

## **Modelagem monitoramento de qualidade de ar**

Luciano Augusto Moura da Silva: 0000-0003-1402-4911

Miguel França Medeiros Leal: 0000-0003-4354-9186;

Rhaíssa Julliani Cezar De Souza: 0009-0001-4325-1585;

Vitor Amadeu de Souza: 0009-0002-1857-6799

UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ

E-mail: rhaissajulliani17@gmail.com

### **Resumo**

Este trabalho apresenta o desenvolvimento do sistema AirWatch, projetado para o monitoramento da qualidade do ar em ambientes urbanos e acadêmicos. O protótipo integra sensores de monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), temperatura e umidade ao microcontrolador Arduino Nano, exibindo os dados em um display LCD e transmitindo-os em tempo real via módulo Bluetooth para um aplicativo móvel desenvolvido no App Inventor. Além do acompanhamento imediato, o aplicativo permite o armazenamento histórico das medições, possibilitando comparações ao longo do tempo. O sistema foi modelado e validado por meio de prototipagem em placa de circuito impresso (PCB), garantindo maior organização e confiabilidade. Os resultados confirmaram a eficiência da solução proposta, com limitações relacionadas principalmente à calibração dos sensores e ao alcance da comunicação sem fio. O projeto demonstra potencial de expansão, podendo incorporar novos sensores e tecnologias de comunicação em nuvem, o que reforça sua relevância para a saúde pública, a conscientização ambiental e o desenvolvimento tecnológico sustentável.

**Palavras-chave:** Poluição atmosférica; Arduino; Monitoramento ambiental; Display LCD; Bluetooth; Modelagem.

## INTRODUÇÃO

A poluição atmosférica é um dos principais desafios ambientais e de saúde pública do século XXI. Entre os poluentes mais críticos destacam-se o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e o monóxido de carbono (CO), resultantes, sobretudo, da queima de combustíveis fósseis e processos industriais. O aumento da concentração desses gases intensifica o efeito estufa e contribui para o aquecimento global, cujas consequências incluem o derretimento das calotas polares, a elevação do nível dos oceanos e alterações climáticas de difícil reversão (GOUVEIA et al., 2017; FERNANDES; HACON; NOVAIS, 2021).

Diversos estudos têm demonstrado a associação direta entre poluição atmosférica e doenças respiratórias e cardiovasculares. Segundo Arbex et al. (2012), “a exposição contínua a gases tóxicos como o CO e a partículas em suspensão está diretamente ligada ao aumento de internações hospitalares por crises de asma, bronquite e insuficiência respiratória”. Essa realidade é ainda mais preocupante em populações vulneráveis, como crianças, idosos e pessoas com doenças crônicas, que sofrem os impactos de forma mais severa (SANTOS et al., 2021; VASSARI-PEREIRA; VALVERDE; ASMUS, 2022).

No município de Volta Redonda, essa problemática ganha contornos específicos devido à forte atividade siderúrgica da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN). Relatos de nuvens de fumaça, acúmulo de fuligem em residências e debates políticos acerca da poluição reforçam a urgência de estratégias que permitam compreender e controlar os efeitos da emissão de poluentes (NARDOCCI et al., 2013; BURALLI; CONNERTON, 2025).

Diante desse contexto, o presente projeto propõe o desenvolvimento do sistema AirWatch, voltado ao monitoramento da qualidade do ar por meio da medição de monóxido de carbono, dióxido de carbono, temperatura e umidade relativa. Além da integração dos sensores a um microcontrolador Arduino Nano, o sistema dispõe de um display LCD para exibição local e de um aplicativo móvel para acompanhamento em tempo real. O objetivo é oferecer uma solução acessível e de fácil implementação, que una tecnologia, saúde e conscientização ambiental, contribuindo tanto para o meio acadêmico quanto para a sociedade em geral.

## MÉTODOS

O desenvolvimento do projeto AirWatch foi estruturado a partir de uma sequência organizada de etapas, de modo a garantir clareza na execução e confiabilidade nos resultados. Inicialmente, foi realizada a modelagem do circuito eletrônico por meio da plataforma EasyEDA, o que possibilitou a elaboração dos esquemas elétricos e do layout da placa de circuito impresso (PCB). Essa etapa foi essencial para prever a disposição dos componentes, reduzir falhas de montagem e assegurar a integração adequada do sistema. Após a modelagem, partiu-se para a programação do microcontrolador Arduino Nano, utilizando a plataforma Arduino IDE. Nessa fase, foram implementados os códigos responsáveis pela leitura dos sensores, exibição dos dados no display LCD 16x2 e transmissão das informações via módulo Bluetooth HC-05. O sistema foi testado inicialmente em protoboard, permitindo ajustes no código e na configuração elétrica antes da prototipagem final.

Com a validação inicial concluída, os componentes foram soldados na PCB projetada, formando o protótipo definitivo. O conjunto de sensores utilizados foi composto pelo MQ-7, destinado à detecção de monóxido de carbono (CO); o MH-Z19, para medição de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>); e o DHT22, que forneceu dados de temperatura e umidade relativa do ar. A exibição local das informações foi garantida pelo display LCD, enquanto a comunicação sem fio foi estabelecida pelo módulo Bluetooth, permitindo o envio em tempo real para o aplicativo móvel.

O aplicativo foi desenvolvido na plataforma App Inventor, oferecendo uma interface simples e intuitiva para o usuário. Além da visualização em tempo real, foi implementada a função de armazenamento dos dados coletados, possibilitando análises comparativas ao longo do tempo.

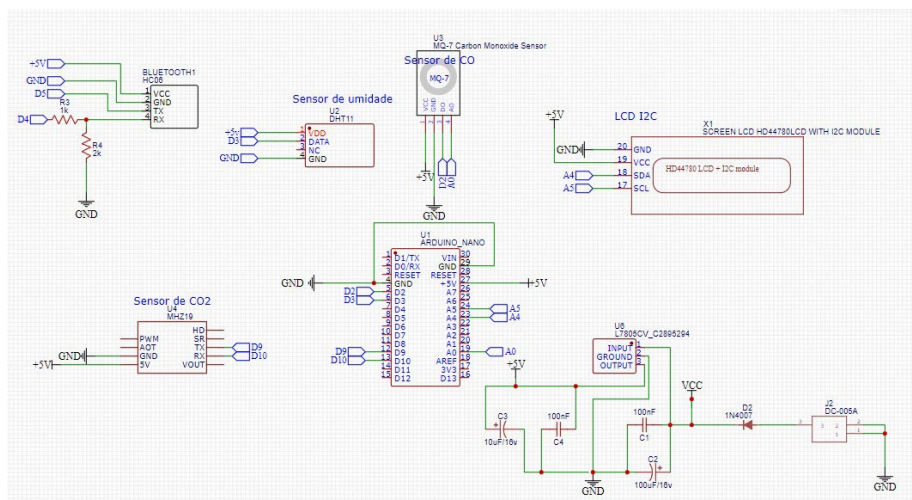
Outro aspecto relevante da metodologia foi a análise de stakeholders, realizada para identificar os principais atores impactados pelo projeto. Essa avaliação permitiu alinhar os objetivos técnicos às necessidades sociais, ambientais e acadêmicas, garantindo que o sistema tivesse aplicabilidade prática e relevância para além do contexto experimental.



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desenvolvimento do sistema elétrico foi realizado na plataforma EasyEDA, onde foram projetados os esquemas do circuito, além da placa de circuito impresso (PCB) em versões 2D e 3D. Essa etapa permitiu organizar a disposição dos componentes e prever ajustes necessários. O PCB final, com dimensões de 160 mm x 100 mm, comportou sensores, microcontrolador e demais módulos integrados.

Figura 1: Esquema Elétrico

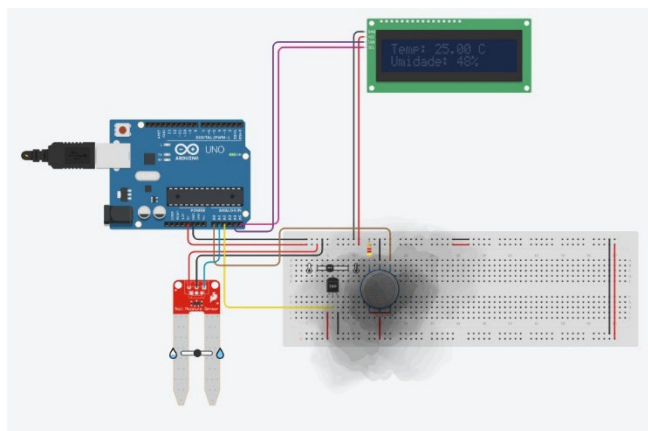


Fonte: Autores

A modelagem envolveu também a realização de teste geral, no qual todos os sensores foram integrados ao microcontrolador Arduino Nano e conectados ao módulo Bluetooth. O sistema mostrou-se capaz de coletar e processar dados simultaneamente, exibindo-os no display LCD e transmitindo-os em tempo real ao dispositivo móvel. Essa integração validou a modelagem e confirmou a funcionalidade do fluxo de dados entre hardware e software.



Figura 2: Teste Geral



Fonte: Autores

Os resultados demonstraram precisão adequada dos sensores, embora tenham sido observadas limitações relacionadas à calibração e à distância de comunicação via Bluetooth, restrita a ambientes de curto alcance. Ainda assim, a solução mostrou-se eficaz para ambientes acadêmicos e residenciais, abrindo espaço para futuras melhorias, como a adoção de comunicação via Wi-Fi.

O aplicativo móvel, desenvolvido na plataforma App Inventor, representou um avanço na usabilidade do sistema. Ele permitiu que os usuários interagissem com os dados coletados de forma mais intuitiva.

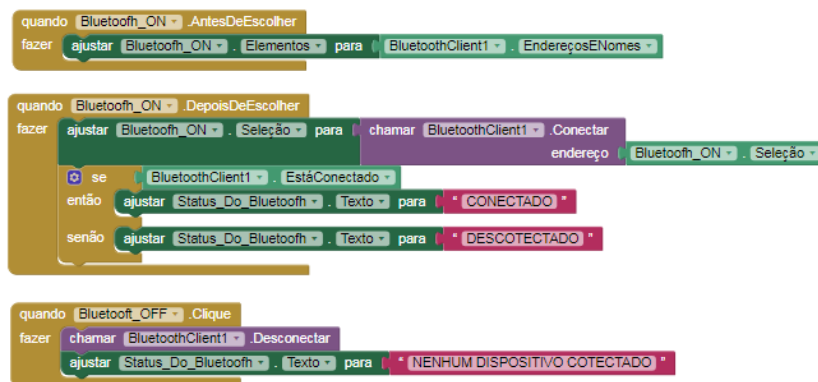
Figura 3: Interface Do Aplicativo



Fonte: Autores

A presença de um banco de dados local no aplicativo possibilitou armazenar informações antigas e recuperá-las sob demanda, ampliando as capacidades de análise e comparação temporal. Essa funcionalidade agrega valor ao projeto, tornando-o não apenas um sistema de monitoramento em tempo real, mas também uma ferramenta de acompanhamento histórico da qualidade do ar.

Figura 4: Configuração do Aplicativo



Fonte: Autores

Os resultados obtidos confirmam que o AirWatch atingiu seu objetivo principal de desenvolver uma solução prática e acessível para monitoramento ambiental. O sistema apresentou robustez, confiabilidade e capacidade de integração entre hardware e software, oferecendo dados relevantes para a comunidade e para órgãos de fiscalização ambiental. Apesar das limitações identificadas, como a restrição da comunicação via Bluetooth e a necessidade de calibração mais precisa dos sensores, o projeto demonstra elevado potencial de expansão. Futuras versões poderão incorporar novos sensores, como o de benzeno, e tecnologias de comunicação em nuvem para ampliar o alcance e a aplicabilidade do sistema.

Em síntese, os resultados e discussões evidenciam que o AirWatch constitui uma ferramenta viável de apoio à saúde pública, à conscientização ambiental e ao desenvolvimento tecnológico, sendo aplicável em diferentes cenários urbanos e industriais

## CONCLUSÕES

O desenvolvimento do sistema AirWatch demonstrou a viabilidade de integrar sensores de CO, CO<sub>2</sub>, temperatura e umidade em um protótipo funcional, com exibição dos dados em display LCD e transmissão para um aplicativo móvel. Apesar de limitações como a

necessidade de calibração mais precisa dos sensores e o alcance restrito da comunicação via Bluetooth, o projeto atingiu seu objetivo de propor uma solução acessível e aplicável ao monitoramento da qualidade do ar.

Os resultados reforçam a importância do monitoramento contínuo em regiões urbanas e industriais. Conforme ressaltam Santos et al. (2021), “a poluição do ar ambiental representa um dos principais fatores de risco para o desenvolvimento de doenças respiratórias crônicas, exigindo soluções práticas de prevenção e mitigação”. Nesse sentido, o AirWatch contribui como ferramenta de apoio à saúde pública e à conscientização ambiental, além de abrir espaço para melhorias em versões futuras.

Entre as possíveis evoluções do projeto destacam-se a adoção de comunicação em nuvem, a ampliação do alcance dos dados em tempo real e a inclusão de sensores adicionais, como o de benzeno, já reconhecido como altamente prejudicial à saúde (ARBEX et al., 2012). Essas adaptações ampliariam a aplicabilidade do sistema e fortaleceriam seu papel como suporte a políticas públicas e ações comunitárias.

Por fim, este trabalho evidencia que a utilização de tecnologias acessíveis, como o Arduino e o App Inventor, pode contribuir significativamente para a construção de soluções ambientais de baixo custo, com impacto direto na qualidade de vida da população exposta à poluição atmosférica.

## REFERÊNCIAS

ARBEX, M. A. et al. A poluição do ar e o sistema respiratório. \*Jornal Brasileiro de Pneumologia\*, v. 38, n. 5, p. 643-655, 2012. DOI: 10.1590/S1806-37132012000500015.

BURALLI, R. J.; CONNERTON, P. J. Poluição do ar, saúde e regulação no Brasil: estamos avançando? \*Cadernos de Saúde Pública\*, v. 41, n. 3, 2025. DOI: 10.1590/0102-311XPT172924.

DUCHIADE, M. P. Poluição do ar e doenças respiratórias: uma revisão. \*Cadernos de Saúde Pública\*, v. 8, n. 3, p. 311-330, 1992. DOI: 10.1590/S0102-311X1992000300010.

FERNANDES, T.; HACON, S. de S.; NOVAIS, J. W. Z. Mudanças climáticas, poluição do ar e repercussões na saúde humana: revisão sistemática. \*Revista Brasileira de Climatologia\*, v. 28, p. 436-454, 2021. DOI: 10.5380/rbclima.v28i0.72297.

GOUVEIA, N. et al. Poluição do ar e hospitalizações na maior metrópole brasileira. \*Revista de Saúde Pública\*, v. 51, p. 1-9, 2017. DOI: 10.11606/S1518-8787.2017051000223.

NARDOCCI, A. C. et al. Poluição do ar e doenças respiratórias e cardiovasculares: estudo de séries temporais em Cubatão, São Paulo, Brasil. \*Cadernos de Saúde Pública\*, v. 29, n. 9, p. 1867-1878, 2013. DOI: 10.1590/0102-311X00150012.

SANTOS, U. P. et al. Poluição do ar ambiental: efeitos respiratórios. \*Jornal Brasileiro de Pneumologia\*, v. 47, n. 1, 2021. DOI: 10.36416/1806-3756/e20200267.

VASSARI-PEREIRA, P.; VALVERDE, T. R.; ASMUS, C. I. R. F. Impactos da poluição atmosférica na saúde: revisão integrativa. \*Revista Brasileira de Ciências Ambientais\*, v. 57, n. 1, p. 141-155, 2022. DOI: 10.5327/Z2176-947820220861.