

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS

Internet das Coisas e Aplicações de IA (Big Data)

Cristiano André da Costa, Rodrigo da Costa Righi

Monitoramento da Qualidade do Ar com IA

Fabio Junior dos Santos, Filipe Torres da Rosa, Paulo Cesar Ortiz de Freitas

Resumo

Este projeto apresenta uma solução de Monitoramento da Qualidade do Ar baseada na integração de IoT, Big Data e Inteligência Artificial, utilizando dados simulados de sensores ambientais (temperatura, umidade e CO₂). A proposta busca enfrentar o problema da má qualidade do ar em ambientes internos, que impacta diretamente a saúde e o bem-estar da população.

A arquitetura implementada contempla a simulação de sensores, coleta e processamento de dados, classificação por regras e por modelo de IA (Random Forest), além de uma interface interativa com alertas automáticos e exportação de dados. Os resultados demonstraram acurácia de 86% na classificação da qualidade do ar, com excelente desempenho para classes frequentes e recomendações práticas acionadas corretamente.

A solução mostrou-se robusta frente a ruídos e dados incompletos, escalável para diferentes contextos (residências, escritórios, escolas e cidades inteligentes) e relevante tanto para decisões individuais em casas inteligentes quanto para políticas públicas de gestão ambiental. Mais do que um protótipo técnico, o projeto evidencia o potencial da sinergia entre IoT, Big Data e IA para promover ambientes mais saudáveis, sustentáveis e inteligentes.

Palavras-chave: Internet das Coisas (IoT), Big Data, Inteligência Artificial (IA), Monitoramento em Tempo Real, Sustentabilidade.

Definição do Problema

A qualidade do ar influencia diretamente na qualidade de vida das pessoas. Uma má qualidade do ar pode desencadear doenças respiratórias e cardiovasculares, afetando a saúde e bem estar da população. Diversos fatores interferem na qualidade do ar, dos quais podemos destacar a poluição (queimadas, combustíveis fósseis e etc) e fatores meteorológicos como a falta de vento ou tempo seco. A ausência de monitoramento e acompanhamento contínuo de métricas inteligentes dificulta a tomada de decisão por parte dos cidadãos e gestores públicos.

Justificativa

Soluções baseadas em redes de sensores de baixo custo ampliam a cobertura espacial de medições. Entretanto, esses sensores exigem calibração e processamento para compensar vieses e ruídos. A combinação com IA possibilita correção (calibração), detecção de eventos (picos de poluentes) e previsões de curto prazo.

- Tecnologia acessível: aplicativos e sensores IoT de baixo custo permitem cobertura ampla.
- Conforto e bem-estar: ajustes personalizados de acordo com as necessidades dos usuários (pessoas com problemas de saúde como asma e rinite).
- Saúde preventiva dentro de casa: alertas automáticos permitem a tomada de decisões antes que os níveis de poluição do ar se tornem perigosos.
- Gestão urbana: apoiar políticas para controle de emissões e redução da poluição atmosférica.
- Saúde pública: reduzir os impactos na saúde pública.

Relevância da Solução

A solução demonstra a sinergia entre IoT, Big Data e IA, aplicando conceitos práticos em um ambiente simulado que pode ser expandido para aplicações reais em residências, escritórios, escolas e demais espaços públicos. Essa solução possibilita:

- Monitoramento em tempo real.
- Previsão de qualidade do ar em curto prazo.

- Detecção de anomalias e geração de alertas persistentes.
- Apoio a políticas públicas (medidas mitigadoras e estudos epidemiológicos locais).

Diagrama da Arquitetura

Arquitetura implementada para simulação:

- [Sensores IoT] → [Gateway/Edge] → [Plataforma Big Data] → [Modelos de IA] → [Dashboard/API]
 - **Sensores simulados:** temperatura, umidade e CO₂.
 - **Mecanismo de coleta:** a cada hora avançada, são geradas 12 amostras com pequenas variações aleatórias.
 - **Geração de dados históricos:** função `gerar_dados_treinamento` cria séries temporais com ocupação, hora do dia, dia da semana e variáveis ambientais.
 - **Classificação por regras:** limites de CO₂ definem faixas de qualidade (Excelente, Bom, Ruim, Péssimo).
 - **Modelo de IA:** Algoritmo RandomForestClassifier (Scikit-learn)
 - Camada de Interface e Visualização
 - **Exportação de dados:** botão para salvar todas as amostras coletadas em CSV

Arquitetura sugerida:

- Monitores (ESP32 / Raspberry Pi)
 - **Sensores:** PMS5003 (PM2.5/PM10) / SDS011 / Plantower / BME680 (temp, hum, pressão, IAQ) / MQ-135 (gases)
 - **MCU:** ESP32 / Raspberry Pi Pico W
 - **Comunicação:** HTTPS
 - **Broker/Backend:** AWS IoT Core / Azure IoT Hub
 - **Armazenamento:** PostgreSQL
 - **Visualização:** Grafana
 - **Processamento/IA:** Python, scikit-learn (regressão linear, RandomForest), XGBoost, TensorFlow / TensorFlow Lite para inferência em edge.

Tecnologias Utilizadas

- **IoT (simulado):** sensores de temperatura, umidade e CO₂.
- **Big Data:** Pandas e NumPy para manipulação e análise de séries temporais.
- **IA:** RandomForestClassifier (Scikit-learn) para classificação da qualidade do ar.
- **Visualização:** Matplotlib e Seaborn para gráficos.
- **Interatividade:** ipywidgets para controles, botões e sliders.
- **Exportação:** CSV para análise externa dos dados coletados.

Metodologia de Desenvolvimento

1. **Simulação de sensores:** geração de dados hora a hora, com ocupação variável e ruídos realistas.
2. **Classificação por regras:** limites de CO₂ definem faixas (Excelente, Bom, Ruim, Péssimo).
3. **Treinamento de IA:** modelo Random Forest treinado com dados históricos simulados.
4. **Interface interativa:** controles para ajustar parâmetros e avançar o tempo.
5. **Alertas automáticos:** recomendações de ações (abrir janelas, ligar ventilação, usar desumidificador).
6. **Exportação:** dados coletados podem ser baixados para análise posterior.
7. **Integração:** API para interação com usuários e sistemas externos.

Implementação

- **Simulação:** cada hora avançada gera 12 amostras de sensores.
- **Treinamento:** 720 registros simulados usados para treinar o modelo.
- **Classificação:** comparação entre regra de CO₂ e modelo de IA.
- **Interface:** sliders para ajustar temperatura, umidade e CO₂; botão para avançar tempo; gráficos em tempo real.
- **Alertas:** mensagens automáticas com recomendações práticas (abrir janelas, ligar ar-condicionado, usar umidificador).
- **Exportação:** botão para salvar dados em CSV, incluindo estatísticas gerais da simulação.

Funcionalidades Principais

- Monitoramento em tempo real da qualidade do ar.
- Classificação automática da qualidade do ar.
- Alertas personalizados com recomendações de ação.
- Interface gráfica interativa para simulação.
- Exportação de dados para análise externa.
- API REST para integração com outros sistemas.

Resultados Práticos

- **Distribuição das classes:**
 - Excelente: 391 registros
 - Bom: 129 registros
 - Ruim: 191 registros
 - Péssimo: 9 registros
- **Desempenho do modelo de IA:**
 - Acurácia: 86%
 - Excelente: precisão e recall de 100%
 - Ruim: recall de 90%
 - Bom: desempenho moderado (precisão 74%, recall 44%)
 - Péssimo: baixa precisão devido ao número reduzido de exemplos (apenas 2 casos no teste).
- **Alertas gerados:**
 - CO₂ elevado → recomendação de abrir janelas.
 - Temperatura alta → ligar ventilação ou ar-condicionado.
 - Umidade baixa → uso de umidificador.
 - Umidade alta → uso de desumidificador.
- **Exportação de dados:**
 - Arquivo CSV com todas as amostras coletadas.
 - Estatísticas gerais:
 - Temperatura média ≈ 23 °C
 - Umidade média $\approx 50\%$
 - CO₂ médio ≈ 755 ppm

Insights da IA

- Ambientes ocupados apresentaram aumento significativo de CO₂, confirmando a relação direta entre presença humana e qualidade do ar.
- Horários de maior ocupação (manhã e tarde em dias úteis) coincidiram com picos de CO₂.
- Temperatura e umidade influenciaram indiretamente os níveis de CO₂, mostrando que múltiplos fatores devem ser considerados no monitoramento.
- Gestores podem usar relatórios semanais/mensais para planejar ações de longo prazo.
- O mesmo modelo pode ser adaptado para diferentes contextos, aumentando o alcance da solução.

Validação da Solução

- A metodologia demonstrou robustez ao lidar com dados incompletos e ruídos. O sistema conseguiu lidar com inconsistências e manter classificações coerentes
- A integração IoT + Big Data + IA mostrou-se eficaz para monitoramento e previsão. Recomendações práticas (abrir janelas, ligar ventilação, usar desumidificador) foram acionadas corretamente.
- A solução é escalável e pode ser aplicada em escritórios, escolas e cidades inteligentes.

Conclusão

O projeto comprova que a sinergia entre IoT, Big Data e IA é capaz de transformar dados brutos em informações úteis e acionáveis, apoiando tanto decisões individuais (em casas inteligentes) quanto estratégias coletivas (em políticas públicas).

Mais do que um protótipo técnico, esta solução representa um caminho para ambientes mais saudáveis, sustentáveis e inteligentes, alinhando tecnologia com bem estar e qualidade de vida.