locais determinados.