

## Projeto de Estação Meteorológica IoT com Coleta de Dados Climáticos e Análise em Plataforma Web

Kelly Ferreira Morais, Ciência da Computação, Centro Universitário Internacional (UNINTER), Brasil

Ederson Cichaczewski, Ciência da Computação, Centro Universitário Internacional (UNINTER), Brasil, [ederson.c@uninter.com](mailto:ederson.c@uninter.com)

Osmar Tenorio Pereira Dias Junior, Ciência da Computação, Centro Universitário Internacional (UNINTER), Brasil, [osmar.d@uninter.com](mailto:osmar.d@uninter.com)

Este artigo apresenta a proposta do desenvolvimento de uma estação meteorológica baseada em Internet das Coisas (IoT) utilizando o microcontrolador ESP32 e o sensor BME680 para monitoramento de temperatura, umidade e pressão atmosférica, com armazenamento de dados em nuvem e visualização em um dashboard web. O objetivo da pesquisa consiste em implementar um protótipo funcional capaz de coletar dados ambientais em tempo real, enviá-los via Wi-Fi para o servidor com banco de dados em nuvem Firebase e disponibilizá-los de forma acessível por meio de um painel informativo hospedado na plataforma Vercel. A metodologia adotada caracteriza-se como pesquisa empírica, ao descrever o processo de construção do protótipo, configuração da comunicação com a nuvem e análise dos dados coletados. A aplicação final do sistema busca permitir a realização de estudos sobre variações climáticas e possibilidade de integração com indicadores de poluição do ar. A proposta demonstra potencial na contribuição da promoção de cidades e comunidades sustentáveis, bem como, da saúde e bem-estar da população, em alinhamento com o ODS 11 e o ODS 3, respectivamente, no contexto de monitoramento ambiental inteligente.

**Palavras-chave:** Internet das Coisas. ESP32. BME680. Monitoramento Ambiental. Nuvem.

This article presents the proposal for the development of a meteorological station based on the Internet of Things (IoT) using the ESP32 microcontroller and the BME680 sensor for monitoring temperature, humidity, and atmospheric pressure, with cloud data storage and visualization on a web dashboard. The objective of the research consists of implementing a functional prototype capable of collecting environmental data in real-time, sending it via Wi-Fi to the server with a cloud database Firebase and making it accessible through an informational panel hosted on the Vercel platform. The adopted methodology is characterized as empirical research, by describing the process of building the prototype, configuring cloud communication, and analyzing the collected data. The final application of the system seeks to allow the realization of studies on climate variations and the possibility of integration with air pollution indicators. The proposal demonstrates potential in contributing to the promotion of sustainable cities and communities, as well as, the health and well-being of the population, in alignment with SDG 11 and SDG 3, respectively, in the context of intelligent environmental monitoring.

**Keywords:** Internet of Things. ESP32. BME680. Environmental Monitoring. Cloud.

## INTRODUÇÃO

O avanço da Internet das Coisas (IoT, *Internet of Things*) tem possibilitado o desenvolvimento de soluções inteligentes capazes de coletar, processar e

transmitir dados de forma autônoma, favorecendo pesquisas e aplicações voltadas ao monitoramento ambiental. A IoT proporciona a conexão de dispositivos físicos à internet, permitindo a criação de sistemas distribuídos de coleta e análise de dados em tempo real (1). Diante desse cenário, o presente trabalho apresenta a proposta de desenvolvimento de uma estação meteorológica IoT para monitoramento climático e posterior análise.

A pesquisa consiste no projeto de um protótipo utilizando o microcontrolador ESP32 e o sensor BME680 para medição de temperatura, umidade e pressão atmosférica, com transmissão dos dados via Wi-Fi para o serviço de banco de dados em nuvem Firebase, permitindo posterior visualização em um dashboard hospedado na plataforma Vercel. A justificativa para a proposta de desenvolvimento deste projeto fundamenta-se na crescente necessidade de monitoramento ambiental diante do aumento de atividades industriais, urbanização e mudanças climáticas, que intensificam problemas de qualidade do ar nas cidades (2).

Este projeto está sendo desenvolvido no âmbito do Programa de Iniciação Científica do curso de bacharelado em Ciência da Computação da UNINTER. Justifica-se por apresentar um modelo acessível para experimentação em IoT e análise ambiental, assim como, por aproximar conceitos de cidades inteligentes (*smart cities*) e soluções tecnológicas sustentáveis. O objetivo geral consiste em projetar uma estação meteorológica IoT com armazenamento e visualização de dados em nuvem. Os objetivos específicos são: (a) coletar dados climáticos em tempo real; (b) enviar e armazenar os dados no Firebase; (c) implementar um dashboard para visualização dos valores coletados; e (d) demonstrar a aplicabilidade dos dados em análises de poluição.

## MÉTODO

A metodologia adotada caracteriza-se como pesquisa empírica, consistindo em um desenvolvimento que demanda de uma experimentação prática para a solução de problemas reais. O estudo fundamenta-se na proposição do desenvolvimento e análise de um protótipo de estação meteorológica IoT. O universo da pesquisa compreende ambientes urbanos passíveis de monitoramento climático, enquanto a amostra é composta pelas leituras coletadas pelo sensor BME680 (3) durante o período de experimentação.

O desenvolvimento do protótipo em sua etapa de projeto contempla o uso de um ESP32 (microcontrolador que permite fazer a coleta, processamento dos dados e conexão Wi-Fi), um sensor BME680 (dispositivo capaz de medir temperatura, umidade, pressão atmosférica e estimar qualidade do ar), o Firebase Realtime Database (utilizado como serviço de armazenamento em nuvem), um dashboard em ambiente web hospedado na plataforma online Vercel para visualização dos dados e ferramentas de desenvolvimento de software (Arduino IDE para programação do ESP32 e bibliotecas específicas para comunicação com o Firebase).

O sensor BME680, como parte do protótipo, é o componente responsável pela medição dos parâmetros ambientais. Fabricado pela Bosch Sensortec, o BME680 integra em um único módulo a capacidade de mensurar temperatura, umidade relativa do ar, pressão atmosférica e compostos orgânicos voláteis (VOCs), possibilitando a estimativa da qualidade do ar. Sua escolha justifica-se pela alta precisão, baixo consumo energético e compatibilidade com microcontroladores, como o ESP32, o que o torna adequado para aplicações de Internet das Coisas voltadas ao monitoramento climático e ambiental, automação residencial, previsão do tempo, navegação e demais cenários que demandam coleta precisa de variáveis atmosféricas. A Figura 1 apresenta o módulo sensor BME680 interconectado ao microcontrolador ESP32.

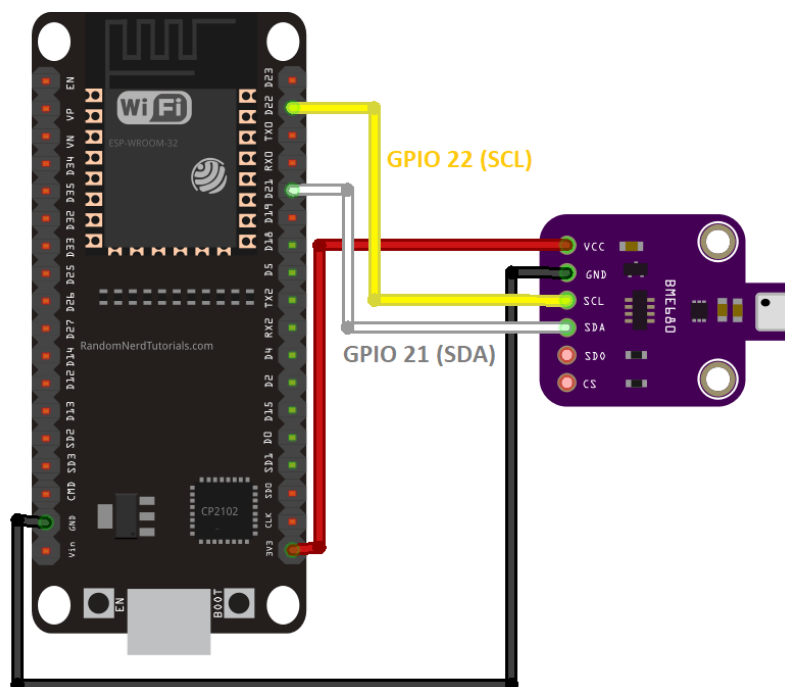


Figura 1 – Diagrama do ESP32 conectado ao módulo BME680

A medição da qualidade do ar é possível de ser feita por meio da análise dos compostos orgânicos voláteis presentes no ambiente, cujo Índice de Qualidade do Ar (IAQ) é um dos parâmetros de saída do sensor BME680. A classificação da qualidade do ar baseada no valor do IAQ é apresentada na Tabela 1, onde pode-se verificar que quanto menor é o valor do IAQ, melhor é a qualidade do ar.

Índice de Qualidade do Ar Interior	Qualidade do Ar	Impacto (exposição a longo prazo)	Ação sugerida
0-50	Excelente	Ar puro; o melhor para o bem-estar	Nenhuma medida necessária
51-100	Bom	Sem irritação ou impacto no bem-estar	Nenhuma medida necessária
101-150	Levemente poluído	Possível redução do bem-estar	Ventilação sugerida
151-200	Moderadamente poluído	Possível irritação mais significativa	Aumente a ventilação com ar limpo
201-250	Altamente poluído	A exposição pode levar a efeitos como dor de cabeça, dependendo do tipo de COVS	Otimize a ventilação
251-350	Severamente poluído	Possível problema de saúde mais grave se COVs nocivos estiverem presentes	A contaminação deve ser identificada se o nível for atingido mesmo sem a presença de pessoas; maximize a ventilação e reduza a frequência
> 351	Extremamente poluído	Dores de cabeça, possíveis efeitos neurotóxicos adicionais	A contaminação precisa ser identificada; evite a presença no ambiente e maximize a ventilação

Tabela 1 – Classificação da medição do IAQ

A técnica de coleta consiste na leitura automática dos dados pelo sensor BME680, com envio periódico via conexão Wi-Fi à base de dados Firebase, onde são organizados e armazenados em estrutura JSON. Em seguida, prevê-se que os dados sejam apresentados de forma gráfica no dashboard, de modo a possibilitar análise contínua das variáveis monitoradas. A Figura 2 apresenta um fluxograma do projeto com o processo desde a leitura pelo sensor até a visualização no dashboard.

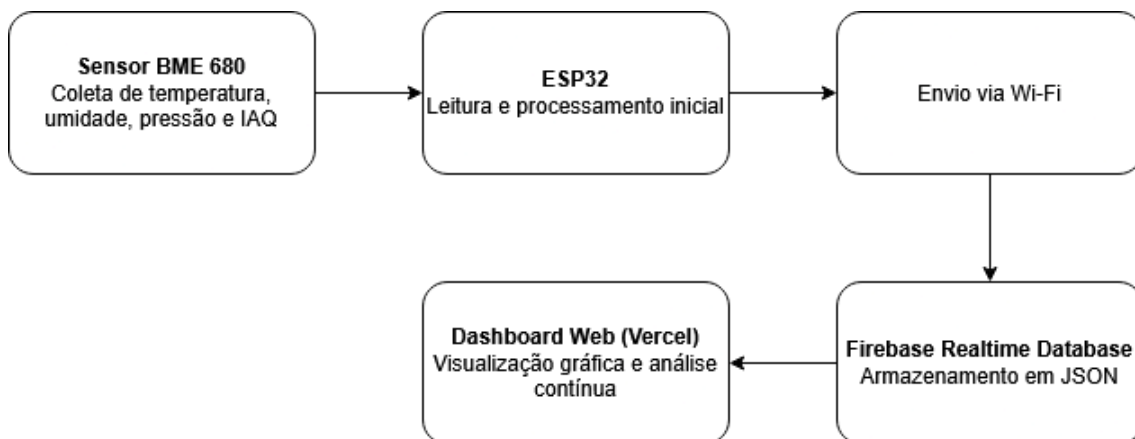


Figura 2 – Fluxograma do processo de coleta até a interface de visualização e análise via Web

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados iniciais contemplam o projeto do dispositivo em diagrama esquemático, o levantamento e definição das tecnologias de hardware e software, bem como, de infraestrutura de nuvem e ferramentas de desenvolvimento. Durante as medições, são previstas oscilações naturais de temperatura e umidade ao longo do dia, o que permitirá avaliar a consistência e confiabilidade da coleta, tendo-se como referência dados meteorológicos de

serviços já disponíveis na internet, inclusive comparando com trabalhos relacionados (4), que destacam a capacidade de dispositivos IoT em fornecer dados ambientais consistentes para análises meteorológicas e de qualidade do ar. A Figura 3 apresenta um protótipo de tela dos dashboards previstos na aplicação Web de visualização.

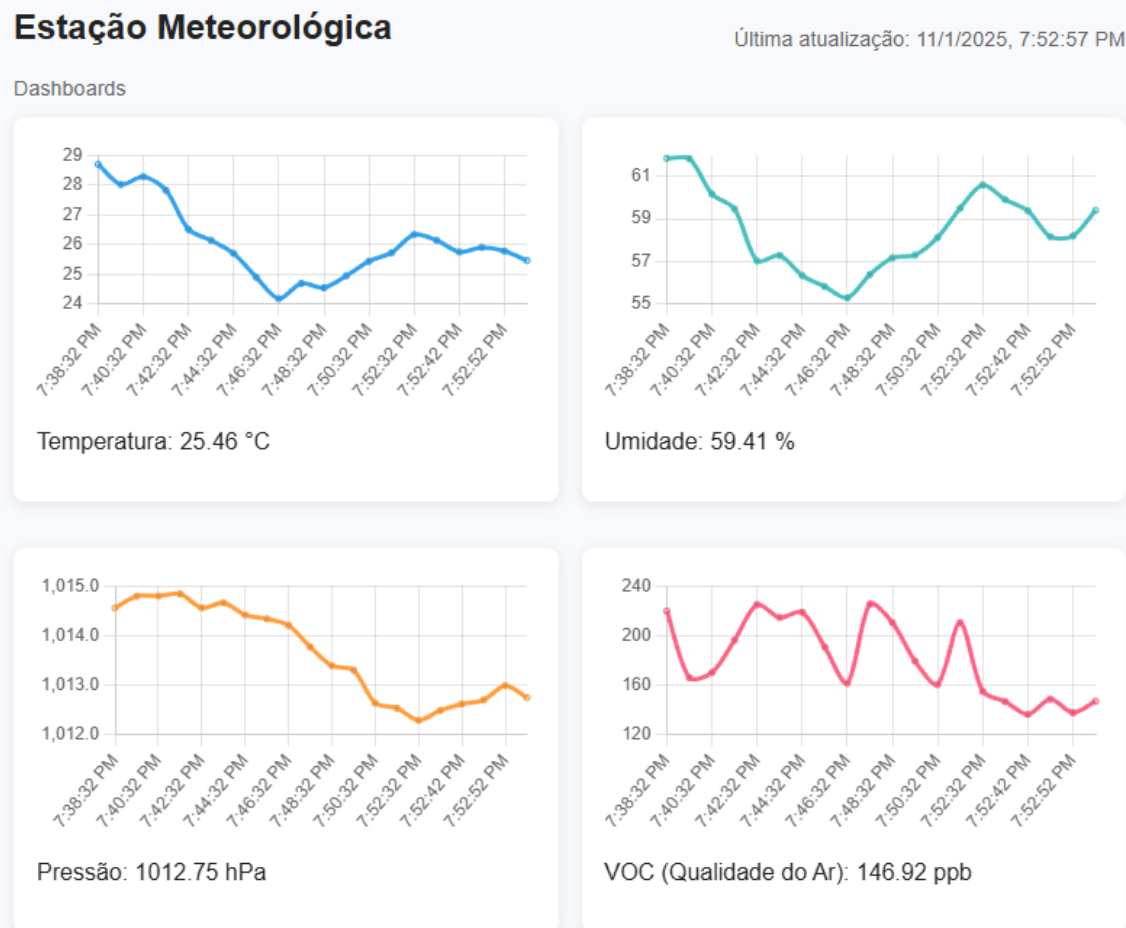


Figura 3 – Exemplo de resultado do dashboard via Web

A integração com o dashboard hospedado na plataforma Vercel permitirá a interpretação dos dados, uma vez que gráficos e indicadores facilitam a visualização das informações registradas, pois representações visuais ampliam o potencial analítico em soluções IoT (5). Além disso, a utilização do banco de dados Firebase contribuirá para baixa latência na atualização dos dados, aspecto essencial para sistemas de monitoramento em tempo real.

A proposta contempla também a mensuração de temperatura, umidade, pressão atmosférica, além do Índice de Qualidade do Ar (IAQ), o que favorece a expansão futura do estudo para outras métricas relacionadas à poluição atmosférica. Segundo a Organização Mundial da Saúde (6), a análise de parâmetros ambientais é fundamental para o desenvolvimento de políticas

públicas voltadas à qualidade do ar, evidenciando a relevância social da proposta apresentada.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta de desenvolvimento de uma estação meteorológica IoT utilizando ESP32, sensor BME680, Firebase e dashboard hospedado na plataforma Vercel busca demonstrar a viabilidade técnica de uma solução para monitoramento climático e armazenamento de dados em nuvem. Dando sequência com a sua implementação prática, espera-se que o sistema apresente eficiência, escalabilidade e facilidade de replicação, indicando potencial aplicação em contextos acadêmicos, educacionais e urbanos.

Mas próximas etapas deste projeto, prevê-se um período de coleta de dados e a implementação de métricas de qualidade do ar. Pretende-se iniciar os testes do protótipo funcional com um único ponto de coleta, objetivando aumentar para mais pontos necessitando de mais unidades do protótipo para poder se chegar a inferências mais amplas sobre padrões climáticos urbanos.

A proposta contribui ao delinear uma solução IoT acessível e tecnicamente fundamentada para monitoramento meteorológico, com possível ampliação para análise de poluição atmosférica mais completa, alinhando-se às demandas atuais de cidades inteligentes e sustentabilidade, em alinhamento com o ODS 3 e o ODS 11 da Agenda 2030 da ONU.

## REFERÊNCIAS

- (1) ZANELLA, A. et al. Internet of Things for Smart Cities. **IEEE Internet of Things Journal**, v. 1, n. 1, p. 22-32, 2014.
- (2) SOARES, L.; ANJOS, F. Impactos da urbanização na qualidade do ar. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 56, p. 112-131, 2021.
- (3) BOSCH. BME680 – Integrated environmental sensor. Data sheet. Stuttgart: Bosch Sensortec GmbH, 2020. Disponível em: <https://www.bosch-sensortec.com/media/boschsensortec/downloads/datasheets/bst-bme680-ds001.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2025.
- (4) RODRIGUES, J. F. Aplicações de IoT no monitoramento ambiental urbano. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 17, n. 3, p. 90-108, 2021.
- (5) PEREIRA, M.; COSTA, R. Visualização de dados aplicados à Internet das Coisas. **Revista de Sistemas e Informática**, v. 12, n. 2, p. 45-58, 2020.
- (6) OMS – Organização Mundial da Saúde. **Air pollution**. Genebra: WHO, 2020. Disponível em: <https://www.who.int/health-topics/air-pollution>. Acesso em: 24 out. 2025.